

Øyvind Juliussen

**Kvalitetsvurdering av kulverter
i plast, stål og betong**

Quality evaluation of culverts
made of plastic, steel and concrete

Universitetet for miljø- og biovitenskap
Norwegian University of Life Sciences

Institutt for Naturforvaltning
Mastergradsoppgave 30 stp. 2006



Forord

Dette er ei masteroppgave skrevet ved Institutt for naturforvaltning (INA), Universitet for miljø- og biovitenskap. (UMB)

Grunnen til at jeg valgte denne oppgaven fra de aktuelle oppgavene vi kunne velge mellom var at det virket som et interessant tema. Jeg ble nysgjerrig på hvilke resultater undersøkelsen ville gi.

Veilederne for oppgaven min har vært Jan Bjerketvedt og Jørn Lileng på Skogforsk. Takk for god veiledning underveis i arbeidet med oppgaven.

Jeg vil også sende en stor takk til Ingvald Pedersen, tidligere teknisk fylkesskogmester i Hedmark, som har vært til stor hjelp.

Og til slutt vil jeg sende en stor takk til mine gamle medstudenter Ole Christian Løchen, Rune Saurset og Monica Hagenborg som har hjulpet meg med gjennomlesning, innspill og korrektur.

Ås, 15. Januar 2006

Øyvind Juliussen

Innhold

Sammendrag	2
1.0 Innledning	3
1.1 Bakgrunn	3
1.2 Målsetting	4
2.0 Materiale og metode	5
2.1 Utvalg av kulverter	5
2.2 Undersøkesskjemaet	5
2.3 Hensikten med undersøkelsen	6
2.4 Fremgangsmåte	7
2.5 Databehandling	8
2.6 Leggeavising	9
3.0 Resultater	12
3.1 Sammentrykning	12
3.2 Punktering	14
3.3 Fraglidning	18
3.4 Buede kulverter	21
3.5 Overbygning	24
3.6 Totalvurdering	30
4.0 Diskusjon	34
4.1 Datamaterialet	34
4.2 Feilkilder og svakheter ved undersøkelsen	35
4.3 Sammentrykking	36
4.4 Punktering	37
4.5 Fraglidning	38
4.6 Buede kulverter	39
4.7 Overbygning	41
4.8 Totalvurdering	42
5.0 Konklusjon	43
6.0 Litteratur	44
3 Vedlegg (Inkludert cd)	

Sammendrag

Skogbruket i Norge er avhengig av et velfungerende og godt vedlikeholdt skogsbilveinett. Dette er avgjørende for å få tømmerresursene kostnadseffektivt ut av skogen. Med det kupert og varierende terrenget vi har i landet er det helt nødvendig å ha veier som gjør tømmeret mer tilgjengelig. Noe som er veldig viktig for at en skogsbilvei skal fungere, er at den blir ordentlig drenert og at det ikke står vann i grøftene slik at veikroppen blir bløt og mister bæreevnen. Her er kulverter meget sentralt.

Høsten 2005 ble 8 veier med totalt 160 kulverter fra 1970 til 2000 undersøkt i kommunene Elverum og Åmot. Målet med undersøkelsen var å forsøke å finne ut hvilke kulverter som har holdt best av betong, stål og plast. Kulvertene fordelte seg på 55 betongkulverter, 52 stålkulverter og 53 plastkulverter. Alle kulvertene ble undersøkt for å kartlegge om de var utsatt for skade. Aktuelle skader på kulvertene var; sammentrykning, punktering, fraglidning, buede kulverter. Samt registrering av høyden på overbygning.

Datamaterialet ble bearbeidet og analysert. På grunnlag av dette kunne vi sammenfatte en totalvurdering.

Totalvurderingen viste at betongkulvertene kom dårligst ut med hele 62 % skadde kulverter av totalt 55 betongkulverter. Nest best var plastkulvertene med 34 % skadde at totalt 53 plastkulverter. Og best ut kom stål med 12 % skadde av totalt 52 stålkulverter.

1.0 Innledning

1.1 Bakgrunn

Norske skoger er dekket av et stort skogsbilveinett. Et velfungerende og godt vedlikeholdt skogsbilveinett er helt avgjørende for å få tømmerresursene kostnadseffektivt ut av skogen. Med det kupert og varierende terrenget vi har i landet er det helt nødvendig å ha veier som gjør tømmeret mer tilgjengelig. Skogeier får som kjent betalt for tømmeret levert ved vei. Blir driftsveilegden for lang vil det ikke være lønnsomt å drive skogbruk. Derfor er det viktig at vi har et velfungerende veisystem som dekker hele det produktive skogarealet.

Noe som er veldig viktig for at en skogsbilvei skal fungere, er at den blir ordentlig drenert og at det ikke står vann i grøftene slik at veikroppen blir bløt og mister bæreevnen. Her er kulverter meget sentralt.

Definisjonen på en kulvert er et vanngjennomløp på tvers av veien med overliggende fylling og åpent inn- og utløp. Definisjonen på en stikkrenne er en kulvert med maksimum diameter på 1000 mm. (Landbruksdepartementet 1997). Jeg har for enkelhets skyld valgt å konsekvent bruke benevnelsen kulvert.

Skogeieren er pålagt å utføre vedlikehold på veier hvor det ytes statstilskudd, investeringslån og/eller brukt skogavgift. (Landbruksdepartementet 1992).

Etter å ha gjennomført et litteraturstudium fant jeg ingen tidligere undersøkelser som ser på forskjellene mellom kulverter av betong, stål og plast. Kun en liten undersøkelse som har blitt utført på Kvamsfjellet. Hvor det kun ble kontrollert totalt 15 kulverter av betong og plast. (<http://www.basal.no> 2005). Det er også sett på kulverter ved veivedlikeholdskontroll, men der er kulverter bare tatt med som en liten del, og de er kun vurder om de skal skiftes ut eller ikke.

Jeg ble derfor interessert i å se om det kunne finnes noen forskjeller mellom disse tre kulvert typene. De skal alle være jevn gode produkter med like god holdbarhet hvis de er lagt ned på riktig måte.

1.2 Målsetting

Hovedmålet med denne masteroppgaven er å finne ut hvilke type kulvert som har best holdbarhet.

Oppgaven er delt opp i 3 delmål.

Delmål 1: Utarbeide undersøkelsesskjema og gjennomføring av feltundersøkelsene.

Delmål 2: Systematisere og organisere datamaterialet slik at det kan analyseres.

Delmål 3: Analysere datamaterialet.

Gjennom disse tre delmålene skal jeg komme fram til hovedmålet.

2.0 Materiale og metode

2.1 Utvalg av kulverter

Målet med denne masteroppgaven er å undersøke kulverter av betong, plast og stål for å se om jeg kan se hva som er best. For å komme fram til dette ble det undersøkt totalt 160 kulverter lagt på 70, 80 og 90 tallet i kommunene Åmot og Elverum. Kulvertene var fordelt på 8 veier. Hovedårsaken til at jeg tok utgangspunkt i nettopp disse kommunene er at massene som er blitt brukt i vegene kun er stedeagne masser. (Personlig meddelelse Ingvald Pedersen, tidligere teknisk skogmester i Hedmark). Grunnforholdene i dette området er homogent, noe som skulle tilsi at de undersøkte kulverter burde ha de samme forutsetningene for varighet hvis en tar grunnforholdene i betraktning. En annen grunn til valget av disse kommunene er at jeg er godt kjent der, dette gjorde det lettere for meg og finne fram til de veiene jeg ønsket å undersøke kulvertene på.

For å finne veier som var bygd eller opprustet fra de aktuelle tiårene tok jeg kontakt med tidligere teknisk fylkesskogmester i Hedmark, Ingvald Pedersen. Han hjalp meg med å skrive ut navnene på de aktuelle veiene fra databasen hos Fylkesmannen, og å finne kart og kontaktpersoner til de fleste av de aktuelle veiene.

2.2 Undersøkelsesskjemaet

Før feltarbeidet tok til ble det utarbeidet et undersøkelsesskjema for å registrere data om kulvertene. (Se vedlegg 1) På skjemaet ble følgende registrert:

- Veiens navn.
- Vei nummer.
- Kommune.
- Bygge år.
- Hva slags type kulvert som var brukt (betong stål eller plast).
- Hva slags bæreevne det er på veien der kulverten ligger. Bæreevnen ble visuelt inndelt i kategoriene god eller dårlig.
- Total vurdering av kulverten (om den er ok eller om den er skadd).

Skadene ble delt inn i følgende kategorier:

- Om kulverten er sammentrykket.
- Om kulverten er punktert.
- Om kulverten har glidd fra hverandre i skjøtene.
- Om det er skade på innløpet.
- Om det er skade på utløpet.
- Om kulverten er buet.

Deretter registrerte jeg:

- Høyde på overbygningen.
- Kulvertens lengde. (I cm).
- Kulvertens diameter. (I mm).
- Om kulverten har tinerør.
- Om kulverten ligger i bakke.
- Om kulverten ligger skrådd riktig. (Dette er viktig for å drenere grøfta best mulig dersom kulverten ligger i en bakke.
- Om kulverten ligger med fall.
- Om fallet er tilfredsstillende.
- Om det er synkekum ved innløpet.
- Om det er fare for erosjon ved utløpet.
- Bilde.

2.3 Hensikten med undersøkelsen

Hensikten med undersøkelsen var å finne ut hvilke kulverter som har holdt best av betong, stål og plast.

Det ble registrert mange aspekter som ikke er direkte knyttet til hvordan selve kulverten har holdt. Dette ble gjort for å skaffe et mer helhetlig bilde av kulvertene. Oppgaven har lagt vekt på skader på kulverten som ikke er et resultat av ytre fysiske påvirkning. Undersøkelsen har tatt utgangspunkt i leggeanvisningen av Landbruksdepartementet 1997. (Kap 2.6).

Faktorene som er viktigst for å kunne si noe om holdbarheten til de ulike kulvertene er:

- Om kulverten er sammentrykket. Dette er mest aktuelt for stål- og plastikk kulverter.
- Om kulverten er punktert.
- Om kulverten har glidd fra hverandre i skjøtene. Dette er mest aktuelt for betong kulverter, men også for plastikk- og stål kulverter som er skjøtet.
- Om kulverten er buet.
- Høyde på overbygningen.

2.4 Fremgangsmåte

Utstyr jeg benyttet meg av ved feltundersøkelsen var:

- Målebånd.
- Vater.
- Tommestokk.
- Lommelykt.
- Fotoapparat.

Målebåndet ble brukt til å måle kulvertens lengde, mens vateret ble benyttet til å måle fall på kulverten. Kulvertens diameter og overbygningen over kulverten ble målt med tommestokk. Lommelykt ble benyttet når kulvertene ble inspisert innvendig. Dette er ganske viktig da det er enklere å oppdage tegn på skader hvis man får tilstrekkelig med lys. Det ble også benyttet et digitalt fotoapparat for å ta bilder av alle kulvertene der dette var mulig. Dette ble gjort for å ha en referanse til kulvertene når datamaterialet skulle behandles videre. Samt for å ha muligheten til å evaluere bildene opp i mot registreringene for å unngå feil.

Kulvertens lengde er ikke så relevant for det jeg skulle undersøke. Jeg valgte likevel å utføre målingen for å se om kulverten oppfyller de normer som er laget av Landbruksdepartement 1997. Det samme gjelder når jeg målte fallet i kulverten. Dette er heller ikke direkte relevant for mine undersøkelser, men det er med på å danne et mer helhetlig bilde av kulverten, og kan brukes til å identifisere skader på kulverten. Til å måle fallet ble det benyttet et vater. Da det ofte er ulendt og vanskelig å komme til ved inn- og utløp av kulverten var dette et meget hensiktsmessig verktøy. Med vateret kunne kulvertens fall måles, dersom jeg visuelt ikke kunne observere at det rant vann gjennom kulverten. Fallet ble kun inndelt i godkjent og ikke godkjent fall. Med ikke godkjent fall menes der det ikke var fall, eller at fallet var minimalt slik at transporten av vann gjennom kulverten gikk veldig sakte. For å måle diameteren på kulverten og høyden på overbygningen ble det benyttet en tommestokk. Diameteren på

kulverten har heller ikke noen betydning for hvordan kulverten har holdt, men den er avgjørende for kravet til høyden på overbygningen. Overbygningen er viktig for hvordan kulverten har holdt. At høyden på denne ligger innenfor de normer som er gitt av Landbruksdepartementet for de ulike kulverttypene er meget sentralt. Det er ingen måte å fastslå hvilke masser som er blitt benyttet i overbygningen uten å grave fram kulverten, slik at det eneste som har blitt registrert når det gjelder overbygningen er høyden på dem. Kravet til høyden på overbygningen til stålkulverter er minimum 30 cm, mens det er minimum 50 cm for plast- og betongkulverter. (Landbruksdepartementet 1997). Høyden på overbygningene ble konsekvent målt over innløpet av kulverten.

Da det er vanskelig å måle om kulverten er sammentrykket, punktert, glidd fra hverandre eller buet ble det kun visuelt sett på kulvertene og gitt anmerkninger for de skadene som ble observert.

2.5 Databehandling

Alle data registrert under feltarbeidet ble skrevet ned for hånd på undersøkelsesskjemaer (se vedlegg x), deretter ble de registrert i regnearket Microsoft Excel. Dette ble gjort for å ha en original å kikke på hvis et elektronisk uhell skulle oppstå, samtidig som det var den mest praktiske måten å gjøre det på for videre data behandling. Alle kulvertene ble delt inn i to perioder, de kulvertene som var fra 1970 til 1985 var periode 1. Og de kulvertene som var fra 1985 til 2000 var periode to. Dette ble gjort for å forsøke å få et større jevnere antall kulverter i hver periode i stedet for å for eksempel dele opp i ti år hvor man kanskje ville ha manglet en kulverttype i noen årtier.

Alle skadene ble inndelt i kulverttyper og tidsperioder, videre oppsummert og framstilt i tabeller og vist i figurer.

Det ble valgt å ikke kjøre noen videre statistiske tester på resultatet av undersøkelsen. Årsaken til dette er at resultatet av undersøkelsen var så klart at det ble vurdert som unødvendig å kjøre noen statistiske tester.

2.6 Leggeavisning

Felles leggeanvisning

a) Generelt

Røret skal legges med overhøyde mot midten av veien for å kompensere for fremtidig setninger. Overhøyden bør utgjøre ca 5 cm. Ved bruk av betongrør skal det graves ut for muffen.

Rør skal legges i grusblandet, telefritt materiale med maksimum steinstørrelse på 50 mm. Massene må ikke inneholde is, snø eller teleklumper. Store punktblastninger og skadelige deformasjoner på røret må unngås.

Stikkrenner bør følge bekkens lengderetning. Kunstig vinkel ved innløp og utløp må unngås. Stålrør må ikke legges med større fall enn 10 %. Ideelt bør fallet være fra 1 til 6 %. På plast- og betongrør bør fallet være 3 – 7 %. Ved legging av plast- og stålrenner med større enn 600 mm innvendig diameter, bør enden av stikkrenna skrånkjæres etter terrengets helning.

b) Legging på fast grunn (ikke leire, kvabb, torv o.l)

Røret kan legges direkte på grøftebunn. Når denne består av fjell eller stein, skal det foretas en avretting med finpukk eller grus i hele rørets lengde. Ved telefarlig grunn bør røret legges på grusseng.

c) Legging på løs grunn

På løs grunn, for eksempel torv og kvabb, skal røret legges på en flåte av rundvirke eller plank. Flåten skal dekket med et ca 10 cm tykt gruslag slik at hulrom i og under flåten fylles igjen. Fiberduk bør brukes når det er fare for masseblanding. Duken legges da under eventuelle kavler. Ved bruk av betongrør skal det brukes friksjonsmasser for å unngå setninger i rørledningen.

d) Omfylling / overdekning

Stikkrenna holdes i stilling med nødvendig støtte under omfyllingen. Omfyllingen (gjenfylling omkring røret) skal foretas i sjikt på 10 – 40 cm tykkelse på begge sider av røret og komprimeres helt ut mot grøftens side slik at fullgod sidestøtte oppnås. Ved bruk av betongrør er maksimal tillat steinstørrelse inntil røret 150 mm. Komprimeringen bør utføres til

ca 20 cm over toppen av røret, men maskinell pakking direkte over røret skal ikke skje før overdekningen er minimum 30 cm.

Overdekningen

Kravet til overdekning er forskjellig for de ulike stikkrennene.

Stål:

Overdekningen (inklusive bærelag og grusslitelag) avhenger av rørdiameter, **men skal minimum være 30 cm**. For rør > 800 mm kan følgende formel nyttes for å finne minimum overdekning:

$$\frac{\text{Diameter cm}}{8} + 20 \text{ cm} = \text{min. overdekning}$$

Eks.: Minimum overdekning for diameter 1200 mm:

$$1200 \text{ cm} / 8 + 20 \text{ cm} = 35 \text{ cm}$$

Den gjelder veiklassens krav til bærelag- og slitelagsmasser (bl.a tykkelse) skal følges ved gjenfyllingen.

Maksimum overdekning er 6,0 meter.

Plast:

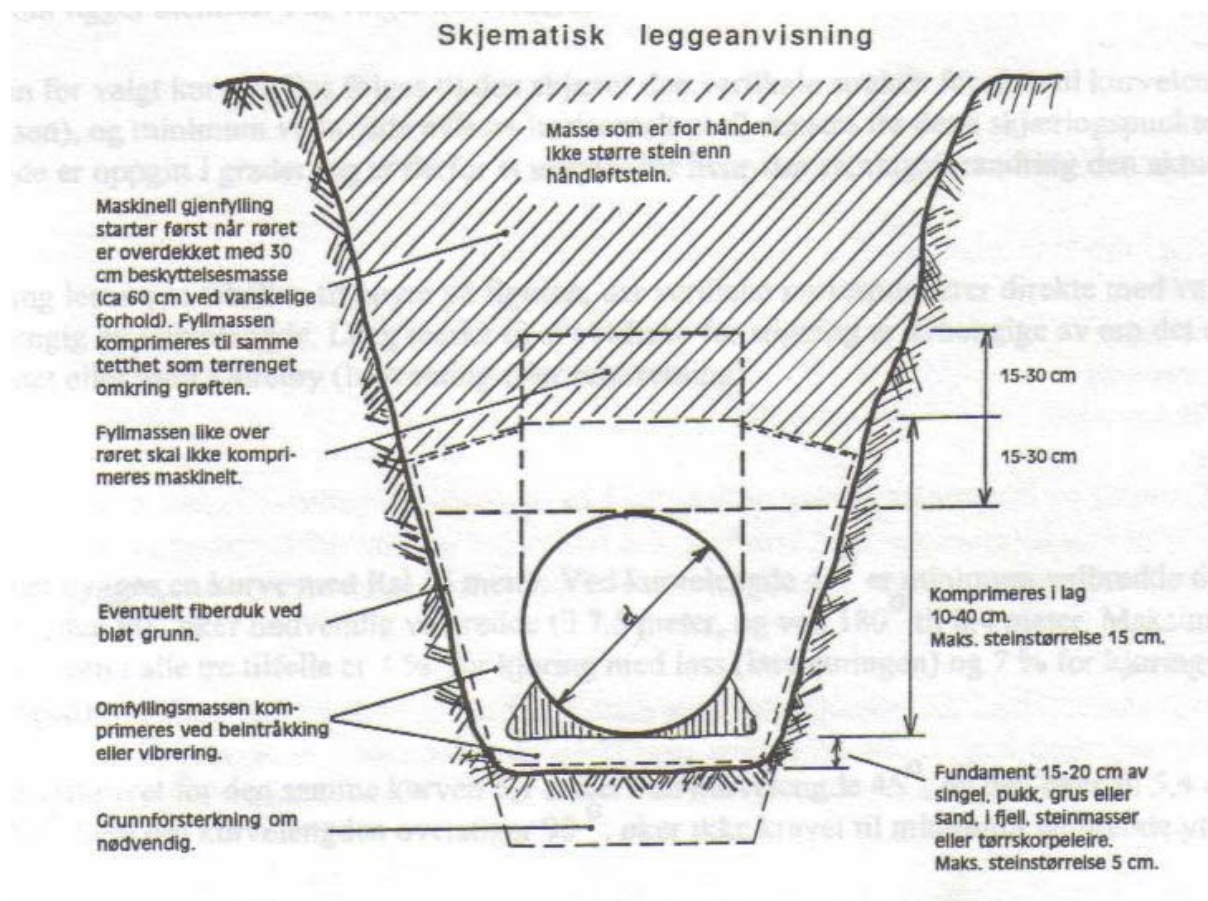
Overdekningen **bør være minimum 50 cm**. Den gjeldende veiklasses krav til bærelag- og slitelagsmasser (bl.a. tykkelse) skal følges ved gjenfyllingen. Maksimum overdekning er 8,0 meter.

Betong:

For mufferør vil tillatt overdekning variere fra 0,5 til 15 m avhengig av produksjonsform, byggelengde og dimensjon. Tillat overdekning for falsrør vil i tillegg være avhengig av om rørene er armert eller ikke, og av armeringsmengde. Alle rør skal være merket med maksimal overdekning.

Den gjeldene veiklasses krav til bærelag- og slitelagsmasser (bl.a tykkelse), skal følges ved gjenfyllingen.

Skjematisk leggeanvisning:



Figur 1 Skjematisk leggeanvisning for betong-, stål- og plastkulverter

(Landbruksdepartementet 1997)

3.0 Resultater

3.1 Sammentrykning

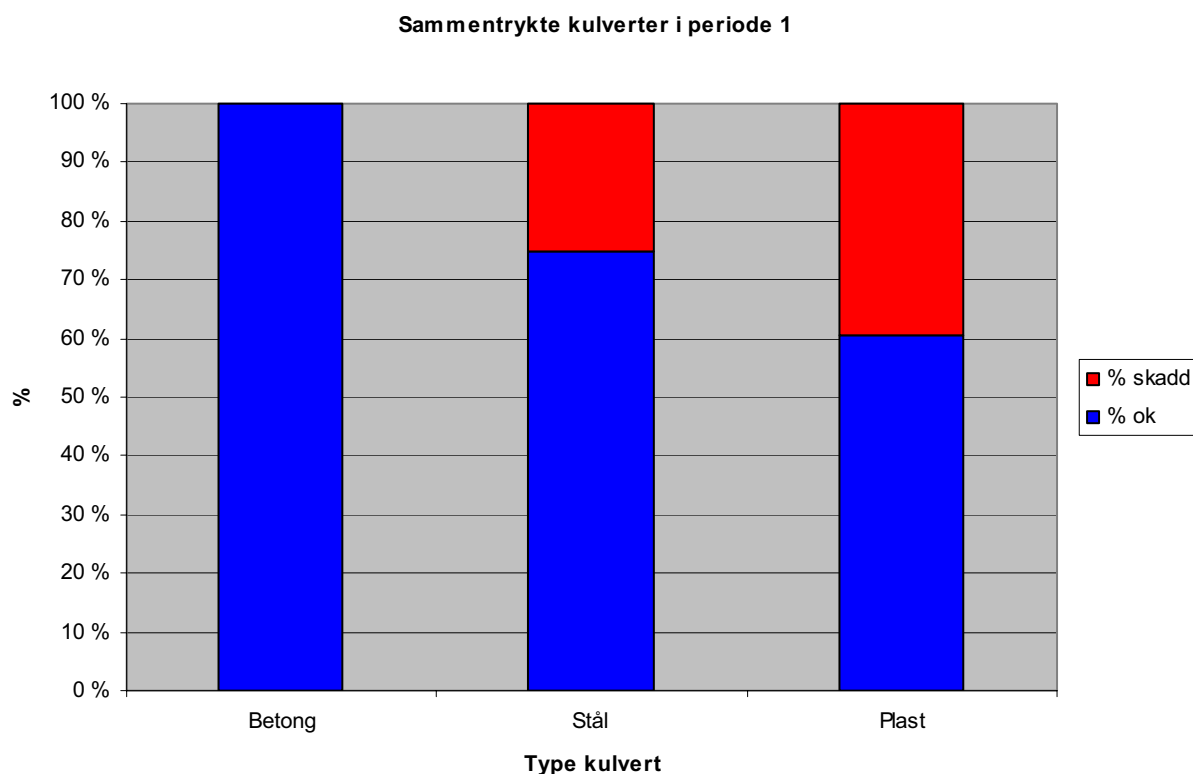
Sammentrykning er en skade som oftest oppstår ved at overbygningen er for lav eller at det er brukt feil masser i overbygningen. Sammentrykning fører til at volumet av kulverten blir mindre og transporterer dermed mindre vann.

Periode 1 (1970 – 1985)

Tabell 1 Viser hvor mange av de ulike kulvertene som er sammentrykket.

Type kulvert	Antall ok	Antall sammentrykte	Totalt antall kulverter
Betong	47	0	47
Stål	3	1	4
Plast	17	11	28

Tabell 1 viser at det er flest plastkulverter som er sammentrykte, hele 11 stykker av totalt 28 plastkulverter. Nest dårligst ut kommer stål som har 1 kulvert som er sammentrykt av totalt 4 stålkulverter. Det var ingen av betongkulvertene som var sammentrykket. Figur 2 viser resultatene fra tabell 1 i %



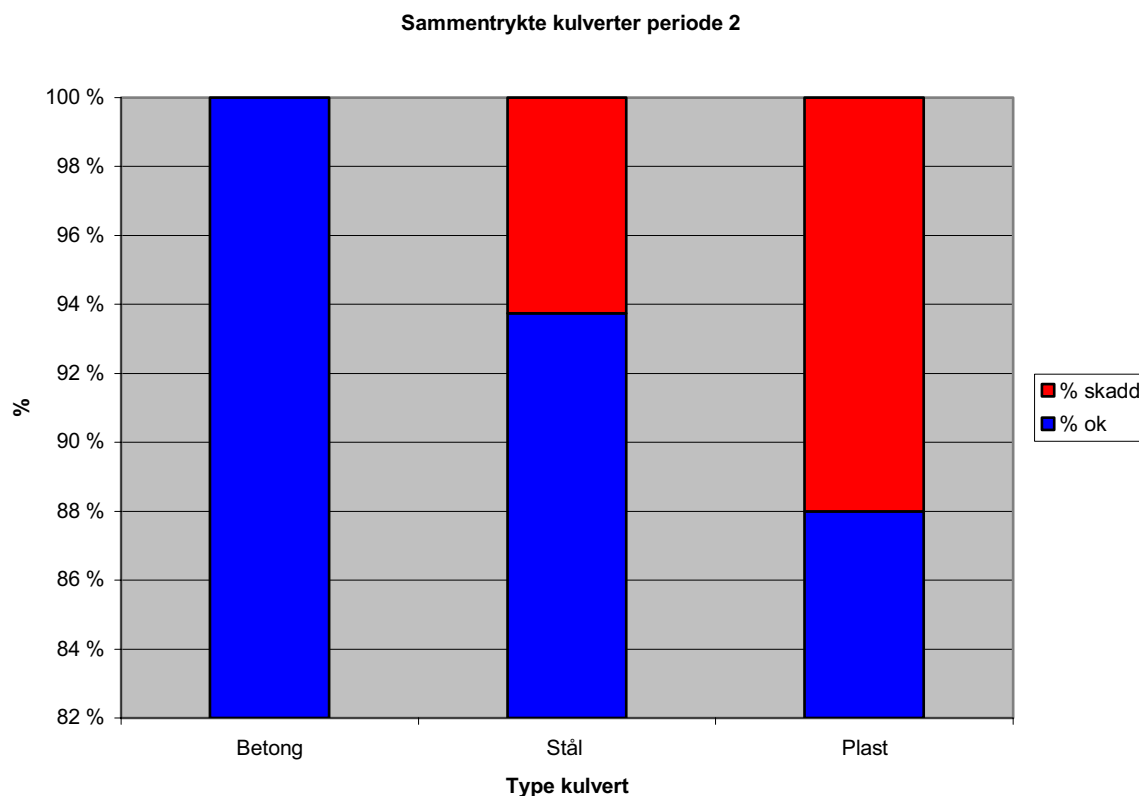
Figur 2 Viser fordelingen av sammentrykte kulverter fra periode 1 i %.

Periode 2 (1985 – 2000)

Tabell 2 Viser hvor mange av de ulike kulvertene som er sammentrykket.

Type Kulvert	Antall ok	Antall sammentrykte	Totalt antall kulverter
Betong	8	0	8
Stål	45	3	48
Plast	22	3	25

Tabell 2 Viser at det var 3 av 25 plastkulverter som var sammentrykte. Det var 3 av 48 stålkulverter som var sammentrykte. Og igjen var det ingen av betong kulvertene som viste seg å være sammentrykte. Igjen er det plastkulvertene som kommer dårligst ut. Figur 3 viser resultatene fra tabell 2 i %



Figur 3 Viser fordelingen av sammentrykte kulverter fra periode 2 i %.

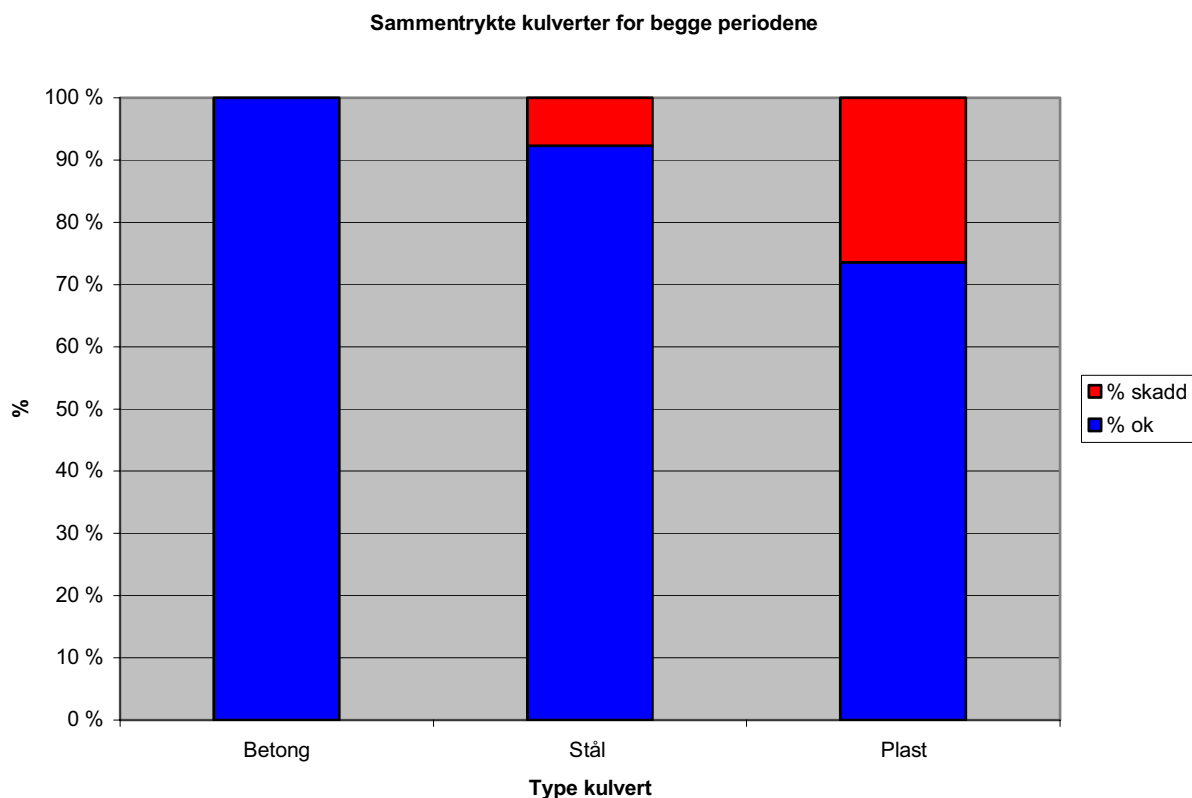
Det er mest plastkulverter som er utsatt for å bli sammentrykte. Dette er også det jeg hadde forventet før jeg gjennomførte feltarbeidet.

Begge periodene (1970 – 2000)

Tabell 3 Viser antall sammentrykte kulverter fra begge periodene.

Type kulvert	Antall ok	Antall skadd	Totalt antall kulverter
Betong	55	0	55
Stål	48	4	52
Plast	39	14	53

Tabell 3 viser at det var plast som kom dårligst ut med 14 sammentrykte kulverter av totalt 53. Stål hadde 4 sammentrykte kulverter av totalt 52, mens ingen av betong kulvertene var sammentrykte. Figur 4 viser resultatene fra tabell 3 i %.



Figur 4 Viser fordelingen av sammentrykte kulverter fra begge periodene i %.

3.2 Punktering

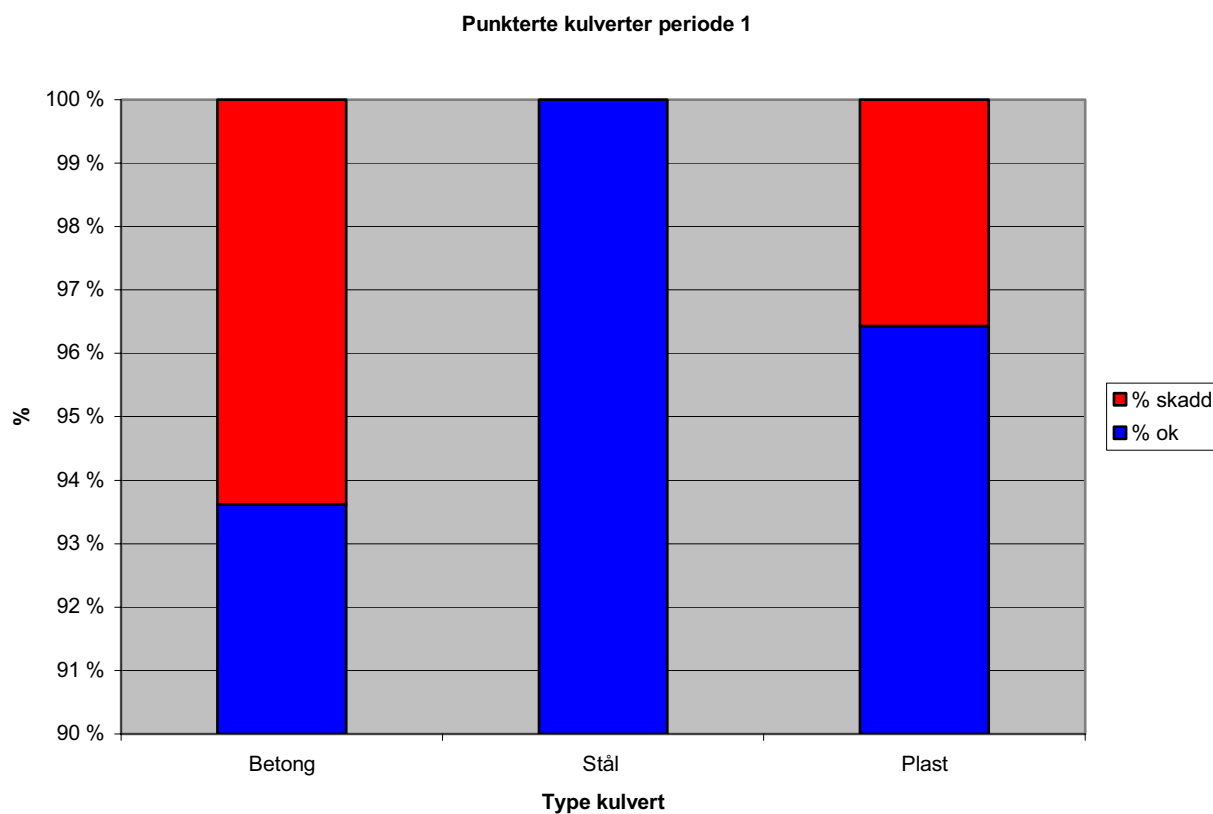
Punktering er som oftest et resultat av at det er benyttet feil masser rundt kulverten, dette kan være bruk av for store steiner rundt kulverten og det ikke er forskriftsmessige masser over dette. På denne måten får man ikke en brobyggingseffekt av massene over de store steiner. Dette fører igjen til at man får mye press på de store steinene som igjen kan punktere kulverten.

Periode 1 (1970 – 1985)

Tabell 4 Viser hvor mange av de ulike kulvertene som er punktert.

Type kulvert	Antall ok	Antall punkterte	Totalt antall kulverter
Betong	44	3	47
Stål	4	0	4
Plast	27	1	28

Tabell 4 viser at det er betongkulverter som er mest utsatt for punktering. 3 av 47 betongkulverter er punktert. Det er 1 av 28 plastkulverter som punktert, mens det er ingen stålkulverter som er punktert. Figur 5 viser resultatene fra tabell 4 i %.



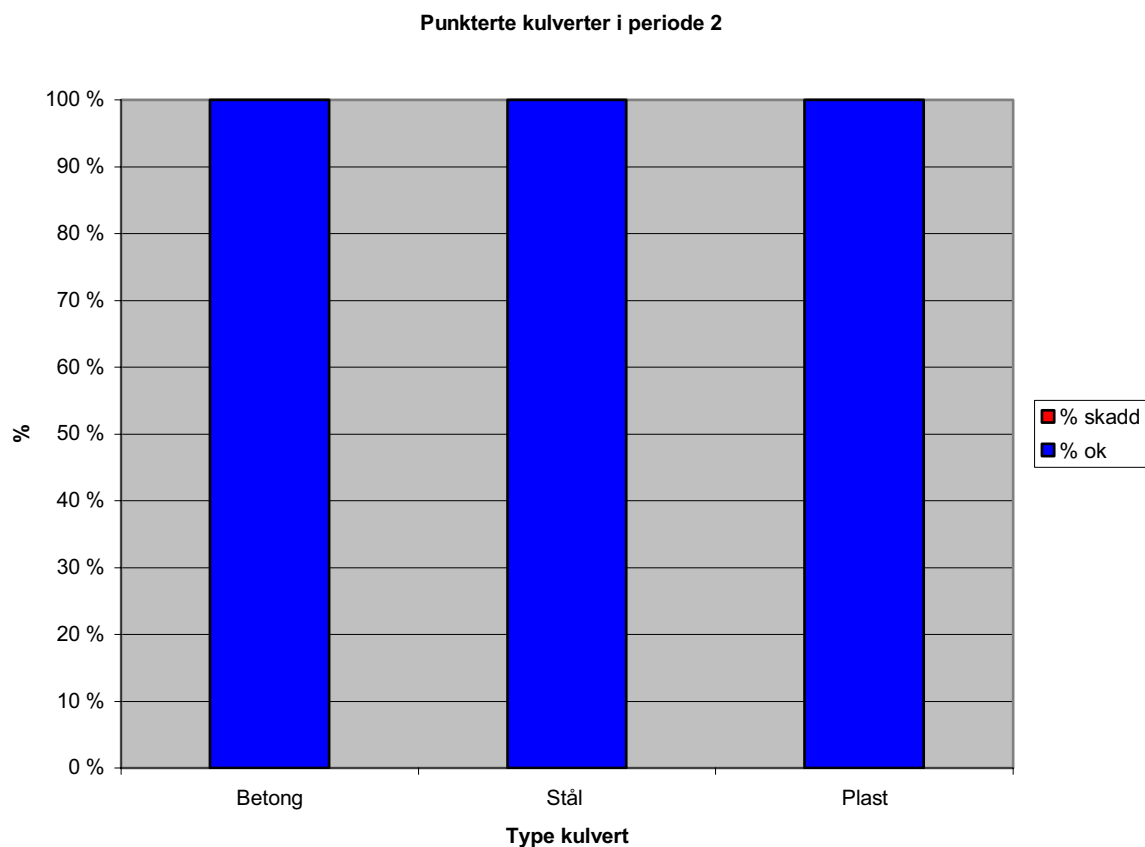
Figur 5 Viser fordelingen av punkterte kulverter fra periode 1.

Periode 2 (1985 – 2000)

Tabell 5 Viser hvor mange av de ulike kulvertene som er punktert.

Type kulvert	Antall ok	Antall punkterte	Totalt antall kulverter
Betong	8	0	8
Stål	48	0	48
Plast	25	0	25

Tabell 5 viser at det var ingen kulverter som hadde glidd fra hverandre i periode 2. Figur 6 viser resultatet fra tabell 5 i %.



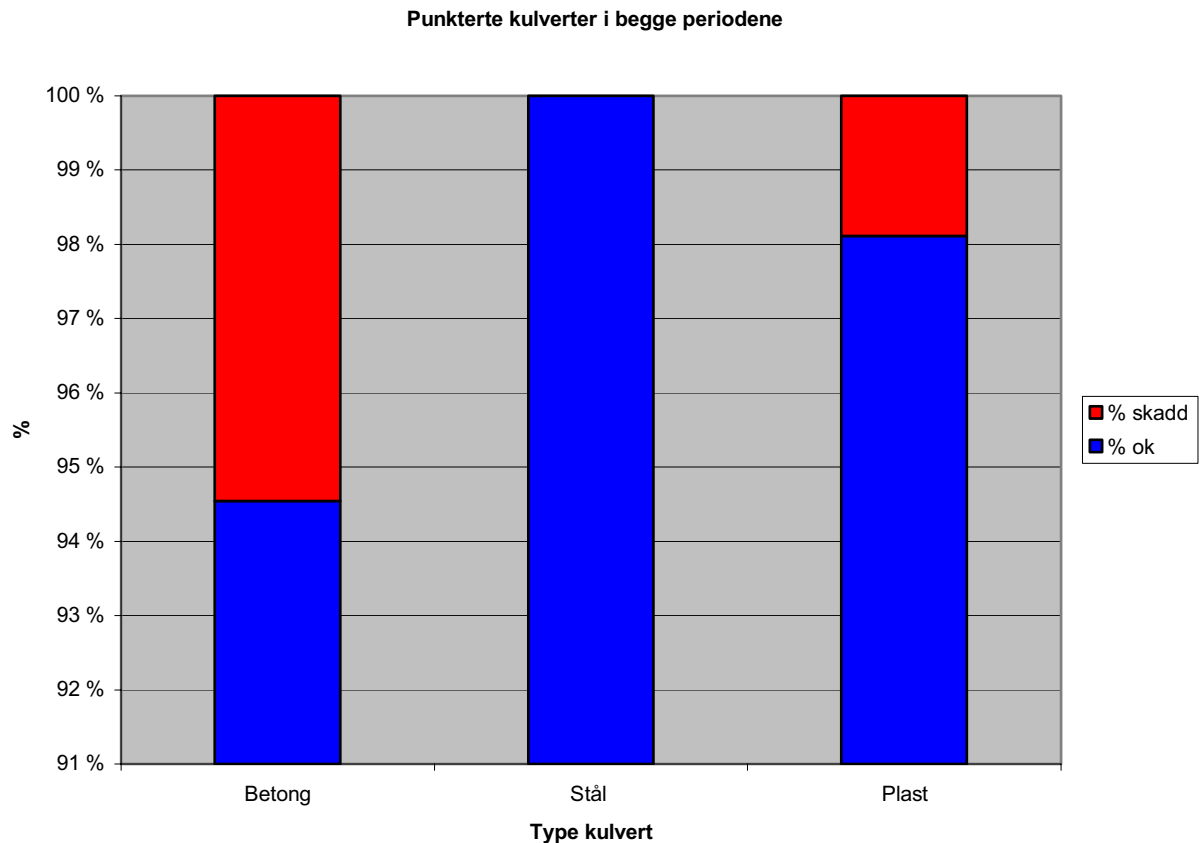
Figur 6 Viser antall punkterte kulverter fra periode 2.

Begge periodene (1970 – 2000)

Tabell 6 Viser hvor mange av de ulike kulvertene som er punktert fra begge periodene.

Type kulvert	Antall ok	Antall skadd	Totalt antall kulverter
Betong	52	3	55
Stål	52	0	52
Plast	52	1	53

Tabell 6 viser at det var betongkulvertene som var mest utsatt for punktering. Totalt 3 av 55 betongkulverter hadde punktert. Av plastkulvertene var det 1 av totalt 53 kulverter som hadde punktert, mens det var ingen av stålkulvertene som hadde punktert. Figur 7 viser resultatene fra tabell 6 i %.



Figur 7 Viser antall punkterte kulverter fra begge periodene.

3.3 Fragliding

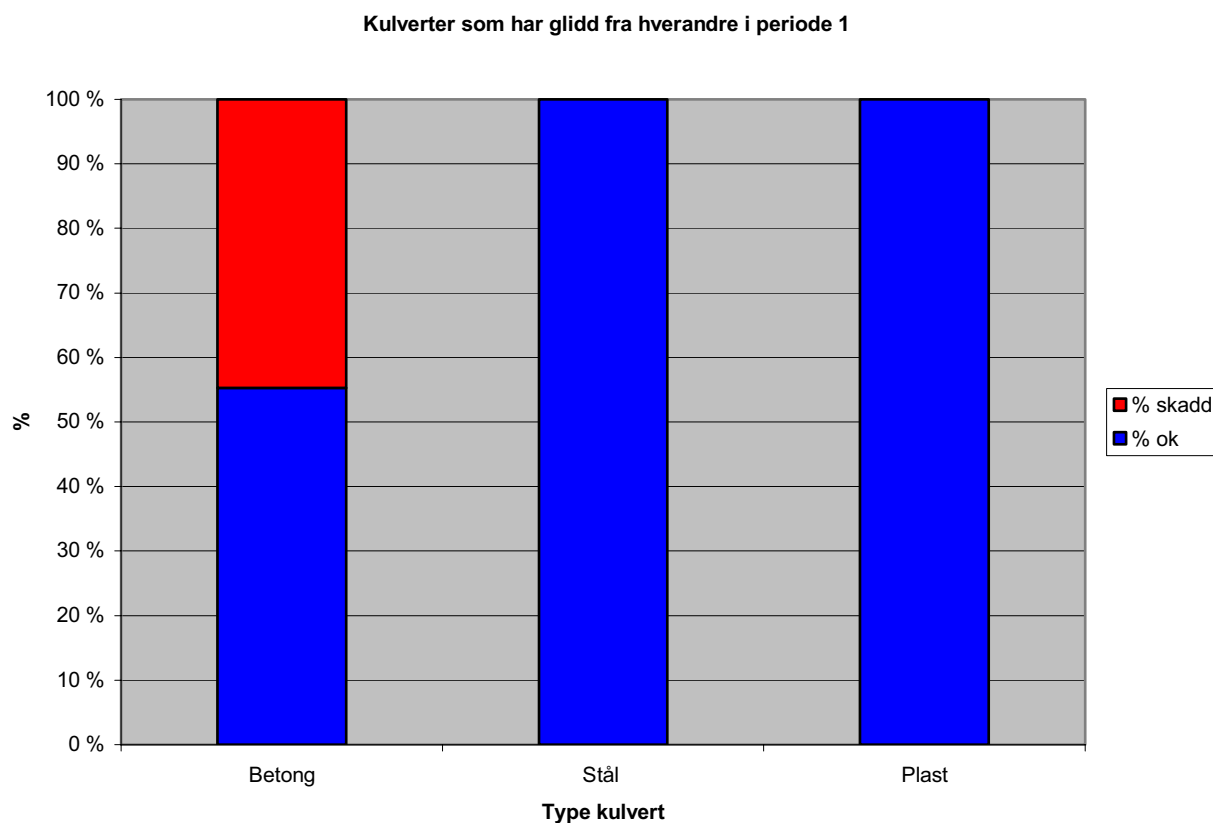
Fragliding er en skade som kan skje med alle kulverter som er skjøtet, men skaden hyppigst for betong kulverter. Dette er heller ikke unaturlig når en betong kulvert består av mange skjøter, mens stål eller plast har ingen eller sjelden mer enn en skjøt, dette er så klart avhengig av lengden på kulverten.

Periode 1 (1970 – 1985)

Tabell 7 Viser antall kulverter som har glidd fra hverandre i periode 1.

Type kulvert	Antall ok	Antall glidd fra hverandre	Totalt antall kulverter
Betong	26	21	47
Stål	4	0	4
Plast	28	0	28

Tabell 7 viser at det er kun betongkulverter som har glidd fra hverandre i periode 1. Hele 21 av 47 kulverter. Dette er 45 % av alle betongkulvertene. Figur 8 viser resultatene fra tabell 7 i %.



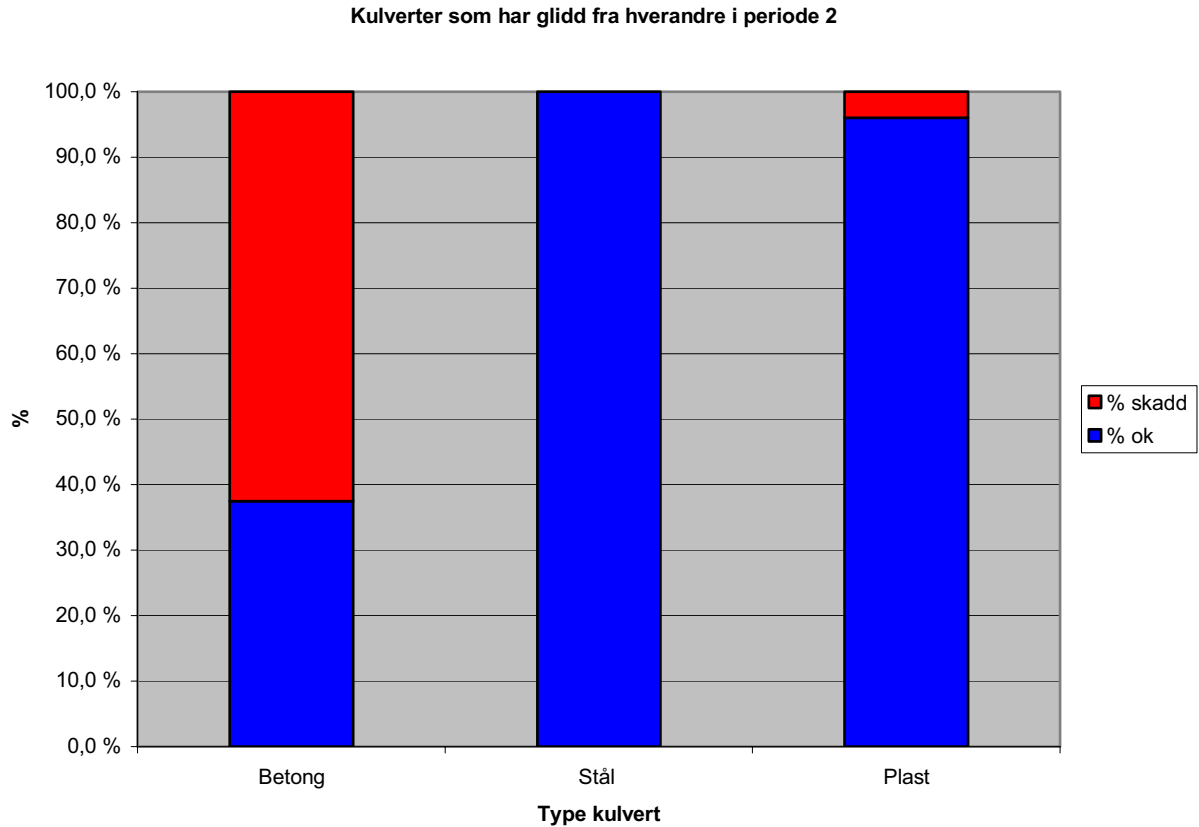
Figur 8 Viser antall kulverter som har glidd fra hverandre i periode 1.

Periode 2 (1985 – 2000)

Tabell 8 Viser antall kulverter som har glidd fra hverandre i periode2.

Type kulvert	Antall ok	Antall glidd fra hverandre	Totalt antall kulverter
Betong	3	5	8
Stål	48	0	48
Plast	24	1	25

Tabell 8 viser at det er hele 5 betongkulverter av totalt 8 som har glidd fra hverandre. Det vil si at hele 63 % av alle betongkulvertene har glidd fra hverandre. Det er 1 av totalt 25 plastkulverter som har glidd fra hverandre. Figur 9 viser resultatene fra tabell 8 i %.



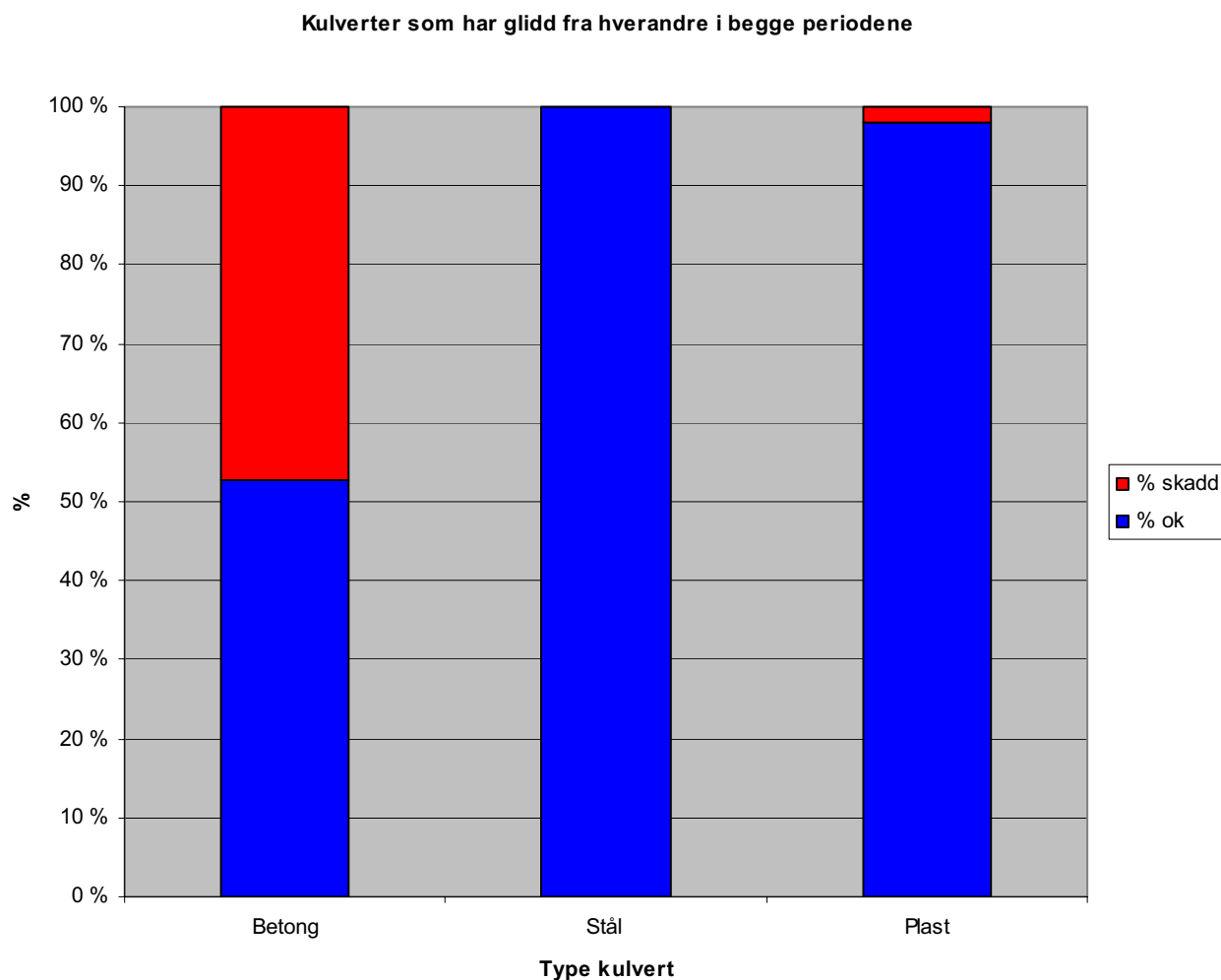
Figur 9 Viser antall kulverter som har glidd fra hverandre i periode 2.

Begge periodene (1970 – 2000)

Tabell 9 Viser antall kulverter som har glidd fra hverandre i begge periodene.

Type kulvert	Antall ok	Antall skadd	Totalt antall kulverter
Betong	29	26	55
Stål	52	0	52
Plast	52	1	53

Tabell 9 viser at det er betongkulvertene som er mest utsatt for fraglidning. Hele 26 av totalt 55 betongkulverter har glidd fra hverandre. Det er også 1 av totalt 53 plastkulverter som har glidd fra hverandre, mens det er ingen stålkulverter som er glidd fra hverandre. Figur 10 viser resultatene fra tabell 9 i %.



Figur 10 Viser antall kulverter som har glidd fra hverandre i begge periodene.

Vi kan se at fraglidning er et stort problem for betong kulverter. Mens det viser seg at det ikke er noe spesielt problem for noen av de andre kulvert typene.

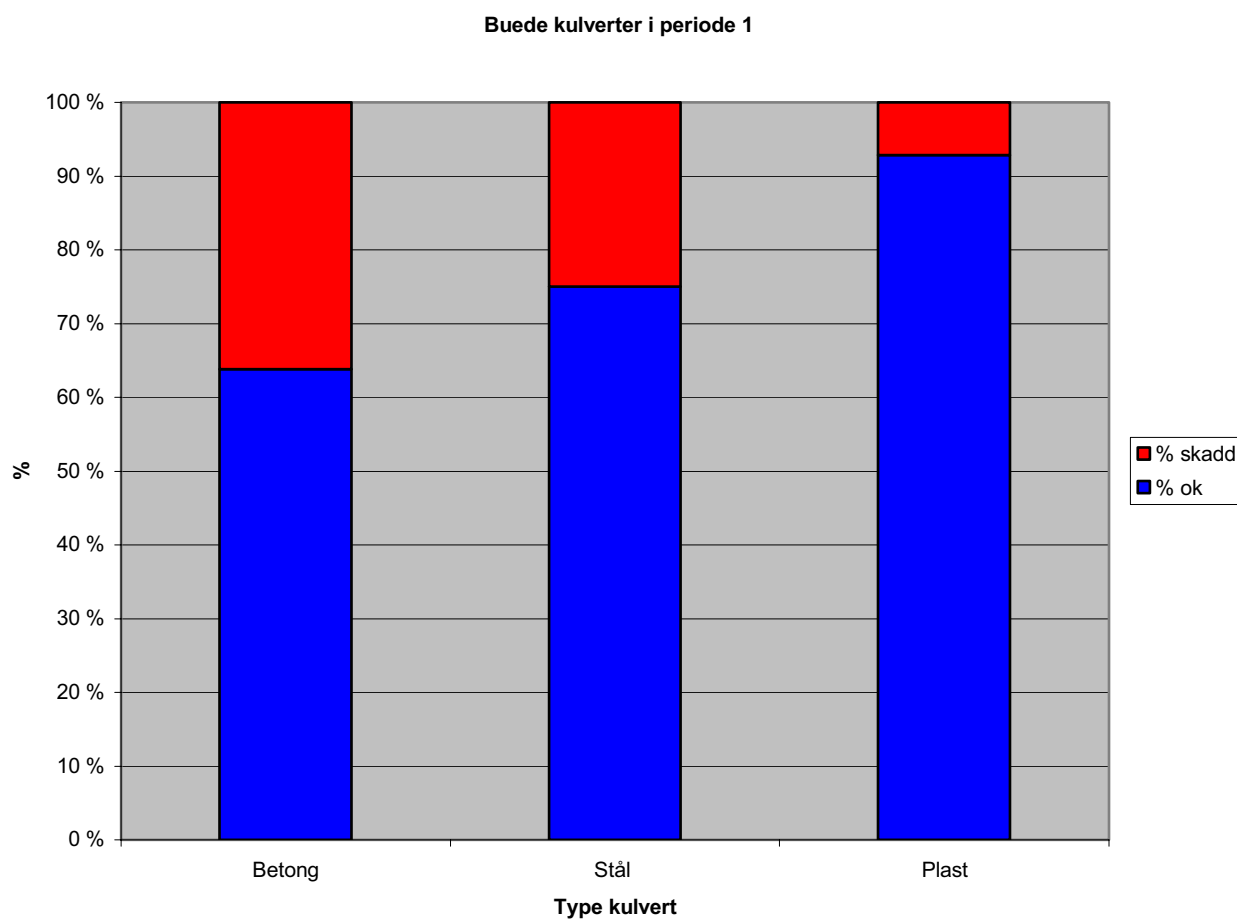
3.4 Buede kulverter

At kulverter buer er et problem, spesielt når de buer seg vertikalt. Når kulvertene blir buet reduseres evnen til transportere vann, eller hastigheten på vanngjennomstrømningen går ned.

Periode 1 (1970 – 1985)**Tabell 10 Viser antall buede kulverter fra periode 1.**

Type kulvert	Antall ok	Antall buede	Totalt antall kulverter
Betong	30	17	47
Stål	3	1	4
Plast	26	2	28

Tabell 10 viser at når det gjelder buede kulverter kommer betong dårligst ut. 17 av totalt 47 betongkulverter fra periode en er buet. Mens av stålkulvertene er 1 av 4 buet. Og noe overraskende så var det bare 2 av 28 plastkulverter som var buet i periode 1. Figur 11 viser resultatene fra tabell 10 i %.

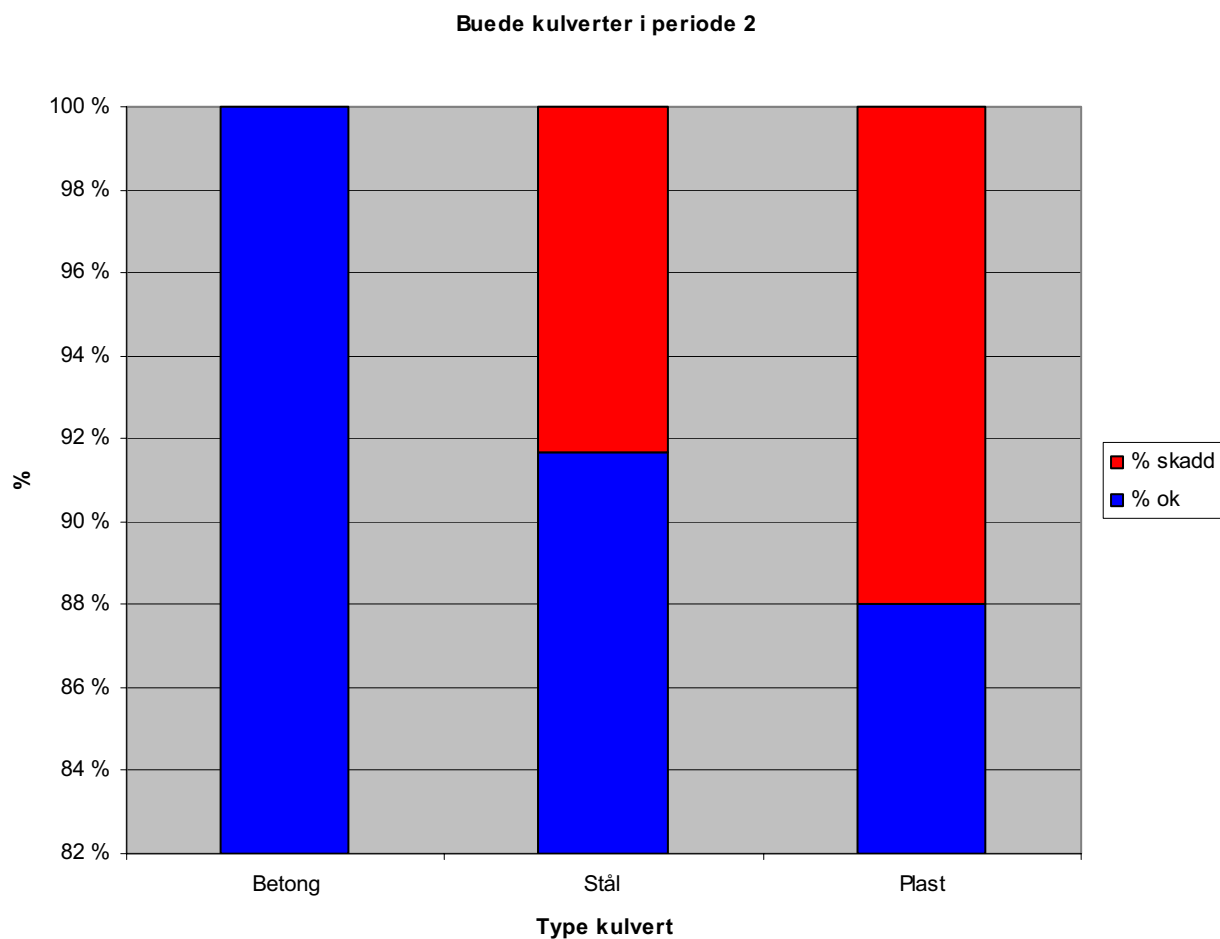
**Figur 11 Viser antall buede kulverter fra periode 1.**

Periode 2 (1985 – 2000)

Tabell 11 Viser antall buede kulverter fra periode 2.

Type kulverter	Antall ok	Antall buede	Totalt antall kulverter
Betong	8	0	8
Stål	44	4	48
Plast	22	3	25

Tabell 11 viser at i periode 2 kommer plastkulvertene dårligst ut. Her er 3 av 25 kulverter buede. Mens det er 4 av 48 stålkulverter som er buede. Her kommer betong best ut med ingen buede kulverter. Figur 12 viser resultatene fra tabell 11 i %.

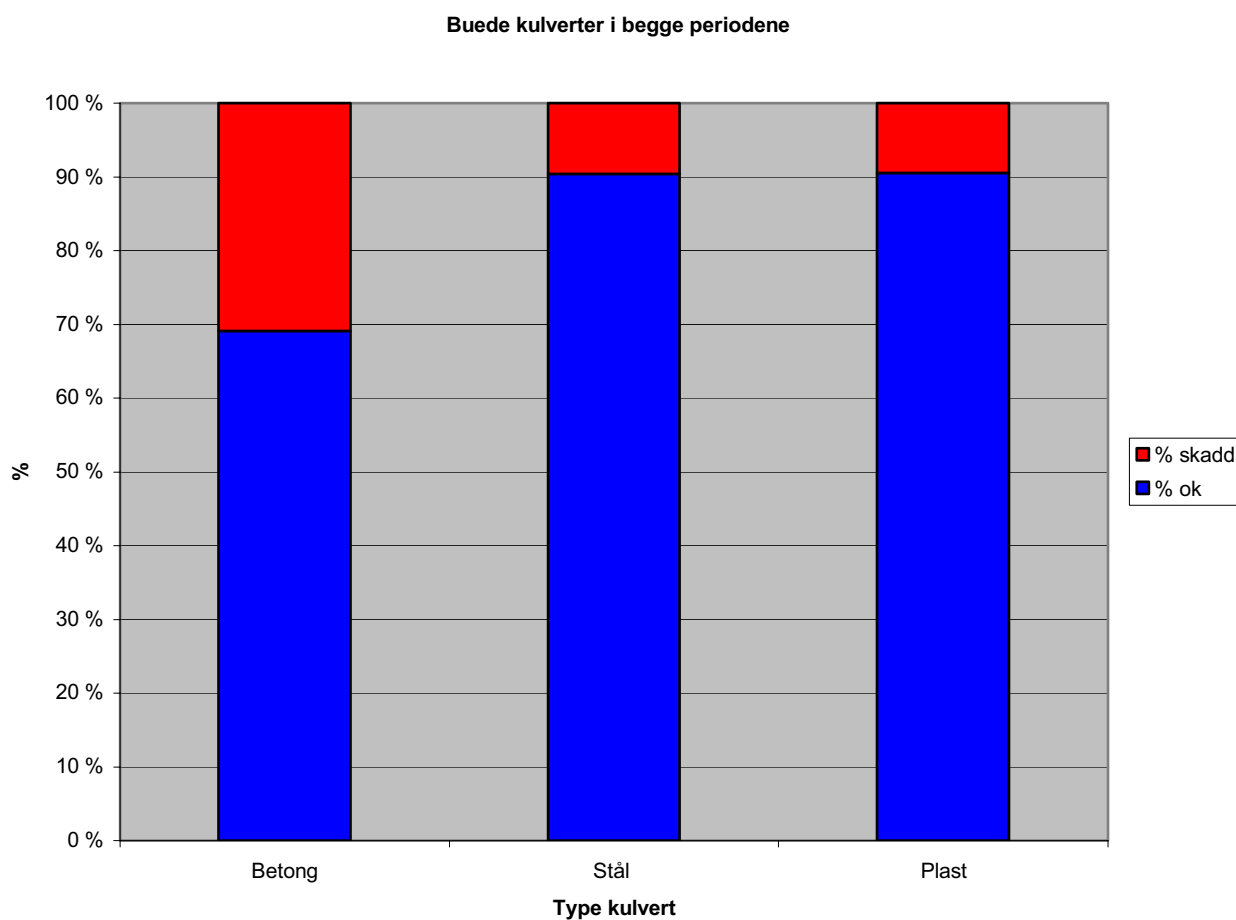


Figur 12 Viser antall buede kulverter fra periode 2.

Begge periodene (1970 – 2000)**Tabell 12 Viser antall buede kulverter fra begge periodene.**

Type kulvert	Antall ok	Antall skadd	Totalt antall kulverter
Betong	38	17	55
Stål	47	5	52
Plast	48	5	53

Tabell 12 viser at det er totalt 17 av 55 betongkulverter som er buet. Samt at det er 5 av 52 stålkulverter, og 5 av 53 plastkulverter som er buet. Figur 13 viser resultatet av tabell 12 i %.

**Figur 13 Viser antall buede kulverter fra begge periodene.**

3.5 Overbygning

Overbygningen er meget viktig, dersom det blir brukt feil masser i overbygningen eller den er for lav blir kulverten utsatt for mye mer belastning enn det de er konstruert for.

Overbygningen kan også bli for høy. Dette er sjelden et problem på skogsbilveier. Kravet til overbygning kan man se i kapittel 2.6.

Periode 1 (1970 – 1985)

Tabell 13 Viser overbygningene fra periode 1.

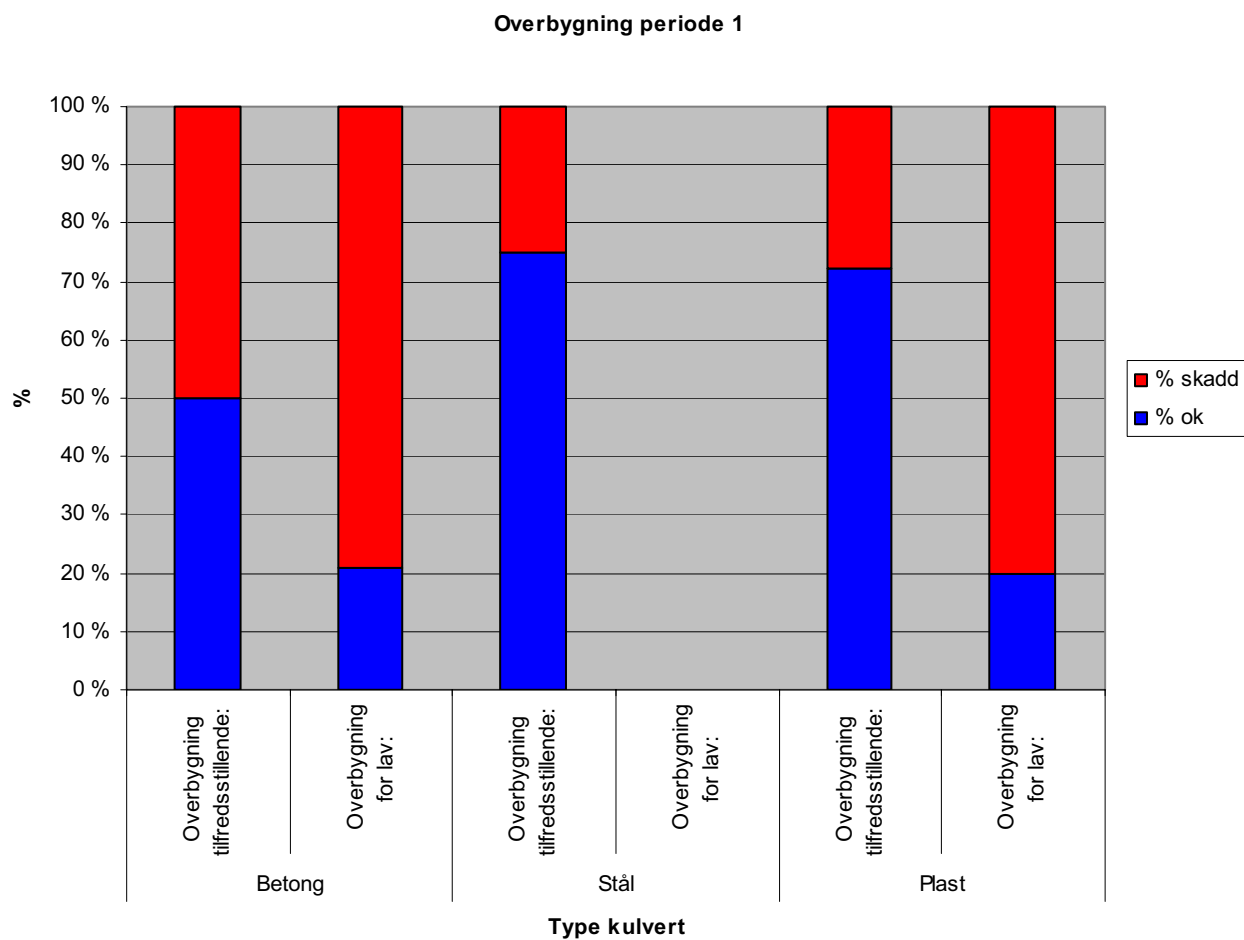
Type kulvert		Antall Ok	Antall skadd	Sum
Betong	Overbygning tilfredsstillende:	14	14	28
	Overbygning for lav:	4	15	19
Stål	Overbygning tilfredsstillende:	3	1	4
	Overbygning for lav:	0	0	0
Plast	Overbygning tilfredsstillende:	13	5	18
	Overbygning for lav:	2	8	10

Tabell 13 viser at betongkulvertene som hadde tilfredsstillende høyde på overbygningen hadde like stort antall med skadde og ok kulverter. 14 var ok og 14 var skadde av totalt 28 kulverter som hadde tilfredsstillende høyde på overbygningen. Av de betongkulvertene som hadde for lav høyde på overbygningen så var hele 15 kulverter av totalt 19 skadde.

Det var ingen stålkulverter som hadde for lav overbygning. Av de som hadde tilfredsstillende høyde på overbygningen så var det 1 av totalt 4 kulverter som var skadd.

Av plastkulvertene som hadde tilfredsstillende høyde på overbygningen så var det 5 av totalt 18 kulverter som var skadd. Av de plastkulvertene som hadde for lav overbygning så var det hele 8 av totalt 10 som var skadd.

Figur 14 viser resultatene fra tabell 13 i %.



Figur 14 Viser forholdet mellom skadde og ok kulverter når overbygningen er tilfredsstillende eller for lav for periode 1.

Periode 2 (1985 – 2000)

Tabell 14 Viser overbygningene fra periode 2.

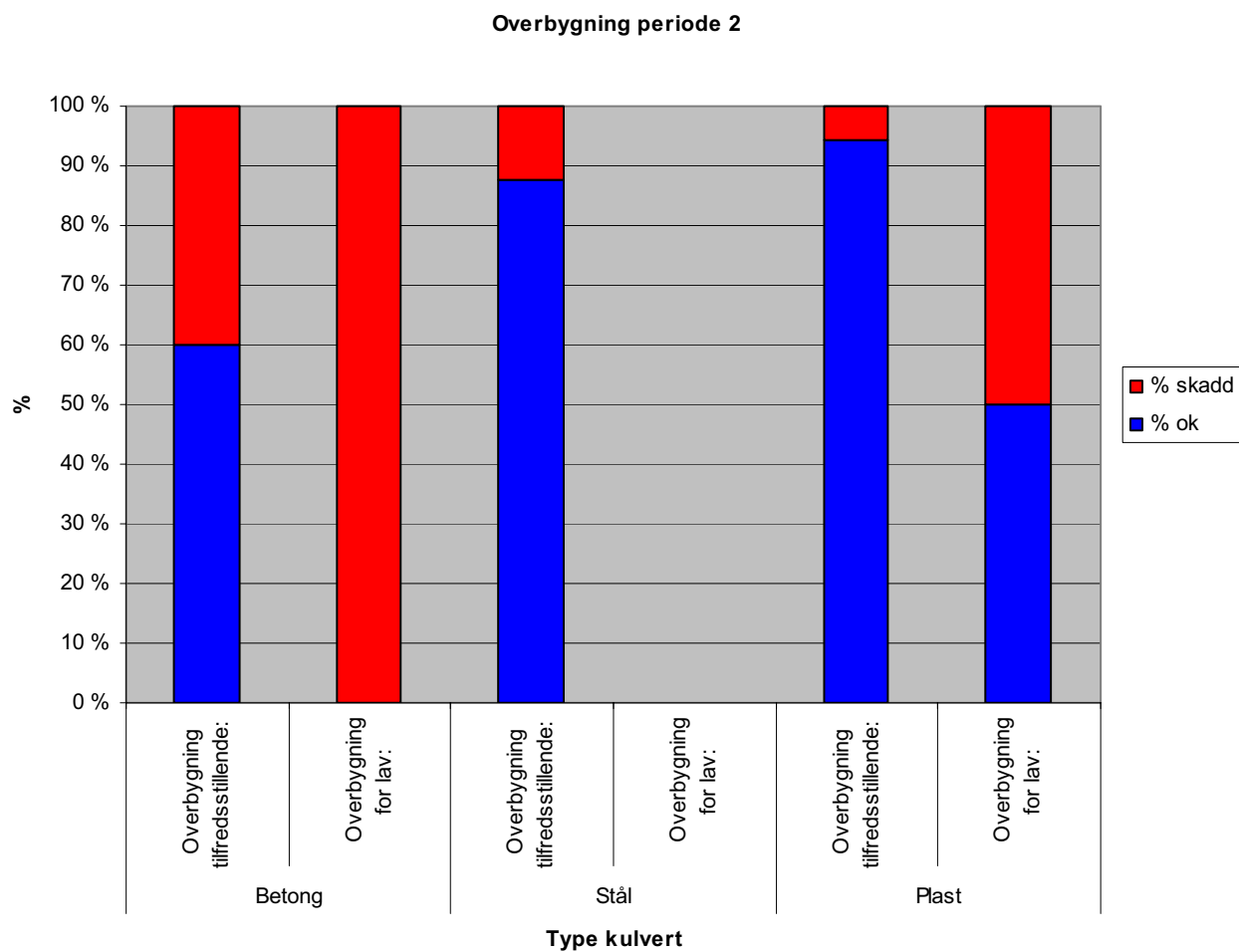
		Antall Ok	Antall skadd	Sum
Betong	Overbygning tilfredsstillende:	3	2	5
	Overbygning for lav:	0	3	3
Stål	Overbygning tilfredsstillende:	43	6	49
	Overbygning for lav:	0	0	0
Plast	Overbygning tilfredsstillende:	17	1	18
	Overbygning for lav:	3	3	6

Tabell 14 viser at av betongkulvertene som hadde tilfredsstillende høyde på overbygningen var 2 av totalt 5 kulverter skadd. Av de betongkulvertene som hadde for lav overbygning så var alle skadd.

Av stålkulvertene med tilfredsstillende høyde på overbygningen var 6 av totalt 49 kulverter skadd. Det var ingen stålkulverter som hadde for lav overbygning.

Av plastkulvertene som hadde tilfredsstillende høyde på kulverten så var 1 av totalt 17 kulverter skadd, og av de som hadde for lav overbygning var 3 av totalt 6 kulverter skadd.

Figur 15 viser resultatene fra tabell 14 i %.



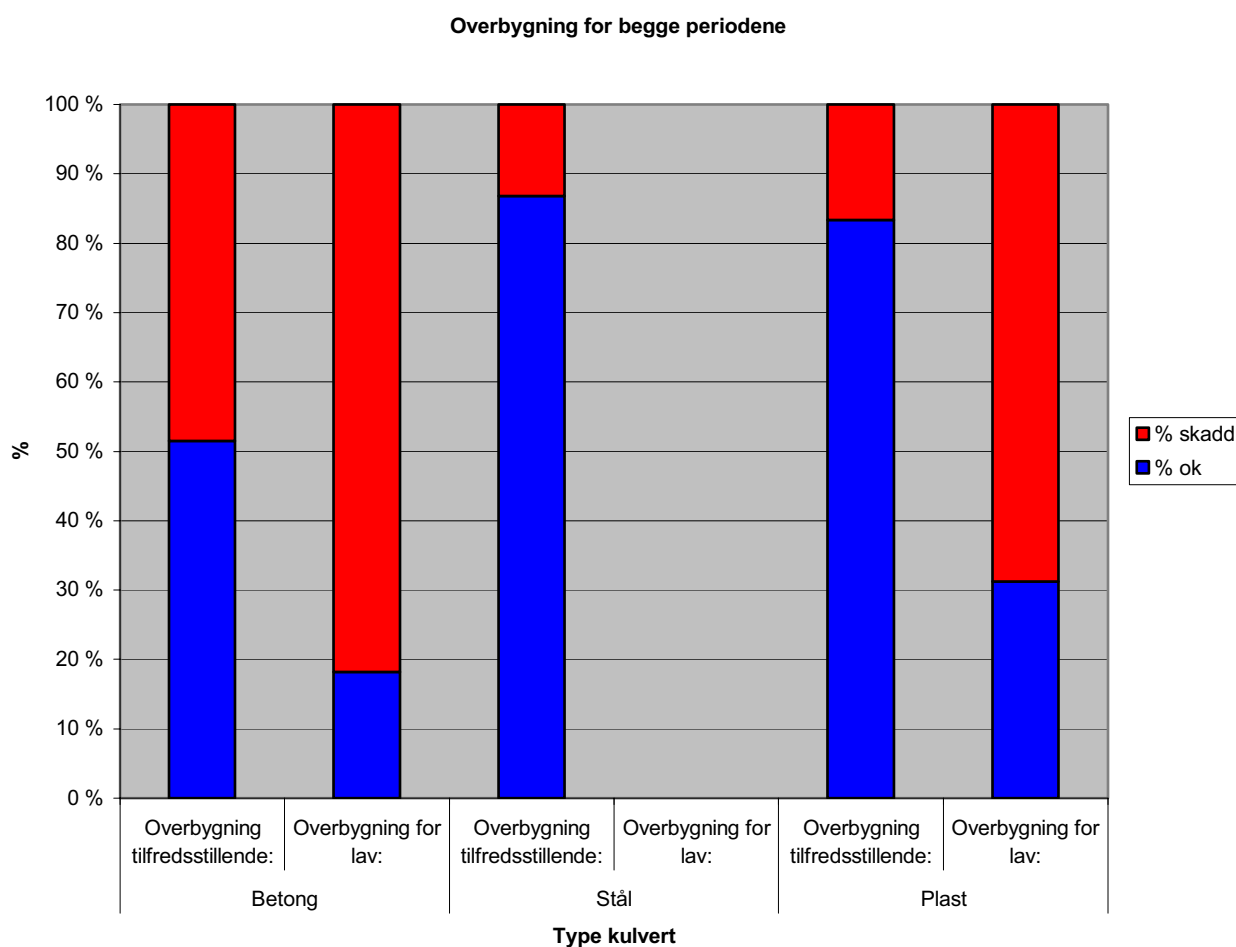
Figur 15 Viser forholdet mellom skadde og ok kulverter når overbygningen er tilfredsstillende eller for lav for periode 2.

Begge periodene (1970 – 2000)

Tabell 15 Viser overbygningene fra begge periodene.

		Antall Ok	Antall skadd	Sum
Betong	Overbygning tilfredsstillende:	17	16	33
	Overbygning for lav:	4	18	22
Stål	Overbygning tilfredsstillende:	46	7	53
	Overbygning for lav:	0	0	0
Plast	Overbygning tilfredsstillende:	30	6	36
	Overbygning for lav:	5	11	16

Tabell 15 viser at av betongkulverter med tilfredsstillende høyde på overbygningen så var 16 av totalt 33 kulverter skadd, mens av de betongkulvertene som hadde for lav overbygning så var hele 18 av 22 kulverter skadd. Alle stålkulvertene hadde tilfredsstillende høyde på overbygningen, og av disse var 7 av totalt 53 skadd. Av plastkulvertene som hadde tilfredsstillende høyde på overbygningen så var 6 av totalt 36 kulverter skadd. Av plastkulvertene som hadde for lav overbygning var 11 av totalt 16 skadd. Figur 16 viser resultatene fra tabell 15 i %.



Figur 16 Viser forholdet mellom skadde og ok kulverter når overbygningen er tilfredsstillende eller for lav for begge periodene.

Her kan vi se hvor viktig det er å ha tilfredsstillende høyde på overbygningen. Det å forsikre oss om at høyden på overbygningen er tilfredsstillende, samt at det bli brukt riktige masser i overbygningen og rundt kulverten er trolig den enkleste og beste måten å få en kulvert til å holde lengst og best mulig.

3.6 Totalvurdering

Her har jeg sett på skadene som jeg har registrert i punktene over og funnet ut hvor mange av de ulike kulverttypene som er ok eller skadd.

Periode 1 (1970 – 1985)

Tabell 16 Viser totalvurdering av kulvertene i periode 1.

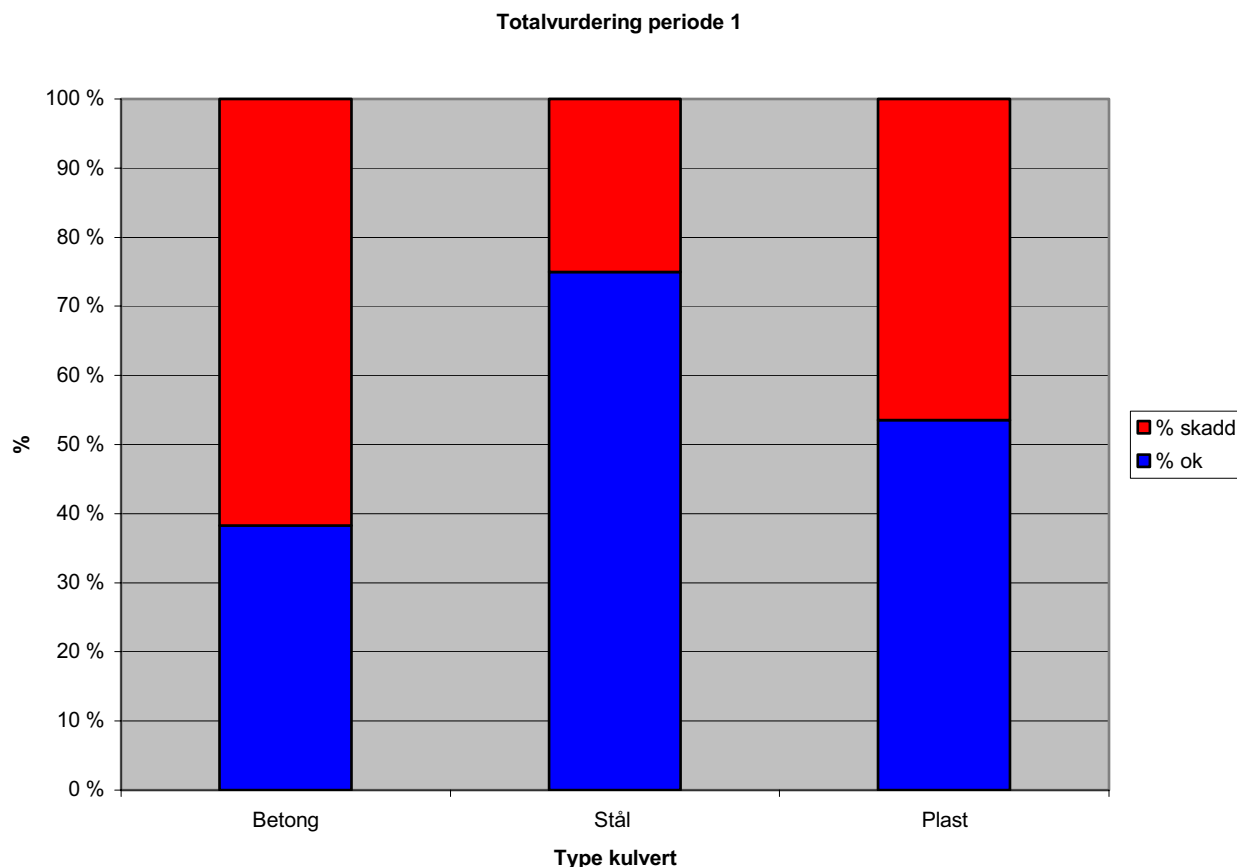
Type kulvert	Antall ok	Antall skadd	Totalt antall kulverter
Betong	18	29	47
Stål	3	1	4
Plast	15	13	28

Tabell 16 viser at betongkulvertene kommer dårligst ut i periode 1. Av betongkulvertene er 29 av totalt 47 kulverter skadet.

Nest dårligst ut kommer plastkulvertene med 13 skadde kulverter av totalt 28.

Og stålkulvertene kommer best ut med 1 skadd kulvert av totalt 4.

Figur 17 viser resultatene fra tabell 16 i %.



Figur 17 Viser totalvurderingen av kulvertene i periode 1.

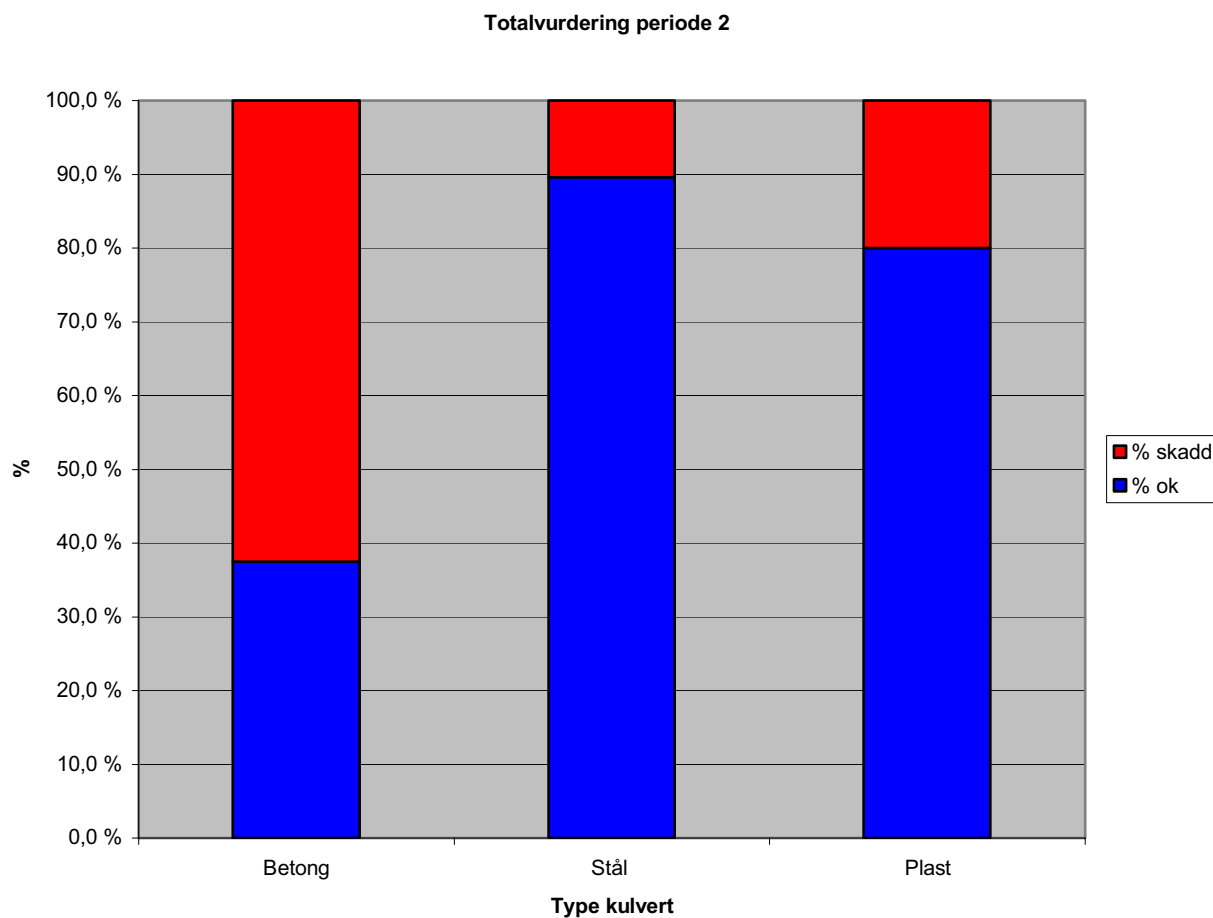
Periode 2 (1985 – 2000)

Tabell 17 Viser totalvurdering av kulvertene i periode 2.

Type kulvert	Antall ok	Antall skadd	Totalt antall kulverter
Betong	3	5	8
Stål	43	5	48
Plast	20	5	25

Tabell 17 viser at betongkulvertene kommer dårligst ut. Av betongkulvertene er hele 5 kulverter av totalt 8 skadd. Nest dårligs ut kommer igjen plastkulverten. Av plastkulvertene er 5 av totalt 25 kulverter skadd. Stålkulvertene kommer best ut. Kun 5 av totalt 48 stålkulverter var skadd.

Figur 18 viser resultatene fra tabell 17 i %.



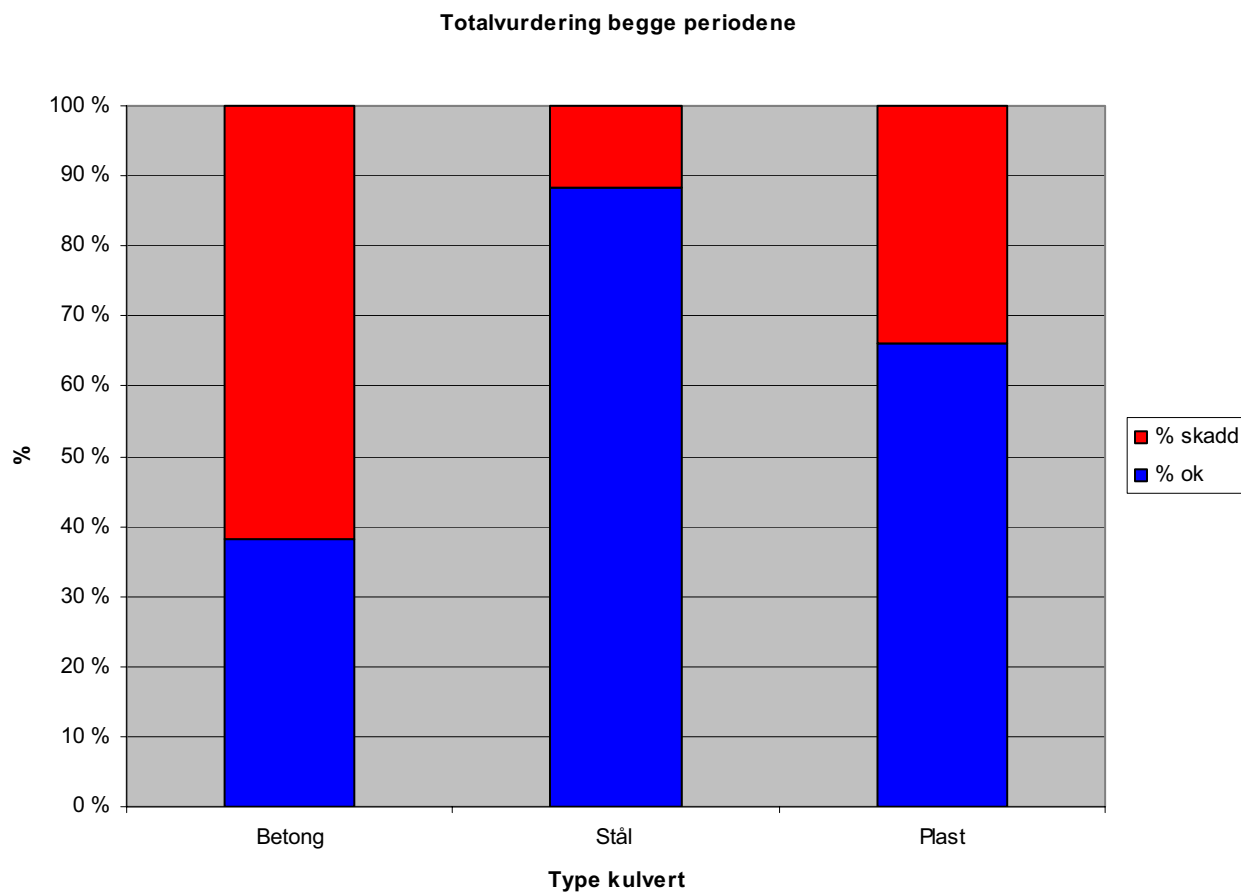
Figur 18 Viser totalvurderingen av kulvertene i periode 2.

Begge periodene (1970 – 2000)

Tabell 18 Viser totalvurdering av kulvertene for begge periodene.

Type kulvert	Antall ok	Antall skadde	Totalt antall kulverter
Betong	21	34	55
Stål	46	6	52
Plast	35	18	53

Tabell 18 viser at betongkulvertene kommer dårligst ut med hele 34 skadde av totalt 55 kulverter. Plastkulvertene viser seg å være litt bedre med 18 skadde av totalt 53 kulverter. Og stålkulvertene er de som holder best. Av stålkulvertene er det kun 6 av totalt 52 kulverter som er skadd. Figur 19 viser resultatene fra tabell 18 i %.



Figur 19 Viser totalvurderingen av kulvertene fra begge periodene.

Undersøkelsen viser at betongkulvertene kommer dårligst. Av alle betongkulvertene var totalt 62 % skadd. Nest dårligst var plastkulvertene. 34 % av alle plastkulvertene var skadd. Best ut av undersøkelsen kom stålkulvertene. Av alle stålkulvertene var det 12 % som var skadd.

4.0 Diskusjon

4.1 Datamaterialet.

Undersøkelsen ble gjort i to kommuner, Elverum og Åmot, og representerer dermed bare en liten del av det norske skogsbilveinettet. Dette er imidlertid en fordel når en skal sammenligne ulike kulverttyper. Det er da helt avgjørende at de geologiske forholdene er så like som mulig. Undersøkelsene er forsøkt utørt så hyppig som det lot seg gjøre så nærme hverandre som mulig, dette for å få undersøkelsene der de geologiske forholdene er så like som mulig. Ved å spre undersøkelsene over et større område ville den fått større variasjon i de geologiske forholdene, noe som ville ha ført til at det måtte gjennomføres mange flere undersøkelser for å et godt nok datamateriale. De geologiske forholdene er ganske like i de to nevnte forsøkskommunene.

Da kulvertene ble undersøkt ville det være større sjanse for å finne skadde kulverter jo eldre de var, derfor ble kulvertene delt inn i to perioder. De som var lagt mellom 1970 og 1985 (periode 1) og de som var lagt mellom 1985 og 2000 (periode 2).

Datamaterialet er relativt stort. Det ble undersøkt 160 kulverter, spredd på 55 betongkulverter, 52 stålkulverter og 53 plastkulverter. Veiene ble valgt med omhu for få dette tallet jevnt. De aktuelle veiene ble plukket ut fra kart. Det ble lagt vekt på å finne veier av en tilstrekkelig lengde. Alle kulvertene langs de aktuelle veiene ble undersøkt. Dette ble gjort for å få et størst mulig datamateriale fra samme område, og for å unngå systematiske feil. Det ble lagt vekt på forsøke å finne veier der det var benyttet en blanding av kulverttypene slik at man fikk data om de forskjellige kulverttypene fra samme vei. Og på den måten få et datamateriale som blir mer sammenlignbart.

Årsaker til eventuelle systematiske feil kan være at måleinstrumentene har vært feil. Dette vil gi seg utslag i at alle målte feil vil gi en feil som alle vil helle i samme retning. Men med tanke på at målingene er relativt enkle vil dette trolig gi et minimalt utslag. Det er kun høyden på overbygningene som har blitt målt, og som har blitt tatt med i det datamaterialet som har blitt tolket som mest interessant og tatt med. Og om tommestokken hadde vært noen millimeter feil ville det nok ikke hatt noe utslag i en måling som i seg selv blir såpass unøyaktig. En annen systematisk feil som kan ha forekommet er at undersøkelsen ble utført av kun en person, og det meste av undersøkelsene går nettopp på visuell undersøkelse av kulvertene.

4.2 Feilkilder og svakheter ved undersøkelsen

Det finnes ingen dokumentasjon på hvordan kulvertene er lagt. Det eneste undersøkelsen har å forholde seg til er en personlig meddelelse fra Ingvald Pedersen (Tidligere teknisk fylkesskogsjef i Hedmark) der han mente at det ikke var brukt noe annet enn stedeagne masser under bygging av noen av veiene. Dette tyder på at det er brukt feil masser både rundt og i overbygningen på mange av disse kulvertene. Men det er ingen mulighet til å kontrollere dette på uten å grave i veien. Jeg har derfor kun tatt utgangspunkt i å måle høyden på overbygningene.

Et annet usikkerhetsmoment er at det er brukt mange forskjellige entreprenører når de ulike skogsbilveiene har blitt bygd. Forskjellige entreprenører betyr forskjellige metoder å legge kulvertene på. Dette gjør seg særlig gjeldene for de kulvertene som ble lagt på 70 – tallet. For det kom ikke krav eller retningslinjer til legging av kulverter før på begynnelsen av 80 – tallet. I 1980 kom det generelle retningslinjer for legging av kulverter. (Landbruksdepartementet 1980). Og i 1983 kom det ”midlertidige krav til bruk av plastrør ved bygging av skogsveier hvor det gis statstilskudd” og ”midlertidige krav til bruk av metallrør ved bygging av skogsveier hvor det gis statstilskudd”. (Landbruksdepartementet 1992).

En annen faktor som er viktig for hvordan kulvertene har holdt er hvor mye trafikk de har blitt utsatt for. Hvor mange kubikkmeter tømmer som har blitt kjørt ut. Og når på året transporten har funnet sted. Om veien for eksempel har blitt brukt om våren når det er fare for teleløsning. Dette er en meget sentral faktor som er så godt som umulig å få kartlagt. Å prøve å kartlegge dette var alt for vanskelig til at det ble gjort i denne undersøkelsen.

En annen utfordring var å prøve å finne likt antall kulverter av stål, plast og betong fra samme periode, dette for å få en jevnere og bedre datamateriale. Det lot seg heller ikke gjøre, det var et stort problem å finne stålkulverter fra periode 1 (1970 – 1985). Det ble tatt med et stort antall stålkulverter i periode 2 (1985 – 2000) for å få summen av totalt antall kulverter til å bli så likt hverandre som mulig. Det er uheldig at store deler av stålkulvertene kommer fra periode 2, men når man ser på resultatene fra totalvurderingen (kapittel 3.6) og sammenligner periode 1 og periode 2 ser man de samme tendensene.

For enhver forskningsoppgave hvor statistikk er en viktig del vil det være ønskelig med mest mulig grunnlagsdata og flest mulig observasjoner. Det ble undersøkt i alt 160 kulverter fordelt på 8 ulike veier. Et større antall undersøkelser av kulverter i samme området ville vært ønskelig for å gi et bedre bilde av situasjonen. Kanskje kunne jeg ha funnet flere signifikante

forskjeller med et større antall kulverter. Lite utvalg av ønskelige kulverttyper fra ønskelige tidsperioder avgjorde tilslutt hvor mange kulverter som ble undersøkt. For å få et større antall kulverter kunne jeg lempet på noen av de kravene jeg hadde satt meg. Som for eksempel utvidet det geografiske området hvor jeg utførte mine undersøkelser, men dette ville også gitt større spredning i materialet.

4.3 Sammentrykking

Det som skjer når kulvertene blir sammentrykket er at volumet av kulverten blir mindre og den kan derfor ikke lede så mye vann som den kan hvis den ikke er sammentrykt. Dette kan forklares på en enkel måte. Hvis en tenker seg en plastikkflaske full med vann, skrur man av korken og klemmer flasken slik at den blir sammentrykt så vil man presse vann ut av flasken. Dette skyldes at volumet inne i flasken blir mindre.

Sammentrykning er en skade som vi ser forekommer hyppigst på plastkulverter. Dette skyldes at plastkulvertene har mye mykere vegger enn både plast- og stålkulverter. Det er meget viktig at overbygningens høyde er tilfredsstillende og at massene i den er korrekte for å unngå sammentrykning. Og hvis noe av dette ikke er tilfredsstillende vil det lettest oppstå skader på plastkulverter fordi disse har mykest vegger. Sammentrykning er heller ikke uvanlig på stålkulverter. Men det ser ut til at disse tåler mer påkjenning før de blir sammentrykte. Dette fordi de har stivere vegger enn plastkulvertene. En ting som skiller betongkulvertene fra stål- og plastkulvertene er det at både stål- og plastkulvertene har elastiske vegger. Dette har ikke betongkulvertene. Betongkulvertene vil tåle belastninger helt til de knuses, de vil ikke bli sammentrykket. Men jeg har valgt å registre betongkulverter som har knust på en slik måte at det er naturlig å tro at de har blitt utsatt for samme krefter som ville ha ført til sammentrykning på plast- eller stålkulvertene som sammentrykning også for betongkulvertene. Bildet 1 viser en plastkulvert som har blitt sammentrykket.



Bilde 1 viser en plastkulvert som er sammentrykket, man kan se dette ved å se at lysningen i utløpet ikke er rund, men sammentrykket eller oval.

Foto: Øyvind Juliussen

4.4 Punktering

Punktering er en skade som skjer ved at man får en stor belastning på et punkt på kulverten, og dermed vil kulverten tilslutt punktere på dette stedet. Denne skaden er i følge undersøkelsen mest utbredt blant betong- og plastkulvertene. Årsaken til dette er trolig at betongkulverter ikke har elastiske vegger, slik at de vil lettere punkteres enn i stedet for å bli sammentrykket på det punktet som blir utsatt for belastning. Plastkulverter har elastiske vegger, men veggene er i tillegg mye skjørere enn det de er i stålkulvertene. Stålkulvertene kommer best ut med ingen punktering i noen av periodene. Bilde 2 viser en plastkulvert som har punkter.



Bilde 2 viser en plastkulvert som har blitt punktert. Man kan se at det har vært en punktblastning der punkteringen har oppstått fordi kulverten ikke er sammentrykket.

Foto: Øyvind Juliussen

4.5 Fraglidning

Fraglidning er et problem som er mest utbredt for betongkulverter. Dette er heller ikke overraskende så lenge en betongkulvert består av mange skjøter mens plast- og betongkulverter som regel ikke har noen skjøter eller kun en til to skjøter. Dette avhenger av lengden på kulverten. Det var totalt 26 av totalt 55 betongkulverter som hadde glidd fra hverandre. Mens det bare var 1 av totalt 53 plastkulverter som hadde glidd fra hverandre, og ingen av totalt 53 stålkulverter.

Årsaken til at kulverter glir fra hverandre er trolig en kombinasjon av at det har blitt brukt feil masser rundt kulverten. Masser som er telefarlige med høyt vanninnhold. Når telen kommer og går i disse massene vil det føre til bevegelse i massene som igjen fører til bevegelse i kulvertene som resulterer i at de glir fra hverandre. (<http://www.basal.no> 2005). Det som skjer når kulvertene først har glidd fra hverandre er at man får vann inn i veikroppen som vil arbeide i massene og vaske ut deler av massene som igjen vil føre til større deformasjoner av kulverten. Samtidig vil kapasiteten til å transportere vann gjennom kulverten reduseres.



Bilde 3 viser en betongkulvert med tinerør som har glidd fra hverandre. Det er ikke vanskelig å tenke seg at denne kulverten transporterer mindre vann enn en som er hel.

Foto: Øyvind Juliussen

4.6 Buede kulverter

At kulverter blir buet er en skade som forekommer hos alle kulverttypene. Undersøkelsen viser at det er betongkulvertene som er mest utsatt for å bli buet. 17 av totalt 55 betongkulverter var buet. Det var 5 av totalt 52 stålkulverter og 5 av totalt 53 plastkulverter. Dette resultatet er overraskende. Før jeg startet med mine undersøkelser trodde jeg at det ville være flest plastkulverter som ville være buet. Undersøkelsen viste at det var færrest plastkulverter som var buet i forhold til det totale antall kulverter av hvert slag. At stål hadde en større andel buede kulverter enn plast overasket meg. Noe som undersøkelsen ikke viser så lenge jeg kun har delt inn i buet og ikke buet, er at de plastkulvertene som var buet ofte var mye mer buet enn stålkulvertene. Stålkulvertene var oftest bare minimalt buede.

Årsaken til at kulvertene blir buet er ofte at det er benyttet feil masser i veikroppen slik at vi vil få bevegelser i massene. En annen årsak kan være at veien er lagt på grunn med dårlig bæreevne uten at det er tatt høyde for dette når kulverten er lagt. Massene i veikroppen vil da synke ned og dermed bue kulverten. Et annet resultat av at det blir bukt for fine masser i

veikroppen er at vi vil få tele problemer. Dette kan føre til mange ulike skader, som for eksempel at kulverten buer seg eller glir fra hverandre i skjøter.

Problemet med at kulverter buer seg er at hastigheten på vanntransporten vil minke betraktelig, og i noen tilfeller vil ikke kulverten kunne transportere vann i det hele tatt lenger. Jeg har registrert kulverter som er buet både horisontalt og vertikalt. At en kulvert er buet vertikalt er helt klart mest alvorlig. I ekstreme tilfeller vil dette føre til at kulverten ikke kan transportere vann lenger. Dette skjer ved at man enten får inn- og utløpet av kulverten mye høyere enn resten av kulverten. (Med andre ord at kulverten er buet som en U). Det kan føre til at det blir stående vann inne i kulverten, og dette vil fungere som en vannlås. Noe som resulterer i at kulverten ikke lenger kan transportere vann. Det samme vil skje hvis kulverten buer seg andre veien. (Altså som en omvendt U). Da vil heller ikke kulverten klare å drenere grøfta fordi vannstanden i grøfta står høyere enn høyeste punktet på den buede kulverten. At kulverten buer seg horisontalt er ikke så alvorlig, dette vil kun føre til at hastigheten på transporten av vann gjennom kulverten vil reduseres. Dette blir først et problem ved store vannføringer. Bilde 4 viser en betongkulvert som er buet horisontalt.



Bilde 4 Bildet viser en betongkulvert som er buet horisontalt. Man kan så vidt skimte lyset fra utløpet i enden av kulverten.

Foto: Øyvind Juliussen

4.7 Overbygning

At overbygningen er i forskriftsmessig stand er meget viktig for at en kulvert skal unngå skader. Som vi ser av skadene ovenfor så er mange av disse skadene et resultat av at overbygningen ikke er tilfredsstillende. Som jeg har nevnt tidligere så har jeg ikke mulighet til å kontrollere annet enn høyden på overbygningene. Kravet er at høyden på overbygningen skal være minimum 50 cm for plast- og betongkulvertene, mens kravet til stålkulvertene er minimum 30 cm. (Landbruksdepartementet 1997). Noe som er likeså viktig som høyden på overbygningen er at det har blitt brukt tilfredsstillende masser både rundt kulverten, og i overbygningen. Røret skal legges i grusblandet, telefritt materiale med maksimum steinstørrelse på 50 mm. Massene må ikke inneholde is, snø eller teleklumper.

(Landbruksdepartementet 1997). Hvordan overbygningen blir bygget er mye avhengig av entreprenøren som har utørt arbeidet. Når vi ser på resultatene mine så ser vi at hele 22 av totalt 55 betongkulverter, og 16 av totalt 53 plastkulverter har for lav overbygning. Det var ingen av stålkulvertene som hadde for lav overbygning. Dette skyldes trolig at kravet til høyden på overbygningen for stålkulverter er lavere enn for betong- og plastkulverter. Av resultatene ser man hvor mye skadefrekvensen går opp hvis overbygningen er for lav. Man kan se hvor viktig det er for kulvertens holdbarhet at høyden på overbygningen er tilfredsstillende.

Bilde 5 viser massene som er benyttet i overbygningen på en betongkulvert.



Bilde 5 viser massene som var benyttet i overbygningen over en betongkulvert. Massene hadde et stort silt innhold og kan karakteriseres som telefarlige.

Foto: Øyvind Juliussen

4.8 Totalvurdering

Undersøkelsen viser at det er stålkulvertene som er best. 12 % av totalt 52 stålkulverter er skadd. Nest best er plastkulvertene. 34 % av totalt 53 plastkulverter er skadd. Dårligst ut kommer betongkulvertene. 62 % av totalt 55 betongkulverter er skadd.

En årsak som kan føre til at undersøkelsen viser at stålkulvertene er best er at jeg ikke fant mer enn 4 stålkulverter i periode 1, men jeg fant hele 48 i periode 2. Dette kan gi et skjevt bilde når summen av kulvertene fra begge periodene blir sammenlignet. Det blir en større andel av stålkulvertene som er nyere enn de andre to kulverttypene, og dermed holdt bedre. Men når man ser på resultatene fra begge periodene ser man at stålkulvertene er de som har holdt best i begge periodene.

Med utgangspunkt i at jeg er blitt fortalt i en personlig meddelelse av Ingvald Pedersen at det mest sannsynlig kun er blitt benyttet stedege masser i overbygningen på samtlige veier så vil dette være i favør til stålkulvertene som har elastiske og sterke vegger der det er brukt feil masser i overbygningen. I forhold til betong som ikke har elastiske vegger og plast som har elastiske, men myke vegger.

Det er trolig en kombinasjon av at det er brukt feil masser i overbygningene og at overbygningene til plast- og betongkulvertene er for lave som gjør at stålkulvertene kommer så godt ut i min undersøkelse. Hadde alle kulvertene blitt lagt forskriftsmessig ville jeg nok ikke fått så stor forskjell i kvalitet mellom de ulike kulverttypene.

Etter å ha undersøkt holdbarheten til de ulike kulvertene, ville jeg vurdere levetiden til kulvertene i forhold til levetiden til en vei. Og se hvor stor andel av kulvertene som hadde holdt i over 20 år som er beregnet levetid til en vei. (Gjedtjernet, A.M.F. & Bjerketvedt, J. 2003). Hvis man ser på totalvurderingen for periode 1 (1970 – 1985) (kapittel 3.6) så ser man at det var til sammen 43 av totalt 79 kulverter i periode 1 som var skadd. Det betyr at hele 54 % av kulvertene i denne perioden er skadd på en eller annen måte. Og for kulvertene fra periode 2 (1985 – 2000) ser man at det var 18 av totalt 81 kulverter som var skadd. Det betyr at 19 % av disse er skadd. Ut i fra dette vil jeg ikke si at man kan beregne at en kulvert har en lengre levetid enn 20 år.

5.0 Konklusjon

På grunnlag av at undersøkelsen er utført på et såpass lite geografisk område, er det vanskelig å komme med en konklusjon som er gjeldene på landsbasis. Det er også med noen usikkerhetsmomenter som gjør det vanskelig å uttrykke seg for bastant. Disse usikkerhetsmomentene er at det er ulikt antall av de ulike kulvertene i de ulike periodene, og at kulvertene ikke er lagt etter leggeanvisningen utarbeidet av Landbruksdepartementet. (Landbruksdepartementet 1997)

Det er trolig høyden på overbygningen samt massene som er benyttet i overbygningen som er ansvarlig for mange av skadene, samtidig som at kulvertene ikke er lagt etter leggeanvisningen (Landbruksdepartementet 1997). Det at kulvertene ikke blir lagt etter leggenormalen, eller blir lagt på feilmasser og benyttet feilmasser i overbygningen vil ramme betongkulvertene særlig hard, spesielt i form av fraglidning. Dette vil være med på å skape et inntrykk av at betongkulvertene er dårligere enn det de ville vært hvis de hadde blitt lagt etter leggeanvisningen fra Landbruksdepartementet. (Landbruksdepartementet 1997)

Undersøkelsen viser at det er betongkulvertene som kommer klart dårligst ut, nest best er plastkulvertene og klart best ut kom stålkulvertene.

6.0 Litteratur

Gjedtjernet, A.M.F. & Bjerketvedt, J. 2003. Driftsteknikk: teknisk fagskole, fordypningsområde skogbruk. Gan Forlag, Oslo. ISBN: 82-492-0202-3. 328 s.

http://www.basal.no/member/dl/Utsifting_stikkrenner.pdf [13.12.05]

Landbruksdepartementet, skogavdelingen 1980. Normaler for skogsveier med byggebeskrivelser. 52 s.

Landbruksdepartementet, skogavdelingen 1992. Krav til stikkrenner m.v ved bygging av skogsveier hvor det ytes statstilskudd, investeringslån og/eller blir brukt skogavgift. M-0611. 16 s.

Landbruksdepartementet 1997. Normaler for landbruksveier med byggebeskrivelse. M-0677 B. 59 s.

Vedlegg

Vedlegg 1: Undersøkelsesskjema

Undersøkelses skjema for tilstandsregistrering av kulvert / stikkrenner

Kulvert nr/ Veianlegg/ Kommune: _____ / _____ / _____

1. Fra hvilke årti er veianlegget? 60 / 70 / 80 / 90 / 00

2. Hva slags type kulvert er bruk? Stål / Betong / Plast

3. Hva slags grunnforhold ligger vegen på? Hva er bæreevnen på vegen? God / Dårlig

4. Visuell tilstandsvurdering; Er kulverten:

Ok			
Sammentrykt	Punktert	Glidd fra hverandre	Buet

Kan jeg med kvalifisert gjetting anta hva som har forårsaket skaden

5. Høyde på overbygningen:.....

6. Dimensjoner på kulverten:

Lengde:	Bredde:

7. Er det tine slange / tine rør i kulverten?

Ja	Nei

Er denne i tilfredsstillende forfatning?

Ja	Nei

8. Hvordan ligger kulverten?

	Ja	Nei
Ligger kulverten i en bakke		
Ligger kulverten skrådd i riktig retning		
Ligger kulverten med fall		
Er fallet tilfredsstillende		
Er det synkekum ved innløpet		
Er det fare for erosjon ved utløpet		

9. Husk å ta bilde.

Vedlegg 2: Krav til stikkrenner med leggeanvisning (Landbruksdepartementet 1997).

Krav til forskjellige rørtyper ved bygging av skogsveier

Krav ved bruk av stålrør ved bygging av skogveier

Bruk av stålrør bør begrenses der det er fare for høyhastighets transport av jord, grus og stein gjennom røret. Under slike forhold skal det foretas spesielt god beskyttelse med asfaltstoffer eller betong.

1. Generelle krav

Ved bruk av stålrør må man ta hensyn til vannets pH-verdi. Det er viktig at man bruker rør med rett korrusjonsbelegg i forhold til pH-verdien. Korrusjonsbelegg som skal brukes ved ulike pH-verdier er:

- overflatebelegg 1 : pH 5,5 – 10,0
- overflatebelegg 2 og 3: pH 6,0 – 9,0
- overflatebelegg 4: pH 5,0 – 8,0
- epoxy, se nedenfor*): pH 4,0- 10,0

*) Hvis pH-verdien faller utenfor grensene for overflatebelegg type 1-4, skal rørene tilleggsbeskyttes med epoxy. Epoxyens tykkelse skal være minimum 200 my på rørets innside ca 20 cm over normal vannstand. På rørets utside skal hele belegges med 100 my epoxy 1 m inn i hver ende.

2. Overflatebelegg

Tabell 1: Inndeling av overflatebelegg.

Type 1:	Varmgalvanisert (dyppgalvanisert). Minimum 840 g/m ² dobbeltsidig = 60 my pr. side.
Type 2:	Varmgalvanisert (kontinuerlig galvanisert). Minimum 610 g/m ² dobbeltsidig = 43 my pr. side.
Type 3:	Varmgalvanisert (kontinuerlig galvanisert). Minimum 840 g/m ² dobbeltsidig = 60 my pr. side.
Type 4:	Aluzink AZ 185 (kontinuerlig belagt). Minimum 185 g/m ² dobbeltsidig = 25 my pr. side.

3. Godkjente rørtyper

Stålrør varierer med hensyn til godstykkelse, korrugering og sammenføyingsmetode.

Korrugering angis med korrugeringsavstand a og korrugerings dybde d (eks. 68 x 13 mm – se figur 1).

Følgende rørtyper og korrugeringer godkjennes:

- A. Spiralfalsede rør. Korrugering 68 x 13 mm eller tilsvarende.
- B. Spiralfalsede rør. Korrugering 100 x 20 mm eller 125 x 26 mm.
- C. Boltede rør. Korrugering 100 x 20 mm eller stivere.
- D. Boltede rør. Korrugering 150 x 50 mm eller 200 x 55 mm.

4. Platetykkelse/rørdiameter

Krav til platetykkelse øker med rørdiameter og rørtype. Tabellen nedenfor viser minimum platetykkelse for de ulike rørtyper og diametre.

Tabell 2: Rørdiametre og minimum platetykkelse.

Diameter mm (innv)	Min. overdeking m	Rørtype A	Rørtype B	Rørtype C
		Korrosjonsbelegg: 2, 3 og 4	Korrosjonsbelegg: 3 og 4	Korrosjonsbelegg: 1
300	0,30	1,5		
400	0,30	1,5		
500	0,30	1,9	1,9	1,8
600	0,30	1,9	1,9	1,8
800	0,30	1,9	1,9	1,8
1000	0,30	2,3	2,2	2,0
1200	0,35	2,6	2,5	2,2
1400	0,35	3,0	2,7	2,5
1600	0,40		3,0	2,7
1800	0,40		3,2	3,0
2000	0,45		3,5	3,2
2200	0,50			3,5
2400	0,50			3,7
2600	0,60			4,0

For dimensjoner over 2600 mm (boltete rør) godkjennes:

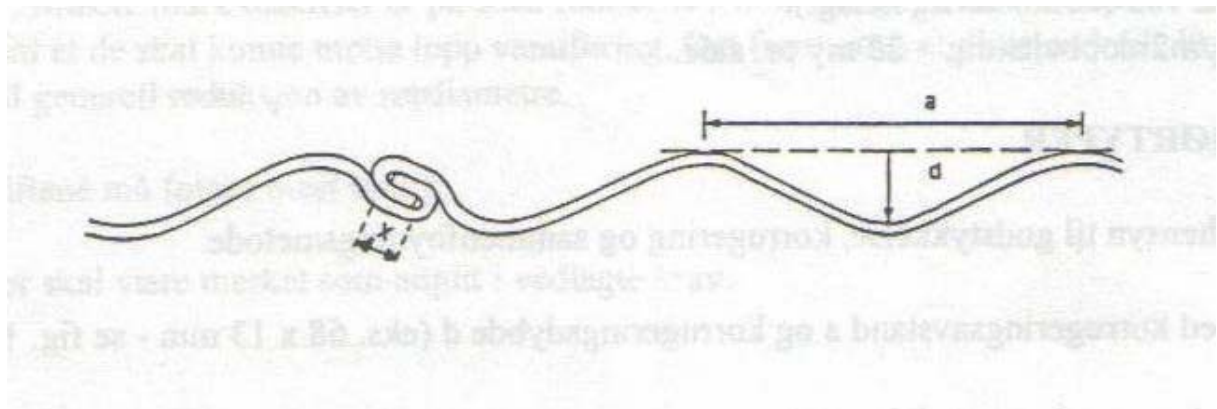
- Rørtype D (korrugering 150 x 50 mm og 200 x 55 mm).

Overflatebelegg type 1.

Her økes også kravet til godstykkelse avhengig av dimensjon.

5. Falsing

Spiralfalsede rør skal ha dobbel fals. Platekantene i falsenes tverrsnitt (x) skal ha minst 8 mm overlapping. (Se figur nedenfor).



6. Dimensjoner

Kulverter skal dimensjoneres til å tåle topp vannføring i det aktuelle området:

- a. Kulverter med primærfunksjon å lede bort vann fra bekker og grøfter fra fjerntliggende områder skal ha en indre rørdiameter på minimum 300 mm.
- b. Kulverter som kun har drenefunksjon, bortledning av vannlommer, stående vann eller lignende kan ha mindre innvendig diameter enn 300 mm, men ikke mindre indre diameter enn 150 mm. Dette er viktig når man tenker på toppvannføring.

7. Lengde

Kulvertene skal være tilstrekkelig lange slik at krav til planeringsbredde og fyllingsskråninger ikke reduseres. Forholdet mellom kulvertlengde L , veibredde B og høyden fra bunn til topp av kjørebane H er:

$$L = B + 3H$$

(Eksempel: For veiklasse 3, 4 og 5 vil minimum lengde L være 7,0 m. ved stigninger over 8% bør minimum lengde L være 8,0 m fordi røret da må legges i skrå vinkel på veibanen).

8. Skjøtemetoder

Ved eventuell skjøting skal det benyttes bånd, skjøtestykker eller plater i samme materiale og med samme korrosjonsbeskyttelse som kulverten for øvrig. Det tillates platetykkelse inntil 1,0 mm mindre enn for kulverten, men skjøtebåndene skal minimum ha en platetykkelse på 1,5 mm. Skjøtebredden øker med kulvertdiameteren, men skal minst være 300 mm.

Skjøtebåndsbredden (B) beregnes som:

$$B = 0,40 \times \text{kulvertdiameteren}$$

(Eksempel: Kulvertdiameter = 1600 mm, $B = 0,40 \times 1600 \text{ mm} = 640 \text{ mm}$)

Innvendige skjøtebånd kan benyttes ved kulvertdiameter $< 600 \text{ mm}$.

Ved kulvertdiameter $> 1400 \text{ mm}$ skal skjøtebåndene ha samme korrugering som røret, og de skal være boltet.

Skjøtene må være så tette at risikoen for erosjon i fundament- og omfyllingsmasser blir minst mulig.

9. Merking

Produsenten skal forsyne rørene med varig merking som inneholder følgende opplysninger:

1. Korrugeringsform i mm (korrugeringsavst. x korrugeringsdybde)
2. Platetykkelse i mm med 1 desimal
3. Rørets innvendige diameter i mm
4. Beleggtipe
5. Beleggtykkelse i mm på hver side
6. Rørprodusentens navn

7. Produksjonsår

Eks.: 100 x 20- 2.3-ø = 1000-Zn 60 + PVS/200 – prod.- 1991
1 2 3 4 5 6 7

Krav ved bruk av plastrør ved bygging av skogsveier

1. Generelle krav

Plastrør som brukes ved bygging av skogsveier skal følge kravene til ”produktnorm 8001, Anleggsrør” utgitt av Plastrørindustriforbundet (NPF 8001).

2. Godkjente rørtyper

Rørene skal være glatte (ekstruderte) eller profilerte. Materialet skal følge spesifikasjonene i NPF 8001:

ABS: Akrylnitril- Butadien- Styren

PE: Polyetylen

PP: Polypropylen

PVC: Polyvinylklorin

GUP: Glassfiberarmert umettet polyester

3. Rørklasse

NPF 8001 inndeler plastrør i 4 klasser etter ringstivheten. Denne gir uttrykk for rørets styrke. Klassene angis som A, B, C eller D hvor klasse D har den største ringstivhet. Ved bygging av skogsveier hvor det ytes statstilskudd og/eller blir brukt skogavgift, tillates bare rør med ringstivhet i minimum klasse C.

4. Dimensjoner

Veirør skal dimensjoneres til å tåle topp vannføring i det aktuelle vrområdet:

- a. Kulverter med primærfunksjon å lede bort vann fra bekker og grøfter fra fjerntliggende områder skal ha en indre rørdiameter på minimum 300 mm.
- b. Kulverter som kun har drenefunksjon, bortledning av vannlommer, stående vann eller lignende kan ha mindre innvendig diameter enn 300 mm, men ikke mindre indre diameter enn 150 mm. Dette er viktig når man tenker på toppvannføring.

5. Lengde

Kulvertene skal være tilstrekkelig lange slik at krav til planeringsbredde og fyllingsskråninger ikke reduseres. Forholdet mellom kulvertlengde L, veibredde B og høyden fra bunn til topp av kjørebane H er:

$$L = B + 3H$$

(Eksempel: For veiklasse 3, 4 og 5 vil minimum lengde L være 7,0 m. ved stigninger over 8% bør minimum lengde L være 8,0 m fordi røret da må legges i skrå vinkel på veibanen).

6. Skjøting

Eventuell skjøting av plastrør skal skje med fast muffe eller med løs muffe. Krav til minimumslengde går frem av NPF Produktnorm 8001. Plassering av skjøt bør være nær midten av veiens senterlinje. For å minske risikoen for utvasking og erosjon, må skjøtene være utført med tetningselement.

7. Merking

Hvert plastrør og hver rørdel skal ha tydelig og varig merking i henhold til NPF, Produktnorm 8001.

Merking angir i rekkefølge:

1. Materiale
2. NPF 8001/87

3. Dimensjon i mm

4. Rørklasse

5. Produsent

6. Evt. Produksjonssted (kode) hvis produsenten har flere produksjonssteder.

Produksjonsstedet kan angis med kode.

Eks.: ABS- NPF 8001/87 - 300- C - A/S Rørco

1 2 3 4 5

Krav ved bruk av betongrør ved bygging av skogsveier

1. Generelle krav

Betongrør som brukes ved bygging av skogsveier skal minimum tilfredsstille kravene i:

- NS 3027 og NS 3028
- Gruppenormer gitt av A/S Alfanor og Pre-Bas Gruppen A/S.

Det godkjennes kun bruk av rør etter kvalitet G (tilpasset bruk av tetningsring). Skadde rør skal ikke benyttes.

2. Dimensjoner

Veirør skal dimensjoneres til å tåle topp vannføring i det aktuelle området:

a. Kulverter med primærfunksjon å lede bort vann fra bekker og grøfter fra fjerntliggende områder skal ha en indre rørdiameter på minimum 300 mm.

b. Kulverter som kun har drenefunksjon, bortledning av vannlommer, stående vann eller lignende kan ha mindre innvendig diameter enn 300 mm, men ikke mindre indre diameter enn 150 mm. Dette er viktig når man tenker på toppvannføring.

3. Lengde

Kulvertene skal være tilstrekkelig lange slik at krav til planeringsbredde og fyllingsskråninger ikke reduseres. Forholdet mellom kulvertlengde L, veibredde B og høyden fra bunn til topp av kjørebane H er:

$$L = B + 3H$$

(Eksempel: For veiklasse 3, 4 og 5 vil minimum lengde L være 7,0 m. ved stigninger over 8% bør minimum lengde L være 8,0 m fordi røret da må legges i skrå vinkel på veibanen).

4. Skjøting

Det skal anvendes gummipakning i skjøtene slik at utvasking og erosjon i omfyllingsmassene unngås.

5. Merking

Hvert rør skal ha en tydelig og varig merking i henhold til krav fra ”Kontrollrådet for betongprodukter”.

Merkingen skal inneholde:

1. Navn eller registreringsnummer i Kontrollrådet
2. Ukenummer og år
3. Diameter
4. Spesifikasjon
5. Maksimal overdekking

Eks.: X 75 – 13/91 – 300 – G – 10 m
 1 2 3 4 5

Felles leggeanvisning

a) Generelt

Røret skal legges med overhøyde mot midten av veien for å kompensere for fremtidig setninger. Overhøyden bør utgjøre ca 5 cm. Ved bruk av betongrør skal det graves ut for muffen.

Rør skal legges i grusblandet, telefritt materiale med maksimum steinstørrelse på 50 mm. Massene må ikke inneholde is, snø eller teleklumper. Store punktblastninger og skadelige deformasjoner på røret må unngås.

Stikkrenner bør følge bekkens lengderetning. Kunstig vinkel ved innløp og utløp må unngås. Stålrør må ikke legges med større fall enn 10 %. Ideelt bør fallet være fra 1 til 6 %. På plast- og betongrør bør fallet være 3 – 7 %. Ved legging av plast- og stålrenner med større enn 600 mm innvendig diameter, bør enden av stikkrenna skråskjæres etter terrengets helning.

b) Legging på fast grunn (ikke leire, kvabb, torv o.l)

Røret kan legges direkte på grøftebunn. Når denne består av fjell eller stein, skal det foretas en avretting med finpukk eller grus i hele rørets lengde. Ved telefarlig grunn bør røret legges på grusseng.

c) Legging på løs grunn

På løs grunn, for eksempel torv og kvabb, skal røret legges på en flåte av rundvirke eller plank. Flåten skal dekket med et ca 10 cm tykt gruslag slik at hulrom i og under flåten fylles igjen. Fiberduk bør brukes når det er fare for masseblanding. Duken legges da under eventuelle kavler. Ved bruk av betongrør skal det brukes friksjonsmasser for å unngå setninger i rørledningen.

d) Omfylling / overdekning

Stikkrenna holdes i stilling med nødvendig støtte under omfyllingen. Omfyllingen (gjenfylling omkring røret) skal foretas i sjikt på 10 – 40 cm tykkelse på begge sider av røret og komprimeres helt ut mot grøftens side slik at fullgod sidestøtte oppnås. Ved bruk av betongrør er maksimal tillat steinstørrelse inntil røret 150 mm. Komprimeringen bør utføres til ca 20 cm over toppen av røret, men maskinell pakking direkte over røret skal ikke skje før overdekningen er minimum 30 cm.

Overdekningen

Kravet til overdekning er forskjellig for de ulike stikkrennene.

Stål:

Overdekningen (inklusive bærelag og grusslitelag) avhenger av rørdiameter, **men skal minimum være 30 cm**. For rør > 800 mm kan følgende formel nyttes for å finne minimum overdekning:

$$\frac{\text{Diameter cm}}{8} + 20 \text{ cm} = \text{min. overdekning}$$

Eks.: Minimum overdekning for diameter 1200 mm:

$$1200 \text{ cm} / 8 + 20 \text{ cm} = 35 \text{ cm}$$

Den gjelder veiklassens krav til bærelag- og slitelagsmasser (bl.a tykkelse) skal følges ved gjenfyllingen,

Maksimum overdekning er 6,0 meter.

Plast:

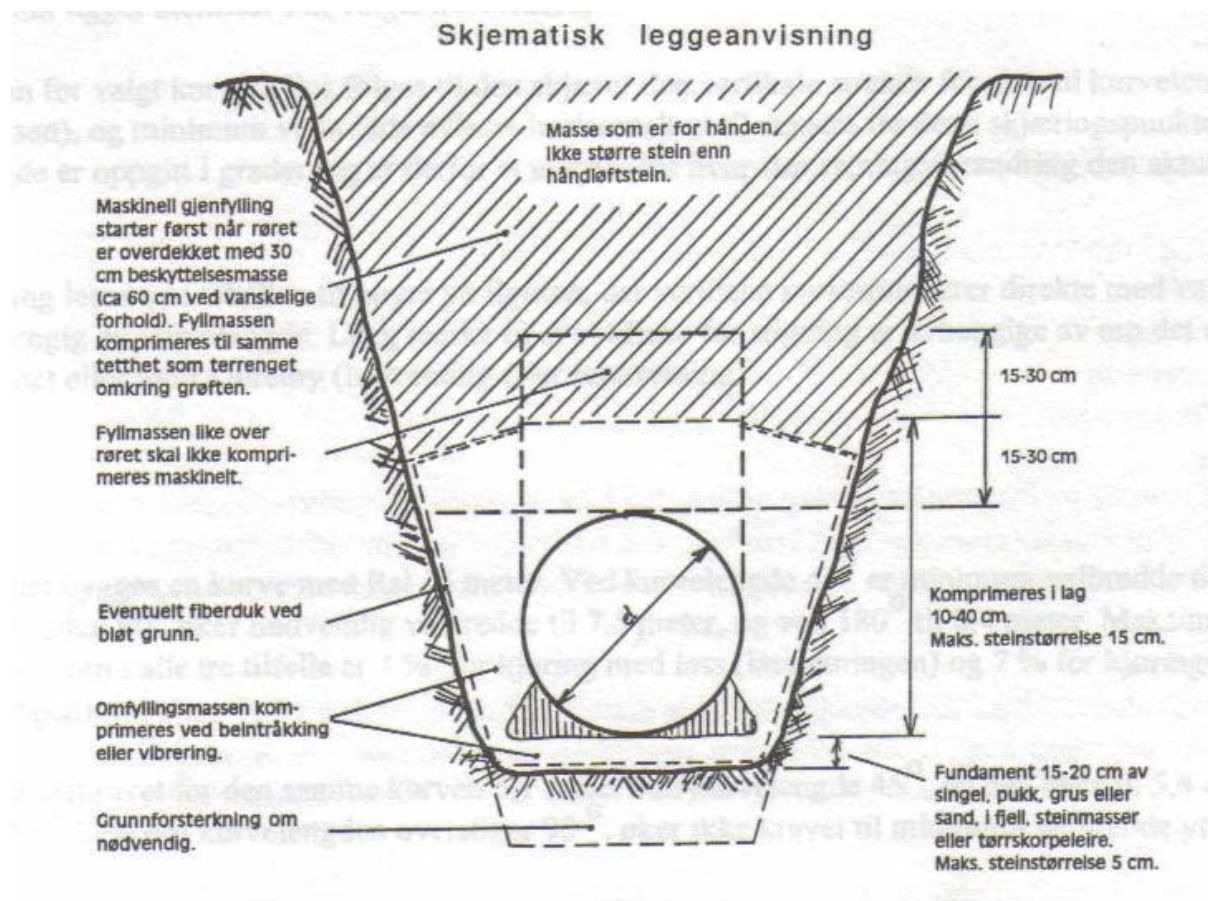
Overdekningen **bør være minimum 50 cm**. Den gjeldende veiklasses krav til bære- og slitelagsmasser (bl.a. tykkelse) skal følges ved gjenfyllingen. Maksimum overdekning er 8,0 meter.

Betong:

For mufferør vil tillatt overdekning variere fra 0,5 til 15 m avhengig av produksjonsform, byggelengde og dimensjon. Tillat overdekning for falsrør vil i tillegg være avhengig av om rørene er armert eller ikke, og av armeringsmengde. Alle rør skal være merket med maksimal overdekning.

Den gjeldene veiklasses krav til bærelag- og slitelagsmasser (bl.a tykkelse), skal følges ved gjenfyllingen.

Skjematisk leggeanvisning:



Vedlegg 3: Alt data som ble registrert. Se vedlagt cd.