



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2019 30 stp
Fakultet for realfag og teknologi

Modellering av vannveier med ArcGIS Pro og bruk av modellerte vannveier til forbedring av FKB- Vann

Modeling Streams With ArcGIS Pro and Improving
FKB-Vann.

Vilde Marie Sørensen
Geomatikk

Forord

Denne oppgaven er skrevet som avslutning på mitt femårige masterstudie i geomatikk ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). Oppgaven utgjør 30 studiepoeng, og er utarbeidet våren 2019.

Denne rapporten er en videreføring av Bloms vannprosjekt i samarbeid med Melhus kommune. Rapporten tar for seg optimalisering av løype for å modellere vannveier, og mulig bruk for optimalisering av FKB-vann.

Jeg vil takke min veileder ved NMBU, Ivar Maalen-Johansen, for god hjelp i startfasen av arbeidet med denne oppgaven. Jeg vil også takke fylkeskartsjef ved karteverket i Trøndelag, Lars Mardal, for bistand med data, min bilveileder Floris Jan Groesz, Eirik Fosseli, og alle hos Blom for gode samtaler, hjelp underveis i arbeidet og en veldig hyggelig vår. Jeg vil til slutt takke forelesere og med studenter ved NMBU som har gitt meg fem flotte år

Vilde Marie Sørensen

Ås, mai 2019

Sammendrag

Over de siste århundrene har man sett tydelige endringer i klimaet på kloden. Som følge av global oppvarming, forårsaket av klimagasser, antas det at vi vil oppleve en kraftig økning i nedbørsmengde i Norge. Grunnet store endringer i nedbørsmengde og økning av skade påført av oversvømmelser er det viktig å kartlegge eksisterende vannveier.

I dag består FKB Vann av data fremstilt ved fotogrammetri. Vannveier kan være godt skjult under vegetasjon, og kan derfor overses ved slik visuell observasjon. I denne masteroppgaven er formålet derfor å bruke terrengmodell til å modellere vannveier uten behov for visuell synfaring, og deretter produsere og vurdere en metode for å forbedre FKB Vann ved bruk av disse modellerte vannveiene. Arbeidet med denne oppgaven har foregått på prøve- og feilemetoden, som har ført fram til løyper i ArcGis Pro versjon 2.2.

Datasettene som er benyttet i denne oppgaven er en DTM fra høydedata.no, FKB_vann tilsendt fra Blom, orienteringskart og tre stikkrenne-filer tilsendt fra Kartverket Trøndelag. De tre stikkrenne-filene består av fotogrammetrisk registrerte stikkrenner fra FKB, innmålte stikkrenner fra Melhus kommune, og stikkrenner fra NVDB (Nasjonal vegdatabank) innmålte av Statens vegvesen.

Resultatene fra denne masteroppgaven viser at vannveier modellert fra digitale terrengmodeller fungerer godt som et bidrag til forbedring av FKB Vann. Resultatdatasettene består av vannveier som er geometriforbedrede, inneholder egenskapsverdier fra det originale fotogrammetrisk registrerte FKB-vann og som stemmer godt overens med orienteringskart i området. FKB-vann objekter med god synbarhet blir beholdt uendret. Dette fører til flere inkluderte FKB-objekter i resultatet, samt hva som ser ut som bedre geometri i utbygde områder. Standarder og krav til modellerte vannveier, og bruk av disse, må utarbeides dersom de skal benyttes til å forbedre det eksisterende FKB-vann.

Abstract

The last centuries, we have seen drastic changes in the global climate. As a consequence of global warming, caused by greenhouse gasses, it is assumed that we will experience a drastic increase of rainfall in Norway. Due to these changes and the increase of damages caused by stormwater, it is important to map our current streams.

As per today, FKB Vann consist of data collected from photogrammetry. Rivers and creeks can be hidden in the vegetation and can therefore easily be overlooked. The goal of this thesis is therefore to use a digital terrain model to create a stream network without need for visual observation and to produce and investigate a method to improve FKB Vann using the new stream network. The results of this thesis have been accomplished by trial and error, and has led to production trails in ArcGis Pro version 2.2.

The data used is a DTM from høydedata.no, FKB_vann acquired from Blom, orientation map and three files containing culverts from Kartverket Trøndelag. The culvert-files consist of photogrammetrically observed culverts from FKB, culverts measured in the field by Melhus Kommune and culverts from NVDB (Nasjonal Vegdatabank) measured by Statens Vegvesen.

The results from this thesis implies that modelled streams are working out well as a contribution to the improvement of the quality of FKB Vann. The methods described result in a new dataset containing streams which have improved geometry, contain attribute values from the original FKB-dataset and coincide with the orientation map in the same area. Objects with what is defined as good visibility are mostly left unchanged. Because of that, we are able to include more FKB-objects in our result and also what appears to be improved geometry in developed areas.

It will be required to work out standards and specifications for modelled streams and the use of these in the process of improving FKB Vann.

Innholdsfortegnelse

Forord	iii
Sammendrag	v
Abstract	vii
1. Innledning	1
1.1. Bakgrunn	1
1.2. Problemstilling	2
1.3. Analyseområde	2
2. Teori	4
2.1. Geografiske informasjonssystemer	4
2.2. SOSI	8
2.3. FKB Vann	9
2.4. Fotogrammetrisk kartlegging av elver/bekker.	10
2.5. Orienteringskart	12
2.6. Digital terrengmodell	12
2.7. Relevante filformater	16
2.8. ArcGIS Pro	17
2.9. ArcGis Pro verktøy	19
Sink	19
Fill	20
Flow direction	20
Flow accumulation	22
Summarize Nearby	23
Spatial Join	23
Merge	24
3. Metode	25
3.1. Datasett	25
3.2. Klargjøring av data	26

3.3.	<i>Løype i ArcGis Pro for modellering av vannveier.</i>	29
3.3.1.	Sammenligne modellerte vannveier og orienteringskart	36
3.4.	<i>Forbedring av FKB_vann med modellerte vannveier</i>	39
3.4.1.	Supplere FKB-datasettet med modellerte vannveier	43
3.5.	<i>Legge til egenskaper.</i>	45
4.	Resultater	47
4.1.	<i>Modellerte vannveier</i>	47
4.2.	<i>Forbedret FKB_vann</i>	50
4.2.1.	Stikkrenner	52
4.2.2.	Statistikk	54
4.2.3.	Overføring av egenskaper	58
5.	Diskusjon	59
6.	Konklusjon	62
Vedlegg	i	

Figurer

Figur 1 Analyseområde: avgrenset område i Melhus Kommune i Trøndelag	3
Figur 2 Begrenset testområde og testområdet Vassfjell (blå)	3
Figur 3 Testområdet omslutter bebygde områder og skogområde	3
Figur 4 Veien fra virkelighet til kart (Geodata)	4
Figur 5 Sylinderprojeksjon (KF/ Store norske leksikon)	5
Figur 6 Gauss-Kruger projekson (KF/Store norske leksikon)	6
Figur 7 Illustrert forvringning i Mercator-projeksjon (Justin Kunimune, 2018)	7
Figur 8 UTM (KF/Store norske leksikon)	7
Figur 9 Akselerometre og gyroer på tre akser. (Zess, 2016)	10
Figur 10 Dårlig innsyn (Melhus Kommune)	11
Figur 11 Avgrensning ElvBekk (Kartverket, 2018)	11
Figur 12 Avstandsbestemmelse ved fasemåling (Petrie & Tooth, 2009/Hamamatsu)	13
Figur 13 Avstandsbestemmelse ved fasemåling 2 (Petrie & Tooth, 2009/Hamamatsu)	14
Figur 14 Hovedmeny ArcGis Pro (ESRI)	18
Figur 15 Quick Access Toolbar (ESRI)	18
Figur 16 ArcToolbox (ESRI)	19
Figur 17 Funksjonen av "fill" (ESRI)	20
Figur 18 Eksempel resultatraster fra "flow direction"(ESRI)	21
Figur 19 Resultatraster flow accumulation (ESRI).	22
Figur 20 Flow accumulation visualisert (ESRI)	23
Figur 21 Orienteringskartet importert i ArcGis Pro	26
Figur 22 Create feature class dialogboks (skjermdump fra ESRI ArcGis Pro)	27
Figur 23 Edit meny i verktøylinje og create features funksjon(skjermdump fra ESRI ArcGis Pro)	27
Figur 24 Orienteringskart med rosa registrerte elver i ArcGis (skjermdump fra ESRI ArcGis Pro)	28
Figur 25 Polyline to raster dialogboks og eksempel på resultat (skjermdump fra ESRI ArcGis Pro)	28
Figur 26 Merge input (skjermdump fra ESRI ArcGis Pro)	29

Figur 27 Raster Calculator uttrykk og eksempel senket stikkrenne (skjermdump fra ESRI ArcGis Pro)	30
Figur 28 Flow Direction Input (skjermdump fra ESRI ArcGis Pro)	30
Figur 29 Eksempel sink i enden av stikkrenne (skjermdump fra ESRI ArcGis Pro)	31
Figur 30 Fill dialogboks. (skjermdump fra ESRI ArcGis Pro)	31
Figur 31 Resultat fra "sink" hvor stikkrenne nå skal fungere. (skjermdump fra ESRI ArcGis Pro)	32
Figur 32 Flow Accumulation dialogboks og eksempel på resultatfil. (skjermdump fra ESRI ArcGis Pro)	33
Figur 33 Resultat fra Raster Calculator med grense satt for verdiene blå: flowacc_100000, lilla: flowacc_50000, rød: flowacc_20000.(skjermdump fra ESRI ArcGis Pro)	34
Figur 34 Resultat etter fjerning av elver i innsjøer (skjermdump fra ESRI ArcGis Pro)	34
Figur 35 Raster to polyline dialogboks og resultat (skjermdump fra ESRI ArcGis Pro)	35
Figur 36 Gul: o-kart, blå: modellerte vannveier, rød: FKB_vann (skjermdump fra ESRI ArcGis Pro)	36
Figur 37 Summarize Nearby dialogboks med ny buffer hver 5. meter (skjermdump fra ESRI ArcGis Pro)	38
Figur 38 Mørk blå: alle linjeelementer fra FKB-laget som har KVALITET_S lik 0 Lys blå: resterende linjeelementer som vil forbedres.	40
Figur 39 Input for Spatial join hvor linjesegmentene som skal forbedres tilpassas de modellerte vannveienes geometri.	40
Figur 40 Eksempel på situasjoner hvor informasjon er overført fra original FKB-linje (grønn) til ny linje med det modellerte datasettets geometri (blå)	41
Figur 41 Intersect dialogboks	41
Figur 42 Til høyre: resultat fra Intersect, til venstre; resultat fra intersect over FKB_geometriforbedret	42
Figur 43 Til venstre markert objekt som fjernes, til venstre eksempel overlapp:	42
Figur 44 Make feature layer dialogboks for å trekke ut linjesegmenter uten FKB-data og resultatfi (obs nput er samme som resultatfil fra spatial join)	44

Figur 45 Fullstendig resultatfil FKB_geometriforbedret_utvidet. blå: modellerte linjer uten tilknytning til FKB, roa: FKB-linjer med forbedret (modellert) geometri, Grønn: originale FKB-elementer med synbarhet lik 0	45
Figur 46 Add attribute	46
Figur 47 Eksempel på tildelt egenskap	46
Figur 48 Øverst fra venstre: vannveier fra orienteringskart, modellerte vannveier med grense 100000 (Vassfjell_100000). Nede fra venstre: Modellerte vannveier med grense 50000 (Vassfjell_50000), modellerte vannveier med grense 20000 (Vassfjell_20000)	47
Figur 49 Fra venstre; Vassfjell_20000 (blå) over o-kart, okart (rosa) over Vassfjell_20000	48
Figur 50 Rød: FKB_forbedret geometri blå/grønn: FKB-vann	50
Figur 51 Områder hvor det nye datasettet er ufullstendig. Rød: nytt datasett, Blå: FKB_vann	51
Figur 52 Område med utelatte linjer fra FKB. rød: FKB_geometrisorbedret, blå:ikke inkludert(FKB-objekter)	51
Figur 53 Rød:resultatdatasett, blå: original FKB med dårlig synbarhet, grønn: original FKB med god synbarhet	52
Figur 54(a, b)Eksempel på benyttet stikkrenne. Rød:forbedret FKB, blå: original FKB, grønn: stikkrenne. Til høyre: her benytter det nye datasettet en stikkrenne som ikke var benyttet i originale FKB	53
Figur 55 Eksempel ubenyttede stikkrenner. Rød: forbedret FKB, blå: original FKB, grønn: stikkrenner	53
Figur 56 Geometriforbedret resultatdatasett. Grønn: redigerte linjeobjekter, Blå originale FKB-linjer	54
Figur 57 Antall meter fra hvert datasett	55
Figur 58 Antall objekter fra hvert datasett	55
Figur 59 Utvidet resultatdatasett lilla: redigerte FKB-objekter, grønn: originale FKB-objekter, blå: modellerte objekter uten annen tilknytning til FKB-datasettet	56
Figur 60 Antall meter fra hvert datasett (2)	57
Figur 61 Antall objekter fra hvert datasett (2)	57

Formler

Formel 1 Avstandsmåling med laser	13
Formel 2 Avstand ved fasemåling (Petria & Toth (2009)/Hamamatsu)	14
Formel 3 Observasjonsligning for luftbåren laserskanning (NMBU)	15
Formel 4 Beregning av bratthet mellom celler (ESRI).	21

Tabeller

Tabell 1 Datumer i Norge (Øystein B. Dick (NMBU), 2015, 21. oktober)	8
Tabell 2 Datasett benyttet	25
Tabell 3 Attributt-tabell for polylinje-lag (skjermdump fra ESRI ArcGis Pro)	37
Tabell 4 Sum antall meter i hvert av polylinje-lagene	37
Tabell 5 Summarize nearby-resultater	49
Tabell 6 Prosentavdel av datasettene som er innenfor visse avstander fra O-kart linjene.	49

1. Innledning

1.1. Bakgrunn

I løpet av det siste århundre kan man se en trend om et våtere Norge. Stadig mere nedbør, spesielt de siste 20 årene, fører til mer skade på infrastruktur. I rapporten Klima i Norge 2100 (Norsk klimaservicesenter, 2016, 25. april) kommer det fram at i tillegg til generelt økt nedbørsmengde, 18% i slutten av århundret, vil vi oppleve flere dager med styrtregnsepisoder. I tillegg vil styrtregnsepisodene være kraftigere enn det de har vært tidligere. Det kommer også fram i rapporten at det vil bli større og hyppigere forekomst av regnflommer. Denne økte mengden regnvann kan føre til store mengder overvann og skade.

Overvann er ofte et resultat av at naturlige overflater byttes ut med tettere overflater i byer og tettbebygde strøk. Vannet klarer ikke å trenge gjennom disse tette flatene og renner derved på overflaten. Tidligere har ikke alltid avrenning og naturlige dreneringslinjer blitt prioritert i planlegging av infrastruktur og bygg. Dette har medført at bygg og infrastruktur kan ha blitt plassert i områder utsatt for overvann og flom (Miljødirektoratet, 2016, 7. mars). Ved planlegging av ny infrastruktur og nye bygg benyttes gjerne FKB-datasett. I dag brukes fotogrammetri som bakgrunn for registreringen av FKB-vann. Fotogrammetri har en rekke utfordringer når det kommer til innsyn. Elver og bekker i tett skog eller i områder med andre innsynshindringer kan lett bli oversett eller få dårlig nøyaktighet. Dessuten er mange elver og bekker lagt i rør og stikkrenner. Disse utfordringene ved fotogrammetrien fører ofte til ufullstendighet og dårlig geometri i FKB-vann.

Melhus kommune tok del i prosjektet «Primærdata innsjøer og vassdrag». Prosjektet ble opprettet grunnet et ønske om å forbedret FKB-vann, samt å undersøke nye metoder for fremstilling av datasettet (Kartverket, 2017). Basert på overflatedrenering modellert i Melhus (samt Hedmark og Oppland) i 2016 ble det konkludert med at bruk av genererte vannveier kan være et bra alternativ for forbedring av FKB-vann. Deres prosjekt knyttet FKB-vann, N50-vann og modellerte flomveier sammen (Kartverket, u.å). Denne oppgaven bygger på Melhus-prosjektet.

1.2. Problemstilling

Prosjektet i Melhus resulterte i et datasett med bedre fullstendighet og geometri, men som kan optimaliseres. Svakheter ved prosjektet var manglende overføringer fra FKB, stor mengde manuell redigering, manglende egenskaper for objektene i resultat-datasettet og manglende registrering av stikkrenner. I tillegg er det ikke identifisert hvilket datasett hvert objekt stammer fra (Kartverket, u.å).

I denne oppgaven vil jeg forsøke å fremstille nye produksjonsløyper for modellering og forbedring av vanndata som krever lite manuell redigering, samt vurdere disse. Det skal også undersøkes hvorvidt løypene minimerer eller fjerner svakhetene som fremstod ved produksjonsløypene fra Melhus sitt prosjekt.

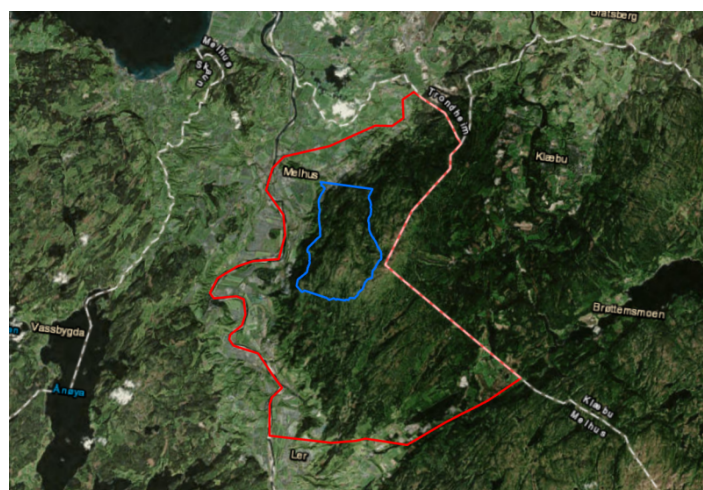
Produksjonsløypene som produseres skal kunne brukes av flere. Derfor benyttes programvaren ArcGis Pro 2.3. ArcGis er en ledende GIS-programvare som mange aktører i Norge benytter seg av. Lisens er tildelt fra Geodatas GIS-ambassadør ved NMBU; Bendik Ø. Hassel.

1.3. Analyseområde

Analyseområdet for denne oppgaven er et avgrenset område i Melhus kommune. Dette er det samme området som Melhus kommune benyttet i sitt prosjekt og dette gjør det mulig å sammenligne resultater. I tillegg er det benyttet et mindre analyseområde på Vassfjellet. Grunnen til at Vassfjellet velges som analyseområde er at det finnes nyere orienteringskart for dette området.



Figur 1 Analyseområde: avgrenset område i Melhus Kommune i Trøndelag



Figur 2 Begrenset testområde og testområdet Vassfjell (blå)

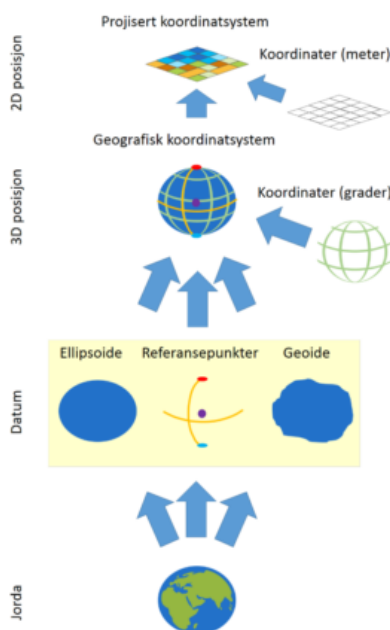


Figur 3 Testområdet omslutter bebygde områder og skogområde

2. Teori

2.1. Geografiske informasjonssystemer

Veien fra den virkelige verden til et flatt kart følger en beregningsgang vist i Figur 4. Du se stegene som må tas for å gjenspeile en tredimensjonal verden i to dimensjoner.



Figur 4 Veien fra virkelighet til kart (Geodata)

Geoide og ellipsoide

For å undersøke gangen vist over er det et par begreper man må forså. Jorden er ikke en perfekt kule. For å gjøre beregninger på jordens overflate foretar vi en del forenklinger av den virkelige verden. Geoiden og ellipsoiden er to forenklinger av jordkloden. Geoiden representerer jorden slik den ville sett ut om den var dekket av vann. Geoiden er en ekvipotensialflate, hvilket betyr at den har samme potensial over hele flaten. Altså, gravitasjonens størrelse (ikke retning) er like stor på hele flaten. En enda enklere modell av jordkloden er ellipsoiden. Ellipsoiden er en tredimensjonal ellipse og beskrives ved store og lille halvakse. For å få ellipsoiden til å beskrive jorden best mulig, beregnes flere. På denne måten kan man bruke den ellipsoiden som passer best i det aktuelle området (Grinderud et al., 2008).

Datum og koordinatsystem

Når man arbeider med geografisk informasjon er denne alltid knyttet opp til et datum og en projeksjon. En valgt referanseellipsoide og fastmerker danner sammen et datum. Dessuten er ofte en geoide inkludert i datamet. Fastmerkene definerer posisjon til polene, ekvator og nullmeridian. Et datum er grunnsteinen i bestemmelsen av et koordinatsystem(Geodata, (u.å)).

Et geografisk referansesystem angir en koordinat på jorden i tre dimensjoner. Ved bruk av lengde- og breddegrader samt ellipsoiden kan man entydig angi en unik posisjon for alle punkter på kloden. De forskjellige geografiske koordinatsystemene defineres altså ut ifra datumet det bygger på. Koordinatsystemene er ofte oppkalt etter datumet de bygger på (Geodata, (u.å)).

Kartprojeksjon

Det er flere projiseringsmetoder som skal benyttes når man vil projisere et ikke-flatt terreng ned på et todimensjonalt kart. Når man skal velge projeksjon må man ta standpunkt til om resultatet skal være vinkelrett (konform), avstandsrett (ekvidistant) eller flaterett (ekvivalent)(Grinderud et al., 2008).

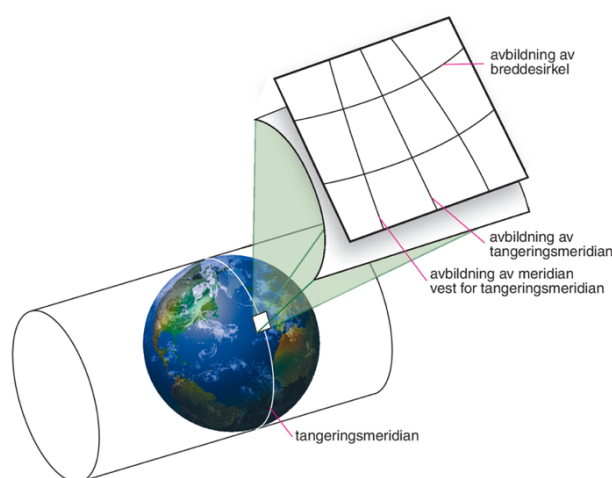
Relevante projiseringsmetoder

Sylinderprojeksjon er fellesbetegnelsen for projeksjoner som oppnås ved at man «pakker inn» jorden i en sylinder som tangerer langs ekvator.



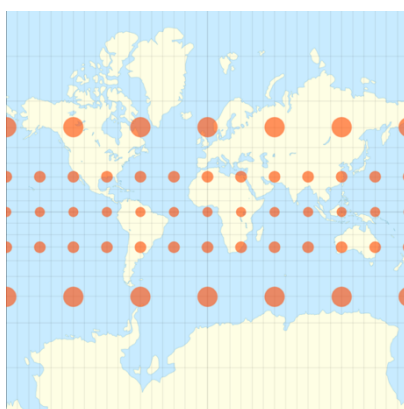
Figur 5 Sylinderprojeksjon (KF/ Store norske leksikon)

Gauss-Krügers projeksjon, også kalt *Transverse Mercator Projection* er en vinkelrett sylinderprojeksjon. Denne metoden brukes ved beregninger i kartplanet (*Kartprojeksjon*, 2019, 11. april). Denne projeksjonen tangerer ellipsoiden langs en meridian. Målestokksavvik vil forekomme nær kvadratisk med avstand fra tangeringsmeridianen. For å minimere denne effekten bruker man gjerne et sett med sylindere som knyttes sammen i et projeksjonssystem. Da kan man velge avstand mellom tangeringsmeridianene slik at man får ønskelige små avvik. Tangeringsmeridianen avbildes rett, mens de andre meridianene og breddegrader vil krummes i en slik projeksjon (Øystein B. Dick (NMBU), 2015, 13. oktober).



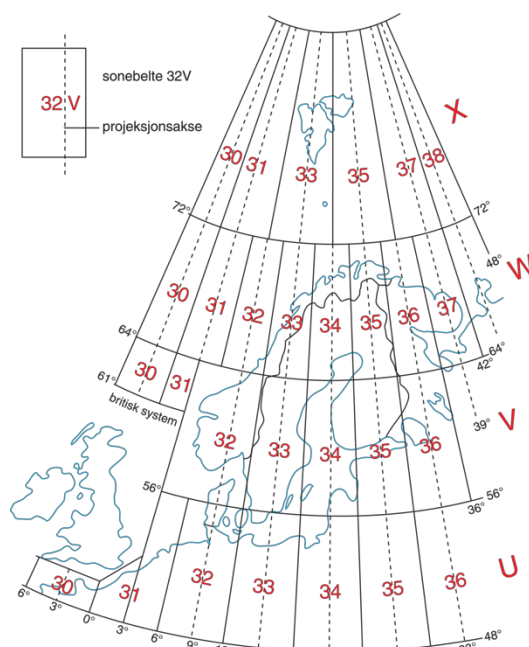
Figur 6 Gauss-Krüger projeksjon (KF/Store norske leksikon)

Mercator-projeksjonen brukes gjerne til navigasjon til sjøs grunnet den egenskap at man kan trekke en rett linje og lese av en kurs som man kan navigere etter (*Kartprojeksjon*, 2019, 11. april). Ved den projeksjonen tangerer en sylinder langs ekvator. Denne metoden gir vinkelrette lengde og breddegrader. Sylindere har like stor omkrets hele veien, det har ikke parallellene på jorda (belte med samme breddegrad). Parallellene blir kortere og kortere fra ekvator, hvilket resulterer i en forvringning som øker mot polene. For å få en Mercator-projeksjon påfører man en like stor forvringning langs meridianene. Dette resulterer i at kartet bevarer vinkler, men områder nær polene vil fremstå som mye større i forhold til områder rundt ekvator (Johnsen et al., 2014, 7. mai).



Figur 7 Illustrert forvrengning i Mercator-projeksjon (Justin Kunimune, 2018)

UTM (Universal, Transversal Mercator-projeksjon) er en av de mest brukte projeksjonene i Norge. Koordinatsystemet dekker hele kloden og er delt inn i 60 soner i øst-vest retning. Hver sone representerer 6 grader. Sonenummer øker mot øst fra Greenwich. I tillegg er sonene delt inn i 19 grupper i nord-sør retning. Nord-sør gruppering angis ved en bokstav. På denne måten kan alle sonene navngis ved et tall og en bokstav. UTM er en anvendelse av Gauss-Krüger projeksjonen, men med skalert målestokk (faktor 0,9996 ved tangeringsmeridian)(UTM, 2009, 15. februar). Det finnes fem soner som brukes i Norge (sone 32-36).



Figur 8 UTM (KF/Store norske leksikon)

Relevante referansesystemer

Tabell 1 Datumer i Norge (Øystein B. Dick (NMBU), 2015, 21. oktober)

Datum	Brukt i	Store halvakse (m)	Lille halvakse (m)	Flattrykning
NGO1948	Økonomiske kart før 2000	6 377 492,017 6	6 356 173,508	1 / 299,152 812 85
ED50	Topografiske kart før 1993	6 378 388	6 356 911,946	1 / 297,0
EUREF89	Alle kart etter 2000	6 378 137	6 356 752,314	1 / 298,257 222 101
WGS84	GPS	6 378 137	6 356 752,314	1 / 298,257 223 563

EUREF89

EUREF89 benytter UTM projeksjon. Dette datumet er det offisielle datumet i Norge. Datumet baseres på satellittmålte punkter over hele Europa. Det er en forskjell mellom EUREF89 og WGS84 (internasjonalt, globalt datum) på opp til 30 cm i Norge. Dette skyldes platedrift fra 1989. EUREF89 er slik som WGS84 var i 1989 (Grinderud et al., 2008).

2.2. SOSI

SOSI (Samordnet Opplegg for Stedfestet Informasjon) er en norsk standard for geografisk informasjon. SOSI-standardene består av 3 deler. Del 1 er den generelle delen. Del 2 er en generell objektkatalog. Objektkatalogen er delt inn etter fagområde og inneholder objektspesifikasjoner og objekt-egenskaper (Kartverket, 2018, 21. juni). Del 3 inneholder produktspesifikasjoner. Det er eieren av produktet som lager produktspesifikasjonen. Produktspesifikasjonene baseres på objektkatalogene. Ofte er også retningsinstruks for datainnsamling og forvaltning inkludert i produktspesifikasjoner (Kartverket, 2018, 13. august).

2.3. FKB Vann

FKB (felles kartdatabase) inneholder vektor-datasett som eies, forvaltes og opprettes av Geovekst-samarbeidet. Formålet med FKB er at datasettene skal kunne benyttes alene og i kombinasjon med andre data til produksjon av kart, saksbehandling i kommuner og prosjekteringsformål mm. (SOSI, 2018, 1. januar). Geovekst-samarbeidet er et samarbeid mellom Statens Vegvesen, Energi Norge, kommunesektorens organisasjon (KS), Kartverket, Telenor, Landbruksdepartementet og Norges vassdrags- og energidirektorat (Kartverket, 2018, 4.april). FKB-vann er et FKB-datasett.

FKB Vann tar for seg elver, bekker, kanaler, innsjøer, grøfter, isbreer og topografisk del av kysten (Geovekst, 2018, 17. oktober). Det finnes en egen SOSI produktspesifikasjon for FKB Vann. Her er elementtypene som inngår beskrevet. I tillegg er det oppgitt assosiasjoner mellom objekttypene, forklaring av attributter og de mulige verdiene for disse. I Produktspesifikasjonen er det også oppført hvilke objekttyper som krever et tall for kvalitet mm. ElvBekk objekter skal ha oppgitt kvalitet dersom de er av typen kurver (Geovekst, 2018, 1. januar).

Relevante attributter

...**OBJTYPE** definerer objektets spesifiserte type.

...**SYNBARHET** tildeles en verdi mellom 0 og 3 hvor 0 betyr fullt synlig og 3 betyr dårlig eller ikke synlig.

...**MEDIUM** beskriver hvor et objekt ligger i forhold til joroverflaten tildeles en bokstav som verdi (for eksempel er U under terrenget).

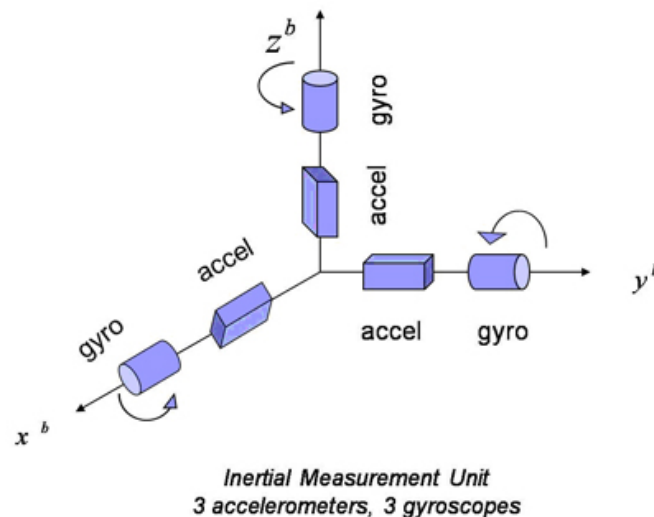
...**NØYAKTIGHET** er gitt som standardavvik for punkter eller tverravvik for linjer.

...**MÅLEMETODE** angir metode for objektregistreringen. Verdien er en kode som er beskrevet i produktspesifikasjonen.

2.4. Fotogrammetrisk kartlegging av elver/bekker.

Grinderud et al. (2008) definerer fotogrammetri som «Måleteknikk for å bestemme objekters koordinater ved hjelp av målinger i fotografier». Fotogrammetri regnes som en av de vanligste metodene for datafangst. Flyfoto tas slik at bildene overlapper. Deretter kan man bruke stereo-betraktning, hvilket vil si bruke to og to overlappende bilder og et stereoskop eller moderne stereoinstrumenter (datamaskiner). Ved denne metoden kan man betrakte bilder i 3D. De moderne stereoinstrumentene gjør det mulig å konstruere kart ut ifra det man ser (Grinderud et al., 2008).

For å bestemme et koordinat på bakken er det først og fremst viktig at man vet nøyaktig posisjon og orientering til flyet i fotograferingsøyeblikket. Da brukes et eller flere «global Navigation Satellite System» (GNSS), en «Inertial Measurement Unit» (IMU) og en laserskanner om bord i flyet. IMUen består av akselerometre og gyroer som måler akselerasjon og rotasjon i tre retninger. GNSS og IMU danner sammen med en datamaskin et såkalt treghetsnavigasjonssystem (INS). Ved bruk av dette systemet får man sanntids posisjon og orientering fra datamaskinen, som lagres.



Figur 9 Akselerometre og gyroer på tre akser. (Zess, 2016)

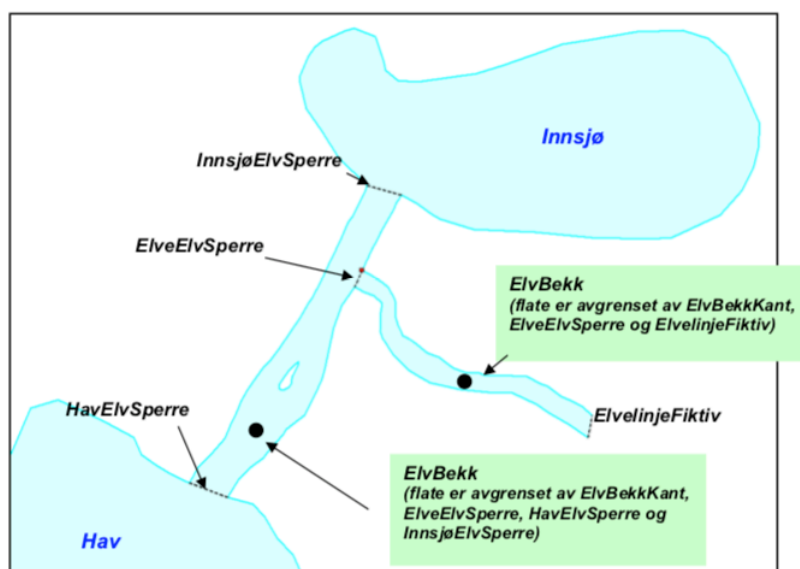
Ved bruk av kjent posisjon til flyet og orientering til kamera i de forskjellige opptakssituasjonene kan man beregne koordinater til alle punkter på bakken.

I prosessen med å kartlegge elver og bekker med fotogrammetri møter man på en rekke utfordringer. Et stort problem er innsyn.



Figur 10 Dårlig innsyn (Melhus Kommune)

I produktspesifikasjonen til FKB-vann henvises det til en Fotogrammetrisk registreringsinstruks for FKB-vann (Kartverket, 2018). Her står det beskrevet hvordan man skal kartlegge vann-objekter. Objektene ElvBekk flate og ElvBekk kurve defineres som «vannvei for rennende vann»



Figur 11 Avgrensning ElvBekk (Kartverket, 2018)

I tillegg-beskrivelsen for ElvBekk (Kartverket, 2018) står det videre at «... Bekkeleier som tidvis er tørre, men godt synlig i flybildet og i terrenget, skal konstrueres.» Dette betyr at en elv eller bekk ikke må ha rennende vann hele året for å inkluderes.

Ved registrering skal både kanten av elven og midtlinjen kartlegges. ElvBekkKant og senterlinje skal registreres som om det er «normal vannføring» (Kartverket, 2018), hvilket er en noe diffus retningslinje. Vannføring i en elv eller bekk kan variere betydelig i løpet av et år. Man skal derfor i praksis registrere elven der den normalt går ved høy vannføring. I FKB registrerer man også kvaliteten på de registreringene man har gjort, hvilket er viktig når slike antakelser tas i betraktning. Et annet objekt i FKB-vann er ElvelinjeFiktiv. Dette objektet kan brukes der man trenger å lage en fiktiv elvekant for å fullføre en elveflate.

2.5. Orienteringskart

Orienteringskart konstrueres først ved fotogrammetri. Deretter går en synfarer ut i felt og gjør justeringer ut ifra hva han/hun ser. Sidekantene i kartene er orientert mot magnetisk nord slik at man enkelt kan navigere med orienteringskart og kompass. Grunnet den manuelle synfaringen i felt vil jeg i denne oppgaven anta at orienteringskart er mer nøyaktig når det kommer til hvilke vannveier som eksisterer enn et kart konstruert kun på bakgrunn av flyfoto. Nøyaktigheten i et orienteringskart avhenger av hvor nøye synfarer har målt posisjon og hvor nøye han/hun har tegnet. Høydeforskjeller mellom objekter settes mer vekt på enn absolutte høydeverdier, og kartet skal være godt nok til å kunne navigere etter til fots (International orienteering federation, 2000).

2.6. Digital terrengmodell

En digital høydemodell (DHM) kan fremstilles ved fjernmåling, markmåling eller ved bruk av eksisterende høydedata. En DHM består av punkter med x,y og z koordinater som danner et nettverk som igjen beskriver en overflates form. En DHM kan være en digital terrengmodell (DTM) eller en digital overflatemodell (DOM). En DTM inkluderer kun overflatens geometriske form, mens en DOM skildrer overflaten og objekters form.

Grunnet sin 3-dimensjonale egenskap kan en DHM benyttes til målinger av blant annet helning og høydeforskjeller. Dette gir mulighet for å analysere topografi, og i denne oppgaven, flomveier. Høydedataet i denne oppgaven er en DTM fremstilt fra flybåren laserskanning

Avstandsmåling ved bruk av laser

LIDAR (light detection and ranging) er en fjernmålingsteknikk som benytter lys til å bestemme avstander. Det finnes i hovedsak tre metoder for optisk måling; «time of flight» metoden (pulsform), fasemåling og triangulering. De to første brukes over lengre avstander og vil forklares under.

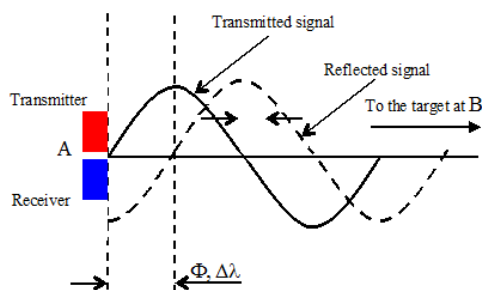
Ved måling på pulsform bruker man tiden fra sendt signal til mottatt signal for å måle avstander. Målingene kan gjøres på forskjellige måter. «Peak detection» og «leading edge detection» er to av disse. Denne metoden er svært mye brukt, og den man somregel knytter opp mot LIDAR. Avstandsmåling ved bruk av pulsform beskrives ved formelen gitt under.

$$R = 1/2 * c * \Delta t$$

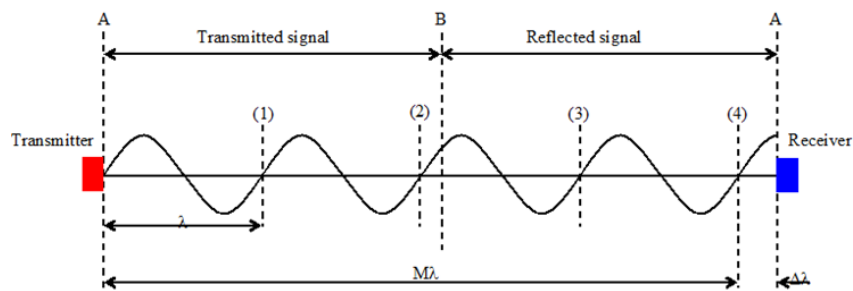
Formel 1 Avstandsmåling med laser

Hvor R er målt avstand, c er lysets hastighet og Δt er tiden fra send signal til mottatt signal.

Ved bruk av fasemåling finner man også gangtid for å beregne avstand. En kontinuerlig laserstråle påføres et signal med en frekvens. Faseforskyvningen ϕ mellom sendt og mottatt signal måles (Piatek, 2015, 2. april).



Figur 12 Avstandsbestemmelse ved fasemåling (Petrie & Tooth, 2009/Hamamatsu)



Figur 13 Avstandsbestemmelse ved fasemåling 2 (Petrie & Tooth, 2009/Hamamatsu)

Ved formelen under kan da avstanden beregnes:

$$d = \frac{1}{2} (M\lambda_m + \Delta\lambda_m)$$

Formel 2 Avstand ved fasemåling (Petria & Toth (2009)/Hamamatsu)

Hvor d er avstand mellom sender og mottaker, M er antall hele bølgelengder, $\Delta\lambda$ er faseforskyvningen og λ er bølgelengden (Piatek, 2015, 2. april).

«Time of flight» og fasemåling har forskjellige egenskaper som gjør dem egnet for forskjellige typer situasjoner. «Time of flight» sensorer kan ofte fange mellom hundre og tusen punkt per sekund, mens fase-sensorer kan fange hundretusen punkt per sekund. «Time of flight» fungerer bedre ved større avstander enn hva fasemåling gjør.

Flybåren laserskanning

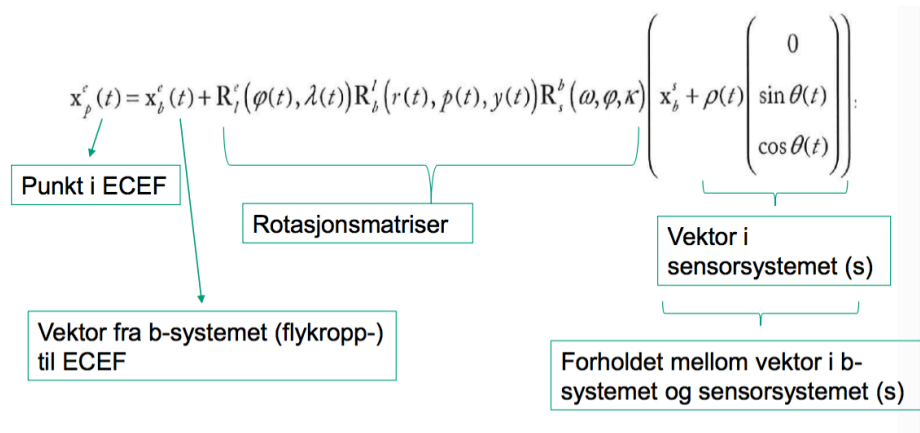
Konseptet for laserskanning er at en kontinuerlig strøm av lyspulser eller lysbølger sendes mot et mål og spres ved hjelp av et speil. Ved hjelp av skannerens posisjon og orientering, samt signalets avstand og retning, kan man beregne målets posisjon. Laserskanning kan skje både terrestrisk og flybårent. Resultatet av en laserskanning er en punkttsky.

Som regel benyttes «time of flight» metoden til flybåren laserskanning. I likhet med flyfotografering er det viktig å vite flyets koordinat og orientering i opptakssituasjonen og også her benytter GNSS og INS. Laserskanning danner sitt eget lys og man er derfor ikke avhengig av sollys når man skal samle inn data. Skydekke over flyet har heller ingen

påvirkning på måleresultatet. Man må derimot ta hensyn til forhold som luftfuktighet, regn, snø, og vindstyrke. Vanndråper kan føre til at lyset reflekteres før det når bakken. Turbulens fører til ujevn fordeling i punkttskyen. Den beste tiden å fly er før løvsprett eller etter løvfall, altså når det er minst mulig hindring ned til bakken og man vil oppnå best innsyn. (kartverk, 2015 mars)

Laserskanneren måler tiden fra lyset forlater skanneren til det reflekteres og returnerer til sensoren. Ved denne målte avstanden til et punkt på bakken og orienteringen til utsenderen kan man beregne posisjonen til punktet hvor lyset blir reflektert.

Ved flybåren laserskanning er det flere koordinatsystemer å forholde seg til. I formelen gitt under er e det jordsentriske referansesystemet (ECEF), l beskriver et lokalt referansesystem, b er flykroppens referansesystem og s er sensorens referansesystem. Disse systemene knyttes sammen ved observasjonsligningen for flybåren laserskanning og gir det ukjente punktets koordinat i det jordsentriske systemet.



Formel 3 Observasjonsligning for luftbåren laserskanning (NMBU)

Klassifisering og filtrering

Punkttskyer fra laserskanning må klassifiseres og filtreres før de kan bli en DTM. Punkter i punkttskyen klassifiseres som bakke- eller objektpunkt. Bakkepunkter vil være de punktene i et område som reflekterte lasersignalene «sist» ettersom det vil være et lokalt bunnpunkt. Objektpunkter filtreres bort når man ønsker en DTM.

2.7. Relevante filformater

SOSI-fil

SOSI er standardformatet for utveksling av digitale geografiske data i Norge.

En SOSI-fil er bygget opp ved at det først angis et hode. Hodet inneholder informasjon som gjelder for hele filen (Kartverket, 2018, 02. januar). Denne informasjonen kan bestå av for eksempel; produsent, eier, versjon og geografisk område. Deretter kommer spesielle definisjoner dersom det trengs (definisjoner som ikke allerede er finnes i SOSI-standard) etterfulgt av selve dataene. Dataene kan være grafiske elementer (består av et eller flere punkt) eller grafiske objekter (består av flere grafiske elementer). Til slutt avsluttes filen.(Kartverket, 2019, 25. mars)

Shapefile

Shapefile formatet er utviklet av ESRI. En shapefile er et sett bestående av tre filer; en hovedfil (.shp), en indexfil (.shx) og en dBASE (.dbf) tabell.

Hovedfilen er bygd opp av et filhode som inneholder blant annet filens lengde og objektenes romlige utstrekning. Hodet er etterfulgt av strukturer som består av et struktur-hode som oppgir strukturnummer og lengden til innholdet. Deretter følger selve innholdet i strukturen som består av en form beskrevet av noder og deler av formen (ESRI, 1889, juli).

Indexfilen inneholder strukturer som oppgir offset og strukturlengde for tilsvarende strukturnummer i hovedfilen. Altså kan dette sees på som et oppslagsverk for hovedfilen (ESRI, 1889, juli).

dBase-filen inneholder valgte attributter i en tabell. Tabellen må inneholde en struktur per formobjekt (ESRI, 1889, juli).

World files

En world fil kan brukes til å georeferere en rekke formater, for eksempel .jpg, .tif og .bil. En .jpg fil kan georefereres ved at den har en tilhørende «world file»(.jgw). En world file inneholder informasjon om transformasjonen mellom bildekoordinatene og ønsket

koordinatsystem. Parametrene i .jgw-filen er; dimensjonen til en pixel i kartenheter (i x- og y-retning), rotasjoner og kartkoordinater for pixel øvert til venstre (x,y). Ved hjelp av disse parametrene kan forskjellige GIS programvarer utføre transformasjonen(ESRI, 2013).

GeoTIFF

GeoTiff er en et TIFF format til bruk i GIS (geografiske informasjonssystemer). GeoTIFF har geografisk data inkludert som «tags» i TIFF filen.

Tiff (Tagged Image File Format) er et raster-format som kan inneholde flere bilder(bitmap).

En TIFF fil består av tre deler; et fil-hode, «image file directory»(IFD) og bitmap data.

De første 8 bytene i enhver TIFF-fil inneholder filhodet. Filhodet består av «byte order» som beskriver hvordan filen skal leses, versjon-nummer og offset til første IFD.

IFDene inneholder informasjon om det tilhørende bitmapet(rasterbilde). IFDene er bygd opp av n-antall «tagged pointers» hvor hver av disse består av 12 bytes som inneholder informasjon om bitmapet. De to første bytene en «tagged pointer» inneholder en «tag». En «tag» kan for eksempel være kode for dokumentnavn, bildebredde eller bildelengde. De to neste bytene beskriver datatypen det pekes til. De neste 4 bytene angir antall mulige verdier i datafeltet. De siste 4 bytene peker til starten av dataet, eller inneholder dataet selv. Sist i hver IFD er en 4-byte offset til neste IFD hvis filen inneholder flere bitmaps.

(Kay & John R. Levine, 1992, 1. juli) Forskjellen mellom TIFF og GeoTiff er altså at GeoTiff har definerte «tags» for georeferering (Geospatial world, 2009, 1. september).

2.8. ArcGIS Pro

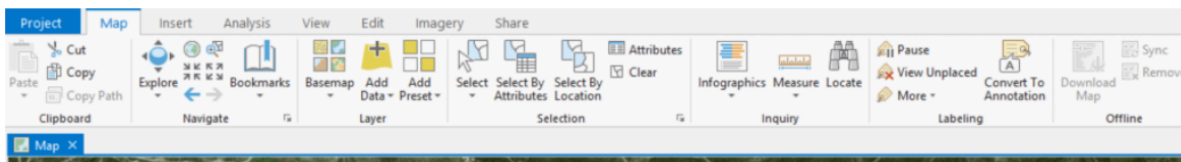
ArcGis Pro er en GIS-programvare fra ESRI (Environmental Systems Research Institute).

Med ArcGis Pro kan man opprette prosjekter som inneholder flere kart, tabeller og mer. I

ArcGIS Pro kan man knytte egenskaper til objekter og bruke innebygde verktøy til analyse eller visualisering. Programvaren er bygd opp slik at hvert prosjekt inneholder en egen

geodatabase og verktøykasse. Dette gjør det mulig å dele hele prosjekter i ArcGIS Online. Et hvert 2D kart kan også konverteres til 3D ved bruk av ArcGis Pro (ESRI, 2019).

ArcGis Pro har hovedmeny på toppen av skjermvinduet. Denne består av 8 faner med forskjellige grupper verktøy.



Figur 14 Hovedmeny ArcGis Pro (ESRI)

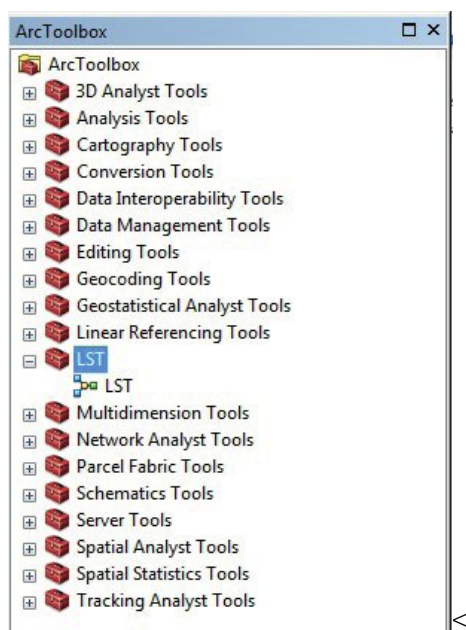
Over hovedmenyen finner du en meny kalt «Quick Access Toolbar». Her finner du mye brukte kommandoer; nytt prosjekt, åpne prosjekt, lagre prosjekt, fram og tilbake.



Figur 15 Quick Access Toolbar (ESRI)

Til venstre i vinduet finnes «Table of Contents» hvor du finner de forskjellige lagene og elementene som finnes i prosjektet. Her kan man velge mellom forskjellige måter å se på innholdet. «Drawing order» viser elementene etter hvilken rekkefølge de er tegner inn i prosjektet.

ArcToolbox inneholder alle verktøyene i ArcGisPro. Man kan tilpasse verktøykassen ved å fjerne eller legge til verktøy. Verktøykassen lagres sammen med prosjektet slik at du kan ha forskjellige verktøykasser med relevante verktøy til forskjellige prosjekter. Verktøykasser er kun snarveier til verktøy som er lagret på maskinen. Dermed gjør det ingen skade å slette en «toolbox» så lenge du ikke sletter verktøyene den inneholder.(Esri, 2016).



Figur 16 ArcToolbox (ESRI)

I arbeidet med denne oppgaven har spesielt «Spatial Analyst Tools» og «Analyst Tools» blitt flittig brukt. «Spatial Analyst Tools» inneholder grupperingen «Hydrology». Verktøyene i denne grupperingen inneholder verktøy som brukes til å modellere vann på en overflate.

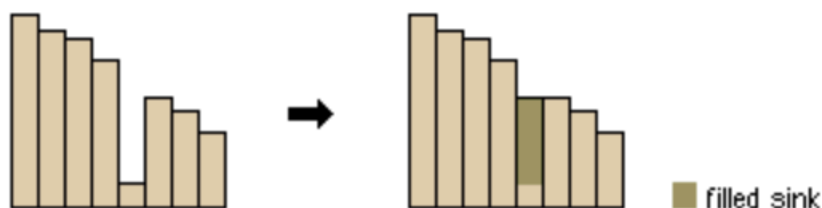
2.9. ArcGis Pro verktøy

Sink

Sink er et verktøy i ArcGis Pro som gjenkjenner såkalte «sinks» i høydemodellen. En høydemodell inneholder ofte små feil i form av små topper og bunner som ikke eksisterer i virkeligheten. Et sink eller en «bunn» er en pixel som ikke har avrenning i noen retning. En sink kan oppstå hvis alle cellene rundt den aktuelle cellen ligger høyere, eller om naboen har samme høyde og vannet renner mellom de to cellene (Esri, 2018e). Verktøyet gjenkjenner sinks ved å fylle inn ett og ett sink og registrere dem i en iterativ prosess. Hver celle som gjenkjennes som et sink tildeles en unik verdi mellom en og antall sink i et nytt raster. (Esri, 2018g)

Fill

«Fill» er et innebygd verktøy i Arcgis som bruker en iterativ prosess for å fylle huller i høydemodellen. Dersom man fjerner alle sinks, får man en "depressionless" DEM (Esri, 2018e). Altså en overflatemodell uten "hull" som mangler avrenningsretning. Fill verktøyet vil fylle inn hullene (pixlene) for å jevne ut modellen.(Esri, 2018a)



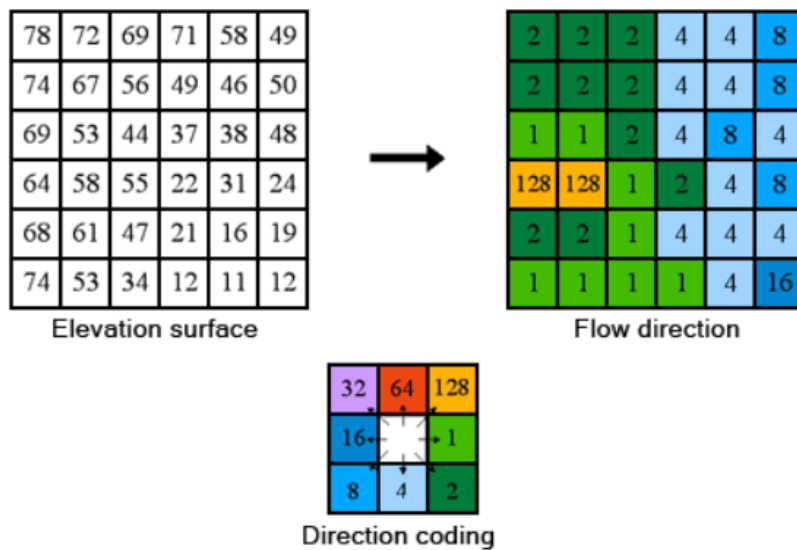
Profile view of a sink before and after running Fill

Figur 17 Funnksjonen av "fill" (ESRI)

Ved fyllings-prosessen kan nye huller oppstå i kantene av de cellene som blir fylt. Den iterative prosessen sørger for at verktøyet repeterer prosessen til alle hull som oppfyller valgte kriterier blir fylt. I input dialogboksen velger man hvor dype sinks som skal fylles av verktøyet. (Esri, 2018c)

Flow direction

«Flow direction» er et verktøy som (dersom man bruker D8 algoritmen) resulterer i en raster hvor hver celled verdi representerer avrenningsretning fra en celle. Hver celle tildeles en av verdiene som sett i figur 3 med navn «direction coding». Dersom avrenning vil skje mot høyre vil den tildelte verdien være 1 og mot venstre vil den være 16.



The coding of the direction of flow

Figur 18 Eksempel resultatraster fra "flow direction"(ESRI)

Ved bruk av dette verktøyet kan man velge mellom tre algoritmer. DINF, MFD og D8. D8 er en modell hvor hver celle har 8 mulige avrenningsretninger (Figur 18). Avrenningsretningen bestemmes ut ifra hvilken retning det er brattest helling fra den aktuelle cellen. Avstanden måles mellom cellenes sentrum, altså vil det være større avstand til en diagonal nabo enn til en ortogonal nabo (Esri, 2018d). Brattheten må beregnes som ved formelen under.

$$\text{maximum_drop} = \text{change_in_z-value} / \text{distance} * 100$$

Formel 4 Beregning av bratthet mellom celler (ESRI).

Dersom en celle har lavere z-verdi enn sine naboer, vil den tildeles sin laveste nabos z-verdi. I denne situasjonen vil avrenningsretning fra cellen være mot den naboen som den nå har samme z-verdi som. Dersom flere naboer har samme laveste z-verdi vil cellen også få tildelt denne verdien. Dersom cellen er del av et sink vil avrenningsretningen være udefinert og man

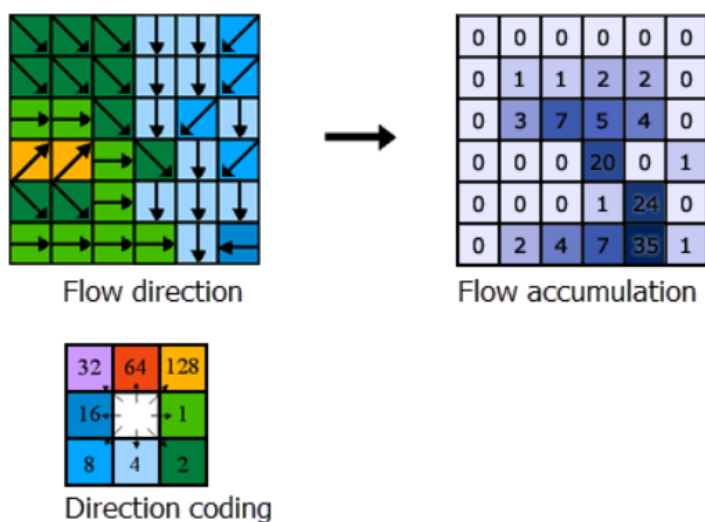
vil kunne finne cellen med sink-verktøyet. Om cellen ikke er del av et sink vil cellen tildeles den mest sannsynlige retningen (Esri, 2018b).

Ved metoden D-Infinity (DINF) angis avrenningsretningen som en vinkel. Et kvadratisk vindu på 9 celler deles inn i 8 plane triangler. Alle disse planene møtes i punktet det skal beregnes avrenningsretning for (i midten). Avrenningsretningen angir vinkelen (mot klokken) som beskriver det triangulære planet med størst helning (Esri, 2018b).

Multiple Flow Direction (MDF) bruker samme konsept som D8 modellen. Forskjellen her er at hver celle kan ha avrenning til flere andre celler. Avrenningen deles mellom alle naboceller som ligger lavere, basert hvor bratt helling det er i hver retning (Esri, 2018b).

Flow accumulation

Ved bruk av «flow accumulation» får man en raster hvor hver celles verdi beskriver hvor mange naboceller som har avrenning eller delvis avrenning til den aktuelle cellen. Altså vil man få representert den akkumulerte avrenningen og få et begrep om hvor vannet renner.



Determining the accumulation of flow

Figur 19 Resultatraster flow accumulation (ESRI).

Celler med høye verdier beskriver hvor det er stor opphopning av vann og kan brukes til å gjenkjenne en elv eller bekk. På samme måte kan celler med verdien 0 beregnes som en topp.

Input i flow accumulation er resultat-fil fra *flow direction*-verktøyet.



Figur 20 Flow accumulation visualisert (ESRI)

Summarize Nearby

Dette verktøyet lokaliserer og utfører valgte statistikkberegninger på objekter i nærheten av et input-objekt. Man kan velge flere forskjellige avstander samtidig. Disse avstandene kan måles som rett linje, eller for eksempel kjøre- eller gangtid. For hver oppgitt avstand dannes det en buffer rundt input-objektet. Statistikkberegninger som kan utføres er sum, mean, min, max, og standardavvik. Disse beregningene gjøres for alle punktverdier som faller innenfor de valgte avstandene fra input-objektet.

I tillegg kan verktøyet summere antall punkter, lengde av linjer eller areal av polygoner som ligger innenfor utvalgt avstand fra input-objektet ved bruk av valget *sum_shape*(ESRI, 2018i).

Spatial Join

Spatial join gjør det mulig å kombinere datasett ved at egenskaper fra ett objekt tilføres til et annet basert på de to objektenes romlige beliggenhet i forhold til hverandre.

Target Feature er her det objektet som du ønsker å overføre informasjon til og *Join Feature* er objektet du vil overføre egenskaper fra. Geometrien for objektet du overfører egenskapene til vil ikke endres. Alle egenskaper for det som settes til *Join Feature* overføres. I tillegg opprettes det to nye attributter i output-filen; *Join_Count* og *TARGET_FID*.

Join_Count oppgir hvor mange elementer fra *Join Feature* som matches med hvert *Target Feature* objekt (som tildeles hvert sitt *TARGET_FID*). Det er flere valg for hvordan «sammenslåingen» skal foregå. **Join one to one** tillater ikke kopier av *target features* og

benytter valgte regler for hvordan flere *join features* skal kombineres dersom de har samme romlige tilknytning til et *target feature*. **Join one to many** gjør det mulig å ha flere forekomster av samme *target feature* i output filen.

Ved å huke av for **Keep All** så vil alle *target feature* objektene inkluderes i output-filen, selv om det ikke har blitt matchet med et *join feature*.

Valget man oppgir som **match option** definerer hvilke elementer som skal matches. *Intesect* matcher *join features* som krysser eller rører ved et *target feature*. Man kan også velge å matche objekter som er innenfor en viss avstand fra hverandre, overlapper fullstendig eller er identiske mm (ESRI, 2018h).

Merge

Merge Kombinerer to datasett med samme type elementer (punkter, linjer eller polygoner) i et tog samme outputt datasett. Alle objekter inkluderes og beholder sin geometri og sine egenskaper (ESRI, 2018f).

3. Metode

I denne delen vil jeg først gå gjennom datasettene som er benyttet, og redegjøre for klargjøringen av dataene som trenger det. Deretter følger løyper for å produsere modellerte vannveier, og bruke det modellerte datasettet til forbedring av FKB-vann

3.1. Datasett

Tabell 2 Datasett benyttet

Datasett	Format	Kilde
Høydedata (DTM 1m)	GeoTIFF	Høydedata.no
Stikkrenne_NVDB Stikkrenne_FKB Stikkrenne_innmålt	SOSI	Tilsendt fra Kartverket Trøndelag
FKB_vann	SOSI	Tilsendt fra Kartverket Trøndelag
Orieteringskart	JPEG og World file	Tilsendt fra Kartverket Trøndelag

Terrengmodell

Høydedata brukt i denne oppgaven er hentet fra høydedata.no. Disse dataene er samlet inn ved flybåren laserskanning. På høydedata.no kan man laste ned gratis høydedata for hele landet. Ved bestilling kan man velge mellom type datasett man vil ha (punktsky, DTM, DEM) og oppløsning. Dataene publisert på høydedata.no er del av prosjektet «Nasjonal detaljert høydemodell (NDH)». Prosjektets mål er å samle inn riksdekkende detaljerte høydedata ved flybåren laserskanning som publiseres fortløpende. Prosjektet ledes av Kartverket, og det er TerraTec som står for laserskanningen. NDH skal ferdigstilles i 2022 (Kartverket, 2019, 25. mars).

Terrengmodellen har oppløsning på 1m og er på filformatet GeoTIFF, som støttes av ArcGis Pro. Ved bestilling av terrengmodellen valgte jeg originalt feil UTM sone (sone 33). Dette ble løst ved å benytte det innebygde *project* verktøyet i ArcGis som transformerte filen til Euref 89 UTM 32.

Stikkrenner og FKB_vann

Stikkrennener_FKB er fotogrammetrisk registrerte. Stikkrenner_innmålt er innmålt av Melhus kommune. Dette datasettet inneholder både registrerte stikkrenner og punkter som representerer hvor vann går ut/inn av et rør. Stikkrenner_NVDB er innmålinger fra Statens Vegvesen. All data ekskludert høydedata er tilsendt fra Kartverket Trøndelag v/ Fylkeskartsjef Lars Mardal. Terrengmodellen har oppløsning på 1m. Stikkrennene og FKB-vann har koordinatsystemet Euref 89 UTM 32. Alle datasettene ble tilsendt på SOSI-format, som ikke støttes av ArcGis Pro. SOSI-filene ble åpnet i GisLine og eksportert til Shapefile-format.

Orienteringskart

Orienteringskartet ble levert som en georeferert JPEG-fil, altså en world file (jwg). Med samme koordinatsystem som de andre filene fra Kartverket. ArcGis Pro støtter dette filformatet og orienteringskartet kunne åpnes rett i programmet.

3.2. Klargjøring av data

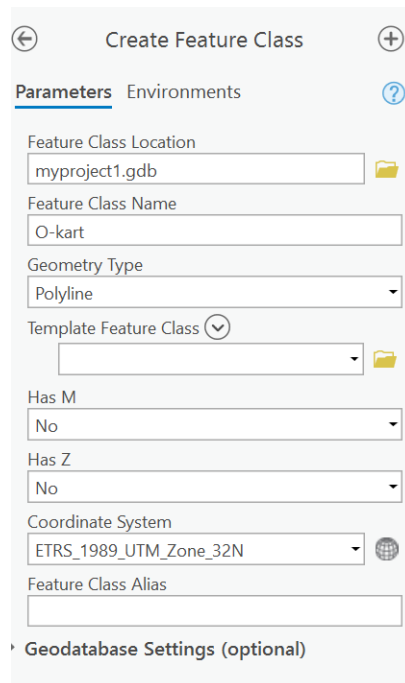
Orienteringskart



Figur 21 Orienteringskartet importert i ArcGis Pro

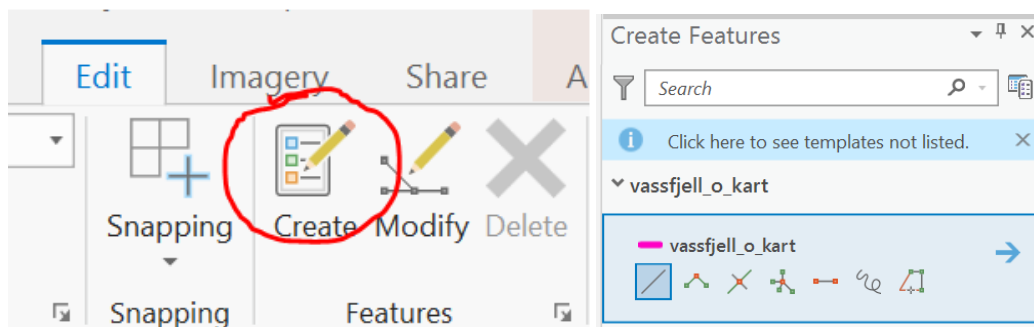
Orienteringskartet inneholder ingen linje-objekter som kan benyttes til analyse, da det kun er et bilde.

For å bruke orienteringskart i denne oppgaven har jeg manuelt registrert alle synlige elver i ArcGis Pro. Til dette ble først verktøyet *create new feature class* benyttet for å opprette et lag hvor orienteringskart-objektene skulle lagres.

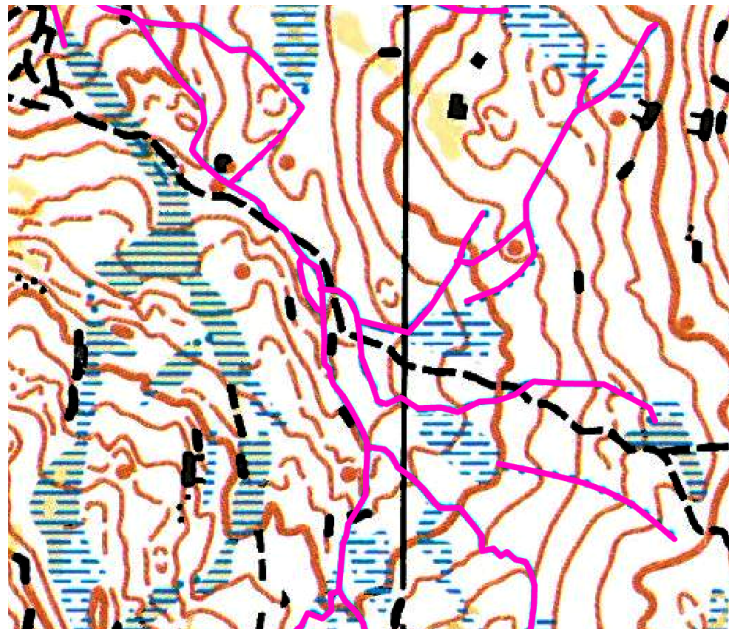


Figur 22 Create feature class dialogboks (skjermdump fra ESRI ArcGis Pro)

Deretter ble alle elver/bekker tegnet inn manuelt etter beste evne med *edit – create*.



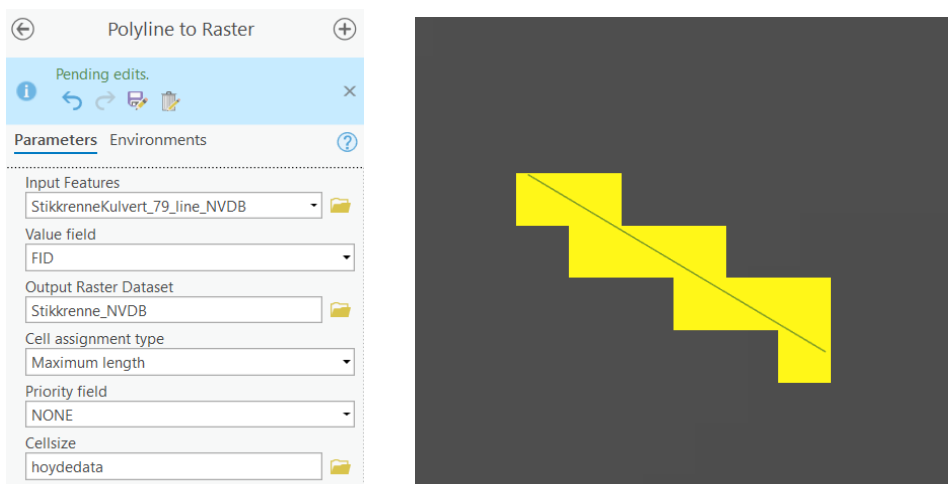
Figur 23 Edit meny i verktøylinje og create features funksjon (skjermdump fra ESRI ArcGis Pro)



Figur 24 Orienteringskart med rosa registrerte elver i ArcGis (skjermdump fra ESRI ArcGis Pro)

Stikkrenner

Høydemodellen er på rasterformat. Stikkrennene er derimot på vektorformat. Grunnet ønske om å bruke stikkrennene til å modifisere høydemodellen må vi derfor få disse på samme format. Til dette benyttes ArcGis Pro. *Toolboxes – Conversion tools – to raster- polyline to raster*:

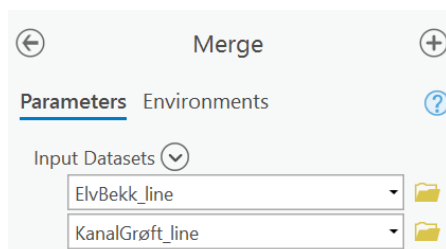


Figur 25 Polyline to raster dialogboks og eksempel på resultat (skjermdump fra ESRI ArcGis Pro)

I *Cellsize* boksen velges datasettet man vil at det nye raster-laget skal passe til. I dette tilfellet terrenngmodellen som har fått navn høydedata.

FKB_line

Det er mange lag med forskjellige typer objekter i FKB datasettet. I denne oppgaven vil jeg benytte ElvBekk_line og KanalGrøft_Line videre. Dette begrunnes med at disse lagene inneholder senterlinjene for elver. Kantlinjer er ikke relevante i denne oppgaven, da elvers bredde ikke skal modelleres. Sammenslåingen av disse lagene skjer med verktøyet *Merge*.



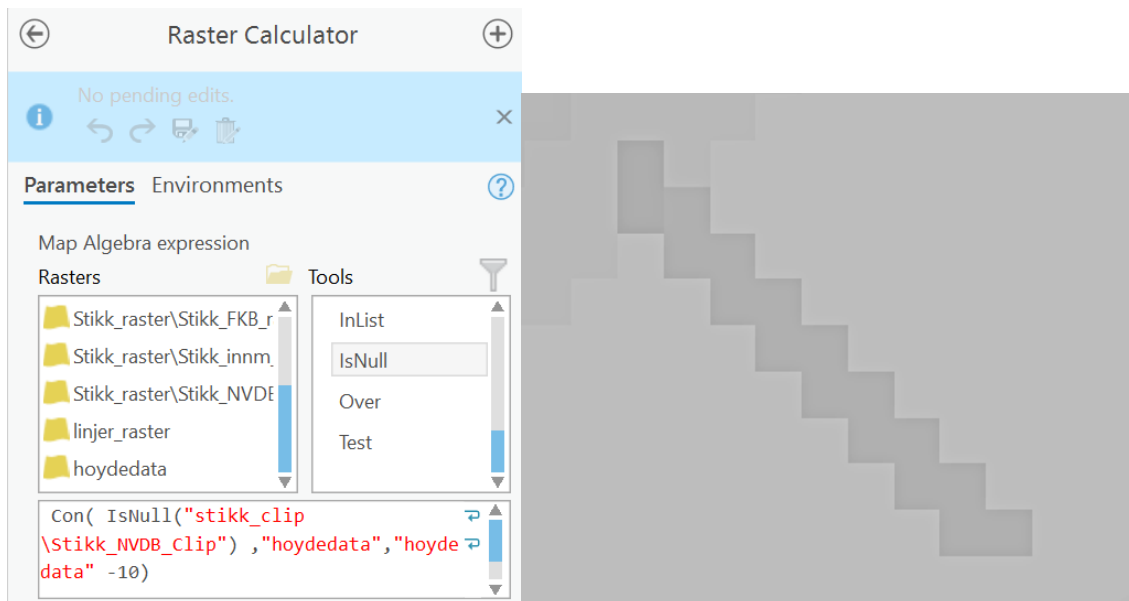
Figur 26 Merge input (skjermdump fra ESRI ArcGis Pro)

3.3. Løype i ArcGis Pro for modellering av vannveier.

Senkning av stikkrenner

I og med at terrenngmodellen er basert på flybåren laserskanning vil objekter sees ovenfra. Dermed vil modellen oppfatte broer, kulverter og stikkrenner som tette masser. For å løse dette må man senke terrenngmodellen der en vet det er slike objekter. Det er mange måter å «brenne» kulverter. Ved bruk av ArcGis Pro kan man bruke verktøyet «Raster calculator». Dette verktøyet lar deg redigere en raster ved å skrive et uttrykk i en «kalkulator» som inneholder innebygde funksjoner som for eksemper *Con* som gir mulighet til å skrive et betinget uttrykk..

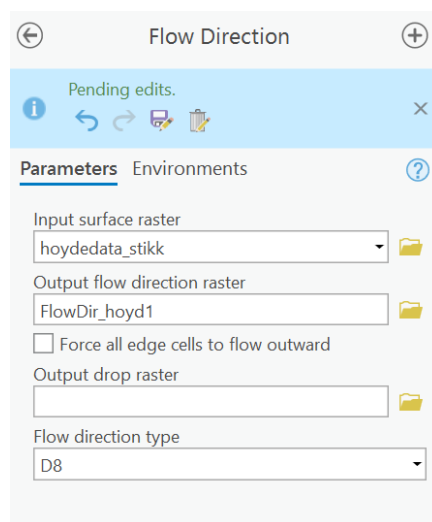
Dersom man har et rasterlag som inneholder terrenngmodellen og et som inneholder stikkrenner/kulverter kan man enkelt skrive et betinget uttrykk som senker z-verdien for de cellene i terrenngmodellen som overlapper en stikkrenne/kulvert (Figur 27). For å sørge for at eventuelle broer skal bli med velger jeg å senke alle stikkrennene med 10 m.



Figur 27 Raster Calculator uttrykk og eksempel senket stikkrenne (skjermdump fra ESRI ArcGis Pro)

Flow direction

Neste steg gjøres for å kunne lokalisere sinks i modellen hvor vannet vil stoppe opp. *Spatial analyst tools – hydrology - flow direction*. Følgende input er benyttet:

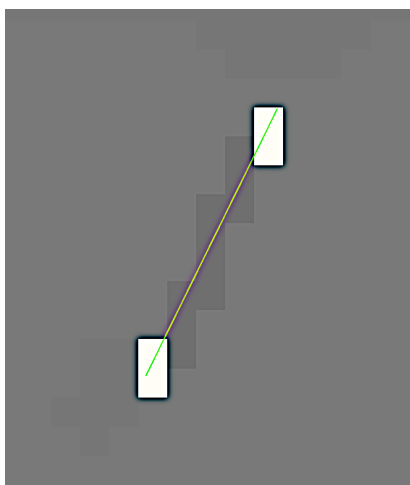


Figur 28 Flow Direction Input (skjermdump fra ESRI ArcGis Pro)

«Flow direction type» settes til D8 da testing resulterer i små forskjeller i resultat og dette er den raskeste modellen.

Lokalisere sink i modellen

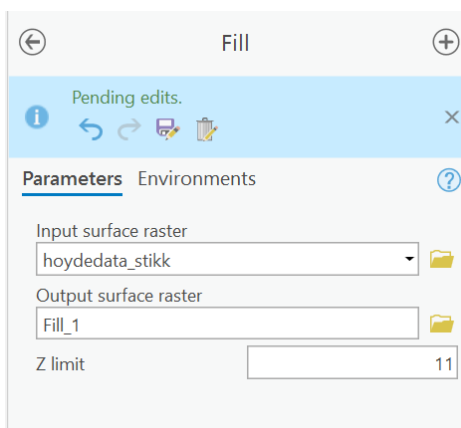
Spatial analyst tools – hydrology – sink kjøres på resultatfilen fra *flow direction*. Resultatet her viser alle stedene hvor man vil få opphopning av vann. Man ser tilfeller av sink i enden av stikkrennene vi har “brent” inn i terrenget.



Figur 29 Eksempel sink i enden av stikkrenne (skjermdump fra ESRI ArcGis Pro)

Fylle sinks i modellen

Spatial analyst tools – hydrology - fill brukes så til å tette igjen disse hullene slik at vannet ikke vil stoppe opp. Her settes z limit til 11m fordi vi vil at «sinks» i ender av stikkrennene skal fylles. Stikkrennene er senket med 10m.



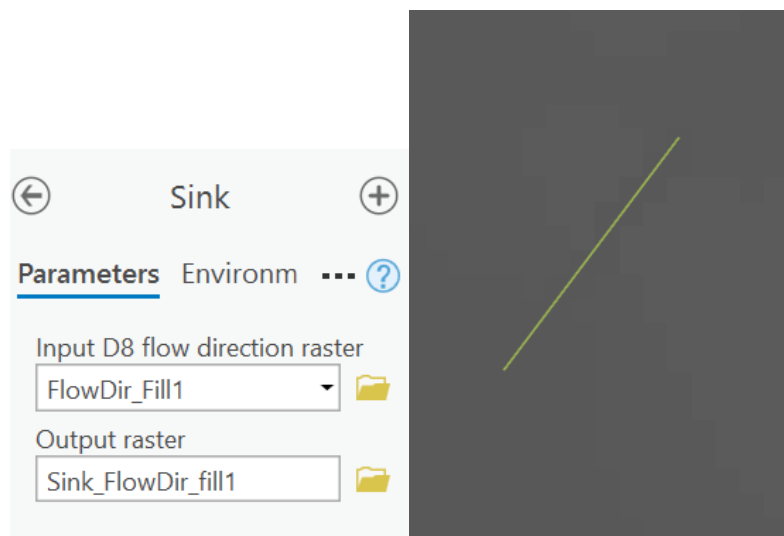
Figur 30 Fill dialogboks. (skjermdump fra ESRI ArcGis Pro)

Flow direction 2

Etter *fill* kjøres *flow direction* med retningsmodell D8 på resultatfilen. *Sink* krever en avrennings-raster på D8-form.

Undersøke om sinks er borte

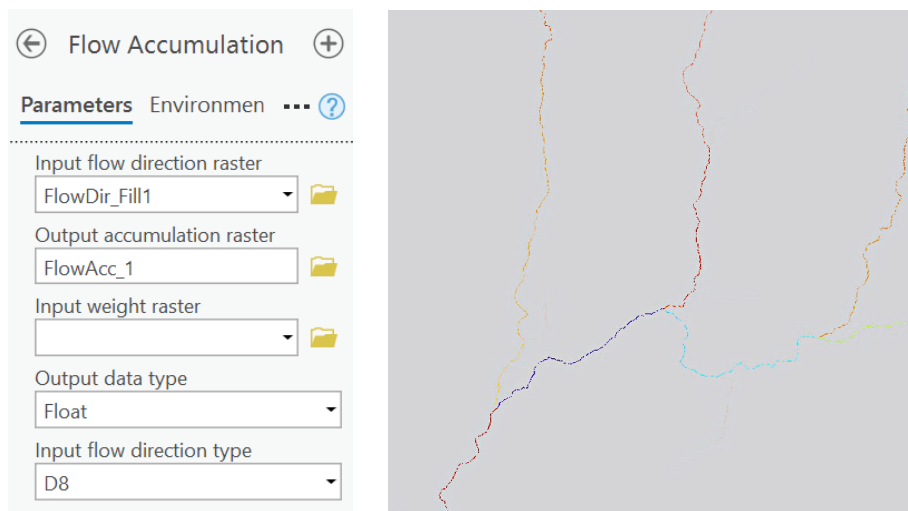
Før man starter flere tunge prosesser må man forsikre seg om at «sink» i modellen er borte slik at avrenningen fungerer optimalt.



Figur 31 Resultat fra "sink" hvor stikkrenne nå skal fungere. (skjermdump fra ESRI ArcGis Pro)

Flow accumulation

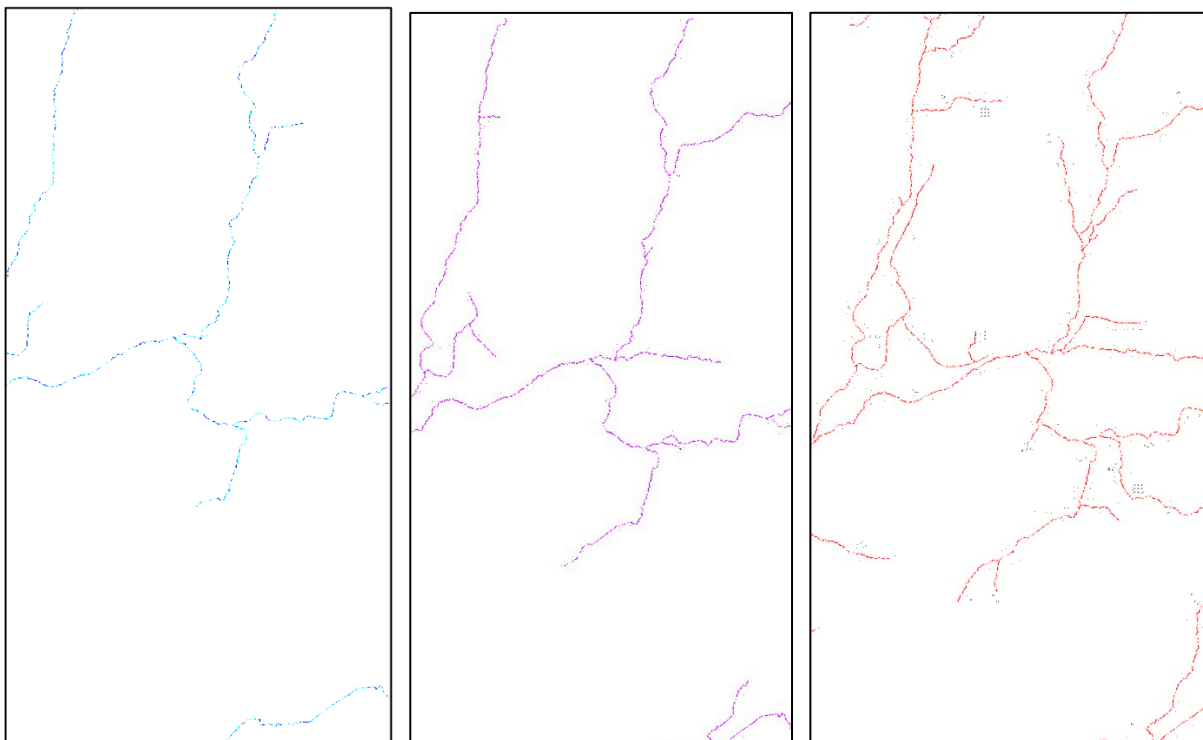
Neste steg er å finne opphoping av vann. *Spatial analys ttools–hydrology-flow accumulation* kjøres med følgende input:



Figur 32 Flow Accumulation dialogboks og eksempel på resultatfil. (skjermdump fra ESRI ArcGis Pro)

Sensitivitet til modellen

Ikke alle celler med vannopphoping skal inkluderes i de modellerte vannveiene. Vi er interessert i å finne en verdi for opphoping som representerer elver slik de er i virkeligheten. *Raster Calculator* brukes til å lage forskjellige grenser for hvilke verdier som skal definere elv/ ikke elv. Filtreringen skrives i kalkulatoren på formen: **Flowacc > x**, hvor Flowacc er resultatfilen fra forrige steg, og x er her verdiene; 20000, 50000 og 100000.



Figur 33 Resultat fra Raster Calculator med grense satt for verdiene blå: flowacc_100000, lilla: flowacc_50000, rød: flowacc_20000. (skjermdump fra ESRI ArcGis Pro)

I Figur 33 kommer det tydelig fram at lavere terskelverdier inkluderer mer informasjon i datasettet.

Klippe elver gjennom innsjøer

Elver går ikke gjennom innsjøer, men blir en del av dem. Derfor er det ønskelig å fjerne de segmentene som overlapper polygonene fra FKB-vann datasettet. Resultatfilene fra Raster calculator er en rasterfil. For å få polygonene fra FKB_vann på rasterformat benyttes *Polygon to raster* på data-laget som inneholder FKB-polygoner.

Deretter setter man celler som overlapper polygonene til verdi «null» ved hjelp *Raster Calculator* og følgende uttrykk:

Con(IsNull("polygon_raster") == 1, "flowacc_x")

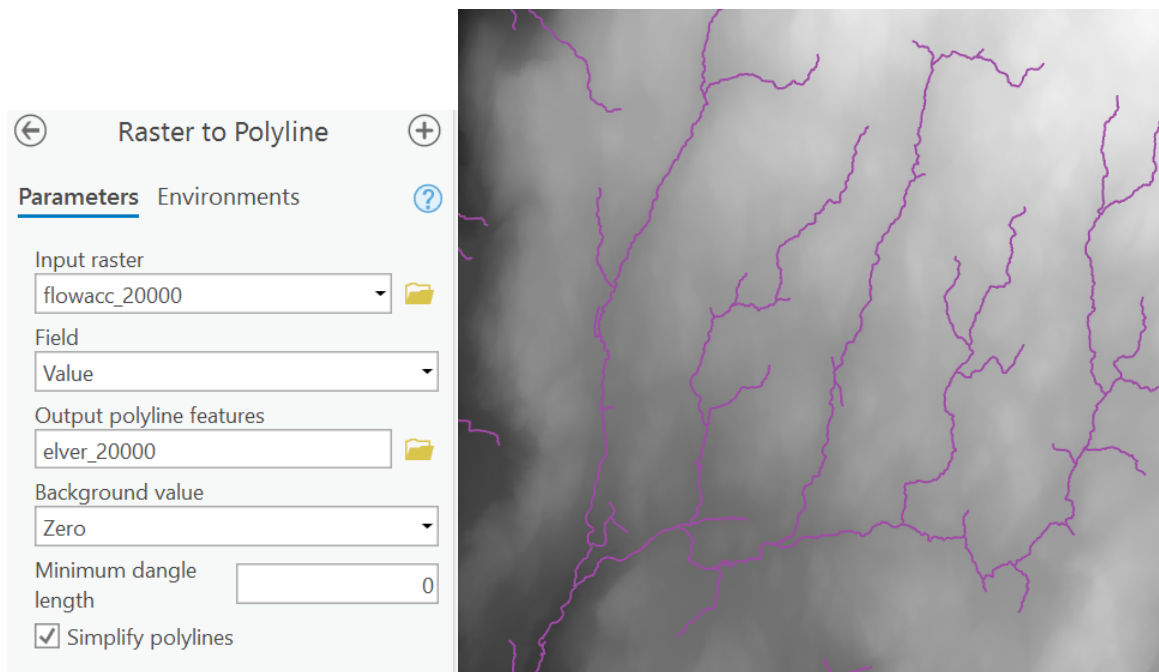
Hvor **polygon_raster** er rasterdatasettet som inneholder innsjøer og **flowacc_x** er en av de tre rasterdatasettene vist i Figur 33.



Figur 34 Resultat etter fjerning av elver i innsjøer (skjermdump fra ESRI ArcGis Pro)

Raster to polyline

Siden FKB-vann og linjene generert fra orienteringskartet er vektordatasett vil vi ha de modellerte vannveiene på samme format. *Conversion tools – from raster- raster to polyline* kjøres for de tre ELVER_x lagene.

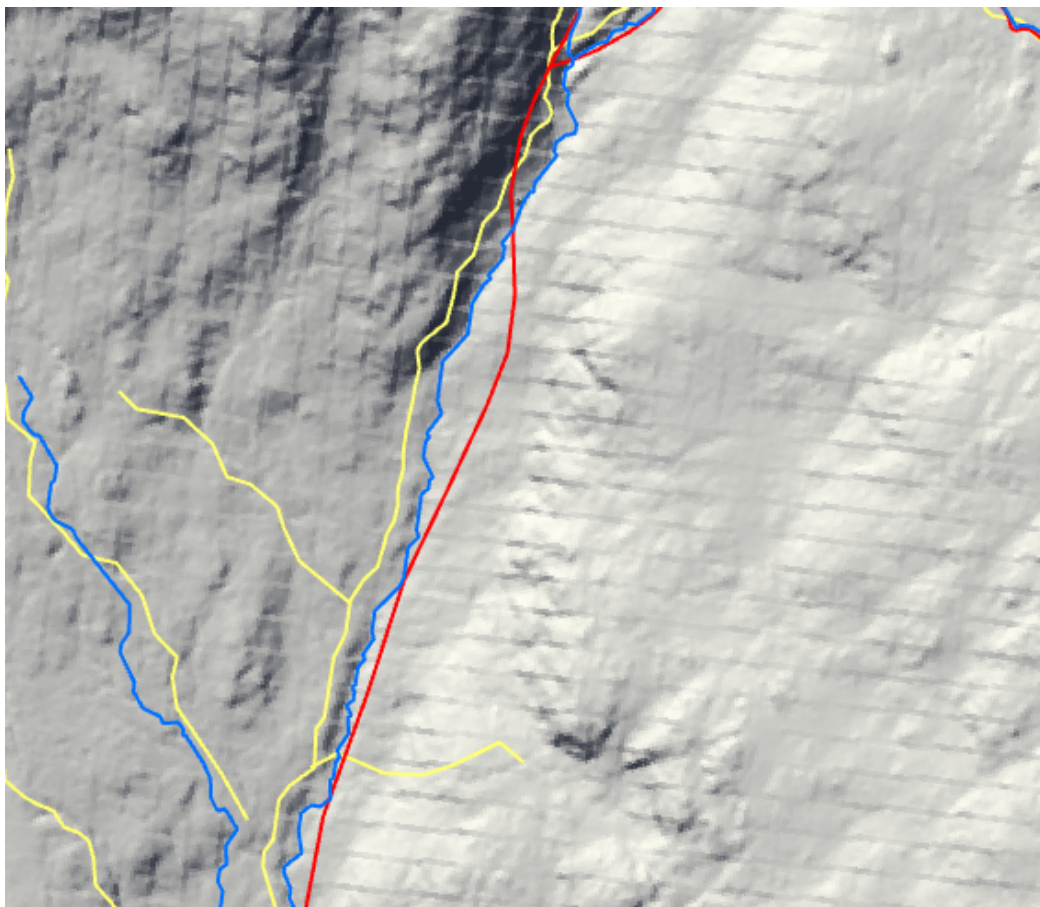


Figur 35 Raster to polyline dialogboks og resultat (skjermdump fra ESRI ArcGis Pro)

Etter dette er de modellerte vannveiene ferdige og har fått navnene elver_20000, elver_50000 og elver_100000.

3.3.1. Sammenligne modellerte vannveier og orienteringskart

For å sammenligne de modellerte vannvei-lagene med elvene tegnet fra orienteringskartet må det avgrenses til samme område. Til dette brukes *clip* funksjonen med vannveiene og en polygon rundt Vassfjell (som er tegnet på samme måte som elvene) som input. Det samme gjøres for FKB_linje. De modellerte datasettene får navnene Vassfjellet_20000, Vassfjellet_50000, Vassfjellet_100000, vassfjell_o_kart_ny.

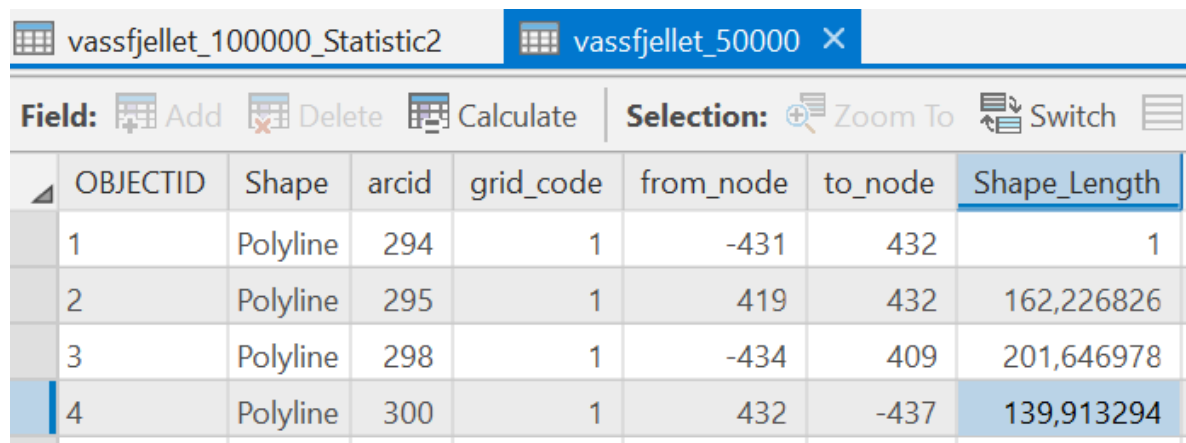


Figur 36 Gul: o-kart, blå: modellerte vannveier, rød: FKB_vann (skjermdump fra ESRI ArcGis Pro)

Sammenligne antall meter

Ved å høyreklikke på et lag i *contents*-menyen til venstre i ArcGis vinduet kan man åpne attributt-tabellene. Her er det mulig å se hvor mange meter hvert linjesegment består av (*Shape_Length*).

Tabell 3 Attributt-tabell for polylinje-lag (skjermdump fra ESRI ArcGis Pro)



OBJECTID	Shape	arcid	grid_code	from_node	to_node	Shape_Length
1	Polyline	294	1	-431	432	1
2	Polyline	295	1	419	432	162,226826
3	Polyline	298	1	-434	409	201,646978
4	Polyline	300	1	432	-437	139,913294

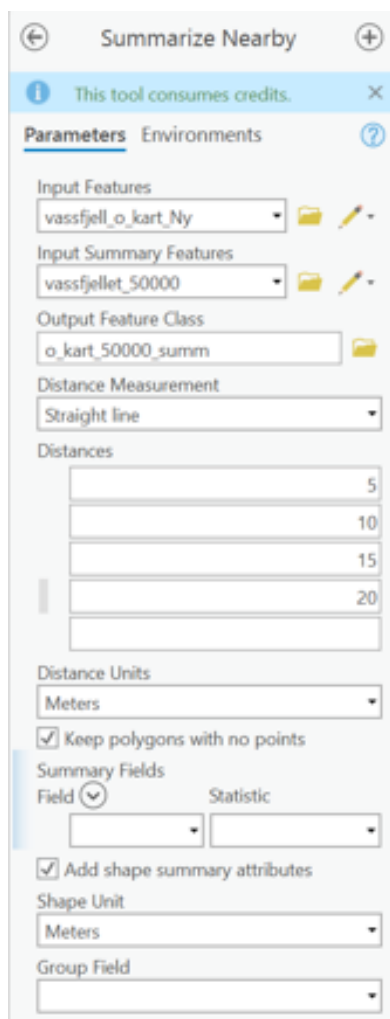
Ved å høyreklikke på *Shape_Length* får man opp valget *Summarize*. Denne funksjonen er her benyttet til å summere alle linjesegmenter i hvert lag.

Tabell 4 Sum antall meter i hvert av polylinje-lagene

Modellerte vannveier med grense 20000	39685,529781
Modellerte vannveier med grense 50000	25098,872239
Modellerte vannveier med grense 100000	17715,195635
FKB_line	13380,587162
Vannveier fra orienteringskart	37542,984015

Summarize Nearby

I *Analysis* fanen i toppen av ArcGis vinduet finnes flere verktøy for analyse. For å undersøke hvor bra de forskjellige datasettene stemmer overens med orienteringskartet benyttes nå *Summarize Nearby*.



Figur 37 Summarize Nearby dialogboks med ny buffer hver 5. meter (skjermdump fra ESRI ArcGis Pro)

Ved å velge flere avstander dannes flere buffere rundt o-kart datasettet. Deretter hukes det av for *Add shape summary attributes*. Alle de tre modellerte datasettene og FKB linje-datasettet blir kjørt i dette verktøyet og sammenlignes med elvene fra orienteringskartet. Resultatene vises og diskuteres i resultatdelen av denne oppgaven (Tabell 5).

3.4. Forbedring av FKB_vann med modellerte vannveier

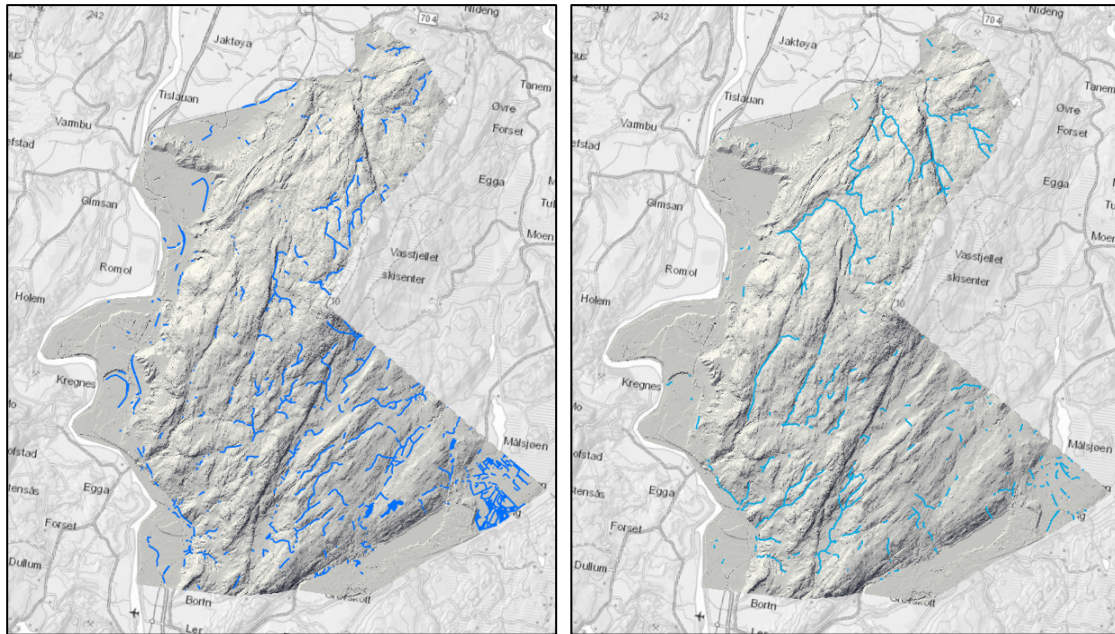
Separere etter kvalitet

Linjesegmentene fra FKB_vann inneholder informasjon om nøyaktighet og synbarhet ved registrering. Dette er verdier man burde ta i betraktning når man skal fusjonere informasjon fra det modellerte datasettet og fra FKB. Jeg ønsket ikke å endre på de vektorsegmentene som har god kvalitet og hadde god synbarhet ved registrering. Derfor ble det opprettet et nytt lag med de linjesegmentene som jeg ikke ønsket å endre. Til dette ble verktøyet *Make Feature Layer* benyttet.

Make Feature Layer

Dette verktøyet danner et nytt lag med de segmentene fra input dataet som oppfyller de krav man setter. Ved å se i attributt-tabellen til FKB-laget kan man se at de mulige verdiene for KVALITET_S (synbarhet). I dette tilfellet er 0-2, hvor det laveste tallet er best (Geovekst, 2016, juni). Det er en klar sammenheng mellom synbarhet og nøyaktighet. Dette kan tydes fra attributt-tabellen.

Uttrykket «**Where KVALITET_S is equal to 0**» vil kun skille ut FKB_vann-objekter med KVALITET_S lik 0. Det dannes også et lag med de resterende linjeobjektene som man ønsker å forbedre; «**Where KVALITET_S is not equal to 0**» Resultatlagene får henholdsvis navnene ElvBekk_line_0 og ElvBekk_line_ikke_0.



Figur 38 Mørk blå: alle linjeelementer fra FKB-laget som har KVALITET_S lik 0 Lys blå: resterende linjeelementer som vil forbedres.

Spatial Join

Spatial analysis – *Spatial join* verktøyet brukes for å overføre informasjon fra FKB-laget for de linjeobjektene som ikke ansees som bra nok (ElvBekk_line_ikke_0) til de modellerte vannveienes geometri. Her benyttes *join one to one* som metode for å slå sammen, og *intersect* er metoden som benyttes for å bestemme hvilke elementer som skal slås sammen. Her ønskes det kun å beholde de modellerte linjesegmentene som har «tilhørende» FKB-linjesegmenter. For å oppnå dette må det ikke krysses av for *keep all target features*.

Figur 39 Input for Spatial join hvor linjesegmentene som skal forbedres tilpassas de modellerte vannveienes geometri.

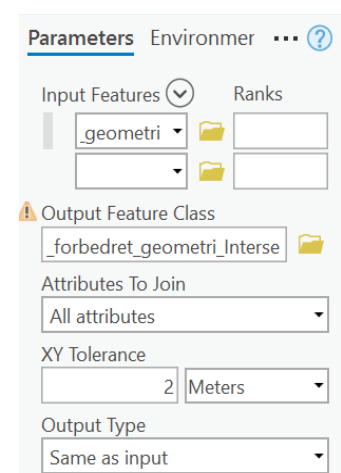


Figur 40 Eksempel på situasjoner hvor informasjon er overført fra original FKB-linje (grønn) til ny linje med det modellerte datasettets geometri (blå)

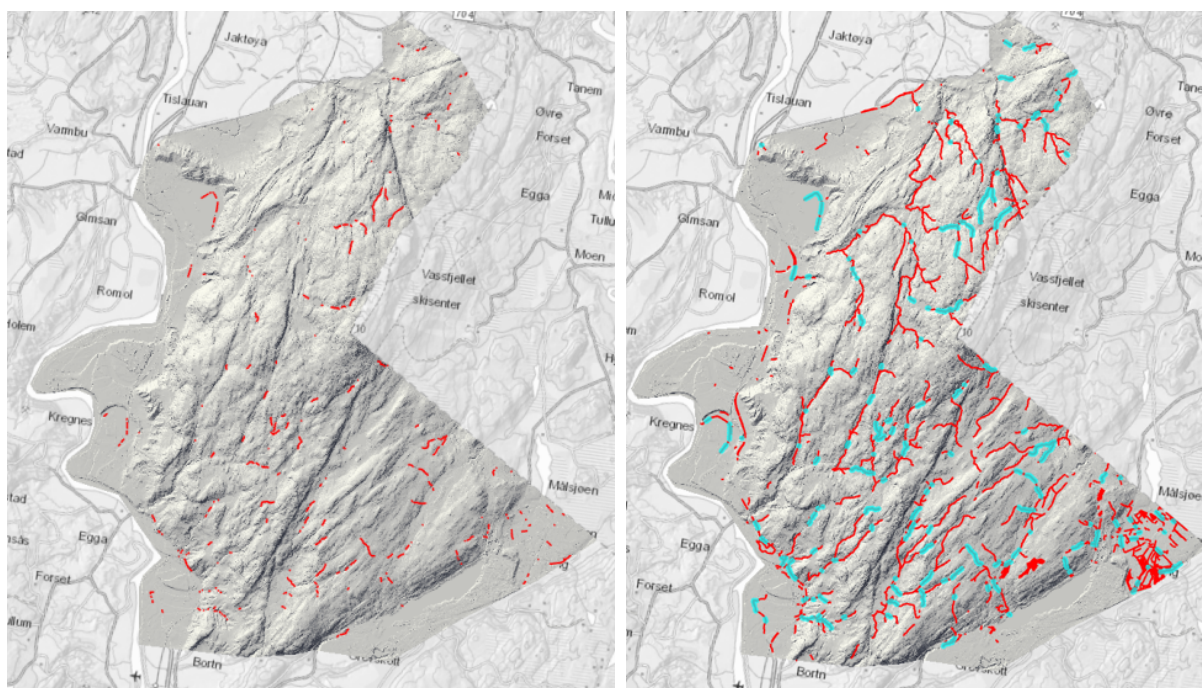
Ved å bruke verktøyet *Merge* på datasettet med de linjesegmentene som antas at har god kvalitet (ElvBekk_line_0) og datasettet fra *Spatial join* ender man opp med datasettet som nå får navn: FKB_geometriforbedret.

Manuell redigering

Manuell redigering er ikke til å komme foruten. Ved bruk av denne metoden som skiller objekter med god og dårlig kvalitet (for så å sette det sammen igjen) vil det oppstå en del overlapp. Dette kommer av at det er kort avstand mellom objekter med god og dårlig kvalitet. For å lokalisere områder med overlapp kjøres geoprosesseringsverktøyet *Intersect*. Dette verktøyet registrerer alle objekter eller deler av alle objekter som overlapper fra input-lagene. Ved kun en input vil verktøyet lokalisere overlapp innad i input-laget.



Figur 41 *Intersect* dialogboks



Figur 42 Til høyre: resultat fra Intersect, til venstre; resultat fra intersect over FKB_geometriforbedret

Ved å legge resultatfilen fra *Intersect* over resultatfilen fra *Merge* og slå det av og på kan man zoomse seg inn og vurdere hvilke av de overlappende elementene som skal inkluderes og ikke.



Figur 43 Til venstre markert objekt som fjernes, til venstre eksempel overlapp:

For å avgjøre hvilket element som skal bevares ser jeg på attributt-tabellen for å se hvilket datasett de forskjellige linjene kommer fra. I tillegg bruker jeg *Hillshade* som gjør det enklere å synfare visuelt bestemme hvilken av de overlappende linjene som har best geometri. De linjene jeg vurderer til å ha svakest geometri fjernes fra laget.

Etter denne manuelle redigeringen ansees resultatfilen FKB_geometriforbedret som ferdig.

3.4.1. Supplere FKB-datasettet med modellerte vannveier

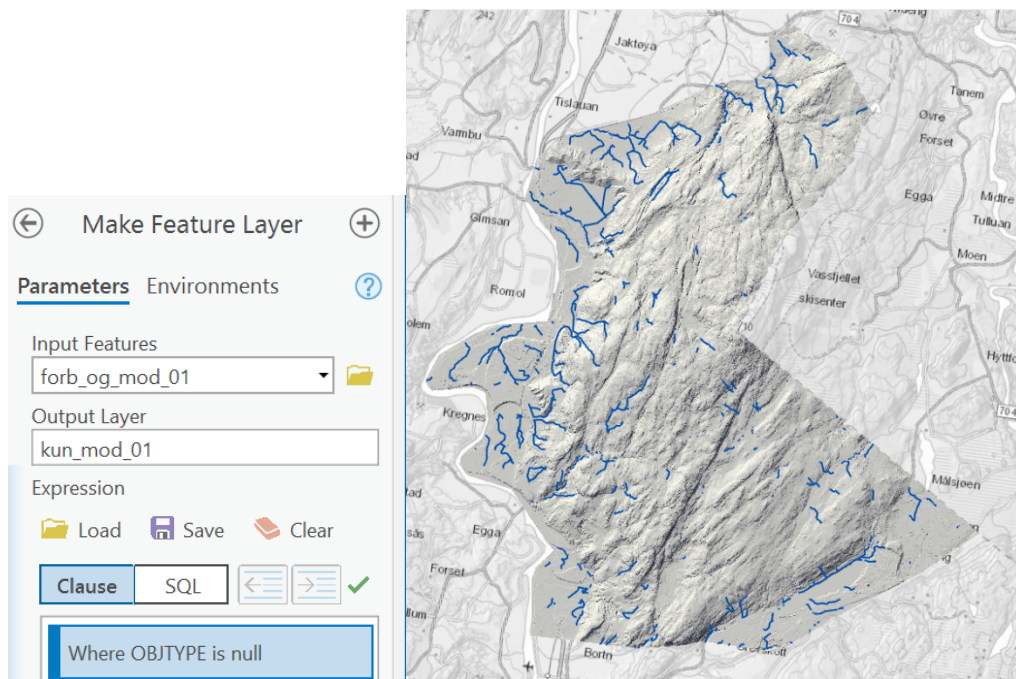
Målet her er å legge de modellerte linjesegmentene som ikke ble inkludert etter *spatial join*, og dermed ikke er benyttet til forbedringen av FKB-linjenes geometri. Disse linjene skal ikke overlapp de originale linjesegmentene som ansees å ha bra nok geometri.

Spatial join

Spatial join kjøres med det modellerte datasettet og det nye forbedrede datasettet fra delkapittelet over. Geometrien til det modellerte datasettet beholdes og tilføres informasjon fra det forbedrede (som nå kun inneholder elementer med informasjon fra FKB_vann dataet). Denne gangen hukes det av for *Keep all target features* for å inkludere linjesegmenter som ikke tilføres noen informasjon i output-filen. Dette gjøres for å opprette et lag hvor alle elementene som kan ha informasjon fra FKB-dataet, har det, og det forhindrer at det er overlapp mellom de segmentene som har og ikke har FKB-informasjon.

Make Feature Layer

For å løse problemstillingen skilles de linjesegmentene som nå ønskes inkludert ut av det modellerte nettverket ved å lage nytt *feature layer*. Input her er outputfilen fra siste kjøring av *Spatial Join* (se Figur 39). Alle FKB-elementer er definert med objekt-type (OBJTYPE), hvilket skiller dem fra de modellerte linjene. På bakgrunn av dette kan vi skille ut de modellerte linjene ved uttrykket **Where OBJTYPE is null**.

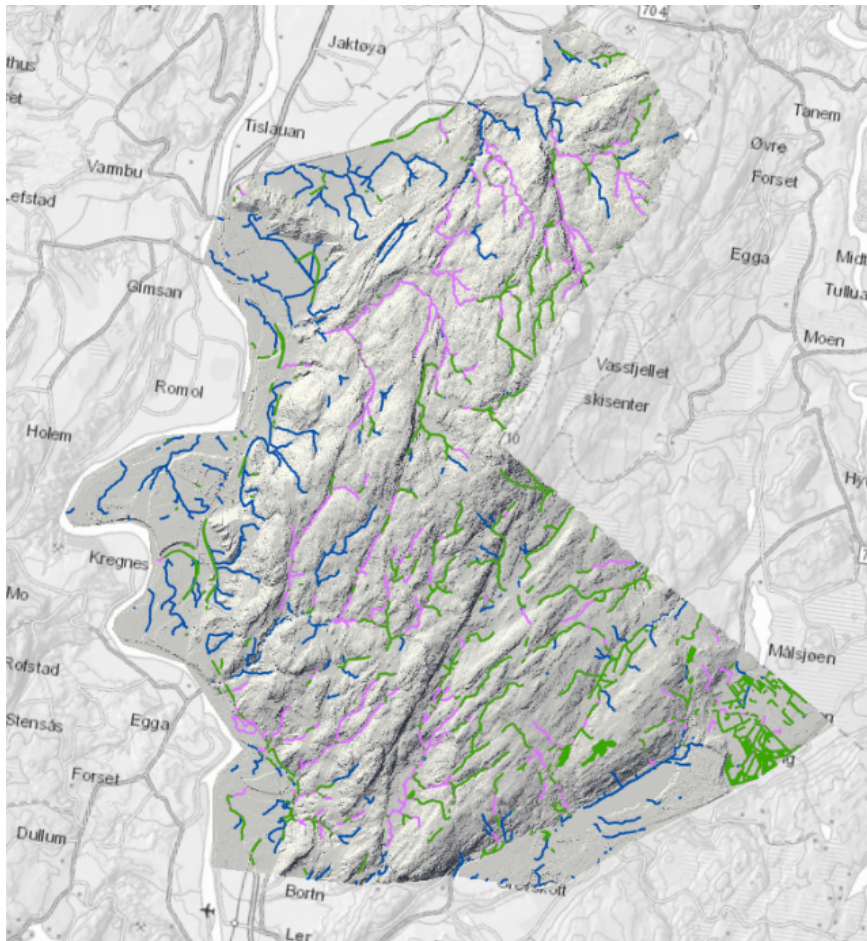


Figur 44 Make feature layer dialogboks for å trekke ut linjesegmenter uten FKB-data og resultatfil (obs nput er samme som resultatfil fra spatial join)

Output her er da et datasett som kun inkluderer linjesegmenter som ikke er benyttet til å forbedre geometrien til- eller overlapper det originale FKB-linje datasettet.

Merge

Resultatfilen fra *Make Feature Layer* må så slås sammen med det forbedrede FKB-datasettet fra forrige delkapittel. Da vil linjesegmenter med god kvalitet fra FKB-datasettet, linjesegmenter med forbedret geometri vha. modellert datasett og modellerte linjesegmenter som ikke overlapper noen av disse bli ett lag



Figur 45 Fullstendig resultatfil FKB_geometriforbedret_utvidet. blå: modellerte linjer uten tilknytning til FKB, roa: FKB-linjer med forbedret (modellert) geometri, Grønn: originale FKB-elementer med synbarhet lik 0

3.5. Legge til egenskaper.

Egenskapene fra det originale FKB datasettet er fullstendig inkludert for de linjene som har KVALITET_S lik 0 og de linjene som er forbedret. Helt nye modellerte elver har derimot ingen egenskaper som kreves i et FKB datasett. Egenskaper skal tildeles og en ny egenskap som beskriver hvilket datasett hvert linjesegment stammer fra skal opprettes.

Først opprettes den nye egenskapen. Dette kan gjøres ved å trykke seg inn i attributt-tabellen for data-laget og velge *Add*. Den nye egenskapen får her navn **FRA_DATASETT**, og type tekst.

<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SOSI_OBJEK	SOSI_OBJEK	Text	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SOSI_TRA00	SOSI_TRA00	Text	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SOSI_TRA01	SOSI_TRA01	Text	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SOSI_OBJ00	SOSI_OBJ00	Text	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	INFORMASJO	INFORMASJO	Text	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	MEDIUM	MEDIUM	Text	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Shape_Length	Shape_Length	Double	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Numeric
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FRA_DATASETT		Text	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Figur 46 Add attribute

Ved metoden for forbedring og supplering av FKB gjennomgått i de foregående delkapitlene vet vi at; alle originale linjer har **KVALITET_S** lik 0. Alle forbedrede linjer har en verdi for **OBJTYPE** som ikke er lik Null og **KVALITET_S** som ikke er 0 og alle helt nye linjer har blant annet **OBJTYPE** lik Null. Dette er de kriteriene vi nå benytter i *Select by attribute* verktøyet for å velge ut grupper som skal tildeles samme egenskapsverdier. Jeg velger først ut en av de tre gruppene. I *selections* fanen under *Edit* trykker man på *Attributes*. Ved å markere alle elementene i listen som kommer opp kan man redigere egenskaper for alle sammen samtidig. For uendrede elementer fra FKB_vann tildeles verdien **FKB_vann** som verdi for den nye egenskapen. For de redigerte tildeles verdien **MOD_FKB**. For de helt nye tildeles **MOD** i tillegg tildeles følgende egenskaper: **KVALITET_M** 61 og **KVALITET_00** 61.

Attributes	
KVALITET00	(Different Values)
OPPDATERIN	(Different Values)
IDENT_LOKA	(Different Values)
SOSI_TEGNS	UTF-
SOSI_SOSI_	4.5
SOSI_SOS00	4
SOSI_TRANS	22
SOSI_OBJEK	4.6
SOSI_TRA00	0.01
SOSI_TRA01	NN20
SOSI_OBJ00	FKB-
INFORMASJO	(Different Values)
MEDIUM	(Different Values)
Shape_Length	(Different Values)
FRA_DATASETT	FKB_vann

Auto Apply

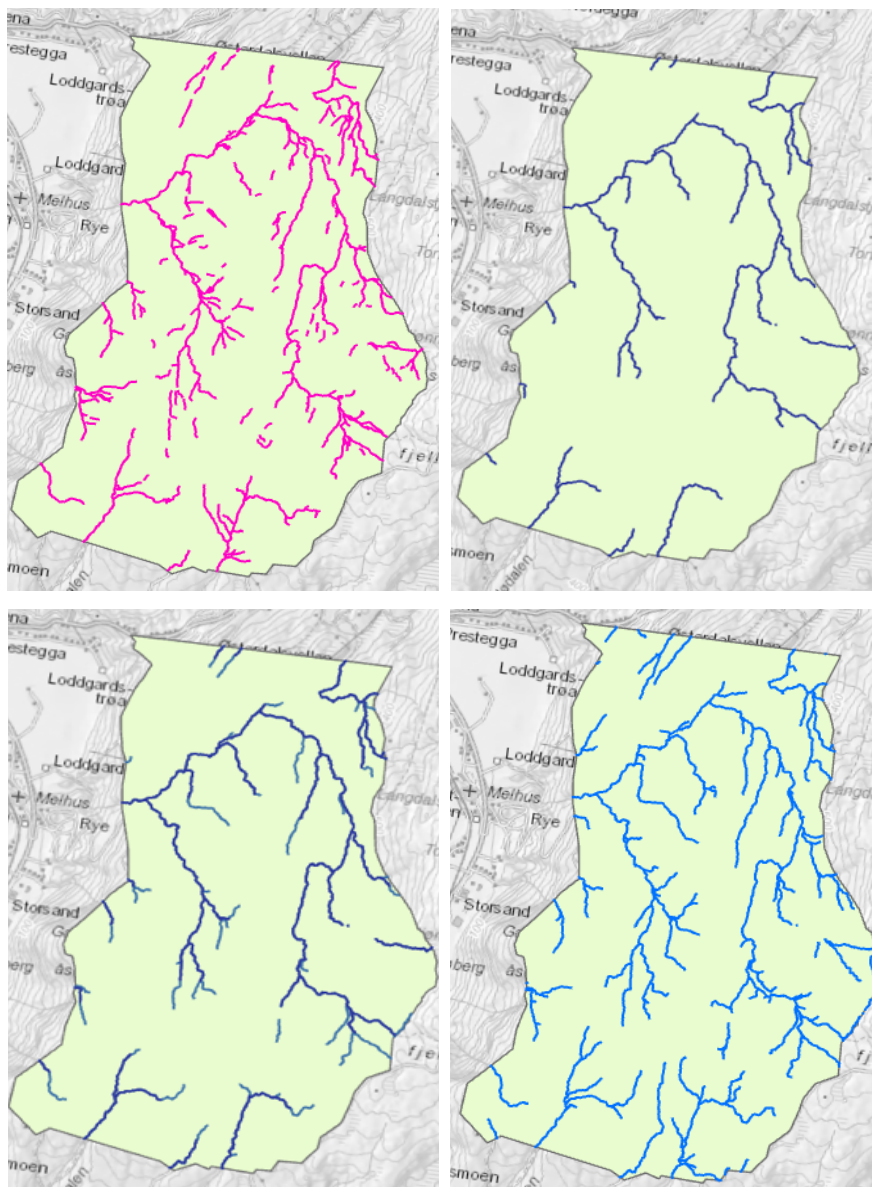
Figur 47 Eksempel på tildelt egenskap

Obs! man kan også legge til egenskapene før man legger til de modellerte vannveiene.

4. Resultater

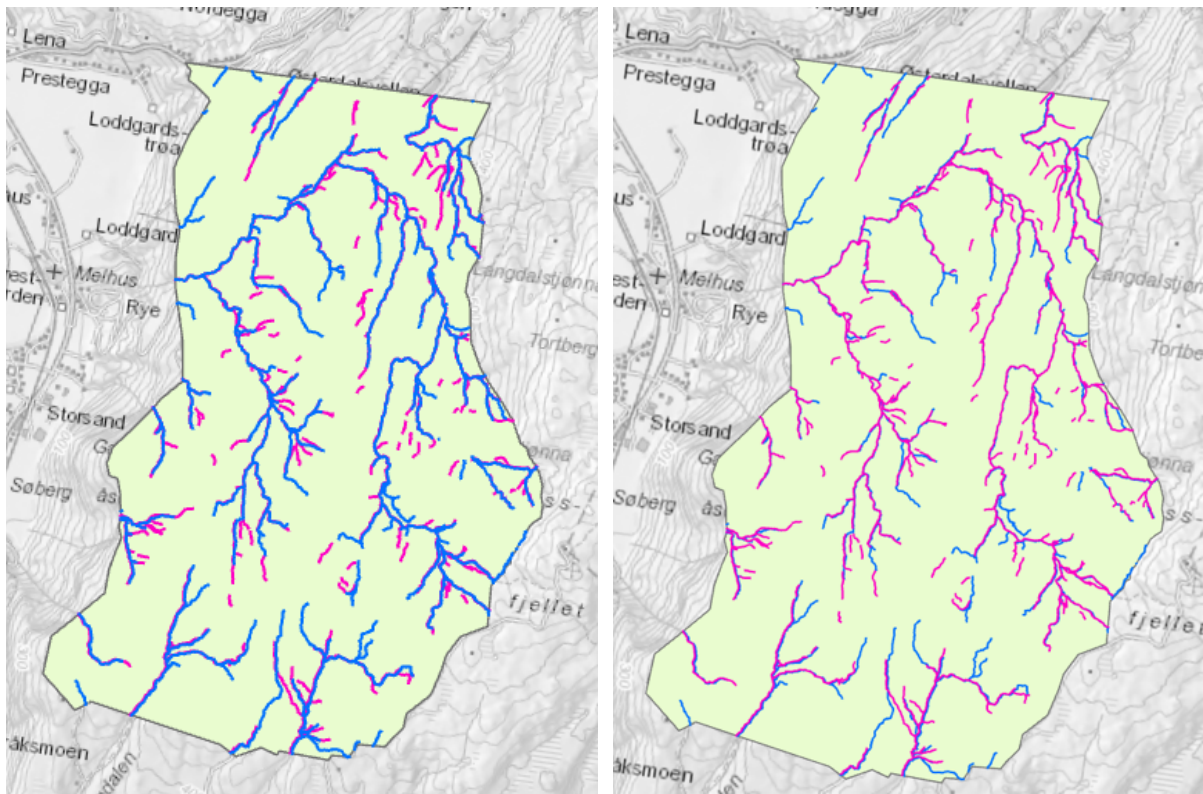
4.1. Modellerte vannveier

De modellerte flomveiene ble konstruert med grensene 20000, 50000 og 100000 som *Flow Accumulation* grense-verdier. Man ser en tydelig forskjell i antall poly-linjer som inkluderes i modellen ved de forskjellige verdiene. De modellerte datasettene kalles her Vassfjell_20000, Vassfjell_50000 og Vassfjell_100000.



Figur 48 Øverst fra venstre: vannveier fra orienteringskart, modellerte vannveier med grense 100000 (Vassfjell_100000).

Nede fra venstre: Modellerte vannveier med grense 50000 (Vassfjell_50000), modellerte vannveier med grense 20000 (Vassfjell_20000)



Figur 49 Fra venstre; Vassfjell_20000 (blå) over o-kart, okart (rosa) over Vassfjell_20000

Datsettet som visuelt ligner mest på vannveiene fra orienteringskartet er Vassfjell_20000. De stemmer bra overens geometrisk, og ser ut til å ha samme detaljnivå. Vassfjell_20000 har et mer sammenhengende nettverk enn o-kartet

Tabell 4 Sum antall meter i hvert av polylinje-lagene

Vassfjell_20000	39685,529781
Vassfjell_50000	25098,872239
Vassfjell_100000	17715,195635
FKB_line	13380,587162
Orienteringskart	37542,984015

Alle de modellerte datasettene inneholder færre antall meter i nettverket enn orienteringskartet. FKB_line er mist omfattende i denne forstand.

Tabell 5 Summarize nearby-resultater

Avstand fra O-kart	Vassfjell_100000	Vassfjell_50000	Vassfjell_20000
5 m	12826,16093035	16583,75892864	20401,30895001
10 m	4122,60595484	6008,83495399	8800,7359156
15 m	370,69307723	716,07848568	1523,04101633
20 m	73,70752774	278,40117744	885,36775354

Tabellen over viser antall meter fra de forskjellige datasettene som ligger innenfor en viss avstand fra orienteringskart-linjene. For hver lengde starter opptellingen på 0.

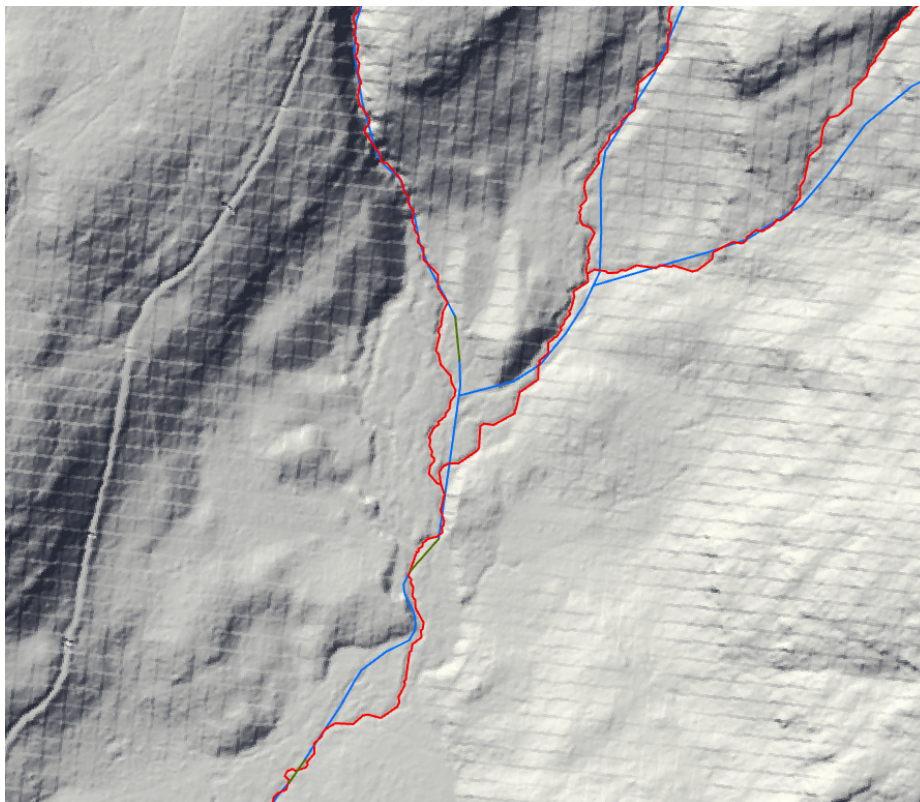
Tabell 6 Prosentavdel av datasettene som er innenfor visse avstander fra O-kart linjene.

Avstand fra O-kart	Vassfjell_100000	Vassfjell_50000	Vassfjell_20000
5 m	72,3%	66,1%	51,4%
10 m	95,7%	90,0%	73,6%
15 m	97,8%	92,9%	77,4%
20 m	98,1%	94,0%	79,6%

Disse prosentandelene gir oss et begrep om hvor stor andel av datasettet som følger «fasiten» (fra orienteringskartet). Vassfjell_10000 har færrest antall meter i umiddelbar nærhet av o-kart linjene, men hele 98% av linjene som finns i dette datasettet ligger innenfor en 20 meter avstand fra ”fasit”. Vassfjell_20000 har totalt hele 20401m innenfor 20 meter, men dette utgjør kun 80% av alle linjene i datasettet, altså er det fler linjer som er langt unna «fasit».

4.2. Forbedret FKB_vann

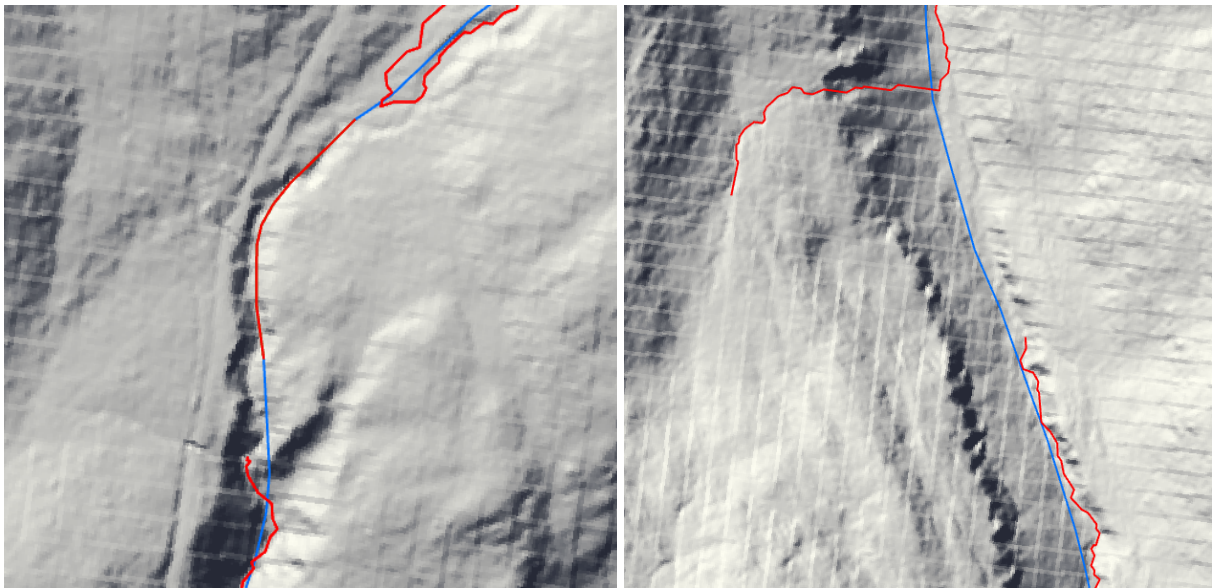
Ved sammenstilling av det geometriforbedrede datasettet (samt det utvidede) ble modellerte vannveier med *Flow accumulation*-grense 50000 benyttet. Metoden for å sammenstille de modellerte vannveiene med FKB-datasettet beskrevet over gir følgende resultater (gjort for hele testområdet).



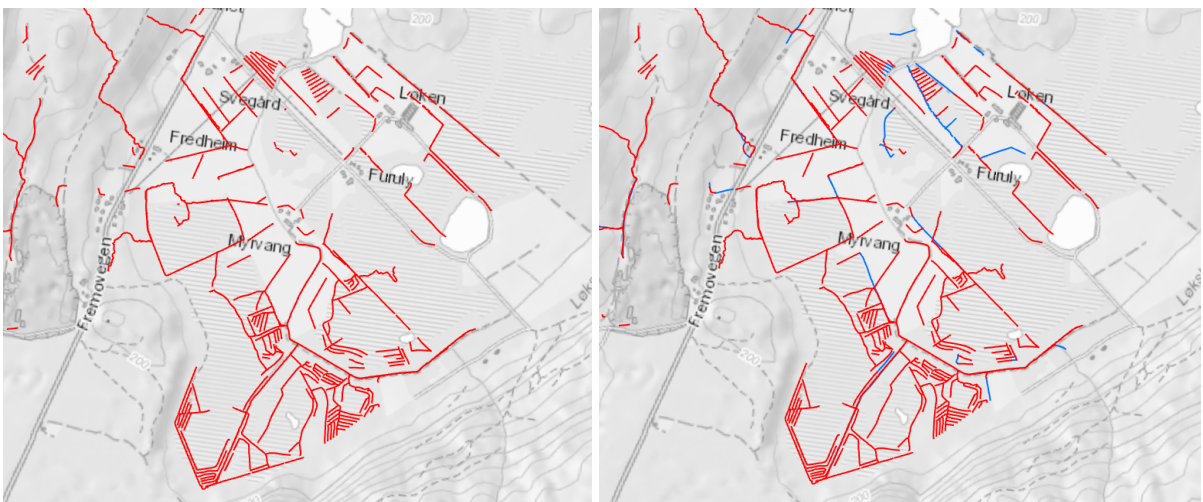
Figur 50 Rød: FKB_forbedret geometri blå/grønn: FKB-vann

De linjene som har blitt redigert med de modellerte vannveiene viser bedre geometri enn de hadde originalt. I figuren over ser vi et eksempel på et område hvor geometrien har blitt forbedret.

I enkelte tilfeller virker datasettet å være ufullstendig i forhold til det originale FKB-datasettet. Dette er i situasjoner hvor synbarheten for elementet som er utelatt (fra FKB-vann) ikke var spesielt bra (**KVALITET_S** ikke lik 0), og det heller ikke gikk en modellert elv eller bekk langs samme rute.



Figur 51 Områder hvor det nye datasettet er ufullstendig. Rød: nytt datasett, Blå: FKB_yann



Figur 52 Område med utelatte linjer fra FKB. rød: FKB_geometrisorbedret, blå: ikke inkludert (FKB-objekter)

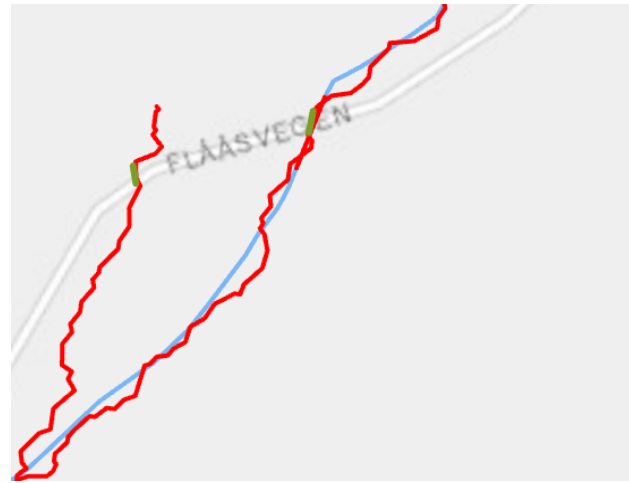
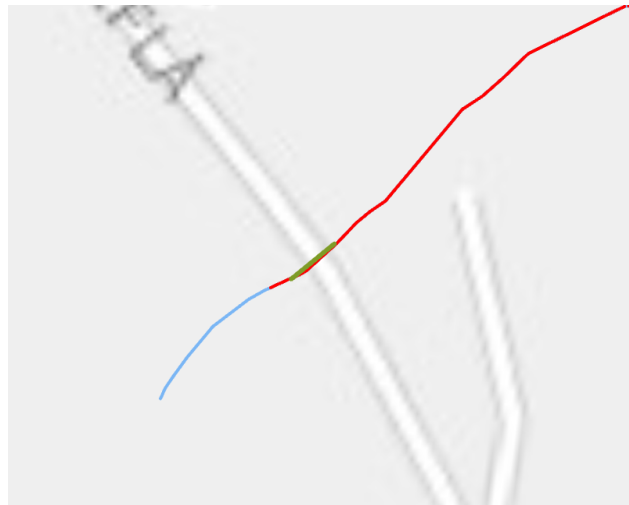


Figur 53 Rød: resultatdatasett, blå: original FKB med dårlig synbarhet, grønn: original FKB med god synbarhet

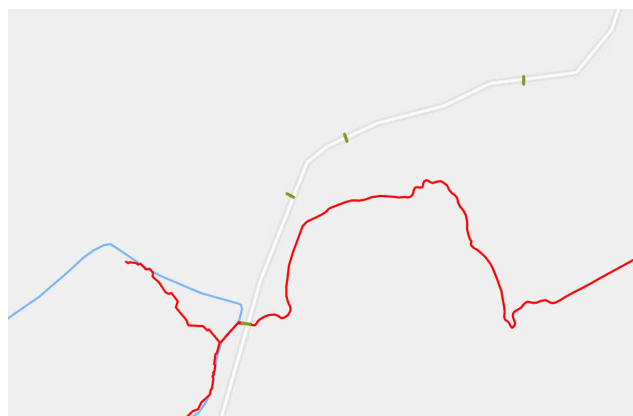
Ved å «frede» objekter med god synbarhet, ender man opp med enkelte linjeobjekter som ikke nødvendigvis ser ut til å være knyttet til et nettverk (se figur over).

4.2.1. Stikkrenner

Melhus sitt resultat hadde en svakhet i manglende implementering av stikkrenner (Kartverket, u.å). I resultatdatasettet mitt benytter vannveiene noen stikkrenner, men mange stikkrenner brukes ikke. Vannveiene ser ikke ut til å krysse veien der det ikke eksisterer stikkrenner.



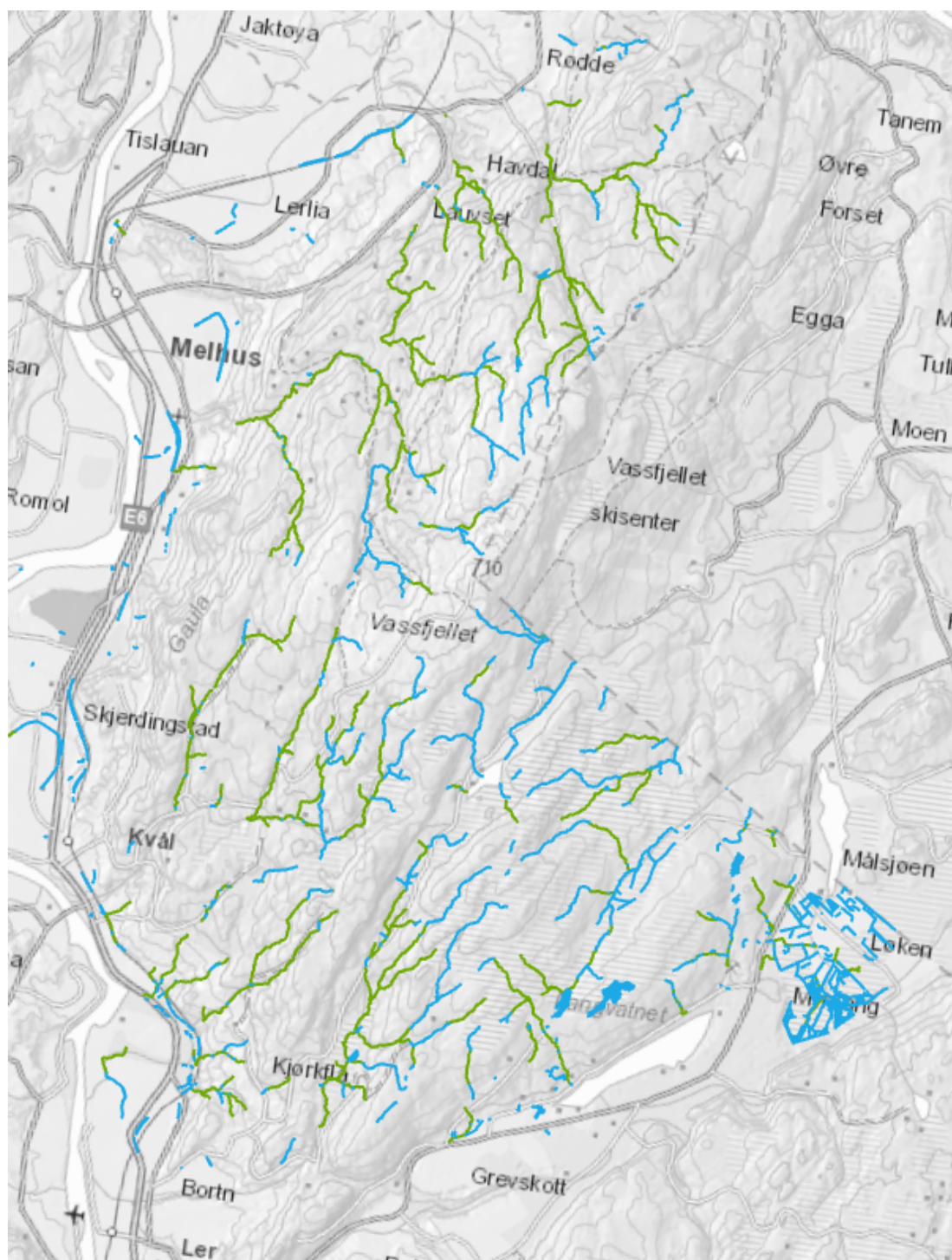
Figur 54(a, b) Eksempel på benyttet stikkrenne. Rød: forbedret FKB, blå: original FKB, grønn: stikkrenne. Til høyre: her benytter det nye datasettet en stikkrenne som ikke var benyttet i originale FKB



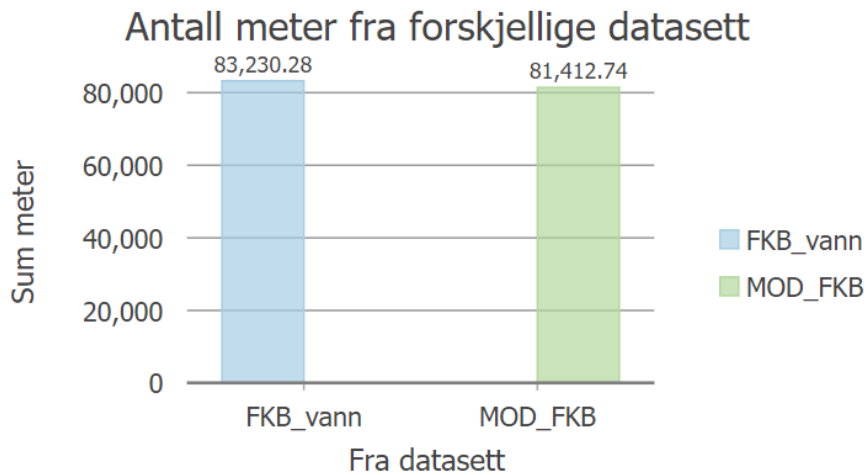
Figur 55 Eksempel ubenyttede stikkrenner. Rød: forbedret FKB, blå: original FKB, grønn: stikkrenner

4.2.2. Statistikk

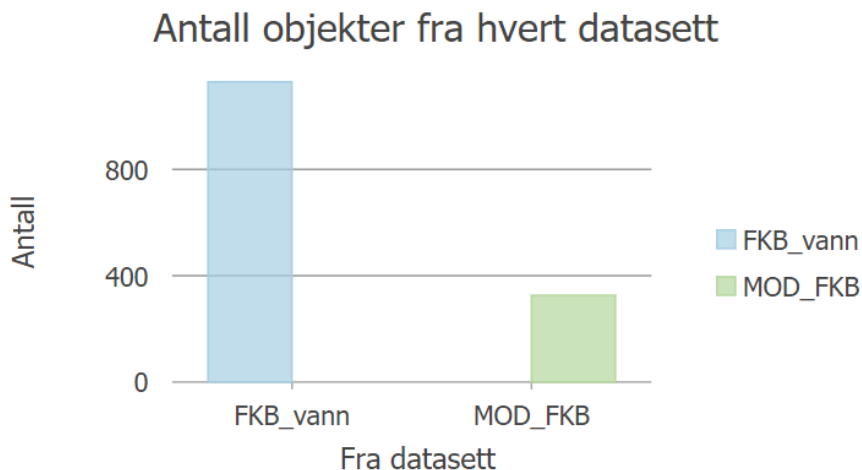
På figuren under kan du se hvilke linjeobjekter som stammer fra hvilket datasett. Figuren illustrerer alle linjene i det forbedrede (men ikke utvidede) resultatdatasettet.



Figur 56 Geometriforbedret resultatdatasett. Grønn: redigerte linjeobjekter, Blå originale FKB-linjer



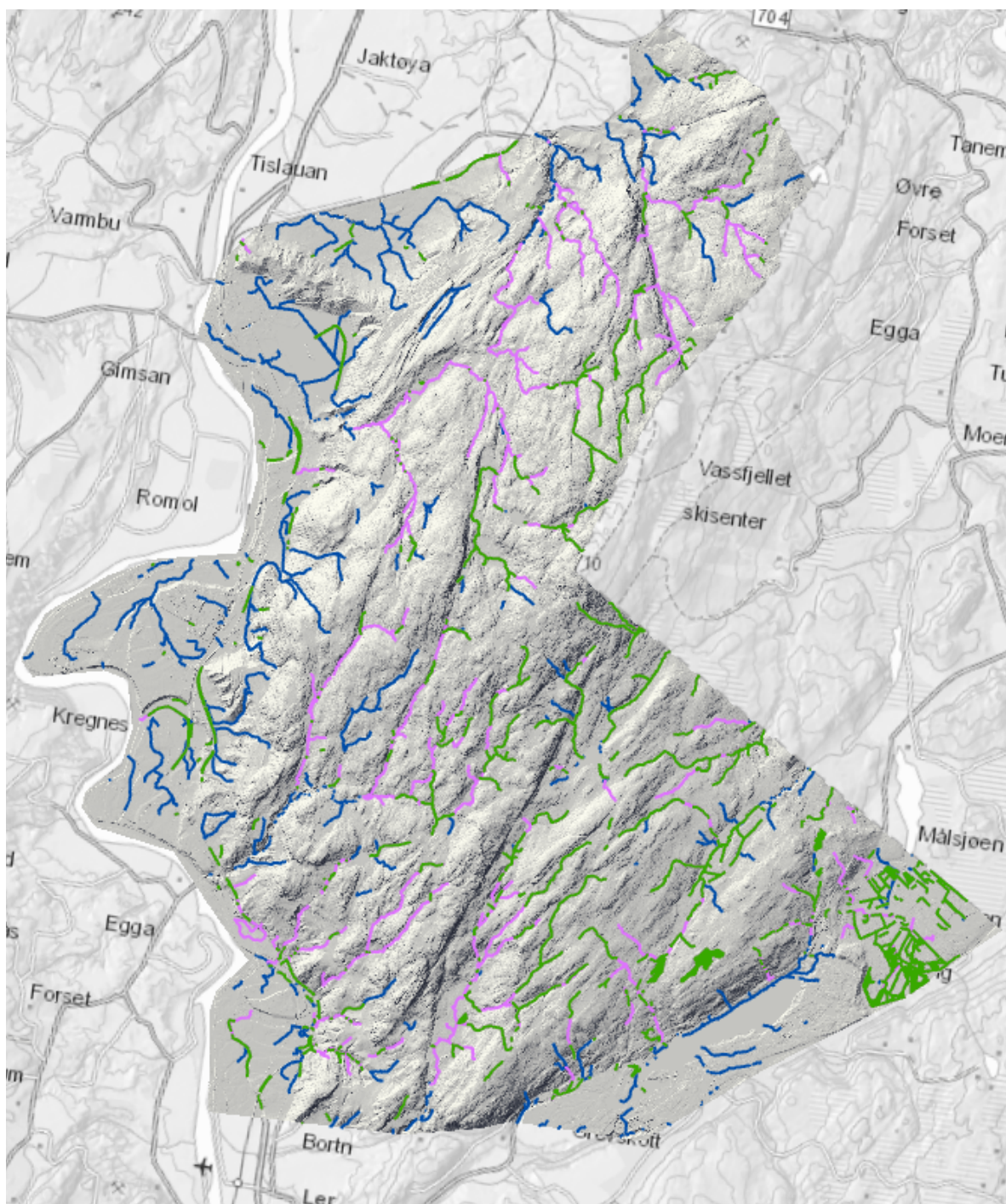
Figur 57 Antall meter fra hvert datasett



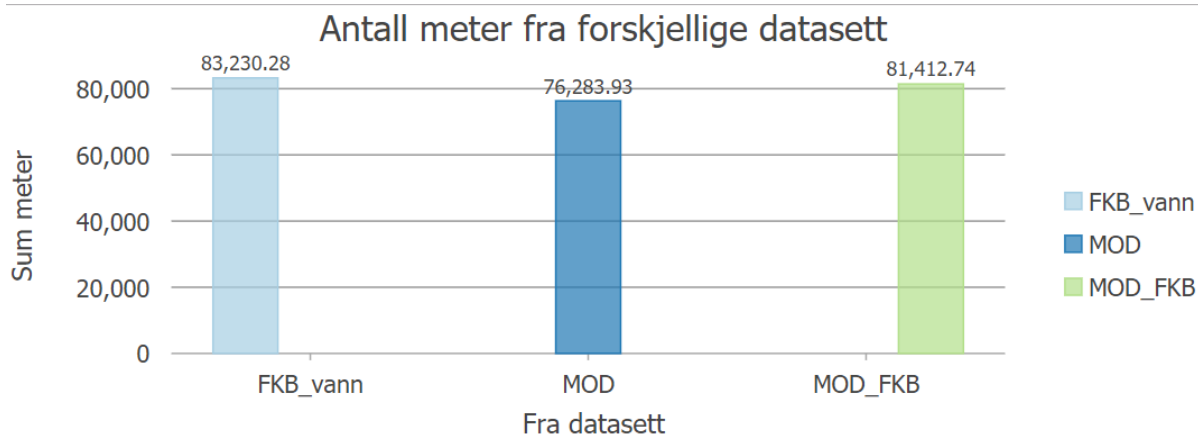
Figur 58 Antall objekter fra hvert datasett

Det kommer her tydelig fram at spriket mellom antall objekter prosentvis er mye større enn spriket mellom antall meter. Det er mange flere forekomster av originale FKB-objekter enn det er av modellerte objekter i resultatfilen. Det er derimot ganske lite som skiller antall meter fra de forskjellige datasettene (ca 2000m). Dette utgjør en forskjell på ca 1%. Vi kan da si at 50% av datasettets omfang er redigert ved bruk av det modellerte datasettet.

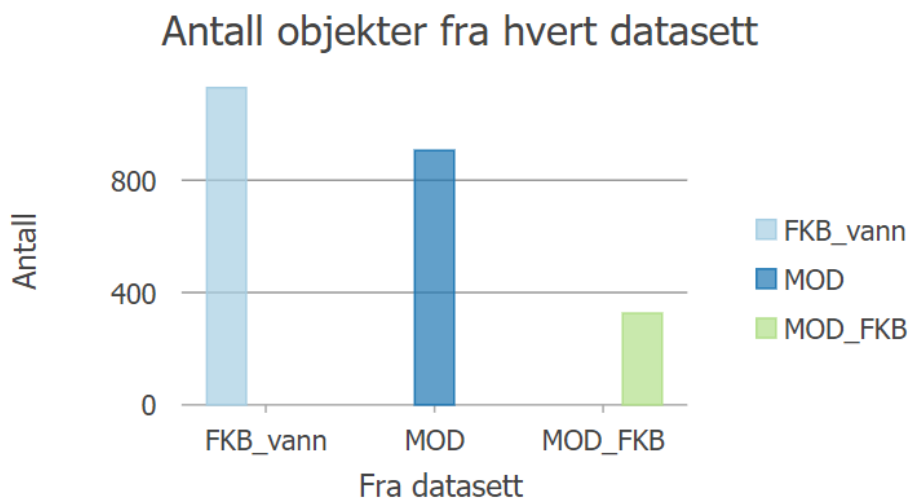
De modellerte linjesegmentene som ikke ble benyttet til redigering av originale fkb-vann objekter ble lagt til det geometriforbedrede datasettet i håp om å danne et mer fullstendig datasett. Samme analyse ble gjennomført på det utvidede resultatdatasettet:



Figur 59 Utvidet resultatdatasett lilla: redigerte FKB-objekter, grønn: originale FKB-objekter, blå: modellerte objekter uten annen tilknytning til FKB-datasettet



Figur 60 Antall meter fra hvert datasett (2)



Figur 61 Antall objekter fra hvert datasett (2)

Også her er det en tydelig forskjell mellom antall elementer og antall meter. Eneste forskjellen her er de supplerende linjene som ikke har fått overført noen informasjon fra FKB-datasettet. Ut ifra diagrammene over kan vi se at de redigerte FKB-linjene generelt er mye lengre enn de originale FKB-linjene som er bespart. De er også lengre enn linjene som kun er modellerte. Omfanget (i meter) av det utvidede resultatdatasettet består av 34.5% originale FKB-elementer, 33.8% redigerte FKB-elementer og 31,7% elementer fra kun modellering.

4.2.3. Overføring av egenskaper

Alle attributter for FKB-vann-objekter har fulgt med til resultatdatasettet (se vedlegg).

Egenskapene til de redigerte objektene er ikke endret. En ny egenskap som beskriver hvilket datasett et objekt stammer fra er lagt til i attributt-tabellen (**FRA_DATASETT**) og de helt nye objektene har fått tildelt noen kjente egenskapsverdier.

5. Diskusjon

Arbeidet med denne oppgaven har vært svært tidkrevende grunnet store prosesser i ArcGis Pro. Produksjonsløypene som kom av dette arbeidet krever gode datamaskiner og mye lagringsplass. Et stort problem gjennom arbeidet har vært at ArcGis Pro «sluttet å svare» eller at datamaskinene hang seg opp. Jeg har under dette arbeidet benyttet tre forskjellige datamaskiner, alle hadde lignende problemer med å gjennomføre prosessene. Spesielt *Hydrology* verktøyene *fill* og *flow direction* har ført til mange dager med frustrasjon.

Datasettet som ble benyttet i løypen for forbedring av FKB-vann i denne oppgaven hadde *Flow accumulation*- verdi lik 50000. Denne verdien ble valgt på bakgrunn av resultatet fra sammenligning mellom nettverk i o-kartet og de modellerte nettverkene i testområdet på Vassfjellet. Jeg konkluderte med at selv om modellerte vannveier med lavere grense hadde flere meter (elv) innenfor en akseptabel avstand fra «fasit», så hadde de også en større andel som ikke passet orienteringskartet i det hele tatt. Vassfjell_50000 har 90% av elementene sine innenfor 10m avstand fra fasit, men mange færre meter elv enn orienteringskartet. Jeg valgte denne terskelverdien til tross for manglende antall meter fordi orienteringskartet inneholder svært mange elver og bekker som ikke inkluderes i dagens FKB-vann. Elver og bekker i orienteringskartet kan være for små til å bli registrert, eller bare ha for dårlig synbarhet. Om alle registreringene i orienteringskartet er relevante for FKB-vann er en vurdering man må ta stilling til dersom man vurderer å benytte orienteringskartet som fasit.

Fremgangsmåten for fremstillingen av produksjonsløypene har gått ut på å prøve og feile. Utallige versjoner med forskjellige valg og input i de forskjellige stegene har ført fram til metoden beskrevet i denne oppgaven. Produksjonsløypene er et resultat i seg selv.

En av svakhetene ved Melhus kommune sin løype for sammenstilling av generert modellert nettverk og FKB_vann, var som nevnt at mange av FKB-elementene uteble. Denne problemstillingen håndterte jeg ved å «frede» de linjene som har oppgitt synbarhet lik 0. Det er en sterk sammenheng mellom synbarhet og kvalitet ved fotogrammetrisk registrering.

En svakhet ved denne metoden er at resultat-datasettet noen steder får overlappende linjer når de forbedrede FKB-objektene (MOD_FKB) settes tilbake sammen med de uredigerte FKB-objektene (FKB_vann). Dette problemet oppstår fordi det under *Spatial join* mellom modellerte vannveier (MOD-elementer) og FKB-elementer som ikke har synbarhet lik 0. Kun modellerte objekter som har en romlig tilknytning til FKB-objektene som ikke er fredet skal spares, men noen steder er det så liten avstand mellom FKB-objekter med synbarhet lik 0 og ikke 0 at kravet for nærhet til en linje som overlapper et fredet element spares. Dette fører til et behov for manuell redigering.

Ved manuell redigering tok jeg i betraktning at de originale FKB-objektene som var spart hadde god synbarhet, og stort sett hadde nøyaktighet på 50-70 cm. I flere tilfeller enn planlagt valgte jeg å slette de originale objektene og spare de modellerte (ved overlapp), da det så ut som disse hadde bedre geometri, og dessuten ofte var del av en lang sammenhengende linje. Fra statistikken ser vi at de originale objektene generelt er kortere enn de modellerte. Og lengre linjer er gunstig dersom man skal knytte alle objektene sammen til et sammenhengende, uavbrutt nettverk. I områder med bygninger og mer infrastruktur viste de urørte FKB-elementene seg som beste alternativ.

Jeg testet også ut å legge til de resterende modellerte elementene som ikke ble inkludert i det geometriforbedrede datasettet ved *Spatial join*. De resterende objektene befant seg stort sett i områder med infrastruktur (se Figur 59). Krav til kvalitet for FKB-datasett er høyere i bebygde områder i ubebygde områder. Det er derfor en stor sannsynlighet for at de resterende objektene burde forkastes. Derimot viste resultatene fra test-området Vassfjell at «alle» linjer i et modellert nettverk med grense 50000 skal spares. Jeg vurderer dette som at det muligens er behov for å ha forskjellige grenseverdier for bebygde og naturlige områder.

Noen av stikkrennene benyttes av de modellerte vannveiene, men ikke alle. Ved å betrakte de originale FKB dataene oppdaget jeg at få stikkrenner blir benyttet her også. Det er ikke oppgitt hvilke av stikkrennene det er et elve/bekkeløp i ved normal vannføring, og hvilke som fungerer som et dreneringsnett ved flom. Ut ifra resultatene kan det se ut som mange av

stikkrennene stort sett er tørrlagte. FKB-vann skal registreres (fotogrammetrisk) ved normal vannføring, og det kan være derfor de originale FKB flomveiene heller ikke benytter flere stikkrenner.

Egenskaper følger fkb-objekter gjennom hele løypen. Dette er en fordel, fordi det er nyttig å vite hvilket og hvordan type objekt som har blitt redigert, men enkelte egenskapsverdier burde muligens endres underveis. I resultatdatasettet har alle redigerte FKB_objektets samme egenskaper som ved start, bortsett fra den nye egenskapen som beskriver hvilket datasett objektet stammer fra. Nøyaktighet er endret samt at geometrien disse objektene nå innehar stammer fullt fra de modellerte vannveiene. Egenskapen som beskriver målemetode burde endres fra "fotogrammetri", til "modellert med terrengmodell".

Produktspesifikasjonen for FKB Vann inneholder ikke en registreringsinstruks ved modellerte elver på samme måte som det gjør for fotogrammetrisk registrering. Dersom modellerte vannveier skal implementeres i det fremtidige FKB_vann er det viktig å ha standarder som beskriver hvordan de modellerte vannveiene skal produseres, og hvordan de skal knyttes sammen med det eksisterende FKB_datasettet. Metodene fremstilt i denne oppgaven er kun mine forslag på hvordan problemstillingen kan løses.

6. Konklusjon

Arbeidet med denne oppgaven førte fram to produksjonsløyper. En for modellering av vannveier og en for forbedring av FKB_vann ved bruk av disse.

Første del av arbeidet som gikk ut på å finne metode for modellering av vannveier resulterte i et datasett som passer godt med orienteringskartet for Vassfjell, som i denne oppgaven ble ansett som en fasit. Vannveier med *flow accumulation* verdi-grense lik 50000 resulterte i at 94% av de modellerte vannveiene i området ligger innenfor en 20 meters avstand fra elvene i orienteringskartet. De modellerte vannveiene krevde ingen manuell redigering for å oppnå denne kvaliteten.

Del to av problemstillingen var å finne en metode for å redusere svakhetene fra Melhus sin produksjonsløype for sammenstilling av FKB_vann med de modellerte vannveiene. En av svakhetene ved deres resultat var manglende overføring fra FKB_vann. Ved metoden utviklet i arbeidet med denne oppgaven løses dette problemet ved å skille fkb-objektene i to grupper etter egenskapsverdien for synbarhet. Dette resulterte i at det var svært lite manglende informasjon i resultatdatasettet, men heller mer overlapp mellom de modellerte objektene og objekter som var direkte overført fra FKB. Denne svakheten ved metoden utprøvd her, skaper et behov for manuell redigering som en helst ville vært foruten.

- ESRI. (1889, juli). *Esri Shapefile Technical Description*. United States of America.
- ESRI. (2013). World files for raster datasets.
- Esri. (2016). *Using the arctoolbox window*. Tilgjengelig fra: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/analyze/managing-tools-and-toolboxes/using-the-arctoolbox-window.htm>.
- Esri. (2018a). *Fill*. Tilgjengelig fra: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/fill.htm>.
- Esri. (2018b). *Flow direction*. Tilgjengelig fra: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/flow-direction.htm>.
- Esri. (2018c). *How fill works*. Tilgjengelig fra: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/how-fill-works.htm>.
- Esri. (2018d). *How flow direction works*. Tilgjengelig fra: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/how-flow-direction-works.htm>.
- Esri. (2018e). *How sink works*. Tilgjengelig fra: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/how-sink-works.htm>.
- ESRI. (2018f). *Merge*. Tilgjengelig fra: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/data-management/merge.htm>.
- Esri. (2018g). *Sink*. Tilgjengelig fra: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/sink.htm>.
- ESRI. (2018h). Spatial join.
- ESRI. (2018i). *Summarize nearby*. Tilgjengelig fra: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/analysis/summarize-nearby.htm>.
- ESRI. (2019). *About arcgis pro*. Tilgjengelig fra: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/get-started/overview-of-arcgis-pro.htm>.
- Geodata. ((u.å)). *Koordinatsystemer og projeksjoner*. Tilgjengelig fra: <https://www.geodata.no/guider/koordinatsystemer-og-projeksjoner>.
- Geospatial world. (2009, 1. september). *Geotiff - a standard image file format for gis applications*. Tilgjengelig fra: <https://www.geospatialworld.net/article/geotiff-a-standard-image-file-format-for-gis-applications/>.
- Geovekst. (2016, juni). *Produktspesifikasjon FKB_Vann 4.6*.
- Geovekst. (2018, 1. januar). *Produktspesifikasjon fkb-vann 4.61*.
- Geovekst. (2018, 17. oktober). *Produktspesifikasjon fkb-vann 4.61*. 5 utg. SOSI produktspesifikasjon. Tilgjengelig fra: https://register.geonorge.no/data/documents/Produktspesifikasjoner_FKB%20Vann_v5_produktspesifikasjon-fkb-vann-4_61_.pdf.
- Grinderud, K., Rasmussen, H., Nilsen, S., Lillethun, A., Holten, A. & Øystein Sanderud. (2008). *GIS - Geografien språk i vår tidsalder*. 2 utg. tapir akademisk forlag, Trondheim 2008.
- International orienteering federation. (2000). International specification for orienteering maps.
- Johnsen, N. E., Freo, M., Aasum, J.-H. & Rafael L. Maers. (2014, 7. mai). Kartprosjeksjoner.
- Kartprosjeksjon*. (2019, 11. april). Store norske leksikon.
- kartverk, S. (2015 mars). *Produksjon av basis geodata*. Tilgjengelig fra: <https://www.kartverket.no/globalassets/standard/bransjestandarder-utover-sosi/produksjon-av-basis-geodata.pdf>.
- Kartverket. (2017). Prosjektplan «primærdata innsjøer og vassdrag».

- Kartverket. (2018). *Fotogrammetrisk registreringsinstruks for FKB-vann*.
- Kartverket. (2018, 02. januar). *SOSI_Hode*. Tilgjengelig fra:
https://objektkatalog.geonorge.no/Objekttype/Index/EAID_9188F508_7A2A_453d_BCC6_C67DDA06B70B.
- Kartverket. (2018, 4.april). *Om geovekst-samarbeidet*. Tilgjengelig fra:
<https://www.kartverket.no/geodataarbeid/Geovekst/Om-Geovekst-samarbeidet/>.
- Kartverket. (2018, 13. august). *Sosi del 3 produktspesifikasjoner*. Tilgjengelig fra:
<https://www.kartverket.no/geodataarbeid/Standarder/SOSI/SOSI-del-3/>.
- Kartverket. (2018, 21. juni). *Sosi-standard del 2 generell objektkatalog*.
- Kartverket. (2019, 25. mars). *Om nasjonal detaljert høydemodell (NDH)*. Tilgjengelig fra:
<https://www.kartverket.no/Prosjekter/Nasjonal-detaljert-hoydemodell/om-nasjonal-detaljert-hoydemodell/>.
- Kartverket. (u.å). *Rapport «Primærdata vann og innsjø» prosjekt vann i Melhus*.
- Kay, D. C. & John R. Levine. (1992, 1. juli). *Graphics file formats*: Windcrest.
- Miljødirektoratet. (2016, 7. mars). *Overvann. Klimatilpasning*.
- Norsk klimaservicesenter. (2016, 25. april). *Klima i Norge 2100*
- Piatek, S. (2015, 2. april). *Measuring distance with light*. Hamamatsu Corporation & New Jersey Institute of Technology. Tilgjengelig fra:
<https://hub.hamamatsu.com/us/en/application-note/measuring-distance-with-light/index.html>.
- SOSI. (2018, 1. januar). *Sosi del 3 produktspesifikasjon for felles kartdatabase (fkb)*.
- UTM*. (2009, 15. februar). Store norske leksikon.
- Øystein B. Dick (NMBU). (2015, 13. oktober). *Gauss-Krüger projeksjon*. Store norske leksikon.
- Øystein B. Dick (NMBU). (2015, 21. oktober). *Geodetisk datum*. Store norske leksikon.

Vedlegg

Vedlegget inneholder utsnitt fra den utvidede, geometriforbedrede resultatfilens attributt-tabell.

OBJECTID	REGISTRERI	VERIFISERI	KVALITET_S	KVALITET_N	REGISTRE/KVALITET00	SOSI_TRANS	SOSI_OBJEK	MEDIUM	FRA_DATASETT	Shape_Length
1	4.6		3	165	FKB	24	22		MOD_FKB	206,138574
2	4.01	20140720	2	225	FKB	24	22		MOD_FKB	237,1149014
3	4.6		3	165	FKB	24	22		MOD_FKB	389,1253778
4	4.01	20140720	3	1600	FKB	24	22		MOD_FKB	120,2872329
5	4.01	20160606	3	1160	FKB	24	22		MOD_FKB	15,64714586
6	4.01	20160606	3	1600	FKB	24	22		MOD_FKB	221,4061367
7	4.01	20140720	3	1600	FKB	24	22		MOD_FKB	689,0044991
8	4.01	20160606	3	1160	FKB	24	22		MOD_FKB	268,2266126
9	4.01	20140720	3	1600	FKB	24	22		MOD_FKB	300,7442649
10	4.01	20160606	3	1600	FKB	24	22		MOD_FKB	117,4043242
11	4.01	20140720	3	1600	FKB	24	22		MOD_FKB	226,8471456
12	4.01	20160606	3	1160	FKB	24	22		MOD_FKB	76,50410503
13	4.01	20140720	3	1600	FKB	24	22		MOD_FKB	108,964225
14	4.01	20140720	3	1600	FKB	24	22		MOD_FKB	71,16581535
15	4.01	20140720	3	1600	FKB	24	22		MOD_FKB	219,9189001
16	4.01	20160606	3	1160	FKB	24	22		MOD_FKB	147,5508813
17	4.01	20160606	3	1160	FKB	24	22		MOD_FKB	164,4938311
18	4.01	20140720	3	1600	FKB	24	22		MOD_FKB	191,7106016
19	4.01	20140720	3	1600	FKB	24	22		MOD_FKB	135,7763244
20	4.01	20140720	3	1600	FKB	24	22		MOD_FKB	136,3395736
21	4.01	20140720	3	1600	FKB	24	22		MOD_FKB	110,1197938
22	4.01	20140720	3	1600	FKB	24	22		MOD_FKB	236,809116
23	4.01	20140720	3	1600	FKB	24	22		MOD_FKB	173,0429332
24	4.01	20160606	3	1160	FKB	24	22		MOD_FKB	20,12337654
25	4.01	20140720	3	1600	FKB	24	22		MOD_FKB	436,2269552
26	4.01	20140720	3	1600	FKB	24	22		MOD_FKB	380,8303044
27	4.01	20140720	3	1600	FKB	24	22		MOD_FKB	557,2431604
28	4.01	20140720	3	1600	FKB	24	22		MOD_FKB	113,9167262
29	4.01	20140720	3	1600	FKB	24	22		MOD_FKB	153,8244981
30	4.01	20140720	3	1600	FKB	24	22		MOD_FKB	436,0356078
31	4.01	20140720	3	1600	FKB	24	22		MOD_FKB	494,7166034
32	4.01	20140720	3	1600	FKB	24	22		MOD_FKB	250,1126713
33	4.01	20140720	3	1600	FKB	24	22		MOD_FKB	259,4494386
34	4.01	20140720	3	1600	FKB	24	22		MOD_FKB	297,2435171
35	4.01	20160606	3	1600	FKB	24	22		MOD_FKB	111,3396877
36	4.01	20140720	3	1600	FKB	24	22		MOD_FKB	467,8130102
37	4.01	20140720	3	1600	FKB	24	22		MOD_FKB	759,3713856
38	4.01	20140720	3	1600	FKB	24	22		MOD_FKB	263,0883479
39	4.01	20140720	3	1600	FKB	24	22		MOD_FKB	1204,90099

420	4.01	20140720	0	45	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	6,44550231
421	4.01	20140720	0	45	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	14,771002
422	4.01	20140720	0	45	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	49,22018676
423	4.01	20160606	0	32	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	154,1045838
424	4.01	20140720	0	45	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	47,75125246
425	4.02		0	45	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	19,79858833
426	4.01	20160606	0	32	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	15,12302879
427	4.01	20140720	0	45	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	25,99747103
428	4.01	20140720	0	45	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	72,31771567
429	4.01	20140720	0	75	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	90,22974167
430	4.01	20140720	0	75	FKB	24	22	4.6	U	FKB_vann	10,50379455
431	4.01	20140720	0	45	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	27,27734029
432	4.01	20140720	0	75	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	313,5238401
433	4.01	20140720	0	45	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	14,73405918
434	4.01	20140720	0	45	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	142,8152264
435	4.01	20140720	0	45	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	20,31492308
436	4.01	20160606	0	32	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	218,4232623
437	4.01	20160606	0	32	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	62,76530674
438	4.01	20140720	0	75	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	1,423607195
439	4.01	20140720	0	75	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	89,66711034
440	4.01	20140720	0	75	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	402,3358921
441	4.01	20140720	0	45	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	69,31721086
442	4.01	20160606	0	32	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	45,86982364
443	4.01	20140720	0	75	FKB	24	22	4.6	U	FKB_vann	16,36587914
444	4.01	20140720	0	45	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	306,2892889
445	4.6		0	55	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	92,72617682
446	4.01	20140720	0	45	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	129,1584915
447	4.01	20140720	0	45	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	201,3225425
448	4.6		0	35	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	23,87267413
449	4.01	20140720	0	75	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	10,89477677
450	4.01	20160606	0	32	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	77,77732801
451	4.01	20140720	0	75	FKB	24	22	4.6	U	FKB_vann	9,875677197
452	4.01	20140720	0	75	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	50,04258523
453	4.01	20140720	0	75	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	292,5179789
454	4.6		0	35	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	23,39422991
455	4.01	20140720	0	75	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	78,81412666
456	4.6		0	35	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	41,03541168
457	4.01	20140720	0	75	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	91,11483047
458	4.02	20160606	0	75	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	150,7510145
459	4.01	20140720	0	75	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	17,54289762
460	4.01	20140720	0	45	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	8,256536807
461	4.01	20140720	0	75	FKB	24	22	4.6		FKB_vann	57,87464022

2181	61	MOD	0,9999999999
2182	61	MOD	1,000000001
2183	61	MOD	4,828427123
2184	61	MOD	70,04574173
2185	61	MOD	59,19937854
2186	61	MOD	4,236067977
2187	61	MOD	210,9866481
2188	61	MOD	15,97893148
2189	61	MOD	2,236067977
2190	61	MOD	2,828427128
2191	61	MOD	0,9999999993
2192	61	MOD	3,162277661
2193	61	MOD	1,000000007
2194	61	MOD	28,63014581
2195	61	MOD	116,9539257
2196	61	MOD	1,414213558
2197	61	MOD	6,403124237
2198	61	MOD	0,9999999999
2199	61	MOD	1,000000002
2200	61	MOD	0,9999999999
2201	61	MOD	0,9999999999
2202	61	MOD	1,999999997
2203	61	MOD	1,000000001
2204	61	MOD	0,9999999996
2205	61	MOD	0,9999999999
2206	61	MOD	0,9999999996
2207	61	MOD	1,000000002
2208	61	MOD	0,9999999996
2209	61	MOD	0,9999999999
2210	61	MOD	0,9999999996
2211	61	MOD	0,9999999999
2212	61	MOD	0,9999999996
2213	61	MOD	1,414213556
2214	61	MOD	243,0547728
2215	61	MOD	4,123105627
2216	61	MOD	0,9999999999
2217	61	MOD	0,9999999999
2218	61	MOD	1,000000001
2219	61	MOD	5,414213566
2220	61	MOD	1,000000002
2221	61	MOD	142,9460449



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway