

Vekst og utvikling i blandingsskog av gran og furu

Sluttrapport

Januar 2025

Christian Kühne, Kobra Maleki

NIBIO

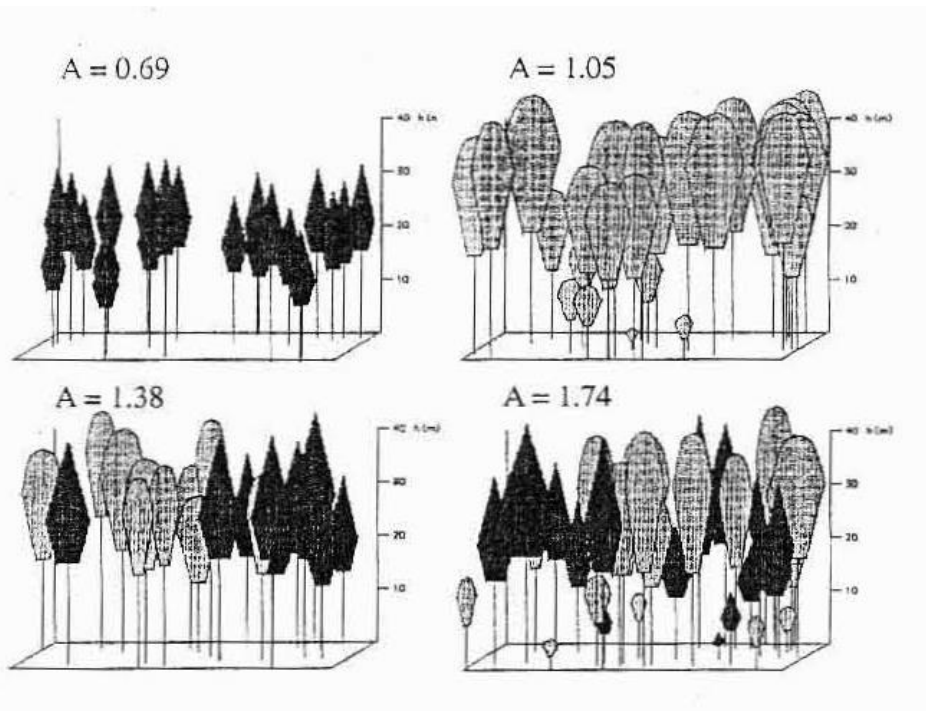
Sammendrag

Ved å bruke data fra Landsskogtakseringen, hadde denne studien som mål å i) avdekke produktivitetmønstre i rene og blandede bestand av gran og furu som en funksjon av bonitet og bestandsalder, og ii) undersøke effekten av tørkeforhold på disse produktivitetmønstrene. Studien fant at furudominerte bestand hadde høyere volumproduksjon enn grandominerte bestand i de lavere bonitetsklassene G6 og G8, mens grandominerte bestand viste høyere volumproduksjon i de høyere bonitetsklassene G17 og G20. Produktiviteten var omtrent lik for bonitetsklassene G11 og G14. Blandede bestand viste en svak overproduksjon, det vil si at produktiviteten til en gran-furu-blanding overstiger den forventede kombinerte renbestandsproduktiviteten av de to treslagsspesifikke komponentene. Dette var spesielt merkbart for middels bonitetsklasser. Videre viste analysen at tørke hadde en mer uttalt negativ effekt på volumproduksjonen i grandominerte bestand, spesielt på lavere boniteter. Funnene bekrefter at i) gran ikke bør plantes på lavere boniteter på grunn av sin sårbarhet for tørke, og ii) blandede bestand kan være et bærekraftig alternativ på middels boniteter, potensielt med høyere produktivitet og motstandsdyktighet mot tørkeforhold sammenlignet med renbestand av gran.

Material og metoder

Data fra Landsskogtakseringen (Breidenbach mfl. 2020) samlet mellom 1994 og 2022 ble brukt til å kvantifisere volumtilvekst i ren- og blandingsbestand av gran og furu. For å øke antallet observasjoner, ble en andel av løvtrær på opptil 10 % av bestandstetthet akseptert. Totalt ble 7719 observasjoner (5-års måleperioder) fra 2538 flater utledet. Enkeltreda fra disse observasjonene ble brukt til å beregne total andel furu basert på den kumulative indeksen for bestandstetthet (stand density index SDI, Weiskittel et al. 2011) og for å kvantifisere bestandsstruktur basert på strukturdiversitetsindeks A (Pretzsch 1998, Figur 1).

Værdata samlet daglig fra Meteorologisk Institutt (Lussana 2019), supplert med ytterligere data fra Haddeland (2022), ble brukt til å beregne periodiske verdier relevante for vekstsesongen (mai-september) for hvert analysert år. Disse beregningene ble utført for å kvantifisere Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index (SPEI, Vicente-Serrano et al. 2010). SPEI er en tørkeindeks som måler balansen mellom nedbør og potensiell evapotranspirasjon, og gir en indikasjon på tørkens alvorlighetsgrad over ulike tidsskalaer. Vanligvis varierer SPEI-verdiene fra negative til positive, hvor negative verdier indikerer tørkeforhold og positive verdier indikerer våte forhold. SPEI-verdiene for enkeltår som ble avledet i denne studien, ble summert over de analyserte 5-års vekstperiodene og deretter justert ved å legge til den absolutte verdien av den laveste observerte SPEI-verdien (-4,5). Dette normaliserte dataene slik at minimumsverdien av de totale SPEI-verdiene ble null, det vil si at negative verdier ble eliminert. Denne justeringen gjorde det lettere å håndtere og tolke SPEI og dens effekt i tilvekstmodellen som undersøkte tørkens innflytelse.



Figur 1. Strukturindeks A for ensjiktete og flersjiktete ren- og blandingsbestand av gran og bøk (fra Pretzsch 1998).

Resultater og diskusjon

Den endelige modellen for å forutsi volumtilvekst over de studerte 5-års vekstperiodene inkluderte bestandstetthet (SDI), bestandsalder, bonitet, andel furu, og ulike interaksjonstermer. Modellen viste at effekten av en økende andel furu på produktiviteten varierte med bonitet og bestandsalder. Furudominerte bestand hadde høyere produktivitet enn grandominerte bestand for bonitetsklassene G6 og G8, mens det motsatte ble funnet for G17 og G20, og produktiviteten var omtrent lik for bonitetsklassene G11 og G14 (Figur 2). Disse produktivetsmønstrene er i stor grad i samsvar med tidligere rapporter (Braastad 1983). Mens de absolutte forskjellene i produktivitet mellom de to studerte treslagene avtok med økende bestandsalder, forble de relative forskjellene ganske stabile for de lavere bonitetsklassene G6, G8 og G11, men økte tydelig for de høyere bonitetsklassene G14, G17 og G20. Uavhengig av bestandsalder og bonitet, antyder de avledede produktivetskurvene konkurransereduksjonseffekter i blandede bestand av gran og furu. Dette indikerer overproduksjon, det vil si at produktiviteten til en gran-furu-blanding overstiger den forventede kombinerte renbestandsproduktiviteten av de to treslagsspesifikke komponentene (Lindén og Agestam 2003, Drössler et al. 2018, Ruiz-Peinado et al. 2021). For G11 og delvis G14 antyder kurvene til og med transgressiv overproduksjon (transgressive overyielding), det vil si at blandinger av begge treslagene har høyere produktivitet enn de rene bestand av enten gran eller furu.

Å legge til strukturell bestandskompleksitet, kvantifisert ved den strukturelle indeksen A, til produktivetsmodellen viste seg å være ikke signifikant, sannsynligvis fordi variabelen andel furu allerede tok høyde for det meste av denne effekten. Det var imidlertid en generelt positiv sammenheng mellom volumtilvekst og strukturell bestandskompleksitet, med de høyeste verdiene for indeks A observert ved furuandel på 50-60 % (Figur 3). Dette antyder at visse forhold med hensyn til kronelagdeling i blandede bestand av gran og furu kan forbedre volumtilveksten sammenlignet med rene bestand (Aldea mfl. 2021).

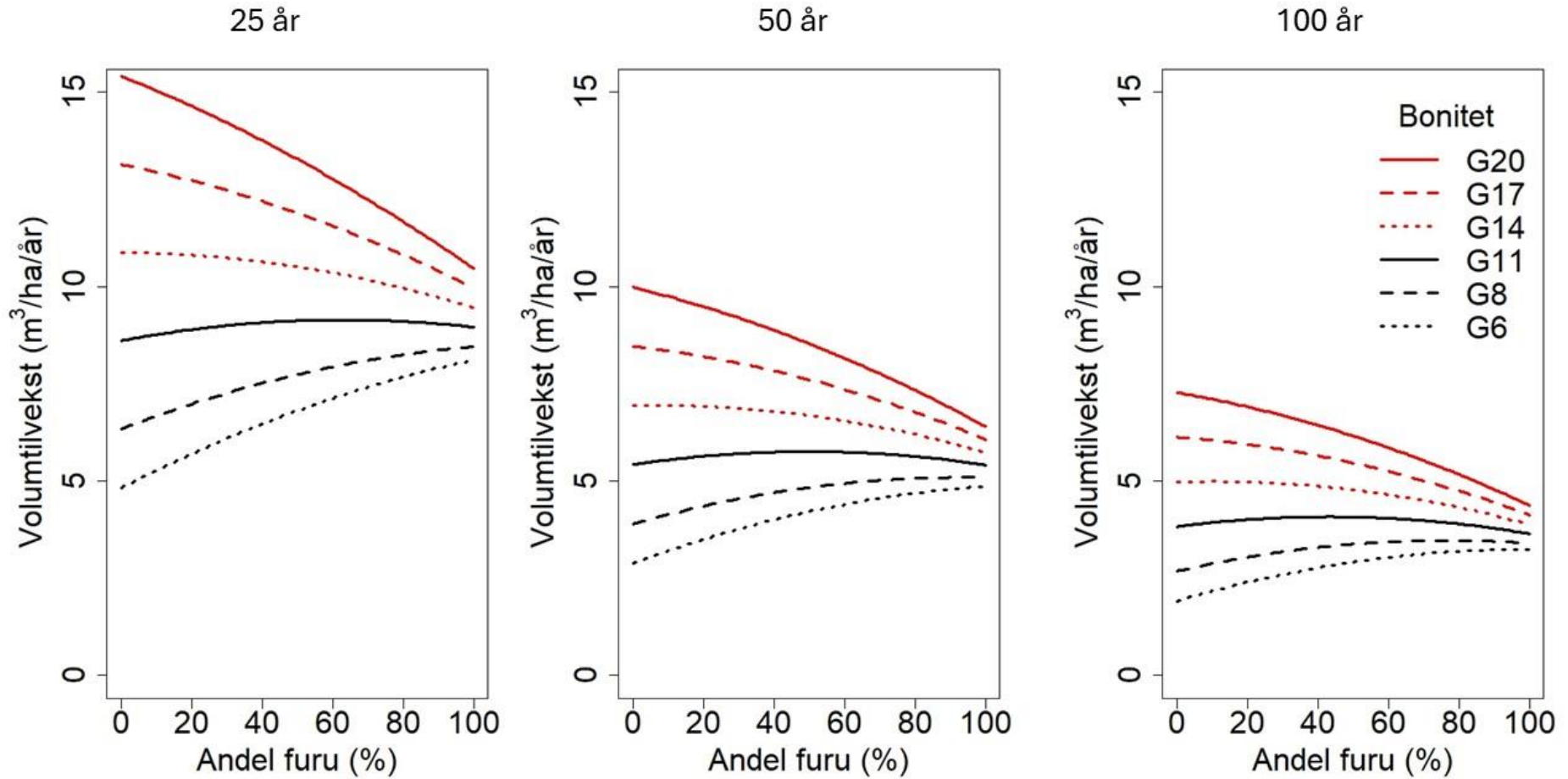
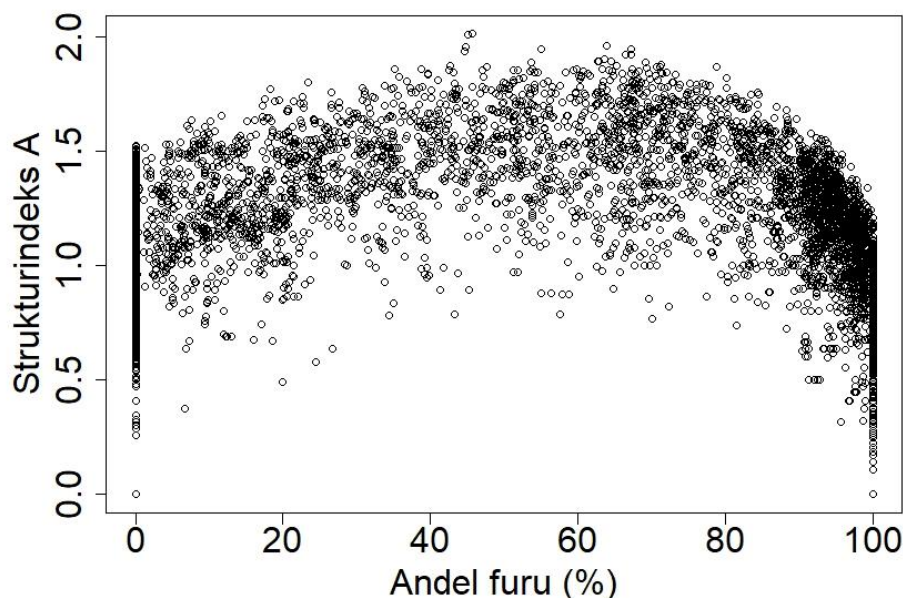


Figure 2. Estimert gjennomsnittlig årlig volumtilvekst for ulike blandinger av gran og furu ved ulike bonitet og bestandsalder. Figuren er basert på gjennomsnittlig bestandstetthet for alle Lansskogtakseringsflater som ble brukt i denne analysen.

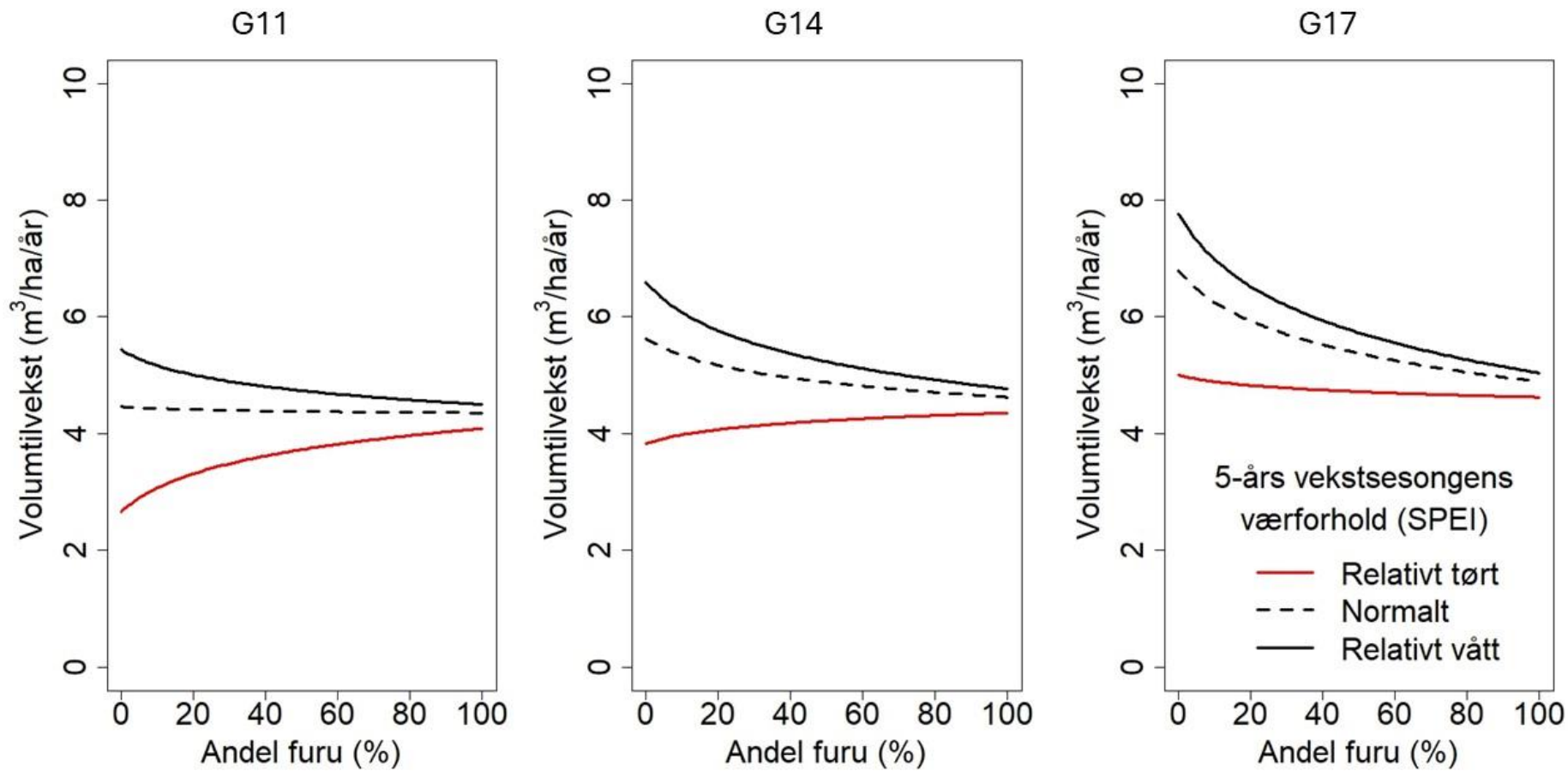


Figur 3. Strukturindeks A (Pretzsch 1998) for ulike blandinger av gran og furu observert på Landsskogtakseringsflater brukt i denne analysen.

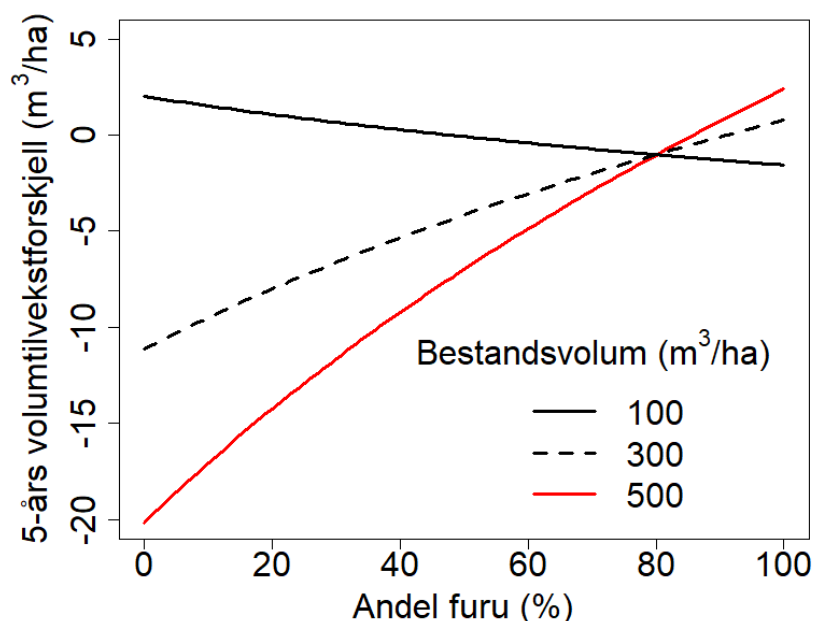
Ifølge Merlin et al. (2024) finnes vann (nedbør)-sensitive skoger i Norge kun i den sørøstlige delen av landet og på høyder under 500 meter over havet. Analysen av potensielle tørkeeffekter på volumvekst i rene og blandede bestand av furu og gran ble derfor begrenset til Landsskogtakseringsflater som ligger innenfor denne regionen (Agder, Akershus, Buskerud, Innlandet, Oslo, Vestfold, Telemark, Østfold) og høydeområdet. Foreløpige analyser viste at 3-måneders SPEI for tidsperioden mai til juli var mest lovende. De resulterende justerte totale SPEI-verdiene varierte mellom 0 (relativt tørre vekstforhold gjennom hele 5-års måleperioden) og 12 (relativt våte vekstforhold) med et gjennomsnitt på 5,8. Merk at lavere eller høyere totale SPEI-verdier kan skyldes henholdsvis et enkelt eksepsjonelt tørt eller vått år, eller fra flere relativt tørre eller våte år/veksts sesonger innenfor en spesifikk 5-års måleperiode.

Den endelige modellen som inkluderte total SPEI viste en signifikant effekt av nedbør eller tørke som varierte med treslagsblanding (Figur 4). Effekten av tørt vær var mye mer uttalt i bestand med en høyere andel gran. Relativt sett hadde tørke en sterkere effekt på volumveksten i grandominerte bestand ved lavere boniteter. Selv om dette kan virke motstridende, reflekterer det sannsynligvis de forbedrede underjordiske vekstforholdene for gran ved høyere bonitetsklasser, preget av større jorddybde og dermed høyere vannholdingskapasitet.

Analyse av produktiviteten for kun vekstperioder som inkluderer tørkeåret 2018 (2016-2020, 2017-2021, 2018-2022) og sammenligning med de foregående 5-års periodene (2011-2015, 2012-2016, 2013-2017) viste videre at høyere bestandsvolum kan intensivere tørkeinduserte produktivetsreduksjoner i grandominerte bestand (Figur 5). At enkeltstående tørkehendelser, som den i 2018, produserte et sterkt vekstreduksjonssignal i denne 5-års måleperiode-studien, kan sannsynligvis tilskrives den forlengede restitusjonsperioden som kreves av trær som er alvorlig påvirket. Det kan ta opptil tre år før trær som lider av betydelige vannmangler i løpet av en veksts sesong, når sitt vekstpotensial fra før tørken (Wellhausen og Pretzsch 2017). Følgelig viser slike trær vekstdepresjoner over flere år, noe som påvirker dermed den totale bestandsproduktiviteten over en lengre periode. Som vist i tidligere studier, ser det ut til at tynning for å redusere bestandstetthet er en effektiv måte å begrense produktivitetstap (Sohn mfl. 2016a, Aldea mfl. 2022) og å øke individuell trevitalitet (Sohn mfl. 2013, 2016b, Houtmeyers og Brunner 2020).



Figur 4. Estimert gjennomsnittlig årlig volumtilvekst for ulike 50-års blandinger av gran og furu ved ulike bonitet og værforhold i vekstsesongen.



Figur 5. Estimert gjennomsnittlig 5-års volumtilvekstforskjell (m³/ha) i tørke-påvirkete vekstperioder som inkluderer tørkeåret 2018, sammenlignet med foregående 5-års vekstperioden uten tørke og ved ulike bestandsvolum.

Konklusjoner

Basert på funnene i dette arbeidet, bør gran ikke plantes og forvaltes på lavere boniteter (G6, G8). Dette gjelder spesielt for områder på lavere høyder over havet, fordi slike arealer ofte er grunnlendte og derfor ikke har de nødvendige vannforsyningssegenskapene som kreves for at grantrær skal kunne motstå lengre tørkeperioder. På middels boniteter (G11, G14) kan blandinger erstatte rene granbestand uten større produksjonstap under normale vekstforhold. Analysen viste at på slike steder kan blandinger til og med produsere mer enn rene bestand av enten gran eller furu under norske forhold. Imidlertid er disse stedene med middels produktivitet fortsatt utsatt for betydelige veksttap under alvorlige tørkehendelser. Tørkeinduserte produktivitetstap kan være midlertidige hvis vekstforholdene forbedres og trærne kommer seg. Trær kan imidlertid fortsatt dø som følge av sekundære forstyrrelser, slik som barkbilleangrep, selv under bedre forhold etter en eksepsjonell tørke hvis tørkeindusert skade er for alvorlig til å overkomme. Å redusere bestandstetthet og fremme vitale, kraftige trær som en del av tynningsinngrep er derfor et lovende tiltak for å forbedre motstandsdyktighet mot tørke og andre stressfaktorer. Dette kan bidra til å opprettholde og til og med øke produktiviteten i barskogbestand, spesielt under utfordrende klimaforhold.

Litteratur

- Aldea J, Ruiz-Peinado R, del Río M, Pretzsch H, Heym M, Brazaitis G, Jansons A, Metslaid M, Barbeito I, Bielak K, Granhus A, Holm S-O, Nothdurft A, Sitko R, Löff M. 2021. Species stratification and weather conditions drive tree growth in Scots pine and Norway spruce mixed stands along Europe. *Forest Ecology and Management* 481: 118697.
- Aldea J, Ruiz-Peinado R, del Río M, Pretzsch H, Heym M, Brazaitis G, Jansons A, Metslaid M, Barbeito I, Bielak K, Hysten G, Holm S-O, Nothdurft A, Sitko R, Löff M. 2022. Timing and duration of drought modulate tree growth response in pure and mixed stands of Scots pine and Norway spruce. *Journal of Ecology* 110: 2673–2683.
- Braastad H. 1983. Forholdet mellom høydebonitet og produksjonsevne for gran, furu og bjørk på samme voksested. *Aktuelt fra Statens Fag tjeneste for Landbruket*. 3: 50–59.
- Breidenbach J, Granhus A, Hysten G, Eriksen R, Astrup R. 2020. A century of National Forest Inventory in Norway - informing past, present, and future decisions. *Forest Ecosystems* 7: 46.
- Drössler L, Agestam E, Bielak K, Dudzinska M, Koricheva J, Liziniewicz M, Löff M, Mason B, Pretzsch H, Valkonen S, Wellhausen K. 2018. Over- and underyielding in time and space in experiments with mixed stands of scots pine and Norway spruce. *Forests* 9(8): 495.
- Haddeland I. 2022. HySN2018v2005ERA5 (Version 1). Zenodo.
- Houtmeyers S, Brunner A. 2020. Thinning responses of individual trees in mixed stands of Norway spruce and Scots pine. *Scandinavian Journal of Forest Research* 35(7): 351-366.
- Lindén M, Agestam E 2003. Increment and yield in mixed and monoculture stands of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* based on an experiment in southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 18(2): 155-162.
- Lussana C, Tveito OE, Dobler A, Tunheim K. 2019. seNorge_2018, daily precipitation, and temperature datasets over Norway. *Earth System Science Data* 11: 1531–1551.
- Merlin M, Hysten G, Vergarechea M, Bright RM, Eisner S, Solberg S. 2024. Climate-growth relationships for Norway spruce and Scots pine remained relatively stable in Norway over the past 60 years despite significant warming trends. *Forest Ecology and Management* 569: 122180.
- Pretzsch H. 1998 Structural diversity as a result of silvicultural operations. *Lesnictví-Forestry* 44: 429–439.
- Ruiz-Peinado R, Pretzsch H, Löff M, Heym M, Bielak K, Aldea J, Barbeito I, Brazaitis G, Drössler L, Godvod K, Granhus A, Holm S- O, Jansons A, Makrickienė E, Metslaid M, Metslaid S, Nothdurft A, Otto Juel Reventlow D, Sitko R, Stankevičienė G, del Río, M. 2021. Mixing effects on Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) karst.) productivity along a climatic gradient across Europe. *Forest Ecology and Management* 482: 118834.
- Sohn JA, Gebhardt T, Ammer C, Bauhus J, Häberle KH, Matyssek R, Grams TE. 2013. Mitigation of drought by thinning: short-term and long-term effects on growth and physiological performance of Norway spruce (*Picea abies*). *Forest Ecology and Management* 308: 188-197.
- Sohn JA, Saha S, Bauhus J. 2016a. Potential of forest thinning to mitigate drought stress: A meta-analysis. *Forest Ecology and Management*, 380, 261-273.
- Sohn JA, Hartig F, Kohler M, Huss J, Bauhus J. 2016b. Heavy and frequent thinning promotes drought adaptation in *Pinus sylvestris* forests. *Ecological Applications* 26(7): 2190-2205.
- Vicente-Serrano SM, Beguería S, López-Moreno JI. 2010. A multiscalar drought index sensitive to global warming: the Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. *Journal of Climate* 23: 1696–1718.
- Weiskittel AR, Hann DW, Kershaw Jr JA, Vanclay JK. 2011. *Forest growth and yield modeling*. Wiley. Chichester, UK.
- Wellhausen K, Pretzsch H. 2017. Kiefer und Fichte: gemischt ein starkes Doppel. *LWF aktuell* 2/2017: 10-16.