



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

Masteroppgave 2016
30 stp

Kontroll av skogbruksplandata i Melhus kommune

Control of forest management planning data in the
municipality of Melhus

Bente Husby
Skogfag

Forord

Denne masteroppgaven på 30 studiepoeng markerer slutten på 5 års studier på skogfag ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). Oppgaven er skrevet for ALLSKOG, skogeiersamvirket nordafjells, som har gjort en skogbruksplantakst i Melhus kommune og ønsker en evaluering av denne. Denne oppgaven tar i hovedsak for seg feil og konsekvenser av feil i skogbruksplanlegging.

Veileder for oppgaven har vært professor Tron Eid ved Institutt for naturforvaltning, NMBU. En stor takk rettes til han for verdifull hjelp i oppstartsperioden med opplæring i statistikkprogrammet SAS og for veiledning underveis i oppgaven. Jeg vil også si takk til ALLSKOG med plansjef Vegard Aune og regionleder Arvid Eriksen i spiss. Takk for at jeg fikk skrive oppgaven for dere og for gode samtaler under hele min studietid.

Feltarbeidet ble gjort sommeren 2015 sammen med min bror, Erik Husby. Takket være deg fikk vi klavet nesten 8000 trær registrert på 496 prøveflater. Takk rettes også til familie og venner som har vært til god hjelp under feltarbeidet.

I tillegg vil jeg takke alle som har vært til hjelp for å opprettholde min trivsel i studietiden, da spesielt mine klassekamerater, min samboer Svein-Anders, Trøndernes Fagforening og Feminin & Fornem.

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Ås, 5. mai 2016

Bente Husby

Sammendrag

Informasjon om ressursene som finnes i skogen er viktig. Hvert år takseres mellom 300 000 og 400 000 hektar (ha) skog i Norge. Ingen skogtakster er helt nøyaktige, og begrepet feil brukes som uttrykk for usikkerhet på resultatet. Hvis det oppstår feil i målinger virker det inn på takstresultatet, og dermed også ressursbeskrivelsen i en skogbruksplan. Beslutninger tas på grunnlag av ressursbeskrivelsen hvor feil informasjon kan gi feil behandling, og dette vil kunne gi en mindre nåverdi for skogeier ved for eksempel avvirkning. Hovedmålet med denne oppgaven var å finne ut om en kontrolltakst kan si noe om hvor nøyaktig skogbruksplantaksten i Melhus kommune er.

Kontrolltaksten var gjennomført som systematiske prøveflatetakster i 35 bestand i hogstklasse IV og V, med et gjennomsnitt på 14 prøveflater per bestand. Prøveflatestørrelsen var 200 m², og prøvetrær ble valgt ut med relaskopfaktor 6. Bonitering og aldersbestemmelse ble gjort på annen hver flate. Variablene som ble hentet ut av skogbruksplanen for hvert enkelt bestand og sammenlignet med en kontrolltakst var volum pr/ha, treslagsfordeling, grunnflate pr/ha, middelhøyde, treantall pr/ha, bonitet og alder. Skogbruksplantaksten ble gjennomført som en lasertakst. Simuleringsprogrammet GAYA ble brukt for å kvantifisere nåverditapet som følge av feil i skogbruksplantaksten.

Den gjennomsnittlige tilfeldige feilen for henholdsvis volum, grunnflate, middelhøyde, treantall, bonitet og alder i de 35 bestandene var henholdsvis 20,4%, 16,2%, 12,0%, 25,2%, 21,8% og 18,6%. Den systematiske feilen var henholdsvis -15,4%, -12,6%, -3,2%, -8,3%, -8,9% og 7,1%.

Med en rente på 3% resulterte det i et nåverditap på 447 kr/ha for bonitet, 62 kr/ha for alder, 384 kr/ha for volum kombinert med grunnflate, middelhøyde og treantall. Til sammen med alle feil kombinert ga dette et nåverditap på 949 kr/ha. De aller største tapene er knyttet til bestand med alder rundt økonomisk optimal hogstmodenthet og bestand med feil bonitet.

De totale kostnadene (takstkostnadene pluss kostnadene som følge av nåverditap) er høye, og det er derfor grunn til å tro at det vil være lønnsomt for skogeier å investere noe mer i skogbruksplantaksten for å få de totale kostnadene ned.

Abstract

Information about resources found in the forest is important. Annually between 300 000 and 400 000 hectares (ha) of forest land in Norway is inventoried. No forest inventories are entirely accurate, and the term error is used as an expression for uncertainty in the result. If there are errors in measurements this affect the inventory results, and thus the resource description in a forest management plan. Decisions are made based on the resource description where misinformation can give wrong treatment suggestions, which again may provide a lower net present value for forest owners when doing for example final harvests. The main objective of this exercise was to determine if a control inventory may say something about the accuracy of the forest management plans in Melhus municipality.

The control inventory was implemented as systematic sample plot inventories in 35 stands in development class IV and V, with an average of 14 sample plots per stand. The sample plot size was 200 m², and the sample trees were selected with a relascope using factor 6. Site quality and age determination were done for every second sample plot. The variables volume per/ha, species composition, basal area per/ha, mean height, number of stems/ha, site quality and age were compared for the forest management plan and the control inventory. The inventory method of the forest management plan was airborne laserscanning. The simulation program GAYA was used to quantify the net present value losses due to errors in the forest management plan.

The average random errors for volume, basal area, mean height, number of stems, site quality and age of the 35 stands were 20.4%, 16.2%, 12.0%, 25.2%, 21.8% and 18.6%, respectively while the respective systematic errors were -15.4%, -12.6%, -3.2%, -8.3%, -8.9% and 7.1%. With an interest rate of 3% the net present value losses were 447 NOK/ha for site quality, 62 NOK/ha for age and 384 NOK/ha for volume combined with basal area, mean height and number of trees. Combined for all variables, this gave a net present value loss of 949 NOK/ha. The largest losses were related to stands with ages around optimal economical rotation ages and stands with incorrect site quality.

The total cost (inventory costs plus costs as a result of net present value losses) are high, and it is reason to believe that it would be profitable for forest owners to invest more in the inventory phase in order to reduce the total costs.

Innholdsfortegnelse

Forord	I
Sammendrag	II
Abstract	III
1. Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Takstmetoder brukt i skogbruksplanlegging	2
1.3 Feil i takstdata	3
1.4 Konsekvenser av feil	5
1.5 Hvordan kvantifisere konsekvenser av feil	6
1.6 Problemstilling	7
2. Materiale og metode.....	8
2.1 Studieområdet.....	8
2.2 Datainnsamling og beregninger	9
2.2.1 Skogbruksplantaksten.....	9
2.2.2 Framskrivning av skogbruksplandata.....	10
2.2.3 Utvalg av bestand til kontroll	10
2.2.4 Kontrolltakst.....	11
2.2.5 Beregning av kontrolldata	13
2.2.6 Statistiske analyser	15
2.3 Konsekvenser av feil	16
3. Resultater.....	18
3.1 Sammenligning av kontrolldata og skogbruksplandata	18
3.1.1 Variasjoner innen bestand for volum og bonitet fra kontrolltaksten.....	18
3.1.2 Volum og treslagsfordeling	19
3.1.3 Grunnflate, middelhøyde og treantall.....	20

3.1.4 Bonitet og alder	23
3.2 Nåverditap som følge av feil i skogbruksplandata	24
4. Diskusjon.....	27
4.1 Variasjoner innen bestand og nøyaktighet i kontrolltaksten	27
4.2 Feilnivåer i skogbruksplan og kontroll.....	28
4.3 Mulige årsaker til feil	30
4.4 Konsekvenser av feil	32
4.5 Takstmetoden	33
5. Konklusjon	35
6. Litteratur.....	36
7. Vedlegg	39

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Informasjon om ressursene som finnes i skogen er viktig. God informasjon har blitt en forutsetning for å kunne gjennomføre tiltak i skogen og for å utnytte skogens økonomiske potensiale. I Norge er både stående volum og tilvekst fordoblet i løpet av de siste 70 årene (Hoen & Svendrud 2014). Totalt i perioden fra 2001 til 2012 var det gjennomført kartlegging av 3,7 millioner hektar produktiv skog på i alt 6 000 eiendommer (Tomter & Dalen 2014). Videre var over 1,5 millioner hektar under utarbeidelse i 2014, og muligens er tallet større i dag. Kartlegging av skog gjøres ikke bare for at skogeieren selv skal vite hvilke ressurser han/hun har, men også for at kjøpere skal vite hva de kjøper slik at de kan gi en god pris. Videre er industrien interessert i å vite hva som er tilgjengelig av tømmer, og stat og kommune trenger informasjon om skogressursene for å oppnå sine skogpolitiske målsetninger.

«Formålet med skogbruksplanleggingen er å fremme bærekraftig skogbruk med aktiv næringsmessig utnytting av skog- og utmarksressursene, og slik at biologisk mangfold, landskap, friluftsliv og kulturminner i skogen blir ivaretatt og videreutviklet» (Tomter & Dalen 2014).

Skogtaksering i Norge gjennomføres på to forskjellige geografiske skalaer med to ulike formål; landskogstakseringen med prøveflater over hele landet og lokale takster på kommunenivå gjort av skogeierforeningene (Næsset 2014). Den første landsskogstakseringen fant sted i 1919, mens de aller første takstene er datert tilbake til 1870-1880-årene. En systematisk utprøving av metodene fant ikke sted før i 1950-1960-årene. De første skogbruksplanene i Norge ble utarbeidet på 1940-tallet, og dette ble godt tatt imot av skogeierne siden det var bekymringer om at de ikke ville få nok tømmertilgang i framtiden (Eid et al. 2002). Et viktig skifte i teknologi og metodiske tilnærminger på 1970-tallet førte til at skogbruksplanleggingen i Norge utviklet seg meget raskt. I dag benyttes nesten bare fototakst og laserskanning i kartleggingen av skog. Den økte digitaliseringen av både datainnsamling og bruk av data gjør det mye mer effektivt enn tidligere.

Dataene fra skogtaksten danner grunnlaget for skogbruksplaner. For å sikre at produksjonen av skogbruksplaner fortsetter gir staten skattefordeler og direkte tilskudd. Over 50% av dette blir dekket av tilskuddsmidler fra staten. Prosessen fram til en ferdig plan er komplisert, og det er

mange muligheter for å gjøre feil. Hvis skogbruksplandataene er for unøyaktig, kan dette føre til en ikke-optimal plan som igjen fører til at ressursene ikke blir utnyttet optimalt (Islam et al. 2009). Hovedmålet i skogbruksplanarbeidet vil alltid være å få mere og bedre data til lavere kostnader. Avveiningen mellom å forbedre forvaltningsplanene og samtidig kontrollere kostnadene ved å samle inn mere data er en utfordrende jobb for takstselskapene (Duvemo & Lämås 2006).

1.2 Takstmetoder brukt i skogbruksplanlegging

Tidligere var taksering av skog utelukkende basert på manuelle feltmetoder, mens i dag blir takseringen i mindre og mindre grad utført i felt. Dette har sammenheng med at det er kostbart med manuell taksering i felt samtidig som ny teknologi er utviklet. Mellom 1950- og 1970-tallet ble skogbruksplantakstene gjennomført som en bestandsvis relaskoptakst der relaskopet ble brukt til å produsere volumestimer og treslagsfordeling, mens bonitet, behandlingsforslag og andre egenskaper som kan være til nytte ble bestemt ved målinger eller skjønn i felt (Næsset 2014). Relaskopet er et sikteinstrument som brukes til å måle grunnflate på skjønnsmessig valgte steder i bestandet, og deretter brukes bestandsvolumfunksjoner eller –tabeller for å bestemme volum basert på grunnflate og middel høyde i bestandet (Fitje 1989).

Fra 1970- til 1990-tallet var stereo fotogrammetri, støttet av geografiske informasjonssystem (GIS), den mest vanlige metoden for bestandstakster (Næsset 2014). På starten av 1990-tallet ble det vanlig med takster for hele kommuner basert på fototakst (områdetakst). Her ble flyfoto brukt til å danne en terrengmodell, deretter ble skogen delt inn i registreringsenheter, som oftest i bestand. Både målingen og tolkningen av bestandene ble gjort på data i 3D på flybildene. Variabler som bonitet, hogstklasse, treslag, tetthetsklasse ble klassifisert skjønnsmessig, mens middel høyde og tetthet ble målt slik at volum kunne beregnes ut fra disse dataene. Tolkninger og målinger i flybilder var i stor grad basert på skjønn, erfaring og lokalkjennskap (Fitje 1989). Denne metoden var veldig tidsbesparende sammenlignet med de eldre metodene hvor en ikke får den samme helhetlige oversikten over skogen.

Allerede i 1997 ble den digitale fotogrammetrien introdusert for skogsektoren, og etter det skulle områdetakstene utvikle seg til å benytte tredimensjonale (3D) punktskyer (laserskanning) for å

beregne bestandsvis volum og andre estimater (Næsset 2002b). Dette har nå blitt den aller mest brukte og minst tidkrevende metoden for taksering av skog. Også norske forskere var ledende i denne utviklingen, og de fant at laserskanning var en mer nøyaktig metode for både middelhøyde (Næsset 1997b), bestandsvolum (Næsset 1997a), i tillegg til høyde og treantall i yngre bestand (Næsset & Bjerknes 2001). Litt senere har forskning også vist at laserskanning har mer presise estimater for grunnflate, høyde og treantall sammenlignet med fototakst (Eid et al. 2004). Selve laserskanningen fungerer som et ekkolodd (Hauglin & Eid 2012). Pulser med laserlys sendes fra et fly og ned til bakken for å måle avstanden. Lyspulsene blir reflektert av vegetasjonen og bakken, og avstanden måles for hver eneste puls som sendes ut. Det er en GPS og avansert navigasjonsutstyr som bestemmer flyets posisjon og avstanden ned til bakken. Resultatet av dette er en punktsky med alle treff laserpulsene har hatt på bakken. Dette danner så en terrengmodell, og man får et godt bilde av hvor høy trærne er og hvor tett vegetasjonen er. Disse faktorene er viktige for å kunne bestemme kubikkmassen på et gitt areal (Næsset 2002a). Til slutt er det nødvendig at det legges ut prøveflater i felt som brukes som referansemålinger. Prøveflatetakst er den sikreste metoden for å få mest nøyaktige data, men den desidert mest tidkrevende. Den er basert på målinger på et systematisk nett av sirkulære flater jevnt fordelt over et større område (ofte en kommune).

1.3 Feil i takstdata

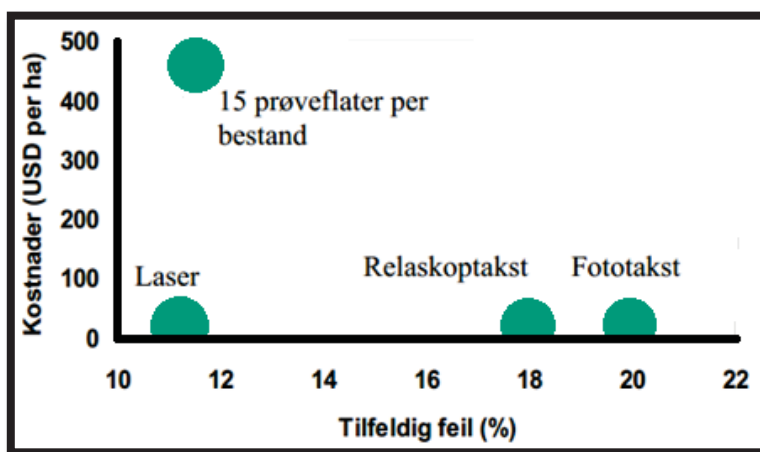
Definisjonen av feil er differansen mellom målt verdi og "riktig" verdi (Hauglin & Eid 2012). Den "riktige" verdien kan for eksempel være basert på en kontrolltakst som er mer nøyaktig enn den målte verdien. Begrepet feil brukes også som uttrykk for usikkerhet på resultatet (Hauglin & Eid 2012). Man vet ofte ikke for hvilke størrelser feilene oppstår eller hvor store de er.

Det kan oppstå både tilfeldige og systematiske feil i en skogtakst. Dette gjelder for alle variablene som fremkommer i en skogbruksplan. Tilfeldige feil skyldes dels variasjonen i skogen og dels tilfeldige målefeil (Nersten & Hobbeltstad 1994). Disse feilene kan slå ut i begge retninger. Tilfeldige målefeil kan for eksempel komme av at vi noen ganger måler høyden av trær for høyt, og noen ganger måler for lavt. Slike feil kan beskrives ved hjelp av standardavviket til differansene mellom målte data (for eksempel skogbruksplandata) og «riktige» data (for eksempel data fra en kontrolltakst) (Eid 1993). Systematiske feil kan forekomme når

instrumenter har feil eller ved feil bruk av dem. De kan også oppstå om man benytter volumfunksjoner som systematisk undervurderer eller overvurderer volum. Det som er karakteristisk for de systematiske feilene er at de ensidig slår ut i én retning (Fitje 1989). Systematiske feil kan kontrolleres og ofte korrigeres hvis man kjenner dem.

Vi kan også få representasjonsfeil hvis størrelsen som blir målt ikke samsvarer med det den skal måle (Hauglin & Eid 2012). For eksempel kan utvalget av prøveflater ved en takst ikke være representativt for resten av bestandet, og da kan den systematiske feilen bli stor. Andre feil kan være metodefeil som skyldes metodikken i taksten, eller grove feil som ofte skyldes latskap eller feiltolkning (Hauglin & Eid 2012).

Tidligere er det gjennomført flere studier som går ut på nøyaktighet og feil i skogtakst (Eid 1992; Eid & Nersten 1996; Eid 1996; Eid & Næsset 1998; Eid 2003; Næsset 2007). Kontrollene er gjennomført som intensive prøveflatetakster innen bestand. Alle disse undersøkelsene viser at det i større eller mindre grad er feil på alle variabler som inngår i en skogbruksplantakst. Figur 1 viser et eksempel på hvordan fire forskjellige takstmetoder ved bestemmelse av volum står overfor hverandre i forhold til kostnader og tilfeldig feil. Man kan tydelig se at en lasertakst både er rimelig og nøyaktig. Ved sammenligning mellom lasertakst og prøveflatetakst ser man at de har den samme nøyaktigheten, men prøveflatetakst er flere ganger så kostbar. Relaskoptakst og fototakst bringer med seg forholdsvis store tilfeldige feil i denne oversikten.



Figur 1: Takstmetoder sammenlignet med hensyn på kostnader og nøyaktighet (Næsset 2003).

1.4 Konsekvenser av feil

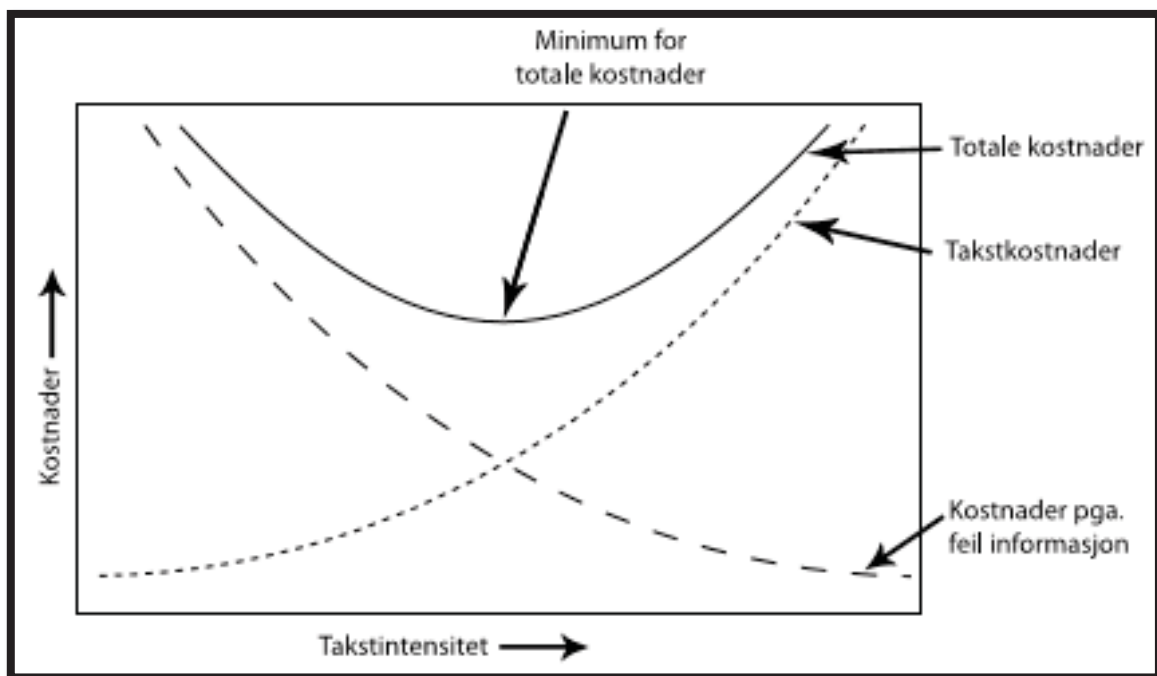
Størrelsen på feilen er selvsagt viktig for konsekvensene av feilen (Eid et al. 1993). Hvis det oppstår feil i målinger virker det inn på takstresultatet, og dermed også ressursbeskrivelsen i en skogbruksplan (Eid 1991). Beslutninger for skogbehandling tas på grunnlag av informasjonen i planen, og hvis den har store feil vil beslutningene bli tatt med feil informasjon som igjen fører til en «feil» behandling som ikke er optimal. Dette kan for eksempel skje hvis volum i bestandet er feil, noe som gir feil hogstkvantum ved avvirkning. Eller ved feil alder som fører til for tidlig eller for sen hogst i forhold til det som er optimalt. Alle slike feil vil gi en lavere nåverdi enn det som er optimalt for skogeier.

Det er en fordel å se på taksten og beslutningene i sammenheng, slik at man kan legge opp til mer effektive takstmetoder for å spare kostnader samtidig (Eid 1991). Da får man en sammenheng mellom forventet feil og konsekvensene for den aktuelle beslutningen. Eid (1991) viser at selv ved moderate, systematiske målefeil, blir effektene og nåverditapene av feilene store. Feil i boniteringen, for eksempel en overvurdering, kan gi lavere nåverdi fordi planting anbefales framfor naturlig foryngelse som ville vært mest lønnsomt i et slikt tilfelle. Tidspunkt for hogst av skogen er den viktigste informasjonen skogeier trenger. I tillegg ønsker skogeier som oftest å få høyest mulig netto nåverdi for skogen sin. En målsetting ved planleggingen av et takstopplegg kan dermed være å definere den største feilen takstdataene kan ha samtidig som de gir en akseptabel nøyaktighet i behandlingsforslaget (Kangas et al. 2011)

I beslutningsorientert skogbruksplanlegging skal verdien av informasjonen kunne si hvilke bestand som bør ha mer intensiv oppfølging enn andre bestand med et lavere potensiale for produksjon (Eid 2000). Dette gjelder også hvis den neste behandlingen er gitt. For eksempel hvis et bestand med bonitet $H40=20m$ anslås å ha en alder rundt 100 år, gir det ingen mening i å gå inn med intensive målinger for å bestemme alder. Her blir uansett behandling satt til sluttavvirkning. Dermed trenger man ikke mer informasjon, fordi verdien av informasjon allerede er lav (Kangas 2010). Det går også fram av Eid (2000) at skogeiendommer med lavere boniteter og en større del yngre skog har et lavere nåverditap enn skogeiendommer med gode boniteter og som nærmer seg hogstmodenhetsalder. Derfor er god informasjon viktig for å kunne ta de riktige beslutningene (Kangas 2010).

1.5 Hvordan kvantifisere konsekvenser av feil

Cost-plus-loss-analyser som et mulig verktøy for planlegging og taksering i skog ble introdusert av Hamilton (1978). I slike analyser forsøker en å minimere de totale kostnadene som er summen av takstkostnadene og kostnadene som oppstår på grunn av feil informasjon. Slike analyser kan også brukes til å diskutere om skogeier virkelig har fått det han/hun har betalt for. Med høy nøyaktighet på takst kan skogeier risikere å betale for mye slik at han/hun ikke får nytte av hele produktet. Da ønsker skogeier selvfølgelig en rimeligere takst med mindre informasjon og mindre nøyaktighet. Motsatt kan skogeier ha betalt for lite for en takst, og dermed ikke fått all informasjon som trengs. I dette tilfellet kan skogeier være interessert i å betale mer for høyere nøyaktighet eller mer informasjon.



Figur 2: Kostnader fordelt på takstintensitet, fra Eid et al. (2004).

Figur 2 viser sammenhengen mellom kostnad og takstintensitet. Når takstintensiteten øker, øker også takstkostnadene. Ved å ha en lav takstintensitet gir det høye kostnader på grunn av feil informasjon (eventuelt for lite informasjon). Alternativt kan man ha en høy takstintensitet som gir lave kostnader på grunn av feil informasjon, men som blir kostbart på grunn av arbeidsmengde. I slike analyser er det derfor viktig å se på takstkostnadene og kostnadene på grunn av feil i sammenheng. Den optimale takstintensiteten er den som gir minst totale

kostnader. Man må vite hvilken informasjon man trenger enten som skogeier eller som takstselskap. Det skal være mulig for takstselskapet å få tak i den informasjonen man trenger til beslutningstaking med færre kostnader hvis man konsentrerer seg om den relevante informasjonen (Kangas 2010). Kangas (2010) sier også at beslutningene kan forbedres med de samme kostnadene.

1.6 Problemstilling

I denne studien er det gjennomført en kontrolltakst i et utvalg av bestand fra skogbruksplantaksten i Melhus kommune, og hovedmålet er å finne ut hvor nøyaktige dataene i denne taksten er. Oppgaven er ment å kunne gi innspill til ALLSKOGs planavdeling slik at de kan bli mer oppmerksomme på og få bedre innsikt i nøyaktigheten og konsekvensene av feil ved skogbruksplanlegging.

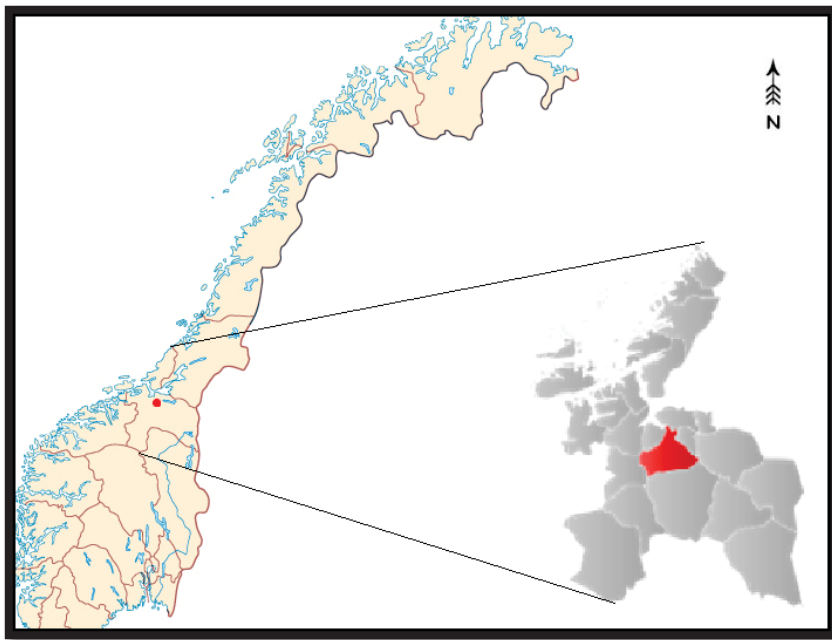
Oppgaven består dermed av følgende to delspørsmål:

1. Hvilke systematiske- og tilfeldige feil finner vi i skogbruksplantaksten?
2. Hvilke økonomiske konsekvenser kan dette gi for skogeier?

2. Materiale og metode

2.1 Studieområdet

Studieområdet er lokalisert i Melhus kommune (UTM 32 V, 63°16'59.9"N 10°16'53.9"E) i Sør-Trøndelag fylke (Figur 3). Melhus er en landbrukskommune med sjølinje og har arealer opp til 850 meter over havet på det høyeste. Kommunen har ca. 650 skogeiendommer over 25 dekar (daa), og de fleste skogeierne er gårdsskogeiere. Gjennomsnittseiendommen har ca. 550 daa produktiv skog (SSB 2014).



Figur 3: Oversiktskart over Norge med Sør-Trøndelag fylke uthevet og Melhus kommune markert i rødt.

Geografisk strekker den midtnorske granskogregionen seg fra Trollheimen og Dovre i sør til Saltfjellet i nord (Øyen 2005). Skogen i Melhus kommune består hovedsakelig av gran (*Picea abies*), men det er også spredte forekomster av furu (*Pinus sylvestris*) og ulike lauvtreslag med mest bjørk (*Betula pubescens*) og gråor (*Alnus incana*). Lauvtreslag finnes gjerne på høye boniteter, mens gran og furu vokser på henholdsvis middels/høy og lave boniteter. Selv om det er gran som står for den største volumøkningen, er lauvet på god vei til å overta skogløse områder både på gamle beiter og arealer opp mot fjellet. Fordelingen i hogstklasser i denne kommunen er ujevn. Faktisk er over 50% av den produktive skogen i hogstklasse V. Volumet som er hogstmodent står i stor grad på lavere boniteter og i bratt terreng. Generelt er bonitetene mye

lavere i Melhus kommune sammenlignet med Østlandet. Det er også en stor del sjiktet skog som er naturlig forynget i området, men bestandsskogbruket er i ferd med å ta over, også på de lavere bonitetene.

2.2 Datainnsamling og beregninger

2.2.1 Skogbruksplantaksten

Planavdelingen i ALLSKOG utarbeider skogbruksplaner for store arealer hvert år. I tillegg til skogbruksplantakster foretar de også andre typer takster som landbrukstakst, vernetakst, biologisk kartlegging, miljøregistrering og GIS-analyser. ALLSKOGs planavdeling gjorde nylig en takst i Melhus kommune. Taksten omfatter et totalt skogareal på 695 000 daa, 310 000 daa av dette var produktivt skogareal med en årlig tilvekst på 91 000 m³. Tilsammen dekket bestillingene av skogbruksplaner 82% av totalt skogareal. Dette ga en pris til skogeier på 10,15 kr/daa i tillegg til et fastledd på 2 000 kr per eiendom. Forrige takst ble gjennomført som en fototakst mellom 1993 og 1996, og mye har skjedd med skogtilstanden siden den tid. Blant annet har foryngelsen hatt en veldig positiv utvikling, og stående kubikkmasse har økt med hele 39% på de 20 årene.

Skogbruksplantaksten ble gjennomført ved bruk av laserskanning og fototakst. Det går fram av prosjektrapporten at denne lasertaksten inneholder to forskjellige datasettyper. Et datasett som dekker det vestlige området (Sone A), og et annet som dekker det østlige området (Sone B). Mellom disse områdene ble et overlappsområde brukt til å finne ut hvilke funksjoner og laserdata som skulle behandles felles og hvilke som skulle behandles separat. Laserskanningen ble gjennomført sommeren 2011 i Sone B med laser ALS50, mens i 2012 ble Sone A taksert med laser ALS70. Begge laserne har en punkttetthet på ett punkt per m². Prøveflatetaksten for kalibrering av laserdata ble gjort august/september 2013. Her ble totalt 190 prøveflater med et areal på 250 m² (radius lik 8,92 m) taksert. Volumet i prøveflatetaksten ble regnet med enkeltrefunksjonene til Braastad (1966), Brantseg (1967) og Vestjordet (1967). Fototakst ble brukt til en bestandsinndeling i 2D på originalflybildene fra 2011 og 2012 med støtte i topptreff fra laser (høyde) og gammel takst. Laserdata og prøveflatedata fra felt ble kombinert i regresjonsfunksjoner for ulike strata, og disse ble igjen kombinert med bestandsinndelingen. Nedre klavegrense som er brukt i regresjonsberegningene er 10 cm i hogstklasse IV og V. Det

ble ikke funnet signifikant forskjell mellom de to laserskanningene, Sone A og Sone B, og derfor ble det besluttet å benytte den siste skanningen fra 2012 for overlappsområdet. Skogeierne i Melhus kommune fikk skogbruksplanen i januar 2015.

De variablene som er hentet ut av skogbruksplanen for hvert enkelt bestand og sammenlignet med en kontrolltakst er volum pr/ha, treslagsfordeling basert på volum, grunnflate pr/ha, middelhøyde, treantall pr/ha, bonitet og alder.

2.2.2 Framskriving av skogbruksplandata

Siden skogbruksplantaksten og kontrolltaksten ikke ble gjennomført på samme tidspunkt, ble dataene fra skogbruksplantaksten framskrevet. Skogbruksplantaksten ble avsluttet august/september 2013 og kontrolltaksten juli/august 2015. I og med at høyde og diametertilvekst skjer hovedsakelig fra slutten av mai til juli ble skogbruksplantaksten framskrevet med to vekstsesonger. Ved framskriving av skogbruksplandataene ble følgende metoder benyttet for hver variabel. Alder ble enkelt framskrevet med to år. I beregningen av nytt volum etter to vekstsesonger ble årlig bestandstilvekst oppgitt i skogbruksplanen lagt til to ganger på oppgitt volum per bestand i planen. Når det gjelder framskriving av middelhøyde i to vekstsesonger ble figur B8 og B9 (årlig høydetilvekst på overhøydetrærne hos henholdsvis gran og furu) fra Håndbok for planlegging i skogbruket brukt (Anonym 1987). Videre ble grunnflate framskrevet med løpende tilvekst per år for grunnflate basert på produksjonstabeller fra Norsk skoghåndbok. Tilslutt ble nytt treantall beregnet ved hjelp av Tabell 3 i (Eid & Tuhus 2001). Her ble det forutsatt en naturlig avgang på 0,72% og 0,45% av treantallet hvert år for henholdsvis gran og furu.

2.2.3 Utvalg av bestand til kontroll

Totalt ble fire skogeiendommer valgt ut i kommunen, og fra dem ble 35 bestand valgt ut fra bestandslisten. Det ble kun valgt ut bestand i hogstklasse IV og V, og de er fordelt på ulike boniteter og høyde over havet. Det ble også gjort forsøk på å fordele jevnt på gran og furubestand, men grana dominerer de trønderske skoger og dermed ble det en overvekt av

granbestand i utvalget. Bestand langt fra vei og i svært ulendt terreng ble utelatt. Lauvbestand og de aller eldste barbestand ble også utelatt fra kontrolltaksten. I Tabell 1 kan man se hvordan de utvalgte bestandene fordeler seg på de fire skogeiendommene og på hovedtreslag, bonitetsklasse og hogstklasse.

Tabell 1: Antall utvalgte bestand totalt, og antall bestand fordelt på hovedtreslag, bonitetsklasser og hogstklasser.

Skog	Antall bestand							
	Totalt	Hovedtreslag		Bonitetsklasse (H40, m)			Hogstklasse	
		Gran	Furu	6 – 8	11 – 14	17 – 20	IV	V
1	6	6	-	1	1	4	4	2
2	9	7	2	3	5	1	2	7
3	12	10	2	2	1	9	7	5
4	8	3	5	5	3	-	6	2
Totalt	35	26	9	11	10	14	19	16

2.2.4 Kontrolltakst

Kontrolltaksten ble gjennomført som systematiske prøveflatetakster i alle 35 bestand sommeren 2015 (se detaljert takstinstruks i Vedlegg 1). I hvert bestand ble det lagt ut et systematisk linjenett, og linjeretningen ble justert etter bestandsformen. Den aller første takstlinja ble lagt en halv takstlinjeavstand fra bestandsgrensens ytterpunkt. Første prøveflate lå deretter en halv prøveflateavstand fra bestandskant, målt langs den første takstlinja. Avstanden fra siste prøveflate på første takstlinje til bestandskant er inkludert i total avstand når stedet for første prøveflate på andre takstlinje bestemmes. Avstander mellom takstlinjer og prøveflater ved ulike bestandsareal er vist i Tabell 2. Antall prøveflater er også justert noe etter bestandsarealet. Det ble benyttet minst 13 og maks 17 prøveflater i kontrolltaksten.

Tabell 2: Avstander mellom takstlinjer og prøveflater ved ulike bestandsareal. I tillegg er det oversikt over antall prøveflater ved ulike bestandsareal.

Bestandsareal (daa)	Avstand (m) mellom		Antall flater
	Takstlinjer	Prøveflater	
4	20	15	13
6	20	20	13
8	25	25	13
10	25	25	14
12	30	30	14
14	30	30	14
16	35	30	15
18	35	35	15
20	35	35	15
25	40	40	16
30	45	40	16
35	45	45	16
40	50	45	17
45	50	50	17
50	55	50	17

Tabell 3 viser antall flater fordelt på de fire skogeiendommene totalt og per bestand.

Kontrolltaksten består av totalt 496 prøveflater, og har et gjennomsnitt på 14,2 prøveflater per bestand.

Tabell 3: Antall flater totalt og per bestand, og antall prøvetrær totalt, per bestand og per flate.

Skog	Antall flater		Antall prøvetrær		
	Totalt	Per bestand	Totalt	Per bestand	Per flate
1	83	13,8	208	34,7	2,5
2	132	14,7	239	26,6	1,8
3	167	13,9	352	29,3	2,1
4	114	14,3	283	35,4	2,5
Totalt	496	14,2	1082	31,5	2,2

I denne taksten er prøveflateradiusen 7,98 meter, som tilsier at arealet på prøveflata blir 200 m².

Alle trær med diameter 4 cm og større ble klavet, og diameterne registrert treslagsvis i 2 cm diameterklasser. Alle trær er klavet i brysthøyde (1,3 meter over midlere marknivå). I etterkant viste det seg at klavegrensen for lasertaksten var 10 cm for hogstklasse IV og V. Dermed ble de tre laveste diameterklassene eliminert fra beregningene. Det ble tatt utgangspunkt i grunnflata i skogbruksplanen når man skal ta ut prøvetrær. Dette ble gjort med relaskop med faktor 6, som tilsvarer 2,45 cm spalteåpning 50 cm fra øyet. Tabell 4 viser hvilke relaskoptrær som ble tatt ut til prøvetrær.

Tabell 4: Relaskoptrær som skal tas ut som prøvetrær.

Grunnflate fra skogbruksplantakst	Trenummer i relaskop med faktor 6	
	Rene bestand	Blandingsbestand
< 11 m ² /ha	Alle	Alle
12 - 19 m ² /ha	1, 3, 5, 7, 9, 11, osv.	Alle
20 - 29 m ² /ha	3, 6, 9, 12, 15, osv.	2, 4, 6, 8, 10, osv.
30 - 39 m ² /ha	5, 10, 15, 20, osv.	3, 6, 9, 12, 15, osv.
> 40 m ² /ha	6, 12, 18, 24, osv.	3, 6, 9, 12, 15, osv.
Rene bestand har 80% (eller mer) volum av et treslag		

Trær i relaskopet utenfor prøveflata og døde trær er ikke tatt med som prøvetrær. Siktingen med relaskopet startet konsekvent mot nord, og gikk videre mot høyre med urviseren. For hvert prøvetre ble det registrert treslag, diameter og høyde. Totalt ble det tatt ut 1082 prøvetrær fordelt på 826 grantrær, 231 furutrær og 25 lauvtrær. Det vil si et gjennomsnitt på 31,5 prøvetrær per bestand og 2,2 prøvetrær per prøveflate (Tabell 3).

På annen hver prøveflate (nr. 1, 3, 5, osv.) ble det bonitert etter hovedtreslaget fra skogbruksplanen. Bonitetstreet ble tatt ut som det grøvste treet på prøveflata. På dette treet ble treslag, høyde (målt med Vertex høydemåler) og husholdningsalder registrert. På flater uten egnede bonitetstre, ble boniteringen gjort på neste prøveflate. For trær som har fått vokst fritt ble husholdningsalderen brukt direkte, mens for trær med tett kjerne ble husholdningsalderen justert etter vanlige regler fra Fitje (1989). Det ble også registrert alder på de prøveflatene (nr. 2, 4, 6, osv.) som ikke ble bonitert. Det er gjennomført på det første treet som gikk med i relaskopet på prøveflata. Alderen er målt som ved bonitering. Det er ikke gjort aldersbestemmelse på lauvtrær.

2.2.5 Beregning av kontrolldata

I dette avsnittet beskrives de viktigste punktene i hvordan treslagsvis volum/ha per prøveflate og bestand ble beregnet. I tillegg er det redegjort for hvordan de andre variablene ble bestemt (se også Vedlegg 2).

Aller først ble det beregnet volum uten bark og tariffvolum ut fra prøvetredatene for hvert prøvetre. Det er forholdet mellom disse som gir korreksjonsfaktoren for hvert treslag på hver flate som brukes til å beregne volum på hele prøveflata. Her ble det benyttet volumfunksjoner for enkelttrær (Braastad 1966; Brantseg 1967; Vestjordet 1967) for henholdsvis lauv, furu og gran. I de samme rapportene finnes også funksjoner som beregner dobbelt barktykkelse. Volumet

beregnes ut fra målt høyde og diameter til samme tre under bark for gran og furu, mens i funksjonene for lauv er diameter under bark eneste variabel. Beregnet volum for alle treslag ble redusert med 3% fordi en antar det er dårligere form på trærne i Trøndelag i forhold til på Østlandet, der det aller meste av datagrunnlaget til volumfunksjonene er hentet fra. Når det gjelder tariffvolumet ble det beregnet på samme måte, men med høyden etter høydeklasse 1.0 og tilhørende diameter under bark. Et forholdstall for hvert prøvetre ble beregnet for å vise forholdet mellom treets virkelige volum uten bark med riktig høyde, og tariffvolumet.

For å beregne prøveflatenes volum ble det videre beregnet en korreksjonsfaktor som gjennomsnitt av prøvetrærnes forholdstall på hver enkelt prøveflate (se Vedlegg 3). Tilslutt ble korreksjonsfaktoren kalkulert på de prøveflatene der det manglet prøvetrær for et treslag ut fra et gjennomsnitt i bestandet. Der det heller ikke fantes prøvetrær av et treslag i hele bestandet, ble flatevolum som tariffvolum beregnet utfra treslagsvis gjennomsnittlig korreksjonsfaktor for bestandet. For å finne flatevolum pr/ha må tariffvolum for alle klavetrær på prøveflata være summert treslagsvis. Totalt volum for hvert treslag finnes ved å multiplisere tariffvolumet med treslagets korreksjonsfaktor. Tilslutt ble dette summert for hvert treslag for å finne prøveflatas totale volum.

Prøveflatenes grunnflate pr/ha ble beregnet utfra prøveflatestørrelsen og summen av grunnflaten til alle klavede trær på prøveflata. Alle prøveflatenes middelhøyde ble beregnet som aritmetisk middel av alle høydene for de prøvetrærne som finnes på prøveflata. Totalt treantall pr/ha ble funnet utfra prøveflatestørrelsen og summen av alle klavede trær på flata. Boniteten på prøveflatene ble beregnet utfra brysthøydealderen som er gjennomsnittlig årantall i brysthøyde for de samme trærne (Fitje 1989). Bonitetskurver angir overhøydens utvikling over brysthøydealder. Hvis man tar utgangspunkt i bestandets overhøyde og brysthøydealder brukes bonitetskurvene til å bestemme høydeboniteten (H40), som er definert som overhøyden (i meter) ved brysthøydealder 40 år (Tveite 1976; Tveite 1977). Den totale husholdningsalderen ble funnet ved å beregne summen av den målte brysthøydealder og standardtall for den tid trærne trenger for å nå brysthøyde (Fitje 1989). Bestandsvis volum pr/ha, grunnflate pr/ha, middelhøyde, treantall pr/ha, bonitet og alder ble alle beregnet som aritmetisk middel av prøveflatene.

2.2.6 Statistiske analyser

De statistiske analysene ble gjort ved hjelp av programmet SAS® 9.4 (SAS Institute Inc.).

For alle variabler ble differansene mellom kontrolltaksten og skogbruksplantaksten beregnet etter følgende formel:

$$D_i = P_i - K_i$$

hvor

D_i er differansen mellom skogbruksplantakst og kontrolltakst for bestand i , når $i = 1, 2, \dots, n$.

P_i er bestandsverdien i skogbruksplantaksten for bestand i , $i = 1, 2, \dots, n$.

K_i er bestandsverdien for kontrolltaksten for bestand i , $i = 1, 2, \dots, n$.

Videre ble gjennomsnittlig differanse mellom skogbruksplantakst og kontrolltakst brukt som mål på systematiske feil:

$$\bar{D} = \frac{(\sum_{i=1}^n D_i)}{n}$$

Tilslutt ble standardavviket til differansen mellom skogbruksplantakst og kontrolltakst brukt som mål for tilfeldige feil:

$$s = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2}}{(n - 1)}$$

En t-test basert på parvise observasjoner ble brukt for å finne ut om differansene mellom verdier fra skogbruksplantakst og kontrolltakst var signifikant forskjellige fra 0. Det ble benyttet både 1%- og 5%-nivå. Disse beregningene ble gjort for alle variablene det er sammenlignet med; volum (m^3/ha), grunnflate (m^2/ha), middelhøyde (m), treantall (pr/ha), bonitet (m), og alder (år).

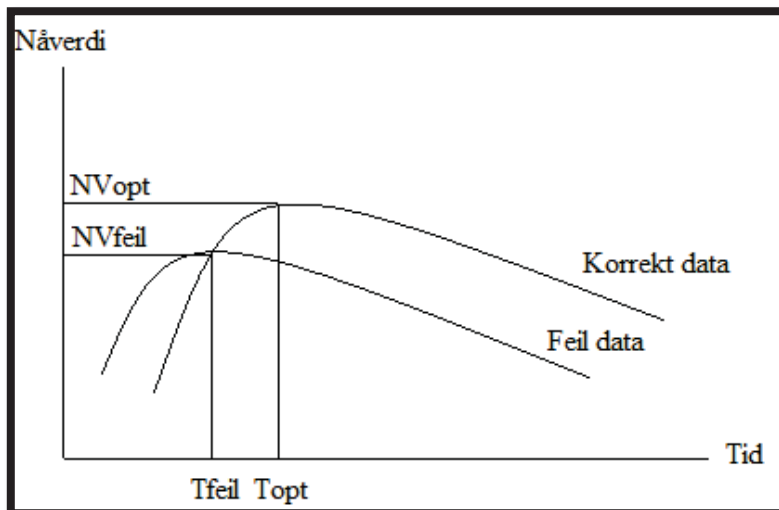
Resultatene er gruppert per skog, hogstklasse IV og V, bonitetsgruppe 1, 2 og 3, volumgruppe 1, 2 og 3, per hovedtreslag, arealgruppe 1, 2 og 3, sone A og B og totalt.

2.3 Konsekvenser av feil

Skogbruksplantaksten ble så vurdert ved hjelp av en cost-plus-loss-analyse hvor takstkostnader og nåverditap som følge av feil i taksten ble kvantifisert.

For å simulere behandlingsforslag og nåverdi for alle bestand ble simuleringsprogrammet GAYA benyttet (Hoen & Eid 1990; Hoen & Gobakken 1997). GAYA beskriver utviklingen at et skogbestand basert på informasjon om middeltreet, og gir på grunnlag av dette og forutsetninger for skogbehandling, en nåverdi i kroner for hele bestandet (Hoen & Gobakken 1997). Det er også mulig å studere effektene av feil, både tilfeldige og systematiske. Det ble benyttet ferdig innstilte kommandoer som bruker tilstandsvariabler og kontrollvariabler for å beslutte en behandling for hvert enkelt bestand som kjøres i programmet. I prinsippet er dette en konsekvensanalyse hvor to behandlinger av et bestand vurderes opp mot hverandre, det vil si en behandling basert på «riktig» informasjon (kontrolldata) og «feil» informasjon (skogbruksplandata). Tapet kvantifiseres ved å beregne differansen i nåverdi mellom simuleringen basert på kontrolldataene og skogbruksplandataene.

For alle bestand ble utviklingen simulert for 10 10-årsperioder, til sammen 100 år. Et avkastningskrav på 3% ble benyttet. Det eneste tiltaket som ble vurdert i denne oppgaven var sluttavvirkning (tidspunkt) med påfølgende planting. I simuleringene ble sluttavvirkning med påfølgende planting forutsatt å kunne skje ved aldre mellom 50 og 170 år. Det ble forutsatt at det plantes i gjennomsnitt 1800 planter pr/ha til 5 kr stykket.



Figur 4: Her er en illustrasjon av hvordan nåverditap oppstår på grunn av feil i taksten og påfølgende feil i timing av hogsttidspunkt (Eid 2000).

Figur 4 illustrerer hvordan nåverditapene oppstår ved bruk av feilaktige data. Den øverste linjen viser den sanne nåverdien for hogst ved forskjellige aldre basert på de korrekte dataene, mens den nederste linjen representerer nåverdien ved bruk av feilaktige data. Når beslutningen er basert på feilaktige data blir hogsten foretatt på tiden T_{feil} i stedet for T_{opt} , og nåverditapet blir da differansen på NV_{opt} og NV_{feil} .

3. Resultater

3.1 Sammenligning av kontrolldata og skogbruksplandata

3.1.1 Variasjoner innen bestand for volum og bonitet fra kontrolltaksten

Tabell 5 viser en oversikt over volumvariasjonene innen bestand basert på kontrolltaksten på skognivå, ulike grupperinger og totalt. Det framgår av tabellen at gjennomsnittlig variasjonskoeffisient for volum er 40,3%, mens middelfeilen er 10,0%.

Når det kommer til de ulike grupperingene kan man se at hogstklasse V har 44,6% i variasjonskoeffisient og 11,6% i middelfeil som er større enn hos hogstklasse IV med henholdsvis 36,7% og 8,9%. Det samme gjelder for ulike bonitetsgrupper. Det største utslaget for variasjonskoeffisienten får man når det sorteres på volumgrupper. Der varierer variasjonskoeffisienten fra 30,8% til 47,3%, mens middelfeilen går fra 8,3% til 12,4%, med de største verdiene for volumgruppen med lavest volum per ha (se Vedlegg 4).

Tabell 5: Volumvariasjoner innen bestand på skognivå, med ulike grupperinger og totalt.

Variabel	Antall bestand	Flater pr bestand	Snitt (m ³ /ha)	St.avvik (m ³ /ha)	Var.k. (%)	Middelfeil	
						(m ³ /ha)	(%)
Skog 1	6	13,8	332,0	118,2	37,9	31,7	9,5
Skog 2	9	14,7	194,5	89,9	46,3	23,7	12,2
Skog 3	12	13,9	320,4	108,3	35,5	29,1	9,1
Skog 4	8	14,3	150,7	59,4	42,6	15,8	10,5
Hogstklasse IV	19	14,1	282,3	94,8	36,7	25,3	8,9
Hogstklasse V	16	14,3	214,4	93,2	44,6	24,9	11,6
Bongrp. 1 >14 m	16	14,0	363,6	126,0	35,3	33,8	9,3
Bongrp. 2 8-14 m	13	14,4	177,2	72,7	43,0	19,2	10,8
Bongrp. 3 <8 m	6	14,2	111,9	55,3	47,8	14,6	13,1
Volgrp. 1 >400 m ³	5	14,4	474,8	149,2	30,8	38,4	8,3
Volgrp. 2 400-200	14	13,9	301,4	108,2	35,8	29,2	9,7
Volgrp. 3 <200 m ³	16	14,3	137,4	64,5	47,3	17,0	12,4
Hovedtreslag gran	28	14,0	283,3	105,3	40,1	28,2	10,0
Hovedtreslag furu	7	14,9	123,0	49,2	41,4	12,7	10,3
Areal 1 >20 da	14	15,4	223,1	81,0	39,8	20,8	9,3
Areal 2 10-20 da	7	14,1	360,1	124,1	35,3	32,8	9,1
Areal 3 <10 da	14	13,0	225,0	43,4	43,4	25,5	11,4
Sone A	26	14,0	270,9	95,5	38,3	25,6	9,4
Sone B	9	14,7	194,5	89,9	46,3	23,7	12,2
Totalt	35	14,2	251,2	94,1	40,3	25,1	10,0

Tabell 6 viser variasjonene i bonitet på hver enkelt skog, ulike grupperinger og totalt. Det framgår av tabellen at variasjonskoeffisienten totalt for alle bestand er 21,6%, mens middelfeilen er på 6,2%. Her er det også små variasjoner mellom de ulike skogene, med unntak av skog 2 som drar opp gjennomsnittet litt.

De andre grupperingene gir en del variasjoner. Hogstklasse IV har en variasjonskoeffisient på 14,5% mens hogstklasse V har tilsvarende på 29,9%. Når det gjelder bonitetsgrupper og volumgrupper er også variasjonen også stor. Det framgår for eksempel av tabellene at variasjonskoeffisienten og middelfeilen er størst på de laveste bonitetene (se Vedlegg 4).

Tabell 6: Bonitetsvariasjoner innen bestand på skognivå, med ulike grupperinger og totalt.

Variabel	Antall bestand	Flater pr bestand	Snitt (m)	St.avvik (m)	Var.k. (%)	Middelfeil	
						(m)	(%)
Skog 1	6	13,8	16,9	2,3	21,2	0,9	5,1
Skog 2	9	14,7	11,7	2,7	28,6	1,0	8,6
Skog 3	12	13,9	17,1	2,3	17,6	0,9	5,0
Skog 4	8	14,3	10,7	2,2	19,9	0,8	7,4
Hogstklasse IV	19	14,1	17,2	2,2	14,5	0,8	4,8
Hogstklasse V	16	14,3	10,7	2,6	29,9	1,0	8,9
Bongrp. 1 >14 m	16	14,0	20,4	2,2	10,9	0,8	4,0
Bongrp. 2 8-14 m	13	14,4	10,6	2,7	24,8	1,0	9,2
Bongrp. 3 <8 m	6	14,2	5,7	2,3	43,1	0,9	15,3
Volgrp. 1 >400 m ³	5	14,4	21,7	2,0	9,1	0,7	3,3
Volgrp. 2 400-200	14	13,9	17,2	2,3	14,5	0,9	5,0
Volgrp. 3 <200 m ³	16	14,3	9,3	2,6	31,6	1,0	10,2
Hovedtreslag gran	28	14,0	15,6	2,5	20,5	0,9	6,0
Hovedtreslag furu	7	14,9	8,9	2,0	26,0	0,7	8,0
Areal 1 >20 da	14	15,4	12,4	2,5	24,3	0,9	7,1
Areal 2 10-20 da	7	14,1	17,9	2,2	14,3	0,8	4,6
Areal 3 <10 da	14	13,0	14,3	2,4	22,4	0,9	6,4
Sone A	26	14,0	15,1	2,3	19,1	0,8	5,6
Sone B	9	14,7	11,7	2,7	28,6	1,0	8,6
Totalt	35	14,2	14,2	2,4	21,6	1,0	6,2

3.1.2 Volum og treslagsfordeling

I Tabell 7 sammenlignes volum/ha i skogbruksplantakst og kontrolltakst. Sammenligningen er gjort for hvert bestand, men det er gruppert på skognivå, hogstklasse, bonitetsgruppe, volumgruppe, hovedtreslag, sone og totalt for alle bestand. I gjennomsnitt for alle bestand er volum i kontrolltaksten 15,4% høyere enn i skogbruksplantaksten, som gir en differanse signifikant forskjellig fra null på 1%-nivå. Tabell 7 viser også standardavviket til differansen mellom skogbruksplanen og kontrolltaksten, som vi si den tilfeldige feilen for skogbruksplantaksten. Det framgår av tabellen at i gjennomsnitt for alle bestand er den tilfeldige feilen 20,4%. En ser også at den tilfeldige feilen er størst i skog 2, på lavere boniteter og i bestand med lavt volum for de ulike grupperingene.

Gruppering på skog viser også at det er en differanse signifikant forskjellig fra null på 5%-nivå i skog 1, mens skog 3 har en systematisk differanse på 1 %-nivå. For de to skogene er volumet undervurdert med henholdsvis 19,0% og 19,4%. Videre viser også Tabell 7 flere systematiske differanser på både 5% og 1%-nivå, som alle kommer av en undervurdering av volum i skogbruksplantaksten.

Tabell 7: Sammenligning av skogbruksplantakst og kontrolltakst, og standardavvik for differansen mellom skogbruksplan og kontroll for volum i m³/ha på skognivå og ulike grupperinger.

Variabel	Antall bestand	Volum (m ³ /ha)		Differanse		Signifikans-nivå	St. avv. diff	
		Plan	Kontroll	(m ³ /ha)	(%)		(m ³ /ha)	(%)
Skog 1	6	268,9	332,0	-63,2	-19,0	0,0282 (*)	50,6	15,2
Skog 2	9	165,7	194,5	-28,8	-14,8	0,0887	44,6	22,9
Skog 3	12	258,1	320,4	-62,3	-19,4	0,0020 (**)	54,0	16,7
Skog 4	8	154,8	150,7	4,1	2,7	0,5909	20,2	13,4
Hogstklasse IV	11	237,7	282,3	-44,5	-15,8	0,0020 (**)	53,9	19,1
Hogstklasse V	24	182,7	214,4	-31,7	-14,8	0,0195 (*)	48,5	22,6
Bongrp. 1 >14 m	16	294,9	363,6	-68,7	-18,9	0,0001 (**)	53,5	14,7
Bongrp. 2 8-14 m	13	164,9	177,2	-12,3	-7,0	0,2487	36,7	20,7
Bongrp. 3 <8 m	6	96,2	111,9	-15,7	-14,1	0,1892	25,3	22,6
Volgrp. 1 >400 m ³	5	356,8	474,8	-118,0	-24,9	0,0004 (**)	24,2	5,1
Volgrp. 2 400-200	14	251,2	301,4	-50,2	-16,7	0,0006 (**)	41,8	13,9
Volgrp. 3 <200 m ³	16	133,7	137,4	-3,8	-2,7	0,5855	27,0	19,6
Hovedtreslag gran	28	232,6	283,3	-50,7	-17,9	0,0000 (**)	49,6	17,5
Hovedtreslag furu	7	132,5	123,0	9,5	7,8	0,2232	18,6	15,1
Sone A	26	228,8	270,9	-42,1	-15,5	0,0004 (**)	53,6	19,8
Sone B	9	165,7	194,5	-28,8	-14,8	0,0886	44,6	22,9
Totalt	35	212,6	251,2	-38,7	-15,4	0,0000 (**)	51,1	20,4
Signifikant systematisk differanse på 5% nivå (*), 1% nivå (**)								

3.1.3 Grunnflate, middelhøyde og treantall

Tabell 8 sammenligner skogbruksplantakst og kontrolltakst for grunnflate. Her er det også gjort en sammenligning for det enkelte bestand med de samme grupperingene som for volum. Det går fram av tabellen at i gjennomsnitt for alle bestand er grunnflata 12,6% høyere i kontrolltaksten. Dette er den systematiske feilen. Standardavviket til differansen i gjennomsnitt for alle bestand, som tilsvarer den tilfeldige feilen, er på 16,2%. Det kan også ses i Tabell 8 at skog 3 har en differanse signifikant forskjellig fra null. Grunnflata blir i skogbruksplantaksten undervurdert med 16,0%. Den samme tabellen viser også ved gruppering på hogstklasse, høy bonitet, høyt volum, hovedtreslag gran, sone A og totalt har samtlige grupperinger en systematisk signifikante differanser som varierer mellom 11,6% og 19,5%.

Tabell 8: Sammenligning av skogbruksplantakst og kontrolltakst, og standardavviket for differansen mellom skogbruksplan og kontroll på grunnflate m²/ha på skognivå og ulike grupperinger.

Variabel	Antall bestand	Grunnflate (m ² /ha)		Differanse		Signifikans-nivå	St. avv. diff	
		Plan	Kontroll	(m ² /ha)	(%)		(m ² /ha)	(%)
Skog 1	6	33,5	39,6	-6,1	-15,4	0,0650	6,3	16,0
Skog 2	9	22,6	25,7	-3,1	-11,9	0,1054	5,0	19,6
Skog 3	12	30,8	36,6	-5,9	-16,0	0,0016 (**)	4,9	13,4
Skog 4	8	22,9	23,3	-0,4	-1,7	0,6056	2,1	9,1
Hogstklasse IV	19	30,2	34,2	-4,0	-11,6	0,0018 (**)	4,7	13,8
Hogstklasse V	16	24,0	27,8	-3,9	-14,0	0,0144 (*)	5,6	20,2
Bongrp. 1 >14 m	16	34,8	40,2	-5,4	-13,4	0,0013 (**)	5,5	13,6
Bongrp. 2 8-14 m	13	23,3	25,5	-2,2	-8,6	0,1211	4,7	18,6
Bongrp. 3 <8 m	6	16,2	20,0	-3,8	-19,1	0,0731	4,1	20,6
Volgrp. 1 >400 m ³	5	40,4	20,2	-9,8	-19,5	0,0031 (**)	3,4	6,8
Volgrp. 2 400-200	14	31,0	35,6	-4,6	-12,9	0,0052 (**)	5,1	14,4
Volgrp. 3 <200 m ³	16	20,1	21,6	-1,5	-1,5	0,1301	3,8	17,7
Hovedtreslag gran	28	29,0	33,9	-4,8	-14,3	0,0000 (**)	5,2	15,3
Hovedtreslag furu	7	20,6	21,0	-0,4	-1,8	0,7281	2,7	12,7
Sone A	26	29,0	33,2	-4,2	-12,8	0,0003 (**)	5,2	15,5
Sone B	9	22,6	25,7	-3,1	-11,9	0,1054	5,0	19,6
Totalt	35	27,3	31,3	-3,9	-12,6	0,0001 (**)	5,1	16,2
Signifikant systematisk differanse på 5% nivå (*), 1% nivå (**)								

I Tabell 9 sammenlignes middelhøyde i skogbruksplantakst og kontrolltakst. Det framgår av tabellen at i gjennomsnitt for alle bestand er middelhøyde 3,2% høyere i kontrolltaksten enn i skogbruksplantaksten. Standardavviket til differansen er på 12,0%. Lave boniteter, lavt volum og hovedtreslag furu skiller seg ut ved at skogbruksplan har en overvurdering av middelhøyden. For skog 1 er det en differanse signifikant forskjellig fra null som gir en undervurdering av middelhøyde i skogbruksplanen på 1,3 meter, eller 6,4%. På de andre grupperingene har middelhøyde en undervurdering som er signifikant i hogstklasse IV, bonitetsgruppe 1, volumgruppe 1 og 2 og hovedtreslag gran, som gir en differanse på henholdsvis 4,9%, 9,2%, 8,2%, 6,7% og 6,2%.

Tabell 9: Sammenligning av skogbruksplantakst og kontrolltakst, og standardavviket for differansen mellom skogbruksplan og kontroll for middelhøyde på skognivå og ulike grupperinger.

Variabel	Antall bestand	Middelhøyde (m)		Differanse		Signifikans-nivå	St. avv. diff	
		Plan	Kontroll	(m)	(%)		(m)	(%)
Skog 1	6	18,3	19,5	-1,3	-6,4	0,0370 (*)	1,1	5,6
Skog 2	9	17,4	18,4	-1,0	-5,5	0,1675	2,0	10,8
Skog 3	12	18,9	19,8	-0,9	-4,5	0,2610	2,6	13,2
Skog 4	8	16,7	15,9	0,8	5,2	0,3109	2,1	13,5
Hogstklasse IV	19	18,0	18,9	-0,9	-4,9	0,0498 (*)	1,9	10,1
Hogstklasse V	16	17,8	18,0	-0,2	-1,1	0,7592	2,5	14,0
Bongrp. 1 >14 m	16	19,5	21,5	-2,0	-9,2	0,0000 (**)	0,9	4,0
Bongrp. 2 8-14 m	13	17,2	17,2	0,0	0,2	0,9493	2,1	12,4
Bongrp. 3 <8 m	6	15,1	13,5	1,7	12,7	0,1682	2,6	19,3
Volgrp. 1 >400 m ³	5	20,3	22,1	-1,8	-8,2	0,0002 (**)	0,3	1,5
Volgrp. 2 400-200	14	19,1	20,4	-1,4	-6,7	0,0076 (**)	1,6	8,0
Volgrp. 3 <200 m ³	16	16,2	16,7	0,5	3,0	0,4745	2,6	16,3
Hovedtreslag gran	28	18,4	19,6	-1,2	-6,2	0,0005 (**)	1,6	8,3
Hovedtreslag furu	7	16,1	14,2	1,9	13,2	0,1071	2,6	18,4
Sone A	26	18,1	18,5	-0,4	-2,4	0,3313	2,3	12,4
Sone B	9	17,4	18,4	-1,0	-5,5	0,1675	2,0	10,8
Totalt	35	17,9	18,5	-0,6	-3,2	0,1226	2,2	12,0
Signifikant systematisk differanse på 5% nivå (*), 1% nivå (**)								

Tabell 10 sammenligner skogbruksplantakst og kontrolltakst for treantall. Den systematiske feilen ligger på 8,3%, mens den tilfeldige er på 25,2%. Det framgår videre av tabellen at hogstklasse IV, hovedtreslag gran og sone A har en signifikant differanse på 5%-nivå som er forskjellig fra null. Her er skogbruksplantaksten undervurdert med henholdsvis 12,6%, 9,6% og 10,4%.

Tabell 10: Sammenligning av skogbruksplantakst og kontrolltakst, og standardavviket for differansen mellom skogbruksplan og kontroll for treantall på skognivå og ulike grupperinger.

Variabel	Antall bestand	Treantall (n)		Differanse		Signifikans-nivå	St. avv. diff	
		Plan	Kontroll	(n)	(%)		(n)	(%)
Skog 1	6	820	864	-44	-5,1	0,5926	188	21,7
Skog 2	9	622	624	-1	-0,2	0,9841	179	28,7
Skog 3	12	782	916	-134	-14,6	0,0652	226	24,7
Skog 4	8	600	643	-43	-6,7	0,4723	160	24,9
Hogstklasse IV	19	788	902	-114	-12,6	0,0247 (*)	202	22,4
Hogstklasse V	16	608	612	-4	-1,0	0,9254	170	27,8
Bongrp. 1 >14 m	16	861	968	-107	-11,1	0,0924	239	24,7
Bongrp. 2 8-14 m	13	622	623	-1	-0,2	0,9800	149	24,0
Bongrp. 3 <8 m	6	476	558	-82	-14,7	0,1467	117	21,0
Volgrp. 1 >400 m ³	5	871	1075	-203	-18,9	0,0636	179	16,6
Volgrp. 2 400-200	14	806	903	-97	-10,8	0,1124	214	23,7
Volgrp. 3 <200 m ³	16	567	557	10	1,8	0,8026	153	27,5
Hovedtreslag gran	28	749	828	-79	-9,6	0,0495 (*)	203	24,6
Hovedtreslag furu	7	535	537	-1	-0,3	0,9810	143	26,7
Sone A	26	735	820	-85	-10,4	0,0372 (*)	197	24,0
Sone B	9	622	624	-1	-0,2	0,9841	178	28,7
Totalt	35	706	769	-64	-8,3	0,0605	194	25,2
Signifikant systematisk differanse på 5% nivå (*), 1% nivå (**)								

3.1.4 Bonitet og alder

I Tabell 11 sammenlignes skogbruksplantakst og kontrolltakst for bonitet. Sammenligningen er også her gjort for hvert bestand, og gruppert på skognivå, hogstklasse, bonitetsgruppe, volumgruppe, hovedtreslag, sone og totalt for alle bestand. Det framgår av tabellen at i gjennomsnitt for alle bestand er bonitet 8,9% høyere i kontrolltaksten enn i skogbruksplantaksten. Standardavviket til differansen er på 21,8%. Tabellen viser også for bestand med lav bonitet, lavt volum og hovedtreslag furu blir bonitet undervurdert i skogbruksplantaksten, og i tillegg er det flere grupper som viser en differanse signifikant forskjellig fra null.

Tabell 11: Sammenligning av skogbruksplantakst og kontrolltakst og standardavviket for differansen mellom skogbruksplan og kontroll for bonitet på skognivå og ulike grupperinger.

Variabel	Antall bestand	Bonitet H40 (m)		Differanse		Signifikans-nivå	St. avv. diff	
		Plan	Kontroll	(m)	(%)		(m)	(%)
Skog 1	6	14,5	16,9	-2,4	-14,4	0,2055	4,1	24,2
Skog 2	9	11,7	11,7	0,0	-0,4	0,9608	2,9	25,0
Skog 3	12	15,5	17,1	-1,6	-9,3	0,1103	3,2	18,6
Skog 4	8	9,5	10,7	-1,2	-11,6	0,1930	2,4	22,8
Hogstklasse IV	19	14,2	17,2	-3,0	-17,6	0,0000 (**)	2,4	13,7
Hogstklasse V	16	11,6	10,7	0,8	7,7	0,2212	2,6	24,1
Bongrp. 1 >14 m	16	16,8	20,4	-3,6	-17,6	0,0000 (**)	1,9	9,1
Bongrp. 2 8-14 m	13	10,5	10,6	0,0	-0,4	0,9491	2,5	23,8
Bongrp. 3 <8 m	6	8,0	5,7	2,3	40,7	0,0298 (*)	1,9	33,1
Volgrp. 1 >400 m ³	5	17,6	21,7	-4,1	-18,7	0,0210 (*)	2,5	11,3
Volgrp. 2 400-200	14	14,6	17,2	-2,6	-15,0	0,0025 (**)	2,6	15,0
Volgrp. 3 <200 m ³	16	10,1	9,3	0,8	8,3	0,2253	2,4	26,1
Hovedtreslag gran	28	13,9	15,6	-1,7	-10,7	0,0062 (**)	3,0	19,1
Hovedtreslag furu	7	9,3	8,9	0,4	4,0	0,7866	3,4	37,6
Sone A	26	13,4	15,1	-1,7	-11,1	0,0108 (*)	3,1	20,6
Sone B	9	11,7	11,7	-0,1	-0,4	0,9608	2,9	25,0
Totalt	35	13,0	14,2	-1,3	-8,9	0,0220 (*)	3,1	21,8
Signifikant systematisk differanse på 5% nivå (*), 1% nivå (**)								

Tabell 12 viser en sammenligning mellom skogbruksplantakst og kontrolltakst for alder. I gjennomsnitt for alle bestand kan man se i tabellen at skogbruksplantaksten er overvurdert med 7,1%, som tilsvarer en systematisk feil. Standardavviket til differansen er på 18,6%.

Når det gjelder om differansen er signifikant forskjellig fra null, så skiller skog 1 seg ut med en overvurdering av alder i skogbruksplantaksten på 17,2%. Det framgår også av tabellen at det er flere differanser som er signifikante på ulike grupperinger.

Tabell 12: Sammenligning av skogbruksplantakst og kontrolltakst, og standardavviket for differansen mellom skogbruksplan og kontroll for alder på skognivå og ulike grupperinger.

Variabel	Antall bestand	Alder (år)		Differanse		Signifikans-nivå	St. avv. diff	
		Plan	Kontroll	(år)	(%)		(år)	(%)
Skog 1	6	94,5	80,6	13,9	17,2	0,0042 (**)	6,8	8,5
Skog 2	9	117,6	116,8	0,8	0,7	0,9180	22,2	19,0
Skog 3	12	86,6	79,7	6,9	8,6	0,1694	16,2	20,3
Skog 4	8	97,6	90,8	6,8	7,5	0,3141	17,8	19,6
Hogstklasse IV	19	75,9	68,8	7,2	10,4	0,0214 (*)	12,4	18,0
Hogstklasse V	16	125,1	119,4	5,7	4,8	0,3122	21,8	18,3
Bongrp. 1 >14 m	16	72,6	64,6	8,0	12,5	0,0010 (**)	7,9	12,2
Bongrp. 2 8-14 m	13	112,4	105,4	7,0	6,6	0,2297	19,9	18,9
Bongrp. 3 <8 m	6	137,0	135,7	1,3	1,0	0,9150	28,4	20,9
Volgrp. 1 >400 m ³	5	76,0	64,0	12,0	18,7	0,0492 (**)	9,6	15,0
Volgrp. 2 400-200	14	88,8	78,6	10,2	13,0	0,0141 (**)	13,5	17,2
Volgrp. 3 <200 m ³	16	113,9	112,3	1,5	1,4	0,7706	20,7	18,5
Hovedtreslag gran	28	98,3	88,4	9,9	11,2	0,0041 (**)	16,7	18,9
Hovedtreslag furu	7	99,1	106,1	-7,0	-6,6	0,1656	11,7	11,0
Sone A	26	91,8	83,3	8,5	10,2	0,0077 (**)	14,9	17,9
Sone B	9	117,6	116,8	0,8	0,7	0,9180	22,2	19,0
Totalt	35	98,4	91,9	6,5	7,1	0,0310 (*)	17,1	18,6
Signifikant systematisk differanse på 5% nivå (*), 1% nivå (**)								

3.2 Nåverditap som følge av feil i skogbruksplandata

Tabell 13 viser at det er skog 1 og 3 som har de største nåverditapene knyttet til feil i bonitet alene. I gjennomsnitt for alle bestand gir boniteringsfeil alene et nåverditap på 447 kr/ha.

Tabell 13: Nåverdidata med kun feil i bonitet totalt og per skog.

Skog	Antall bestand	Areal	Bonitet H40 (m)		Nåverdi Optimal (kr/ha)	Nåverdi Feil (kr/ha)	Nåverdi Tap (kr/ha)
		(ha)	Plan	Kontroll			
1	6	9,5	14,5	16,9	75040	73900	1140
2	9	18,1	11,7	11,7	36126	35889	237
3	12	15,2	15,5	17,1	76634	75986	648
4	8	13,0	9,5	10,7	22341	22341	0
Totalt	35	55,8	13,0	14,2	50574	50127	447

I Tabell 14 ser man konsekvensene for nåverdi med kun feil i aldersbestemmelse. Her er det skog 1 som skiller seg ut med et nåverditap på 351 kr/ha. I gjennomsnitt for alle bestand gir aldersfeil alene et nåverditap på 62 kr/ha.

Tabell 14: Nåverdidata med kun feil i alder totalt og per skog.

Skog	Antall bestand	Areal	Alder (år)		Nåverdi Optimal (kr/ha)	Nåverdi Feil (kr/ha)	Nåverdi Tap (kr/ha)
		(ha)	Plan	Kontroll			
1	6	9,5	94,5	80,6	75040	74689	351
2	9	18,1	117,6	116,8	36126	36119	7
3	12	15,2	86,6	79,7	76634	76634	0
4	8	13,0	97,6	90,8	22341	22341	0
Totalt	35	55,8	98,4	91,9	50574	50512	62

Ser man så på Tabell 15 så viser denne nåverdidata på skognivå med kun feil i volum kombinert med feil i grunnflate, middelhøyde og treantall. Det er skog 1 og 2 som skiller seg ut med feil i volum. Totalt gir en kombinert feil med volum, grunnflate, middelhøyde og treantall et nåverditap på 384 kr/ha.

Tabell 15: Nåverdidata med kun feil i volum kombinert med feil i grunnflate, middelhøyde og treantall totalt og per skog.

Skog	Antall bestand	Areal	Volum kombinasjon (m ³ /ha)		Nåverdi Optimal (kr/ha)	Nåverdi Feil (kr/ha)	Nåverdi Tap (kr/ha)
		(ha)	Plan	Kontroll			
1	6	9,5	268,9	332,0	75040	74534	506
2	9	18,1	165,7	194,5	36126	35208	918
3	12	15,2	258,1	320,4	76634	76634	0
4	8	13,0	154,8	150,7	22341	22341	0
Totalt	35	55,8	212,6	251,2	50574	50190	384

Nåverdi med optimal behandling, nåverdi ved feil behandling og nåverditapet gruppert på skog, hogstklasse, bonitet, volum, treslag, sone og areal finnes i Tabell 16. Her er feil for alle variable kombinert. Totalt nåverditap i gjennomsnitt for alle bestand er 949 kr/ha. Med 55,8 ha totalt gir det til sammen et tap på 52 954 kr for alle bestand (se Vedlegg 6). Det framgår av tabellen at høye og lave boniteter har et mye større nåverditap enn middels bonitet. Bestand med høyt volum, hovedtreslag gran, sone A og arealgruppe 2 er også knyttet til store nåverditap.

Tabell 16: Bestandsdata fra kontrolltakst og nåverdi med ulike grupperinger.

Variabel	Antall bestand	Areal	Bestandsinformasjon fra kontrolltakst				Nåverdi Optimal (kr/ha)	Nåverdi Feil (kr/ha)	Nåverdi Tap (kr/ha)
			Gr.flate	Mh	H40	Alder			
		(ha)	(m ² /ha)	(m)	(m)	(år)			
Skog 1	6	9,5	39,6	19,5	16,9	80,6	75040	73148	1892
Skog 2	9	18,1	25,7	18,4	11,7	116,8	36126	34856	1270
Skog 3	12	15,2	36,6	19,8	17,1	79,7	76634	75942	692
Skog 4	8	13,0	23,3	15,9	10,7	90,8	22341	22228	113
Hogstklasse IV	19	26,9	34,2	18,9	17,2	68,8	70346	69093	1253
Hogstklasse V	16	28,9	27,8	18,0	10,7	119,4	32190	31505	685
Bongrp. 1 >14 m	16	21,6	40,2	21,5	20,4	64,6	92904	91333	1571
Bongrp. 2 8-14 m	13	25,3	25,5	17,2	10,6	105,4	28651	28517	134
Bongrp. 3 <8 m	6	8,9	20,0	13,5	5,7	135,7	10161	8407	1754
Volgrp. 1 >400 m ³	6	8,2	50,2	22,3	21,8	63,4	122191	120083	2108
Volgrp. 2 400-200	14	24,6	35,6	20,2	16,4	83,0	61067	60215	852
Volgrp. 3 <200 m ³	15	23,0	21,6	15,4	9,2	111,7	21756	21051	705
Treslag 1 Gran	28	40,9	33,9	19,6	15,6	88,4	62446	61431	1015
Treslag 2 Furu	7	14,9	21,0	14,2	8,9	106,1	17986	17218	768
Sone A	26	37,7	33,2	18,5	15,1	83,3	57511	56716	795
Sone B	9	18,1	25,7	18,4	11,7	116,8	36126	34856	1270
Areal 1 >20 da	14	38,5	30,2	17,5	12,4	103,9	41032	40267	765
Areal 2 10-20 da	7	8,9	39,6	20,8	17,9	77,5	91386	89257	2129
Areal 3 <10 da	16	8,4	28,3	18,4	14,3	87,2	51067	50527	540
Totalt	35	55,8	31,9	18,4	13,8	94,5	50574	49625	949

4. Diskusjon

4.1 Variasjoner innen bestand og nøyaktighet i kontrolltaksten

Variasjonene mellom prøveflater innen bestand i denne oppgaven tar for seg variablene volum og bonitet. Variasjonene er beskrevet med standardavvik, variasjonskoeffisient og middelfeil i tall og i prosent. Tidligere er det gjort flere undersøkelser som tar for seg variasjoner i volum og bonitet som en del av studiet (Eid 1992; Eid et al. 1993; Eid & Nersten 1996; Eid 1996).

Totalt for alle bestand er variasjonskoeffisienten for volum funnet å være 40,3%, mens middelfeilen er 10,0% (Tabell 5). Sammenligner man dette med volumvariasjonen i tidligere undersøkelser (Eid 1992; Eid 1996; Eid & Nersten 1996) har de en variasjonskoeffisient mellom 37,2% og 52,7%, og en middelfeil mellom 9,9% og 12,8%. Det betyr at foreliggende oppgave varierer mindre og er mer nøyaktig enn gjennomsnittet fra tidligere undersøkelser for volum. Det fremgår av Tabell 5 at middelfeilen varierer mellom de ulike gruppene, men usikkerheten for volum er størst i hogstklasse V, på lave boniteter, i bestand med lavt volum og for bestand i sone B. Dette skyldes i hovedsak at variasjonene i slike bestand er noe større enn i de andre bestandene.

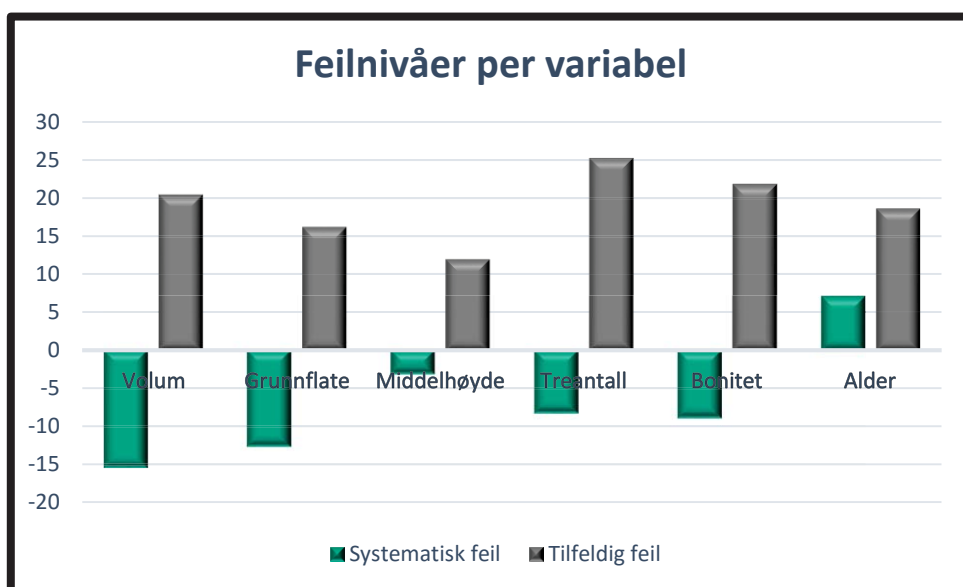
Når det gjelder bonitet er det funnet en gjennomsnittlig variasjonskoeffisient på 21,6%, og en middelfeil på 6,2% (Tabell 6). Sammenlignet med andre studier (Eid 1992; Eid et al. 1993; Eid & Nersten 1996; Eid 1996) har de variasjonskoeffisienter mellom 11,5% og 20,2%, mens middelfeilen ligger på et intervall fra 4,1% til 6,9%. Dette betyr at denne taksten varierer litt mere, og er litt mindre nøyaktig enn gjennomsnittet av tidligere undersøkelser. Tabell 6 viser også at middelfeilen varierer noe mellom de ulike gruppene, men her er usikkerheten størst i bestand med lave boniteter og i bestand med lavt volum. Dette skyldes også at disse gruppene har de største variasjonene.

Man kan se i både Tabell 5 og Tabell 6 at skog 2 har den største variasjonskoeffisienten og middelfeilen sammenlignet med de andre skogene. Det er stor grunn til å tro at dette kommer av at skogeiendommen har en høydeforskjell som er mye større enn de andre skogeiendommene. Skog 2 er spesielt uensartet i sine bestand med hensyn på både volum og bonitet. Det går også klart fram av disse to tabellene at bestand i Sone B har større variasjon og usikkerhet enn bestand tilhørende Sone A.

4.2 Feilnivåer i skogbruksplan og kontroll

Resultater fra denne oppgaven blir sammenlignet med det som er av gamle undersøkelser nevnt i kapittel 4.1, i tillegg til flere artikler hvor fototakst og lasertakst er kontrollert.

Figur 5 viser en oversikt over systematiske og tilfeldig feil fordelt på de ulike variablene. Det framgår av figuren for alle variablene, unntatt alder, at verdiene i kontrolltaksten er høyere enn verdien i skogbruksplantaksten, med størst avvik for volum og grunnflate. Det framgår også av figuren at de tilfeldige feilene varierer mellom 12% og 25,2% med den minste verdien for middelhøyde og den største for treantall. De neste sidene omhandler de ulike variablene og hvilke konsekvenser dette får for skogeier.



Figur 5: Oversikt over systematisk- og tilfeldig feil fordelt på variabel.

For volum pr/ha er den tilfeldige feilen, beregnet til å være 20,4%. Sammenlignet med andre undersøkelser med bruk av foto- og relaskoptakst varierer den tilfeldige feilen for volum pr/ha mellom 13% og 28% (Eid 1992; Eid 1996; Eid & Nersten 1996; Eid & Næsset 1998; Eid 2003; Næsset 1996). For lasertakst viser Næsset (2002a) og Næsset (2007) en tilfeldig feil mellom 11,4% og 14,2%. Det betyr at den tilfeldige feilen i foreliggende oppgave ligger over det som tidligere er undersøkt med laser, mens den ligger midt i intervallet for undersøkelser med foto- og relaskoptakst.

Den prosentvise differansen mellom skogbruksplandataene og kontrolldataene representerer den systematiske feilen i en takst. I den foreliggende skogbruksplantaksten er den systematiske feilen for volum pr/ha (Tabell 7) funnet å være -15,4%, noe som er en signifikant undervurdering av volum. Tidligere undersøkelser viser at den systematiske feilen for de samme undersøkelsene med foto- og relaskoptakst varierer mellom -5,1% og 6,5%. For lasertakst varierer den systematiske feilen i tidligere undersøkelser mellom 0% og 4,8%. Dette betyr at den systematiske feilen for volum i denne oppgaven er større enn det som tidligere er undersøkt.

Når det gjelder grunnflate (Tabell 8), er den tilfeldige feilen i kontrolltaksten funnet å være 16,2%. I tidligere undersøkelser er tilfeldige feil for foto- og relaskoptakst i et intervall mellom 15,9% og 22,9% (Eid 1996; Eid 2003; Eid et al. 2004). For lasertakst ligger den tilfeldige feilen mellom 8,6% og 11,8% (Eid et al. 2004; Næsset 2002a; Næsset 2007). Det framgår av resultatet at den tilfeldige feilen i denne oppgaven ligger i underkant av resultater for foto- og relaskoptakst, mens den ligger i overkant av resultatene for laser. Den systematiske feilen i foreliggende oppgave er beregnet til -12,6%. De systematiske feilene i de samme tidligere undersøkelsene for foto- og relaskoptakst er i et intervall mellom -4,4% og -9,6%, mens for lasertakst er feilene i et intervall mellom -2,2% og 3,8%. Dermed kan man se at denne aktuelle skogbruksplantaksten ligger over intervallene i tidligere undersøkelser for de systematiske feilene.

Ved sammenligning av skogbruksplandata og kontrolldata på middelhøyde (Tabell 9), har resultatene gitt en tilfeldig feil på 12,0%. Andre forskningsresultater med foto- og relaskoptakst viser at det finnes tilfeldig feil i et intervall mellom 8,7% og 11,2% (Eid & Nersten 1996; Eid 2003; Eid et al. 2004). For lasertakst ligger intervallet mellom 4,6% og 4,7% (Eid et al. 2004; Næsset 2007). Her ligger resultatet i denne oppgaven i overkant av det som er gjort tidligere. En systematisk feil er funnet å være -3,2%. I de samme avhandlingene for foto- og relaskoptakst er en systematisk feil identifisert på et intervall mellom -5,5% og 0%. For lasertakst ligger intervallet mellom -3,1% og -1,3%. Det betyr at systematisk feil i middelhøyde ligger henholdsvis innenfor og noe over intervaller fra tidligere undersøkelser. Man kan også se av de tidligere resultatene at den systematiske feilen for middelhøyde kan være større for foto- og relaskoptakst enn ved bruk av lasertakst (Eid 2003; Eid et al. 2004; Næsset 2007).

For treantallet (Tabell 10) er den tilfeldige feilen 25,2%. Her sammenlignes tallene med tidligere undersøkelser med foto- og relaskoptakst som viser at tilfeldig feil er i et intervall mellom 24,5%

og 33,5% (Eid & Nersten 1996; Eid 2003). Tidligere undersøkelser med lasertakst viser et intervall mellom 16,9% og 20,4% (Eid et al. 2004; Næsset 2002a; Næsset 2007). Her ligger altså den tilfeldige feilen i underkant og i overkant henholdsvis for foto- og relaskoptakst og lasertakst. Den systematiske feilen er funnet å være -8,3%. Her viser de samme tidligere undersøkelsene et intervall mellom -1% og -5% for foto- og relaskoptakst. Lasertaksten viser feil mellom 0% og -12%. Dermed kan resultatet i denne oppgaven sies å være innenfor intervallet for tidligere undersøkelser med lasertakst.

For bonitet (Tabell 11) kan man se av foreliggende oppgave at den tilfeldige feilen er 21,8%, mens den systematiske feilen er -8,9%. Tidligere undersøkelser har resultater for tilfeldige feil for bonitet i foto- og relaskoptakster som ligger i et intervall mellom 13,7% og 16,3% (Eid 1992; Eid & Nersten 1996; Eid 1996; Eid 2003). Den systematiske feilen i de samme undersøkelsene har et intervall mellom -7% og 6,2%. Det betyr at de tilfeldige og systematiske feilene i denne oppgaven ligger en del over det de tidligere undersøkelsene viser. Når det gjelder alder, ligger tilfeldig og systematisk feil på henholdsvis 18,6% og 7,1%. De samme undersøkelsene viser et intervall for tilfeldige feil mellom 11,1% og 21,4%, mens for systematisk feil et intervall mellom -6,1% og 4,5%. Her ligger resultatene i denne oppgaven over det andre undersøkelser viser for både tilfeldig- og systematisk feil.

4.3 Mulige årsaker til feil

I gjennomsnitt for alle bestand er det påvist signifikante forskjeller mellom skogbruksplandata og kontrolldata for volum, grunnflate, bonitet og alder (Tabell 7, 9 12 og 13). Når det gjelder middelhøyde og treantall (Tabell 9 og 11) er differansene mellom skogbruksplantaksten og kontrolltaksten mindre.

I gjennomsnitt for alle 35 bestand ligger skogbruksplanvolumet lavere enn i kontrollvolumet (Tabell 7). I kontrolltaksten er volumet justert ned med 3% fordi skogen i Trøndelag antas å ikke ha de samme vekstvilkårene som skogene på Østlandet og at en dermed forventer større avsmalning (se detaljer i kapittel 2.2.1). Det framgår ikke av prosjektrapporten om det er gjort en tilsvarende justering i prøveflatetaksten som er brukt for å kalibrere laserdataene. Dersom dette likevel er gjennomført kan en mulig årsak til det relativt lave volumet som framkommer i

skogbruksplantaksten være at det er redusert for mye. Dette er en problematikk som bør vurderes nærmere for framtidige skogbruksplantakster som gjennomføres i Trøndelag.

I Tabell 8 er det en sammenligning av skogbruksplan og kontroll for grunnflate. Der er det flere av grupperingene i tillegg til totalen som viser en undervurdering signifikant forskjellig fra null. Det er vanskelig å peke direkte på hvorfor dette skjer, men mulige årsaker kan være systematiske målefeil ved klaving av taksator eller behandling av tvilstrær på prøveflata. Dette kan gjelde for både kontrolltaksten og prøveflatetaksten som er gjort i forbindelse med korrigering av skogbruksplantaksten.

For middelhøyde (Tabell 9) er det en liten undervurdering i skogbruksplandataene i gjennomsnitt for alle bestand sammenlignet med kontrolldataene. Det går også fram av tabellen at bestand med lav bonitet og bestand med lavt volum har fått en overvurdering av middelhøyde i skogbruksplanen, og dette kan komme av at disse bestandene ofte er furubestand som også blir overvurdert (se Tabell9). I tillegg kan nok dette skyldes at det er lett for taksator å overse de små trærne. Når det kommer til treantall (Tabell 10) kan man også se at skogbruksplanen har undervurdert dette. Undersøkelser fra slutten av 1990-tallet og på starten av 2000-tallet viser til en betydelig større differanse (Eid et al. 2004; Næset 1996), mens en undersøkelse av Gobakken et al. (2015) viser at det nesten ikke er feil knyttet til registrering av treantall med laser-skanning.

Med en undervurdering på bonitet (Tabell 11) i skogbruksplandataene kan det føre til at det blir tatt gale beslutninger i planleggingsprosessen, som igjen gir konsekvenser for nåverdien ved avvirkning. Det er en klar tendens til underbonitering på høye boniteter, mens det er en overbonitering på lave boniteter. Dette gjelder også for bestand med lavt volum og til dels for hovedtreslag furu. Dette kan komme av at bestandene ikke er homogene, men består av trær i alle aldre som gir komplikasjoner ved fastsettelse av bonitet i skogbruksplantakst. Dette viser at boniteringssystemet med funksjoner ikke er tilpasset bestandsstrukturen til gammel skog med lav tetthet. I tillegg er høyden en viktig del av beregningen av bonitet, og den viser også en overvurdering hos de samme gruppene. En grunn til at bonitet undervurderes i bestand med lav produktivitet er at det ikke er redusert nok når husholdningsalder skal fastsettes. Dette gir problemer i bestand som er naturlig forynget og med stor aldersspredning. I tillegg er de laveste bonitetene furuboniteter.

Det framgår av Tabell 12 en sammenligning mellom skogbruksplantakst og kontrolltakst som viser differansen for alder. I skog 1 er det påvist en signifikant overvurdering av alder i skogbruksplanen. Alderen til de andre skogene er også overvurdert, men i mindre grad. Her er det en mulig forklaring at det ikke er redusert nok med hensyn til husholdningsalder i kontrolltaksten. Det er realistisk å tro at dette kommer av en stor aldersspredning i skog 1, men det er rett og slett registrert feil alder i skogbruksplanen da bestandene i skog 1 er relativt homogene. Det skal også nevnes at det har vært en registreringsfeil i korreksjonsrutinene ved fastsetting av husholdningsalder i kontrolltaksten. Dette går på at det ikke er redusert mange nok år for bestand med veldig gamle trær som kan ha stått undertrykt før plukkhogst. Fellesbetegnelse for disse bestandene med reduksjonskomplikasjoner er lav bonitet, heterogen skog med lav tetthet og høy alder. Dette gjør at alderen i kontrolltakst kan være litt for høy sammenlignet med virkeligheten. Det samme gjelder òg for registrering av bonitet, fordi for høy alder kan ha gitt for lav bonitet. Det vil si at differansen mellom skogbruksplantakst og kontrolltakst for bonitet skulle vært større, mens for alder lavere.

4.4 Konsekvenser av feil

Hvis det oppstår feil i takstmaterialet, systematisk eller tilfeldig, gir det automatisk en konsekvens for planleggingen og utføringen av en hogst. Store nåverditap er ofte knyttet til bestand med store feil, men det kan også komme av kombinasjoner av feil. Det er en sammenheng mellom størrelsen på feilene og nåverditapet, men siden GAYA simulerer for 10-årsperioder kan dette for enkeltbestand gi litt uheldige utslag ved at bestand blir avvirket for sent eller for tidlig når de er i grenseland på «GAYA-perioden». Hadde det vært mulig å kjørt GAYA-analysen med ett-årsintervaller (noe som ikke er mulig) ville vi unngått slike utslag.

Bestand med små nåverditap kan også ha store feil, samtidig som bestand med store nåverditap kan ha feil tilnærmet null. De små nåverditapene med store feil er ofte knyttet til bestand med alder over hogstmodenhet, og skal avvirkes i periode 1. Hvis renten endres fra 3% til 2% vil flere av bestandene ha et større nåverditap fordi avvirkningstidspunkt utsettes. Endres renten fra 3% til 4% vil de eldste bestandene ha et mindre nåverditap. Det gir også en mindre inntekt på sikt. I Eid (2000) varierer tapet for enkeltbestand fra 64 kr til 1 471 kr/ha, mens det i Eid et al. (2004) varierer fra 0 kr til 2 097 kr/ha. Holopainen og Talvitie (2006) viser at tapet kan variere opp til

3483 kr/ha. I foreliggende oppgave varierer nåverditapet fra 0 kr til 5 295 kr/ha. Det bestandet med høyest nåverditap er et bestand med svært høy bonitet, som potensielt fører til et større tap enn ved lav bonitet. Når det gjelder volum er skogbruksplanen undervurdert med 20%, mens ved bonitering er skogbruksplanene undervurdert med 27,9%. Ved fastsettelse av alder er skogbruksplantaksten funnet å være overvurdert med hele 46,5%. Etter GAYA-simuleringen ble det anbefalt avvirkning i periode 1 og 7 i stedet for i periode 1 og 8. Det skal òg nevnes at Eid (2000) har data basert på foto- og felttakster. Denne oppgaven har en høy variasjon selv om det bare er snakk om 3 av 35 bestand som har et nåverditap over 3 500 kr/ha (Vedlegg 6). Hos disse tre bestandene er det alder alene og alder ved bonitering som har gitt utslaget kombinert med endring av hogstperiode.

For å finne de totale kostnadene må takstkostnadene summeres med nåverditapet.

Takstkostnadene er representert med det skogeier må betale pr/daa for skogbruksplanen, som i dette tilfellet er 10 kr/daa. Med et nåverditap på 95 kr/daa, gir det en total kostnad på 105 kr/daa. Hvis man dobler kostnaden på taksten til 20 kr/daa vil det kanskje redusere nåverditapet med rundt 50% slik at de totale kostnadene kommer på ca. 50 kr/daa. Det gir en mye mer nøyaktig takst, men skogeier kommer til å tjene på det ved hogst. Spørsmålet er om skogeier er interessert eller har behov for det. Her har ofte kunnskap, størrelse på skogeiendom og inntekt en sammenheng med avgjørelsen (Eid et al. 2004). Ifølge ALLSKOG burde prisen pr/daa vært noe høyere for å få riktig balanse i regnskapet, siden de måtte presse prisen ned maksimalt for å vinne anbudet. Det går fram av Tabell 13, 14 og 15 at kun feil i bonitet og kun feil i volum kombinert med grunnflate, middelhøyde og treantall gir et større nåverditap enn kun feil i alder. Feil i bonitet og volum betyr omtrent like mye for nåverditapet.

4.5 Takstmetoden

Det er umulig å gjøre en skogbruksplantakst helt nøyaktig. Det er heller ikke et mål for takstselskapene. Det vil alltid være feil og usikkerhet knyttet til en skogbruksplan, men hvilke feil og størrelsen på den varierer med ulike variabler og skogbruksplantakster. Kostnadene er også store for å produsere skogbruksplaner helt uten feil. Det gjelder å gjøre en avveining mellom kostnader og takstintensiteten for å finne et minimum for de totale kostnadene. Dette illustreres i Figur 2. Jo høyere krav man setter til taksten, dess høyere blir kostnadene. Motsatt

viser Figur 2 at med for liten takstintensitet blir kostnadene høye på grunn av feil eller manglende informasjon i takst. Her burde skogeier blitt informert om konsekvensene ved å velge ulike priser, fordi konsekvensene av dette kan bli store under en planlegging og utføring av tømmerdrift. Ofte vil feilene forekomme i kombinasjoner av feil, enten i takstgrunnlaget, i modellgrunnlaget eller blant forutsetningene (Eid 1991). Slike feil forsterker hverandre, eller de utfyller hverandre og blir «borte». Det er vanskelig å si hvor akkurat denne skogbruksplantaksten befinner seg i figur 2, men mest sannsynlig er takstkostnadene for lave, noe som gir høyere kostnader knyttet til feil informasjon, og dermed høyere totale kostnader enn nødvendig. Et annet poeng er at noen deler av taksten kan være gjenbruk av data fra gamle planer. Dette kan gi et større feilnivå enn det potensielt kunne vært. Videre framover kommer helt sikkert lasertakst til å bli rimeligere i drift. Nøyaktigheten kommer til å øke og man finner mer effektive metoder for framstilling av data.

Det er vanskelig å si om denne kontrolltaksten med det foreliggende nåverditapet kan representere et større område eller alle bestand i hogstklasse IV og V i Melhus kommune. Hvor høyt feilnivået faktisk er får vi heller aldri vite, men det er grunn til å tro at det er et visst feilnivå en bør ta hensyn til. Det framgår av kapittel 3.1.1 at kontrolltaksten har en middelfeil på ca. 10% for volum, som gjør dette til en mye mer nøyaktig takst enn skogbruksplantaksten. Kontrolltaksten har bare 35 bestand, som gjør at man skal være forsiktig med å trekke slutninger om hvorvidt disse dataene kan representere større områder.

5. Konklusjon

I denne undersøkelsen der en kontrolltakst er sammenlignet med skogbruksplandata ligger de systematiske- og tilfeldige feilene noenlunde i nærheten av det tidligere undersøkelser viser. Differansene mellom skogbruksplandataene og kontrolltaksten for volum, grunnflate, bonitet og alder er alle funnet å være signifikant forskjellig fra null, mens middelhøyde og treantall ikke er det. Alle variablene sett bort i fra alder er undervurdert i skogbruksplantaksten. De totale kostnadene (takstkostnadene pluss kostnadene som følge av nåverditap) er høye, og det er derfor grunn til å tro at det vil være lønnsomt for skogeier å investere noe mer i skogbruksplantaksten for å få de totale kostnadene ned.

Undervurderingene av volum og bonitet gir de største økonomiske konsekvensene. Slike undervurderinger kan føre til at mange bestand blir avvirket alt for sent eller for tidlig sammenlignet med det som er optimalt, og at det dermed blir store nåverditap. Derfor bør skogeiere i framtiden informeres om konsekvenser som følge av feil i takstdata, og hva det kan gjøre med de totale kostnadene ved en skogbruksplantakst.

6. Litteratur

- Anonym. (1987). *Handbok for planlegging i skogbruket*. Oslo: Landbruksforlaget. 223 s.
- Braastad, H. (1966). *Produksjonstabeller for bjørk*. Medd.Nor.inst.skogforsk. 21:265-365.
- Brantseg, A. (1967). *Furu sønnaffjells. Kubering av stående skog. Funksjoner og tabeller*. Medd.Nor.inst.skogforsk. 22:695-739.
- Duvemo, K. & Lämås, T. (2006). The influence of forest data quality on planning processes in forestry. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 21 (4): 327-339.
- Eid, T. (1991). *Konsekvenser av feil datagrunnlag for planlegging og gjennomføring av planer på skogeiendommer*. Rapp.Skogforsk. 9/91:1-28.
- Eid, T. (1992). *Bestandsvis kontroll av skogbruksplandata i hogstklasse III-V*. Medd.Skogforsk. 45(7):1-78.
- Eid, T. (1993). *Random errors and strategic planning in forestry*. Medd.Skogforsk. 46(7):1-24.
- Eid, T. (1996). *Kontroll av skogbruksplandata fra "Understøttet fototakst"*. Aktuelt fra Skogforsk (trykt utg.) Nr 8-96.
- Eid, T. (2000). Use of uncertain inventory data in forestry scenario models and consequential incorrect harvest decisions. *Silva Fennica*, 34 (2): 89-100.
- Eid, T. (2003). *Registreringer i Aas skog 1960-2000*. Rapport fra Skogforsk. Nr 5-03.
- Eid, T. & Nersten, S. (1996). *Problemer omkring registreringer og planlegging for en skogeiendom i Birkenes kommune : del 1, sammenligning av skogbruksplandata og kontrolldata : del 2, sammenligning av to takster utført med 19 års mellomrom*. Medd.Skogforsk (trykt utg.) 47(8):1-56.
- Eid, T. & Næsset, E. (1998). Determination of stand volume in practical forest inventories based on field measurements and photo-interpretation: The Norwegian experience. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 13 (1-4): 246-254.
- Eid, T. & Tuhus, E. (2001). Models for individual tree mortality in Norway. *Forest Ecology and Management*, 154 (1): 69-84.
- Eid, T., Fitje, A. & Nersten, S. (1993). *Opplegg for kontroll av skogbruksplandata*. Aktuelt fra Skogforsk (trykt utg.). Nr 6-93.
- Eid, T., Fitje, A. & Hoen, H. F. (2002). *Økonomi og planlegging : teknisk fagskole : fordypningsområde skogbruk*. Oslo: Gan.
- Eid, T., Gobakken, T. & Næsset, E. (2004). Comparing stand inventories for large areas based on photo-interpretation and laser scanning by means of cost-plus-loss analyses. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 19 (6): 512-523.

- Fitje, A. (1989). *Tremåling*. Landbruksforlaget, Oslo. 190 s.
- Gobakken, T., Bollandås, O. M. & Næsset, E. (2015). Comparing biophysical forest characteristics estimated from photogrammetric matching of aerial images and airborne laser scanning data. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 30 (1): 73-86.
- Hamilton, D. A. (1978). *Specifying precision in natural resource inventories*: US Government Printing Office.
- Hauglin, M. & Eid, T. (2012). Skogregistrering - forelesningsnotat Skog100 og Skog102. Tredje utgave.
- Hoen, H. F. & Eid, T. (1990). *En modell for analyse av behandlingsalternativer for en skog ved bestandssimulering og lineær programmering. (A model for analyses of treatment strategies for a forest applying standvice simulations and linear programming.)*. Rapp.Nor.inst.Skogforsk. 9/90:1-35.
- Hoen, H. F. & Gobakken, T. (1997). Brukermanual for bestandssimulatoren GAYA vl.30. Norges miljø- og biovitenskapelige universitet: Institutt for naturforvaltning. 59 s.
- Hoen, H. F. & Svendrud, A. (2014). *Skogbruk i Norge*. Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: [https://snl.no/Skogbruk i Norge](https://snl.no/Skogbruk_i_Norge) (lest 14.01.2016).
- Holopainen, M. & Talvitie, M. (2006). Effect of data acquisition accuracy on timing of stand harvests and expected net present value. *Effect of data acquisition accuracy on timing of stand harvests and expected net present value*, 40 (2006): 531-543.
- Islam, M., Kurttila, M., Mehtätalo, L. & Haara, A. (2009). Analyzing the effects of inventory errors on holding-level forest plans: the case of measurement error in the basal area of the dominated tree species. *Silva Fennica*, 43 (1).
- Kangas, A. (2010). Value of forest information. *European Journal of Forest Research*, 129 (5): 863-874.
- Kangas, A., Mehtätalo, L., Mäkinen, A. & Vanhatalo, K. (2011). Sensitivity of harvest decisions to errors in stand characteristics. *Silva Fennica*, 45 (4).
- Nersten, S. & Hobbelstad, K. (1994). *Prøveflatetaksering i skog : del 1: behov og metoder for korreksjon av volum ved områdevis bestandstakster : del 2: feil ved prøveflatetaksering*. Aktuelt fra Skogforsk (trykt utg.). Nr 7-94.
- Næsset, E. (1996). Determination of number of stems in coniferous forest stands by means of aerial photo-interpretation. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 11 (1): 76-84.
- Næsset, E. (1997a). Estimating timber volume of forest stands using airborne laser scanner data. *Remote Sensing of Environment*, 61 (2): 246-253.
- Næsset, E. (1997b). Determination of mean tree height of forest stands using airborne laser scanner data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 52 (2): 49-56.

- Næsset, E. (2002a). Ressursregistrering med flybåren laser-scanner - snart virkelighet. *Aktuelt fra Skogforsk*, 3/02: 35-38.
- Næsset, E. (2002b). Determination of mean tree height of forest stands by digital photogrammetry. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 17 (5): 446-459.
- Næsset, E. (2003). *Status og utviklingsmuligheter for laserfjernmåling i skogbruket*. Foredrag. Seminar om skogbruksplanlegging. Lampeland kurs og konferansesenter, Lampeland, 24-25 april 2003.
- Næsset, E. (2007). Airborne laser scanning as a method in operational forest inventory: Status of accuracy assessments accomplished in Scandinavia. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 22 (5): 433-442.
- Næsset, E. (2014). Area-ased inventory in Norway – From innovation to an operational reality. I: Maltamo, M., Næsset, E. & Vauhkonen, J. (red.) *Forestry applications of airborne laser scanning: concepts and case studies*, s. 215-240. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Næsset, E. & Bjerknes, K.-O. (2001). Estimating tree heights and number of stems in young forest stands using airborne laser scanner data. *Remote Sensing of Environment*, 78 (3): 328-340.
- SSB. (2014). *Strukturen i skogbruket 2014*. Statistisk sentralbyrå. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/stskog/aar/2015-09-22> (lest 21.01.2016).
- Tomter, S. & Dalen, L. S. (2014). Bærekraftig skogbruk i Norge. *Norsk institutt for skog og landskap*. Ås, Norge. 241 s.
- Tveite, B. (1976). Bonitetskurver for furu. Intern rapport [Upublisert].
- Tveite, B. (1977). *Bonitetskurver for gran*. Medd.Nor.inst.Skogforsk. 33:1-84.
- Vestjordet, E. (1967). *Funksjoner og tabeller for kubering av stående gran. (Functions and tables for volume of standing trees, Norway spruce)*. Medd. Det norske Skogforsøksvesen. 22:539-574.
- Øyen, B.-H. (2005). *Foryngelse av gran og furu i den midtnorske barskogregionen : en litteraturoversikt*, 3/05. Ås: Skogforsk, Norsk institutt for skogforskning.

7. Vedlegg

1. Instruks kontrolltakst
2. Funksjoner brukt i beregninger
3. Korreksjonsfaktorer for volum
4. Variasjoner innen bestand; volum, bonitet og alder
5. Sammenligninger av plan og kontroll per bestand; volum, bonitet og alder
6. Resultater fra GAYA, bestandsvis

Vedlegg 1: Instruks kontrolltakst

Bente Husby & Tron Eid
Institutt for naturforvaltning, NMBU
18.05.2015

INSTRUKS FOR KONTROLLTAKST MELHUS 2015

1. Generelt

Kontrolltaksten tar utgangspunkt i eksisterende bestandsinndeling (se kart) og takst med opplysninger om blant annet bestandsnummer (i tillegg eiendom og teig), hogstklasse, grunnflate, treslagsfordeling og bestandsareal (se egen liste). I utgangspunktet skal det gjøres registreringer i alle bestand som er på lista. Disse inkluderer bestand med følgende egenskaper;

- Produktiv skogsmark (ikke myr- og sumpskog)
- Hogstklasse IV eller V

Dersom det er åpenbare avvik mellom fototakst og det en ser i felt med hensyn på disse kriteriene, gjennomføres ingen registreringer.

Det gjennomføres prøveflatetakster med varierende prøveflateforband avhengig av bestandsareal innen alle bestand. På alle prøveflater (200 m²) skal trærne klaves i brysthøyde og det tas ut prøvetrær for å bestemme middelhøyde. I tillegg skal det boniteres og gjennomføres aldersbestemmelse på annenhver prøveflate.

2. Prøveflatetakst innen bestand i hogstklasse IV-V

1. Utlekking av prøveflatenett

I det enkelte bestand legges det ut et systematisk linjenett. Det brukes målebånd og kompass ved utlegging av prøveflater. Linjeretningen bestemmes i hvert enkelt tilfelle ut fra hva som er mest praktisk med hensyn på arrondering, osv.

Første takstlinje i bestandet skal ligge omtrent en halv takstlinjeavstand fra bestandsgrensens ytterpunkt. Første prøveflate i bestandet legges i halv prøveflateavstand fra bestandskant, målt langs første takstlinje. Avstanden fra siste prøveflate på første takstlinje til bestandskant skal være inkludert i total avstand når stedet for første prøveflate på andre takstlinja bestemmes. Avstander mellom takstlinjer og prøveflater ved ulike bestandsareal er vist i Tabell 1. Bestandsarealet baseres på areal i egen bestandsliste.

Når en bestandsgrense, eller en grense mot inntegnet *impediment*, går over prøveflaten, skal flatesentret *flyttes* slik at hele prøveflaten blir liggende i det bestandet der flatesentrum opprinnelig lå. Flatesentret flyttes fortrinnsvis vinkelrett på bestandskanten. Flyttingen gjøres så kort som mulig, slik at flaten etter flyttingen går helt ut til bestandskanten. Flater skal ikke flyttes på grunn av impedimentflekker som *ikke* er tegnet inn på kartet.

Tabell 1. Avstander mellom takstlinjer og prøveflater ved ulike bestandsareal.

Bestandsareal (da)	Avstand (m) mellom		Ca. antall prøveflater
	Takstlinjer	Prøveflater	
4	20	15	13
6	20	20	13
8	25	25	13
10	25	25	14
12	30	30	14
14	30	30	14
16	35	30	15
18	35	35	15
20	35	35	15
25	40	40	16
30	45	40	16
35	45	45	16
40	50	45	17
45	50	50	17
50	55	50	17

Bestandsnummer, bestandsareal, hogstklasse, grunnflate og treslagsfordeling fra liste noteres på skjema. Flateavstand og linjeavstand føres også øverst på skjema. I felt for sted noteres plan og teig fra lista (eksempel 13002/2).

2.2. Registrering av grunnflate, middelhøyde og kronehøyde

Det brukes en prøveflateradius 7.98 meter (200 m²).

Klavingen av flata starter framover i linjeretningen, og går mot høyre (med urviseren). Alle trær med diameter 4 cm og større klaves. Diameter registreres treslagsvis i 2 cm diameterklasser.

Trærne klaves i brysthøyde (1,3 m over midlere marknivå).

Prøvetrær velges ut med relaskopfaktor 6 (relaskopåpning 2,45: 50 eller 2: 40,81). Tabell 2 viser hvilke relaskoptrær som skal tas ut som prøvetrær.

Tabell 2. Relaskoptrær som skal tas ut som prøvetrær.

Grunnflate fra liste	Tre nummer i relaskop med faktor 6	
	Rene bestand	Blandingsbestand
< 11 m ² /ha	Alle	Alle
12 - 19 m ² /ha	1,3,5,7,9,11,13, osv.	Alle
20 - 29 m ² /ha	3,6,9,12,15,18, osv.	2,4,6,8,10,12, osv.
30 - 39 m ² /ha	5,10,15,20,25,30, osv.	3,6,9,12,15,18, osv.
> 40 m ² /ha	6,12,18,24,30,36, osv.	3,6,9,12,15,18, osv.
Rene bestand har 80% (eller mer) volum av et treslag. Se treslagsfordeling i liste		

Trær i relaskopet utenfor den klavede flaten tas ikke som prøvetrær. En går da over til neste relaskop tre inne på flaten. Bare levende trær brukes som prøvetrær. Siktingen med relaskopet starter framover i linjeretningen, og går mot høyre (med urviseren). Tvilstrær bør kontrollmåles (se Tabell i Vedlegg for maksimumsavstander for trær med ulike diametere).

Relaskoptrærne telles opp fortløpende fra flate til flate for hele bestandet. Bestandsnummer og prøveflatenummer noteres på prøvetreskjema (nytt prøvetreskjema for hvert bestand). Prøvetrenummer noteres fortløpende.

For hvert prøvetre registreres treslag (gran =G, furu =F, lauv =L), diameter (mm) og høyde (dm). Diameteren måles med klavelinjalen vinkelrett på flateradien. Høyde måles fra stubbeavskjær til topp.

2.3. Registrering av bonitet og alder

Bonitering

Det boniteres på hver andre flate i bestandet (flate nr. 1, nr. 3, osv.). Dersom det ikke er egnede boniteringstrær, boniteres det på neste flate.

Det skal i utgangspunktet boniteres på hovedtreslaget. Finnes ikke egnet boniteringstre av dette treslaget på flata, brukes det treslaget som har nest størst andel i bestandet. Det boniteres ikke på lauvtrær.

Bonitetstreet tas ut som det grøvste treet (diameter) på en flate på 100 m² (radius 5.64 meter). Dersom dette treet av en eller annen grunn ikke er egnet som bonitetstre (toppbrekk, dårlig sunnhet, råte m.m.) tas det nest grøvste som bonitetstre.

På det valgte treet registreres treslag, høyde (dm) og husholdningsalder i brysthøyde. På trær som har vokst opp fritt finnes husholdningsalderen direkte ved å telle antall årringer. På trær med tett kjerne, eller med relativt smale årringer på den innerste halvdelen av borprøven og bredere årringer utover, finnes husholdningsalderen som følger;

1. Telle antall år inn til det sted en regner med å få maksimal alderskorreksjon.
 2. Måle avstand fra marg til dette stedet.
 3. Finne antall år etter "fristilling" som tilsvarer samme samlede radietilvekst som før "fristilling".
 4. Legger dette årantallet til alderstillingen under punkt 1.
- Bonitet for gran og furu beregnes inne ved hjelp av funksjoner.

Aldersbestemmelse

Aldersbestemmelse skal gjøres på hver andre prøveflate (flate nr. 2, nr. 4, osv.). Dersom det ikke finnes egnede alderstrær bestemmes alder på neste flate.

Aldersbestemmelse gjennomføres på det første treet som går med i relaskopet på flata. Dersom dette treet er lauv, tas aldersregistrering på relaskoptre nr. 2, osv.

På det valgte treet registreres treslag og husholdningsalder i brysthøyde. På flatene måles husholdningsalder i brysthøyde på samme måte som ved boniteringa. *Total* husholdningsalder beregnes inne.

Vedlegg. Uttak av prøvetrær med relaskop (tvilstrær)

Maksimumsavstander i meter for at et tre med ulike diametere som skal telles i et relaskop med faktor 6 (træne telles med dersom avstanden er mindre enn oppgitt i tabellen).

Diameter (cm)	Maks. avstand (m)
4	0,82
5	1,02
6	1,22
7	1,43
8	1,63
9	1,84
10	2,04
12	2,45
14	2,86
15	3,06
16	3,27
17	3,47
18	3,67
19	3,88
20	4,08
21	4,29
22	4,49
23	4,69
24	4,90
25	5,10
26	5,31
27	5,51
28	5,72
29	5,92
30	6,12
31	6,33
32	6,53
33	6,74
34	6,94
35	7,14
36	7,35
37	7,55
38	7,76
39	7,96
40	8,16

NB Ingen prøvetrær utenfor 7,98 m

SKJEMAINSTRUKS PRØVEFLATESKJEMA

Start på nytt prøveflateskjema for hvert bestand. Skriv inn **sted** (plan og teig fra lista) og **dato**, videre **bestandsnr**, **bestandsareal** i dekar med et siffer etter komma, **hogstklasse**, **grunnflate** pr. ha, **treslagsfordeling** (10-deler gran, furu og lauv basert på volum), **flateavstand** og **linjeavstand** noteres.

Flatenr: noteres fortløpende innen hvert bestand

Bonitering (ikke lauvtrær)

Treslag: G = gran, F = furu,

Høyde (H) høyde i dm på boniteringstreet

Husholdningsalder (Ald): husholdningsalder i brysthøyde på boniteringstreet.

Alder (ikke lauvtrær).

Treslag: G = gran, F = furu

Alder: husholdningsalder i brysthøyde

Diameterklasse: prikker inn klavetrærne til aktuell diameterklasse og treslag. For diameterer over 48 cm noteres diameter i cm i rubrikk >49. Når registreringene på flata er ferdig telles prikkene opp, og tall settes inn.

SKJEMAINSTRUKS PRØVETRESKJEMA

Start på nytt prøvetreskjema for hvert bestand. Skriv inn **sted** (plan og teig fra lista), **dato** og **bestandsnr**.

Flatenr : nummereres fortløpende innen hvert bestand

Prøvetrenr : Nummereres fortløpende innen hvert bestand

Treslag :

- gran =G,

- furu =F

- lauv =L

Diameter (D): diameter i brysthøyde i mm

Høyde (H): høyde i dm

Prøvetreskjema

Sted:

Dato:

Bestandsnr:

[illegible]

Utstyrsliste

- takstvesker (2)
- helningsmåler (2)
- kompass (2)
- målebånd (stål) + reserve
- sentrumspåle med snor 7.98 m
- klaver (2)
- relaskop med faktor 6 (2)
- Vertex høydemålere (2) (et par Suunto i tillegg)
- tilvekstbor av forskjellig størrelse (2-3)
- skjemaer (også vannfaste)
- underlag for skriving

Vedlegg 2: Funksjoner brukt i beregninger

Høydefunksjoner

Gran: (Fitje & Vestjordet 1977, Eid & Fitje 1993).

Furu og lauv: (Vestjordet 1967).

Gran $d \geq 15$ cm:

$$h = -14.17 + 20.86 * \log_{10}(d)$$

Gran $d < 15$ cm:

$$h = 1.3 + 0.6042 * d$$

Furu og lauv $d \geq 35$ cm:

$$h = 13.35 + 0.107 * d$$

Furu og lauv $d < 35$ cm:

$$h = 0.39 + 0.852 * d - 0.010644 * d * d$$

hvor d er diameter i centimeter og h trehøyde i meter.

Barktykkelsesfunksjoner

Gran: (Vestjordet 1967).

Furu: (Brandtseg 1967).

Lauv: (Braastad 1966).

$$\text{Gran: } b = -0.34 + 0.831648 * d - 0.002832 * d * d - 0.010112 * h * h + 0.700203 * d * d / (h * h)$$

$$\text{Furu: } b = 2.9571 + 1.1499 * d - 0.7304 * (d / h)$$

$$\text{Lauv: } b = 1.046 * d$$

hvor b er dobbel barktykkelse i millimeter, d er diameter med bark i centimeter og h er trehøyde i meter.

Volumfunksjoner

Gran: (Vestjordet 1967).

Furu: (Brandtseg 1967).

Lauv: (Braastad 1966)

Gran $du \geq 13$ cm:

$$vu = 8.66 + 0.01218 * du * du * h + 0.02976 * du * h * h - 0.31373 * h * h + 0.25452 * du * h$$

Gran $10 \text{ cm} < du < 13 \text{ cm}$:

$$vu = -27.19 + 0.0073 * du * h * h - 0.0228 * h * h + 0.5667 * du * h - 1.98 * h + 2.75 * du$$

Gran $du \leq 10$ cm:

$$vu = 0.38 + 0.02524 * du * du * h + 0.01269 * du * h * h - 0.07726 * h * h + 0.11671 * du * h$$

Furu $du \geq 10$ cm:

$$vu = -3.5425 + 0.128182 * du * du + 0.028268 * du * du * h + 0.008216 * du * h * h$$

Furu $du < 10$ cm:

$$vu = 2.2922 + 0.040072*du*du*h + 0.00216*du*h*h$$

Lauv alle diametre:

$$vu = -1.48081 + 0.16949*du*du + 0.01834*du*du*h + 0.01018*du*h*h - 0.04510*h*h$$

hvor du er diameter uten bark i centimeter, vu er volum uten bark i liter og h er trehøyde i meter.

Vedlegg 3: Korreksjonsfaktorer for volum

Tabell 17: Korreksjonsfaktorer for volum fordelt på treslag, skog og bestand.

Skog	Bestand	Korreksjonsfaktor		
		Gran	Furu	Lauv
1	1	1.5682	1.2684	1.2761
1	3	1.7972	1.3806	1.3471
1	5	1.3259	1.1497	1.2010
1	6	1.6371	1.3022	1.2975
1	12	1.1617	1.0011	1.1102
1	302	1.1203	0.9727	1.0994
2	9	1.5740	1.2713	1.2571
2	17	1.2825	1.0910	1.1613
2	18	1.5111	1.2492	1.2585
2	21	1.1842	0.9737	1.0795
2	25	1.5969	1.2825	1.2850
2	27	1.3900	1.1673	1.2061
2	35	1.2672	1.1065	1.1757
2	38	1.1090	0.9708	1.0684
2	42	0.9693	0.8228	0.9557
3	2	1.4366	1.2039	1.2518
3	3	1.6634	1.3151	1.3057
3	7	1.6397	1.2932	1.2973
3	57	0.7497	0.5504	0.7848
3	59	1.6621	1.3144	1.3053
3	69	1.7363	1.3508	1.3283
3	95	1.6117	1.2897	1.2896
3	99	1.5717	1.2560	1.3155
3	116	1.2211	1.0615	1.1265
3	138	1.6465	1.3068	1.3004
3	143	1.6587	1.3050	1.2827
3	195	1.9083	1.4351	1.3816
4	11	1.4862	1.1403	1.2223
4	39	1.2077	1.0330	1.0774
4	50	1.2058	1.0309	1.0857
4	52	1.2188	1.0762	1.1157
4	85	1.2329	1.0463	1.0951
4	107	1.0623	0.9602	1.0433
4	111	1.2073	1.0573	1.0864
4	135	1.1723	1.0237	1.1112

Vedlegg 4: Variasjoner innen bestand; volum, bonitet og alder

Tabell 18: Volumvariasjoner innen bestand for alle skoger.

Skog	Bestand	Areal daa	Hogst- klasse	Treslag	Antall flater	Kontroll- volum	St.avv.	Var.k.	Middelfeil	
						(m3/ha)	(m3/ha)	(%)	(m3/ha)	(%)
1	1	3	4	1	13	434.7	136.6	31.4	37.9	8.7
1	3	18	4	1	15	588.0	242.6	41.3	62.6	10.7
1	5	8	4	1	13	188.8	73.3	38.8	20.3	10.8
1	6	23	4	1	15	368.6	58.4	15.8	15.1	4.1
1	12	22	5	1	12	243.8	95.1	39.0	27.4	11.3
1	302	21	5	1	15	168.3	103.0	61.2	26.6	15.8
2	9	6	5	1	13	323.4	207.5	64.1	57.5	17.8
2	17	34	5	1	16	196.5	89.5	45.5	22.4	11.4
2	18	11	4	1	14	292.1	98.6	33.8	26.4	9.0
2	21	8	5	1	13	161.7	66.6	41.2	18.5	11.4
2	25	35	4	1	16	270.4	102.2	37.8	25.5	9.4
2	27	31	5	1	16	180.1	84.7	47.0	21.2	11.8
2	35	23	5	1	15	172.1	83.9	48.8	21.7	12.6
2	38	7	5	1	13	83.8	42.6	50.9	11.8	14.1
2	42	26	5	2	16	70.2	33.7	48.0	8.4	12.0
3	2	7	4	1	13	240.1	99.5	41.4	27.6	11.5
3	3	9	4	1	13	375.9	122.9	32.7	34.1	9.1
3	7	12	4	1	14	319.9	93.2	29.1	24.9	7.8
3	57	7	5	2	13	47.8	17.6	36.9	4.9	10.2
3	59	12	4	1	14	502.3	139.0	27.7	37.2	7.4
3	69	29	4	1	16	424.9	88.2	20.8	22.1	5.2
3	95	12	5	1	14	424.4	139.5	32.9	37.3	8.8
3	99	13	5	1	14	305.7	116.5	38.1	31.1	10.2
3	116	20	5	1	15	139.5	68.1	48.8	17.6	12.6
3	138	3	5	1	13	319.9	142.8	44.6	39.6	12.4
3	143	20	4	1	15	354.1	140.6	39.7	36.3	10.2
3	195	8	5	1	13	390.3	131.3	33.7	36.4	9.3
4	11	3	4	1	13	213.3	38.6	18.1	10.7	5.0
4	39	20	4	2	15	150.7	49.6	32.9	12.8	8.5
4	50	4	4	2	13	120.0	66.9	55.7	18.5	15.4
4	52	48	5	2	17	202.4	68.2	33.7	16.5	8.2
4	85	33	4	2	16	181.2	69.2	38.2	17.3	9.5
4	107	11	4	2	14	88.5	39.2	44.3	10.5	11.8
4	111	6	4	1	13	153.7	80.4	52.3	22.3	14.5
4	135	5	4	1	13	96.0	63.0	65.6	17.5	18.2

Tabell 19: Bonitetsvariasjoner innen bestand for alle skoger.

Skog nr.	Bestand nr.	Areal daa	Hogst-klasse	Treslag	Antall flater	Kontroll-bonitet	St.avv.	Var.k.	Middelfeil	
						(m)	(m)	(%)	(m)	(%)
1	1	3	4	1	13	22.7	2.1	9.2	0.8	3.5
1	3	18	4	1	15	23.6	2.1	8.8	0.7	3.1
1	5	8	4	1	13	20.5	2.8	13.6	1.1	5.1
1	6	23	4	1	15	21.1	1.7	8.1	0.6	2.9
1	12	22	5	1	12	8.0	1.4	17.7	0.6	7.2
1	302	21	5	1	15	5.7	4.0	70.0	1.4	24.8
2	9	6	5	1	13	18.3	1.8	9.9	0.7	3.7
2	17	34	5	1	16	11.3	4.0	35.2	1.4	12.5
2	18	11	4	1	14	18.1	2.1	11.7	0.8	4.4
2	21	8	5	1	13	6.6	2.6	39.3	1.1	16.1
2	25	35	4	1	16	19.2	1.8	9.4	0.6	3.3
2	27	31	5	1	16	10.4	4.7	44.8	1.7	15.8
2	35	23	5	1	15	9.8	2.9	29.2	1.0	10.3
2	38	7	5	1	13	6.8	3.4	50.3	1.3	19.0
2	42	26	5	2	16	4.8	1.3	27.1	0.5	9.6
3	2	7	4	1	13	19.4	2.0	10.2	0.8	3.9
3	3	9	4	1	13	20.4	2.4	11.9	0.9	4.5
3	7	12	4	1	14	21.0	1.7	8.3	0.7	3.2
3	57	7	5	2	13	2.5	1.4	55.6	0.6	22.7
3	59	12	4	1	14	22.6	1.4	6.2	0.5	2.3
3	69	29	4	1	16	21.8	2.2	10.1	0.8	3.6
3	95	12	5	1	14	17.5	2.0	11.3	0.7	4.3
3	99	13	5	1	14	12.0	4.3	35.6	1.6	13.5
3	116	20	5	1	15	7.8	1.3	16.2	0.4	5.7
3	138	3	5	1	13	16.9	2.2	12.8	0.8	4.8
3	143	20	4	1	15	21.0	4.0	19.1	1.4	6.8
3	195	8	5	1	13	22.3	2.9	13.2	1.1	5.0
4	11	3	4	1	13	12.3	3.1	25.1	1.2	9.5
4	39	20	4	2	15	11.1	1.6	14.3	0.6	5.1
4	50	4	4	2	13	12.5	3.4	27.3	1.3	10.3
4	52	48	5	2	17	11.1	1.1	9.9	0.4	3.3
4	85	33	4	2	16	10.3	3.0	29.1	1.1	10.3
4	107	11	4	2	14	10.2	1.9	18.5	0.7	7.0
4	111	6	4	1	13	8.6	1.3	15.1	0.5	5.7
4	135	5	4	1	13	9.8	2.0	20.1	0.7	7.6

Tabell 20: Aldersvariasjoner innen bestand for alle skoger.

Skog nr.	Bestand nr.	Areal daa	Hogst-klasse	Treslag	Antall flater	Kontroll- alder	St.avv.	Var.k.	Middelfeil	
						(år)	(år)	(%)	(år)	(%)
1	1	3	4	1	13	48.0	2.5	5.3	1.0	2.2
1	3	18	4	1	15	49.1	2.6	5.3	1.0	2.0
1	5	8	4	1	13	59.3	9.6	16.2	3.9	6.6
1	6	23	4	1	15	52.6	2.1	3.9	0.8	1.5
1	12	22	5	1	12	144.2	19.0	13.2	7.8	5.4
1	302	21	5	1	15	130.6	36.2	27.7	13.7	10.5
2	9	6	5	1	13	91.0	15.4	16.9	6.3	6.9
2	17	34	5	1	16	122.5	22.6	18.4	8.0	6.5
2	18	11	4	1	14	74.4	34.0	45.6	12.8	17.2
2	21	8	5	1	13	164.3	33.0	20.1	13.5	8.2
2	25	35	4	1	16	56.9	3.9	6.9	1.4	2.5
2	27	31	5	1	16	140.0	62.2	44.4	22.0	15.7
2	35	23	5	1	15	136.5	25.2	18.5	10.3	7.5
2	38	7	5	1	13	110.4	11.0	10.0	4.9	4.5
2	42	26	5	2	16	154.9	35.5	22.9	12.6	8.1
3	2	7	4	1	13	59.3	4.6	7.8	1.9	3.2
3	3	9	4	1	13	57.3	2.6	4.5	1.1	1.8
3	7	12	4	1	14	51.6	9.4	18.2	3.5	6.9
3	57	7	5	2	13	139.2	30.2	21.7	12.3	8.8
3	59	12	4	1	14	55.9	1.1	1.9	0.4	0.7
3	69	29	4	1	16	54.0	2.4	4.5	0.9	1.6
3	95	12	5	1	14	113.1	31.4	27.7	11.9	10.5
3	99	13	5	1	14	100.6	17.1	17.0	6.5	6.4
3	116	20	5	1	15	114.9	19.9	17.3	7.5	6.5
3	138	3	5	1	13	83.8	12.0	14.3	4.9	5.9
3	143	20	4	1	15	66.3	6.6	10.0	2.5	3.8
3	195	8	5	1	13	60.5	3.1	5.2	1.3	2.1
4	11	3	4	1	13	97.2	25.9	26.7	10.6	10.9
4	39	20	4	2	15	95.0	9.0	9.4	3.4	3.6
4	50	4	4	2	13	70.0	29.2	41.8	13.1	18.7
4	52	48	5	2	17	104.4	12.3	11.7	4.3	4.2
4	85	33	4	2	16	82.0	6.2	7.6	2.2	2.7
4	107	11	4	2	14	97.5	40.3	41.3	16.4	16.9
4	111	6	4	1	13	97.3	11.2	11.5	4.6	4.7
4	135	5	4	1	13	83.0	20.9	25.2	8.5	10.3

Vedlegg 5: Sammenligning av skogbruksplantakst og kontrolltakst; volum, bonitet og alder

Tabell 21: Sammenligning av skogbruksplantakst og kontrolltakst for volum per hektar per skog per bestand.

Skogbruksplan			Kontroll		Test		
Skog nr	Bestand nr	Plan-volum	Antall flater	Kontroll-volum	Diff.		Signifik. nivå
					(m3/ha)	(%)	
1	1	344.0	13	434.7	-90.7	-20.9	0.0339
1	3	466.0	15	588.0	-122.0	-20.7	0.0718
1	5	214.8	13	188.8	26.0	13.8	0.2257
1	6	315.7	15	368.6	-52.8	-14.3	0.0035
1	12	159.2	12	243.8	-84.6	-34.7	0.0104
1	302	113.5	15	168.3	-54.8	-32.6	0.0584
2	9	324.0	13	323.4	0.6	0.2	0.9919
2	17	198.6	16	196.5	2.1	1.1	0.9259
2	18	189.3	14	292.1	-102.9	-35.2	0.0018
2	21	125.3	13	161.7	-36.5	-22.6	0.0717
2	25	180.9	16	270.4	-89.6	-33.1	0.0032
2	27	194.1	16	180.1	14.1	7.8	0.5171
2	35	116.6	15	172.1	-55.5	-32.2	0.0227
2	38	79.1	13	83.8	-4.7	-5.6	0.6983
2	42	83.2	16	70.2	12.9	18.4	0.1459
3	2	200.3	13	240.1	-39.8	-16.6	0.1745
3	3	261.6	13	375.9	-114.4	-30.4	0.0057
3	7	289.5	14	319.9	-30.4	-9.5	0.2433
3	57	49.1	13	47.8	1.4	2.9	0.7803
3	59	381.3	14	502.3	-121.0	-24.1	0.0063
3	69	322.6	16	424.9	-102.2	-24.1	0.0003
3	95	270.0	14	424.4	-154.4	-36.4	0.0012
3	99	237.2	14	305.7	-68.5	-22.4	0.0466
3	116	127.0	15	139.5	-12.5	-9.0	0.4876
3	138	334.0	13	319.9	14.1	4.4	0.7275
3	143	321.0	15	354.1	-33.1	-9.4	0.3769
3	195	303.8	13	390.3	-86.5	-22.2	0.0351
4	11	192.7	13	213.3	-20.6	-9.7	0.0781
4	39	181.5	15	150.7	30.8	20.4	0.0306
4	50	135.0	13	120.0	15.0	12.5	0.4358
4	52	207.8	17	202.4	5.4	2.7	0.7480
4	85	156.0	16	181.2	-25.2	-13.9	0.1655
4	107	115.1	14	88.5	26.6	30.0	0.0250
4	111	156.0	13	153.7	2.3	1.5	0.9209
4	135	94.0	13	96.0	-2.0	-2.1	0.9094

Tabell 22: Sammenligning av skogbruksplantakst og kontrolltakst for bonitet per skog og per bestand.

Skogbruksplan			Kontroll		Test		
Skog nr	Bestand nr	Plan-bonitet	Antall flater	Kontroll-bonitet	Diff.		Signifik. Nivå
					(m)	(%)	
1	1	17	13	22.7	-5.7	-25.2	0.0004
1	3	17	15	23.6	-6.6	-27.9	0.0001
1	5	17	13	20.5	-3.5	-17.0	0.0162
1	6	17	15	21.1	-4.1	-19.3	0.0003
1	12	11	12	8.0	3.0	36.8	0.0038
1	302	8	15	5.7	2.3	41.3	0.1396
2	9	17	13	18.3	-1.3	-7.1	0.1043
2	17	14	16	11.3	2.7	24.0	0.0954
2	18	14	14	18.1	-4.1	-22.9	0.0021
2	21	8	13	6.6	1.4	20.4	0.2593
2	25	14	16	19.2	-5.2	-27.2	0.0001
2	27	11	16	10.4	0.6	5.3	0.7491
2	35	11	15	9.8	1.2	12.4	0.2696
2	38	8	13	6.8	1.2	17.5	0.3924
2	42	8	16	4.8	3.2	67.1	0.0002
3	2	17	13	19.4	-2.4	-12.5	0.0180
3	3	17	13	20.4	-3.4	-16.8	0.0095
3	7	17	14	21.0	-4.0	-18.9	0.0010
3	57	8	13	2.5	5.5	226.1	0.0002
3	59	20	14	22.6	-2.6	-11.6	0.0026
3	69	17	16	21.8	-4.8	-22.0	0.0005
3	95	17	14	17.5	-0.5	-3.1	0.4953
3	99	14	14	12.0	2.0	16.2	0.2732
3	116	8	15	7.8	0.2	3.1	0.6095
3	138	17	13	16.9	0.1	0.9	0.8623
3	143	17	15	21.0	-4.0	-19.0	0.0261
3	195	17	13	22.3	-5.3	-23.6	0.0032
4	11	8	13	12.3	-4.3	-34.8	0.0105
4	39	8	15	11.1	-3.1	-28.0	0.0009
4	50	14	13	12.5	1.5	11.6	0.3046
4	52	8	17	11.1	-3.1	-28.0	0.0000
4	85	8	16	10.3	-2.3	-22.1	0.0686
4	107	11	14	10.2	0.8	8.0	0.2977
4	111	11	13	8.6	2.4	27.2	0.0031
4	135	8	13	9.8	-1.8	-18.6	0.0506

Tabell 23: Sammenligning av skogbruksplantakst og kontrolltakst for alder per skog og per bestand.

Skogbruksplan			Kontroll		Test		
Skog nr	Bestand nr	Plan-alder	Antall flater	Kontroll-alder	Diff.		Signifik. Nivå
					(m)	(%)	
1	1	62	13	48.0	14.0	29.2	0.0000
1	3	72	15	49.1	22.9	46.5	0.0000
1	5	67	13	59.3	7.7	12.9	0.1074
1	6	62	15	52.6	9.4	17.9	0.0000
1	12	152	12	144.2	7.8	5.4	0.3586
1	302	152	15	130.6	21.4	16.4	0.1682
2	9	102	13	91.0	11.0	12.1	0.1409
2	17	122	16	122.5	-0.5	-0.4	0.9518
2	18	72	14	74.4	-2.4	-3.3	0.8562
2	21	132	13	164.3	-32.3	-19.7	0.0615
2	25	62	16	56.9	5.1	9.0	0.0079
2	27	112	16	140.0	-28.0	-20.0	0.2434
2	35	152	15	136.5	15.5	11.4	0.1925
2	38	152	13	110.4	41.6	37.7	0.0011
2	42	152	16	154.9	-2.9	-1.9	0.8255
3	2	57	13	59.3	-2.3	-3.9	0.2722
3	3	72	13	57.3	14.7	25.6	0.0000
3	7	57	14	51.6	5.4	10.5	0.1776
3	57	112	13	139.2	-27.2	-19.5	0.0784
3	59	57	14	55.9	1.1	2.0	0.0300
3	69	57	16	54.0	3.0	5.6	0.0105
3	95	132	14	113.1	18.9	16.7	0.1628
3	99	142	14	100.6	41.4	41.2	0.0007
3	116	122	15	114.9	7.1	6.2	0.3783
3	138	102	13	83.8	18.2	21.7	0.0140
3	143	67	15	66.3	0.7	1.1	0.7843
3	195	62	13	60.5	1.5	2.5	0.2956
4	11	132	13	97.2	34.8	35.8	0.0216
4	39	92	15	95.0	-3.0	-3.2	0.4099
4	50	62	13	70.0	-8.0	-11.4	0.5738
4	52	102	17	104.4	-2.4	-2.3	0.6007
4	85	92	16	82.0	10.0	12.2	0.0026
4	107	82	14	97.5	-15.5	-15.9	0.3893
4	111	127	13	97.3	29.7	30.5	0.0013
4	135	92	13	83.0	9.0	10.8	0.3394

Vedlegg 6: Resultater fra GAYA, bestandsvis

Tabell 24: Bestandsdata fra kontrolltakst, hogstperiode og nåverdi i hektar for hvert bestand.

Skog- og bestands-nummer		Bestandsinformasjon fra kontrolltakst				Hogst- periode	Nåverdi Opt. per hektar	Nåverdi Feil per hektar	Nåverdi Tap per hektar
		Grfl.	Mh	Bonitet	Alder				
		(m ² /ha)	(m)	(m)	(år)				
1	1	50,2	21,2	22,7	48,0	2 og 8	125060	122907	2,153.00
1	3	55,4	23,6	23,6	49,1	1 og 7	161956	156661	5,295.00
1	5	25,2	20,0	20,5	59,3	7	58347	58238	109.00
1	6	41,8	20,7	21,1	52,6	2 og 8	97294	95714	1,580.00
1	12	39,0	16,0	8,0	144,2	1	30806	30796	10.00
1	302	29,0	15,6	5,7	130,6	1	21720	19792	1,928.00
2	9	35,1	24,6	18,3	91,0	1 og 8	82510	82510	0.00
2	17	27,6	19,5	11,3	122,5	1	38189	37759	430.00
2	18	38,0	20,3	18,1	74,4	1 og 8	62890	58542	4,348.00
2	21	27,9	15,6	6,6	164,3	1	20746	20736	10.00
2	25	35,4	19,2	19,2	56,9	2 og 9	63642	61965	1,677.00
2	27	23,3	19,4	10,4	140,0	1	28672	28672	0.00
2	35	25,3	19,2	9,8	136,5	1	30864	30864	0.00
2	38	15,8	14,8	6,8	110,4	4	7032	6846	186.00
2	42	14,7	13,3	4,8	154,9	-	469	-3662	4,131.00
3	2	31,9	19,4	19,4	59,3	1 og 8	58795	57593	1,202.00
3	3	42,8	23,6	20,4	57,3	1 og 7	105316	105223	93.00
3	7	40,0	19,4	21,0	51,6	2 og 9	76069	74970	1,099.00
3	57	15,5	7,0	2,5	139,2	-	-44	-46	2.00
3	59	55,8	21,4	22,6	55,9	1 og 7	130670	128634	2,036.00
3	69	48,2	20,6	21,8	54,0	2 og 8	103805	102821	984.00
3	95	43,6	24,0	17,5	113,1	1 og 8	97777	97673	104.00
3	99	34,9	22,1	12,0	100,6	1	59193	58849	344.00
3	116	24,3	14,4	7,8	114,9	3	11056	10717	339.00
3	138	34,4	22,8	16,9	83,8	1 og 8	74748	74748	0.00
3	143	43,8	19,8	21,0	66,3	1 og 7	79282	79198	84.00
3	195	39,0	23,0	22,3	60,5	1 og 7	103030	101073	1,957.00
4	11	30,8	18,8	12,3	97,2	2	32432	32432	0.00
4	39	25,8	15,1	11,1	95,0	2	18187	18187	0.00
4	50	21,4	17,0	12,5	70,0	2	23338	22334	1,004.00
4	52	32,9	16,4	11,1	104,4	1	27743	27743	0.00
4	85	29,9	15,6	10,3	82,0	2	23533	23533	0.00
4	107	18,2	15,1	10,2	97,5	4	9329	9056	273.00
4	111	26,1	14,1	8,6	97,3	3	13456	12326	1,130.00
4	135	18,9	15,1	9,8	83,0	4	11668	11500	168.00



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway