



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2017 30stp
Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning

Kontrafaktiske analyser for vern av skogareal tidlig på 1960-tallet i fylkene Buskerud og Oppland

Contra-factual analyses for preservation of forest
area early in 1960 in the counties Buskerud and
Oppland

Marius Bjørseth
Master skogfag

Forord

Denne oppgaven har bydd på god del utfordringer. Jeg vil først få takke Tron Eid og Hans F. Hoen, som har stilt som hoved -og biveileder i denne masteroppgaven, og bidratt med mange nyttige innspill ved utformingen av denne oppgaven. Hans F. Hoen har og fungert som «data-support» ved kjøring av simulerings -og optimeringsprogrammet Gaya-J.

Innhenting av statistikk for den historiske skogbehandlingen er gjort delvis manuelt ifra SSB sine publikasjoner. For å få tilgang til en del statistisk materiale har jeg/vi henvendt oss til Stein M. Tomter ved NIBIO, som har vært behjelpelig med å finne upublisert statistikk, samt bidratt i diskusjonen omkring areal økningen av det produktive skogarealet. Tilrettelegging av Landsskogtakseringens prøveflate- materiale, har heller ikke vært helt uproblematisk. Tron Eid har gjort denne jobben for meg, og jeg skylder han en stor takk.

Videre vil jeg takke Karstein G. Lona for samarbeidet av deler i denne oppgaven, henholdsvis kapitlene; 1.2.1 Referanse sammenlignet med faktisk utvikling, 2. Material og metode (utenom del-kapittel 2.1.2.3 Kontrafaktiske analyser) og kapittel 3.1 Referanse.

Sted, dato

Navn

Sammendrag

Denne oppgaven består av to deler. 1) Kalibrering av simulerings -og optimeringsprogrammet Gaya-J med data for fylkene Oppland og Buskerud 1963/64-2015/16, og 2) en kontrafaktisk analyse om hvordan ulike verneregimer ville påvirket skogtilstand i perioden 1963/1964 – 2014/2015 for de samme fylkene.

I både del 1 og 2 ble dataene hentet fra Landsskogtakseringens tredje takst, tall for historisk skogbehandling hentet fra Statistisk sentralbyrå sin database og publikasjoner, mens vernede arealer er hentet ifra Miljødirektoratet. I del 1 ble det funnet at diametertilvekstfunksjonene med fem variabler (brysthøydealder, bonitet, treantall pr. ha, grunnflateveid middeldiameter og overhøyde), underestimerte dagens stående volum i begge fylker, i forhold til det registrerte. Gjennom analyseperioden underestimerte den fra 1,8 % til 21 % for Oppland og 5,4 % til 42,8 % for Buskerud. Diametertilvekstfunksjonene med tre variabler (grunnflateveid brysthøydiameter, bonitet og treantall pr ha) ble benyttet for begge fylkene, og det ble gjort et påslag i diametertilveksten på 4 % for Oppland og 28 % for Buskerud, for å nå målsettingen om ± 5 % avvik fra registrert stående volum.

I del 2 ble det først undersøkt hvor stort verneomfang som kunne ha blitt innført i 1963/1964, hvor en samtidig kunne ha opprettholdt den historiske skogbehandlingen. For det andre ble det undersøkt hvordan to ulike verneprinsipper kunne påvirke dagens skogtilstand;

- verneomfang på 10 % av totalarealet fordelt likt mellom de ulike bonitetene, og
- verneomfang på 10 % ble fordelt proporsjonalt mellom de ulike bonitetene.

Effektene av de ulike verneprinsippene ble evaluert for skogtilstanden ved slutten av analyseperioden med blant annet følgende variabler; stående volum totalt, på ikke-vernede arealer og vernede arealer, volumutvikling på ikke-vernede arealer, nåverdi, venteverdi, skyggepriser, totalt produsert død ved mengde, og årlig volumtilvekstprosent for siste periode.

For begge fylkene kunne ett proporsjonalt verneomfang på 40 % ha blitt innført, når krav til nedre aldersgrense ble satt til hkl. III-V og hkl. IV-V. Verneprinsippet med en lik fordeling mellom de ulike bonitetene, ga ingen løsning, når kravet til nedre aldersgrense ble satt til hkl. V, gjeldende for begge fylker. En kunne videre se en reduksjon i både nåverdi og venteverdi, ved økende verneomfang og krav til nedre aldersgrense, mens skyggeprisen økte, med økende verneomfang og krav til nedre aldersgrense for samtlige boniteter.

Abstract

This study was divided in two parts. The objective of the first part was to calibrate the simulation -and optimization program Gaya-J. The aim of the calibration was to keep estimated standing volume within a range of $\pm 5\%$, compared to the actual standing volume over the period from 1963/1964 – 2015/2016 for the two counties Oppland and Buskerud. This was secured by applying a diameter growth model with three variables (basal-weighted diameter at breast height, site-class and trees pr ha), and in addition by increasing growth by 4% and 28% in Oppland and Buskerud, respectively.

In part two the objective was to carry out counter-factual analyses by first to investigate how much of the productive forest area that could be preserved in 1963/64 without violating the historical forest treatments, and secondly, by investigating how different preservation regimes could influence on forest conditions at the end of the simulation period (2015/2016).

The effects of the preservation regimes were evaluated for the forest conditions at the end of the simulation period by means of total standing volume, standing volume on preserved and non-preserved areas, net present value, land expectation value, shadow prices, amount of dead wood and annual volume growth percentage for the last period.

For both counties, it would have been possible to preserve 40 % if the required lower age limit for preservation was set equal to the lower age limits of development class III and IV, respectively, and if the preservation was done proportionally within site classes. When the preservation proportion was equally within each site classes (i.e. 2 % of the total area within each site class), no solution was found when the lower age limit for preservation was set equal to the lower age limits of development class V. The results also showed that net present value and land expectation value were reduced, and shadow prices were increased, when the preservation level was increased and when the lower age limits for preservation was increased.

Innholdsfortegnelse

Forord	i
Sammendrag	ii
Abstract	iii
Tabelliste	v
Figurliste.....	vii
1. Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn	1
1.1.1 Historisk utvikling av forvaltningen innen skogbruket.....	1
1.1.2 Vern av skog.....	2
1.1.3. Langsiktige analyser.....	6
1.2 Problemstillinger	7
1.2.1 Referanse sammenlignet med faktisk utvikling	7
1.2.2 Kontrafaktisk analyse for ulike verneregimer	8
2. Materiale og metode.....	9
2.1 Referansealternativ	9
2.1.1 Materiale.....	9
2.1.1.1 Landsskogtakseringens data 1964/1965	9
2.1.1.2 Statistikk avvirking, skogbehandling og vern	12
2.1.1.3 Skogtilstand gjennom analyseperioden	19
2.1.2 Metode.....	23
2.1.2.1 Verktøy (Gaya og J)	24
2.1.2.2 Analyser	28
2.1.2.3 Kontrafaktisk analyse for ulike verneregimer	29
3. Resultat.....	31
3.1 Referanse	31
3.2 Kontrafaktiske analyser.....	36
4. Diskusjon.....	49
4.1 Diskusjon del 1	49
4.2 Del 2 – Diskusjon	50
5. Konklusjon	54
Kilder.....	55
Vedlegg	59

Tabelliste

TABELL 1. FORUTSETNINGER FOR TOTALALDER I ULIKE BONITETS- OG HOGSTKLASSER.	9
TABELL 2. FORUTSETNINGER FOR SAMMENHENGER MELLOM LANDSSKOGTAKSERINGENS BONITET OG BONITET ETTER H ₄₀ -SYSTEMET.	11
TABELL 3. VARIABLENE FOR TIDSSERIEDATAENE SOM ER INNHENTET FOR FYLKENE BUSKERUD OG OPPLAND MED BENEVNING OG INTERVALL.	12
TABELL 4. PERIODEOVERSIKT FOR OPPLAND OG BUSKERUD.	13
TABELL 5. AVVIRKNING FOR SALG PERIODISERT (M ³ U.B. PR. ÅR) I OPPLAND (1963-2015).	14
TABELL 6. AVVIRKNING TIL EGET BRUK, ELLER AVSTÅTT TIL ANDRE PÅ BRUKSRETT I PERIODEN 1963-2015, OPPLAND.	14
TABELL 7. AVVIRKNING FOR SALG PERIODISERT (M ³ U.B. PR. ÅR) I BUSKERUD (1964-2016).	15
TABELL 8. AVVIRKNING TIL EGET BRUK ELLER AVSTÅTT TIL ANDRE PÅ BRUKSRETT I PERIODEN 1964-2016 (M ³ U.B. PR. ÅR) I BUSKERUD.	15
TABELL 9. AREALER MED UTFØRT PLANTING OG UNGSKOGPLEIE I PERIODEN 1963-2015 I OPPLAND. AREAL OPPGITT I HA. DET ER IKKE PUBLISERT NOE STATISTIKK FOR PLANTING OG UNGSKOGPLEIE FOR OPPLAND FRAM TIL 1970. FOR DE TO FØRSTE PERIODENE HAR VI SATT AREAL MED UTFØRT PLANTING OG UNGSKOGPLEIE LIK PERIODE 3.	16
TABELL 10. AREALER MED UTFØRT PLANTING OG UNGSKOGPLEIE I PERIODEN 1964-2016 I BUSKERUD. AREAL OPPGITT I HA. DET ER IKKE PUBLISERT NOE STATISTIKK FOR PLANTING OG UNGSKOGPLEIE FOR BUSKERUD FRAM TIL 1970. FOR DE TO FØRSTE PERIODENE HAR VI SATT AREAL MED UTFØRT PLANTING OG UNGSKOGPLEIE LIK PERIODE 3.	16
TABELL 11. ANDEL VERNET PRODUKTIVT SKOGAREAL AV TOTALT VERNET OMRÅDE, MED OG UTEN MARKSLAGSSTATISTIKK, OPPLAND.	17
TABELL 12. ANDEL VERNET PRODUKTIVT SKOGAREAL AV TOTALT VERNET OMRÅDE, MED OG UTEN MARKSLAGSSTATISTIKK, BUSKERUD.	17
TABELL 13. BONITETSFORDELING (%) FOR OPPLAND OG BUSKERUD, BASERT PÅ TILGJENGELIG MARKSLAGSSTATISTIKK.	18
TABELL 14. AKKUMULERT AREAL (HA) FOR VERNEDE OMRÅDER, FORDELT PÅ BONITET, I OPPLAND.	18
TABELL 15. AKKUMULERT AREAL (HA) FOR VERNEDE OMRÅDER, FORDELT PÅ BONITET, I BUSKERUD.	18
TABELL 16. AREAL (HA) FORDELT ETTER BONITET OG HOGSTKLASSE I OPPLAND I 1963.	19
TABELL 17. STÅENDE KUBIKKMASSE I OPPLAND I 1963. TALL OPPGITT I 1 000 M ³ U.B.	19
TABELL 18. BONITETSFORDELING (%) I OPPLAND I 1963.	19
TABELL 19. TRESLAGSFORDELING (%) I OPPLAND I 1963 OG 2012-2016.	20
TABELL 20. AREAL (HA) FORDELT ETTER BONITET OG HOGSTKLASSE I BUSKERUD I 1964.	20
TABELL 21. STÅENDE KUBIKKMASSE I BUSKERUD I 1964. TALL OPPGITT I 1 000 M ³ U.B.	20
TABELL 22. BONITETSFORDELING (%) I BUSKERUD I 1964.	20
TABELL 23. TRESLAGSFORDELING (%) FOR BUSKERUD I 1964 OG 2012-2016.	21
TABELL 24. PRODUKTIVT SKOGAREAL UNDER BARSKOGGRENSA I OPPLAND PERIODEN 1962-2014.	21
TABELL 25. PRODUKTIVT SKOGAREAL UNDER BARSKOGGRENSA I BUSKERUD PERIODEN 1963-2016.	22
TABELL 26. UTVIKLING AV STÅENDE VOLUM I ANALYSEPERIODEN FOR OPPLAND. TALL OPPGITT I 1 000 M ³ U.B.	22
TABELL 27. UTVIKLING AV STÅENDE VOLUM I ANALYSEPERIODEN FOR BUSKERUD. TALL OPPGITT I 1 000 M ³ U.B.	22
TABELL 28. GJENNOMSNITTLIGE TØMMER -OG MASSEVIRKE PRISER PÅ LANDSBASIS. VERDIENE ER OPPGITT I NOK/M ³	29
TABELL 29. ANALYSEALTERNATIVER; OPPSETT HVOR VERNEOMFANG FORDELES PROPORSJONALT, OG KRAV TIL NEDRE ALDERSGRENSE (HKL.) FOR DE ULIKE BONITETENE.	30
TABELL 30. ANALYSEALTERNATIVER DER VERNET BLIR FORDELT MED EN LIKE STOR PROSENTANDEL (2%) AV DET TOTALE AREALET INNEN HVER BONITETSKLASSE.	30
TABELL 31. UTVIKLING AV STÅENDE VOLUM, REGISTRERT SAMMENLIGNET MED SIMULERT DER DET ER BENYTTET ULIKE DIAMETERTILVEKSTFUNKSJONER OG KORRIGERING AV TILVEKSTEN, FOR OPPLAND	

FYLKE. TALLENE ER OPPGITT I 1 000 000 M ³ UNDER BARK. REFERANSEALTERNATIVENE ER OPPGITT I PROSENT	35
TABELL 32. UTVIKLING AV STÅENDE VOLUM, REGISTRERT SAMMENLIGNET MED SIMULERT DER DET ER BENYTTET ULIKE DIAMETERTILVEKSTFUNKSJONER OG KORRIGERING AV TILVEKSTEN, FOR BUSKERUD FYLKE. TALLENE ER OPPGITT I 1 000 000 M ³ UNDER BARK. REFERANSEALTERNATIVENE ER OPPGITT I PROSENT.	35
TABELL 33. NÅVERDI OPPGITT I MILL KR FOR REFERANSEALTERNATIVET OG NÅVERDI FOR DE ØVRIGE VERNEALTERNATIVENE I PROSENT AV REFERANSEN.	37
TABELL 34. VENTEVERDIEN VED SLUTTEN AV ANALYSEPERIODEN ER OPPGITT I KR FOR REFERANSEN, MENS RESTERENDE ALTERNATIVER ER OPPGITT SOM RELATIVE VERDIER.	38
TABELL 35. TOTALT STÅENDE VOLUM (MILL M ³ MED BARK) VED SLUTTEN AV ANALYSEPERIODEN. ALTERNATIVENE ER OPPGITT I PROSENT AV REFERANSEALTERNATIVET.	39
TABELL 36. TOTALT STÅENDE VOLUM (MILL M ³ MED BARK) PÅ VERNEDE AREALER VED SLUTTEN AV ANALYSEPERIODEN. ALTERNATIVENE ER OPPGITT SOM FAKTOR.	40
TABELL 37. TOTALT STÅENDE VOLUM (MILL M ³ MED BARK) PÅ IKKE-VERNEDE AREALER, VED SLUTTEN AV ANALYSEPERIODEN. ALTERNATIVENE ER OPPGITT I PROSENT AV REFERANSEALTERNATIVET.	41
TABELL 38. TOTAL GJENNOMSNIITTLIG ALDER I SISTE PERIODE.	43
TABELL 39. TOTALT PRODUSERT DØD VED I SISTE PERIODE ER OPPGITT I MILL TONN/HA FOR REFERANSENE. ALTERNATIVENE ER OPPGITT I PROSENT AV REFERANSEALTERNATIVET.	43
TABELL 40. TOTALT AKKUMULERT DØD VED I SISTE PERIODE ER OPPGITT I MILL TONN/HA FOR REFERANSENE. ALTERNATIVENE ER OPPGITT I PROSENT AV REFERANSEALTERNATIVET.	44
TABELL 41. SKYGGEPRISEN FOR VERN I ULIKE BONITETSKLASSER VED EN PROSENTVIS LIK FORDELING AV VERNEOMFANGET PÅ 10 % I OPPLAND OG BUSKERUD.	47
TABELL 42. VOLUMTILVEKSTPROSENTEN PER ÅR I SISTE PERIODE PÅ IKKE-VERNEDE AREALER, I OPPLAND OG BUSKERUD.	47
TABELL 43. VOLUMTILVEKSTPROSENTEN PER ÅR I SISTE PERIODE PÅ VERNEDE AREALER, I OPPLAND OG BUSKERUD.	48

Figurliste

FIGUR 1. UTVIKLING AV STÅENDE VOLUM (MILL M ³), REGISTRERT SAMMENLIGNET MED SIMULERT (DIAMETERTILVEKSTFUNKSJON MED 5 VARIABLER) FOR OPPLAND FYLKE. TALLENE ER OPPGITT UNDER BARK.....	31
FIGUR 2. UTVIKLING AV STÅENDE VOLUM (MILL M ³), REGISTRERT SAMMENLIGNET MED SIMULERT (DIAMETERTILVEKSTFUNKSJON MED 5 VARIABLER) FOR BUSKERUD FYLKE. TALLENE ER OPPGITT UNDER BARK.....	32
FIGUR 3. UTVIKLING AV STÅENDE VOLUM (MILL M ³), REGISTRERT SAMMENLIGNET MED SIMULERT (DIAMETERTILVEKSTFUNKSJON MED 3 VARIABLER) FOR OPPLAND FYLKE. TALLENE ER OPPGITT UNDER BARK.....	32
FIGUR 4. UTVIKLING AV STÅENDE VOLUM (MILL M ³), REGISTRERT SAMMENLIGNET MED SIMULERT (DIAMETERTILVEKSTFUNKSJON MED 3 VARIABLER) FOR BUSKERUD FYLKE. TALLENE ER OPPGITT UNDER BARK.....	33
FIGUR 5. UTVIKLING AV STÅENDE VOLUM (MILL M ³), REGISTRERT SAMMENLIGNET MED SIMULERT (DIAMETERTILVEKSTFUNKSJON MED 3 VARIABLER OG DTVRED=4) FOR OPPLAND FYLKE. TALLENE ER OPPGITT UNDER BARK.....	34
FIGUR 6. UTVIKLING AV STÅENDE VOLUM (MILL M ³), REGISTRERT SAMMENLIGNET MED SIMULERT (DIAMETERTILVEKSTFUNKSJON MED 3 VARIABLER OG DTVRED=28) FOR BUSKERUD FYLKE. TALLENE ER OPPGITT UNDER BARK.....	34
FIGUR 7. STÅENDE VOLUM PÅ IKKE-VERNEDE AREALER (MILL M ³ MED BARK) FOR HKL. IV-V, I OPPLAND (1963-2015). TALLENE ER TILSTAND MIDT I PERIODEN.	42
FIGUR 8. STÅENDE VOLUM PÅ IKKE-VERNEDE AREALER (MILL M ³ MED BARK) I HKL. IV-V, I BUSKERUD (1964-2016). TALLENE ER TILSTAND MIDT I PERIODEN.	42
FIGUR 9. SKYGGEPRISENS FOR VERN I ULIKE BONITETSKLASSER UTVIKLING, FOR OPPLAND, VED ØKENDE VERNEOMFANG FORDELT PROPORSJONALT PÅ AREALER INNEN HKL. III-V. SKYGGEPRISS OPPGITT I 1000 KR/HA.....	45
FIGUR 10. SKYGGEPRISENS FOR VERN I ULIKE BONITETSKLASSER UTVIKLING, FOR OPPLAND, VED ØKENDE VERNEOMFANG FORDELT PROPORSJONALT PÅ AREALER INNEN HKL. IV-V. SKYGGEPRISS OPPGITT I 1000 KR/HA.....	45
FIGUR 11. SKYGGEPRISENS FOR VERN I ULIKE BONITETSKLASSER UTVIKLING, FOR BUSKERUD, VED ØKENDE VERNEOMFANG FORDELT PROPORSJONALT PÅ AREALER INNEN HKL. III-V. SKYGGEPRISS OPPGITT I 1000 KR/HA.....	46
FIGUR 12. SKYGGEPRISENS FOR VERN I ULIKE BONITETSKLASSER UTVIKLING, FOR BUSKERUD, VED ØKENDE VERNEOMFANG FORDELT PROPORSJONALT PÅ AREALER I HKL. IV-V. SKYGGEPRISS OPPGITT I 1000 KR/HA.	46

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

1.1.1 Historisk utvikling av forvaltningen innen skogbruket.

Bestandsskogbruket som forvaltningsstrategi ble innført i Norge i ca 1930, men i større målestokk kom det ikke skikkelig i gang før etter 2. verdenskrig. Denne forvaltningsstrategien bygger på prinsippet om bærekraftig ressursutnyttelse, som betyr at høsting av en ressurs ikke skal overgå naturens tålegrense. For skogeieren vil dette si at en skal sørge for at ny etablering av planter skal forekomme innen rimelig tid etter sluttavvirkning (Skogbrukslova 2005). Grunnen til at denne forvaltningen ble innført, var først og fremst for å sikre at vi også i fremtiden skulle ha tilgang til denne ressursen. Frem til 1930, ble det i stor grad gjennomført hogster, hvor kun de grøveste trærne ble hugget, og ny foryngelse ble overlatt til naturen. Denne strategien gjorde at det tok lang tid før tilfredsstillende etablering fant sted, samtidig som de grøveste trærne i ett område (bestand), ble plukket ut fortløpende som årene gikk. Dette førte til at skogen ble mer glissen, middeldiameteren på gjenstående trær ble lavere, og skogens stående volum og tilvekst ble betydelig redusert. Når første verdenskrig satte i gang, økte i tillegg etterspørselen etter virke av mindre dimensjoner. Dette preget skogen, og førte til en ytterlig reduksjon i trekapitalen. I tillegg ble det ikke drevet aktivt med ny etablering av skog, noe som førte til bekymringer blant forskere og i skognæringen generelt. Skogforvalter Agnar Barth skrev en artikkel i Tidsskrift for Skogbruk i 1916, hvor han legger frem sin bekymring ut fra egne beregninger, og konkluderer med at Norges skoger går mot sin undergang. Denne konklusjonen skapte diskusjoner og underbygde bekymringen flere hadde, med tanke på overavvirking og manglende tilvekst i norske skoger. Dette ble videre tatt hånd om, og i 1919 ble institusjonen Landsskogtakseringen dannet. Formålet med takseringen var å tallfeste det ressursgrunnlaget skogen besto av. Takseringens fire første momenter besto av å samle inn data bestående av; årlig avvirkning, skogareal, stående trekapital og årlig løpende tilvekst. Ut fra dette grunnlaget kunne man gjøre videre vurderinger på hvilket nivå avvirkningen årene fremover kunne ligge på, uten at det gikk utover den stående trekapitalen. En snakker da om å kun høste av overskuddet skogen fremskaffer, mer omtalt som årlig balansekvantum. Holder man seg til dette vil ikke ressursgrunnlaget reduseres nevneverdig, om man sørger for at ny etablering av skog vil skje. I takt med at skogbruket selv har tatt tak i en «bærekraftig utvikling» for å sikre fremtidig virkestilgang til industrien, så har det og kommet strengere restriksjoner fra andre interessenter. Spesielt fra miljø -og friluftsansjasjoner og forbrukere (Levende skog og

PEFC), gjennom deres «lobbyvirksomhet», men og gjennom lovverk og forskrifter (Skogbrukslova 2005). Disse omhandler alt fra mindre restriksjoner slik som dagens PEFC-standard, men også til mer omfattende restriksjoner, slik som frivillig-vern eller ekspropriasjon av arealer for vern.

PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification schemes) er verdens største skogsertifiseringssystem (PEFC 2008). PEFC-standarden er ett resultat av ett samarbeid som ble innledet på 90-tallet, mellom interesseorganisasjonene innen skognæringen, forbrukerne, miljø- og friluftsliv, hvor resultatet ble en egen standard for skognæringen. Standarden skal sikre en bærekraftig utnyttelse av skogens ressurser, og samtidig ta hensyn til miljøet i større grad enn tidligere. Denne standarden består av 26 kravpunkter som det skal tas høyde for i skogbruksplanleggingen. Flere av kravpunktene i PEFC-standarden har som mål å sikre at et størst mulig biologisk mangfold sikres, ved at deres levested blir opprettholdt. Kravpunkt 12 sier f.eks. at det skal settes igjen 10 evighetstrær per ha, ved slutthogst, og at annet dødt virke, stående eller liggende, skal forbli urørt under slutthogst (PEFC 2015). I dag må enhver skogeier som leverer virke for salg til industri, ha en skogbruksplan som er oppdatert i henhold til PEFC-standarden.

1.1.2 Vern av skog

Norge har gjennom internasjonale konvensjoner forpliktet seg til å overholde naturens ressursgrunnlag, som blant annet konvensjonen om biodiversitet (FN 1992). Denne konvensjonen har blitt fulgt opp gjennom flere Stortingsmeldinger (St.Meld.nr.14 2015-2016; St.meld.nr.42 2000-2001; St.meld.nr.58 1996-1997).

Den første nasjonale planen for barskogvern kom ved Barskogutvalget, som leverte sitt «Forslag til retningslinjer for barskogvern» (Direktoratet for naturforvaltning 1988). I forkant av dette forslaget, hadde Naturvern-organisasjonene kjempet for å verne intakte områder imot utbygging, slik som Vassfaret (Hågvar 2003). Siden den tid har formålet med vern av skoglige arealer utvidet seg, fra å bevare intakte skoglige arealer med liten eller ingen påvirkning, til å verne ett representativt utvalg av de natur – og skogtyper vi har i Norge.

I 2016 lå andelen vernet produktiv skog på ca 2,9 % (Miljødirektoratet 2016) av Norges produktive skogareal. I St.Meld.nr.14 (2015-2016) ble det nedsatt en målsetting om 10 % vern av det produktive skogarealet. I denne Stortingsmeldingen kommer det fram at de ønsker at den «siste» andelen av vernet skal tilfalle den biologiske gammelskogen og de bedre bonitetene. Dette er på grunn av at skogen i Norge huser om lag 48 % av alle truede arter som

er listet på Rødlista 2015 (Henriksen & Hilmo 2015b). Av denne andelen har ca 84 % av de truede artene tilhold i gammelskog (Henriksen & Hilmo 2015b). Rødlista er en nasjonal oversikt over truede arter som står i fare for å dø ut, og blir utarbeidet etter retningslinjer fra Den internasjonale naturvernunionen (Henriksen & Hilmo 2015a). I målsettingen står det og at vernet areal skal ha en viss representativitet (St.Meld.nr.14 2015-2016). Det vil si at en skal søke å oppnå et vern innen samtlige skog -og naturtyper og boniteter. Med bonitet menes markas produksjonsevne til å produsere trevirke. Denne klassifiseringen tar utgangspunkt i treslagets overhøyde ved en gitt alder. I 2010 utgjorde vern av skogarealer på særs høy og høy bonitet, omtrent 0,1 % og 0,6 % av det totale vernede arealet i Norge (Framstad et al. 2010).

Med biologisk gammelskog menes skog med en bestandsalder vesentlig eldre enn hogstmodenhetsalderen (hkl. V) (Nilsen et al. 2010). Her er laveste totalalder satt til 120 år for gran (*Picea abies*) på høy bonitet, og 80 år for lauvskog. Mens den høyeste totalalderen er satt til 180 år, og gjelder for furu (*Pinus sylvestris*) og skog på de laveste bonitetene ($H_{40} = 6-8$) (Nilsen et al. 2010).

Innen skogbrukets fagterminologi klassifiseres skogen i hogstklasser, fra h.kl. I – V, hvor I er den yngste klassen (snau mark), og V er den eldste klassen og anses i denne sammenhengen som gammel. Hvilken bonitet og alder skogen overholder, avgjør hvilken hogstklasse den befinner seg i (Søgaard et al. 2012). Det som avgjør om skogen har nådd sin hogstmodenhetsalder, kommer an på hvilke forutsetninger en legger til grunn, slik som avkastningskrav og tilvekstprosent, alder eller fare for råte (Skoghåndboka 2015).

Ettersom det i dag er en hovedvekt av vern på de lavere bonitetene, vil det falle naturlig at en større andel av det resterende vernet vil tilfalle de bedre bonitetene, for at representativiteten skal oppfylles. Dette kan og begrunnes med at de bedre bonitetene også har en bedre næringstilgang, ligger i lavlandet og har et større artsmangfold enn dårligere boniteter på karrige skogarealer (Direktoratet for naturforvaltning 2007).

Vern av skog har og blitt sagt å være en av løsningene for å dempe klimaeffektene som i økende grad har oppstått det siste århundret (St.Meld.nr.21 2011-2012). På grunn av dette ønsker en at skogen skal brukes på en bærekraftig måte, være en fornybar ressurs og substitutt i materialer, samt fungere som et stående CO₂-lager gjennom vern (St.Meld.nr.21 2011-2012).

Det er gjort flere analyser i Skandinavia som har sett på selve kostnaden slike verne-restriksjoner medfører, hvilke ikke-prissatte goder de bidrar med, og hvordan de bidrar i klimaregnskapet. Det er og gjort analyser på i hvilken grad vi trenger slike verne-restriksjoner for å bevare artsmangfoldet i skogen, og om hvorvidt vern av skog er en bedre klima-løsning kontra en aktiv bærekraftig bruk og utnyttelse av skogråstoffet.

Mönkkönen (1999) fant i sin studie at å oppnå en optimal løsning for både virkeproduksjon og biologisk mangfold, ville være vanskelig å gjennomføre i Norden. Stokland (1997) gjorde undersøkelser på Vestlandet i Norge, hvor han sammenlignet artsmangfold og bonitet. Han foreslår i sin konklusjon at en lik dekning av de ulike bonitetsklassene er mer effektivt for å optimalisere vern for biodiversitet, enn å over-representere lave boniteter.

Framstad et al. (2013) har undersøkt den boreale gammelskogens (jfr. biologisk alder) rolle i karbon-syklusen i Norden, og det faktum at gammelskogen har et høyt biologisk artsmangfold. I denne rapporten anbefales det å øke andelen gammelskog for bevaring av skogens karbonlager, og fremme bevaringen av det biologiske mangfoldet.

I rapporten «Vern eller bruk av skog som klimatiltak» (Flugsrud et al. 2016), som er utarbeidet på grunnlag av St.Meld.nr.21 (2011-2012), har de har undersøkt om bruk eller vern av skog er beste løsning for å senke klimagass-utslippet i Norge. I denne rapporten ble det konkludert med at i sum er det vanskelig å finne grunnlag for å si at vern av skog i Norge er bedre enn bærekraftig skogbruk som tiltak mot klimaendringer. Dette på grunn av den videre utnyttelsen av trevirke i Norge brukes i stedet for fossile produkter, og at utslippet av fossilt karbon reduseres. Videre konklusjon er at skogvern er viktig for bevaring av områder for friluftsliv, biologisk mangfold, kulturlandskap og andre miljøaspekter.

Triviño et al. (2015) hadde som mål å identifisere forvaltningsregimer som økte økosystemtjenester som virkesproduksjon, og CO₂-lagring -og binding i Sentral-Finland. Her ble regimer som ordinær virkes-forvaltning til vern av større arealer undersøkt, over en periode på 50 år. De beste forvaltningsregimene for Co₂ lagring -og binding var ved vern, forlenget omløpstid og unngått ungskogpleie. Disse forvaltningsregimene er og funnet å være best for å overholde og bevare biodiversiteten i produksjonsskogen (Mönkkönen et al. 2011).

Niemelä et al. (2001) gjorde en empirisk undersøkelse hvor han sammenstilte forvaltningen og vitenskapens måte å løse problemene rundt bevaring av arealer for biologisk mangfold, og samtidig integrere høy virkesproduksjon i Fennoskandinavia. Et hovedpunkt var død ved andelen, og hvor mye vi egentlig trenger å ta vare på. Et annet var nøkkelbiotoper og deres

reduerte funksjon som habitat, om de kun blir stående igjen som øy-grupper i landskapet og ikke i et større sammenhengende område.

Angelstam og Andersson (2001) har estimert behovet for naturreservater for å bevare det biologiske mangfoldet, i Sverige. Estimaten for det langsiktige behovet for reservater var 9 % (nord-Sverige) til 16 % (sør-Sverige) av det produktive skogarealet. Disse var videre delt inn i 1) eksisterende skogvern-arealer (1,6 -0,6%); 2) estimert utbytte for biodiversiteten ved tilpasset forvaltning (0,7-0%); 3) eksisterende ikke-vernedede skogarealer med høy bevaringsverdi (3,5 – 1,9 %). Ut fra deres analyser foreslår de at det er viktig å overholde alle gjenværende naturskoger og kulturlandskapshabitater, men at skogvern alene ikke er tilstrekkelig for å bevare det skoglige biologiske mangfoldet.

Backéus et al. (2006) undersøkte med modeller, potensialet for karbon-binding kombinert med tømmer -og biodrivstoff produksjon innen en region i Nord-Sverige. Analysene viste at økende karbon pris reduserte avvirkningsnivået, og avvirkning for råstoff til biodrivstoff. Tynningsaktiviteter hadde en større reduksjon en sluttavvirkning, ved økende karbon pris. Nivået for karbon-binding ble i stor grad styrt av avvirkningsnivået og bonitet.

Eid et al. (2001) gjorde en studie for et mindre område i Norge, hvor de økonomiske konsekvensene (reduert nåverdi) av å innføre visse biologiske kravpunkter ble undersøkt. I denne studien ble analysene gjort enkeltvis på eiendomsnivå, men også slik at eiendommene «samarbeidet» om fordelingen av disse kravpunktene. Her ble det funnet at nåverdien ble redusert i større grad om hver enkelt eiendom måtte ta høyde for de ulike kravpunktene, enn om man så skogområdet som en enhet.

I Eid et al. (2002) ble det gjort konsekvensanalyser på langsiktig tømmerproduksjon, ved innføring av en mer bærekraftig forvaltning, basert på noen av kravpunktene fra levende skog standarden (forgjengeren til dagens PEFC standard), samt restriksjoner for vern av arealer. Analysen ble gjort for alle fylker i Norge, sør for Saltfjellet. Her målte de hvordan netto nåverdi endret seg, når man gikk fra en forvaltning hvor hovedmålet er høy virkesproduksjon, til at hovedmålet var å ta mest mulig hensyn til miljøet / biologiske mangfoldet. Samlet gjorde disse restriksjonene, at årlig avvirkningskvantum ble redusert med 21.5 % den første 10-års perioden og nåverdien redusert med 30 %.

1.1.3. Langsiktige analyser

Langsiktige investerings-, avvirknings -og inntektsanalyser for skog har lange tradisjoner i Norge, og har i stor grad vært brukt som beslutningsgrunnlag for strategivalg og skogbehandling på land-, region-, og eiendomsnivå (Eid & Hobbestad 2006).

Slike analyser blir som regel gjort ved hjelp av ulike simulering -og optimeringsprogrammer. Et eksempel på et slikt program er Gaya-J (Hoen & Eid 1990; Lappi & Lempinen 2016). GAYA v1.30 er en bestandssimulator som beskriver utviklingen av et skogbestand basert på informasjon om grunnflatemiddeltreet og treantallet (Hoen & Gobakken 2004). Informasjon om grunnflatemiddeltreet hentes fra takstregistreringer, slik som Landsskogtakseringens prøveflater. I tillegg legges det inn egne forutsetninger for skogbehandling av disse prøveflatene. J er selve optimeringsprogrammet som optimaliserer skogbehandling ut ifra en gitt målfunksjon, f.eks. maksimal nåverdi (Lappi 1992).

Hvor godt en slik estimert utviklingsbane samsvarer med den faktiske utviklingen, kommer veldig an på hvilke forutsetninger en legger til grunn, hvor gode takst -og innputt data en har tilgjengelig, og hvilken tidshorisont en undersøker (Eid & Hobbestad 2006).

Aktualiteten av slike analyser, som fremstilt innledningsvis, har økt i stadig større grad de senere årene. Når det produktive skogarealet innskrenkes gjennom strengere restriksjoner og ulike hensyn, må en kunne gjøre nøyaktige analyser for å vurdere hvordan dette vil slå ut. Både i forhold til virkestilgangen, og miljøet. Av den grunn er det viktig at det verktøyet man bruker er godt kalibrert, slik at resultatene videre kan belyse hvilke goder skognæringen må gi avkall på, men som samfunnet skaffer seg.

1.2 Problemstillinger

Formålet med denne studien er todelt. Den første delen tar for seg hvor godt et prognoseverktøy klarer å simulere utvikling for et skogareal, mens den andre delen belyser effektene av ulike verneregimer.

Studieområdene er fylkene Oppland og Buskerud og analyseperiodene er henholdsvis 1963-2015 for Oppland og 1964-2016 for Buskerud.

1.2.1 Referanse sammenlignet med faktisk utvikling

Hoved problemstillingen i første del av oppgaven var å se på hvor godt et prognoseverktøy klarer å simulere utviklingen sammenlignet med den faktiske utviklingen for et skogareal. Stående volum under bark ble brukt til å sammenligne den faktiske utviklingen med den simulerte utviklingen. For å belyse dette ble flere delproblemstillinger undersøkt:

1.1 Hvordan bruke data fra Landsskogtakseringen i 1963/64 som grunnlagsdata for studien?

1.2 Hvordan korrigere for endringer i det produktive skogarealet i perioden 1963/64 til 2015/16?

1.3 Utprøving av ulike funksjoner for grunnflatemiddeltreets diametervekst og kalibrering av diametervekst i Gaya-J for å treffe den faktiske utviklingen av stående volum under bark.

1.4 Hvordan sette restriksjoner i forhold til historisk skogbehandling?

Formålet med kalibreringen av referansealternativet er å oppnå en estimert utviklingsbane som maksimalt har ett avvik på $\pm 5\%$ ifra den faktiske utviklingen i stående volum under bark, hvor den historiske skogbehandlingen er lagt som forutsetninger.

1.2.2 Kontrafaktisk analyse for ulike verneregimer

Verneregimene vil bli gjort etter to metoder; 1) verneomfanget utgjør 5 % - 50 % av det produktive skogarealet og fordeler seg proporsjonalt innen de ulike bonitetene.

2) Verneomfanget utgjør 10 % og fordeler seg med 2 % av total arealet innen de fem bonitetsklassene. Krav til nedre aldersgrense er satt til hkl. III-V, hkl. IV-V og hkl. V, for begge verneregimene, og utvalg av arealer for vern skjer på grunnlag av nåverdien.

Formålet med følgende kontrafaktiske-analyser er å se på hvilke effekter de ulike verneregimer har og si på totale verdier som; 1) hvor stort verneomfang skal til før Gaya-J ikke greier å gjennomføre simuleringen, 2) venteverdi ved slutten av analyseperioden (nåverdi i 2015 for tømmer), 3) stående volumutvikling på ikke-vernede arealer gjennom analyseperioden, 4) stående volum på ikke-vernede arealer i siste periode, 5) stående volum totalt på vernede områder. 6) Gjennomsnittlig aldersutvikling, 7) skyggeprisens utvikling, 8) siste års volumtilvekst på vernede og ikke-vernede arealer. 9) Totalt produsert død ved siste periode, og mengden akkumulert død ved i siste periode.

2. Materiale og metode

2.1 Referansealternativ

2.1.1 Materiale

2.1.1.1 Landsskogtakseringens data 1964/1965

Denne studien tar utgangspunkt i Landsskogtakseringens tredje takst (1957-1964). Oppland og Buskerud ble taksert av Landsskogtakseringen i henholdsvis 1962-63 (Landsskogtakseringen 1964) og 1963-64 (Landsskogtakseringen 1965). Bare prøveflater definert som produktive (Markslag 1-5, dvs. bonitet 1-5) ble tatt med. For Oppland og Buskerud betyr dette at det er henholdsvis 13 495 og 11 575 prøveflater med i datasettet. Det ble også for prøvetredatene bare brukt registreringer fra produktiv skog. Alle de registrerte gran-, furu- og bjørketrærne ble inkludert, mens andre treslag ble kuttet ut. Totalt for Oppland og Buskerud resulterte dette i henholdsvis 29 581 og 23 384 prøvetrær. I det følgende beskrives kort hvordan Landsskogtakseringens data ble tilrettelagt for input til prognoseverktøyet Gaya (for detaljer, se Eid (2017)).

Bestandsalder ble ikke registrert for den enkelte prøveflate av Landsskogtakseringen. For hogstklassene II-IV ble derfor alderen for prøveflatene basert på registrert hogstklasse og bonitet, og satt midt i aldersintervallet for aktuell hogstklasse og bonitet (tabell 1). Bonitet er definert etter Landsskogtakseringens bonitetssystem med klasser fra 1 til 5 (Landsskogtakseringen 1938). For hogstklasse I ble alder satt til 0, mens for alle prøveflater i hogstklasse V er alderen satt til 10 år over nedre grense for alder i denne hogstklassen.

Tabell 1. Forutsetninger for totalalder i ulike bonitets- og hogstklasser.

Bonitet	Hogstklasse				
	I	II	III	IV	V
1	0	10	35	65	90
2	0	12	41	76	100
3	0	15	47	83	110
4	0	18	54	91	120
5	0	20	60	100	130

Treantall/hektar (ha) i hogstklasse III-V ble beregnet ut fra klaving av alle trær med dbh > 5 cm for prøveflater på 100 m². Klavetrær for gran, furu og alle lauvtreslag ble inkludert. Treantall/ha i hogstklasse II er basert på registreringer for prøveflater med radius 2,26 m (16 m²). Treantall/ha i hogstklasse I blir satt til 0, selv om det også for disse prøveflatene kan være registrert trær.

Grunnflatesum (m²/ha) i hogstklasse III-V er beregnet ut fra klaving av alle trær med dbh > 5 cm for prøveflater på 100 m². Klavetrærne er registrert diameterklasse- og treslagsvis. Klavetrær for gran, furu og alle lauvtrær er inkludert. Grunnflatesum i hogstklasse I og II er satt til 0, selv om det for noen prøveflater kan være registrert trær med dbh < 5 cm.

Volum (m³/ha) er satt til null for alle prøveflater. Volum beregnes i Gaya basert på middeldiameter, middelhøyde og treantall. Grunnflatemiddeldiameter (cm) i hogstklasse III-V er basert på klaving av alle trær med dbh > 5 cm for prøveflater på 100 m², og beregnet direkte ut fra grunnflatesum (m²/ha) og treantall (dbh > 5 cm) (/ha).

Grunnflatemiddeldiameter i hogstklasse I og II er satt til 0 selv om det for noen prøveflater var registrert trær med dbh < 5 cm.

Overhøyde (m) blir beregnet for alle treslag (gran, furu, lauv) som det finnes trær for på prøveflata. Treslagsvise overhøyder er basert på grunnflateveid middelhøyde beregnet for hvert treslag, og beregnes ut fra differansen mellom overhøyde og middelhøyde ut ifra funksjonene til Tveite (1976); Tveite (1977) for gran og furu og Braastad (1977) og Strand (1967) for lauv.

Middelhøyde for hvert treslag er beregnet ut ifra høydefunksjoner basert på alle registrerte prøvetrær i produktiv skog fra Oppland og Buskerud (Landsskogtakseringen 1964; Landsskogtakseringen 1965). Totalt inkluderte dette 29 581 trær i Oppland og 23 384 trær i Buskerud. Høydefunksjonene ble utviklet bonitets- og treslagsvis med følgende modellform:

$$H = 1.3 + \exp(a + b \cdot dbh^c),$$

der H= trehøyde (m), dbh er diameter i brysthøyde (cm) og a, b og c er parameterestimer.

Trehøyde ble beregnet for hver diameterklasse, og grunnflateveid middelhøyde ble beregnet ut ifra disse høydene og total grunnflate i hver diameterklasse.

Bonitet ble registrert for hver prøveflate etter Landsskogtakseringens bonitetssystem med klasser fra 1 til 5 (Landsskogtakseringen 1938). For å kunne gjøre beregninger av tilvekst med Gaya må Landsskogtakseringens bonitet «oversettes» til H₄₀-systemet (Braastad 1977; Tveite

1976; Tveite 1977). Tabell 2 viser hvilken produksjonsevne i m³ pr. ha/år under bark som de ulike klassene har etter Landsskogtakseringens bonitetssystem og hvilken bonitet dette tilsvarer i H₄₀-systemet.

Tabell 2. Forutsetninger for sammenhenger mellom Landsskogtakseringens bonitet og bonitet etter H₄₀-systemet.

Landsskogtakseringens bonitetssystem		Bonitet etter H ₄₀ -systemet
Bonitet	Produksjonsevne (m ³ /ha/år u.b.)	(H ₄₀ - m)
1	9.2	>20
2	6.5	17
3	4.3	14
4	2.7	11
5	1.6	<8

Det finnes ikke opplysninger om bonitetstreslag i dokumentasjonen av takstene (Landsskogtakseringen 1964; Landsskogtakseringen 1965). Bonitet er derfor identisk for gran, furu, bjørk og osp.

Areal som hver prøveflate representerer er i utgangspunktet basert på totalt produktivt areal, estimert av Landsskogtakseringen (1964); (1965) for Oppland (608 300 ha) og Buskerud (525 300 ha) dividert med antall prøveflater i produktiv skog i våre data (henholdsvis 13 447 for Oppland og 11 448 for Buskerud). Dette gir en flatestørrelse på 45,237 ha for Oppland og 45,886 ha for Buskerud som er brukt for alle prøveflater i hogstklasse I i de to fylkene.

Gaya kan ikke simulere utvikling for prøveflater i hogstklasse II-V dersom det ikke finnes trær på prøveflatene. I Landsskogtakseringens data finnes det en god del prøveflater i disse hogstklassene der det ikke finnes klavetrær (hogstklasse III-V med prøveflatestørrelse 100 m²) eller kvadranter med trær (hogstklasse II med prøveflatestørrelse 16 m²) til tross for at disse er klassifisert til hogstklasse II-V. Dette skyldes at prøveflatene «tilfeldigvis» er lokalisert på «åpne» steder i bestandet der det ikke finnes trær.

Arealer og alle tall pr. ha i de hogstklassene er derfor justert etter følgende prosedyre (se mer detaljer i vedlegg 1 og 2);

1. Identifiserer flater med og uten trær stratavis for hogstklasse og bonitet.
2. Finner sum areal for flater uten trær.

3. Fjerner alle flater uten trær og finner et tilsvarende tillegg i areal for gjenværende flater.
5. Finner justert areal for gjenværende flater ved å legge dette til opprinnelig areal slik at sum areal innen alle strata blir det samme som før flatene uten trær ble tatt ut.
6. Finner en stratavis justeringsfaktor (flatestørrelse før justering/juster areal) som brukes til å endre alle pr. ha-størrelser (treantall, grunnflatesum) slik at sum treantall og grunnflatesum innen alle strata blir det samme som før flatene uten trær ble tatt ut.

2.1.1.2 Statistikk avvirking, skogbehandling og vern

Opplysninger om avvirkning og skogbehandling i perioden 1960-2016 er basert på årlig skogstatistikk fra Statistisk Sentralbyrå (SSB). Tabell 3 viser variablene som det er innhentet statistikk om. Det var ingen av disse variablene som var lagt inn i SSBs statistikkbank fylkesvis fra 1960. Mye av innhenting av denne statistikken ble derfor gjort manuelt ved å lete i publikasjonene «Skogstatistikk», utgitt årlig (Statistisk sentralbyrå 1963-2008).

Formålet med denne publikasjonen er å gi en samlet oversikt over norsk skogbruksstatistikk (Statistisk sentralbyrå 2009). Fra 1980-tallet var flere av disse variablene lagt inn fylkesvis inn i SSBs statistikkbank.

Tabell 3. Variablene for tidsseriedataene som er innhentet for fylkene Buskerud og Oppland med benevning og intervall.

Avvirkning for salg, lauvtretømmer	m ³ fast mål uten bark	Årlig	1963-
Avvirkning for salg, ved	m ³ fast mål uten bark	Årlig	1963-2005
Avvirkning til salg, grantømmer	m ³ fast mål uten bark	Årlig	1963-
Avvirkning til salg, furutømmer	m ³ fast mål uten bark	Årlig	1963-
Areal ungskogpleie	ha	Årlig	1971-
Areal naturlig foryngelse	ha	Årlig	1971-
Areal planting	ha	Årlig	1971-
Vernede områder	ha		1963-

Tabell 4 viser periodeinndelingen som er benyttet for Oppland og Buskerud. Nærmere forklaring av periodeinndelingen gis i kapittel 2.1.2.1 Verktøy (Gaya og J).

Tabell 4. Periodeoversikt for Oppland og Buskerud.

Periode	Oppland	Buskerud	Antall år
1	1963-1965	1964-1966	2.5
2	1965-1970	1966-1971	5
3	1970-1975	1971-1976	5
4	1975-1980	1976-1981	5
5	1980-1985	1981-1986	5
6	1985-1990	1986-1991	5
7	1990-1995	1991-1996	5
8	1995-2000	1996-2001	5
9	2000-2005	2001-2006	5
10	2005-2010	2006-2011	5
11	2010-2015	2011-2016	5

Tabell 5, 6, 7 og 8 viser avvirking for salg og avvirking til eget bruk for henholdsvis Oppland og Buskerud. Gjennom analyseperioden har avvirkingen i 5-årsperiodene variert mellom 4.1 – 6.9 millioner m³ for Oppland og 4.1 – 5.2 millioner m³ for Buskerud.

Statistikk for årlig avvirking er fra og med 1980 basert på tabell 06966 «Avvirking for salg, etter sortiment (m³)» (Kommunenivå) (avslutta serie) (1980-1981 - 1995-1996), og tabell 03895 «Avvirking for salg, etter sortiment (m³)» (Kommunenivå) (1996 - 2014) fra SSBs statistikkbank. Statistikk før 1980 er basert på publikasjonene «Skogstatistikk». Kvantumet er gitt i kubikkmeter fast mål uten bark. Avvirking til eget bruk eller avstått til andre på bruksrett i analyseperioden er beregnet ut fra tilgjengelig statistikk fra 1979 og 1989 (Statistisk sentralbyrå 1989). For de resterende årene foreligger det ikke statistikk. Andelen avvirking til eget bruk eller avstått til andre på bruksrett av total avvirking i Landbrukstillingen i 1979 er brukt for alle årene fram til 1979 (Oppland: 11.2 %, Buskerud 5.8 %). Fra og med 1980 er andelen fra Landbrukstillingen i 1989 benyttet (Oppland 5.9 % og Buskerud 3.3 %).

Tabell 5. Avvirkning for salg periodisert (m³ u.b. pr. år) i Oppland (1963-2015).

Periode	Tømmer			Ved til brensel		
	Gran	Furu	Lauv	Gran	Furu	Lauv
1963-1965	1 836 309	303 259	27 400	68 551	11 321	39 936
1965-1970	3 484 152	502 834	69 602	80 373	11 601	45 992
1970-1975	3 984 001	555 952	64 056	47 032	6 563	26 797
1975-1980	3 648 853	516 689	26 866	74 774	10 588	43 145
1980-1985	4 217 128	625 144	27 981	109 628	16 251	112 184
1985-1990	5 392 683	784 418	37 371	124 079	18 049	149 485
1990-1995	4 821 349	504 911	29 473	119 779	12 544	139 033
1995-2000	4 541 727	497 770	7 026	157 585	17 271	191 043
2000-2005	4 510 754	482 297	3 394	197 934	21 163	218 296
2005-2010	3 131 317	343 844	8 729	201 903	22 171	219 850
2010-2015	2 562 312	487 756	9 881	187 851	35 759	219 917

Tabell 6. Avvirkning til eget bruk, eller avstått til andre på bruksrett i perioden 1963-2015, Oppland.

Periode	Gran	Furu	Lauv
1963-1965	213 344	35 233	7 542
1965-1970	399 228	57 617	12 946
1970-1975	451 476	63 002	10 176
1975-1980	219 694	31 109	4 131
1980-1985	255 279	37 842	8 270
1985-1990	325 489	47 345	11 025
1990-1995	291 527	30 530	9 942
1995-2000	277 259	30 387	11 686
2000-2005	277 913	29 704	13 080
2005-2010	196 660	21 595	13 486
2010-2015	162 260	30 887	13 558

Tabell 7. Avvirkning for salg periodisert (m^3 u.b. pr. år) i Buskerud (1964-2016).

Periode	Tømmer			Ved til brensel		
	Gran	Furu	Lauv	Gran	Furu	Lauv
1964-1966	1 475 699	380 082	88 693	15 618	4 095	14 047
1966-1971	3 056 467	714 613	125 320	24 680	5 815	21 729
1971-1976	3 544 695	845 738	125 881	22 386	5 349	19 763
1976-1981	4 137 956	611 574	122 132	44 173	6 371	51 805
1981-1986	3 698 252	877 214	170 430	44 155	10 741	113 311
1986-1991	4 142 539	1 116 652	176 573	42 301	11 462	144 111
1991-1996	3 553 140	920 527	105 309	44 801	11 770	140 158
1996-2001	3 243 092	938 077	28 711	48 298	14 004	189 130
2001-2006	3 234 202	1 225 017	11 182	53 279	20 164	217 842
2006-2011	3 251 092	1 409 809	19 429	50 486	22 049	216 520
2011-2016	3 023 350	1 712 346	37 082	56 394	26 141	216 520

Tabell 8. Avvirkning til eget bruk eller avstått til andre på bruksrett i perioden 1964-2016 (m^3 u.b. pr. år) i Buskerud.

Periode	Gran	Furu	Lauv
1964-1966	86 496	22 282	5 959
1966-1971	178 706	41 785	8 529
1971-1976	206 891	49 363	8 447
1976-1981	182 872	28 022	7 683
1981-1986	123 499	29 302	9 363
1986-1991	138 100	37 228	10 583
1991-1996	118 732	30 766	8 100
1996-2001	108 616	31 419	7 189
2001-2006	108 487	41 091	7 558
2006-2011	108 952	47 251	7 786
2011-2016	101 302	57 370	8 369

Tabell 9 og 10 viser planting og ungskogpleie for henholdsvis Oppland og Buskerud. Statistikk for skogplanting er fra og med 1971 basert på tabell 03522 hos SSBs statistikkbank: Skogplanting. Antall, areal og kostnad (Fylkesnivå) (1971 - 2015). Statistikk før 1971 er basert på publikasjonene «Skogstatistikk». Areal er oppgitt i ha. Statistikk for ungskogpleie er fra og med 1995 basert på tabell 05544 hos SSBs statistikkbank: Ungskogpleie. Areal og kostnad (Fylkesnivå) (1995 - 2015). Statistikk før 1995 er basert på publikasjonene «Skogstatistikk». Areal er oppgitt i ha. Statistikken for skogplanting og ungskogpleie er basert på aktivitet som er innrapportert til skogavgiftsregnskapet eller som har fått statstilskudd.

Tabell 9. Arealer med utført planting og ungskogpleie i perioden 1963-2015 i Oppland. Areal oppgitt i ha. Det er ikke publisert noe statistikk for planting og ungskogpleie for Oppland fram til 1970. For de to første periodene har vi satt areal med utført planting og ungskogpleie lik periode 3.

Periode	Planting	Ungskogpleie
1963-1965	5 350	9 228
1965-1970	10 700	18 456
1970-1975	10 700	18 456
1975-1980	11 328	18 378
1980-1985	12 859	25 944
1985-1990	17 005	31 889
1990-1995	18 264	21 009
1995-2000	16 317	15 156
2000-2005	12 887	10 031
2005-2010	12 175	12 394
2010-2015	13 699	13 659

Tabell 10. Arealer med utført planting og ungskogpleie i perioden 1964-2016 i Buskerud. Areal oppgitt i ha. Det er ikke publisert noe statistikk for planting og ungskogpleie for Buskerud fram til 1970. For de to første periodene har vi satt areal med utført planting og ungskogpleie lik periode 3.

Periode	Planting	Ungskogpleie
1964-1966	3 399	11 900
1966-1971	6 798	23 801
1971-1976	6 798	23 801
1976-1981	10 523	32 227
1981-1986	12 078	33 887
1986-1991	9 312	31 399
1991-1996	7 384	18 342
1996-2001	6 119	14 336
2001-2006	4 939	14 747
2006-2011	6 051	16 201
2011-2016	2 621	6 198

Statistikk for vernede arealer for perioden 1963-2016 for Oppland og Buskerud er innhentet ved hjelp av Miljødirektoratets “Naturbase” (Miljødirektoratet 2017). Arealer med verneform landskapsvernområde, naturreservat og nasjonalpark er tatt med i statistikken. Restriksjonen på utvelgelsen av områdene var at verneplanen kommer i befatning med skog, slik som skogvern, verneplan for edelløvskog/rike løvskoger etc. Arealer som er underlagt andre restriksjoner slik som MIS-figurer (miljøregistreringer i skog) eller biotopvern, er utelatt i denne oppgaven. Totalt utgjorde vernet areal 41 812 ha for Oppland (tabell 11) og 36 480 ha for Buskerud (tabell 12).

Andelen produktivt skogareal og bonitetsfordeling ble beregnet ut fra tilgjengelig markslagsstatistikk. Av det totale vernede arealet i Buskerud var 46 % produktiv skog (tabell 12), mens for Oppland var 58 % av det totale vernede arealet produktiv skog (tabell 11). Bonitetsfordelingene for begge fylkene er vist i tabell 13. Bonitet opp til 9.5 er satt til lav, boniteter mellom 9.5 og 15.5 er satt til middel og boniteter over 15.5 er satt til høy. Enkelte vernede områder har ikke markslagsstatistikk. For disse områdene ble det gjort forutsetninger. Andelen produktivt skogareal og bonitetsfordelingen ble satt lik de områdene der det foreligger markslagsstatistikk. Områdene uten markslagsstatistikk utgjorde for Oppland 16 171 ha og for Buskerud 15 163 ha. Fylkesmennene i Buskerud (Haaverstad 2017) og Oppland (Abrahamson 2017) har bekreftet at disse forutsetningene er realistiske.

Tabell 11. Andel vernet produktivt skogareal av totalt vernet område, med og uten markslagsstatistikk, Oppland.

Vernet areal	Areal (ha)	Vernet prod. skogareal (ha)	Andel vernet prod. skogareal (%)
Ikke statistikk	16 171	9 397	58
Med statistikk	25 641	14 900	58
Totalt areal vernet (ha)	41 812	24 297	58

Tabell 12. Andel vernet produktivt skogareal av totalt vernet område, med og uten markslagsstatistikk, Buskerud.

Vernet areal	Areal (ha)	Vernet prod. skogareal (ha)	Andel vernet prod. skogareal (%)
Ikke statistikk	15 163	7 001	46
Med statistikk	21 317	9 843	46
Totalt areal vernet (ha)	36 480	16 844	46

Tabell 13. Bonitetsfordeling (%) for Oppland og Buskerud, basert på tilgjengelig markslagsstatistikk.

Bonitet	Høy	Middel	Lav
Oppland	10	23	67
Buskerud	14	31	55

Tabell 14 og 15 viser det akkumulerte areal for vernede områder fordelt på bonitet i henholdsvis Oppland og Buskerud.

Tabell 14. Akkumulert areal (ha) for vernede områder, fordelt på bonitet, i Oppland.

Periode	Høy	Middel	Lav
1963-1965		10	
1965-1970		10	
1970-1975		10	
1975-1980		41	185
1980-1985	37	70	296
1985-1990	62	133	437
1990-1995	652	699	1 471
1995-2000	652	699	1 471
2000-2005	742	1 319	4 661
2005-2010	630	1 733	6 525
2010-2015	1 762	4 245	12 464

Tabell 15. Akkumulert areal (ha) for vernede områder, fordelt på bonitet, i Buskerud.

Periode	Høy	Middels	Lav
1964-1966			
1966-1971	4	2	
1971-1976	87	10	3
1976-1981	87	10	3
1981-1986	224	237	253
1986-1991	354	831	1 540
1991-1996	438	1 028	1 707
1996-2001	653	1 308	1 834
2001-2006	788	1 876	3 708
2006-2011	1 026	2 384	4 648
2011-2016	2 332	5 029	9 287

2.1.1.3 Skogtilstand gjennom analyseperioden

Tabell 16 viser det produktive skogarealet i Oppland i 1963 fordelt etter bonitet. Tallene er hentet fra Landsskogtakseringen (1964).

Tabell 16. Areal (ha) fordelt etter bonitet og hogstklasse i Oppland i 1963.

Bonitet	Hogstklasse (ha)					Sum	%
	I	II	III	IV	V		
< 8	6 921	4 795	4 840	30 716	46 322	93 595	15
11	25 875	20 402	13 616	88 076	63 603	211 572	35
14	19 452	39 627	22 121	84 910	39 085	205 194	34
17	4 433	14 476	10 540	29 268	12 033	70 750	12
>20	1 176	5 428	4 750	12 847	2 986	27 187	4
Sum	57 858	84 728	55 867	245 817	164 029	608 299	
%	10	14	9	40	27		

Tabell 17 viser stående volum under bark i Oppland i 1963. Tallene er hentet fra Landsskogtakseringen (1964). Diameterklasse 0 og overstandere er utelatt. Beregningene er gjort etter «Det norske Skogforsøksvesen kubikktabeller med bark og barkprosenttabellene» (Landsskogtakseringen 1964)

Tabell 17. Stående kubikkmasse i Oppland i 1963. Tall oppgitt i 1 000 m³ u.b.

Hkl. I	Hkl. II	Hkl. III	Hkl. IV	Hkl. V	Totalt
0	0	3 005	21 311	14 013	38 329

Tabell 18 viser bonitetsfordelingen i Oppland i 1963. Tallene er hentet fra Landsskogtakseringen (1964).

Tabell 18. Bonitetsfordeling (%) i Oppland i 1963.

Bonitet	20	17	14	11	8
%	9.3	18.0	37.4	26.9	8.4

Tabell 19 viser treslagsfordelingen i Oppland i 1963 og 2010-2014. Tallene er hentet fra Landsskogtakseringen (1964) og Tomter (2017).

Tabell 19. Treslagsfordeling (%) i Oppland i 1963 og 2012-2016.

Treslag	1963	2012-2016
Gran	74	55
Furu	20	17
Lauv	6	28

Tabell 20 viser det produktive skogarealet i Buskerud i 1964 fordelt etter bonitet. Tallene er hentet fra Landsskogtakseringen (1965).

Tabell 20. Areal (ha) fordelt etter bonitet og hogstklasse i Buskerud i 1964.

Bonitet	Hogstklasse (ha)					Sum	%
	I	II	III	IV	V		
< 8	10 875	5 277	4 038	31 202	46 023	97 415	19
11	21 842	21 291	8 764	60 753	48 409	161 059	31
14	15 051	34 552	17 804	65 020	38 085	170 511	32
17	3 625	10 645	7 892	31 936	12 848	66 947	13
>20	505	4 176	5 139	15 326	4 221	29 367	6
Sum	51 897	75 940	43 637	204 237	149 587	525 299	
%	10	14	8	39	28		

Tabell 21 viser stående volum under bark i Buskerud i 1964. Tallene er hentet fra Landsskogtakseringen (1965). Diameterklasse 0 og overstandere er utelatt. Beregningene er gjort etter «Det norske Skogforsøksvesen kubikktabeller med bark og barkprosenttabellene» (Landsskogtakseringen 1965).

Tabell 21. Stående kubikkmasse i Buskerud i 1964. Tall oppgitt i 1 000 m³ u.b.

Hkl. I	Hkl. II	Hkl. III	Hkl. IV	Hkl. V	Totalt
0	0	2 499	19 399	13 510	35 408

Tabell 22 viser bonitetsfordeling i Buskerud i 1964. Tallene er hentet fra Landsskogtakseringen (1965).

Tabell 22. Bonitetsfordeling (%) i Buskerud i 1964.

Bonitet	20	17	14	11	8
%	12.3	21.5	36.2	21.1	8.7

Tabell 23 viser treslagsfordelingen for Buskerud i 1964 og 2000-2004. Tallene er hentet fra Landsskogtakseringen (1965) og Tomter (2017).

Tabell 23. Treslagsfordeling (%) for Buskerud i 1964 og 2012-2016.

Treslag	1964	2012-2016
Gran	62	42
Furu	29	38
Lauv	9	20

Av tabell 24 og 25 framgår det at det produktive arealet under barskoggrensa har økt i perioden for begge fylker (Tomter 2017). For å kunne sammenligne stående volum ved start- og sluttidspunkt har det stående volum ved sluttidspunkt blitt justert i forhold til areal økningen. Det justerte stående volumet i 2015/16 er framkommet slik:

$$\left(\frac{Svolvreg}{AREAreg}\right) * AREAstart$$

Forklaring:

Svolvreg: Stående volum ved registreringstidspunkt.

AREAreg: Det produktive arealet ved registreringstidspunkt.

AREAstart: Det produktive skogarealet ved analysens starttidspunkt.

Det forutsettes samme volum pr arealenhet på det «nye» arealet, som gjennomsnittlig for hele arealet.

Fram til 2005 ble det produktive skogarealet registrert opp mot en vurdert barskoggrense, mens fra 2005 ble hele skogarealet opp til snaufjellet registrert (Landsskogtakseringen 2008). Derfor benyttes produktivt skogareal under barskoggrensa ved sluttidspunkt.

Tabell 24. Produktivt skogareal under barskoggrensa i Oppland perioden 1962-2014.

År	Ha	Økning
1962-63	608 300	
1964-76	648 729	7 %
1991-92	723 474	19 %
2000-04	741 415	22 %
2010-14	759 744	25 %

Tabell 25. Produktivt skogareal under barskogsgrensa i Buskerud perioden 1963-2016.

År	Ha	Økning
1963-64	525 300	
1964-76	555 395	6 %
1991	572 195	9 %
2000-04	561 995	7 %
2012-16	571 926	9 %

Tabell 26 og 27 viser utvikling av det stående volumet, både registrert og justert for arealøkningen, i analyseperioden for henholdsvis Oppland og Buskerud. Statistikk for stående volum er basert på publikasjonene «Skogstatistikk» og Tomter (2017). Disse dataene blir ikke oppdatert årlig, men ved taksering gjennomført av Landsskogtakseringen. Volumet er oppgitt i m³ under bark, nyttbart virke.

Tabell 26. Utvikling av stående volum i analyseperioden for Oppland. Tall oppgitt i 1 000 m³ u.b.

År	Stående volum, registrert	Stående volum, justert areal
1963	40 589	40 589
1976	48 755	45 713
1984	56 174	49 800
1991	64 004	53 811
2002	72 291	59 307
2014	85 080	68 116

Tabell 27. Utvikling av stående volum i analyseperioden for Buskerud. Tall oppgitt i 1 000 m³ u.b.

År	Stående volum, registrert	Stående volum, justert areal
1964	37 432	37 432
1976	42 158	39 873
1984	50 599	47 127
1991	54 316	49 865
2002	57 383	53 637
2014	66 847	61 398

2.1.2 Metode

I denne oppgaven ønsker man å estimere verdien av et bestemt areal for trevirkeproduksjon, med varierende forutsetninger, som f.eks. er knyttet til produksjonsevne, bestokning, tilgjengelighet, ulike program for skogbehandling og forskjellige pris -og kostnadsnivåer eller avkastningskrav. Flere ulike beregningsmodeller er å oppdrive (Hoen et al. 1998a), men i denne oppgaven er Gaya-J valgt. Dette programmet ble videreutviklet gjennom forskningsprogrammet «Skogøkologi og flersidig skogbruk», nettopp for å kunne behandle aktuelle tiltak innen «flersidig skogbruk» (Hoen & Veistein 1995).

Modellen har tidligere bl.a. vært brukt i konsekvensanalyser av vern av arealer innen ulike bonitetsklasser, generelle krav om økt omløpstid, økt krav om mengde stående lauv, intensitet i skogkulturinvesteringer, og kantsoner rundt våtmarker og vassdrag. Næsset et al. (1997) brukte modellen til å sammenligne skogbehandling basert på prinsippene i ASIO-modellen, med skogbehandling der målsettingen var best mulig lønnsomhet i virkesproduksjonen. Modellen er også blitt brukt for å se på økonomiske konsekvenser av tiltak for et bærekraftig skogbruk (Hoen et al. 1998a). Andre lignende konsekvensanalyser er gjennomført av Bergseng et al. (2012); (2013); Borges et al. (2015); (2016); Eid et al. (2001); Eid et al. (2002); Hoen et al. (2001); Raymer et al. (2009).

Begrunnelsen for at nettopp Gaya-J er valgt til å kjøre analysene i denne oppgaven, er på grunn av muligheten for å fremskaffe svært detaljerte beskrivelser av tilstanden på skogarealene (Hoen et al. 1998a). Dette gjør at en får frem svært nøyaktige analyser av hvordan ulike restriksjoner for skogbehandlingen vil påvirke produksjonspotensialet og mulighetene for avvirkning (Hoen et al. 1998a). I modellberegningene vil begrensningene kunne tilfredsstilles kostnadseffektivt, for eksempel ved at vern gjennomføres på de deler av arealet med den laveste verdien for virkesproduksjon.

2.1.2.1 Verktøy (Gaya og J)

Gaya-J består av en simuleringsdel (Gaya) som beregner mulige skogbehandlingsprogrammer for de enkelte behandlingseenheter (Hoen & Eid 1990; Hoen & Gobakken 2004), og en optimeringsdel (J) der en ut fra gitte målsettinger for arealene i sin helhet velger den optimale skogbehandlingen (Lappi & Lempinen 2016).

For å kunne beskrive utgangstilstanden til hver enkel behandlingseenhet er følgende grunnleggende variabler nødvendig for hvert treslag;

- Bonitet
- Alder
- Grunnflatesum
- Overhøyde
- Treantall/ha

Framskrivningen for hver behandlingseenhet er basert på «middeltreet», beskrevet gjennom grunnflatemiddeldiameter og grunnflateveid middelhøyde og treantall pr ha.

Grunnflatemiddeldiameter og grunnflateveid middelhøyde blir beregnet av Gaya basert på overhøyde. De viktigste elementene i disse framskrivningene er diametertilvekstfunksjoner (Blingsmo, 1984), høydeutviklingsmodeller (Braastad 1977; Strand 1967; Tveite 1967; 1976; 1977), og en modell for naturlig avgang (Braastad 1982). Verdien for årlig naturlig avgang er basert på bruk av rater (0.72 for gran, 0.54 for furu og 1.12 for lauv) og relativ diameter i avgangen på 0.7 (0.85 ved S%-tynning) (Hoen & Gobakken 2004).

Utgangstilstanden for hogstklasse I beskrives kun ved hjelp av bonitet. For de resterende variablene må det gjøres forutsetninger. I hogstklasse II er alder, bonitet, treantall/ha og treslagsfordeling nødvendig for å kunne beskrive utgangstilstanden, mens de resterende variablene beregnes i Gaya. Forutsetningene for ny skog for arealer som på registreringstidspunktet ikke er tresatte og for arealer som avvirkes er beskrevet i Hoen et al (1998a)

I beregningen blir et sett med beslutningsvariabler tilordnet verdier for hver periode. Beslutningsvariablene kan benyttes til å definere en behandling, det vil si et aktivt inngrep som påvirker bestandets videre utvikling. En tynning kan for eksempel defineres på fire forskjellige måter; 1) uttakets andel av grunnflaten før inngrepet, 2) gjenstående grunnflate etter inngrepet, 3) treantall i uttaket og 4) treantall i bestanden etter inngrepet. I tillegg til å definere en av disse 4 beslutningsvariablene skal relativ diameter, dvs. forholdet mellom

diameter i uttaket og bestandet før behandling, angis ved definering av en tynning (Hoen & Gobakken 2004). Et behandlingsprogram forstås her som en sekvens av behandlinger som inngår i en beregnet utviklingsbane for ett bestand (Hoen & Gobakken 2004). Et behandlingsprogram angir følgelig hvilken behandling som gjennomføres i bestandet i hver av de periodene simuleringen gjelder for. Med ett sett av slike behandlingsprogrammer for behandlingseenhetene (eller bestandene) i et skogområde utvikles dermed en behandlingsstrategi, slik at hver arealenhet i skogområdet er tilordnet ett bestemt behandlingsprogram (Hoen & Gobakken 2004). I prinsippet kan Gaya anvendes på både bestandsnivå og skognivå, men den er primært utviklet for å analysere på skognivå. Legges det ikke inn verdier for beslutningsvariablene, vil bestandet stå urørt i perioden (la stå).

I denne oppgaven er periodelengden 5 år, antall perioder 11 og behandlingen gjennomføres midt i perioden (tabell 4). Etersom det i Gaya-J ble kjørt med periodelengde på 5 år og tiltak ble gjennomført etter 2.5 år, ble det i periode 1 bli feil å sette skrankene lik det faktiske i periode 1. Da vil Gaya-J ha beregnet tilvekst for 2.5 år av periode 1 og skogbehandling av hele periode 1, altså 5 år. Dette ville ført til at man får et lavere stående volum enn det som faktisk er tilfellet.

En konsekvensanalyse innebærer at resultater fra 2 eller flere beregninger med ulike forutsetninger sammenliknes. Prinsipielt sett kan slike analyser utføres på to måter; 1) ved en direkte sammenlikning av resultatene, basert på en uformell eller intuitiv modell, eller 2) basert på en eller annen formell modell eller beslutningskriterium (Gobakken & Hoen 2004). Vi forutsetter her at det er metode 2 som er interessant, det vil si at beslutningstakeren er i stand til å formulere en målsetting for disponeringen av skogarealet og at denne målsettingen kan uttrykkes ved hjelp av variabler som beskrives i Gaya. Et eksempel på en mye brukt målsetting ved beregning av behandlingsstrategier for skogeiendommer er balansekvantum. Andre eksempler kan være maksimering av nåverdien av netto kontantstrøm (dette innebærer i realiteten en bestandsvis optimalisering), eller en maksimering av nåverdien av netto kontantstrøm med en bi-betingelse at avvirkningskvantumet ikke kan synke fra en periode til den påfølgende (Hoen & Gobakken 2004).

Selve skogbehandlingsproblemet skrives som et lineært programmeringsproblem (LP-problem) (Hoen & Gobakken 2004). De enkelte behandlingsprogram inngår som en aktivitet (beslutningsvariabel) i LP-problemet som formuleres for hele skogområdet sett under ett. LP-problemene løses med modellen J, utviklet av Juha Lappi (Lappi & Lempinen 2016).

Med hjelp av Gaya beregnes det flere ulike behandlingsprogrammer for vært enkelt bestand. Disse behandlingsprogrammene utgjør de valgmulighetene (fleksibiliteten) som foreligger for utarbeidelse av en behandlingsstrategi for hele skogområdet, vurdert under ett. LP-modellen velger den kombinasjonen av behandlingsprogram for alle bestandene, eller behandlingsenhetene som er den beste når hele skogområdet sees under ett. Et LP-problem består av en målfunksjon (objektfunksjon), og ett sett med restriksjoner. Målfunksjonen i denne studien er å maksimere nåverdien av skogen. De restriksjonene som er satt i forhold til avvirkning (totalt, gran og furu), planting, ungskogpleie og verna arealer fordelt på lav, middels og høy bonitet er lik de faktiske gjennom analyseperioden. I tillegg vil det alltid være en arealrestriksjon som sikrer at vært bestand tilordnes en behandling. Denne restriksjonen fungerer slik at summen av det arealet som tilordnes behandlingsprogrammene for ett bestand, skal være lik arealet for bestandet (Hoen & Gobakken 2004). Fra og med periode 8 er volumuttak ved alle sluttavvirkninger justert slik at det tilsvarer gjensetting av 10 livsløpstrær pr. ha.

Beskrivelse av LP-problem for referansealternativet:

I LP-problem 7 fant ikke J løsning for Buskerud, faktoren for denne restriksjonen ble satt til 0.9 for å få løsning.

$$\text{maks. } z_p = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{J_i} npv_{ij} \cdot w_{ij} \quad (1)$$

når

$$\sum_{ij} uvolt_{ijt} \cdot w_{ij} > H_t \cdot 0.99 \quad (2)$$

$$\sum_{ij} uvolg_{ijt} \cdot w_{ij} < H_{gt} \quad (3)$$

$$\sum_{ij} uvolf_{ijt} \cdot w_{ij} < H_{ft} \quad (4)$$

$$\sum_{ij} planting_{ijt} \cdot w_{ij} > P_t \cdot 0.99 \quad (5)$$

$$\sum_{ij} planting_{ijt} \cdot w_{ij} < P_t \cdot 1.01 \quad (6)$$

$$\sum_{ij} ungs_{ijt} \cdot w_{ij} > U_t \cdot 0.99 \quad (7)$$

$$\sum_{ij} ungs_{ijt} \cdot w_{ij} < U_t \cdot 1.01 \quad (8)$$

$$\sum_{ij} vernl_{ijt} \cdot w_{ij} = V_{lt} \quad (9)$$

$$\sum_{ij} vernm_{ijt} \cdot w_{ij} = V_{mt} \quad (10)$$

$$\sum_{ij} vernh_{ijt} \cdot w_{ij} = V_{ht} \quad (11)$$

$$\sum_{j=1}^{J_i} w_{ij} = 1, \forall i \text{ når } w_{ij} \geq 0 \quad (12)$$

Symboler:

npv_{ij}	Skogarealets nåverdi når behandlingsenhet i behandles med behandlingsprogram j .
w_{ij}	Andelen av behandlingsenhet i tilordnet behandlingsprogram j .
$uvolt_{ijt}$	Avvirket volum totalt i periode t når behandlingsenhet i behandles med behandlingsprogram j .
$uvolg_{ijt}$	Avvirket volum gran i periode t når behandlingsenhet i behandles med behandlingsprogram j .
$uvilf_{ijt}$	Avvirket volum furu i periode t når behandlingsenhet i behandles med behandlingsprogram j .
H_t	Historisk avvirkningsnivå totalt i periode t .
H_{gt}	Historisk avvirkningsnivå gran i periode t .
H_{ft}	Historisk avvirkningsnivå furu i periode t .
$planting_{ijt}$	Areal forynget med planting i periode t når behandlingsenhet i behandles med behandlingsprogram j .
P_t	Historisk areal forynget med planting i periode t .
$ungsk_{ijt}$	Areal der det er gjennomført ungskogpleie i periode t når behandlingsenhet i behandles med behandlingsprogram j .
U_t	Historisk areal der det er gjennomført ungskogpleie i periode t .
$vernl_{ijt}$	Vernet areal lav bonitet (< bonitet 9.5) i periode t når behandlingsenhet i behandles med behandlingsprogram j . Min. alder: 65 år,
$vernm_{ijt}$	Vernet areal middels bonitet (bonitet 9.5 – bonitet 15.5) i periode t når behandlingsenhet i behandles med behandlingsprogram j . Min. alder: 85 år.

$vern_{h_{ijt}}$	Vernet areal høy bonitet (> bonitet 15.5) i periode t når behandlingsenhet i behandles med behandlingsprogram j . Min. alder: 90 år.
V_{lt}	Historisk vernet areal (akkumulert) lav bonitet (< bonitet 9.5) i periode t .
V_{mt}	Historisk vernet areal (akkumulert) middels bonitet (bonitet 9.5 – bonitet 15.5) i periode t .
V_{ht}	Historisk vernet areal (akkumulert) høy bonitet (> bonitet 15.5) i periode t .

2.1.2.2 Analyser

Prosessen med å kalibrere Gaya-J slik at referansealternativet har samme utvikling som den faktiske utviklingen har bydd på flere utfordringer. Stående volum ved starttidspunkt (1963 for Oppland og 1964 for Buskerud), sluttidspunkt (2015 for Oppland og 2016 for Buskerud) og gjennom analyseperioden har vært parametere for å se hvor godt referansealternativet som simuleres i Gaya-J stemmer med den faktiske utviklingen.

Ved de første kjøringene av Gaya-J fikk enkelte furu- og lauvbestand i hogstklasse I negativ nåverdi. Dette ble sjekket og det viste seg at høye skogkulturkostnader knyttet til foryngelse basert på planting på relativt lave boniteter var årsaken til dette. Etter at foryngelsesmetoden for furu- og lauvbestand i hogstklasse I ble endret fra planting til naturlig foryngelse, ble nåverdien på disse bestandene positiv. Naturlig foryngelse ble forutsatt for granbestand på boniteter under 12.5 og for alle furu -og lauvboniteter.

Alle kostnader for planting og ungsogpleie er oppdatert til 2015-priser. Kostnadene for planting var i 2015 5,27 kr/plante (Statistisk sentralbyrå 2016b). Prisene ble oppdatert i «nyskogfila», som definerer forutsetningene for etablering av ny skog, og «grunn- og venteverdifila», som definerer forutsetningene for beregning av grunn- og venteverdi (Hoen & Gobakken 2004). Kostnader for ungsogpleie (rydding/avstandsregulering) ble beregnet på grunnlag av tariffen for ungsogpleie i Overenskomsten (Hoen et al. 1998a). Denne kan korrigeres i «styrefila» ved hjelp av kontrollvariabelen DK som angir korreksjonsfaktor, prosentvis endring, for kostnader ved behandling (Hoen & Gobakken 2004). Den gjennomsnittlige kostnaden for hele landet var i 2015, 388 kr/dekar (Statistisk sentralbyrå 2016a). Ved å endre kontrollvariabelen DK til 200, havner den gjennomsnittlige kostnaden for ungsogpleie i Gaya-J tilsvarende den faktiske gjennomsnittlige kostnaden for 2015. Tømmerprisene (tabell 28) er blitt oppdatert til 2015-priser (Statistisk sentralbyrå 2016a).

Tabell 28. Gjennomsnittlige tømmer -og massevirke priser på landsbasis. Verdiene er oppgitt i NOK/m³.

Treslag	Gran	Furu	Lauv
Tømmerpris	440	449	336
Massevirke pris	211	192	202

Et reelt avkastningskrav på 2 % er lagt til grunn i beregningene.

Forutsetningene for hogst har blitt forandret ved at den øvre hogstalden er blitt hevet slik at alle bestandene skal ha mulighet til å bli avvirket i alle 11 perioder. Dette gjør at det ikke blir noen begrensninger i forhold til når avvirkning av bestand skal bli gjennomført.

2.1.2.3 Kontrafaktisk analyse for ulike verneregimer

Referansealternativet representerer faktisk gjennomført avvirkning, planting og ungsogpleie, samt akkumulert vernet areal fra 1963/64 – 2014/15 for Oppland og Buskerud som beskrevet i kapittel 2.1 Referansealternativet, og vil fungere som sammenligningsgrunnlag for de kontrafaktiske analysene.

Alle de kontrafaktiske analysene har samme pris -og kostnadsgrunnlag og reelt avkastningskrav (2 %) som referansealternativet. Utvelgelsen av arealer som skal inngå som vern i alle analyser har en «kostnadseffektiv» tilnærming. Med «kostnadseffektivt vern» blir de aktuelle behandlingseenhetene som er aktuelle for vern innen hver bonitetsklasse, rangert etter økende nåverdi, og de behandlingseenhetene med lavest nåverdi blir vernet først (Hoen et al. 1998a). Fortløpende vil nye behandlingseenheter allokere til vern, inntil minimumskravet for vernet areal innen hver bonitetsklasse er nådd.

Fastsettelsen av nedre aldersgrense for vern i de kontrafaktiske analysene tar utgangspunkt i hogstmodenhetsalder ved 3 % avkastningskrav for gran (Svendsrud 2001) som er henholdsvis 65 år ($H_{40}=20$), 70 år ($H_{40}=17$), 80 år ($H_{40}=14$), 95 år ($H_{40}=11$) og 105 år ($H_{40}=8$). For basisalternativet (fet skrift i tabell 28 og 29) er disse aldre justert ned med 5 år for $H_{40} \geq 14$, og 10 år for $H_{40} \leq 11$. Dette begrunnes med at det benyttes TPUSH 2.5 (beskrevet nærmere i metode kapitlet), og fordi en ønsker å sette nedre aldersgrense til noe under hogstmodenhetsalderen. Med dette som utgangspunkt vil arealene som er klassifisert som hkl. IV og V, være aktuelle for vern i første periode i analysen.

I tillegg til basisalternativet er det gjort analyser der de nedre aldersgrensene for vern settes både lavere og høyere enn i basisalternativet. Alternativet med lave aldersgrenser er satt slik

at alle arealer i hkl. III-V innen alle boniteter kan bli vernet. For alternativet med høye aldersgrenser, er nedre aldersgrense justert slik at vernet kun kan omfatte arealer i hkl. V. Med dette alternativet vil det skapes en større konflikt mellom virkesproduksjon og vern, men samtidig vil kvaliteten på de arealene som blir vernet være bedre, enn for de andre alternativene.

Utgangspunktet for fastsettelse av verneomfanget på 10 %, er St.Meld.nr.14 (2015-2016). For analysene der vernet blir gjort proporsjonalt innen de ulike bonitetsklassene (tabell 29) varierer verneomfanget fra 5 % til 50 %. Ved en lik fordeling innen de ulike bonitetsklassene, er verneomfanget satt til 10 % (2% av totalarealet innen hver bonitetsklasse) (tabell 30).

Årsaken til at en velger å gjennomføre analysen med så store verneomfang, er for å undersøke hvor langt en kan strekke seg før Gaya-J ikke greier å gjennomføre simuleringen med den historiske skogbehandlingen, og finne optimal løsning.

Starttidspunkt for når vernet innføres er satt til starttidspunkt (taksttidspunkt), det vil si 1963 for Oppland og 1964 for Buskerud.

Tabell 29. Analysealternativer; oppsett hvor verneomfang fordeles proporsjonalt, og krav til nedre aldersgrense (hkl.) for de ulike bonitetene.

Verneomfang (%)	Nedre aldersgrense	Bonitet (H ₄₀)				
		>20	17	14	11	< 8
5, 10 (a), 15, 20, 25, 30, 40, 50	Hkl. III-V	35 år	40 år	45 år	50 år	60 år
	Hkl. IV-V	60 år	65 år	75 år	85 år	95 år
	Hkl. V	70 år	80 år	90 år	100 år	110 år

Tabell 30. Analysealternativer der vernet blir fordelt med en like stor prosentandel (2%) av det totale arealet innen hver bonitetsklasse.

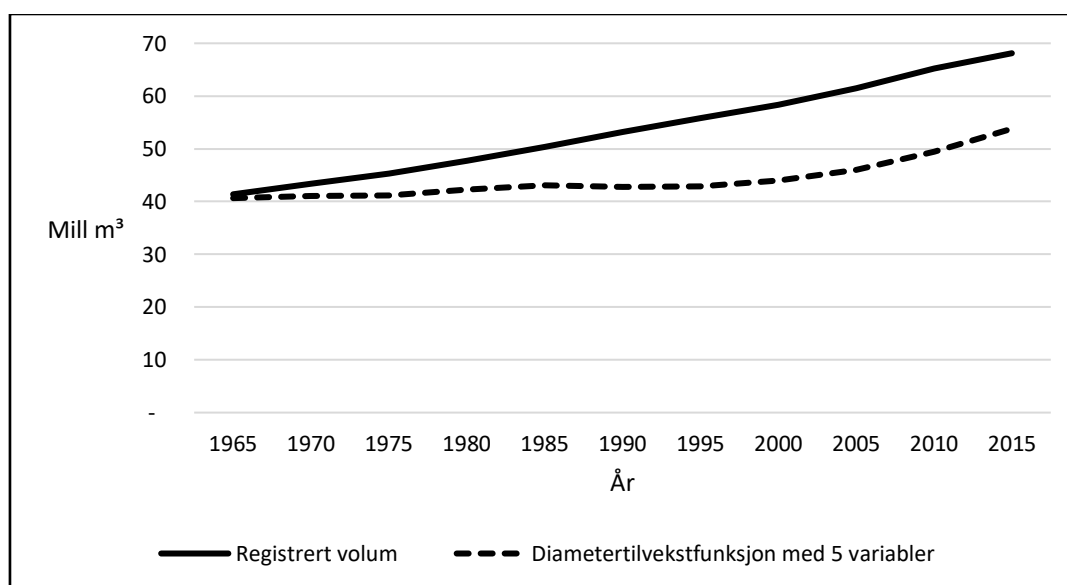
Verneomfang (%)	Nedre aldersgrense	Bonitet (H ₄₀)				
		>20	17	14	11	< 8
10 (b)	Hkl. III-V	35 år	40 år	45 år	50 år	60 år
	Hkl. IV-V	60 år	65 år	75 år	85 år	95 år
	Hkl. V	70 år	80 år	90 år	100 år	110 år

3. Resultat

3.1 Referanse

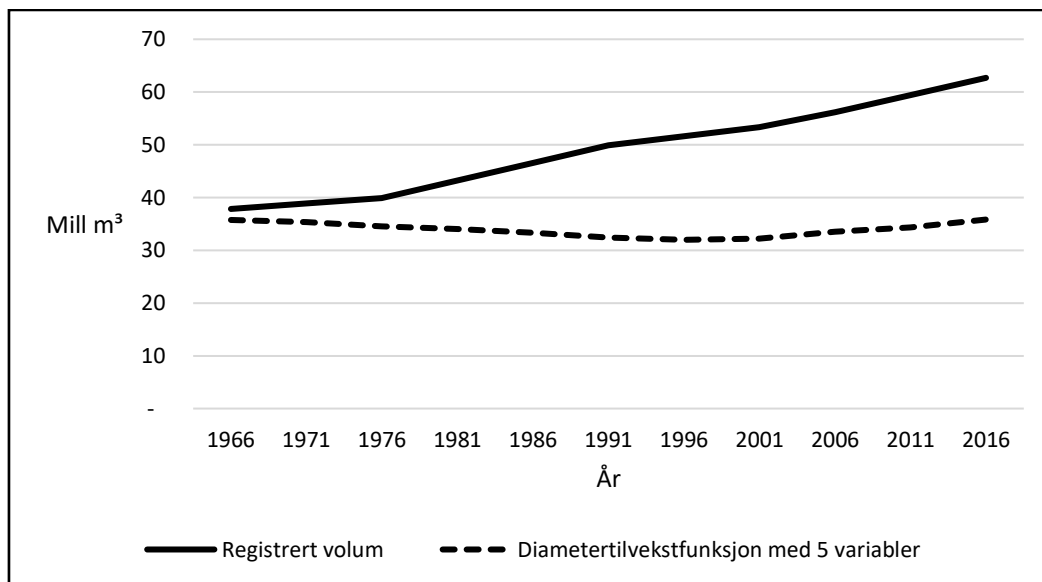
I arbeidet med å få referansealternativet estimert av Gaya-J til å samsvare mest mulig med den faktiske utviklingen, ble det gjennomført flere ulike tilnærminger. Før arbeidet startet ble det satt en målsetting om maksimalt 5 % avvik mellom det registrerte stående volumet og det simulerte stående volumet.

Først ble det benyttet en diametertilvekstfunksjon med 5 variabler (Blingsmo 1984) i Gaya-J. Variablene i denne funksjonen er brysthøydealder, bonitet, treantall pr. ha, grunnflateveid middeldiameter og overhøyde. Figur 1 og 2 viser utviklingen av registrert stående volum og simulert stående volum ved bruk av denne funksjonen for henholdsvis Oppland og Buskerud. For Oppland så vi at det simulerte stående volumet holdt seg stabilt rett over 40 millioner m³ fram til år 2000 før volumet begynte å stige (figur 1). Det registrerte stående volumet økte gjennom hele analyseperioden. Avviket mellom det simulerte stående volumet og det registrerte stående volumet økte fram til år 2005 før det sank noe på slutten av analyseperioden.



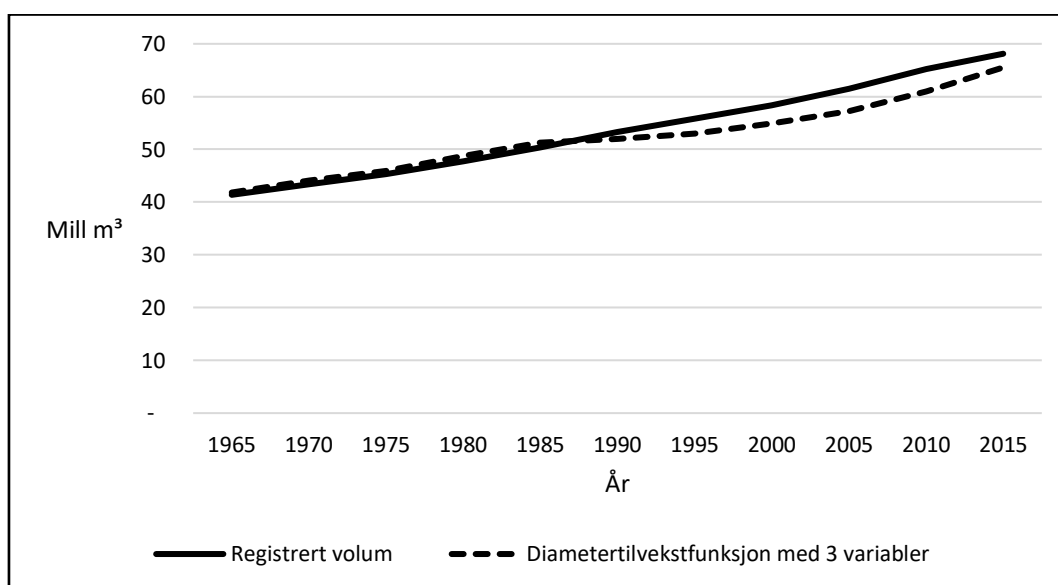
Figur 1. Utvikling av stående volum (mill m³), registrert sammenlignet med simulert (diametertilvekstfunksjon med 5 variabler) for Oppland fylke. Tallene er oppgitt under bark.

For Buskerud så vi at det simulerte stående volumet sank fram til år 2001 før det steg noe de siste 15 årene (figur 2). Det registrerte stående volumet økte gjennom hele perioden. Avviket mellom det simulerte stående volumet og det registrerte stående volumet økte derfor gjennom hele analyseperioden.



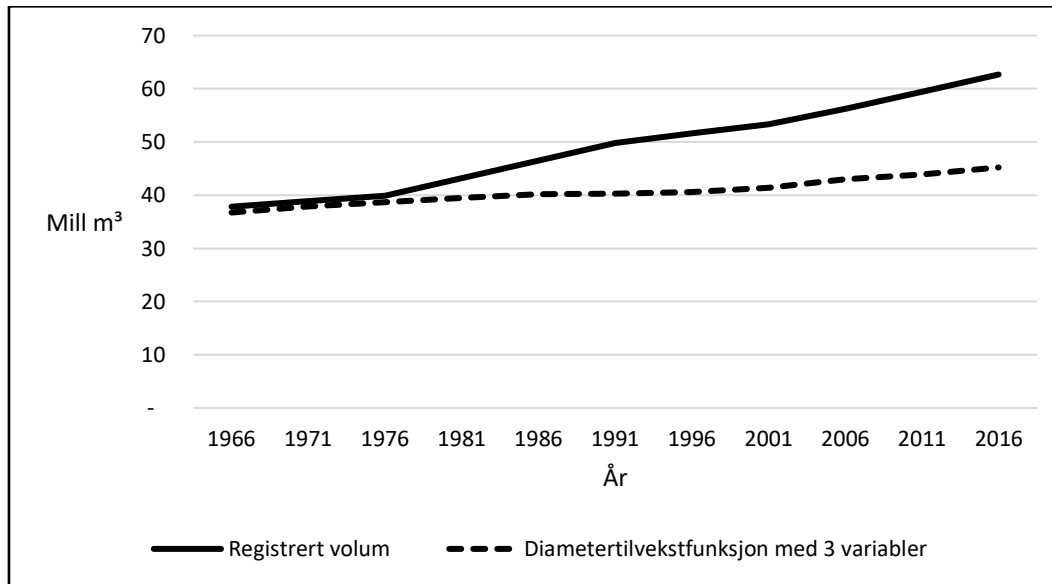
Figur 2. Utvikling av stående volum (mill m³), registrert sammenlignet med simulert (diametertilvekstfunksjon med 5 variabler) for Buskerud fylke. Tallene er oppgitt under bark.

En annen diametertilvekstfunksjon som ligger inne i Gaya-J, baserer seg på kun 3 forklaringsvariabler, der variablene er grunnflateveid brysthøydediameter, bonitet og treantall pr ha (Blingsmo 1984). Figur 3 og 4 viser utviklingen av registrert stående volum og simulert stående volum ved bruk av diametertilvekstfunksjonen med 3 variable for henholdsvis Oppland og Buskerud. For Oppland fulgte det simulerte stående volumet det registrerte stående volumet fram til år 1990 (figur 3). Fra år 1990 er det simulerte stående volumet lavere enn det registrerte stående volumet.



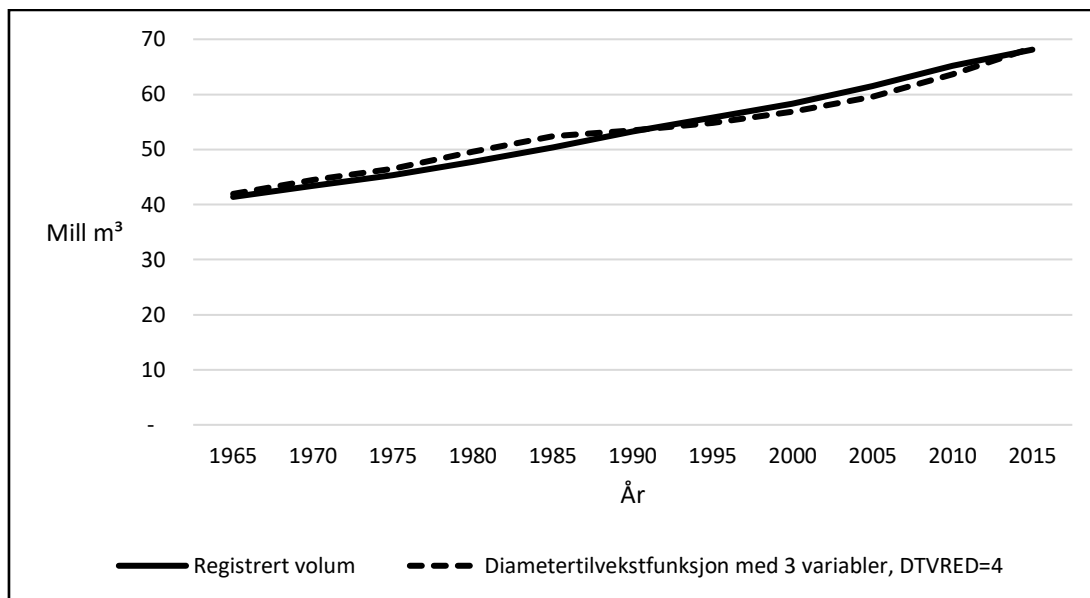
Figur 3. Utvikling av stående volum (mill m³), registrert sammenlignet med simulert (diametertilvekstfunksjon med 3 variabler) for Oppland fylke. Tallene er oppgitt under bark.

For Buskerud fulgte det simulerte stående volumet det registrerte stående volumet fram til år 1976 (figur 4). Fra år 1976 øker det registrerte stående volumet fra 40 millioner m³ til 63 millioner m³ i år 2016. Det simulerte stående volumet økte fra 39 millioner m³ i 1976 til kun 45 millioner m³ i 2016. Avviket mellom det simulerte stående volumet og det registrerte stående volumet øker derfor fra år 1976 og ut analyseperioden.



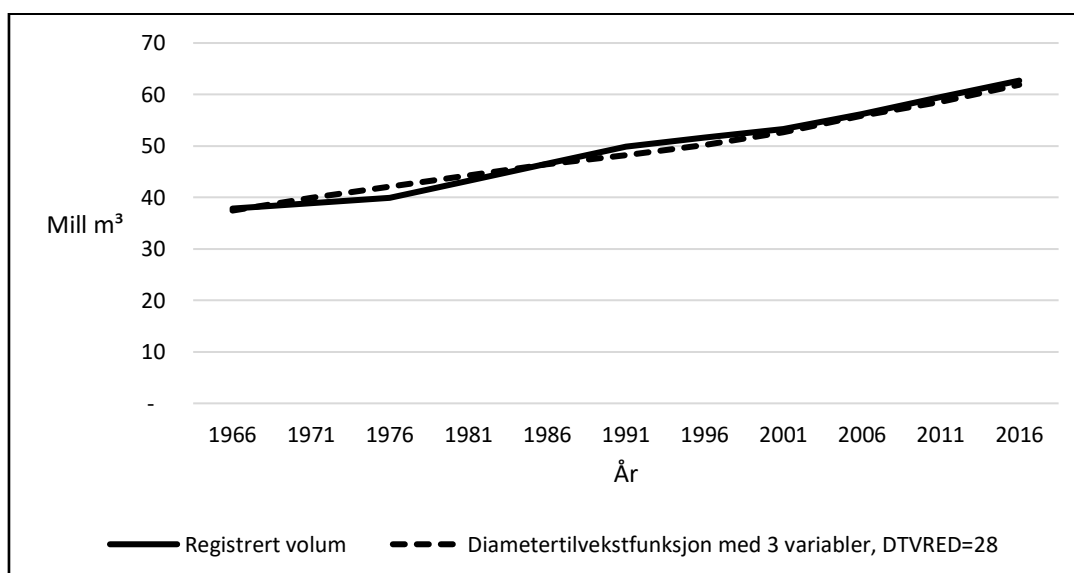
Figur 4. Utvikling av stående volum (mill m³), registrert sammenlignet med simulert (diametertilvekstfunksjon med 3 variabler) for Buskerud fylke. Tallene er oppgitt under bark.

Tredje tilnærming for å få referansealternativet simulert av Gaya-J til å samsvare mest mulig med den faktiske utviklingen, var å benytte seg av kommandoen «DTVRED» i styrefila i Gaya-J. Denne kommandoen gir anledning til å øke eller redusere diametertilveksten fordelt på treslagene gran, furu og lauv og 7 bonitetsklasser ($H_{40} = 23,20,17,14,11,8,6$) (Hoen & Gobakken 2004). Figur 5 og 6 viser utviklingen av registrert stående volum og simulert stående volum ved bruk av diametertilvekstfunksjonen med 3 variable og et en økning av diametertilveksten med henholdsvis 4 % og 28 % for Oppland og Buskerud. For Oppland lå det simulerte stående volumet noe høyere enn det registrerte stående volumet i starten av analyseperioden, mens det i siste del av analyseperioden lå noe under det registrerte stående volumet.



Figur 5. Utvikling av stående volum (mill m³), registrert sammenlignet med simulert (diametertilvekstfunksjon med 3 variabler og DTVRED=4) for Oppland fylke. Tallene er oppgitt under bark.

For Buskerud lå det simulerte stående volumet noe høyere enn det registrerte stående volumet fram til år 1986 (figur 6). Fra år 1986 og ut analyseperioden lå det simulerte stående volumet noe under det registrerte stående volumet.



Figur 6. Utvikling av stående volum (mill m³), registrert sammenlignet med simulert (diametertilvekstfunksjon med 3 variabler og DTVRED=28) for Buskerud fylke. Tallene er oppgitt under bark.

Tabell 31 og 32 viser avvikene mellom det simulerte og det registrerte stående volumet ved de ulike tilnærmingene for å få et referansealternativ for henholdsvis Oppland og Buskerud. Disse tabellene er tatt med for å vise de eksakte avvikene og for å sammenligne de ulike tilnærmingene for å få et referansealternativ. I år 1976 oversteg avviket mellom det simulerte

og det registrerte stående volumet 5 % (5.6 %) i Buskerud (tabell 29). Dette ble god tatt som et kompromiss i forhold til å få avviket ved slutten av analyseperioden til å bli minst mulig.

Tabell 31. Utvikling av stående volum, registrert sammenlignet med simulert der det er benyttet ulike diametertilvekstfunksjoner og korrigering av tilveksten, for Oppland fylke. Tallene er oppgitt i 1 000 000 m³ under bark. Referansealternativene er oppgitt i prosent

År	Registrert volum	Diametertilvekstfunksjon		
		5 variabler	3 variabler	3 variabler, DTVRED = 4
1965	41.4	-1.8	1.0	1.3
1970	43.3	-5.2	1.6	2.5
1975	45.3	-9.2	1.3	2.6
1980	47.8	-11.5	2.1	3.9
1985	50.4	-14.5	1.7	3.9
1990	53.2	-19.6	-2.3	0.4
1995	55.8	-23.2	-5.0	-1.8
2000	58.3	-24.5	-5.9	-2.4
2005	61.5	-25.2	-6.9	-3.2
2010	65.2	-24.1	-6.5	-2.4
2015	68.1	-21.0	-3.8	0.5

Tabell 32. Utvikling av stående volum, registrert sammenlignet med simulert der det er benyttet ulike diametertilvekstfunksjoner og korrigering av tilveksten, for Buskerud fylke. Tallene er oppgitt i 1 000 000 m³ under bark. Referansealternativene er oppgitt i prosent.

År	Registrert volum	Diametertilvekstfunksjon		
		5 variabler	3 variabler	3 variabler, DTVRED = 28
1965	37.8	-5.4	-2.9	-1.0
1970	38.9	-9.1	-2.6	2.8
1975	39.9	-13.3	-3.0	5.6
1980	43.2	-21.3	-8.5	2.5
1985	46.5	-28.5	-13.6	-0.2
1990	49.9	-34.9	-19.3	-3.3
1995	51.6	-38.0	-21.2	-2.7
2000	53.3	-39.5	-22.2	-1.1
2005	56.2	-40.3	-23.5	-0.6
2010	59.5	-42.2	-26.2	-1.4
2015	62.7	-42.8	-27.9	-1.3

3.2 Kontrafaktiske analyser

Det var to formål med denne kontrafaktiske analysen; 1) undersøke hvordan dagens skogtilstand ville bli, om det ved starten av analyseperioden (taksttidspunkt) ble innført ulike verneomfang, med ulike krav til nedre aldersgrense for vern. 2) Undersøke hvor omfattende verneomfanget kunne være, før Gaya-J ikke greide å gjennomføre simuleringen med historisk skogbehandling, og finne maksimert nåverdi.

Det maksimale verneomfanget som Gaya-J ikke greide å håndtere var 50 %, ved samtlige krav til nedre aldersgrense, for begge fylkene. Det ble heller ikke funnet løsning ved en prosentvis lik fordeling ved et verneomfang på 10 % (b) (2 % av det totale arealet innen hver bonitetsklasse), når nedre aldersgrense ble satt til hkl. V, hos begge fylkene. Tomme felter i følgende tabeller, representerer «Ingen løsning».

Når vernet ble fordelt proporsjonalt ble det ikke funnet løsning når nedre aldersgrense var satt til hkl. V, og verneomfanget strakk seg fra 15 % til 40 %, hos begge fylkene.

Resultatene er derfor presentert til og med det høyeste verneomfanget hvor det ble funnet løsning (40 % verneomfang). Hovedfokuset i resultatbeskrivelsene vil omhandle verneomfang ved 10 % (a og b).

Referansene som er oppgitt i følgende resultater, representerer den historiske skogbehandlingen, og hvor det er tatt høyde for det historiske verneomfanget, samt PEFC-kravet om evighetstrær (justert avvirkningsvolumet ved slutthogst fra og med periode 8).

Følgende resultater viser skogens tilstand og verdi, ved slutten av analyseperioden (2014/2015), foruten volumtilvekstprosenten som er oppgitt pr år i siste periode, justert for rentes-rente effekten. Volumtallene som følger er presentert med bark.

Tabell 33. Nåverdi oppgitt i mill kr for referansealternativet og nåverdi for de øvrige vernealternativene i prosent av referansen.

	Oppland			Buskerud		
Referanse	13.4			14.8		
Verneomfang	Hkl. III-V	Hkl. IV-V	Hkl. V	Hkl. III-V	Hkl. IV-V	Hkl. V
5 %	99	99	97	99	99	97
10% (a)	97	96	92	96	96	92
15 %	93	92		93	92	
20 %	90	88		89	88	
25 %	85	83		85	83	
30 %	80	77		80	77	
40 %	68	61		66	60	
10% (b)	89	88		91	89	

(a; verneomfanget fordeles proporsjonalt, b; verneomfanget fordeles med en lik prosentandel mellom de ulike bonitetene.)

Nåverdien representerer en diskontert kontantstrøm til tidspunkt 0 (taksttidspunktet).

Verneregimet med prosentvis lik fordeling innen de ulike bonitetene, reduserte nåverdien med 11 % og 12 % for Oppland (tabell 33) i forhold til referansen, når man har mulighet til å verne arealer helt ned i hkl. III. For Buskerud er det en større reduksjon, henholdsvis 9 % og 11 %.

Ved en proporsjonal fordeling av et verneomfang på 10 % oppnås det kun en reduksjon på 3 % og 4 % av nåverdien, når nedre aldersgrense for vern var satt til hkl. III-V og hkl. IV-V i Oppland. I Buskerud er reduksjonen på 4 % når nedre krav til aldersgrense er hkl. III-V og hkl. IV-V. Når kravet til nedre aldersgrense var satt til hkl. V ble reduksjonen av nåverdien større, henholdsvis 8 % i begge fylkene i forhold til referansene.

Videre visere resultatene at nåverdien synker, med økende verneomfang fordelt proporsjonalt, innen de ulike nedre aldersgrensene. Først ved et verneomfang på 20 %, ble nåverdien redusert med 10 % eller mer for begge fylkene.

Tabell 34. Venteverdien ved slutten av analyseperioden er oppgitt i kr for referansen, mens resterende alternativer er oppgitt som relative verdier.

	Oppland			Buskerud		
Referanse	24.76			26.62		
Verneomfang	Hkl. III-V	Hkl. IV-V	Hkl. V	Hkl. III-V	Hkl. IV-V	Hkl. V
5 %	98	98	96	98	98	96
10 % (a)	94	93	89	94	93	89
15 %	89	88		89	87	
20 %	83	82		83	80	
25 %	77	75		76	73	
30 %	70	66		69	66	
40 %	52	45		50	43	
10 % (b)	84	83		86	84	

(a; verneomfanget fordeles proporsjonalt, b; verneomfanget fordeles med en lik prosent-andel mellom de ulike bonitetene.)

Venteverdien representerer en framtidig diskontert inntektskilde, ved slutten av analyseperioden, dvs 2015/2016 for Oppland og Buskerud. I tabell 34 kommer det frem at ved en proporsjonal fordeling av et verneomfang på 10 % (a) er det en reduksjon på 7 % og 11 % når vernet skjer innenfor hkl. IV-V og hkl. V, for begge fylkene.

Ved en prosentvis lik fordeling av verneomfanget på 10 % oppstår en reduksjon på 6 % og 4 % når nedre aldersgrense er satt til hkl. III-IV for Oppland og Buskerud. Når nedre aldersgrense ble satt til hkl. IV-V ble reduksjonen på 17 % for Oppland, og 16 % for Buskerud.

Tabell 35. Totalt stående volum (mill m³ med bark) ved slutten av analyseperioden. Alternativene er oppgitt i prosent av referansealternativet.

	Oppland			Buskerud		
Referanse	79.8			72.7		
Verneomfang	Hkl. III-V	Hkl. IV-V	Hkl. IV-V	Hkl. III-V	Hkl. IV-V	Hkl. IV-V
5 %	100	100	99	100	100	99
10 % (a)	100	99	99	100	100	98
15 %	100	99		100	99	
20 %	99	99		100	99	
25 %	99	98		100	99	
30 %	99	98		100	99	
40 %	98	96		99	96	
10 % (b)	99	98		99	98	

(a; verneomfanget fordeles proporsjonalt, b; verneomfanget fordeles med en lik prosent-andel mellom de ulike bonitetene.)

Det totale stående volumet (tabell 35) endrer seg lite innen de ulike verneregimene. Ved en proporsjonal fordeling av verneomfanget på 10 %, ble det en reduksjon på 1 % når nedre aldersgrense var satt til hkl. IV-V og hkl. V i Oppland. I Buskerud er det kun en reduksjon på 2 % når nedre aldersgrense ble satt til hkl. V.

Ved en prosentvis lik fordeling av verneomfanget på 10 %, ble det samme resultat for begge fylkene, og også størst reduksjon i forhold til referansene, når kravet til nedre aldersgrense ble satt til hkl. III-V og hkl. IV-V.

Ved økende krav til nedre aldersgrense for vern, er det en større reduksjon i det stående volumet, og i takt med at verneomfanget økes blir ikke skogarealets produksjonspotensial utnyttet. Dette kommer av at den vernede skogen blir eldre og gir mindre volumøkning. Når verneomfanget er stort må det hogges hardere på det resterende skogarealet slik at stående volum går mer ned enn hva det øker på det vernede arealet.

Tabell 36. Totalt stående volum (mill m³ med bark) på vernede arealer ved slutten av analyseperioden. Alternativene er oppgitt som faktor.

	Oppland			Buskerud		
Referanse	2.5			2.9		
Verneomfang	Hkl. III-V	Hkl. IV-V	Hkl. V	Hkl. III-V	Hkl. IV-V	Hkl. V
5 %	1.9	2	2.3	1.7	1.7	2
10 % (a)	3.4	3.6	5	3	3	4
15 %	5.4	5.6		4.5	4.8	
20 %	7.7	8.1		6.4	6.8	
25 %	10.3	11		8.7	9.3	
30 %	13.3	14.3		11.2	11.9	
40 %	19.8	21		16.4	17.4	
10 % (b)	5.3	5.7		4.3	4.5	

(a; verneomfanget fordeles proporsjonalt, b; verneomfanget fordeles med en lik prosent-andel mellom de ulike bonitetene.)

Innen de områder som ble vernet oppnås det en jevn økning i stående volum, med økende verneomfang i forhold til referansene (tabell 36). Oppland oppnår ved en prosentvis lik fordeling av verneomfanget på 10 %, 2.1 og 2.3 ganger mer stående volum enn referansen, når nedre aldersgrense er satt til hkl. III-V og hkl. IV-V. Ved samme alderskrav, hadde det proporsjonalt fordelte verneomfanget på 10 %, en økning på 1.4 i forhold til referansen

En prosentvis lik fordeling av verneomfanget oppnår 1.5 og 1.6 ganger mer stående volum enn referansen, når nedre aldersgrense er satt til hkl. III-V og hkl. IV-V, i Buskerud.

Verneomfang på 10 % fordelt proporsjonalt, har så vidt en økning i stående volum i forhold til referansen, ved samme alderskrav.

Det proporsjonalt fordelte verneomfanget på 10 %, oppnådde 2 og 1.4 ganger mer stående volum enn referansen for henholdsvis Oppland og Buskerud, når nedre aldersgrense ble satt til hkl. V.

De resterende alternativene viser en jevn økning med stående volum for begge fylkene, i forhold til referansene

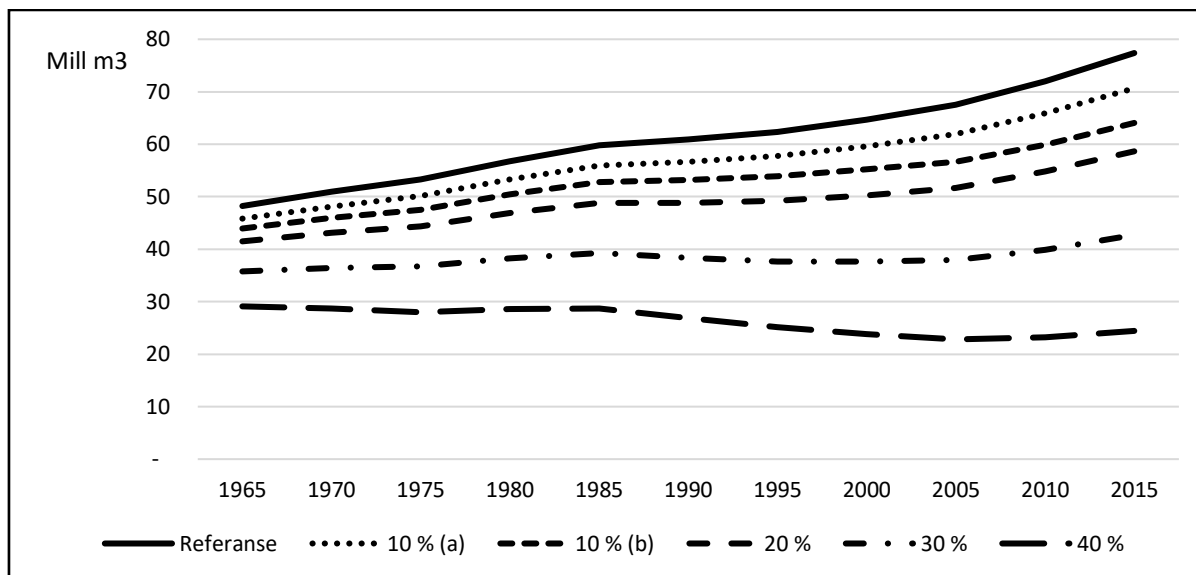
Tabell 37. Totalt stående volum (mill m³ med bark) på ikke-vernede arealer, ved slutten av analyseperioden. Alternativene er oppgitt i prosent av referansealternativet.

	Oppland			Buskerud		
Referanse	77.4			69.8		
Verneomfang	Hkl. III-V	Hkl. IV-V	Hkl. V	Hkl. III-V	Hkl. IV-V	Hkl. V
5 %	97	97	96	97	97	95
10 % (a)	92	91	86	92	91	86
15 %	86	84		86	84	
20 %	78	76		78	75	
25 %	69	66		68	66	
30 %	60	55		59	55	
40 %	38	32		36	28	
10 % (b)	85	83		86	84	

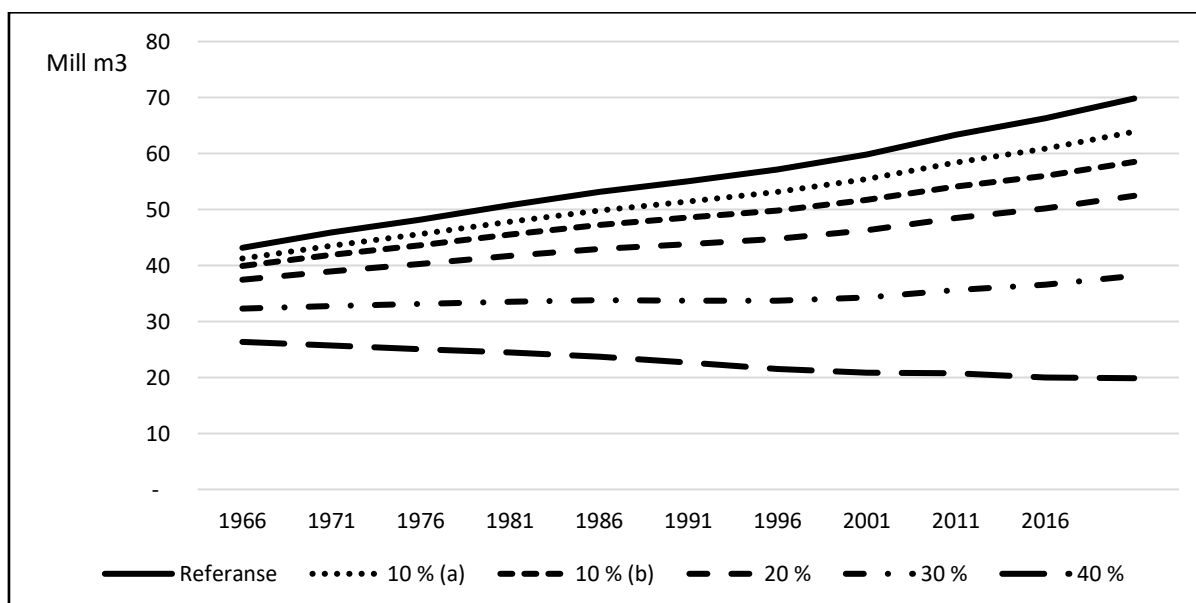
(a; verneomfanget fordeles proporsjonalt, b; verneomfanget fordeles med en lik prosent-andel mellom de ulike bonitetene.)

Verneomfang på 10 % fordelt proporsjonalt oppnår 8 % og 9 % lavere stående volum på ikke-vernede arealer enn referansen, innen de nedre aldersgrensene hkl. III-V og hkl. IV-V, i begge fylkene. Reduksjonen ved nedre aldersgrense hkl. V, ble på 14 % for både Buskerud og Oppland (tabell 37).

Ved en prosentvis lik fordeling av verneomfanget på 10 %, er stående volum på ikke-vernede arealer redusert med 15 % (hkl. III-V) og 17 % (hkl. IV-V) i Oppland, og 14 % (hkl. III-V) og 16 % (hkl. IV-V) i Buskerud, i forhold til referansen



Figur 7. Stående volum på ikke-vernede arealer (mill m³ med bark) for hkl. IV-V, i Oppland (1963-2015). Tallene er tilstand midt i perioden.



Figur 8. Stående volum på ikke-vernede arealer (mill m³ med bark) i hkl. IV-V, i Buskerud (1964-2016). Tallene er tilstand midt i perioden.

Figurene 7 og 8 viser utviklingen av stående volum (med bark) på ikke-vernede arealer gjennom analyseperioden for henholdsvis Oppland og Buskerud, når nedre aldersgrense for vern er satt til hkl. IV-V. En ser at selv ved økende verneomfang, så øker det tilgjengelige stående volumet for skogbruket. I Oppland ser det ut for at det dannes en topp ved år 1985, når verneomfanget er satt til 30 % og 40 %, før den synker frem til 2005 for så å stige igjen. Ved 30 % verneomfang ligger utviklingen nokså stabil, og øker noe de siste 3 periodene i Buskerud, mens et verneomfang på 40 % har en negativ utvikling gjennom analyseperioden.

Tabell 38. Total gjennomsnittlig alder i siste periode.

	Oppland			Buskerud		
Referanse	75			82		
Verneomfang	Hkl. III-V	Hkl. IV-V	Hkl. V	Hkl. III-V	Hkl. IV-V	Hkl. V
5 %	76	76	76	83	83	83
10 % (a)	77	77	77	84	84	84
15 %	78	78		85	85	
20 %	79	79		85	85	
25 %	79	79		86	86	
30 %	80	80		86	85	
40 %	84	84		88	87	
10 % (b)	76	75		83	83	

(a; verneomfanget fordeles proporsjonalt, b; verneomfanget fordeles med en lik prosent-andel mellom de ulike bonitetene.)

Den totale gjennomsnittlige alderen endret seg som forventet, ved at den øker i takt med økende verneomfang (tabell 38). Økningen var tilnærmet lik for alle alternativer, og var høyere enn referansene. Imidlertid oppnådde en lik prosentvis fordeling av verneomfanget på 10 %, og nedre aldersgrense satt til hkl. IV-V for Oppland, en lik total gjennomsnittlig alder som referansen.

Tabell 39. Totalt produsert død ved i siste periode er oppgitt i mill tonn/ha for referansene. Alternativene er oppgitt i prosent av referansealternativet.

	Oppland			Buskerud		
Referanse	7.2			7.3		
Verneomfang	Hkl. III-V	Hkl. IV-V	Hkl. V	Hkl. III-V	Hkl. IV-V	Hkl. V
5 %	100	100	107	100	100	99
10 % (a)	100	100	106	100	100	98
15 %	100	99		100	99	
20 %	99	99		99	99	
25 %	99	98		99	98	
30 %	98	97		98	96	
40 %	97	94		97	94	
10 % (b)	99	98		99	98	

(a; verneomfanget fordeles proporsjonalt, b; verneomfanget fordeles med en lik prosent-andel mellom de ulike bonitetene.)

Mengden død ved produsert (tabell 39) i siste periode varierer lite mellom de ulike alternativene. Ved nedre aldersgrense satt til hkl. V og proporsjonal fordeling, ble det produsert 2 % mindre død ved i Buskerud, og 6 % mer i Oppland, i forhold til referansealternativet. Verneomfang på 10 %, fordelt likt mellom bonitetene, produserte 1 % og 2 % mindre død ved, enn både referansealternativet og 10 % verneomfang fordelt

proporsjonalt, i begge fylkene ved nedre aldersgrense satt til hkl. III-V og hkl. IV-V. Øvrige resultater viser en synkende reduksjon i mengden død ved produsert, når verneomfanget og krav til nedre aldersgrense økes.

Tabell 40. Totalt akkumulert død ved i siste periode er oppgitt i mill tonn/ha for referansene. Alternativene er oppgitt i prosent av referansealternativet.

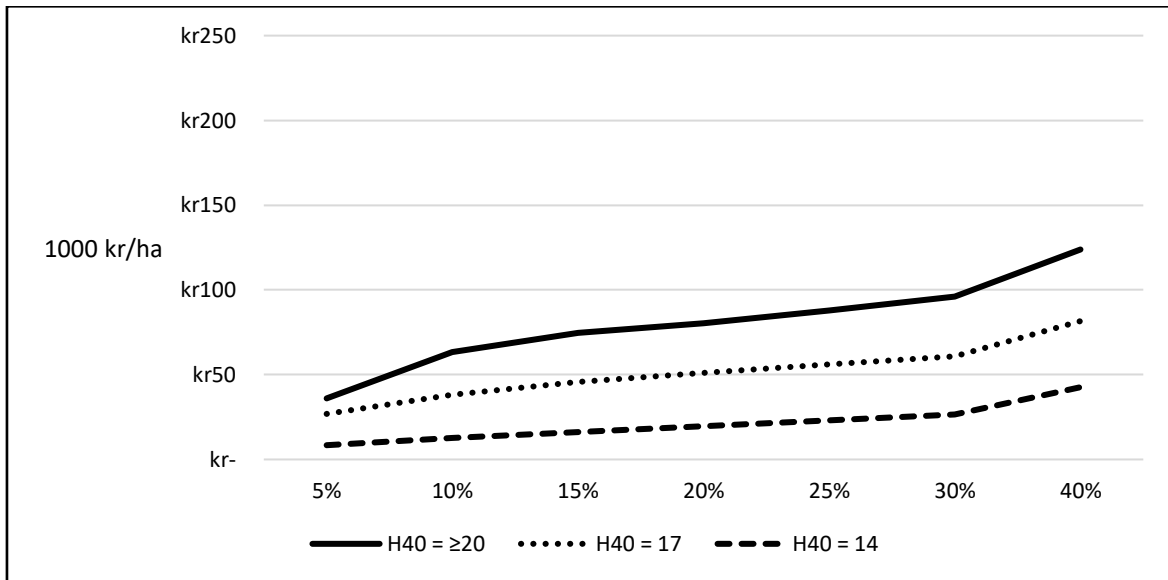
	Oppland			Buskerud		
Referanse	33.16			31.68		
Verneomfang	Hkl. III-V	Hkl. IV-V	Hkl. V	Hkl. III-V	Hkl. IV-V	Hkl. V
5 %	100	100	100	100	100	100
10 % (a)	100	100	99	100	100	99
15 %	100	100		100	100	
20 %	100	100		100	100	
25 %	100	99		100	99	
30 %	100	99		99	98	
40 %	99	97		98	96	
10 % (b)	100	99		100	100	

(a; verneomfanget fordeles proporsjonalt, b; verneomfanget fordeles med en lik prosent-andel mellom de ulike bonitetene.)

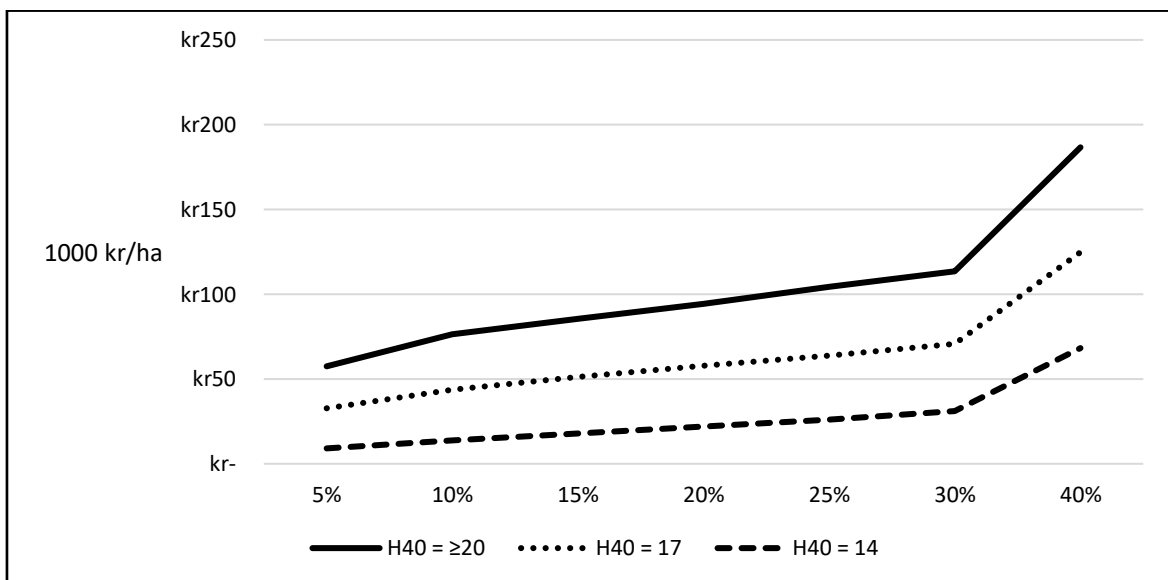
Totalt akkumulert død ved mengde (tabell 40) ved en proporsjonal fordeling av verneomfanget på 10 %, ble det kun en reduksjon på 1 % i forhold til referansealternativet i begge fylkene, når nedre aldersgrense ble satt til hkl. V.

Verneomfang på 10 % fordelt prosentvis likt innen de ulike bonitetene, og nedre aldersgrense satt til hkl. III-V og hkl. IV-V, var lik referansealternativet i Buskerud, mens i Oppland var det en reduksjon på 1 % når nedre aldersgrense ble satt til hkl. IV-V.

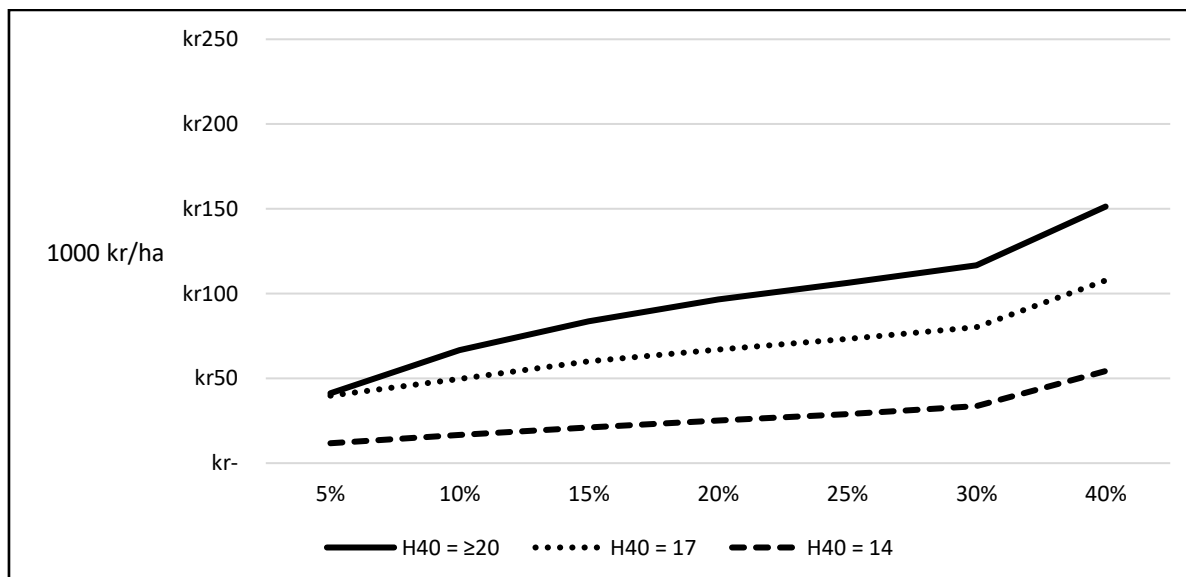
Skyggeprisen er ett uttrykk for hvor mye det ville koste å verne ett hektar til. Figurene 9-12 viser skyggeprisens utvikling når verneomfanget skjer proporsjonalt, og nedre aldersgrense er satt til hkl. III-V og hkl. IV-V. En ser at kostnaden er høyere for gode boniteter, enn for lave, og det skjer en gradvis økning i kostnaden med økende verneomfang. Dette sees i begge fylkene.



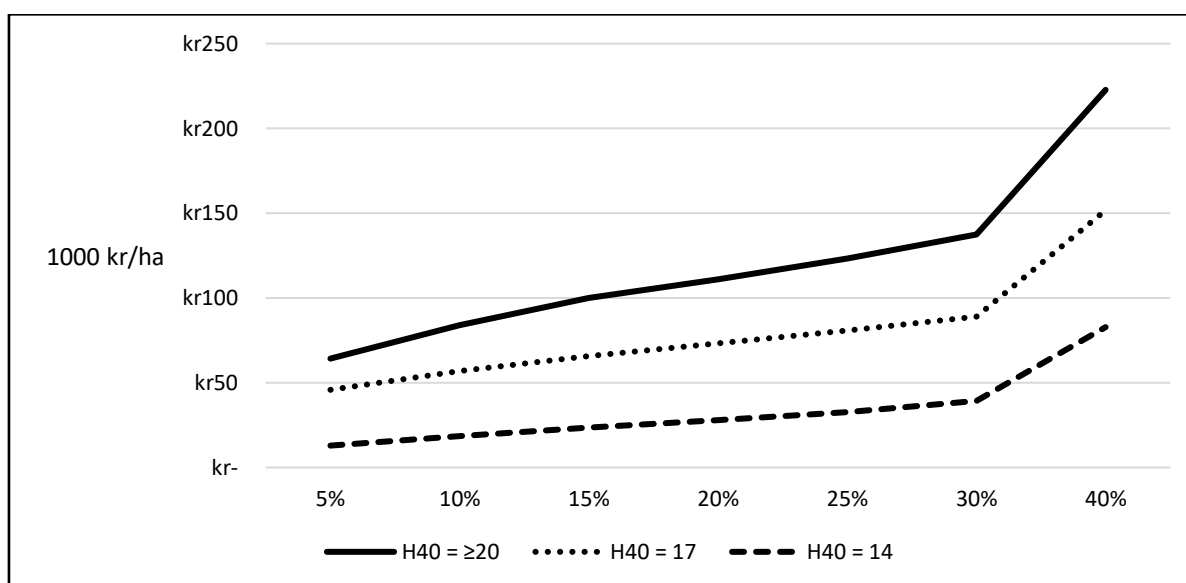
Figur 9. Skyggeprisens for vern i ulike bonitetsklasser utvikling, for Oppland, ved økende verneomfang fordelt proporsjonalt på arealer innen hkl. III-V. Skyggepris oppgitt i 1000 kr/ha.



Figur 10. Skyggeprisens for vern i ulike bonitetsklasser utvikling, for Oppland, ved økende verneomfang fordelt proporsjonalt på arealer innen hkl. IV-V. Skyggepris oppgitt i 1000 kr/ha.



Figur 11. Skyggeprisens for vern i ulike bonitetsklasser utvikling, for Buskerud, ved økende verneomfang fordelt proporsjonalt arealer innen hkl. III-V. Skyggepris oppgitt i 1000 kr/ha.



Figur 12. Skyggeprisens for vern i ulike bonitetsklasser utvikling, for Buskerud, ved økende verneomfang fordelt proporsjonalt på arealer i hkl. IV-V. Skyggepris oppgitt i 1000 kr/ha.

Når verneomfanget på 10 % ble gjennomført med en prosentvis lik fordeling innen de ulike bonitetsklassene (tabell 41), ble det en høyere kostnad å verne de beste bonitetene, men en lavere skyggepris for de lavere bonitetene, i forhold til om verneomfanget ble fordelt proporsjonalt.

Tabell 41. Skyggeprisen for vern i ulike bonitetsklasser ved en prosentvis lik fordeling av verneomfanget på 10 % i Oppland og Buskerud.

Bonitet	Oppland				Buskerud			
	Hkl. III-V		Hkl. IV-V		Hkl. III-V		Hkl. IV-V	
H ₄₀ = ≥20	kr	111.9	kr	133.0	kr	121.5	kr	137.4
H ₄₀ = 17	kr	47.9	kr	54.5	kr	61.2	kr	67.2
H ₄₀ = 14	kr	9.4	kr	10.1	kr	13.6	kr	15.2

Tabell 42. Volumtilvekstprosenten per år i siste periode på ikke-vernede arealer, i Oppland og Buskerud.

Referanse	Oppland			Buskerud		
	2.5			2.6		
Verneomfang	Hkl. III-V	Hkl. IV-V	Hkl. V	Hkl. III-V	Hkl. IV-V	Hkl. V
5 %	2.8	2.8	2.8	3.0	3.0	3.1
10 % (a)	2.9	2.9	3.0	3.1	3.1	3.3
15 %	2.9	3.0		3.2	3.3	
20 %	3.1	3.1		3.4	3.5	
25 %	3.3	3.3		3.7	3.8	
30 %	3.5	3.6		4.1	4.3	
40 %	4.6	4.8		5.5	6.1	
10 % (b)	2.9	2.9		3.2	3.2	

(a; verneomfanget fordeles proporsjonalt, b; verneomfanget fordeles med en lik prosent-andel mellom de ulike bonitetene.)

Volumtilvekstprosenten (tabell 42) per år i siste periode på ikke-vernede arealer, stiger med økende verneomfang og krav til nedre aldersgrense, for begge fylkene ved en proporsjonal fordeling av verneomfanget. Volumtilvekstprosenten i Oppland var lik, når verneomfanget på 10 %, ble gjort proporsjonalt og ved en lik fordeling, og lå 0.4 % over referansealternativet når nedre aldersgrense ble satt til hkl. III-V og hkl. IV-V. I Buskerud var volumtilvekstprosenten 0.1 % høyere når verneomfanget på 10 % ble gjennomført med en prosentvis lik fordeling innen de ulike bonitetene enn om det ble gjort proporsjonalt og nedre aldersgrense satt til hkl. III-V og hkl. IV-V. Ved en prosentvis lik fordeling av verneomfanget var volumtilvekstprosenten 0.6 % høyere enn referansealternativet, og ved en proporsjonal fordeling var den 0.5 % høyere enn referansealternativet.

Tabell 43. Volumtilvekstprosenten per år i siste periode på vernede arealer, i Oppland og Buskerud.

	Oppland			Buskerud		
Referanse	1.5			1.2		
Verneomfang	Hkl. III-V	Hkl. IV-V	Hkl. V	Hkl. III-V	Hkl. IV-V	Hkl. V
5 %	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0
10 % (a)	1.3	1.2	1.0	1.2	1.1	1.0
15 %	1.3	1.2		1.2	1.2	
20 %	1.2	1.2		1.2	1.2	
25 %	1.2	1.2		1.2	1.2	
30 %	1.2	1.2		1.2	1.2	
40 %	1.3	1.1		1.3	1.2	
10 % (b)	1.3	1.2		1.3	1.2	

(a; verneomfanget fordeles proporsjonalt, b; verneomfanget fordeles med en lik prosent-andel mellom de ulike bonitetene.)

Volumtilvekstprosenten siste år på vernede områder (tabell 43) forholder seg stabilt med økende verneomfang, men har en avtagende utvikling når nedre aldersgrense øker, for begge fylkene. For Oppland er volumtilvekstprosenten ved proporsjonal og lik fordeling av verneomfanget på 10 %, 0,2% - 0,3% lavere enn for referansen, når nedre aldersgrense er satt til hkl. III-V og hkl. IV-V.

I Buskerud ligger verneomfanget med lik fordeling, 0,1 % høyere enn referansealternativet, når nedre aldersgrense er satt til hkl. III-V, og likt ved nedre aldersgrense hkl. IV-V. Ved proporsjonal fordeling av verneomfanget på 10 %, er volumtilvekstprosenten lik referansen ved hkl. III-V, og 0.1 % lavere ved hkl. IV-V.

4. Diskusjon

4.1 Diskusjon del 1

Hensikten med kalibreringen av Gaya-J var å få den estimerte utviklingsbanen for stående volum til å ha ett maksimalt avvik på $\pm 5\%$, ifra den historiske utviklingen i perioden 1963/1964 – 2015/16 for henholdsvis Buskerud og Oppland. Dette for at de videre kontrafaktiske analysene i del 2 skulle få et så realistisk resultat som mulig. For å komme under målsettingskravet, ble diametertilvekstfunksjonen (Blingsmo 1984) med tre variabler benyttet i analysen for begge fylkene. Videre måtte vi gjøre et påslag i diametertilvekstfunksjonen på henholdsvis 4 % i Oppland, og 28 % for Buskerud. Et slikt påslag i diametertilvekstfunksjonen ble også gjort i Eid og Hobbestad (2006), som gjorde et påslag på 10 %, men hvor den estimerte utviklingsbanen ved sluttidspunktet lå 19 % og 29 % under det registrerte stående volumet under bark, for fylkene Nord-Trøndelag og Hedmark. Dette ble gjort på bakgrunn av landskogstakseringens estimater, hvor 10 % fradrag i diametertilvekstfunksjonen blir gjort regelmessig (Eid & Hobbestad 2006).

Det knyttes liten usikkerhet til metoden og beregningene av det stående volumet ved starttidspunktet som er basert på «Det norske Skogforsøksvesen kubikktabeller med bark og barkprosenttabellene» (Landsskogtakseringen 1964; 1965). I framskrivningen av det stående volumet er diameter -og høydefunksjonene fra Blingsmo (1984); Braastad (1966); (1977; 1982); Strand (1967) og Tveite (1976); (1977) benyttet i denne analysen. At disse er på tide og oppdatere kan saktens diskuteres, når f.eks. Elfving et al. (1996) fant at nye foryngelsesfelt oppnådde en bedre bonitet på samme lokalitet, enn sluttavvirkede bestand i Norge og Sverige. Det samme ble funnet i Sharma et al. (2012) som kun undersøkte veksttrender i Norge.

Ved historisk avvirkning er for så vidt avvirkning for salg til industrien gjort rede for, da dette årlig blir rapportert inn til SSB, med relativt nøyaktige målinger. Derimot er avvirkning til hjemme forbruk eller avstått bruksrett en større usikkerhet. For dette ble det gjort en forutsetning for perioden 1989-2015, basert på tidligere statistikk. Det er vel heller lite sannsynlig at denne verdien er for høy enn for lav.

En må og ta høyde for målefeil ute i felt. Tilfeldige og systematiske målefeil kan forekomme. Mens tilfeldige feil kan skape en stor variasjon rundt estimatet, vil en systematisk feil enten under -eller overestimere estimatet.

Videre så er en betraktning at Gaya-J gjennomfører en optimal skogbehandling med sikte på å oppnå høyest mulig nåverdi. Dette gjør at en vil oppnå en bedre skogbehandling, enn hva som er tilfellet i realiteten.

Usikkerhet er det og knyttet til reduksjonen for topp, avfall og bark. I denne studien ble det brukt en innlagt barkfunksjon, men de videre volum tall er oppgitt i brutto.

I referansealternativet, som denne kalibreringen førte til, er det tatt høyde for gjensetting av evighetstrær. Det ble beregnet volum pr tre i sluttavvirkningene og multiplisert med 10 (10 evighetstrær pr ha), og fratrukket slutthogstvolumet.

4.2 Del 2 – Diskusjon

Denne kontrafaktiske analysen har vist at ett ganske så stort verneomfang kunne ha blitt innført i 1963/1964, samtidig som den historiske skogbehandlingen kunne vært opprettholdt. Det stilles likevel spørsmålsteget ved hvorvidt dette hadde vært bærekraftig både økonomisk og miljømessig videre fremover.

De ulike verneregimene, hadde som forventet, negativ påvirkning på nåverdien (tabell 33), hvor vern med lik fordeling innen de ulike boniteten hadde større reduksjon i nåverdien enn ved en proporsjonal fordeling, når verneomfanget ble satt til 10 %. Synkende nåverdi ved økende verneomfang, eller strengere miljørestriksjoner ble også funnet i Eid et al. (2001); Hoen et al. (1998b). Grunnen til at det skjer en større reduksjon av nåverdien i den eldre aldersklassene når verneomfanget øker, er fordi denne aldersklassen har et høyere stående volum, bedre bestokning og dermed en bedre driftsnetto som gir en høyere nåverdi, enn de lavere aldersklassene. Dette gjør at den eldre skogen i hkl. III-V blir skjermet mot vern, for at det faktiske avvirkningskvantumet skal kunne opprettholdes. Dette kan sees ut ifra totalt stående volum på ikke-vernede arealer, hvor det er mest stående volum når kravet til nedre aldersgrense ble satt til hkl. III-V (tabell 37). Mens totalt stående volum på vernede arealer, hadde størst volum når kravet til nedre aldersgrense ble satt til hkl. V (tabell 36). Når kravet til nedre aldersgrense var satt i hkl. V, greide ikke Gaya-J og finne løsning ved en prosentvis lik fordeling av verneomfanget på 10 % for begge fylkene. Dette kommer av at verneomfanget ble for stort, slik at Gaya-J ikke greide å opprettholde den historiske avvirkningen.

Verneomfangenes påvirkning på venteverdier var også som forventet (tabell 34). Det skjedde en økende reduksjon i takt med økt verneomfang og økt krav til nedre aldersgrense. Dette

kommer av at arealer innen hkl. V, representerer et større volum, har høyere bestokning og oppnår dermed en større driftsnetto ved sluttavvirkning. Dette representerer dermed en tapt fremtidig inntekt av virkesproduksjon på skogsmark.

Kostnaden ved å verne en arealenhet til, kommer frem av skyggeprisen (tabell 41).

Skyggeprisen viste en klar sammenheng mellom økt verneomfang og økt krav til nedre aldersgrense, innen alle bonitetene. Dette er og vist i Hoen et al. (1998b), hvor gode boniteter er mer kostbare å ta ut av virkesproduksjon, enn dårligere boniteter, og at kostnaden øker med økende hogstklassealder. Skyggeprisen ved en prosentvis lik fordeling av verneomfanget på 10 % (tabell 41) viste seg å være høyere enn ved å fordele vernet proporsjonalt (figur 9-12) på de beste bonitetene og lavere på de laveste bonitetene, ved samme verneomfang og krav til nedre aldersgrense. Dette kommer av at vernet blir det tvunget igjennom innen hver bonitetsklasse, ved en prosentvis lik fordeling av verneomfanget. Dette gjør at Gaya-J må velge ut arealer til vern innen de beste bonitetene, selv om det kan være igjen arealer med lavere nåverdi, eller såkalte null-områder innen de andre bonitetene. Dette gjorde og at nåverdien og venteverdien, ble betydelig redusert. Vern etter dette prinsippet vil dermed være en større kostnad for samfunnet, selv om det er antydning å være en ønsket fordeling med tanke på det biologiske mangfoldet som Stokland (1997) konkluderer med. Stokland (1997) fant og for øvrig en klar positiv korrelasjon mellom områder med høy virkesverdi og høy biodiversitet. Mönkkönen (1999) fant i sin undersøkelse at en optimal forvaltning som sørget for høy virkesproduksjon vanskelig ville la seg gjennomføre, uten at det gikk på bekostning av andre økologiske tjenester, slik som biodiversitet, i Norden. Dette på grunn av at andre økologiske tjenester, enn virkesproduksjon og høstbare produkter, ikke er blitt prissatt i dagens markedsøkonomi. Derimot er opptak og lagring av CO₂ blitt en verdsatt økologisk tjeneste, både på nasjonalt og internasjonalt nivå gjennom skatter og avgifter (Finansdepartementet 2016 – 2017). Etersom en kan utlede forholdet mellom biomasse og andelen CO₂, og hvordan skogen binder og lagrer CO₂, se f.eks. (Backéus et al. 2006); Eid et al. (2016); Nilsen et al. (2008); Petersson et al. (2012), kan en dermed regne hvilken samfunnsøkonomisk gevinst skogen utgjør i klimaregnskapet. I denne sammenhengen konkluderte Flugsrud et al. (2016) og Poudel (2016) at i sum er vern av skog i Norge og Sverige, ikke ett bedre alternativ for å senke klimagassutslippet, enn dagens bærekraftige skogbruk.

Stående volum på vernede arealer (tabell 36), økte når krav til nedre aldersgrense ble satt høyt. Dette viser at eldre skog ble skjermet imot vern når den nedre aldersgrensen ble satt til

hkl. III-V. Dette ble gjort av to grunner; 1) når Gaya-J ikke hadde mere null-områder å ta av, ble videre utvelgelse gjort etter lavest nåverdi. 2) For at Gaya-J skulle kunne opprettholde det faktiske avvirkningskvantumet, ble ung skog prioritert som vern fremfor eldre skog.

Samfunnsmessig kan man oppnå en kombinasjonseffekt ved å ha ett nedre alderskrav innenfor hkl. III-V, enn å låse kravet til å bare gjelde for hkl. V. For det første så binder ung skog i vekst mere CO₂, enn eldre skog som nærmer seg sin biologiske alder (Xu et al. 2012). Samtidig vil man ved å verne yngre skog, oppnå en tidligere igangsetting av en naturlig fri utvikling, som kanskje vil være bedre for det biologiske mangfoldet. En setter dermed i gang en viss form for «restaurerings-prosess» tidligere, enn om dette skulle starte når skogen er eldre og den naturlige dynamikken går saktere, avhengig av bonitet. Samtidig viste nåverdien og venteverdien, en mindre reduksjon når verneomfangene skulle gjelde for hkl. III-V enn hkl. V. Samfunnsmessig ville dermed kostnaden av å verne yngre skog blitt billigere, enn å verne eldre hogstmoden skog. Samtidig vil man kunne se en mindre påvirket skog når denne blir eldre, enn en eldre skog som er blitt skjøttet igjennom omløpstiden.

Mengden død ved fungerer som en indikator for det biologiske mangfoldet i skogen (Storaunet et al. 2011). Selv om denne kontrafaktiske analysen ser på en tidsperiode over 50 år, så oppnås det lite mertilvekst av død ved om en øker verneomfanget innen samtlige alderskrav. Storaunet et al. (2011) fant i sine estimeringer, at død ved utviklingen i Norge i perioden 1996-2010 økte med 54 %, i den produktive skogen. Eneste mertilveksten i denne kontrafaktiske analysen, kunne sees i totalt produsert mengde død ved (tabell 39) i Oppland (5 % og 10 % verneomfang proporsjonalt fordelt), mens akkumulert død ved (tabell 40) var lik eller negativ i forhold til referansen. Denne forskjellen har sin bakgrunn i at Storaunet et al. (2011), baserte sine estimerer på grunnlag av landsskogtakseringens faktiske målinger av mengden død ved fra 7. til 9. takstrunde. Hvis naturlig avgang er underestimert i Gaya, og vil dette og føre til en underestimert mengde død ved.

For skogbruket og storsamfunnet representerer død ved en tapt ressursutnyttelse. Mens det for miljøet og det biologiske utgjør en stor ressurs for bevaring av ulike arter og livsmiljøer (Henriksen & Hilmo 2015b). Spørsmålet er derimot hvor mye skal/bør det være i skogen? Basert på resultatene i denne kontrafaktiske analysen, sees det ingen grunn til å verne skog for å fremme produksjonen av død ved, når man sammenligner dagens skogtilstand mellom de ulike analysene, opp imot referansen. En har i denne studien ikke kunnet gjøre rede for selve fordelingen av død ved innenfor vernede og ikke-vernede arealer. Ekbom et al. (2006) gjorde

en studie i sentral Sverige, og fant at død ved mengden i vernet skog var det dobbelte av det i forvaltet skog.

Ved økende verneomfang, reduseres det stående volumet (tabell 37) på ikke-vernede arealer. Dette kan føre til at den faktiske avvirkningen kan bli større enn balansekvantumet over en kortere eller lengre periode, slik det ble funnet for noen regioner i Sverige (Bäcke et al. 2007). En kan ikke ut ifra denne kontrafaktiske analysen si noe om hvordan den videre utviklingen av skogtilstanden ville blitt, men om man tar utgangspunkt verneomfanget på 40 %, så er tilgangen på stående volum betydelig redusert for fremtiden (figur 7 og 8). Dette kan også belyses i tabell 42 hvor en ser at volumtilvekstprosenten, på ikke-vernede arealer, øker med økende verneomfang, og synker med økende krav til nedre aldersgrense for vern. Dette er et tegn på at den gjenstående skogen på ikke-vernede arealer er forholdsvis ung med god vekst, men står i fare for å bli avvirket før optimal omløpstid.

For hele skogarealet samlet sett, er det relativt små forskjeller i den totale gjennomsnittlige alderen (tabell 38). På vernede arealer vil alderen øke jevnt og trutt, og vil av den grunn trekke i retning av økt gjennomsnittlig alder for hele skogarealet. Samtidig vil avvirkningspresset på ikke-vernede arealer føre til en lavere gjennomsnittlig alder. Etersom dette er en total gjennomsnittlig alder for fylkene sett under ett, og på grunn av de forutsetningene som ble satt i grunnlagsdataene, gjør at en har dårlig grunnlag for å trekke noen videre konklusjoner omkring aldersstrukturen omkring dagens skogtilstand. En kan likevel anta at vern av skog vil føre til en annen aldersstruktur (gammelskog). Astrup et al. (2011) fant at aldersfordelingen i Norges skoger på vernede områder var høyere enn skogen generelt.

Totalt sett kunne et verneomfang på 10 %, som foreslått i St.Meld.nr.14 (2015-2016), blitt gjennomført på 1960-tallet for Oppland og Buskerud. Hadde kravet vært at skogen skulle holdt en best mulig kvalitet med tanke på det biologiske mangfoldet, at kravet til nedre aldersgrense skulle være hkl. V, ville dette kun latt seg gjøre med en proporsjonal fordeling av verneomfanget. En kunne ikke ha greid og gjennomført det med en prosentvis lik fordeling mellom de ulike bonitetene, og satt nedre aldersgrense til hkl. V. Dette ville ført til at skogbruket hadde blitt helt tilsidesatt, jfr at Gaya-J ikke fant løsning for nettopp dette i begge fylkene.

5. Konklusjon

I del 1 i denne undersøkelsen ble det funnet at Gaya-J underestimerer volumutviklingen, med de gjeldende volum -og diametervekstfunksjonene. Selv om disse funksjonene er allment aksepterte, så er de likevel gamle og basert på NISK sine forsøksfelter i en skog som hadde tett oppfølging.

I de kontrafaktiske analysene ble det funnet at for Buskerud og Oppland kunne et stort verneomfang blitt innført i 1963/1964, hvor en samtidig kunne opprettholdt den faktiske skogbehandlingen. Verneomfanget kunne være på inntil 40 % av det produktive skogarealet når kriteriene for nedre aldersgrense ble satt til enten hkl. III-V eller hkl. IV-V, og vernet ble fordelt proporsjonalt mellom de ulike bonitetene. Ved en prosentvis lik fordeling innen de ulike bonitetsklassene ble det ikke funnet løsning når kravet til nedre aldersgrense ble satt til hkl. V, for fylkene Oppland og Buskerud.

Det ble videre funnet en forventet skogtilstand i slutten av analyseperioden, om en noe mildere enn antatt. En reduksjon i nåverdien på 10 % ble først oppnådd ved ett verneomfang på 20 % for begge fylker. For hele skogen sett under ett gir vern av deler av skogarealet liten effekt på den samlede mengden død ved i skogen.

Kilder

- Abrahamson, A. (2017). *Tall produktiv skog i verneområder i Oppland* (e-post til Karstein G. Lona 30.03.2017).
- Angelstam, P. & Andersson, L. (2001). Estimates of the Needs for Forest Reserves in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 16 (sup003): 38-51.
- Astrup, R., Eriksen, R., Fernandez, C. A. & Granhus, A. (2011). Skogtilstanden i verneområder og vurderinger av mulighetene for intensivt overvåking gjennom landsskogtakseringen. *Oppdragsrapport 19/2011: Skog og landskap*.
- Backéus, S., Wikström, P. & Lämås, T. (2006). Modeling carbon sequestration and timber production in a regional case study. *Silva fennica (0037-5330)*, 40: 615-629.
- Bergsens, E., Ask, J. A., Framstad, E., Gobakken, T., Solberg, B. & Hoen, H. F. (2012). Biodiversity protection and economics in long term boreal forest management — A detailed case for the valuation of protection measures. *Forest Policy and Economics*, 15: 12-21.
- Bergsens, E., Eid, T., Løken, Ø. & Astrup, R. (2013). Harvest residue potential in Norway — A bio-economic model appraisal. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 28 (5): 470-480.
- Blingsmo, K. R. (1984). Diametertilvekstfunksjoner for bjørk-, furu- og granbestand. *Rapport fra Norsk institutt for skogforskning 7/84: 22 s.*
- Borges, P., Bergsens, E., Eid, T. & Gobakken, T. (2015). Impact of maximum opening area constraints on profitability and biomass availability in forestry – a large, real world case. *Silva Fennica*, 49 (5).
- Borges, P., Martins, I., Bergsens, E., Eid, T. & Gobakken, T. (2016). Effects of site productivity on forest harvest scheduling subject to green-up and maximum area restrictions. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 31 (5): 507-516.
- Braastad, H. (1966). Volumtabeller for bjørk. *Meddr. norske SkogforsVes. 21: 23-78.*
- Braastad, H. (1977). Tilvekstmodellprogram for bjørk. *Rapp.Nor.inst.skogforsk. 1/77:1-17.*
- Braastad, H. (1982). Naturlig avgang i granbestand. *Rapp.Nor.inst.skogforsk. 12/82: 1-46.*
- Bäcke, J. O., Joshi, S. & Svensson, S. A. (2007). Virkesbalanser för år 2004: Skogsstyrelsen. Direktoratet for naturforvaltning. (1988). *Forslag til retningslinjer for barskogvern. DN-Rapport nr. 3-1988. naturforvaltning, D. f. 96 s.*
- Direktoratet for naturforvaltning. (2007). DN-håndbok 13. 2. utgave 2006. Kartlegging av naturtyper - verdisetting av biologisk mangfold.
- Eid, T., Hoen, H. F. & Økseter, P. (2001). Economic consequences of sustainable forest management regimes at non-industrial forest owner level in Norway. *Forest Policy and Economics*, 2 (3-4): 213-228.
- Eid, T., Hoen, H. F. & Økseter, P. (2002). Timber production possibilities of the Norwegian forest area and measures for a sustainable forestry. *Forest Policy and Economics*, 4 (3): 187-200.
- Eid, T. & Hobbelstad, K. (2006). Langsiktige konsekvensanalyser - etterprøving basert på Landsskogtakseringens prøveflater og avvirkningsstatistikk. *Rapport fra skogforskningen 2/2006. 1-26 s.*
- Eid, T., Viken, K. O. & Astrup, R. (2016). Models predicting stand level biomass for Norway spruce (*Picea spp.*), Scots pine (*Pinus spp.*) and broadleaf dominated forest in Norway. INA fagrapport 37. 31 s.
- Eid, T. (2017). *Tilrettelegging av Landsskogtakseringens data for Oppland og Buskerud fra takster i 1962-63 og 1963-64 for input til skogsimulatoren GAYA.*: NIBIO. 18 s. s. Upublisert manuskript.

- Ekbom, B., Schroeder, L. M. & Larsson, S. (2006). Stand specific occurrence of coarse woody debris in a managed boreal forest landscape in central Sweden. *Forest Ecology and Management*, 221 (1-3): 2-12.
- Elfving, B., Tegnhammar, L. & Tveite, B. (1996). Studies on Growth Trends of Forests in Sweden and Norway. I: Spiecker, H., Mielikäinen, K., Köhl, M. & Skovsgaard, J. P. (red.) *Growth Trends in European Forests: Studies from 12 Countries*, s. 61-70. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Finansdepartementet. (2016 – 2017). *Prop. 1 LS. Skatter, avgifter og toll 2017*. (FIN), F.
- Flugsrud, K., Økstad, E., Kvissel, O. K., Backer, B. E., Sjøgaard, G., Granhus, A., Terum, T. & Bøe, V. L. (2016). Vern eller bruk av skog som klimatilak: Miljødirektoratet, Landbruksdirektoratet, Norsk institutt for bioøkonomi. 21 s.
- FN. (1992). Konvensjonen om biologisk mangfold. I: FN (red.).
- Framstad, E., Blindheim, T., Erikstad, L., Thingstad, P. G. & Sloreid, S. E. (2010). Naturfaglig evaluering av norske verneområder: NINA. 214 s.
- Framstad, E., de Wit, H., Mäkipää, R., Larjavaara, M., Vesterdal, L. & Karlton, E. (2013). Biodiversity, carbon storage and dynamics of old northern forests. *TemaNord* 2013:507.
- Haaverstad, O. T. (2017). *Andel produktiv skogsmark, og fordeling av boniteter på nyere vernede områder* (E-post til Marius Bjørseth 03.04.2017).
- Henriksen, S. & Hilmo, O. (2015a). *Rødlista - hva, hvem og hvorfor? Norsk rødliste for arter 2015*. Artsdatabanken. Tilgjengelig fra: <http://www.artsdatabanken.no/Rodliste/HvaHvemHvorfor>.
- Henriksen, S. & Hilmo, O. (2015b). *Status truede arter i skog. Norsk rødliste for arter 2015*. Artsdatabanken Tilgjengelig fra: <http://www.artsdatabanken.no/Rodliste/StatusSkog> (lest 10.04).
- Hoen, H. F. & Eid, T. (1990). En modell for analyse av behandlingsstrategier for en skog ved bestandssimulering og lineær programmering. *Rapp.Nor.inst.skogforsk.* 9/90: 1–35.
- Hoen, H. F. & Veistein, K. (1995). Samfunnsøkonomiske konsekvenser av tilpasninger til flersidig skogbruk. *Skogøkologi og flersidig skogbruk*, Rapport XXIII: Aktuelt fra Skogforsk. 1-19. s.
- Hoen, H. F., Eid, T., Veisten, K. & Økseter, P. (1998a). Økonomiske konsekvenser av tiltak for et bærekraftig skogbruk. Forutsetninger og metodebeskrivelse. *Rapport fra skogforskningen. Supplement 6/98*.
- Hoen, H. F., Eid, T. & Økseter, P. (1998b). Økonomiske konsekvenser av tiltak for et bærekraftig skogbruk. Regionale resultater. *Oppdragsrapport nr.11*: Norsk institutt for skogforskning.
- Hoen, H. F., Eid, T. & Økseter, P. (2001). Timber production possibilities and capital yields from the Norwegian forest area. *Silva Fennica*, 35 (3).
- Hoen, H. F. & Gobakken, T. (2004). Brukermanual for bestandssimulatoren GAYA v1.30. *Upublisert brukermanual, Institutt for skogfag, NLH, Ås*.
- Hågvar, S. (2003). *Barskogvernets historie i Norge*. Del1: 1905-1986. Pionerfredninger og opptrapping fram mot Barskogutvalget, 3, 3. Biolog Biolog 7-11 s.
- Landsskogtakseringen. (1938). Taksering av Norges skoger. Østfold fylke. Revisjonstaksering 1937.
- Landsskogtakseringen. (1964). Taksering av Norges skoger. Oppland fylke. Revisjonstaksering 1962-63.
- Landsskogtakseringen. (1965). Taksering av Norges skoger. Buskerud fylke. Revisjonstaksering 1963-64.
- Landsskogtakseringen. (2008). *Landsskogtakseringens feltinstruks 2008. Håndbok fra Skog og landskap 05/08: 116, 11, 21, 3 s.*

- Lappi, J. (1992). JLP: A linear programming package for management planning. *The Finnish forest research institute. Research papers 414: 1-134.*
- Lappi, J. & Lempinen, R. (2016). J -users' guide 3.0 Version 3.0 2016: Natural Resources Institute Finland Suonenjoki Unit.
- Miljødirektoratet. (2016). *17 Skogområder vernet*. Tilgjengelig fra: <http://www.miljodirektoratet.no/no/Nyheter/Nyheter/2016/Juni-2016/17-skogomrader-vernet/> (lest 10.06).
- Miljødirektoratet. (2017). *Enkelt søk i Naturbase – velg tema og kriterier*. Tilgjengelig fra: <http://www.xn--miljodirektoratet-oxb.no/no/Tjenester-og-verktoy/Database/Naturbase/Enkelt-sok/> (lest 27.02).
- Mönkkönen, M. (1999). Managing Nordic boreal forest landscape for biodiversity: Ecological and Economic perspectives. *Biodiversity and Conservation*, 8 (1): 85-99.
- Mönkkönen, M., Reunanen, P., Kotiaho, J. S., Juutinen, A., Tikkanen, O.-P. & Kouki, J. (2011). Cost-effective strategies to conserve boreal forest biodiversity and long-term landscape-level maintenance of habitats. *European Journal of Forest Research*, 130 (5): 717-727.
- Niemelä, J., Larsson, S. & Simberloff, D. (2001). Concluding Remarks - Finding Ways to Integrate Timber Production and Biodiversity in Fennoscandian Forestry. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 16 (sup003): 119-123.
- Nilsen, J.-E. Ø., Moum, S. O. & Astrup, R. (2010). Indirekte indikatorer - Landsskogtakseringen. I: Nybø (red.). *Datagrunnlaget for "Naturindeks i Norge 2010"*. DN-utredning 4-2010.
- Nilsen, P., Hobbelstad, K. & Clarke, N. (2008). Opptak og utslipp av Co2 i skog: Skog og landskap.
- Næsset, E., Gobakken, T. & Hoen, H. F. (1997). Economic analysis of timber management practises promoting preservation of biological diversity. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 12 (3): 264-272.
- PEFC. (2008). *PEFC Norge*. Tilgjengelig fra: http://www.pefcnorve.org/side.cfm?ID_kanal=26 (lest 13.04).
- PEFC. (2015). *PEFC N 02 - Norsk PEFC Skogstandard*. Lokalisert på: http://www.pefcnorve.org/side.cfm?ID_kanal=11.
- Petersson, H., Holm, S., Ståhl, G., Alger, D., Fridman, J., Lehtonen, A., Lundström, A. & Mäkipää, R. (2012). Individual tree biomass equations or biomass expansion factors for assessment of carbon stock changes in living biomass – A comparative study. *Forest Ecology and Management*, 270: 78-84.
- Poudel, B. C. (2016). Forest management scenarios and their effects on ecosystem services: some analytical results from Sweden. I: Grønlund, E. & Loungeville, A. (red.) *Society's steering systems: a Friend book to Inga Carlman*, s. 149-169. Østersund: Mid Sweden university.
- Raymer, A. K., Gobakken, T., Solberg, B., Hoen, H. F. & Bergseng, E. (2009). A forest optimisation model including carbon flows: Application to a forest in Norway. *Forest Ecology and Management*, 258 (5): 579-589.
- Sharma, R. P., Brunner, A. & Eid, T. (2012). Site index prediction from site and climate variables for Norway spruce and Scots pine in Norway. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 27 (7): 619-636.
- Skogbrukslova. (2005). *LOV-2005-05-27-31: Lov om skogbruk (skogbrukslova)*.
- Skoghåndboka. (2015). *Skogøkonomi. I: Det norske Skogselskap & Norskog (red.) Skoghåndboka: Det norske Skogselskap*.
- St.Meld.nr.14. (2015-2016: 14). *Natur for livet - Norsk handlingsplan for naturmangfold*. Klima & Miljødepartementet.

- St.Meld.nr.21. (2011-2012: 21). *Norsk klimapolitikk*. Miljøverndepartementet.
- St.meld.nr.42. (2000-2001). *Biologisk mangfold - Sektoransvar og samordning*. Oslo: Miljøverndepartementet.
- St.meld.nr.58. (1996-1997). *Miljøvernpolitikk for en bærekraftig utvikling - Dugnad for framtida*. Oslo: Miljøverndepartementet.
- Statistisk sentralbyrå. (1963-2008). Skogstatistikk.
- Statistisk sentralbyrå. (1989). Landbruksteljing 1989, hefte VII, skogbruk - utmarksressurser: Statistisk Sentralbyrå.
- Statistisk sentralbyrå. (2009). Skogstatistikk 2008: Statistisk Sentralbyrå.
- Statistisk sentralbyrå. (2016a). *Skogavvirkning for salg, 2015, endelige tall. Skogavvirkning for salg*: Statistisk sentralbyrå. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/skogav/aar-endelige> (lest 27.02.2017).
- Statistisk sentralbyrå. (2016b). *Skogkultur, 2015. Skogplanting*: Statistisk Sentralbyrå. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/skogkultur/aar/2016-04-29?fane=tabell&sort=nummer&tabell=264391> (lest 27.02.2017).
- Stokland, J. N. (1997). Representativeness and Efficiency of Bird and Insect Conservation in Norwegian Boreal Forest Reserves. *Conservation Biology*, 11 (1): 101-111.
- Storaunet, K. O., Eriksen, R. & Rolstad, J. (2011). Mengde og utvikling av død ved i produktiv skog. *Oppdragsrapport 15/11: Skog og Landskap*.
- Strand. (1967). Høydekurver for bjørk. Kap IX side 291: Produksjonstabeller for bjørk. *Medd. Norske Skogforsk.* 22:265-365.
- Svendsrud, A. (2001). Tabeller for beregning av verdien av skogbestand. Rev.utg. *Rapport fra skogforskningen*: Supplement 17. 30 s.
- Søgaard, G., Eriksen, R., Astrup, R. & Øyen, B. H. (2012). Effekter av ulike miljøhensyn på tilgjengelig skogareal og volum i norske skoger. *Rapport fra Skog og Landskap 02/2012*: Skog og landskap.
- Tomter, S. (2017). *Masteroppgave* (e-post til Marius Bjørseth og Karstein G. Lona 28.02.2017).
- Triviño, M., Juutinen, A., Mazziotta, A., Miettinen, K., Podkopaev, D., Reunanen, P. & Mönkkönen, M. (2015). Managing a boreal forest landscape for providing timber, storing and sequestering carbon. *Ecosystem Services*, 14: 179-189.
- Tveite, B. (1967). Sambandet mellom grunnflateveid middelhøyde (HL) og noen andre bestandshøyder i gran- og furuskog. *Meddr. norske SkogforsVes.* 22: 483-538.
- Tveite, B. (1976). Bonitetskurve for furu. *Intern rapport. (Upublisert)*.
- Tveite, B. (1977). Bonitetskurver for gran. *Medd.Nor.inst.skogforsk.* 33:1-84.
- Xu, C.-Y., Turnbull, M. H., Tissue, D. T., Lewis, J. D., Carson, R., Schuster, W. S. F., Whitehead, D., Walcroft, A. S., Li, J. & Griffin, K. L. (2012). Age-related decline of stand biomass accumulation is primarily due to mortality and not to reduction in NPP associated with individual tree physiology, tree growth or stand structure in a Quercus-dominated forest. *Journal of Ecology*, 100 (2): 428-440.

Vedlegg

Vedlegg 1

Hogst-klasse	Bonitet	Flater med trær	Flater uten trær	Sum areal flater uten trær (ha)	Flatestørrelse før justering	Tillegg areal pr. flate	Justert areal	Justerings-faktor
II	8	97	9	407.10	45.237	4.197	49.434	0.915
	11	395	56	2533.08	45.237	6.413	51.650	0.876
	14	811	65	2940.18	45.237	3.625	48.862	0.926
	17	290	30	1357.00	45.237	4.679	49.916	0.906
	20	109	11	497.57	45.237	4.565	49.802	0.908
III	8	101	6	271.40	45.237	2.687	47.924	0.944
	11	296	5	226.17	45.237	0.764	46.001	0.983
	14	486	3	135.70	45.237	0.279	45.516	0.994
	17	230	3	135.70	45.237	0.590	45.827	0.987
	20	103	2	90.47	45.237	0.878	46.115	0.981
IV	8	652	27	1221.30	45.237	1.873	47.110	0.960
	11	1928	19	859.44	45.237	0.446	45.683	0.990
	14	1864	13	588.04	45.237	0.299	45.552	0.993
	17	644	3	135.70	45.237	0.211	45.448	0.995
	20	282	2	90.47	45.237	0.321	45.558	0.993
V	8	971	53	2397.38	45.237	2.469	47.706	0.948
	11	1371	35	1583.17	45.237	1.155	46.392	0.975
	14	856	8	361.87	45.237	0.423	45.660	0.991
	17	263	3	135.70	45.237	0.516	45.753	0.989
	20	64	2	90.47	45.237	1.414	46.651	0.970

Datsett Oppland med 11813 (hogstklasse II-V) + 1279 (hogstklasse I) = 13092 prøveflater

Vedlegg 2

Hogst-klasse	Bonitet	Flater med trær	Flater uten trær	Sum areal flater uten trær (ha)	Flatestørrelse før justering	Tillegg areal pr. flate	Justert areal	Justerings-faktor
II	8	92	23	1055.37	45.886	11.47	57.357	0.800
	11	402	62	2844.92	45.886	7.077	52.963	0.866
	14	677	76	3487.32	45.886	5.151	51.037	0.899
	17	214	18	825.94	45.886	3.860	49.745	0.922
	20	83	8	367.09	45.886	4.423	50.309	0.912
III	8	87	1	45.89	45.886	0.527	46.413	0.989
	11	186	5	229.43	45.886	1.233	47.119	0.974
	14	388	0	0	45.886	0	45.886	1.000
	17	170	2	91.77	45.886	0.540	46.426	0.988
	20	111	1	45.89	45.886	0.413	46.299	0.991
IV	8	656	24	1101.26	45.886	1.679	47.564	0.965
	11	1313	11	504.74	45.886	0.384	46.27	0.992
	14	1409	8	367.09	45.886	0.261	46.146	0.994
	17	690	6	275.31	45.886	0.399	46.285	0.991
	20	333	1	45.89	45.886	0.138	46.024	0.997
V	8	965	38	1743.66	45.886	1.807	47.693	0.962
	11	1030	25	1147.14	45.886	1.114	46.999	0.976
	14	818	12	550.63	45.886	0.673	46.559	0.986
	17	276	4	183.54	45.886	0.665	46.551	0.986
	20	92	0	0	45.886	0	45.886	1.00

Datsett Buskerud med 9992 (hogstklasse II-V) + 1131 (hogstklasse I) = 11123 prøveflater



Norges miljø- og biovitenskapelig universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway