



Rapport fra
Research paper of

SKOGFORSK

2/92

NORSK INSTITUTT FOR SKOGFORSKNING / Norwegian Forest Research Institute
INSTITUTT FOR SKOGFAG, NLH / Department of Forestry, Agricultural University of Norway

Metoder og utstyr for vedlikehold og opprusting av skogsbilveger

Methods and equipment for maintenance of forest truck roads.

Sluttrapport Nordiska Skogsarbetsstudiernas Råd (NSR)-prosjekt



Av Reidar Skaar
Halvor Western

1432 Ås

Forsidebilde: Mobilt knuseverk som slepes og mates av gravemaskin.
(Foto: M. Saarilahti).

ISBN 82-7169-519-3
ISSN 0803-2858

Metoder og utstyr for vedlikehold og opprusting av skogsbilveger. *Methods and equipment for maintenance and rehabilitation of forest truck roads.*

Reidar Skaar
Institutt for skogfag
Norges Landbrukshøgskole
1432 Ås

Halvor Western
Seksjon Driftsteknikk
Norsk institutt for skogforskning
1432 ÅS

Sammendrag

Skaar, R. & Western, H. 1992. Metoder og utstyr for vedlikehold og opprusting av skogsbilveger (*Methods and equipment for maintenance and rehabilitation of forest truck roads*). Rapp. Skogforsk. 2/92:1-42

Skogsbilveger er en forutsetning for å kunne utøve et rasjonelt skogbruk. I Norden er det nå 400.000 km med skogsbilveger.

På grunnlag av et NSR-forprosjekt kom en fram til de største mangler og problem for skogsbilvegene i Norden. Disse er; dårlig bæreevne, dårlig grusslitelag, dårlig geometrisk standard, dårlig vedlikeholdte vegggrøfter og ujevn kjørebane. Dette er mangler og problem som langt på veg kan løses ved hjelp av bedre metoder og utstyr for vedlikehold og opprusting.

Flere metoder og typer av utstyr til å måle bæreevnen på skogsbilveger er forsøkt. Bruk av fallvektsdeflektometer med 14 kg fallskive og 1 m fallhøyde synes å være en effektiv metode for bæreevne måling på skogsbilveger.

Det bør stilles strengere krav til materialkvaliteten som brukes til slitelag og kombinerte slitelag/bærelag på skogsbilveger. Et enkelt utstyr til å utføre grusanalyser ute i felten er utviklet og testet med godt resultat.

Blanding under utlegging av to morenematerialer som hver for seg har mindre gode kornfordelinger er forsøkt. Det blandede materialet fikk en betydelig bedre kornfordeling. Utgifter til transport, blanding og utlegging ble 20 SEK pr. m³ blandet materiale.

Blanding av to morenematerialer i masseuttak er forsøkt. De to materialene med dårlige egenskaper gir et blandingsmateriale med tilfredsstillende egenskaper. Den ekstra kostnaden for blandingsoperasjonen er beregnet til 6,20 SEK pr. m³ blandet materiale.

Forsøk med grove slitelag på skogsbilveger viser at disse gir fordeler i form av lavere material- og vedlikeholdsutgifter for vegen. Men grove slitelag kan føre til økte kostnader til utlegging. Grove slitelag med største steinstørrelse på 70 mm synes å gi godt resultat på skogsbilveger med liten og middels stor biltrafikk.

Produksjonen av knuste steinmaterialer til slitelag på skogsbilveger er undersøkt. Knusing av morene til 0-60 mm materiale med et mobilt knuseverk ga en produksjon på 53 m³ med knust materiale pr. virketime. Kostnaden for knusingen ble beregnet til 13 FIM pr. m³ knust materiale. Ved knusing til 0-30 mm sank produksjonen til 21 m³ pr. virketime og kostnaden økte til 24 FIM pr. m³.

Vedlikehold av fingrusrike (0-20 mm) slitelag ved hjelp av jordbrukstraktormontert utstyr er forsøkt. Slikt utstyr er effektivt til fjerning av slaghull og hjulspor i vegbanen som ikke er dypere enn 3 cm. Til å høvle bort dypere slaghull og hjulspor er det nødvendig med 12-14 tonn selvgående veghøvel.

Til vedlikehold av grove (0-70 mm) slitelag er det nødvendig med 14-16 tonn veghøvel og etter høvlingen bør slitelaget komprimeres med en 5 tonn vibratorvals.

Forsøk med komprimering av grove slitelag ved vibratorvals utstyrt med ringer har gitt godt resultat.

Det er gjort forsøk med bitumenmaterialer på skogsbilveger. På veger med liten trafikk kan påsprøyting av bitumenemulsjon gi god effekt i inntil 7 år. På veger med stor trafikk er utlegging av oljegrus mest aktuelt.

Forsøk med overflaterenner viser at disse er aktuelle i bratte stigninger på veger som har så liten trafikk at bruk av vegskrape eller veghøvel er lite aktuelt.

Vegopprusting med høvel og hjullaster (HH-metoden) er undersøkt. Resultatet ble en bedre utformet grovbrytningsskuff og en tiltbar sorteringsskuff til hjullasteren.

Vegopprusting med jordbrukstraktormontert utstyr viser at slikt utstyr er effektivt til lette opprustingsoppgaver.

Innhold

1.0 Innledning	3
2.0 Terminologi	4
3.0 Forprosjekt	6
3.1 Finland	6
3.2 Sverige	9
3.3 Norge	10
3.4 Problemområder	11
4.0 Vegens overbygning	12
4.1 Bæreevnmålinger	12
4.2 Gruskvalitet	15
4.2.1 Sprøhet og flisighet	15
4.2.2 Korngradering	16
4.3 Grusanalyse i felt	17
4.4 Blanding av naturgrus	19
4.4.1 Blanding på vegen	19
4.4.2 Blanding i masseuttaket	21
4.5 Grove slitelag	22
4.6 Diskusjon	24
5.0 Knusing av steinmaterialer	24
5.1 Knuseprinsipper	24
5.2 Oppdeling før knusing	25
5.3 Mobile knuseverk	25
5.4 Transportable knuseverk	26
5.5 Diskusjon	27
6.0 Metoder for vegvedlikehold	28
6.1 Vedlikehold av fingrusrike slitelag	28
6.2 Vedlikehold av grove slitelag	30
6.3 Bitumenmaterialer	31
6.4 Overflaterenner	36
6.5 Diskusjon	36
7.0 Metoder for vegopprusting	37
7.1 Videreutvikling av HH-metoden	37
7.2 Opprusting med jordbrukstraktor	37
7.3 Diskusjon	40
8.0 Konklusjon	40
<i>Methods and equipment for maintenance and rehabilitation of forest truck roads</i>	40
Etterord	42
Litteratur	42

1.0 Innledning

Et effektivt system av skogsbilveger er en forutsetning for et rasjonelt skogbruk. For at skogsbilvegene skal være effektive er det nødvendig med gode tekniske hjelpemidler og effektive metoder for vedlikehold og opprusting.

Skogbruket i Norden har et utbygd skogsbilvegnett på 400.000 km (Tabell 1). Med skogsbilveg menes veg som trafikkeres av tømmerbiler med minimum 8 tonn aksellast. På en skogsbilveg utgjør skogstransportene mer enn halvdel av alle transporter. Praktisk talt alle skogsbilveger i Norden er grusveger som krever et rutinemessig vedlikehold for at vegstandarden skal opprettholdes. Opprusting gjøres for å øke den vegstandard vegen opprinnelig er bygget til. Dersom vedlikeholdet er forsømt kan opprusting være nødvendig for å få vegen tilbake til sin opprinnelige standard.

Tabell 1. Skogsbilveger i Norden (1990)
Forest truck roads in the Nordic countries (1990)

Land <i>Country</i>	Produktivt skogareal mill. ha <i>Productive forest area mill. ha</i>	Skogsbilveger <i>Forest truck roads</i>	
		Km <i>Km</i>	M pr. ha <i>M per ha</i>
Danmark	1	10.000	10.0
Finland	20	120.000	6.0
Island	-	-	-
Norge	7	50.000	7.1
Sverige	24	220.000	9.2
Sum/gj.snitt <i>Sum/average</i>	52	400.000	7.7

Bedre metoder og utstyr for vedlikehold og opprusting av skogsbilveger vil føre til reduserte transport- og vegkostnader på grunn av:

For transportutstyret:

- * Lavere drivstofforbruk
- * Lavere vedlikeholdsbehov

For vegen:

- * Lavere vedlikeholdsbehov
- * Effektivere vedlikehold

For arbeidsmiljøet:

- * Sikrere transport
- * Bedre førermiljø

For virket:

- * Sikrere levering
- * Bedre virkesflyt

Målet er å vedlikeholde og oppruste skogsbilvegene slik at resultatet blir optimalt med hensyn til transport/logistikk, vegvedlikehold, arbeids- og naturmiljø.

Prosjektet er gjennomført med følgende prosjektrådsmedlemmer:

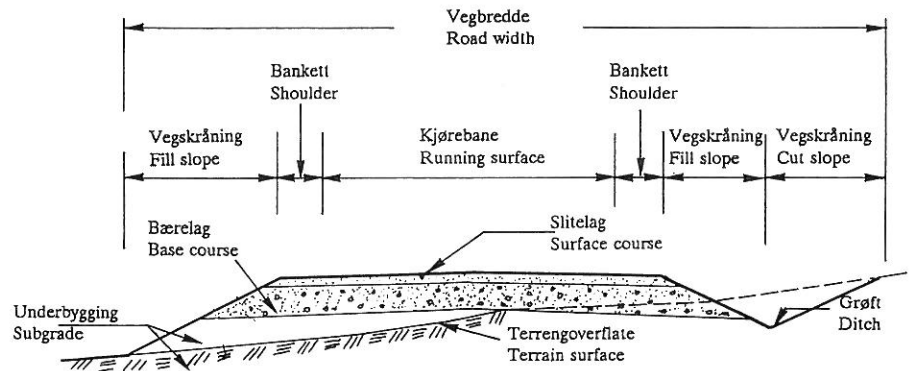
Finland:	Arto Rummukainen	Helsingfors universitetet, Helsingfors
Sverige:	Ingemar Lindström Lennart Rådström	Skogstyrelsen, Jönköping Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Kista

Norge: Reidar Skaar
Halvor Western

Norges landbrukshøgskole, Ås
Norsk institutt for skogforskning, Ås

Norge har vært prosjektledende land med Halvor Western som prosjektleder (sluttet 1989).

2.0 Terminologi



Figur 1 Typisk tverrsnitt av en skogsbilveg
Typical cross section of a forest truck road

Aksellast

Den totale last i tonn, på en av kjøretøyets hjulaksler.

Bæreevne

Den aksellast en veg tåler vurdert ut i fra nedbøyningsmåling på et tilfeldig tidspunkt. Fordi nedbøyningen vil variere gjennom året benyttes uttrykkene helårsbæreevne og sommerbæreevne. Bæreevnen uttrykkes i tonn (aksellast) eller MN pr. m² (elastisitesmodul).

Bærelag

Det laget i vegoverbygningen som ligger like under slitelaget (Fig. 1). Bærelagets oppgave er å bære aksellasten og å fordele aksellasten på underbygningen.

Finkorn (finmateriale, finstoff)

Steinmateriale med kornstørrelser som passerer kvadratsikt med maskeåpning 0,075 mm.

Grovkorn

Steinmateriale med kornstørrelser som ikke passerer kvadratsikt med maskeåpning 0,075 mm.

Grus

Steinmateriale hvor grusfraksjonen (2-60 mm) er den dominerende. Naturgrus er harpet eller ikke harpet grus fra moreneavsetninger. Maskingrus er knust grus fra moreneavsetninger eller fra utsprengt fjell. Fingrus er steinmateriale hvor fraksjonen 2-20 mm dominerer, og i grovgrus er 20-60 mm den dominerende kornfraksjonen. Steinrik grus er steinmateriale der over 20% består av fraksjonen 60-100 mm, men ingen fraksjon over 100 mm.

Jordart, telefarlig

Jordmateriale som under frysing har evnen til å trekke opp vann kapillært til frostsoneen.

Overbygning

Består av slitelag, bærelag og eventuelt filterlag (Fig. 1).

Pukk

Steinmateriale med sortering innenfor området 4-75 mm (f.eks. 32-63 mm). Finpukk er materiale innenfor området 4-22 mm.

Sand

Steinmateriale hvor sandfraksjonen 0,075-2 mm er den dominerende.

Slitelag

Det øverste laget i overbygningen som har som oppgave å oppta trafikk- og klimapåkjenning (Fig. 1).

Steinmaterialer, velgraderte

Bærelag- eller slitelagmaterialer av natur- eller maskingrus som inneholder bestemte mengder av finkorn, sand, grus og stein.

Utsprengt fjell

Fast fjell som er oppdelt i blokker ved hjelp av eksplosiver. Grovsprengt fjell har blokkstørrelser inntil 1000 mm og finsprengt fjell inntil 500 mm.

Blokkrik morenemasse

Masse med mer enn 20% av materialet over 600 mm og største blokkstørrelse 1000 mm.

Steinrik morenemasse

Masse med over 20% av materialet fra 60-100 mm og ingen fraksjon over 600 mm.

3.0 Forprosjekt

For å få oversikt over aktuelle problemområder ble det gjennomført et forprosjekt.

3.1 Finland

På 16 utvalgte og representative skogsbilveger ble det utført følgende registreringer:

* Bæreevne	* Vegoverflatens tilstand
* Hjulspordybde	* Veggrøftenes tilstand
* Overbygningens tilstand	* Stikkrennernes tilstand
* Vegskråningenes tilstand	* Bruenes tilstand

Vegene var bygd i perioden 1959 til 1981 og gjennomsnittlig veglengde var 5,3 km.

Bare 2 av vegene hadde fast rutine for vedlikehold. På de mindre vegene ble vedlikeholdstiltak ikke satt inn før vegens overflate var sterkt nedslitt eller det oppsto akutte skader f.eks. på grunn av vannerosjon. De fleste vedlikeholdstiltak ble gjort like før vegen skulle tas i bruk til virkestransport.

I alt 10 av vegene disponerte vegskrape og tre disponerte veghøvel til vedlikeholdet. Transport av vedlikeholdsgrus ble delvis utført med entreprenørbiler (60%) eller med vegeierens jordbrukstraktor med tilhenger (40%). Tre av vegene hadde tilgang til traktorgraver og to til traktorplaneringsskjær. Bare en av vegene disponerte utstyr for sprøyting mot kantvegetasjon.

All vegopprusting ble utført av entreprenør. Den vanlige maskinkombinasjonen til vegopprusting var traktorgraver og lastebil.

Tilstanden til bærelag, vegoverflate og veggrøfter ble registrert (Tabell 2).

* Bra <i>Satisfactory</i>	= Ingen skader som hindrer normal trafikk = <i>No damages which obstruct normal traffic</i>
* Mindre bra <i>Less satisfactory</i>	= Skader som hindrer lett trafikk = <i>Damages which obstruct light traffic</i>
* Dårlig <i>Bad</i>	= Skader som hindrer all trafikk = <i>Damages which obstruct all traffic</i>

Av prøveveggenes totallengde på 85 km var spordybden mindre enn 5 cm på 70% av veglengden. Spor dypere enn 15 cm ble registrert på 2% av veglengden.

På 24% av veglengden var det behov for rydding av kantvegetasjon langs vegens ene eller begge sider.

Av 145 stikkrenner ble 67% vurdert til å være i god stand. 29% av stikkrennene var i dårlig stand på grunn av skader. Av stikkrennene var 85% av betong, 10% av stål og 6% av plast. De viktigste årsakene til skadene på stikkrennene var telebevegelse og overfart med for tunge aksellaster.

Tabell 2. Bærelagets, vegoverflatens og veggroftenes tilstand
Conditions of base course, road surface and road ditches

Vegelement <i>Road element</i>	Standard*			Standard*
	Bra <i>Satisfactory</i>	Mindre bra <i>Less satisfactory</i>	Dårlig <i>Bad</i>	Sum % <i>Sum %</i>
Bærelag <i>Base course</i>	38	53	9	100
Vegoverflate <i>Road surface</i>	49	46	5	100
Veggrofter <i>Road ditches</i>	57	40	3	100

Tabell 3. Bæreevneklasser (Pulkki 1982)
Bearing capacity classes (Pulkki 1982)

Klasse <i>Class</i>	Elastisitetsmodul, MN pr. m ² <i>Modulus of elasticity, MN per m²</i>	Restriksjoner <i>Restrictions</i>
1	Mindre enn 3 <i>Less than 3</i>	Vegen stengt <i>Road closed</i>
2	3 - 10	Lette kjøretøyer kan passere <i>Light vehicles can pass</i>
3	11 - 20	Lette kjøretøyer og 1-2 tømmerbiler pr. dag <i>Light vehicles and 1-2 logging trucks per day</i>
4	21 - 30	Lette kjøretøyer og 2-3 tømmerbiler pr. dag Hastighet under 10 km pr. time <i>Light vehicles and 2-3 logging trucks per day</i> <i>Speed limit 10 km per hour</i>
5	31 - 40	Maksimum 5 tømmerbiler pr. dag Hastighet under 20 km pr. time <i>Maximum 5 logging trucks per day</i> <i>Speed limit 20 km per hour</i>
6	41 - 60	Over 10 tømmerbiler pr. dag Hastighet under 30 km pr. time <i>More than 10 logging trucks per day</i> <i>Speed limit 30 km per hour</i>
7	Større enn 60 <i>Greater than 60</i>	Over 10 tømmerbiler pr. dag Hastighet under 60 km pr. time <i>More than 10 logging trucks per day</i> <i>Speed limit 60 km per hour</i>

Måling av bæreevnen ble utført 172 steder ved hjelp av fallvektdeflektometer. Metoden innebærer at en masse på 14 kg faller på veggen fra en høyde på 100 cm. To geofoner registrerer trykkbølgene som oppstår i vegens overbygning.

Ved hjelp av en empirisk formel (Pulkki 1982) ble målestedenes elastisitetsmodul og vegens bæreevne beregnet. Siden vegens bæreevne påvirkes av vanninnholdet i overbygningen, spesielt når denne består av finkornrikt materiale, er det viktig at målingen av bæreevnen utføres når vegens overbygning har normalt

vanninnhold. Målingene av bæreevnen ble utført i juni og juli og de oppnådde resultater gir uttrykk for vegens bæreevne året rundt, unntatt i teleløsningsperioden.

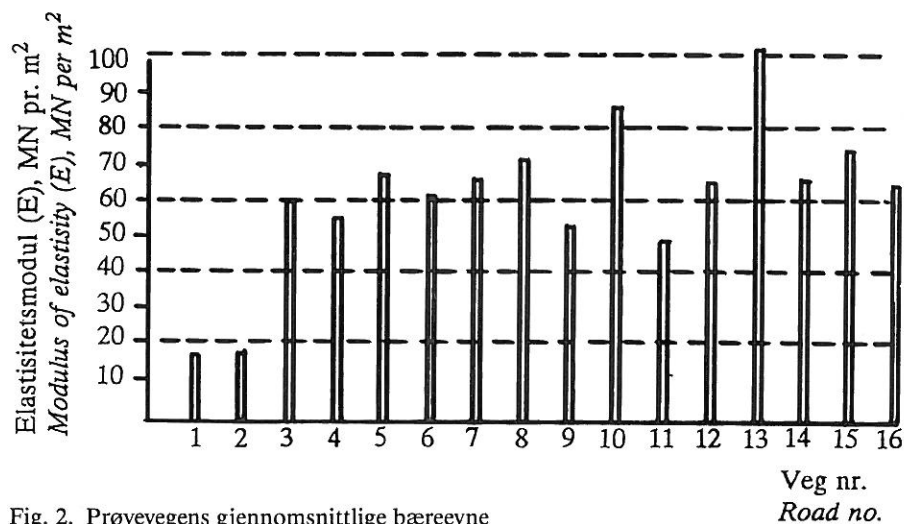


Fig. 2. Prøvevegens gjennomsnittlige bæreevne
Average bearing capacity of the trial roads

Prøvevegens midlere bæreevne varierte fra under 20 MN pr. m² til over 100 MN pr. m² (Fig. 2), og bæreevnen for dårligste målepunkt pr. veg varierte fra 0-29 MN pr. m². De 3 beste vegenes dårligste målepunkter tillater bare 3 passeringer pr. dag med tømmerbiler. De andre 12 vegenes dårligste målepunkter kan bare trafikkeres med personbiler.

Tabell 4. Bæreevneklassenes fordeling
Distribution of bearing capacity classes

Klasse Class	Fordeling, % Distribution, %
1	11
2	6
3	8
4	8
5	6
6	15
7	46

Tabell 4 viser at 46% av antall målepunkter har god bæreevne.

3.2 Sverige

Det ble foretatt en spørreundersøkelse av 20 skogbedrifter inkludert 6 av Domenverkets regioner. Ved bearbeidingen ble materialet inndelt i Nord-Sverige, Midt-Sverige og Sør-Sverige. De 17 skogbedrifter som svarte på undersøkelsen representerte 35% av det produktive skogarealet i Sverige.

I forhold til avvirkningen ble det i perioden 1975-82 bygd 4 ganger så mange kilometer med skogsbilveger i Nord-Sverige som i Midt-Sverige og 9 ganger så mange i forhold til Syd-Sverige. I forhold til avvirkningen ble det rustet opp like mye veg i Nord-Sverige som i Midt-Sverige men i Syd-Sverige lå opprustet veg-lengde 20% lavere.

Kostnaden for nybygging lå på 70-80 SEK (1983) pr. m veg og for opprusting 25-30 SEK (1983) pr. m veg. Både nybygging, opprusting og vedlikehold koster mer pr. m jo lenger nord i Sverige man kommer.

Tabell 5 Tiltak i egen regi eller entreprenør, %
Carried out by forest owner or contractor, %

Tiltak Activity	Domenverket <i>State forest</i>		Privatskog <i>Private forest</i>	
	Egen regi Owner	Entreprenør Contractor	Egen regi Owner	Entreprenør Contractor
Nybygging <i>New construction</i>	90	10	20	80
Opprusting <i>Rehabilitation</i>	95	5	25	75

Tabell 5 viser at en stor statsbedrift som Domenverket bruker egne maskiner og eget personale til nybygging og opprusting i langt større grad enn de private skogbedriftene.

Tabell 6. Domenverkets vedlikehold og opprusting
State forest road maintenance and rehabilitation

Opprusting <i>Rehabilitation</i>		Vedlikehold <i>Maintenance</i>	
Tiltak Activity	Tid, % Time, %	Tiltak Activity	Tid, % Time, %
Krattrydding <i>Bush cleaning</i>	5	Grusing <i>Gravelling</i>	40
Grøfting <i>Ditching</i>	25	Høvling <i>Grading</i>	30
Stikkrenner <i>Culverts</i>	15	Støvbinding <i>Dust preventing</i>	20
Bærelag og slitelag <i>Base course and surface layer</i>	50	Krattrydding <i>Bush cleaning</i>	5
Annet (rekkeverk m.m.) <i>Other</i>	5	Grøfting og stikkrenner <i>Ditching and culverts</i>	5
Sum <i>Sum</i>	100	Sum <i>Sum</i>	100

Ved opprusting går 50% av tiden med til tiltak som er rettet mot bærelag og slitelag (overbygging). Ved vedlikehold går 40% av tiden med til grusing.

Tabell 7. Utvikling de nærmeste 10 år (1985-95)
Development the coming 10 year (1985-95)

Behov Demands	Nybygging New construction	Opprusting Rehabilitation	Vedlikehold Maintenance
Minskning Decrease	50	6	12
Ingen forandring No change	31	50	56
Økning Increase	19	44	32

Tabellen viser at sett i forhold til nybygging vurderes økning i behovet for opprusting til å være over 100% større og for vedlikehold 50% større for 1985-95 sett i forhold til perioden 1975-85.

3.3 Norge

Det ble valgt ut 10 representative veger, tilsammen 66 km i Øst- og Sør-Norge. For hver veg var det ført statistikk over utførte arbeider for perioden 1975-83.

Tabell 8 Vedlikeholdskostander, NOK (1983)
Maintenance cost, NOK (1983)

Tiltak Activity	Utgifter pr. km Cost per km	Andel, % Distribution, %
Bærelagmasse, transport Road base, transport	34,00	1,3
Fjellsprenning Rock blasting	720,00	27,2
Grøfting Ditching	287,00	10,8
Krattrydding Bush cleaning	57,00	2,1
Grusing Gravelling	1091,00	41,2
Høvling Grading	231,00	8,7
Stikkrenner Culverts	113,00	4,3
Bruer Bridges	22,00	0,8
Inspeksjon Inspection	94,00	3,6
Sum Sum	2.649,00	100,0

Tabell 9. Nødvendige vedlikeholdstiltak
Required maintenance activities

Tiltak Activity	Veglengde, km Road length, km	Andel, % Distribution, %
Grøfterensk, (inkl. sprengning) Ditching, (incl. blasting)	31,3	47
Grusing Gravelling	9,8	15
Forsterkning av bærelag Reinforcement of base course	9,9	15
Krattrydding Bush cleaning	5,8	9
Høvling Grading	35,2	53
Sum veglengde Sum road length	66,0	139*

* To eller flere tiltak forekommer på samme strekning.
Two or more activities occur on the same length of road.

Tabell 9 viser at høvling og grøfterensk er de to viktigste tiltakene for å få vegene opp i tilfredstillende standard.

3.4 Problemområder

På grunnlag av forprosjektet kan følgende 8 problemområder listes opp med forslag til aktuelle tiltak for vedlikehold og opprusting.

Dårlig bæreevne.

Mange veger tåler ikke 10 tonn aksellast. Ofte er det korte strekninger som har for svak bæreevne. Det er aktuelt å undersøke metoder for måling av bæreevne og metoder for opprusting.

Dårlig grusslitelag.

For å kunne gjennomføre et maskinelt vegvedlikehold er det nødvendig med et komprimert grusslitelag på minimum 10 cm tykkelse. På mange veger var grusslitelaget nesten borte på grunn av trafikkslitasje og vannerosjon. Det er aktuelt å undersøke muligheten for mer stabile slitelag basert på knust morenemasse eller sprengstein. Slitelag tilsatt bitumen bør undersøkes.

Dårlig geometrisk standard.

Mange skogsbilveger har vegbredde, kurver og snuplasser som ikke tilfredstiller de minimumskrav som stilles av effektive tømmervogntog. Aktuell problemstilling er å undersøke utstyr og metoder for opprusting til tilfredstillende standard.

Manglende eller for dårlige vegggrøfter.

Vegggrøfter som mangler skyldes dårlig vegprosjektering og for dårlige vegggrøfter skyldes at nødvendige grøfterens tiltak ikke er gjennomført. Aktuelt utstyr for rensk av vegggrøfter bør undersøkes.

Høye vegskuldre og manglende vegkuv.

Kombinert med nedslitte grusslitalag er resultatet av høye vegskuldre at vann fra regn eller snøsmelting ikke renner ut i vegggrøftene. Dette fører til erosjonsskader i kjørebanelen. Utstyr og metoder for fjerning av høye vegskuldre bør undersøkes.

Kratt- og trevegetasjon.

Kratt- og trevegetasjon som vokser inn over vegen fra sidene er et problem på mange skogsbilveger. Utstyr og metoder for effektiv fjerning av slik vegetasjon bør undersøkes.

Stikkrenner som mangler eller er dårlig anlagt.

Dette skyldes dårlig prosjektering. Teknikk og metoder for riktig legging av stikkrenner bør undersøkes.

Manglende rutiner for vedlikehold.

Bedre rutiner kan bli resultatet dersom det blir utviklet bedre metoder og utstyr.

4.0 Vegens overbygning

Denne består av bærelag og slitalag. Bærelagets oppgave er å fordele aksellast på vegens underbygning. Slitalagets oppgave er å oppta trafikk- og klimaslitasje slik at bærelaget ikke ødelegges.

På skogsbilveger vil ofte en 15-20 cm overbygning fungere som et kombinert bære- og slitalag. Dette legges direkte på underbygningen dersom denne har god bæreevne. Dersom underbygningen har svak bæreevne må det legges på et ekstra bærelag (forsterkningslag) på 20-60 cm mellom underbygningen og det kombinerte bære- og slitalaget.

4.1 Bæreevne målinger

De viktigste faktorene som virker inn på en vegs bæreevne er vegmaterialets hardhet, kornfordeling og kornform. Vegens drenering samt værforhold, spesielt nedbør, tåle og snøsmelting, har også betydning for bæreevnen.

På de fleste skogsbilveger er det helårsbæreevnen som legges til grunn for vegens evne til å tåle aksellast. Helårsbæreevnen er evnen til å tåle aksellast hele året unntatt i teleløsningsperioden.

Bæreevne målinger er et godt grunnlag for en rasjonell bruk av vegbygningsmaterialer. Forsterkningen kan konsentreres til de svakeste partiene på vegen, og den tiden det er nødvendig å holde vegen stengt i teleløsningsperioder kan gjøres så kort som mulig.

Metoder for måling av bæreevne på skogsbilveger kan inndeles i de som baserer seg på statisk og de som baserer seg på dynamisk belastning. De vanligste metoder som baserer seg på statisk belastning er bruk av platebelastningsapparat og Benkelmanbjelke. En metode som baserer seg på dynamisk belastning er bruk av fallvektsdeflektometer. Elastisitets- eller E-modulen uttrykker forholdet mellom belastningen og den relative sammentrykking som belastningen forårsaker. Fig. 3 illustrerer hvordan elastisitetsmodulen beregnes ved bruk av fallvektsdeflektometer.

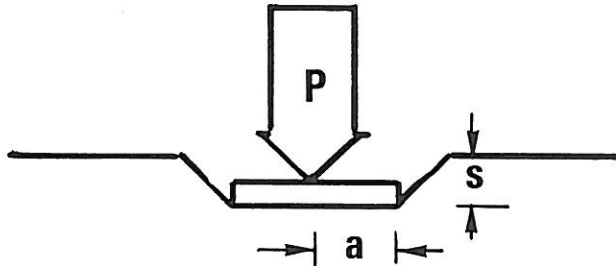


Fig. 3. Beregning av elastisitetsmodulen (Pulkki 1982).
Calculation of the modulus of elasticity

$$E = \frac{1,5 \times p \times a}{s}$$

E = dynamisk elastisitetsmodul, MN pr. m²
dynamic modulus of elasticity, MN per m²

p = belastning, MN pr. m²
load, MN per m²

a = belastningsområdets radius, cm
radius of loaded area, cm

s = sammentrykking, cm
compaction, cm

Ved platebelastningsmetoden utsettes veggen for en kraft på 60 kN. Det anvendes en hydraulisk sylinder hvor den nedre delen består av en skive med 30 cm diameter.

Målingen utføres to ganger fordi vegens overflate komprimeres ved den første målingen. Apparatet er enkelt, men det krever en tung lastebil som motvekt. I løpet av en dag kan en foreta ca. 50 målinger.

I Benkelmanbjelkemethoden måles sammentrykkingen ved hjelp av en bjelke som plasseres mellom tvillinghjulene på en lastebil med hjullast på 5 tonn. (Fig. 4).

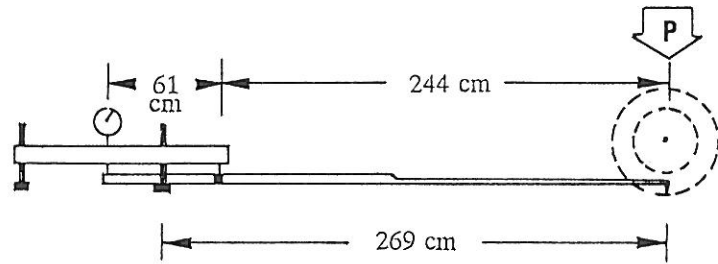


Fig. 4. Benkelmanbjelkemethoden
The Benkelman-beam method

Sammentrykningen måles når bilens bakhjul står over bjelken. Deretter kjøres bilen bort, og en måler hevingen i vegens overflate. Elastisitetsmodulen kan direkte avleses i tabell. I løpet av en dag kan det foretas ca. 100 målinger.

I fallvektsmetoden slippes en vekt ned på en underlagsskive og den sammentrykking som denne belastningen forårsaker måles. Med denne metoden kan en undersøke ulike belastninger ved å variere fallhøyde og vekt, samt målepunktets avstand fra skivens sentrum.



Fig. 5. Bruk av fallvektsdeflektometer (Foto: A. Rummukainen)
Use of falling mass deflectometer

Pulkki (1982) utviklet et fallvektsdeflektometer (Fig. 5) som består av en 14 kg tung skive, to geofoner og en skriver. Den største amplityden og utstrekningen av de to største bølgebevegelsene på geofonene måles.

Pulkki (1982) testet resultatet oppnådd med sitt deflektometer med resultatet oppnådd med Benkelmanbjelken. Denne testen ga en korrelasjonskoeffisient på 0,88 og dette betyr at de resultater som oppnås ved bruk av deflektometer er påli-

telige. Kostnaden for 3 målinger med Pulkki deflektometer er lik kostnaden for 1 måling med Benkelmanbjelken.

Bruk av et fallvektsdeflektometer med 14 kg tung fallskive synes derfor å være en god og billig metode for måling av bæreevnen på skogsbilveger.

4.2 Gruskvalitet

4.2.1 Sprøhet og flisighet

Den vanlige måten å klassifisere et steinmateriales styrke er ved hjelp av sprøhet og flisighet.

Når sprøhetstallet skal bestemmes, siktes en fraksjon ut, enten 11,3-16 mm eller 8-11,3 mm (ca. 0,5 kg). Prøven legges i en morter av bestemt form og utsettes for en bestemt slagpåkjenning av et fallodd. Deretter foretas ny sikting. Materialet som er knust ned under opprinnelig minste kornstørrelse (11,3 mm eller 8 mm) veies. Denne vektprosenten av hele prøven kalles sprøhetstallet.

Ved bestemmelse av flisigheten siktes prøven først på en stavsikt og deretter på en kvadratsikt med samme lysåpning. Kornstørrelsen for 50% gjennomgang på kvadratsikt kalles b, og for 50% gjennomgang på stavsikt kalles t. Flisighetstallet blir da forholdet mellom b og t.

Styrkeegenskapene til et steinmateriale deles inn i 4 klasser (Fig. 6). Generelt bør slitelaget til en skogsbilveg holde kravet til klasse 2 eller 3. Til bærelagsmaterialer kan også klasse 4 og 5 brukes.

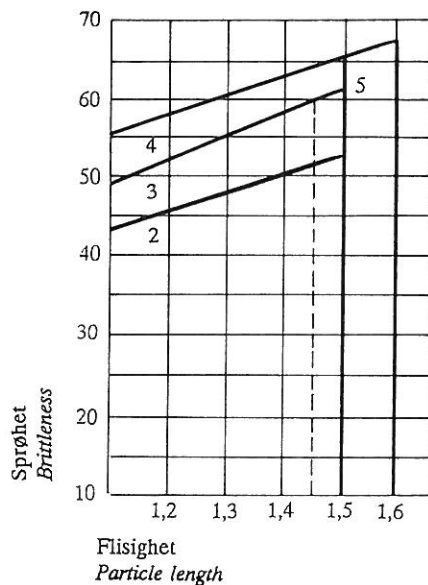


Fig. 6. Krav til sprøhet og flisighet
Brittleness and particle length requirement

4.2.2 Korngradering

Hittil har det ikke vært stilt bestemte krav til korngradering for en skogsbilvegs overbygging. For offentlige veger har det lenge vært stilt bestemte krav til kornfordeling i bærelaget (Fig. 7), og slitelaget (Fig. 8).

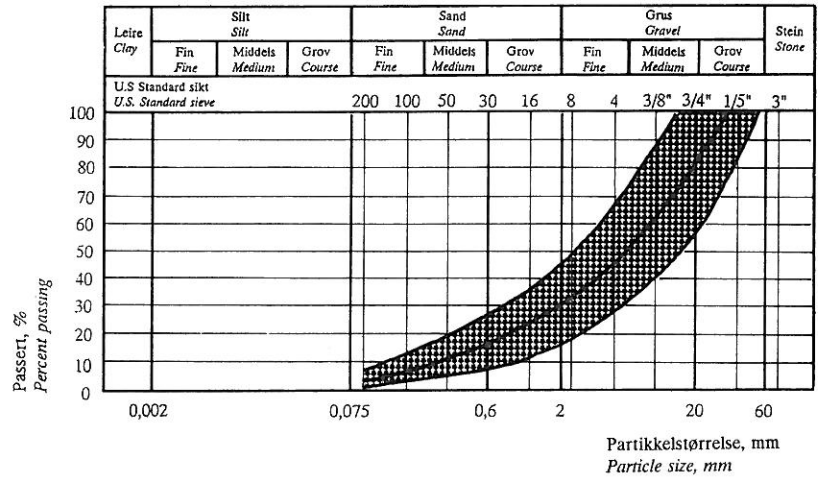


Fig. 7. Grensekurver for bærelag av velgradert materiale.
Specification band for base course material.

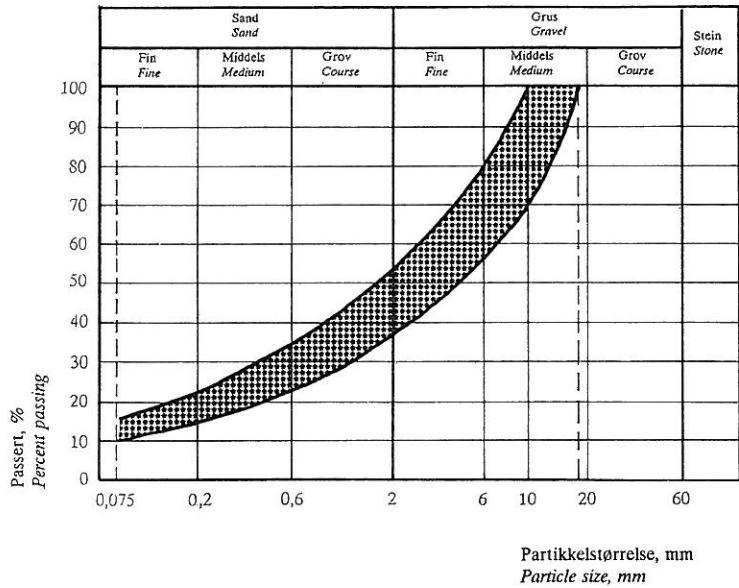


Fig. 8. Grensekurver for slitelagsgrus av velgradert materiale
Specification band for surface course material

4.3 Grusanalyse i felt

I de nordiske lands skogområder finnes det store mengder med morenemateriale som stort sett oppfyller kravene til kantethet, sprøhet og flisighet, men materialet vil ofte ikke oppfylle kravet til kornfordeling for slitelagsgrus.

Ved bygging, vedlikehold og opprusting av skogsbilveger er det behov for et enkelt utstyr for analyse av kornfordeling. Siden slikt utstyr ikke fantes ble det satt i gang et delprosjekt med å utvikle et apparat for grusanalyse i felt.

Analyseapparatet består av en grovsikt og en finsikt. Det oppbevares i en kasse som lett kan transporteres i bagasjerommet til en personbil.

Grovsikten består av to bunnløse kasser. Den ene er åpen og den andre er dekket av en 20 mm vibrerende sikt. Materialet fylles over det vibrerende siktet. Alt materiale som er mindre enn 20 mm går gjennom sikten og ned i den minste kassen. Materiale som er større enn 20 mm faller av sikten og ned i den store kassen. Det er skalaer på innsiden av begge kassene. Når den ene kassa er full, f.eks. den minste kassa, kan vi lese av på innsiden av den store kassen hvor mange prosent materialet over 20 mm utgjør av prøven.

Finsikten henges opp i bilens taklaststativ (Fig. 9). Den har to sikteduker - en øvre med maskevidde 2,0 mm, og en nedre med maskevidde 0,075 mm. Dette innebærer at grusfraksjonen stopper på det øvre siktet, og sandfraksjonen på det nedre. Fraksjonene finere enn 0,075 mm går ut med vaskevannet. Siktingen skjer ved at finsikten vibrerer, samtidig som en tømmer vann gjennom grusmaterialet. Både grovsikt og finsikt vibrerer ved hjelp av strøm fra bilens batteri. Materialet som analyseres i finsikten består av partikler som er mindre enn 20 mm. Dette materialet tas ut ved hjelp av en prøveboks på 0,90 liter, som er dekt av et 20 mm sikt (Fig. 10). Grusmaterialet må pakkes godt. Til dette bruker man en trekloss utstyrt med spor slik at klossen kan trykke materialet ned under sikten.

Med øvelse tar det mindre enn en halv time å gjennomføre en prøve. Det er gjort sammenliknende prøver for å teste metodens nøyaktighet. Det viser seg at innholdet av grovgrus (20-60 mm), fingrus (2-20 mm) og sand (0,075-2,0 mm) blir bestemt med god nøyaktighet. Derimot er det vanskeligere å bestemme nøyaktig innholdet av finkorn (under 0,075 mm). I praksis er imidlertid ikke unøyaktigheten større enn at metoden kan anbefales ved grusanalyse i felt. Ved denne metoden bestemmes volumprosentene av de enkelte fraksjoner. Det er korrigert for dette, slik at en ikke behøver å tenke på denne forskjellen når en bruker analyseapparatet. En kan derfor bruke resultatene direkte, når en skal sammenlikne materialet i forhold til anbefalte grensekurver som alle bygger på vektprosentisk fordeling.



Fig. 9. Bruk av finsikt (Foto: I. Lindstrøm)
Use of fine sieve



Fig. 10. Materialet pakkes i prøveboksen (Foto: I. Lindstrøm)
Compacting the material

4.4 Blanding av naturgrus

4.4.1 Blanding på vegen

Blanding av naturgrus fra to morener som hver for seg har mindre gode kornfordelinger kan gi et godt materiale til bærelag og slitelag. Det er gjort forsøk med blanding av to morenematerialer på vegen ved hjelp av veghøvel.

I forsøket inngikk følgende deloperasjoner og maskiner (Tabell 10).

Tabell 10. Deloperasjoner og maskiner ved blanding av naturgrus på vegen
Suboperations and machines used when mixing natural gravel on the road

Deloperasjon <i>Sub-operation</i>	Maskin <i>Machine</i>	Maskinkostnad (1986) <i>Machine cost (1986)</i>
Bryting og harping <i>Excavating and screening</i>	Gravemaskin <i>Excavator</i>	Akerman H9B 230 SEK pr. time <i>230 SEK per hour</i>
Lasting på bil <i>Loading on truck</i>	Hjullaster <i>Wheeled loader</i>	Caterpillar 920 200 SEK pr. time <i>200 SEK per hour</i>
Transport og tipping på vegen <i>Transport and tipping on the road</i>	To lastebiler hver med 7,5m ³ lasterom <i>Two trucks each with 7,5m³ load capacity</i>	Lastebil 230 SEK pr. time <i>230 SEK per hour</i>
Blanding og bombering (kuv) <i>Mixing and cambering</i>	Veghøvel <i>Grader</i>	Nordverk 130 240 SEK pr. time <i>240 SEK per hour</i>

Tabell 11. Kornfordeling før blanding
Grain size distribution before mixing

Materiale		Antall prøver	Grus %	Sand %	Finkorn %
<i>Material</i>	No	<i>No. of samples</i>	<i>Gravel</i>	<i>Sand %</i>	<i>Filler %</i>
Normal morene <i>Normal moraine</i>	1	3	28	50	22
Grusrik morene <i>Gravelrich moraine</i>	2	2	52	40	8

Tabell 11 viser kornfordelingen for de to morenetyper. Normalmorenen har for lavt grusinnhold og for høgt sand- og finkorninnhold.

Den grusholdige morenen har bra grusinnhold, men for lavt finkorninnhold. En blanding i forhold 1:1 ble vurdert å ville gi et godt materiale til slitelag.

Det finkornede materialet (no. 1) ble lagt ut på vegen først og det grovere (no. 2) ble lagt ovenpå.

Et billass på 7,5 m³, rakk til 32 m av det første laget og det ble lagt på 400 m³ av dette materialet. Et billass av materiale nr. 2 rakk til 39 m veg og det ble lagt på 425 m³ av dette.

Til sammen ble det lagt på 825 m³ på 2100 m veg. Med en kjørebanebredde på 3,5 m tilsvarer dette et 12 cm tykt lag eller 0,42 m³ pr. m veg. Fig. 11 viser kostnaden for administrasjon samt forskjellige deloperasjoner som funksjon av veglengden (1986).

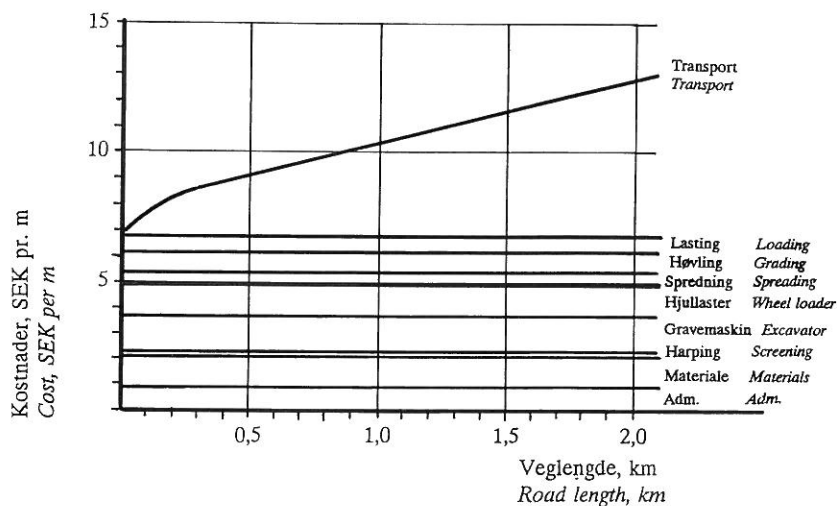


Fig. 11. Kostnader pr. meter veg
Cost per m of road

Tabell 12. Kostnader for blanding av naturgrus på vegen (1986)
Cost of mixing natural gravel on the road (1986)

Aktivitet og materiale Activity and materials	NOK pr. m ³ NOK per m ³	Kostnad, % Cost, %
Administrasjon Administration	2,00	10
Høvling Grading	0,82	4
Lastebiltransport Truck transport	7,35	36
Hjullaster Wheel loader	3,14	15
Gravemaskin Excavator	3,54	17
Harping Screening	0,50	3
Materialer Materials	3,00	15
Sum Sum	20,35	100

Totalt kostet hele overbygningen 20,35 SEK pr. m³. Tilbudet på knust grus var SEK 70,- pr. m³.

Høvlingskostnaden er beregnet som gjennomsnitt av 5 kjøringer. Først ble materialet høvlet inn fra vegens kanter mot midten av vegen. Deretter ble materialet spredt ut og til slutt ble det høvlet kuv (bombering) på vegbanen.

Totalt kostet hele overbyggingen 20,35 SEK pr. m³. Tilbudet på knust grus var SEK 70,- pr. m³.

Tabell 13. Kornfordeling etter blanding
Grain size distribution after mixing

Antall prøver <i>No. of tests</i>	Prøvetaksingssted <i>Place of test</i>	Grus <i>Gravel</i>	Sand <i>Sand</i>	Finkorn <i>Filler</i>	Grovkorn <i>Coarse</i>
3	Øverste 5 cm <i>Upper 5 cm</i>	47,7 (43-51)	42,0 (38-44)	10,3 (7-13)	0
4	Blanding, 12 cm <i>Mixing, 12 cm</i>	45,0 (41-50)	41,5 (39-43)	13,5 (10-17)	0

Etter blandingen er grusinnholdet 10% for lavt og sandinnholdet 10% for høyt. Finkorninnholdet er bra.

4.4.2 Blanding i masseuttaket

Det ble utført et forsøk med blanding av to morenematerialer i masseuttaket og Tabell 14 viser resultatet av sikteanalysen for de to materialene.

Tabell 14. Kornfordeling før blanding
Grain size distribution before mixing

Materiale <i>Material</i>	Prøve nr. <i>Sample no.</i>	Grus <i>Gravel</i>	Sand <i>Sand</i>	Finkorn <i>Filler</i>
Grovt <i>Coarse</i>	1	22	63	15
	2	49	45	6
	3	62	35	3
Fint <i>Fine</i>	4	10	40	50
	5	16	42	42

De to materialene ble blandet i forholdet 1/3 grovt og 2/3 fint. Hver tredje skuff hjullasteren tømte over harpa var grovt materiale. Kostnaden for denne blandingprosedyren var SEK 6,20 pr. m³ blandet materiale.

Tabell 15. Kornfordeling etter blanding
Grain size distribution after mixing

Prøve nr. <i>Sample no.</i>	Grus <i>Gravel</i>	Sand <i>Sand</i>	Finkorn <i>Filler</i>	Grovkorn <i>Coarse</i>
1	36	54	10	15
2	35	50	15	10

Tabell 15 viser at det blandete materialet har bedre egenskaper enn de to hver for seg. Men innholdet av sand i de to prøvene var for høyt og innholdet av grus var 20% for lavt.

Målsettingen med forsøket var mer å få produktivitets- og kostnadstall for metoden enn å få et godt sluttprodukt.

4.5 Grove slitelag

I grove slitelag utgjør fraksjonen 20-100 mm minimum 30% av fraksjonen 0-20 mm.

Grove slitelag kan inndeles i grovkornrike og steinrike slitelag.

Et grovkornrikt slitelag består av harpet eller knust materiale der materialfraksjonen 20-60 mm utgjør minimum 20% av materialet med partikkelstørrelse under 20 mm og innholdet av partikler over 60 mm er under 10%.

Et steinrikt slitelag består av harpet eller knust materiale der materialfraksjonen 20-100 mm utgjør minimum 30% av materialet med partikkelstørrelse under 20 mm og innholdet partikler over 60 mm er større enn fraksjonen 20-60 mm.

Det viktigste kravet til en skogsbilveg er å kunne motstå de aksellaster og totalaster som et rasjonelt tømmertransportutstyr krever uten at vegen skades.

Morgendagens skogsbilveger må tåle enkel aksellast på inntil 12 tonn, boggi aksellast på inntil 20 tonn og totalast på inntil 70 tonn.

De fleste tømmerbiler i Norden kjører kortere enn 5 km fra lasteplass til offentlig veg. Gjennomsnittlig transportavstand videre til kjøpers tomt eller jernbanestasjonen ligger på 50-100 km. Kravet til transporthastighet på den korte strekningen med skogsbilveg vil påvirke transportkostnaden i betydelig mindre grad enn fordelen ved å kunne transportere fulle lass.

Bruk av grove slitelag kan gi lavere materialkostnader, men samtidig kan det oppstå ulemper i form av:

- * større kostnader for utlegging
- * lavere transporthastighet for tømmerbilene
- * større vedlikeholdskostnader for tømmerbilene
- * dårligere arbeidsmiljø for tømmerbilføreren
- * større kostnader for vedlikehold

Sommeren 1987 ble det lagt ut et forsøk med grove slitelag i Åsnes kommune i Norge. Forsøket ble lagt ut på en skogsbilveg med betydelig trafikk, det vil si mer enn 30 passeringer av kjøretøyer pr. dag i sommerhalvåret.

Det ble lagt ut 3 parseller med et 15 cm tykt slitelag av de 3 materialene som er beskrevet i tabell 16. Slitelagene ble lagt ut med veghøvel og komprimert med 3 tonns vibrasjonvals.

Etter ett års bruk ble forsøket revidert ved at det ble lagt ut forsøksflater på 1 m x 5 m tvers over vegen. Det ble lagt ut en flate for hver parsell og hver flate ble inndelt i 5 forsøksruter på 1 m x 1 m. Det løse materialet i hver rute ble samlet sammen og veiet.

Resultatet av veiingen viser (Fig. 12) at det er mest løst materiale i forsøksrutene midt i vegen (rute 3). Det er i disse rutene det meste av materialet fra hjulspore-

Tabell 16. Materialspesifikasjonen for forsøkene i Åsnes
Material specification for Åsnes research road

	Knust materiale <i>Crushed material</i>		
	0-35 mm	0-50 mm	0-70 mm
Materiale over 20 mm <i>Material over 20 mm</i>	26 %	36 %	38 %
Material under 20 mm <i>Material less than 20 mm</i>	100 %	100 %	100 %
Grus 2-20 mm <i>Gravel 2-20 mm</i>	39 %	37 %	36 %
Sand 0,08-2 mm <i>Sand 0,08-2 mm</i>	47 %	37 %	37 %
Finkorn under 0,08 mm <i>Filler less than 0,08 mm</i>	14 %	26 %	27 %

ne samler seg. På 0-70 parsellen er det minst løst materiale i rutene 3 og 5. I rute 1 ligger andelen løst materiale midt mellom fraksjonen 0-35 og 0-50. Det kan konkluderes med at 0-70 parsellen i gjennomsnitt har minst løst materiale i side-rutene og midtruten.

Når det gjelder de to hjulsporrutene (rute 2 og 4) er det i disse naturlig nok mindre løst materiale og her er det liten forskjell på 0-70 og 0-50 fraksjonen. Her kan det konkluderes med at 0-35 fraksjonen kommer dårligst ut med størst andel løst materiale.

Det er sannsynlig at 4 kg med løst 0-70 materiale skaper større problemer for trafikken enn 6-8 kg med 0-35 materiale på veier med betydelig trafikk og normal hastighet.

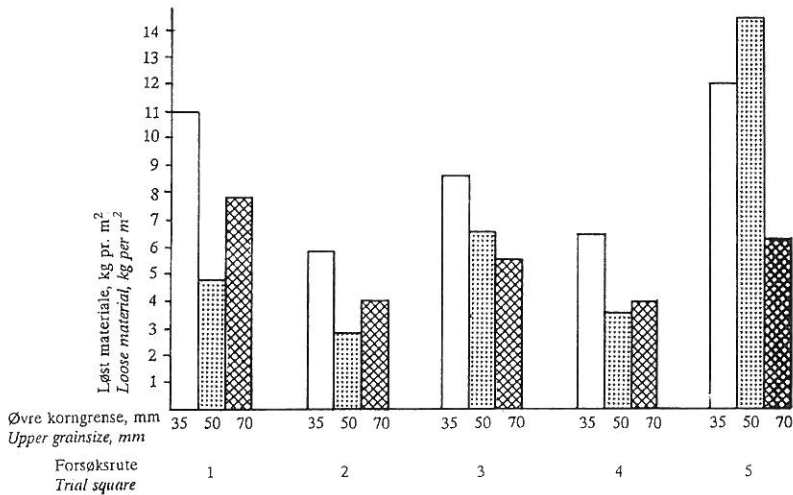


Fig. 12. Mengder med løst materiale i de enkelte forsøksrutene
Amount of loose material within trial squares

På veier med liten trafikk og lav hastighet vil andelen løst 0-70 materiale medføre mindre problemer for trafikken.

Forsøket i Åsnes viste at på en skogsbilveg med betydelig trafikk er behovet for vedlikeholdshøvling det samme for de tre fraksjonene. Men det er viktig å være klar over at 0-35 fraksjonen hadde 14% finkorninnhold og de to andre fraksjonene 26-27% med finkorn. Med et finkorninnhold på 20% ville sannsynligvis 0-35 fraksjonen kommet ut med en mindre andel løst materiale. Konklusjonen ville da bli at på skogsbilveger med betydelig trafikk vil 0-35 materiale med 20% finkorninnhold og 80% grovkorninnhold være det slitelaget som gir det beste resultatet. Fraksjonen 20-35 mm bør utgjøre 25-30% av fraksjonen 0-20 mm.

4.6 Diskusjon

Det viktigste for en skogsbilveg er at den tåler å trafikkeres med 10-12 tonn enkel aksellast hele året unntatt i teleløsningsperioden. Kontroll av bæreevnen ved hjelp av bæreevne målinger vil derfor bli mer aktuelt. Det bør stilles strengere og mer spesifikke krav til kvaliteten på de slitelagsmaterialer som legges på en skogsbilveg.

5.0 Knusing av steinmaterialer

Etter hvert som tilgangen på god naturgrus blir mindre, blir det mer vanlig å ta i bruk knuste materialer på skogsbilveger. Slike materialer framstilles ved å knuse moreneavsetninger eller sprengstein. Ved knusing får vi ofte en bedre kornfordeling enn det vi finner i naturgrus. Dessuten får knust materiale mer kantet form som gjør steinmaterialet mer stabilt mot trafikk- og klimapåvirkninger.

5.1 Knuseprinsipper

Når det gjelder knuseprinsipper skilles det mellom kjeftknusere og kon- eller spindelknusere:

En kjeftknuser har kileformet knusekammer som består av en bevegelig og en fast knuseplate. Dersom den bevegelige knuseplaten beveger seg mot den faste med en pendelbevegelse kalles det pendelknuser. Dersom den bevegelige platen beveger seg mot den faste med roterende bevegelser, kalles det rotasjonsknuser.

Hos kon- og spindelknusere er knusekammeret sirkulært og knusingen skjer kontinuerlig ved at materialet klemmes mellom en fast yttermantel og en bevegelig konisk innermantel.

En spindelknuser har smalere kon og dermed større inntaksåpning enn en konknuser.

Kjeftknuseren har mindre reduseringsforhold (1: 3-5) enn konknuseren (1: 5-8). Reduseringsforholdet er forholdet mellom diameteren på de største steinene som knuseren kan ta imot, og diameteren på de største partiklene i sluttpro-

duktet. Kjeftknuseren anvendes som første/eneste knuser, fordi den kan ta imot større steiner i forhold til sin vekt jevnført med konknuseren. Kjeftknuserens overflater kan lettere byttes ut enn konknuserens, mens den sistnevnte har større produktivitet og gir bedre kvalitet på sluttproduktene. Produktivitet avhenger ellers av knusernes type og størrelse, kvalitet og størrelse på materialet som mates inn, samt kvalitet og størrelse på sluttproduktene.

5.2 Oppdeling før knusing.

Ved knusing av fjell og store blokker anvendes sprengstoffer. For at materialet etter sprengning skal kunne mates inn i knuseverket, er det vanligvis nødvendig med en videre oppdeling før innmatningen.

Til oppdeling brukes hydrauliske slagbor med en masse på ett tonn og montert i kranspissen på en 12-16 tonn gravemaskin. Slagboret deler blokka ved hjelp av stor slagfrekvens (500-2000 slag pr. min.) og stor slagenergi.

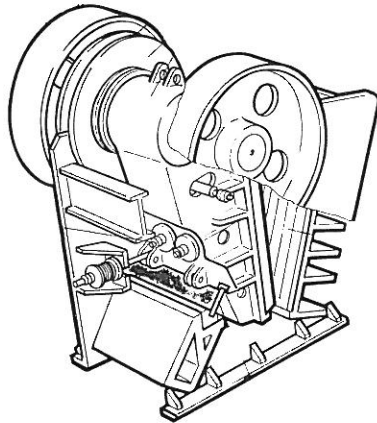


Fig. 13. En mobil kjeftknuser.
A mobile rock crusher.

5.3 Mobile knuseverk

Et mobilt knuseverk kan være slepbart eller selvgående. Pulkki og Aitolahti (1982) undersøkte en selvgående Mertsaknuser, som er en 6 tonns konknuser bygd på et brukt hjullasterchassis. Til et kombinert bære- og slitelag ble det knust 0-60 mm materiale, og lagt ut 0,3 m³ pr. meter veg. Knuseverkets produktivitet var 35 m³ pr.virketime og 23 m³ pr. arbeidsplassstime. Morenematerialet ble lastet opp fra små massetak langs vegen.

Den optimale avstand mellom massetakene avhenger av knuserens produktivitet og av hvilket utstyr som brukes for transport og utlegging av det knuste materialet. Total kostnad i denne undersøkelsen var 17-25 FIM pr. m³.

Pulkki og Aitolahti (1982) undersøkte også Mertsaknuseren i et middels stort morenetak der det ble knust 0-60 materiale. Det knuste materialet ble lastet di-

rekte på lastebil, og ble utjevnet på vegen med veghøvel. Knuserens produktivitet var 53 m³ pr. virketime og 47 m³ pr. arbeidsplassstid. Totale kostnader for knusing, transport og utjevning av materiale var 13 FIM pr. m³. Ved knusing til 0-30 mm var produktiviteten 21 m³ pr. virketime, og kostnadene 24 FIM pr. m³.

Mamkwe (1985) undersøkte to entreprenørbygde knuseverk. Det ene var bygd på en lastetraktor, og det andre på en lastebiltilhenger. Det første bestod av en kjeftknuser, mens det andre bestod av en kjeftknuser og en konknuser. Ingen av knuseverkene (Pulkki & Aittolahti 1982 og Mamkwe 1985) hadde sikt for utskilling av finmateriale før knusingen. Produktiviteten hos lastetraktorknuseren var 37 m³ pr. virketime og 23 m³ pr. arbeidsplassstid ved produksjon av 0-55 mm materiale. Produktiviteten var like stor som hos Mertsas knuseren. For biltilhengerknuseren var produktiviteten 38 m³ pr. virketime ved produksjon av 0-18 mm materiale, og 56 m³ pr. virketime ved produksjon av 0-55 mm materiale. Dette tilsvarte en produktivitet på henholdsvis 26 m³ og 43 m³ pr. arbeidsplassstid. Teoretiske kostnader for knusing var 11-14 FIM pr. m³ (0-55 mm materiale), og 17-21 FIM pr. m³ (0-18 mm).

5.4 Transportable knuseverk.

Transportable knuseverk kan lett flyttes fra sted til sted. Komponentene er som regel montert på bærerammer, enten med løse eller faste hjulganger. Til flytting-

Tabell 17 viser produksjonen i de 10 første månedene 1988:

Tabell 17. Produksjon for 2-trinns knuseverk.
Production for 2-step crusher.

Tidsrom (1988)	Råvarer <i>Raw materials</i>		Produksjon m ³ <i>Production</i> m ³	Produksjon m ³ pr. dag <i>Production</i> m ³ per day
	Morene <i>Moraine</i>	Fjell <i>Rock</i>		
01.01- 11.01	x		1568	323
11.01- 04.03	x		8134	239
04.03.- 23.06		x	18120	239
23.06- 07.07	x		3455	431
11.07- 10.08	x		5175	431
10.08- 16.09		x	9017	375
16.09- 25.10		x	10748	429
25.10- 07.11		x	5500	305

gen trengs normalt bare grusbil utstyrt med tilhengerfeste.

I Norge ble det i 1988 tatt i bruk et spesialbygd transportabelt knuseverk for produksjon av steinmaterialer til vedlikehold og opprusting av skogsbilveger.

Knuseverket består av en grovknusevogn, en finknusevogn og et transportbandvogn. Normalt går det mindre enn en dag å flytte verket fra en knuseplass til en ny knuseplass. Knuseverket kan flyttes på veger med tillatt aksellast 8 tonn.

Gjennomsnittsproduksjon pr. dag var i perioden 342 m³ med 0-30 materiale.

Med basis i erfaringstall er det satt opp følgende sammenligning mellom grus fra morene og grus fra utsprengt fjell (Tabell 18).

Tabell 18. Kostnader for knust grus fra morenemasse og sprengst
Costs of crushed grave from moraines and rock.

Kostnad <i>Cost</i>	NOK pr. m ³ (1989) <i>NOK per m³ (1989)</i>	
	Morene <i>Moraine</i>	Sprengstein <i>Rock</i>
Råmateriale <i>Raw materials</i>	15	3
Plasskostnader <i>Site costs</i>	2	2
Sprengning <i>Blasting</i>	0	20
Pigging <i>Hammering</i>	0	5
Knusing <i>Crushing</i>	30	35
Sum <i>Sum</i>	47	65

Når det gjelder styrkeegenskaper og varighet, viser erfaringer at en m³ med grus pr. m veg fra morene tilsvarer 0,6 m³ pr. m veg med grus produsert fra sprengstein.

Forutsett lik kostnad for transport og utlegging, vil sprengsteingrusen koste 8 NOK pr. m veg mindre enn morenegrusen, henholdsvis 39 og 47 NOK pr. m.

5.5 Diskusjon.

Etter hvert blir det vanskelig å få tak i god naturgrus til vedlikehold av skogsbilvegene. Flere steder er det også vanskelig å få tak i gode morenemasser som er velegnet til knusing.

Knusing av sprengstein er derfor en aktuell metode for produksjon av grusmaterialer til skogsbilveger.

Finkorninnholdet, basert på 0-20 fraksjonen = 100, i knust grus av fjell, bør ligge på ca. 20% for 0-35 grus. For 0-20 grus bør finkorninnholdet ligge på ca.

15%. Det er viktig å variere finkorninnholdet i forhold til den fraksjonen som produseres. Et finkorninnhold på 20% i en 0-20 grus vil føre til en glatt vegbane når denne er våt. Et finkorninnhold på 20% i en 0-50 grus ser ut til å være for lite til at grusen skal binde seg godt på vegen. Her vil det være nødvendig med et finkorninnhold på 25% for at grusen skal bli stabil på vegen.

6.0 Metoder for vegvedlikehold

6.1 Vedlikehold av fingrusrike slitelag

Med fingrusrike slitelag menes slitelag som består av kornfraksjonen 0-20 mm. Det ble gjort forsøk med høvling med planeringsskjær montert på jordbrukstraktor. Resultatet ble mindre bra på grunn av for liten avstand mellom traktorens bakhjul og planeringsskjæret. For å få til en jevn høvling må den omtalte avstand være 2,5-3,0 m.

Det ble også gjort høvlingsforsøk med en 3-skjærs planskrape som ble trukket av jordbrukstraktor (Fig. 14).

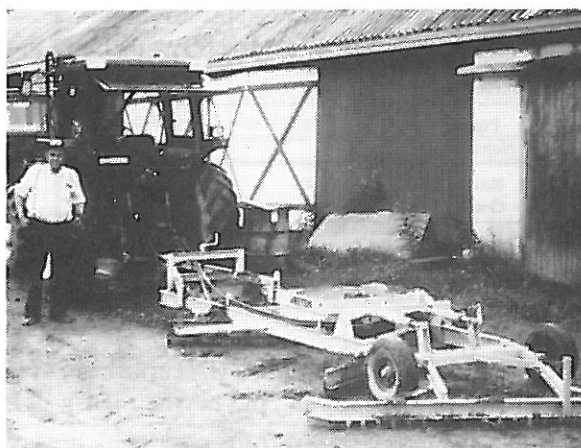


Fig. 14. Planskrape trukket av jordbrukstraktor (Foto: H. Western)
Light grader pulled by agricultural tractor

Planskraperen vil ved sin lengde jevne ut vegbanen mer effektivt enn et planeringsskjær. Tabell 19 viser at tidsforbruket ved bruk av planskraper er lavere enn ved bruk av planeringsskjær, og høvlingsresultatet blir bedre.

Tabell 19. Tidsforbruk ved lett høvling
Time consumption for light grading

Utstyr <i>Equipment</i>	Tidsforbruk, min pr. km <i>Time consumption, min per km</i>
Duun planeringsskjær <i>Duun grading blade</i>	90
Dalen planeringsskjær <i>Dalen grading blade</i>	60
Kverneland planeringsskjær <i>Kverneland grading blade</i>	67
Vretens planeringsskjær <i>Vretens light grader</i>	20

Et finsk firma produserer planeringsskjær som på en enkel måte kan monteres under rammen på en traktortilhenger (Fig. 15). Tilhengeren lastes med grus for å gi tyngde på skjæret. Dette er et interessant konsept som bør utvikles videre.

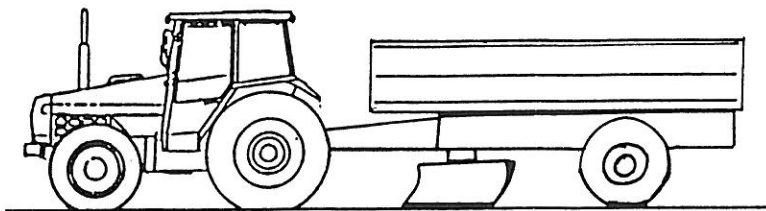


Fig. 15. Planeringsskjær montert under traktortilhenger
Grading blade mounted under tractortrailer

Slik montering gir større avstand mellom traktorhjul og skjær enn ved tradisjonell montering av planeringsskjær. Dermed oppnår man en jevnere vegoverflate etter høvling.

I Finland lages det et dobbelt planeringsskjær som er utstyrt med vibrator (Fig. 16).

Skjæret veier 1000 kg og festes i traktorens trepunktsfeste. Stillingen på skjæret reguleres fra traktorens førerplass.

En oppnår god behandlingseffekt ved å rive opp vegens overflate med det fremre bladet, mens det bakre bladet jevner ut og pakker materialet.

Forsøk viste at bladet bare hadde stor nok pakkingskraft til å trykke ned steiner med størrelse inntil 25 mm.

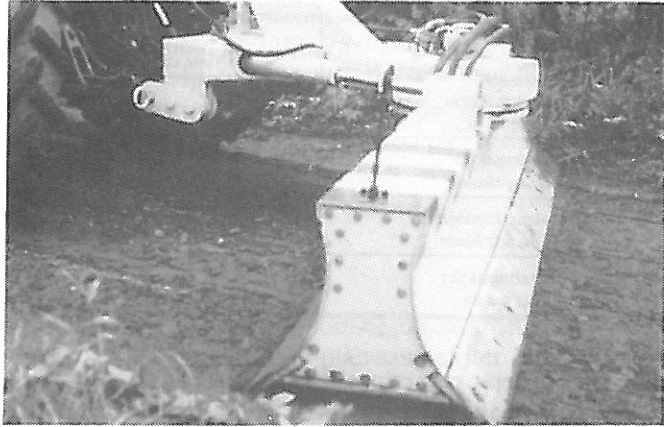


Fig. 16. Finsk dobbelt planerings skjær med vibrator (Foto: H. Western)
Finnish double grading blade with vibrator

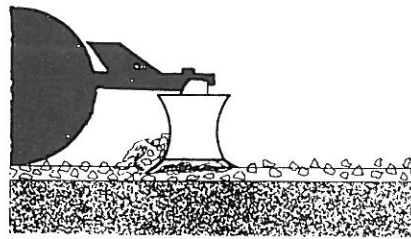


Fig. 17. Planering og pakking
Grading and compacting

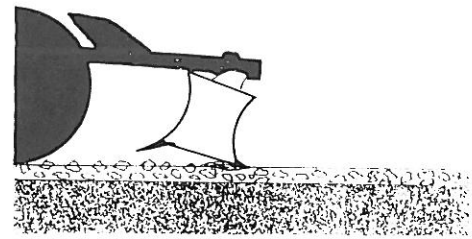


Fig. 18. Skjæret brukes bare til pakking
Only compacting

Ved bruk av skjæret til planering og pakking var middelhastigheten 1,6 km pr. virketime og det gikk med 84 min pr. km. Ved bruk av planskrape var middelhastigheten 4,5 km pr. virketime og det gikk med 31 min pr. km veg. Kostnaden for skjær og planskrape ble anslått til 210 og 80 FIM pr. time (1987). Bruk av dobbeltskjæret førte til færre løse småsteiner i vegens overflate sett i forhold til planskrape. Planskraperen ser derimot ut til å være mer effektiv til fjerning av inntil 3 cm dype slag hull i vegbanen.

Til fjerning av dypere slag hull er det nødvendig med en 12-14 tonns veghøvel.

6.2 Vedlikehold av grove slitelag

Grove slitelag (0-100 mm) krever en annen form for vedlikehold enn fingerrike slitelag (0-20 mm) som bør høvles 1-2 ganger pr. år. Grove slitelag skal ikke høvles før det har blitt så mye løst materiale at vegen er ubehagelig å kjøre på. På ve-

ger med minimal trafikk kan det gå flere år mellom hver gang dette oppstår. Da skal en høvle med en 16 tonn veghøvel. Etter høvling av et grovt slitelag bør vegen komprimeres med en middels tung vibratorvals (5-8 tonn).

Til komprimering av grove slitelag er det i Sverige gjort forsøk med vibrerende slepevals utstyrt med ringer (Fig. 19). Ringenes oppgave er å trykke stein (60-100 mm) ned i slitelaget slik at det øverste laget bare består av mindre grovt materiale.

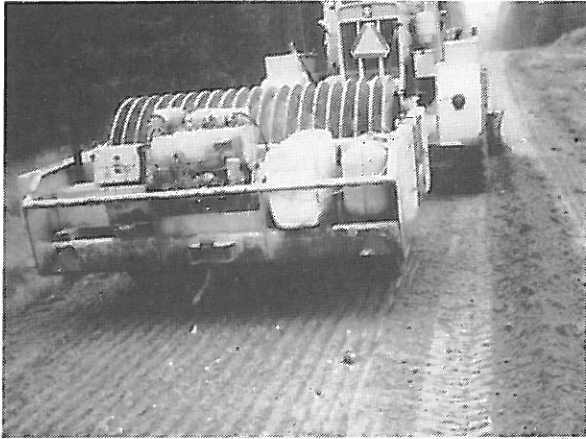


Fig. 19. Slepevals utstyrt med ringer (Foto: R. Skaar)
Towed compactor equipped with rings

6.3 Bitumenmaterialer

Bitumen er et termoplastisk materiale som fremkommer som restprodukt ved destillasjon av jordolje. Termoplastisk vil si at materialet blir hardere når temperaturen synker og mykere når temperaturen stiger. Asfaltbetong-dekker er den slitelagstypen som brukes mest på det offentlige vegnettet. Dette dekket inneholder 5-6% bitumen. Bruk av bitumenmaterialer på skogsbilveger vil kunne gi følgende fordeler:

- * mindre vannerosjon
- * mindre med slag hull og vaskebrett
- * mindre erosjon på grunn av trafikken

Vannerosjon er et problem på skogsbilveger som er brattere enn 6-8%. Kombinasjonen mye regn, bratte vegstrekninger, sporet og løst slitelag gir ofte betydelige erosjonskader. Trafikken forårsaker også betydelige erosjonsskader på skogsbilveger i form av finkornflukt (støving), samt utkast av grus og sandpartikler fra vegens overflate.

I Norge er det lagt ut flere forsøk med bitumenbehandling. Forsøkene som ble anlagt i 1983-86 og en enkel revisjon av alle forsøk utlagt siden 1978, inngår i prosjektet.

Oljegrus - enkelt lag.

Oljegrus består av grusmaterialer og bitumenløsning som blandes sammen i kald tilstand. Bitumenløsningen er en blanding av bitumen og lettere oljer. Det brukes maskinknuste grusmaterialer (0-16 mm) med et maksimalt fillerinnhold (mindre enn 0,075 mm) på 5%. Det blandes inn 3-4 vektprosent bitumenløsning og blandingen skjer i stasjonære eller halvstasjonære blandeverk. Siden grusmaterialene normalt ikke tørkes før blanding, kan ferdig oljegrus inneholde inntil 5% vann. Etter at dekket er lagt ut vil vannet og noe av løsningsmiddelet fordampe slik at det blir igjen ca. 3 vektprosent bitumen i det ferdige vegdekket.

Oljegrusen transporteres fra blandeverk med lastebil og legges ut med utleggermaskin og komprimeres. Et 90 kg dekke (5 cm komprimert tykkelse) vil på en middels trafikkert skogsbilveg (20-40 kjørtøypasseringer pr. døgn i barvegsperioden) ha en antatt brukstid på 15 år. Dekket tåler piggekjettinger, men bruk av kjetting bør unngås i varme sommerperioder.

Ved en transportkostnad fra blandeverket på 20 km vil et 90 kg oljegrusdekke koste ca. kr. 35,- pr. m² (1987) ferdig utlagt. Alle kostnader er uten moms. Oljegrus kan legges på veger med liten, middels og stor biltrafikk.

Emulsjonsgrus - enkelt lag.

Emulsjonsgrus består av grusmaterialer og bitumenemulsjon som blandes sammen i kald tilstand. Bitumenemulsjon er bitumen emulgert i vann, f.eks. i forholdet 70/30.. Denne blandes inn i grusen i en mengde på ca. 4-5 vektprosent. Vannet fordampes slik at det blir igjen ca. 3 vektprosent bitumen i det ferdige vegdekket, d.v.s. det samme som i oljegrus.

Emulsjonsgrus stiller mindre krav til grusmaterialet enn oljegrus. Produksjonen kan skje ved at grusmaterialet legges på et transportband og idet grusen faller fra brandet påsprøytes den bitumenemulsjon (Fig. 20).

Ferdig utlagt vil et 90 kg dekke (5-6 cm) med emulsjonsgrus koste følgende (1987):

Rågrus	8,- NOK pr. tonn
Harping/sikting	10,- NOK pr. tonn
Produksjon	150,- NOK pr. tonn
Transport, 10 km	24,- NOK pr. tonn
Utlegging	8,- NOK pr. tonn
Sum	200,- NOK pr. tonn

Dette gir en kostnad på ca. kr. 18,- pr. m² ferdig dekke og dekkets antatte brukstid er 15 år. Emulsjonsgrus kan legges på veger med liten, middels eller stor biltrafikk.



Fig. 20. Produksjon av emulsjonsgrus (Foto: R. Skaar)
Production of emulsion gravel

Ottadekke - enkelt lag (OE).

Etter at vegen er høvlet og valset, eventuelt tilført maskingrus for å rette opp ujevnheter, sprøytes det på 2 kg 70% bitumenemulsjon pr. m². Deretter strøs det på 20 kg finpukk eller spesialgradert maskingrus (0-24 mm) pr. m². Ved valsing blir bindemiddel og maskingrus presset sammen til et 2 cm tykt dekke. Dette blir et skjørt dekke som det ikke bør kjøres på med kjetting i sommerperioden.

Et ferdig utlagt enkelt lags Ottadekke vil koste NOK. kr. 12,- pr. m² forutsatt 20 km transport på maskingrusen og inntil 200 km transport på emulsjonen. I tillegg kommer kostnaden til oppretting av vegbanen før dekket legges på. Disse kostnadene kan beløpe seg til NOK 3,- pr. m², slik at det ferdige dekket vil koste NOK 15,- pr. m² (1987).

Avstrøingen må skje nedover bakke. I praksis betyr dette at de steinmaterialer som skal brukes til avstrøing må transporteres inn til enden av veien før bindemiddelet sprøytes på.

Et enkelt lags Ottadekke antas å ha en brukstid på 6 år og dekket bør kun brukes på veger med liten biltrafikk. Ottadekke må bare legges på veger med meget god bæreevne.

Ottadekke - dobbelt lag (OD).

Dette dekket lages ved at det sprøytes på et nytt lag bindemiddel og avstrøs med et nytt lag steinmaterialer ovenpå et enkelt Ottadekke. Et dobbelt Ottadekke vil koste NOK 25,- pr. m² inkludert nødvendige forarbeider. Et slikt dekke antas å ha en brukstid på 10 år. Dobbelt Ottadekke kan brukes på veger med middels biltrafikk.

Overflatestabilisering.

Ved overflatestabilisering sprøytes bitumenemulsjon på veggen og freses ned i grusslitelaget samtidig med påsprøytingen. Det brukes 4 kg med 60% bitumenløsning og det freses ned til en dybde på 5-7 cm. Fresingen skjer ved hjelp av spesialfres (Fig. 21).



Fig. 21. Overflatestabilisering med spesialfres (Foto: R. Skaar)
Stabilisation of surface with rotavator

Forutsatt overflatestabilisering av det grusslitelaget som ligger på veggen, etter at dette er høvlet, vil behandlingen koste NOK 25,- pr. m². Det bør ikke forekomme større steiner enn 8 cm i grusslitelaget som skal stabiliseres.

En overflatestabilisering antas å ha en brukstid på 10 år og kan brukes på vegger med liten og middels trafikk.

Overflateimpregnering med bitumenløsning (L).

Ved impregnering sprøytes bitumenløsning på nygruset veg. Veggen må stenges for trafikk et par dager slik at bindemiddelet får tid til å trekke 3 cm ned i veggrusen.

Det brukes 40% bitumenløsning som sprøytes på i en mengde på 2 kg pr. m². For å hindre at løsningen renner langs sprøytebilens hjulspor bør det henges en enkel piggsådd bak bakhjulene på sprøytebilens.

Behandlingen koster NOK 8,- pr. m² forutsatt inntil 200 km transport på bindemidlet. Kostnaden for nødvendige forhåndsarbeider (grusing og høvling) kommer i tillegg.

Overflateimpregnering med bitumenløsning antas å ha en brukstid på 8 år, og metoden bør bare brukes på vegger med liten trafikk.

Tabell 20. Anslåtte kostnader pr. år ved bruk av bitumenmaterialer på skogsbilveger (1987)
Estimated costs per year when using bitumized materials on forest truck roads (1987)

Behandling <i>Treatment</i>	Liten trafikk - 10 SDT <i>Little traffic - 10 SDT</i> (0-10 kjøretøyer pr. døgn) (0-10 vehicle passes per day)			Middels trafikk - 30 SDT <i>Average traffic - 30 SDT</i> (10-30 kjøretøyer pr. døgn) (10-30 vehicle passes per day)		
	Anlegg <i>First cost</i> NOK pr. m <i>NOK per m</i> (3m bredde) (3m width)	Brukstid <i>Depreciation</i> År <i>Year</i>	NOK pr m vei pr år <i>NOK per m</i> <i>road per</i> <i>year</i>	Anlegg <i>First cost</i> NOK pr. m <i>NOK per m</i> (3m bredde) (3m width)	Brukstid <i>Depreciation</i> År <i>Year</i>	NOK pr m vei pr år <i>NOK</i> <i>per m</i> <i>road per</i> <i>year</i>
Oljegrus <i>Oil gravel</i>	100	18	5,60	100	15	6,70
Emulsjonsgrus <i>Emulsion gravel</i>	55	18	3,10	55	15	3,70
Ottadekke-OE <i>Otta single layer</i>	45	8	5,60	Anbefales ikke <i>Not recommended</i>		
Ottadekke-OD <i>Otta double layer</i>	75	12	6,30	75	10	7,50
Stabilisering <i>Stabilization</i>	75*	12	6,30	75	10	7,50
Impregnering - L <i>Impregnation</i>	25*	8	3,20	Anbefales ikke <i>Not recommended</i>		
Impregnering - E <i>Impregnation - E</i>	17*	7	2,50	Anbefales ikke <i>Not recommended</i>		

* Eventuell grusing kommer i tillegg
Gravel cost not included

* Eventuell grusing kommer i tillegg
Gravel cost not included

Overflateimpregnering med bitumenemulsjon (E).

Overflateimpregnering med bitumenemulsjon vil koste 30% mindre enn impregnering med bitumenløsning.

Problemet med emulsjonen er at det er vanskelig å få den til å trenge ned i grusslitelaget. Det arbeides i Norge med å få til en emulsjonstype som trenger bedre ned i veggrusen.

Ved de forsøk som er utlagt med emulsjon har nedtrengningen variert fra 1-2 cm, men målet er å få til en nedtrengning på 3 cm.

Det er gjort forsøk med å høvle en veg som er overflateimpregnert. Sjøl om bitumenet fortsatt er i grusslitelaget er det tynnet så mye ut etter høvlingen at det neppe har noen erosjonsforebyggende effekt.

Tabell 20 viser antatte kostnader ved bruk av bitumenmaterialer på skogsbilveger (1987).

6.4 Overflaterenner

Det er aktuelt å legge overflaterenner på bratte stigninger på skogsveger. En overflaterenne vil avskjære regn og smeltevann som renner i vegen, og føre dette ut i vegens sidegrøfter. I Norge er det gjort forsøk med 3 ulike typer (Tabell 21).

Tabell 21. Overflaterenner som prøves i Norge
Open tops culverts under study in Norway

Type <i>Type</i>	Lengde, m <i>Length, m</i>	Bredde, cm <i>Width, cm</i>	Dybde, cm <i>Depth, cm</i>	Vekt, kg <i>Weigth, kg</i>	Pris på fabrikk NOK (1987)
1	5,7	14,0	7,5	85	350
2	5,5	8,0	9,5	60	600
3	5,5	9,5	10,0	125	900

Type 1 er norsk, og er identisk med de vegrekkverk som brukes langs offentlige vegger. Type 2 og 3 produseres i Østerrike.



Fig. 22. Nylagt overflaterenne (Foto: R. Skaar)
Newly installed open top culvert

En overflaterenne bør ligge 30° på en horisontal tenkt linje tvers over vegen. Dette for å få god hastighet på vannet. Likevel har rennene lett for å fylles med grus og laubblader. Det er derfor nødvendig å rense rennene med visse mellomrom.

Erfaringer tilsier at ved 12% stigning bør avstanden mellom renner være 30 m. Når stigningen øker til 14% reduseres avstanden til 20 m.

6.5 Diskusjon

Til vedlikehold av fingrusrike slitelag kan det anvendes relativt lett utstyr f.eks. planskraper trukket av jordbrukstraktor. Bruk av tyngre utstyr (14 tonn veghøvel) er å foretrekke til tidlig vårhøvling som gjøres så snart vegens overbygning har tørket opp etter vinterperioden. Ved slik høvling fjernes iskanten som hindrer smeltevannet i å renne ut i vegens sidegrøfter.

Til vedlikehold av grove slitelag er det nødvendig å høvle med tyngre utstyr. For kornstørrelser opp til 35 mm er det ikke nødvendig å valse etter høvlingen, men det vil alltid være en fordel å valse etter enhver høvling.

På veger med liten trafikk er det aktuelt å bruke steinrike slitelag med steinstørrelser opp til 70 mm. Slike veger trenger normalt å høvles bare hvert 3. år og det er da nødvendig å kjøre vibratorvals etter høvlingen.

Bruk av ringvals synes å ha visse fordeler etter høvling på grove slitelag.

Overflatebehandling av skogsbilveger med bitumenmaterialer er mindre aktuelt på grunn av høge anleggskostnader og relativt kort varighet. Mer innblanding av 2% bitumen i en maskingrus med for lavt finkorninnhold (mindre enn 5%) kan være aktuelt.

Overflaterenner skaper problemer når vegen skal høvles. Et annet problem er at rennene må renskes manuelt relativt ofte.

7.0 Metoder for vegopprusting

7.1 Videreutvikling av HH-metoden.

HH-metoden er utviklet i Sverige for opprusting av skogsbilveger som ligger i lett terreng med rikelige mengder med løsmasser. Videreutvikling av metoden inngår i dette prosjektet. HH står for (H)øvel og (H)jullaster.

For å gjøre opptaking/flytting av stubber og stein/blokker mer effektiv ble det laget en grovbrytningsskuff med 5 i stedet for 4 tenner. Ved å gjøre den midtre tannen lenger enn de 2 tennene på hver side, ble skuffen mer effektiv.

Mulighetene for å tilte sorteringskuffen til begge sider er et annet tiltak som ble undersøkt. Med en tiltbar sorteringskuff vil det være lettere å følge vegens overflate (kuv). En tiltbar sorteringskuff ble laget og prøvedriften viste at en slik skuff gjør HH-metoden mer effektiv.

7.2 Opprusting med jordbrukstraktor.

Mange skogsbilveger eies i fellesskap av skogeiere som også driver jordbruk. Et forsøk med bruk av jordbrukstraktor med tilleggsutstyr til lett vegopprustning ble foretatt på en 7 km lang skogsbilveg. Skogsbilvegen lå i lett terreng med brukbare mengder med løsmasser.

Til opprusting av veggrofter ble det brukt en middels stor jordbrukstraktor (50 KW) med 4-hjulsdrift og utstyrt med planeringsskjær (Fig. 23). Det ble gjort forsøk med 3 typer av skjær og Tabell 22 viser tidsforbruket som ble registrert.

På mange gårdsbruk finnes det en steinsvans. De fleste er bakmonterte, men enkelte er utstyrt med hurtigkobling for montering på traktorens frontmonterte lasteapparat. For å få fjernet uønsket materiale fra strengen som ble resultatet etter opptaking av grøftene, ble steinsvansen kjørt gjennom strengen slik at jord og grus ble ristet ut. Resten ble tippet ut utenfor vegbanen (Fig. 24).

Tabell 22. Tidsforbruket ved kanthøvling.
Time consumption for road edge grading.

Utstyr <i>Equipment</i>	Tidsforbruk begge sider, min. <i>Time consumption both sides, min.</i>
Duun traktorskjær <i>Dunn grading blade</i>	110
Dalen traktorskjær <i>Dalen grading blade</i>	124
Kverneland traktorskjær <i>Kverneland grading blade</i>	80



Fig. 23. Kanthøvling, traktorskjær. (Foto: H. Western)
Rehabilitation of road edge with grading blade.



Fig. 24. Frontmontert steinsvans. (Foto: H. Western)
Front mounted stone fork.

Steinplukkere er redskaper som finnes på mange på gårdsbruk. I prosjektet inn-gikk Saga Road Master som ble trukket av en 4-hjuls drevet landbrukstraktor. Det er viktig at traktoren kan kjøre langsomt med 1000 omdreininger pr. min. på kraftuttaket. Strengen ble plukket opp av maskinen, og de grøveste partiklene ble samlet opp i ei kasse. Alle partikler mindre enn 30 mm ble soldet ut slik at de ble igjen på vegens kjørebane.

Tabell 23 viser tidsforbruket ved bruk av Saga Road Master som er meget effektiv ved sortering av tørre masser. Fuktig materiale og mye humus nedsetter produksjonen betraktelig.

Tabell 23. Tidsforbruket ved vegopprusting, min. pr. km
Time consumption for rehabilitation work, min. per km.

Utstyr <i>Equipment</i>	Avfall fra begge vegsider <i>Debris from both road edges</i>
Steinsvans <i>Stone fork</i>	240
Saga road Master, forsøk nr. 1 <i>Saga Road Master, trial nr. 1</i>	170
Saga Road Master, forsøk nr. 2 <i>Saga Road Master, trial nr. 2</i>	380



Fig. 25 og 26. Saga Road Master (Foto: H. Western)
Saga Road-Master

7.3 Diskusjon.

Behovet for opprusting av skogsbilvegene i Norden øker. HH-metoden og jordbrukstraktoren egner seg best til opprusting av veger som går i lett terreng. Etter hvert blir det også behov for å ruste opp skogsbilveger som går i mindre lett og vanskelig opprustingsterreng. Til slik opprusting er gravemaskiner av forskjellige typer og størrelser en aktuell maskintype. Opprusting av skogsbilveger får mer og mer karakter av nyanlegg etter hvert som terrenget blir vanskeligere.

8.0 Konklusjon

Samlet lengde av skogsbilveger i de nordiske land er 400.000 km som er 10 ganger avstanden rundt jorden. På disse vegene blir det årlig transportert 120-140 mill. m³ med skogsvirke. Skogsbilvegene blir i betydelig grad også brukt til transport av personell, maskiner etc. både i forbindelse med virkesproduksjon og annen bruk av skogsarealene.

Vedlikehold og opprusting av skogsbilvegene krever betydelige ressurser i form av arbeidskraft, maskiner og steinmaterialer mm. Den generelle tilstanden til skogsbilvegene forteller at de ressurser som brukes til årlig vedlikehold og opprusting er for små, eller at de ressurser som settes inn kan brukes mer effektivt.

Prosjektet som danner grunnlaget for denne rapporten tok for seg utvikling av metoder og utstyr for vedlikehold og opprusting av skogsbilveger.

Bruk av grove slitelag og grove kombinerte slite-/bærelag på skogsbilveger synes å være et område der mer forskning er nødvendig før metoden kan anbefales til det praktiske skogbruket. Det er også behov for forskning på opprusting av veger under vanskeligere terrengforhold enn der HH-metoden kan brukes med godt resultat.

Methods and equipment for maintenance and rehabilitation of forest truck roads

Forest truck roads are necessary in order to carry out proper management of a forest area. In the Nordic countries there is now 400.000 km with forest truck roads.

Based on a pilot study it was obvious that the conditions of the forest truck roads were not satisfactory from a road maintenance and vehicle transportation point of view. Unsatisfactory standards of bearing capacity, surface course, base course, geometric alignment were observed as major problem areas.

Most of these problem areas might be solved by use of better methods and equipment for maintenance and rehabilitation of forest truck roads.

Different methods and equipment for measuring the bearing capacity were tested. Use of the falling mass deflectometer (fig. 5) with a falling mass of 14 kg and a drop height of 1 m seems to be an effective method for measuring the bearing strength of forest truck roads.

A simple method for analyzing gravel deposits out in the field is developed. This method makes it more relevant to put more emphasis on the quality and composition of the gravel material used for surface and combined surface/base course layers.

Mixing on the road of two moraine materials which each has less satisfactory specification band is tried. The mixed material achieved an almost satisfactory specification band. The cost for transport, mixing and levelling on the road amounted to 20 SEK per m³ mixed material.

Mixing of two moraine materials in the pit has also been tried. The cost of the mixing operation was 6,20 SEK per m³ mixed material.

Research on surface and combined surface/base course layers with stone sizes until 100 mm showed interesting results. Use of such coarse materials give cheaper material and maintenance cost for the road. However, coarse materials might give increased cost for placing and levelling of the materials on the road. Coarse materials with maximum stone size of 70 mm seems to give good overall results on forest truck roads with small and average traffic, that is 0-30 vehicle passes per day.

Production of crushed stone materials to be used on forest truck roads has been investigated. Crushing of moraine to 0-60 mm material by use of a mobile crusher showed a production of 53 m³ of crushed material per effective hour. The cost was calculated to 13FIM per m³ crushed material. When crushing to 0-30 mm the production was reduced to 21 m³ and the cost increased to 24 FIM.

Maintenance of fine gravelrich (0-20 mm) surface courses with farm tractor equipment is investigated. This equipment is effective when the task is to remove holes and ruts on the road surface which are not deeper than 3 cm. If the task is to remove deeper holes and ruts a 12-14 ton grader is more efficient.

Maintenance of coarse (0-70 mm) surface courses requires a 14-16 ton grader. After the grading the road surface should be compacted with a 5 ton vibrating compactor. Compacting with a vibrating compactor equipped with rings (fig. 19) gave good results on coarse gravel materials.

Use of bitumenous materials on forest truck roads has been investigated. On forest truck roads with little traffic spraying of a bitumenous emulsion gave almost maintenancefree road surfaces for until 7 years. On roads with average and greater traffic use of oil gravel can be economically justified especially on the steeper gradients.

Trials with open top culverts indicate that these are efficient on 10-16% gradients but only on roads with so minor traffic that grading is very seldom carried out.

Rehabilitation for forest truck roads with grader and wheeled front-end loader (shovel) is investigated. This resulted in two improvements of the front-end mounted implements used by the shovel.

Forest truck road rehabilitation with farm tractor equipment has also been investigated in the project. This type of equipment is quite effective for light rehabilitation tasks.

Etterord

Nordisk Ministerråd bevilger via Samarbeidsnemnden for Nordisk Skogforskning (SNS) støtte til skogsteknisk FOU-samarbeid i Norden. Arbeidet samordnes av Nordiska Skogsarbetsstudiernas Råd (NSR).

Dette er sluttrapport fra prosjektet «Bedre metoder og utstyr for vedlikehold og opprusting av skogsbilveger» som ble gjennomført i tidsrommet 1984-1987. Formålet med sluttrapporten er å gi en samlet oversikt over det arbeid som er utført og de viktigste resultater som er oppnådd. De fleste av resultatene fra prosjektet er tidligere publisert av forskere som har arbeidet med delprosjekter i sine respektive land.

En betydelig del (25%) av sluttrapporten bygger på materiale som er levert av prosjektrådsmedlem Arto Rummukainen. De øvrige prosjektrådsmedlemmene har også levert underlagsmateriale til sluttrapporten.

Vi vil få fremført en stor takk til Nordisk Ministerråd og til NSR's styre for den bevilgning som gjorde det mulig å gjennomføre prosjektet. En spesiell takk til NSR's styre for den tålmodighet og forståelse som ble vist i forbindelse med forsinkelsen av sluttrapporten.

Vi vil også få rette en takk til prosjektrådets medlemmer for den interesse og innsats som ble vist under planlegging og gjennomføring av prosjektet.

Norsk institutt for Skogforskning (NISK)
Tore Vik
Forskningsjef, seksjon driftsteknikk

Norges landbrukskøleskole (NLH)
Reidar Skaar
Prosjektordfører

Litteratur

- Alexandersson, H. 1984: Nybyggnad, upprustning och underhåll av skogsbilvegar. Skogsarbeten. 17 pp.
- Gårdh, R. 1986: Grusning av skogsbilvegar. Skogsarbeten. Resultat nr. 9. 4 pp.
- Lindström, I & Scholander, J. 1988: Grusanalyse i felt, Skogstyrelsen, Jönköping. 23 pp.
- Löfroth, C. 1987: Grovt slitelag på skogsbilvegar. Skogsarbeten, Resultat nr. 8. 4 pp.
- Mamkwe, P. 1985: Studies of stone crushers. Skogforskningsinstitutet, Helsingfors. 60 pp.
- Petre, E., 1985: Bättre skogsbilvegar. Skogsarbeten. Resultat nr. 15. 4 pp.
- Pulkki, R.E. 1982: The development of an economical method for measuring the bearing capacity of forest roads. University of Helsinki, Department of logging and utilization of forest products, Research Note no. 42.
- Pulkki, R.E. & Aitolahti, M. 1982: A mobile crusher for forest road construction. Finnish forest research institute Communication no. 107.
- Rummukainen, A. & Renta, M. 1893: Skogsvegars skick och deras underhåll i Finland. Helsingfors Universitet. 9 pp.
- Rummukainen, A. & Renta, M. 1987: Vibrerende traktorbakblader och sladder på morenevegen. Rapport. Helsingfors Universitetet, upublisert, 3 pp.
- Skaar, R., 1984: Utvikling av teknikk og metoder for vedlikehold av skogsbilveger. Rapport fra forprosjekt. Norsk institutt for Skogforskning, upublisert, 52 pp.
- Skaar, R., 1987: Bruk av bitumenmaterialer på skogsbilvegen. Rapp. Nor. inst. skogforsk 2/87, 165-170.