



Høgskulen på Vestlandet

Master Thesis in Climate Change Management

GE4-304

Predefinert informasjon

Startdato:	10-05-2018 09:00	Termin:	2018 VÅR
Sluttdato:	28-05-2018 14:00	Vurderingsform:	Norsk 6-trinnsskala (A-F)
Eksamensform:	Master's thesis		
SIS-kode:	203 GE4-304 1 MA 2018 VÅR		
Intern sensor:	Stein Joar Hegland		

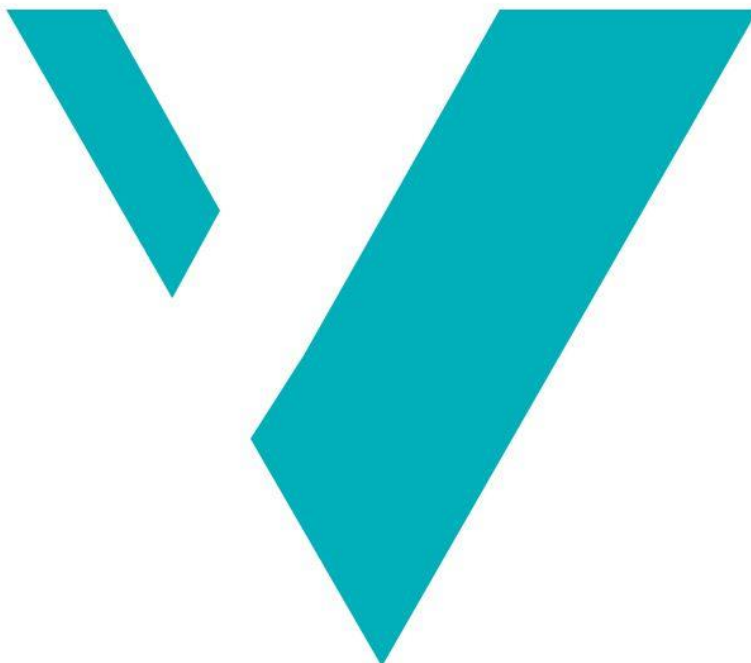
Deltakar

Namn:	Rannveig Berge
Kandidatnr.:	615
HVL-id:	131384@hvl.no

Gruppe

Gruppenamn:	Einmannsgruppe
Gruppenummer:	12
Andre medlemmer i gruppa:	Deltakaren har levert inn i enkeltmannsgruppe

Variasjonar i vekst og reproduksjon hos blåbær (*Vaccinium myrtillus*) i forhold til klima og lokal økologisk forhold



Rannveig Berge

Masteroppgåve i Climate Change Management (Planlegging for klimaendringar)

Institutt for miljø- og naturvitskap, Fakultet for ingeniør- og naturvitskap

HØGSKULEN PÅ VESTLANDET

Sogndal

Mai 2018

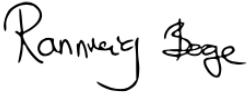
Eg stadfestar at arbeidet er sjølvstendig utarbeida, og at referansar/kjeldetilvisingar til alle kjelder som er brukt i arbeidet er oppgitt, *jf. Forskrift om studium og eksamen ved Høgskulen på Vestlandet, § 10*



Høgskulen
på Vestlandet

Variasjonar i vekst og reproduksjon hos blåbær (*Vaccinium myrtillus*) med klima og andre lokal økologiske forhold

Masteroppgåve i Climate Change Management/Planlegging for klimaendringar

Forfattar: Rannveig Berge	Forfattar sign. 
Oppgåva innlevert: Vår 2018	Open oppgåve
Rettleiarar: Knut Rydgren, Inger Auestad	
Stikkord: Blåbær, <i>Vaccinium myrtillus</i> , høgdegradient, klimaendringar, lokaløkologiske forhold, vekst, reproduksjon	Tal sider: 47 + Vedlegg: 1 Sogndal, 28.05.2018 Stad/Dato/År
Dette arbeidet er gjennomført som ledd i masterprogrammet i Climate Change Management (norsk namn: Planlegging for klimaendringar) ved Institutt for miljø- og naturvitskap, fakultet for ingeniør- og naturvitskap, Høgskulen på Vestlandet. Studenten står sjølv ansvarleg for metodane som er brukt, resultatane som er kome fram, og konklusjonar og vurderingar i arbeidet.	

Føreord

Denne masteroppgåva markerer slutten på masterstudiet Master in Climate Change Management ved Høgskulen på Vestlandet (HVL), avdeling Sogndal. Oppgåva utgjør 30 studiepoeng. Utfordringane har vore mange med avgrensa bakgrunn i økologi, men jo desto meir lærerikt har prosessen vore.

Eg vil takke rettleiarane mine ved HVL, professor Knut Rydgren, og førsteamanuensis Inger Auestad, for god og konstruktiv rettleiing gjennom heile oppgåva. Takk for at de alltid har hatt tid til å svare på både større og mindre spørsmål når eg har komt innom kontora dykkar. Spesiell takk til Knut for hjelp med dei statistiske analysene. Videre vil eg òg takk Joachim P. Tøpper, førsteamanuensis ved UiB, og Mark Gillespie, førsteamanuensis ved HVL, for hjelp med stateistikken når den ba på store utfordringar.

Ei takk rettast òg til bachlorstudentane i Landskapsplanlegging med landskapsarkitektur ved HVL, Ingrid Avdem og Oline Lima for tilgang til nokre av deira data, sidan dei har nytta same studieområdet for vegetasjonsanalyse. Takk til Jan Sulavik, stipendiat ved HVL, for tips og triks for å sjå på frø av blåbær i lupe.

Tilslutt vil eg takke feltassistentane mine, som har gjort feltarbeidet enklare og kjekkare, Martina som har illustrert og Martha for ei hjelpande hand når Word, R eller Excel ikkje gjer som eg ønsker.

Bilete er teken av forfattaren, dersom ikkje anna er oppgjeve.

Sogndal, 28.05.2018

Rannveig Berge

Samandrag

Blåbær er ein viktig matkjelde for mange artar på den nordlege halvkule, derfor er det viktig å vite korleis blåbær vert påverka av klimaendringane. Vekst og reproduksjon hos planter er bestemt av både regionale og lokale miljøvilkår. Under dei pågåande klimaendringane vil desse vilkåra bli endra. Ved å studere ein art langs ein høgdegradient, som reflekterer variasjonar i klima, og med andre lokal økologiske forhold vil ein kunne forutseie arten sin respons på klimaendringane.

Vekst gjennom rametstorleik, og reproduksjonstrekka, bærproduksjon per m², sum bærvekt for ein ramet, bærvekt for enkeltbær og andelen modne, til blåbær vart studert på ti høgder mellom 200 og 876 moh., i ein blåbærfuruskog i Sogn. Dei lokaløkologiske tilhøva varme, lys, glødetap, pH og jordfuktigheit vart òg undersøkt på dei ti høgdena for å avdekke deira påverknad.

Både vekstvilkåra og bærproduksjonen var størst ved mellomhøgder og i skuggefulle delar av skogen. Andelen modne frø auka med aukande høgder, og foretrakk låg varmeindeks. Bærvekta til enkeltbær hadde ingen signifikante samanhengar medan sum bærvekta per ramet var påverka av lys og varme, samt rametstorleik. Ingen av jordbotnforhold hadde signifikant påverknad på vekst og reproduksjon

Sidan rametstorleiken, bærproduksjonen og andelen modne frø er størst i kjølegare klima kan vi venta at desse plantetrekka vert å finne høgare over havet eller lengre nordover som følgjer av klimaendringane. Dei lokal økologiske faktorane må òg bli møtt på dei nye høgdena for at veksten eller reproduksjonen skal bli suksessfull der.

Stikkord: *Vaccinium myrtillus*, blåbær, høgdegradient, lokaløkologiske forhold, klimaendringar, vekst, reproduksjon

Abstract

Bilberry is an important foodsource for many species in the northern hemisphere, therefore it is of great importance to know how climate change affects bilberries. Growth and reproduction of plants is decided by regional and local environmental conditions. With the ongoing climate changes these terms will change. By studying a species along elevation gradient, which reflects the climate variation, and with other local ecological conditions we can predict the species response to climate change.

Growth through rametsize and the reproduction(features), berry density per m², total berry weight for one ramet, berry weight and seed set were studied at ten different localities between 200 and 876 meters above sea level, in a bilberry pine forest in Sogn. The local ecological factors heatindex, light, loss of ignition, pH and soil moisture were examined at the ten locations to reveal their impact.

Both conditions for growth and the berryproduction were greatest at mid elevations and in part of the forest with high tree canopy cover. Seed set increased with elevation and decreased with heat index. The weight for single berries had no significant connections, while the total weight per ramet was influenced by the light, heatindex and size of the ramet. None of the soil-conditions had a significant impact on growth and reproduction.

Since the rametsize, berry production and seed setgreatest in cooler climates, we can expect that these plantcharacteristic shift upwards or nordwards as a consequence of climate change. The local ecological factors must also be met at the new elevations for the growth or reproduction to be successful there.

Keywords: *Vaccinium myrtillus*, bilberries, elevation gradient, local ecological factors, climate change, growth, reproduction

Innholdsliste

Føreord	I
Samandrag.....	II
Abstract	III
1. Innleiing.....	1
2. Materiale og metodar	7
2.1 Studiestad.....	7
2.2 Arten.....	12
2.3 Datainnsamling.....	13
2.4 Statistisk analyse	19
3. Resultat.....	22
3.1 Samanheng mellom dei økologiske variablane	22
3.2 Vekst hos blåbær	22
3.2.1 Rametstorleik	22
3.3 Reproduksjon av blåbær	25
3.3.1 Bærproduksjonen	25
3.3.2 Total bærvækt per ramet	27
3.3.3 Bærvækt	30
3.3.4 Andelen modne frø i bæra	31
4. Drøfting.....	34
4.1 Variasjonar i veksten til blåbær med klima og lokal økologiske forhold.....	34
4.2 Variasjonar i reproduksjonen til blåbær med klima og lokal økologiske forhold	36
4.2.1 Bærproduksjon	36
4.2.2 Andel modne frø i bæra	38
4.2.3 Bærvækt	39
5. Konklusjon	41
6. Referansar	43

1. Innleiing

Den globale gjennomsnittstemperaturen stig, isbrear smeltar, snødekket reduserast, havnivået stig og meir og hyppigare ekstremvêr er venta (Hartmann *et al.*, 2013). Klimaet er i endring. Sjølv om klimaet på jorda alltid har vore i endring, er hastigheita på endringane som er venta framover raskare enn dei fleste endringane vi har sett før i klimahistoria og 10- 100 gongar raskare enn avsmeltinga frå siste istid (Huntley, 1991; Pardi og Smith, 2012). FN sitt klimapanel, IPCC, seier at det er svært sannsynleg at endringane vi ser no er menneskeskapte (IPCC, 2014). Temperaturen er venta å stige mellom 2,6 og 4,8 °C innan år 2100 i forhold til 1986-2005, dersom klimagassutsleppa våre fortset som før (IPCC, 2014). Sjølv om vi klarer å avgrense dei framtidige utsleppa våre og såleis redusere omfanget av endringane, vil både menneskjer, dyr, planter og økosystem bli påverka av klimaendringane (Pecl *et al.*, 2017).

Dyr og planter er tilpassa ei nisje med ulike miljøvilkår, som avgjer kvar dei kan overleve, vekse og reprodusere seg (Hutchinson, 1957). Variasjonar i klimaet er vanleg og dei fleste artar tolererer små variasjonar gjennom fenotypisk plastisitet, som gjer at dei kan tilpasse seg desse små variasjonane (Jump og Peñuelas, 2005). Men når klimaet overstige toleevna til ein art vert det problematisk. Det kan enten vere gjennom gradvise endringar av gjennomsnittlege forhold som temperatur eller gjennom auka førekomst og styrke på ekstremhendingar som flaum og tørke (Forsgren *et al.*, 2015).

Dyr- og planteartar har tre alternativ når dei opplev klimaendringar, dei kan tilpasse seg endringane, flytte med endringane eller døy ut (Aitken *et al.*, 2008). Tidlegare endringar i klimahistoria indikerer at artar heller flyttar med endringane enn å tilpasse seg til dei (Huntley, 1991). For at ein art skal flytte med endringane legg ein til grunn at arten vil flytte til nye områder med tilsvarande klima som det den lever i, i dag. Arten må da klare å endre utbreiinga si i takt med klimaendringane (Hannah, 2015). For å klare å følgje med klimaendringane treng artar god spreingsevne og koloniseringskapasitet (Graae *et al.*, 2018). For planter som berre kan spreie seg over større distansar gjennom frø, er det spesielt vanskeleg å halde følgje med endringane når dei skjer raskt (Corlett og Westcott, 2013). Artar trekker mot polane eller vertikalt, oppover i høgda, når klimaendringane fører til varmare klima og motsett når det vert

kjølegare (Hannah, 2015). Under dei pågåande klimaendringane trekker derfor artar oppover i høgda (Vittoz *et al.*, 2008; Felde, Kapfer og Grytnes, 2012; Klanderud og Birks, 2003; Odland, Høitomt og Olsen, 2010) eller nordover (Hickling *et al.*, 2006; Sturm, Racine og Tape, 2001; Chen *et al.*, 2011; Parmesan og Yohe, 2003). Hastigheita på trekkmonstera har akselerert dei siste tiåra (Walther, Beißner og Burga, 2005) og artsrikdommen av planter har auka på fjelltoppane i Europa som ein konsekvens av at artar trekker oppover i høgda (Steinbauer *et al.*, 2018). Sjølv om artar trekker oppover og nordover er spreingshastigheita deira generelt for låg i forhold til endringane som skjer, og dei henger etter sjølve endringane (Savage og Vellend, 2015; Corlett og Westcott, 2013). Artar som lever opp mot toppen av fjellområder er spesielt sensitive, sidan habitata deira krymper når det vert varmare (Gottfried *et al.*, 2012). og dei har ingen vidare stadar å trekke oppover i høgda (Colwell *et al.*, 2008). Dersom ein art skal tilpasse seg klimaendringane og bli verande treng den ei brei klimatisk toleranse eller må arten klare å endre nisja si (Graae *et al.*, 2018). Artar med spesifikke klimakrav er derfor meir sårbare for endringar, enn artar med meir generelle klimakrav (Thuiller, Lavorel og Araújo, 2005).

På grunn av forskjellar i topografien har fjellområder større variasjonar i klimaet over kortare distansar enn ørkenar og grassletter. Hastigheita på klimaendringane er dermed raskare i områder med mindre høgdeforskjell, og artar som lever i desse områda må flytte lengre distansar for å kome til tilsvarende klima samanlikna med artar i fjellområder (Loarie *et al.*, 2009). Likevel vil ikkje omfanget av klimaendringane vere likt på tvers av eit landskap, mikroklimaet som vert styrt av terrenget og topografien vil avgjere kor mykje artar må tilpasse seg eller kor langt dei må flytte (Graae *et al.*, 2018).

Med aukande omfang av klimaendringane har det blitt større trong for studiar som undersøker effektane av endringane og korleis dei påverkar abiotiske og biotiske prosessar (Graae *et al.*, 2012). Forskarar nyttar ulike studieteknikkar for å få meir kunnskap om korleis artar vil reagere på klimaendringane. Fire hovudtilnærmingar for å studere økosystem sine responsar på endringar har vakse fram: manipuleringseksperiment, modellar, observasjonsstudiar gjennom fleire år og studiar langs klimagradiantar (Rustad, 2008). Manipuleringseksperiment testar hypotesar ved å bruke kontrollerte endringar av ein eller fleire klimavariablar og samanliknar utfallet mot eit referanseforsøk (Dunne *et al.*, 2004). Dei

observerte responsane vert deretter forsøkt overført til den verkelege verda, for å spå responsane av klimaendringane. Modellar kan vere nyttige verktøy for å teste ulike hypotesar, og teste ut korleis fleire variablar som endrar seg samstundes kan påverke klimasystemet, samt korleis artar og økosystem vil respondere på dei (Rustad, 2008). Studiar gjennom mange år kan gje informasjon om korleis økosystem reagerer på globale endringar både på ulike stadar og over tid (Rustad, 2008), medan klimagradiantar nyttar variasjonar i klimaet langs ein gradient til å studere korleis artar oppfører seg ved ulikt klima (Körner, 2007). Klimavariasjonar mellom ulike stadar vert nytta for å erstatte data over lengre tid ved bruk av klimagradiantar (Rustad, 2008). Høgdegradienten er ein type klimagradiant, som òg kan fungere som ein modell for klimavariasjonar i nord-sørretning. Mange av faktorane som varierer med høgda som til dømes temperatur, nedbør og lysinnstråling vil endre seg i og med dei pågåande klimaendringane (Pato og Obeso, 2012b). Ein studie av korleis ein art oppfører seg langs ein høgdegradient kan derfor òg vise arten sin respons på globale endringar i den verkelege verda. Faktorane som varierer med høgda påverkar igjen planteytelsen gjennom vekst, fysiologi, morfologi, reproduksjon og interaksjonar med dyr (Pato og Obeso, 2012b). Snødjupne om vinteren og tidspunktet for snøsmelting endrast òg med høgda, det påverkar igjen plantefenologien og lengda på veksts sesongen (Heegaard, 2002). Der manipuleringseksperiment kan ha lite overføringsverdi til verkelegheit (Graae *et al.*, 2012) og langvarige observasjonar ofte manglar data over fleire hundre år kan studiar som nyttar klimagradiantar vere gode erstatningar (Rustad, 2008).

Under klimaendringane er det viktig å vite kva som skjer med nøkkelartar sidan dei har ein viktig funksjon for økosystema dei lever i (Bond, 1994; Power *et al.*, 1996). Blåbær (*Vaccinium myrtillus*) er ein slik art i boreal sone i Eurasia, på grunn av sin vide utbreiing (Ritchie, 1956). Ei endring i bærproduksjon og vekst hos blåbær kan såleis få store konsekvensar for mange artar, og ramme heile økosystem. Blåbærplanta har ein høg årleg produksjon av biomasse (Havas og Kubin, 1983), noko som gjer den godt egna som matkjelde. Stengelen til blåbær er mellom anna ein særskild viktig ressurs om vinteren når det er mangel på tilgang til annan mat for til dømes hjort og elg (Hegland, Rydgren og Seldal, 2005), og stengelen blir sett på som den viktigaste vinterføda til gråsidemus (Hambäck, Grellmann og Hjältén, 2002). Bæra vert eten av ei rekke dyr, både fruktetande fuglar og pattedyr (Wegge *et al.*, 2005; Hjältén,

Danell og Ericson, 2004; Dahle *et al.*, 1998), og blada og skota vert beita av smågnagarar og insekt (Pato og Obeso, 2013). Insekt og fuglar nyttar òg blåbærplanta som gøymestad for predatorar (Baines, 1996). Studiar har vist samanheng mellom blåbærproduksjon og populasjonsstorleik til beitande artar som smågnagarar (Selås, Kobro og Sonerud, 2013) og storfugl (Selås, 2001), samt vekt og reproduksjonssuksessen til bjørnar (Hertel *et al.*, 2017). I tillegg har blåbær ein stor rekreasjons- og kulturell verdi for mange menneskjer, spesielt i dei nordiske landa der det er lange tradisjonar for bærplukking (Turtiainen, Salo og Saastamoinen, 2011).

Organismar sine livshistorier vert skildra gjennom overleving, vekst og reproduksjon (Silvertown og Charlesworth, 2007). Blåbær er klonale, langlevde planter som kan bli opptil 100 år (Flower-Ellis, 1971). Livssyklusen til blåbær vert dermed dominert av vekst og overleving, og reproduksjonshendingar er sjeldne. Dei er likevel viktige, sidan dei gjev opphav til genetisk variasjon. Veksten til blåbær heng saman med storleiken på planten. Større planter indikerer at planten har hatt gode vekstvilkår gjennom livssyklusen si. Større planter har òg akkumulert meir ressursar gjennom veksten sin, og har derfor meir resursar tilgjengeleg for reproduksjon enn mindre planter (Silvertown og Charlesworth, 2007). Som alle andre planter lever blåbær i eit mikroklima (Moen, Lillethun og Odland, 1999), som vert bestemt av både regionale og lokalmiljøvilkår. Dei regionale miljøvilkåra som til dømes temperatur og nedbør styrer den overordna nisja. Sidan både veksten og reproduksjonen til blåbær varierer med høgda over havet som reflekterer variasjonar i klimaet, er nokre klimatiske vilkåra gunstigare enn andre innanfor den overordna nisja (Pato og Obeso, 2012b, 2012a; Fernández-Calvo og Obeso, 2004; Boscutti *et al.*, 2018). Reproduksjonssuksessen til blåbær er vidare mellom anna avhengig av gunstige klimatiske forhold gjennom viktig fenofasar (Selås, 2000; Hertel *et al.*, 2017; Boulanger-Lapointe *et al.*, 2017; Selås *et al.*, 2015). Låge temperaturar og nedbør under bløming og pollinering, tørke under modning av bæra og høge temperaturar under utvikla av blomeknoppar på hausten reduserer bærproduksjonen (Selås, 2000; Jacquemart, 1997).

Lokalt påverkar terrenget lys, fuktigheit og temperatur som kan gjere klimaet lokalt forskjellig frå det regionale klimaet (Moen, Lillethun og Odland, 1999). I tillegg varierer jordbotnmessige forhold, slik som fuktigheit og næringsinnhald, lokalt. For blåbærer fuktigheita

og skugge gunstige for veksten (Nielsen, Totland og Ohlson, 2007; Storch, 1993). Høg pH som tilseier at næring vert meir tilgjengeleg i jorda hemmar veksten til blåbær (Pato og Obeso, 2012b), men gjev tyngre bær (Pato og Obeso, 2012a). Nitrogen har både ein negativ effekt på veksten og tal modne frø (Nielsen, Totland og Ohlson, 2007). Snødekket er ein annan viktig lokal faktor, som blåbær er avhengig av for isolasjon mot uttørking og frostsadar (Selås, 2000). Frostsadar kan gje redusert vekst og reproduksjon (Gerdol *et al.*, 2013; Rixen, Schwoerer og Wipf, 2010). Snødekke avgjer òg når vekstsesongen kan starte og varigheita på den (Moen, Lillethun og Odland, 1999), som igjen har ein viktig betydning for plantearten sine vekst, utvikling og reproduksjon.

Planter samhandlar med andre artar som lever i økosystemet deira, noko som er med på å påverke livssyklusen til planter (Orcutt og Nilsen, 2000). Sjølv blåbærplanta og blåbæra vert beita på av ulike insekt, gnagarar, fuglar og hjortevilt, som påverkar både vekst og reproduksjonen (Fernández-Calvo og Obeso, 2004; Boulanger-Lapointe *et al.*, 2017). Likevel er blåbær generelt tolerant for beiting (Dahlgren *et al.*, 2007) og moderate beiteintensitet frå hjort har vist seg å vere fordelaktig for veksten til blåbær (Hegland *et al.*, 2016). Blåbær er avhengig av eit samspel med pollinatorar for å få ein suksessfull reproduksjon (Frøborg, 1996). Sjølvpollinering fører til reduksjon i både bær- og frøproduksjonen, i forhold til kryssbefruktning. (Frøborg, 1996; Nuortila, Tuomi og Laine, 2002). På tuer med lite genetisk mangfald er sjølvpollinering vanleg blant blåbær, men ved aukande genetisk mangfald vert kryssbefruktning meir vanleg (Albert, Raspé og Jacquemart, 2008).

Ingen tidlegare studiar har undersøkt variasjonar i vekst og reproduksjon hos blåbær langs ein høgdegradient over fleire hundre høgdemeter i Noreg før, saman med lokal økologiske forhold. Denne studien vil derfor undersøkte dette, samt nytte kunnskapen til å spå framtidsutsiktene til blåbær under klimaendringane.

Problemstillinga for denne studien vert derfor som følgande:

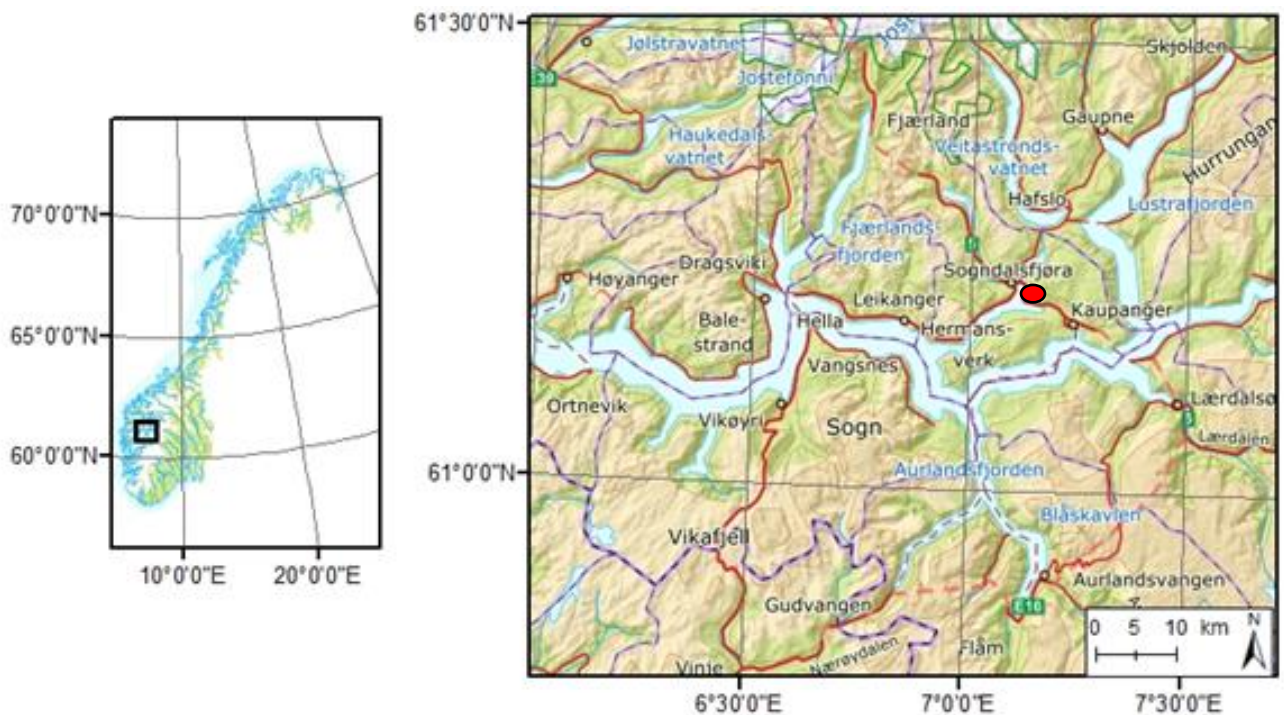
- I. *Korleis varierer vekst og reproduksjon til blåbær langs ein høgdegradient og med dei lokaløkologiske forholda pH, glødetap, jordfuktigheit, lys og varme?*
- II. *Korleis vil veksten og reproduksjonen til blåbær bli påverka av klimaendringane?*

For å belyse denne problemstillinga vart det samla inn data av ulike vekst- og reproduksjonstrekk ved blåbær i ein blåbærfuruskog mellom 200 og 876 meter over havet i Sogn. I tillegg vart det teke målingar av dei lokaløkologiske faktorane langs høgdegradienten. Eg valde å sjå på vekst uttrykt gjennom storleiken på planten, medan reproduksjonen gjennom bær- og frøproduksjon, samt bærvækt.

2. Materiale og metodar

2.1 Studiestad

Studiestaden ligg rett aust for Sogndalsfjóra, ovanfor bustadfeltet ved Kjørnes, i Sogn og Fjordane fylke ($61^{\circ}13' N$, $7^{\circ}9' \text{Ø}$), (Fig. 1). Området strekker seg opp mot fjellet Hesteggi på 907 meter over havet langs den sør til sørvestlege ryggen av fjellet (Fig. 2).



Figur 1. Studiestaden sin plassering er markert med svart firkant på norgeskartet til venstre og raud prikk på oversiktskartet over midtre Sogn til høgre.



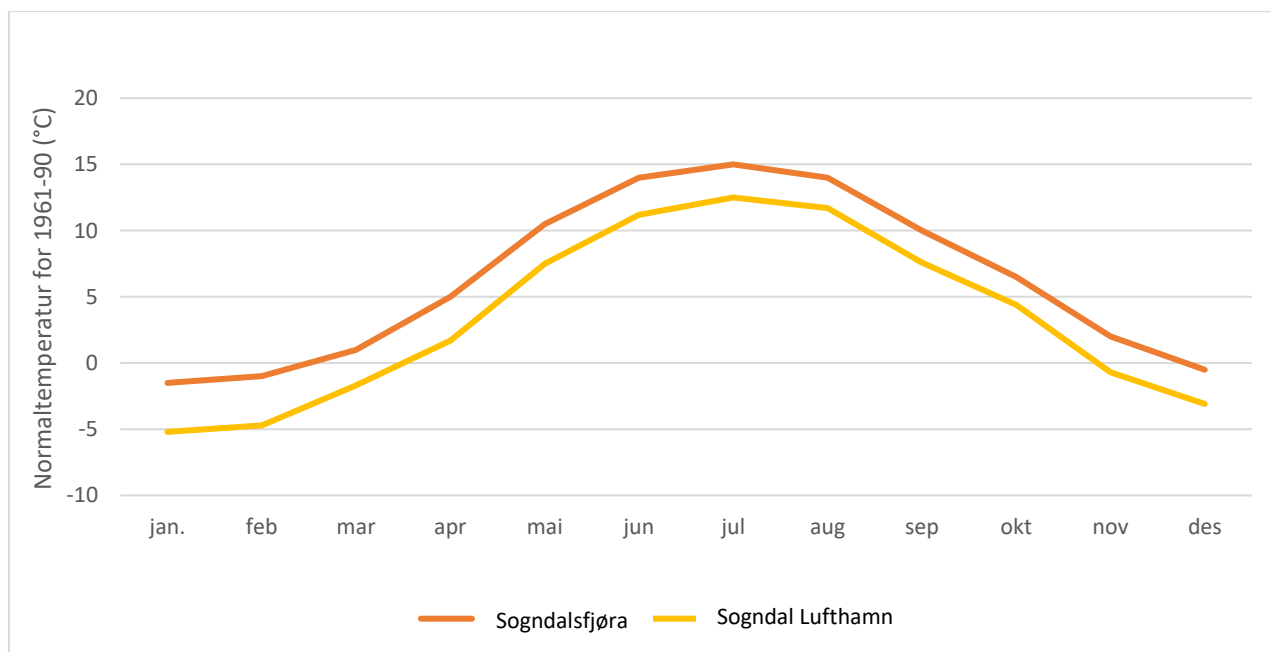
Figur 2. Studiestaden ligg innan den raude firkanten mellom bustadfeltet ved Kjørnes og opp mot fjellet Hesteggi, 907 moh, aust for Sogndalsfjora.

Studestaden ligg i sørboeal vegetasjonssone til overgangen mellom nordboeal og lågalpin sone (Moen, Lillethun og Odland, 1999). Kalde vintrar, langvarig snødekke og kort vekstsesong er typisk for boeal sone. Klimaet i området er svakt oseanisk. Svakt oseanisk klimaseksjon har omkring 170 til 200 nedbørsdagar i året, eit middels snødekke og normalt ein vekstsesong frå mai til september (Moen, Lillethun og Odland, 1999). I dei øvre delane av området som ligg i nordboeal til lågalpin sone er snødekke langvarig, noko som gjer vekstsesongen kortare der. Nærmast temperaturmålande vêrstasjon ligg ved Sogndal Lufthamn, Haukåsen, medan nærmast nedbørsmålande målestasjon ligg i Sogndalsdalen, Selseng. Meteorologisk institutt (2018) gjev i tillegg interpolerte verdiar for Sogndalsfjora (Tabell 1). Årsmiddeltemperaturen for Sogndal Lufthamn for normalperioden 1961-1990 låg på 3,4 °C, med middeltemperatur på 12,5 °C i juli (Fig 3.)(Meteorologisk institutt, 2018). Årsnedbøren for same normalperiode ved Selseng var på 1543mm, med middelnedbør på 85 mm i juli (Meteorologisk institutt, 2018). I Sogndalsfjora var årsnedbøren for normalperioden ein del mindre, 1025 mm, medan årsmiddeltemperaturen låg på 6,3 °C (Fig. 3) (Meteorologisk institutt,

2018). Temperaturen minkar og nedbørsmengda aukar med aukande høgde over havet (Moen, Lillethun og Odland, 1999), noko som gjev lågare årstemperaturar og meir nedbør i dei øvre delane av studieområde samanlikna med dei nedre delane (Fig. 3).

Tabell 1. Årsnedbør og -temperatur for normalperioden 1961-90 for dei nærmaste tilgjengelege målestasjonane rundt studiestaden. Manglande data er markert med *. (Meteorologisk institutt, 2018)

Vêrstasjon	Meter over havet	Årsnedbør (mm)	Årstemperatur (°C)
Sogndalsfjøra (interpolert verdiar)	10	1025	6,3
Sogndal- Selseng	421	1543	*
Sogndal Lufthamn	497	*	3,4



Figur 3. Årstemperaturen for Sogndalsfjøra (10moh.) og Sogndal Lufthamn (497 moh.) for normalperioden 1961- 90. Temperaturen fell med aukande høgder. (Meteorologisk institutt, 2018)

Berggrunnen i studieområdet består av gneis og stadvis mangeritt opp til omkring 600 meter over havet (NGU, 2018a). Derfrå og vidare oppover overtar anortositt og gabbro. Gneis og anortositt er kalkfattige bergartar og gjev generelt karrig vegetasjon med få planteartar sidan desse bergartane ikkje forvitrar så lett og er næringsfattige (Moen, Lillethun og Odland, 1999).

Lausmassane i området er hovudsakleg tynn morene, men enkelte stadar manglar dei slik at berggrunnen kjem fram i dagen (NGU, 2018b).

Studieområdet ligg i ein tørr skog, dominert av furu (*Pinus sylvestris*), men med enkelte innslag av planta gran (*Picea abies*) og lauvtree hengebjørk (*Betula pendula*), dunbjørk (*Betula pubescens*) og rogn (*Sorbus aucuparia*) (Fig.4). Skoggrensa går ved omkring 900 meter over havet. Ingen aktiv skogdrift er utført sidan midten av 1980-talet, anna enn vedhogst til eige bruk ((personleg kommunikasjon (pers. komm.) E. H Grimsen & T. Kjørnes). I nedre delar av området har det vore noko planting av bartre sidan 1991 (pers. komm. A. K. Borger). Skogen vert meir open med høgda og i dei øvre delane er det berre enkeltstående lågvokste bartre, samt enkelte fjellbjørker (*Betula tortuosa*) (Fig. 5). Over dei trelause områder dominerer lyng, og det er større opne myrparti. Blåbær (*Vaccinium myrtillus*) og tyttebær (*Vaccinium vitis-idaea*) pregar skogbotn i heile området (Fig. 6). Elles er lyngartar som blokkebær (*Vaccinium uliginosum*), krekling (*Empetrum nigrum*), røsslyng (*Calluna vulgaris*), og moseartene furumose (*Pleurozium schreberi*), etasjemose (*Hylocomium splendens*), ribbesigd (*Diacranum scoparium*) og fjærmose (*Ptilium crista-castrensis*) vanlege. I nedre delar av området finn ein òg innslag av urter og gras som engmarimjelle (*Melampyrum pratense*), linnea (*Linnaea borealis*), sauesvingel (*Festuca ovina*) og smyle (*Avenella flexuosa*). I øvre delar er det meir lav, som lys (*Cladonia arbuscula*) og grå reinlav (*Cladonia rangiferina*).

Området er eit populært rekreasjonsområdet for lokalbusetnaden, og stien opp til fjellet Hesteggi er mykje nytta. I tillegg vert området nytta som beite av hjort og sau sommarstid (personleg observasjon), som truleg påverkar vegetasjonen.



Figur 4. Studieområdet ligg i tørr furuskog, med innslag av planta gran, rogn og ulike bjørkeartar. Her frå om lag 480 moh.



Figur 5. Skogen vert opnare høgare over havet, her ved omlag 645 moh.



Figur 6. Blåbær og tyttebær er dominerande på skogbotn i heile furuskogen i studieområdet.

2.2 Arten

Blåbær (*Vaccinium myrtillus*) ein langlevd dvergbusk frå lyngfamilien, som normalt vert rundt 15 år (Ritchie, 1956) (Flower-Ellis, 1971). I Noreg finn vi arten frå havnivå og opp til 1700 moh. i Jotunheimen (Lid og Lid, 2007), medan i Alpane er den funne 2800 moh. (Ritchie, 1956).

Blåbær trivast på sur og næringsfattig jord (Coudun og Gegout, 2007), og veks på sure bergartar, i skog, lyngheier og arktisk og alpin tundra (Flower-Ellis, 1971). Planten vert vanlegvis mellom 10 og 60 cm meter høg, avhengig av kvar den veks (Flower-Ellis, 1971). Arten har tynne, lysegrøne og sagtanna bladet, som fell av om hausten, medan stammen er grøn gjennom heile året (Lid og Lid, 2007) (Fig. 7).

Blåbær kan formeire seg både seksuelt og gjennom klonal vekst (Flower-Ellis, 1971). Ved seksuell reproduksjon vert det om våren først danna rosa, klokkeforma blomar som er enkle eller parvise (Jacquemart og Thompson, 1996). Blomane produserer nektar og vert besøkt av mellom anna humler og blomefluger, men humledronningar er deira viktigaste pollinator (Jacquemart, 1993). Blomane utviklar seg vidare til blåsvarte bær i juli-august, som inneheld frø. Frøa vert spreidd med dyr og fuglar som et bæra. Sidan både fuglar og større pattedyr et bæra gjev det blåbær god spreingsevne (Nathan *et al.*, 2008), likevel er det sjeldan blåbær veks opp frå frøstadiet i tett skogbotn (Eriksson og Fröborg, 1996). Blåbær nyttar som oftast klonal vekst (Albert, Raspé og Jacquemart, 2003; Flower-Ellis, 1971). Arten har ein rhizom, jordstengel, som er ein horisontal underjordisk stengel, ved klonal vekst kjem det opp nye stammar frå denne underjordiske stengelen. Stammane som kjem opp over bakken vert kalla rametar (Tolvanen og Laine, 1997). Sidan blåbær ofte nyttar klonal vekst og står tett saman i tuer, er det vanskelege å

skilje mellom genetiske individ. Rametane vert derfor ofte brukt som studieeining, og er ein fysiologisk uavhengig individ i ein kloning. Ramet vert brukt som studieeining i denne studien (Fig. 7 og 13).

2.3 Datainnsamling

Data til denne studien vart samla inn mellom juni og september i 2017. Vi plasserte ut ti blokker på 5× 10 meter langs ein høgdegradient mellom 199 og 876 meter over havet (Fig. 8 og Tabell 2) Blokkene vart målt opp og merka med overjordiske økologipinnar og underjordiske metallrøyr, sistenemnd for permanent oppmerking (Fig. 8 og 9). Blokkene vart plassert ut for å dekke variasjonen knytt til treinnflyelsegradienten, som gjev variasjon i lysforholda og fuktigheitsforholda i ein skog. Alle blokkene vart lagt ut slik at dei har ein overvegande sør til sørvestleg eksposisjon.



Figur 7. Illustrasjon av ein blåbærramet med underjordisk stengel. Til høgre, blåbær med rosa blomar og grøne blad. (Illustrasjon: Martina H. Grøttå. Foto: Martha H. Dybo)



Tabell 2. Dei ti blokkene i studien sin lokal sine høgder over havet.

Blokk nr.	Meter over havet
1	199,8-201,5
2	300,1- 302,3
3	344,7-347,1
4	411,1- 412,1
5	481,5-483,9
6	555,7- 558,3
7	644,0-646,0
8	691,7-693,8
9	766,7- 768,6
10	873,7-876,5

Figur 8. Plassering av dei ti blokkene frå Kjørnes og opp mot Hesteggi mellom om lag 200 og 876 moh., ulike fargar symboliserer ulike blokker



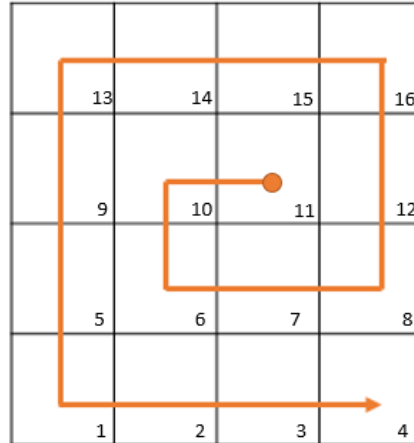
Figur 9. Oppmåling av blokk 2, ved om lag 300 moh. Blokkene var 5x10 meter og subjektivt plassert for å dekke spennet av økologisk variasjon Foto: Knut Rydgren

Kvar av dei ti blokkene vart vidare delt inn i eit rutenett med 200 ruter på $0,5 \times 0,5$ meter. Av desse vart fem ruter plukka ut tilfeldig i kvar blokk og merka opp med overjordiske økologipinnar og underjordiske metallrøyr (dei siste for permanent oppmerking). Nøyaktige koordinatar vart seinare målt inn for alle rutene ved dGPS (Differential Global Positioning System), som gjev posisjonsnøyaktigheit på nokre meter. Dersom avstanden mellom to ruter var mindre enn ein meter vart ei ny rute tilfeldig plukka ut, for å redusere sannsynet for klonal forbindelse mellom rametane (Albert, Raspé og Jacquemart, 2003), og for å dekke meir av den økologiske variasjonen i blokka. Dersom det var eit tre eller store trestammar i rute, vart ei ny plukka ut. I tillegg sette vi som krav at minimum ei rute per blokk måtte inneheld ein eller fleire rametar med blome eller bær. Dersom ingen ruter i blokka inneheldt reproduktive rametar, vart ei ny rute plukka ut tilfeldig. Til saman var det 50 ruter langs høgdegradienten, av desse innfridde 46 ruter dei gitte krava for reproduktive blåbærrametar.

Eg undersøkte blåbær i alle rutene frå juli til september 2017. Under innsamlinga av data vart kvar rute igjen delt inn i 16 småruter ved hjelp av ei analyseramme (Fig. 10 og 11). Dei vart nummererte radvis frå nedre venstre rute. Under analysa for kvar rute gjekk eg fram på same måte (Fig. 10). Eg byrja alltid å leite etter rametar med blåbær i senter-småruta øvst til høgre, i smårute 11. Deretter følgde eg mønsteret som vist i figur 10 og enda opp i smårute 4.



Figur 10. Til venstre: utsnitt av den øvste blokka til venstre (876 moh), under oppmåling. I kvar av dei ti blokkene vart det vald ut 5 tilfeldige ruter. Til høgre markering med økologipinnar på ei av dei 50 rutene, itillegg vart dei markert med underjordiske metallrøyr for permanent oppmerking. Foto til venstre: Knut Rydgren



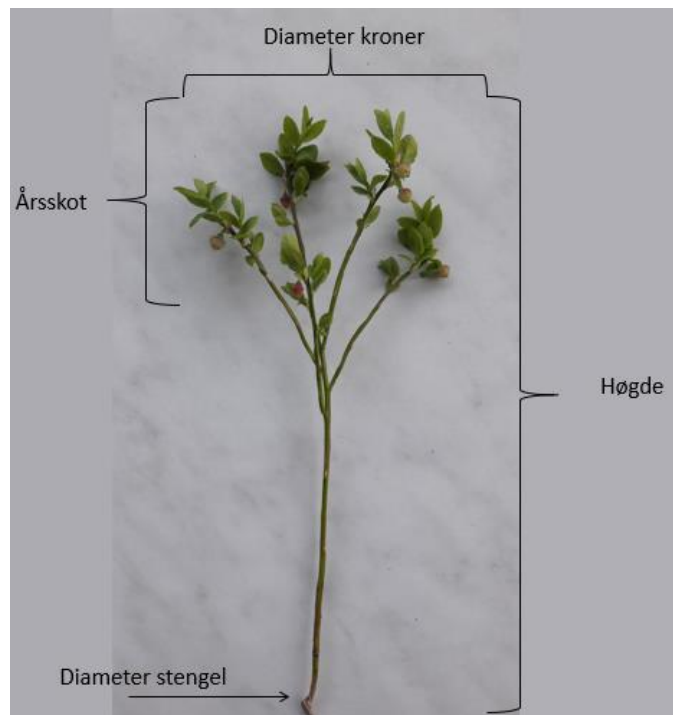
Figur 11. Framgangsmåte for utvelging av blåbærrametar i rutene. Tala tilsvare nummeret på småruta. Eg starta alltid i smårute 11. Så følgde eg retninga på pila for vidare kartlegging. Eg stoppa når eg hadde nådd åtte rametar i ruta, såframt det ikkje var fleire rametar igjen i småruta.



Figur 12. Målingar på blåbærrametane vart gjennomført med denne ramma.

For å avgrense talet på blåbærrametar som vart inkludert sette eg ei grense på maksimum åtte rametar i kvar rute. Berre rametar med blome eller bær vart studert. Dersom den åttande rameten låg i ei smårute med fleire rametar som ikkje var inkludert blant dei åtte, vart dei òg inkludert i studien. Såleis inkluderte eg fleire enn 8 rametar i enkelte ruter. I andre ruter var det færre enn åtte rametar med bær eller blomar, derfor varierte talet på rametar i rutene noko.

Eg merka stammen til rametane med ein farga plastring og teikna dei på inn eit kart over ruta, slik at det skal vere mogleg å finne dei att ved eit seinare høve. Deretter vart høgda (frå mosematta til høgste skot på rameten i mm), diameter på krona (cm) og diameteren på stengel (nærmast mogleg mosematta i mm) målt, og tal årsskot og bær tald på kvar av dei merka rametane (Fig. 13). Til slutt talde eg alle bæra i heile ruta. Talet på bær per rute vart seinare skalert opp frå rutestorleik til 1 m², og er såleis eit mål på bærproduksjonen per m².



Figur 13. Ein ramet av blåbær. På kvar ramet målte eg desse plantetrekka. I tillegg vart tal bær talt.

Dei modna bæra frå kvar ramet vart lagt i kvar sin papirpose og teken med til laboratoriet, der dei vart tørka i eit tørkeskap ved 70 °C i 36 timar. Dersom nokre bær ikkje var heilt modne under feltarbeidet, vart dei plukka seinare når dei var modna, og vidare tørka. Når alle bæra var tørka vart dei vege kvar for seg.

Bæret med medianvekta i kvar rute vart vidare plukka ut, dissekert og frøa inni vart talde ved hjelp av lupe. Dette var for å kunne seie noko om fruktbarheita til rametane. I ruter med eit partal for tal bær, valde eg alltid det tyngste bæret av dei to medianbæra. Både form og struktur vart studert for å avgjere om frøa var modne eller umodne. Frøa som var over 1 mm og oppblåste vart kategorisert som modne, medan dei under 1 mm vart kategorisert som umodne eller aborterte (Pato og Obeso, 2012a). Andelen modne frø i kvart bær vart rekna ut basert på tal modne og summen av modne og aborterte frø i kvart bær.

Avdem og Lima (upublisert) målte nokre økologiske variablar for kvar rute, samt samla inn jordprøver til analyse. Lysforholda vart målt med densiometer, inndelt i 24 ruter. Tal opne ruter av desse 24 var talde. Høge tal svarer til få skuggeelement og lysfulle ruter, medan låge tal svarer til skuggefulle ruter. For kvar rute vart det gjort fire densiometermålingar, ein midt på kvar ruteside. Gjennomsnittet frå desse målingane vart brukt i dei statistiske analysane. Jordfuktigheita vart målt med TRIME jordfuktigheitsmålar, i %. Ein verdi for median jordfuktigheit og ein for minimum jordfuktigheit vart målt i kvar rute. Varmeindeksen vart rekna ut basert på målingar av hellingsgrad og eksposisjonsverdiar (Parker, 1988; Heikkinen, 1991). Glødetap (mineralinnhaldet i jorda) og pH vart analysert etter Krogstad (1992). For meir detaljert skildring av framgangsmåte for alle desse økologiske variablane sjå Avdem og Lima (upublisert).

Ramethøgde, diameter på stengel og tal årsskot hos blåbær kan forklare størsteparten av variasjonen i tørrvekta ($r^2=0,944$) til rametane (Hegland, Jongejans og Rydgren, 2010). Basert på dei innsamla data av desse storleikane vart tørrvektsformelen Hegland, Jongejans og Rydgren (2010) har utvikla for blåbær, nytta til å estimere tørrvekta til kvar ramet. Den gjev eit mål på rametstorleiken til kvar ramet, som igjen viser kor mykje rameten har vekse.

2.4 Statistisk analyse

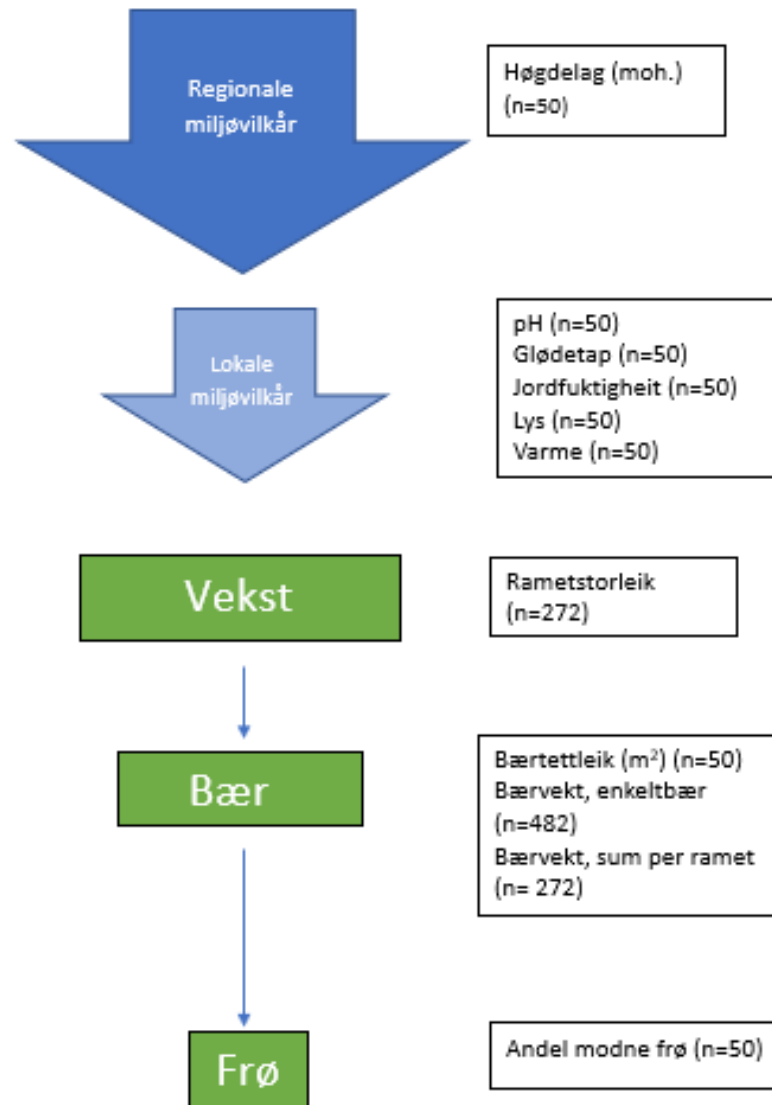
Datainnsamlinga ga data på regional og lokal skala, samt data for rametane som er på ein enda finare skala. Høgdegradienten er ein indikator på regionale miljøvilkår i klimaet og var teken på rutenivå. Dei lokal økologiske variablane pH, jordfuktigheit, varme, lys og glødetap reflekterer dei lokal økologiske forholda blåbær lever i, og var teken på rutenivå. Data på blåbærrametane vart teken på rute-, ramet-, bær-, og frønivå.

Dei regionale miljøvilkåra påverkar dei lokal økologiske forhold, som igjen påverkar veksten og reproduksjonen til blåbær. Veksten til blåbær er igjen med på å styre reproduksjonen av bær, og både veksten og bæra er vidare med på å styre frøproduksjonen (Fig. 14). Dei statistiske analysane vart gjennom med responsvariablar innanfor vekst, bær og frø. Rametstorleik, bærproduksjonen per m², bærvekt, total bærvekt per ramet og andel modne frø vart testa som responsvariablar. Høgdegradienten (moh.) og dei lokaløkologiske variablane vart brukt som forklaringsvariablar. I tillegg vart rametstorleiken testa som forklaringsvariabel for bærvekta, total bærvekta per ramet og andelen modne frø, medan bærvekta vart testa mot andelen modne frø.

R, versjon 3.4.3 (R Development Core Team, 2017), vart nytta til å utføre dei statistiske analysane. Eg rekna ut parvis Kendall rang korrelasjonar (ρ) mellom dei økologiske variablane for å undersøke i kor stor grad dei korrelerer med kvarandre (Crawley, 2013). Median jordfuktigheit og minimum fuktigheit korrelerte sterkt ($\rho = 0,742$), derfor valde eg å berre å nytte median jordfuktigheit i dei vidare analysane.

Ettersom datainnsamlingsopplegget mitt hadde ein hierarkisk struktur (blokk, ruter, og i nokre tilfeller rameter, og bær), brukte eg miksa effekt modellar (Crawley, 2013) for å ta omsyn til at observasjonane ikkje er uavhengige. Eg brukte lmer (for normalfordelte feil) og glmer (for Poisson og binomiske feil) frå biblioteket lme4 (Bates et al. 2015). Rametstorleiken sin relasjon til forklaringsvariablane, som responsvariabel vart analysert med lmer funksjonen. Eg tok omsyn til den romlege psedoreplikasjonen ved å ha med blokk og rute som «random»-faktor. For moh. nytta eg dessutan ein polynomisk funksjon (andregrad) for å ta omsyn til den unimodale relasjon mellom moh. og rametstorleik. Bærproduksjonen, skalert opp til per m², vart analysert

med glmer funksjonen (Poisson feil), Overdispersjonen tok eg omsyn til ved å inkludere ein unik kode for kvar rute i «random»-leddet (Elston *et al.*, 2001) , som i tillegg inneheldt blokk. For tettleiken av blåbær var òg relasjonen til moh. unimodal, og eg brukte derfor ein polynomisk funksjon i analysa av den forklaringsvariabelen. Summen av bærevakta ein ramet har vart log-transformert sidan den hadde nokre ekstreme verdiar, og vidare analysert med lmer funksjonen. Eg tok omsyn til den romlege psedoreplikasjonen ved å ha med blokk og rute som «random»-faktor. Bærevakta av enkeltbær vart analysert med lmer funksjonen. Eg tok omsyn til den romlege psedoreplikasjonen ved å ha med blokk, rute og ramet som «random»-faktor. Andel modne frø vart analysert med glmer-funksjonen (binomisk feil). «Random»-leddet inneheldt blokk, samt ein unik kode for kvar rute for å handtere overdispersjonen (Elston *et al.*, 2001).



Figur 14. Samanheng mellom regionale og lokal økologiske forhold (blå piler) og korleis dei igjen påverkar veksten og bær- og frøproduksjonen til blåbær (grøne boksar). Til høgre visast dei innsamla data på kvart nivå med utvalet i parentes.

3. Resultat

3.1 Samanheng mellom dei økologiske variablane

Mange av dei økologiske variablane i studien korrelerte (Tabell 3). Høgda over havet var signifikant korrelert med alle dei andre variablane, sett bort frå lys. Glødetapet ($\tau = 0,244$) og jordfuktigheita ($\tau = 0,527$) var sterkt positivt korrelert med høgda over havet, medan pH ($\tau = -0,314$) og varmeindeks ($\tau = -0,312$) var moderat negativt korrelert med høgdelag. Dette vil seie at jorda var fuktigare, hadde eit høgare organisk materiale og var surare jo høgare over havet ein var, i tillegg var det mindre gunstige varmekorhold der. pH korrelerte negativt med glødetap ($\tau = -0,531$) og jordfuktigheit ($\tau = -0,201$), medan den hadde ein positiv korrelasjon med lys ($\tau = 0,233$) og varmeindeksen ($\tau = 0,185$). Jord med høgare pH var dermed tørrare og hadde mindre organisk materiale, men hadde meir lys og ein meir gunstig varmeindeks.

Tabell 3. Mønster i korrelasjonar mellom dei seks økologiske variablane ($n=50$). Korrelasjonsverdiar (Kendall tau) er oppgjevne i nedre trekant, og p-verdiar i øvst trekant. Signifikante p-verdiar ($p < 0,05$) er utheva.

	Glødetap	Lys	Jordfuktigheit	Varmeindeks	pH	Moh.
Glødetap		0,005	0,141	0,421	<0,001	0,013
Lys	-0,288		0,045	0,479	0,024	0,101
Jordfuktigheit	0,144	0,207		0,086	0,040	<0,001
Varmeindeks	-0,079	0,074	-0,169		0,062	0,002
pH	-0,531	0,233	-0,201	0,185		0,001
Moh.	0,244	0,169	0,527	-0,312	-0,314	

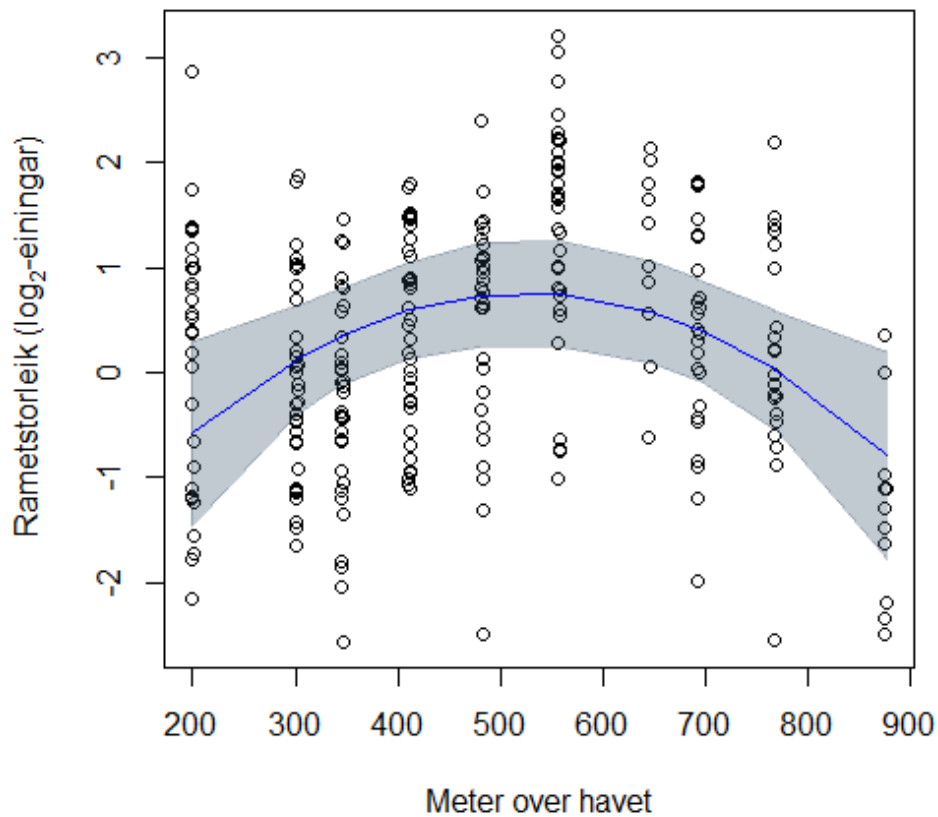
3.2 Vekst hos blåbær

3.2.1 Rametstorleik

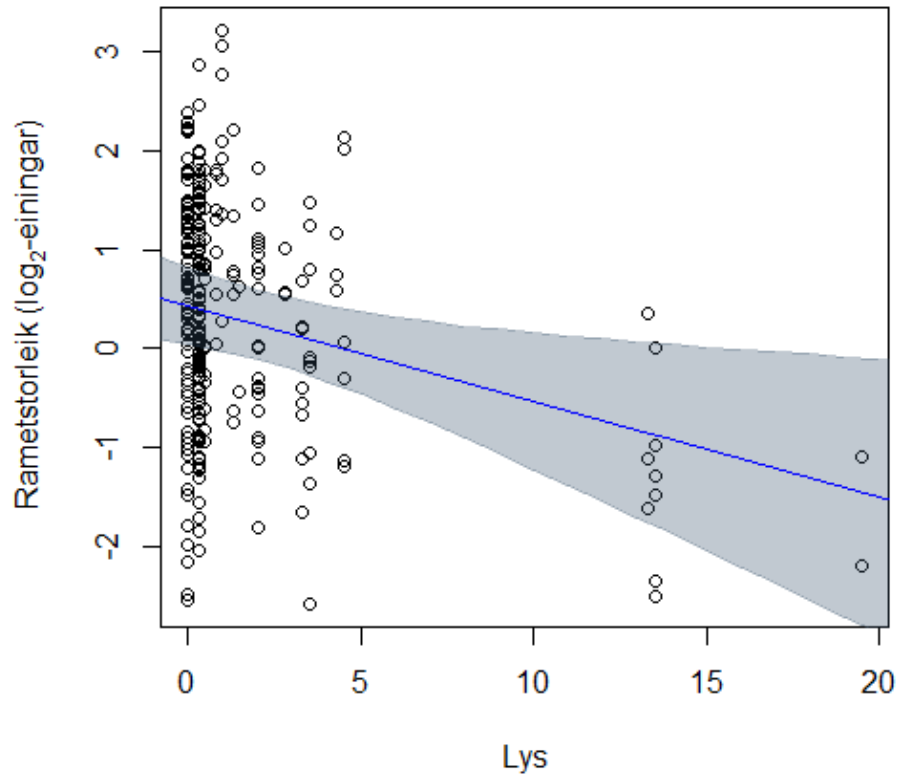
Det polynomiske modellen viste at rametstorleiken auka signifikant ($p = 0,026$) opptil 550 meter over havet. Høgare opp vert rametane mindre (Fig. 15). Det vil seie at eg fann dei største rametane rundt 550 meter over havet. Rametstorleiken hadde òg ein negativ samanheng med lys ($p = 0,012$). I lysopningar i skogen var rametane mindre enn der skogen sto tettare (Fig. 16).

Varmeindeks, pH, glødetap og jordfuktigheit viste ingen signifikante samanhengar med rametstorleiken (Tabell 4). Likevel var det ein tendens til at rametstorleiken auka med

glødetapet ($p=0,064$), det vil seie at storleiken på rametane auka svakt med aukande organisk materiale i jorda.



Figur 15. Variasjonar i storleiken til rametar på ulike høgdslag. Den blå kurva viser den polynomiske modellen, som skildra samanhengen mellom rametstorleiken og meter over havet. Det mørke bandet er konfidensintervallet på 95%.



Figur 16. Variasjonar i rametstorleiken med ulik lysmengde. Lys er målt med densiometer. Den blå linja viser den modellerte samanheng mellom dei to variablane og det mørke bandet viser konfidensintervallet på 95%.

Tabell 4. Modellparameter utleia frå miksa effekt modellar til å forklare forholdet mellom rametstorleiken til blåbær og dei testa variablane (n=272). Intercept viser verdiane når forklaringsverdiane er 0 i modellen. Verdiane frå estimatet, SE, t- verdiar og p- verdiar indikerer korleis dei varierer frå interceptet. Signifikante p-verdiar er utheva.

Variabel	Fixed effect	Estimat	Sd	Df	t-Verdi	p-Verdi
Moh.	Intercept	0,29	0,18	6,63		
	Moh.	2,39	0,89	7,40	2,68	0,030
	Moh. ²	-2,38	0,86	7,69	-2,76	0,026
Varmeindeks	Intercept	0,31	0,26	14,35		
	Varmeindeks	-0,28	0,53	30,92	-0,53	0,597
Lys	Intercept	0,45	0,19	9,11		
	Lys	-0,10	0,04	21,63	-2,53	0,012
Ph	Intercept	2,95	1,79	33,43		
	pH	-0,66	0,43	32,94	-1,52	0,138
Jordfuktigheit	Intercept	0,68	0,35	25,66		
	Jordfuktigheit	-0,02	0,01	32,45	-1,62	0,116
Glødetap	Intercept	-0,44	0,40	30,93		
	Glødetap	0,01	0,01	35,41	1,91	0,064

3.3 Reproduksjon av blåbær

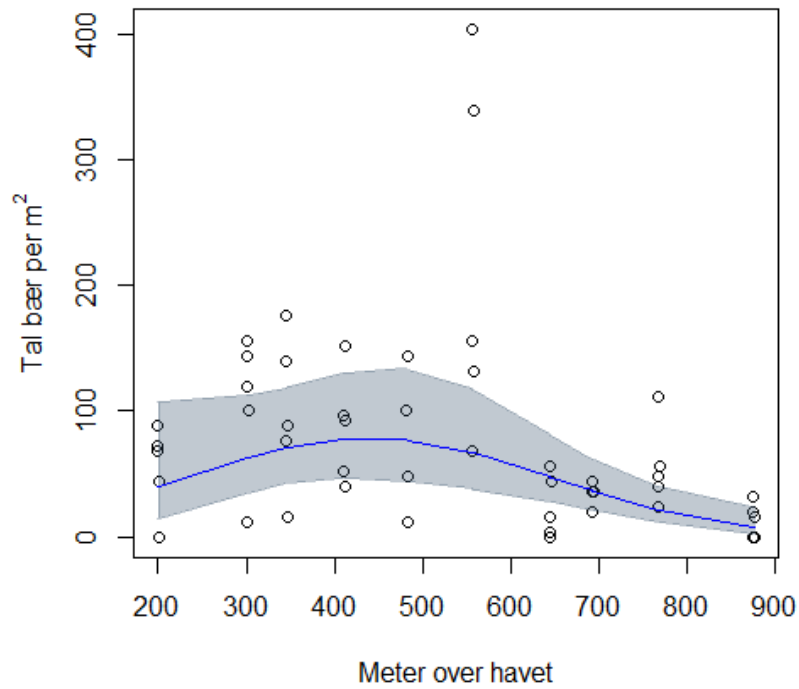
3.3.1 Bærproduksjonen

Bærproduksjonen per m² viste signifikante samanhengar med høgdelag og lys.

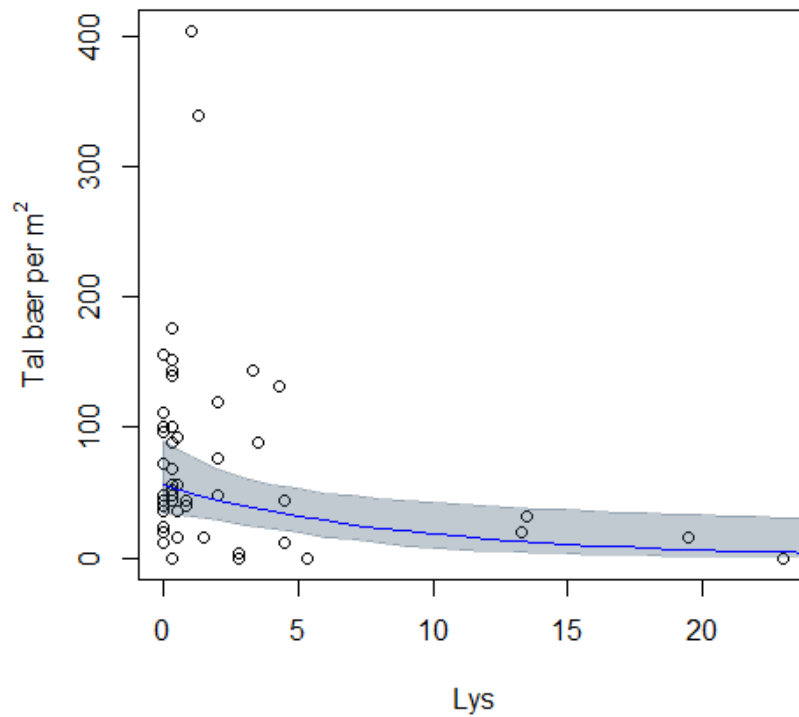
Bærproduksjonen auka signifikant opp til 400-480 moh., for så å avta igjen (p= 0,017) (Fig.17).

Det vil seie at eg fann mest bær rundt 400- 480 moh. Bærproduksjonen minka òg signifikant med aukande lysmengde (p= 0,018). Det var altså mindre bær i lysopningar enn i delar av skogen som var tettare (Fig. 18).

Glødetap, jordfuktigheit, pH og varmeindeks påverka ikkje bærproduksjonen signifikant (sjå Tabell 5).



Figur 17. Variasjonar i tal bær per m^2 med høgda over havet. Den blå linja viser den modellerte samanhengen mellom variablane og det mørke bandet konfidensintervallet på 95%.



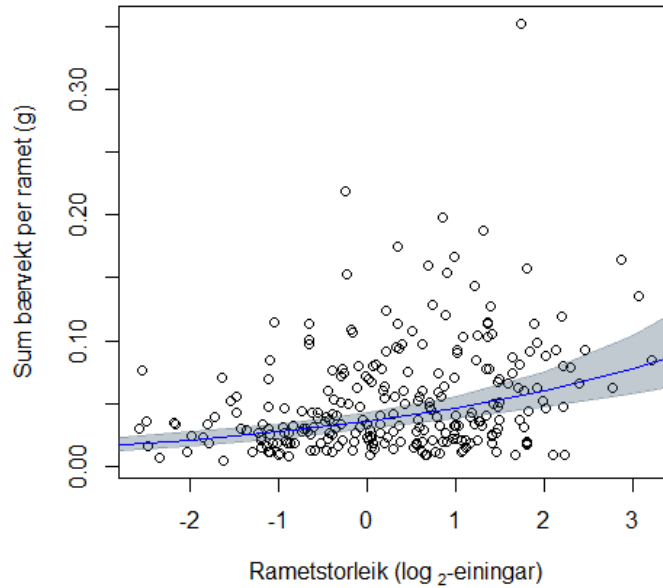
Figur 18. Variasjonar i tal bær per m^2 med varierende lys. Lys er målt med densiometer. Den blå linja viser samanhengen mellom variablane, og den mørke bandet konfidensintervallet på 95%.

Tabell 5. Resultat frå statistisk modellering av forhold mellom bærproduksjon og dei testa forklaringsvariablane (n=50). Modell parameterar er utleia frå generaliserte miksa effekt modellar. Intercept viser verdiane når forklaringsverdiane er 0 i modellen. Verdiane frå estimatet, SE og z- verdiar indikerer korleis dei varierer frå interceptet. Utheva verdiar er signifikante.

Variabel	Fixed effect	Estimat	SD	z-verdi	p-verdi
Moh.	Intercept	3,76	0,20		
	Moh	-2,20	1,14	1,93	0,054
	Moh ²	-2,73	1,15	-2,39	0,017
Varmeindeks	Intercept	3,45	0,36		
	Varmeindeks	1,23	0,94	1,31	0,191
Lys	Intercept	4,02	0,25		
	Lys	-0,11	0,05	-2,37	0,018
pH	Intercept	7,71	2,95		
	pH	-0,96	0,71	-1,34	0,179
Jordfuktigheit	Intercept	4,00	0,59		
	Jordfuktigheit	-0,01	0,02	-0,45	0,653
Glødetap	Intercept	3,27	0,66		
	Glødetap	0,01	0,01	0,82	0,411

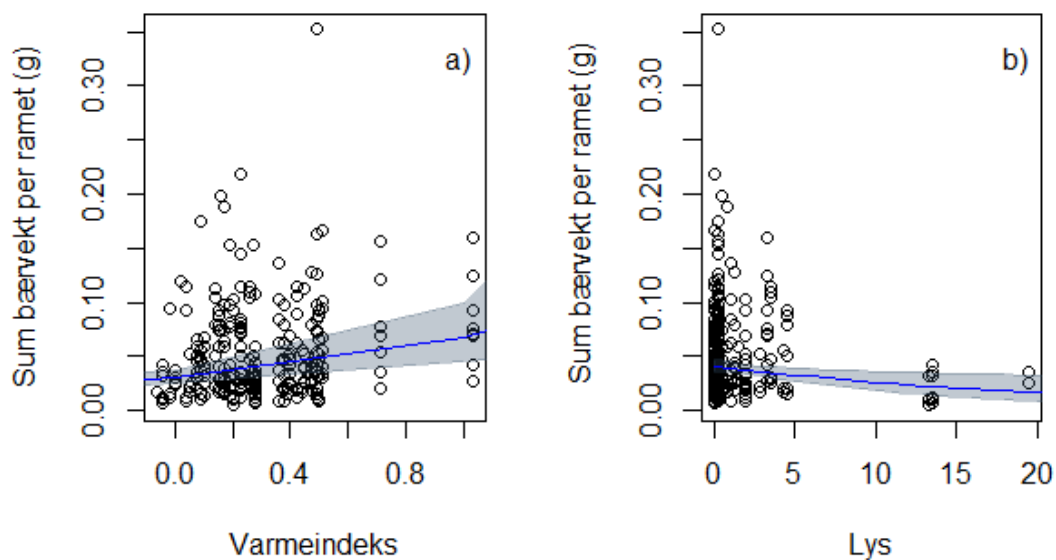
3.3.2 Total bærvekt per ramet

Summen av bærvekta til ein ramet var signifikant påverka av rametstorleiken, varmeindeksen og lys. Ved aukande rametstorleik auka den totale bærvekta for rameten, som vil seie at større rametar hadde større totalvekt i bær (Fig. 19).



Figur 19. Variasjonar i bærvekta per ramet med storleiken på rameten. Linja viser modellen og det mørke bandet viser konfidensintervallet på 95%.

Bærvekta auka med aukande varmeindeks, som tyder at meir varme ga større total bærvekt per ramet ($p=0,002$) (Fig. 20a). Bærvekta hadde vidare ein negativ samanheng med lys, den totale bærvekt per ramet fell altså med aukande lys ($p=0,019$) (Fig. 20b.). Rametar på opne stadar produserte mindre mengde bær enn dei som sto i tettare skog.



Figur 20. Variasjon i sum bærvekt per ramet med a) varmeindeks og b) lys. Lys er målt med densiometer. Linjene syner den modellert samanhengen mellom variablane. Det mørke bandet viser konfidensintervallet på 95%.

Bærvekta per ramet viste ingen signifikante samanhengar med høgde over havet, jordfuktigheit, pH eller glødetap (Tabell 6).

Tabell 6. Resultat frå miksa effekt modellar av forholdet mellom sum bærvekt per ramet og dei testa forklaringsvariablane (n=272). Intercept viser verdiane når forklaringsverdiane er 0 i modellen. Verdiane frå estimatet, SE og t- verdiar indikerer korleis dei varierer frå interceptet Utheva verdiar er signifikante.

Variabel	Fixed effect	Estimat	SD	df	t-verdi	p-verdi
Moh.	Intercept	-2.93	0,21	5,29		
	Moh.	0,001	>0,01	6,27	-1,69	0,14
Varmeindeks	Intercept	-3,48	0,10	18,07		
	Varmeindeks	0,79	0,25	93,41	3,14	0,002
Lys	Intercept	-3,18	0,07	7,19		
	Lys	-0,05	0,18	26,59	-2,50	0,019
PH	Intercept	0,08	0,05	35,64		
	pH	-0,01	0,01	35,38	-0,54	0,592
Jordfuktigheit	Intercept	-3,09	0,16	17,84		
	Jordfuktigheit	-0,01	0,01	31,53	-1,18	0,245
Glødetap	Intercept	-3,32	0,20	40,05		
	Glødetap	0,001	>0,01	82,97	0,32	0,747
Rametstorleik (Log₂)	Intercept	-3,34	0,09	9,10		
	Rametstorleik	0,26	0,04	230,25	6,08	<0,001

3.3.3 Bærvækt

Eg fann ingen signifikante samanhengar mellom dei ulike forklaringsvariablane og vekta av enkeltbær i rutene (Tabell 7). Likevel var det ein tendens at bærvakta minkar svakt med aukande lysinnstråling.

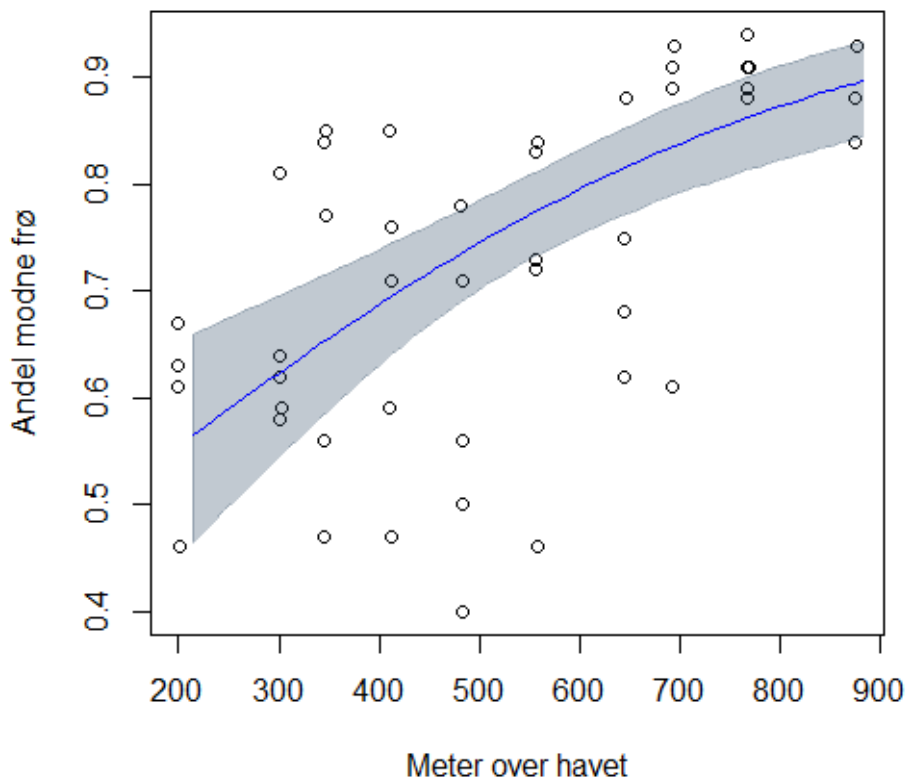
Tabell 7. Modellparameter estimert av miksa effekt modellar for variasjonar i vekta på enkeltbær (n=482). Intercept viser verdiane når forklaringsverdiane er 0 i modellen. Verdiane frå estimatet, SE og t- verdier indikerer korleis dei varierer frå interceptet. Utheva verdier er signifikante.

Variabel	Fixed effect	Estimat	SD	df	t-verdi	p-verdi
Moh.	Intercept	>0,01	>0,01	>0,01		
	Moh.	>0,01	>0,01	>0,01	-0,99	0,354
Varmeindeks	Intercept	0,27	>0,01	22,06		
	Varmeindeks	0,01	>0,01	31,60	1,69	0,184
Lys	Intercept	0,03	>0,01	41,13		
	Lys	>0,01	>0,01	89,28	-1,92	0,058
pH	Intercept	0,01	0,01	32,60		
	pH	>0,01	>0,01	32,16	1,03	0,312
Jordfuktigheit	Intercept	>0,01	>0,01	17,56		
	Jordfuktigheit	>0,01	>0,01	27,08	-0,76	0,454
Glødetap	Intercept	>0,01	>0,01	20,12		
	Glødetap	>0,01	>0,01	24,15	-0,46	0,651
Rametstorleik (Log₂)	Intercept	>0,01	>0,01	18,37		
	Rametstorleik	>0,01	>0,01	121,3	0,33	0,739

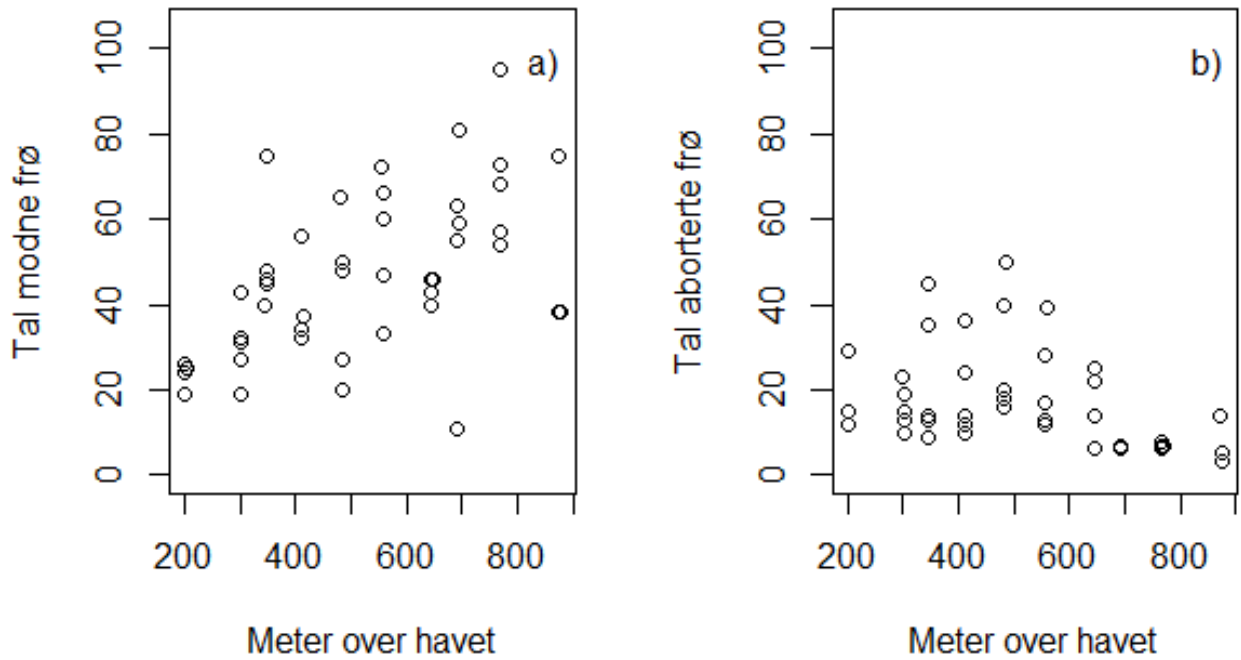
3.3.4 Andelen modne frø i bæra

Andelen frø som vart modne av den totale mengda frø ein ramet produserar, vart signifikant påverka av meter over havet, bæervekt og varmeindeks. Andelen modne frø auka signifikant med aukande høgde over havet ($p < 0,001$), da andelen vart større jo høgare over havet ein kom (Fig. 21). Dette kjem av ei auke i talet på modne frø med høgda og ein reduksjon i talet på aborterte frø (Fig. 22). Samanhengen mellom bæervekta og andelen modne frø var sterkt positiv ($p = 0,016$). Tyngre bær har fleire modne frø (Fig. 23a). Vidare var samanhengen mellom andelen modne frø og varmeindeksen negativ ($p = 0,021$), andelen modne frø reduserast med aukande varmeindeksen (Fig. 23b).

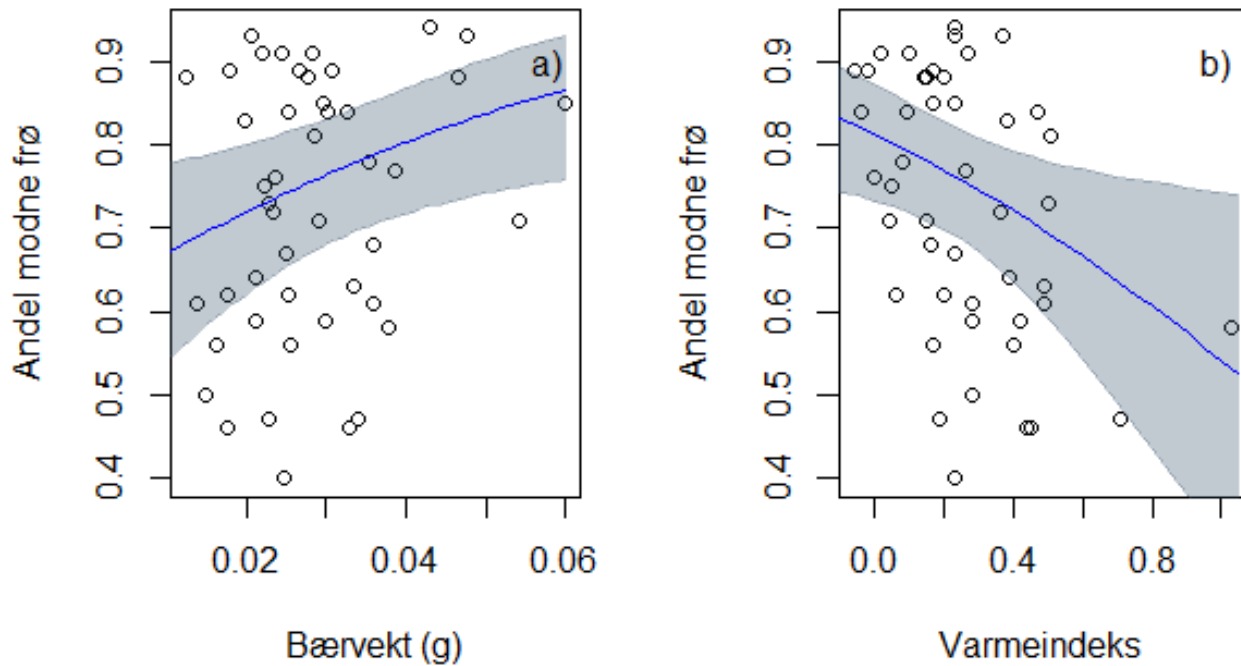
Verken glødetap, lys, jordfuktigheit, rametstorleik eller jordfuktigheit påverka andelen modne frø signifikant (Tabell 8).



Figur 21. Andelen modne frø aukar med aukande høgder over havet. Den blå linja viser den modellert samanhengen mellom variablane og det mørke bandet konfidensintervallet på 95%.



Figur 22. Tal modne a) og tal aborterte frø b) i bær frø ulike høgdslag.



Figur 23. Variasjon i andelen modne frø med a) bærvekt og b) varmeindeks. Dei blå linjene viser samanhengen mellom variablane, medan det mørket bandet viser konfidensintervallet på 95%.

Tabell 8. Resultat av miksa effekt modellar som forklarar sannsynet for ein samanheng mellom andelen modne frø og den gitte forklaringsvariabelen (n= 50)). Intercept viser verdiane når forklaringsverdiane er 0 i modellen. Verdiane frå estimatet, SE og z-verdiar indikerer korleis dei varierer frå interceptet Signifikante verdiar er utheva.

Variabel	Fixed effect	Estimat	SD	z-verdi	p-verdi
Moh.	Intercept	1,07	0,16		
	Moh.	0,56	0,11	4,94	<0,001
Varmeindeks	Intercept	1,47	0,32		
	Varmeindeks	-0,30	0,56	-2,32	0,021
LYS	Intercept	1,05	0,22		
	Lys	0,04	0,04	0,94	0,347
pH	Intercept	1,64	2,14		
	pH	-0,12	0,52	-0,24	0,813
Jordfuktigheit	Intercept	0,90	0,41		
	Jordfuktigheit	0,01	0,02	0,66	0,507
Glødetap	Intercept	1,78	0,48		
	Glødetap	-0,01	0,01	-1,54	0,124
Rametstorleik (Log₂)	Intercept	1,12	0,22		
	Rametstorleik	0,02	0,09	0,21	0,834
Bærvekt	Intercept	0,48	0,35		
	Bærvekt	23,26	9,61	2,42	0,016

4. Drøfting

Vekst, uttrykt gjennom rametstorleik i denne studien, og reproduksjon er to viktige faktorar i livssyklusen til langlevde planter som blåbær. Eg fann variasjonar i vekst og reproduksjon til blåbær med høgdelag og dei lokale økologiske forholda pH, glødetap, jordfuktigheit, lys og varme. Både vekstvilkåra og bærproduksjonen var størst ved mellomhøgder, som tyder at dei trivst i litt kjølegare klima. Andelen modne frø auka med aukande høgder over havet, og dermed føretrekk frøproduksjonen kjølegare klima. Lys var ein viktig forklaringsvariabel for både vekst og reproduksjonen til blåbær, medan jordvariablane; pH, glødetap og jordfuktigheit, hadde lite påverknad på vekst og reproduksjon.

Høgdegradienten reflekterer endringar i regionale miljøvilkår som temperatur, nedbør og lengda på vekstsesongen (Körner, 2007). Likevel gjev høgdegradienten berre eit proxy på endringane som skjer i klimaet med aukande høgder over havet. Endringane skjer nødvendigvis ikkje i same tempo over heile gradienten. Lokalt kan terrenget påverke temperatur og fuktigheit, noko ikkje høgdegradienten fangar opp (Körner, 2007). Ein bør derfor inkludere variasjonar i mikroklimaet når ein nyttar høgdegradientar (Graae *et al.*, 2012), slik eg gjer. Ved å inkludere både regionale miljøvilkår og meir lokal økologiske forhold kan ein finne eit meir samansett bilete av mønsterane til vekst og reproduksjon til blåbær.

4.1 Variasjonar i veksten til blåbær med klima og lokal økologiske forhold

Eg fann dei største rametane rundt 550 moh., noko som tilseier at vekstvilkåra er mest optimale ved den høgda. Under 550 moh. kan vilkåra vere ugunstige på grunn av tørrare forhold, medan høgare over havet kan temperaturane vere for låge og nedbøren for høge. Snødekket kan vare ein månad lengre i dei øvre delane av studieområdet, og vekstsesongen vert dermed tilsvarande kortare der (pers. komm. K. Rydgren). Skogen vert opnar høgare over havet, noko som fører til mindre beskyttelse mot vær og vind og dermed tøffare vekstvilkår.

I områder i Italia med tilsvarande årsnedbør og temperatur som meg, avtar veksten med høgda over havet (Boscutti *et al.*, 2018), det same viser den einaste studien i Noreg, Telemark, (Nielsen, Totland og Ohlson, 2007). Studien i Noreg går derimot berre over om lag 100 høgdemeter og dekker derfor berre ein del av spennet av dei regionale miljøvilkåra eg dekker.

(Pato og Obeso, 2012b) fann, som meg, eit unimodalt mønster for vekst og den største veksten ved mellomhøgder om lag 400 høgdemeter frå tregrensa. Til trass for at årsnedbøren er relativ lik mellom studieområda til meg og Pato og Obeso (2012b), er årstemperaturen høgare på mellom høgder i Spania enn i Noreg. Samanlikningar mellom studiar viser at andre forhold enn årstemperturen påverkar veksten til blåbær. Til dømes er klimaet i nordvestlege Spania meir oseanisk, med mildare vintrar og kjølegare somrar, og vekstsesongen er lengre. I Noreg er derimot dagslengda lengre i vekstsesongen, som kan vege opp for ein kortare vekstsesong. Dersom ein skal skilje ut kva klimafaktorar som både styrer veksten og reproduksjon til blåbær langs gradienten treng ein gode måledata på dei ulike faktorane. For dvergbusker som lever nær bakken vil til dømes lufttemperaturen skilje seg mykje frå dei lokale vêrstasjonane (Körner og Hiltbrunner, 2018).

Av dei målte lokale økologiske tilhøva i min studien var lys den einaste faktoren som påverka veksten til blåbær. Resultata mine viser at dei største rametane veks i skuggefulle delar av skogen. Andre studiar har vist at blåbær veks best i skog med om lag 50% skugge (Storch, 1993). Furuskogen i studieområdet mitt er likevel relativt open, sjølv om det er ein del skuggeelement i den, og såleis kan den stemme overeins med tidlegare studiar. Lite variasjon i data for jordvariablane kan ha ført til at dei ikkje påverkar veksten i min studie, andre har derimot funne ein samanheng mellom pH og vekst (Pato og Obeso, 2012b).

Dei regionale miljøvilkåra, som høgdegradienten reflekterer vil endre seg under klimaendringane. Dei gunstigaste høgdena klimatisk vil dermed trekke oppover i høgda eller nordover i framtida. Det vil bety at vi vil finne dei største rametane høgare over havet eller lengre mot nord enn vi gjer i dag. Samtidig må den lokaløkologiske faktoren som påverkar vekstvilkåra, lys, bli innfridd på dei nye høgdena for å gje gode vekstvilkår til blåbær. Ved dei lågare høgdena vil det bli varmare enn i dag, noko som truleg vil gjere vekstvilkåra meir ugunstige og dermed enda lågare vekst der i framtida. Med klimaendringane er det òg venta eit våtare klima, spesielt på Vestlandet (Hanssen-Bauer *et al.*, 2015). Min studie viser at veksten til blåbær ikkje vert påverka lokalt av jordfuktigheiten, og såleis er veksten ikkje så utsett for meir nedbør innanfor visse grenser. Med eit mildare og fuktigare klima er førekomsten av dei

planteøydleggande phytophthora- artane venta å auke (Talgø *et al.*, 2013). Dei kan gjere store skader på blåbær, og såleis redusere veksten.

Studien min viser at vekstvilkåra til blåbær vart påverka av klima- og lysforhold. Beiting på blåbærrametane er ikkje inkludert i studien min, men spor på enkelte av rametane viser at dei har blitt beita på av insekt, sau og hjort. Blåbær er generelt tolerant for beiting (Dahlgren *et al.*, 2007; Hegland *et al.*, 2016), såleis har nok ikkje beiting hatt vesentleg innverknad på funna mine. Andre studiar har òg funnet ein samanheng mellom veksten til blåbær og habitattypen (Fernández-Calvo og Obeso, 2004), og dermed inkludert ein mykje større variasjon i lokale økologiske forhold. Sidan heile området mitt ligg i nokså tørr og sør til sørvestvendt blåbærfuruskog, er variasjonen i lokale økologisk forhold langt mindre, og dermed har dei lite å seie for studien min. Unntaket er variasjonen i lysforholda.

4.2 Variasjonar i reproduksjonen til blåbær med klima og lokal økologiske forhold

4.2.1 Bærproduksjon

Den mest optimale staden for bærproduksjon er mellom 400 og 480 moh., det vil seie at dei klimatiske vilkåra er best møtt ved desse høgdene. Dei klimatiske vilkåra under fenofasane til blåbær som er viktige for bærproduksjonen (Selås, 2000; Selås *et al.*, 2015), har òg vore mest optimale ved desse høgdene gjennom utviklinga frå blomeknoppar til bær. Funna mine er i motsetnad til to studiar i Spania som ikkje fann noko samanheng mellom tal bær og høgdelag (Fernández-Calvo og Obeso, 2004; Pato og Obeso, 2012b), men bærproduksjonen går i svingingar på 3-5 år (Selås, 1997). Som med veksten til blåbær, kan klimaforskjellane mellom studieområda i Noreg og Spania ha gjort utslag på resultata. Dessutan var metoden for innsamlinga av data noko ulik, og eg nytta ein kortare gradient som reflekterer mindre variasjonar i regionale miljøvilkår enn Pato og Obeso (2012b). Gradienten min gjekk over 670 høgdemeter, som svarer til ein temperaturforskjell på 4 °C dersom ein legg til grunn ein temperaturreduksjon på 0,6 °C per 100 høgdemeter (Ahrens, 2007), som igjen svarar til ein distanse på 800 km i nord-sør retning (Moen, Lillethun og Odland, 1999).

Vinteren 2016/2017 var snøfattig og opptil 3,8 °C varmare enn normalt (Meteorologisk institutt, 2018), noko som kan ha gjort utslag på resultatane mine. Opp til omkring 500 moh., var snødekket fråverande frå midten av januar til midten av februar (pers. komm. K. Rydgren), og temperaturen svinga mellom pluss- og minusgrader. Det vil seie at høgdene med den største bærproduksjonen låg utan isolasjon frå snøen ein månadstid og opplevde frost i delar av den perioden. Sjølv om blåbær er avhengig av eit stabilt snødekket for å produsere bær og hindre frostskeidar (Tolvanen, 1997; Gerdol *et al.*, 2013; Selås, 2000), ser det ikkje ut til at eit fråverande snødekket har påverka bærproduksjonen i studien min. Men likevel kan reproduksjonssuksessen, forholdet mellom blomar og bær, ha blitt påverka av frosthendingar om vinteren slik tidlegare studiar har vist (Bokhorst *et al.*, 2011). Sidan tal blomar ikkje er inkludert i studien min er det uvisst korleis reproduksjonssuksessen har blitt påverka.

I studien min var lysforholda den einaste av dei målte, lokal økologiske faktoren som påverka bærproduksjonen. Bærproduksjonen var størst i skuggefulle delar av skogen. Funna mine skil seg frå Pato og Obeso (2012b) som ikkje fann forskjell på tal bær under tett skog og i opnare områder. Generelt er studieområdet mitt storvokst furuskog som er nokså skuggefull, sett bort frå den øvste blokka, som i tillegg har få rametar og bær. Andre forhold som temperatur, nedbør og vekstlengde kan ha påverka veksten og reproduksjonen i den blokka, i staden for lysmengda. Data mine vart analysert med ein og ein forklaringsvariabel mot responsvariabelen. Dersom eg hadde analysert dei med meir komplekse forklaringsmodellar, ved å bygge modellar av dei signifikante variablane kunne eg avdekke om lys var ein forklaringsfaktor sett i lys av dei andre signifikante variablane.

I likskap med funna for veksten til blåbær vart bærproduksjonen påverka av lysforhold og klima. Under klimaendringane kan vi derfor vente oss nokolunde dei same endringane for bærproduksjonen, som for vekstvilkåra. Områda med størst bærproduksjon i dag vil trekke høgare oppover eller nordover i framtid, så framtidige lysforholda er gunstige på desse høgdene. Bærproduksjonen har allereie auka i den alpine sona sidan starten av 1990-talet i Finland som følgje av varmare somrar (Boulanger-Lapointe *et al.*, 2017). For mykje nedbør under modning av bær er ugunstig for reproduksjonssuksessen (Selås *et al.*, 2015; Hertel *et al.*, 2017), meir nedbør

under klimaendringane kan derfor føre til lågare reproduksjonssuksess. Likevel viser studien min at jordfuktigheita lokalt ikkje har påverka bærproduksjonen.

Eg målte ingen variablar som reflekterer beiting eller pollinering direkte, sjølv om bærproduksjonen kan bli påverka av desse faktorane. I enkelte av rutene i studien observerte eg beiting på bæra. Beiting frå hjortevilt (Fernández-Calvo og Obeso, 2004) og mengda gnagarar (Boulanger-Lapointe *et al.*, 2017) er med på å avgjere kor stor bærproduksjonen vert og fuglar beitjar gjerne på stadar med mykje bær (Koski *et al.*, 2017). Manglande pollinatorar gjev ein nedgang i bærproduksjon (Nuortila, Tuomi og Laine, 2002) og tilgangen til pollinatorar fell med høgda over havet (Blionis og Vokou, 2001). Likevel er ikkje pollen ein avgrensande faktor med aukande høgder over havet (Pato og Obeso, 2012a). Men pollinatorar er mindre aktive under periodar med låge temperaturar (Jacquemart, 1997), som er meir sannsynlege hendingar i øvste del av studieområdet mitt.. Andre studiar har i midlertidig vist at reproduksjonssuksessen til blåbær i furuskog er verken avhengig av mengda eller mangfaldet av bie pollinatorar (Rodríguez og Kouki, 2015). Sidan eg ikkje har inkludert blomproduksjon i studien min, er det uvisst om reproduksjonssuksessen varierer med høgda over havet.

4.2.2 Andel modne frø i bæra

Andelen modne frø i kvart bær auka med aukande høgde over havet. Det vil seie at frøkvaliteten i bæra auka med høgda over havet, til trass for at klimaet vart kjølegare og vekstsesongen kortare høgare over havet. Pato og Obeso (2012a) fann derimot ingen samanheng mellom andelen modne frø og høgda over havet. Klimaforskjellane mellom studieområda i Spania og Noreg kan igjen ha hatt innverknad på resultata. Til dømes kan eit varmare klima i Spania ha ført til at fleire frø vart aborterte i studien til Pato og Obeso (2012b). Under klimaendringane vil dei gunstigaste klimatiske vilkåra for andelen modne frø trekke oppover i høgda eller nordover, slik som med dei klimatiske vilkåra for bærproduksjonen og rametstorleiken til blåbær. Dei lokal økologiske forholda på staden må òg bli møtt for at andelen modne frø skal bli høg. Av dei målte lokal økologiske forholda i studien min var varmeindeksen den einaste som påverka frøproduksjonen, ein låg varmeindeks var gunstig for andelen modne frø. Likevel har studieområdet generelt ein høg varmeindeksen på grunn av den gunstige

eksposisjonen mot sør-sørvest. Det kan tyde på at frøproduksjonen er høgast ved ein middels varmeindeks. Det vil seie at ein middels varmeindeks og eit kjøleg klima er gunstig for andelen modne frø.

Pollinering er viktig for andelen modne frø. Til trass for at tilgangen til pollinatorar minkar med høgda (Blois *et al.*, 2013), auka andelen modne frø med aukande høgder i studien min. Men i dei lågaste delane av studieområdet mitt er det genetiske mangfaldet moglegvis mindre enn i dei øvre delane, sidan tuene er større og avstanden mellom dei er mindre. Det mindre genetisk mangfald ved dei lågaste delene kan ha gjeve meir sjølvpollinering der, og dermed færre modne frø (Nuortila, Tuomi og Laine, 2002; Frøborg, 1996; Albert, Raspé og Jacquemart, 2008). Likevel kan større tuer bestå av fleire gen (Albert, Raspé og Jacquemart, 2003). Under klimaendringane kan pollinatorar og planter respondere ulikt på endringane, noko som kan endre interaksjonane mellom dei og gje følger i fenologien (Hegland *et al.*, 2009). Dersom det skulle skje mellom blåbær og deira pollinatorar, kan dei mangle pollinatorar og dermed få redusert frø- og bærproduksjonen sin.

4.2.3 Bærvekt

Resultata mine viser at ingen høgder eller lokal økologiske forhold er meir fordelaktige for å produsere tyngre bær enn andre. Det kan bety at bærvekta ikkje vil bli påverka i stor grad under klimaendringane. Men tidlegare studiar har derimot funnet både synkande og aukande bærvekt med aukande høgder over havet, og ein positiv påverknad frå pH (Fernández-Calvo og Obeso, 2004) (Pato og Obeso, 2012a). Igjen kan klimaforskjellane mellom studieområda, den kortare gradienten min og lite variasjon i jordvariablane ha spelt inn på resultata. Dessutan fann eg både mindre variasjonar i bærvekta og mindre gjennomsnittsbærvekt enn Pato og Obeso (2012a) gjorde i sin studie.

Eg har ikkje funne andre studiar som ser på sum bærvekta til rametar i forhold til verken høgdegradient eller andre lokaløkologiske forhold. Mine funn viser at sum bærvekta berre vert påverka av dei lokal økologiske forholda lys og varme, samt rametstorleiken. Større rametar produserer meir bær og frø (Silvertown og Charlesworth, 2007), det kan da tenkast at dei òg produserer større sum bærvekt. Dess større ein ramet er, dess meir ressursar har rameten

akkumulert til å bruke på reproduksjonen sin. Dei største rametane i studien min fann eg i skuggefulle delar av skogen, i desse skuggefulle områda fann eg òg dei største bærvektene per ramet.

Sum bærvekt til ein ramet vart ikkje påverka av høgdegradienten, derfor er det ikkje noko klart mønster for korleis klimaendringane vil påverke bærvakta. Likevel er sum bærvakta til ein ramet avhengig av storleiken på rameten, som igjen har best vilkår i kjølegare klima. Sidan vi vil finne dei største rametane høgare over havet i framtida, er det grunn til å tru at den største bærvakta per ramet vil vere på nye stadar i framtida. Samtidig er sum bærvekt avhengig av ein god varmeindeks. Sidan varmeindeksen er basert på helling og eksposisjon vil den ikkje endre seg under klimaendringane. Men aukande temperaturar under klimaendringane, og såleis meir varme kan vere fordelaktig for sum bærvakta ein ramet produserer.

Ved å bruke klimagradiantar til å føreseie framtidas klimaendringar legg ein til grunn at økosystem vil møte klimaendringane over tid på same måte som økosystem har tilpassa seg variasjonar i klimaet over tusenvis av år (Dunne *et al.*, 2004; La Sorte *et al.*, 2009). Utfallet frå raske klimaendringar på artar og økosystem kan derfor vere vanskeleg å seie noko om på bakgrunn av klimagradiantar, sidan klimaendringane skjer på ein mykje raskare tidsskala enn naturlege svingingar i klimaet (La Sorte *et al.*, 2009). Plantetrek som varierer med høgdelag kan òg vere populasjonsspesifikke (Pfennigwerth, Bailey og Schweitzer, 2017), noko som kan gjere det vanskeleg å generalisere til andre populasjonar.

5. Konklusjon

Denne studien har sett på korleis vekst, gjennom rametstorleik, og reproduksjon hos blåbær varierer langs ein høgdegradient og med dei lokaløkologiske forholda pH, jordfuktigheit, glødetap, lys og varme. Høgdegradienten reflekterer variasjonar i dei regionale miljøvilkåra, medan dei lokale forklarar korleis terrenget lokalt påverkar dei regionale miljøvilkåra. Studien dekker variasjonar i ein tørr furuskog med sør til sørvestleg eksposisjon.

Vekst og bærproduksjonen til blåbær trivst best i litt kjøleg klima, og på stadar i skogen der lite lys kjem gjennom til skogbotn. Kvalitet på frø i bæra er høgast i kjølegare klima, der det er lite varme. Ingen av dei målte jordvariablane hadde betydelege påverknad på vekst og reproduksjon, men lite spenn i dei målte variablane kan ha ført til at dei ikkje gjorde utslag. Når klimaet endrast vil dei gunstigaste stadane for vekst, bær- og frøproduksjon vere høgare over havet eller lengre mot nord enn dei er i dag. Vi vil da finne dei største rametane, den høgaste bærproduksjon og den høgaste andelen modne, høgare over havet enn i dag. Sjølv om dei klimatiske forholda vert gunstigare høgare over havet i framtida må dei andre lokal økologiske forholda møtast der for at blåbær skal kunne vekse – eller reprodusere seg. Det vil seie at habitatet må vere skuggefullt for å få gode vekstvilkår og høg bærproduksjon, medan frøproduksjonen treng ein låg varmeindeks. Når både dei største rametane og den største bærproduksjonen vert å finne høgare over havet eller lengre mot nord må beitande artar trekke i same retning dersom dei forsett skal nytte blåbær som matkjelde.

Sjølv om studien viser at blåbær trivast i litt kjølegare klima, har arten ei brei nisje og dermed er det ikkje fare for arten sin eksistens med det første. Men dersom førekomsten av planteøydelegande artar aukar kan det få store konsekvensar. Likevel er andre artar med spesifikke klimakrav, som ikkje er like tolerante for endringar som blåbær, meir sensitive for klimaendringane. Dette gjeld spesielt alpine artar som kan klare å flytte oppover i høgda, men har vanskar med flytte nordover. Habitata for alpine artar krymper òg som fører til at dei har stadig mindre tilgjengeleg habitat. Klimaendringane kan føre til at ulike artar kan respondere ulikt på endringane, noko som kan føre til endringar i artsamansetningar i økosystem, og misforhold mellom artar som er avhengig av kvarandre.

Vinteren 2017 var snøfattig og varmare enn normalen, noko som kan ha gjort utslag på resultata mine for vekst og reproduksjon til blåbær. Studiar over fleire år vil derfor vere nyttig for å samanlikne resultat og sjå om funna mine skil seg frå normalen. Likevel er sannsynet for slike varme vintrar større framover, og funna mine kan derfor gje eit bilete på effekten av mildare vintrar.

6. Referansar

- Ahrens, C. D. (2007) *Meteorology today: An Introduction to Weather, Climate, and the environment*. Belmont, USA: Cengage Learning.
- Aitken, S. N. *et al.* (2008) Adaptation, migration or extirpation: climate change outcomes for tree populations, *Evolutionary Applications*, 1, s. 95-111. doi: 10.1111/j.1752-4571.2007.00013.x.
- Albert, T., Raspé, O. og Jacquemart, A.-L. (2003) Clonal structure in "*Vaccinium myrtillus* L." revealed by RAPD and AFLP markers, *International Journal of Plant Sciences*, 164, s. 649-655. doi: 10.1086/375373.
- Albert, T., Raspé, O. og Jacquemart, A.-L. (2008) Influence of clonal growth on selfing rate in *Vaccinium myrtillus* L., *Plant Biology*, 10, s. 643-649. doi: 10.1111/j.1438-8677.2008.00067.x.
- Avdem, I. H. og Lima, O. (upublisert) En vegetasjonsøkologisk studie av blåbærfuruskog langs en høydegradient i indre Sogn, Vest-Norge.
- Baines, D. (1996) The implications of grazing and predator management on the habitats and breeding success of black grouse *Tetrao tetrix*, *Journal of Applied Ecology*, 33, s. 54-62. doi: 10.2307/2405015.
- Blionis, G. J. og Vokou, D. (2001) Pollination ecology of *Campanula* species on Mt Olympos, Greece, *Ecography*, 24, s. 287-297. doi: doi:10.1034/j.1600-0587.2001.240306.x.
- Blois, J. L. *et al.* (2013) Space can substitute for time in predicting climate-change effects on biodiversity, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110, s. 9374-9379. doi: 10.1073/pnas.1220228110.
- Bokhorst, S. *et al.* (2011) Impacts of multiple extreme winter warming events on sub-Arctic heathland: Phenology, reproduction, growth, and CO₂ flux responses, *Global Change Biology*, 17, s. 2817-2830. doi: 10.1111/j.1365-2486.2011.02424.x.
- Bond, W. J. (1994) Keystone Species, i Schulze, E.-D. og Mooney, H. A. (red.) *Biodiversity and Ecosystem Function*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, s. 237-253.
- Boscutti, F. *et al.* (2018) Shrub growth and plant diversity along an elevation gradient: Evidence of indirect effects of climate on alpine ecosystems, *PLOS ONE*, 13, s. e0196653. doi: 10.1371/journal.pone.0196653.
- Boulanger-Lapointe, N. *et al.* (2017) Climate and herbivore influence on *Vaccinium myrtillus* over the last 40 years in northwest Lapland, Finland, *Ecosphere*, 8, s. 11. doi: 10.1002/ecs2.1654.
- Chen, I. C. *et al.* (2011) Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming, *Science*, 333, s. 1024-1026. doi: 10.1126/science.1206432.
- Colwell, R. K. *et al.* (2008) Global warming, elevational range shifts, and lowland biotic attrition in the wet tropics, *Science*, 322, s. 258-261. doi: 10.1126/science.1162547.
- Corlett, R. T. og Westcott, D. A. (2013) Will plant movements keep up with climate change?, *Trends in Ecology & Evolution*, 28, s. 482-488. doi: 10.1016/j.tree.2013.04.003.
- Coudun, C. og Gegout, J. C. (2007) Quantitative prediction of the distribution and abundance of *Vaccinium myrtillus* with climatic and edaphic factors, *Journal of Vegetation Science*, 18, s. 517-524. doi: 10.1111/j.1654-1103.2007.tb02566.x.
- Crawley, M. J. (2013) *The R Book, Second Edition*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Dahle, B. *et al.* (1998) The diet of brown bears *Ursus arctos* in central Scandinavia: Effect of access to free-ranging domestic sheep *Ovis aries*, *Wildlife Biology*, 4, s. 147-158.
- Dahlgren, J. *et al.* (2007) Interactions between gray-sided voles (*Clethrionomys rufocanus*) and bilberry (*Vaccinium myrtillus*), their main winter food plant, *Oecologia*, 152, s. 525-532. doi: 10.1007/s00442-007-0664-8.
- Dunne, J. A. *et al.* (2004) Integrating experimental and gradient methods in ecological climate change research, *Ecology*, 85, s. 904-916. doi: 10.1890/03-8003.

- Elston, D. A. *et al.* (2001) Analysis of aggregation, a worked example: numbers of ticks on red grouse chicks, *Parasitology*, 122, s. 563-569.
- Eriksson, O. og Frøborg, H. (1996) "Windows of opportunity" for recruitment in long-lived clonal plants: experimental studies of seedling establishment in *Vaccinium* shrubs, *Canadian Journal of Botany*, 74, s. 1369-1374. doi: 10.1139/b96-166.
- Felde, V. A., Kapfer, J. og Grytnes, J. A. (2012) Upward shift in elevational plant species ranges in Sikkilsdalen, central Norway, *Ecography*, 35, s. 922-932. doi: 10.1111/j.1600-0587.2011.07057.x.
- Fernández-Calvo, I. C. og Obeso, J. R. (2004) Growth, nutrient content, fruit production and herbivory in bilberry *Vaccinium myrtillus* L. along an altitudinal gradient, *Forestry*, 77, s. 213-223. doi: 10.1093/forestry/77.3.213.
- Flower-Ellis, J. (1971) *Age structure and dynamics in stands of bilberry (Vaccinium myrtillus L.)* Stockholm: Department of forest ecology and forest soils.
- Forsgren, E. *et al.* (2015) *Klimaendringenes påvirkning på naturmangfoldet i Norge*. Trondheim: Norsk Insitutt for Naturforskning. NINA Rapport 1210:1-133.
- Frøborg, H. (1996) Pollination and seed production in five boreal species of *Vaccinium* and *Andromeda* (Ericaceae), *Canadian Journal of Botany*, 74, s. 1363-1368. doi: 10.1139/b96-165.
- Gerdol, R. *et al.* (2013) Advanced snowmelt affects vegetative growth and sexual reproduction of *Vaccinium myrtillus* in a sub-alpine heath, *Journal of Vegetation Science*, 24, s. 569-579. doi: 10.1111/j.1654-1103.2012.01472.x.
- Gottfried, M. *et al.* (2012) Continent-wide response of mountain vegetation to climate change, *Nature Climate Change*, 2, s. 111-115. doi: 10.1038/nclimate1329.
- Graae, B. J. *et al.* (2012) On the use of weather data in ecological studies along altitudinal and latitudinal gradients, *Oikos*, 121, s. 3-19. doi: 10.1111/j.1600-0706.2011.19694.x.
- Graae, B. J. *et al.* (2018) Stay or go - how topographic complexity influences alpine plant population and community responses to climate change, *Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics*, 30, s. 41-50. doi: 10.1016/j.ppees.2017.09.008.
- Hambäck, P. A., Grellmann, D. og Hjältén, J. (2002) Winter herbivory by voles during a population peak: the importance of plant quality, *Ecography*, 25, s. 74-80. doi: 10.1034/j.1600-0587.2002.250108.x.
- Hannah, L. (2015) *Climate change biology*. Academic Press.
- Hanssen-Bauer, I. *et al.* (2015) *Klima i Norge 2100*. Norsk klimaservicesenter. NCCS report no. 2/2015.
- Hartmann, D. L. *et al.* (2013) *Observations: Atmosphere and Surface*. (In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F, Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V og Midgley, P. M.]). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom og New York, NY, USA.
- Havas, P. og Kubin, E. (1983) Structure, growth and organic matter content in the vegetation cover of an old spruce forest in Northern Finland, *Annales Botanici Fennici*, 20, s. 115-149.
- Heegaard, E. (2002) A model of alpine species distribution in relation to snowmelt time and altitude, *Journal of Vegetation Science*, 13, s. 493-504. doi: 10.1111/j.1654-1103.2002.tb02076.x.
- Hegland, S. J., Rydgren, K. og Seldal, T. (2005) The response of *Vaccinium myrtillus* to variations in grazing intensity in a Scandinavian pine forest on the island of Svanøy, *Canadian Journal of Botany*, 83, s. 1638-1644. doi: 10.1139/b05-132.
- Hegland, S. J. *et al.* (2009) How does climate warming affect plant-pollinator interactions? , *Ecology Letters*, 12, s. 184-195.
- Hegland, S. J., Jongejans, E. og Rydgren, K. (2010) Investigating the interaction between ungulate grazing and resource effects on *Vaccinium myrtillus* populations with integral projection models, *Oecologia*, 163, s. 695-706. doi: 10.1007/s00442-010-1616-2.

- Hegland, S. J. *et al.* (2016) Can browsing by deer in winter induce defence responses in bilberry (*Vaccinium myrtillus*)?, *Ecological Research*, 31, s. 441-448. doi: 10.1007/s11284-016-1351-1.
- Heikkinen, R. K. (1991) Multivariate- analysis of ekser vegetation in southern Häme, S Finland, *Annales Botanici Fennici*, 28, s. 201-224.
- Hertel, A. G. *et al.* (2017) Berry production drives bottom–up effects on body mass and reproductive success in an omnivore, *Oikos*, 127, s. 197-207. doi: 10.1111/oik.04515.
- Hickling, R. *et al.* (2006) The distributions of a wide range of taxonomic groups are expanding polewards, *Global Change Biology*, 12, s. 450-455. doi: 10.1111/j.1365-2486.2006.01116.x.
- Hjältén, J., Danell, K. og Ericson, L. (2004) Hare and vole browsing preferences during winter, *Acta Theriologica*, 49, s. 53-62. doi: 10.1007/bf03192508.
- Huntley, B. (1991) How plants respond to climate change: Migration rates, individualism and the consequences for plant communities, *Annals of Botany*, 67, s. 15-22. doi: 10.1093/oxfordjournals.aob.a088205.
- Hutchinson, G. E. (1957) Cold spring harbor symposia on quantitative biology, *Concluding remarks*, 22, s. 415-427.
- IPCC (2014) *Climate Change 2014: Synthesis Report*. (Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change). Geneva, Switzerland: IPCC.
- Jacquemart, A.-L. (1993) Floral visitors of *Vaccinium* species in the High Ardennes, Belgium, *Flora*, 188, s. 263-273. doi: 10.1016/S0367-2530(17)32276-4.
- Jacquemart, A.-L. og Thompson, J. D. (1996) Floral and pollination biology of three sympatric *Vaccinium* (Ericaceae) species in the Upper Ardennes, Belgium, *Canadian Journal of Botany*, 74, s. 210-221. doi: 10.1139/b96-025.
- Jacquemart, A.-L. (1997) Pollen limitation in three sympatric species of *Vaccinium* (Ericaceae) in the Upper Ardennes, Belgium, *Plant Systematics and Evolution*, 207, s. 159-172. doi: 10.1007/bf00984387.
- Jump, A. S. og Peñuelas, J. (2005) Running to stand still: adaptation and the response of plants to rapid climate change, *Ecology Letters*, 8, s. 1010-1020. doi: 10.1111/j.1461-0248.2005.00796.x.
- Klanderud, K. og Birks, H. J. B. (2003) Recent increases in species richness and shifts in altitudinal distributions of Norwegian mountain plants, *The Holocene*, 13, s. 1-6. doi: 10.1191/0959683603h1589ft.
- Koski, T.-M. *et al.* (2017) Effects of insect herbivory on bilberry production and removal of berries by frugivores, *Journal of Chemical Ecology*, 43, s. 422-432. doi: 10.1007/s10886-017-0838-8.
- Krogstad, T. (1992) *Metoder for jordanalyse*. Institutt for jordfag. Norges Landbrukshøgskole.
- Körner, C. (2007) The use of 'altitude' in ecological research, *Trends in Ecology & Evolution*, 22, s. 569-574. doi: doi.org/10.1016/j.tree.2007.09.006.
- Körner, C. og Hiltbrunner, E. (2018) The 90 ways to describe plant temperature, *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 30, s. 16-21. doi: doi.org/10.1016/j.ppees.2017.04.004.
- La Sorte, F. A. *et al.* (2009) Disparities between observed and predicted impacts of climate change on winter bird assemblages, *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 276, s. 3167-3174. doi: 10.1098/rspb.2009.0162.
- Lid, J. og Lid, D. T. (2007) *Norsk flora*. Oslo: Det Norske Samlaget.
- Loarie, S. R. *et al.* (2009) The velocity of climate change, *Nature*, 462, s. 1052-1055. doi: 10.1038/nature08649.
- Meteorologisk institutt (2018) eKlima. Tilgjengeleg frå: <http://sharki.oslo.dnmi.no>.
- Moen, A., Lillethun, A. og Odland, A. (1999) *Nasjonalatlas for Norge: Vegetasjon*. Hønefoss: Statens kartverk.

- Nathan, R. *et al.* (2008) Mechanisms of long-distance seed dispersal, *Trends in Ecology & Evolution*, 23, s. 638-647. doi: 10.1016/j.tree.2008.08.003.
- NGU (2018a) Nasjonal berggrunnsdatabase: Norges geologiske undersøkelse. Tilgjengeleg frå: <http://geo.ngu.no/kart/berggrunn/>.
- NGU (2018b) Nasjonal løsmassedatabase: Norges Geologiske Undersøkelse. Tilgjengeleg frå: <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>.
- Nielsen, A., Totland, Ø. og Ohlson, M. (2007) The effect of forest management operations on population performance of *Vaccinium myrtillus* on a landscape-scale, *Basic and Applied Ecology*, 8, s. 231-241. doi: 10.1016/j.baae.2006.05.009.
- Nuortila, C., Tuomi, J. og Laine, K. (2002) Inter-parent distance affects reproductive success in two clonal dwarf shrubs, *Vaccinium myrtillus* and *Vaccinium vitis-idaea* (Ericaceae), *Canadian Journal of Botany*, 80, s. 875-884. doi: 10.1139/b02-079.
- Odland, A., Høitomt, T. og Olsen, S. L. (2010) Increasing vascular plant richness on 13 high mountain summits in southern Norway since the early 1970s, *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 42, s. 458-470. doi: 10.1657/1938-4246-42.4.458.
- Orcutt, D. M. og Nilsen, E. T. (2000) *The physiology of plants under stress: soil and biotic factors* John Wiley & Sons.
- Pardi, M. I. og Smith, F. A. (2012) *Paleoecology in an era of climate change: how the past can provide insights into the future*. Paleontology in Ecology and Conservation.
- Parker, K. C. (1988) Environmental relationships and vegetation associates of columnar catcti in the northern Sonoran Desert., *Vegetatio*, 78, s. 125-140. doi: 10.1007/bf00033422.
- Parmesan, C. og Yohe, G. (2003) A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems, *Nature*, 421, s. 37-42. doi: 10.1038/nature01286.
- Pato, J. og Obeso, J. R. (2012a) Fruit mass variability in *Vaccinium myrtillus* as a response to altitude, simulated herbivory and nutrient availability, *Basic and Applied Ecology*, 13, s. 338-346. doi: 10.1016/j.baae.2012.05.003.
- Pato, J. og Obeso, J. R. (2012b) Growth and reproductive performance in bilberry (*Vaccinium myrtillus*) along an elevation gradient, *Ecoscience*, 19, s. 59-68. doi: 10.2980/19-1-3407.
- Pato, J. og Obeso, J. R. (2013) Simulated ungulate herbivory affects differently two herbivorous arthropod guilds in bilberry, *Arthropod-Plant Interactions*, 7, s. 555-565. doi: 10.1007/s11829-013-9269-9.
- Pecl, G. T. *et al.* (2017) Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being, *Science*, 355, s. 9. doi: 10.1126/science.aai9214.
- Pfennigwerth, A. A., Bailey, J. K. og Schweitzer, J. A. (2017) Trait variation along elevation gradients in a dominant woody shrub is population-specific and driven by plasticity, *AoB PLANTS*, 9, s. 13. doi: 10.1093/aobpla/plx027.
- Power, M. E. *et al.* (1996) Challenges in the quest for keystones, *Bioscience*, 46, s. 609-620. doi: 10.2307/1312990.
- R Development Core Team (2017) R: a language and environment for statistical computing *R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. Henta frå: <http://cran.r-project.org>*.
- Ritchie, J. C. (1956) Biological flora of the British Isles. *Vaccinium vitis-idaea* L., *Journal of Ecology*, 44, s. 291-299.
- Rixen, C., Schwoerer, C. og Wipf, S. (2010) Winter climate change at different temporal scales in *Vaccinium myrtillus*, an Arctic and alpine dwarf shrub, *Polar Research*, 29, s. 85-94. doi: 10.1111/j.1751-8369.2010.00155.x.
- Rodríguez, A. og Kouki, J. (2015) Emulating natural disturbance in forest management enhances pollination services for dominant *Vaccinium* shrubs in boreal pine-dominated forests, *Forest Ecology and Management*, 350, s. 1-12. doi: 10.1016/j.foreco.2015.04.029.

- Rustad, L. E. (2008) The response of terrestrial ecosystems to global climate change: Towards an integrated approach, *Science of The Total Environment*, 404, s. 222-235. doi: 10.1016/j.scitotenv.2008.04.050.
- Savage, J. og Vellend, M. (2015) Elevational shifts, biotic homogenization and time lags in vegetation change during 40 years of climate warming, *Ecography*, 38, s. 546-555. doi: 10.1111/ecog.01131.
- Selås, V. (1997) Cyclic population fluctuations of herbivores as an effect of cyclic seed cropping of plants: The mast depression hypothesis, *Oikos*, 80, s. 257-268. doi: 10.2307/3546594.
- Selås, V. (2000) Seed production of a masting dwarf shrub, *Vaccinium myrtillus*, in relation to previous reproduction and weather, *Canadian Journal of Botany*, 78, s. 423-429. doi: 10.1139/b00-017.
- Selås, V. (2001) Autumn population size of capercaillie *Tetrao urogallus* in relation to bilberry *Vaccinium myrtillus* production and weather: an analysis of Norwegian game reports, *Wildlife Biology*, 7, s. 17-25. doi: 10.2981/wlb.2001.005.
- Selås, V., Kobro, S. og Sonerud, G. A. (2013) Population fluctuations of moths and small rodents in relation to plant reproduction indices in southern Norway, *Ecosphere*, 4, s. 1-11. doi: 10.1890/ES13-00228.1.
- Selås, V. et al. (2015) Climatic and seasonal control of annual growth rhythm and flower formation in *Vaccinium myrtillus* (Ericaceae), and the impact on annual variation in berry production, *Plant Ecology and Evolution*, 148, s. 350-360. doi: 10.5091/pleveo.2015.1110.
- Silvertown, J. og Charlesworth, D. (2007) *Introduction to plant population biology*. Blackwell Publishing.
- Steinbauer, M. J. et al. (2018) Accelerated increase in plant species richness on mountain summits is linked to warming, *Nature*, 556, s. 231-234. doi: 10.1038/s41586-018-0005-6.
- Storch, I. (1993) Habitat selection by capercaillie in summer and autumn: Is bilberry important?, *Oecologia*, 95, s. 257-265. doi: 10.1007/BF00323498.
- Sturm, M., Racine, C. og Tape, K. (2001) Climate change - Increasing shrub abundance in the Arctic, *Nature*, 411, s. 546-547. doi: 10.1038/35079180.
- Talgø, V. et al. (2013) *Phytophthora* spp. -en trussel mot blåbær i Skandinavia?, *Bioforsk*, 8.
- Thuiller, W., Lavorel, S. og Araújo, M. B. (2005) Niche properties and geographical extent as predictors of species sensitivity to climate change, *Global Ecology and Biogeography*, 14, s. 347-357. doi: 10.1111/j.1466-822X.2005.00162.x.
- Tolvanen, A. (1997) Recovery of the bilberry (*Vaccinium Myrtillus* L.) from artificial spring and summer frost, *Plant Ecology*, 130, s. 35-39. doi: 10.1023/a:1009776200866.
- Tolvanen, A. og Laine, K. (1997) Effects of reproduction and artificial herbivory on vegetative growth and resource levels in deciduous and evergreen dwarf shrubs, *Canadian Journal of Botany*, 75, s. 656-666. doi: 10.1139/b97-073.
- Turtiainen, M., Salo, K. og Saastamoinen, O. (2011) Variations of Yield and Utilisation of Bilberries (*Vaccinium myrtillus* L.) and Cowberries (*V. vitis-idaea* L.) in Finland, *Silva Fennica*, 45, s. 237-251. doi: 10.14214/sf.115.
- Vittoz, P. et al. (2008) One century of vegetation change on Isla Persa, a nunatak in the Bernina massif in the Swiss Alps, *Journal of Vegetation Science*, 19, s. 671-680. doi: doi:10.3170/2008-8-18434.
- Walther, G. R., Beißner, S. og Burga, C. A. (2005) Trends in the upward shift of alpine plants, *Journal of Vegetation Science*, 16, s. 541-548. doi: doi:10.1111/j.1654-1103.2005.tb02394.x.
- Wegge, P. et al. (2005) Capercaillie broods in pristine boreal forest in northwestern Russia: the importance of insects and cover in habitat selection, *Canadian Journal of Zoology*, 83, s. 1547-1555. doi: 10.1139/z05-157.