



**NIBIO**

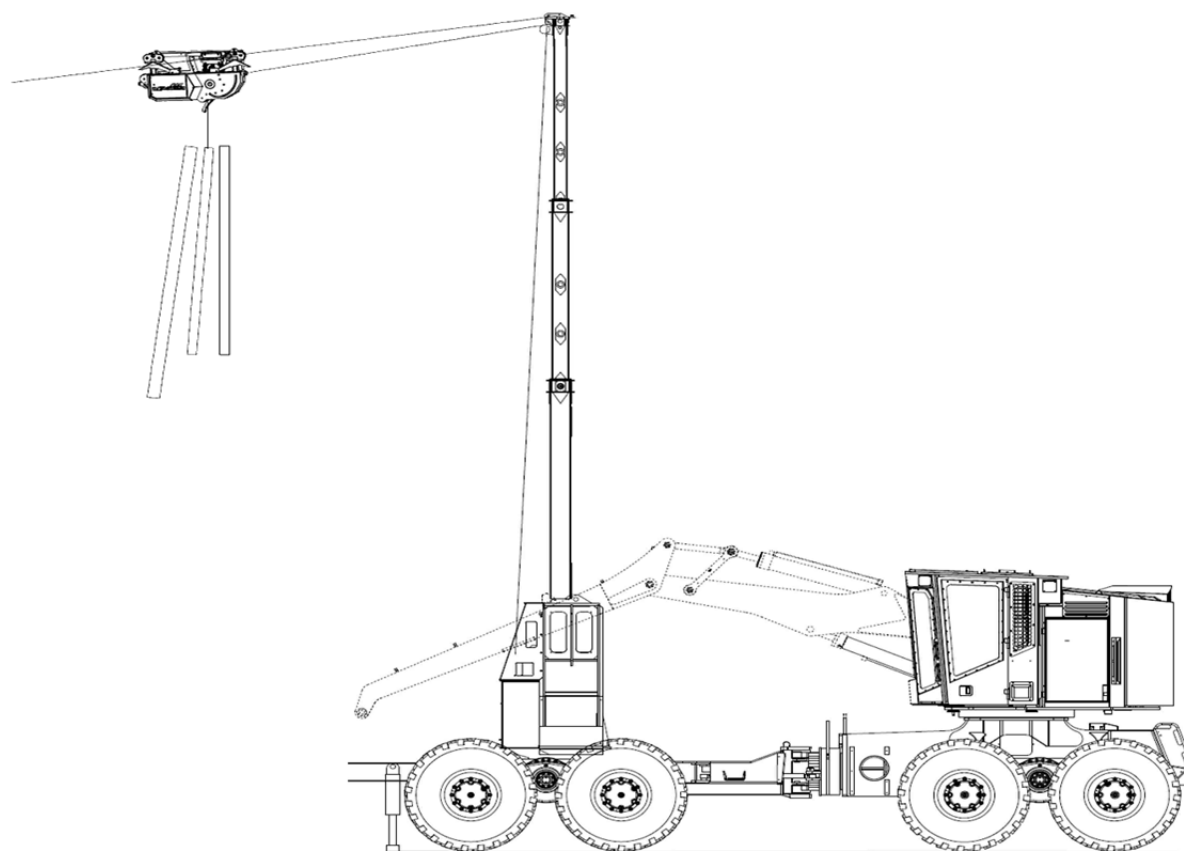
NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

NIBIO RAPPORT | NIBIO REPORT

**VOL.: 2, NR.: 72, 2016**

## FORDEL

En undersøkelse av driftsforholdene omkring terrenggående taubaner



**BRUCE TALBOT**

Divisjon for skog og utmark

## TITTEL/TITLE

FORDEL – EN UNDERSØKELSE AV DRIFTSFORHOLDENE OMKRING TERRENGGÅENDE TAUBANER

## FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

BRUCE TALBOT

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKT NR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
20.06.2016	2/72/2016	Åpen	327078	2016/1010
ISBN-NR./ISBN-NO:	ISBN DIGITAL VERSJON/ ISBN DIGITAL VERSION:	ISSN-NR./ISSN-NO:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:
978-82-17-01644-1		2464-1162	21	0

## OPPDRAUGS GIVER/EMPLOYER:

Skogbrukets Verdiskapingsfond

## KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Øivind Østby-Berntsen

## STIKKORD/KEYWORDS:

Taubaner, bratt terreng, valg av driftssystem, skogsveier  
Cable-yarders, steep terrain, harvesting system selection, low-volume roads

## FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Skogbrukets driftsteknikk  
Forest Operations

## SAMMENDRAG/SUMMARY:

This project considers the conditions under which it might be beneficial to use terrain-going cable-yarders as opposed to building forest roads and yarding the timber directly to roadside. Yarding in the terrain implies that the timber still needs to be forwarded to roadside. However, the relatively low productivity rates achievable with cable yarders increases the cost of forwarding due to long waiting times when distances are short. These systems are found to be a competitive option when small volumes must be harvested far from a forest road, when there are other considerations to be taken account of in avoiding road construction, or in playing an important role in connection with catastrophes such as widespread wind-fall where road construction cannot be carried out in time to extract the timber.

## LAND/COUNTRY:

Norge

## FYLKE/COUNTY:

Akershus

## KOMMUNE/MUNICIPALITY:

Ås

GODKJENT / APPROVED

  
EVEN BERGSENG

PROSJEKTLEDER / PROJECT LEADER

  
BRUCE TALBOT



**NIBIO**

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

# FORORD

I Norge som helhet står det store, og i skogreisningsstrøk økende, mengder hogstmoden skog i bratt terreng. Vinsjing med taubane er generelt ansett for å være en skånsom metode for uthenting av tømmer fra bratte lier, da det hverken kjøres eller graves i terrenget. Terrenggående taubaner, altså kraner påbygget terrenggående basmaskiner, utgjør en spesiell driftsform. Under riktige forhold er det mulig å hente ut virke helt uten inngrep eller investering i infrastruktur.

Samlet mengde virke som vinsjes ut med taubaner i dag tilsvarer kun ca. 1 % av årshogsten i Norge, men taubaner spiller en viktig rolle både driftsteknisk, miljø- og beredskapsmessig. Samtidig er det viktig at eksistensen også berettiges ut ifra et økonomisk grunnlag.

I denne rapporten har vi sett på hvordan prestasjon på transport av virke som er hogget og vinsjet i terrenget påvirkes av kjørelengder og kjørehastigheter, for å kunne danne et sammenlikningsgrunnlag med alternativet; veibygging. Prosjektet er utført med støtte fra Skogbrukets Verdiskapingsfond.

Ås, 20.06.16

Bruce Talbot

# INNHOOLD

1	INNLEDNING .....	5
1.1	Bakgrunn og målsettinger .....	5
1.2	Problemstillingen .....	6
2	METODER .....	7
2.1	Datagrunnlaget og terrengbeskrivelsen.....	7
2.2	Analysen og resultater .....	8
2.2.1	Taubaner og prestasjon på taubanen.....	9
2.2.2	Framkjøring.....	9
2.2.3	Veibyggingkostnadsmodell .....	15
2.3	Bygge vei eller kjører fram virket? .....	16
3	DISKUSJON.....	18
3.1.1	Bemerkninger omkring antakelsene.....	18
3.1.2	Formidling .....	19
3.1.3	Andre spin-offs.....	20
4	KONKLUSJONER.....	21

# 1 INNLEDNING

## 1.1 Bakgrunn og målsettinger

Hovedmålet var å undersøke hvor godt de terrenggående taubanene utnyttet i forhold til lastebilmonterte taubaner i et skoglandskap med manglende eller underutviklede skogsbilveinett. Mange steder på Vestlandet er det for eksempel 3-5 m vei/ha, mens skogområder i Østerrike, som driver ut ca. 3 millioner m<sup>3</sup> om året med taubaner, har over 40 m/ha. Høy veitetthet er en forutsetning for rasjonell skogsdrift, mens kostnadene og de fysiske utfordringene med å få opp veitettheten mange steder på Vestlandet er så store at det neppe kommer til å skje merkbare endringer innenfor de kommende årene. Undersøkelsen ser derfor på hvilket potensiale terrenggående taubaner har til å løse oppgavene i bratt terreng frem til veinettet utbygges. Studiet baseres primært på en systemanalyse som belyser effekter og kostnadsprofiler ved ulike metoder for framkjøring av virket fra banen i terrenget frem til velteplassen ved skogsbilvei.

Delmålene var:

- Å få gode prestasjonsstall på klembankelunning generelt (volum, kjørehastigheter).
- Å se om det ev. var fordelaktig å erstatte to eldre maskiner (hogst/opparbeidingsmaskin og lassbærer) og to maskinførere med én kombinert hogstmaskin og lassbærer (f.eks. Highlander, TimberPro, Ponsse Dual eller lignende).
- Å få bedre innblikk i det fremtidige potensialet for terrenggående taubaner i forhold til lastbilmonterte baner i Norge.

Av prosjektbeskrivelsen fremgikk det at formålene ville oppnås gjennom en kombinasjon av felt- og skrivebords studier. Her skulle det ses på både taubaner og framkjøring, hvor sistnevnte ifølge søknaden skulle foregå primært med klembanke-lunne. Det har imidlertid ikke vært mulig å finne en passende maskin som kunne fungere som klembanke da Highlanderen (Konrad Highlander) ble tatt ut av drift omtrent samtidig med at prosjektet ble satt i gang. Derfor ble det sett på framkjøring med vanlig lassbærer.

Industripartneren Skogservice v. Kai Eriksen skaffet tilgang til Timber-Pro-maskiner, arrangerte temadager, og har bidratt med informasjon om kapasitet og alternativ bruk av maskinene, samt fått tegnet opp et maskinkonsept med terrenggående vinsj og opparbeiding.

En kjent utfordring ved bruk av lassbærer til framkjøring av virke fra kranen til velteplassen ved veien, er at det oppstår en del ventetid ved taubanene når prestasjonen på vinsjing ikke er høyere enn hva den er. Figur 7 viser f.eks. hvordan startprisen på utkjøring varierer mellom 50 kr og 150 kr/m<sup>3</sup> avhengig av om taubanen produserer 11 eller 5 m<sup>3</sup> i timen. Dette gjør kombimaskinkonseptet mer attraktivt da maskinen brukes produktivt over større deler av tiden; først til opparbeiding, og senere til framkjøring av virket. Skogservice har arrangert temadager der vi både har sett på denne typen kombimaskin i Sverige, og kombinasjonen hogstmaskin og lassbærer på to ulike steder i Norge.

Kombimaskinen kan derfor vise seg å være et interessant alternativ til hogstmaskin/lassbærer når det skal hentes tømmer fra taubane i terrenget. Den store lasskapasiteten betyr at det kan kjøres lengre til samme m<sup>3</sup>-pris, eller at det kan gjøres billigere for samme driftsveilegde.

## 1.2 Problemstillingen

Det står mye tømmer i bratt terreng i Norge, men det er langt fra alt som er tilgjengelig fra vei. En terrenggående taubane gir mulighet for, at det hentes ut tømmer fra bratte lier uten at det skal investeres i veibygging (Figur 1). Men når taubanen står ut i terrenget skal virket fortsatt transporteres videre til skogbilsveien. Videretransport krever en lassbærer eller annen type maskin, f.eks en felle-bunkelegger. Utnyttelsesgraden på slik en maskin er ofte lav, da kranen sjelden presterer mer enn ca. 7 m<sup>3</sup> i timen i gjennomsnitt. Det øker lønns- og kapitalkostnadene på maskinen og ender i, at entreprenørene oftest ikke har råd til å investere i nyere pålitelige maskiner som bare delvis utnyttes. Spørsmålet er derfor om det er økonomisk grunnlag for fortsatt drift med terrenggående taubaner, eller om det alltid lønner seg å bygge vei.



Foto: Bruce Talbot (NIBIO)

Figur 1. To velkjente terrenggående taubaner i Norge; Owren 350 bygget på en Prinoth T8 beltegående maskin (venstre), og Owren 400 kran påbygget en Kockum's lassbærer

## 2 METODER

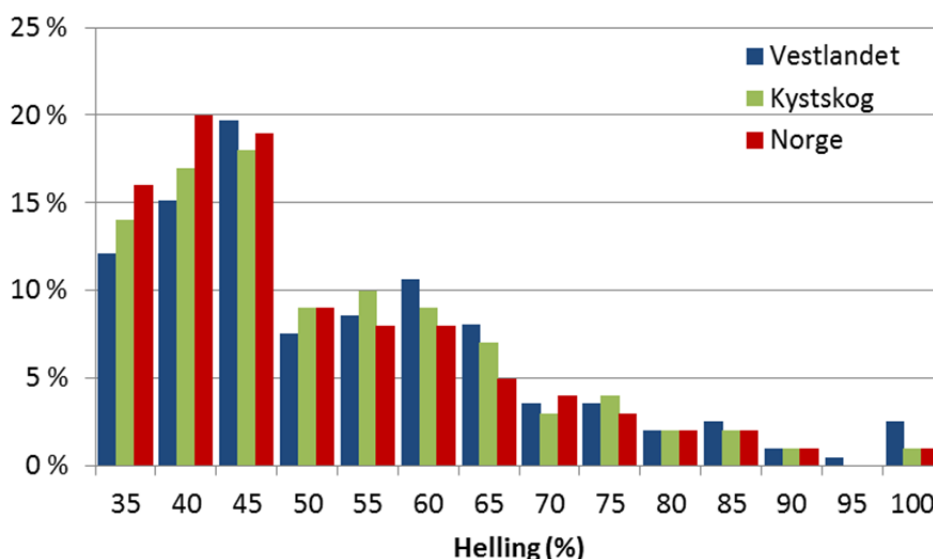
### 2.1 Datagrunnlaget og terrengbeskrivelsen

Det skulle dannes et overblikk over fremtidige behov for terrenggående vinsjer. Dette ble gjort ved å se på hvor skog står i bratt terreng uten tilgrensende skogsbilvei. Som grunnlag for de fysiske parameterne omkring skogen og terrenget har vi brukt landskogstakseringens statistikk med følgende variabler:

- Hogstklasse (kun hkl. 4 og hkl 5 er tatt med)
- Skog: kun produktiv barskog (gran og furu) er med
- Helling: alle prøveflater med en helling > 33 % er tatt med
- Driftsveilengde i terrenget og driftsveilengde på traktorvei er med, både individuelt og sammenlagt

Med økende utbredelse av gravedrift i bratt terreng er det blitt vanskeligere å definere hva som er taubaneterreng og hva som ender med å bli hogd med hogstmaskin, gravemaskin og lassbærer. I statistikken nedenfor regnet vi likevel alt terreng med en helling over 33 % som potensielt taubaneterreng.

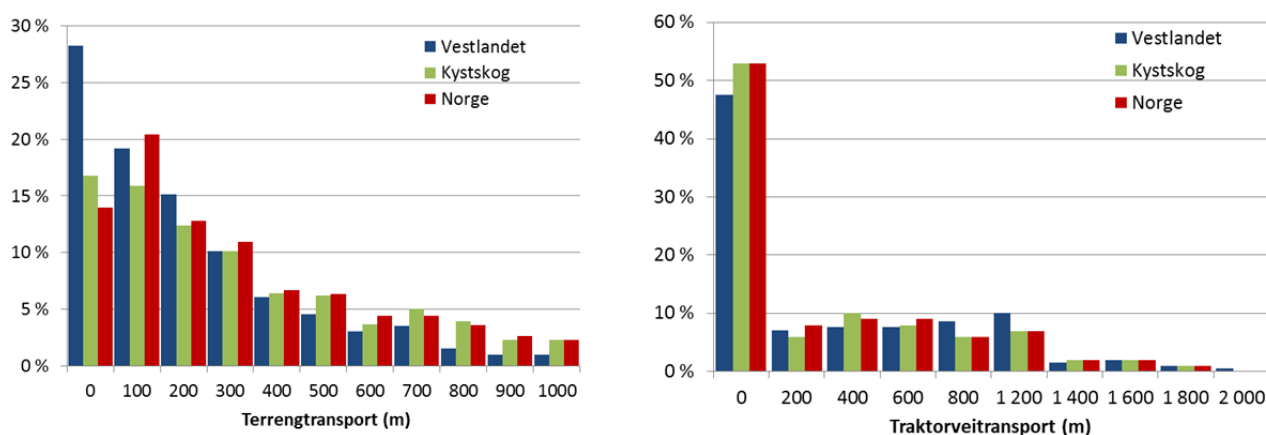
Statistikken vises for henholdsvis Vestlandet, kystskog (inkl. Vestlandet) og Norge (inkl. kystskog og Vestlandet) som helhet, og figurene viser den andel (i %) av Landskogstakseringens måleflater i samme region som faller innenfor hver kategori. Vestlandet preger derfor statistikken til kystskog, og både Vestlandet og kystskogen vil ha sterk innflytelse på hele landets statistikk. For Vestlandet inngår det 198 prøveflater med produktiv barskog og helling over 33 %, for kystskog 435 prøveflater og for Norge som helhet, 866 prøveflater (Figur 2).



Figur 2 Fordeling av alle prøveflater med helling over 33 % til hellingsklasser. Både Vestlandet og kystskog har en mindre andel av lave hellingsklasser i forhold til Norge som helhet, mens trenden vender ved ca. 55 % helling.

Driftsveien har avgjørende betydning for terrenggående taubaner. Kranen skal kunne nå fram til en standplass i skogen, og tømmeret skal kunne kjøres eller slepes ut til skogsbilveien. Både avstanden og tilstanden på driftsveiene spiller en viktig rolle for framkommelighet og tidsforbruk per lass. I prosjektet har vi benyttet data fra landskogstaksering (NFI) til å danne et overblikk over driftsveilengder. Det er imidlertid ikke mulig å si noe om overflatestrukturen eller bæreevnen langs driftsveien, annet enn å anta at det er samme som på måleflaten (som også er registrert under takseringen).

Når det ses på driftsveilengdene, er det iøynefallende at det er størst andel i '0 m'-klassen for både terrengtransport og traktorveitransport (Figur 3). Vestlandet har en noe større andel terrengtransport på 0 m enn andre landsdeler, noe som antyder at det vinsjes direkte til skogsbilvei eller traktorvei oftere her enn i andre regioner. At veinettet er mer utbygget i bratt terreng på Vestlandet enn i andre regioner er en lite sannsynlig forklaring, og virket antas oftere å være vinsjet til traktorvei. Dette er direkte relevant for studiet, da det indikerer et behov for terrenggående løsninger. For terrengtransporten er frekvensen sterkt avtagende ved økende avstand, men det er fortsatt en hel del terrengtransport på avstander rundt 300-500 m. Det er ingen sammenheng mellom terrengtransport og traktorveitransport i tallene her.



Figur 3 Terrengtransport- (til venstre) og traktorveitransportavstander og frekvens. For terrengtransport betyr en avstand på 0 m som oftest at det vinsjes direkte til skogsbilvei eller traktorvei, mens en avstand på 0 m på traktorvei kan bety at det bare forekommer en kortere eller lengre terrengtransport (fram til skogsbilveien). I begge figurer er det bare tatt med flater med helling >30 %.

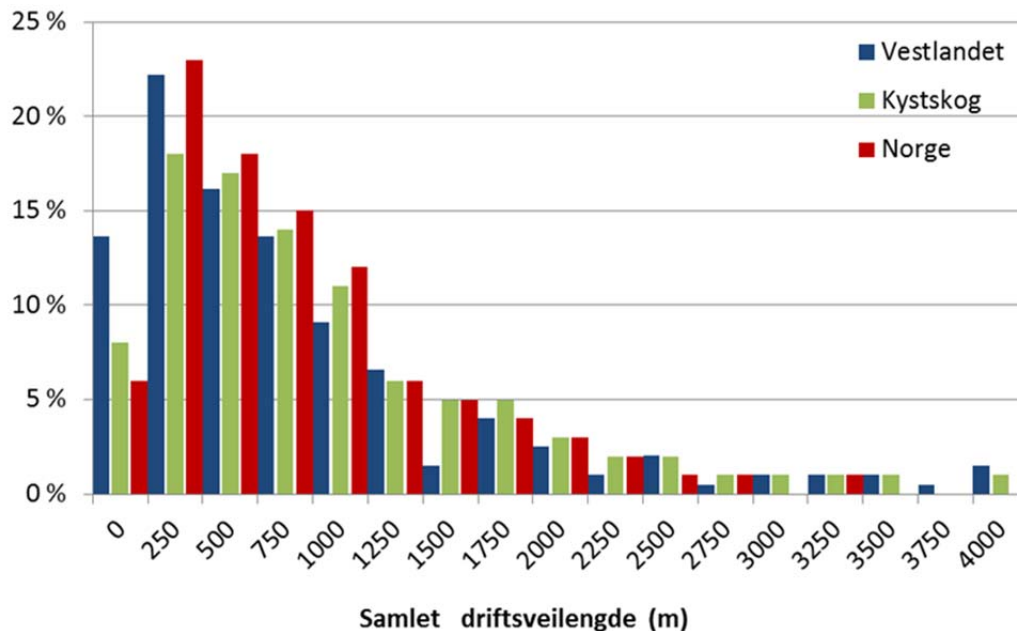
Når det ses bort fra 'null-avstandene' (0 m) på traktorveiene er det en forholdsvis jevn fordeling mellom 200 m og 1200 m for alle regionene. Terrengtransport og traktorveitransport kan legges sammen for å danne et overordnet inntrykk av forholdene (Figur 4). I analysen har vi sett på samlet driftsveilengde på mellom 100 m og 2400 m.

## 2.2 Analyse og resultater

I det følgende avsnittet gjennomgås modellene, parameterne og antakelsene som ligger til grunn for systemanalysen. Alle prestasjoner angis eller forstås angitt som  $G_{15}$ -timer, som omfatter alle



mindre avbrytelser på opp til 15 minutters varighet.  $G_{15}$ -tid gir dermed en mer realistisk produksjonsrate, da arbeidstiden typisk vil være forstyrret av teknisk og organisasjonsmessig tapstid.



Figur 4 Fordeling av samlet driftsveilengde (terrengtransport + traktorveittransport)

### 2.2.1 Taubaner og prestasjon på taubanen

Det er flere terrenggående taubaner i drift i Norge, noen bygget på gravemaskin (Timbermast'r), andre på skogsmaskin (f.eks. Owren 400/flere Owren T3 på lassbærer), på beltemaskin (Owren 350 på Prinoth) og på henger (Konrads' KMS-bane). Prestasjonen på taubanen bestemmer tempoet for hele operasjonen. På nåværende tidspunkt finnes det ikke en terrenggående taubane med opparbeidingskapasitet. Virkets ankomstrate (prestasjon) ved tårnet bestemmer utnyttelsesgraden på både opparbeidingsmaskinen og lassbæreren. Når det går for sakte få man dårlig utnyttelse av begge deler, noe som medfører økte kapital- og lønnskostnader per  $m^3$ . For å få et fornuftig innblikk i betydningen av selve vinsjingen, varieres prestasjonen i beregningene over et spenn fra 5 – 11  $m^3/t$ .

### 2.2.2 Framkjøring

Framkjøring av virke foretas fortrinnsvis med lassbærer, som krever at virket er opparbeidet ved kranen. Her er det brukt en mellomstor lassbærer med 15  $m^3$  lassevne som eksempel. Som for taubanens prestasjon, er tidsforbruket til framkjøring avgjørende for hele hogstsystemets balanse, utnyttelsesgrad, og dermed kostnad. Lassbærerens arbeidsmønster inneholder et dynamisk element (kjøring) og et statisk element (lessing og lossing - terminaltiden), som er modellert i forhold til parameterne angitt nedenfor:

### 2.2.2.1 Kjøretid

Vi bruker 3 ulike hastigheter for kjøring; 0.25, 0.75 og 1.4 m/s, tilsvarende cirka 0.9, 2.7 og 5.0 km i timen (Tabell 1). Kjørehastighetene sier noe om terrengets fremkommelighet og den lavere enden av skalaen er bevisst valgt, da analysen kun ser på drift i bratt terreng. Tidsforbruket under framkjøring bestemmes først og fremst av kjøreforholdene, dvs. både driftsveilegder og ujevnheter og bæreevne. I virkeligheten er det snakk om to ulike gjennomsnittlige kjørehastigheter, én for terrengtransport og én for kjøring på traktorvei, men det skilles ikke mellom disse to i modellen her.

Tabell 1 Kjørehastigheter på lassbæreren under de ulike scenaria.

	<b>m/s</b>	<b>min / 100 m</b>	<b>km /t</b>
<b>Scenario 1</b>	0.25	6.7	0.9
<b>Scenario 2</b>	0.75	2.2	2.7
<b>Scenario 3</b>	1.4	1.2	5.0

Kjøretiden beregnes ut ifra angitte hastigheter for driftsveier på mellom 100 og 2400 m, og vises i Tabell 2. Det tas ikke hensyn til kjøreretningen, dvs. om lassbæreren kjøres med lass eller ei.

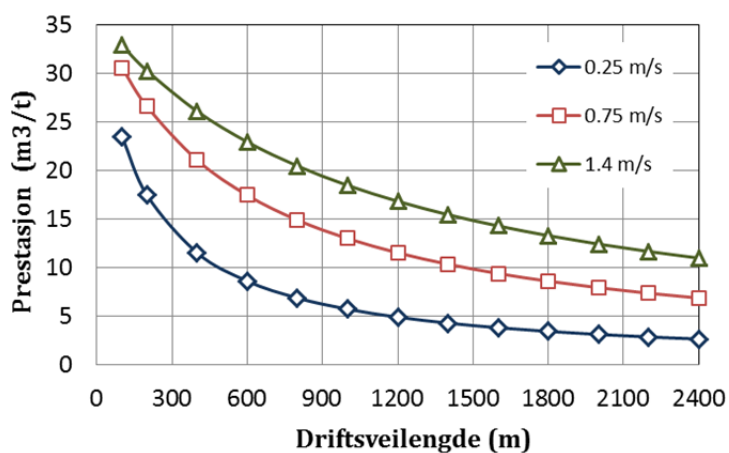
Tabell 2 Kjøretid (minutter per lass, én vei) ved tre ulike kjørehastigheter.

<b>Kjøretid (min per lass)</b>	Sc1	Sc2	Sc3
<b>Driftsveilegde(m)</b>	<b>0.25</b>	<b>0.75</b>	<b>1.4</b>
<b>100</b>	6.7	2.2	1.2
<b>200</b>	13.3	4.4	2.4
<b>400</b>	26.7	8.9	4.8
<b>600</b>	40.0	13.3	7.1
<b>800</b>	53.3	17.8	9.5
<b>1000</b>	66.7	22.2	11.9
<b>1200</b>	80.0	26.7	14.3
<b>1400</b>	93.3	31.1	16.7
<b>1600</b>	106.7	35.6	19.0
<b>1800</b>	120.0	40.0	21.4
<b>2000</b>	133.3	44.4	23.8
<b>2200</b>	146.7	48.9	26.2
<b>2400</b>	160.0	53.3	28.6

### 2.2.2.2 Terminaltiden

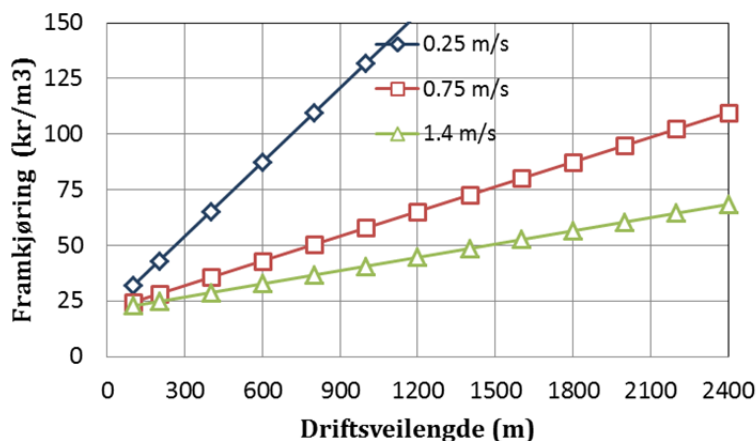
I dette tilfellet er terminaltiden enda mer avgrenset enn under vanlig drift, da kjøring under lessing ikke forekommer og tømmeret er lokalisert på et sted. Vi har brukt Brunberg's funksjoner i modelleringen av tidselementene i forbindelse med framkjøring. De samme funksjonene brukes i planleggningssystemet Heureka. Under de gitte forholdene får vi en terminaltid (lessing og lossing) på 1.48 min/m<sup>3</sup>, som tilsvarer 22.3 min pr lass for en maskin med 15 m<sup>3</sup>. Hertil kommer et mindre tidsforbruk til sortering og andre aktiviteter på velteplassen, som resulterer i et avrundet, gjennomsnittlig tidsforbruk på 25 min per lass.

Prestasjon i framkjøring (inkl. lessing og lossing) avtar fort under vanskelige kjøreforhold (Figur 5). Kjøretiden utgjør en større og større andel av samlet tidsforbruk ved økende driftsveilengde, mens betydningen av terminaltiden blir mindre.



Figur 5 Modellen brukt i beregning av prestasjon i framkjøring (m<sup>3</sup>/t).

Kostnadsmodellen for vanlig og 'uforstyrret' framkjøring, dvs. uten unødig ventetid, er basert på en maskinkostnad på lassbæreren (inkl. maskinfører) på 750 kr/t (Figur 6). Her ses det hvordan kostnadene fort blir høye under vanskelige kjøreforhold (0.25 m/s), men for å nå frem til en realistisk kostnad på systemnivået må ventetiden på lassbæreren også tas med i betraktningen.

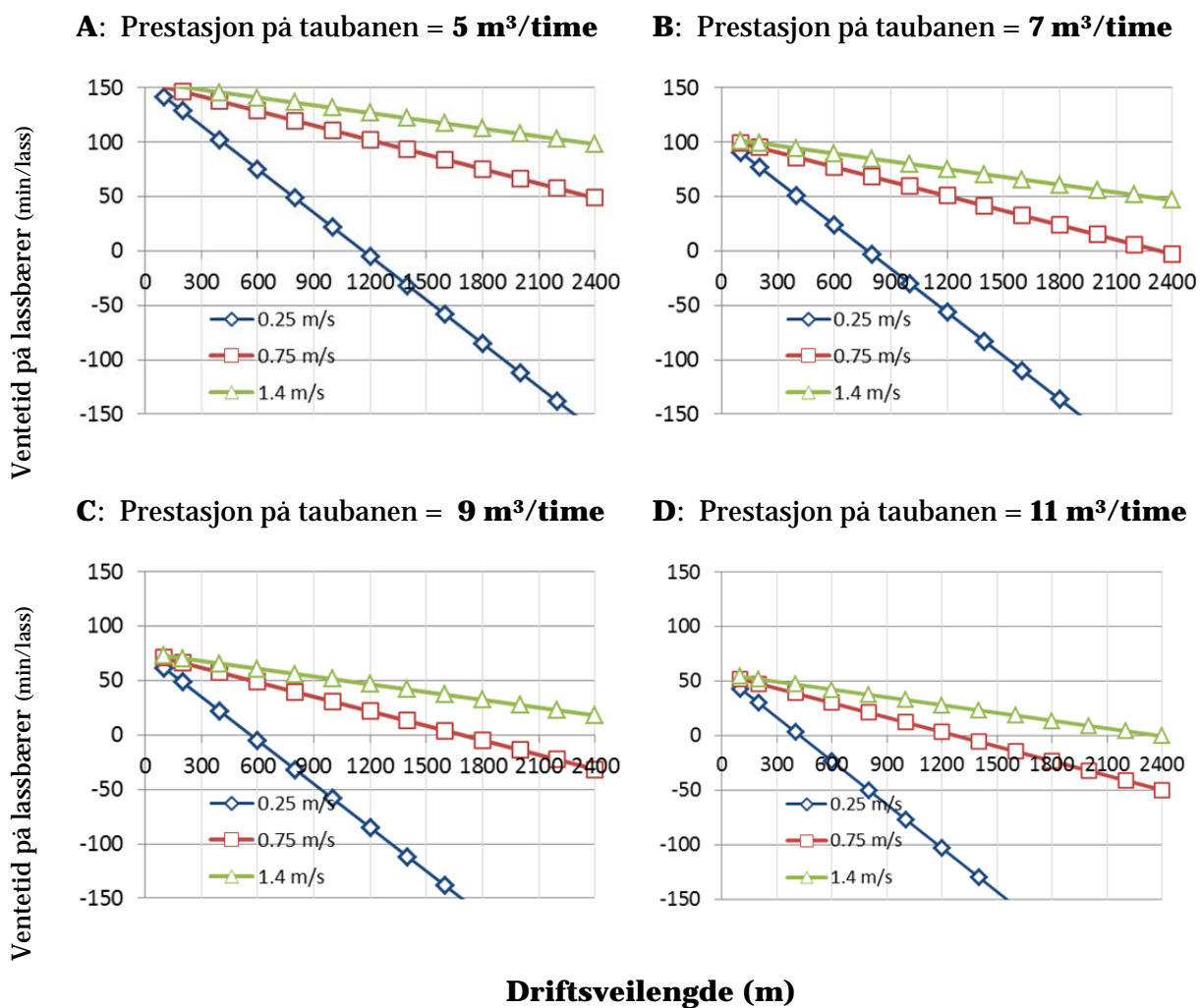


Figur 6 Framkjøringskostnader i forhold til driftsveilengde ved tre ulike kjørehastigheter.

### 2.2.2.3 Ventetiden og utnyttelsesgraden på lassbæreren

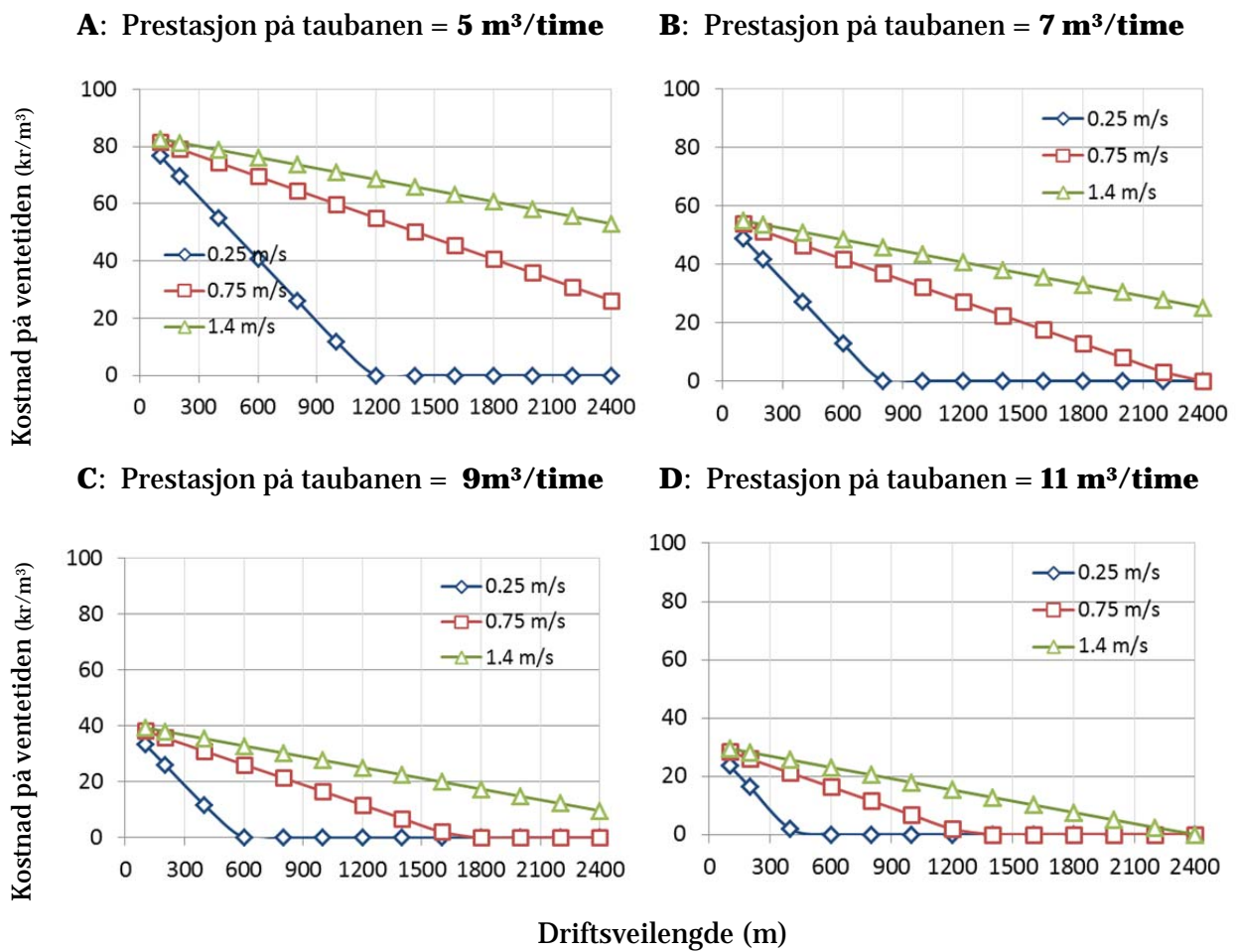
Når prestasjonen for lassbæreren er beregnet kan den sammenliknes med produksjonsraten for taubanen for å se når og hvor ventetiden oppstår. I den enkle modellen antas det at opparbeidingsmaskinen (hogstmaskin eller gravemaskin utstyrt med hogstaggregat) alltid kan holde følge med taubanen, som har en prestasjon på maksimum 11 m<sup>3</sup>/time. Opparbeidet virke blir fjernet fra kranens umiddelbare nærhet under opparbeidningen og begrenser derfor aldri kranens funksjonalitet. Dermed er det kun dynamikken mellom taubanen og framkjøringen som er av interesse. Ventetiden beregnes som den tid det tar å vinsje de 15 m<sup>3</sup> (som utgjør ett lass), minus kjøretiden for siste lass, og er dermed avtakende ved økende driftsveilengde og økende prestasjon på taubanen (Figur 7). I delfigur A (prestasjon på 5 m<sup>3</sup>/time) ses for eksempel en ventetid på 150 minutter for korte strekninger, mens ventetiden går ned mot null når driftsveien økes opp mot 2100 m med vanskelige kjøreforhold (0.25 m/s).

Når ventetiden blir negativ i delfigur B-D innebærer det manglende utkjøringskapasitet i samme størrelsesorden, som enten løses ved innsetting av en ekstra lassbærer (konsekvenser for utnyttelsesgraden av lassbærer 2 er ikke nærmere undersøkt), eller at lassbæreren kjører lengre skift enn taubanen (ev. to skift).



Figur 7 Ventetid (minutter per lass) på lassbæreren ved ulike prestasjoner på taubanen og ulike driftsveilelengther. Negativ ventetid betyr at lassbæreren ikke kan holde følge, og at tømmerlagret bygger seg opp ved kranen

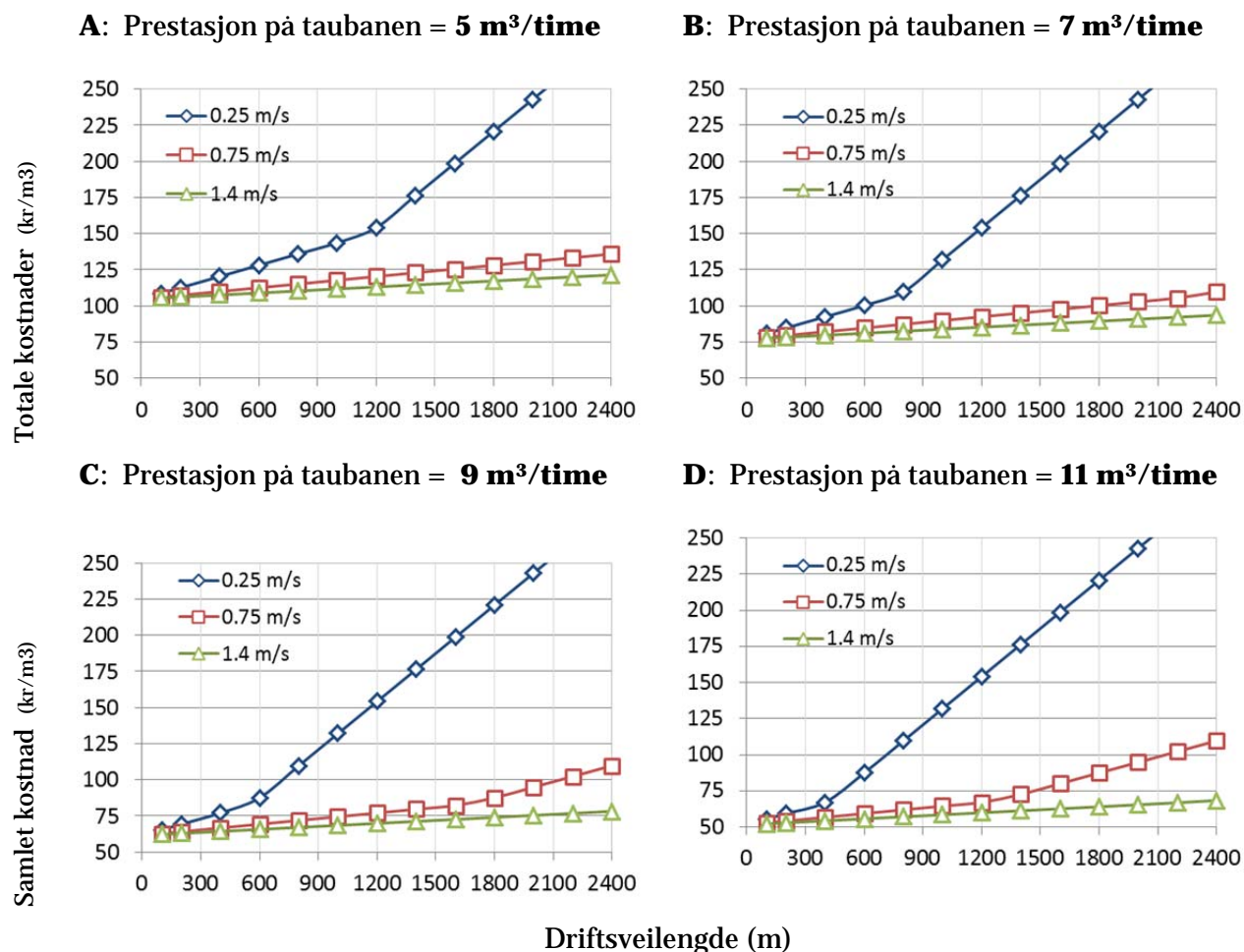
Ventetiden medfører imidlertid økte kapital- og lønnskostnader. Lassbæreren antas å ha en kostnad på kr 750,-/t (inkl. maskinføreren) når den er i arbeid, og 65 % av dette når den venter på at det opparbeides nok tømmer til et nytt lass. Noe av kostnaden kan reduseres hvis maskinføreren har annet produktivt arbeid i ventetiden, men dette er ikke tatt med i modellen. I noen tilfeller har det vist seg mulig å leie inn opparbeiding og framkjøringskapasitet når det er nødvendig, slik at ventetid unngås.



Figur 8 Kostnad på ventetid fordelt på prestasjonsnivå på taubanen (A-D) og driftsveilengde.

#### 2.2.2.4 Samlet kostnad ved framkjøring

Når kostnader på ventetid ved ulike prestasjonsnivåer på taubanen er beregnet, kan de legges sammen med kostnadene for framkjøring for å få samlede kostnader. Som Figur 9 viser, er den samlede kostnaden til framkjøring høy, men avtakende med økende prestasjon på taubanen.

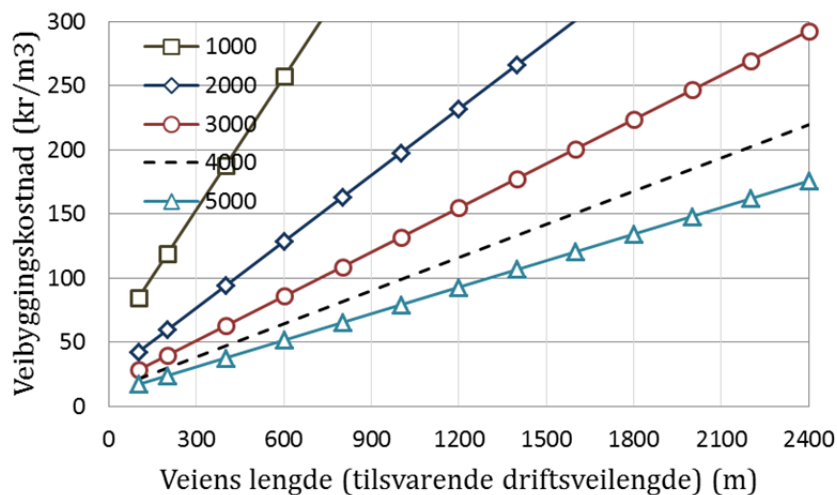


Figur 9 Samlet kostnad til framkjøring fordelt på prestasjonsnivå på taubanen (A-D) og driftsveilengde.

#### 2.2.3 Veibyggingkostnadsmodell

Ett alternativ til bruk av terrenggående vinsj er å bygge skogsbilvei der en lastebilmontert taubane kan stå. For å gi et riktig helhetsbilde må kostnader ved framkjøring derfor stilles opp mot kostnader for veibygging.

I caset som er benyttet gir veien adkomst til mellom 1000 m<sup>3</sup> og 5000 m<sup>3</sup>. Veilengden varierer mellom 100 m og knapt 2400 m. Her medregnes en 15 % slingringsfaktor (avstandøkning) ut over driftsveilengden, da skogsbilveien må leve opp til veinormalenes krav til stigning og kurvatur. Veibygging har en oppstartskostnad på 50 000 kr og løpende kostnad på 750 kr/m. Vi antar at skogeieren selv betaler ca. 40 % av kostnaden, og at resten dekkes av offentlige midler samt bruk av skogfond.



Figur 10 Veibyggingsskostnad per m<sup>3</sup> som funksjon av tilgjengelig volum (1000-5000 m<sup>3</sup>) og ulike avstander på veien. Veilengden på x-aksen er korrigert med 15 % og kostnader vises for den tilsvarende driftsveilengde.

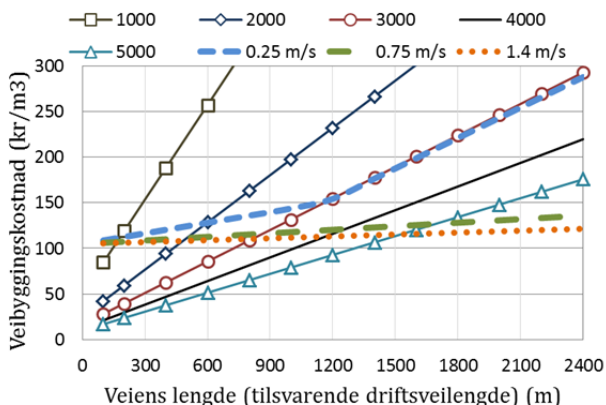
Veikonstruksjonskostnaden per m<sup>3</sup> øker naturlig nok ved økt avstand til virket, og avtar med økende mengder som veien gir adgang til (Figur 10). Kostnaden varierer således fra kr 17/m<sup>3</sup> (100 m vei som gir adgang til 5000 m<sup>3</sup>) til 880 kr/m<sup>3</sup> (2400 m vei som kun utløser 1000 m<sup>3</sup>).

### 2.3 Bygge vei eller kjøre frem virket?

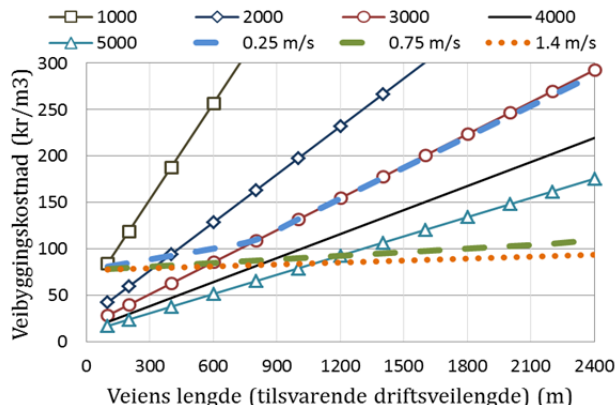
Til sist sammenliknes kostnader til framkjøring med veibyggingsskostnader. Det viser seg at veibygging alltid er billigere på kortere avstander, men også at det er hogstmengden, prestasjonen på taubanen og kjørehastigheten på lassbæreren som tilsammen avgjør hvor den faktiske grensen ligger (Figur 11). Med et begrenset volum (1000 m<sup>3</sup>) vil skjæringspunktet ligge på ca. 200 m hvis taubanen presterer 5 m<sup>3</sup> i timen, mens det alltid er billigere å kjøre frem virket når taubanens prestasjon kommer over 7 m<sup>3</sup> i timen. Det vil si at hvis driftsveilengden er under 200 m vil det være billigere å bygge en skogsbilvei, men at det ellers bør drives med lassbærer. Problemet er heller at framkjøring uansett er et fordyrende ledd som medfører en pris på mellom 50 og 100 kr/m<sup>3</sup>.



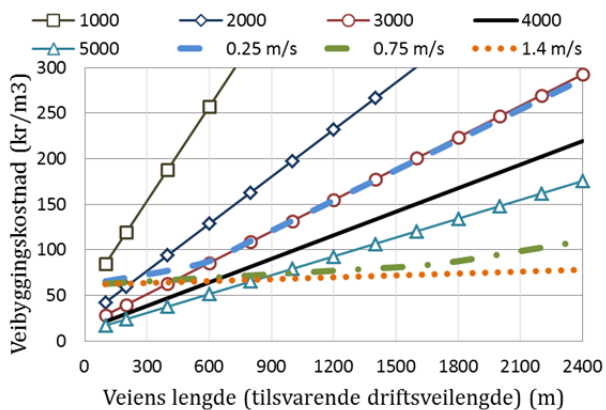
### A: Prestasjon på taubanen = 5 m<sup>3</sup>/time



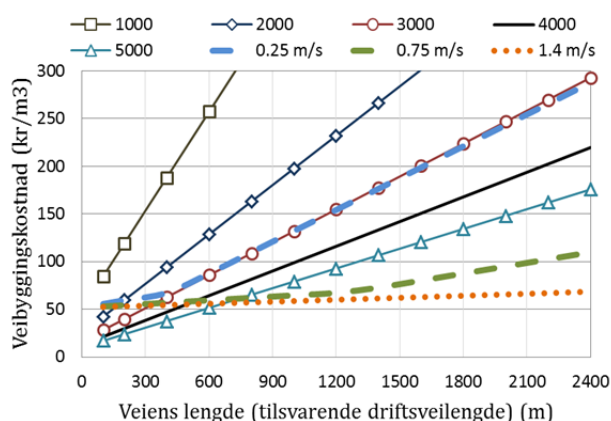
### B: Prestasjon på taubanen = 7 m<sup>3</sup>/time



### C: Prestasjon på taubanen = 9 m<sup>3</sup>/time



### D: Prestasjon på taubanen = 11 m<sup>3</sup>/time



Figur 11 Sammenlikning mellom kostnad til veibygging og framkjøring med lassbærer for 4 ulike prestasjonsnivåer på taubanen og 3 kjørehastigheter på lassbæreren.

Som det fremstår av Figur 11, er det alltid fordelaktig å bygge vei på kortere avstander (opp til 600 m), på tross av oppstartskostnaden på 50 000 kr (skogeierens kostnader i forbindelse med planlegging og utførelse av veien). I modellen forhindrer denne kostnaden at det bygges veldig korte veistrekninger, noe som heller ikke er realistisk. Det er stort sett ventekostnaden på lassbæreren som gir utslag under alle scenarier.

## 3 DISKUSJON

Det finnes ikke et entydig svar på spørsmålet om det skal anvendes terrenggående taubaner eller ei, selv om at problemstillingen forholdsvis lett løses ut ifra et teoretisk ståsted. Bygging av skogsbilveier med offentlig tilskudd, samt fordelene ved bruk av Skogfondet, innebærer at en betydelig del av kostnaden blir overført til samfunnet. Når det anvendes terrenggående taubane faller hele kostnaden på entreprenøren og skogeieren. Det betyr at sammenlikningsgrunnlaget blir diffust, og det kompliseres av de mange ulike faktorene som det skal tas stilling til.

I dette studiet har vi måttet forenkle problemet og skjære igjennom med en rekke fastsatte antakelser og teoretiske tilnærminger. Det er for eksempel antatt at lassbæreren (og også hogstmaskinen) er dedikerte til taubanen, og det oppstår dermed en ekstra omkostning (venting på maskinene) som gjør at terrenggående taubaner er lite konkurransedyktige sammenliknet med kraner som står på bilvei. I virkeligheten finnes det tilfeller der taubaneentreprenøren enten eier eller leier inn maskiner som bare settes i arbeid med taubanen etter behov, f.eks. én eller flere dager i uken. Mens det ser ut til å løse problematikken med dårlig maskinutnyttelse, så viser erfaringer at det ofte er vanskelig å finne andre entreprenører i umiddelbar nærhet til taubanedriften, og kostnader ved å flytte en maskin frem og tilbake overgår fort kostnaden ved underutnyttelsen av lassbæreren.

Det vil nok alltid være etterspørsel etter begge maskinløsninger, dvs. både lastebilmonterte og terrenggående. Der det finnes små mengde tømmer langt fra vei, som det ofte gjør, vil det være billigere å hente det ut med terrenggående taubane enn ved å anlegge vei. Terrenggående taubaner vil også ofte spille en viktig beredskapsrolle ettersom de kan settes inn umiddelbart etter f.eks. stormfall uten å skulle vente til veiene anlegges, noe som ofte tar flere måneder.

### 3.1.1 Bemerkninger omkring antakelsene

Resultatene belyser sammenhenger og prinsipper som gjelder for en sammenlikning der det er brukt gjennomsnittsverdier. I virkeligheten vil hver enkelt drift måtte vurderes individuelt ut ifra flere hensyn.

- Lassbæreren har en timekostnad på 750 kr, som nok ligger lavt sammenliknet med dagens kostnadsnivå. Det er et bevisst valg og et slags kompromiss, da taubaneentreprenører ofte vil fremheve at maskinen er nedskrevet og dermed noe billigere enn i andre beregninger.
- Ventekostnaden var satt til 65 % av timekostnaden. I dette ligger det at de variable maskinkostnadene settes til 0 når maskinen står, mens personalkostnader og kapitalkostnader for maskinen løper uavhengig av om maskinen er i bruk eller ikke.
- Opparbeiding (kvisting og aptering) er det ikke regnet på, da kostnadene for dette antas å være like for begge alternativer.
- For å hindre effekten av den lineære kostnadsmodellen på veibygging (750 kr/m) på veldig korte veistrekninger er det medregnet en oppstartsavgift på 50 000 kr. Det kan være at dette ligger litt høyt da Fylkeskontorene ofte har satt et tilskuddsberettiget minimumsbeløp på bare 30 000 kr.
- Skogeierens bidrag til vei dekker 40 % av kostnaden. Det er lavt satt, men kompenseres ved at hele 40 % antas å være tilskrevet hogsten.

### 3.1.2 Formidling

Prosjektet og prosjekresultater er formidlet gjennom flere kanaler:

- Det er avholdt to temadager og en studiereise under prosjektet (Figur 11 viser noen av bildene)
- Resultatene er presentert på den internasjonale forskningskonferansen FORMEC: Talbot, B., Hoffman, S. 2015. Terrain-going cable yarders: Systems alternatives and conditions for application. 48th International Symposium on Forestry Mechanization, FORMEC; 2015-10-04 - 2015-10-08
- Presentasjon på taubanesamling og årsmøte i Norsk taubanelag (29.04.2016)
- Det satses på publikasjon av en vitenskapelig artikkel senere i 2016
- 



TimberPro maskinen som hogst/kvistemaskin (ovenfor). Foto: Kai Eriksen (Skogservice AS)



Utbygging av hogstaggregatet med klo (hurtigkobling) og maskinen fungerer som svær lassbærer.  
Foto: Kai Eriksen (Skogservice AS)

Figur 12 En alternative løsning er bruk av en kombimaskin (her Timber-Pro) som både kan kviste og kjører frem virket. TimberPro maskinen har bra krefter i kranen til oppsamling av store treer som ligger ut over skranten, men også veldig god kapasitet som lassbærer, når forholdene ellers tillater det

### 3.1.3 Andre spin-offs

Næringspartneren i prosjektet, Skogservice AS v. Kai Eriksen, har fått tegnet opp et maskinkonsept som ev. vil løse noen av utfordringene ved å bruke terrenggående taubaner, dvs. en kombinasjon av en opparbeidings-/kvistemaskin og basmaskin med vinsj og tårn. Ved å kombinere opparbeiding med vinsjing (samme konsept som på Mounthy-vinsjer som står på skogsbilvei) kan en større kapitalinvestering i én maskin bedre forsvares (Figur 13). Timber-Pro-maskinen har en særdeles kraftig kran som er velegnet til håndtering og kvisting av trær som typisk ligger i skråningen utenfor veien.

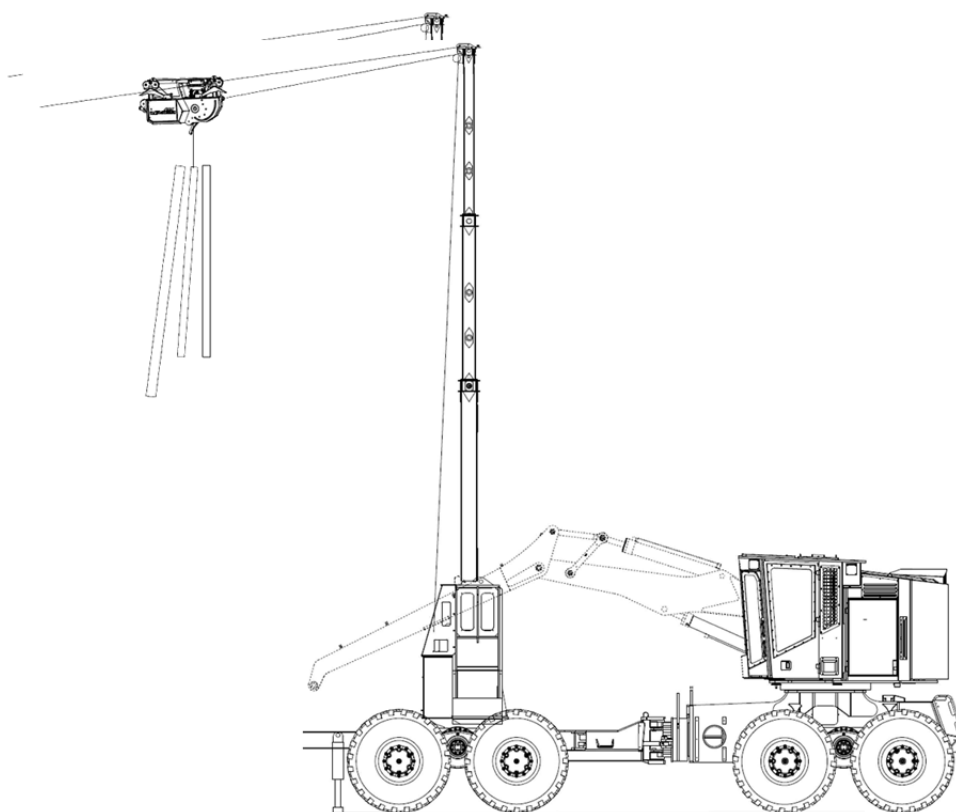


Diagram: Kai Eriksen (Skogservice AS)

Figur 13 Kombinert vinsj/opparbeiding på en Timber-Pro lassbærer

## 4 KONKLUSJON

I våre beregninger, der bare ca. 40 % av veikostnaden tilskrives skogeieren, er det oftest billigere å anlegge vei fremfor å benytte terrenggående taubaner. Det kan dog være mange årsaker til at man enten ikke ønsker eller ikke har anledning til å bygge vei, og her er en terrenggående taubane en glimrende teknisk løsning.

Variasjonen i prestasjon i vinsjing har en betydelig effekt på kostnadsnivået for hele driftssystemet, og spiller dermed en avgjørende rolle for systemvalget. Effekten på driftsøkonomien forsterkes gjennom raskt økende ventetider/-kostnader på lassbæreren med avtakende prestasjoner i vinsjing, dvs. 11>9->7->5 m<sup>3</sup>/t. Kostnader til kvisting/opparbeiding er ikke tatt med i sammenlikningen, men vil ha en enda større effekt da hogstmaskinen både har høyere timepris og prestasjon, hvilket medfører mye og dyr ventetid. Når den dårlige utnyttelsen av både kvistemaskin og lassbærer legges sammen, er driftssystemet svært lite konkurransedyktig.

Økt funksjonalitet i form av påbygging av kvistekapasitet enten på vinsjen eller på lassbæreren vil gi en bedre utnyttelse av maskinene som utgjør driftssystemet, og samtidig redusere kapitalkostnaden ved at kvistemaskinen spares bort. Som utfall av prosjektet har Skogservice A/S fått tegnet opp nettopp et slikt maskinkonsept. Den amerikanske Timber-Pro-maskinen kan være velegnet til en slik anvendelse, da kranen er noe kraftigere enn på nordiske skogsmaskiner. Dette er viktig når trærne skal hentes opp fra veikanten i bratt terreng. En annen reell løsning kan være å ta i bruk en maskin som Ponsse's BuffaloDual, som er en 14 tonn lassbærer med klo som raskt kan byttes ut med aggregat.

Terrenggående taubaner kommer til å fylle en nisje i hogst i bratt terreng også fremover. En bedre forståelse av sammenhenger og flaskehalsar kan bidra til en mer effektiv anvendelse av slike maskinsystemer. Utfordringene vil imidlertid alltid være større enn for lastebilmonterte kraner.

# ETTERORD

Vi vil takke taubaneentreprenørene for verdifull dialog underveis samt Skogbrukets Verdiskapingsfond for prosjektfinanseringen. Skogservice AS ved Kai Eriksen har vært en ivrig og engasjert partner gjennom hele prosjektforløpet.

<b>Nøkkelord:</b>	Taubaner, bratt terreng, valg av driftssystem, skogsveier
<b>Key words:</b>	Cable-yarding, steep terrain, harvesting system selection, low-volume roads
<b>Andre aktuelle publikasjoner fra prosjekt:</b>	

# NOTATER

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.