

Sammenligning av metoder for registrering av egnethet for selektive hogster ved praktisk skogbruksplanlegging

Nils Lexerød og Tron Eid

Institutt for naturforvaltning

Universitetet for miljø- og biovitenskap

Boks 5003, N-1432 Ås

Forord

De seneste årene er det registrert en økende interesse for ulike typer selektive hogster, og vinteren 2003 etablerte skogeierforeningene Glommen og Mjøsen prosjekt KONTUS. Hensikten med prosjektet var å øke kunnskapen om selektive hogster gjennom forskning, praktiske forsøk og kunnskapsformidling.

En sentral problemstilling i prosjektet var å utvikle metoder for å kvantifisere, rangere og lokalisere arealer egnet for selektive hogster. I den forbindelse ble det opprettet et samarbeidsprosjekt mellom Institutt for naturforvaltning ved Universitetet for miljø- og biovitenskap og KONTUS. I første del av dette prosjektet ble potensielt areal for selektive hogster i barskog kvantifisert basert på Landsskogtakseringens prøveflater og en selektiv hogst indeks (SHI). I neste fase av prosjektet, som er dokumentert i denne rapporten, ble ulike metoder for registrering av egnethet for selektive hogster evaluert. Alle de undersøkte metodene kan gjennomføres i forbindelse med praktisk skogbruksplanlegging.

Institutt for naturforvaltning har hatt ansvaret for gjennomføringen av prosjektet. En referansegruppe bestående av Johannes Bergum (Mjøsen skogeierforening), Hans Bjaanes, Ingar Brennodden (Glommen skogeierforening), Per Kristian Hammer (FORAN) og Trygve Øvergård (Glommen skogeierforening/Kontus) har vært tilknyttet prosjektet. Per Dahl (FORAN) hadde ansvaret for fototolkning, mens markarbeidet ble utført av Sven Erik Bjørke og Trond Kristiansen (Rendalen kommune). Sæming Hagen og Edel Sødal Pedersen (begge FORAN) var behjelpelig med å legge til rette data fra områdetaksen. En stor takk til dere alle!

Prosjektet ble finansiert med midler fra KONTUS og Utviklingsfondet for skogbruket.

Ås, september 2005

Nils Lexerød & Tron Eid

Sammendrag

Nils Lexerød & Tron Eid 2005: Sammenligning av metoder for registrering av egnethet for selektive hogster ved praktisk skogbruksplanlegging. Rapport fra skogforskningen 5/05: 1-26.

Økende interesse for selektive hogster har blant annet medført et behov for praktiske hjelpemidler for å vurdere forholdene for selektive hogster i et bestand eller for en behandlingsenhet. I den forbindelse har det blitt utviklet en Selektiv Hogst Indeks (SHI) som blant annet kan brukes til å rangere ulike bestand eller behandlingsenheter etter egnethet for selektive hogster. SHI beskriver et areals egnethet for selektive hogster basert på diameterspredningen, tilvekstpotensialet, stabiliteten og forholdene for naturlig foryngelse i bestandet. Indeksen er basert på variablene antall trær i ulike diameterklasser, grunnflateveid middelhøyde, grunnflateveid kronehøyde, overhøyde, treslagsfordeling (ut fra volum) og vegetasjonstype. I dette prosjektet har det blitt undersøkt hvordan ulike registreringsmetoder påvirker nøyaktigheten ved registrering av disse variablene og beregning av SHI. I 37 bestand i Rendalen er følgende registreringsmetoder sammenlignet med en intensiv kontrolltakst: fototakst med ekstra beregninger, fototakst med ekstra fototolkning, prøveflatetakst og kombinasjonstakst.

Resultatene viser at så vel den systematiske som den tilfeldige feilen fort blir stor dersom fastsettelsen av egnethet for selektive hogster baseres på fototolkning og modellberegninger. Nøyaktigheten kan imidlertid forbedres vesentlig gjennom feltregistreringer i form av prøveflatetakst. For å unngå unødvendige registreringer i bestand som åpenbart ikke egner seg for selektive hogster, foreslås følgende to-steps prosedyre ved praktisk registrering. I steg 1 foretas en subjektiv bedømming i felt eller flyfoto av i hvilke bestand det åpenbart ikke er aktuelt med selektive hogster. I steg 2 gjennomføres en prøveflatetakst med 200 m² prøveflater i alle bestand som kan være aktuelle for selektive hogster. Prøveflatetakst er en forholdsvis kostbar registreringsmetode, og det er derfor grunn til å undersøke nærmere om bruk av flybåren laser-scanner vil kunne være et alternativ ved registrering av egnethet for selektive hogster.

Nøkkelord: selektiv hogst indeks (SHI), fototakst, prøveflatetakst, selektive hogster.

Innhold

Sammendrag	3
1. Innledning	5
2. Materiale og metode	6
2.1. Beskrivelse av de ulike registreringsmetodene	6
2.1.1. Kontrolltakst	6
2.1.2. Fototakst med ekstra beregninger	7
2.1.3. Fototakst med ekstra fototolkning	8
2.1.4. Prøveflatetakst	9
2.1.5. Kombinasjonstakst	9
2.1.6. Direkte fototolkning av egnethet for selektive hogster	9
2.2. Materiale	10
2.3. Beregninger og statistiske analyser	12
3. Resultater	13
4. Diskusjon	21
4.1. Datamateriale og forsøksopplegg	21
4.2. Vurdering av de ulike registreringsmetodene	22
4.3. Samlet vurdering og praktiske konsekvenser	23
5. Konklusjon	25
Litteratur	26

1. Innledning

De seneste årene er det registrert en økende interesse for selektive hogstformer som alternativ til bestandsskogbruk med flatehogst og frøtrestillingshogst. Selektive hogster kan defineres som *hogster basert på definerte kriterier for trevalg som utvikler eller bevarer en sjiktet skogstruktur*. Selektive hogster kjennetegnes av at bare deler av trekapitalen realiseres samtidig som forholdene legges til rette for rekruttering av nye trær til tresjiktet slik at en sjiktet skogstruktur utvikles eller bevares. Videre er behandlingsenheten det enkelte tre eller mindre tregrupper, og ikke bestandet, slik som i bestandskogbruket. Et tredje fellestrekk ved selektive hogster er at hvilke trær som skal avvirkkes bestemmes på bakgrunn av bestemte kriterier. Kriteriene som vektlegges kan variere mellom ulike selektive hogstformer, men felles for alle er at det ved hogst foretas en selektering etter bestemte egenskaper hos trærne. Bledningshogst, fjellskoghogst og plukkhogst er eksempler på selektive hogstformer.

Økende interesse for selektive hogster har blant annet medført et behov for praktiske hjelpemidler for å vurdere forholdene for selektive hogster i et bestemt bestand eller for en bestemt behandlingsenhet. Lexerød & Eid (2004, 2005) utviklet derfor en Selektiv Hogst Indeks (SHI) som beskriver et areals egnethet for selektive hogster basert på diameterspredningen, tilvekstpotensialet, stabiliteten og forholdene for naturlig foryngelse på arealet. Indeksen er basert på variablene antall trær i ulike diameterklasser, grunnflateveid middelhøyde, grunnflateveid kronehøyde, overhøyde, treslagsfordeling (ut fra volum) og vegetasjonstype.

SHI kan blant annet benyttes i forbindelse med praktisk skogbruksplanlegging til å kartlegge og rangere arealer med hensyn på egnethet for selektive hogster. Behandlingsforslag for ulike arealer kan deretter gis i skogbruksplanen med utgangspunkt i denne rangeringen. Før det tas en endelig beslutning om valg av hogstform bør, i tillegg til de faktorene som er inkludert i SHI, lokale forhold som klima, topografi, virkepriser, driftskostnader etc. vurderes.

På en skogeiendom kan arealer som potensielt egner seg for selektive hogster enten være spredt rundt på eiendommen, eller de kan være samlet i et eller flere større sammenhengende områder. I det første tilfellet kan de aktuelle arealene lokaliseres og skilles ut som egne enheter. I tilfellet med et eller flere større sammenhengende områder vil det være formålstjenlig å foreta en inndeling i behandlingsenheter. Registreringene foretas deretter innen hver enhet, og basert på denne registreringen kan behandlingsenhetene rangeres med hensyn på hvor egnet de er for selektive hogster.

Skogbruksplanleggingen er innrettet mot bestandsskogbruket, og flere forskjellige registreringsmetoder er utviklet og benyttet (Eid et al. 2002). Felles for disse metodene er at arealene beskrives ved hjelp av gjennomsnittstall. Dette gir som regel et tilfredsstillende beslutningsunderlag i homogene bestand som skal behandles etter bestandskogbrukets prinsipper. For å vurdere et areals egnethet for selektive hogster er det imidlertid ikke tilstrekkelig med gjennomsnittstall for arealet siden diametervariasjonen har stor betydning for lønnsomheten av selektive hogster og dermed for arealets egnethet. For å kunne beregne SHI må antall trær i ulike diameterklasser, grunnflateveid kronehøyde, overhøyde og vegetasjonstype være kjent i tillegg til de variablene som vanligvis registreres ved ordinære bestandstakster (alder, bonitet, grunnflateveid

middelhøyde, stående volum og treslagsfordeling). Vegetasjonstype blir i visse tilfeller også registrert ved ordinære bestandstakster. Siden flere av variablene som inngår i SHI ikke registreres ved ordinære bestandstakster er det behov for å vurdere ulike metoder for å registrere disse.

Fem forskjellige registreringsmetoder ble vurdert og sammenlignet i det foreliggende arbeidet. De to første alternativene tok utgangspunkt i ordinære fototakster for skogbruksplanlegging der treslagsfordeling og grunnflateveid middelhøyde er registrert. I alternativet «Fototakst med ekstra beregninger» ble de resterende variablene som inngår i SHI estimert ved hjelp av modeller, mens i alternativet «Fototakst med ekstra fototolkning» ble grunnflateveid kronehøyde, overhøyde og vegetasjonstype tolket i flyfoto, mens antall trær i ulike diameterklasser enten ble beregnet med funksjoner eller registrert i felt avhengig av bestandets høydesjiktning. Bestandets høydesjiktning ble bestemt i flyfoto. I to andre alternativer ble samtlige variable som inngår i SHI registrert i felt ved hjelp av prøveflatetakster med varierende antall flater i hvert bestand (Prøveflatetakst Alt. 1 og 2). I det siste alternativet «Kombinasjonstakst» ble prøveflatetakst kombinert med fototakst med ekstra beregninger og fototolkning.

2. Materiale og metode

2.1. Beskrivelse av de ulike registreringsmetodene

2.1.1. Kontrolltakst

For å vurdere de ulike takstmetodene benyttet vi en systematisk prøveflatetakst med 200 m² sirkulære prøveflater som kontroll og sammenligningsgrunnlag. I kontrolltaksten ble treslag og diameter i brysthøyde registrert i 2 cm diameterklasser for alle trær med diameter over 4 cm. Blant klavetrærne ble prøvetrær for måling av høyde og kronehøyde valgt ut ved hjelp av relaskop med faktor 6. Høyde ble registrert som den vertikale høyden fra stubbeavskjær til topp, mens kronehøyde ble registrert som den vertikale avstanden fra stubbeavskjær til den grønne kronens begynnelse. En enkelt grønn grein under den samlede grønne krone ble ikke regnet med som en del av den grønne kronen hvis den var skilt fra den øvrige grønne krone med minst tre døde kvistkranser. Kronehøyde ble ikke registrert på lauvtrær.

Overhøyde ble registrert på alle prøveflater, mens bonitet og alder ble bestemt på annenhver prøveflate. Det ble bonitert på hovedtreslaget i bestandet, og bonitetstreet ble tatt ut på en flate på 100 m². Trær for aldersregistrering ble valgt ut med relaskop. Dominerende vegetasjonstype på hver flate ble bestemt til en av hovedgruppene lavskog, bærlyngskog, blokkebærskog, blåbærskog, småbregneskog, storbregneskog, lågurtskog eller høgstaudegranskog (se for eksempel Larsson 2000). Tabell 1 viser gjennomsnittlig antall prøveflater og prøvetrær per bestand i kontrolltaksten.

Tabell 1. Gjennomsnittlig antall prøveflater og prøvetrær for ulike registreringsmetoder. Minimum og maksimumsverdier i parentes.

Registreringsmetode	Antall prøveflater	Antall prøvetrær		
		Høyde	Bonitet	Alder
Kontroll	16,2 (8–36)	25,1 (12–59)	8,4 (4–18)	7,3 (4–18)
Prøveflatetakst, Alt. 1.	6,5 (3–14)	10,7 (3–27)	3,2 (0–6)	3,2 (0–8)
Prøveflatetakst, Alt. 2.	3,2 (2–7)	5,7 (2–18)	1,7 (0–3)	1,5 (0–4)

2.1.2. Fototakst med ekstra beregninger

Ved ordinære fototakster registreres bonitet, alder, grunnflateveid middelhøyde, volum og treslagsfordeling ved en kombinasjon av fototolkning og feltkontroll. Blant variablene som inngår i SHI er dermed treslagsandeler og grunnflateveid middelhøyde de eneste som registreres ved ordinære fototakster, mens de øvrige variablene kan beregnes ved hjelp av funksjoner. Antall trær i ulike diameterklasser kan predikeres med funksjoner av Mønness (1982) og Holte (1993) for henholdsvis gran- og furubestand, mens overhøyde og grunnflateveid kronehøyde kan predikeres med funksjoner utarbeidet av henholdsvis Tveite (1967) og Bollandsås (2002). Både treantall og grunnflate-middeldiameter inngår som uavhengige variabler i flere av disse funksjonene. Treantall og grunnflatemiddeldiameter registreres vanligvis ikke ved ordinære fototakster, men kan predikeres ved hjelp av funksjoner (Eid 2001).

Vegetasjonstype registreres som regel ikke ved ordinære fototakster, og derfor utviklet vi et opplegg for å tildele hvert bestand en sannsynlig vegetasjonstype ut fra hovedtreslag (gran eller furu) og bonitet. Først bestemte vi aktuelle vegetasjonstyper for hver bonitet i henholdsvis gran- og furudominerte bestand med utgangspunkt i Larsson et al. (1994). Deretter estimerte vi sannsynligheten for hver vegetasjonstype i en bestemt bonitetsklasse basert på Landskogtakseringens registreringer mellom 1994 og 1998 (NIJOS 2000) (Tabell 2). For å tildele et bestand en bestemt vegetasjonstype ble det trukket et tilfeldig tall mellom 0 og 1. Dette tallet ble deretter sammenlignet med sannsynligheten for hver vegetasjonstype.

Tabell 2. Aktuelle vegetasjonstyper for ulike bonitetsklasser og vegetasjonstypenes andel av arealet i hver bonitetsklasse basert på Landsskogtakseringen for henholdsvis granskog og furuskog. Sannsynligheten for hver vegetasjonstype er estimert basert på data fra Landsskogtakseringen (NIJOS 2000).

	Bonitet, H40						
	6	8	11	14	17	20	23-
Granskog							
Lavskog							
Blokkebærskog							
Bærlyngskog	57 %	38 %	15 %				
Blåbærskog	43 %	62 %	65 %	54 %	45 %	30 %	
Småbregne- skog			20 %	27 %	28 %	35 %	54 %
Storbregneskog							9 %
Lågurtskog				11 %	16 %	23 %	20 %
Høgstaudeskog				8 %	11 %	12 %	17 %
Furuskog							
Lavskog	20 %	23 %	14 %				
Blokkebærskog	39 %	25 %	15 %				
Bærlyngskog	41 %	52 %	71 %	54 %	38 %		
Blåbærskog				46 %	62 %	100 %	100 %
Småbregne- skog							
Storbregneskog							
Lågurtskog							
Lågurtskog							
Høgstaudeskog							

2.1.3. Fototakst med ekstra fototolkning

Det er mulig å fototolke grunnflateveid kronehøyde, overhøyde og vegetasjonstype i stedet for å beregne disse variablene. Ved fototolkning ble overhøyde tolket ut fra det øverste sjiktet i bestandet selv om treslaget i dette sjiktet ikke var det dominerende, noe som medførte at overholdte skjerm- og frøtrær ble inkludert ved bestemmelse av overhøyden.

Når det gjelder antall trær i ulike diameterklasser er det ikke mulig å tolke dette direkte i flyfoto, og vi benyttet derfor en to-steps prosedyre for å anslå diameterfordelingen. Det er som kjent en sterk sammenheng mellom høydesjiktning og diameter-spredning, og i steg 1 ble derfor høydesjiktningen i bestandet klassifisert som enten *ikke-sjiktet* eller *sjiktet* basert på fototolkning. Vi definerte skog med hovedsakelig trær i et sjikt som *ikke-sjiktet*, mens skog med trær i to eller flere sjikt ble definert som *sjiktet*. Det betyr at i skog klassifisert som *sjiktet* skal høydesjiktning mellom nabotrær, eller

nabogrupper av trær, være karakteristisk for største delen av arealet. Dersom det foretas en selektiv hogst i det øvre sjiktet skal de gjenstående trærne danne en ny sjiktet skog.

Med utgangspunkt i klassifiseringen i *sjiktet* eller *ikke-sjiktet* ble diameterfordelingen enten beregnet eller registrert i steg 2. For bestand klassifisert som *ikke-sjiktet* beregnet vi diameterfordelingen ved hjelp av funksjonene til Mønness (1982) og Holte (1993), mens for bestand klassifisert som *sjiktet* ble antall trær i ulike diameterklasser registrert i felt ved hjelp av en systematisk prøveflatetakst med lavt antall prøveflater (20 % av fullt antall prøveflater i kontrolltaksten).

2.1.4. Prøveflatetakst

I dette alternativet registrerte vi alle variabler som inngår i SHI i felt. Dette kan være aktuelt der en ikke har tilgang til en ordinær skogbruksplan, ikke har mulighet for fototolkning eller ønsker stor grad av nøyaktighet på registreringene. På hver prøveflate ble treslag og diameter i brysthøyde registrert for alle trær med diameter større enn 4 cm, mens kronhøyde, høyde og overhøyde ble registrert på utvalgte prøvetrær. I tillegg ble den dominerende vegetasjonstypen på hver prøveflate registrert. Antall prøveflater og prøvetrær vil kunne variere med kostnadsrammen og ønsket nøyaktighet. I dette prosjektet benyttet vi to ulike takstintensiteter på prøveflatetaksten. Disse ble definert som henholdsvis 40 % (Alt. 1) og 20 % (Alt. 2.) av prøveflatene i kontrolltaksten (Tabell 1).

2.1.5. Kombinasjonstakst

Som et alternativ testet vi en kombinasjon av fototakst med ekstra beregninger, fototakst med ekstra fototolkning og prøveflatetakst. I første steg i kombinasjonstaksten klassifiseres bestandene eller behandlingsenhetene som enten *sjiktede* eller *ikke-sjiktede* ved hjelp av fototolkning. I bestand som er klassifisert som *sjiktet* gjennomføres deretter en prøveflatetakst (20 % av fullt antall prøveflater i kontrolltaksten) der antall trær i ulike diameterklasser, grunnflateveid kronhøyde, grunnflateveid middelhøyde, overhøyde, treslagsandeler og vegetasjonstype registreres som beskrevet over. I bestandene som ved fototolkning ble klassifisert som *ikke-sjiktet*, bestemmes grunnflateveid middelhøyde, overhøyde, treslagsandeler og vegetasjonstype gjennom fototolkning, mens diameterfordeling og grunnflateveid kronhøyde beregnes som i alternativet med fototakst og ekstra beregninger.

2.1.6. Direkte fototolkning av egnethet for selektive hogster

Lexerød & Eid (2004) delte skogarealet der selektive hogster kan være aktuelt i fire klasser. Klassene beskriver graden av egnethet for selektive hogster basert på verdier for SHI. I stedet for å beregne SHI og deretter klassifisere bestandene som enten *egnet*, *sannsynligvis egnet*, *sannsynligvis ikke egnet* eller *ikke egnet* kan hvert bestand klassifiseres direkte basert på fototolkning. For å teste om dette alternativet var praktisk gjennomførbart ble egnetheten for selektive hogster vurdert direkte i flyfoto av en fototolker.

2.2. Materiale

Vi testet de forskjellige registreringsmetodene i forbindelse med områdetaksten i Rendalen kommune i Hedmark. Undersøkelsen omfattet i alt 258 bestand som ble valgt ut fra følgende kriterier (basert på fototolkning); i) produktiv skogsmark (ikke myr og sumpskog), ii) hogstklasse IV eller V, iii) gran og furu > 90 % av stående volum, iv) helling < 40° og v) vegetasjonstype lavskog, blokkebærskog, bærlyngskog, blåbærskog, småbregneskog, storbregneskog, lågurtskog eller høgstaudegranskog. Fototakst med ekstra fototolkning ble gjennomført for alle 258 bestandene vinteren 2004. Av de 258 bestandene valgte vi skjønsmessig ut et representativt utvalg på 37 bestand for feltregistrering. De 37 bestandene fordelte seg på hogstklasser, skogtyper og vegetasjonstyper som vist i Figur 1–3.

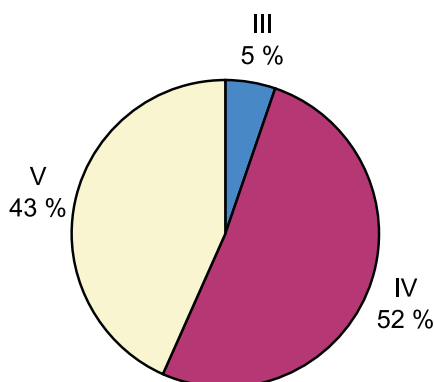


Fig. 1. Datamaterialets fordeling på hogstklasser (37 bestand).

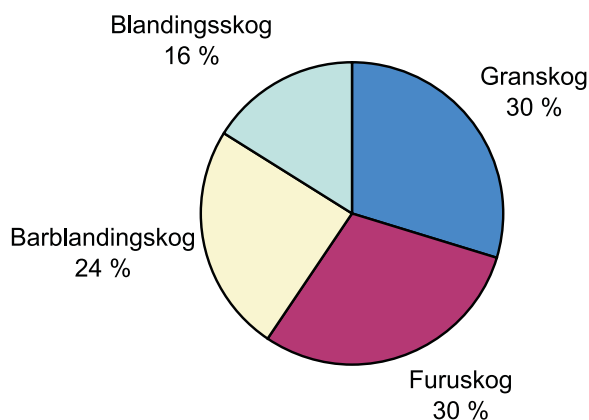


Fig. 2. Datamaterialets fordeling på skogtyper (37 bestand).

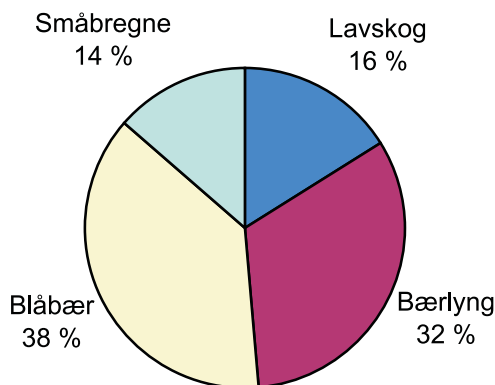


Fig. 3. Datamaterialets fordeling på vegetasjonstyper (37 bestand).

Kontrollen i form av den systematiske prøveflatetaksten ble gjennomført sommeren 2004. I alt ble det lagt ut 600 prøveflater og tatt ut 929 prøvetrær for registrering av høyde og kronhøyde. Dette tilsvarer et gjennomsnitt på henholdsvis 16,2 prøveflater og 25,1 prøvetrær per bestand (Tabell 1). Bonitet og alder ble gjennomsnittlig registrert på henholdsvis 8,4 og 7,3 prøvetrær per bestand. Gjennomsnittstall fra kontrolltaksten er vist i Tabell 3.

Tabell 3. Datamaterialet fra kontrolltakst (systematisk prøveflatetakst i 37 bestand).

Variabel	Gjennomsnitt	Stand.avvik	Minimum	Maksimum
Areal (ha)	2,0	1,0	0,5	4,5
H ₄₀ (m)	13,4	3,7	6,4	19,6
A (år)	93,0	28,2	53,5	189,0
H _D (m)	19,3	2,9	13,7	26,4
H _L (m)	17,4	2,8	11,8	23,9
KH _{gran} (m)	3,9	1,9	1,4	8,1
KH _{furu} (m)	8,5	2,7	3,4	15,1
G (m ² /ha)	25,4	8,9	8,8	43,3
N/ha	1088	426	292	2074
V (m ³ /ha)	181,8	86,7	44,5	402,9
A _{gran} (%)	48,9	32,1	0,6	95,2
A _{furu} (%)	46,4	34,2	0,6	99,4
A _{lauv} (%)	4,7	5,5	0,0	18,6

H₄₀; bonitet, A; totalalder, H_D; overhøyde, H_L; grunnflateveid middelhøyde, KH; grunnflateveid kronhøyde, G; grunnflate, N; treantall, V; stående volum, A_{treslag}; treslagets andel av stående volum.

2.3. Beregninger og statistiske analyser

For hver av registreringsmetodene ble SHI beregnet, noe som resulterte i seks forskjellige verdier for SHI i hvert bestand. Vi sammenlignet deretter de seks forskjellige registreringsmetodene ved hjelp av følgende modell;

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

der y_{ij} er indeksverdi for registreringsmetode i i bestand j , μ er et generelt gjennomsnitt, α_i er en fast effekt av registreringsmetode i , β_j er en tilfeldig effekt av bestand j og ε_{ij} er resterende varians som antas å ha fordeling $N(0, \sigma^2)$. Modell (1) ble estimert med PROC MIXED (SAS Institute Inc. 1999). Forskjeller mellom ulike registreringsmetoder ble testet med Tukey's test for multiple sammenligninger (se for eksempel Christensen 1996). Hver delindeks som inngår i SHI er uttrykt som relative andeler, og for å tilfredsstille forutsetningen om normalfordelte verdier og homogen varians mellom de forskjellige metodene ble delindeksene og SHI arcsin transformert (Christensen 1996) før testene og sammenligningene ble gjennomført.

Den gjennomsnittlige differansen og standardavviket til differansen mellom indeksverdi basert på data fra kontrolltaksten (y_{kon}) og indeksverdier basert på data fra de fem andre registreringsmetodene (y_i) ble beregnet på følgende måte der

$$\bar{D}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (y_{ij} - y_{konj}) \quad (2)$$

gav den gjennomsnittlige differansen for registreringsmetode i , og

$$\bar{SD}_i = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - y_{konj})^2} \quad (3)$$

gav det gjennomsnittlige standardavviket til differansen for registreringsmetode i .

Bestand med høy verdi for SHI antas å være bedre egnet for selektive hogster enn bestand med lav verdi for SHI. Det var derfor interessant å teste i hvilken grad de ulike registreringsmetodene påvirket rangeringen av bestandene. Vi rangerte derfor alle bestandene fra største til minste verdi for SHI for hver registreringsmetode og korrelasjonskoeffisienten (Spearman rank) mellom de ulike rangeringene ble beregnet ved hjelp av PROC CORR (SAS Institute Inc. 1999).

Antall bestand (y_j) klassifisert som henholdsvis *egnet* ($SHI \geq 0,6$), *sannsynligvis egnet* ($0,3 \leq SHI < 0,6$) og *ikke egnet* ($SHI < 0,3$) ble fastsatt basert på data fra kontrolltaksten. For hver registreringsmetode ble deretter antall riktig klassifiserte bestand bestemt (x_j) og statistiske forskjeller mellom kontrollen og hver metode beregnet ved hjelp av kjikvadrattester der

$$\chi^2 = \frac{\sum_{j=1}^3 (x_j - y_j)^2}{y_j} \quad (4)$$

Klassifiseringen er signifikant forskjellig dersom $\chi^2 \geq \chi_{1-\alpha, j-1}^2$

3. Resultater

Gjennomsnittlig SHI for de 37 bestandene beregnet med data fra kontrolltaksten var 0,25. Grupperes bestandene i ulike stratum viste det seg at SHI i kontrollen i gjennomsnitt var høyere i granskog (0,28) enn i furuskog (0,22), høyere i hogstklasse V (0,31) enn i hogstklasse III-IV (0,21) og høyere på lave boniteter (0,34) enn på middels boniteter (0,19) (Tabell 4).

Tabell 4. Gjennomsnittlige verdier for SHI i forskjellige stratum samt gjennomsnittlig differanse og standardavvik til differansen mellom SHI beregnet med data fra de forskjellige registreringsmetodene og SHI beregnet med data fra kontrolltaks-ten. Gjennomsnittsverdier med samme bokstav er ikke signifikant forskjellige.

Registreringsmetode	Stratum	N	SHI		D i % av kontroll	SD i % av kontroll
			Metode	Kontroll		
Prøveflatetakst, Alt. 1	Alle	37	0,26 ^a	0,25 ^a	2	57
Prøveflatetakst, Alt. 2			0,26 ^a	0,25	4	84
Kombinasjonstakst			0,22 ^a	0,25	-14	95
Fototakst m/ekstra fototolkning			0,23 ^a	0,25	-8	103
Fototakst m/ekstra beregninger			0,04 ^b	0,25	-85	79
Prøveflatetakst, Alt. 1	Granskog	21	0,25 ^a	0,28 ^a	-10	44
Prøveflatetakst, Alt. 2			0,28 ^a	0,28	-2	84
Kombinasjonstakst			0,22 ^a	0,28	-24	95
Fototakst m/ekstra fototolkning			0,25 ^a	0,28	-10	106
Fototakst m/ekstra beregninger			0,05 ^b	0,28	-82	72
Prøveflatetakst, Alt. 1	Furuskog	16	0,26 ^a	0,22 ^a	22	74
Prøveflatetakst, Alt. 2			0,24 ^a	0,22	13	85
Kombinasjonstakst			0,22 ^a	0,22	2	94
Fototakst m/ekstra fototolkning			0,20 ^a	0,22	-6	97
Fototakst m/ekstra beregninger			0,02 ^b	0,22	-89	92
Prøveflatetakst, Alt. 1	Hkl. III-IV	21	0,19 ^a	0,21 ^a	-10	54
Prøveflatetakst, Alt. 2			0,20 ^a	0,21	-6	51
Kombinasjonstakst			0,15 ^a	0,21	-31	65
Fototakst m/ekstra fototolkning			0,20 ^a	0,21	-7	107
Fototakst m/ekstra beregninger			0,04 ^b	0,21	-81	80
Prøveflatetakst, Alt. 1	Hkl. V	16	0,35 ^a	0,31 ^a	12	57
Prøveflatetakst, Alt. 2			0,35 ^a	0,31	13	98
Kombinasjonstakst			0,31 ^a	0,31	1	108
Fototakst m/ekstra fototolkning			0,28 ^a	0,31	-9	100
Fototakst m/ekstra beregninger			0,04 ^b	0,31	-88	73
Prøveflatetakst, Alt. 1	H ₄₀ ≤ 12,5 m	16	0,36 ^a	0,34 ^a	5	58
Prøveflatetakst, Alt. 2			0,38 ^a	0,34	11	79
Kombinasjonstakst			0,34 ^a	0,34	0	84
Fototakst m/ekstra fototolkning			0,38 ^a	0,34	12	90
Fototakst m/ekstra beregninger			0,05 ^b	0,34	-86	48
Prøveflatetakst, Alt. 1	H ₄₀ > 12,5 m	21	0,18 ^a	0,19 ^a	-4	48
Prøveflatetakst, Alt. 2			0,17 ^a	0,19	-7	86
Kombinasjonstakst			0,12 ^{ab}	0,19	-34	110
Fototakst m/ekstra fototolkning			0,12 ^{ab}	0,19	-36	115
Fototakst m/ekstra beregninger			0,03 ^b	0,19	-84	112

Differansen i prosent av SHI beregnet med data fra kontrolltaksten var i gjennomsnitt for alle bestandene 2, 4, -14, -8 og -85 % for henholdsvis prøveflatetakst Alt. 1., prøveflatetakst Alt. 2., kombinasjonstakst, fototakst med ekstra fototolkning og fototakst med ekstra beregninger (Tabell 4). For prøveflatetakst, kombinasjonstakst og fototakst med ekstra fototolkning varierte den gjennomsnittlige differansen i ulike stratum mellom -36 og 22 %. For prøveflatetakst og fototakst med ekstra fototolkning var i hovedtrekk den gjennomsnittlige differansen større i furuskog enn i granskog, større i hogstklasse V enn i hogstklasse III-IV og større på lave enn på middels boniteter (Tabell 4). For kombinasjonstakst var det omvendt.

Den tilfeldige feilen var i gjennomsnitt for alle bestandene 57, 84, 95, 103 og 79 % ved henholdsvis prøveflatetakst Alt. 1., prøveflatetakst Alt. 2., kombinasjonstakst, fototakst med ekstra fototolkning og fototakst med ekstra beregninger (Tabell 4). Generelt var den tilfeldige feilen større i furuskog enn i granskog, større i hogstklasse V enn i hogstklasse III-V og større på midlere enn på lave boniteter.

Det var ikke signifikante forskjeller mellom SHI beregnet med data fra kontrolltaksten og SHI beregnet med data fra henholdsvis prøveflatetakst (Alt. 1. og Alt. 2.), kombinasjonstakst eller fototakst med ekstra fototolkning. Derimot gav fototakst med ekstra beregninger signifikant lavere verdier for SHI i alle stratum (Tabell 4).

Når det gjelder delindeks I_1 gav kombinasjonstakst, fototakst med ekstra fototolkning og fototakst med ekstra beregninger signifikant lavere verdier enn kontrolltaksten (Tabell 5). For delindeks I_2 gav fototakst med ekstra fototolkning og fototakst med ekstra beregninger signifikant høyere verdier enn kontrollen, mens for de andre delindeksene var det ingen signifikante forskjeller sammenlignet med kontrollen.

Tabell 5. Gjennomsnittlige verdier for hver delindeks for hver registreringsmetode. Gjennomsnittsverdier med samme bokstav er ikke signifikant forskjellige.

Registreringsmetode	Delindeks			
	I1	I2	I3	I4
Kontroll	0,64 ^a	0,45 ^a	0,23 ^{ab}	0,35 ^a
Prøveflatetakst, Alt. 1	0,63 ^a	0,46 ^a	0,22 ^{ab}	0,35 ^a
Prøveflatetakst, Alt. 2	0,61 ^a	0,47 ^{ab}	0,25 ^a	0,35 ^a
Kombinasjonstakst	0,41 ^b	0,51 ^{ab}	0,29 ^a	0,35 ^a
Fototakst m/ekstra fototolkning	0,41 ^b	0,51 ^b	0,29 ^a	0,35 ^a
Fototakst m/ekstra beregninger	0,14 ^c	0,53 ^b	0,14 ^b	0,32 ^a

Rangeringen av de 37 bestandene basert på data fra prøveflatetakst Alt. 1. var mest i overensstemmelse ($\rho = 0,89$) med rangeringen basert på data fra kontrolltaksten (Tabell 6 og Fig. 4). Det var også god sammenheng mellom rangeringen basert på data fra prøveflatetakst Alt. 2. ($\rho = 0,74$), kombinasjonstakst ($\rho = 0,62$), fototakst med ekstra fototolkning ($\rho = 0,58$) og rangeringen basert på kontrolldata. For fototakst med ekstra beregninger var det derimot ikke signifikant sammenheng ($\rho = 0,24$) mellom rangerin-

gen basert på data fra denne registreringsmetoden og rangeringen basert på data fra kontrolltaksten.

Tabell 6. Rangeringen av bestand i forskjellige stratum med hensyn på SHI beregnet med data fra kontrolltaksten sammenlignet med rangeringen beregnet med data fra de forskjellige registreringsmetodene.

Stratum	N	Registreringsmetode				
		Prøveflate- takst, Alt. 1	Prøveflate- takst, Alt. 2	Kombina- sjonstakst	Fototakst m/ ekstra fototolkning	Fototakst m/ekstra beregninger
Alle	37	0,89* <.0001**	0,74 <.0001	0,62 <.0001	0,58 0.0003	0,24 0.1573
Granskog	21	0,86<.0001	0,63 0.0020	0,55 0.0099	0,57 0.0068	0,38 0.0876
Furuskog	16	0,92 <.0001	0,73 0.0014	0,58 0.0179	0,53 0.0350	-0,05 0.8626
Hkl. III-IV	21	0,88 <.0001	0,72 0.0003	0,63 0.0021	0,46 0.0343	0,19 0.4137
Hkl. V	16	0,92 <.0001	0,62 0.0099	0,60 0.0146	0,55 0.0263	0,44 0.0872
H₄₀ ≤ 12,5 m	16	0,58 0.0194	0,64 0.0082	0,64 0.0071	0,26 0.3388	0,10 0.7044
H₄₀ >12,5 m	21	0,91 <.0001	0,85 <.0001	0,73 0.0002	0,59 0.0049	0,27 0.2363

* Spearman korrelasjon koeffisient, ρ

** p-verdi

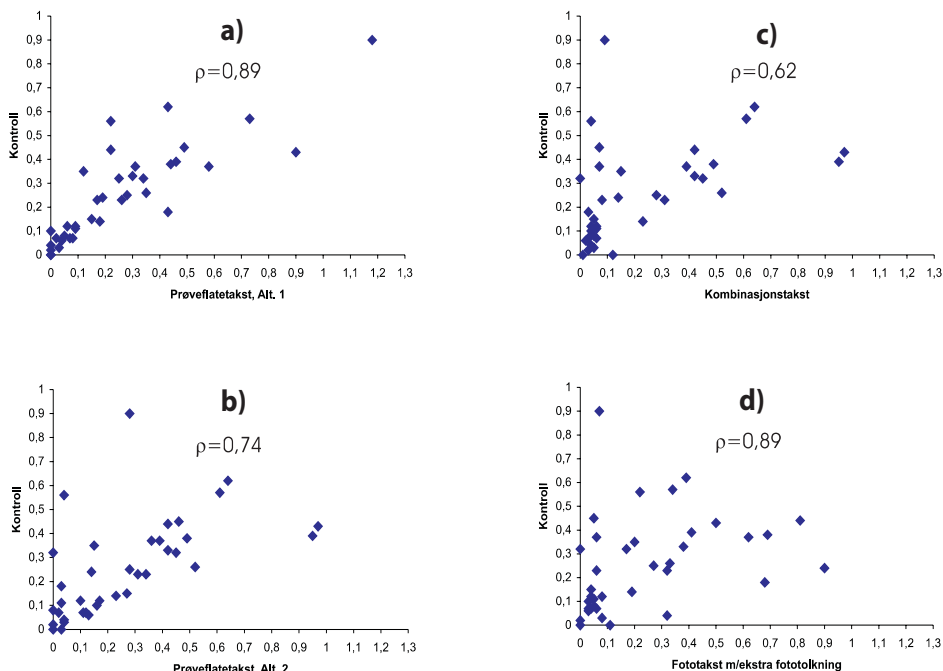


Fig. 4. SHI beregnet for 37 bestand med data fra kontrolltaksten plottet mot SHI beregnet med data fra a) prøveflatetakst, Alt. 1, b) prøveflatetakst, Alt. 2, c) kombinasjonstakst og d) fototakst med ekstra fototolkning. ρ er lik Spearman korrelasjonskoeffisient.

I alle strata bortsett fra på lave boniteter var det prøveflatetakst Alt. 1. som var best korrelert med kontrolltaksten (Tabell 6). Generelt var korrelasjonen bedre i furuskog enn i granskog og bedre på midlere enn på lave boniteter. Når det gjelder hogstklasse var trendene mindre klare. Rangeringen ved prøveflatetakst Alt. 1 og 2 og ved kombinasjonstakst var signifikant korrelert ($\alpha = 0,05$) med rangeringen etter kontrolltaksten i alle strata, mens det for fototakst med ekstra fototolkning var signifikant forskjell på lave boniteter. For fototakst med ekstra beregninger var det ingen signifikant sammenhenger mellom rangeringene basert på data fra denne metoden og rangeringen basert på data fra kontrolltaksten.

Når det gjelder rangeringen av de 37 bestandene for hver delindeks var trenden den samme som for SHI. For alle delindeksene var det best overensstemmelse mellom prøveflatetakst Alt. 1. og kontrolltakst, etterfulgt av prøveflatetakst Alt. 2., kombinasjonstakst, fototakst med ekstra fototolkning og fototakst med ekstra beregninger (Tabell 7). For alle delindeksene var det signifikante sammenhenger mellom rangeringen basert på kontrolltaksten og rangeringen basert på prøveflatetakst Alt. 1 og 2.

Tabell 7. Rangeringen av de 37 bestandene med hensyn på hver delindeksene beregnet med data fra kontrolltaksten sammenlignet med rangeringen beregnet med data fra de forskjellige registreringsmetodene.

Registreringsmetode	Delindeks			
	I1	I2	I3	I4
Prøveflatetakst, Alt. 1	0,95* <.0001**	0,80 <.0001	0,84 <.0001	1,00 <.0001
Prøveflatetakst, Alt. 2	0,84 <.0001	0,63 <.0001	0,57 0.0002	0,86 <.0001
Kombinasjonstakst	0,55 0.0004	0,20 0.2328	0,32 0.560	0,34 0.0400
Fototakst m/ekstra fototolkning	0,55 0.0004	0,47 0.0030	0,17 0.3272	0,16 0.3329
Fototakst m/ekstra beregninger	0,07 0.6767	0,45 0.0047	0,06 0.7191	-0,10 0.5750

* Spearman korrelasjon koeffisient, ρ

** p-verdi

Basert på kontrolltaksten ble totalt to av de 37 bestandene klassifisert som *egnet* for selektive hogster, mens 13 og 22 bestand ble klassifisert som henholdsvis *sannsynligvis egnet* og *ikke egnet* for selektive hogster (Tabell 8). Totalt ble 28, 27, 26, 21 og 22 bestand klassifisert riktig ved henholdsvis prøveflatetakst Alt. 1., prøveflatetakst Alt. 2., kombinasjonstakst, fototakst med ekstra fototolkning og fototakst med ekstra beregninger. Dette tilsvarer en andel riktig klassifiserte bestand på henholdsvis 76, 73, 70, 57 og 59 %. Ved en direkte klassifisering av bestandene utelukkende ved hjelp av fototolkning ble 25 bestand klassifisert riktig. Dette tilsvarer en andel på 68 %. Klassifiseringen var ikke signifikant forskjellig ($\alpha = 0,05$) fra kontrollen for prøveflatetakst Alt. 1 og 2, kombinasjonstakst og direkte fototolkning. For fototakst med ekstra fototolkning eller beregning var det derimot signifikant forskjell.

Tabell 8. Antall riktig klassifiserte bestand ved de forskjellige registreringsmetodene. Tallene i parentes viser antall bestand klassifisert som henholdsvis egnet, sannsynligvis egnet og ikke egnet for selektive hogster basert på kontrolldata.

	Registreringsmetode					
	Prøveflate- takst, Alt. 1	Prøveflate- takst, Alt. 2	Kombina- sjons-takst	Fototakst m/ekstra fototolkning	Fototakst m/ekstra beregninger	Direkte foto- tolkning
<i>Egnet (2)</i>	1	1	1			1
<i>Sannsynligvis egnet (13)</i>	7	7	5	4		6
<i>Ikke egnet (22)</i>	20	19	20	17	22	18
Antall riktig klassifiserte bestand	28	27	26	21	22	25
Andel riktig klassifiserte bestand (%)	76	73	70	57	59	68
χ^2	3,45	3,68	5,61	9,37	15,00	5,00
p-verdi	0.178	0.159	0.061	0.009	0.001	0.082

For prøveflatetakst Alt. 1. og 2. og kombinasjonstakst var andelen riktig klassifiserte bestand større i granskog enn i furuskog, mens andelen derimot var større i furuskog for fototakst med ekstra beregninger og direkte fototolkning (Fig. 5). For fototakst med ekstra fototolkning var det ingen signifikant forskjell på de to strataene. Samtlige registreringsmetoder, unntatt fototakst med ekstra fototolkning, hadde en høyere andel riktige klassifiserte bestand i hogstklasse III-IV enn i hogstklasse V (Fig. 6). Når det gjelder bonitet var andelen riktig klassifiserte bestand størst på midlere boniteter for samtlige registreringsmetoder (Fig. 7).

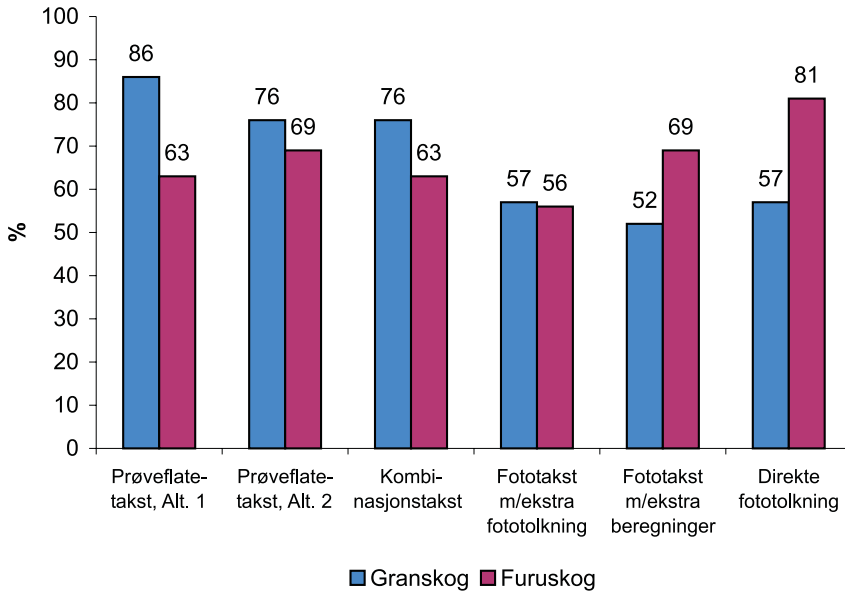


Fig. 5. Andel riktig klassifiserte bestand i henholdsvis gran- og furuskog ved forskjellige registreringsmetoder.

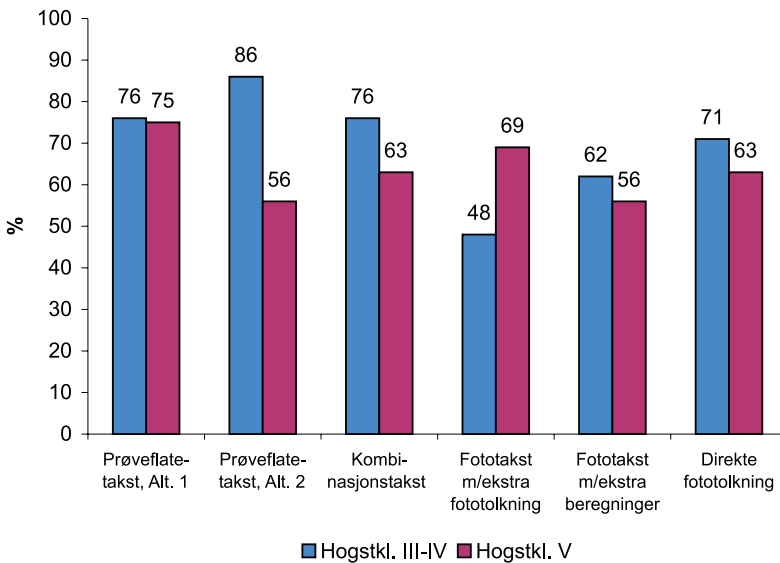


Fig. 6. Andel riktig klassifiserte bestand i henholdsvis hogstklasse III-IV og hogst-klasse V ved forskjellige registreringsmetoder.

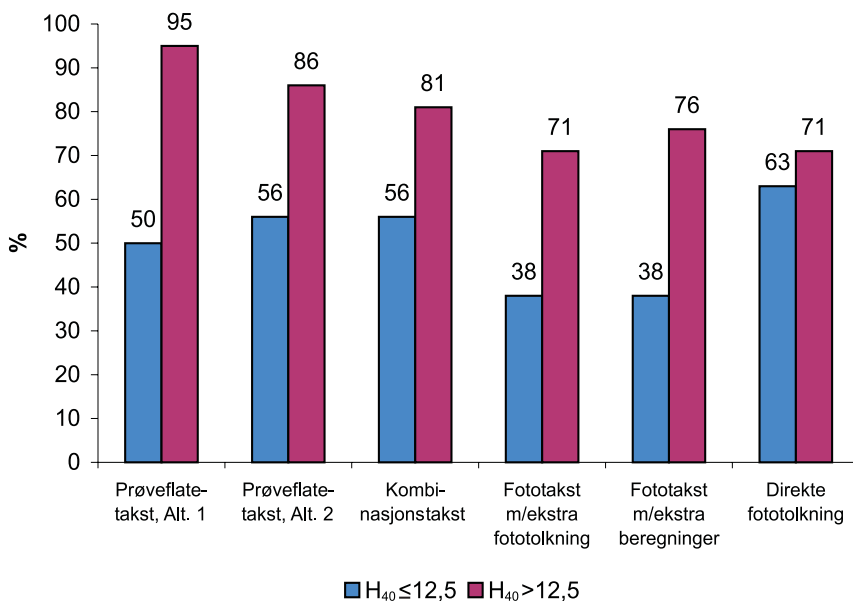


Fig. 7. Andel riktig klassifiserte bestand på henholdsvis lave ($H_{40} \leq 12,5$) og midlere ($H_{40} > 12,5$) boniteter ved forskjellige registreringsmetoder.

4. Diskusjon

4.1. Datamateriale og forsøksopplegg

Selv om materialet besto av relativt få bestand var det tilfredsstillende spredning i dataene med hensyn på både bonitet, alder, tetthet og treslagssammensetning (Tabell 3). Det var også en tilfredsstillende fordeling på hogstklasser, skog- og vegetasjonstyper (Fig 1–3).

Når det gjelder forsøksopplegget tok dette utgangspunkt i vanlige prosedyrer for utarbeidelse av skogbruksplaner. Det vil si at alternativene fototakst med ekstra beregninger, fototakst med ekstra fototolkning og kombinasjonstakst tok utgangspunkt i data fra ordinære områdetakster. Slike data er ofte beheftet med systematiske og alltid med tilfeldige feil (se f.eks. Eid 2003). Eksempelvis har en funnet at tilfeldige feil ved bestemmelse av volum i bestand, som er basert på to variabler (tetthet og middelhøyde), ofte ligger i intervallet 15–25 %. Når nivået for tilfeldige feil ved bestemmelse av indeksen ligger mye høyere enn dette (Tabell 4), skyldes det i hovedsak at indeksen består av seks ulike variabler, som alle hver for seg bidrar med tilfeldige feil i indeksen.

Når det gjelder all ekstra fototolkning utover det som vanligvis gjøres ved en ordinær fototakst er det verdt å merke seg at det i denne undersøkelsen bare ble brukt en enkelt fototolker. For fototakst med ekstra fototolkning, kombinasjonstakst og direkte fototolkning av egnetheten for selektive hogster er det derfor vanskelig å si i hvor stor del av det observerte avviket fra kontrollen som må tilskrives registreringsmetoden og hvor stor andel som skyldes denne ene fototolkeren. Det ideelle hadde derfor vært at flere

fototolkere hadde deltatt i forsøket slik at effekten av forskjellige fototolkeres skjønn kunne blitt vurdert.

Det er også verdt å merke seg at prøveflatetakst Alt. 1 og 2. ikke er fullstendig uavhengige av kontrollen, slik at resultatene for disse alternativene kanskje er noe bedre enn hva som kan oppnås i praktiske situasjoner. På den annen side kan en subjektiv utleggelse av prøveflatene være mer hensiktsmessig enn en systematisk og objektiv plassering, men dette ble ikke studert i denne undersøkelsen.

4.2. Vurdering av de ulike registreringsmetodene

Fototakst med ekstra beregninger

Resultatene viser at fototakst med ekstra beregninger ikke kan benyttes for å registrere egnethet for selektive hogster siden denne metoden systematisk gav for lave indeksverdier (Tabell 4). Hovedårsaken til de lave indeksverdiene var at diameterspredningen (delindeks I_1) ble undervurdert når diameterfordelingen ble beregnet og ikke registrert i felt (Tabell 6). Dette kan forklares med at de diameterfordelingsmodellene som ble benyttet gir til dels store avvik i sjiktet skog (Eid 2002). Stabiliteten (delindeks I_3) ble også kraftig undervurdert med denne metoden (Tabell 5). Dette skyldes hovedsakelig undervurdering av overhøyden i sjiktet skog, noe som igjen skyldes at funksjonene for beregning av overhøyde ikke er tilpasset bestand med slik struktur (Tveite 1967).

Fototakst med ekstra fototolkning

Resultatene er samlet sett betydelig bedre for fototakst med ekstra fototolkning enn for fototakst med ekstra beregninger. Dette skyldes at bestemmelse av antall trær i ulike diameterklasser, overhøyde og vegetasjonstype ble forbedret vesentlig gjennom fototolkning og feltregistrering sammenlignet med når disse variablene ble beregnet. Resultatene viser imidlertid at fototakst med ekstra fototolkning kommer betydelig dårligere ut enn kombinasjonstakst og prøveflatetakst. En av grunnene til dette var at selv når bestandene først ble klassifisert som enten sjiktet eller ikke- sjiktet, og antall trær i ulike diameterklasser deretter ble registrert i alle bestand klassifisert som sjiktet, gav kombinasjonen av beregnede og registrerte diameterfordelinger større avvik i forhold til kontrollen med hensyn på diameterspredning (delindeks I_1) enn hva som var tilfelle ved utelukkende feltregistrering (prøveflatetakst) (Tabell 5). En annen årsak til at fototakst med ekstra fototolkning kom dårligere ut enn kombinasjonstakst og prøveflatetakst var avvik i forhold til kontrollen i bestemmelsen av kronehøyde og overhøyde, noe som igjen påvirket verdiene for tilvekstpotensial (delindeks I_2) og stabilitet (delindeks I_3) (Tabell 6 og 8).

Kombinasjonstakst

Kombinasjonstaksten viste lovende resultater, spesielt med tanke på klassifiseringen av bestand (Tabell 8 og Fig. 5–7). Som for fototakst med ekstra fototolkning gav imidlertid kombinasjonen av beregnede og registrerte diameterfordelinger større avvik i forhold til kontrollen med hensyn på diameterspredning (delindeks I_1) enn hva som var tilfelle ved utelukkende feltregistrering (Tabell 5). Dette hadde betydning for rangeringen av bestandene etter indeksverdi (Tabell 6 og 7). Den praktiske betydningen med hensyn på

klassifisering av bestandene er derimot mindre. Dette skyldtest at omtrent samtlige bestand som ble klassifisert som ikke-sjiktet også ble klassifisert som *ikke egnet* for selektive hogster. Det hadde derfor liten betydning at rangeringen av de bestandene som ble klassifisert som ikke-sjiktet avvek fra kontrollen siden alle bestandene uansett ble klassifisert som *ikke egnet* for selektive hogster. Med hensyn på klassifisering av bestand kan kombinasjonstakst derfor være et godt alternativ. Dersom det derimot er ønskelig med en fullstendig rangering av bestandene etter indeksverdi viser resultatene at kombinasjonstaksten kommer dårligere ut enn prøveflatetakstene (Tabell 6 og Fig. 4).

Prøveflatetakst

Det beste alternativet for bestemmelse av SHI var prøveflatetakst, men selv ved dette alternativet ble «bare» 76 og 73 % av bestandene klassifisert riktig ved henholdsvis prøveflatetakst Alt. 1 og 2 (Tabell 8). Prøveflatetakst Alt. 1 gav som ventet noe bedre resultater enn Alt. 2 spesielt med tanke på rangeringen av bestandene (Tabell 6 og Fig. 4). Når det gjaldt klassifisering av bestand ble det imidlertid bare minimal forbedring av å doble antall prøveflater og prøvetrær.

Direkte fototolkning av egnethet for selektive hogster

I situasjoner der det ikke er behov for en detaljert rangering av bestandene kan direkte fototolkning av egnetheten for selektive hogster være et alternativ. Dette kan for eksempel være tilfelle ved fastsettelse av behandlingsforslag i forbindelse med utarbeidelse av skogbruksplaner. Totalt ble 68 % av bestandene klassifisert riktig ved direkte fototolkning (Tabell 8). Dette er noe lavere enn andelen ved kombinasjonstakst og prøveflatetakst, men må likevel betraktes som lovende. Det er imidlertid viktig å være klar over at forsøket i den foreliggende undersøkelsen bare omfattet en fototolker.

4.3. Samlet vurdering og praktiske konsekvenser

Ved all skoglig planlegging vil et usikkert beslutningsgrunnlag kunne medføre lønnsomhetstap som følge av gale beslutninger. Kostnader knyttet til registrering og planlegging kan derfor betraktes som en investering som skal gi økt avkastning av trekapitalen i form av bedre beslutninger. Ved utvikling av nye registreringsmetoder burde en derfor forsøke å vurdere de *totale* kostnadene, det vil si både kostnader knyttet direkte til registreringene og kostnader knyttet til lønnsomhetstap som en følge av beslutninger basert på et usikkert beslutningsgrunnlag (se for eksempel Eid 2000).

Noen fullstendig analyse av totale kostnader er ikke gjennomført i forbindelse med den foreliggende undersøkelsen. Vi kan likevel konkludere med at selv om takstkostnadene er lave ved både fototakst kombinert med ekstra beregninger og fototakst kombinert med ekstra fototolkning, er nøyaktigheten med hensyn på å bestemme egnethet for selektive hogster så dårlig, og dermed kostnadene knyttet til lønnsomhetstap så store, at en ikke kan anbefale bruk av disse metodene ved praktisk skogbruksplanlegging.

Kombinasjonen av fototolkning og prøveflatetakst (kombinasjonstakst) så vel som direkte fototolkning av SHI vil kunne være gode alternativer ved utarbeidelsen av skogbruksplaner. Disse metodene vil dessuten være godt tilpasset rutinene ved ordinære

fototakster slik at kostnadene blir lavere enn ved prøveflatetakst. All fototolkning bygger imidlertid for en stor del på skjønsmessige vurderinger hos den enkelte fototolker. Fordi resultatene i den foreliggende undersøkelsen er basert på kun en fototolker bør en derfor, før disse metodene kan implementeres som en del av den operative skogbruksplanleggingen, undersøke i hvilken grad tilfeldige og systematiske feil varierer med forskjellige fototolkere.

Egnethet for selektive hogster bestemmes med best nøyaktighet ved hjelp av prøveflatetakster innen bestand. Samtidig er det også klart at denne metoden medfører høyest takstkostnader. Siden resultatene fra den foreliggende undersøkelsen tyder på at nøyaktigheten ikke bedres radikalt ved å øke antall flater, anbefales det at det legges ut relativt få prøveflater per bestand. For å unngå unødvendige registreringer i bestand som åpenbart ikke egner seg for selektive hogster foreslås følgende to-steps prosedyre ved praktisk taksering;

Steg 1. Subjektiv og visuell bedømming av i hvilke bestand det åpenbart ikke er aktuelt med selektive hogster. Dette kan gjøres i forbindelse med befarung i felt eller ved tolkning i flyfoto.

Steg 2. Prøveflatetakst i bestand som kan være aktuelle for selektive hogster. 200 m² prøveflater legges ut i et systematisk nett i bestandet. Registreringene på hver enkelt prøveflate gjennomføres som beskrevet for kontrolltaksten (se avsnitt 2.1.1). Antall prøveflater i hvert bestand varierer noe avhengig av bestandsstørrelse som vist i Tabell 9.

Tabell 9. Anbefalt antall prøveflater for registrering av SHI ved forskjellige bestandsstørrelser. Prøveflatestørrelse 200 m².

	Bestandsstørrelse		
	< 14 daa	14 ≤ daa ≤ 30	> 30 daa
Antall prøveflater	3	4	5

Andelen av det produktive skogarealet som egner seg for selektive hogster er størst i hogstklasse V (Lexerød & Eid 2004). Samtidig viser resultatene i den foreliggende undersøkelsen at det er vanskelig å bestemme SHI nøyaktig i dette stratumet. Ved registrering av egnethet for selektive hogster bør derfor mest ressurser brukes på registrering i bestand i dette stratumet. En allokering av feltressurser til bestand i hogstklasse V kan for eksempel gjøres gjennom en mer restriktiv utvalgelse av bestand for feltregistrering i hogstklasse IV enn i hogstklasse V. En slik praksis vil medføre at en større andel av bestandene som skal registreres i felt kommer i hogstklasse V.

Når det benyttes få prøveflater, slik som det anbefales i Tabell 9, vil en systematisk utleggelse av flatene kunne medføre at en relativt stor andel av flatene havner på steder som ikke er representative for bestandet. Dette kan unngås dersom prøveflatene legges ut skjønsmessig. På den annen side vil skjønsmessig utleggelse av flatene kunne medføre systematiske feil knyttet til den enkelte taksators utleggelse. Registreringsmetoder basert på skjønsmessig utleggelse av prøveflatene er ikke studert i denne undersøkelsen, og en vet derfor lite om i hvilken grad taksatorene vil lykkes med å oppsøke

representative steder i bestandet med hensyn på alle de faktorene som inngår i SHI. Det kan også tenkes at større, men færre prøveflater, eller mindre, men flere prøveflater, ville være mer effektivt for bestemmelse av egnethet for selektive hogster. Heller ikke dette har en kunnet vurdere i den foreliggende undersøkelsen. Før alt dette er undersøkt anbefales det derfor at det legges ut 200 m² prøveflater i et systematisk nett med det antall prøveflater som er satt opp i Tabell 9.

Bruk av flybåren laser-scanner er et kostnadseffektivt alternativ til konvensjonelle metoder som fototolkning og feltregistreringer ved ressursregistrering av skog, og ulike forsøk har vist lovende resultater med hensyn på bestemmelse av diverse bestandsvariable som for eksempel grunnflate, volum, middelhøyde og overhøyde (Næsset 2002, 2004). De siste par årene er det også vurdert om det kan være mulig å utlede et bestands diameterfordeling fra laserdata (Gobakken & Næsset 2004). Likeledes er det påvist at egenskaper knyttet til trærnes kroner, som f.eks kronelengde eller kronehøyde kan utledes fra laserdata (Næsset & Økland 2002). Kostnadene ved lasermåling er dessuten lavere enn ved konvensjonelle metoder, og bruk av flybåren laser-scanner vil kunne være et alternativ til det foreslåtte opplegget for å registrere egnethet for selektive hogster.

5. Konklusjon

Så vel den systematiske som den tilfeldige feilen blir fort stor dersom fastsettelsen av egnethet for selektive hogster baseres på fototolkning og modellberegninger. Nøyaktigheten kan imidlertid forbedres vesentlig gjennom feltregistreringer. For å unngå unødvendige feltregistreringer i bestand som åpenbart ikke egner seg for selektive hogster foreslås følgende to-steps prosedyre ved praktisk registrering. I steg 1 foretas en subjektiv bedømmning i felt eller flyfoto av i hvilke bestand det åpenbart ikke er aktuelt med selektive hogster. I steg 2 gjennomføres en prøveflatetakst med 200 m² prøveflater i alle bestand som kan være aktuelle for selektive hogster. Prøveflatetakst er en forholdsvis kostbar registreringsmetode, og det er derfor grunn til å undersøke nærmere om bruk av flybåren laser-scanner vil kunne være et alternativ ved registrering av egnethet for selektive hogster. Et annet alternativ vil kunne være å kombinere fototolkning med mindre intensive feltregistreringer enn det som er testet i dette forsøket.

Litteratur

- Bollandsås, O.M. 2002. Prediksjonsmodeller for kronehøyde på gran og furu i Norge. Hovedfagsoppgave. Norges landbrukshøgskole, Institutt for skogfag, Ås. 59 s.
- Christensen, R. 1996. Analysis of variance, design and regression. Applied statistical methods. Chapman & Hall/CRC, Boca Raton. 587 s.
- 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. 2001. Models for prediction of basal area mean diameter and number of trees in forest stands. *Scan. J. For. Res.* 16: 467–479.
- Eid, T. 2002. En vurdering av eksisterende diameter- og høydefordelingsmodeller. Rapport fra skogforskningen 2: 1–24.
- Eid, T. 2003. Kontroll av relaskoptakster og fototakster. Side 10–17 i Registreringer i Aas skog 1960–2000. *Aktuelt fra skogforskningen* 5/03: 1–17
- Eid, T., Hoen, H.F. & Fitje, A. 2002. Økonomi og planlegging. Gan Forlag A.S., Oslo. 205 s.
- Gobakken, T. & Næsset, E. 2004. Estimation of diameter and basal area distributions in coniferous forest by means of airborne laser scanner data. *Scand. J. For. Res.* 19: 529–542.
- Holte, A. 1993. Diameter distribution functions for even-aged (*Picea abies*) stands. *Meddelelse fra Skogforsk* 46 (1): 1–46.
- Larsson, J.Y. 2000. Veiledning i bestemmelse av vegetasjonstyper i skog. NIJOS Rapport 11/2000: 1–29.
- Larsson, J.Y., Kielland-Lund, J. & Søgne, S.M. 1994. Barskogens vegetasjonstyper. Landbruksforlaget, Oslo. 132 s.
- Lexerød, N. & Eid, T. 2004. Potensielt areal for selektive hogster i barskog – en kvantifisering basert på Landsskogtakseringens prøveflater. Rapport fra skogforskningen 7/04: 1–35.
- Lexerød, N. & Eid, T. 2005. Assessing forest areas suitable for selective cutting using a stand level index. *Scand. J. For. Res.* Submitted
- Mønness, E. 1982. Diameter distributions and height curves in even-aged stands of *Pinus sylvestris* L. *Meddelelse fra Norsk institutt for skogforskning* 36 (15): 1–43.
- NIJOS 2000. Skog 2000, Statistikk over skogforhold og -ressurser i Norge *red.* Tomter, S. Norsk institutt for jord- og skogkartlegging, Ås. 7/99: 84 s.
- Næsset, E. 2002. Predicting forest stand characteristics with airborne scanning laser using a practical two-stage procedure and field data. *Remote Sensing of Environment* 80: 88–99.
- Næsset, E. 2004. Practical large-scale forest stand inventory using small-footprint airborne scanning laser. *Scand. J. For. Res.* 19: 164–179.
- Næsset, E. & Økland, T. 2002. Estimating tree height and crown properties using airborne scanning laser in a boreal nature reserve. *Remote Sensing of Environment* 79: 105–115.
- SAS Institute Inc. 1999. SAS OnlineDOC (R), Version 8. SAS Institute Inc., Cary, NC. 956 s.
- Tveite, B. 1967. Sambandet mellom grunnflatevid middelhøyde (H_T) og noen andre bestandshøyder i gran- og furuskog. *Meddelelse fra Det norske Skogforsøksvesen* 22: 483–538.