



Forord

Dette arbeidet markerer slutten på min tilværelse som student ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). Oppgaven er skrevet ved Institutt for naturforvaltning (INA).

Klimaendringer kan i framtiden føre til et villere og våtere klima, som igjen kan resultere i økt belastning på skogsbilveier, da særlig broer, stikkrenner og kulverter. Skogsbilveiene er skogbrukets blodårer, og jeg mener det er nødvendig å rette økt fokus mot disse. Denne oppgaven tar i hovedsak for seg hvordan man kan georeferere skogsbilveibroer og kulverter.

I mai 2013 tok jeg kontakt med Jan Bjerketvedt, som jobber ved INA og Skog og landskap, grunnet min interesse for driftsteknikk, og særlig skogsbilveier. I løpet av noen uker kom vi fram til ulike aktuelle problemstillinger, og oppgaven er et resultat av dette.

Jeg vil spesielt takke min veileder, førsteamanuensis Jan Bjerketvedt for hjelpen med oppgaven. I forbindelse med hjelp til innsamling av data til oppgaven vil jeg takke:

- Statens kartverk i Oslo, for laserdata til undersøkelsen i Østfold.
- Fylkesmannen i Oppland, for data fra veiregistreringene i Oppland og Akershus.
- Oslo kommuneskoger og de to skogeierne i Enebakk kommune for kjøretillatelse på eiendommene.

Jeg vil også rette en takk til Ingrid Isberg for hjelp og støtte under feltarbeid og skriveprosess. Sangkoret Lærken og Tenorens fagforening har med sine aktiviteter vært med på å gjøre studenttilværelsen ved NMBU uforglemmelig. Til slutt vil jeg rette en takk til det gode faglige hjemmet på Sørhellinga, der man alltid er velkommen.

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Ås, 10 juli 2014

Ole Stabekk

Sammendrag

Det er viktig at kulverter og skogsbilveibroer holder god standard for at veiene skal fungere optimalt. Tette kulverter er som tette blodårer, de fungerer ikke. Klimaendringer fører med seg mer intens nedbør (Solomon, et al., 2007). Dette setter broer og kulverter på prøve. Denne masteroppgaven ser på behovet for, og ulike fremgangsmetoder som er egnet ved, georeferering av broer og kulverter på skogsbilvei. Ved ombygging, opprusting og kontroll av skogsbilveier vil det være nyttig å vite hvor broene og kulvertene finnes. I denne oppgaven vurderes ulike datakilder for georeferering av broer i laserdata mot kartdata, og georeferering av feltregistrerte broer mot FKB-data. Det er utført feltarbeid der georeferering av broer og kulverter er prøvd ut ved hjelp av GIS-analyse. I tillegg er det beregnet hva som er kritisk kulvertstørrelse for tømmerbiler hvis en kulvert skulle kollapse. Resultatene viser at all laserdata for broer også er registrert i FKB-data. Av broene som er feltregistrert og sjekket opp mot FKB-data mangler 34 % av broene i FKB-data. Det er ikke mulig å georeferere alle kulverter ved å studere punkter der vann/elv/bekk krysser vei i kartdata, da kun 37 % av kulvertene var mulig å finne i GIS-analysene utført i forkant av feltarbeidet. Av 70 undersøkte kulverter har 56 % skader, ved utilstrekkelig overdekning er 70 % skadet, men ved tilstrekkelig overdekning er det kun skader ved 29 %. Dette stemmer overens med resultatene i masteroppgaven til Juliussen (2006) og understreker nødvendigheten av tilstrekkelig overdekning. Resultatene fra beregningene av kritisk kulvertstørrelse viser at en kulvert med en diameter større enn 890 mm kan være kritisk for tømmerbiler dersom en kulvert skulle kollapse (*Tabell 12*). Parametere for kulverter som er aktuelle å legge inn i det nye veiregisteret til Statens landbruksforvaltning (SLF) er; diameter, lengde, årstall, materiale og overdekning. Ved nybygging, oppgradering og ombygging av skogsbilvei benyttes ofte planleggingsprogrammene Softtree og Gemini, men det er også veiplanleggere som ikke benytter slike dataløsninger. Kulverter og skogsbilveibroer kan georefereres i planleggingsprogrammene, som igjen kan knyttes opp mot SLFs veiregister. Georeferering av skogsbilveibroer kan gjennomføres ved å benytte eksisterende registreringer fra FKB, supplert med lokalkunnskap fra kjentfolk. Metode til georeferering av kulverter kan være GIS-analyse, feltarbeid eller bruk av 3D-georadar. En GIS-analyse kan være en god metode for kulverter med diameter over 1000 mm, men det trengs en større studie for å underbygge dette. Ved bruk av 3D-georadar til å georeferere broer og kulverter vil det være mulig å registrere kulverters diameter og overdekning.

Abstract

It is important that culverts and bridges on forest roads keep a good standard to maintain optimal function. Clogged culverts are like clogged arteries, they do not work. Climate change has led to more intense downpours, which puts bridges and culverts at risk. This master thesis looks upon the need for, and various procedures that are suitable for, georeferencing of bridges and culverts on forest roads. It will be very useful to know where these bridges and culverts are situated when it comes to upgrading, restoring and control of forest roads. Multiple different sources of data for georeferencing of bridges in laser data against geospatial data, and georeferencing of bridges registered in the field against data from The Common Database for Maps (FKB), have been assessed during the work with this thesis. Fieldwork, where georeferencing of bridges and culverts has been tested by using GIS-analysis, has been conducted. In addition, the critical culvert size when it comes to timber trucks, given that the culvert should collapse, has been calculated. The results show that all the laser data for bridges on forest roads are also registered in the FKB data. When controlling bridges that are registered in the field against the FKB data, it became clear that 34 % of the registered bridges could not be found in the FKB data. It is not possible to georeference all culverts by studying the points where water/river/stream are crossing the roads in the geospatial data, seeing as only 37 % of the culverts were possible to find in the GIS-analysis that was carried out prior to the fieldwork. 56 % out of all the 70 examined culverts were damaged. When it comes to the culverts with inadequate coverage, 70 % were damaged. However, only 29 % of the culverts with adequate coverage had injuries. This coincides with the results from Juliussens' (2006) master thesis, and shows how important it is with adequate coverage over the culverts. The results from the calculation of the critical culvert size, shows that a culvert with a diameter larger than 890 mm may damage timber trucks if it should collapse (*Table 12*). Parameters for culverts that could be useful to add to the new register for forest roads set up by The Norwegian Agricultural Authority (SLF) are; diameter, length, date, material and coverage. When it comes to building new, upgrading and reconstructing forest roads, the planning programs Softtree and Gemini are often used. However, there are road planners that do not use this kind of software. Culverts and bridges on forest roads can be georeferated in such planning programs, which in turn can be linked to the road register (SLF). Georeferencing of bridges on forest roads can in other words be implemented by using existing registrations from FKB, supplemented with local knowledge from people that know the area. Methods that can be suitable for the georeferencing of culverts are GIS-analysis, field work or use of 3D-georadar. A GIS-analysis can be a good method for culverts with a diameter larger than 1000 mm. However, further studies are needed to prove this. Also, when using a 3D-georadar to georeference bridges and culverts it will be possible to register both diameter, and coverage, of culverts.

Innhold

Forord	I
Sammendrag	II
Abstract	III
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Formål.....	4
2 Teori.....	5
2.1 Skogsbilveier, broer og kulverter	5
2.1.1 Skogsbilveier	5
2.1.2 Normaler for landbruksveier med byggebeskrivelser	7
2.1.3 Skogsbilveibroer.....	7
2.1.4 Kulverter.....	8
2.1.5 Tidligere registreringer av skogsbilvei, skogsbilveibroer og kulverter.....	10
2.2 Klimaendringer i Norge	11
2.2.1 Klimaendringer hittil	12
2.2.2 Klimautvikling 1980-2030	13
2.2.3 Klimaframskrivninger mot 2100	14
2.3 Teori knyttet til georeferering.....	15
2.3.1 Geovekst.....	15
2.3.2 Felles kartdatabase (FKB).....	16
2.3.3 Flybåren laserskanning.....	18
2.3.4 FKB-laser	19
2.3.5 3D-georadar.....	19
3 Materiale og metode	21
3.1 Kontroll av laserdata mot FKB-data i Østfold.....	21
3.2 Kontroll av broer og kulverter i Enebakk kommune	23
3.2.1 Beskrivelse av området	23
3.2.2 Fremgangsmetode	24
3.3 Gjennomgang av broer i Akershus og Oppland	25
3.3.1 Beskrivelse av fylker og kommuner.....	25
3.3.2 Fremgangsmetode	26
3.3.3 Standard på broene	29
3.4 Beregning av kritisk kulvertstørrelse for tømmerbiler	29

4	Resultat	32
4.1	Funn ved kontroll av laserdata mot FKB-data i Østfold	32
4.2	Funn ved kontroll av broer og kulverter i Enebakk kommune	32
4.2.1	Antall broer og kulverter	32
4.2.2	Skader	33
4.3	Broer fra veiregistreringsprosjekt i Akershus og Oppland	36
4.3.1	Samsvar mellom registrerte broer i rapporten og broer registrert i FKB-data ...	36
4.3.2	Broenes tilstand	37
4.4	Beregning av kritisk kulvertstørrelse for tømmerbiler	38
4.4.1	Beregning av radius til hjul på tømmerbiler	38
4.4.2	Utrekninger	39
5	Diskusjon	43
5.1	Laserdata sammenlignet mot FKB-data i Østfold	43
5.2	Broer og kulverter i Enebakk kommune	43
5.2.1	Funn i forkant og ved feltarbeid	43
5.2.2	Overdekning og skader	44
5.2.3	Feilkilder	45
5.3	Broer i Akershus og Oppland	46
5.3.1	Samsvar mellom registrerte broer i rapporten og broer registrert i FKB-data ...	46
5.3.2	Broenes tilstand	47
5.4	Kritisk kulvertstørrelse for tømmerbiler	48
5.4.1	Ulike vinkler og overdekninger	48
5.4.2	Unøyaktigheter ved beregningene	48
5.4.3	Usikkerhetsmomenter ved kollaps	49
5.5	Klima	50
5.5.1	Klimaendringers påvirkning på skogsbilveier	50
5.5.2	Usikkerhet knyttet til klimaframskrivninger	50
5.6	Georeferering av kulverter ved hjelp av 3D-georadar	51
6	Konklusjon	52
	Referanser	54

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

I Norge er det ca. 86 millioner dekar produktivt skogsareal med en årlig tilvekst på 25 millioner m³. I 2013 ble det på disse arealene avvirket til sammen 8,9 millioner m³ tømmer til industriformål. Dette gav en førstehåndsverdi til skogeierne på ca. 2,9 milliarder kroner.

I løpet av foredlingen av tømmeret i industrien mangedobles dette beløpet slik at bruttoproduksjonsverdien for skogbruksbaserte næringer i 2011 kom på over 42 milliarder kroner. Skogbruksnæringen sysselsetter totalt ca. 23 000 personer, noe som utgjør omtrent 1 % av Norges årsverkssysselsetting på fastlandet (Tomter & Dalen, 2014).

For å få tømmeret kostnadseffektivt ut av skogen og fram til kunden er det viktig at skogsbilveiene fungerer optimalt og er godt vedlikeholdt. Norge har i dag ca. 50 000 kilometer skogsbilvei. Ved hogst plikter skogeier å sette av 4 – 40 % av tømmerverdien til skogfond. I 2012 var den samlede beholdningen av skogfondsmidler 1,2 milliarder kroner. Investeringer gjort via skogfond har en skattefordel på 85 %. Den innestående beholdningen på skogfondskontoene viser mulighetene for å bygge nye, samt ruste opp og vedlikeholde eksisterende skogsbilveier. Av skogfondsmidlene som blir utbetalt går 30 % til skogsbilveier (Tomter & Dalen, 2014).

En dårlig drenert skogsbilvei vil høyst sannsynlig ikke fungere optimalt. Dersom veien ikke er godt nok drenert vil det ofte bli stående vann i grøftene, noe som kan føre til at veikroppen blir bløt og mister bæreevnen (Juliussen, 2006). For å forhindre dette benyttes det grøfter, kulverter og broer. Ifølge Jan Bjerketvedt¹ har skogsbilveier 3 fiender, det er vann, vann og vann. Kvaliteten på de norske skogsbilveiene er kritisk. Gjerstadberget og Sanness (2014) som omhandler skogsbilveier i Oppland konkluderer med at 91 % av skogsbilveiene ikke holder standard for landbruksbilvei (veiklasse 3). Denne veiklassen skal kunne trafikkeres med lass hele året med begrensninger i teleløsningsperioden og i perioder med spesielt mye nedbør (Johnsrud, 2013). Videre er 49 % av de registrerte veiene i Oppland i så dårlig forfatning at de har behov for en større opprusting, grunnet at de ikke er kjørbare (Lyshaug, et al., 2012).

¹ Førsteamanuensis Jan Bjerketvedt, forelesning i SKOG250, Ås 11.06.12

Ved opprusting av veinettet nedprioriteres ofte broene, noe som kan føre til skader på både materiell og personer (Løvenskiold, 2006). Hvis en vei er bygget med tilskudd er det «*et krav at veien blir vedlikeholdt til den standard som den opprinnelig ble bygd*» (Fylkesmannen i Oslo og Akershus, 2014, p. 1).

«Mange vannrelaterte hendelser, spesielt i 2010 og 2011, har ført til omfattende skader på infrastrukturen på grunn av flom og vann på avveie som ikke har vært fanget opp tilfredsstillende av drencsystemene» (Wahl, et al., 2012, p. 20)

Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap (DSB) mener at skogsbilveier utgjør en risiko med tanke på flom og jordskred. Manglende drenering eller tette stikkrenner har flere ganger resultert i nettopp dette. I rapporten som DSB la fram etter flommen i 2013 presiserer kommunene som er med at det er nødvendig med kartlegging av mindre bekker, grøfter, stikkrenner og kulverter som potensielt kan forårsake oversvømmelser og vannrelaterte skred (Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap, 2013). Derfor er DSB er kritisk til økningen av støtten til bygging av skogsbilvei som er gitt i statsbudsjettet for 2014 (Wernersen, 2014).

Arne Bardalen, direktør ved Norsk institutt for skog og landskap, mener på sin side at tilskudd til bygging av nye, og opprusting av eldre, skogsbilveier bidrar til bedre klimatilpasning av skogsbilveier. Ved bygging av nye, og vedlikehold av eksisterende, skogsbilveier blir det benyttet veinormaler. Disse er blant annet basert på kunnskap om effekter av klimaendringer (Bardalen, 2014).

Økende andel av skogsbilveier eldre enn 25 år, samt et villere og våtere klima i framtiden, er en utfordring for skognæringa. Broer, kulverter og stikkrenner er kritiske punkter på skogsbilveiene, som kan utgjøre en fare for både maskiner og i verste fall personer. Per i dag (2014) finnes det ikke noe nasjonalt register over hvor skogsbilveibroer finnes i Norge. Skogsbilveier som er bygget med tilskudd er registrert i Veiarkivet hos Fylkesmannen og skogbrukssjefen med veinavn og veinummer. Det er angitt en kartreferanse for hvor veien starter. I «Søknad om tilskudd til vegbygging» angis antall planlagte broer på veien (Statens landbruksforvaltning, 2014). På skogsbilveier bygget med tilskudd kjenner vi derfor antallet broer, men ikke hvor disse befinner seg. I Oppland og Akershus ble skogsbilveier registrert i 2012 og 2013. Parametere som ble registrert var blant annet avkjørsel, snuplass, bredde, slitelag, veiskulder, bæreevne, kanter, grøfter, stikkrenner, flaskehals, stigning og tendenser. Det ble også registrert veiklasse, lengde og veibom (Gjerstadberget & Sanness, 2014). Denne rapporten vil bli kommentert nærmere senere i oppgaven. Statens landbruksforvaltning (SLF)

åpner snart et nytt veiregister som er direkte koblet til Statens kartverks kartdata for veier. Ved hjelp av en felles identitetsnøkkel kan skogbruket nå koble egenskapsdata til den aktuelle skogsveien og bruke kart i saksbehandlingen. Tidligere har man altså gjennom saksgangen kun hatt koordinater til startpunkt for den enkelte vei og eventuelt opplysninger om antall broer, men ikke hvor disse broene er. Dette nye systemet vil både gjøre saksbehandlingen enklere og åpne for ulike analysemuligheter. Men, da må registeret fylles med oppdaterte data. Dersom man skal få gjennomført dette så raskt som mulig, må det finnes effektive måter å registrere de ulike dataene på. Dette gjelder blant annet lokalisering av broer og kulverter med tilhørende egenskapsdata. Mange av veiplanleggerne benytter planleggingsprogrammene Softtree og Gemini ved nybygging, ombygging og opprusting av skogsbilveier. Ifølge Jan Bjerketvedt² kan man i disse programmene blant annet legge inn broer og kulverter med størrelse og georeferering.

En «kulvert» er definert som et vanngjennomløp, med lysåpning inntil 2500 mm, på tvers av veien med overliggende fylling og åpent inn- og utløp. En «stikkrenne» er definert som en kulvert med en fri åpning på maksimum 1000 mm i diameter (Johnsrud, 2013). Dersom den frie åpningen er under 1000 mm i diameter, er både «kulvert» og «stikkrenne» korrekte definisjoner. I denne oppgaven er for enkelhets skyld benevnelsen «kulvert» brukt konsekvent ved alle lysåpninger inntil 2500 mm.

² Førsteamanuensis Jan Bjerketvedt, personlig meddelelse, 23.06.14.

1.2 Formål

Det kan av flere årsaker være behov for å kunne georeferere broer og kulverter som er registrert i SLFs nye veiregisteret. Med georeferering menes å definere posisjonen til et punkt, i dette tilfellet bro eller kulvert, ved å tilegne det koordinater i et koordinatsystem. I veiregisteret vil det være muligheter for å legge inn informasjon knyttet til hver enkelt kulvert og bro. Denne oppgaven vil se nærmere på dette behovet og forsøke å anbefale en egnet metode til å georeferere broer og kulverter. Ulike parametere som vil være aktuelle å ha med i SLFs nye veiregister vil også bli kommentert.

For å komme fram til den, eller de, mest egnete metodene vil det være nødvendig å undersøke forskjellige aktuelle metoder. I starten av arbeidet med masteroppgaven var det tenkt at data fra flybåren laserskanning skulle være i fokus, men tidlig i arbeidet ble det klart at det også var nødvendig å se på andre kilder og metoder. Bruk av kartdata og feltregistreringer, eller kombinasjoner av disse er andre metoder som er benyttet. For å vurdere behovet for georeferering vil klimaendringer og tilstand til broer og kulverter bli drøftet. I den forbindelse vil det også være interessant å se på risikoen størrelsen på kulverter utgjør ved kollaps for tømmerbiler og dens personell.

Oppgaven går i hovedsak ut på å finne passende metoder som er best egnet til å stedfeste, og lokalisere skogsbilveibroer og kulverter.

Problemstilling:

- Hvilke metoder og kilder vil være mest hensiktsmessige å benytte ved stedfesting av skogsbilveibroer og kulverter?

Delmål:

- Hva er den kritiske kulvertdiameteren for tømmerbiler ved kollaps av kulverter?
- Hvilke parametere for kulverter vil være interessante å legge inn i SLFs nye veiregister?

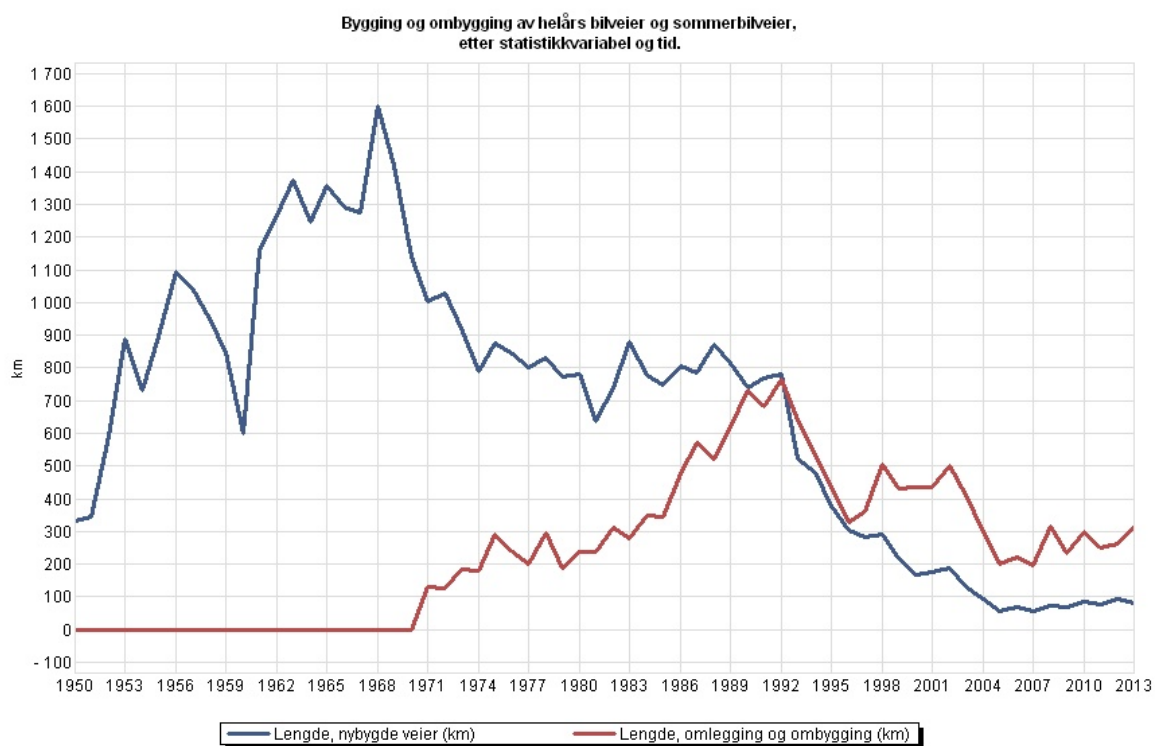
2 Teori

Under teoridelen i oppgaven er det i tillegg til teori, som omhandler emnet skogsbilveier, gjort rede for klimaendringer, flybåren laserskanning, geovekst, kartdata og georadar. Det er fordi dette er teori som har vært nødvendig for å komme fram til en konklusjon i oppgaven.

2.1 Skogsbilveier, broer og kulverter

2.1.1 Skogsbilveier

«Veiene er de årer der livet og virksomheten i skogene pulserer»³ (Bjerketvedt, 2014).



Kilde: Statistisk sentralbyrå

Figur 1: Antall kilometer nybygde, omlagte og ombygde helårs bilveier og sommerbilveier i Norge mellom 1951 og 2013.

Byggingen av skogsbilvei i Norge økte sterkt ut over 1950-tallet og fikk en topp i 1968 med 1599 kilometer (Figur 1). Etter 2004 har nybyggingen ligget mellom 50 og 100 kilometer i året, men det er registrert en svakt økende tendens i nybyggingen de siste årene. Ombygging og omlegging av veier hadde en topp i 1992 med 766 kilometer. Siden 2004 har ombygging

³ Ivar Samset 1974, gjengitt av Jan Bjerketvedt 2014.

og omlegging årlig ligget i intervallet 196-316 kilometer.

Ved hjelp av akkumulerte kilometer med bygd skogsbilvei vet vi at det ble bygget 42 000 kilometer før 1988. Mellom 1988 og 2013 er 10 000 kilometer skogsbilvei bygget om. Dette betyr at ca. 32 000 kilometer skogsbilvei er over 25 år gammel, og har derfor sannsynligvis behov for opprusting og/eller ombygging (Bjerketvedt, 2014). Ettersom det finnes ca. 50 000 kilometer skogsbilvei i Norge, og levetiden til en skogsbilvei beregnes til 25 år, burde det teoretisk sett opprustes eller ombygges 2000 kilometer skogsbilvei årlig.

Tabell 1: Utvikling av totalvekt i tonn, vogntoglengde i meter og aksellast for tømmerbil 1960 – 2014 (Løvenskiold, 2006).

Årstall	Totalvekt i tonn	Vogntoglengde i meter	Akseltrykk i tonn vei	Akseltrykk i tonn bro
1960	16	11	6	8
1970	19	11	8	10
1980	39	18	10	10
1990	50	22	10	10
1997	50	22	10	13
2007	56	22	10	13
2013	60	24	10	13

Utviklingen i totalvekt og vogntoglengde for tømmerbiler har vært formidabel siden 1960-tallet (Tabell 1). Tillatt akseltrykk har ikke hatt en like stor økning, ettersom totalvekten i dag er fordelt over flere aksler. I dag foregår tømmertransporten mer intensivt gjennom hele året på de enkelte skogsbilveiene. Der man i 1980 tok ut 1000 m³ over et helt år er det i dag ikke unormalt å ta ut så mye som 5000 m³ på noen få uker ved en hogst hvert femte år. Dette fører til at skogsbilveiene blir belastet mer intensivt over kortere tid enn før. De siste årene har tømmerbransjen kjempet for å få økt både totalvekten og vogntoglengden på tømmerbiler. Etter økningen i 2013 (Tabell 1) ble nyttelasten økt 10 %, noe som utgjør en besparelse for næringen på 170 millioner kroner (Bårdsgård, 2014).

En annen faktor er at større vogntog vil resultere i færre vogntog på veiene, noe som igjen vil gi et lavere utslipp i CO₂ per transportert m³ tømmer (Woxholt, 2013).

Økningen til 60 tonn tillatt totalvekt for tømmervogntog vil bare gjelde deler av veinettet i Norge. Ved en økt totalvekt vil dette gi økt belastning på broene, uten at de nødvendigvis er dimensjonert for denne belastningen. Det utføres derfor en registrering av broer og veier for å undersøke hvilke strekninger på riks-, fylkes- og kommunale veier som vil tåle belastningen av økt vekt på vogtogene. Disse veiene blir deretter klarert for vektøkningen (Statens vegvesen, 2013a). Det ble i regjeringens tiltakspakke for skognæringen i 2013 gitt en bevilgning på 100 millioner kroner til utbedring av flaskehalsen på det offentlige veinettet (Regjeringen, 2013).

2.1.2 Normaler for landbruksveier med byggebeskrivelser

Normalen inneholder krav og byggebeskrivelser for 8 veiklasser. De veiklassene som blir omtalt i denne oppgaven er veiklasse 3, 4 og 5. «Veiklasse 3» er landbruksbilvei som skal kunne trafikkeres av tømmerbiler hele året med begrensninger i teleperioder og perioder med ekstrem nedbør. «Veiklasse 4» er sommerbilvei for tømmerbil med henger, og «veiklasse 5» er sommerbilvei for tømmerbil uten henger. I 2013 ble det utgitt en revidert utgave av normalen fra 1997 (Johnsrud, 2013).

2.1.3 Skogsbilveibroer

Ved kryssing av vann, bekker og elver i skogen er det nødvendig med broer og kulverter på skogsbilveiene. På norske landbruksveier finnes det ca. 7000 broer på skogsbilveinettet. Definisjonen på en skogsbilveibro er at lysåpningen for vannføringen er større enn 2,5 meter (Løvenskiold, 2006). De nye veinormalene krever at brobredden totalt skal være på minimum 4 meter. Av dette skal kjørebanebredden være minimum 3,5 meter (Johnsrud, 2013).

I Norge finnes disse hovedtypene av brokonstruksjoner:

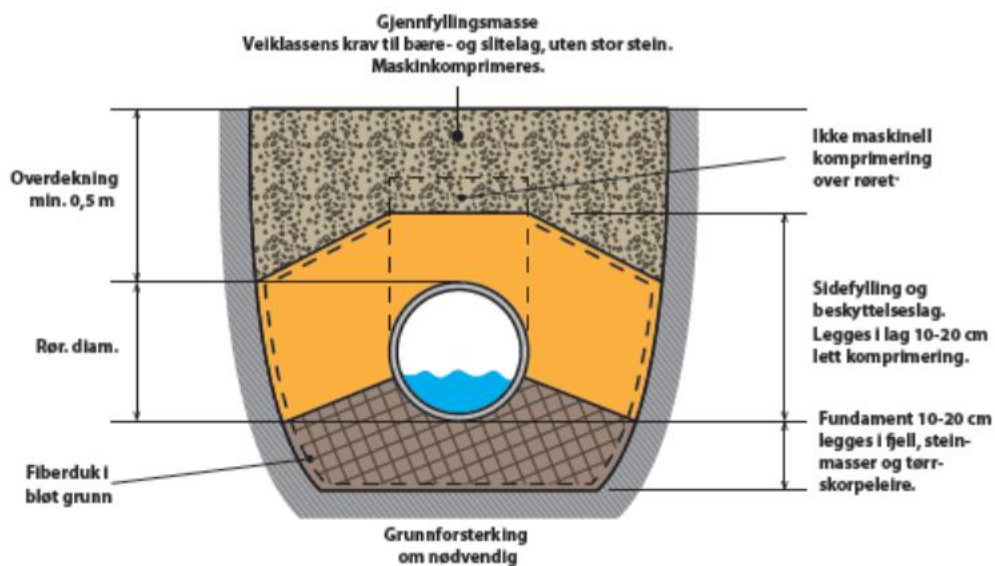
- Stålbjelkebro med tredekke
- Bjelkebro med betongdekke (stål- eller betongbjelker)
- Platebroer i betong
- Platebroer i tre

I tillegg vil det forekomme flere lokale varianter og kombinasjoner av disse. Skogsbilveibroer skal dimensjoneres for minst 13 tonn aksellast (Johnsrud, 2012).



Figur 2: En betongbjelkebro med betongdekke som krysser Raudsjøen i Østmarka. Foto: Ole Stabekk, 2013.

2.1.4 Kulverter



Figur 3: Skjematisk leggeanvisning for kulverter med definering av overdekning (Johnsrud, 2013).

Kulverter bygges i stål, plast eller betong. Overdekningen skal være minst 30 cm for korrugerte kulverter av stål, og 50 cm for kulverter av plast og betong. Overdekningen av kulverter kan også variere noe med rørdimensjonen og produsentens spesifikasjoner. For kulverter kan man generelt si at de «skal dimensjoneres ut fra maksimal nedbør og avrenning som kan forventes i løpet av veiens levetid, dvs. 25 – 50-årsflommen i det aktuelle området» (Johnsrud, 2013, p. 17).

Ved legging av kulverter bør indre diameter være på minst 300 mm, men i områder med mye nedbør kan denne økes til 400 mm. Dette er gjeldende for kulverter som har til oppgave å lede bort vann fra større bekker og grøfter (Johnsrud, 2013). Fram til 1992 var kravet til minste indre diameter 250 mm (Skogavdelingen i Landbruksdepartementet, 2002). Det finnes også mindre bekker, vannlommer, vannsig og stående vann langs skogsbilveiene. Ved disse tilfellene kan det brukes kulverter med indre diameter ned til 150 mm. Kulverter skal dimensjoneres for minst 10 tonn aksellast. Dersom kulverten har en lysåpning over 2,5 meter defineres den som en bro og skal dimensjoneres for minst 13 tonn aksellast (Johnsrud, 2013).



Figur 4: Kulvert i stål sterkt angrepet av rust, Enebakk. Foto: Ole Stabekk, 2013.

2.1.5 Tidligere registreringer av skogsbilvei, skogsbilveibroer og kulverter

Av tidligere registrering og arbeid rundt emnet er det et par masteroppgaver og andre rapporter som bør nevnes.

I 2006 skrev Fredrik Clarin Løvenskiold en masteroppgave om optimale broløsninger på skogsbilveier. Oppgaven tar for seg hvilke broløsninger som finnes på markedet, og hvilke løsninger som er mest gunstige for hvert enkelte tilfelle med tanke på økonomi. En av broløsningene Løvenskiold (2006) presenterer er en såkalt «halvrørbro». Dette er et rør som er skåret på langs og fundamenteres i betong på hver side. Dersom lysåpningen overstiger 2,5 meter (2500 mm) karakteriseres dette som en bro. 11 eksisterende broer av forskjellige typer ble undersøkt, og av dem var det 8 stykker som hadde behov for utbedringer. Karakteristiske skader som oppstår hos de forskjellige brotypene ble gjennomgått. Broer som består av stålbjelker med tre- og betongdekke er utsatt for korrosjon og råte. Plass-støpte betongbroer er preget av støpesår, for lite overdekning, og korrosjon i armering og sprekker. Typiske skader for landkarene er sprekker og undergraving.

Øyvind Juliussen skrev samme år en masteroppgave om kvalitetsvurdering av kulverter i plast, stål og betong. Oppgaven tar for seg 160 kulverter, der målet var å finne ut hvilke kulverter som hadde best holdbarhet av disse tre materialene. Resultatene viste at 12 % av stålkulvertene, 34 % av plastkulvertene og 62 % av betongkulvertene var skadet. Av kulverter som var inntil 15 år gamle var 19 % skadet, og når det kom til kulverter fra 15 – 30 års alder var hele 54 % skadet. Oppgaven konkluderer med at den høye andelen skadede kulverter trolig er forårsaket av en kombinasjon av bruk av feil masser i overdekningen og for lav høyde på overdekningen (Juliussen, 2006).

Mjøsen skog, Viken skog og Fylkesmannen i Oppland gav i 2014 ut rapporten «Registrering av skogsbilveier i Oppland». Rapporten gjør rede for at situasjonen for skogsbilveier i fylket er svært bekymringsverdig. Den gjør rede for at standarden på mange av veiene er så dårlig at tømmerdrift på disse veiene kan gi store materielle skader på maskiner brukt i driften. Det viser seg at 50 % av veiene er i så dårlig forfatning at de ikke er kjørbare (Gjerstadberget & Sanness, 2014). Et tilsvarende prosjekt i kommunene Fet, Nes og Eidsvoll i Akershus i 2012 viser tilsvarende tendenser (Asper, et al., 2012).

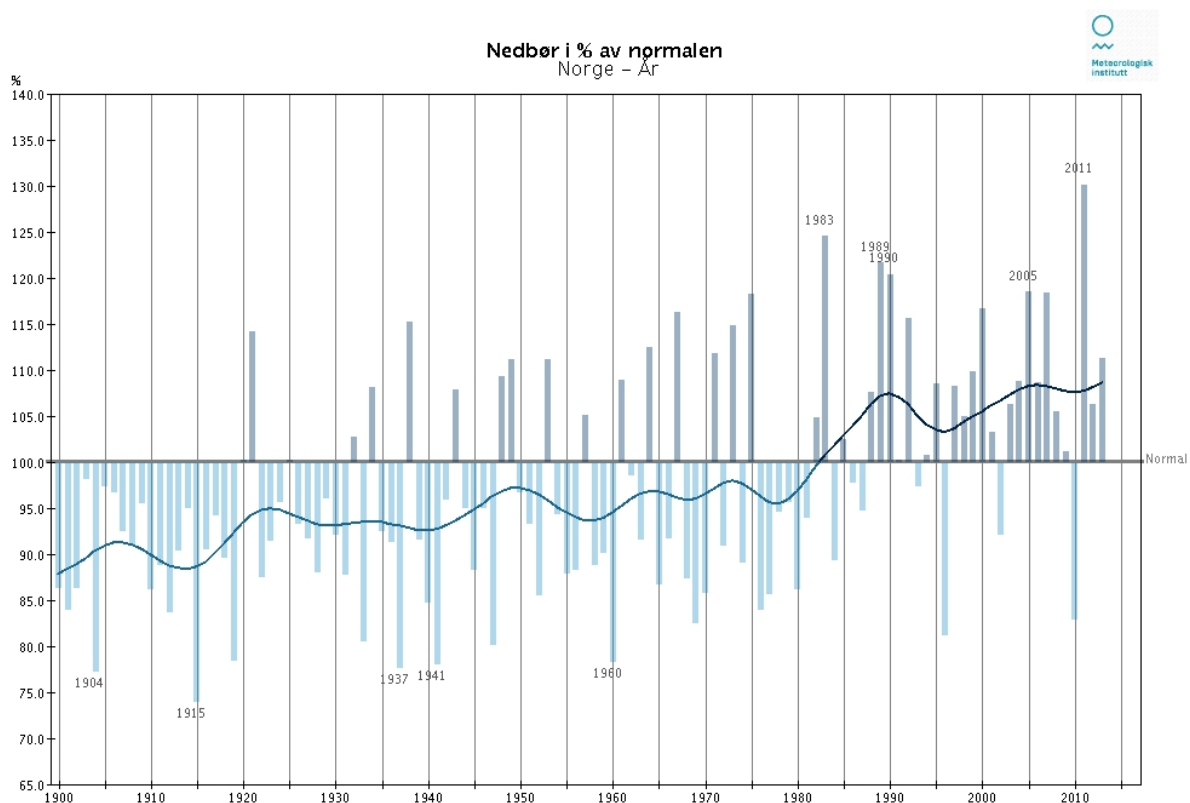
I 2012 gav Skogbrukets kursinstitutt ut en rapport om «Inspeksjon av bruer på landbruksveger». Denne tar for seg tilstandsregistrering, vurdering av bæreevne og bruksklasse. Rapporten viser på en enkel måte hvor fokus på den enkelte bro bør være ved videre drift og vedlikehold (Johnsrud, 2012).

I 2013 ledet Skogbrukets kursinstitutt et samarbeid om å gi ut en oppdatert veileder for «skogsveger og skredfare». Veilederen sier blant annet at *«et godt tiltak for å redusere faren for skred- og flomskader er årlig ettersyn og vedlikehold av veiens drenering herunder veibane, grøfter og kulverter»* (Fergus, et al., 2011).

2.2 Klimaendringer i Norge

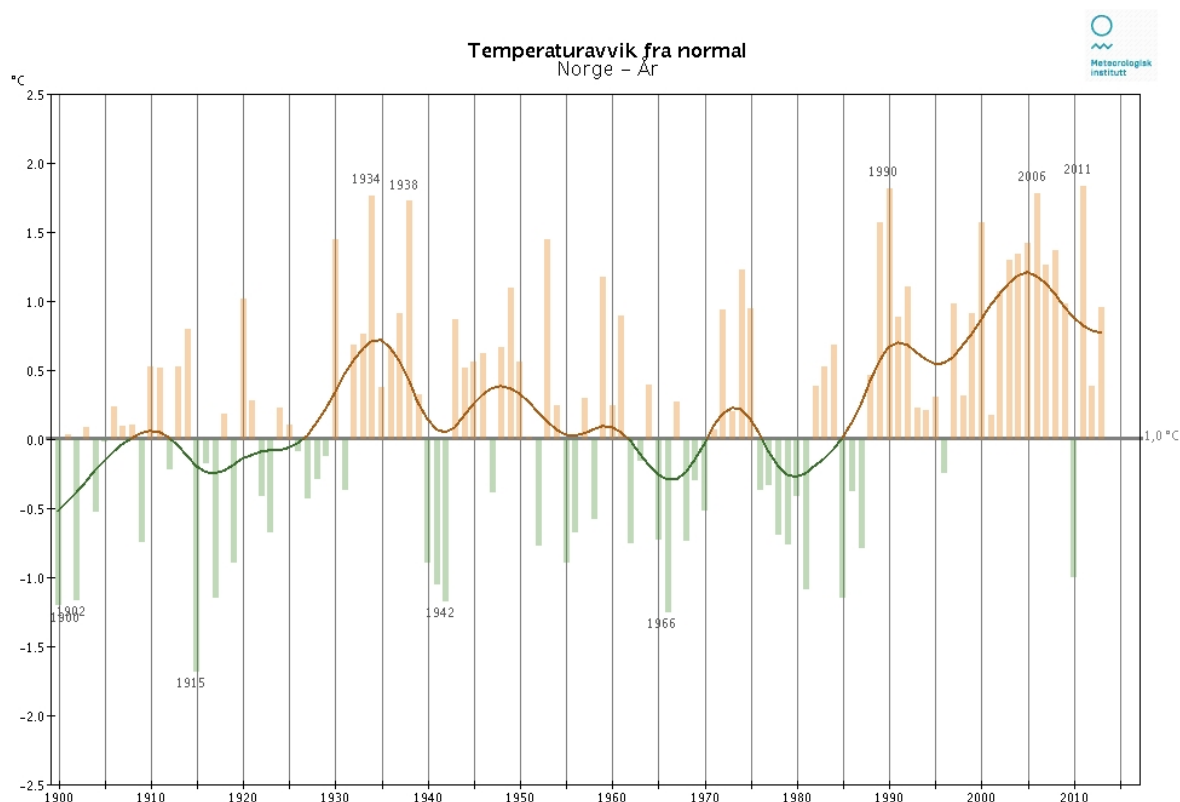
FNs klimarapport regner med at klimaet i Norge blir villere, våtere og varmere de kommende årene (Solomon, et al., 2007). Dette kan få store konsekvenser for skogsbilveiene våre. Norge er et langstrakt land noe som fører til store variasjoner i klimaet. Et eksempel på dette er differansen i gjennomsnittlig årsnedbør. I Norge er gjennomsnittet 1486 mm, men de tørreste og våteste stedene varierer stort i forhold til dette. I øvre Gudbrandsdalen og indre Troms er gjennomsnittlig årsnedbør under 300 mm, i midtre strøk av Vestlandet derimot overstiger gjennomsnittet 5000 mm. Nedbøren går blant annet til avrenning og fordamping. Avrenning vil si nedbør og smeltevann som renner ut i bekker, elver og vassdrag. Mengde avrenning varierer med nedbørsmengde og fordamping varierer med temperaturen (Hanssen-Bauer, et al., 2009).

2.2.1 Klimaendringer hittil



Figur 5: Utvikling av årsnedbør for Fastlands-Norge 1900-2013. Nedbør i prosent av middelverdien for normalperioden 1961-90 (Meteorologisk institutt, u.d.).

Figur 5 viser utviklingen av nedbør i Norge siden 1900. Trenden viser at det har blitt våtere, spesielt etter 1980. Økningen i nedbør har vært minst om sommeren og størst om vinteren, og det er på Vestlandet økningen har vært størst.



Figur 6: Utviklingen av årsmiddeltemperaturen for Fastlands-Norge 1900-2013. Avvik ($^{\circ}\text{C}$) fra middelverdien for normalperioden 1961-90 (Meteorologisk institutt, u.d.).

I Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) sin rapport fra 2007 hevdes det at det de siste 50 år har vært en signifikant menneskeskapt oppvarming på alle kontinent unntatt på Antarktis. Ifølge rapporten har årsmiddeltemperaturen siden 1965 økt med ca. $0,4^{\circ}\text{C}$ per tiår (Solomon, et al., 2007). Temperaturen har økt mest om våren, og antall døgn med snø har blitt færre. Tidligere snøsmelting og økt vannføring om vinteren og våren er noen av konsekvensene av temperaturøkningen (Hanssen-Bauer, et al., 2009).

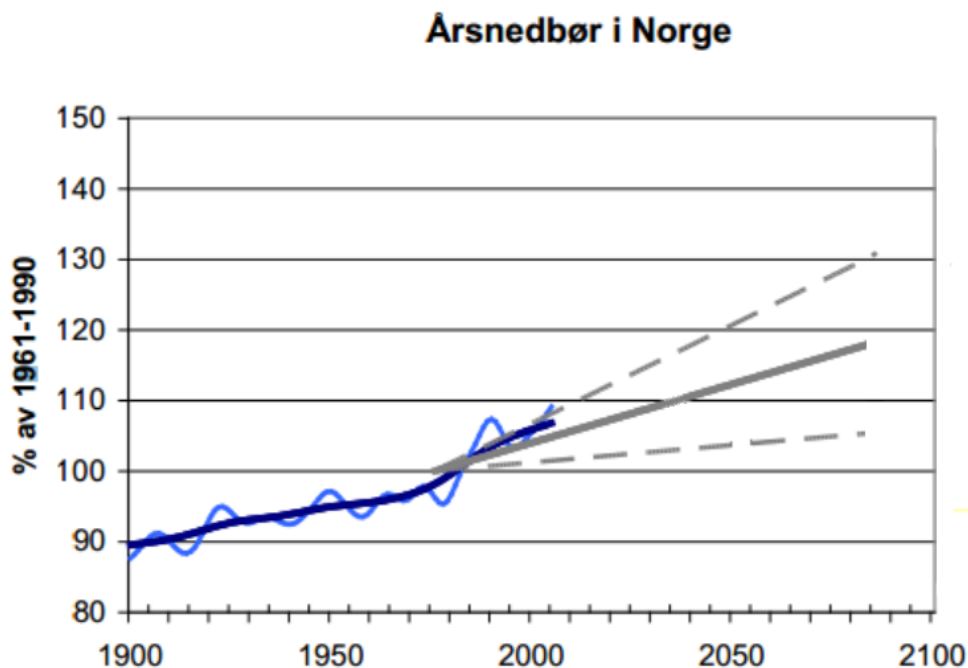
2.2.2 Klimautvikling 1980-2030

I perioden 1979-2008 har årsnedbøren i Norge i gjennomsnitt økt med 5 %. Det har skjedd en økning av nedbør på 17 % om vinteren og 10 % om våren, om høsten derimot har det vært en nedgang i nedbør på 3 %. Når det gjelder årsavrenningen er det store endringer i forhold til årstidene. Økningen totalt sett er på 2,5 %, men om vinteren har økningen i gjennomsnitt vært på 23 %. Om sommeren har det vært en liten reduksjon. Grunnet høyere temperaturer er det observert noe økt avrenning fra breelver om sommeren og/eller høsten (Hanssen-Bauer, et al., 2009).

2.2.3 Klimaframskrivninger mot 2100

Det at framtidige utslipp av klimagasser og –partikler ikke er kjent, samt feil og forenklinger i klimamodellene, gjør det vanskelig å framskrive klima. Allikevel kan det virke som at det er en trend for hvordan klimaet kan komme til å bli i Norge. Det er ventet en økning i temperaturen for hele landet året rundt, og årsmiddeltemperaturen anslås å kunne øke med 2,3 til 4,6 °C. Den største økningen i temperaturen vil oppleves om vinteren, og den laveste økningen vil oppleves om sommeren.

Når det kommer til årsnedbøren, forventes den å øke i hele landet. Økningen estimeres til å kunne være i intervallet 5 – 30 % mot slutten av århundret. Man går ut fra at nedbøren om vinteren kan komme til å øke med over 40 % i deler av Sør-, Vest- og Østlandet. Nedbøren om sommeren på Øst- og Sørlandet ventes å avta mot slutten av århundret. Ellers er det ventet en økning i nedbør for alle årstider og i alle regioner. «*Det blir flere dager med mye nedbør, og gjennomsnittlig nedbørsmengde for disse dagene blir høyere i hele Norge og for alle årstider*» (Hanssen-Bauer, et al., 2009, p. 69).

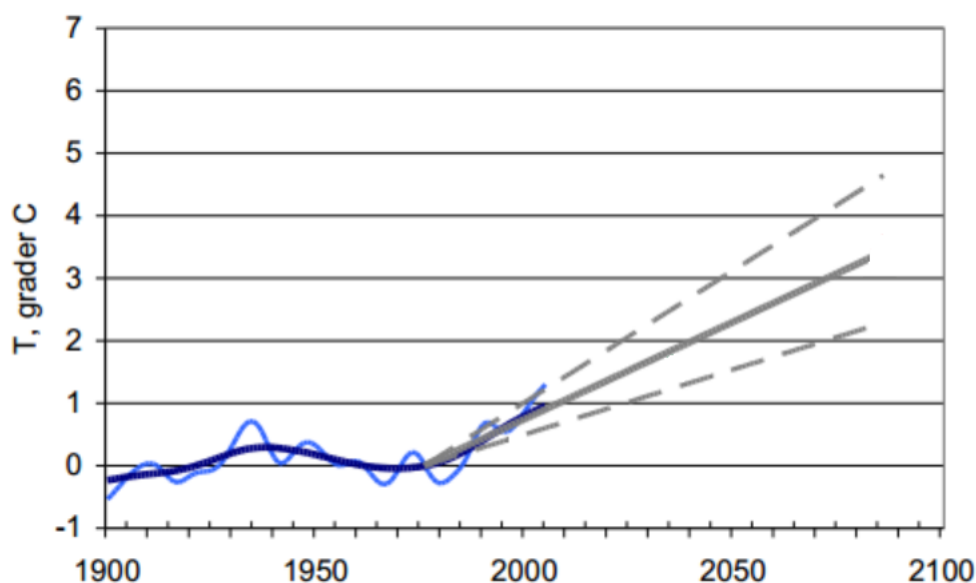


Figur 7: Observert nedbørsutvikling i Norge for det 20. århundret, og beregnede framskrivninger for det 21. århundret. Verdiene er gitt i prosent av observert middelnedbør i perioden 1961-90. Observert nedbørsutvikling er glattet og lyseblå linje viser variasjoner på 10 års tidsskala og mørkeblå linje viser variasjoner på 30 års tidsskala. Framskrivningene er i grått og viser høy, middels og lav gjennomsnittlig trend (Hanssen-Bauer, et al., 2009, p. 88).

Økte temperaturer vil kunne føre med seg en økning i årsavrenningen. Det vil bli økt avrenning om høsten og i vinterhalvåret, og om sommeren vil det bli mindre avrenning.

I områdene rundt breene vil det bli økt avrenning også om sommeren. Om vinteren vil snøen ligge i en kortere periode, og i lavlandet vil snøsesongen kunne bli redusert med 2-3 måneder. Når det gjelder flom så forventes det at regnflommene blir større, og flom som er forårsaket av smeltevann vil avta. En økning i temperaturen vil resultere i at vårflommene kommer tidligere, i tillegg til økte muligheter for flom sent på høsten og på vinteren. Større regnflommer vil by på problemer i bratte områder (Hanssen-Bauer, et al., 2009).

Årstemperatur, Norge, avvik fra "normal"



Figur 8: Observert temperaturutvikling i Norge for det 20. århundret, og beregnede framskrivninger for det 21. århundret. Verdiene er gitt i prosent av observert middeltemperatur i perioden 1961-90. Observert temperaturutvikling er glattet og lyseblå linje viser variasjoner på 10 års tidsskala og mørkeblå linje viser variasjoner på 30 års tidsskala. Framskrivningene er i grått og viser høy, middels og lav gjennomsnittlig trend (Hanssen-Bauer, et al., 2009, p. 78).

Ettersom klimaendringer vil kunne øke kravene til kvaliteten på skogsbilveier, vil det være av stor verdi å kunne georeferere broer og kulverter.

2.3 Teori knyttet til georeferering

2.3.1 Geovekst

I forbindelse med et ønske om å produsere større mengder data, til en lavere pris for de enkelte partene, ble det i 1992 utarbeidet et geodatasamarbeid som har fått navnet

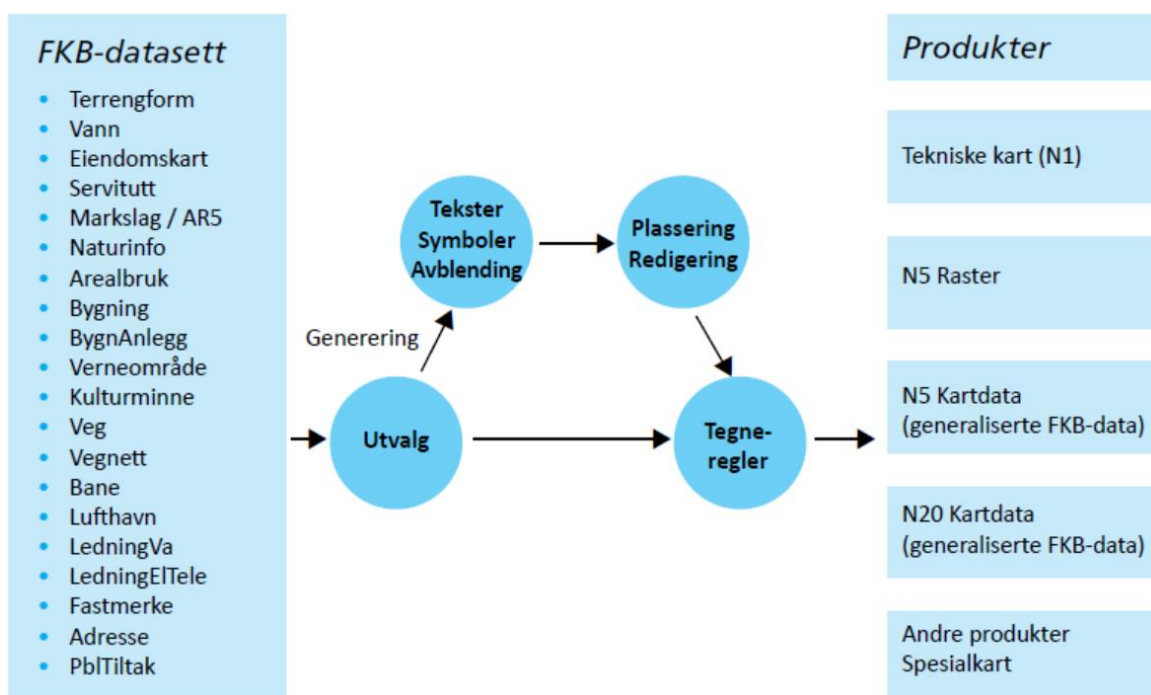
«Geovekst». Geovekst er et samarbeid om felles etablering, forvaltning, drift, vedlikehold og bruk av geografisk informasjon.

Partene i dette geodatasamarbeidet er:

- Statens vegvesen
- Energi Norge
- Kommunesektorens organisasjon (KS)
- Kartverket
- Telenor
- Landbruksdepartementet med underliggende etater, herunder Skog og landskap
- Norges vassdrags- og energidirektorat
(Kartverket, 2013)

2.3.2 Felles kartdatabase (FKB)

Felles kartdatabase er en samling datasett på vektorform som til sammen utgjør det offentlige kartgrunnlaget. Det er med andre ord Norges offentlige kartverk i digital form.



Figur 9: Prinsippskisse som forklarer hvordan uavhengige datasett kan settes sammen til ulike kartprodukter (Paule, 2012).

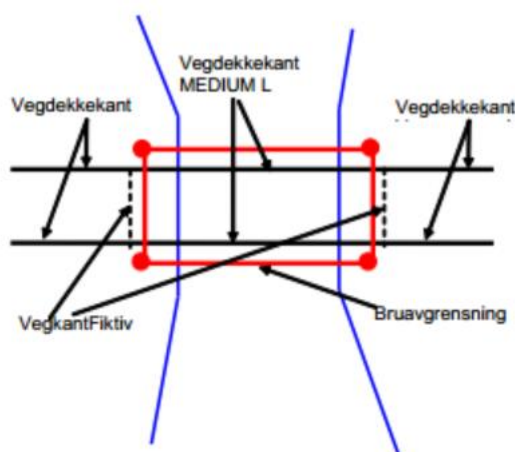
I FKB sine produktspesifikasjoner er spesifikasjonene for broer, stikkrenner og kulverter lagt til FKB-datasettet FKB-BygnAnlegg. Det som kan tolkes ut fra flybildeprosjekter blir registrert, men det de *ikke* ser blir ikke registrert (Statens kartverk, 2013).

FKB-data er spesifisert i disse 4 nøyaktighetsklassene:

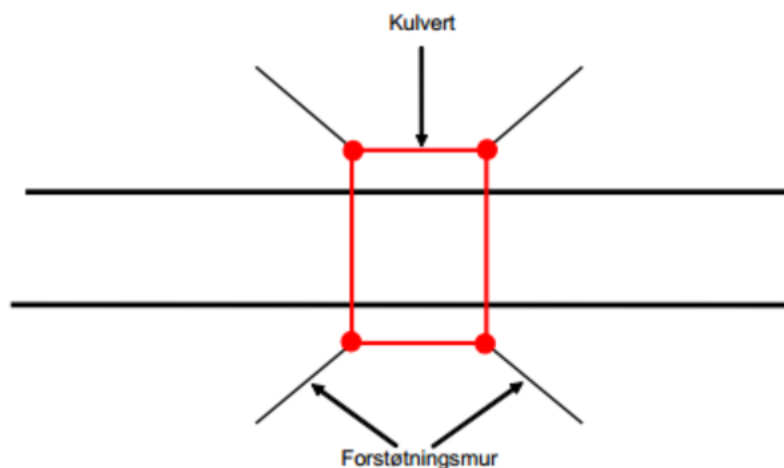
- FKB-A: Benyttes ved plan og prosjektering i byområder og tettsteder. Høy grad av detaljering, fullstendighet og stedfestingsnøyaktighet.
- FKB-B: Benyttes ved detaljprosjektering og utarbeidelse av reguleringsplaner i tettbebyggelse og blandet bebyggelse. Har enkelte begrensninger i forhold til FKB-A.
- FKB-C: Benyttes ved utarbeidelse av reguleringsplaner, situasjonsplaner og byggeplaner i spredt bebygde og ubebygde områder. Detaljeringen tilsvarer kart i målestokk 1:5000 og tidligere Økonomisk kartverk (ØK).
- FKB-D: Benyttes ved eiendomsforvaltning og arealplanlegging i fjellområder med liten eller ingen bebyggelse. Detaljeringsgraden tilsvarer kart i 1:50 000.

For skogbrukets del er det FKB-C og N5 kartdata som er de mest nøyaktige kartdataene.

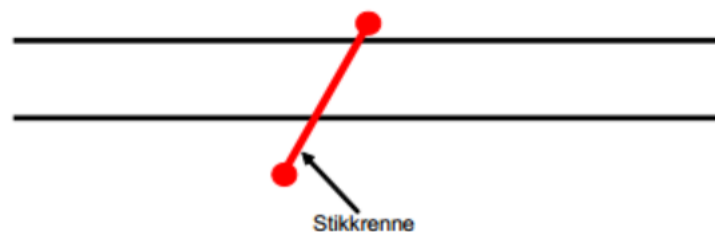
N5 kartdata er basert på utvalgte og generaliserte FKB-data (Grinderud, et al., 2008).



Figur 10: Illustrasjonen viser hvordan broer blir registrert i FKB-data. Det røde rektangelet viser avgrensningen til broen og vil være i sort i kartdata (Statens kartverk, 2013, p. 16).



Figur 11: Illustrasjonen ser hvordan kulverter blir registrert i FKB-data. I kartdata vil kulvertene synes ved at forstøtningsmuren er tegnet inn (Statens kartverk, 2013, p. 20).



Figur 12: Illustrasjonen viser hvordan stikkrenner blir registrert i FKB-data. Den røde streken viser avgrensningen til stikkrennen og vil være i sort i kartdata (Statens kartverk, 2013, p. 22).

2.3.3 Flybåren laserskanning

Flybåren laserskanning utføres ved at det blir sendt ut laserpulser fra fly eller helikopter som viser høyden over terrengoverflaten. Det blir som vist i *Figur 13* registrert punkter i en viss sveipebredde under laseren. Til skogbruksformål er det vanligvis skogens høyde som er det mest interessante, dvs. differansen mellom tretopp-treff og terreng-treff. Andre brukere av flybåren laserskanning fokuserer som regel på terrenghøyden (Grinderud, et al., 2008).



Figur 13: Illustrasjon av flybåren laserskanning via fly (Paule, 2012, p. 26).

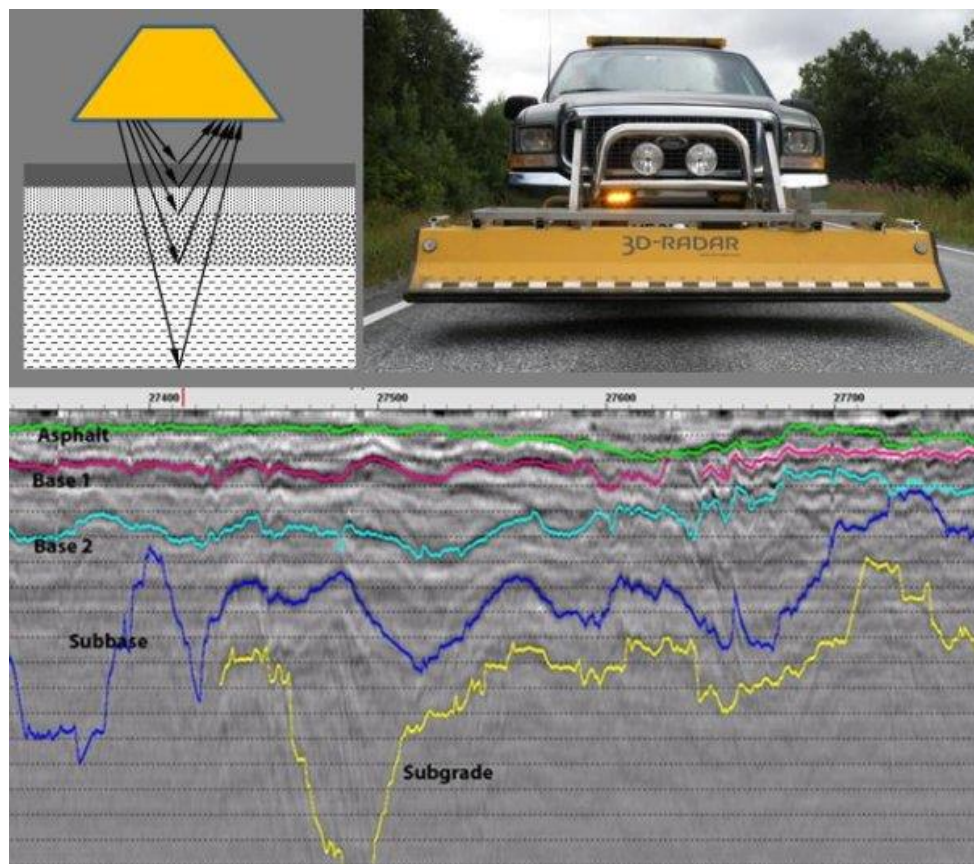
2.3.4 FKB-laser

Det er utviklet en produktspesifikasjon for FKB-laser. Denne heter «Nasjonal modell for høydedata fra laserskanning Versjon 2.0». Formålet med spesifikasjonen er å «være et virkemiddel for å kvalitetssikre etablering og forvaltning av laserdata i Norge, samt at den skal gi brukerne detaljkunnskap om innholdet i produktet» (Dåsnes, 2013, p. 4). Punkter som ligger på bro (BRIDGE) blir klassifisert med klasse 10. Ut ifra forklaringen til klasse 10 leses det at minstemålet for å bli klassifisert er 10 m^2 . Det skal benyttes støtte fra beste tilgjengelige FKB-data ved klassifisering (Dåsnes, 2013). Dette betyr at det ikke gjøres egne registreringer av broer i forbindelse med laserskanningen, men at man henter informasjon fra FKB. Ett av delproduktene i et laserprosjekt er en fil der broer er registrert med koordinater.

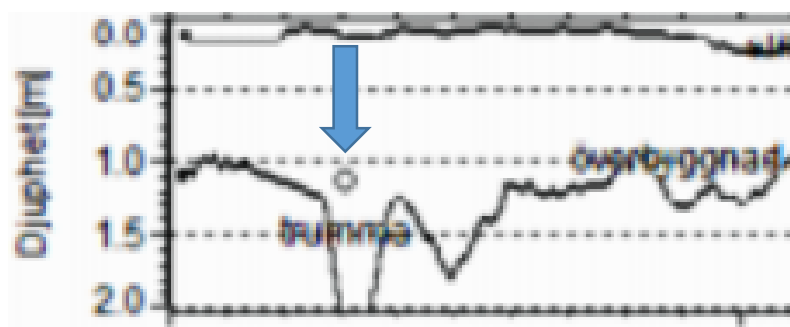
2.3.5 3D-georadar

Gjengrodde grøfter kan gjøre det vanskelig å finne alle kulverter, særlig de mindre dimensjonene på eldre skogsbilveier, men dette kan løses ved hjelp av 3D-georadar. 3D-georadar er konstruert for å kartlegge undergrunnen ved at elektromagnetiske bølger sendes ned i bakken for deretter å bli reflektert tilbake når de treffer objekter. En antenne fanger opp pulsene som blir returnert, og disse kan brukes til å lage et bilde av lagdeling og objekter som finnes under overflaten. Rør i bakken som har en diameter på 10 cm eller mer,

og som ligger grunnere enn 3 meter, kan ved hjelp av denne metoden lett avdekkes. Det er også mulig å lage en kontinuerlig profil av veibanen (SINTEF, 2011).



Figur 14: 3D-georadar. Prinsippskisse av virkemåte (over til venstre), montert på bil (over til høyre, foto: SINTEF) og presentasjon av tolket lengdeprofil med markering av lagdelinger (nederst) (Statens vegvesen, 2013b).



Figur 15: Den blå pilen viser hvordan dataene som blir samlet inn ved hjelp av en georadar kan tydes for å finne ut hvor en kulvert (trumma) befinner seg. Overdekning (överbyggnad) registreres i dybde (Djuphet) med benevnelsen m (meter) (Christoffersson & Johansson, 2011, p. 17).

3 Materiale og metode

Målet med denne masteroppgaven var opprinnelig å vurdere om laserdata kan benyttes ved registrering av skogsbilveibroer. Det ble tidlig klart at flere ulike fremgangsmetoder burde vurderes ettersom laserskanningsdataene var basert på FKB-dataene.

Fremgangsmetodene som har blitt benyttet er:

- Kontroll av laserdata mot FKB-data for å avdekke om det var registrert broer i laserdata som ikke var registrert i FKB-data.
- Kontroll av broer og kulverter for å avdekke om man kan georeferere broer og kulverter ved å kontrollere punkter i kartdata der vann/elv/bekk krysser vei.
- Gjennomgang av broer i Oppland og Akershus som er registrert i skogsbilveiregistreringen 2012 og 2013 for å undersøke om disse er registrert i FKB-data fra før av.
- Beregning av kritisk kulvertdiameter for tømmerbiler.

Hver enkelt fremgangsmetode vil bli nærmere beskrevet.

3.1 Kontroll av laserdata mot FKB-data i Østfold

Ved undersøkelse av laserdata mot FKB-data var det nødvendig å finne et område der det fantes laserdata. På grunnlag av dette ble Østfold valgt ut. Kommunene som var representert i dataene var Marker, Fredrikstad, Sarpsborg, Råde og Våler. Området karakteriseres med store jordbruksarealer, med lett kupert skog i mellom. I Marker og Våler, samt nordre del av Sarpsborg, er det skogdekt landskap som dominerer.

Utstyr som ble benyttet var:

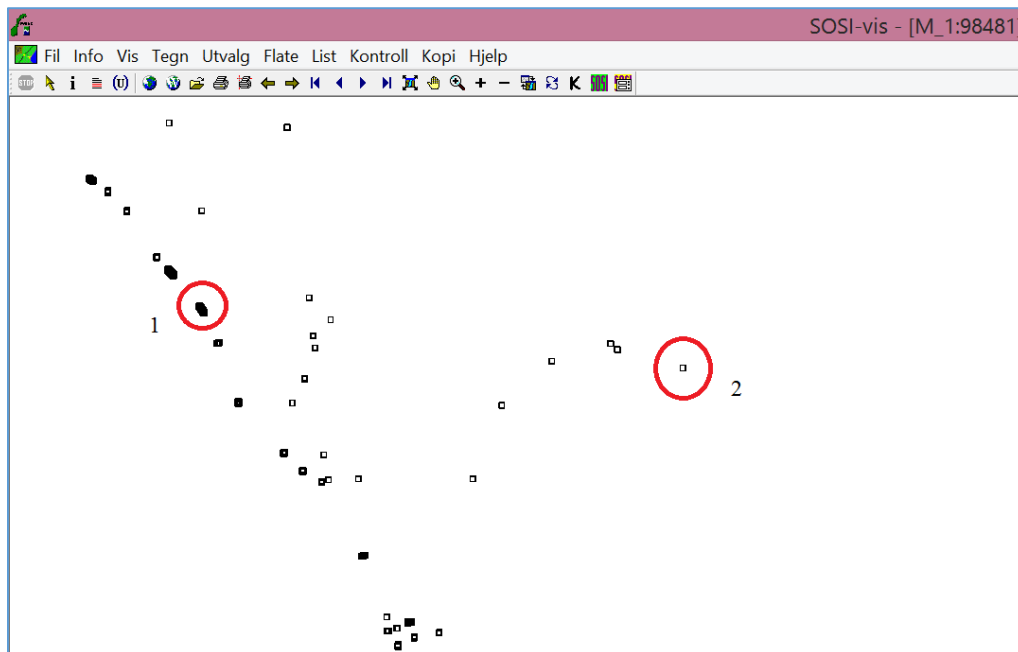
- Laserdata fra Geovekstprosjekter/Statens kartverk i SOSI-format
- Datamaskin
- Programmet SOSI-vis
- Innsynsløsningen Kilden på nettsidene til Skog og landskap

Samordnet Opplegg for Stedfestet Informasjon (SOSI) er en Norsk Standard for geografisk informasjon (Kartverket, u.d.). SOSI brukes også som filformat og ved denne kontrollen er

det benyttet filer som er levert i SOSI-format. Med programmet SOSI-vis kan man vise innholdet i SOSI-filer som kartbilder (Kartverket, 2014). Dataene som ble undersøkt var laserdata fra nyere geovekstprosjekter som inneholdt data for broer (klasse 10).

Svermer med laserdata (*Figur 16*) fra disse kommunene ble undersøkt for å se om disse stemmer overens med FKB-data. En SOSI-svermer representerer én bro. Totalt ble det undersøkt 256 SOSI-svermer. Antall punkter som representerte en bro var økende med størrelsen på broen. Det ble bare undersøkt ett punkt per SOSI-svermer.

Ved å legge inn koordinatene i innsynsløsningen Kilden på nettsidene til Skog og landskap ble dataene i første omgang sortert i hvilken type vei svermen tilhørte. Veikategoriene som ble benyttet var skogsbilvei, gårdsvei, traktorvei, sti, tog, industri, kryssing av jorde og offentlig vei. Deretter ble dataene sortert basert på om svermen hørte til en skogsbilvei eller gårdsvei. Til slutt ble dataene sortert ut fra om svermen var av interesse for videre undersøkelse. Mange av svermene knyttet til broer som ble undersøkt bestod av punkter på offentlig vei, som for eksempel E6 og FV111. Disse ble registrert som ikke interessante.



Figur 16: Laserdata for broer (klasse 10) slik de framstår i programmet SOSI-vis. Punkt 1 illustrerer hvordan en brosvermer ser ut. Punkt 2 illustrerer hvordan en enkelt bro ser ut. Fra venstre hjørne øverst og på skrå nedover mot høyre kan vi se tendenser til at broer og brosvermer ligger på en linje, dette er E6.

En god del av broene som ble undersøkt var broer som tilhørte landbrukseiendommer. Broer på gårdsveier der veien stopper ved gårdstunet, og veien tydelig ikke benyttes til skogsdrift, ble registrert som ikke interessante. Det samme gjelder gårdsveier med broer som krysser

jernbane og annen offentlig vei. For å undersøke om broer registrert i laserdata var registrert i FKB-data ble kartet forstørret til målestokk 1:2500.

3.2 Kontroll av broer og kulverter i Enebakk kommune

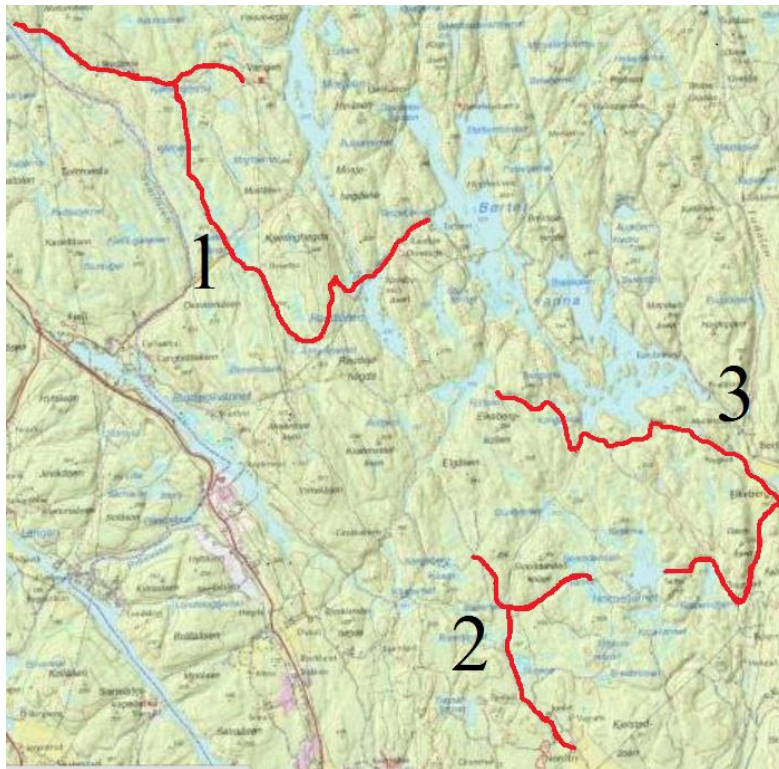
For å vurdere nødvendigheten av å georeferere broer og kulverter var det også interessant å undersøke standarden ved broer og kulverter, samt overdekninger for kulverter.

Utstyr som ble benyttet under kontrollen var:

- Bil
- Tommestokk
- Turkart over «Oslo Østmark» i målestokk 1:50 000
- Kamera
- Lommelykt
- Notatblokk
- Skrivesaker

3.2.1 Beskrivelse av området

Enebakk kommune ble valgt som forsøksområde fordi dette er et område der skogsbilveinettet forventes å inneholde kulverter og broer, samt at området er i umiddelbar nærhet av NMBU. Det var også av interesse å undersøke standarden ved broer og kulverter, samt overdekninger for kulverter.



Figur 17: Kartutsnitt av Østmarka, N5 kartdata fra Kilden, i målestokk 1:80 000. Skogsbilveinett 1, 2 og 3 er markert med rødt.

Denne undersøkelsen ble utført som feltarbeid over tre dager, på skogsbilveinett innenfor tre forskjellige eiendommer:

- Vei nr. 1: Oslo kommuneskogers eiendom med gårdsnummer 126 og bruksnummer 1.
- Vei nr. 2: Bjerke gård med gårdsnummer 95 og bruksnummer 1.
- Vei nr. 3: Eikeberg gård med gårdsnummer 116 og bruksnummer 1.

Felles for alle eiendommene er at de er større skogseiendommer med beliggenhet i Østmarka i Enebakk, Akershus. Østmarka karakteriseres som et skogsområde med mange daler og åser som går fra nord mot syd. De mange vassdragene følger derfor i hovedsak også denne retningen (Reusch, 2013). Adgang til skogsbilvei ble på forhånd avtalt med grunneierne.

3.2.2 Fremgangsmetode

I forkant av feltarbeidet ble det skrevet ut N5 kartdata over området og plukket ut punkter på skogsbilveiene der det ville være realistisk å finne kulverter og broer. Det vil si punkter der vann/bekk/elv krysser vei. Disse dataene kunne eventuelt også ha blitt samlet inn ved hjelp av GIS-analyse. På utferden ble disse punktene oppsøkt og kontrollert. Feltarbeidet ble gjort på høsten, ettersom gress og annen vegetasjon da har startet å visne, og interessante punkter var derfor lettere å oppdage. I tillegg ble også både broenes tilstand og alle kulverter av en viss

størrelse undersøkt. Disse ble registrert uavhengig av om de var plukket ut på kartet i forkant av feltarbeidet eller ikke. Kulvertenes bygningsmateriale (stål, plast og betong), lengde, diameter og overdekning ble registrert. Overdekning ble klassifisert som tilstrekkelig eller utilstrekkelig ut fra «Normaler for landbruksveier». Denne sier, som tidligere nevnt, at overdekningen skal være minst 30 cm for korrugerte kulverter av stål og 50 cm for kulverter av plast og betong. Det ble også kommentert hvilken tilstand broene og kulvertene var i. Momenter som ble kommentert var kun synlige feil og mangler, for eksempel undergraving av brokar, rust i kulverter av stål, form til kulverter osv.

3.3 Gjennomgang av broer i Akershus og Oppland

Målet med metoden som ble brukt i Akershus og Oppland var å avdekke om det var registrert skogsbilveibroer i felt som ikke var registrert i FKB-data. For å vurdere nødvendigheten av å georeferere broer ble det også undersøkt hvilken standard som er registrert ved broene.

Utstyr som ble brukt til dette var:

- 2 datamaskiner
- Innsynsløsningen Kilden
- Programmet ArcGIS
- Datasett fra skogsbilveiregistreringen i Oppland og Akershus 2012 og 2013

3.3.1 Beskrivelse av fylker og kommuner

Akershus med sine 4918 km² har en topografi som varierer fra småkupert skogkledt landskap brutt opp av flate jordbruksbygder i øst, til store kupert skogstrakter i nord og nordvest (Askheim, 2013). I Akershus er det 22 kommuner. Dataene som ble behandlet i oppgaven inneholdt broer i kommunene Aurskog-Høland, Enebakk, Vestby, Oppegård og Ski. I 2012 ble det gjennomført registrering i kommunene Eidsvoll, Fet og Nes (Asper, et al., 2012). Dette vil si at det i Akershus er 14 kommuner der det ikke er registrert noe data for skogsbilveibroer.

Oppland med sine 25 190 km² har en topografi som varierer fra flate bygder i syd, til dalføra Gudbrandsdalen og Valdres i nord. Mellom disse dalene ligger Norges høyeste fjell (Thorsnæs, 2013). I Oppland er det 26 kommuner. I 2013 ble det registrert broer i 20 av disse. Disse kommunene var: Lesja, Lom, Skjåk, Vang, Vågå, Dovre, Sel, Ringebu, Sør-Fron,

Nord-Fron, Vestre-Slidre, Øystre-Slidre, Nord-Aurdal, Sør-Aurdal, Etnedal, Gran, Nordre-Land, Søndre-Land, Lunner og Jevnaker. Data fra disse kommunene er benyttet i denne oppgaven, men det mangler data for broene i Skjåk. I 2012 ble det gjennomført registreringer i kommunene Vestre Toten, Østre Toten, Gjøvik, Lillehammer, Gausdal og Øyer (Lyshaug, et al., 2012). I løpet av disse to årene har derfor tilstanden til alle skogsbilveiene i Opplands kommuner blitt kartlagt (Gjerstadberget & Sanness, 2014).

3.3.2 Fremgangsmetode

Denne gjennomgangen ble utført på datasalen. I ArcGIS ble det lagt inn punkter som er registrert som broer. Arbeidet med denne registreringen er utført som et samarbeid mellom Mjøsen skog, Fylkesmannen i Oppland, Viken skog, Havass og de lokale skogbrukssjefene. Prosjektet ble finansiert av Bygdeutviklingsstudier, samt egne midler. Feltarbeidet ble utført av studenter ved Evenstad. Ved registrering av de ulike parameterne i datasettet ble de tildelt en objekttype for klassifisering. Hver objekttype fikk tildelt sin egen verdi. Bro og veibom er eksempler på to forskjellige objekttyper (Gjerstadberget & Sanness, 2014).

Under gjennomgangen for denne oppgaven ble punktene markert med en rød sirkel, i tillegg til at det ble lagt på et bakgrunnskart i ArcGIS. Ved hjelp av en annen PC ble kartet forstørret for å sjekke punktene der det var registrert broer. Karttjenesten som ble brukt til dette var innsynsløsningen Kilden på nettsidene til Skog og landskap. I kartet på Kilden ble de samme punktene som ble funnet i ArcGIS oppsøkt ved å sammenligne kartene.

Figur 18, 19, 20 og 21 viser fremgangsmetoden i gjennomgangen av skogsbilveibroer i Akershus og Oppland.



Figur 18: De røde sirklene markerer at ut ifra registreringen som er gjort på skogsbilveier i Oppland er det registrert *to* broer i dette området. Kartutsnittet er tatt fra ArcGIS. Målestokk 1:6000. Sted: Søråa, Ringebu.



Figur 19: Broene som er feltregistrert i Figur 18 er også registrert som broer i FKB-dataene på Kilden. Målestokk 1:2500. Sted: Søråa, Ringebu.



Figur 20: Den røde sirkelen markerer at ut ifra registreringen som er gjort på skogsbilveier i Oppland er det registrert én bro på dette punktet. Kartutsnittet er tatt fra ArcGIS. Målestokk 1:6000. Sted: Store Sandungen, Lunner.



Figur 21: Broen som er feltregistrert i Figur 20 er ikke registrert som bro i FKB-dataene på Kilden. Målestokk 1:2500. Sted: Store Sandungen, Lunner.

Det ble registrert om punktene i ArcGIS også var registrert i raster-kartet på Kilden, og det ble i tillegg registrert hvilke kommuner det er registrert broer i. I attributt-tabellen i ArcGIS ble det lagt til en kolonne ved å velge «Add field». Ved å velge «Start editing» er det så mulig å legge inn ønskede verdier i attributt-tabellen. Verdier som ble benyttet var 1, 2 og 3.

Forklaring til disse er:

- 1 = Ja. Ser broen som er registrert i prosjektet i raster-kartet (FKB-data).
- 2 = Nei. Ser ikke broen som er registrert i prosjektet i raster-kartet (FKB-data).
- 3 = Annet enn bro.

For at alle broer registrert i FKB-dataene i Kilden skulle bli synlig på kartet var det nødvendig å forstørre målestokken til 1:2500.

3.3.3 Standard på broene

I denne oppgaven vil det i tillegg bli undersøkt hvilken verdi broene har fått i forhold til tilstand i rapportene for skogsbilveier i Oppland og Akershus. Verdiene er sortert i poengene 1, 2 og 3. Forklaringen til disse er:

- 1 = Ok. I henhold til normal.
- 2 = Mindre mangler, for smal ut- og innkjøring.
- 3 = Undergravet brokar, synlig armering, mangler rekkverk eller andre store mangler.

(Gjerstadberget & Sanness, 2014)

Ved å addere verdi 2 og 3, for så å sammenligne dette med verdi 1, vil det komme fram hvor stor andel broer som har en standard i henhold til «Normaler for landbruksveier».

Registreringen i Oppland er avgrenset til å gjelde alle skogsbilveier som har blitt klassifisert som veiklasse 3, og som ikke er nybygde (Gjerstadberget & Sanness, 2014).

3.4 Beregning av kritisk kulvertstørrelse for tømmerbiler

Ved beregning av kritisk kulvertstørrelse for tømmerbiler ble det benyttet to forskjellige metoder. Begge metodene gav samme resultater, én metode er beskrevet i oppgaven. Før det ble beregnet kritisk kulvertstørrelse for tømmerbiler ble det gjennomført et litteratursøk. Det ble ikke funnet tidligere studier på området.

Utstyr:

- Kalkulator
- Datamaskin
- Programmet Microsoft Excel

En beregning ble utført for å finne den kritiske kulvertstørrelsen for tømmerbilers dekkdimensjon i forhold til overdekningstykkelse og dimensjon for kulverter. Den kritiske kulvertstørrelsen er interessant fordi den teoretisk sett kan utgjøre en fare for tømmerbiler og personell ved en eventuell kulvertkollaps.

Målet med beregningen var å finne ut hvor stor fallhøyden ville være i centimeter for tømmerbilen dersom de ulike kulvertene kollapser, ved forskjellig tykkelse på overdekning. Den kritiske størrelsen er satt til å være den fallhøyden som overstiger radiusen til tømmerbilens forhjul. Det forventes at ved en kollaps vil bunnpanna, eller akslingen, til tømmerbilen treffe veibanen hvis den kritiske størrelsen overgås. Dette er fordi over halve radiusen til hjulet på tømmerbilen vil forsvinne ned i den kollapsede kulverten.

Beregningen ble gjort ved ulik størrelse på kulverter og overdekning. Diameterstørrelser det ble beregnet for på kulverter var fra 800 mm – 2600 mm, med et intervall på 200 mm. Disse størrelsene ble valgt ettersom det forventes størst fallhøyde på de større kulvertene. Størrelsene på overdekning som det ble beregnet for var 10 cm, 30 cm, 50 cm og 75 cm. Ettersom det ofte viser seg at kulverter nesten ikke har overdekning ble 10 cm valgt som minste størrelse på overdekning. Minstekravet for overdekning på stålkulverter er 30 cm. For kulverter laget av betong og plast er 50 cm minstekravet til overdekning (Johnsrud, 2013). 75 cm ble beregnet for å vise hvilke utslag det gir for fallhøyden hvis man benytter seg av ekstra høy overdekning.

Det er valgt vinkler ut i fra hvilke masser det forventes å finne i overdekningen og omfyllingen rundt kulverten. Dette er masser som går fra løst fjell til harde jordarter og stein (Johnsrud, 2013). Ut fra ulike skjæringers stigningsforhold i *Figur 22*, og omregningstabell for stigning i *Tabell 2*, leses 39° og 64° stigning for massene som forventes. Det ble derfor beregnet for 39° og 64° helning på vinkelen i skjæringen fra kulverten og opp til kjørebanen.

Skjæringer:
10:1 Fast fjell
2:1 Løst fjell
1:1,25 Harde jordarter, stein
1:1,5 Løse jordarter
1:2 Silt, leire

Figur 22: Stigningsforhold til skjæringer for ulike massetyper (Johnsrud, 2013).

Tabell 2: Omregningstabell for stigning fra % til ° (Johnsrud, 2013).

Omregningstabell	%	°
10:1		84°
2:1	200 %	64°
1:1,25	80 %	39°
1:1,5	67 %	34°
1:2	50 %	27°

Beregningen ble utført som en andregradslikning.

4 Resultat

4.1 Funn ved kontroll av laserdata mot FKB-data i Østfold

Tabell 3: Fordeling av interessante og ikke-interessante broer i forhold til om disse befinner seg på skogsbilvei eller ikke.

	Ikke interessante broer	Interessante broer	Sum
Skogsbilvei	0	6	6
Ikke skogsbilvei	213	37	250
Sum	213	43	256

Resultatene viser at 43 av svermene fra laserdata var interessante for videre vurdering. Blant de 43 svermene som var interessante er det kun seks broer som var registrert på skogsbilveier. Mange av de registrerte broene ble funnet i tilknytning til bekker og elver i åkerlandskap. Det er også funnet broer i FKB-data som ikke er registrert i laserdata. Et eksempel på dette er en liten bro ved Søndre Ros i Våler. Etter arealmåling i Kilden ser denne ut til å ha et areal på under 10 m². All laserdata som ble undersøkt var registrert i FKB-data.

4.2 Funn ved kontroll av broer og kulverter i Enebakk kommune

4.2.1 Antall broer og kulverter

I forkant av feltarbeidet var det funnet 3 broer og 26 kulverter på kart. Under feltarbeidet ble det registrert og undersøkt 2 broer og 70 kulverter.

Tabell 4: Fordeling av broer og kulverter som ble funnet ved feltarbeid (antall), og andel av de som ble funnet som var blitt plukket ut i forkant (%) på de forskjellige skogseiendommene.

	Oslo kommuneskoger	Bjerke gård	Eikeberg gård	Sum
Kulverter	37 (38 %)	8 (50 %)	25 (32 %)	70 (37 %)
Broer	1 (200 %)	1 (100 %)	0 (0 %)	2 (150 %)

I tillegg til de punktene på kartet der det var forventet å finne broer og kulverter, ble det oppdaget mange flere kulverter. Disse ble oppdaget på steder der det på kartet ikke kan tydes at vann/bekk/elv krysser vei. Jo større kulverten var, jo større var sjansen for at den var registrert på forhånd. Alle kulverter større enn 1000 mm var registrert på forhånd. En del kulverter som karakteriseres som betydelige, dvs. over 500 mm, var ikke mulige å observere på kartet før feltarbeidet ble gjennomført. Jo mindre kulvertene var, jo mindre sannsynlig var

det at de var blitt registrert som mulig kulvert på forhånd. Alle broer som ble funnet kunne tydes ut fra kart i forkant, og det ble registrert én bro for mye. På eiendommen til Oslo kommuneskoger ble 37 % av kulvertene registrert på forhånd. Tilsvarende tall for Bjerke gård og Eikeberg gård var henholdsvis 50 % og 32 %. Totalt for alle eiendommene ble 37 % av kulvertene registrert ut ifra studering av kart (*Tabell 4*). På skogsbilveien til Bjerke gård ble 100 % av broene registrert, mens det på Oslo kommuneskoger sin eiendom ble registrert 200 % av det faktiske antallet broer.

4.2.2 Skader

Det ble oppdaget en del skader ved kulvertene som ble undersøkt. Feil som ble registrert som skader var blant annet kuv i rør, flatklemt rør, punktert rør og fragliding i skjøten mellom to rør.

Tabell 5: Tilstand på kulverter som er undersøkt i forhold til tilstrekkelig og utilstrekkelig overdekning. Viser antall og %.

	Kulverter uten skade	Kulverter med skader	Sum
Tilstrekkelig overdekning	17 (71 %)	7 (29 %)	24
Utilstrekkelig overdekning	14 (30 %)	32 (70 %)	46
Sum	31 (44 %)	39 (56 %)	70



Figur 23: Kulvert med diameter på 1000 mm angrepet av rust. Kulverten er delt i to langs hele vannlinjen. Sted: Enebakk. Foto: Ole Stabekk, 2013.

Kulverten i *Figur 23* er et typisk eksempel på hva som kan skje med gamle stålrør dersom de blir angrepet av rust. Her har røret smuldret opp langs hele vannlinjen. I tillegg har massene i overdekningene flyttet på seg og forårsaket en sterkt deformert vei.



Figur 24: Hull med størrelse 30 x 30 cm i vei grunnet betongrør som har glidd fra hverandre. Sted: Enebakk. Foto: Ole Stabekk, 2013.

Figur 24 viser et hull i veien oppstått grunnet betongrør som har glidd fra hverandre. Disse hullene har en tendens til å vokse, og kan gjøre stor skade på kjøretøy. I dette tilfellet ligger et nytt rør klart til utbedringer.



Figur 25: Landkar i dårlig forfatning. Betongplatebro støpt ovenpå eldre bro. Sted: Enebakk. Foto: Ole Stabekk, 2013.

Broen i *Figur 25* er i tydelig forfall. Broen er en plass-støpt betongplatebro som hviler på en eldre bro og dens landkar. Begge landkar er i dårlig forfatning, og masser er delvis vasket ut bak disse. Av broene i undersøkelsen så hadde 2 av 2 skader.

Tabell 6: Fordeling av tilstand ved undersøkte broer i antall og %.

	Uten skader	Mindre skader	Større skader	Sum
Bro	0 (0 %)	1 (50 %)	1 (50 %)	2 (100 %)

4.3 Broer fra veiregistreringsprosjekt i Akershus og Oppland

4.3.1 Samsvar mellom registrerte broer i rapporten og broer registrert i FKB-data

Tabell 7: Resultat av gjennomgang av broer i Akershus og Oppland. Viser antall og %.

Verdi	Antall punkter	Broer i antall (%)
1: Ja, ser broen	272	272 (66 %)
2: Nei, ser ikke broen	139	139 (34 %)
3: Annet enn broer	18	
Sum	429	411 (100 %)

Det ble totalt undersøkt 429 punkter som er registrert som broer av skogsbilveiregistreringen i Oppland og Akershus. 18 av punktene som var registrert som broer i veiregistreringen ble fjernet fra den videre vurderingen.

Det var 272 (66 %) broer registrert i dataene til skogsbilveiregistreringen og på raster-kartet. 139 (34 %) broer ble registrert i dataene til skogsbilveiregistreringen, men ikke på raster-kartet.

4.3.2 Broenes tilstand

Tabell 8: Oversikt over hvilken tilstandsverdi det er registrert ved skogsbilveibroer i Oppland og Akershus i rapportene.

Verdi	Antall
1: Ok, i henhold til normal	214
2: Mindre mangler	72
3: Større mangler	138
Feilkilder	5
Sum	429

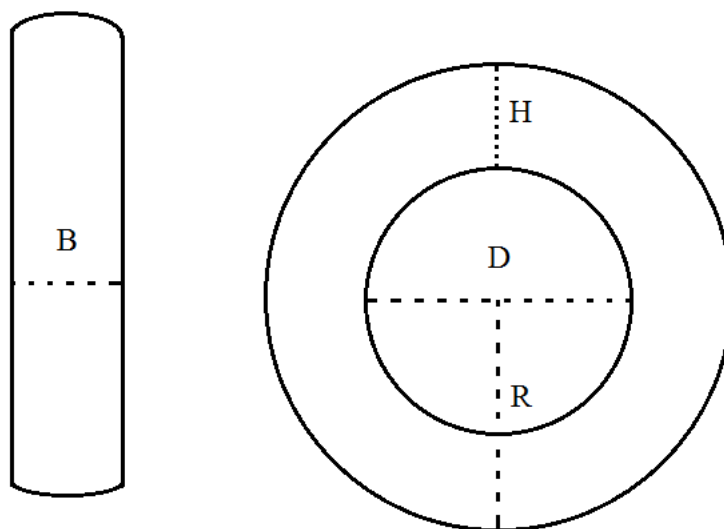
På 214 broer ble det registrert at tilstanden var «Ok, i henhold til normal». Ved 72 tilfeller ble det registrert «Mindre mangler, for smal ut- og innkjøring». Det var 138 broer som hadde «Undergravet brokar, synlig armering, manglet rekkverk eller andre store mangler». Ved 5 tilfeller er det oppdaget feilkilder.

Tabell 9: Ved å addere verdi 2 og verdi 3 i Tabell 8, for deretter å sammenligne dette med verdi 1, finner vi andelen av broene som er registrert med og uten skader.

	Antall	%
Ok (verdi 1)	214	50,5 %
Feil (verdi 2 + verdi 3)	210	49,5 %
Sum (verdi 1 + verdi 2 + verdi 3)	424	100 %

4.4 Beregning av kritisk kulvertstørrelse for tømmerbiler

4.4.1 Beregning av radius til hjul på tømmerbiler



Figur 26: Illustrasjon over hjulet til tømmerbiler.

Radiusen til tømmerbilens hjul er interessant ettersom tømmerbilens aksling er festet i senter av tømmerbilens hjul. Radiusen er illustrert ved R i Figur 26. Dekkdimensjonen på tømmerbilens fordekk er 385/65R22.5 (MASCUS, 2013).

385 står for dekkbredden i mm og er i Figur 26 illustrert ved bokstaven B . 65 står for høyden på kanten av dekket fra felgen og ut. Dette angis i % av dekkbredden og finnes i Figur 26 illustrert ved bokstaven H . 22,5 angir felgens diameter i tommer (") og er i Figur 26 illustrert ved bokstaven D . Én tomme er 25,4 mm (Dekkdimensjoner.no, 2010).

Utrekningene av hjulets radius R blir derfor:

$$\text{Formel 1 : } H \text{ i mm} = \frac{385 \times 65}{100} = 250,25 \text{ mm}$$

Felgens diameter:

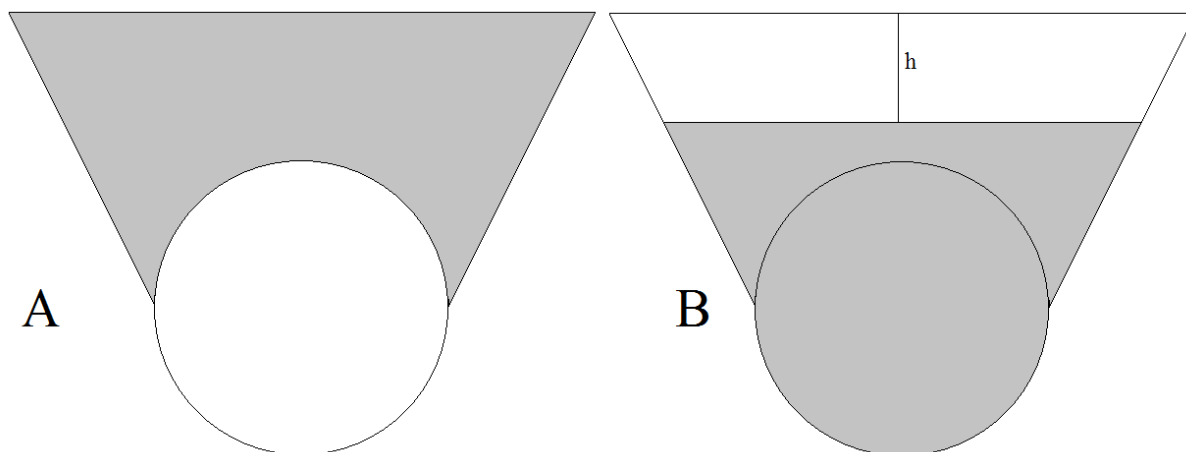
$$\text{Formel 2 : } D \text{ i mm} = 25,4 \text{ mm} \times 22,5" = 571 \text{ mm}$$

Hjulets radius:

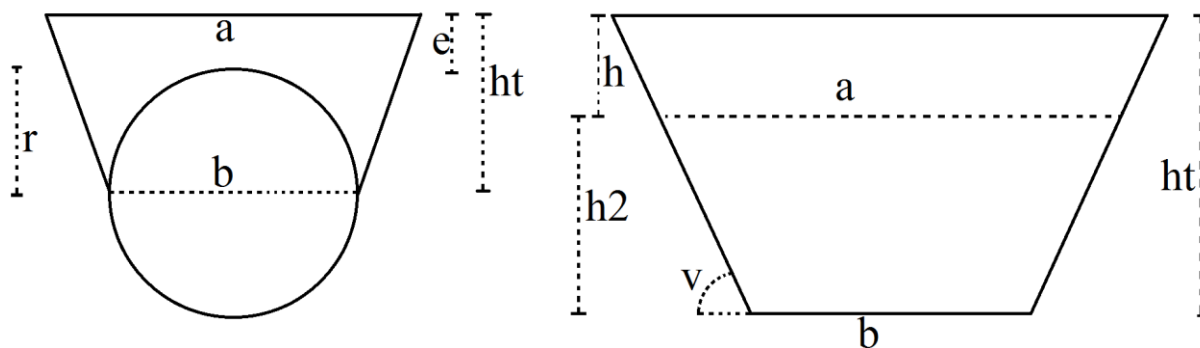
$$\text{Formel 3: } R = \frac{D \text{ i mm}}{2} + H \text{ i mm} = \frac{571,5 \text{ mm}}{2} + 250,25 \text{ mm} = 535 \text{ mm} = 53,6 \text{ cm}$$

Radiusen til tømmerbilens framhjul er 53,6 cm. Tømmerbilens bakhjul har tilnærmet lik radius som framhjulene.

4.4.2 Utregninger



Figur 27: Kulvert A: Den grå skraveringen viser hvordan massene er fordelt før kollapsen av kulverten. Den hvite sirkelen er kulverten. Kulvert B: Den grå skraveringen viser hvordan massene er fordelt etter kollapsen av kulverten. h står for fallhøyden som vi er interessert i.



Figur 28: Skissetegning av kulvert og trapes for å forklare videre beregninger.

Tabell 10: Forklaring til benevnelser brukt i Figur 28.

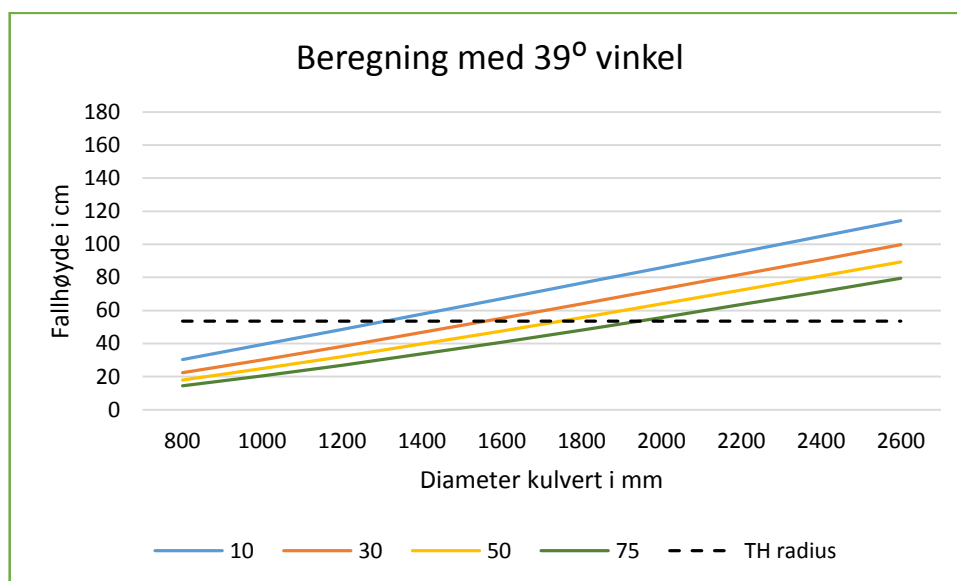
Benevnelse	Forklaring
r	Radius i kulverten
e	Overdekning over kulverten
Ht	Høyde fra senter av kulvert til veibane
h	Fallhøyde for tømmerbil ved kollaps av kulvert
h2	Høyde i trapes etter kulvertens kollaps
b	Diameter kulvert = $r \times 2 =$ kort linje i trapes
a	Lang linje i trapes
v	Vinkel helning

Utregningene gjøres ved hjelp av en andregradsligning. For å finne h, må h2 identifiseres. Først finnes arealet for trapeset minus en halv kulvert. Dette er arealet av massene i overdekning og omfylling. Den nedre halvdelen av kulverten er den som fylles opp først ved en eventuell kollaps, derfor kan det trekkes fra en halv kulvert til. Hvor høyt det nye trapeset vil være (h2) står igjen. Etter at dette er funnet er det lett å finne fallhøyden (h) ettersom den opprinnelige høyden i trapeset (ht) er kjent. Hvordan h2 identifiseres er vist i *Formel 4*.

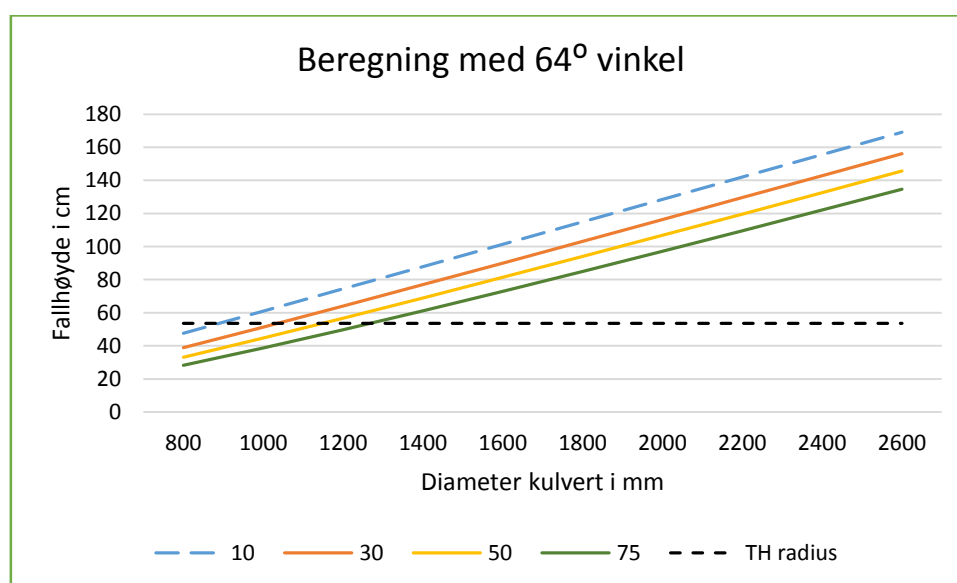
$$\text{Formel 4} = h2 = \frac{2 \times (-a)}{-b - \sqrt{b^2 - (4 \frac{-a}{\tan v})}}$$

Tabell 11: Nærmere forklaring av benevnelser brukt i Formel 4.

Benevnelse	Forklaring
A	Arealet i trapeset etter kollaps av kulvert
B	Bredde i bunnen av trapeset
V	Vinkel benyttet for helning, 39° og 64°
h2	Høyde i trapes etter kulvertens kollaps



Figur 29: Hvor mye 10, 30, 50 og 75 cm overdekning har å si i forhold til at kulverter utgjør en potensiell fare for tømmerbiler. Her ved 39° helning på vinkelen i skjæringen til massene og med en kulvert diameter fra 800 mm – 2600 mm. TH radius = radius til tømmerbilhjul.



Figur 30: Hvor mye 10, 30, 50 og 75 cm overdekning har å si i forhold til at kulverter utgjør en potensiell fare for tømmerbiler. Her ved 64° helning på vinkelen i skjæringen til massene og med en kulvert diameter fra 800 mm – 2600 mm. TH radius = radius til tømmerbilhjul. Beregningen for 10 cm overdekning er ikke nøyaktig. Dette blir kommentert nærmere i diskusjonen.

Tabell 12: De største målene kulverten kan ha i millimeter ved forskjellige vinkler, uten å være til fare for tømmerbiler.

Vinkel og overdekning	Maks størrelse kulvert
39° og 10 cm overdekning	1310 mm
39° og 30 cm overdekning	1560 mm
39° og 50 cm overdekning	1750 mm
39° og 75 cm overdekning	1940 mm
64° og 10 cm overdekning	890 mm
64° og 30 cm overdekning	1040 mm
64° og 50 cm overdekning	1150 mm
64° og 75 cm overdekning	1270 mm

5 Diskusjon

Ettersom det er benyttet flere forskjellige metoder ved gjennomføring av oppgaven har hvert enkelt resultat blitt kommentert hver for seg i diskusjonsdelen.

5.1 Laserdata sammenlignet mot FKB-data i Østfold

Ved sammenligning av laserdata mot FKB-data i Østfold ble det brukt mye tid til å komme fram til hva som var av interesse for skogbruket. Av 256 broer som ble undersøkt var kun 43 broer interessante, og av disse forekom kun 6 broer på skogsbilveier. Resten var broer på offentlige veier, broer som krysset disse, broer over jernbane og broer som befinner seg på rene gårdsveier der det ikke finnes skog i nærheten.

Broen som ikke er registrert i laserdata ved Søndre Ros i Våler, men er registrert i FKB-data, ser etter arealmåling i Kilden ut til å ha et areal på under 10 m². Det ser ut til at dette er årsaken til at broen ikke er registrert i laserdata. Som tidligere nevnt i kapittel 2.3.4, er minstemålet for å bli klassifisert 10 m². Mulighetene er store for at det er flere broer som er registrert i FKB-data som ikke er blitt registrert i laserdata. Ettersom all laserdata som ble undersøkt var registrert i FKB-data, var det av interesse å undersøke om samtlige skogsbilveibroer var registrert i FKB-data.

Mulige feilkilder er personlige feil ved arbeidet. Det er vanskelig å bestemme en skogsbilveis nytteverdi for skognæringen ved å studere denne på kart og ikke fysisk besøke veien.

Undersøkelsene ble gjort i kommuner der man i utgangspunktet ikke kan forvente store forekomster av hverken skogsbilveier eller broer på de veiene som eksisterer. Området for undersøkelsen ble valgt ut fra det grunnlag at det fantes tilgjengelig laserdata med broregistreringer i disse kommunene.

5.2 Broer og kulverter i Enebakk kommune

5.2.1 Funn i forkant og ved feltarbeid

Feltarbeidet viste at mange av kulvertene ble funnet på steder der det ikke var avmerket på kart at vann krysser vei. For alle skogsbilveiene som ble undersøkt ved feltarbeidet var 37 % av kulvertene og 150 % av broene funnet på forhånd. Det ble med andre ord registrert langt

flere kulverter enn forutsett. Dette er et forventet resultat ettersom kulvertenes størrelse varierer mye. Alle kulverter over 1000 mm var registrert på forhånd. En del kulverter som karakteriseres som betydelige, det vil si over 500 mm, var ikke registrert på forhånd. I forkant var det plukket ut tre broer, men det ble funnet kun to broer under feltarbeidet. Årsaken til dette er at det på kartet var symbol for bro, mens det i virkeligheten var en steinfylling. Det ble på forhånd ikke funnet andre broer enn de som lå på punkter der det var registrert at vann krysser vei. Dette er resultater som gir mening.

Veiene som skulle undersøkes ble besiktiget med bil, og det er derfor en mulighet for at kulverter som er verdt å registrere har blitt oversett. Sannsynligheten for å overse en kulvert er større jo mindre den er. Det er derfor vurdert dithen at de fleste kulverter som er verdt å registrere har blitt registrert.

5.2.2 Overdekning og skader

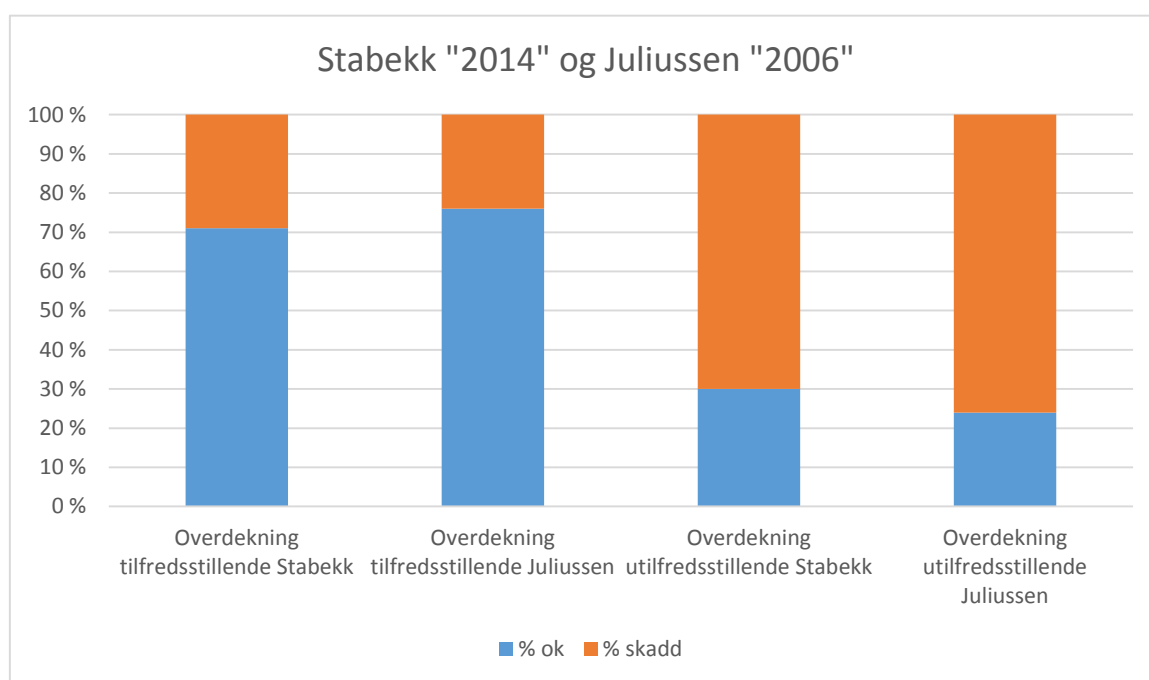
Antall kulverter og broer som ble undersøkt var henholdsvis 70 og 2. For broer er materialet lite. Det kan derfor ikke trekkes noen generelle slutninger om standarden på broer, selv om 100 % av broene som ble undersøkt hadde skader (*Tabell 6*). Ved besiktigelsen ble det oppdaget til dels grove feil ved 50 % av broene (*Figur 25*). Dette understreker viktigheten av å ha georeferert disse, slik at det ved behov kan legges opp til en effektiv kontroll.

I *Tabell 5* ser man at det er registrert 31 (44 %) kulverter uten skader og 39 (56 %) kulverter med skader. Totalt har 24 kulverter tilstrekkelig overdekning, mens 46 kulverter har utilstrekkelig overdekning. Dersom overdekningen er tilstrekkelig er 71 % av kulvertene uten skader (*Tabell 5*). Ved utilstrekkelig overdekning har derimot sjansen for at kulverten skal være uten skade sunket til kun 30 %. Ved tilstrekkelig overdekning er det bare 29 % av kulvertene som har skader, mot hele 70 % ved utilstrekkelig overdekning. Dette viser at det er større sjanse for at kulverter som følger kravet for overdekning i «Normaler for landbruksveier» er uten skader, enn der overdekningen er for liten. Det er også en urovekkende høy andel skadede kulverter.

Tabell 13: Samme framstilling som i Tabell 5, men med data fra Juliussen (2006).

	Kulverter uten skader	Kulverter med skader	Sum
Tilstrekkelig overdekning	93 (76 %)	29 (24 %)	122
Utilstrekkelig overdekning	9 (24 %)	29 (76 %)	38
Sum	102 (64 %)	58 (36 %)	160

I *Tabell 13* leses at Juliussen (2006) registrerte 102 (64 %) kulverter uten skader og 58 (36 %) kulverter med skader. I *Tabell 13* kan man se at hvis overdekningen er tilstrekkelig var 24 % av kulvertene skadet, og ved utilstrekkelig overdekning var 76 % av kulvertene skadet. Disse resultatene stemmer svært godt med resultatene fra feltarbeidet i Enebakk (*Tabell 5*). Dette framkommer av *Figur 31*.



Figur 31: Forholdet mellom «skadede» og «ok» kulverter i % når overdekningen er tilfredsstillende eller utilfredsstillende. Figuren sammenligner Stabekk (2014) og Juliussen (2006) sine resultater.

Hvis man ser bort fra overdekningen, har kulvertene som Juliussen (2006) har registrert (*Tabell 13*) litt høyere sannsynlighet for å være uten skader enn kulvertene som Stabekk har registrert under feltarbeidet til denne oppgaven (*Tabell 5*). Dette kan skyldes at Juliussen (2006) sitt materiale er hentet fra kommunene Elverum og Åmot.

5.2.3 Feilkilder

Man går ut ifra at det er forskjellige entreprenører som har lagt kulvertene som er undersøkt i de to forskjellige oppgavene, ettersom kulvertene befinner seg i hvert sitt geografiske område. Ulike entreprenører vil oppnå ulik grad av suksess ved nedlegging av en kulvert. En mulig feilkilde ved resultatet fra gjennomgangen knyttet til denne oppgaven kan være at materialet som er undersøkt kommer fra et lite geografisk område, og resultatene kan derfor ikke sies å gjelde for hele landet. Antall broer i undersøkelsen er svært lavt, og antall kulverter er også

forholdsvis lavt. Det ble registrert fire kulverter over 1000 mm og to broer. Dette antallet er for lite til å kunne slå fast med sikkerhet at alle kulverter over 1000 mm og broer vil la seg georeferere ved bruk av denne metoden. En annen viktig faktor er at ved registreringer av feil ved broer og kulverter, kan resultatene fra registreringen variere fra person til person.

I tillegg bør man merke seg at det ved legging av kulverter er mulig at det i de tilfellene det er slurvet i forhold til kravet for overdekning, som er gitt i «Normaler for landbruksveier», også er slurvet med andre momenter rundt leggingen. Registrerte feil kan derfor ha oppstått grunnet andre årsaker enn utilstrekkelig overdekning. Uten å grave opp kulverten er det vanskelig å si noe om det er benyttet tilfredsstillende omleggingsmasser eller tilstrekkelig underbygning.

Et siste usikkerhetsmoment er at det er uvisst hvor stor skade de enkelte feil ved en kulvert eller bro kan utgjøre. For eksempel er det mulig at en kulvert, som har blitt registrert som skadet grunnet kuv i rør, ikke er noe mindre funksjonell til å drenere vann, eller mer farlig for kjøretøy, enn en kulvert uten skader. Ifølge Juliussen (2006) vil en vertikal kuv kunne hindre transporten av vann totalt, mens en horisontal kuv kun vil redusere hastigheten på transport av vann gjennom kulverten. Generelt kan man si at det er mindre ønskelig med feil jo større kulverten og broen er. Dette er fordi konsekvensene av feil da kan få mer alvorlige følger.

5.3 Broer i Akershus og Oppland

5.3.1 Samsvar mellom registrerte broer i rapporten og broer registrert i FKB-data

Av broene som ble registrert i dataene til registreringene av skogsbilveier i Akershus og Oppland var det kun 66 % av broene som er registrert i FKB-data (*Tabell 7*). Dette betyr at 34 % av de registrerte broene i Akershus og Oppland ikke finnes i FKB-data. Flere punkter ble kategorisert under tittelen «Annet enn broer», totalt 18 av de undersøkte punktene tilhørte denne kategorien. Dette er feilregistreringer i kartdata eller i feltregistreringer. Det var til sammen tre broer som ble registrert to ganger, disse doble registreringene er derfor i *Tabell 7* registrert under «Annet enn broer». Fire punkter er gitt objekttype «bro», men har fått verdi for veibom. Ett punkt har fått objekttype «bro», men har ikke blitt tildelt noen verdi. Fem punkter er i FKB-dataene merket med symbolet for kulverter (*Figur 11*) eller stikkrenner (*Figur 12*). Fem punkter er gitt objekttype «bro», men er i FKB-data markert på en annen måte enn det stikkrenner (*Figur 12*), kulverter (*Figur 11*) og broer (*Figur 10*) skal markeres.

Det at det ikke ble funnet noen punkter med objekttype «bro» i Skjåk er merkelig, ettersom det i kommuner rundt Skjåk er registrert opptil flere broer. Det er i Skjåk kommune utført registrering av skogsbilveier på omtrent 101 kilometer (Gjerstadberget & Sanness, 2014, p. 13). Dersom man ser bort fra de manglende resultatene fra Skjåk kommune, stemte forventningene om å finne broer i alle kommuner som ble undersøkt i Oppland i 2013 overens med de faktiske resultatene. Når det kommer til Akershus er det ikke funnet noen rapport for dataene som er registrert i 2013 og benyttet i denne oppgaven.

Resultatene fra gjennomgangen av broer i Akershus og Oppland viser at behovet for feltregistrering av broer er stort ettersom mange av broene ikke er registrert i FKB-data. I eventuelle feltregistreringer vil det være til stor nytte å supplere dataene med lokal kunnskap (Gjerstadberget & Sanness, 2014). Resultatet fra gjennomgangen svarte til forventningene ettersom broer som registreres i FKB-data tolkes ut ifra flybildeprosjekter. Fordi kravet til nøyaktighet er lavt i skog og utmark (FKB-C og FKB-D) er det logisk at ikke alle broene blir funnet på flybildeprosjektene. Dette i motsetning til feltbaserte innmålinger som gjøres i områder med høyere krav til nøyaktighet (FKB-A og FKB-B).

Feilkilder ved denne metoden kan ha oppstått under lokaliseringen av samme punkt i kartet på to forskjellige kart, på to forskjellige PCer. Menneskelige feil kan også knytte usikkerhet til registreringen av både FKB-data og feltarbeidet til skogsbilveiregistrering i Oppland og Akershus 2012 og 2013. Det er også verdt å nevne at 18 av 429 punkter er feilregistreringer, noe som kan tyde på at data kan være tastet inn feil.

5.3.2 Broenes tilstand

Av alle broene som er registrert havner 214 i kategorien «Ok m.m.», 72 klassifiseres med «mindre mangler m.m.», mens det i 138 tilfeller er registrert «Større mangler m.m.». De fem feilkildene i *Tabell 8* kan se ut til å være registreringsfeil. Fire av disse er registrert med objekttype «bro», uten å være det, samtidig som de er registrert med verdi som veibom på samme sted. I ett tilfelle er det registrert objekttype «bro», men den har ikke blitt gitt noen verdi for tilstand. Ved nærmere undersøkelse fantes det hverken bro eller bom på dette stedet.

Dersom broer som har blitt registrert med «Mindre mangler m.m.» og «Større mangler m.m.» adderes for så å sammenlignes med broer som er registrert som «Ok» i forhold til «Normaler for landbruksveier», får man et nedslående resultat. Hele 49,5 % av skogsbilveibroene som er registrert i Oppland og Akershus har en tilstand som ikke tilfredsstillter kravene.

Som tidligere nevnt er registreringen avgrenset til veiklasse 3. Dersom registreringen også hadde inneholdt veier fra veiklasse 4 og 5 ville man i beste fall fått samme resultat. Kravene i veinormalen for veiklasse 4 og 5 er ikke like høye som for veiklasse 3 og er ofte mindre påkostet. Registreringen av skogsbilveier i Oppland og Akershus utelukker nybygde veier. Dersom nybygde veier hadde vært inkludert i registreringen, ville forhåpentligvis en høyere andel av broene tilfredsstilt kravene til normalen, men ettersom andelen nybygde skogsbilveier for tiden er veldig lav, vil sannsynligvis ikke en inkludering av disse gjøre store utslag på andelen som er tilfredsstilt.

5.4 Kritisk kulvertstørrelse for tømmerbiler

5.4.1 Ulike vinkler og overdekninger

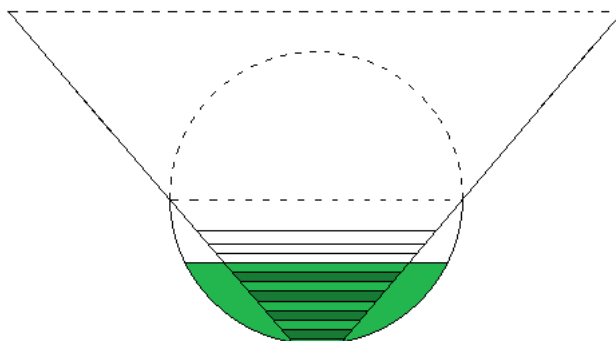
Høyden på fallet som er kritisk for tømmerbilen må ikke overstige 53,6 cm (*Formel 3*).

I *Tabell 12* ser man at maksimal størrelse for kulverter, uten at de skal være til risiko for tømmerbiler, varierer med både overdekning og vinkel det er beregnet for. Dette er forventede resultater. Ved 64° stigning vil det være et mindre areal av masser i overdekning og omfylling enn om det er 39° stigning. Arealet av massene som fylles i kulverten vil derfor være mindre og fallhøyden blir derfor høyere. Jo høyere overdekningen er, jo større areal av masser fylles i kulverten, og jo mindre blir fallhøyden. Jo større kulverten er, jo større areal skal dekkes, og fallhøyden blir derfor større dersom størrelsen på kulverten øker. Stigningene det er beregnet for er et ganske stort usikkerhetsmoment ved denne metoden. Opp gjennom årene er det brukt masser av ulike typer i omfylling og overdekning av kulverter. Disse vinklene er beregnet på grunnlag av hva som forventes å finne av masser i omfylling og overdekning over kulverter etter «Normaler for landbruksveier». Det vil derfor forventes en stigning som går fra 39° til 64°, men det kan antageligvis også forekomme både lavere og høyere grad av stigning i kollapsede kulverter.

5.4.2 Unøyaktigheter ved beregningene

Som resultat av beregningene ble det oppdaget at dersom arealet som fylles i kulverten er mindre enn halve kulverten, vil beregningene være unøyaktige. Dette er fordi høyden beregnes etter formen på et trapes. Hvis det ikke er nok masser til å dekke halve kulverten, blir det unøyaktig å beregne etter trapesformen. Dette er illustrert i *Figur 32*. Av trapesformen i figuren ser man hvordan arealet blir beregnet i slike tilfeller. Det skraverte arealet i trapeset er slik massene vil fordele seg ved bruk av *Formel 4*. «h2» vil i disse tilfellene komme ut med en negativ høyde. Det grønne arealet i figuren er slik massene egentlig vil fordele seg.

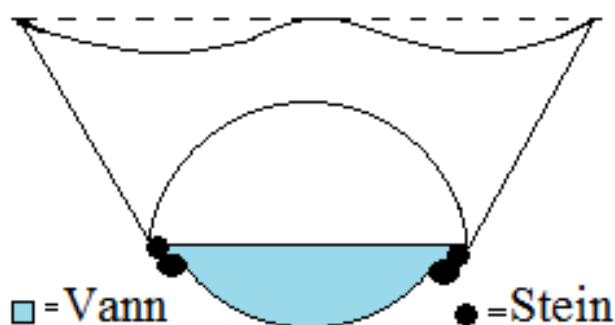
Dersom arealet i massene ikke er tilstrekkelig til å dekke halve kulverten vil fallhøyden være større enn den er ved beregningene i oppgaven. I beregningene gjort i denne oppgaven vil disse unøyaktighetene (*Figur 32*) inntreffe ved 64° helning og 10 cm overdekning (*Figur 30*).



Figur 32: Illustrerer hva som skjer hvis arealet av massene ikke er nok til å dekke halve kulverten.

5.4.3 Usikkerhetsmomenter ved kollaps

Det er flere usikkerhetsmomenter rundt en eventuell kollaps av en kulvert. I løpet av feltarbeidet ble det oppdaget en kulvert som hadde kollapset, denne er avbildet i *Figur 23*. Denne kulverten av stål hadde rustet langs vannlinjen, før den så smuldret opp. Delen av kulverten som har vært over vannlinjen var i forholdsvis god stand, kulverten har derfor bare sunket litt sammen. Dette har gjort at det har vært masseforflytninger i overdekning og omfylling. På hver side av kulverten er det derfor store forsenkninger. Dette er illustrert i *Figur 33*. Dersom vannlinjen hadde stått høyere eller lavere i kulverten kan man tenke seg at masseforflytningene og forsenkningene hadde sett annerledes ut.



Figur 33: Kollapset kulvert. Figur 23 er her illustrert. Stiplet linje er tidligere veilinje, mens vi ser ny veilinje like under i to forsenkninger på hver side av kulverten. I vannlinjen finnes steiner som er benyttet i underbygningen.

En kulvert som kollapse trenger derfor ikke kollapse fullstendig. Som illustrert i *Figur 33* kan den også kollapse delvis. Ved kollaps trenger ikke kulverten å kollapse i hele veibredden for at det skal få konsekvenser. Selv om en kollapset kulvert bare skulle føre til kollaps i deler av veibredden, kan det forårsake en fare for at tømmerbilen kan velte, dersom bilens hastighet og skjevheten i kollapsen er stor nok.

Det er usikkert om en kollaps av kulvert vil føre med seg skade på tømmerbil og personer. Etter beregningene i denne oppgaven kan det fastslås at kulvertstørrelse, overdekning og masser i overdekning og omfylling vil spille inn. I tillegg er det flere momenter som ikke er beregnet i denne oppgaven. Dette er for eksempel tømmerbilens hastighet når en kulvertkollaps inntreffer, i tillegg til at ulike tømmerbiler vil kunne takle kollapsen forskjellig fordi de har ulike kjøreegenskaper.

5.5 Klima

5.5.1 Klimaendringers påvirkning på skogsbilveier

Som nevnt i kapittel 1.1 har skogsbilveiene tre fiender, og det er vann, vann og vann. I veisystemet fungerer grøfter, kulvert og broer som drenerende systemer som skal ta unna for avrenning. Mengde og intensitet i nedbør er faktorer som avhenger av klima og eventuelle klimaendringer. *Figur 5* viser at det har vært en økning i årsnedbør i Norge siden 1980-tallet. I *Figur 6* kommer det fram at temperaturen har økt signifikant siden 1965. Disse endringene har ført til en økning i avrenningen om vinteren med 23 %, mens avrenningen er noe redusert om sommeren. Ifølge Hanssen-Bauer, et al. (2009) vil den gjennomsnittlige temperaturen og nedbøren fortsette å øke i framtiden, særlig om vintrene. Dette vil kunne føre til økt avrenning i vinterhalvåret. Størrelsen på regnflommene vil også sannsynligvis øke, noe som vil være en utfordring i bratte områder. Disse økningene vil være forskjellige i de ulike landsdelene. Generelt kan det sies at økt nedbør over kortere tidsperioder vil sette større krav til skogsbilveienes dreneringssystem. Dette øker interessen av å georeferere broer og kulverter.

5.5.2 Usikkerhet knyttet til klimaframskrivninger

Det er knyttet stor usikkerhet til klimaframskrivninger. Usikkerheten kan deles inn i fire kategorier; naturlig klimavariasjon, naturlig klimapådriv, menneskeskapt klimapådriv og ufullstendig kunnskap. Naturlig klimavariasjon er tilfeldige og naturlige variasjoner i klima, med forskjellig utstrekning i geografi og tid. Naturlig klimapådriv er slik naturen selv styrer klimaet, slik som for eksempel vulkanutbrudd og stråling fra solen. Menneskeskapt

klimapådriv derimot er samlet effekt av klimautslipp skapt av mennesker, mens ufullstendig kunnskap vil være et resultat av forenklinger, svakheter og mangler ved klimamodellene som benyttes for å beskrive dagens og framtidens klima (Hanssen-Bauer, et al., 2009). Det kan med andre ord ikke fastslås hvordan klimaet vil utvikle seg. Det kan allikevel lønne seg å gå ut ifra, og følge forventningene til, at man i framtiden vil få et villere og våtere klima. Dette fordi man da vil være forberedt på mer ekstreme værforbehold, og på den måten forhåpentligvis oppnå veier som har lengre levetid og tåler større påkjenninger.

5.6 Georeferering av kulverter ved hjelp av 3D-georadar

3D-georadar er som tidligere nevnt benyttet til å identifisere rør som har en diameter ned til 10 cm, og mulighetene for å georeferere kulverter på skogsbilveier burde derfor være til stede (SINTEF, 2011). I bynære strøk og på det offentlige veinettet blir 3D-georadar i stadig større grad benyttet til registrering av veikroppen. Romanian National Company of Motorways and National Roads, gjennomførte i 2007 en kartlegging av kulverter over 700 km vei med 3D-georadar (Ramböll, u.d.).

Ved bruk av 3D-georadar vil man også kunne avdekke kulverter som er vanskelig å identifisere ved vanlig feltregistrering. Parametere det kan være mulig å registrere i tillegg til georeferering kan for eksempel være; diameter, overdekning og forskjellige former på kulverter, som kuv i rør og flatklemte rør. I tillegg vil man få ut en kontinuerlig profil av hele skogsbilveien, der de ulike lagene med massetyper i veikroppen vil være synlige. For å bestemme de ulike massetypene, kan det være nødvendig med prøvegraving.

Foreløpig er en 3D-georadar, som vist i *Figur 14*, en kostbar investering, og vil først være aktuell dersom hele veilengden kartlegges. Jan Bjerketvedt⁴ mener at etter hvert som metoden blir mer utviklet og utbredt er kostnadene forventet å synke.

⁴ Førsteamanuensis Jan Bjerketvedt, personlig meddelelse, 26.06.14.

6 Konklusjon

Alle laserdata for broer som er undersøkt er også registrert i FKB-data. Det er derfor liten grunn til å velge laserdata som utgangspunkt for registrering av broer på skogsbilveier.

FKB-data inneholder 66 % av skogsbilveibroene som er registrert ved feltbefaring. Antall skogsbilveibroer som ikke følger «Normaler for landbruksveier» er urovekkende høyt (49,5 %).

Ut ifra disse resultatene vil jeg for georeferering av skogsbilveibroer anbefale å benytte eksisterende registreringer fra FKB, supplert med lokalkunnskap fra kjentfolk. Kjentfolk kan være tømmerbilsjåførere, skogbruksledere, skogbrukssjefer, skogeiere med flere. Kjentfolk bør benyttes for å sikre at alle skogsbilveier blir registrert. Ved å supplere dataene med informasjon fra flere kjentfolk vil man oppnå høyere nøyaktighet. Skogsbilveier som er bygget med tilskudd er registrert i Veiarkivet hos Fylkesmannen og skogbrukssjefen med veinavn og nummer. I «Søknad om tilskudd til vegbygging» angis antall planlagte broer på veien (Statens landbruksforvaltning, 2014). Veiarkivet kan derfor være til hjelp for å finne ut hvilke skogsbilveier det finnes broer på.

37 % av kulvertene ble funnet på kart i forkant av feltarbeidet. Det kan være mulig å georeferere kulverter større enn 1000 mm og broer ved hjelp av en GIS-analyse der man registrerer punkter der vann/elv/bekk krysser vei, men materialet i oppgaven er for lite til å dra noen generelle slutninger ettersom kun fire kulverter har en diameter større enn 1000 mm. Antall kulverter med skader er forholdsvis høyt (56 %). Hadde ikke kulvertene tilstrekkelig overdekning var hele 70 % skadet. Ved kulverter med tilstrekkelig overdekning har langt færre kulverter skader (29 %). Disse resultatene stemmer godt overens med Juliussen (2006).

Hvordan man skal georeferere kulverter avhenger av om man ønsker å registrere kulverter over 1000 mm, eller samtlige kulverter. For store kulverter over 1000 mm i diameter kan det være mulig å benytte seg av GIS-analyse for punkter der vann/elv/bekk krysser vei. For å konkludere på dette området må det gjennomføres en større studie med flere store kulverter enn det er benyttet i denne oppgaven.

På bakgrunn av skader ved undersøkte kulverter, og mulige framtidige klimaendringer, kan det være behov for å georeferere kulverter med størrelse ned til 250 mm. Dette var kravet til minste indre diameter i veinormalene fram til de ble økt til 300 mm i 1992. Man kan

argumentere for at disse kulvertene bør justeres opp til 300 mm diameter, da de drenerende systemene ved skogsbilveiene vil kunne måtte ta unna økt avrenning i framtiden. Dersom diameter for kritisk kulvertstørrelse for tømmerbil ved kollaps av kulvert veier tyngst, er det som vist i *Tabell 12* tilstrekkelig å georeferere kulverter over 890 mm.

For georeferering av samtlige kulverter over 250 mm vil det være behov for et omfattende feltarbeid. Dette arbeidet kan muligens lettes ved benyttelse av 3D-georadar på eksisterende skogsbilveinett, og benyttelse av Softtree/Gemini eller annen skogsveiprosjekteringsprogramvare ved nybygging, oppgradering og ombygging. Parametere som er ønskelig å legge inn for hver enkelt kulvert i veiregisteret er i forbindelse med dette; diameter, lengde, årstall, materiale og overdekning. Antall ønskelige parametere er økende med kulvertens diameter.

Kort fortalt har arbeidet med denne masteroppgaven ført til følgende konklusjoner:

- For georeferering av skogsbilveibroer anbefales det å benytte eksisterende registreringer fra FKB, supplert med lokalkunnskap fra kjentfolk.
- For georeferering av kulverter over 250 mm vil det være behov for et omfattende feltarbeid. Dette arbeidet kan lettes ved bruk av 3D-georadar og prosjekteringsprogramvare.
- Kritisk kulvertstørrelse for tømmerbil ved kollaps av kulvert er 890 mm.
- Parametere som er ønskelig å legge inn for hver enkelt kulvert i veiregisteret er; diameter, lengde, årstall, materiale og overdekning.

Dette kunne vært interessant å se mer på i videre studier:

- GIS-analyse av punkter der vann/elv/bekk krysser vei med et langt større antall broer og kulverter med diameter over 1000 mm enn benyttet i denne oppgaven.
- Hvilke muligheter bruk av 3D-georadar vil ha for å kunne georeferere kulverter og skogsbilveibroer.
- Hvilke muligheter bruk av 3D-georadar vil ha for å kunne beskrive kvaliteten til kulverter og skogsbilveibroer.
- Dimensjonering av kulverter (og broer) med utgangspunkt i terrengdata fra laserskanning.

Referanser

- Askheim, S., 2013. *Store norske leksikon*. [Internett]
Available at: <http://snl.no/Akershus>
[Funnet 16 6 2014].
- Asper, A., Nordli, H. A. & Sanness, B., 2012. *Registrering av skogsbilveier - Rapport for Akershus - 2012*, s.l.: Viken Skog/Mjøsen Skog.
- Bardalen, A., 2014. *Skog og landskap*. [Internett]
Available at:
http://www.skogoglandskap.no/nyheter/2014/Skogsbilveier_i_endret_klima/newsitem
[Funnet 17 6 2014].
- Bjerketvedt, J., 2014. *Hva kan skogbruket gjøre for å forebygge skader knyttet til skogsbilveger?*. Gardermoen: Skog og tre.
- Bårdsgård, H., 2014. *Nationen*. [Internett]
Available at: <http://www.nationen.no/naering/mange-kommuner-noler-med-vektokning-for-tommerbiler/>
[Funnet 4 6 2014].
- Christoffersson, P. & Johansson, S., 2011. *Rehabilitation of the forest road timberleden - Design proposals*, Luleå: ROADEX.
- Dekkdimensjoner.no, 2010. *Dekkinformasjon*. [Internett]
Available at: <http://dekkdimensjoner.no/?p=dekkinformasjon>
[Funnet 11 6 2014].
- Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap, 2013. *Evaluering av myndighetenes forebyggingsarbeid og håndtering av flommen i 2013*, Tønsberg: DSB.
- Dåsnes, H., 2013. *Produktspesifikasjon - Nasjonal modell for høydedata fra laserskanning (FKB-Laser)*, s.l.: Statens kartverk.
- Fergus, T. et al., 2011. *Skogsveger og skredfare - veileder*, Biri: Skogbrukets Kursinstitutt.
- Fylkesmannen i Oslo og Akershus, 2014. [Internett]
Available at:
<http://www.fylkesmannen.no/Documents/Dokument%20FMOA/Landbruk%20og%20mat/Skogbruk/Retningslinjer%20tilskudd%20vei,hest%20oa%202014.pdf>
[Funnet 17 6 2014].
- Gjerstadberget, E. & Sanness, B., 2014. *Registreringer av skogsbilveier i Oppland - Rapport for Oppland - 2012 og 2013*, s.l.: Fylkesmannen i Oppland/Mjøsen Skog.
- Grinderud, K. et al., 2008. *GIS - Geografiens språk i vår tidsalder*. 1 red. Oslo: Tapir Akademiske Forlag.
- Hanssen-Bauer, I. et al., 2009. *Klima i Norge 2100. Bakgrunnsmateriale til NOU klimatilpasning*, Oslo: Norsk klimasenter.

- Johnsrud, T.-E., 2012. *Inspeksjon av bruer på landbruksveger*, Biri: Skogbrukets Kursinstitutt.
- Johnsrud, T.-E., 2013. *Normaler for landbruksveier med byggebeskrivelse*, s.l.: Landbruks- og matdepartementet.
- Juliussen, Ø., 2006. *Kvalitetsvurdering av kulverter i plast, stål og betong - Masteroppgave*, Ås: Institutt for naturforvaltning - Universitet for miljø- og biovitenskap.
- Kartverket, 2013. *Om geovekstsamarbeidet*. [Internett]
Available at: <http://www.statkart.no/Kart/Geodatasamarbeid/Geovekst/Om-Geovekstsamarbeidet/>
[Funnet 6 6 2014].
- Kartverket, 2014. *SOSI programmer og verktøy*. [Internett]
Available at: <http://www.statkart.no/Standarder/SOSI/Programmer-og-verktoy/>
[Funnet 1 7 2014].
- Kartverket, u.d. *SOSI*. [Internett]
Available at: <http://www.statkart.no/Standarder/SOSI/>
[Funnet 8 7 2014].
- Lyshaug, S., Nordli, H. A. & Sanness, B., 2012. *Registrering av skogsbilveier - Rapport for Oppland - 2012*, s.l.: Fylkesmannen i Oppland/Mjøsen Skog.
- Løvenskiold, F. C., 2006. *Optimale broløsnings på skogsbilveger - Masteroppgave*, Ås: Institutt for naturforvaltning - Universitetet for miljø- og biovitenskap.
- MASCUS, 2013. *MASCUS*. [Internett]
Available at: <http://www.mascus.no/transport/tommerbiler/scania-r620/rsnrjgek.html>
[Funnet 11 6 2014].
- Meteorologisk institutt, u.d. *Meteorologisk institutt*. [Internett]
Available at: http://met.no/Klima/Klimautvikling/Klima_siste_150_ar/Hele_landet/
[Funnet 2 6 2014].
- Paule, T., 2012. *Geovekst - et vellykket samarbeid om digital kartlegging*, s.l.: Geovekst.
- Ramböll, u.d. *Georadar*. [Internett]
Available at: <http://rst.ramboll.se/~media/Files/RSE/RST/Georadar1>
[Funnet 5 7 2014].
- Regjeringen, 2013. *Tiltakspakke for skogsektoren*. [Internett]
Available at: <http://www.regjeringen.no/nb/dokumentarkiv/stoltenberg-ii/nhd/Nyheter-og-pressemeldinger/pressemeldinger/2013/tiltakspakke-for-skogsektoren.html?id=725479>
[Funnet 4 6 2014].
- Reusch, M., 2013. *Store norske leksikon*. [Internett]
Available at: <http://snl.no/%C3%98stmarka>
[Funnet 3 6 2014].

- SINTEF, 2011. *Radar som går i dybden*. [Internett]
Available at: <http://www.sintef.no/Presserom/Forskningsaktuelt/Radar-som-gar-i-dybden/>
[Funnet 1 5 2014].
- Skogavdelingen i Landbruksdepartementet , 2002. *Normaler for landbruksveger med byggebeskrivelse* , Oslo: Landbruksdepartementet .
- Solomon, S. et al., 2007. *IPCC: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Statens kartverk, 2013. *SOSI Del 3 Produktspesifikasjon for FKB - Bygningsmessige anlegg*. [Internett]
Available at:
<http://www.statkart.no/Documents/Standard/SOSI%20kap3%20Produktspesifikasjoner/FKB02/6-BygningsmessigeAnlegg-2013-01-01.pdf>
[Funnet 15 6 2014].
- Statens landbruksforvaltning , 2014. *slf.dep.no*. [Internett]
Available at: file:///C:/Users/Bruker/Downloads/SLF-903_B.pdf
[Funnet 1 7 2014].
- Statens vegvesen, 2013a. *60 tonns tømmervogntog*. [Internett]
Available at: <http://www.vegvesen.no/Hovedside/60-tonns-t%C3%B8mmervogntog>
[Funnet 4 6 2014].
- Statens vegvesen, 2013b. *Georadar*. [Internett]
Available at:
<http://www.vegvesen.no/Fag/Teknologi/Vegteknologi/Tilstandsregistrering+p%C3%A5+veg/Georadar>
[Funnet 26 6 2014].
- Thorsnæs, G., 2013. *Store norske leksikon*. [Internett]
Available at: <http://snl.no/Oppland>
[Funnet 16 6 2014].
- Tomter, S. M. & Dalen, L. S., 2014. *Bærekraftig skogbruk i Norge*, Ås: Norsk institutt for skog og landskap.
- Wahl, R. et al., 2012. *Programplan 2012-2015 for etatsprogrammet "NATURFARE - infrastruktur, flom og skred (NIFS)*, Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.
- Wernersen, C., 2014. *NRK*. [Internett]
Available at: <http://www.nrk.no/norge/kritisk-til-skogsveisatsning-1.11642485>
[Funnet 17 6 2014].
- Woxholt, S., 2013. *Skog og landskap*. [Internett]
Available at:
http://www.skogoglandskap.no/nyheter/2013/storre_tommerbiler_gir_mindre_co2_utslipp/nesitem
[Funnet 04 06 2014].



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Postboks 5003
NO-1432 Ås
67 23 00 00
www.nmbu.no