

Betydningen av differensiert skogsveistandard for reduksjon av totale virkesforsyningskostnader

Jørn Lileng og Erlend Ystrøm Haartveit

Forord

Dette prosjektet ble finansiert av Utviklingsfondet for skogbruket og Norsk institutt for skogforskning (Skogforsk). Jan Bjerketvedt og Anders Lunnan ved Skogforsk kom med verdifulle råd og innspill i planleggingsfasen og underveis i prosjektet. Vi vil takke Leif Kjøstelsen ved Skogforsk som innhentet informasjon om skogsveier fra en kommune og om veibyggingskostnader fra en skogsveientreprenør. Jørn Lileng har vært prosjektleder.

Skogforsk, Ås
August 2004

Jørn Lileng

Erlend Ystrøm Haartveit

Sammendrag

LILENG, JØRN OG HAARTVEIT, ERLEND YSTRØM. 2004: Betydningen av differensiert skogsveistandard for reduksjon av totale virkesforsyningskostnader. Rapport fra skogforskningen 11/04:1-19.

Skogsveibygging er blant de største investeringene som gjøres i skogbruket og staten gir betydelige tilskudd til denne aktiviteten. Skogsveier representerer også forholdsvis store inngrep i naturen, og det blir ofte konflikter mellom miljøverninteresser og det utøvende skogbruket. På grunn av dette vil det i fremtiden være viktig at de offentlige rammebetingelsene legger opp til en skogsveibygging som tilfredsstillende både de økonomiske og miljømessige interessene i skogen.

Mye av teoriutviklingen innenfor beregninger av lønnsomhet og optimal tetthet av skogsveier ble gjort i 1950-årene. I de senere årene er det også publisert arbeider innenfor disse problemstillingene som bruker matematiske modeller og geografiske informasjonssystemer (GIS). Felles for både de tidligere arbeidene og de senere publikasjonene er at ingen av dem ser på hele kjeden fra stubbe til industri ved beregning av de optimale veiløsningene.

Tradisjonelt har det vært mest vanlig å beregne lønnsomhet for skogeieren ved bygging av skogsveianlegg slik at biltransporten ikke involveres. Sterkere kunde-fokus og en utvikling mot færre og større aktører i markedet har ført til at den gjensidige avhengighet mellom aktørene har økt. På grunn av denne utviklingen har vi i dette arbeidet valgt å belyse problemstillingen rundt optimale veiløsninger etter totalkostnadsprinsippet, noe som innebærer at hele tømmerkjeden fra terrengtransport til biltransport inkluderes i analysene.

I analysene tas det utgangspunkt i et skogsveianlegg på 2000 m som deles opp i fem like lange parseller. Det tas utgangspunkt i tre scenarier for fordeling av den hogstmodne skogen innenfor veiens dekningsområde: jevn fordeling, økende kubikkmasse innover i veianlegget og avtakende kubikkmasse innover i veianlegget.

Vi ser på lønnsomheten ved å differensiere veistandarden i de ulike scenariene, og vurderer lønnsomheten etter totalkostnadsprinsippet. Veibyggingkostnadene blir redusert med 10% og 30% og vi finner deretter den merkostnaden for biltransport som kan aksepteres før de totale forsyningskostnadene øker. Vi studerer også mulighetene for å redusere veibyggingkostnadene ved å bygge en kortere bilvei, samt ved å erstatte en eller flere av parsellene med traktorveier.

Resultatene viser at biltransportens andel av de totale kostnader er i gjennomsnitt under 1%. Alle tiltak med hensyn til reduksjon av kostnader for de innerste delene av veianlegget har størst effekt i situasjoner der tømmer volumet er avtakende innover i veianlegget. Dette har sammenheng med at en kan akseptere en større merkostnad per kubikkmeter for et lavere tømmer volum.

Dersom en slik differensiering skal kunne gjennomføres i praksis bør veinormalene og tilskuddsordningene legge til rette for dette og åpne opp for alternative veiløsninger som reduserer kostnadene. I tillegg vil det være nødvendig å rette et sterkere fokus mot å avdekke kostnadsdrivere i skogsveibyggingen, og å benytte digitale terrengmodeller kombinert med informasjon om topografi og grunnforhold for å studere mulighetene for å redusere kostnader ved endret linjeføring.

Nøkkelord: Skogsvei, veibygging, veistandard, lønnsomhet, biltransport, terrengtransport, totalkostnadsanalyse

Innhold

Forord.....	2
Sammendrag.....	3
Innhold	4
Innledning.....	5
Modeller for skogsveiers lønnsomhet.....	5
Hva er lønnsomhet?	6
Problemstilling.....	8
Materiale og metode	8
Lønnsomhetsberegninger.....	9
Avveiningen mellom veibyggingskostnader og transportkostnader.....	9
Resultater.....	11
Diskusjon.....	15
Konklusjon.....	17
Litteratur.....	18

Innledning

Bygging av skogsveier er blant de aktivitetene i norsk skogbruk som oftest kommer i konflikt med andre interesser i samfunnet. Skogbruket har ofte blitt kritisert, både fra miljøvernhold og i nyhetsmediene, for å bygge uforholdsmessig store og kostbare skogsveianlegg. Skogsveier utgjør også et betydelig teknisk inngrep i naturen. Statlige tilskudd til bygging og opprusting av skogsveier har blitt redusert de siste årene, men staten yter fortsatt betydelige tilskudd til disse formålene. Det er et overordnet mål at tilskuddene investeres i veianlegg som sikrer en kostnads- og miljøeffektiv virkesflyt til skogindustrien (Landbruksdepartementet 1998b). Reduserte statlige tilskudd har bidratt til å forsterke denne målsetningen. Det er også ønskelig med en intensivering av veibyggingen for å øke avvirkningen ut over dagens nivå (Landbruksdepartementet 1998b). Bygging av nye veier må, i større grad enn tidligere, tilpasses miljøkvalitetene i det enkelte skogsområde og begrenses til de skogarealene der det kan drives et langsiktig, økonomisk skogbruk (Landbruksdepartementet 1998a). I det framtidige skogbruket i Norge vil det derfor være av stor betydning at utnyttelsen av trevirke fra skog foregår på en måte som skaper både miljømessige og økonomiske verdier. For å nå disse målene er utformingen av offentlige rammebetingelser for bygging og vedlikehold av skogsveier et viktig element.

Veinormalene (Landbruksdepartementet 1997) beskriver de tekniske og geometriske kravene som stilles til landbruksveiene for å sikre framkommelighet for kjøretøyene som skal benytte veiene. I forskrift om tilskudd til bygging av skogsveier (Landbruksdepartementet 1994) forutsettes det at veinormalene følges dersom tilskudd skal bevilges. Av veiklassene definert i veinormalene er det veiklassene 3 (helårs landbruksvei), 4 (sommerbilvei for tømmerbil med henger) og 5 (sommerbilvei for tømmerbil uten henger) som i hovedsak er aktuelle som skogsbilveier og som skal kunne trafikkeres med tømmerbiler, mens slikt utstyr ikke kan benyttes på veiklasse 7 (tung traktorvei) og 8 (lett traktorvei).

Ved bygging av veianlegg i dag er det i hovedsak veiklasse 3 som blir benyttet. Veiklasse 5 har lavere krav til stigning og kurveradius. Denne veiklassen ble innført for å øke fleksibilitet og mulighet til å velge enklere løsninger der tekniske, økonomiske eller miljømessige forhold tilsier det. Valg av veiløsning og vurderinger med hensyn til om det skal bygges bilvei eller traktorvei har betydning for hvordan veinettet kan tilpasses landskapet og ivareta miljøhensyn gjennom fleksibel linjeføring.

Modeller for skogsveiers lønnsomhet

Etter hvert som transporten av tømmer i økende grad gikk over til biltransport steg kravene til veienes kvalitet, samtidig som effektivisering av skogbrukets transporter ble stadig viktigere (Danell 1939). Mye av det teoretiske grunnlaget for skogbrukets transportmodeller ble lagt før 1960-årene (Sundberg 1953; Fryjordet 1955; Mølbach-Petersen 1960), og bestod av metoder der de optimale transportløsningene for skogbruket ble beregnet etter følgende hovedprinsipper:

- Målet var å finne veiløsningen som minimerte terrengtransportkostnadene.
- Skogen og topografien ble antatt å være ensartet innenfor veianleggets dekningsområde.
- Veiene ble skjematisk utformet som rettlinjede og parallelle veier med lik innbyrdes avstand og ensartet kvalitet.
- Terrengtransportene gikk vinkelrett mot det skjematisk veinettet.
- Veibyggingkostnadene var konstante.

Denne statiske tilnærmingen til problemstillingen er lite egnet til å løse dagens utfordringer med hensyn til utforming av infrastruktur for skogbruk og skogindustri, ikke minst på grunn av stor variasjon i topografi, grunnforhold og skogforhold i Norge. Heller ikke nyere undersøkelser tar hensyn til driftskostnadenes variasjon (Thompson 1992), og flere bruker fortsatt analyser fundamentert på et skjematisk utlagt rettlinjert veinett (Thompson 1992; Plamondon og Favreau 1994). Mulighetene for i større grad å ta hensyn til romlig variasjon i modellene har økt gjennom bruk av geografiske informasjonssystemer (GIS). Brantberg (1992) og Thuresson (1994) utviklet modeller for beregning av optimal veiløsning for et skogområde. Disse modellene tar hensyn til den skoglige variasjonen¹ ved å dele opp skogområdet i et rutenett og estimere rutens bestandsegenskaper ved bruk av regresjonsmodeller. Modellene søker å maksimere nåverdien av skogarealene i et langsiktig tidsperspektiv, men benytter fortsatt forutsetninger som at terrengtransporter foregår vinkelrett på veinettet, og at biltransporten på veinettet bare varierer med transportavstand på vei. Andre planleggingsmodeller som benytter GIS fokuserer på hvordan veiene skal legges ut i terrenget med hensikt å minimere kostnader for veibygging, vedlikehold og biltransport (Liu og Sessions 1993), og tar dermed ikke hensyn til terrengtransportkostnader. Ingen av disse nyere tilnærmingene har til hensikt å vurdere om veistandarden bør differensieres i ulike deler av veinettet.

For bestemmelse av optimal veistandard er det utviklet et DOS-basert dataprogram som beregner kostnader for biltransport og veivedlikehold og finner den kombinasjonen av veistandard og lastebiltype som gir lavest mulig biltransportkostnad (Nordgaard 1992). Det er også utviklet matematiske modeller for valg av optimal veistandard (Greulich 1997). Svakheten ved begge disse metodene er at den kun estimerer kostnader for biltransport og ser bort fra de innsparte terrengtransportkostnadene, og dermed lønnsomheten for skogeierne, ved de ulike veiløsningene.

Hva er lønnsomhet?

Et av motivene for å beregne lønnsomheten til skogsveianlegg er at lønnsomheten skal dokumenteres for at Staten skal gi tilskudd til finansiering (Landbruksdepartementet 1996). Kostnadene til veianlegget utgjør en vesentlig andel av de totale kostnadene som knyttes til framdrift av trevirke. Litt forenklet kan en si at skogsveianlegg anses som lønnsomt dersom de samlede kostnadene for veianlegget

¹ Bestandsalder, bonitet, trehøyde, bestandsvolum, hogstklasse og gjennomsnittlig brysthøydiameter.

og terrengetransport er lavere enn terrengetransportkostnadene uten det aktuelle skogsveianlegget² (Dahlin og Fredriksson 1995).

Skogeierne representert ved skogeierforeningene er den første leverandøren i en kjede av aktører som slutter med en forbrukende sluttkunde. Utviklingene i skogeiersamvirket, treforedlingsindustri, mekanisk treindustri og omsetningsleddet for trelast har gått i retning av stadig færre og større enheter. I tillegg til at den konsumerende sluttkundens krav stadig blir viktigere (Högnäs 2000) har det blitt et større fokus på spesialisering av produksjon. Et eksempel på dette er utvikling av prislistene og apertingsinstruksjoner for å tilpasse tømmeret til industriens produkter (Finstad 2002). Et annet vesentlig utviklingstrekk er at en stadig lavere andel av verdiskapningen gjennomføres i den enkelte bedrift (Mattsson 2002). For eksempel så er det nå vanlig at transportorganisering for virkesleveranser er skilt ut som egen virksomhet. Slike utviklingstrekk øker den gjensidige avhengigheten mellom aktørene i kjeden (Mattsson 2002). Når den gjensidige avhengigheten mellom bedrifter er høy så vil aktørene ha større muligheter til å redusere kostnader og øke inntekter gjennom å integrere seg på tvers av bedriftsgrensene (Lambert m. fl. 1996). For svensk skogindustri mener man at effektiviseringspotensialene er større ved å lage integrerte handelsløsninger på tvers av bedriftsgrensene enn de vil være ved at bedriftene optimerer sin egen virksomhet uavhengig av kunder og leverandører (Carlsson og Rönnqvist 1999).

Når sagt ethvert tiltak for å øke effektiviteten i et ledd i kjeden vil ha en effekt på andre aktører i kjeden (Mattsson 2002). Altfor ofte så fører kostnadsreduksjoner hos en aktør til en økning av kostnader for en eller flere andre aktører i kjeden (Christopher 1998). Totalkostnadsprinsippet (Cavinato 1992a;1992b; Christopher 1998) sier at aktørene i en kjede bør innrette seg på en måte som sikrer at produksjon og distribusjon av produkter gjøres på en måte som minimerer de totale kostnadene for kjeden, slik at posisjonen i konkurransen mot andre kjeder styrkes (Christopher 1998). Totalkostnadsprinsippet er egnet til å beregne lønnsomhet og kostnader i et perspektiv som tilgodeser hele kjeden i verdiskapningen.

Differensiering av veistandarden er et tiltak som kan påvirke kostnadene for flere aktører i kjeden fra skog til industri. Å bygge skogsveier til lavere kostnad kan medføre at en lavere veistandard må aksepteres. Dette vil øke kostnadene for biltransport gjennom redusert kjørehastighet, kipping³ og økt slitasje på vogntoget. Ifølge totalkostnadsprinsippet bør skogsveiene bygges i en utstrekning og med en kvalitet som sikrer at tømmeret kan drives frem og leveres til industri til lavest mulig kostnad for kjeden som helhet.

² I lønnsomhetsberegningene tas det også hensyn til innsparinger knyttet til planting, tynning, ungskogpleie, og administrasjon og kostnader knyttet til veivedlikehold. Alle ² Bestandsalder, bonitet, trehøyde, bestandsvolum, hogstklasse og gjennomsnittlig brysthøydiameter.

² I lønnsomhetsberegningene tas det også hensyn til innsparinger knyttet til planting, tynning, ungskogpleie, og administrasjon og kostnader knyttet til veivedlikehold. Alle innsparinger og kostnader diskonteres til året veianlegget er planlagt ferdigstilt.

³ Kipping vil si at vogntoget må sette hengeren ved veiens begynnelse, kjøre til tømmervelta og fylle opp tømmerbilen, kjøre tilbake og fylle hengeren, kjøre inn igjen og fylle bilen på ny for så å koble på hengeren og kjøre til destinasjonen for tømmeret.

Problemstilling

Det er inntil i dag ikke publisert analyser som viser den økonomiske betydningen av å differensiere veistandarden i veinettet på de totale forsyningskostnadene fra skog til industri. Følgelig er det heller ikke studert hvordan effektene av differensiert veistandard påvirkes av skogens fordeling i veiens nedslagsfelt. Disse to områdene utgjør våre hovedproblemstillinger, men siden totalkostnadsprisenippet ikke tidligere har blitt benyttet til lønnsomhetsberegninger av skogsveianlegg ønsker vi også å sammenligne resultatene med tradisjonell lønnsomhetsberegning av skogsveianlegg (Lileng m. fl. 1999) som har til formål å maksimere lønnsomheten for skogeier.

Materiale og metode

For å belyse problemstillingene tar vi utgangspunkt i et eksempel som består av en 2 km lang skogsbilvei som er delt opp i 5 parseller, hver på 400 m. Velteplassene er plassert i enden av hver parsell og gjennomsnittlig terrengtransportavstand til hver av parsellene er 400 m (Fig. 1). Vi benytter dette anlegget til å illustrere effekter av å differensiere veistandarden på de totale forsyningskostnadene til industrien.

Effekter av variasjon i skogens fordeling langs veien studeres gjennom tre scenarier for fordeling av nyttbar skog innenfor veiens dekningsområde (Fig. 1):

Skogjevn har en jevn fordeling av den hogstmodne skogen.

Skogstart har hovedtyngden av den hogstmodne skogen langs begynnelsen på veien.

Skogslutt har hovedtyngden av den hogstmodne skogen langs de innerste parsellene av veien.

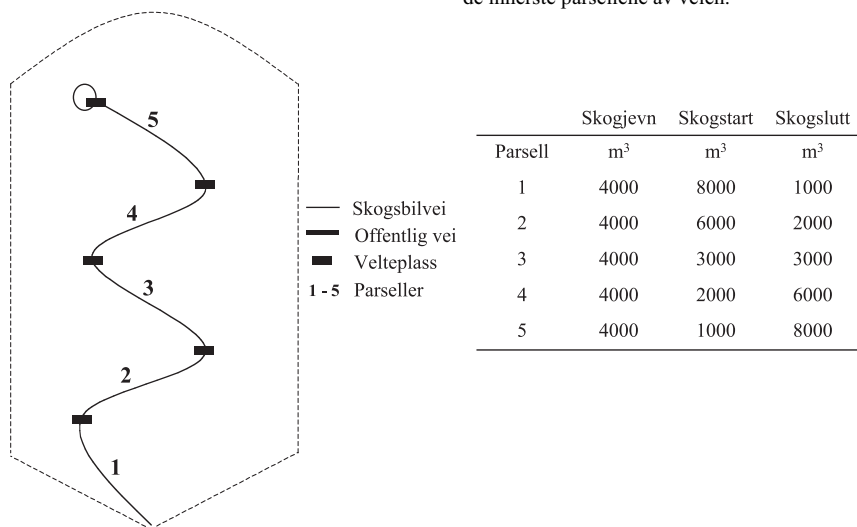


Fig. 1. Prinsippskisse av veianlegget som benyttes som eksempel.

Lønnsomhetsberegninger

Lønnsomhetsberegningene er foretatt med Excel-applikasjonen ”Lønnsomhets- og kostnadsberegninger av skogveier⁴” (Lileng m. fl. 1999), men, med noen tilpasninger for å muliggjøre inkludering av biltransportkostnader. Alle fremtidige kostnader regnes i faste priser og diskonteres tilbake til det året skogsveien bygges. I løpet av skogsveiens 20-årige avskrivningstid forutsettes en avvirkning på 20000 m³ som fordeler seg innenfor femårsperiodene med henholdsvis 50, 30, 10 og 10%. Kalkulasjonsrentefoten er satt til 5%.

I lønnsomhetsberegningene tas det hensyn til innsparinger ved enklere og billigere administrasjon, planting og ungskogpleie. Det forutsettes middels gode terrengforhold og et tømmeruttak på 20 m³/daa i hogstklasse IV og V for å estimere arealet som omfattes av disse innsparingene. Eventuelle fordeler knyttet til forbedret tilgjengelighet for hyttefelt, jakt, fiske og friluftsliv inngår ikke i analysene.

Avveiningen mellom veibyggingskostnader og transportkostnader

En reduksjon av veibyggingskostnadene vil gi en vei av lavere kvalitet, noe som vil øke kostnadene for biltransport. Når målet er å velge den skogsveiløsning som gir de laveste totale forsyningskostnadene for tømmer fra skog til industri må en veie byggekostnader mot biltransportkostnader for å treffe beslutninger om valg av veiklasse. Vi benytter to ulike scenarier for reduksjon av de totale veibyggingskostnadene, en forsiktig reduksjon på 10% og en sterk reduksjon på 30%.

Kostnader for biltransport er beregnet etter kalkylemodeller og forutsetninger som benyttes av Akershus og Østfold virkestransport (AØV). Disse kalkylemodellene deler kostnadene i faste⁵ og variable kostnader⁶, og benyttes for å beregne vogntogets timepris. Med de gitte forutsetningene ga kalkylene en timepris på 490 kroner. Tidsforbruket for transportarbeidet på skogsbilvegen beregnes etter avstand, kjørehastighet og transportert volum. Produktet av timepris og tidsforbruk utgjør biltransportkostnadene.

For skogsbilvei med høy kvalitet settes kjørehastigheten til 30 km/t, i samsvar med Gjestang (1983). Dagens vogntog laster i gjennomsnitt 33m³ på hvert lass. Når biltransportkostnadene beregnes tas det utgangspunkt i en gjennomsnittlig transportdistanse til industriområdet på 50 km, som gir et godt bilde av gjennomsnittlige transportavstander for sagtømmer på Østlandet (Transportbrukernes Fellesorganisasjon 2002). Det forutsettes at vogntoget er i drift 3000 timer/år. Kipping belastes med et tillegg på 15 kr/m³, som ifølge AØV er en vanlig benyttet sats i tømmertransporten. AØV hevder at tillegget er i underkant av hva som påløper av ekstrakostnader forbundet med kippingen.

Etter totalkostnadsprinsippet bør det veianlegg som gir de laveste totale forsyningskostnader til industrien velges. I de totale forsyningskostnadene inngår

⁴ Finnes på hjemmesidene til Skogforsk (<http://www.skogforsk.no>)

⁵ Kapitalkostnader for chassi, henger og griplaster (verdi 2 mill. kr) samt lønn og sosiale utgifter, forsikring, årsavgift, administrasjon, regnskap (totale årlige faste kostnader: 1 mill. kr)

⁶ Diesel- oljeforbruk, vedlikehold, reparasjoner, dekkslitasje (totale variable kostnader = 0,5 mill. kr)

kostnadene for veianlegget, kostnader for avvirkning og terrengetransport, samt kostnader for biltransport. Avvirknings og terrengetransportkostnader påvirkes ikke dersom bilveiens trasé er uforandret. Ved å redusere veikostnadene, og dermed veiens kvalitet, så vil imidlertid kostnadene for biltransport øke. Her studeres kostnadsøkninger forårsaket av økt tidsforbruk på grunn av redusert kjørehastighet. For et billigere veianlegg med lavere kvalitet kan vi beregne den kjørehastigheten som gir samme total kostnad som for et dyrere veianlegg med høyere kvalitet der bilene kan holde 30 km/t. Denne kjørehastigheten vil være sentral ved beslutning om veiklasse. Dersom bilene kan holde en hastighet på det billige veianlegget som reduserer total kostnadene sammenlignet med det dyre veianlegget, så vil det være lønnsomt å bygge veianlegget med lavere kvalitet.

Utgangspunktet for alle sammenligninger er et veianlegg der alle parsellene holder veiklasse 3. For å oppnå kostnadsreduksjoner på veianlegget på 10% og 30% så må veistandarden reduseres i deler av veianlegget, eller parseller må fjernes fra planen. For å vurdere effekter på lønnsomhet ved differensiert veistandard benyttes det tre typer skogsveier av ulik standard:

- Helårs bilvei for transport med tømmerbil og henger til 300 kr/m (veiklasse 3).
- Bilvei for tømmerbil uten henger i barmarksperioden til 210 kr/m (30% reduksjon), men som medfører en ekstrakostnad i form av kipping på 15 kr/m³ (veiklasse 5).
- Tung traktorvei beregnet for lassbærer/landbrukstraktor til 140 kr/m (veiklasse 7).

Anleggskostnadene for veiklasse 3 (300 kr/m) og 7 (140 kr/m) er beregnet på bakgrunn av Landbruksdepartementet sin oversikt over tekniske data og kostnader for skogsveier som har mottatt statlige tilskudd etter 1990.

Med utgangspunkt i et tenkt veianlegg i veiklasse 3, reduserer vi byggekostnadene ved å planlegge en eller flere parseller med lavere standard (210 kr/m). Vi beregner økningen av biltransportkostnader som kan aksepteres for virket som sokner til disse parsellene før total kostnadene øker sammenlignet med utgangspunktet (veiklasse 3). Dersom høye merkostnader for biltransporten kan aksepteres så er det sannsynlig at et bedre totaløkonomisk resultat oppnås gjennom differensiert veistandard.

Bygging av et kortere veianlegg, eller bygging av de innerste parsellene som traktorveier vil også redusere veibyggingskostnadene. En slik løsning vil i tillegg redusere biltransportkostnadene noe, mens terrengetransportkostnadene øker. Vi beregner forsyningskostnadene fram til offentlig veinett for det kortere veianlegget. Denne sammenlignes med forsyningskostnadene som vil påløpe dersom hele veianlegget bygges i veiklasse 3. Det forutsettes at tømmer som sokner til utelatte parseller leveres ved enden av foregående parsell.

Resultater

I alle tre scenariene utgjør hogsten og terrengtransporten over 70% av totalkostnadene, mens veibyggingskostnadene utgjør omtrent 27% av totalkostnadene. Biltransportene utgjør i gjennomsnitt mindre enn 1% av totalkostnadene (Tabell 1).

Tabell 1. Prosentvis fordeling av totalkostnadene for de ulike scenariene.

	Scenario		
	Skogjevn	Skogstart	Skogslutt
Hogst	45,2	45,3	45,1
Terrengtransport	26,9	27,0	26,8
Veibygging	27,1	27,2	27,0
Biltransport	0,8	0,6	1,1
Totalt	100	100	100

Transportbelastningen på veiparsellene avhenger av hvor på skogsveien virket blir levert. I *skogslutt* der hovedtyngden av den hogstmodne skogen sokner mot slutten på skogsveien, vil omtrent halvparten av biltransportkostnadene knyttes til den innerste parsellen mens svært lite til begynnelsen av veianlegget. I *skogstart* der hovedtyngden av skogen befinner seg i begynnelsen av skogsbilveien, er det en jevnere fordeling av biltransportkostnadene. I *skogjevn*, som har en jevn fordeling av skogen langs bilveien, stiger andelen av biltransportkostnadene fra 7 % i den innerste parsellen til 33 % i den første parsellen (Tabell 2).

Tabell 2. Prosentvis fordeling av biltransportkostnadene mellom parsellene for de tre scenariene.

Parsell	Prosentfordeling av biltransportkostnader		
	Skogjevn	Skogstart	Skogslutt
1	33	48	26
2	27	29	24
3	20	14	22
4	13	7	18
5	7	2	10
Sum	100	100	100

Ved å redusere kostnadene (10% og 30%) for veiparsellene viser Figur 2 og Figur 3 de maksimale merkostnadene for biltransporten (kr/m^3) som kan aksepteres før reduksjonen i veibyggingskostnader ikke lenger gir lavere totalkostnader. Dersom kostnadene for den innerste veiparsellen i *skogstart* reduseres med 30% kan en akseptere at biltransporten øker med inntil $47 \text{ kr}/\text{m}^3$ for virket som sokner til denne parsellen. En slik kostnadsøkning oppnås dersom kjørehastigheten på parsell 5 reduseres til ca $1 \text{ km}/\text{t}$. Dersom kostnadsreduksjonen for parsell 5 i *skogstart* er 10% så vil en kunne akseptere merkostnader på inntil $16 \text{ kr}/\text{m}^3$, som oppnås ved en kjørehastighet på ca $3 \text{ km}/\text{t}$.

Ved 30% kostnadsreduksjon for parsell 5 i *skogjevn* og *skogslutt* tåles en merkostnad for biltransport på henholdsvis 6 og $12 \text{ kr}/\text{m}^3$, som oppnås ved kjørehastigheter på henholdsvis ca 8 og ca $4 \text{ km}/\text{t}$. Etter hvert som kostnadene for

flere veiparseller reduseres blir forskjellene mellom de ulike scenariene med hensyn til biltransportenes maksimale merkostnader mindre (Fig. 3).

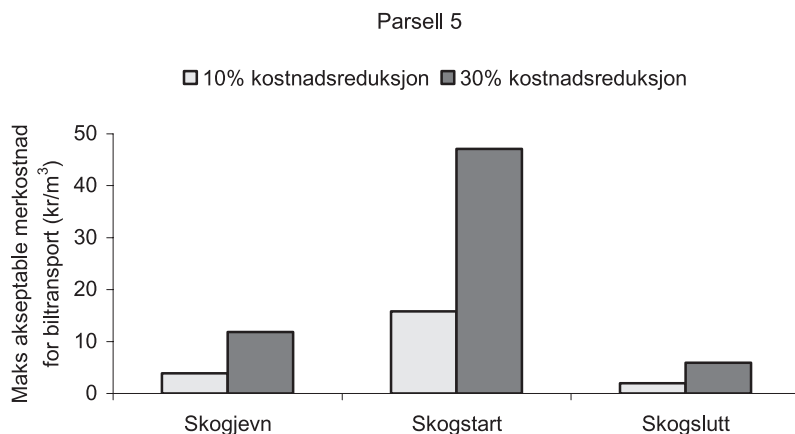


Fig.2. Merkostnader for biltransport (kr/m³) som maksimalt kan aksepteres før totalkostnadene øker, dersom kostnadene til veiparsell 5 reduseres med 10% og 30%.

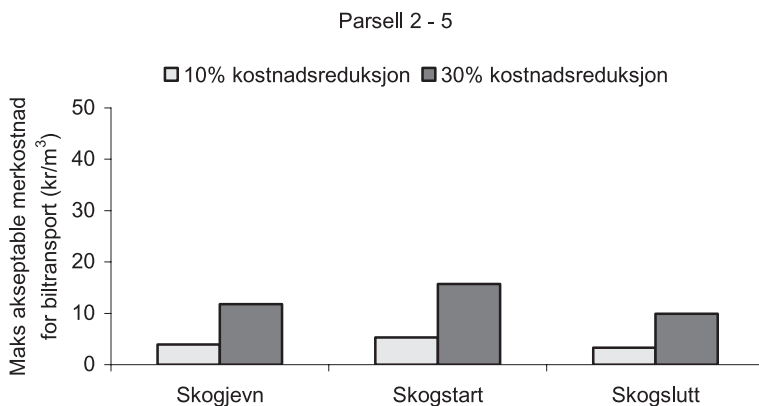


Fig. 3. Merkostnader for biltransport (kr/m³) som maksimalt kan aksepteres før totalkostnadene øker, dersom kostnadene til veiparsellene 2-5 reduseres med 10% og 30%.

Veibyggingkostnadene kan også reduseres ved å bygge et mindre veianlegg, i dette tilfellet gjennom å ikke bygge en eller flere parseller⁷. En vil da måtte akseptere en økning i terrengtransportkostnadene. Dersom det er et lavt volum som sokner til parsellen, vil en kunne akseptere en stor økning av terrengtransportavstandene.

Det sokner 1000 m³ til den innerste parsellen i *skogstart*. Ved å fjerne denne parsellen kan den gjennomsnittlige terrengtransportavstanden økes til ca 1800 m før man oppnår samme totalkostnad som før parsellen ble fjernet. Til de fire innerste parsellene sokner det 12000 m³. Dersom disse parsellene fjernes så vil samme totalkostnad som før parsellene ble fjernet oppnås ved en gjennomsnittlig terrengtransportavstand på i underkant av 900 m.

For *skogjevn* og *skogslutt* vil fjerning av den siste parsellen kreve at terrengtransportavstandene i gjennomsnitt er kortere enn ca 700 m og ca 600 m. I *skogjevn* og *skogslutt* gir det kun mindre utslag på terrengtransportavstandene når flere parseller i veianlegget fjernes.

Dersom bilparseller erstattes med traktorparseller reduseres også veibyggingkostnaden⁷ mens kostnadene til terrengtransporten stiger. Fig. 4 viser hvor mye traktorparsellene maksimalt kan koste dersom det skal være lønnsomt å bygge traktorparseller i stedet for bilparseller. I *skogslutt* er det bare den innerste bilparsellen som kan endres til traktorvei og gi en reduksjon av totalkostnadene. For *skogjevn* vil en oppnå reduserte totalkostnader ved å endre den innerste eller de to innerste parsellene til traktorveier (Fig. 4). Uansett traktorveikostnad vil totalkostnaden øke dersom flere enn disse parsellene i *skogslutt* og *skogjevn* erstattes med traktorveier.

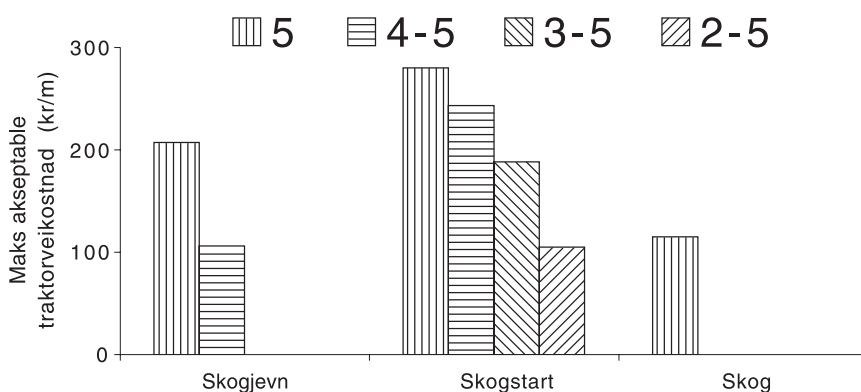


Fig. 4. Ved de oppgitte kostnadene (kr/m) på traktorparsellene er totalkostnadene de samme som før bilparsellene ble erstattet av traktorparsellene.

⁷ Dette fører også til en marginal reduksjon av biltransportkostnadene, som vi tar hensyn til i modellene.

Veianleggets lønnsomhet vurdert etter total kostnadsprinsippet varierer med hvordan skogen er fordelt innenfor veiens dekningsområde. I både *skogjevn* og *skogslutt* gir investeringen i helårs bilvei god avkastning med internrenter på henholdsvis 16% og 27%. I *skogstart* derimot gir investeringen et negativt resultat, dersom en bygger helårs bilvei. Med utgangspunkt i total kostnadene fra stubbe til offentlig vei blir kapitalverdien $\div 28500$ kr med internrente på 4,1%. Tradisjonell lønnsomhetsberegning av dette veianlegget, der lønnsomheten for skogeieren isolert vurderes (eksklusive biltransport) blir kapitalverdien $\div 15800$ kr med internrente på 4,5%.

Den optimale veiløsningen for *skogstart* vil være å erstatte parsellene 3 til 5 med bilveialternativet beregnet for transport uten tilhenger (210 kr/m) med et kippetillegg på 15 kr/m^3 (Fig. 5). Både total kostnadsprinsippet og tradisjonell lønnsomhetsberegning gir positive kapitalverdier på henholdsvis 10800 kr og 23500 kr med internrenter på 5,4% og 5,9%. Dersom den innerste parsellen i *skogstart* erstattes med traktorvei (140 kr/m) blir kapitalverdien negativ etter total kostnadsprinsippet mens den blir positiv for den tradisjonelle lønnsomhetsberegningen.

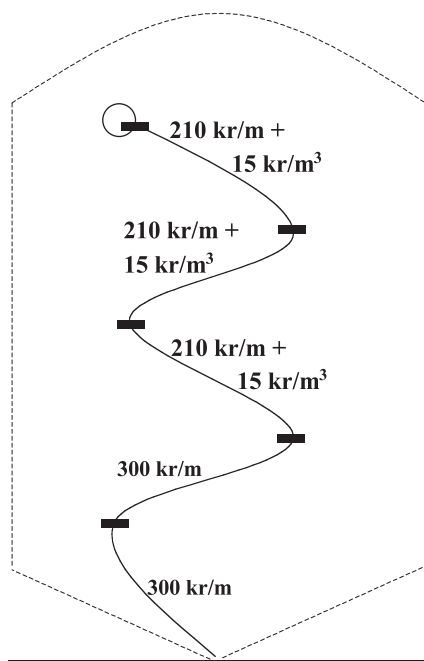


Fig. 5. Optimal veiløsning for *skogstart*.

Diskusjon

I denne rapporten har vi tatt for oss skogsbilveienes rolle i leveransene av virke til industrien. Vi legger totalkostnadsprinsippet til grunn ved vurdering av veianleggenes lønnsomhet. Dette prinsippet sier at den løsningen som sikrer lavest mulig kostnader for hele kjeden skal velges. Totalkostnaden for virkeskjeden fra stubbe til industri kan grovt sett deles opp i kostnadene til veibygging, terrengtransport og biltransport.

Biltransportkostnadenes lave andel av de totale kostnader, som her ble funnet å være under 1%, er det man i første rekke ønsker å dra fordel av ved veibygging (Thuresson 1994). En reduksjon av veibyggingskostnadene vil oftest redusere veiens kvalitet. Dette betyr i så fall at merkostnader for biltransport må aksepteres.

Hvor store merkostnader som kan aksepteres (kr/m³) ved en reduksjon av veibyggingskostnadene for de innerste parsellene avhenger av skogens fordeling langs veianlegget. Dersom volumet er avtagende innover i veianlegget vil man kunne akseptere en større merkostnad per kubikkmeter ved lavere kvalitet på de innerste parsellene (Figur 2), fordi det er et mindre volum som skal transporteres. Det er naturlig at det er i situasjoner der tømmervolumet som sokner til veien er avtagende innover i veianlegget at det vil ha størst effekt å differensiere vei-standarden. Dette fordi de innerste parsellene da får en lavere transportbelastning, og en kan derfor akseptere høyere merkostnader per kubikkmeter. I de tilfeller der det er lite hogstmoden skog som sokner til de innerste vil også innsparingene i terrengtransporten bli moderate sammenlignet med veibyggingskostnadene, slik at det ikke kan forsvares økonomisk å bygge helårs skogsbilvei. I den videre diskusjonen har vi derfor hovedfokus på scenario *skogstart*, der en differensiering av veistandard vil ha størst betydning for totaløkonomien.

En effekt av redusert veikvalitet er at bilene må holde lavere fart. Det er svært vanskelig å forutsi hvilken hastighet bilene kan holde på en vei med redusert kvalitet, ettersom slike veiklasser ikke eksisterer i veinormalene (Landbruksdepartementet 1997). Som eksempel nevnes at en 10% kostnadsreduksjon på den innerste parsellen i *skogstart* medfører at en kan akseptere merkostnader på 16 kr/m³. Disse merkostnadene oppnås dersom tømmerbilene senker kjørehastigheten til 3 km/t. Da det er naturlig å anta at bilene vil kunne holde en høyere hastighet enn dette, selv på en veg av lavere kvalitet, vil det totaløkonomiske resultatet bli bedre dersom den innerste parsellen bygges med lavere kvalitet. Den optimale veiløsningen for *skogstart* er å bygge helårs bilvei på de to første parsellene, og en bilvei med lavere kvalitet på de tre innerste parsellene (Fig. 5). Denne løsningen gir en positiv kapitalverdi og internrenten øker med 2% i forhold til bygging av høy veistandard i hele veiens utstrekning. Dette viser at riktig differensiering av vei-standard kan være viktig for å oppnå høyest mulig effekt av investeringen.

Dersom kostnadene for veibygging reduseres ved å fjerne parseller fra den opprinnelige planen, eller å bygge traktorveier i stedet for bilveier, så vil det påløpe merkostnader som følge av lengre gjennomsnittlig terrengtransportavstand. For å oppnå lavere totalkostnader må derfor økningen i terrengtransportkostnader være lavere enn reduksjonen av kostnadene for veibygging og biltransport. Dette forhold oppnås lettere ved lavere tømmervolumer da de totale økningene i terrengtransportkostnader blir små fordi volumet som skal transporteres er lite.

Det er betydelig usikkerhet rundt de benyttede verdiene for veikostnader. Variasjonen i kostnader er også stor i Landbruksdepartementets database over veianlegg som har mottatt tilskudd de siste årene. Grunnforholdene i det enkelte tilfelle er nærmest bestemmende for totalprisen fordi mengden sprengningsarbeid som må utføres utgjør en betydelig kostnad. Andre faktorer som spiller inn er tid på året som veien bygges. Dersom byggekostnadene skal reduseres vil det, ifølge entreprenører vi har kontaktet, være viktig å bygge veiene sommerstid. Dagens veinormaler gir små muligheter for å redusere byggekostnadene i en fastlagt trasé, siden de kravene som påvirker kostnadene grovt sett er sammenfallende for de tre veiklassene 3 og 4, mens veiklasse 5 kan ha et noe tynnere bærelag og slitelag.

I lønnsomhetsberegningene vi benytter i denne undersøkelsen er veibyggingskostnader (som bestemmes av veiens lengde og standard) samt kostnader for terrengtransport og tømmerbiltransport sentrale. I tillegg tar vi hensyn til andre faktorer som påvirker tradisjonelt skogbruk og skogsdrift, herunder skogens fordeling innenfor veiens dekningsområde, og terrengforhold og innsparinger ved planting, ungskogpleie og administrasjon. Det er ikke tatt hensyn til den økningen i leveringsfleksibilitet som en helårs bilvei har sammenlignet med for eksempel en sommerbilvei. Bygging av skogsbilveier vil ofte ha andre motiver enn å bedre infrastrukturen for virkesforsyning til industri. Eksempler på dette er bedret brannberedskap og økt tilgjengelighet til populære skogområder med hytter, jakt, fiske og friluftsliv.

Et annet interessant moment i denne undersøkelsen er at et veianlegg kan være lønnsomt når det vurderes etter klassiske økonomiske prinsipper der målet er å maksimere lønnsomheten for skogeier, mens det ikke blir lønnsomt når det vurderes etter totalkostnadsprinsippet. Dette gjør det naturlig å stille spørsmålstejn ved hvilke kostnader i virkesforsyningen som skal tillegges vekt ved vurdering av lønnsomhet for skogsveier. Vi har her benyttet totalkostnadsprinsippet til å vurdere hensiktsmessigheten av å differensiere veistandarden i veianlegget. En naturlig forlengelse av dette er å inkludere biltransport langs offentlig vei i modellene og vurdere lønnsomheten for virke levert industritomt. Dette vil medføre at skogens beliggenhet i forhold til industri kommer med som en del av beslutningsunderlaget ved for eksempel tildeling av tilskudd. Lønnsomheten for skogsveier vurdert etter totalkostnadsprinsippet reduseres etter hvert som avstanden til industrien øker. Ettersom skogindustrien i stadig større grad blir konsentrert til færre og større enheter øker transportavstandene for tømmeret. Dette medfører at andre motiver for veibygging kan få økt betydning i fremtiden, spesielt i områder som ligger langt fra tømmerforbrukende industrier.

Dersom målsetningen er å oppnå en helhetlig og hensiktsmessig infrastruktur for virkesleveranser, så bør det ved tildeling av tilskudd til skogsveier tas hensyn til beliggenhet av veianlegg og skogressurser i forhold til industri, og større jernbaneterminaler. I tillegg bør lønnsomheten vurderes etter totalkostnadsprinsippet.

Resultatene fra denne undersøkelsen er ment å være et innspill i diskusjonen om hvordan man i fremtiden kan sikre at investeringer i skogens infrastruktur blir benyttet på en mest mulig hensiktsmessig måte. På grunn av store variasjoner i byggekostnader for skogsveier så har vi her valgt å belyse problemstillingen ved bruk av et enkelt eksempel. Det vil imidlertid være viktig å få økt kunnskap om de viktigste kostnadsdriverne i veibyggingen, og hvordan man allerede i planleggings-

fasen kan få best mulig informasjon om disse. Dersom en skal utnytte muligheter for å differensiere veistandarden i veianleggene, så er en avhengig av at veinormalene og tilskuddsordningene i større grad gir rom for alternative veiklasser og veiløsninger. Et eksempel på dette kan være bygging av skogsbilveier uten, eller med sterkt begrenset slitelag. I Sverige benytter man en veiklasse uten, eller med grovt slitelag. Veiklassene i dagens veinormaler har forskjeller med hensyn til kurvatur og stigning. Ved å utnytte disse forskjellene, så vil en kunne redusere veilengden ved å velge en annen trase som kan gi samme innsparing i terrengtransportkostnader. Det er sannsynlig at en bedre tilpassing av skogsveienes linjeføring vil ha et større innsparingspotensial enn en differensiering av veiklassene innenfor en fastlagt trase. Dette har sammenheng med at grunnforholdene og mengden sprengning er bestemmende for byggekostnadene. For å belyse denne problemstillingen kreves en mer kompleks modell og bruk av digitale terrengmodeller i et geografisk informasjonssystem, i tillegg til gode og detaljerte data om topografi og grunnforhold. Grunnlagsdata er fortsatt ikke tilgjengelig med ønsket oppløsning og kvalitet, og et betydelig modelleringsarbeid gjenstår før en større del av skogsveiplanleggingen kan overføres til geografiske informasjonssystemer. Det vil derfor være fordelaktig at entreprenører, som sitter med praktisk kunnskap om kostnader for veibyggning bringes så tidlig inn i prosjektene at de kan bidra til å utforme veianlegget, slik at valg av veiklasse og trase sikrer best mulig totaløkonomi.

Konklusjon

Vi har her benyttet et enkelt eksempel og utvidet de tradisjonelle metodene for lønnsomhetsberegninger av skogsveier til å vurdere lønnsomhet etter totalkostnadsprinsippet. Det vil være mulig å oppnå løsninger som har en bedre lønnsomhet for kjeden fra skog til marked ved å variere veistandarden langs skogsveianlegget. Differensiering av veistandard har størst effekt der hovedtyngden av avvirkningsvolumet finnes nær veiens begynnelse og avtar innover i veianlegget. For å utnytte mulighetene ved differensiering av veistandard, bør veinormalene og tilskuddsordningene for skogsveier revurderes, og det bør utvikles og tillates veiklasser som har et sterkere fokus på reduserte byggekostnader. Dersom det er en målsetning ved skogsveibyggning å utforme en hensiktsmessig infrastruktur for virkesleveranser, så bør skogressursenes beliggenhet i forhold til industri trekkes inn som beslutningsgrunnlag ved tildeling av tilskudd til skogsveier. Videre bør det undersøkes mulighetene for å redusere lengden på skogsveier gjennom økt utnyttelse av de stigningsforhold og svingradier som dagens veiklasser tillater. Dette krever bruk av digitale terrengmodeller anvendt på flere eksempelområder, siden mulige løsninger vil vise stor variasjon avhengig av grunnforhold og topografi.

Litteratur

- Brandtberg, T. 1992. *Implementering av en skogsbilvågsoptimeringsmodell i ett rasterbasert geografisk informasjonssystem*. Institutionen för biometri och skogsindelning, Avdelningen för skogsuppskattning och skogsindelning. Umeå, Sweden, Swedish University of Agricultural Sciences: 80 pp.
- Carlsson, D. and M. Rönnqvist 1999. *Wood flow problems in Swedish forestry*. SkogForsk. Uppsala, Sweden. 48 pp.
- Cavinato, J. L. 1992a. *Identifying Interfirm Total Cost Advantages for Supply Chain Competitiveness*. International Journal of Purchasing and Materials Management 27(3): 10-15.
- Cavinato, J. L. 1992b. *A total cost/value model for supply chain competitiveness*. Journal of Business Logistics 13(2): 285-301.
- Christopher, M. 1998. *Logistics and Supply Chain Management - Strategies for Reducing Cost and Improving Service*. Financial Times Prentice Hall, Essex, England. 294 pp.
- Dahlin, B. and J. Fredriksson 1995. *Computer-Assisted Forest Road Planning - A Proposed Interactive Model with Special Emphasis on Private Forest Land*. International Journal of Forest Engineering 6(2): 35-39.
- Danell, C. 1939. *Undersökning rörande den rationella tätheten hos et bilvägnät för transport av skogsprodukter på syd- och mellansvenska skogsbruk*. Svenska Skogsvårdföreningens Tidskrift 37: 298-307.
- Finstad, K. 2002. *Kundetilpassede tømmerleveranser*. I: Woxholtt, S. (red). *Kontakt-konferansen mellom skogbruket og skogforskningen i Buskerud og Vestfold, Krødsherad, 27. - 29. august 2002*, Skogforsk.
- Fryjordet, T. 1955. *Forelesninger i driftsøkonomi ved driftstekniske kurs i skogbruket*. Det norske Skogforsøksvesen. Vollebekk. 52 pp.
- Gjestang, J. 1983. *Kostnadsundersøkelse I - virkestransport med bil - Delrapport 1 - Kjøre-hastighet*. Transportbrukernes Fellesorganisasjon. Oslo. 20 pp.
- Greulich, F. E. 1997. *Optimal Economic Selection of Road Design Standards for Timber Harvesting Operations - A Corrected Analytical Model*. Forest Science 43(4): 589-594.
- Högnäs, T. 2000. *Towards Supplier Partnerships in Timber Harvesting and Transportation*. Metsähallitus. Helsinki, Finland. 45 pp.
- Lambert, D. M., M. A. Emmelhainz and J. T. Gardner 1996. *Developing and Implementing Supply Chain Partnerships*. The International Journal of Logistics Management 7(2): 1-17.
- Landbruksdepartementet. 1994. *Forskrift om tilskudd til bygging av skogsveier*. Landbruksdepartementet, 28. juni 1994, Oslo. 9 pp.
- Landbruksdepartementet. 1996. *Forskrift om planlegging og godkjenning av veier for landbruksformål*. Landbruksdepartementet, Oslo. 4 pp.
- Landbruksdepartementet. 1997. *Normaler for landbruksveier med byggebeskrivelse*. Landbruksdepartementet, Oslo. 42 pp.
- Landbruksdepartementet 1998a. *Nærings-, miljø- og samfunnmessige sider ved skogbrukets vegbygging*. Landbruksdepartementet. Oslo. 74 pp.
- Landbruksdepartementet 1998b. *Verdiskaping og miljø - muligheter i skogsektoren (Skogmeldingen)*. Landbruksdepartementet. Oslo. 112 pp.

- Lileng, J., Ø. Dale and J. Bjerketvedt 1999. *Skogsveier- lønnsomhet og kostnadsfordeling*. Norsk institutt for skogforskning. Ås. 43 pp.
- Liu, K. and J. Sessions 1993. *Preliminary Planning of Road Systems Using Digital Terrain Models*. International Journal of Forest Engineering 4(2): 27-32.
- Mattsson, S.-A. 2002. *Logistik i försörjningskedjor*. Studentlitteratur, Lund, Sweden. 437 pp.
- Mølbach-Petersen, Ø. 1960. *Studier i skogbrukets tarnsportøkonomi*. Meddelelser fra Det norske Skogforsøksvesen 16: 157-223.
- Nordgaard, A. 1992. *Sluttrapport, optimal skogsbilvegstandard*. Transportbrukernes Fellesorganisasjon, Skogavdelingen (TF/SA). Oslo. 30 pp.
- Plamondon, J. A. and J. Favreau 1994. *Establishing the optimal skidding of forwarding distance as a function of road cost*. Forest Engineering Research Institute of Canada (FERIC). Vancouver. 8 pp.
- Sundberg, U. 1953. *Studier i skogbrukets transporter*. Föreningen Skogsarbetens och Kungl. Domänstyrelsens Arbetsstudieavdelning (SDA). Stockholm. 78 pp.
- Thompson, M. A. 1992. *Considering Overhead Costs in Road and Landing Spacing Models*. International Journal of Forest Engineering 3(2): 13-19.
- Thuresson, T. 1994. *Tactical Planning in Forestry - Estimation of Cutting Priorities, Forest Road Optimization, Present Net Value Predictions and Visualization of the Future Forests using Satellite Data and GIS*. Umeå, Sweden, Swedish University of Agricultural Sciences: 25 pp.
- Transportbrukernes Fellesorganisasjon 2002. *Transportstatistikk for norsk rundvirke 2001*. Transportbrukernes Fellesorganisasjon. Oslo. 9 pp.

Rapport fra skogforskningen

Utkommet i 2004:

- 1-04 *Peder Gjerdrum*: Fuktrelasjoner for kommersiell bartrelast
- 2-04 *Even Bergsens, Hans Fredrik Hoen, Knut Veisten og Petter Økseter*: Konsekvenser på virkesproduksjon av endrede transportkostnader – fra FAS til CIF
- 3-04 *Ketil Kohmann og Nils Lexerød*: Proveniensenforsøk med svartor (*Alnus glutinosa* Gaertn.) i Norge.
- 4-04 *Ole Martin Bollandsås, Hans Fredrik Hoen og Anders Lunnan*: Nullområder i skogbruket – en prinsipiell betraktning.
- 5-04 *Ole Martin Bollandsås, Hans Fredrik Hoen og Anders Lunnan*: Nullområder i skogbruket – vurdering av driftskostnader og miljøverdier
- 6-04 *Geir I. Vestøl, Olav Høibø, Sander Lilleslett og Harald Myhre*: Fysiske og mekaniske egenskaper til rundtømmer og firkant av furu fra høyereliggende skog
- 7-04 *Nils Lexerød & Tron Eid*: Potensielt areal for selektive hogster i barskog - en kvantifisering basert på Landsskogtakseringens prøveflater
- 8-04 *Morten A. Nitteberg og Jørn Lileng*: Mekanisert hogst i bratt terreng
- 9-04 *Bernt-Håvard Øyen og Sighjørn Øen*: Valg av treslag på råteinfisert mark – Høylandskomplekset, Rogaland. Foreløpige resultater
- 10-04 *Finn H. Brække og Axel Granhus*: Ungskogpleie i naturlig forynget gran på middels og høy bonitet