

Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2016 30 stp
Institutt for naturforvaltning

Dimensjonering av stikkrenner på skogsbilveg

Sizing of Culverts on Forest Roads

Kristofer Tveiterå
Skogfag

Forord

Dette er den avsluttende hovedoppgaven etter fem års utdanning i skogfag, bestående av tre år på Høgskolen i Hedmark, avd. Evenstad, og to år med masterstudier på Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, NMBU.

Med en stor interesse for driftsteknikk, og da særlig på veg, var det naturlig for meg å skrive en oppgave som kan knytte dette feltet opp mot Vestlandet, der jeg er født og oppvokst. Oppgaven er skrevet innenfor driftsteknikk og omhandler skogsbilveger på Vestlandet, med fokus stikkrenner og grøftesystem. Jeg vil takke hovedveilederen min, Førsteamanuensis Jan Bjerketvedt ved institutt for naturforvaltning (INA), for gode råd og veiledning før og under arbeidet, og for lån av utstyr brukt under feltarbeidet. Jeg vil også takke Åslaug T. Tveiterå for gjennomlesning og korrektur.

ÅS, 11. mai 2016

Kristofer Tveiterå

Sammendrag

Skogsveger er viktige for å opprettholde et effektivt og lønnsomt skogbruk. For at disse skal fungere optimalt, er det avgjørende at de opprettholder sin funksjon over lengre tid. Det blir i denne oppgaven sett på tilstanden til dreneringssystemene på fire eksisterende veger. I 2015 ble fire skogsbilveger i Tysvær kommune i Rogaland undersøkt. Det ble registrert 72 stikkrenner på til sammen 9 km veg. Her ble det registrert detaljert informasjon om hver stikkrenne, samt skadetilstanden på røret, for å kunne beregne kapasiteten. Utforming og tilstand på 13 grøftestrek fordelt på tre veger, ble også kartlagt. For alle grøftestrekene ble vannhastigheten i grøften beregnet. Det ble regnet ut avrenning fra tilhørende nedbørsfelt ved hjelp av Arcmap programvare fra ESRI med gjentaksintervall på 25 og 50 år, for hver enkelt stikkrenne. På to utvalgte nedbørsfelt ble også NEVINA, en tjeneste fra NVE for generering av nedbørsfelt, brukt. Undersøkelsen viste at det var mange stikkrenner med diameter på 200-300 mm, noe som er under minimumskravet på 300 mm i de nye vegnormalene fra 2013. Av de registrerte stikkrennene var det, med et gjentaksintervall på 24år, 52 % (38stk) som hadde tilstrekkelig kapasitet og 48 % (34stk) med utilstrekkelig kapasitet i forhold til beregnet avrenning. Det ble registrert skader på 20 % av stikkrennene, der 60 % av skadene var bue i røret. Rundt halvparten av de skadde stikkrennene hadde utilstrekkelig overdekning. Denne skal være minimum 0.5 m på betong og plastrør. Vannhastighetene i grøftene som ble registrert, var generelt høye. 9 av 13 grøftestrek genererte vannhastigheter over den grensen som indikerer fare for erosjon. På de to nedbørsfeltene ble det små forskjeller når resultatet fra NEVINA ble sammenlignet med tilsvarende program i Arcmap. Undersøkelsen viste at det var et utskiftningsbehov. Halvparten av stikkrennene var for små og hadde utilstrekkelig kapasitet og/eller de var skadet. Stikkrennene som var under 300 mm, bør også vurderes og oppgraderes. I tillegg til kravene i landbruksnormalene på minimum 300 mm rør, anbefales det å bruke 400 mm som minste rørdiameter i bratt terreng og i nedbørsrike områder. Selv om vannhastighetene i grøftene var høye, ble det ikke observert erosjon i grøftene, og med et jevnt vedlikehold vil de trolig kunne fungere som tiltenkt slik de er.

Ut fra resultatene er det utskiftningsbehov på mange av stikkrennene på de aktuelle skogsbilvegene, og da særlig på de eldre vegene.

Abstract

In order to maintain an effective and profitable forestry, forest roads are essential. To secure an optimal use of these roads, it is crucial to keep them functional for a long time. In this paper, the condition of drainage systems in four existing forest roads is being looked at. Four different forest roads, all situated in Tysvær, Rogaland, were examined in 2015. Within a distance of 9 kilometres, 72 culverts were registered in total. Detailed information about each culvert, including damage condition of the pipe, was registered in order to calculate water capacity. Design and condition of 13 trenches on three different roads were surveyed. Water velocity was calculated for all the trenches. For each culvert, runoff from connecting catchment areas was calculated with recurrence interval of 25 and 50 years, using Arcmap software from ESRI. On two selected catchment areas, NEVINA, NVE's program for generating catchments, were used. The survey proved a large number of culverts with 200-300 mm in diameter, which is below minimum requirement according to 2013 road standards. 52 % (38 culverts) of the culverts were proven to have sufficient capacity with a recurrence interval of 24 years, while 48 % (34 culverts) of the culverts had inadequate capacity relative to projected runoff. Damages were found on 20 % of the culverts, and 60 % of these injuries were bends in the pipes. Approximately half of the injured culverts were inadequately gravelled. The requirement is a layer of minimum 0.5 metres gravel on concrete and plastic pipes. Water velocities in the recorded ditches were generally high. 9 of 13 ditches generated water speeds above the threshold indicating a danger of erosion. Only marginal differences were seen when comparing NEVINA with similar programs in Arcmap.

The survey showed a need for replacement. Half of the culverts were too small and had insufficient capacity. Some of them had injuries. Culverts with a diameter below 300 mm, should be reconsidered and upgraded. In addition to agricultural norms and requirements of minimum 300 mm pipes, it is recommended to use 400 mm as the smallest diameter in steep terrain and wet areas. All though water velocity in the ditches was high, no erosion was observed in the trenches. A steady maintenance will probably keep these ditches in satisfactory condition as they are.

The result from this survey shows that many culverts on the registered forest roads need replacement, particularly in the older roads.

Innhold

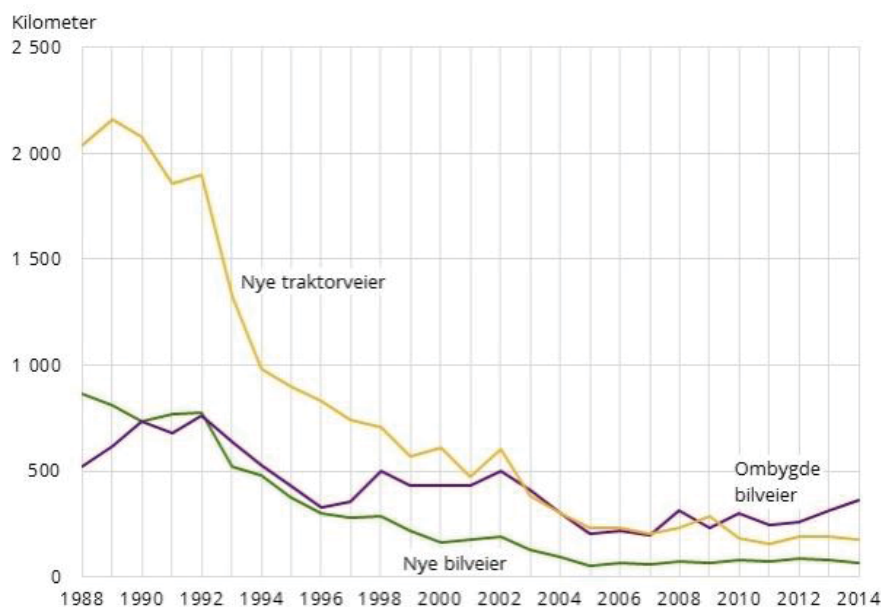
Forord	i
Sammendrag	ii
Abstract	iii
1.0 Innledning.....	3
1.1 Mål:.....	7
2.0 Materiale og metode.....	8
2.1 Studieområde	8
2.2 Valg av veger.....	9
2.3 Innsamling av data i felt.....	11
2.3.1 Stikkrenner	11
2.3.2 Grøfter.....	13
2.4 Stikkrenne-posisjon	13
2.5 DTM	13
2.6 Nedbørsfelt/Nedslagsfelt	13
2.7 Avrenning.....	14
2.8 Kapasitet på stikkrenner.....	16
2.9 Dimensjonering av grøfter.....	17
2.10 Feltutstyr.....	19
3.0 Resultat.....	20
3.1 Dimensjonering stikkrenner	20
3.1.1 Vesterlivegen	21
3.1.2 Stølsvikvegen	24
3.1.3 Ramsvikvegen	26
3.1.4 Sjøvegen.....	28
3.2 Skader	30
3.3 Grøft.....	30
3.4 NEVINA.....	32
4.0 Diskusjon	34
4.1 Dimensjonering av stikkrenner.....	34
4.2 Skader på stikkrenner	35

4.3 Overbygning.....	38
4.4 Grøfter	39
4.5 NEVINA.....	39
4.6 Den rasjonelle formel	40
4.7 Feilkilder	41
5.0 Konklusjon	42
6.0 Kilder.....	43
Vedlegg.....	45

1.0 Innledning

Skogen i Norge har alltid vært viktig, og er i dag fortsatt en stor næring. Det ble i 2015 avvirket over 10 millioner kubikk med tømmer til industriformål (Statistisk Sentralbyrå [SSB], 2015), noe som viser høy aktivitet i skogbruket. Med et skogsareal på over 121 000 km² og et totalt volum på rundt 885 millioner kubikk, er det stort potensiale til å opprettholde og øke dagens aktivitetsnivå (Norsk Institutt for Bioøkonomi [NIBIO], 2016). Det blir også ut fra de siste utslippsforpliktelsene frem mot 2030 (Meld. St. 13, 2015) gitt uttrykk for at et aktivt skogbruk skal være med som en del av klimaløsningen, der CO² binding er det viktigste. Med et aktivt skogbruk vil det være viktig med skogbruksareal som er lett tilgjengelig og har god infrastruktur.

Skogsveger er viktig for en aktiv skogbruksnæring, og da særlig skogsbilveger, som gjør uttransport av tømmer mer effektiv og lønnsom. I Norge er det bygget over 48000 km med skogsbilveger i form av sommerbilveger eller helårsveger. Det ble i 2014 bygget 70 km med nye bilveger i tillegg til at 364 km gamle skogsbilveger ble oppgraderte og ombygde (SSB 2015).

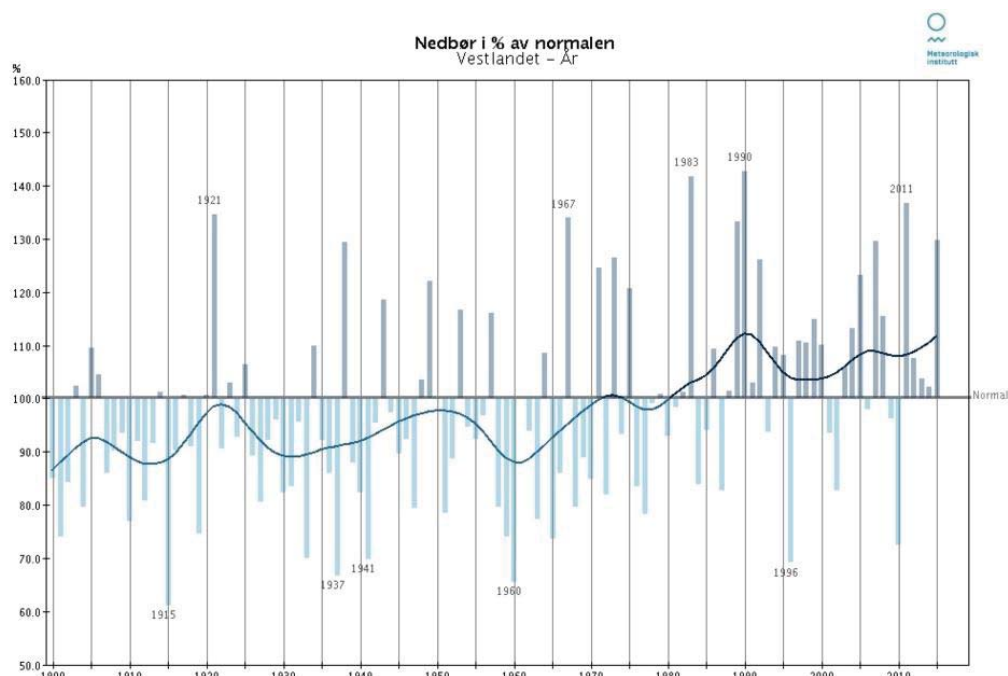


Figur 1: Antall kilometer skogsveg bygget fra 1988-2014. (SSB 2016).

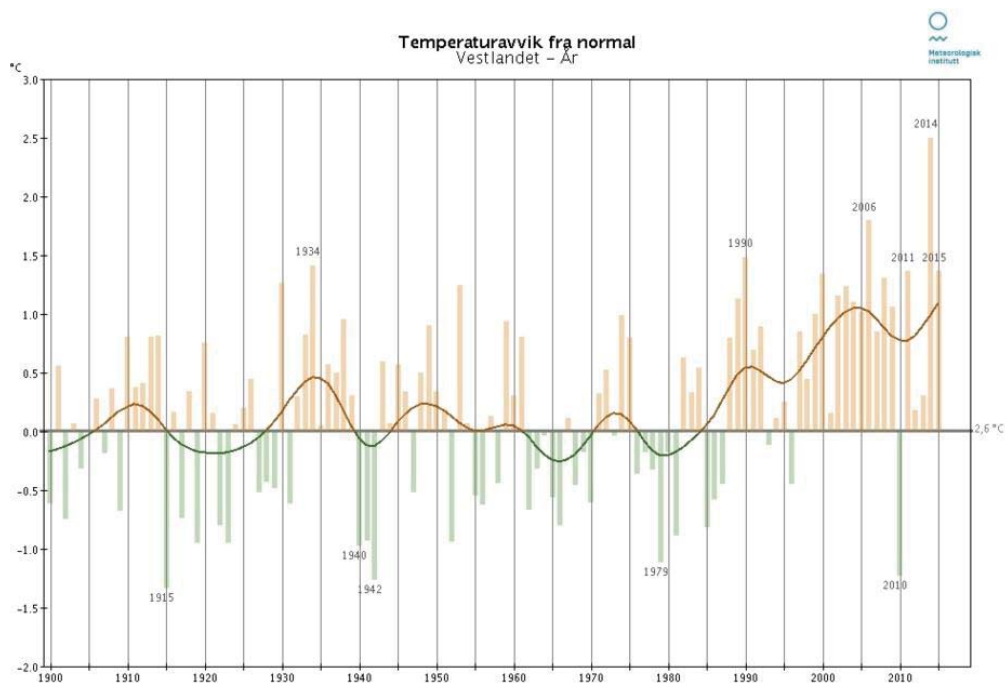
For at en skogsbilveg skal fungere optimalt, er det viktig at den vedlikeholdes og er bygget korrekt og etter forskriftene. En veg med dårlig drenering vil trolig ikke fungere like godt som tiltenkt. Det kan bli skader på vegen, og det kan ofte bli stående vann i grøftene, noe som kan føre til nedsatt bæreevne (statens vegvesen 2014). Tette og underdimensjonerte stikkrenner og broer som ikke takler store vannmengder under ekstremvær, utgjør også en trussel for veger. Det kan oppstå store skader på selve vegen og i verste fall også på annen infrastruktur eller bygninger. Det har vist seg at tilstanden på mange Norske skogsbilveger er svært dårlig. I en rapport gjort av Lyshaug et al. (2012) blir det lagt frem at 49 % av de registrerte vegene i studien trengte en større opprustning. I Oppland var det i en tilsvarende rapport 91 % av helårsvegene (veiklasse 3) som ikke holdt kravene i forhold til forskriftene. I masteroppgaven til Øyvind Juliussen (Juliussen 2006) ble det utført en kvalitetsvurdering av kulverter i plast, stål og betong i Elverum og Åmot. Resultatene fra denne oppgaven viste at av 160 registrerte kulverter, var hele 62 % av betongkulvertene skadet i en eller annen form, mens 34 % av plastkulvertene og 12 % av stålkulvertene var skadet. Studien viste også at over 50 % av kulvertene på eldre veganlegg var skadet. Totalt var det 36 % av stikkrennene som var skadde og hadde nedsatt kapasitet. Det ble konkludert med at skadene kunne komme fra dårlig overdekning på vegen over stikkrennene. I oppgaven til Ole Stabekk (Stabekk 2014), der det ble sett på georeferering av broer og kulverter på skogsbilveg, var det også mange skadde stikkrenner der totalt 56 % av rørene var skadd. I oppgaven til Monika Lund (Lund 2013), om skredaktivitet i Arnegårdslia og Nes kommune, ble det trukket frem at underdimensjonerte stikkrenner og dårlig dreneringssystem kan føre til løsmasseskred. Det ble også sett på størrelser på stikkrenner på et veganlegg i Arnegårdslia. Her fant en ut at 26 % av stikkrennene var for små og kunne ikke takle avrenninga en potensielt kan få ved en 50 års flom. Konklusjonen i denne oppgaven var at man så på dette som en viktig faktor i forhold til den lokale rasfaren, og at denne kom til å øke i takt med økende og mer intens nedbør.

I FNs klimarapport går det fram at klimaet vil endre seg i årene som kommer. Middelsestemperaturen vil stige, og det er stor sannsynlighet for at nedbørshyppigheten vil øke i store deler av verden. I Europa vil man i sør trolig oppleve større og lengre tørkeperioder, mens man i Nord-Europa vil få økt nedbør (IPCC, 2007).

Etter rapporten Klima i Norge 2100 (Hanssen-Bauer et al, 2015) har års-nedbøren økt med 5 % siden 1979, der den største økningen i nedbør har skjedd vinterstid med en økning på 17 %, mot 10 % på våren. Sannsynligheten for at man får et villere og våtere klima i Norge er stor. En kan regne med at gjennomsnittlig års-nedbør i Norge kan øke med 8-18 %. Dager med nedbør vil bli flere, regnflommer kommer oftere og kraftigere i tillegg til at styrken og hyppigheten av styrtregn vil øke. Dette vil få store konsekvenser over store deler av landet, men kanskje mest på Vestlandet, der det for eksempel på Brekke i Sogn er en års-nedbør på 3575 mm. Brekke fikk også i 1990 så mye som 5596 mm i løpet av året. Til sammenligning ligger års-nedbøren i Sjøk i Gudbrandsdalen, som har minst nedbør i Norge, på 278 mm (Andersen & Pedersen, 2013).



Figur 2: Nedbørsutvikling på Vestlandet 1900-2015, % av middelverdien fra 1961-1990. (Meteorologisk institutt 2016)



Figur 3: Temperaturutvikling for Vestlandet 1900-2015, med avvik (°C) i forhold til normalperioden 1961-90 (Meteorologisk institutt 2016).

Det har vært en jevn økning av nedbør i hele landet, men den største økningen har vært på Vestlandet, og mest etter 1980. Totalt er det registrert en økning på 2,1 % hvert tiende år de siste 100årene (Førland et al. 2007a). Det vil også være en økning i døgnnedbøren, og Vestlandet, Sør-Trøndelag og Nordland kan få en mye større økning (10-20 %) i ekstremnedbør. På Østlandet vil kunne merke en svakere økning (Førland et al. 2007b). Ut fra Figur 1 kan man se utviklingen av nedbør på Vestlandet fra 1900 og til i dag. Det har også vært en økning i temperatur på over 0,5 °C de siste 20 årene, i forhold til normalen (Figur 2). I Norge er det ventet at den årlige middeltemperaturen vil stige med 2,3-4,6 °C, der den største endringen vil være lengst nord i Norge og den minste endringen vil man få på Vestlandet. (Iversen et al. 2005).

I en artikkel publisert på NRK.no den 2. april 2014 uttalte Bjørn Kristoffer Dolva fra Statens Vegvesen at «Mange vannrelaterte hendelser de siste åra, spesielt i 2010, 2011 og 2012, har ført til omfattende skader på infrastrukturen på grunn av flom og vann på avveie, som ikke har vært fanget opp tilfredsstillende av drens-systemene. Sannsynligheten er stor for at utfordringene og konsekvensene blir enda større på grunn av klimaendringene. Dette anses

derfor som en av de største utfordringene nå og fremover med henhold til robust infrastruktur og naturskade» (Wernersen 2014). Direktoratet for Samfunnssikkerhet og Beredskap (DSB) og Statens Vegvesen har også uttalt seg krast mot faren for flom og skred med økende bevilgninger til bygging av skogsbilveg i Norge. Danielsen (2013) ser på dårlige dreneringssystemer som en stor trussel med tanke på ras, og det blir påpekt at dårlig planlegging av veier kan bidra til at man får endring i de lokale vannføringene. Også eldre veganlegg, som kan være dårlig planlagt og ha underdimensjonerte stikkrenner, kan være en utfordring.

Arne Bardalen fra Norsk Institutt for Bioøkonomi (NIBIO) mener at det skapes overdreven frykt for at alle skogsbilveger som befinner seg i bratt terreng, utgjør en stor risiko for flom og skred. At de gamle skogsbilvegene som befinner seg i nettopp slike områder, bør gjennomgå en opprustning, og at nye veger blir bygget med oppdatert kunnskap om effekter av klimaendringer. Han sier at denne kunnskapen må også forbedres, og at «vanskelige» veger bør planlegges av personer med god kompetanse innenfor feltet (Bardalen 2014).

1.1 Mål:

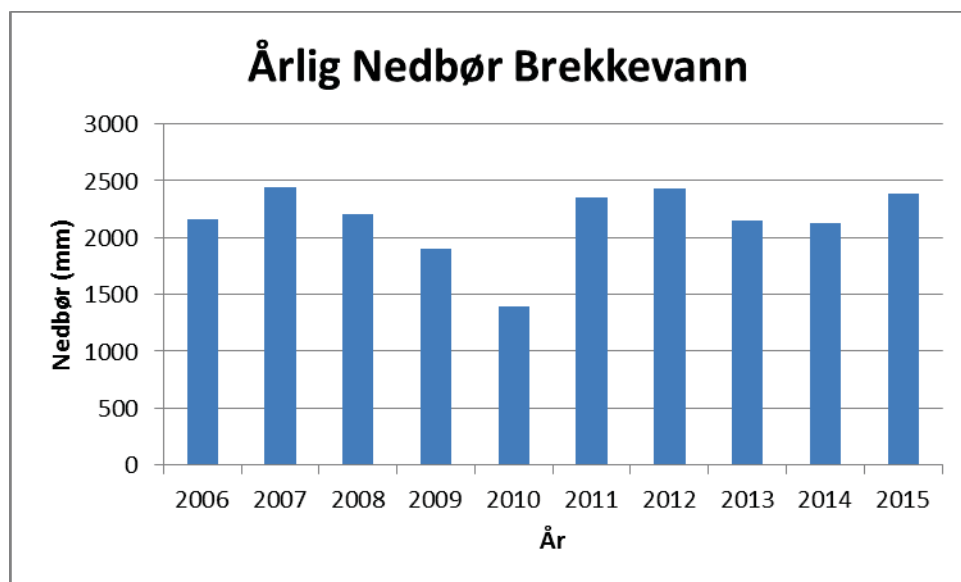
Målet med denne oppgaven er å kartlegge statusen på noen eksisterende skogsbilveger på Vestlandet og finne ut hvilke behov det er for utskifting av stikkrenner og rør. Er avrenninga til stikkrennene større enn kapasiteten? Det vil bli sett på kapasiteten til kulvertene på de aktuelle vegene. Skadetilstanden på kulvertene vil også være viktig, ettersom kapasiteten ikke bare vil være dimensjonsavhengig men også bli påvirket av skader.

2.0 Materiale og metode

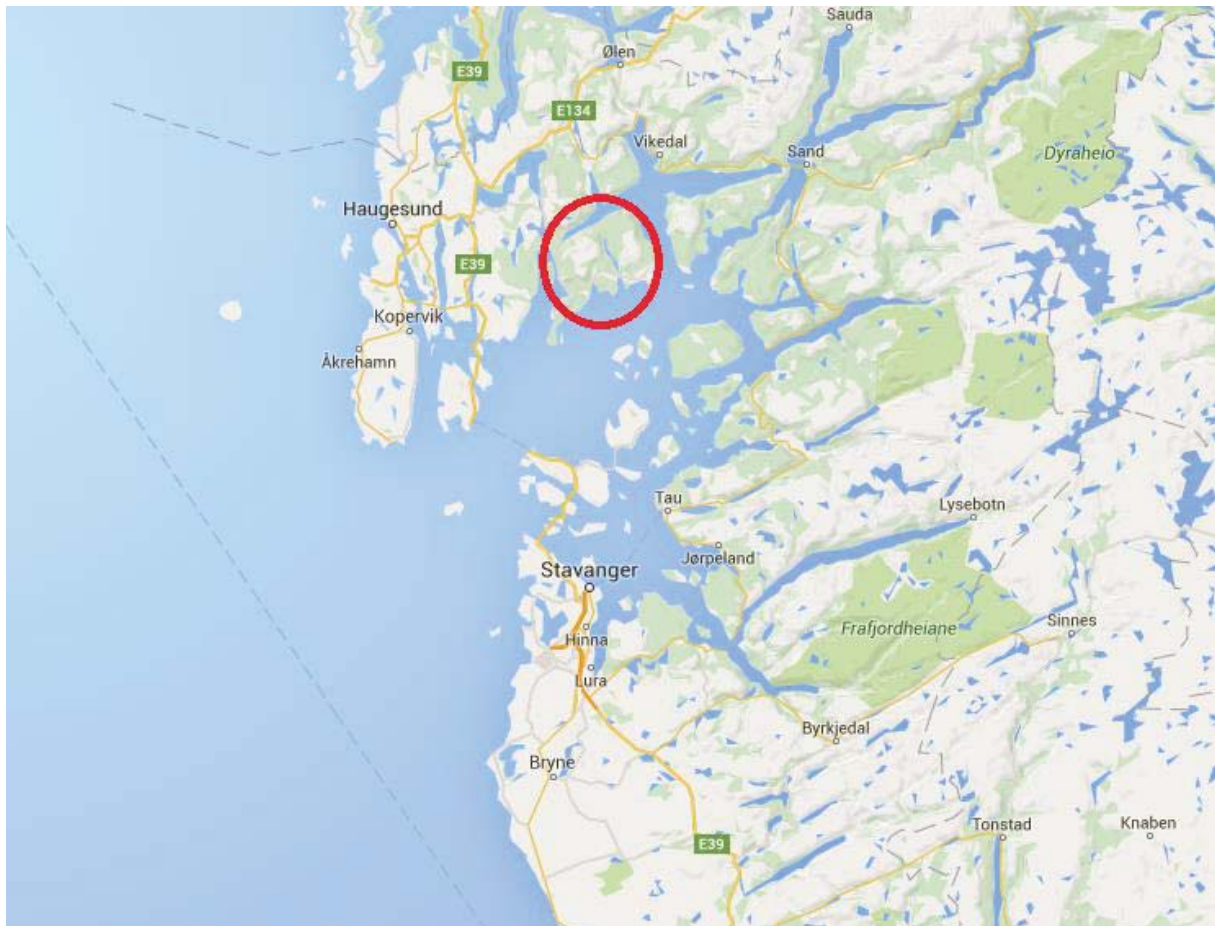
2.1 Studieområde

Forsøksområdet ligger i Tysvær kommune i Rogaland fylke. Dette området ble valgt ettersom hele Tysvær kommune er taksert med laser (LIDAR). Det ble høsten 2015 gjort registreringer på fire skogsbilveger med veg klasse 4, der det har blitt registrert 72 stikkrenner på til sammen ca 9 km veg. Vegene som ble registrert var Vesterlivegen (59 24'21,5851 – 5 46'51,3143), Stølsvikvegen (59 23'53,03 – 5 42'9,98), Sjøvegen (59 20'34,45 – 5 47'41,7) og Ramsvikvegen (59 24'2,59 – 5 46'25,44). Områdene rundt Nedstrand er preget av fjordene som ligger rundt, og består av mange bratte fjellsider med skog i bunnen og snaufjell på toppene. Nedbørsfeltene blir dermed ganske varierende, da vegene stort sett går langs med høydekvalene langs fjordene.

Området rundt Nedstrand er preget av periodevis mye nedbør og har en gjennomsnittlig årlig nedbørsmengde på 2000 mm, der man kan få store mengder nedbør på kort tid, slik som i januar 2015 da det kom 430 mm i løpet av en måned. Det kan også komme opp mot 40-50 mm i løpet av et døgn flere ganger i året (Kilde: Meteorologisk institutt).



Figur 4: Årlig nedbør de ti siste årene på Brekkevann, Karmøy (30km fra Nedstrand). Meteorologisk Institutt.



Figur 5: Oversiktskart. Kartdata fra Google maps.

2.2 Valg av veger

Det ble valgt ut 4 veger med ulike byggeår for å få en spredning i alderen på vegene. Vegene ble plukket ut med hjelp fra skogbrukssjefen i Tysvær kommune. Et av kriteriene var at alle vegene skulle ligge i nærheten av Nedstrand. Tysvær kommune og Nedstrand ble valgt ut ettersom det er gjennomført lasertaksering av hele kommunen, slik at laserdata kunne bli brukt i beregning av nedslagsfelt. Alle vegene er i bygget i vegklasse 4, sommerbilveg der det er lov å kjøre tømmerbil med henger.



Figur 6: Kart over vegene som er registrert. Bakgrunnskart fra Statens Kartverk.

Vesterlivegen, der det er registrert 5,2 km, er den lengste av de fire vegene som er blitt registrert. Vegen ble bygget i 1970, og det ble gjort en oppgradering på store deler av denne vegen i 2013.

Stølsvikvegen er bygget i 1993 og 2,3 km er blitt registrert på denne vegen.

Sjøvegen ved Tveit videregående skole ble bygget i 1985 og er den eldste av de omtalte vegene. Totalt er 1 km veg er registrert på denne skogsvegen.

Ramsvikvegen ble ferdigstilt i 2015 og er den nyeste av vegene. Her er det blitt registret 0,5 km veg.

Tabell 1: Antall stikkrenner registrert på de ulike vegene.

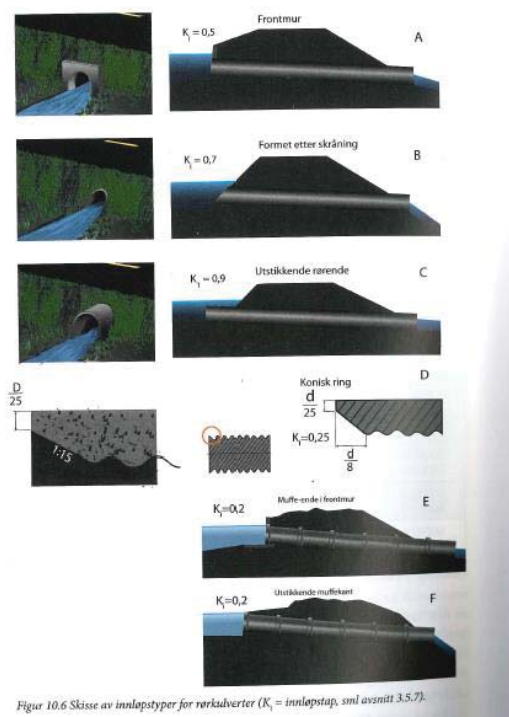
Registrerte stikkrenner	
Vesterlivegen	32
Stølsvikvegen	27
Ramsvikvegen	8
Sjøvegen	5
Sum	72

2.3 Innsamling av data i felt

2.3.1 Stikkrenner

På forhånd ble studie av kart brukt for å finne de mest sannsynlige punktene for plassering av stikkrenner, og hvor på de aktuelle vegene man derfor kunne vente og finne disse. Alle stikkrenner som ble funnet, ble tatt med i registreringen. Alt som ble registret, ble lagt inn i Excel. Registreringen ble foretatt på høsten i 2015 da mye av vegetasjonen var begynt å visne og rørene var lettere å lokalisere. For hver stikkrenne som ble funnet, ble det registrert:

- Posisjonen til innløpet, registrert med Garmin GLO GPS (WGS 84, UTM 32N).
- Utformingen på innløpet. Her ble det tatt utgangspunkt i illustrasjonene fra Vassdragshåndboka (se bilde). A: loddrett frontmur, gjerne steinsatt. B: Skåningen og røret formet på skrå etter skråningen. C: Utstikkende rør fra skråningen. D: Konisk ring, ofte på stålrør. E: Frontmur med muffe ende på røret er ved inntaket. F: Utskikkende rør med muffe ved inntaket.

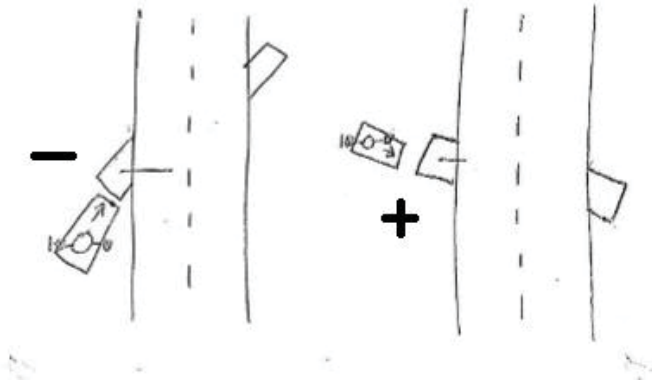


Figur 10.6 Skisse av innløpstyper for rørkulverter (K_i = innløpstap, smd avsnitt 3.5.7).

Figur 7: Ulike innløpstyper til stikkrenner, hentet fra Vassdragshåndboka (NVE 2010).

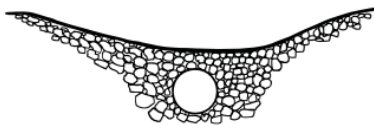
- Den indre diameteren på røret målt i centimeter.
- Lengde på røret fra innløp til utløp, i meter (målt med Leica Disto avstandmåler).

- Prosent fall på røret.
- Vinkel i forhold til senterlinjen på vegen (registrert på venstre side med kompass). + 0-180 grader, - 360-180 (358 grader = -2 grader)



Figur 8: Registrering av vinkel i forhold til senterlinjen på vegen

- Skader på rør eller ved innløp/utløp, samme metode som ble brukt i masteroppgaven til Øystein Juliussen (Juliussen 2006). Skade: 1: Sammentrykt, 2: Punktering, 3: Fraglidning, 4: Skade innløp, 5: Skade utløp, 6: Buet løp.
- Overdekningen over røret både på innløp- og utløps-siden.
- Hvilket materiale røret bestod av (1: plast, 2: betong eller 3: stål).
- Om det var lavbrekk og synkehum ved stikkrenna. (synkehum skal fungere som et oppsamling basseng for masser, samt redusere farten og energien på vannet.



Figur 15. Senket og steinsatt lavpunkt over veg.
Fra: Skogbrukets Kursinstitutt.

Figur 9: Lavbrekk, (Fergus et al. 2011)

- Hvilket type terreng som var rundt stikkrenna (nedbørsfeltet). Skog, vann, fjell eller innmark.
- Tid for når registreringen ble utført og eventuelle kommentarer.

2.3.2 Grøfter

Grøftene som ble registrert ble delt opp i grøftestrekk, der inndelingen av grøftestrekke ble delt inn etter forskjell i materiale i grøfta og stigning. Det ble for hvert grøftestrekk registrert:

- Posisjonen til start og slutt på grøftestrekk, registrert med Garmin GLO GPS (WGS 84, UTM 32N)
- Dybde på grøft (fra bunn i grøfta til toppen av vegen i cm)
- Bredde på bunn i grøfta (cm)
- Bredde topp på grøfta (cm)
- Hvor høyt vannet er/er normalt i grøfta (cm) (Figur 13)
- Fall på grøfta (%)
- Materiale i grøft: 1: Betong, 2: Asfalt, 3: Steinsatt (jevn), 4: Grus, 5: Småstein, 6: Jord uten vegetasjon, 7: Jord med vegetasjon, 8: Ujevn steinkledning, 9: Jord med kraftig vegetasjon, 10: Naturlig bekk og elv
- Tid og eventuelle kommentarer på grøfta

2.4 Stikkrenne-posisjon

Alle stikkrennene ble lagt inn i Arcmap 10.2 med koordinatene på innløpet. Enkelte posisjoner ble justert ved hjelp av fotografier og flybilder, der innløpene tydelig var blitt registrert med unøyaktige koordinater.

2.5 DTM

Ut fra Lidar laserdata med punkttetthet på 1.27 pkt/m² ble det laget en rastermodell («LAStoolbox», med «Create LAS dataset») med 5x5 rutenett. Dette ble brukt videre i beregning av nedbørsfeltene. Det ble laget en digital terrengmodell (DTM) ved hjelp av «Hillshade» i Arcmap for å bedre illustrere området.

2.6 Nedbørsfelt/Nedslagsfelt

I beregning av nedbørsfeltene ble Arcmaps standard- programmer som flowaccumulation og «Watershed» brukt. Ut fra den digitale terrengmodellen ble det brukt «Fill» for å jevne ut overflaten, før det ble kjørt «Flowdirection» for å se hvor vannet går i terrenget.

«Flowaccumulation» ble så brukt slik at man fikk illustrert hvor det er sannsynlig at det går bekker. «Flowdirection» ble brukt sammen med gps punktene for hver stikkrenne for å generere nedbørsfeltene med «Watershed». I tillegg ble det kjørt beregning med tjenesten NEVINA, som er et GIS-program fra NVE. Dette er et program som automatisk beregner utvalgte klima- og feltparametere for vilkårlige nedbørsfelt, og det blir brukt som støttegrunnlag i forbindelse med konsesjonssøknader og andre hydrologiske beregninger. Programmet ble brukt på to utvalgte nedbørsfelt for å se om det var forskjell mellom beregning av nedbørsfelt i Arcmap og tjenesten NEVINA fra NVE.

NEVINA er et GIS-verktøy som automatisk beregner et utvalg klima- og feltparametre for et vilkårlig nedbørsfelt i Norge. I tillegg beregnes alminnelig lavvannføring og andre lavvannsindekser. Dette er informasjon som blant annet kan brukes som støttegrunnlag i forbindelse med konsesjonssøknader og andre typer hydrologiske beregninger. Programmet baserer seg på kart med en høydemodell med oppløsning på 25x25m.

2.7 Avrenning

Ved beregning av avrenningen i vassdrag blir det brukt vannføring og statistiske metoder for flomfrekvensanalyser. For små nedbørsfelt $< 5\text{km}^2$ med kort responstid kan man benytte Den Rasjonelle formel (Statens Vegvesen, 2011). Selv om formelen har vært nokså lik opp gjennom årene er den blitt oppdatert flere ganger. I denne oppgaven er det blitt brukt formelen i Vassdragshåndboka (2010). Formelen som er brukt: $Q=C*i*A*k_f$.

Q = Avrenningen fra nedbørsfeltet (m^3/s)

C = Avrenningsfaktor

i = Dimensjonerende nedbørintensitet (l/s/km^2)

A = Arealet på nedbørsfeltet

K_f = Klimafaktor

Avrenningsfaktoren, « C », varierer i forhold til hvilken type underlag det er snakk om, dvs. om det er betong, asfalt, grusveg, dyrka mark eller skogsområde. Det er i oppgaven brukt avrenningsfaktor for skog: 0.4, dyrket mark: 0.3 og bart fjell: 0.7. For returperioder lengre

enn 10 år, legges det på opp til maks 0.95. 25 år legges 10 % til, 50 år: 20 %, 100 år: 25 % og ved 200 år legges det til 30 %.

Tabell 2: Avrenningsfaktor C for ufrosset overflate, retuperiode 10år. Statens Vegvesen 2011

Overflatetype	Avrenningsfaktor C
Betong, asfalt, bart fjell osv.	0.6-0.9
Grusveier	0.3-0.7
Dyrket mark og parkområder	0.2-0.4
Skogsområder	0.2-0.5

Dimensjonerende nedbørintensitet, «i», er avhengig av gjentakintervall og konsentrasjonstiden, og kan hentes frem på *eKlima.no* (Meteorologisk institutt) når konsentrasjonstiden og gjentakintervallet foreligger. Informasjon om dimensjonerende nedbørintensitet ble hentet fra værstasjon på Brekkevann på Karmøy.

Stasjoner									
Stnr	Navn	I drift fra	I drift til	Hoh	Breddegrad	Lengdegrad	Kommune	Fylke	Region
47240	KARMØY - BREKKEVANN	sep 1967		19	59,2693	5,2632	Karmøy	Rogaland	VESTLANDET

*** MELDING ***

Alle måleserier for korttidsnedbør er korte når det gjelder returperioder på 50 år og lengre. Estimater med slike returperioder må derfor benyttes med forsiktighet.

*** MELDING ***

Rapporten inneholder godkjente kvalitetskontrollerte data.

Returperioder(år); Nedbørintensitet i liter pr. sekund pr. hektar(10 000m²) (l/s*ha)													
47240 KARMØY - BREKKEVANN													
Periode: 1968 - 2015													
Antall sesonger: 38													
År	1 min.	2 min.	3 min.	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	30 min.	45 min.	60 min.	120 min.	180 min.	360 min.
2	264,3	223,9	198,7	165,5	118,5	95,9	84,4	66,4	52,0	43,9	28,1	22,5	15,3
5	316,5	274,8	243,7	200,9	142,2	116,7	101,6	80,5	64,5	54,0	34,9	28,4	18,2
10	351,0	308,4	273,4	224,4	157,8	130,5	112,9	89,8	72,7	60,7	39,3	32,2	20,1
20	384,1	340,8	302,0	246,9	172,9	143,7	123,9	98,8	80,6	67,2	43,6	35,9	22,0
25	394,7	351,0	311,1	254,0	177,6	147,9	127,3	101,6	83,1	69,2	45,0	37,1	22,6
50	427,0	382,6	339,0	276,0	192,3	160,8	138,0	110,4	90,9	75,5	49,2	40,7	24,4
100	459,2	413,9	366,7	297,9	206,9	173,7	148,6	119,0	98,5	81,8	53,3	44,3	26,1
200	491,3	445,2	394,4	319,7	221,5	186,5	159,1	127,7	106,2	88,0	57,5	47,9	27,9

Figur 10: Nedbørsintensiteter fra Brekkevann på Karmøy, eKlima meteorologisk institutt.

Gjentaksintervallet viser hvor ofte en gitt mengde vann i en flom forekommer, eksempelvis 25-års og 50-års flommer. Konsentrasjonstiden (t_c) er tiden vannet bruker fra øverst i nedbørsfeltet og ned til bunnen. Dette blir påvirket av nedbørsfeltets størrelse, arealtype

eller markslag og høydeforskjell. Når konsentrasjonstiden regnes for skogsområder, brukes følgende formel:

$$t_c = 0,6 * L * H^{-0,5} + 3000 * A_{se}$$

T_c = konsentrasjonstiden (minutter)

L = lengde på nedbørsfeltet

H = Høydeforskjell på nedbørsfeltet

A_{se} = Effektiv innsjøareal. Dette kan beregnes ut fra $A_{se} = 100 * \sum A_i * a_i / A_2$. A_i vil da være tilsiget til innsjøen, a_i overflatearealet til innsjøen og A det totale arealet i nedbørsfeltet (Berg et al 1992).

Klimafaktoren er satt til 1.2 i denne oppgaven ettersom det ikke var infrastruktur eller bebyggelse som kunne bli påvirket ved eventuell svikt i dreneringssystemet på skogsbilvegene som ble registrert.

2.8 Kapasitet på stikkrenner

Forskjellene på stikkrenne, kulvert og bru blir definert med hvor stor lysåpningen er. Dette vil si hvor stor den indre diameteren er. På en stikkrenne er dette mindre enn 1 meter. En kulvert er et vannløp som har en lysåpning fra 1 meter og opp til 2,5 meter, mens alt over 2,5m regnes som bru (Landbruks- og Matdepartementet 2013). I denne oppgaven er alle rør betegnet som stikkrenne, selv om de har en diameter som er større enn 1 meter.

For å beregne kapasiteten på stikkrennene kan man bruke utformingen og forholdene ved innløpet (innløpskontroll) eller forholdene til stikkrenna som helhet (utløpskontroll). Korte stikkrenner med stort fall (10-20 ‰) har vanligvis innløpskontroll, mens stikkrenner med lite fall og lange rør har utløpskontroll (NVE 2010). Kapasiteten på hver enkelt stikkrenne ble bestemt ved hjelp av innløpskontroll i oppgaven. Her ble den innvendige diameteren på røret og type innløp brukt for å hente ut kapasiteten på røret ut fra tabell om hydraulisk kapasitet med innløpskontroll i Vassfragshåndboka.

Tabell 10.3 Hydraulisk kapasitet (l/s) for rørkulvert med innløpskontroll ved $y_f/D = 1,0$.

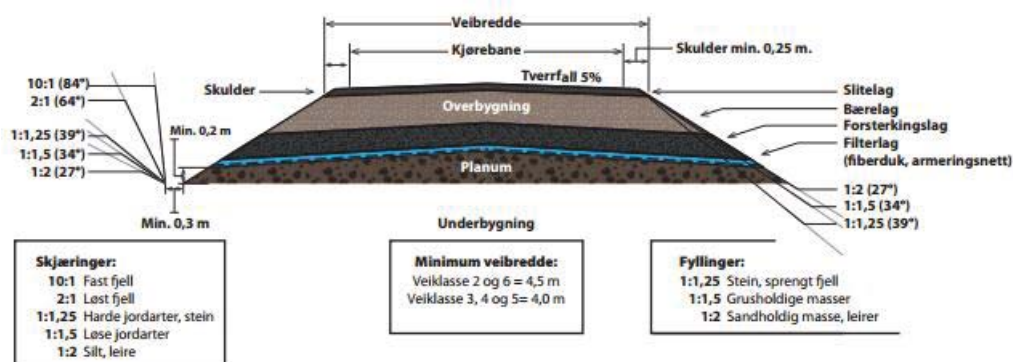
Innløps- type	Diameter innvendig (mm)								
	300	400	500	600	800	1000	1200	1400	1600
«A»	67	135	232	361	726	1240	1940	2820	3890
«B»	65	132	228	357	723	1250	1950	2850	3950
«C»	57	117	204	320	652	1130	1780	2600	3630
«D»	72	145	252	395	803	1390	2180	3190	4430
«E»	69	140	242	379	771	1330	2090	3060	4260
«F»	65	133	231	363	740	1280	2020	2960	4120
«G»	65	133	234	363	742	1290	2030	2970	4150

Innløpstyper, se figur 9.6:
 «A» Frontmur, va vinkelrett på rørets lengdeakse, rett rør.
 «B» Innløpet formet etter helning på grøfteskråningen.
 «C» Utstikkende rørende.
 «D» Rett avkortet kjegle med helning 1:1,5, se også tabell 9.4.
 «E» Tilsvarende «A», men med mufteenden innstøpt i frontmur.
 «F» Tilsvarende «C», men med utstikkende mufteende.
 «G» Tilsvarende «A», men med 45° vingemur.

Figur 11: Hydraulisk kapasitet (l/s) for stikkrenner med innløpskontroll, Vassdragshåndboka

2.9 Dimensjonering av grøfter

Beregning og dimensjonering av grøfter må gjøres etter de lokale dreneringsforholdene, der det blir tatt hensyn til overflatevann, grunnvann og tilsig. *Normaler for landbruksveg* (2011) beskriver hvordan utforming av grøfter på skogsvei skal være. Grøftedybden skal være minimum 20 cm under planum og minst 30 cm bred i bunn.



Figur 3.7 Tverrprofil av veikroppen.

Figur 12: Tverrprofil av veikropp til skogsbilveg. Vegnormalene

Vannhastighet og vannføring i grøfta er viktig og kan regnes ut med en formel (Statens Vegvesen 2011).

$$V \text{ (vannhastighet)} = Q / (A * 1000).$$

$$Q \text{ (Vannføring)} = M * A * R^{2/3} * L^{1/2} * 1000$$

$$R \text{ (Hydraulisk radius)} = A / P$$

Beskrivelse til formelen:

V= vannhastigheten (m/s).

Q=Vannføringen (l/s).

M=Mannings tall

A= tversnittet av grøfta (m²)

R=Hydraulisk radius

P=Den våte omkretsen

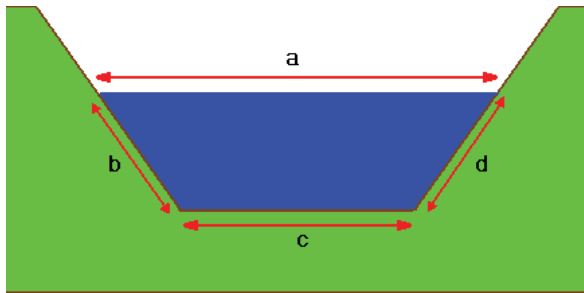
L= grøftens lengdefall (m/m)

Mannings tall (ruheten) kan man finne i tabeller ut fra hvilken materialtype grøften er bygget opp av.

Tabell 3: Vannhastigheter og Manningstall for grøfter med ulik dekke. Statens Vegvesen 2011

Kledningsmateriale	Mannings tall M	Vannhastighet uten fare for erosjon
Betongkledning	50 - 80	2.5 - 5.0
Asfaltert dekke	60 - 75	2.0 - 5.0
Steinsetting (jevnt underlag)	30 - 60	2.5 - 5.0
Grus	30 - 50	1.0 - 1.5
Småstein	30 - 50	1.2 - 2.0
Jord uten vegetasjon	25 - 30	0.5 - 0.8
Jord med lett vegetasjon	20 - 30	0.5 - 1.2
Ujevn steinskledning	25 - 30	1.5 - 3.0
Jord ed kraftig vegetasjon	15 - 25	1.0 - 2.0
Naturlig bekk og elv	5 - 40	-

Den våte omkrets er omkretsen av alle sidene i grøfta (bunnen, sidene og toppen.) $P=b+c+d$.
(Statens Vegvesen 2011).



Figur 13: Beregning av den våte omkrets.

2.10 Feltutstyr

Leica DISTO D810 touch

Garmin GLO sensor – GPS med bluetooth
koblet til telefon.

Målbånd

Suunto stigningsmåler

Kompass

Notatsaker

Kamera



Figur 14: Leica DISTO D810



Figur 15: Garmin GLO GPS

3.0 Resultat

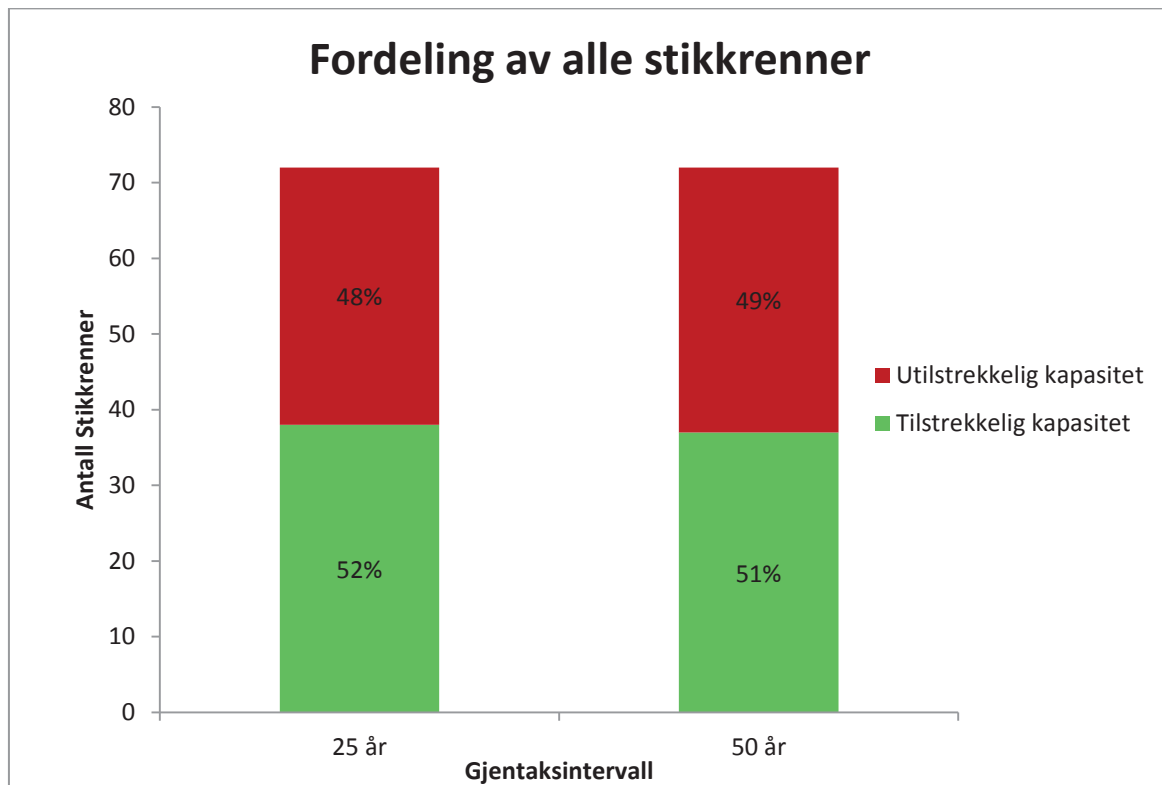
På de fire vegene som var med i undersøkelsen, ble det totalt registrert 77 stikkrenner. Av disse hadde de fleste rørene en diameter på 400 mm og nedover. Flest stikkrenner var det i størrelsen 300 mm. Noen av de registrerte stikkrennene var samlet på et punkt, og har dermed en samlet kapasitet i beregningene. Dette gjelder for to steder på Stølsvikvegen og en plass på Vesterlivegen. Av de registrerte stikkrennene var 60 rør av betong og 17 av plast. Det er ikke kjørt noen statistiske analyser ettersom datamaterialet er for lite.

Tabell 4: Antall stikkrenner fordelt på størrelse og materiale.

Størrelse (mm diameter)	Antall stikkrenner	Plast	Betong
200	13	0	13
300	29	12	17
400	18	1	17
500	3	1	2
600	2	0	2
800	6	3	3
1000	2	0	2
1200	2	0	2
1400	2	0	2

3.1 Dimensjonering stikkrenner

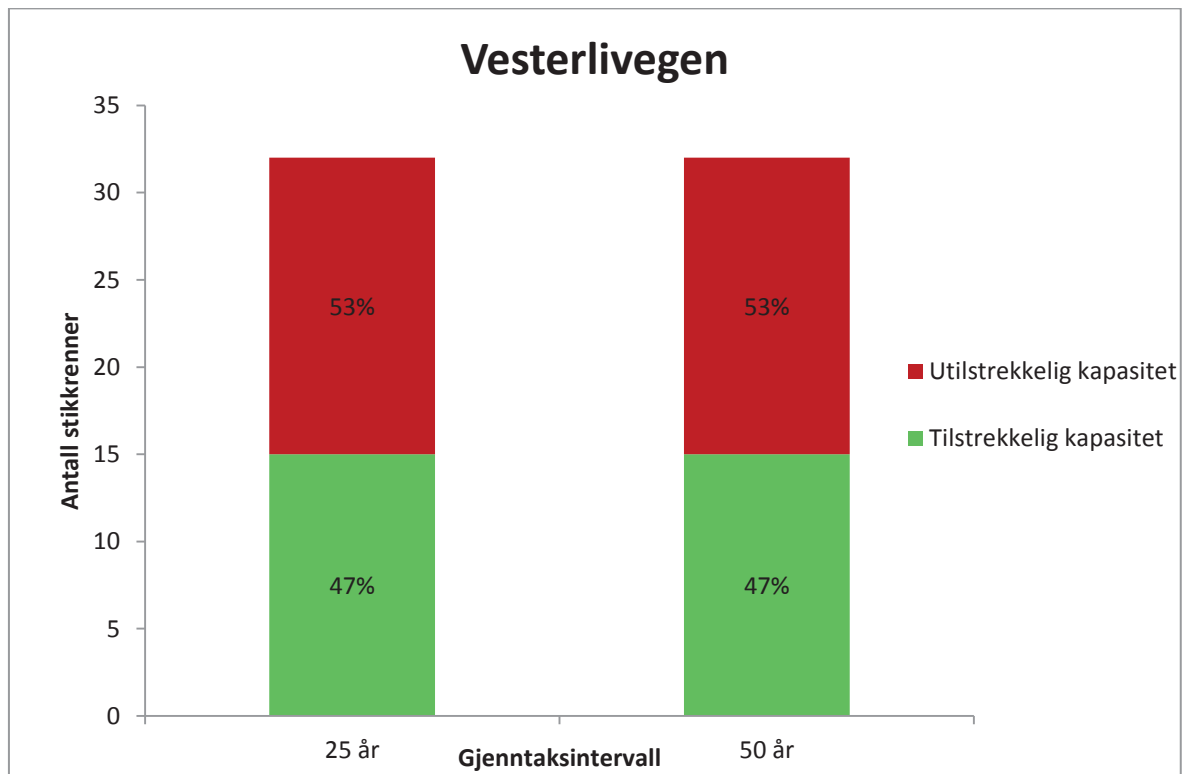
Når kapasiteten til de registrerte stikkrennene ble sett i forhold til nedbørsmålinger i det aktuelle området fra 1968-2015, viste det seg at av alle stikkrennene som ble registrert i denne undersøkelsen, hadde 52% (38stk) tilstrekkelig kapasitet til å tåle den maksimale nedbørsmengde med et gjentaksintervall på 25 år. 48 % (34 stk) hadde utilstrekkelig kapasitet. Ved gjentaksintervall på 50 år hadde 51% (37stk) av stikkrennene tilstrekkelig kapasitet og 49% (36stk) utilstrekkelig kapasitet.



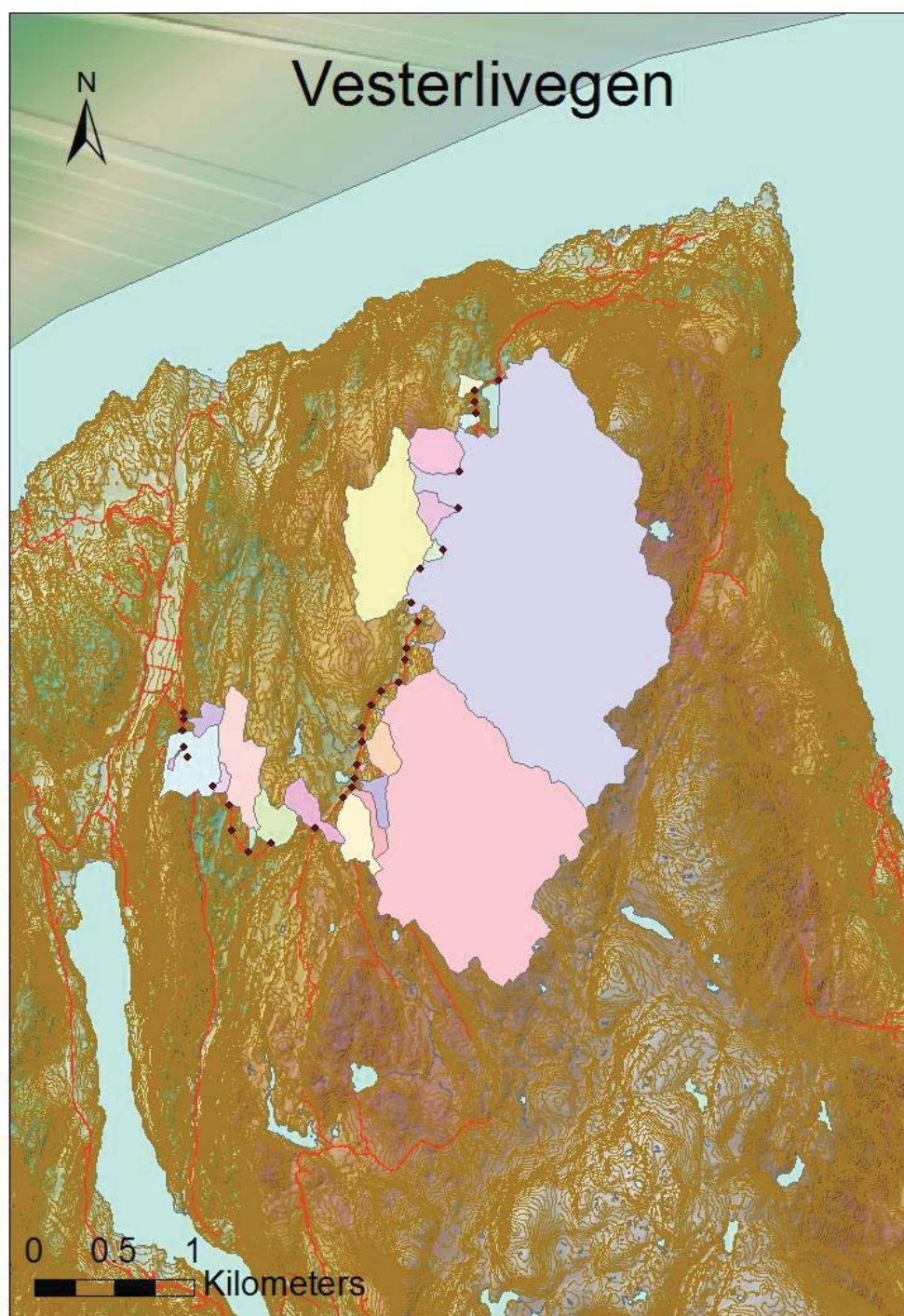
Figur 16: Antall stikkrenner som hadde tilstrekkelig eller utilstrekkelig kapasitet med gjentaksintervaller på 25 og 50år.

3.1.1 Vesterlivegen

På den 5,2 kilometer lange Vesterlivegen, som ble bygget i 1970 og fikk en oppgradering i 2013, hadde 47 % (15stk) av de registrerte stikkrennene tilstrekkelig kapasitet, mens 53 % (17stk) hadde utilstrekkelig kapasitet med et gjentaksintervall på 25år. Ved gjentaksintervall på 50 år hadde 47 % (15) stikkrenner tilstrekkelig kapasitet og 53 % (17stk) utilstrekkelig kapasitet (Figur 2). Størrelsene på nedbørsfeltene varierte ganske mye. Det minste var 68m² og det største 2.89km².



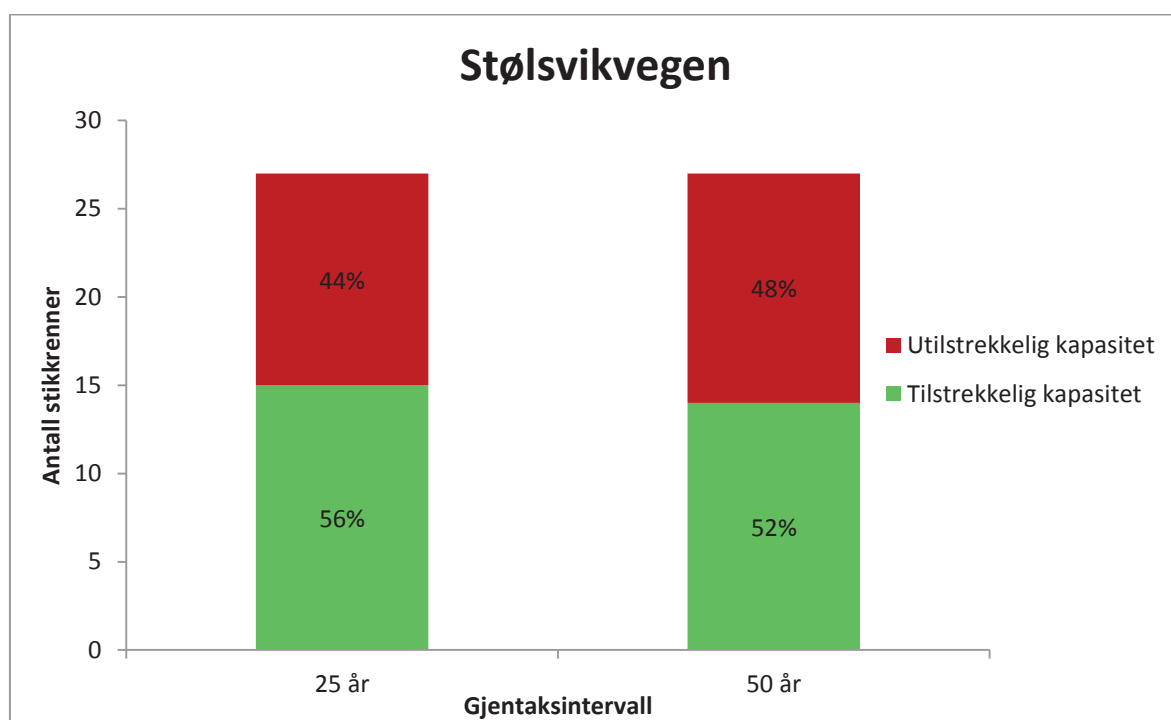
Figur 17: Antall stikkrenner på Vesterlivegen som har tilstrekkelig eller utilstrekkelig kapasitet med gjentaksintervaller på 25 og 50år.



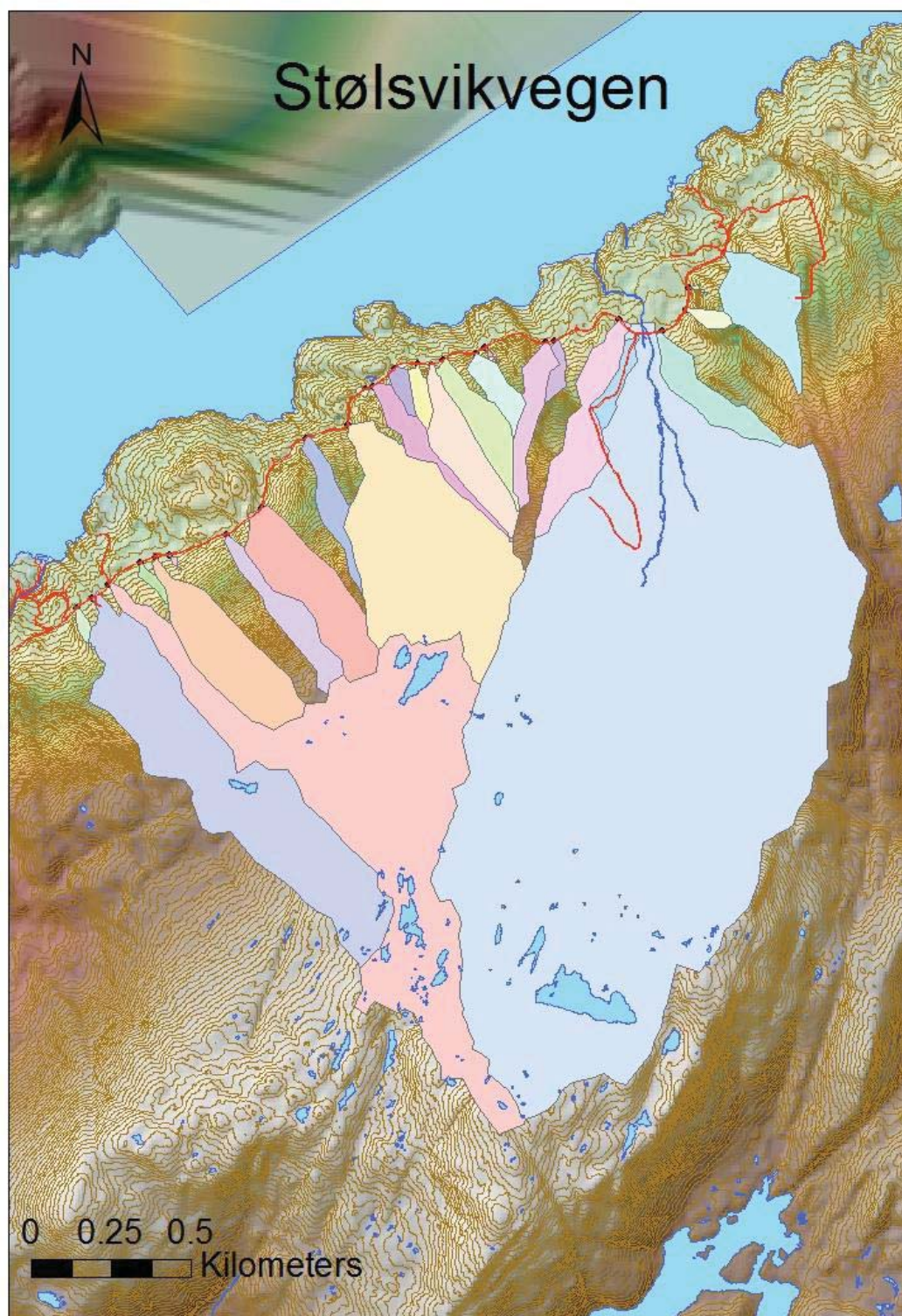
Figur 18: Nedbørsfelt og GPS-punkt til alle registrerte stikkrenner på Vesterlivegen.

3.1.2 Stølsvikvegen

Av stikkrennene som ble registrert på 2.3 km av Stølsvikvegen, som ble bygget i 1993, hadde 56 % (15stk) tilstrekkelig kapasitet mens 44 % (12stk) hadde utilstrekkelig kapasitet med gjentakintervall på 25 år. Ved gjentakintervall på 50år hadde 52 % (14stk) stikkrenner tilstrekkelig kapasitet og 48 % (13stk) utilstrekkelig kapasitet. Størrelsene på nedbørsfeltene varierte en hel del også på denne vegen. Det minste nedbørsfeltet var 270 m² stort, mens det største var på 1.93 km². Går man opp på en returperiode på 100 år, hadde 50 % av stikkrennene på vegen utilstrekkelig kapasitet og en gjennomsnittlig økning i avrenning på 25 l/s fra en returperiode på 50 år.



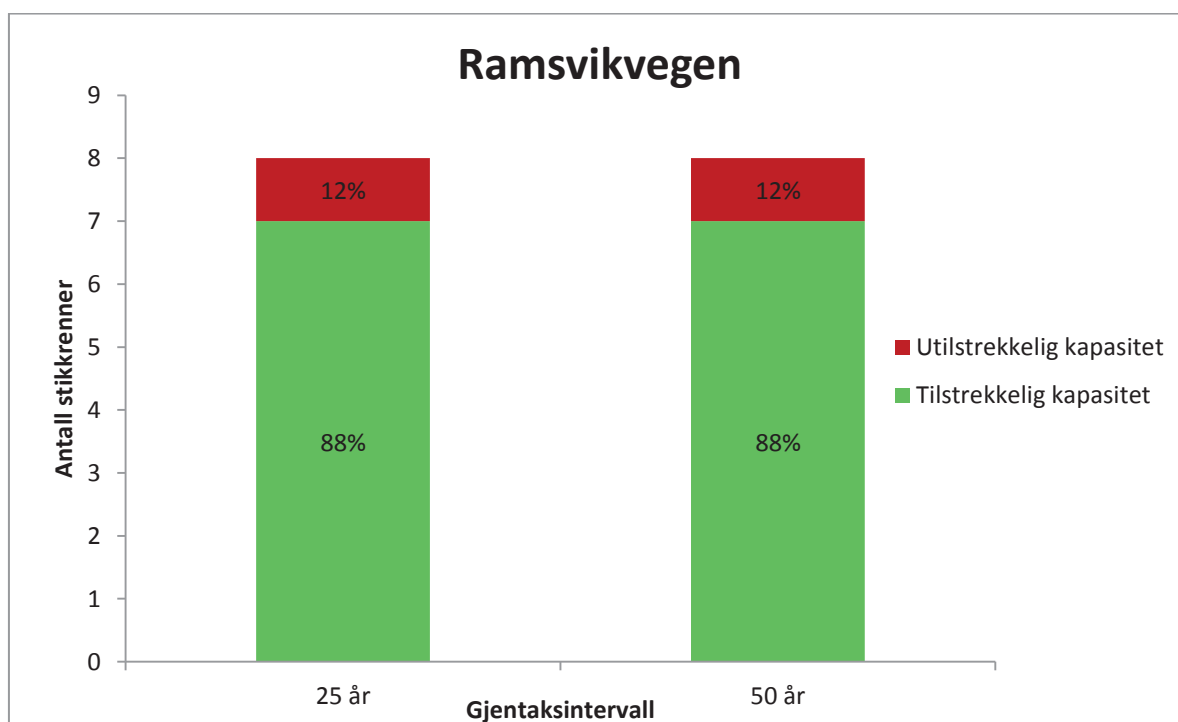
Figur 19: Antall stikkrenner på Stølsvikvegen som hadde tilstrekkelig eller utilstrekkelig kapasitet med gjentakintervaller på 25 og 50 år.



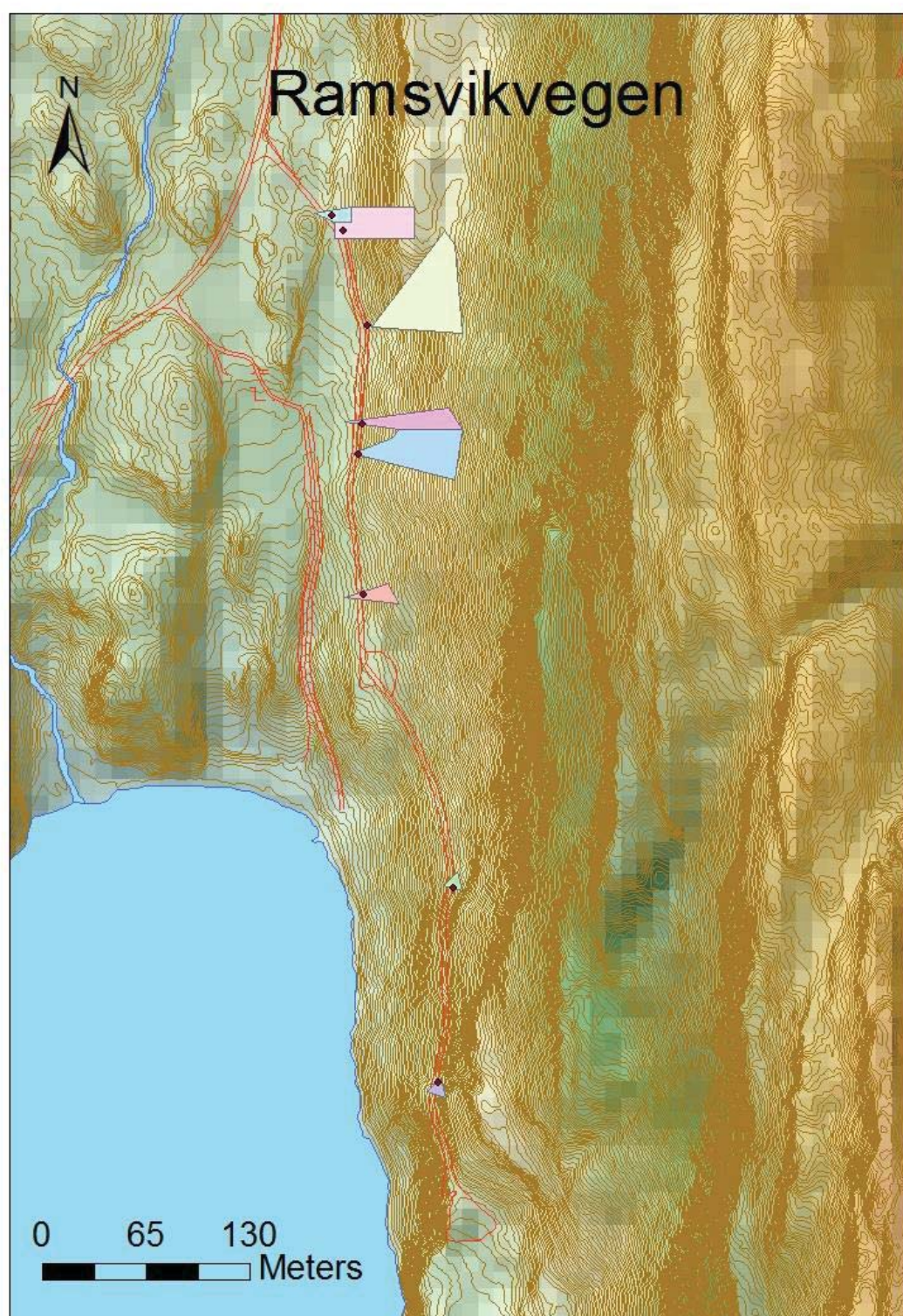
Figur 20: Nedbørsfelt og GPS-punkt til alle registrerte stikkrenner på Stølsvikvegen.

3.1.3 Ramsvikvegen

Av stikkrennene som ble registrert på Ramsvikvegen, ferdigstilt i 2015, hadde 88 % (7stk) tilstrekkelig kapasitet mens 12 % (1stk) hadde utilstrekkelig kapasitet med et gjentaksintervall på 25 år. Ved gjentaksintervall på 50 år hadde 88 % (7stk) stikkrenner tilstrekkelig kapasitet, mens 12 % (1stk) hadde utilstrekkelig kapasitet. Størrelsene på nedbørsfeltene varierte ikke så mye på Ramsvikvegen som på de andre. Det minste hadde et areal på 200 m² og det største var på 13 553 m².



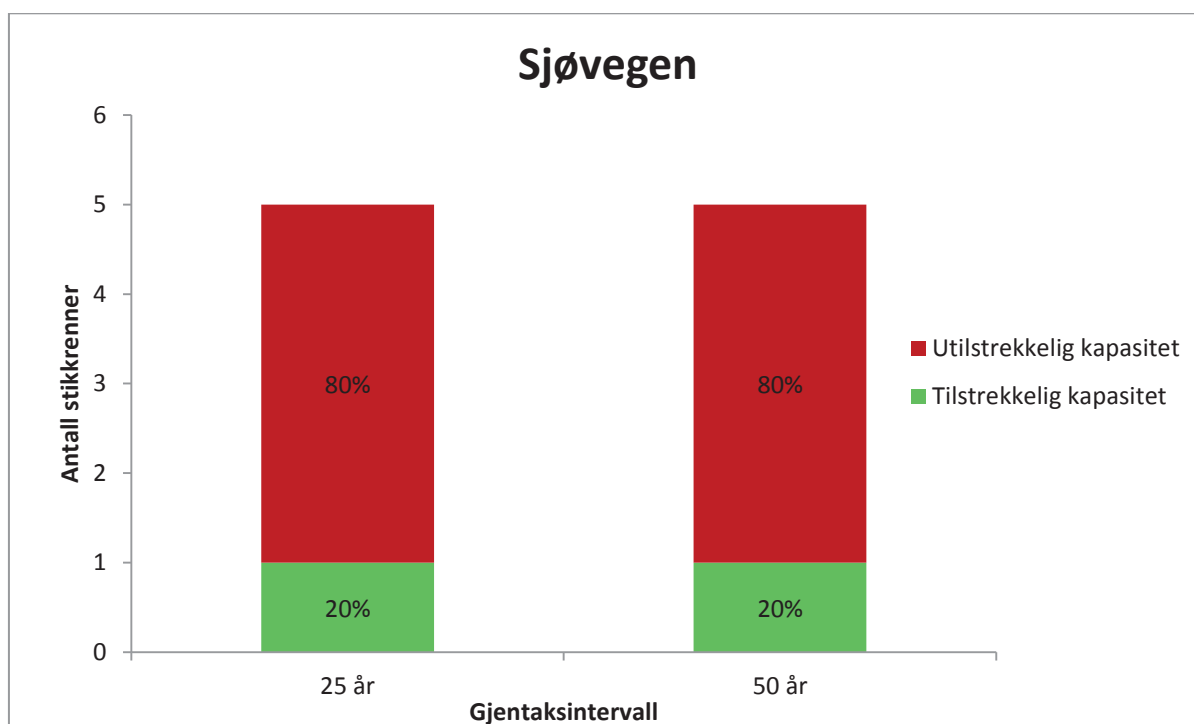
Figur 21: Antall stikkrenner på Ramsvikvegen som hadde tilstrekkelig eller utilstrekkelig kapasitet med gjentaksintervaller på 25 og 50 år.



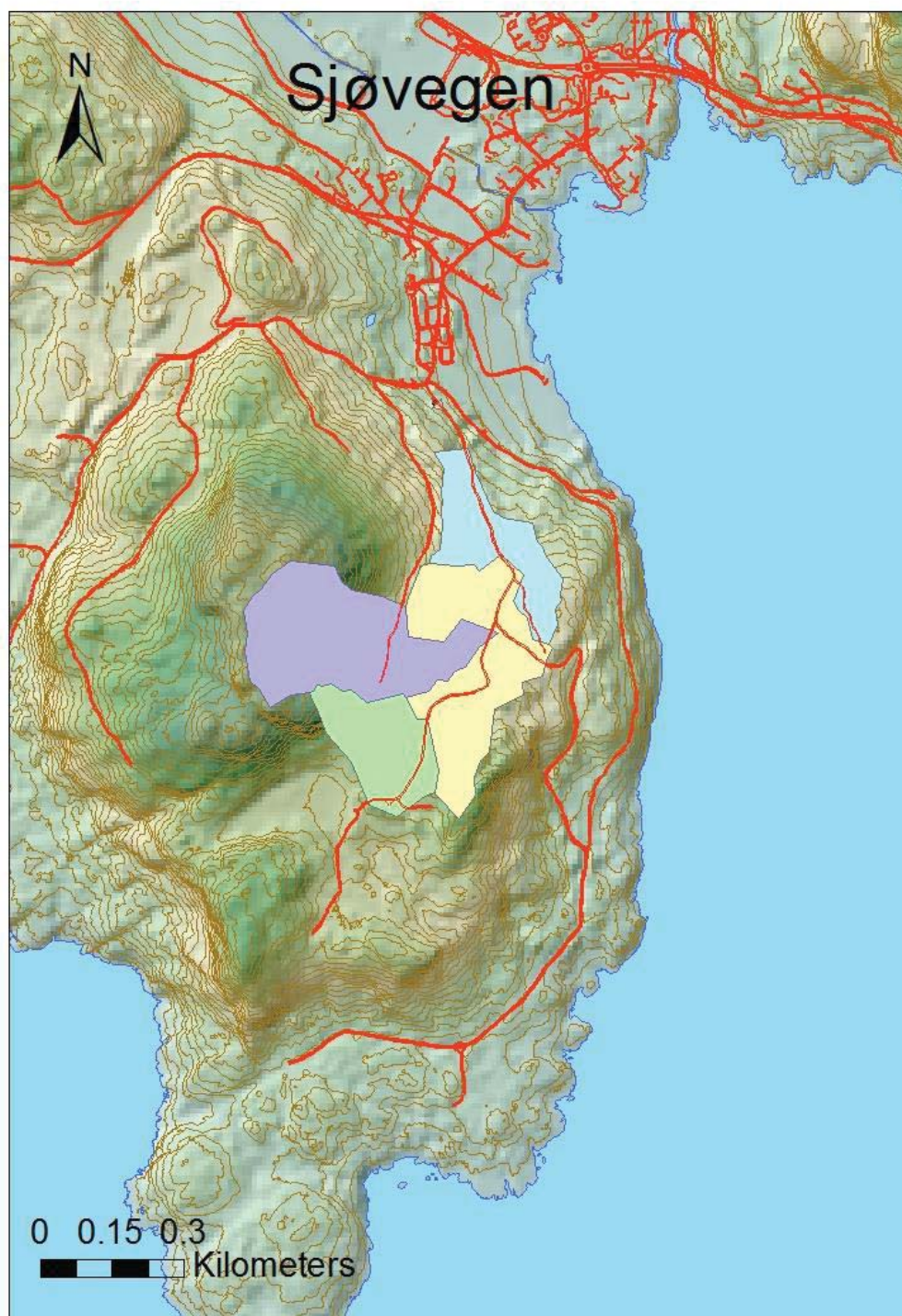
Figur 22: Nedbørsfelt og GPS-punkt til alle registrerte stikkrenner på Ramsvikvegen.

3.1.4 Sjøvegen

Av stikkrennene som ble registrert på Sjøvegen, den eldste av de registrerte vegene, bygget i 1985, hadde 20 % (1stk) tilstrekkelig kapasitet mens 80 % (4stk) hadde utilstrekkelig kapasitet med gjentakintervall på 25 år. Ved gjentakintervall på 50 år hadde 20 % (1stk) stikkrenner tilstrekkelig kapasitet og 80 % (4stk) utilstrekkelig kapasitet. Størrelsene på nedbørsfeltene var temmelig jevn der gjennomsnittsstørrelsen var 52 804 m². Det minste nedbørsfeltet var 269 m², svært lite, noe som gjør det vanskelig å se på kart (figur 22). Det største nedbørsfeltet på Sjøvegen var 94 312 m².



Figur 23: Antall stikkrenner på Sjøvegen som hadde tilstrekkelig eller utilstrekkelig kapasitet med gjentakintervaller på 25 og 50 år.



Figur 24: Nedbørsfelt og GPS-punkt til alle registrerte stikkrenner på Sjøvegen.

3.2 Skader

Av alle stikkrennene som ble registrert, var det ca. 20 % av rørene som hadde en skade. Feil som ble registrert var skade på utløp og innløp, sammentrykte rør, buet rør og fragliding. Av de skadde rørene var det over 60 % som hadde buet løp, mens det ble registrert kun et tilfelle med fragliding, da i betongrør. Nesten halvparten av de registrerte stikkrenner hadde utilstrekkelig overdekning. Denne skal etter kravene være på minimum 0.5 m på betong og plastrør.

Tabell 5: Tilstanden på stikkrenner som ble undersøkt i forhold til om overdekningen var tilstrekkelig eller utilstrekkelig, samt skadde og uskadde stikkrenner (antall stikkrenner og %).

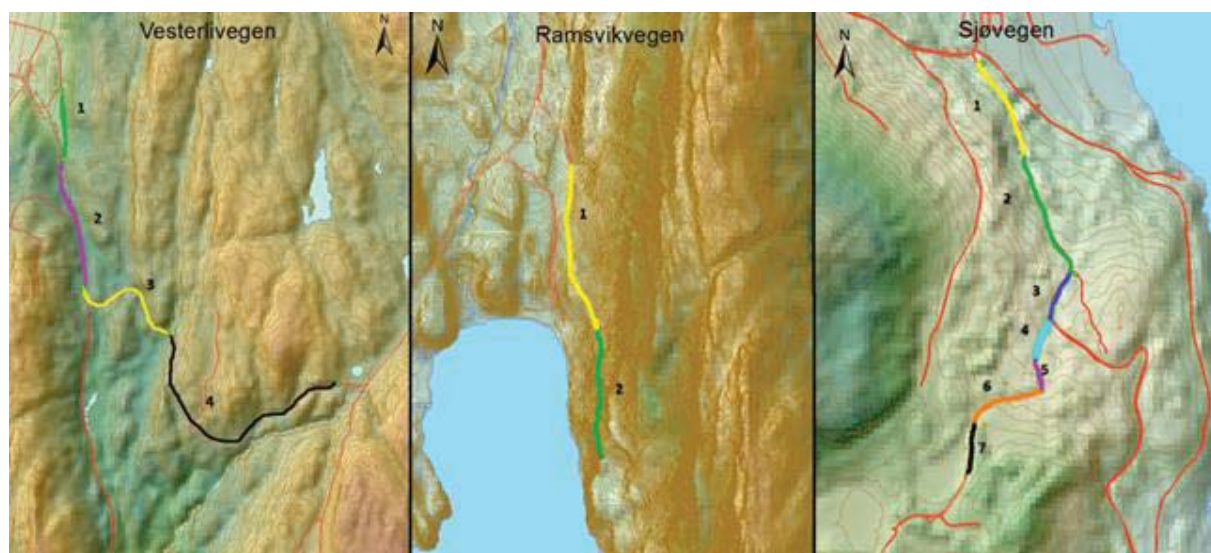
	Uten skade	Med skade	Sum
Tilstrekkelig overdekning	31 (80%)	8 (20%)	39 (51%)
Utilstrekkelig overdekning	30 (79%)	8 (21%)	38 (49%)
Sum	61 (79%)	16 (21%)	77

3.3 Grøft

Vannhastighetene som ble regnet ut var generelt høye. Det var bare tre grøftestrekk som hadde vannhastigheter under det som er anbefalt for å unngå erosjon. Grøftestrekk 4 på Vesterlivegen og 2 og 5 på Sjøvegen. Den største hastigheten var på den første grøfta på Vesterlivegen med en hastighet på 7,65 m/s. Denne grøfta var også brattest med en stigning på 14 %.

Tabell 6: Vannhastigheter for grøftene på utvalgte grøfte fra Vesterlivegen, Ramsvikvegen og Sjøvegen, sammen med vannhastigheter for grøfter med ulik dekke m/s. Vannhastighet i rødt med fare for erosjon og grønt for uten fare for erosjon.

Vesterlivegen					
Nr	Materiale	Vannhastighet m/s	Vannhastighet uten erosjon m/s	Helling på grøft %	Lengde grøftestrekk (m)
1	Steinsetting (jevn)	7.65	2.0 - 5.0	14	200
2	Jord med lett vegetasjon	3.46	0.5 - 1.2	8	400
3	Jord med lett vegetasjon	1.67	0.5 - 1.2	5	330
4	Steinsetting (jevn)	4.29	2.0 - 5.0	8	750
Ramsvikvegen					
Nr	Materiale	Vannhastighet m/s	Vannhastighet uten erosjon m/s	Helling på grøft %	Lengde grøftestrekk (m)
1	Jord uten vegetasjon	2.60	0.5 - 0.8	4	340
2	Ujevn steinkledning	3.53	1.5 - 3.0	6	200
Sjøvegen					
Nr	Materiale	Vannhastighet m/s	Vannhastighet uten erosjon m/s	Helling på grøft %	Lengde grøftestrekk (m)
1	Jord uten vegetasjon	1.71	0.5 - 0.8	4	140
2	Steinsetting (jevn)	4.64	2.0 - 5.0	10	300
3	Jord med lett vegetasjon	1.87	0.5 - 1.2	8	100
4	Jord med lett vegetasjon	2.29	0.5 - 1.2	12	80
5	Jord med lett vegetasjon	1.11	0.5 - 1.2	2	50
6	Jord med lett vegetasjon	2.84	0.5 - 1.2	13	130
7	Jord med lett vegetasjon	2.10	0.5 - 1.2	6	100



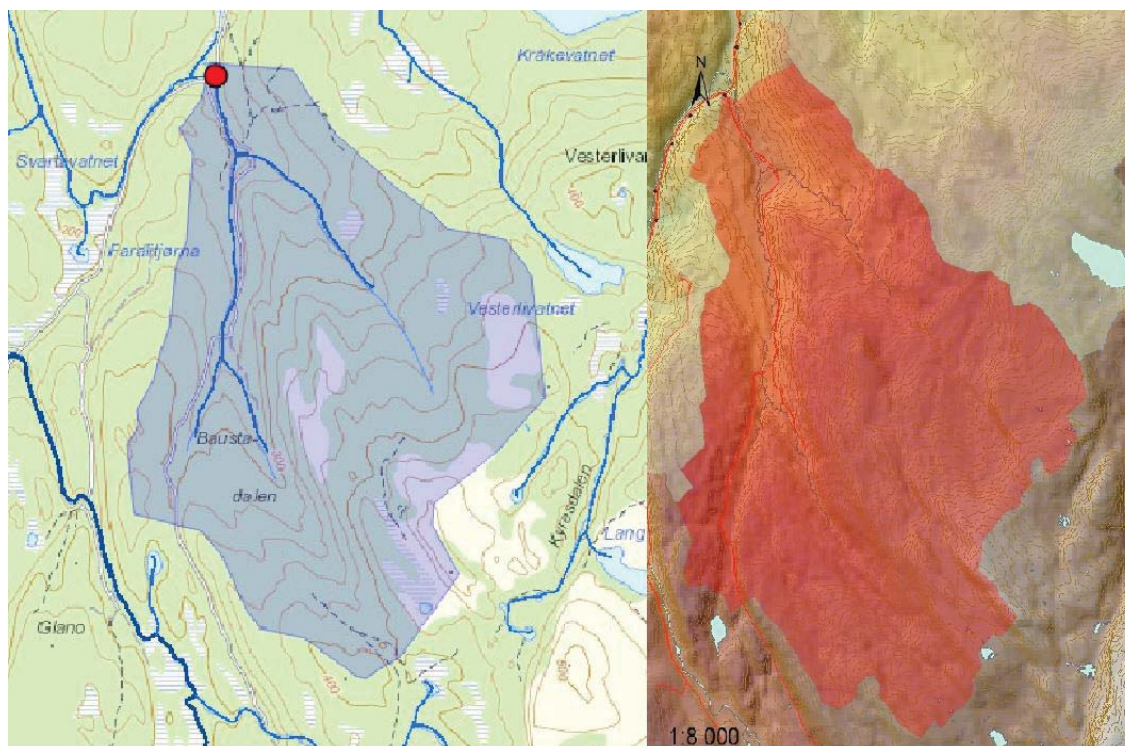
Figur 25: Registrerte grøfter på Vesterlivegen, Ramsvikvegen og Sjøvegen.

3.4 NEVINA

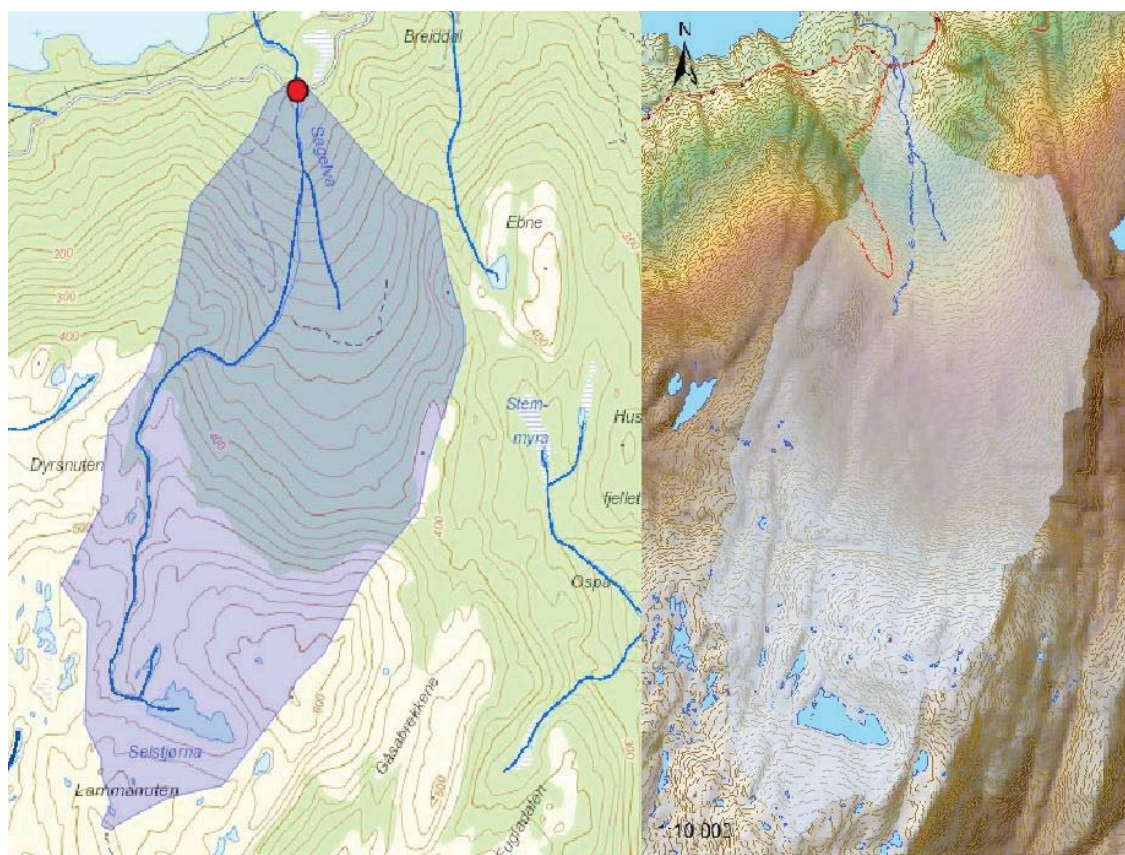
Tjenesten NEVINA til NVE ble i tillegg til beregninger basert på Lidar laserdata i Arcmap, brukt for å generere nedbørsfelt for stikkrenne nr. 20 på Vesterlivegen og nr. 23 på Stølsvikvegen. Det var henholdsvis små forskjeller på resultatene fra de to programmene, noe som også gjorde at den beregnede avrenningen for hvert felt ble veldig lik med spredning på 443 l/s (7 %) og 483 l/s (7 %) på Vesterlivegen, og 67 l/s (2 %) og 58 l/s (2 %) på Stølsvikvegen. Forskjellen på lengden på nedbørsfeltet, og da særlig sjøprosenten på stikkrenne 23 på Stølsvikvegen, gjorde at konsentrasjonstiden ble en del høyere ved bruk av NEVINA. Det ble også prøvd å generere nedbørsfelt med NEVINA for stikkrennen nr. 8 på Stølsvikvegen, men det viste seg å være vanskelig å få til.

Tabell 7: Resultat og utregninger fra nedbørsfelt generert i Arcmap og NEVINA på to utvalgte nedbørsfelt på Vesterlivegen (stikkrenne nr. 20) og Stølsvikvegen (stikkrenne nr. 23).

Vesterlivegen							
	Areal Km2	Lengde	Høyde forskjell	Ase	Tc	Q 25år (L/s)	Q 50år (L/s)
Arcmap	1.63	2016	216	0.00	82	6057	6608
Nevina	1.69	2050	256	0.00	77	5614	6125
Stølsvikvegen							
	Areal Km2	Lengde	Høyde forskjell	Ase	Tc	Q 25år (L/s)	Q 50år (L/s)
Arcmap	1.93	2488	564	0.07	284	2994	3247
Nevina	2.04	2530	570	0.12	424	3061	3305



Figur 26: Kart over nebforsfelt på Vesterlivegen generert med NEVINA (1.69km²) til venstre og Acrmap (1.63km²) til høyre.



Figur 27: Kart over nebforsfelt på Stølsvikvegen generert med NEVINA (2.04km²) til venstre og Acrmap (1.93km²) til høyre.

4.0 Diskusjon

4.1 Dimensjonering av stikkrenner

Dimensjonering av stikkrenner ved bygging av skogsbilveg skal etter forskriftene baseres på tabeller som viser lokale nedbørsforhold og ekstreme nedbørshendelser som gjentar seg hvert 25-50 år. En tar dermed hensyn til avrenning som tilsvarer en 25- eller 50 års flom. Det samlede resultatet i oppgaven viser at 42 av de registrerte stikkrennene hadde en diameter på 200-300 mm. Disse utgjør over 50 % av det totale antallet som er med i oppgaven (Tabell 4). I masteroppgaven til Lund (2013) var nesten 30 % av stikkrennene i undersøkelsen under 400 mm i diameter og var plassert i bratt og rasfarlig terreng. Hvis forholdene er slik at små rør er tilstrekkelig til å tåle de maksimale vannmassene, kan det ha økonomiske fordeler å legge små rør, men da bør det vises aktsomhet i bratt terreng og områder med mye nedbør. Ved å gå fra et rør med 300 mm i diameter og opp til et på 400 mm, oppnår man en kapasitetsøkning på 170 %, fra 135 l/s til 232 l/s i eksempelet (Figur 11). På bygging av skogsbilveger er det fastsatt et minstekrav på 300 mm i diameter for alle stikkrenner, og med oppfordring om å bruke 400 mm stikkrenner som minimum i bratt terreng og i områder med mye nedbør, slik som på Vestlandet (Landbruks- Matdepartementet 2013 og Fergus et al. 2011). Frem til 1997 var det i de gamle vegnormalene et minstekrav på 250 mm på stikkrenner. Det er trolig derfor det er mange stikkrenner som er mindre en 300 mm på vegene som ble bygget før 1997. Stikkrenner som har diameter mindre en 300 mm, bør skiftes ut slik at tilstrekkelig kapasitet på rennene blir sikret i fremtiden. Det bør også tas hensyn til at forutsetningene bak kapasiteten til stikkrennene kan endre seg over tid. Økt avrenning, skader og inngrep i og rundt nedbørsfeltene kan endre dreneringsmønsteret i et område. Ved å legge til en klimavariabel på den rasjonelle formel blir det tatt hensyn til økt avrenning ved et våtere klima. På utsatte områder der det er stor vannføring, i rasutsatte områder og steder der vannstanden kan variere mye, vil det være hensiktsmessig å legge inn lavbrekk (Figur 9) slik at vann ikke kommer på avveie.

Registreringen av skogsbilvegene på Nedstrand viste at totalt 48 % av stikkrennene hadde utilstrekkelig kapasitet ved en returperiode på 25 år. Med en returperiode på 50 år ble prosenten økt til 49. (Figur 16). Dette er veldig høy prosent for utilstrekkelig kapasitet, men resultatet kan skyldes at det er blitt brukt innløpskontroll på kapasitetsberegningene, slik at

kapasiteten kan være underestimert i forhold til faktiske forhold. Til sammenligning ble det i Lund (2013) regnet ut at 26 % av stikkrennene var underdimensjonert i forhold til en returverdi på 50 år og med innløpskontroll ved kapasitetsberegningene på stikkrennene. Legger man på samme klimavariabel som er brukt i denne oppgaven, og som er 1.2, blir resultatet at 39 % av stikkrennene var underdimensjonert og hadde utilstrekkelig kapasitet. Dette viser at det kan være et potensielt problem med underdimensjonering av stikkrenner på skogsbilveger. Av vegene som er beskrevet i denne oppgaven, og som var best dimensjonert, og hadde det laveste antallet underdimensjonerte stikkrenner i forhold til totalen på vegen, kom Stølsvikvegen og Ramsvikvegen best ut med henholdsvis 52 % og 88 % tilstrekkelig kapasitet på stikkrennene for en returperiode på 50 år (Figur 19 og 21). Dette var også de to nyeste vegene. De ble bygget i 1993 og 2015. Det kan synes som om nyere veger er bedre dimensjonert i forhold til økt nedbør enn det de eldste bilvegene er. Allikevel er det urovekkende at selv med en oppgradering på Vesterlivegen i 2013 hadde over halvparten av stikkrennene utilstrekkelig kapasitet. Vedlikehold og oppdatering av stikkrenner er derfor av stor viktighet. Det ble ikke registrert hvordan stikkrennene drenerte vannet i forhold til den naturlige dreneringen i området. Dette er viktig med hensyn til hvordan områdene rundt veganlegget blir påvirket, og særlig i rasutsatte områder der endret dreneringsmønster blandet med sterk nedbør eller snøsmelting kan føre til erosjon og ras (Fergus et al. 2011).

4.2 Skader på stikkrenner

Skader på stikkrenner kan bli et stort problem på skogsbilveger hvis skaden reduserer kapasiteten på rennene. På de aktuelle vegene ble det registrert 16 rør som hadde en eller annen form for skade. Flesteparten av de observerte skadene var buet løp, noe som kan forekomme både på betong, plast og stålrør. Her var det stort sett bare plastrør som var buet, noe som kan samsvare med at plastrør er mer elastiske enn betongrør. Bilde 1 viser imidlertid at det også var betongrør med denne type skade. Som bildet viser, var det ikke mulig å se den andre åpningen på stikkrenna på grunn av en kraftig bue i røret. Årsaken til at en stikkrenne kan få buet løp kan være dårlig masse under og rundt røret. Det kan hende at denne setter seg og beveger seg ulikt i forhold til resten av vegen. Et annet alternativ er at stikkrennen kan ha bli lagt feil under bygging av vegen. Buede løp fører ofte til redusert

vannhastighet i røret, noe som gir dårligere kapasitet. Dette vil ofte bli et problem først under stor vannføring.



Bilde 1: Skade med buet rør. Foto Kristofer Tveiterå

Undersøkelsen viste også rør med andre typer skade. Det ble registrert rør som var blitt sammentrykt. Dette var trolig skjedd på grunn av liten overdekning, som minimum skal være på 0.5 m (Landbruks- og matdepartementet 2013). Betongrør og stålrør vil tåle mer press før det blir en sammentrykking enn det plastrør gjør. Rør av betong eller stål er mye kraftigere og har ikke så elastiske vegger som plastrenner. Dette blir illustrert på bilde 2, der man også kan se at røret var trykket noe sammen i bunn. Det kan tyde på at det var grove masser rundt røret, noe som kan forverre problemet. I det verste tilfelle på Sjøvegen ble det registrert en overdekning på 10 cm. Røret var også blitt trykt sammen på grunn av transporten på vegen. Sammentrykking på stikkrenner vil føre til at kapasiteten blir redusert. En kan sammenligne det med hvordan en plastflaske blir når man klemmer den på midten.



Bilde 1: Skade med sammentrykt rør, Foto Kristofer Tveiterå

Fraglidning, illustrert på Bilde 3, er ofte et problem man ser på betongrør, da disse har flere skjøter enn plast og stålrør. På bildet kan man se at fraglidningene i motsatt ende var så pass store at høyden på rørene hadde forskjøvet seg i forhold til hverandre. Dårlige masser rundt røret er ofte problemet når det blir fraglidning. Masser med telefarlig materiale vil føre til mye bevegelse når det blir frost, noe som igjen kan føre til bevegelse i stikkrennen. Der rør har sklidd fra hverandre vil man også kunne få utvasking rundt røret. Dette kan igjen føre til større fraglidninger. Nye betongrør har bedre tetning mellom skjøtene og er bedre rustet til å forhindre fraglidning enn eldre betongrør, så lenge det ikke er for store bevegelser (Reiersen 2007). Vannhastigheten ved en slik skade vil minke, og vann kan ta nye veger der det renner ut ved skjøtene. Dette kan føre til større skader og/eller redusert kapasitet i stikkrenna.



Bilde 3: Skade med fraglidning i betongrør. Foto Kristofer Tveiterå

De registrerte skadene ved innløp og utløp var stort sett igjenfylling av innløpet eller utløpet slik at stikkrenna i utgangspunktet var blitt helt tett og ikke lengre hadde noen funksjon. Dette vil resultere i at vannet enten går over vegen, eller følger grøfta lengre ned til neste stikkrenne. De stikkrennene som ble registrert med slik skade, var små stikkrenner på rundt 300 mm og som var plassert i relativt flatt terreng, så konsekvensene vil trolig ikke være katastrofale.

Det ble i alt funnet skader på 21 % av stikkrennene som er registrert (Tabell 5). En sammenligning med resultatene som Juliussen (2006) fant i sin masteroppgave, viser at han fikk lignende resultater. 36 % av 160 stikkrenner hadde en form for skade. Også i oppgaven til Stabekk (2014) ble det funnet noenlunde samsvarende resultat. Han fant at 56 % av de registrerte kulvertene hadde skade. Felles for både denne og deres oppgaver er at mange av stikkrennene som hadde fått skade, også hadde utilstrekkelig overdekning, noe som kan forklare skadeomfanget for mange av stikkrennene.

4.3 Overbygning

Det er viktig at overbygningen på stikkrennene er tilstrekkelig og i henhold til forskriftene, slik at man unngår skader på rennene. Selv om utilstrekkelig overdekning trolig ikke var årsaken til alle skadene, viste undersøkelsen at den var under det minimale kravet på 0.5 m på nesten 50 % av stikkrennene som ble registrert. Det er bare tykkelsen på overbygningen som er blitt registrert. Type masse og kornfordeling på denne har man derfor ikke kontroll på. Rørene skal legges i en grusblanding som ikke er telefarlig. Kornstørrelsen vil variere i forhold til materialet på røret og produsenten av dette. Ved bruk av betong og stålrør tolereres det større kornstørrelser i massene som legges rundt rørene, enn ved legging av plastrør (Landbruks- og matdepartementet 2013). Riktig bruk og riktig massetype er viktig med hensyn til drenering både det som blir brukt, rundt stikkrenner og det som blir brukt i og rundt grøfter.

4.4 Grøfter

Store vannmengder og høye vannhastigheter er uønsket i grøfter langs veger. Det kan føre til erosjon, ikke bare på selve vegen, men også i skjæringer. Oppstår det utglidninger eller ras ned i grøftene som følge av erosjon eller lignende, kan vann finne nye veger utenom grøften. Dette kan gi skade på vegen. Vann kan renne oppå vegen og ta med seg mye av slitelaget. I verste fall kan det føre til at dreneringssystemet på vegen kolliderer. Resultatene i (Tabell 6) viser at det var høye vannhastighet i grøftene på de registrerte vegene på Nedstrand. Mange av grøftestrekka lå over verdiene som viser fare for erosjon ved ulike materialer man kan finne i grøfter. Selv om vannhastighetene var over grenseverdiene, og det kan være fare for erosjon i materialene, trenger det ikke bli store problemer. Selv med de høyeste verdiene var vannhastighetene ikke ekstreme, og det ble heller ikke observert noen skader forårsaket av erosjon under feltarbeidet. Det ble ikke registrert noen form for utglidning av masser i grøftene, så det er ingen ting som skulle tilsi at grøftene ikke vil fungere som de er tiltenkt på alle vegene, hvis det blir gjort jevnlig vedlikehold på disse.

4.5 NEVINA

I sammenligningen mellom bruk av NEVINA og standard programvare i Arcmap ble resultatene svært like. Det ble tilnærmet like resultat i avrenningsverdier fra de to programmene. Nedbørsfeltene generert ved hjelp av NEVINA ble større i begge tilfellene, der det på stikkrennen nr 23 på Vesterlivegen var forskjell i på 0.06 km^2 , og 0.11 km^2 på stikkrennen nr 23 på Stølsvikvegen. Dette kan skyldes at bakgrunnskartene ble mindre detaljert der det i NEVINA ble brukt oppløsning på $25 \times 25 \text{ m}$, mens det i Arcmap ble brukt bakgrunnskart fra laserdata og høydemodell med $5 \times 5 \text{ m}$. Dette kan ses i Figur 26 og Figur 27, der nedbørsfeltene som er laget ved hjelp av NEVINA er mindre detaljert i inntegningen av nedbørsfeltet enn ved Arcmap. En manuell justering kan gjøres etter at man har generert nedbørsfeltet. I (Fergus et al. 2011) går det frem at ved bruk av NVE NEVINA, som er den eldre versjonen av NEVINA, kan det oppstå en feilmargin på opp mot 20 %. Det er derfor ikke usannsynlig at det kan være feil også i den nye versjonen av programmet. Det at resultatene fra de ulike programmene ble svært like, kan skyldes at begge programmene er utviklet av ESRI, og at de derfor har mange fellestrekk. Selv om NEVINA-programvaren fungerte bra i de to områdene som er fremstilt i Tabell 7, fungerte det dårlig ved beregning av nedbørsfelt

der det ikke var registrert noen vassdrag i bakgrunns-kartet. I slike tilfeller får man ikke generert nedbørsfelt i det hele tatt. NEVINA bruker en søkeradius på 75 meter fra nærmeste vassdrag, og bruker det i beregningene. Utenfor denne søkeradiusen klarer ikke programmet og generer nedbørsfelt (NVE 2015).

4.6 Den rasjonelle formel

Den rasjonelle formel, som er blitt brukt til alle beregninger i denne oppgaven, blir brukt av både Statens Vegvesen og Jernbaneverket for å beregne avrenning i små felt. Hvilke størrelser på nedbørsfelt hvor det er hensiktsmessig å bruke den rasjonelle formel på, er omdiskutert. I Vassdragshåndboka til NVE blir det oppgitt at den kan brukes på nedbørsfelt opp til 0,2-0,5 km². I Håndbok N200 til Statens Vegvesen blir det ikke anbefalt å bruke formelen på nedbørsfelt større 2-5 km². I rapporten til Steinius & Glad (2015) ble det gjort forsøk på både små nedslagsfelt og større felt opp til 15 km². Her ble det ikke funnet noen tydelig tendens til at feltstørrelsen hadde noen betydning for resultatene med bruk av den Rasjonelle formelen sammenlignet med resultat fra andre metoder. I denne oppgaven blir den rasjonelle formel brukt på beregningene av avrenning på alle stikkrennene, der det største nedbørsfeltet er 2,9 km².

Den rasjonelle formel representerer en sterk forenkling av virkeligheten. Det er usikkerheter i alle leddene i formelen. Man får en del subjektive og skjønnsmessige vurderinger, noe som igjen er avgjørende for resultatene. Det er særlig avrenningsfaktorene (C) og dimensjonerende nedbørintensitet (i) som utgjør de største usikkerhetene. I rapporten til Steinius & Glad (2015) viser det seg at lave avrennings-verdier (C) ga bedre resultat ved returperioder opp til 200 år. Likevel kan formelen gi en god pekepinn på dimensjoneringen av stikkrenner på veg. Det er valgt middels avrennings-verdier i denne oppgaven ettersom det er områder med tynt jordsmonn og bratt terreng, noe som gjør at responstiden fra vannet renner fra toppen av nedbørsfeltet til bunn kan være kort. Usikkerheten i nedbørs-intensiteten vil øke dersom man ikke kan benytte lokale nedbørsmålinger. Værstasjonen der verdiene for nedbørs-intensiteten ble hentet, ligger ca. 30 km fra vegene.

4.7 Feilkilder

Feilkilder kan alltid være med å påvirke resultatene. Det kan ha vært noen nedbørsfelt som har vært noe overlappende, og dette kan ha resultert i at det er blitt beregnet for lite avrenning i forhold til de faktiske forholdene. Dette gjelder stort sett Sjøvegen, der nedbørsfeltene var små, og mange av stikkrennene hadde utilstrekkelig kapasitet selv med underdimensjonerte nedbørsfelt. Ved beregningene av nedbørsfelt klarer ikke Arcmap-programmet å registrere om det er stikkrenner på veger som befinner seg inne i nedbørsfeltet. Vannet blir etter programmet drenert i vegen og grøftene og kommer utenom det genererte nedbørsfeltet, mens det i virkeligheten kan bli drenert gjennom stikkrenner i vegen og inn i nedbørsfeltet. Dette kan ses på Figur 27, der NEVINA med dårligere kartgrunnlag har tatt med områdene over vegen, mens Arcmap har utelatt området. For å unngå dette problemet kan en «brenne» inn stikkrennene i terrengmodellen bak beregningene, slik at vannet blir drenert gjennom vegen. Dette kan gjøres med eksempel «Archydro» som er et tilleggs verktøy til Arcmap.

Det ble brukt en håndholdt GPS koblet til I-phone i undersøkelsen, noe som gjorde at nøyaktigheten på GPS-punktene varierte en del. Selv om det ble brukt bilder til å korrigere dette, ville det vært mer hensiktsmessig å brukt et bedre GPS-utstyr. Det var særlig i nordhellinger GPS-en ble unøyaktig. Her var det dårlige signal og få satellitter som man oppnådde kontakt med. Spesielt var dette tilfelle på Stølsvikvegen.

Ved kapasitetsberegningene på selve stikkrennene ble det brukt innløpskontroll. Denne metoden tar utgangspunkt i henholdsvis lite fall i forhold til det som ofte blir lagt på rørene på en skogsbilveg. Mange av stikkrennene har trolig høyere kapasitet enn det resultatet i oppgaven viser. Dette gjelder særlig de rørene som lå med stort fall. Stikkrenna med størst fall var på Vesterlivegen med 26 % fall. Her vil trolig kapasiteten vært mye høyere enn det innløpskontrollen viste. Denne stikkrenna hadde tilstrekkelig kapasitet også med innløpskontroll. I kapasitetstabellen til PEH anleggsrør i Fergus et al.(2011) har en rør med diameter på 400 mm og 5 % fall en kapasitet på 770 l/sek, mens samme diameter med innløpskontroll og helling mindre en 10-20 ‰ har kapasitet på 140 l/sek med muffedelen på røret i innløpet. Dette er en økning i kapasiteten på 550 %. Anbefalt fall på stikkrenner ligger mellom 3-7 %, større fall gir større vannhastigheter og kan føre til erosjon ved utløpet.

5.0 Konklusjon

Denne undersøkelsen viser at det var et utskiftningsbehov på stikkrenner på alle de registrerte vegene. Ramsvikvegen, som ble ferdig i 2015, og Vesterlivegen, som ble oppgradert i 2013, hadde «nye» stikkrenner som allerede var for små. Tilsvarende studier fra Østlandet med lignende resultat og utskiftningsbehov på stikkrenner, vil også være gjeldende for Vestlandet. Med tanke på større nedbørsmengder i fremtiden, har man et ansvar for at fremtidige veger blir bygd forsvarlig og med riktig dimensjonering av rør og grøfter. Det må tas høyde for returperioder på 25 og 50 år. For å forebygge bør man i større grad tenke mer opp mot 50 års-flommer for å takle store vannføringer. Ekstreme hendelsene ser det ut for at man vil oppleve oftere og oftere. Ved usikkerhet på størrelser på stikkrenner bør man gå opp en dimensjon for å være sikker. Det kan være hensiktsmessig å legge inn lavbrekk der vannstanden i bekkeløpet kan variere mye, og der det kan tenkes at det kan oppstå flom. Dette vil sikre at bare en liten del av vegen blir ødelagt, og at man har mer kontroll på hvor vannet renner selv om dreneringssystemet svikter. Alt dette vil kunne fordyre vegprosjekter der og da, men vil trolig lønne seg på sikt fordi utskiftningsbehovet av rør og stikkrenner vil bli redusert. Bruk av hjelpemidler til å beregne avrenning til stikkrenner er kanskje mest aktuell for større rør der usikkerheten er størst. God planlegging med rett kompetanse vil være viktig for å unngå skader både på selve vegnettet og på omliggende infrastruktur og bebyggelse. Veien videre kan være å innføre hjelpemidler som NEVINA eller tilsvarende i tillegg til de planleggingsverktøyene som i dag blir brukt til skogsbilvegplanlegging. Dette forutsatt at verktøyene til beregning av nedbørsfelt også klarer å beregne nedbørsfelt utenom allerede registrerte vassdrag.

6.0 Kilder

Andersen, A. S. & Pedersen K. (2013, 11. juli). *Norges våteste og tørreste steder*.

Meteorologisk institutt. Funnet på internett februar 16, 2016 på:

<http://www.yr.no/artikkel/norges-vateste-og-torrete-steder-1.11125446>

Danielsen D.I. (2013). *Enkle grep kan forhindre ødeleggende jordskred. Bedre skogsveier kan redusere jordskred og redde liv*. Kommunalteknikk nr 11. 22-24. Funnet på:

http://www.ngi.no/upload/77413/Kommunalteknikk-11-2013_skogsbilveier.pdf

Fergus, T., Høydal, Ø.A., Johnsrud, T.E., Sandersen, F. og Schanche, S. (2011). *Skogsveger og skredfare- veileder*. Biri. Skogbrukets Kursinstitutt.

Førland, E.J., Alfnes, E., Amundsen, H., Pytte, R.A., Benstad, R., Debernard, J., Engen-Skaugen, T., Hanssen-Bauer, I., Harstveit, K., Haugen, J.E., Hovelsrud, G.K., Isaksen, K., Jaedicke, C., Kronholm, K., Kvambekk, Å.S., LaCasce, J., Roald, L.A., Sletten, K. og Stalsverg, K. (2007a). *Climate changes and natural disasters in Norway- an assessment of possible future changes*. Meteorologisk institutt. Met.no rapport, 6.

Førland, E.J., Amundsen, H. og Hovelsrud G.K. (2007b). *Utviklingen av naturulykker som følge av klimaendringer: Utredning på oppdrag fra Statens Landbruksforvaltning*. Oslo. CICERO, CICERO rapport.

Gjerstadberget, E. & Sanness, B. (2014). *Registreringer av skogsbilveier i Oppland – Rapport for Oppland - 2012 og 2013*. Fylkesmannen i Oppland/Mjøsen Skog

Hanssen-Bauer, I., Førland, E.J., Haddeland, I., Hisdal, H., Mayer, S., Nesje, A., Nilsen, J.E.Ø., Sandven, S., Sandø, A.B., Sorteberg, A. og Ådlandsvik B. (2015). *Klima i Norge 2100*. NCCs rapport 2/2015. Oslo: Miljødirektoratet.

IPCC (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Sveits.

Iversen, T., Benestad, R., Haugen, J.E., Kirkevåg, A., Sorteberg, A., Debernard, J., Grønås, S., Martinsen, E.A. & Engen-Skaugen T. (2005). *Norges klima om 100 år- usikkerheter og risiko*. Oslo: RegClim.

Juliussen, Ø. (2006). *Kvalitetsvurdering av kulverter i plast, stål og betong*. Masteroppgave, Ås: Institutt for naturforvaltning - Universitet for miljø- og biovitenskap.

Klima- og miljødepartementet (2015). *Ny utslippsforpliktelser for 2030 – en felles løsning med EU*. Meld. St. 13 (2014-2015). Oslo: Departementet.

Landbruks- og matdepartementet (2013). *Normaler for Landbruksveger med Byggebeskrivelse*. Oslo: Statens Landbruks forvaltning

Lund M.R. (2013). *En studie av skredaktiviteten i Arnegårdslia, Nes kommune, Hallingdal*. Masteroppgave. Insitutt for geofag. Universitetet i Oslo.

Meteorologisk institutt (2016). *Vestlandet siden 1900*. Funnet på internett februar25, 2016 på: http://met.no/Klima/Klimautvikling/Klima_siste_150_ar/Regioner/Vestlandet/

Norsk Institutt for Bioøkonomi (2016). *Skogfakta*. Funnet på internett april 12, 2016 fra: <http://www.skogoglandskap.no/temaer/skogfakta>

Norges vassdrags- og energidirektorat [NVE] (2015). *NEVINA brukerveiledning*. Funnet på internett april 25, 2016 fra: http://nevina.nve.no/help/Brukerveiledning_NEVINA.pdf

Norges vassdrags- og energidirektorat [NVE] (2010). *Vassdragshåndboka*. Oslo. NVE

Reiersen T. (2007). *Rør- og kumsystem av betong*. Oslo, Basal AS.

Statens Vegvesen. (2011). *Vegbygging*. Oslo. Vegdirektoratet. Statens vegvesens håndbokserie (N200), 018. 522, 106-143 s.

Steinius S. & Glad P. A. (2015) *Anbefalte metoder for flomberegninger i små uregulerte felt*. NVE, Rapport 97-2015

Wernersen C. (2014, 2. april) *Listhaugs nye skogsbilveier en dårlig idé*. NRK. Funnet på internett februar 15, 2016 på: <http://www.nrk.no/>

Vedlegg

Vesterlivegen					
Nr	Størrelse (mm)	Materiale	Breddegrad	Lengdegrad	Areal Nedbørsfelt (ha)
1	400	2	59.4059959	5.78092064	0.0068
2	400	2	59.4056383	5.78090333	2.6531
3	400	2	59.4049333	5.780725	12.9285
4	200	2	59.404075	5.78116111	0.2718
5	300	1	59.4035583	5.78178889	0.02
6	300	1	59.4028472	5.77097778	1.1694
7	400	2	59.4009042	5.78652444	15.2509
8	200	2	59.3994722	5.78675028	0.0864
9	200	2	59.3982642	5.78888472	0.5533
10	300	1	59.3988925	5.79123472	6.0687
11	300	2	59.3995708	5.79594333	5.6856
12	400	2	59.3852102	5.79919775	8.2116
13	300	2	59.4022752	5.80009439	3.0453
14	200	2	59.402778	5.80009594	3.0998
15	200+300	2	59.4035793	5.80007481	0.2412
16	300	1	59.4046985	5.80076619	4.7089
17	200	2	59.4056148	5.80074408	0.1096
18	200	2	59.4070198	5.80145653	0.1091
19	200	2	59.4077452	5.80254083	0.0623
20	1400	2	59.4084711	5.80490375	163.2199
21	300	2	59.4095997	5.80505117	0.0441
22	200	2	59.4102088	5.80512761	0.5025
23	200	2	59.4117367	5.80627325	0.07
24	300	2	59.4129285	5.80559467	0.0235
25	800	2	59.4145074	5.80594736	39.7998
26	200	2	59.4158204	5.80856689	1.0533
27	300	2	59.4186098	5.81025664	3.6417
28	400	2	59.4203013	5.81026119	8.4816
29	200	2	59.4235041	5.8115845	1.0221
30	200	2	59.4077436	5.81153517	0.1103
31	400	2	59.4249862	5.81139706	1.5039
32	2x1200+ 1000	2	59.4256292	5.81391992	288.7048
Stølsvikvegen					
Nr	Størrelse (mm)	Materiale	Breddegrad	Lengdegrad	Areal Nedbørsfelt (ha)
1	200	2	59.3980639	5.70277222	0.3182
2	800	2	59.3983556	5.70345278	29.6864
3	1000	2	59.3988111	5.70435556	53.1189
4	300	2	59.3993389	5.70625833	0.3545
5	300	2	59.3995917	5.70668611	9.444
6	300	1	59.3996861	5.70774167	0.0454

7	300	2	59.4003	5.71088333	3.8952
8	800	1	59.4011417	5.71264444	8.8418
9	300	2	59.4035056	5.71015278	2.5082
10	300	2	59.4036222	5.71724444	26.6217
11	800	1	59.4047	5.71798889	0.086
12	300	2	59.4047139	5.71849167	2.6483
13	300	2	59.4052528	5.71965	0.6929
14	300	2	59.4054222	5.72084722	0.9033
15	500	2	59.4055167	5.72109444	5.3093
16	400	2	59.4056417	5.72236667	3.5587
17	400	2	59.4059639	5.72388333	1.8912
18	300	2	59.4059667	5.72448611	0.0266
19	300	1	59.4063083	5.72768333	2.8927
20	400	2	59.4062472	5.7283	0.6881
21	400	2	59.4069417	5.73183056	6.5117
22	800+600	2	59.4065778	5.73316111	1.3559
23	600+1400+800	2	59.4065917	5.73344722	193.1423
24	400	2	59.4067278	5.734525	3.9455
25	400	2	59.4073556	5.73536944	0.6243
26	400	1	59.4079528	5.7356	0.027
27	400	2	59.4087722	5.73660278	6.3135
Ramsvikvegen					
Nr	Størrelse (mm)	Materiale	Breddegrad	Lengdegrad	Areal Nedbørsfelt (ha)
1	300	2	59.4007194	5.77373333	0.2851
2	400	1	59.4006167	5.77377778	0.1082
3	500	1	59.3999389	5.77425	1.3553
4	300	1	59.3995556	5.77421944	0.1028
5	300	1	59.3993806	5.774275	0.7061
6	300	1	59.3985944	5.77438056	0.02
7	300	1	59.3969694	5.775625	0.0068
8	300	1	59.3958667	5.77538889	0.0269
Sjøvegen					
Nr	Størrelse (mm)	Materiale	Breddegrad	Lengdegrad	Areal Nedbørsfelt (ha)
1	300	2	59.3429028	5.79491667	0.0269
2	400	2	59.3419722	5.79602778	4.3888
3	500	2	59.3401031	5.79736556	8.1659
4	300	1	59.3387375	5.79751667	9.4312
5	200	2	59.3426422	5.80558806	4.3895

Vesterlivegen						
Nr	L/s Km (25år)	L/s km (50år)	klima faktor	Avrenning (C)	C 25 år	C 50 år
1	31110	33900	1.2	0.4	0.44	0.48
2	14790	16080	1.2	0.4	0.44	0.48
3	10160	11040	1.2	0.4	0.44	0.48
4	17760	19230	1.2	0.4	0.44	0.48
5	25400	27600	1.2	0.4	0.44	0.48
6	14790	16080	1.2	0.4	0.44	0.48
7	6920	7550	1.2	0.4	0.44	0.48
8	25400	27600	1.2	0.4	0.44	0.48
9	14790	16080	1.2	0.4	0.44	0.48
10	10160	11040	1.2	0.4	0.44	0.48
11	10160	11040	1.2	0.4	0.44	0.48
12	10160	11040	1.2	0.4	0.44	0.48
13	10160	11040	1.2	0.4	0.44	0.48
14	12730	13800	1.2	0.4	0.44	0.48
15	17760	19230	1.2	0.4	0.44	0.48
16	12730	13800	1.2	0.4	0.44	0.48
17	17760	19230	1.2	0.4	0.44	0.48
18	17760	19230	1.2	0.4	0.44	0.48
19	25400	27600	1.2	0.4	0.44	0.48
20	6920	7550	1.2	0.4	0.44	0.48
21	17760	19230	1.2	0.4	0.44	0.48
22	14790	16080	1.2	0.4	0.44	0.48
23	17760	19230	1.2	0.4	0.44	0.48
24	25400	27600	1.2	0.4	0.44	0.48
25	6920	7550	1.2	0.4	0.44	0.48
26	14790	16080	1.2	0.4	0.44	0.48
27	12730	13800	1.2	0.4	0.44	0.48
28	12730	13800	1.2	0.4	0.44	0.48
29	17760	19230	1.2	0.4	0.44	0.48
30	17760	19230	1.2	0.4	0.44	0.48
31	14790	16080	1.2	0.4	0.44	0.48
32	3710	4070	1.2	0.4	0.44	0.48
Stølsvikvegen						
Nr	L/s Km (25år)	L/s km (50år)	klima faktor	Avrenning (C)	C 25 år	C 50 år
1	15460	16740	1.2	0.4	0.44	0.48
2	6330	6990	1.2	0.66	0.72	0.79
3	2130	2310	1.2	0.77	0.85	0.92
4	12550	13610	1.2	0.4	0.44	0.48
5	11160	12130	1.2	0.49	0.54	0.59
6	15460	16740	1.2	0.4	0.44	0.48
7	11160	12130	1.2	0.52	0.57	0.62
8	11160	12130	1.2	0.49	0.55	0.6
9	11160	12130	1.2	0.4	0.44	0.48

10	9240	10100	1.2	0.5	0.55	0.6
11	23330	25480	1.2	0.4	0.44	0.48
12	11160	12130	1.2	0.4	0.44	0.48
13	15460	16740	1.2	0.4	0.44	0.48
14	12132	12542	1.2	0.4	0.44	0.48
15	11160	12130	1.2	0.4	0.44	0.48
16	11160	12130	1.2	0.4	0.44	0.48
17	12550	13610	1.2	0.4	0.44	0.48
18	15460	16740	1.2	0.4	0.44	0.48
19	11160	12130	1.2	0.4	0.44	0.48
20	15460	16740	1.2	0.4	0.44	0.48
21	11160	12130	1.2	0.4	0.44	0.48
22	11160	12130	1.2	0.4	0.44	0.48
23	2130	2310	1.2	0.61	0.67	0.73
24	11160	12130	1.2	0.4	0.44	0.48
25	15460	16740	1.2	0.4	0.44	0.48
26	23330	25480	1.2	0.4	0.44	0.48
27	11160	12130	1.2	0.4	0.44	0.48
Ramsvikvegen						
Nr	L/s Km (25år)	L/s km (50år)	Klima faktor	Avrenning (C)	C 25 år	C 50 år
1	25400	27600	1.2	0.4	0.44	0.48
2	25400	27600	1.2	0.4	0.44	0.48
3	17760	19230	1.2	0.4	0.44	0.48
4	25400	27600	1.2	0.4	0.44	0.48
5	25400	27600	1.2	0.4	0.44	0.48
6	31110	33900	1.2	0.4	0.44	0.48
7	35100	38260	1.2	0.4	0.44	0.48
8	31110	33900	1.2	0.4	0.44	0.48
Sjøvegen						
Nr	L/s Km (25år)	L/s km (50år)	Klima faktor	Avrenning (C)	C 25 år	C 50 år
1	23330	25480	1.2	0.4	0.44	0.48
2	9240	10100	1.2	0.4	0.44	0.48
3	7700	8500	1.2	0.4	0.44	0.48
4	9240	10100	1.2	0.4	0.44	0.48
5	11160	12130	1.2	0.4	0.44	0.48

Vesterlivegen					
Nr	Avrenning 25 år (l/s)	Avrenning 50 år (l/s)	Kapasitet (l/s)	Rest kap. 25	Rest kap. 50
1	1	1	140	139	139
2	207	246	140	-67	-106
3	694	822	140	-554	-682
4	25	30	57	32	27
5	3	3	57	54	54
6	91	108	57	-34	-51
7	557	663	140	-417	-523
8	12	14	57	45	43
9	43	51	57	14	6
10	326	386	69	-257	-317
11	305	362	69	-236	-293
12	441	522	140	-301	-382
13	163	194	69	-94	-125
14	208	246	57	-151	-189
15	23	27	116	93	89
16	317	374	69	-248	-305
17	10	12	57	47	45
18	10	12	57	47	45
19	8	10	57	49	47
20	5964	7098	3060	-2904	-4038
21	4	5	69	65	64
22	39	47	57	18	10
23	7	8	57	50	49
24	3	4	69	66	65
25	1454	1731	771	-683	-960
26	82	98	57	-25	-41
27	245	289	69	-176	-220
28	570	674	140	-430	-534
29	96	113	57	-39	-56
30	10	12	57	47	45
31	117	139	140	23	1
32	5655	6768	5510	-145	-1258
Stølsvikvegen					
Nr	Avrenning 25 år (l/s)	Avrenning 50 år(l/s)	Kapasitet (l/s)	Rest kap. 25	Rest kap. 50
1	26	31	69	43	38
2	1635	1970	771	-864	-1199
3	1150	1360	1330	180	-30
4	23	28	69	46	41

5	679	805	69	-610	-736
6	4	4	69	65	65
7	297	352	65	-232	-287
8	650	771	771	121	0
9	148	175	65	-83	-110
10	1623	1935	69	-1554	-1866
11	11	13	771	760	758
12	156	185	69	-87	-116
13	57	67	69	12	2
14	58	65	65	7	0
15	313	371	242	-71	-129
16	210	249	140	-70	-109
17	125	148	140	15	-8
18	2	3	69	67	66
19	170	202	69	-101	-133
20	56	66	140	84	74
21	384	455	140	-244	-315
22	80	95	1150	1070	1055
23	3293	3896	4210	917	314
24	232	276	140	-92	-136
25	51	60	140	89	80
26	3	4	140	137	136
27	372	441	140	-232	-301
Ramsvikvegen					
Nr	Avrenning 25 år (l/s)	Avrenning 50 år (l/s)	Kapasitet (l/s)	Rest kap. 25	Rest kap. 50
1	38	45	69	31	24
2	15	17	140	125	123
3	127	150	242	115	92
4	14	16	69	55	53
5	95	112	69	-26	-43
6	3	4	69	66	65
7	1	1	69	68	68
8	4	5	69	65	64
Sjøvegen					
Nr	Avrenning 25 år (l/s)	Avrenning 50 år (l/s)	Kapasitet (l/s)	Rest kap. 25	Rest kap. 50
1	3	4	69	66	65
2	214	255	140	-74	-115
3	332	400	242	-90	-158
4	460	549	69	-391	-480
5	259	307	140	-119	-167



Norges miljø- og biovitenskapelig universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway