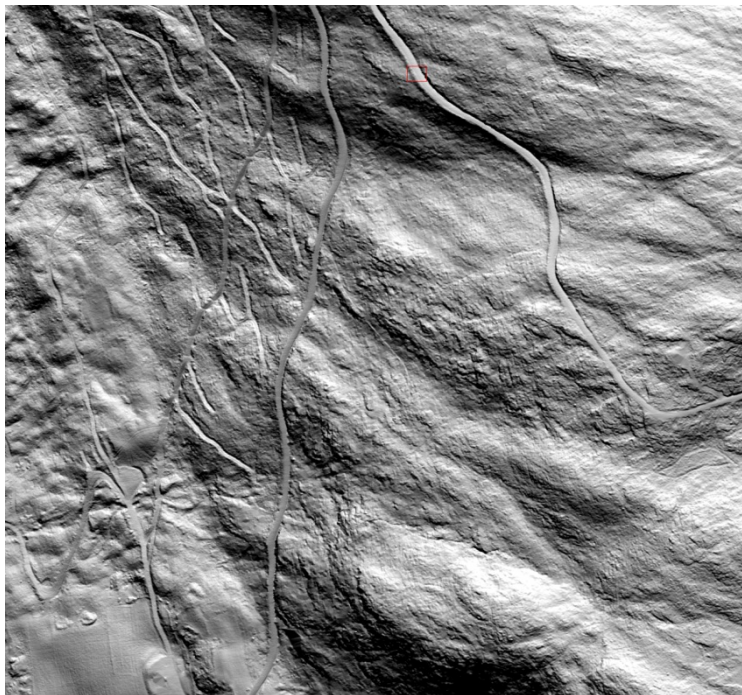


# Utprøving av metoder for deteksjon av veier i laserdata – foreløpige resultater

LasTrak pilotprosjekt



Notatnr  
Forfattere  
Dato

SAMBA/09/15  
Øivind Due Trier  
6. mars 2015



### Forfatterne

**Øivind Due Trier** er seniorforsker ved Norsk Regnesentral. Hans interesseområde er utvikling av metoder for automatisk og halvautomatisk prosessering av fjernmålingsdata for en rekke anvendelser, slik som: deteksjon av kulturminner, kartlegging av vegetasjon samt endringer, daglig oppdaterte snøkart, måling av sot i snø, og deteksjon av små oljesøl. Datakilder kan være flybårne laserdata, flybilder, optiske og termiske satellittbilder, og radarsatellittbilder.

### Norsk Regnesentral

Norsk Regnesentral (NR) er en privat, uavhengig stiftelse som utfører oppdragsforskning for bedrifter og det offentlige i det norske og internasjonale markedet. NR ble etablert i 1952 og har kontorer i Kristen Nygaards hus ved Universitetet i Oslo. NR er et av Europas største miljøer innen anvendt statistisk-matematisk modellering og har et senter for forskningsdrevet innovasjon, Statistics for Innovation – (sfi)<sup>2</sup>, med finansiering fra Norges forskningsråd. Det jobbes med et bredt spekter av problemstillinger, for eksempel finansiell risiko, jordobservasjon, estimering av fiskebestander og beskrivelse av geologien i petroleumsreservoarer. NR er ledende i Norge innen utvalgte deler av informasjons- og kommunikasjonsteknologi. Innen IKT-området har NR innsatsområdene e-inkludering, informasjonssikkerhet og smarte informasjonssystemer. NRs visjon er forskningsresultater som brukes og synes.

<b>Tittel</b>	<b>Utprøving av metoder for deteksjon av veier i laserdata – foreløpige resultater</b>
<b>Forfattere</b>	<b>Øivind Due Trier</b>
Dato	6. mars 2015
År	2015
Publikasjonsnummer	SAMBA/09/15

Emneord	Lidardata, automatisk kartlegging, digital høydemodell
Målgruppe	Brukere av laserdata i Statens kartverk og kommuner
Tilgjengelighet	Åpen
Prosjektnummer	220 694
Satsningsfelt	Jordobservasjon
Antall sider	24
© Copyright	Norsk Regnesentral



# Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Data</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Metoder</b> .....	<b>9</b>
3.1	Preprosessering.....	9
3.2	Metoder for deteksjon av veier i laserdata.....	9
3.2.1	Veideteksjon basert på intensitet.....	9
3.2.2	Veideteksjon basert på gradient.....	12
3.2.3	Veideteksjon basert på segmentering av fallretning.....	15
<b>4</b>	<b>Resultater</b> .....	<b>16</b>
4.1	Veideteksjon fra intensitet.....	16
4.2	Veideteksjon fra gradient.....	19
4.3	Veideteksjon fra segmentering av fallretning .....	22
<b>5</b>	<b>Diskusjon og konklusjon</b> .....	<b>23</b>
	<b>Litteratur</b> .....	<b>24</b>

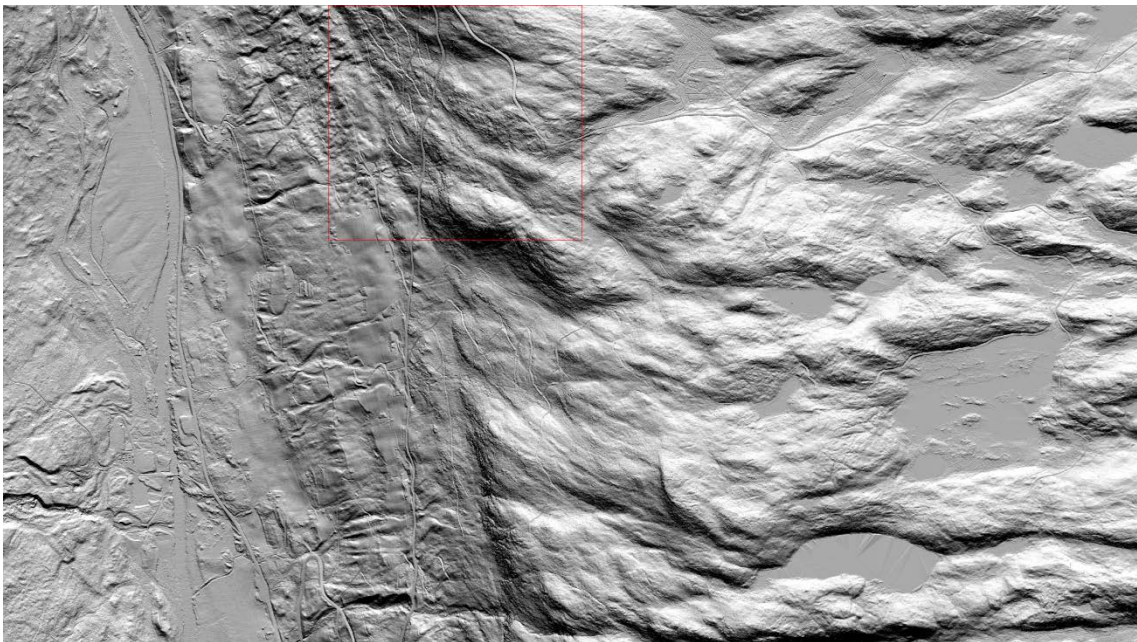
# 1 Innledning

Laserdata blir nå samlet inn for store områder i Norge. Selv om datainnsamlingen per i dag for det meste er prosjektbasert, og landsdekkende datasett ikke foreligger, så ligger det likevel et stort potensiale i å utvikle metoder for automatisk kartlegging av ulike typer informasjon fra disse dataene.

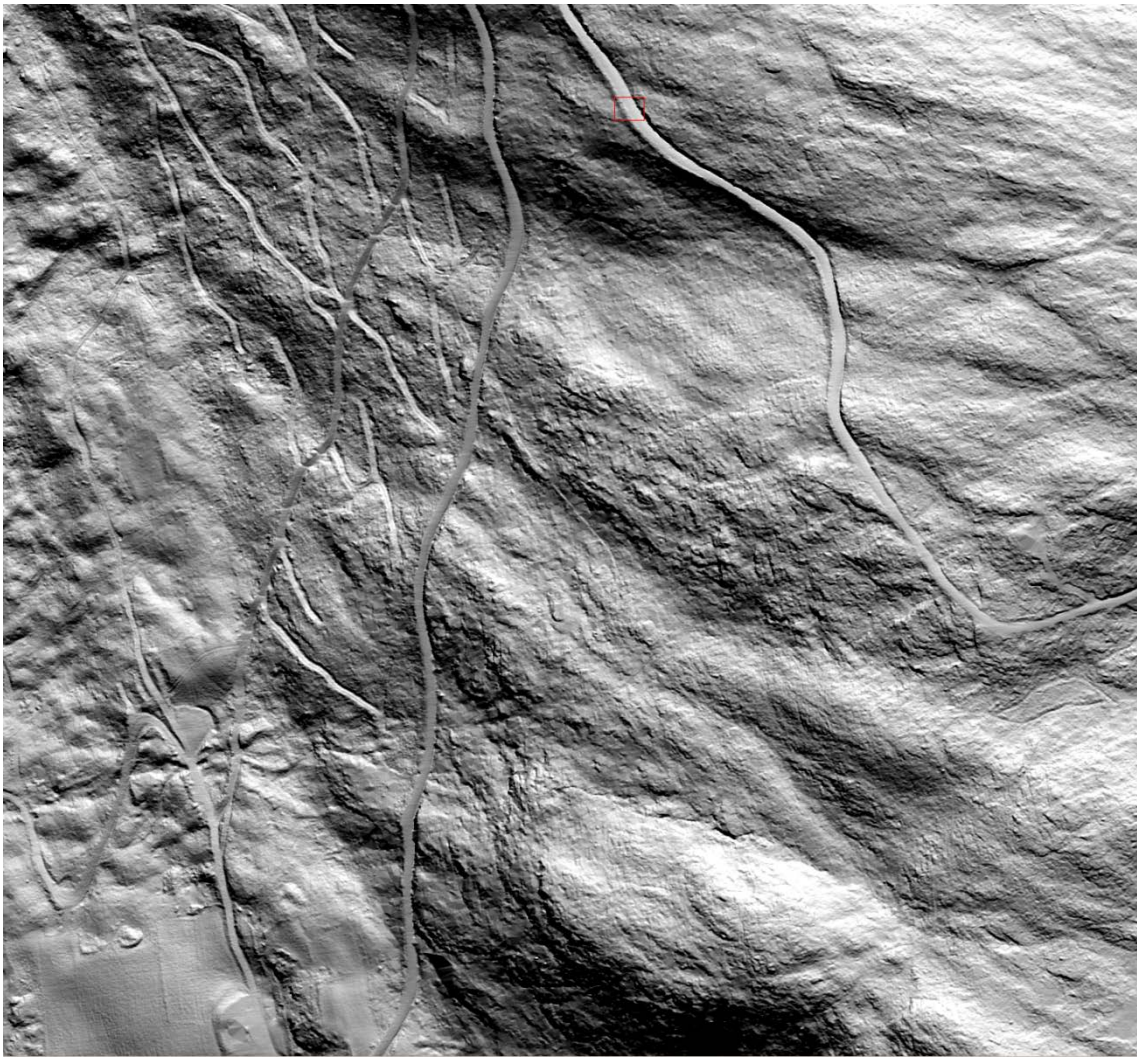
I dette prosjektet er vi interessert i å kartlegge skogsbilveier og traktorveier. Skogbrukets krav til lønnsomhet gjør at det er viktig å kunne kartlegge det eksisterende skogsveinettet, med stigningsprosent og veibredde.

## 2 Data

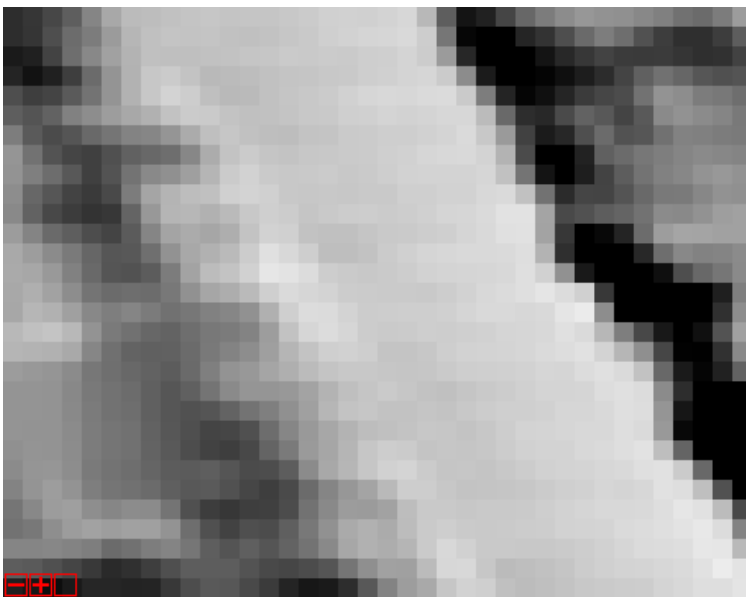
Vi har mottatt laserdata fra Oppland fylkeskommune i form av LAS-filer for et stort område i Valdres. For et utvalgt område i Etnedal kommune har dataene 6,5 bakkepunkter per m<sup>2</sup> i gjennomsnitt, men varierer fra 0 (under løvtrær) til 20 (stripeoverlapp i åpent terreng).



Figur 1. Skyggelagt terrengmodell av utsnitt av Etnedal kommune, avgrenset av koordinatene: (533 600 Ø, 6 755 400 N), (536 800 Ø, 6 757 200 N).



Figur 2. Utsnitt av Figur 1.



Figur 3. Forstørret utsnitt av Figur 2.



## 3 Metoder

### 3.1 Preprosessering

LAS-filene er punktmålinger (x, y, z) i UTM 32, merket med:

- klasse (bakke, vegetasjon, bygning, annet)
- returnnummer (1-4)
- intensitet

Fra dette genererer vi rasterfiler med 0,5 meters oppløsning:

- bakkehøyde
- skyggelagt relieff (kun for visualisering)
- hellingsvinkel
- hellingsretning
- intensitet for bakketreff
- antall bakketreff
- vegetasjonshøyde over bakken

### 3.2 Metoder for deteksjon av veier i laserdata

Vi har sett på noen ulike metoder for automatisk deteksjon av veier:

1. Intensitet. Flere studier (f.eks. (Clode, Rottensteiner, Kootsookos, & Zelniker, 2007)) observerer at intensiteten på laserreturen fra veier ligger i et bestemt intervall. Ved å trekke ut piksler fra intensitetsbildet i dette intervallet kan vi fange opp veiene, forutsatt at hypotesen om intensitetsintervallet faktisk stemmer, og at det er mulig å fjerne andre ting som har intensitetsverdier i det samme intervallet. Fra visuell inspeksjon av intensitetsbildet kan det se ut til at grusveier i terrenget kan detekteres med denne metoden, men ikke kjørespor etter traktor. For de større veiene er det stedvis dårlig kontrast, men disse veiene er trolig kartlagt allerede?
2. Gradient. Veiene er som regel avgrenset med en grøft eller en skråskjæring. Ved visuell inspeksjon av gradientbildet trer veiene relativt tydelig fram, og kjørespor etter traktor er også synlige.
3. Hellingsretning. Veisegmenter har gjerne en veldig gradvis endring av hellingsretning, mens hellingsretningen kan variere kraftig i det naturlige terrenget.

#### 3.2.1 Veideteksjon basert på intensitet

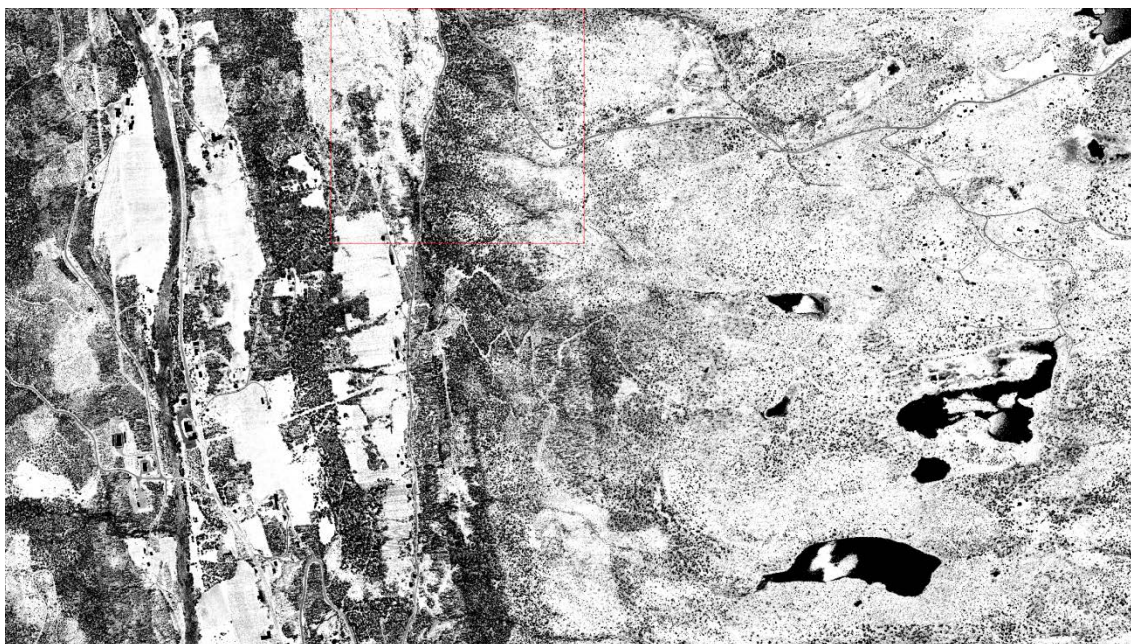
Intensitetsbildet av bakketreff (Figur 4) inneholder en rekke «hull» der det ikke er noen bakketreff, for eksempel bygninger og under trær med tett trekrone. Vann uten bølgekrusninger gir ingen refleksjon, og framstår som sorte. Det fins også mange enkeltpiksler

som ikke har fått bakketreff, men disse fjernes enkelt med 3×3 medianfiltrering. Lyse områder er blant annet dyrket mark, men også skogbunn hvor signalet ikke har blitt dempet av delvis treff i trekroner. Intensitetsverdiene ligger stort sett i området 0-150.

Enkelte veier framstår som grå (intensitetsverdier i området 10-40). Det er viktig å forstå om disse intensitetsverdiene er direkte relatert til typen av veidekke, eller om fuktighet også spiller inn.

Metodebeskrivelse:

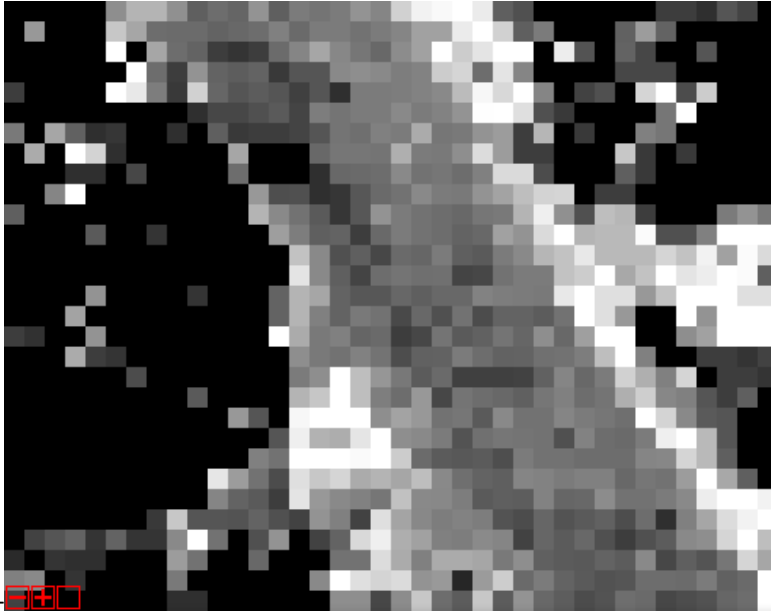
1. Fjern enkeltpixels uten bakketreff med 3×3 eller 5×5 medianfiltrering av intensitetsbildet for bakketreff.
2. Terskle intensitetsbildet, slik at pixels med intensitetsverdier i intervallet  $10 < i < 40$  beholdes
3. Fjern segmenter som ikke kan være veier ut i fra kriterier for fasong
4. Tynning av veisegmentene for å få et utgangspunkt for senterlinje
5. Raster til vektor konvertering av tynnede veisegmenter
6. Glatting/punkt fjerning



Figur 4. Intensitet av bakketreff. Enkeltpixels uten bakketreff har blitt fjernet med 3×3 medianfiltrering.



Figur 5. Utsnitt av Figur 4.



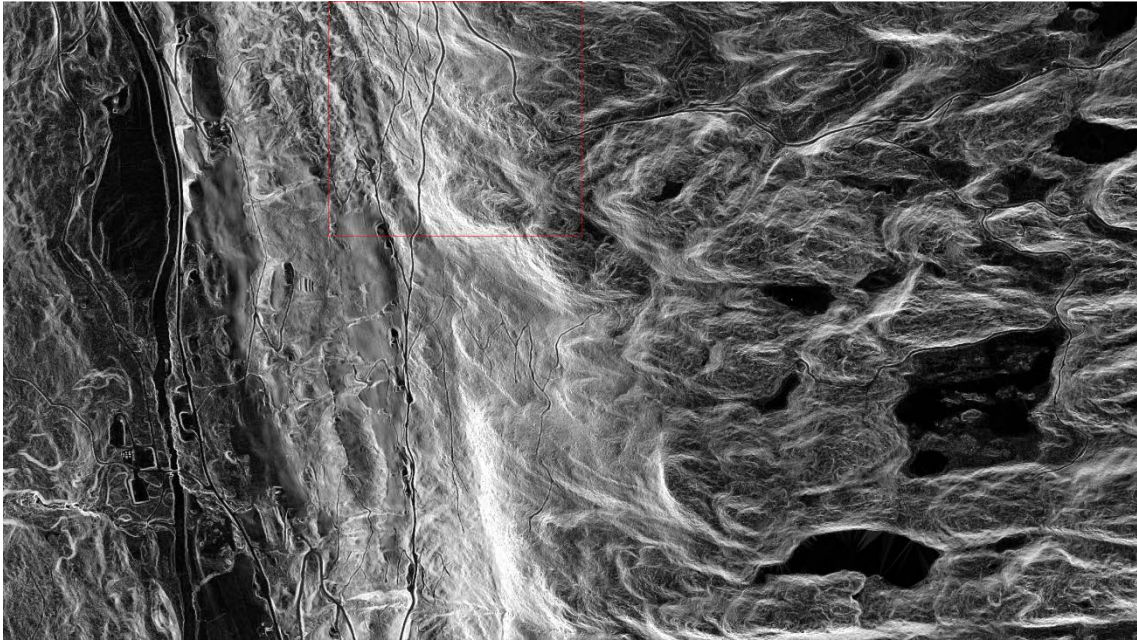
Figur 6. Forstørret utsnitt av Figur 5.

### 3.2.2 Veideteksjon basert på gradient

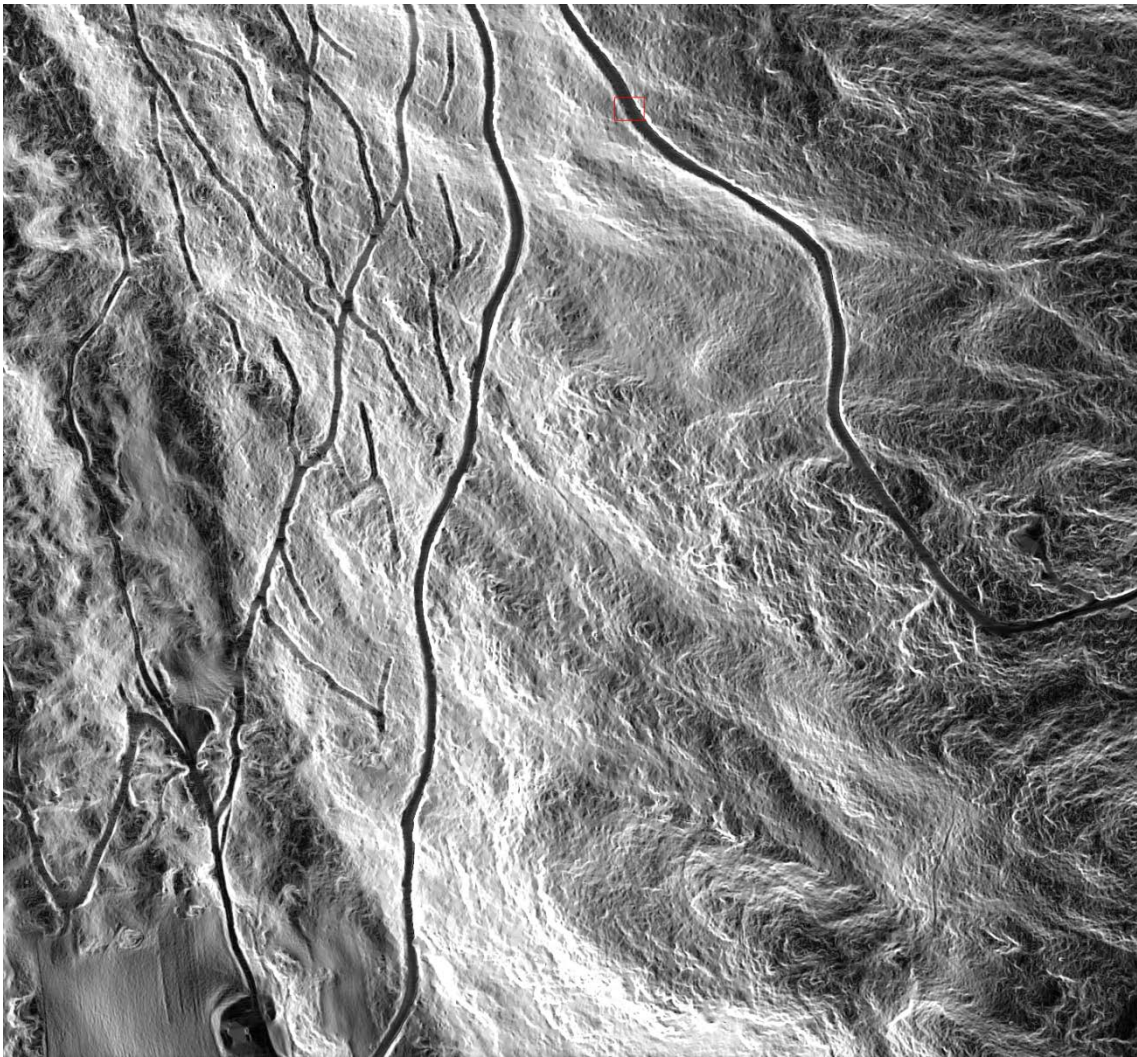
Gradient-bildet viser veiene som mørke kurver på lysere bakgrunn (Figur 7). I tillegg er store flate områder mørke.

Følgende prosesseringstrinn foreslås benyttet:

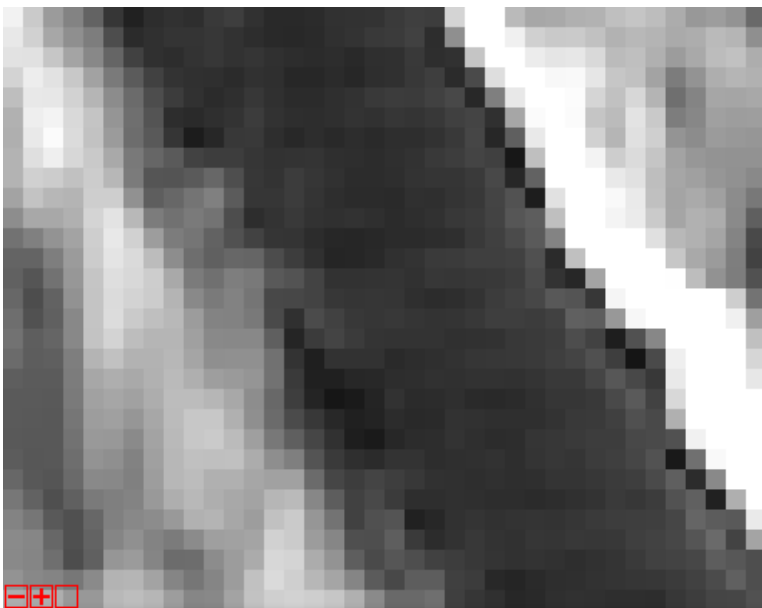
1. Glatting av gradient-bildet med Gaussisk glatting,  $\sigma=5$ .
2. Lag en enda mere glattet versjon (15 x 15 middelveidiglatting) av gradientbildet i punkt 1 (det som allerede er glattet med Gaussisk glatting).
3. Bildet i punkt 2 trekkes fra bildet i punkt 1, slik at man får et lokalt kontrastbilde. Dette er mere egnet for terskling.
4. Bildet terskles. Mørke områder er kandidater til veisegmenter
5. Ideelt sett bør rusk fjernes, men det kan eventuelt fjernes seinere.
6. Veisegmentkandidatene tynnes, slik at alle rasterobjekter er 1 piksel brede.
7. Raster til vektor konvertering av det tynnede bildet
8. Glatting og punktfjerning



Figur 7. Gradient-bilde.



Figur 8. Utsnitt av Figur 7.



Figur 9. Forstørret utsnitt av Figur 8.

### 3.2.3 Veideteksjon basert på segmentering av fallretning

Hypotesen i denne metoden er at for en begrenset del av veien, så vil veioverflaten helle i samme retning. Ved å trekke ut segmenter basert på hellingsretning, så vil en kunne få avlange veisegmenter hvor hovedaksens retning sammenfaller ganske godt med hellingsretningen. Det vil dog være et avvik fordi veiens overflate heller litt ut mot sidene for avrenning av vann, slik at metoden neppe vil egne seg så godt i flatt terreng.

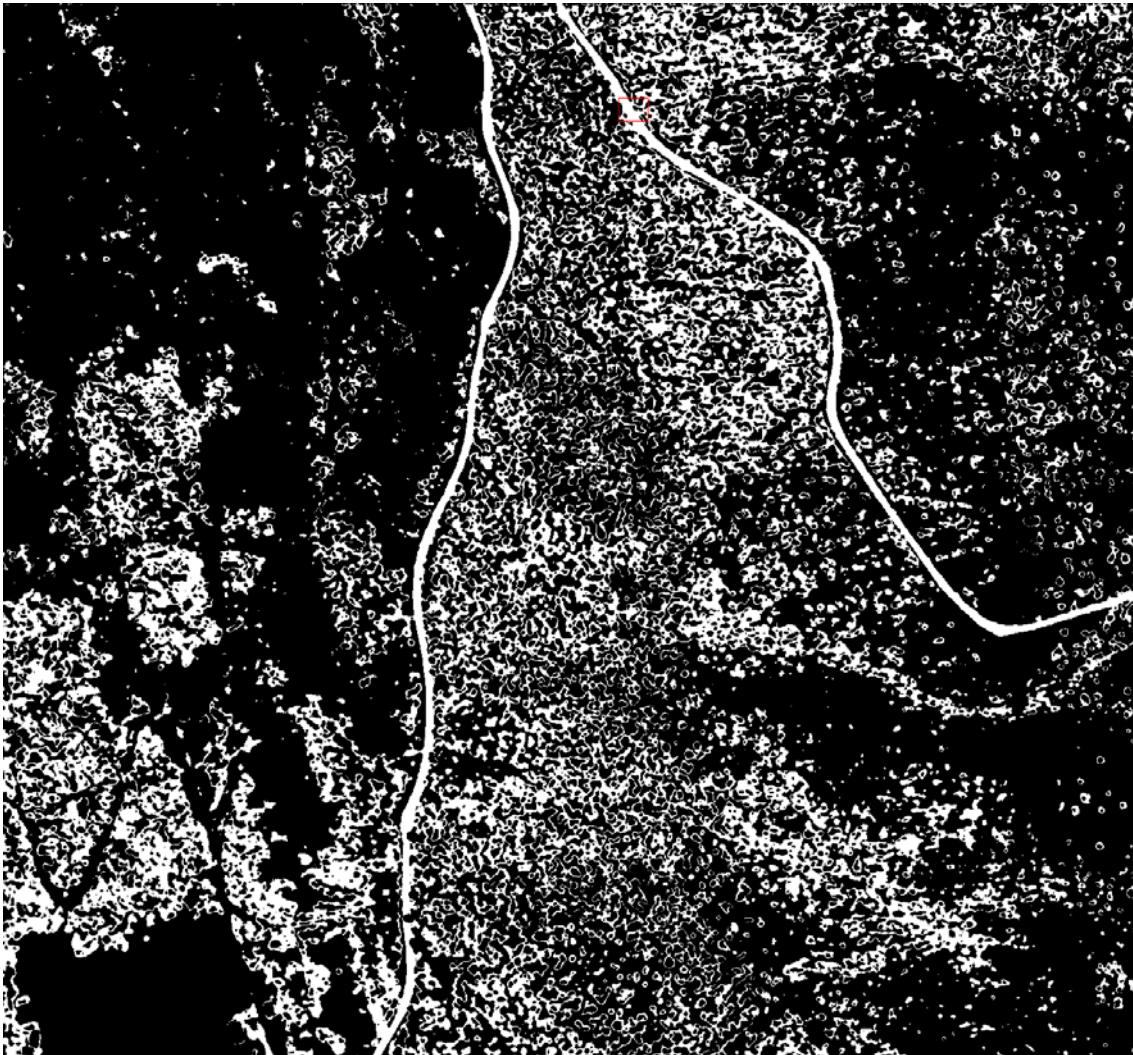
Metoden vil ha følgende trinn:

1. En tar utgangspunkt i «aspect»-bildet, som angir hellingsretning i grader for alle punkter i bildet, samt «slope»-bildet (gradientbildet) som angir hellingsvinkel i grader.
2. Konverterer aspect og slope til vektorer:
  - a.  $\text{vectorX} = \sin(\text{slope}) * \cos(\text{aspect})$
  - b.  $\text{vectorY} = \sin(\text{slope}) * \sin(\text{aspect})$
3. Vektorene glattes med et 5×5 medianfilter for å fjerne lokale ujevnheter i vegoverflaten, som ellers vil gjøre at metoden bryter sammen.
4. Glattet hellingsretning fås ved å konvertere fra vektorform tilbake til vinkel:
  - a.  $\text{aspect} = \text{atan2}(\text{vectorY}, \text{vectorX})$
5. Gradientbildet glattes også med et 5×5 medianfilter
6. Start med maksimalt retningsavvik = 1 grad
7. For hvert punkt i aspect-bildet, finn det nabopunktet med minst avvik i hellingsretning, og som det ikke allerede har blitt slått sammen med til samme segment. Hvis avviket i retning er mindre enn maksimalt retningsavvik, så slå sammen de to segmentene som de to punktene er med i. Oppdater hellingsretningen for det sammenslåtte segmentet til å være gjennomsnittet av hellingsretningene innenfor segmentet
8. Øk maksimalt retningsavvik med 1. Hvis det fortsatt er mindre eller lik 20, så gjenta punkt 7 over.
9. For hvert segment, beregn orienteringsretning og avlanghet
10. Forkast segmenter som har færre enn 10 piksler ( $2,5 \text{ m}^2$ ), har lavere avlanghet enn 2,0, og/eller orienteringen avviker fra gjennomsnittlig hellingsretning med mer enn  $30^\circ$ .
11. Fjern rusk.

## 4 Resultater

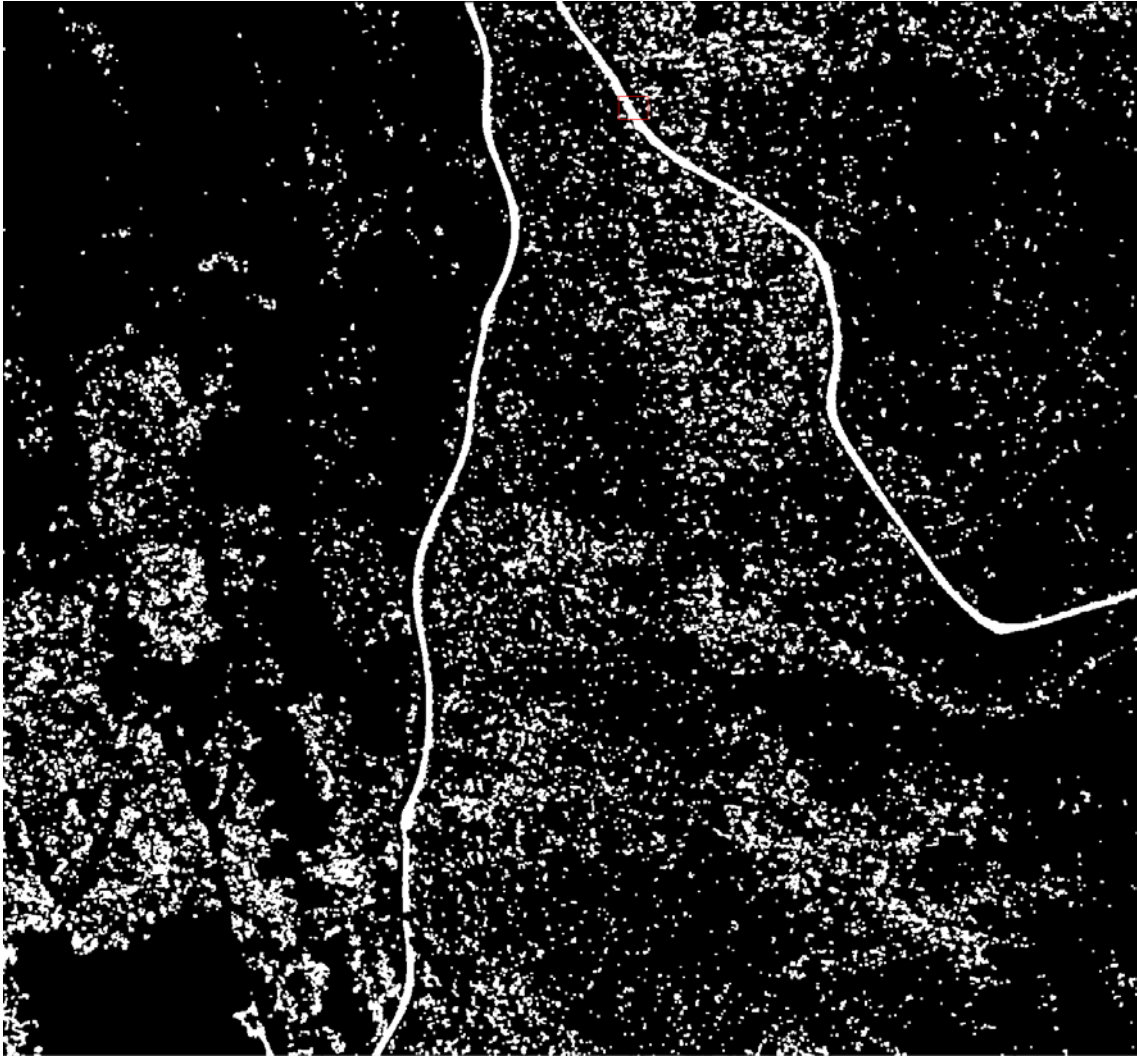
### 4.1 Veideteksjon fra intensitet

Etter trinn 2 i den foreslåtte metoden trer enkelte veier tydelig fram, men det er også mye rusk som må fjernes (Figur 10). Noe rusk kan fjernes med morfologisk åpning (Figur 11). En kan prøve å fjerne mere rusk før tynning, eller tynne direkte (Figur 12) og deretter fjerne korte segmenter i det tynnede bildet. Tiden strakk ikke til for å fullføre dette på en god måte.



Figur 10. Resultat etter trinn 2.





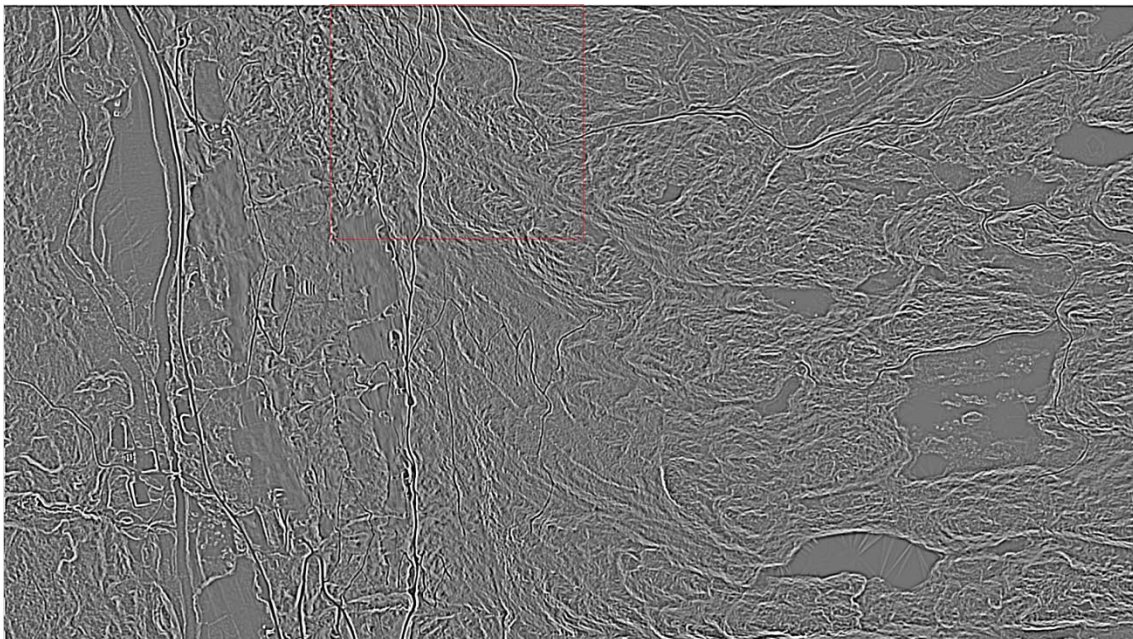
Figur 11. Etter morfologisk åpning.



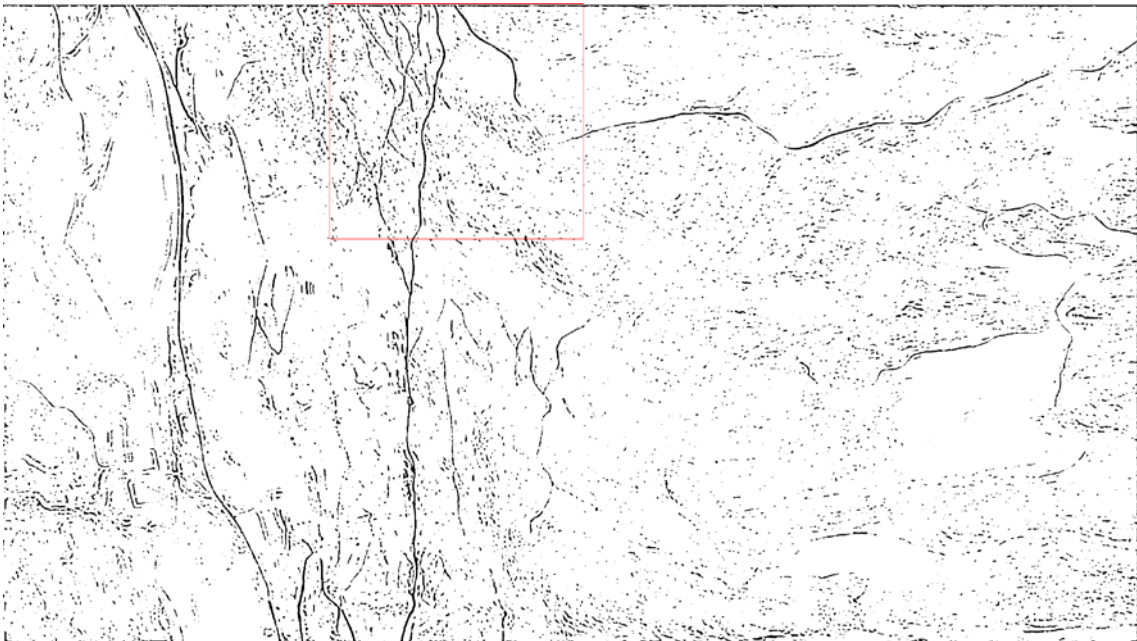
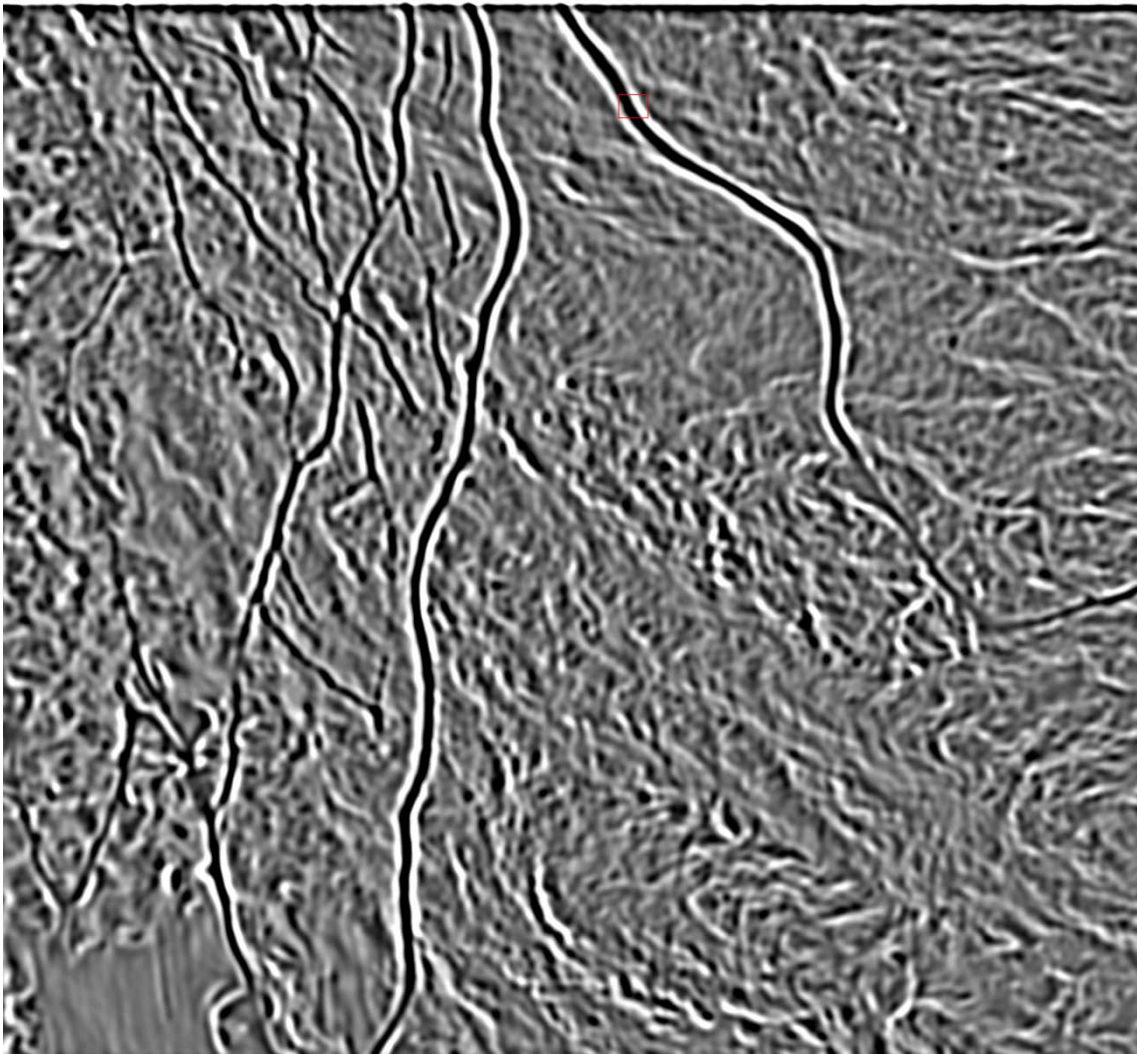
Figur 12. Tynnet resultat.

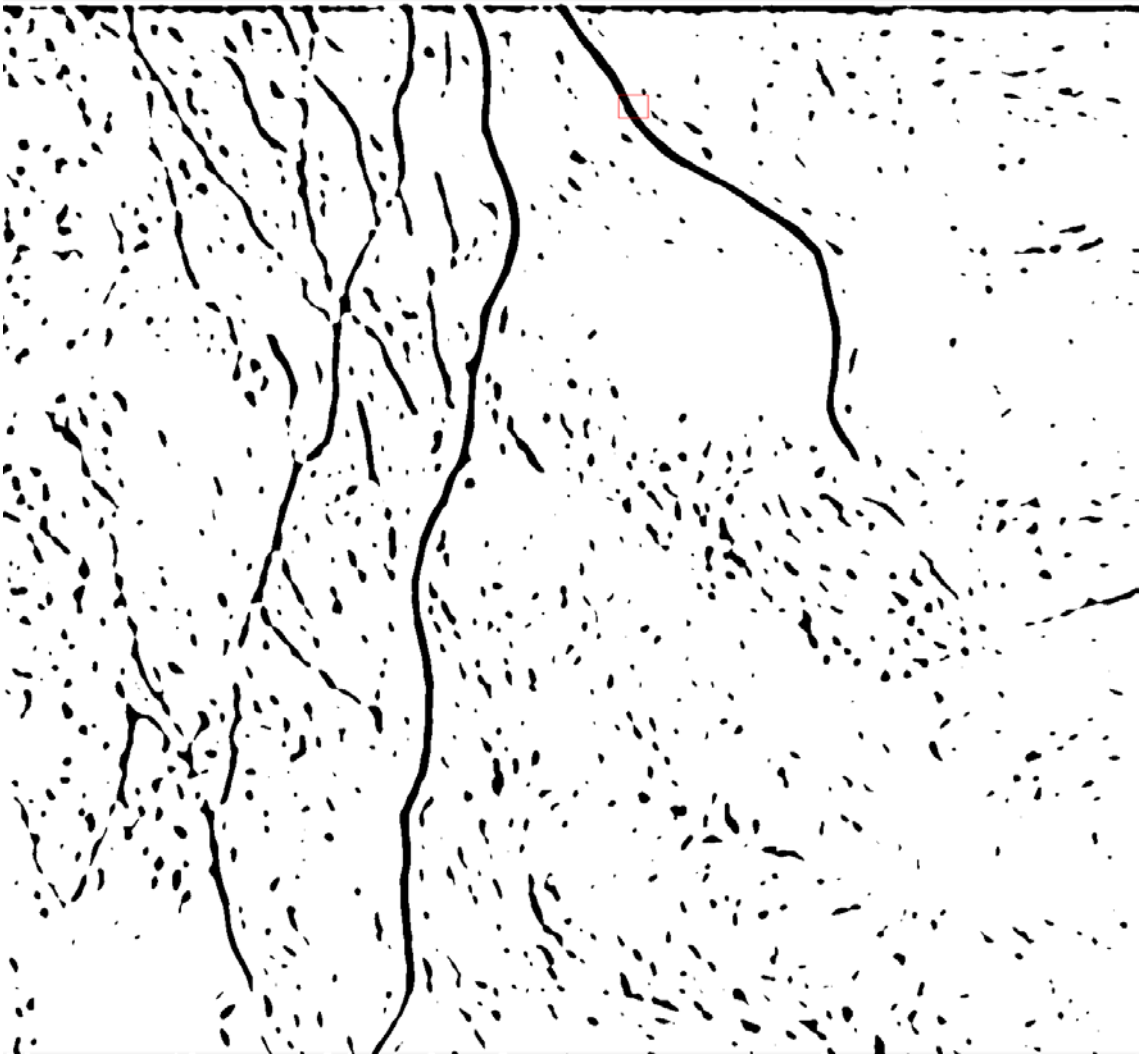
## 4.2 Veideteksjon fra gradient

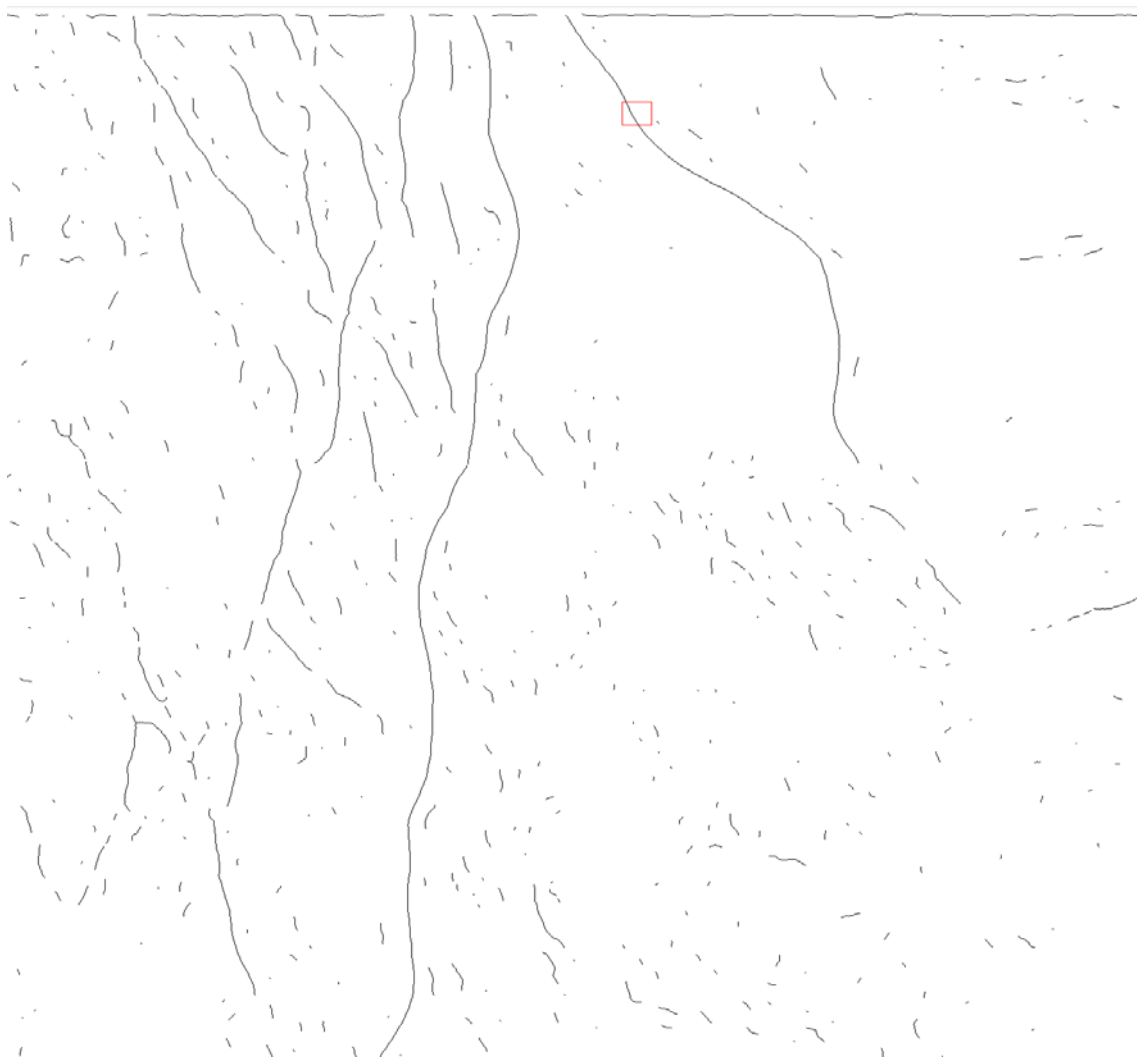
Lokal kontrast av gradientbildet ser ut til å fange opp alle veier og traktorspor, med unntak av der hvor det er flatt langs veien, altså verken grøft eller veiskjæring (Figur 13).



Figur 13. Lokal kontrast av gradient.







### 4.3 Veideteksjon fra segmentering av fallretning

Denne metoden er svært langsom i IDL, og må skrives i et annet språk (f.eks. C) for å kunne brukes i praksis. Ved å kjøre den på et lite utsnitt får vi likevel en viss ide om styrker og svakheter (Figur 14). Metoden klarer å trekke ut lange tynne segmenter, som sammenfaller med deler av skogsbilveien. Men metoden klarer ikke alltid å fange hele veibredden. Som med de andre metodene er det en del rusk, som må fjernes.



Figur 14. Segmentering basert på fallretning, det vil si hellingsretning.

## 5 Diskusjon og konklusjon

I denne studien har vi prøvd ut noen bildeanalysemetoder for å undersøke om de kan brukes til automatisk kartlegging av skogsbilveier. Metodene er til dels komplementære. Metoden basert på gradient ser ut til å virke bedre enn den basert på intensitet, så lenge det er en grøft eller veiskjæring på begge sider av veien. Den gradientbaserte metoden er også i stand til å finne fragmenter av traktorspor. Men når det er flatt på siden av skogsbilveien, så er den intensitetsbaserte metoden bedre. På den annen side så genererer den intensitetsbaserte metoden mere rusk, som må fjernes.

Metoden basert på segmentering av terrenghellingsretning er svært mye langsommere enn de to andre metodene, fordi den er kodet til å behandle hvert enkelt segment individuelt, i stedet for å benytte metoder som virker på hele bildet samtidig. Dette har med valg av programmeringsspråket IDL å gjøre. Vi forventer at denne forskjellen kan reduseres ved bruk av et annet programmeringsspråk, f.eks. C. Det er mulig å skrive om langsomme deler av IDL-kode til C, og kalle den fra IDL.

Alle metodene genererer en del rusk, men det fins metoder for å fjerne rusk på en bedre måte. I denne studien ble ikke dette prioritert, fokus var på å se hvor mye av veiene som kunne detekteres.

Vi ønsker å diskutere resultatene med oppdragsgiver og sluttbruker: Statens Kartverk Hamar og Etnedal kommune, med tanke på å sammen lage et hovedprosjekt som kan utvikle et praktisk verktøy for Etnedal kommune i første omgang.

## Litteratur

Clode, S., Rottensteiner, F., Kootsookos, P., & Zelniker, E. (2007). Detection and vectorization of roads from lidar data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 73(5), 517-535.