

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP



## **Førord**

Med denne masteroppgaven avslutter jeg mitt 2-årige masterstudie i skogbruk ved Institutt for Naturforvaltning (INA), Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB).

Min tid på UMB har vært lærerik, og jeg har møtt mange fine mennesker.

Jeg vil få takke min hovedveileder, Line Nybakken, som under hele prosessen har holdt hodet kaldt og funnet løsninger der jeg så problemer, og som alltid har vært forståelsesfull.

En stor takk går også til Oddvar Haveraaen, som var en viktig pådriver og deltaker i feltarbeidet, og som er en utrolig tålmodig person og en utømmelig kilde til kunnskap om skog.

Av andre som fortjener en takk er Ole Martin Bollandsås ved INA, for uvurderlig hjelp med statistikk, og Signe Kroken ved IMT for anskaffelse og hjelp med værdata, og Olav Christian Ljøner Hagen for hjelp i feltarbeidet.

Til slutt vil jeg få rette en stor takk til Cathrine Sussane Torjussen, Elisabeth Iversen og Wenche Nyberg for konstruktiv kritikk og hjelp til skriveprosessen.

Takk til alle venner og medstudenter, som har gjort studietiden min på Ås til en tid jeg vil minnes.

Universitetet for miljø- og biovitenskap

Ås, 15. desember 2013

---

Marius André Myhre

## **Sammendrag**

For å finne korrelasjonen mellom årringbredde og klima på gran (*Picea abies*), ble det målt årringbredder fra 184 grantrær fra et bestand på god bonitet i Ås kommune i Akershus.

Trærne ble inndelt i 6 diameterklasser, og det ble gjort regresjonsanalyse med temperatur og nedbør som forklaringsvariabel. Årringbredder og værdata fra 1961 – 2012 ble benyttet.

Årringbredden viste sterkest korrelasjon med temperatur i september, og nest sterkest korrelert med temperatur i mai. Mot nedbør viste årringbredde sterkest korrelasjon med nedbør i mai, og med juni som nest-sterkest korrelert. Da årringbredde ble korrelert med temperatur og nedbør sammen, viste årringbredden sterkest korrelasjon med temperatur i september og nedbør i mai. Korrelert med temperatur og nedbør for august og september vekstsesongen året før, viste årringbredden sterkest korrelasjon med temperaturen i september.

## **Abstract**

To study the correlation between ring width in spruce (*Picea abies*) and climate, ring widths from 184 spruce trees from an uncultivated spruce-stand with a high site-index in Ås municipality, Akershus county, was measured. The trees were divided into 6 diameter-classes, and a regression analysis was performed with temperature and precipitation as the independent variable. Ring width- and climate data from 1961 – 2012 were used. Ring-widths showed strongest correlation to temperature in the month of September, and were second-best correlated with May temperature. Ring-widths were strongest correlated to precipitation in May, and second-best correlated to June precipitation. Ring-widths of the current year showed strongest correlation to temperature in the month of September and precipitation in the month of May in the cross-correlation analysis. From the previous year's growth season, ring-widths were strongest correlated to the temperature of September.

Forord.....	i
Sammendrag.....	ii
Abstract.....	iii
1. Innledning.....	1
2. Materiale og Metode.....	4
2.1 Studieområdet.....	4
2.2 Feltarbeidet / Datainnsamling.....	4
2.3 Lagring av stammeskiver.....	5
2.4 Årringbreddemålinger.....	5
2.5 Værdata.....	5
2.6 Databehandling.....	6
2.6.1 Bearbeiding av datamateriale.....	6
2.6.2 Statistiske analyser.....	7
3. Resultat.....	8
4. Diskusjon.....	13
4.1 Temperatur.....	13
4.1.1 Enkeltmånedene mai - september.....	13
4.1.2 Mai – august og juni - september.....	16
4.1.3 Medio mai til medio september.....	17
4.1.4 Temperatur og nedbør samlet.....	17
4.2 Nedbør.....	18
4.2.1 Enkeltmånedene mai - september.....	18
4.2.2 Mai – august og juni - september.....	19
4.2.3 Medio mai til medio september.....	20
4.2.4 August- og september temperatur- og nedbør året før.....	21
5. Konklusjon.....	22
6. Litteraturliste.....	23

## 1. Innledning

Klimaet er i stadig forandring (Alfsen 2001; Bye m. fl. 2013), og klimaendringer har i flere tusen år påvirket skogbildet i Norge (Nybø 2010). Klimaet er i endring også i dag, og det er de forsterkede endringene det i dag er fokus på (Alfsen 2001; Larsen 2011). I følge FNs klimapanel skyldes de forsterkede endringene trolig menneskelig aktivitet ved utslipp av CO<sub>2</sub> (IPCC 2013). I rapporten av september 2013, kommer det fram at i de tre siste tiårene har blitt gradvis varmere enn de tidligere tiårene siden 1850 (IPCC 2013). Rapporten sier også at det trolig mellom 1983 – 2012 har vært den varmeste perioden på den nordligste halvkule siden 1400-tallet (IPCC 2013). Det har vært en økning i temperaturen i atmosfæren på 0,85 grader i perioden 1880 til 2012 (IPCC 2013), og temperaturstigningen kan bli mer enn 4 °C i perioden fram mot år 2100, hvis utslippene av klimagasser fortsetter økningen som i dag (Miljødirektoratet 2013).

Det er knyttet mye usikkerhet til hvordan klimaendringene vil bli for Norge, og enda større usikkerhet knyttet til hvordan de regionale klimaendringene vil bli (Alfsen 2001; Bjørnæs 2009). De predikerte klimaendringene vil for Norges del gi en økning i den årlige gjennomsnittstemperaturen på 2,3 – 4,6 °C innen år 2100 (Bye m. fl. 2013). For Østlandet blir det anslått en gjennomsnittlig økning i årlig middeltemperatur på 1,9 grader i perioden 2120 til 2150 ved en middels framskrivning. Hanssen-Bauer m. fl. (2009) viste i sin litteraturstudie av empiriske nedskaleringsmodeller at temperaturøkningen vil bli større langs kysten enn i innlandet, og at temperaturstigningen forventes å bli høyere om vinteren enn om våren. De nedskaleringsmodellene som ble brukt av Hanssen-Bauer m. fl. viser lokale forhold sett ut fra klimaregistreringer i en større skala, ved å se sammenhenger mellom empiri og statistikk. Beregninger forskere har gjort for målestasjonen på Blindern i Oslo, viser at vintertemperaturen i perioden 2071 – 2100 vil ligge rundt 0 °C, mot ca. – 5 °C i perioden 1961 – 1990 (Meteorologisk institutt).

I tillegg til temperaturen vil også nedbørsmengden blir påvirket av de forsterkede klimaendringene. Det forventes en redusert nedbørsmengde for vår- og sommer på Sør-Østlandet, men med en økt nedbørsmengde om vinteren (Hanssen-Bauer m. fl. 2005). For perioden 2071 – 2100 sammenliknet med 1961-1990, er det for Østlandet forventet en økning på 13,5 % med en middels framskrivning (Norsk klimasenter 2009). Endringene i klima kan i så måte medføre direkte konsekvenser for skogbruket (Bergesen m. fl. 1995)

Gran (*Picea abies*) er økonomisk sett et av de viktigste treslagene i Norge (Landbruks- og matdepartementet 2007; Langvall 2011), og utgjør 43 % av stående kubikkmasse (Statistisk sentralbyrå 2013). Selv om grana startet sin innvandring til Fennoskandia allerede etter siste istid (Giesecke & Bennett 2004; Tallantire 1972), er det først de siste 2500-3000 årene at det har utviklet seg til å bli et av de dominerende treslagene i Norden (Nybø 2010; Ohlson m. fl. 2011; Skinnemoen 1969). Denne utviklingen har trolig skjedd på grunn av endringer i klimaet, som ga høy nok sommertemperatur, sammenhengende lav vintertemperatur, og nok nedbør til at for granfrøene kunne spire og siden spre seg (Tallantire 1972). Gran kan aldersbestemmes ved å telle antall årringer, og en kan ofte se en variasjon i årringbreddene (Fritts 1976). Årringbredden hos gran påvirkes av vekstfaktorene det enkelte år, og vekstvilkårene for planter og trær deles i 2 grupper: edafiske faktorer som fuktighet- og næring i jorda, og klimatiske faktorer (Skinnemoen 1969; Strand 1969). Derfor vil også variasjonen i årringbredder gjenspeile variasjon i klima for det aktuelle år (King m. fl. 2013; Strand 1969). Årringbredder blir ikke bare brukt for å rekonstruere tidligere klimatiske variasjon, men også som grunnlag for å forutsi framtidig klimatiske respons i forskjellige klimascenarier (King m. fl. 2013).

Det er gjort studier på området for å kartlegge hvordan de klimatiske faktorene påvirker årringbredden hos gran. Mäkinen m. fl. (2003) fant for finske, tyske og norske forhold at i regioner med lavere temperatursum, vil en økning i temperatursum være signifikant positivt korrelert med radialtilvekst, men at dette ikke var tilfellet i regioner med høyere temperatursum. De fant og at en økt nedbørsmengde i mai var positivt for årringbredden hos gran. Flere andre studier viser også en negativ korrelasjon mellom høyere sommertemperaturer og tilvekst hos gran (Koprowski 2013; Seidling m. fl. 2012), henholdsvis i Polen og Finland. I likhet fant Zang m. fl. (2012) i et forsøk i sør-Tyskland at en høy sommertemperatur virket begrensende på granas vekst, og i likhet med Mäkinen m. fl. (2006), at sommernedbør virket fremmende på veksten. I en landsdekkende studie for norske forhold, fant Andreassen m. fl. (2006) for nordvest- og høyereliggende strøk på Sør-Østlandet, en positiv korrelasjon mellom sommertemperatur og årringbredde, hvor en høy temperatur i juni var positivt korrelert mot årringbredde, men hvor denne trenden uteble i lavereliggende strøk. De fant en positiv effekt på årringbredde med økende juni-nedbør (Andreassen m. fl. 2006).

Studiene som er nevnt over, presenterer resultater fra undersøkelser av klimaets påvirkning på årringbredder for større områder, over flere regioner. Jeg har derfor gjennomført denne studien for å undersøke hvordan lokale forhold kan skille seg fra et mer generelt bilde.

Målet med denne studien var å undersøke sammenhengen mellom de klimatiske faktorene temperatur og nedbør, i et utynnet granbestand i Ås kommune. Videre ville jeg undersøke hvordan de ulike klimatiske faktorene påvirket årringbredden både for enkeltmåneder, men også for hele vekstsesongen. Min hypotese var at både temperatur og nedbør korrelerer positivt med årringbredde, men at nedbør ville bety mest. Dette er fordi gran er etablert på hele Østlandet med alle dets temperaturvariasjoner, men virker til å trives best på fuktig mark.



## **2. Materiale og Metode**

### **2.1 Studieområdet**

Datamaterialet ble samlet inn i et utynnet granbestand på Norderås i Ås kommune, Akershus (N 59° 40.889', E 10° 45.885'). Bestandet er ca. 1,4 dekar stort.

Bestandet ble plantet i 1950 med barrotplanter og en planteavstand på 1,4 x 1,4 meter. Før planting var feltet anvendt til innmarksbeite, men ble omgjort til fordel for planting av et forsøk, som hadde som hensikt å undersøke forskjellige plantemetoder. Grantrærne ble bonitert til G24 (Norsk institutt for Skog og Lanskap ; Steinset m. fl. 1999), men uten noen klar vegetasjonstype. Feltet ligger i en sørvendt svak helling.

Det er ikke utført noen form for skjøtsel i bestandet. Det har stått urørt siden planting, noe som har resultert i noe selv-tytning. Vinteren 1976/1977 var det i tillegg en del toppbrekk da det var en mild vinter som ga tung snø som la seg på trærne og seinere frøs til. Dette førte til noe avgang i bestandet. Bestandet har blitt fulgt opp gjennom måling av brysthøydiameter, avgang og andre skader som for eksempel ved toppbrekk. Oppfølgingene og registreringene ble gjort i 1977, 1983, 1988, 1994, 2003, 2006 og sist i 2010.

### **2.2 Feltarbeidet / Datainnsamling**

Innsamlingen av data ble gjort fra midten av september til slutten av oktober 2012.

Stammeskivene ble tatt ut ved brysthøyde (1.3 m) på felte trær. Borprøvene ble også tatt ut i brysthøyde fra de resterende trærne, til måling av årringbredder. Kun friske trær ble brukt som prøvetrær. Dette ble gjort fordi et tre som blir registrert tørt et gitt år, trolig har «dødd» trinnvis fram til det blir registrert som tørt, og derfor vil tilveksten bli påvirket.

Hvert enkelt tre ble under planting merket med et unikt nummer. Før felling ble hvert tre og merket i himmelretning sør med et skjær i barken i vertikal retning med motorsag, for å markere himmelretningen treet har vokst, til senere målinger. Etter at treet var felt, ble det strukket målebånd fra stubbeavskjær, som da var ved 0 cm på målebåndet, til enden av toppskuddet. Brysthøyde ved 1,3 meter ble målt 110 cm fra stammeavskjær, som en kompensasjon for stubbehøyden.

Borprøvene ble gjort i himmelretning nord mot sør retning, da dette var mest praktisk i forhold til arbeidsstilling for boringen.

### 2.3 Lagring av stammeskiver

Stammeskivene ble lagret i et uisolert lagerbygg over vinteren i vedsekker, fram til målinger startet i januar. Borprøvene ble lagt i platebeholder, en plastbeholder med åpning i bunn og topp med adskilte rom beregnet for borprøver, med merking av trenummer for hver borprøve.



Figur 1: Finskjæring av stammeskiver med skalpell for å fjerne ujevnheter og slik at årringene skulle synes bedre.

### 2.4 Årringbreddemålinger

Målingene ble gjort med et Leica M50 mikroskop (*Leica-microsystems*, Wetzlar, Tyskland) og dataprogrammet TSAPWin Proffessional 4,68e (*Rinntech*, Heidelberg, Tyskland) registrerte målingene. Mikroskopet måler med en nøyaktighet på 1/100 millimeter.

Før måling av årringbredder, ble stammeskivene hentet inn og lagret i romtemperatur for å tine. Etter tining ble de oppbevart i et kjøleskap for å forsinke tørkeprosessen. Når skivene skulle måles ble hver skive finskåret med skalpell fra senter og mot nord på stammeskiven. Skivene ble målt i denne retningen da det var i nord- sør retning borprøvene ble tatt.

Finskjæring med skalpell ble gjort for å utjevne og glatte skiven der den skulle måles (Figur 1). Etter en skive var skåret glatt på et område tilstrekkelig til å gjøre målinger med mikroskop, ble det gjerne brukt hvitt kritt på det glattede området, for siden å pusse med en liten børste, for og ytterligere tydeliggjøre årringene. Borprøvene ble ved måling lagt i en metall-holder som klemte fast borprøven, og på den måten sørget for at de ikke forflyttet seg ved målingen. Borprøvene ble i likhet med stammeskivene skåret forsiktig med skalpell for og tydeligere å markere årringene. Målingen av årringbredder startet i senter, og ble avsluttet ved kambium.

### 2.5 Værdata

Værdata for perioden er hentet fra målestasjonen på Ås. Målestasjonen ligger 89 meter over havet (Bioforsk). For årene 1950 til 1988 er dataene hentet fra Meteorologisk institutt sine målinger, mens de for den resterende perioden er hentet fra Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB), tidligere Norges Landbrukshøgskole (NLH), sine egne registreringer. Målingene fram til 1988 er parallelle målinger mellom Meteorologisk institutt og UMB, men kun data fra Meteorologisk institutt var digitalt tilgjengelige. Værdataene som er benyttet i oppgaven er temperatur og nedbør fra døgndata, det vil si temperatur og nedbør for hvert enkelt døgn gjennom et år.

De kystnære områdene på Østlandet har om våren, mars til mai, en normal middeltemperatur på underkant av 5 °C. Sommertemperaturen, månedene juni – august, ligger rundt 15 °C, og høsten, september – november, har en normal sesongtemperatur på 8 °C. Vinteren, desember – februar, har en sesongtemperatur på Østlandet rundt 0 °C (Meteorologisk institutt).

## 2.6 Databehandling

### 2.6.1 Bearbeiding av datamateriale

Dokumentasjonen fra de tidligere oppfølgingene av bestandet (avgang og andre skader) ble benyttet til å fjerne trær som var enten registrert skadet ved et tidspunkt, eller som hadde stått ved siden av trær som har avgått. På den måten elimineres en mulig feilkilde, da dette ville vært en ytre påvirkning på årringbredden som ikke er klimarelatert, som for eksempel effekten av mindre konkurranse som følge av at nabotreet dør. Trær som i papirene fra de tidligere feltregistreringer var merket som tørre eller glisne, ble også fjernet fra datamaterialet. Trær hvor individuelle årringbredder skilte seg markant ut i forhold til resten av trærne og gjennomsnittet, enten ved spesielt liten- eller mye vekst, ble fjernet fra datamaterialet. Der det lot seg gjøre, ble stammeskivene/borprøvene det var tvil om, målt på ny. Datamaterialet ble så inndelt i 6 diameterklasser, hvor klasseinndelingen ble bestemt rent matematisk etter antallet stammeskiver. Dette ble gjort for at hver diameterklasse skulle bli likt vektet. Antall trær representert i hver diameterklasse framkommer av Tabell 1.

**Tabell 1: Antall trær representert for hver diameterklasse 1-6, med diameter i brysthøydiameter i centimeter (cm) og årstall for årringbredde.**

Diameterklasse	1	2	3	4	5	6
Diameter i brysthøyde (cm)	40,7 - 27,7	27,6 - 24,9	24,6 - 22,3	22,2 - 20,3	20,2 - 17,1	16,9 - 11,0
Antall trær	33	32	32	31	29	27
Årstall	1961 - 2012	1961 - 2012	1961 - 2012	1961 - 2012	1964 - 2012	1970- 2012

Det er tatt ut noe flere trær fra datamaterialet i diameterklasse 5 og 6, som relativt sett var for unge. Med det menes at alderen skilte seg tydelig fra resten av diametergruppen, og ble fjernet med hensyn til at gjennomsnittlig årringbredde for hvert år som skulle brukes.

For alle klassene er året 1983 fjernet, grunnet manglende værdata i juli-måned.

### **2.6.2 Statistiske analyser**

De statistiske analysene ble gjort i Minitab 16 (Minitab Incorporation, Pennsylvania, USA).

Jeg utførte regresjonsanalyser, der årringbredde ble benyttet som responsvariabel, og et stigningstall og værdata som prediksjonsvariable. Et stigningstall ble benyttet som responsvariabel for å ta høyde for økende alder i bestandet. Gjennomsnittlig temperatur ble benyttet for månedene, mens sum per måned ble benyttet for nedbør.

Etter at alle analysene var gjort, ble verdiene som Minitab 16 noterte som «unusual observations» fjernet fra datasettet, og analysene ble gjort på ny. Disse observasjonene ble merket for observasjoner som enten ga høy standardfeil, eller observasjoner hvor X- verdien hadde stor innflytelse.

I analysene ble årringbredde korrelert med temperatur og nedbør hver for seg, for hver enkelt måned mai, juni, juli, august og september, og en analyse med temperatur og nedbør sammen for månedene mai til september. I resten av analysene ble temperatur og nedbør separat korrelert med tetratermen mai til august og juni til september, perioden 15. mai til 14. september, august året før og september året før.

### 3. Resultat

I vekstsesongen med enkeltmånedene mai til september, har nedbør i mai størst betydning for årringbredden (Tabell 3). Diametergruppene 2-5 viser signifikant, positiv korrelasjon ( $p \leq 0,05$ ) med nedbør, mens diametergruppene 1 og 6 var positivt korrelert, men ikke signifikante. Alle signifikante korrelasjoner var over 58 ( $R > 58$ ), og diametergruppe 5 viste sterkest korrelasjon ( $r^2 = 69,4$ ). Juni hadde ikke like stor betydning som mai, hvor kun 2 diametergrupper var signifikant, positivt korrelert, og også svakere korrelert med nedbør enn mai. I samme vekstsesong var temperaturen i september viktigst av månedene for årringbredde (Tabell 2). Diametergruppene 2, 3 og 4 viste sterkest positiv korrelasjon med september, og de var alle tre signifikante. Også her var mai representert, med diametergruppe 4 og 5 positivt korrelert med temperatur, og hvor begge var signifikante. Hverken juli eller august viste noen signifikante korrelasjoner med temperatur eller nedbør, men likevel var alle diametergruppene positivt korrelert.

Nedbør i tetraterm mai – august hadde størst betydning for årringbredde (Tabell 4), hvor diametergruppe 2, 3 og 4 alle var signifikant, positivt korrelert. For tetraterm juni – september var alle korrelasjoner positive, men her var det ingen som var signifikante. Kun én diametergruppe var signifikant, positivt korrelert mot temperatur, og det var diametergruppe 2 med tetraterm juni – september.

Nedbør var viktigst i perioden 15. mai til 14. september, med to signifikant, positivt korrelerte diametergrupper (Tabell 5). Sterkest korrelasjon med nedbør av de signifikante diametergruppene viste diametergruppe 3 ( $r^2 = 60,8$ ). Med temperatur var alle korrelasjoner positive, men ingen var signifikante.

Der temperatur og nedbør sammen ble korrelert med årringbredde, viste september-temperatur og mai-nedbør lik betydning for årringbredde, hvor diametergruppe 2 -5 viste positiv, signifikant korrelasjon med både temperatur og nedbør (Tabell 6a og Tabell 6b). Juni-nedbør viste seg ikke å ha like stor betydning, med 2 signifikante, positive korrelasjoner.

Korrelert med temperatur og nedbør året før, var september-temperatur av størst betydning for årringbredde (Tabell 7). Diametergruppe 2 -5 viste signifikant, positiv korrelasjon mot september-temperatur, men ingen signifikante korrelasjoner mot hverken september-nedbør eller august temperatur og nedbør

Tabell 2: Årringbredde korrelert med temperatur for hver enkelte måned mai, juni, juli, august og september for alle diametergrupper 1- 6, med p-verdi, r<sup>2</sup> og koefisient. Uthevet skrift antyder signifikant p-verdi.

Diameter-gruppe	p-verdi					r <sup>2</sup>					Koeffisient														
											Konstant					År					Temperatur				
	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep
1	0,365	0,455	0,915	0,745	0,848	41,9	41,5	40,5	40,7	40,6	54,9	49,2	127,3	192,5	128	5,296	5,78	5,507	5,571	5,486	9,3	6,481	1,34	-2,934	2
2	0,072	0,772	0,433	0,137	<b>0,003</b>	51,9	47,6	48,3	50,6	58,9	472,89	227,4	165,4	124,1	42,3	-5,0458	-5,289	-5,3821	-5,5277	-6,0015	-15,889	2,229	9,03	12,554	26,364
3	0,084	0,878	0,987	0,61	<b>0,02</b>	59,6	56,3	56,3	56,6	62,1	419,81	274,45	287,3	238,4	127,37	-4,9945	-5,2212	-5,2535	-5,2878	-5,6598	-12,815	0,995	0,145	3,392	15,823
4	<b>0,035</b>	0,765	0,922	0,558	<b>0,013</b>	54,2	48,5	48,4	48,9	56,2	401,81	222,69	265,5	194,21	69,42	-4,013	-4,235	-4,3032	-4,3193	-4,6409	-14,834	1,843	-0,893	3,742	17,573
5	<b>0,021</b>	0,517	0,778	0,222	0,17	66,6	61,9	61,6	63	66,9	437,67	191,24	287,3	131,81	91,34	-5,5401	-5,6026	-5,6946	-5,7551	-6,1634	-17,668	4,051	-2,151	7,895	15,775
6	0,745	0,634	0,401	0,342	0,24	78,7	78,8	79,1	79,2	79,4	347,85	274,55	221,2	234,95	236,92	-8,6546	-8,595	-8,7178	-8,7719	-9,0019	-2,555	3,08	6,123	5,73	8,413

Tabell 3: Årringbredde korrelert med nedbør for hver enkelte måned mai, juni, juli, august og september for alle diametergrupper 1- 6, med p-verdi, r<sup>2</sup> og koefisient. Uthevet skrift antyder signifikant p-verdi.

Diameter-gruppe	p-verdi					r <sup>2</sup>					Koeffisient														
											Konstant					År					Temperatur				
	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep
1	0,813	0,138	0,107	0,834	0,64	40,6	44,2	44,8	40,6	40,9	142,72	186,25	108,69	144,44	163,24	5,504	5,626	5,171	5,475	5,533	0,1154	-0,5451	0,5691	0,0657	-0,1905
2	<b>0,003</b>	0,237	0,277	0,829	0,383	58,9	49,4	49,1	47,5	48,6	249,64	284,9	289,79	315,11	289,81	-5,4517	-5,4453	-5,7199	-5,307	-5,4922	1,448	0,3783	0,3325	-0,055	0,3272
3	<b>0,005</b>	<b>0,036</b>	0,237	0,975	0,595	64,5	61,1	57,9	56,3	56,6	240,83	251,73	270,7	290,07	278,68	-5,4137	-5,3416	-5,5464	-5,2442	-5,3031	0,9175	0,5535	0,2936	-0,0066	0,1586
4	<b>0,005</b>	<b>0,046</b>	0,326	0,924	0,543	58,3	53,6	49,7	48,4	48,9	203,75	217,48	235,82	249,85	238,54	-4,3617	-4,4377	-4,5583	-4,3261	-4,3439	0,8757	0,4946	0,2389	0,0194	0,1767
5	<b>0,003</b>	0,306	0,405	0,714	0,997	69,4	62,5	62,2	61,6	61,5	209,41	233,46	239,62	256,58	252,2	-5,9753	-5,7362	-5,8667	-5,6064	-5,7098	0,9079	0,2629	0,1894	-0,0741	0,0012
6	0,114	0,762	0,344	0,293	0,256	80	78,7	79,2	79,3	79,4	299,33	325,27	304,82	332,01	300,81	-8,9732	-8,6094	-8,7745	-8,3038	-8,7011	0,531	0,0782	0,2131	-0,213	0,247

Tabell 4: Årringbredde korrelert med både temperatur og nedbør for tetraterm mai – august og juni - september for alle diametergrupper 1- 6, med p-verdi, r<sup>2</sup> og koeffisient. Uthevet skrift antyder signifikant p-verdi.

Diameter- gruppe	p-verdi				r <sup>2</sup>				Koeffisient											
	Temperatur		Nedbør		Temperatur		Nedbør		Konstant				År				Temperatur		Nedbør	
	Mai - Aug	Juni - Sept	Mai - Aug	Juni - Sept	Mai - Aug	Juni - Sept	Mai - Aug	Juni - Sept	Mai - Aug	Juni - Sept	Mai - Aug	Juni - Sept	Mai - Aug	Juni - Sept	Mai - Aug	Juni - Sept	Mai - Aug	Juni - Sept	Mai - Aug	Juni - Sept
1	0,502	0,766	0,751	1	41,3	40,6	40,7	40,5	-27,1	80,8	132,78	148,87	5,486	5,515	5,421	5,515	12,48	4,79	0,062	-0,0001
2	0,724	<b>0,024</b>	<b>0,017</b>	0,193	47,7	54,3	55,1	49,9	224,8	-160,2	210,77	260,33	-5,3692	-5,3663	-6,3799	-5,9182	6,14	33,2	0,3993	0,1935
3	0,673	0,239	<b>0,004</b>	0,079	56,5	57,8	64,9	59,7	371,2	102,6	197,9	233,65	-5,2432	-5,2902	-6,2334	-5,845	-5,74	13,13	0,3746	0,2146
4	0,597	0,183	<b>0,004</b>	0,084	48,8	50,8	58,4	52,4	352,4	29,9	163,21	198,17	-4,3241	-4,2488	-5,2706	-4,8823	-7,12	15,45	0,3597	0,2027
5	0,914	0,106	0,054	0,481	61,5	64,1	65,1	62	272,9	6,4	191,98	229,32	-5,7106	-5,7753	-6,3571	-5,9354	-1,44	17,28	0,2476	0,0857
6	0,337	0,175	0,758	0,752	79,2	79,7	78,7	78,7	148,9	121,3	311,22	311,29	-8,6889	-8,8636	-8,7701	-8,738	12,09	14,23	0,039	0,0331

Tabell 5: Årringbredde korrelert med både temperatur og nedbør for perioden 15. mai til 14. september for alle diametergrupper 1- 6, med p-verdi, r<sup>2</sup> og koeffisient. Uthevet skrift antyder signifikant p-verdi.

Diameter- gruppe	p-verdi		r <sup>2</sup>		Koeffisient					
	Temperatur	Nedbør	Temperatur	Nedbør	Konstant		År		Temperatur	Nedbør
1	0,639	0,903	40,9	40,5	29,8	143,25	5,525	5,493	8,21	0,0205
2	0,119	0,126	50,9	50,7	-51,9	253,46	-5,2855	-5,8693	24,98	0,2194
3	0,444	<b>0,043</b>	56,9	60,8	144,7	229,54	-5,239	-5,8066	9,94	0,234
4	0,494	<b>0,033</b>	49	54,3	124	190,8	-4,251	-4,8735	8,68	0,2343
5	0,326	0,332	62,5	62,4	74,6	223,75	-5,6914	-5,9986	12,18	0,1125
6	0,246	0,685	79,4	78,8	119,4	309,63	-8,7474	-8,7687	13,96	0,042

Tabell 6a: Årringbredde korrelert med både temperatur og nedbør for hver enkelte måned mai, juni, juli, august og september for alle diametergrupper 1- 6, med p-verdi, r<sup>2</sup> og koeffisient, hvor denne tabellen viser resultat for temperatur. Uthevet skrift antyder signifikant p-verdi.

Diameter-Gruppe	p-verdi nedbør					r <sup>2</sup>					Koeffisient														
											Konstant					År					Temperatur				
	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep
1	0,522	0,195	0,09	0,958	0,569	42,6	44,3	45,4	40,7	41,1	8,6	144	-21	187	123	5,197	5,724	5,085	5,554	5,476	12,1	2,566	7,79	-2,65	4,34
2	<b>0,014</b>	0,195	0,208	0,585	0,883	59,5	50	50,6	51	58,9	321,4	204	93	78	42,3	-5,311	-5,264	-5,7941	-5,7473	-6,012	-6,43	5	11,89	14,996	26,026
3	<b>0,021</b>	<b>0,03</b>	0,215	0,803	0,775	65,1	61,6	58,1	56,6	62,2	302,73	185	205	220	126	-5,284	-5,217	-5,6088	-5,3765	-5,651	-5,56	4,153	3,92	4,343	16,535
4	<b>0,03</b>	<b>0,034</b>	0,332	0,669	0,891	59,7	54,4	49,7	49,1	56,3	294,85	136	218	165	69,1	-4,193	-4,269	-4,563	-4,4539	-4,637	-8,15	5,063	1,098	5,26	17,874
5	<b>0,017</b>	0,233	0,438	0,83	0,4	71,4	63,4	62,2	63	67,6	340,48	143	229	118	89,6	-5,817	-5,59	-5,8776	-5,8268	-6,141	-11,8	5,757	0,625	8,615	17,621
6	0,125	0,848	0,139	0,502	0,441	80	78,8	80,2	79,4	79,7	285,55	283	109	227	244	-8,977	-8,578	-9,0111	-8,4724	-8,955	1,219	2,765	11,42	3,483	6,318

Tabell 6b: Årringbredde korrelert med både temperatur og nedbør for hver enkelte måned mai, juni, juli, august og september for alle diametergrupper 1- 6, med p-verdi, r<sup>2</sup> og koeffisient, hvor denne tabellen viser resultat for nedbør. Uthevet skrift antyder signifikant p-verdi.

Diameter-Gruppe	p-verdi nedbør					r <sup>2</sup>					Koeffisient														
											Konstant					År					Nedbør				
	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep
1	0,283	0,777	0,543	0,802	0,701	42,6	44,3	45,4	40,7	41,1	8,6	144,3	-21,1	187	122,7	5,197	5,724	5,085	5,554	5,476	0,3387	-0,509	0,634	0,0195	-0,2524
2	0,469	0,527	0,308	0,121	<b>0,005</b>	59,5	50	50,6	51	58,9	321,4	204	93	78	42,28	-5,3107	-5,2644	-5,7941	-5,7473	-6,0121	1,0245	0,4346	0,3941	0,155	0,0518
3	0,46	0,511	0,671	0,575	<b>0,025</b>	65,1	61,6	58,1	56,6	62,2	302,73	185,4	204,8	220,4	126	-5,2838	-5,2166	-5,6088	-5,3765	-5,6508	0,8151	0,5925	0,3303	0,0615	-0,0859
4	0,258	0,405	0,906	0,476	<b>0,017</b>	59,7	54,4	49,7	49,1	56,3	294,85	136,3	217,5	165,3	69,06	-4,1927	-4,2694	-4,563	-4,4539	-4,6373	0,7228	0,5455	0,2454	0,0999	-0,0391
5	0,114	0,368	0,941	0,242	<b>0,012</b>	71,4	63,4	62,2	63	67,6	340,48	142,9	228,9	118	89,64	-5,8165	-5,5899	-5,8776	-5,8268	-6,1412	0,7513	0,3159	0,1973	0,0486	-0,2386
6	0,88	0,682	0,157	0,614	0,41	80	78,8	80,2	79,4	79,7	285,55	282,5	108,6	227	243,6	-8,9774	-8,5779	-9,0111	-8,4724	-8,9547	0,5468	-0,052	0,3695	-0,1563	0,1789



Tabell 7: Årringbredde korrelert med temperatur i august og september året før, og med nedbør i august og september året før for alle diametergrupper 1- 6, med p-verdi,  $r^2$  og koeffisient. Uthevet skrift antyder signifikant p-verdi.

Diameter- gruppe	p-verdi				$r^2$				Koeffisient											
	Temperatur		Nedbør		Temperatur		Nedbør		Konstant				År				Temperatur		Nedbør	
	Aug	Sept	Aug	Sept	Aug	Sept	Aug	Sept	Aug	Sept	Aug	Sept	Aug	Sept	Aug	Sept	Aug	Sept	Aug	Sept
1	0,533	0,09	0,589	0,976	39,7	44	39,6	39	78,5	-13,2	168,19	158,33	5,085	4,911	5,287	5,192	5,316	16,431	-0,16	-0,0118
2	0,349	<b>0,008</b>	0,798	0,604	49	57	47,8	48,1	185,6	72,23	292,31	283,05	-5,2137	-5,7133	-5,1986	-5,157	7,38	21,982	0,0606	0,1859
3	0,759	<b>0,033</b>	0,479	0,992	55,2	60,4	55,7	55,1	245,11	131,39	266,24	274,66	-5,012	-5,401	-5,182	-4,9897	1,942	14,015	0,1426	-0,0028
4	0,729	<b>0,025</b>	0,519	0,921	47,6	54,2	48,1	47,5	204,54	83,64	228,55	233,58	-4,0047	-4,3218	-4,1567	-3,9968	2,046	14,761	0,1211	0,0274
5	0,22	<b>0,009</b>	0,82	0,85	63,5	68,5	62	62	126,04	78,71	233,62	227,79	-5,1842	-5,6304	-5,0808	-5,1482	6,904	15,039	-0,0402	0,0481
6	0,311	0,15	0,285	0,479	77,7	78,3	77,8	77,4	214,95	203,39	317,14	292,97	-8,5693	-8,9137	-8,0534	-8,4387	6,092	10,377	-0,2172	0,1554

## **4. Diskusjon**

Styrken i dette forsøket er det høye antallet prøvetrær, som gjør at prøveflaten er godt representert. Resultatene sier noe om hvordan de forskjellige diameterklassene har blitt påvirket av temperatur og nedbør. Men det er en begrensning ved materialet, og en skal derfor være forsiktig med å trekke konklusjoner ut ifra disse resultatene på en mer generell basis. Grunnen er at det kun er ett bestand det er hentet materiale fra. Bestanden har også en relativt høy bonitet, og det har ikke blitt behandlet gjennom ungsogpleie eller tynning, noe som i mer eller mindre grad kan ha innvirkning på resultatene.

Resultatene som blir presentert vil til en viss grad gli over i hverandre. Derfor er diskusjonen delt opp etter temperatur og nedbør, med de forskjellige analysene som underkapitler.

Målet med denne studien var å undersøke sammenhengen mellom de klimatiske faktorene temperatur og nedbør, i et utynnet granbestand i Ås kommune. Videre ville jeg undersøke hvordan de ulike klimatiske faktorene påvirket årringbredden både for enkeltmåned, men også for hele vekstsesongen. Min hypotese var at både temperatur og nedbør korrelerer positivt med årringbredde, men at nedbør ville bety mest. Dette er fordi gran er etablert på hele Østlandet med alle temperaturvariasjoner, men virker til å trives best på fuktig mark.

### **4.1 Temperatur**

#### **4.1.1 Enkeltmånedene mai - september**

Temperaturen i september var av størst betydning for årringbredde av enkelt månedene. Her viste 3 diametergrupper signifikante, positive korrelasjoner. Videre viste to diametergrupper signifikante, positive korrelasjoner med temperatur i mai. Også for de andre månedene i analysen, juni, juli og august, viste alle positive korrelasjoner med temperatur.

Det viser seg av resultatene at temperatur er positivt for årringbredde i alle månedene, men hvor september-temperaturen veier tyngst. Dette kan tolkes som at en lengre vekstsesong er positivt for årringbredden. September-måned er mot slutten av vekstsesongen, og en temperaturøkning i denne perioden kan være positivt fordi vekstsesongen blir forlenget. Dette kan være til fordel for grana ved at den får økt vekst. Viktigheten av temperaturen i mai kan ha en sammenheng med at dette er starten på vekstsesongen, og at veksten starter igjen etter vinterdvalen.

En økt vekstsesong øker også faren for høstskudd. Høstskudd betyr at knoppene bryter senere i samme vekstsesong etter vekstavslutningen på høsten, framfor neste vekstsesong (Søgaard 2010). Dette kan føre til at skuddene blir skadet av frost, da de ikke blir modne nok når frosten setter inn (Skinneemoen 1969). Hvis toppskuddet blir skadet og dør, kan en sidegren overta høydeveksten. Dette kan lede til feil på stammen, som krok og dobbelt-topp (Søgaard 2010). Konsekvensene av dette kan være at tømmeret ikke blir godkjent som for eksempel sagtømmer (Norsk Virkesmåling 2013).

Andreassen m. fl. (2006) gjennomførte en landsdekkende studie på regionale forskjeller av påvirkningen av klimaet på granas vekst, hvor årringbredde-målinger ble benyttet. De delte Norge inn i 4 regioner, der Sørøst-Norge var representert ved to regioner; en region for lavereliggende strøk (mindre enn 500 meter over havet) og en region for høyereliggende strøk (mer enn 500 meter over havet). De fant en korrelasjon nære 0 med temperatur i mai, og en negativ korrelasjon med temperatur i september for årringbredde. Mäkinen m. fl. (2003) har gjort en liknende studie som Andreassen m. fl. (2006). Der brukte de prøveflater fra Sørvest- og Øst-Tyskland, Finland og Nord- og Sør-Norge, og konkluderte med at en høy temperatur i mai vil være fordelaktig for årringbredden hos gran. Resultatene til Mäkinen m. fl. (2003) er i samsvar med mine resultater, hvor mai har en betydning for årringbredden på gran, men derimot avviker resultatet mitt fra Andreassen m. fl. (2006), ettersom mine resultater viser september som en viktig temperatur-måned korrelert med årringbredde.

De bakenforliggende årsakene til dette kan være mange og komplekse. En tungtveiende forskjell fra litteraturen jeg sammenlikner med her, er at både Andreassen m. fl. (2006) og Mäkinen m. fl. (2003) har brukt temperatur og nedbør for hele året, altså alle månedene fra januar til desember, i sine analyser. I begge rapportene nevnes til eksempel at en lav februar temperatur er fordelaktig for årringbredde hos gran (Andreassen m. fl. 2006; Mäkinen m. fl. 2003). Jonsson (1969 i Miina 2000) fant at lavere temperatur i januar og februar var mer fordelaktig enn høyere temperaturer i disse månedene, og at dette skyldtes at karbohydrat-reservene ble lagret best i vinterdvalen med lav temperatur. Ved kun å bruke månedene mai til september framfor hele året, vil månedene som er med i analysen bli vektlagt annerledes enn om flere måneder var med. Derfor vil dette utgjøre et avvik fra litteraturen jeg har sammenliknet resultatene mine med.

Den negative korrelasjonen med september, som vist av Andreassen m. fl. (2006), kan komme av et en økt temperatur leder til økt transpirasjon. Blir transpirasjonen fra trærne høyere enn

opptaket av vann fra bakken og fra nedbør, kan dette bli en begrensende faktor for vekst (Mäkinen m. fl. 2003). Ettersom temperatur i september viste seg å være positivt i mine resultater, tyder dette på at tilgangen til vann gjennom rotsystemet og eventuelt nedbør har vært god i bestandet.

Høyde over havet kan ha en innvirkning på bonitet og vekstsesong (Skinnemoen 1969). Hos Andreassen m. fl. (2006) var gjennomsnittet for alle prøveflatene på Sør-Østlandet 260 meter over havet. Mäkinen m. fl. (2003) brukte data fra prøveflater i Telemarks-området i Norge, hvor høyde over havet varierer fra henholdsvis 40 – 200, 470 – 550 og 730 til 840 meter, for de tre regionene de hentet borprøver og stammeskiver fra i Norge. I mine analyser har jeg brukt datamateriale fra et bestand som har vokst omtrent 90 meter over havet. Høyde over havet er ikke nødvendigvis ensbetydende med fattigere og mer drenert jord, men kan ha en sammenheng. Innenfor samme vegetasjonstype, blir boniteten lavere med økende høyde over havet og ved økende breddegrad (Elgersma 1998). Tveite (1990) sin studie på årringbredder og klima, fant derimot at det ikke var stor forskjell på nærliggende høydelag (Tveite 1990). Han bruker årringserier fra Nord-Trøndelag og Aust-Agder som eksempel, i høydelagene 0-200 meter over havet og 200-400 meter over havet. Derfor er det mulig at spredningen i prøveflatene geografisk har større påvirkning enn høyde over havet i seg selv.

Dominerende vegetasjonstype er oppgitt til å være blåbær på prøveflatene til Andreassen m. fl. (2006), og blåbær forbindes gjerne med bonitet G11 – G14 (Fremstad 1997). Bestandet som ligger til grunn for mitt datamateriale ble bonitert til G24, men siden det tidligere var beitemark og første omløp av skog, var det ingen klar vegetasjonstype. Dette kan ha en betydning ved at jorda på rikere boniteter kan dekke krav til vekstbetingelser som jorda på fattigere boniteter ikke gjør, og dermed legger et annet grunnlag for de klimatiske behov og derfor påvirkninger for vekst. Farrelly m. fl. (2011) fant for sitkagran i Irland at boniteten varierte med klimaet, hvor et ugjestmildt klima forringet boniteten. Mine undersøkelser gir ikke grunnlag for å si at det er forskjell mellom boniteter på klimatisk påvirkning, eller at prøveflatene til Andreassen m. fl. (2006) hadde lavere bonitet på grunn av et mer ugjestmildt klima. Det er likevel verdt å merke seg disse forskjellene, da de trolig er en del av flere faktorer, som i større eller mindre grad kan virke inn på resultatene. Fritts (1976) påpekte at trær som vokser på lokaliteter som er i en ytterkant av treslagets behov, vil reagere sterkere på klimapåvirkning enn trær godt innenfor sitt trivselsområde. I denne sammenheng vil jeg anta at dette ikke har en betydning, da det sannsynligvis må være dårligere vekstvilkår enn G14 som ligger til grunn for Fritts (1976).

Farrelly m. fl. (2011) fant og at trær som er etablert på arealer hvor det tidligere har vært en form for jordbruk, vil være mer produktive enn områder som tidligere ikke har blitt kulturpåvirket. I mitt tilfelle har bestandet blitt etablert på beitemark. Farrelly m. fl. (2011) argumenterer med at nitrogen er årsaken til dette, ved at tidligere jordbruk vil endre tilgjengelig nitrogen i jorda, med bedre effekt enn ved gjødsling. Igjen vil det ikke være grunnlag for å si at dette har betydning for en klimatisk påvirkning. De fant også at vindstyrke påvirket boniteten negativt (Farrelly m. fl. 2011). Bestandet i mitt datamateriale lå i en forsenkning nedenfor et jorde, med en kantsone bestående av en del lauvtrær mellom jordet og bestandet. Bestandet lå dermed forholdsvis skjermet for vinden. Det kan ikke utelukkes at dette har hatt en effekt, men det er ikke grunnlag for å si noe om hvor stor en eventuell effekt ville vært, da dette ikke er målt i forsøkene. Resultatene til Farrelly m. fl. (2011) er ikke direkte overførbare for bestandet i mine resultater, da det var snakk om sitka-gran for Irske forhold. Likevel kan det tenkes at noen av de liknende mekanismene kan påvirke norske forhold, og dermed medvirke til resultatene som presenteres her.

#### **4.1.2 Mai – august og juni - september**

Kun en diametergruppe viste positiv, signifikant korrelasjon mot temperatur i perioden juni til september. Dette resultatet samstemmer ikke med Andreassen m. fl. (2006), hvor juni-temperatur viste en korrelasjon nær 0, mens juli-temperatur ser ut til å ha mest betydning for Sør-Østlandet. Det er nærliggende å tro at resultatet mitt har sammenheng med temperatur i september, slik som vist i analysene av enkeltmåneder. Der viste 3 diametergrupper signifikant korrelasjon med temperatur i september. Tveite (1990) så i sine resultater at enkeltmånedene ofte gir bedre resultat enn kombinasjonen av lengre perioder, og dette ser ut til å være tilfellet i mine resultater også. I analysene med hver enkelt måned viste september alene 3 signifikante positive korrelasjoner med temperatur, og det er nærliggende å tro at dette resultatet har en sammenheng med det. Korrelasjonen mellom årringbredde og juni-temperatur øker i himmelretning sør mot nord (Mäkinen m. fl. 2002). Når årringbredder fra flere bestand slås sammen, kan egenskaper som er tilstede i få bestand, bli redusert og dermed ikke synes (Mäkinen m. fl. 2002). Dette kan gjelde betydningen av september-temperatur i dette tilfellet. Det kan tenkes at temperaturen i september er av betydning under gitte lokale forhold for, men at dette ikke kommer fram i studiene til hverken Mäkinen m. fl. (2003) eller Andreassen m. fl. (2006). Grunnen til denne antakelsen er deres høye antall prøveflater over flere regioner, sammenliknet med mitt ene bestand.

#### **4.1.3 Medio mai til medio september**

I analysen for enkeltmånedene mai til september, viste temperaturen i september å ha mest betydning for årringbredden med 3 signifikante, positive korrelasjoner. Mai-temperatur viste 2 signifikante, positive korrelasjoner. Derimot viste ingen av diametergruppene en signifikant korrelasjon med temperatur når analysen for 15. mai til 14. september ble gjort, selv om alle korrelasjonene var positive. Det kan derfor virke som at det for perioden som helhet, er andre faktorer enn temperatur som betyr mest for årringbredde. Med det menes at selv om temperatur har en positiv effekt på årringbredden, er det andre faktorer det er mindre av som setter begrensninger for veksten på trærne. Plass kan være en faktor, da for eksempel kronesjiktet hadde et høyere potensiale til å utvikle seg enn det fikk ved denne tettheten.

#### **4.1.4 Temperatur og nedbør samlet**

I analysen hvor temperatur og nedbør sammen ble korrelert med månedene mai til september, sammenfaller resultatene i stor grad med resultatene av korrelasjonen med temperatur for enkeltmånedene mai til september, og nedbør for enkeltmånedene mai til september. Forskjellen i resultatet er når temperatur og nedbør sammen ble korrelert med mai til september. Mot temperatur i september viste 3 av enkeltmånedene signifikante korrelasjoner. Her, i kombinasjonen av temperatur og nedbør, viser 4 diametergrupper signifikante positive korrelasjoner. Som nevnt tidligere, kan dette resultatet tyde på at en forlengelse av vekstsesongen er positivt for årringbredden hos gran, og at i oppstarten av vekstsesongen (mai – juni) er nedbør viktig. Dette kan være for å kompensere for økt transpirasjon som kommer av økt temperatur og mer direkte sollys.

## 4.2 Nedbør

### 4.2.1 Enkeltmånedene mai - september

Nedbør i mai var av størst betydning for årringbredde av enkeltmånedene mai til september, hvor 4 av diametergruppene viste signifikant, positiv korrelasjon, og 2 av diametergruppene signifikant positiv korrelasjon med juni-nedbør. Også her, i likhet med analysen for temperatur mot enkeltmånedene, viste alle diametergrupper og måneder utelukkende positive korrelasjoner.

Den største betydningen av mai- og juni-nedbør kan ha sammenheng med at vekstsesongen starter etter vinterdvalen og temperaturen i lufta øker, som gir økt transpirasjon og derfor økt behov for opptak av vann, som diskutert over. Om jorda fortsatt er delvis frosset kan opptaket av vann bli vanskeligere, men når jorda har tint, får trærne dekket behovet for vann fra jorda.

Andreassen m. fl. (2006) viste at nedbøren i juni hadde størst påvirkning på vekst i lavereliggende strøk på Østlandet, men hvor mai-nedbør ikke viste en like sterk trend. Igjen kan dette ha en sammenheng med variasjonen i lokalklimaet på feltene til Andreassen m. fl. (2006) sammenliknet med mitt. Som nevnt tidligere, vil et stort antall prøveflater gi et gjennomsnitt for et større område, og da kan lokale variasjoner bli for svake til å gi utslag. Det kan med andre ord være interne variasjoner i datamaterialet, og på noen prøveflater kan til eksempel nedbør i mai bety mest. Mäkinen m. fl. (2003) fant en positiv korrelasjon mellom tilvekst og nedbør i mai for sørvest- og Øst-Tyskland, Norge og Finland, noe som også stemmer overens med mine resultater. I resultatene til Mäkinen m. fl. (2003) blir ikke resultatene for Norge presentert i en egen figur, men i en samlet figur for Øst-Tyskland, Norge og Finland. Sammenlikningen er derfor ikke direkte overførbar, og selv om det kan synes å bli en positiv korrelasjon med plottene for Norge, er det ikke noe jeg kan si med sikkerhet.

Datamaterialet Mäkinen m. fl. (2003) har lagt til grunn er hentet fra 9-12 trær per prøveflate, fra 16 prøveflater for delt på sørvest- og Øst-Tyskland, Norge og Finland. Datamaterialet mitt er basert på 184 trær fra ett og samme bestand. Andreassen m. fl. (2006) har 3 trær per prøveflate, med 4 prøveflater innenfor hvert av 176 distrikter, fordelt på hele landet. Det kan innenfor mindre lokaliteter være store forskjeller (Skinnemoen 1969), som forskjeller i næring og vanntilførsel, noe som kan gi utslag på trærnes vekst. Derfor kan et utvalg av få trær per prøveflate gi et feil bilde hvis trærne har vokst på en spesielt heldig eller uheldig plassering på prøveflaten, for eksempel et fuktig drag med mye næring som gir høyere bonitet eller et

generelt fattigere sted innenfor et gitt område, som muligens kan gi mindre utslag fra klimatisk påvirkning (Fritts 1976). Som nevnt tidligere vil et større utvalg av prøvetrær per prøveflate vil gi et mer representativt bilde av prøveflaten som helhet. Dette kan være med på å forklare forskjellen i resultatene her. Som nevnt innledningsvis, sier ikke mine resultater noe om Østlandet generelt, men mer om lokaliteten der trærne har vokst. Andreassen m. fl. (2006) gir et bilde av Østlandet som helhet, som kan gi lokale avvik mellom lokaliteter.

I likhet med at et høyere antall prøvetrær gir et mer representativt bilde av lokaliteten, vil et høyere antall år med klimadata og årringer gi et mer representativt bilde av hvordan de klimatiske faktorene faktisk har påvirket veksten til trærne. Andreassen m. fl. (2006) benyttet borprøver fra forskjellige hogstklasser/utviklingstrinn, som naturligvis vil variere i alder, mens jeg brukte et ensaldret bestand. En av de 4 klassene til Andreassen m. fl. (2006) var forfallende skog, noe som indikerer at det er eldre skog. Derfor stekker tidsperspektivet deres seg fra 1900 – 1998, noe som gir et bredere bilde med flere års klima til grunn. I mitt datasett strekker tidsperioden seg fra 1961 til 2012, noe som er litt over halvparten av tidsperioden til Andreassen m. fl. (2006). Også Mäkinen m. fl. (2003) har en lang tidsperiode i sitt datamateriale. En av prøveflatene i Finland hadde en gjennomsnittsalder på 203 år, noe som gir nærmere 4 ganger så mange år med årringbredder og klimadata som mitt datasett. Til sammenlikning var den yngste gjennomsnittsalderen for prøveflatene til Mäkinen m. fl. (2003) i Norge 97 år, og det yngste treet i datasettet deres var 67 år.

Trærnes alder har innvirkning på hvordan de reagerer på temperatur og nedbør (Schuster & Oberhuber 2013). I sin studie viste Schuster & Oberhuber (2013) at yngre trær var lavere korrelert mot mai/juni-nedbør enn eldre trær. Aldersklassene som blir trukket fram her som yngre trær hadde en gjennomsnittsalder på henholdsvis 28 og 53 år, mens de eldre trærne en gjennomsnittsalder på 121 og 173 år. Dette kan være en faktor som gjør at temperaturen i juni viste seg å være viktigere hos Andreassen m. fl. (2003) enn resultatene mine viser, da det er en relativt stor aldersforskjell i disse to studiene.

#### **4.2.2 Mai – august og juni - september**

For perioden mai til august viste 3 av diametergruppene signifikante positive korrelasjoner med nedbør. Dette kan, i likhet med temperatur, ha en sammenheng med resultatene fra enkeltmånedene. I mine resultater viste mai og juni sterkest korrelasjon med nedbør. Andreassen m. fl. (2006) fant, som tidligere nevnt, at nedbør i juni var positivt korrelert med



årringbredde for lavereliggende strøk på Østlandet, mens resten av månedene kun var svakt korrelert. Resultatene er derfor trolig ikke i samsvar med Andreassen m. fl. (2006).

Andreassen m. fl. (2006) har brukt 4 hogstklasser/utviklingstrinn; ung skog, yngre produksjonsskog, gammelskog og eldre/forfallende skog, som var fordelt på forskjellige prøveflater, mens Mäkinen m. fl. (2003) har brukt «vilkårlige, dominante modne trær uten synlige skader» til sitt datamateriale. Datamaterialet i denne oppgaven er delt inn i diameterklasser, noe som skiller seg fra metoden til både Andreassen m. fl. (2006) og Mäkinen m. fl. (2003). Gjennomgående i alle mine resultater er at hverken diametergruppe 1 eller diametergruppe 6 viste noen signifikante korrelasjoner. Dette kan tyde på at det er andre faktorer enn de som er tatt høyde for i analysen som virker inn på disse trærne, som for eksempel næring og lys (Ge m. fl. 2013). Trolig ville resultatene blitt noe annerledes om datasettet mitt ikke ble inndelt i diameterklasser, og dermed kan dette være en årsak til at resultatene avviker. En årsak til denne forskjellen kan være at de større trærne har et bedre utviklet rotsystem, og derfor vil de mindre trærne oppleve større konkurranse om rot-plass (Zang m. fl. 2012). Selv om de minste trærne (diameterklasse 6) har sterkest korrelasjon mot nedbør, er ikke denne diameterklassen signifikant. Dette kan ha en sammenheng med at de største trærne fanger opp en del av nedbøren i kronesjiktet. Hvis det regner lett og i et kort tidsrom, vil det meste av nedbøren bli fanget i kronetaket, men ved vedvarende eller kraftig regn, slipper mer vann igjennom (Skindemoen 1969).

Alle resultatene som nevnt her kan derimot i mer eller mindre indikere en viss sammenheng med resultatene til Maaten-Theunissen m. fl. (2013) om at gran er et tørkesensetivt treslag. Det har blitt gjort studier som viser at bestand som er tynnet kan vise større toleranse for tørke, som (Kohler m. fl. 2010), men dette er et element som ikke er vektlagt i undersøkelsen her.

#### **4.2.3 Medio mai til medio september**

For perioden 15. mai – 14. september viste mine resultater at nedbør framfor temperatur, er av størst betydning for årringbredden. To diametergrupper viste signifikante, positive korrelasjoner mot nedbør. Også her, i likhet med de andre resultatene, er alle korrelasjoner positive, men kun noen er signifikante. Hvis en ser dette i sammenheng med temperaturen for samme periode, som ikke viste noen signifikante korrelasjoner, kan det indikere at nedbøren er dels viktigere enn temperaturen er i denne perioden.

Når Mäkinen m. fl. (2003) plottet gjennomsnittstemperatur mot årringbredde og nedbør, fant de at en over gjennomsnittlig nedbørmengde var positiv for årringbredden i regioner med høyere gjennomsnittstemperatur, men negativ i regioner med en lavere gjennomsnittstemperatur. De fant at i regioner hvor årlig temperatursum overgikk 1200 – 1300 °C, var ikke diametertilveksten relatert til temperatursum, men for regioner med lavere temperatursum økte radialtilveksten med varmere somre (Mäkinen m. fl. 2003). Dette kan bety at i varmere regioner kan mangel på nedbør være en utfordring, noe som kan skyldes at transpirasjonen blir høyere enn opptaket av vann på grunn av høy temperatur. Til sammenlikning var varmesummen, med 5 °C som basistemperatur som brukt av Mäkinen m. fl. (2003), for Ås gjennomsnittlig 1467 grad-dager per år i perioden 1. mai 2002 til 1. mai 2012 (VIPS 2013). Grad-dager er differansen mellom en gitt basistemperatur og registrert gjennomsnittstemperatur for et døgn (VIPS 2013). Dette kan da være årsaken til at nedbør viser seg å være viktigere i mine resultater, ved at temperaturen ikke er en begrensende faktor.

#### **4.2.4 August- og september temperatur- og nedbør året før**

Med september-temperatur- og nedbør året før aktuelle vekstår, viste 4 diametergrupper signifikant, positiv korrelasjon med temperatur i september. Her var også alle andre korrelasjoner positive, også for nedbør og temperatur i august, men kun 4 var signifikante. Dette indikerer at det er andre faktorer som virker sterkere inn på de minste og de groveste trærne i datasettet, da de ikke var signifikante. Andreassen m. fl. (2006) viste at juli, august og september-temperatur året før, var negativt korrelert mot årets årringbredde. De diskuterte at kongleproduksjon kunne være en årsak, hvor diametertilvekst blir nedprioritert framfor produksjon av kongler (Andreassen m. fl. 2006). En mulig forklaring på forskjellen i resultatene kan være at næringstilførselen i bestandet i mitt datamateriale er så god, at produksjon av kongler ikke vil gi merkbare utslag på årringbredden.

Levanič m. fl. (2009) diskuterer i et forsøk fra Slovenia at temperatur sommeren året før kan ha positiv effekt på høydeveksten til gran det aktuelle vekståret, og at dette medvirket til økt årringbredde. Da sammenhengen mellom temperatur og høydevekst ikke er målt i mitt forsøk, er det ikke grunnlag for å si at dette har vært en påvirkende faktor. Levanič m. fl. (2009) brukt to bestand, ett i lavlandet 350 meter over havet, og et i høyereliggende strøk ved 1250 meter over havet. Her skiller klimaet betydelig fra norske forhold, så det er ikke grunnlag for en sammenlikning. De skriver i diskusjonen: «*Spruce in the southeastern Alps is notoriously difficult to cross-date between sites, suggesting that local site factors dominate over the regional climate signal*» (Levanič m. fl. 2009) (side 7 (175)). Selv om resultatene ikke er

overførbare, kan det tenkes at akkurat dette er en faktor som også spiller inn for norske forhold, altså at mikroklimaet og spiller en stor rolle i klimaets påvirkning, og kan ha påvirket resultatene mine.

## **5. Konklusjon**

Resultatene mine viser at temperaturen betyr mest i september og i mai har størst betydning for årringbredde, mens nedbøren betyr mest i mai og juni av enkeltmånedene. For vekstsesongen mai – september er nedbør i starten av sesongen av høyest betydning for årringbredde, mens temperatur er viktigst mot slutten av vekstsesongen. En økt temperatur i september vil også være positivt for årring-veksten året etter.

Hvis klimaendringene blir som forventet, med økt temperatur og redusert nedbør om våren og sommeren på Østlandet, vil dette kunne gi en lengre vekstsesong, men mulig en redusert vekst om våren ettersom at nedbøren er forventet å minske. Med tanke på begrensningene i datamaterialet mitt og de lokale variasjonene i klima som er på Østlandet, skal en være forsiktig med å overføre resultatene fra denne rapporten til andre lokaliteter.

## 6. Litteraturliste

- Alfsen, K. H. (2001). *Climate change and sustainability in Europe*, b. 2001:3. Oslo: CICERO.
- Andreassen, K., Solberg, S., Tveito, O. E. & Lystad, S. L. (2006). Regional differences in climatic responses of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst) growth in Norway. *Forest Ecology and Management*, 222 (1–3): 211-221.
- Bergesen, H. O., Roland, K., Sydnes, A. K. & Brunvatne, K.-M. (1995). *Norge i det globale drivhuset*. Oslo: Universitetsforl. 174 s.
- Bioforsk. Ås. Tilgjengelig fra: <http://fou02.planteforsk.no/lmt/stasjon.php?siteid=5>.
- Bjørnæs, C. (2009). *Klima forklart*. Oslo: Unipub. 224 s.
- Bye, L. M., Lein, H. & Rød, J. K. (2013). *Mot en farligere fremtid?: om klimaendringer, sårbarhet og tilpasning i Norge*. Trondheim: Akademika forl. 262 s.
- Elgersma, A. M. (1998). *Sammenhenger mellom skogtyper, bonitet og jordkjemi i ulike typer makro klima regioner*, b. 16/98. Ås: Norsk institutt for jord- og skogkartlegging. 21 s.
- Farrelly, N., Dhuháin, Á. N. & Nieuwenhuis, M. (2011). Sitka spruce site index in response to varying soil moisture and nutrients in three different climate regions in Ireland. *Forest Ecology and Management*, 262 (12): 2199-2206.
- Fremstad, E. (1997). *Vegetasjonstyper i Norge*, b. 12. Trondheim. 279 s.
- Fritts, H. C. (1976). *Tree rings and climate*. London: Academic Press. 567 s.
- Ge, Z.-M., Kellomäki, S., Peltola, H., Zhou, X., Väisänen, H. & Strandman, H. (2013). Impacts of climate change on primary production and carbon sequestration of boreal Norway spruce forests: Finland as a model. *Climatic Change*, 118 (2): 259-273.
- Giesecke, T. & Bennett, K. D. (2004). The Holocene spread of *Picea abies* (L.) Karst. in Fennoscandia and adjacent areas. *Journal of Biogeography*, 31 (9): 1523-1548.
- Hanssen-Bauer, I., Achberger, C., Benestad, R., Chen, D. & Forland, E. (2005). Statistical downscaling of climate scenarios over Scandinavia. *Climate Research*, 29 (3): 255.
- IPCC. (2013). Summary for Policymakers.
- King, G., Gugerli, F., Fonti, P. & Frank, D. (2013). Tree growth response along an elevational gradient: climate or genetics? *Oecologia*, 173 (4).
- Kohler, M., Sohn, J., Nägele, G. & Bauhus, J. (2010). Can drought tolerance of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) be increased through thinning? *European Journal of Forest Research*, 129 (6): 1109-1118.
- Koprowski, M. (2013). Spatial distribution of introduced Norway spruce growth in lowland Poland: The influence of changing climate and extreme weather events. *Quaternary International*, 283 (0): 139-146.
- Landbruks- og matdepartementet. (2007). *Norsk skogpolitikk*. [Oslo]: LMD. 19 s.
- Langvall, O. (2011). Impact of climate change, seedling type and provenance on the risk of damage to Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) seedlings in Sweden due to early summer frosts. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 26 (S11): 56-63.
- Larsen, R. (2011). *Boken om fotosyntesen: skogens fantastiske CO<sub>2</sub>-rensesystem*. Bremnes: Bokmaker forl. 112 s.
- Levanič, T., Gričar, J., Gagen, M., Jalkanen, R., Loader, N., McCarroll, D., Oven, P. & Robertson, I. (2009). The climate sensitivity of Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.] in the southeastern European Alps. *Trees*, 23 (1): 169-180.
- Meteorologisk institutt. *Fremtidsklima - Klima om 100 år > Målestasjoner i Norge*. Tilgjengelig fra: <http://met.no/Oslo.9UFRLW5c.ips> (lest 18.11).
- Meteorologisk institutt. *Østlandet*. [www.met.no](http://www.met.no): Meteorologisk institutt. Tilgjengelig fra: [http://met.no/%C3%98stlandet.b7C\\_wljMWU.ips](http://met.no/%C3%98stlandet.b7C_wljMWU.ips) (lest 30.09).
- Miljødirektoratet. (2013). *Alvorlige budskap fra FNs klimapanel*. miljødirektoratet.no. Tilgjengelig fra: <http://www.miljodirektoratet.no/no/Nyheter/Nyheter/2013/September-2013/Alvorlige-budskap-fra-FNs-klimapanel/> (lest 30.09).
- Mäkinen, H., Nöjd, P., Kahle, H.-P., Neumann, U., Tveite, B., Mielikäinen, K., Röhle, H. & Spiecker, H. (2002). Radial growth variation of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) across

- latitudinal and altitudinal gradients in central and northern Europe. *Forest Ecology and Management*, 171 (3): 243-259.
- Mäkinen, H., Nöjd, P., Kahle, H.-P., Neumann, U., Tveite, B., Mielikäinen, K., Röhle, H. & Spiecker, H. (2003). Large-scale climatic variability and radial increment variation of *Picea abies* (L.) Karst. in central and northern Europe. *Trees*, 17 (2): 173-184.
- Norsk institutt for Skog og Landskap. *Bonitetskalkulator*. Tilgjengelig fra: [http://www.skogoglandskap.no/kalkulator/bonitering\\_og\\_produksjonsevne/bonitets\\_kalkulator](http://www.skogoglandskap.no/kalkulator/bonitering_og_produksjonsevne/bonitets_kalkulator) (lest 04.10).
- Norsk klimasenter. (2009). Klima i Norge 2100 - Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpasning. 2. Tilgjengelig fra: [http://met.no/Klima/Fremtidsklima/Klima\\_i\\_Norge\\_2100/filestore/klima-norge-2100.pdf](http://met.no/Klima/Fremtidsklima/Klima_i_Norge_2100/filestore/klima-norge-2100.pdf).
- Norsk Virkesmåling. (2013). *Målereglement sagtømmer*. Tilgjengelig fra: <http://www.m3n.no/B1%20M%C3%A5lereglement%20sagt%C3%B8mmer.pdf> (lest 07.12).
- Nybø, S. (2010). *Naturindeks for Norge 2010*, b. 3-2010. Trondheim: Direktoratet for naturforvaltning. 162 s.
- Ohlson, M., Brown, K. J., Birks, H. J. B., Grytnes, J.-A., Hörnberg, G., Niklasson, M., Seppä, H. & Bradshaw, R. H. W. (2011). Invasion of Norway spruce diversifies the fire regime in boreal European forests. *Journal of Ecology*, 99 (2): 395-403.
- Schuster, R. & Oberhuber, W. (2013). Age-dependent climate-growth relationships and regeneration of *Picea abies* in a drought-prone mixed-coniferous forest in the Alps. *Canadian Journal of Forest Research*, 43 (7): 609-618.
- Seidling, W., Ziche, D. & Beck, W. (2012). Climate responses and interrelations of stem increment and crown transparency in Norway spruce, Scots pine, and common beech. *Forest Ecology and Management*, 284 (0): 196-204.
- Skinemoen, K. (1969). *Skogskjøtsel*. Oslo: Landbruksforlaget. 724 s.
- Statistisk sentralbyrå. (2013). *Landsskogtakseringen, 2008-2012 (Tabell 1)*. Tilgjengelig fra: <http://www.ssb.no/134951/st%C3%A5ende-kubikkmasse-og-%C3%A5rlig-tilvekst> (lest 03.10).
- Steinset, T. A., Heje, K. K. & Nygaard, J. (1999). *Norsk skoghåndbok 2000*, b. 2000. Oslo: Landbruksforlaget.
- Strand, H. (1969). *Skogøkologiske undersøkelser på gamle grøftefelt i Nord-Trøndelag*, b. 48:1. Ås: NLH. 88 s.
- Søgaard, G. (2010). *Høstskudd hos gran kan være et økende fenomen*, b. 10/10. Ås: Skog og landskap. 2 s.
- Tallantire, P. A. (1972). Spread of Spruce (*Picea abies* (L.) Karst) in Fennoscandia and Possible Climatic Implications. *Nature*, 236 (5341): 64-65.
- Tveite, B. (1990). Klima og vekst. *Aktuelt fra NISK* (5): 12-17.
- VIPS. (2013). *Beregn varmesum og nedbørmengde - Kalkulator*. Tilgjengelig fra: <http://www.vips-landbruk.no/weather/we707s.jsp?klimastasjonId=5&fraDato=01.05.2011&basisTemperatur=0.0&tilDato=01.05.2012&BUTTON=ok> (lest 04.10).
- Zang, C., Pretzsch, H. & Rothe, A. (2012). Size-dependent responses to summer drought in Scots pine, Norway spruce and common oak. *Trees*, 26 (2): 557-569.