



Høgskulen  
på Vestlandet

# BACHELOROPPGAVE

Modellering og planlegging i 3D

Modelling and planning in 3D

Landmåling og eiendomsdesign

Institutt for byggfag

Veileder: Stig F. Samnøy

21.05.2021

Antall ord: 9068

**Eirik Bjørnsrud Tveiten og Tore Sætre Orten**

Vi bekrefter at arbeidet er selvstendig utarbeidet, og at referanser/kildehenvisninger til alle

kilder som er brukt i arbeidet er oppgitt, jf. Forskrift om studium og eksamen ved Høgskulen på Vestlandet, § 12-1.



2021

# MODELLERING OG PLANLEGGING I 3D

## LANDMÅLING OG EIENDOMSDESIGN

INSTITUTT FOR BYGGFAG  
HVL  
Bergen

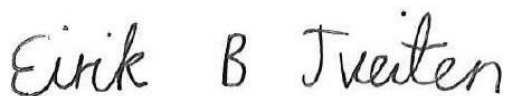
## Forord

Denne bacheloroppgaven er vår avsluttende oppgave innenfor studieprogrammet Landmåling og eiendomsdesign ved Høgskulen på Vestlandet. Oppgaven omfatter 20 studiepoeng og ble fullført våren 2021 ved Campus Bergen.

Temaet for oppgaven ble valgt med bakgrunn i at det er fremtidsrettet og var noe vi ønsket å teste ut. Arbeidet med denne oppgaven har bydd på mange utfordringer og har gitt oss et stort læringsutbytte.

Vi vil rette en stor takk til Høyskolelektor Stig Frode Samnøy for å ha skreddersydd en oppgave ut fra våre preferanser. Vi vil videre takke for all hjelp, gode råd og tilgjengelighet vi har fått i forbindelse med arbeidet, og ikke minst logistikken ved å få gjennomført arbeidet på prosjektområdet.

Mai, 2021



---

Eirik Bjørnsrud Tveiten



---

Tore Sætre Orten

## Sammendrag

Tredimensjonale kart har i den siste tiden blitt en mer anvendelig måte å representere virkeligheten på. Dette gir en mer realistisk og bedre visuell fremstilling av et område enn det et tradisjonelt todimensjonalt kart gir. Det er likevel ikke veldig vanlig at utbyggere, privatpersoner eller små bedrifter utarbeider slike modeller. Det er i Norge i dag ingen krav til at noe skal kartlegges eller planlegges i 3D, men slike modeller vil likevel kunne være nyttige til mange forskjellige formål.

I denne oppgaven har vi brukt terrestriel laserskanning sammen med tilgjengelig datagrunnlag for å sette sammen en 3D-modell av et område i Bjørnafjorden kommune. Med denne modellen som grunnlag har vi også 3D-modellert todimensjonale byggesaksplaner for å se hva slags utbytte en kan få av å visualisere disse i en GIS (Geografisk informasjonssystem)- basert programvare. Vi har også utforsket forskjellige metoder for å gjengi virkeligheten i en GIS-basert tredimensjonal modell med utgangspunkt i terrestriel laserskanning.

Resultatet av oppgaven viser at det er mulig å gjengi virkeligheten i 3D på en god måte i en GIS-basert programvare, og at dette er et veldig godt grunnlag for å visualisere og fremme fremtidige planer. Slike modeller vil kunne være funksjonelle for flere parter da de vil gi mer og tydeligere informasjon enn det todimensjonale kart og tegninger vil kunne formidle.

## Abstract

Three-dimensional maps have recently become a more useful way of representing the reality. This provides a more realistic and better visual representation of an area than what a traditional two-dimensional map provides. However, it is not very common for developers, private individuals or small businesses to develop such models. In Norway today, there is no requirement for mapping and planning to be in 3D, but such models will still be useful for many different purposes.

In this thesis we have used terrestrial laser scanning together with available data to put together a 3D model of an area in Bjørnafjorden, Norway. With this model as a foundation, we have also 3D-modeled two-dimensional construction case plans to see what kind of benefits one can get from visualizing these in a GIS (Geographic Information System) -based software. We have also explored various methods for reproducing reality in a GIS-based three-dimensional model, which is based on terrestrial laser scanning.

The result of the bachelor thesis shows that it is possible to reproduce in a good way the reality in a GIS-based software. It also shows that this is a good basis for visualisation and promoting contractual plans. Such models could be functional for several parties as they would provide a more clearly information than what two-dimensional maps and drawings would convey.

## Begrepsforklaring og utstyr/programvare

### GIS

Geografisk informasjonssystem brukes i mange forskjellige sammenhenger, men felles for dem alle er at dette er et system som betrakter geografisk informasjon. Det vil si at det betrakter data som beskriver jordoverflaten eller deler av denne (Røed, 2015 s. 9)

### BIM

Bygningsinformasjonsmodellering er en prosess for å lage virtuelle modeller av elementer som har tilknyttede egenskaper og relasjoner (Kolstad, 2014, s.10)

### TIN

The Triangulated Irregular Network er en representasjonsform som beskriver terrenget i form av hellende flater (trekanter) (Bernhardsen, 2006, s 101)

### DTM

Digital Terrain Model (digital terrengmodell) er en virtuell terrengmodell som gjenspeiler jordens overflate (Røed, 2015, s.191)

### DSM

Digital Surface Model (Digital overflate modell) er en virtuell modell som gjenspeiler jordens overflate samt alle objekter på den. (Grinderud m.fl, 2016, s.155)

### Mesh

En mesh er i denne oppgaven betegnet som en strukturell modell basert på polygon mellom punkter.

### TLS

Terrestrial Laser Scan (terrestrisk laser skanning) er en skanning utført med en bakkebasert laserskanner.

### Punktskymodell

Defineres i denne oppgaven som modell av punktsky i Leica Cyclone. For denne oppgaven benyttes begrepet for å forklare at en mengde punkter utgjør en modell av objekter.

### Leica Viva GS14

Leica Viva GS 14 er en GNSS RTK mottaker fra Leica med støtte for mobilt bredbånd. Det er et allsidig GNSS instrument som kan brukes til både statiske målinger og sanntids GNSS ved bruk av CPOS. (Leica Geosystems)

### Leica Viva TS15

Leica Viva TS15 er en totalstasjon som kan brukes til å måle inn punkter med god nøyaktighet.

### Leica Viva CS15

Leica Viva CS 15 er en målebok som en kan koble til både totalstasjoner og GNSS mottakere fra Leica.

### Leica ScanStation P20

Leica P20 er en rendyrket laserskanner. Den kan skanne inntil 1 million punkter per sekund og har en maksimal rekkevidde på 120 meter. Ved bruk til innmåling av targets inntil 50 meter har skanneren et standardavvik på 2 mm (Leica Geosystem)

### Leica ScanStation P50

P50 skanneren er en nyere modell enn P20 skanneren. Denne har en maksimal rekkevidde på 1 kilometer og kan skanne inntil 1 million punkter per sekund. Ved bruk til innmåling av targets inntil 50 meter har skanneren et standardavvik på 2 mm (Leica Geosystem)

### Leica GZT21 Scanning Target

Leica target til laserskanner er 4,5 tommer i radius og fungerer som en reflektor der totalstasjonen kan måle nøyaktig avstand til target. Blir brukt som referansepunkt i registreringen av punktskyer ved laserskanning.

### Leica rundprisme

Rundprisme fra Leica er en reflektor som brukes til å måle nøyaktig avstand fra totalstasjon.

### ArcGIS Pro

ArcGIS Pro er den nyeste GIS applikasjonen fra Esri. Med programvaren kan en visualisere, utforske og analysere geografisk data. Programvaren brukes til å produsere kart både i 2D og 3D som en kan dele videre gjennom Esri sine andre plattformer blant annet ArcGIS Online. (Esri).

### Gemini Oppmåling

«*Gemini Oppmåling er et program som bearbeider landmålingsdata*» (Powel Gemini).

Programmet utfører beregninger i form av utjevning på målinger, søker etter grove feil og gir mulighet for å analysere dataene fra målinger og kvalitetssjekke disse.

### Gemini Terrain 15

«*Gemini Terrenng er et allsidig 3D-verktøy som dekker oppgaver innen planlegging, prosjektering og utføring*». (Powel Gemini). Programmet egner seg godt til å håndtere terrenng i 3D, prosjektering av veier og plassering av bygninger.

### Autodesk Revit

Revit er en Bygningsinformasjonsmodellerings (BIM)-programvare som kan lage et komplett modellbasert design (Autodesk). Det er et fullført og profesjonelt program som egner seg godt til å designe koordinerte 3D bygningsinformasjonsmodeller.

### Leica Cyclone

Cyclone er en mye brukt programvare for prosessering av rådata fra laserskanner. Programmet nyttes til å registrere og redigere punktskydata. Cyclone er utviklet av Leica Geosystem, noe som gir rådataen en sømløs overgang fra Leica sine egne skannere til programvaren. (Leica Geosystems).

### Leica Cyclone 3DR

3DReshaper er et annet punktskyprosesseringsprogram fra Leica som er bedre egnet for 3D modellering av punktskydata (Leica Geosystems). En har her større redigeringsmuligheter og flere verktøy å bruke for å lage strukturelle modeller av punktskyer.

### Leica Infinity

Infinity er et profesjonelt landmålerprogram. Programvaren er dannet for å behandle, analysere, prosessere og kontrollere alt av måledata. Infinity egner seg svært godt for bearbeiding av vektorer etter statisk måling. (Leica Geosystems).



## Pointzip

Pointzip er en gratis programvare utviklet av Martin Isenburg for å konvertere store punktskyer fra 3D skanninger i PTS/PTX format til LAZ eller LAS formatet (Martin Isenburg).

# 1 Innhold

1	Innhold.....	9
2	Introduksjon .....	11
2.1	Bakgrunn for oppgaven.....	11
2.2	Problemstilling.....	12
2.3	Om prosjektområdet.....	13
2.4	Planer.....	14
2.5	Teori:.....	15
2.5.1	3D GIS (geografisk informasjonssystem).....	15
2.5.2	Bygningsinformasjonsmodellering (BIM) .....	17
3	Kartlegging og modellering av området.....	18
3.1	Feltarbeid .....	18
3.1.1	Befaring: .....	18
3.1.2	Statisk GNSS:.....	18
3.1.3	Totalstasjonsmålinger .....	19
3.1.4	Laserskanning .....	19
3.2	Databehandling og modellering.....	21
3.2.1	Georeferering av punktsky .....	21
3.2.2	Terrengmodell .....	23
3.2.3	Digitalisering av eksisterende bygninger.....	24
3.2.4	Fra plan til visning i modell.....	25
4	Resultat.....	27
4.1	Terrengmodell .....	27
4.2	Eksisterende bygg.....	28
4.3	Plan.....	30
4.3.1	Bruksnummer 75 .....	30
4.3.2	Bruksnummer 125 .....	31
4.3.3	Bruksnummer 142 .....	32
4.3.4	Bruksnummer 77 .....	34
4.3.5	Vei.....	36
4.4	Fullstendig sammensatt modell .....	37
5	Drøfting av resultater .....	39
5.1	Terrengmodell .....	39
5.2	Plan.....	40
5.3	Eksisterende bygg.....	41
5.4	Fullstendig sammensatt modell .....	43

6	Konklusjon .....	44
7	Videre arbeid .....	45
8	Litteraturliste .....	46
9	Vedlegg .....	48

## Figurliste:

Figur 1: Oversiktsbilde over området .....	13
Figur 2: Oversikt over aktuelle tomter .....	13
Figur 3: Målsatt plantegning (Sulebakk, 2017) .....	14
Figur 4: Fasadetegning (Sulebakk, 2017) .....	14
Figur 5: Illustrasjon som viser hvordan BIM og GIS treffer hverandre (Geodata.no, 2019). .....	17
Figur 6: Oversiktsbilde som viser landsnettpunkt i blått og prosjektområdet skravert i rødt .....	18
Figur 7: Oversiktsbilde som viser beregnede vektorer fra landsnettpunkt (SKAAT) til fastmerker .....	21
Figur 8: Sammensatt punktskymodell i Leica Cyclone .....	22
Figur 9: «Mesh» av skannet naust i Leica Cyclone .....	24
Figur 10: Illustrasjon av BIM-modeller .....	25
Figur 11: Veimodell av prosjektert vei i Gemini Terrain .....	26
Figur 12: Plassering av hus bnr. 142 .....	26
Figur 13: Terrengmodell mot sør-øst. ....	27
Figur 14: Nærbilde av terrenget ved bnr. 75 .....	27
Figur 15: Eksisterende bygninger, fasader mot nord. ....	28
Figur 16: Eksisterende bygninger, fasader mot nord-øst. ....	28
Figur 17: Nærbilde av naustmodeller .....	29
Figur 18: Hus på bnr. 75, fasade mot nord-øst. ....	30
Figur 19: Hus på bnr. 75, fasade mot sør-vest. ....	30
Figur 20: Hus på bnr. 125, fasade mot nord-vest .....	31
Figur 21: Hus på bnr.125, fasade mot sør-øst. ....	31
Figur 22: Hus på bnr. 142, fasade mot nord-vest .....	32
Figur 23: Hus på bnr. 142, fasade mot sør-øst. ....	32
Figur 24: Innenfra og ut bnr. 142. ....	33

## 2 Introduksjon

I Norge i dag så stilles det krav fra kommune og stat for å kunne gjennomføre store og små byggeprosjekter. Det begynner også å bli mer og mer vanlig at karttjenester visualiserer områder i 3D. Med dagens teknologi så ligger ting godt til rette for at boliger, infrastruktur og utbygging kan presenteres og planlegges i en tredimensjonal visning. Likevel ser vi at 2D fremdeles er det som blir hyppigst brukt. Hvor autentisk er det mulig å lage en tredimensjonal modell av et område med dagens teknologi, og hvor godt vil en kunne presentere planer i en slik modell?

### 2.1 Bakgrunn for oppgaven

3D-modellering er en prosess som resulterer i en digital representasjon av et tredimensjonalt objekt. Denne prosessen blir brukt i en rekke industrier blant annet innen arkitektur, bygg og anlegg, samt innen produktutvikling der visualisering, simulering og analyse er sentralt i prosessen. Spesielt i byggebransjen blir det stadig mer populært å anvende 3D-modellering med tanke på alle fordeler som dette gir. (Paul, 2018)

Den teknologiske utviklingen er i rivende utvikling. Dette gir blant annet arkitekter og ingeniører stadig nye og mer effektive metoder å jobbe med. Mye av det som før foregikk på tegnebord med penn og papir løses nå i avanserte programvarer med ytterligere funksjoner. Med denne utviklingen åpnes det opp for nye muligheter og en kan bevege seg fra å jobbe i 2D til å gå over i 3D. Ved å tilføye en ekstra dimensjon i arbeidet vil en kunne gjøre all planlegging på et høyere detaljnivå med en bedre visuell fremstilling. Hovedforskjellen mellom 2D og 3D er at 3D inneholder mye mer informasjon og den som ser og jobber med 3D slipper å forestille seg hvordan ting blir ut fra en flat tegning. (Paul, 2018)

Vi vet altså at fordelene med 3D er mange, men hva brukes 3D egentlig til i dag? «Feste» er et norsk firma som arbeider med landskap og arkitektur og skriver på sine hjemmesider at *«Formålet med 3D modeller kan være å etablere et godt grunnlag for planlegging, analyse og beregninger. Andre modeller utarbeides for å formidle/visualisere dagens og planlagt situasjon. Ofte benyttes modellene til begge deler»* (Torkildsen, Fjågesund).

«Geodata er markedsledende i Norge på geografiske informasjonssystemer og tilhørende teknologi» (Geodata). De tilbyr en tjeneste der en har mulighet til å laste ned en 3D-modell av et vilkårlig område i Norge. Denne tjenesten tilbyr 3D-modeller som skal gi mulighet for å prosessere dem i de beste verktøyene på markedet. Dette er modeller som produseres ved hjelp av FKB-data, ortofoto og laserdata fra kartverket. Ortofoto brukes for å teksturere bygninger og terreng. Laserdata brukes for å lage terrengmodell og vegetasjon. FKB-data gir bygningsmodeller, samt beriker modellen med detaljer som flaggstenger, gjerder, broer og liknende (Geodata,2020).

I denne oppgaven skal vi kartlegge og planlegge nye bygg og ny infrastruktur i et område bestående av fire tomter i Bjørnafjorden kommune. Det er utarbeidet planer for arealet, men byggeprosessen er i startfasen. Før utbygger går videre med planene er det ønskelig med detaljert visualisering av hvordan område kan bli seende ut om planene gjennomføres. En visuell modell vil være et naturlig tillegg til en søknad om byggetillatelse fra kommunen. Før kommunen skal vurdere planene vil utbygger vite at det er gjennomførbart og at resultatet tilfredsstillende utbyggeres egne forestillinger. I tillegg vil en 3D-visualisering av område gi et bedre mål på om potensialet som ligger i hver av tomtene blir utnyttet på best mulig måte.

## 2.2 Problemstilling

Formålet med oppgaven er å lage en tredimensjonal virtuell modell av området med de planer som utbygger ser for seg. Gjennom denne modellen ønsker vi å formidle dagens situasjon sammen med planlagt utbygging på en autentisk og nøyaktig måte. Vi har valgt å dele problemstillingen i en hovedproblemstilling og en underproblemstilling som følger:

*Hovedproblemstilling: hvordan lage en autentisk tredimensjonal modell av et prosjektområde på Fusa.*

*Underproblemstilling: hvordan gjøre todimensjonale planer om til 3D, og hvordan visualisere disse i modellen av området.*

## 2.3 Om prosjektområdet

Prosjektområdet ligger i Fusa som nå er en del av Bjørnafjorden kommune. Området ligger langs sjølinjen til Fusafjorden om lag to og en halv mil sørøst for Bergen.

Vår oppdragsgiver eier fire tomter i et allerede bebygd område i og ved strandsonen (se figur 1). Her finner vi primærboliger, sekundærboliger og naust.

De 4 tomtene vi skal se nærmere på er fradelte og ligger alle i et område som er regulert til nåværende boligbebyggelse i gjeldende kommunedelplan (Bjørnafjorden kommune, 2008).

Bruksnummer 75 er lokalisert helt ute på Saltneset og grenser til strandlinjen. Arealet er delvis bebygd med et naust knyttet til en større sjøbu på naboeiendommen. Det er ingen kjørbær vei som strekker seg ut til denne eiendommen.

Bruksnummer 125 og 142 grenser til hverandre og ligger i selve boligområdet, men har ingen strandlinje. Arealet er ubebygd, og terrenget har en slak helning. Deler av bruksnummer 125 ligger også innenfor 100 metersbeltet.

Bruksnummer 77 grenser til strandlinje. Eiendommen er delvis bebygd ved at det står et gammelt skur på tomten. Deler av tomten er relativt kupert.



Figur 1: Oversiktsbilde over området.



Figur 2: Oversikt over aktuelle tomter

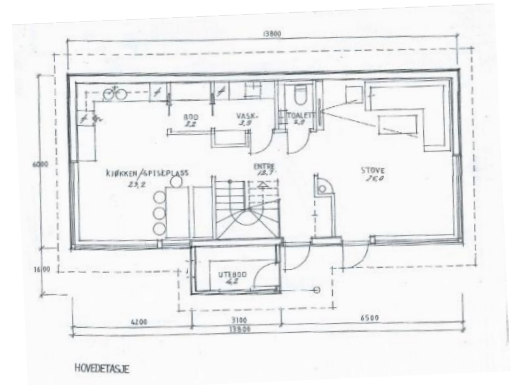
## 2.4 Planer

For å utnytte tomtene vil oppdragsgiver prosjektere boliger på alle fire eiendommene. Det er utarbeidet byggemeldingstegninger for hver av de fire tomtene. Dette er standard byggemeldingstegninger i 2D. I tillegg til dette er det planlagt en tilkomstvei frem til bruksnummer 77.

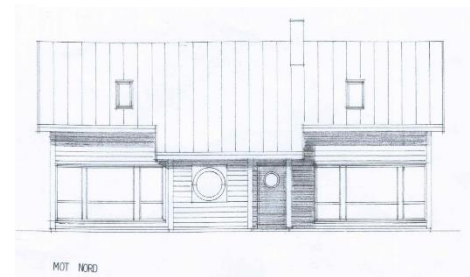
Byggemeldingstegningene er utformet av arkitekt Ivar Sulebakk, og gir et bilde av hvordan byggene kan utformes. Som vi ser på figur 3 og 4 så finnes det både målsatte plantegninger og fasadetegninger av byggene.

Siden området er regulert som nåværende og ikke fremtidig boligbebyggelse/fritidsbebyggelse i kommunedelplanen, vil det muligens kreve en omregulering før planene kan gjennomføres. I tillegg til en omregulering må det også søkes for å kunne oppføre nye bygninger jf. plan og bygningsloven §20-1 a). Det som er spesielt for flere av disse tomtene er at bygg på disse vil kunne havne innenfor strandsonen. I Norge er det et generelt byggeforbud innenfor hundremetersbeltet (PBL §1-8, 2008). Det vil derfor kreve særskilt dispensjon for å kunne gjennomføre disse planene, noe som stiller større krav til planleggingen.

Ved å gjøre planene fra 2D over til en tredimensjonal visualisering vil en kunne redusere usikkerheten i forhold til hva og hvem som blir berørt ved en slik utbygging. Dette arbeidet vil bidra til en bedre fremstilling av planene i en slik søknad, og det er slikt arbeid dette prosjektet vil belyse.



Figur 3: Målsatt plantegning (Sulebakk, 2017).



Figur 4: Fasadetegning (Sulebakk, 2017).

## 2.5 Teori:

### 2.5.1 3D GIS (geografisk informasjonssystem)

Elektronisk databehandlingsteknologi har gjort det mulig å bringe reelle geografiske fenomen inn i den virtuelle verden, og på denne måten representere en modell av den virkelige verden på en skjerm. Det kan sies at verden er tredimensjonal fordi alle fysiske objekter er plassert i «rommet». På samme måte kan vi si at en komplett datamodell av verden også bør basere seg på tre dimensjoner (Bernhardsen, 2006, s.14, 106). Ved å digitalisere den virkelige verden vil blant annet en kunne analysere, visualisere og planlegge ved hjelp av en datamaskin.

Det finnes flere ulike metoder for å hente inn data fra virkeligheten over til en digital arena. En god datamodell av virkeligheten vil representere realiteten med alt av tilhørende relevant informasjon. En av metodene som gir mye informasjon på kort tid og som er godt egnet til å skape digitale replika av 3D-objekter, er laserskanning (Vosselman og Maas, 2010, s. IX). Denne metoden digitaliserer alt som blir skannet i form av en punktsky. En terrestrisk laserskanner skanner objektene i «3D-rommet». Etter et slikt skann vil en sitte igjen med veldig mye stedfestet informasjon om området og objektene som har blitt skannet. Det ideelle ville vært å danne en datamodell med all denne informasjonen i et GIS (Geografisk informasjonssystem), men funksjonalitet og støtte for Terrestrial Laser Scan (TLS)-data støttes bare i varierende grad i dagens GIS-programvare av GIS-leverandører.

Terrenget representerer grunnlaget der alle andre objekter plasseres oppå og er dermed viktig for modellen. Terrengoverflaten representeres vanligvis i et eget data-lag i en lagdelingsmodell. Overflaten kan representeres som en Digital Surface Model (DSM) eller en Digital Terrain Model (DTM). Ved en tredimensjonal datamodell vil en DTM være mest hensiktsmessig, ettersom dette åpner for muligheten til å fremstille alle andre objekter separat. En av de mest vanlige måtene å danne en terrengmodell på er ved bruk av Triangulated Irregular Network (TIN). En av de vanligste metodene for å danne en TIN-modell er Delaunay triangulering. Denne metoden danner en kontinuerlig overflate utfra den geografiske sammenhengen mellom punkter som har tredimensjonale koordinater. Algoritmen baserer seg på punkter med x, y og z verdi. Mellom hvert par av punkter etableres det halveringslinjer, halveringslinjene møtes og trekantene dannes fra disse formasjonene (Bernhardsen, 2006, s.97 og 101-103).



Bernhardsen skriver at realiseringen av 3D-objekter i et GIS både har teoretiske og praktiske begrensninger (Bernhardsen, 2006, s.106). Tatt med i betraktningen at boken ble skrevet i 2006, kan vi med sikkerhet si at teknologien har utviklet seg siden det. Likevel finnes det fremdeles enda utfordringer og begrensninger i forbindelse med 3D-GIS.

For tredimensjonale objekter slik som bygninger og vegetasjon, finnes det nå flere metoder for å etablere disse i GIS-program. «*Norge digitalt-samarbeidet er et samarbeid mellom virksomheter som har ansvar for å fremskaffe stedfestet informasjon og/eller som er store brukere av slik informasjon*» (Geonorge). Gjennom dette samarbeidet er det opprettet en felles kartdatabase (FKB) over Norge. Denne fellesløsningen har gjort det mulig å masseprodusere tredimensjonale modeller. Bygningene har blitt tredimensjonale ved at informasjon om høyde og form på taket blir brukt for å trekke linjer ned til terrenget. Dette fører til at vi får en tredimensjonal representasjon av bygningene, men at bygningene mangler fasadeinformasjon. Det finnes også muligheter i GIS-programvare for å lage 3D-objekter med høyere detaljnivå (McCabe, Esri). Dette krever rikelig med bilder av bygningene til tekstur, samtidig kreves det manuelle operasjoner for å gjenskape byggets fasader på et høyere detaljnivå enn bare glatte vegger.

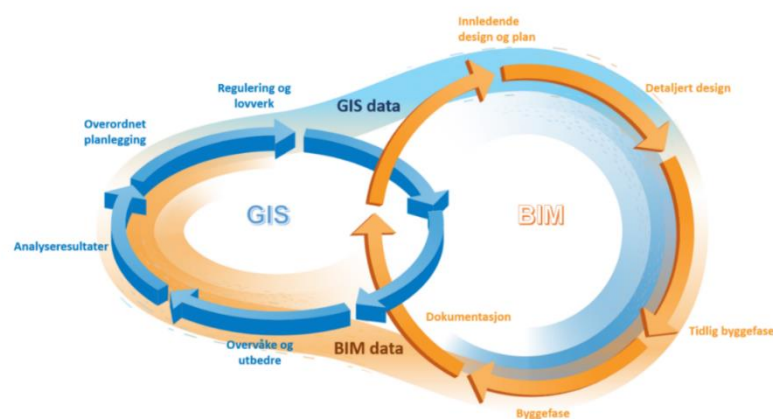
## 2.5.2 Bygningsinformasjonsmodellering (BIM)

BIM er definert av internasjonale standarder for digital representasjon av fysiske og funksjonelle egenskaper til ethvert bygget objekt (Volk m.fl, 2014). Vi kan skille mellom selve objektmodellen og modelleringsprosessen. Objektmodellen er resultatet du sitter igjen med, mens modelleringsprosessen er handlingsmønsteret for å komme frem til resultatet.

Modellering er å sette sammen virtuelle tredimensjonale elementer til en virtuell sammenhengende tredimensjonal modell. En bygningsinformasjonsmodell er altså en modell som innehar ulike elementer med hver sine egenskaper. Disse elementene har også relasjoner til andre elementer. Eksempel på dette kan være en dør som har egenskaper i form av materiale, med en tilknytning til en vegg. (Kolstad, 2016, s.10)

Den virtuelle modellen en får ved bruk av BIM er også velegnet til å visualisere elementenes egenskaper. En vegg med en spesiell type kledning vil skildre dette på en god måte rent visuelt med både farge, ruhet og tykkelse. Dette gjør at den visuelle modellen en sitter igjen med blir veldig realistisk og kan egne seg godt til fremstilling i GIS.

De siste årene har GIS og BIM fått en tettere relasjon. Relasjonen mellom disse to verdenene ble dannet som følge av at ESRI og Autodesk som er markedsledende i hver sin verden inngikk et samarbeid. Dette samarbeidet har ført til at arbeidsflyten går lettere og at visualisering, planlegging og analysering nå blir enda enklere å utføre. (Halland, 2019). GIS gir mer informasjon til BIM ved å gi BIM en sammenheng til et eksisterende miljø. Dette gir designere og ingeniører muligheten til å utforske å evaluere design og konstruksjon utfra omgivelsene. På samme måte vil BIM kunne berike GIS med både nøyaktige og avanserte modeller som vil gi et bedre overblikk over inngrep og utbedring av areal (Autodesk, 2018, s.2). Det finnes dog fremdeles uløste oppgaver i samvirke mellom GIS og BIM.



Figur 5: Illustrasjon som viser hvordan BIM og GIS treffer hverandre (Geodata.no, 2019).

### 3 Kartlegging og modellering av området

En metode er en systematisk fremgangsmåte for å komme frem til et resultat. I dette kapitlet skal vi forklare ulike fremgangsmåter vi har brukt for å komme frem til løsningen på problemstillingen vår.

#### 3.1 Feltarbeid

For å skaffe et godt datagrunnlag for videre arbeid, må vi ut i feltet for å samle inn data ved hjelp av ulike landmålingsmetoder og sensorteknologi. Nedenfor vil vi forklare hva slags metoder som har blitt tatt i bruk, og litt om hvorfor vi har valgt å gjøre nettopp dette.

##### 3.1.1 Befaring:

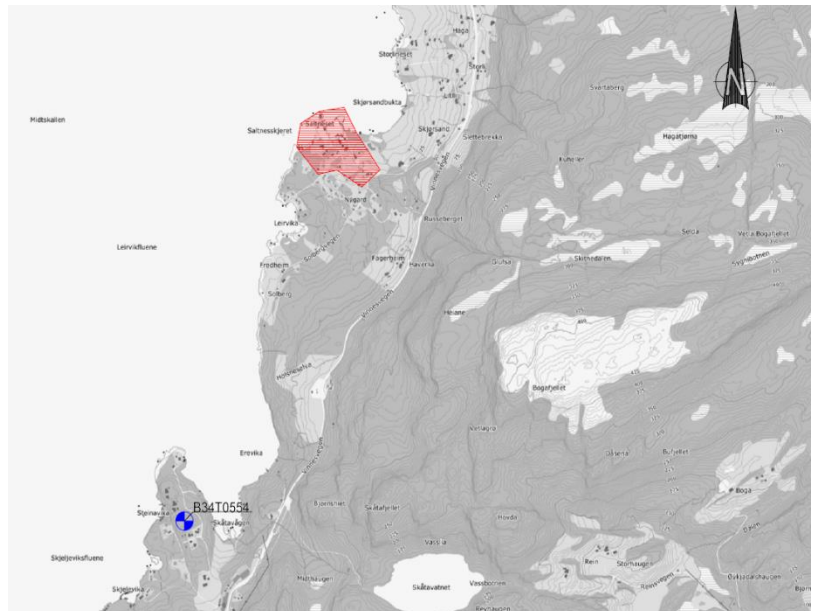
Gruppen dro til Fusa for å se på området. Vi hadde sett planene for området, og trengte å se hvordan området så ut i virkeligheten. Dette ga oss et bedre utgangspunkt til videre planlegging av prosjektet.

Planlagt vei ble synfart og punkter langs veien ble målt inn med sanntids GNSS. Dette for å danne et utgangspunkt for videre prosjektering av vei.

##### 3.1.2 Statisk GNSS:

For å etablere kjente punkter i området målte vi statisk GNSS fra et kjent punkt i nærheten.

Statisk GNSS er en målemetode der en loggfører posisjon fra to eller flere punkter samtidig, for så å beregne en vektor mellom nevnte punkter. (Ghilani, 2017, s.345). Vi brukte et eksisterende landsnettpunkt i nærheten av prosjektområde som referansepunkt. Landsnettpunktet som ble brukt har punktnummer B34T0554, og er lokalisert sør-vest for prosjektområdet (se figur 6). Dette punktet har en oppgitt nøyaktighet på 1 cm i grunnriss og 3 cm i høyde.



Figur 6: Oversiktsbilde som viser landsnettpunkt i blått og prosjektområdet skravert i rødt

Referansepunktet vårt er en del av landsnettet som er utviklet av kartverket og ble ferdigstilt i 2008 (kartverket, 2009). På grunn av de høye nøyaktighetskravene som kreves av landsnettet, egner de seg svært godt som referansepunkt ved statiske målinger.

Statisk GNSS gir en høyere nøyaktighet enn vanlig sanntids GNSS. På grunn av nærheten til strandsonen, ønsket vi to punkter med høy nøyaktighet. Det som planlegges i strandsonen setter vi høyere nøyaktighetskrav til i modellen vår, ettersom det også settes høye krav for utførelse i disse sonene.

### 3.1.3 Totalstasjonsmålinger

Totalstasjon ble brukt for å gi targets koordinater i EUREF89 UTM, sone 32. Det ble etablert en fri oppstilling ved bruk av to eller flere kjente punkter. Kjentpunktene ble laget enten med statisk GNSS eller ved sanntids GNSS. Targets ble så strategisk utplassert for best mulig geometri, og målt inn med totalstasjonen Leica TS 15.

Fri oppstilling er en metode der en stiller opp totalstasjonen på et uavhengig sted og måler avstand, retning og vertikalvinkel til minimum to kjente punkter for å fastsette posisjonen til totalstasjonen. Instrumentet vil da utføre en utjevning som gir den en posisjon best tilpasset observasjonene og de kjente punktenes koordinater. I en fri-oppstilling er overbestemmelser helt essensielt for blant annet å være i stand til å avsløre grove feil. For å oppnå overbestemmelser kreves det flere observasjoner enn ukjente parametere.

Ved å bruke totalstasjon som innmålingsverktøy vil koordinatene på targets få høyest mulig nøyaktighet noe som også vil kunne gjenspeile seg i registreringen av punktskyene.

### 3.1.4 Laserskanning

Vi ønsket å danne en detaljert punktsky av bygninger, terreng og vegetasjon slik situasjonen er nå. For å oppnå dette brukte vi bakkebasert laserskannere, av typen Leica P20 og P50, og skannet spesifikt de områdene som det er planlagt utbygging på. Vi gjennomførte totalt 5 skanninger for å få tilstrekkelig med data over utbyggingsområdene.

Targets ble som nevnt plassert ut på områdene som ble skannet med forskjellig avstand og plassering for å oppnå god geometri i forhold til skanneren. Vi ga oss selv et krav om at hver stasjon skulle ha sikt til minimum 3 koordinatfestede targets, slik at vi alltid har overbestemmelser.

For å slippe og måle inn nye targets med totalstasjon for hver gang vi flyttet skanneren, så passet vi på å sette ut nye targets i tillegg til de som ble målt inn. På denne måten fikk vi målt inn og koordinatfestet nye targets med skanneren.

Siden målet med skanningen var å lage en autentisk modell av område, valgte vi å skanne med en høy punkttetthet. Vi gjennomførte skann med parameterinnstillinger som gir en punkttetthet på 3.16mm ved en avstand på 10 meter. Vi tok også med bilder på skannet for å få muligheten til å fargelegge punktskyen med realistiske farger.

## 3.2 Databehandling og modellering

Etter datainnsamlingen må dataene prosesseres, og arbeidet med modellen kan begynne. Veien fra rådata til 3D-modell i ArcGIS var en omfattende prosess som krevde tilpasning.

### 3.2.1 Georeferering av punktsky

Rådataene fra skanningen ble registrert i Leica Cyclone. Alle dataene ble georeferert til EUREF89 UTM, sone 32, for å kunne sy sammen punktskyene våre til en punktskymodell samtidig som det får reelle og nøyaktige koordinater. Georeferering er å gi data geografisk lokasjon i et referansesystem. (Yao, 2009). EUREF89 er den geodetiske referanserammen for Norge, og er derfor den projeksjonen vi velger å bruke til vår modell. (Rød, Mæhlum 2021).

Rådataene fra statisk GNSS ble prosessert for å koordinatfeste de to nye fastmerkene i området. Til dette gjøremålet ble programvaren Leica Infinity brukt, og deretter ble det kjørt en utjevning på vektorene og punktene i Gemini Oppmåling. (se vedlegg 4)



Figur 7: Oversiktsbilde som viser beregnede vektorer fra landsnettpunkt (SKAAT) til fastmerker

Rådata fra 5 uavhengige skanninger koblet vi sammen til en georeferert punktsky i Leica Cyclone. For å stedfeste de ulike punktskyene, ble targets koordinatfestet og nyttet som referansepunkt for georefereringen. Etter registreringen ble det som var 5 uavhengige punktskyer til en punktskymodell med korrekte koordinater i EUREF89. Nøyaktigheten etter registreringen i Cyclone ble på 3 mm (se vedlegg 3 for flere detaljer) noe som gir oss en god indikasjon på at punktskymodellen er ganske nøyaktig georeferert.

Punktskymodellen i Cyclone med realistiske farger ga en god visuell fremstilling av områdene som ble skannet. Dette ble utgangspunktet for videre arbeid med modellen.



Figur 8: Sammensatt punktskymodell i Leica Cyclone

### 3.2.2 Terrengmodell

Fundamentet for en 3D-modell av et område er terrenget. Vi dannet en Digital Terrain Model (DTM) av terrenget ved å bruke data fra egne skanninger, og data over område fra høydedata. En DTM er en digital fremstilling av eksisterende terreng. (NGU, 2015).

Siden vi hadde detaljerte punktskyer over store deler av område ønsket vi å bruke disse for å gjøre terrengmodellen så nøyaktig som mulig. Vi segmenterte punktskyen i flere klasser; terreng, vegetasjon, bygninger og andre objekter og arbeidet med disse individuelt.

For å danne en fullstendig DTM av prosjektområdet vårt, velger vi å bruke høydedata for å tette de hullene som oppstår etter rensk og ved blindsoner. Høydedata er en gratistjeneste fra kartverket som lar brukerne laste ned punktskyer basert på laserskanning fra fly. (Kartverket,2021). Vi brukte datasett NDH Tysnes-Fusa 2 pkt 2016 med en punktavstand på 0,5 meter og lastet de ned i det samme koordinatsystemet som vi benytter.

Terrengmodellen dannet vi i ArcGIS Pro ved å bruke Geoprosesseringsverktøyene i programvaren. For å få punktdataene inn i ArcGIS Pro må de være i et format som programvaren støtter. Siden ArcGIS Pro er en GIS-programvare har den begrenset funksjonalitet i forhold til punktskydata som kommer fra bakkebasert laserskanner. Filtypen som ArcGIS Pro benytter til å jobbe med punktskydata er LAS-format. LAS er et standard filformat for utveksling av lidardata, men blir oftest brukt for flybåren laserskanning (Esri). Fra høydedata valgte vi området vårt og lastet ned punktskyene direkte som LAS-format. For terrengpunktene i punktskymodellen brukte vi pointzip som er et «open source-program», eller gratisprogram, som konverterte punktfilen som ble eksportert fra Cyclone til en LAS-fil.

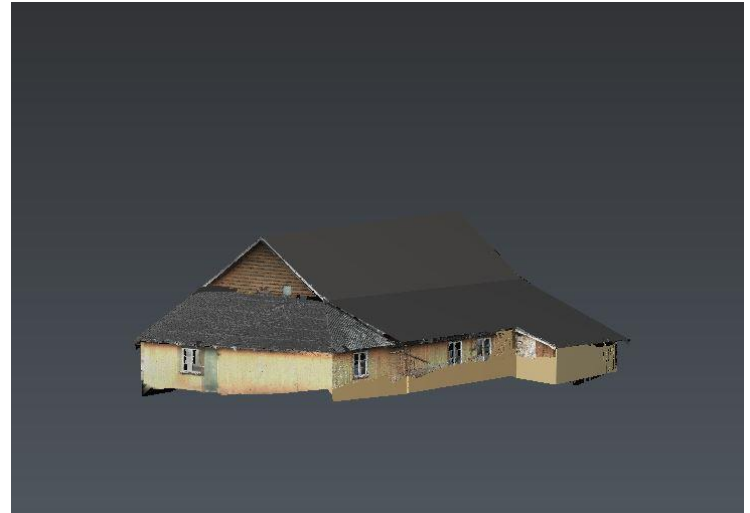
Den digitale terrengmodellen dannet vi i ArcGIS Pro ved hjelp av verktøyet «LAS dataset to TIN». Dette ga oss en TIN-modell av terrenget basert på både vår egen datainnsamling og høydedata.



### 3.2.3 Digitalisering av eksisterende bygninger

For å isolere bygningen fra resten av punktskymodellen brukte vi Leica Cyclone og rensket manuelt, slik at vi satt igjen med en så ren punktsky av bygningen som mulig. Denne importerte vi så inn i Cyclone 3DR.

Punktskyen av bygningen var noe ufullstendig da skanneren hadde noe blindsoner. Sonene med hull modellerte vi manuelt slik at bygningsmodellen ble så fullstendig som mulig. Videre dannet vi en 3D-mesh av bygningen for å komprimere og danne et objekt av punktskyen. Denne fikk så tekstur fra fargene på punktskyen. Ved prosessen fra punktsky til 3D-mesh så dannes en struktur av punktskyen bestående av polygoner med referanse i x, y og z verdien til punktene i punktskyen. (Tech Target Contributor, 2016).



Figur 9: «Mesh» av skannet naust i Leica Cyclone

Denne prosessen ga oss muligheten til å kunne eksportere objektet som OBJ-fil for videre arbeid.

Ved å digitalisere eksisterende bygninger vil en oppnå en mer komplett 3D-modell. En vil få en mye mer realistisk visualisering av området, og i videre arbeid vil en ha bedre forutsetning for å ta hensyn til eksisterende bygninger.

Modellen av bygningen importerte vi så inn i ArcGIS Pro ved å bruke verktøyet import 3D-files. Dette verktøyet gjør 3D objektet vårt om til en multipatch feature class som er ArcGIS sin 3D-objekt-fil (Esri).

For å få inn eksisterende bygninger som vi ikke hadde nok skannedata på, hentet vi FKB-data fra Geodata online. Disse er ferdig produsert og tilpasset for bruk i ArcGIS Pro. Vi la disse inn i modellen og de plasserte seg på sine respektive plasser. Siden vi også hadde dannet egne modeller så fjernet vi FKB-modellene der vi hadde egenproduserte modeller av bygninger.

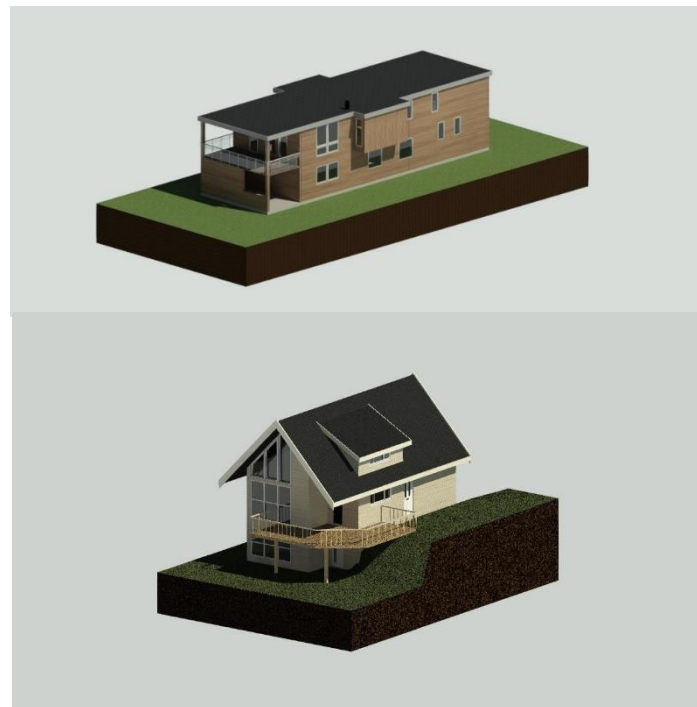
### 3.2.4 Fra plan til visning i modell

Med alt eksisterende på plass i modellen er det på tide å få inn visualiseringen av planer for område. Som nevnt er det 4 nye bygg og forlengelse av en vei som er tiltenkt. Målet er å gi en best mulig visuell fremvisning av hvordan området kan bli seende ut hvis planene gjennomføres.

Planlegging over prosjektområdet er igangsatt og noen tegningsforslag er utarbeidet.

Tegningsgrunnlaget av bygninger, og utbyggers tanker om veistrekning er vårt utgangspunkt for modelleringen.

For å få en visning av nye bygg i modellen utarbeidet vi BIM-modeller fra arkitekttegnede 2D tegninger. BIM er en datamodell som inneholder informasjon om det som skal bygges. (Cobulider, 2016). Med utgangspunkt i arkitekttegnene, har vi dannet enkle BIM-modeller av eksteriøret for de planlagte bygningene. Vi dannet husmodeller med 3D-geometri der vi har gitt objektene egenskaper som farge og materialtype. Vi har valgt å ikke legge noe vekt på den indre fremstillingen, ettersom det ytre er det som vil bli fremvist i vår modell.



Figur 10: Illustrasjon av BIM-modeller

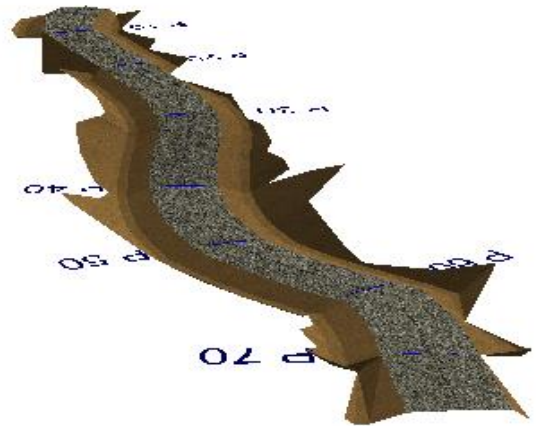
BIM-modellene ble utformet i Revit. Plantegningene ble nyttet til å gi konstruksjonen korrekte mål. For den visuelle utformingen brukte vi fasadetegningene som utgangspunkt for å plassere og bestemme utforming for vinduer, dører og andre detaljer.

Den tiltenkte veien prosjekterte vi i Gemini Terrain med utgangspunkt i innmålte koordinater. Denne ble prosjektert etter standarden til en A1-vei. Dette er en veiklasse som blir brukt for adkomstvei til spredt bebyggelse (statens vegvesen).

Terrenggrunnet hentet vi fra høydedata, vi tegnet inn veistrekningen og prosjekterte denne i henhold til terrenget.

Siden planene også skulle inn i modellen måtte BIM-modellene også importeres inn i ArcGIS Pro. BIM-modellene har en flytende overgang fra Revit til ArcGIS Pro så vi kan importere prosjektfilen direkte inn. Ved hjelp av Gemini Terrain tegnet vi opp omrisset av byggene og plasserte de rasjonelt på de respektive tomtene (se figur 12). Plasseringen av bygningene eksporterte vi ut i DXF-format og importerte inn i ArcGIS, på denne måten kunne vi snappe BIM-modellene til riktig plassering.

For å fremvise den prosjekterte veien i modellen, eksporterte vi veimodellen ut i 3DS format som vi deretter importerte inn i ArcGIS Pro som 3D fil.



Figur 11: Veimodell av prosjektert vei i Gemini Terrain.



Figur 12: Plassering av hus bnr. 142.

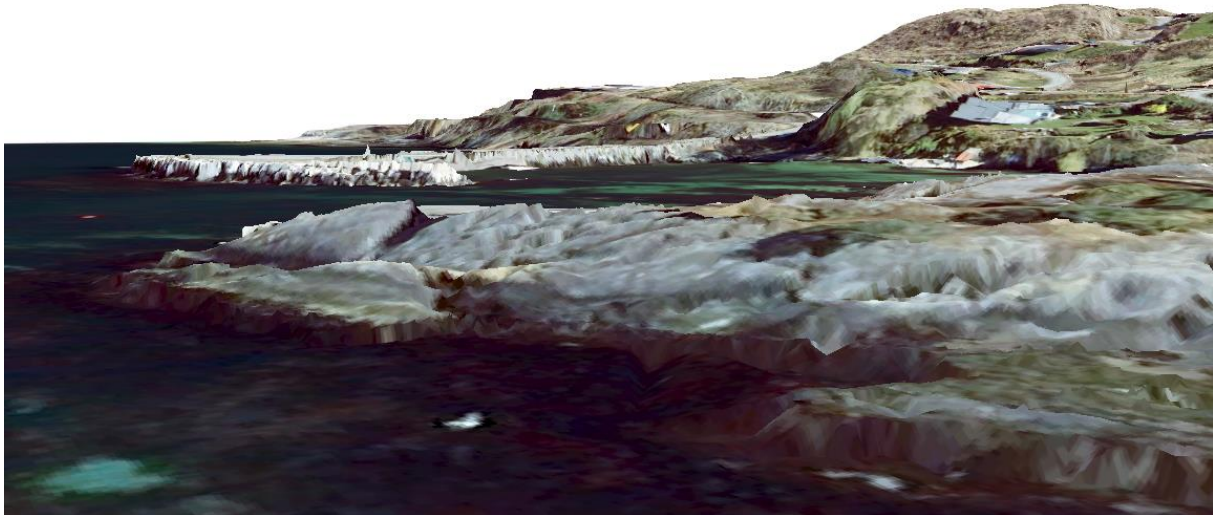
## 4 Resultat

### 4.1 Terrengmodell



Figur 13: Terrengmodell mot sør-øst.

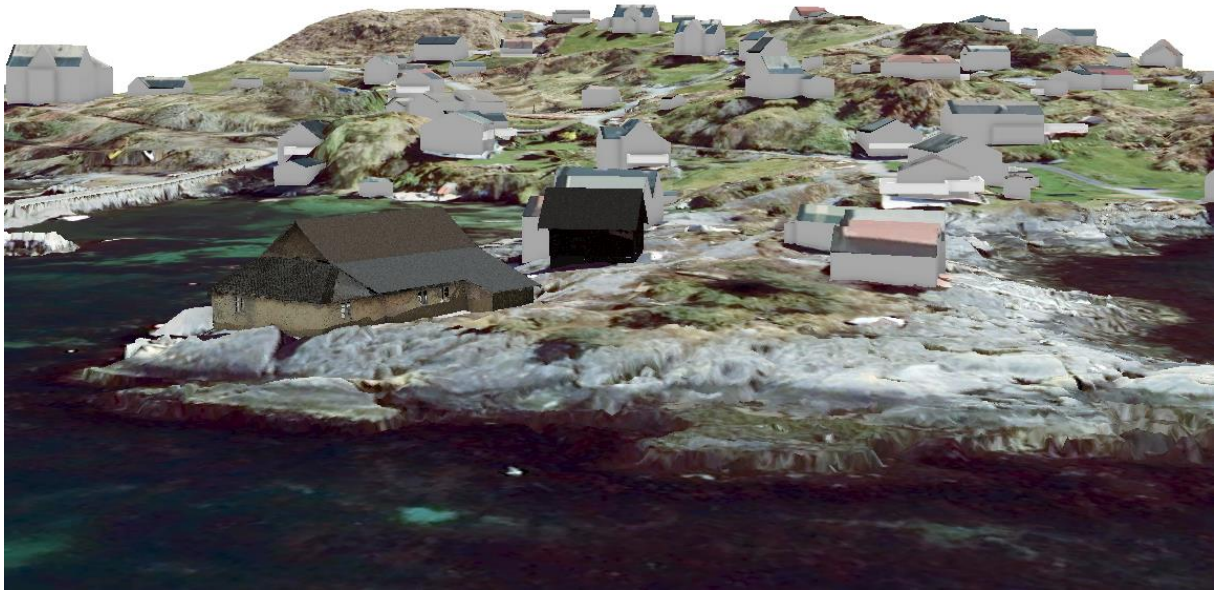
Figur 13 viser terrengmodellen i 3D. Det er drapert ortofoto over for å få tekstur på modellen. Terrengmodellen er fullstendig og samsvarer godt med hvordan terrenget er på området.



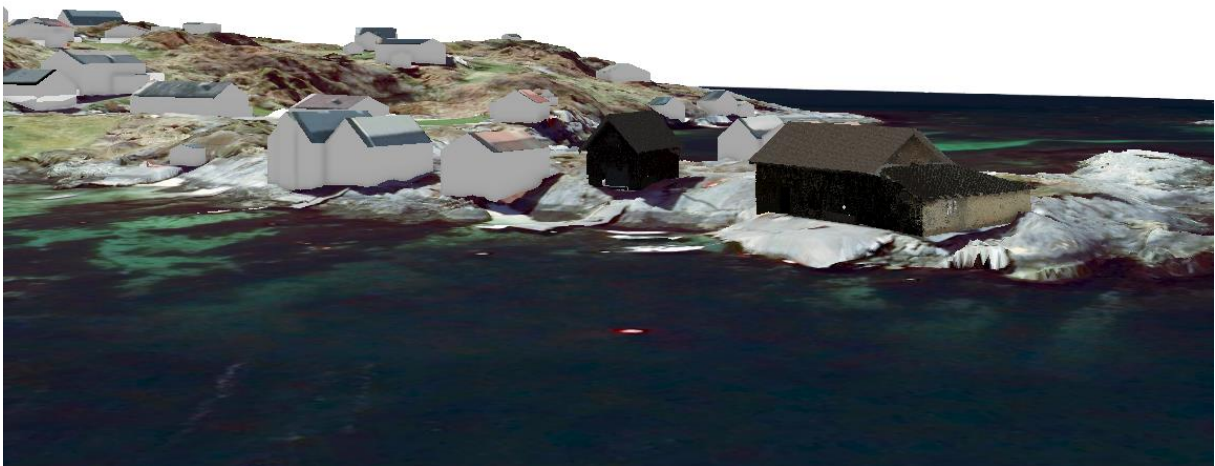
Figur 14: Nærbilde av terrenget ved bnr. 75.

Figur 14 viser et av områdene der punkter fra terrestrisk skanning også har vært en del av dataen som ble brukt for å lage modellen. Her vises kurvaturen på berget veldig nøyaktig.

## 4.2 Eksisterende bygg

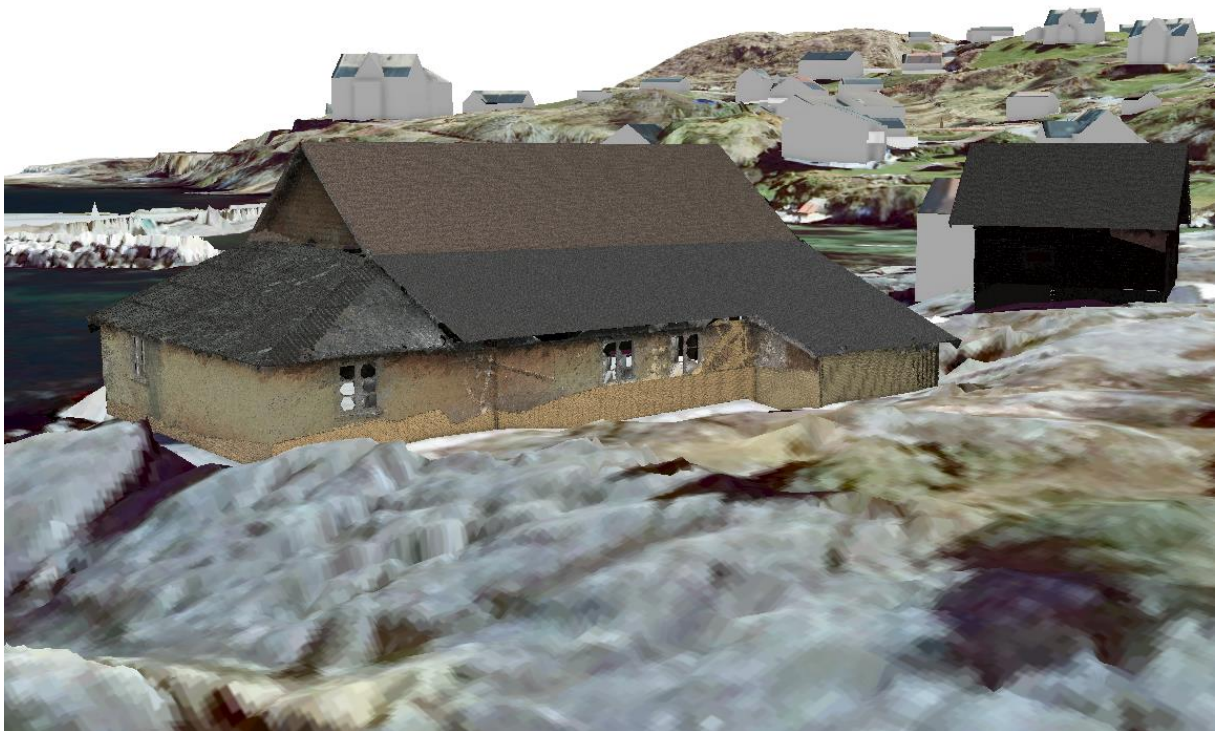


*Figur 15: Eksisterende bygninger, fasader mot nord.*



*Figur 16: Eksisterende bygninger, fasader mot nord-øst.*

Figur 15 og 16 viser modellen med FKB bygninger fra Geodata online og våre modeller av de skannede naustene. Disse er plassert på sine representative plasseringer på terrenngmodellen.



*Figur 17: Nærbilde av naustmodeller*

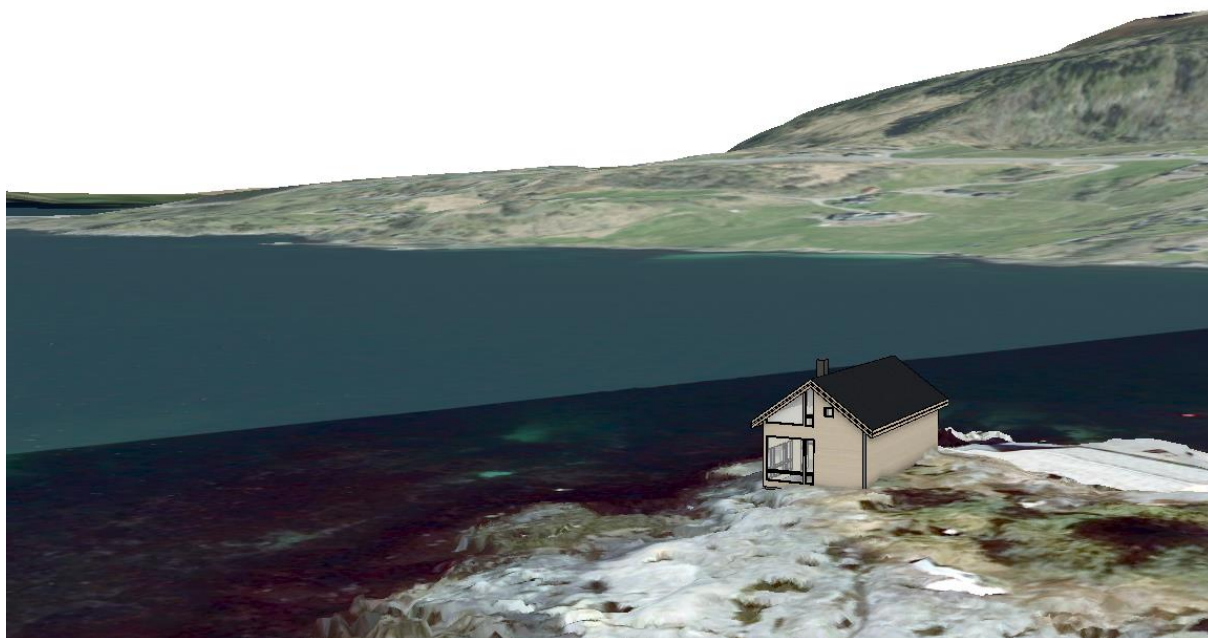
Figur 17 viser nærbilde av hvordan de skannede naustene ble seende ut i modellen. Som vi ser så gir det en relativt realistisk fremvisning av naustene kontra FKB bygningsmodellene.

## 4.3 Plan

### 4.3.1 Bruksnummer 75



Figur 18: Hus på bnr. 75, fasade mot nord-øst.



Figur 19: Hus på bnr. 75, fasade mot sør-vest.

Figur 18 og 19 viser det planlagte huset på bruksnummer 75. Huset ligger helt ute ved strandlinjen og legger seg godt i terrenget til tross for kupert terreng. Vi ser også at det kan oppstå utfordringene med å plassere et hus så nærme strandsonen som dette.

#### 4.3.2 Bruksnummer 125



Figur 20: Hus på bnr. 125, fasade mot nord-vest.

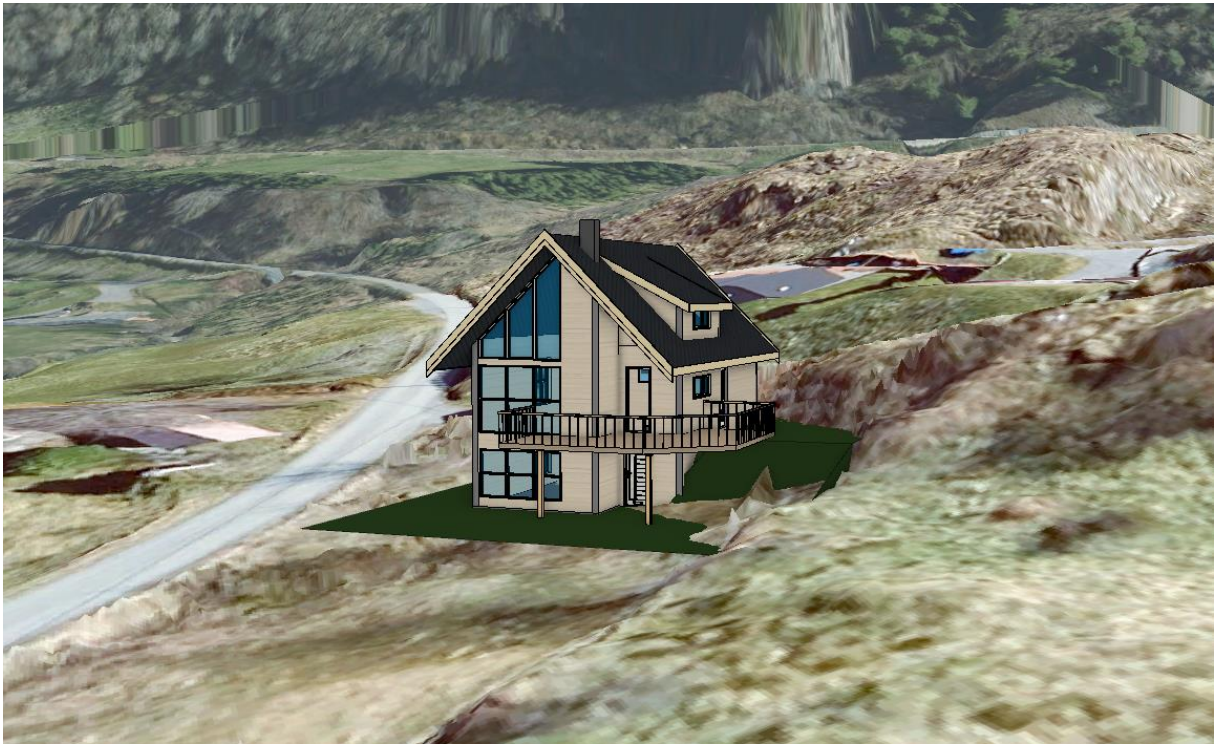


Figur 21: Hus på bnr.125, fasade mot sør-øst.

Det tiltenkte huset på bruksnummer 125 er et funksispreget hus med innebygd garasje. Bygget legger seg fint i terrenget med gode solforhold og enkel tilgang fra vei som vi ser på figur 20 og 21.



### 4.3.3 Bruksnummer 142



Figur 22: Hus på bnr. 142, fasade mot nord-vest.



Figur 23: Hus på bnr. 142, fasade mot sør-øst.

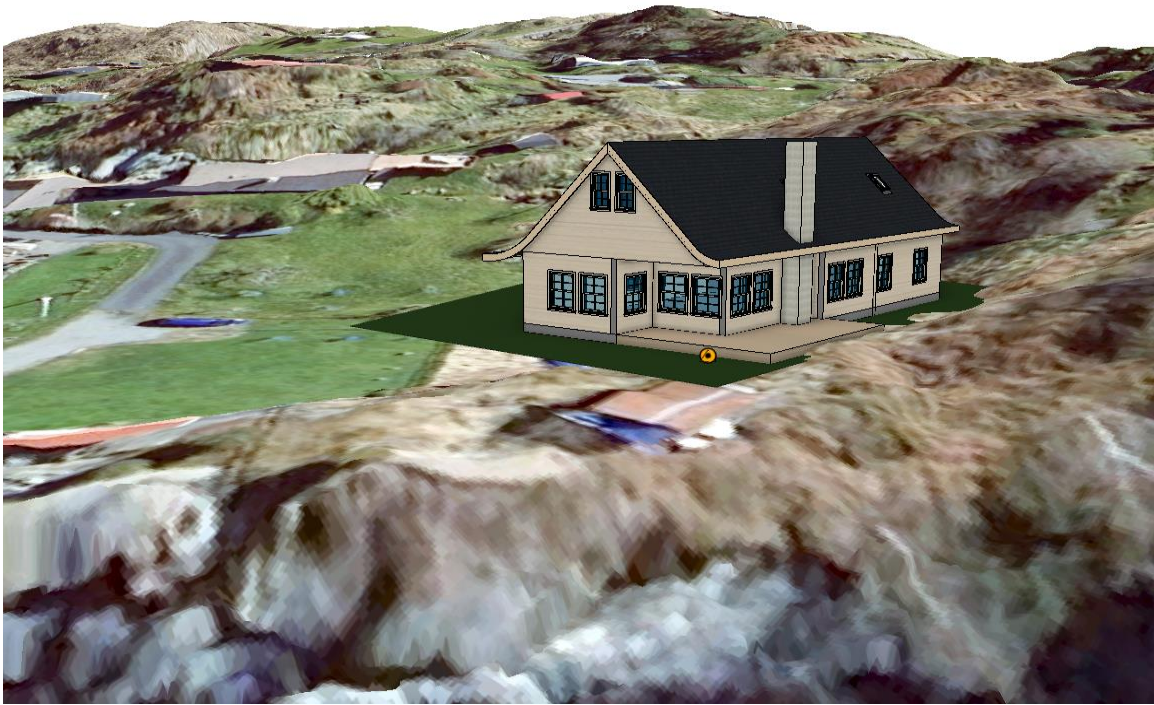
Bygget på bruksnummer 142 er plassert så langt sørøst på tomten som det lar seg gjøre. Dette gjør at bygningen ligger fint i terrenget og har gode muligheter for en hage. Terrassen har gode solforhold og en flott utsikt mot Fusafjorden.



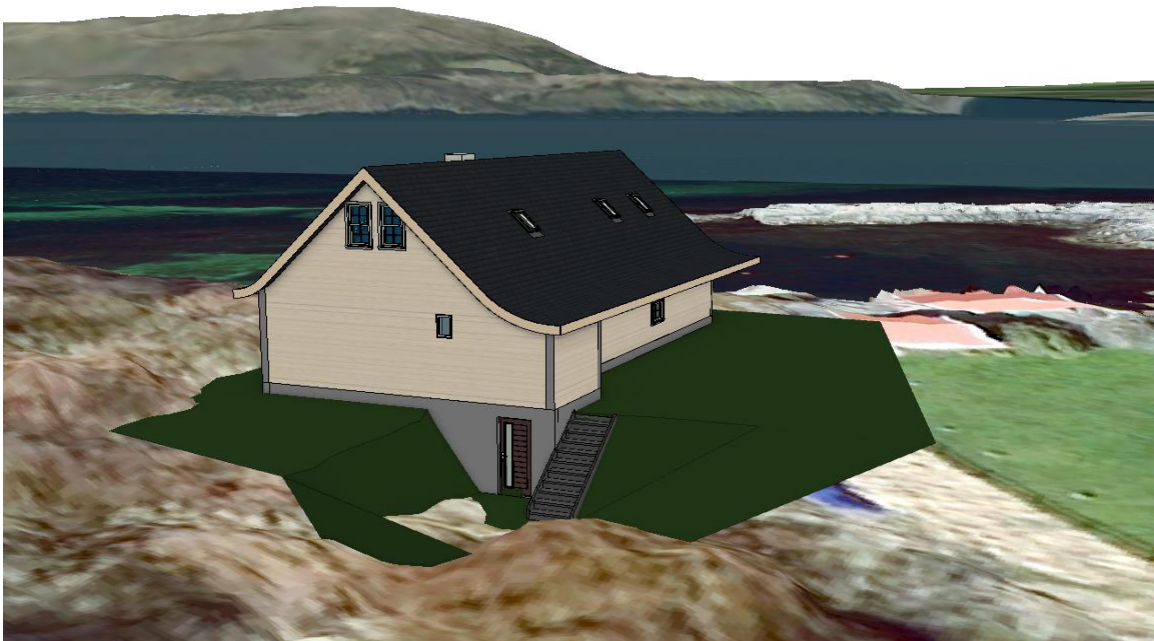
*Figur 24: Innenfra og ut bnr. 142.*

Figur 24 gir et innblikk i hvordan utsikten vil være fra terrassen i nordgående retning. En slik type illustrasjon gir muligheten til å visualisere hvordan det er å vandre ut mot terrassen på huset allerede før det første spadetaket er tatt.

#### 4.3.4 Bruksnummer 77



Figur 25: Hus på bnr. 77, fasade mot nord-vest



Figur 26: Hus på bnr. 77, fasade mot sør-øst.

Bygget på bruksnummer 77 er et større bolighus med kjeller. Bygget vil ligge helt nede mot strandlinjen og vil kunne ha en naturlig nærhet til sjøen. Som vi ser på figur 26 og 27 så vil bygget ligge på en høyde som vil gi en flott utsikt.



*Figur 27: Terrengproblematikk.*

Figur 27 viser utfordringene med dette bygget på denne tomten. Ettersom terrenget skråner så mye som det gjør så vil en måtte utøve relativt store inngrep i terrenget i form av fylling for å realisere bygget som vist på modellen. Dette er noe som er veldig enkelt å se i denne modellen.

#### 4.3.5 Vei



*Figur 28: Veimodell i terrenget.*

Figur 28 viser den prosjekterte veimodellen i terrenget. Her får vi et godt innblikk i hvordan veien vil gå sammen med nåværende terrenget. Vi får illustrert fyllinger som vil oppstå for å realisere veien, samtidig så ser vi at veien blir borte i terrenget der det vil være nødvendig med skjæring.

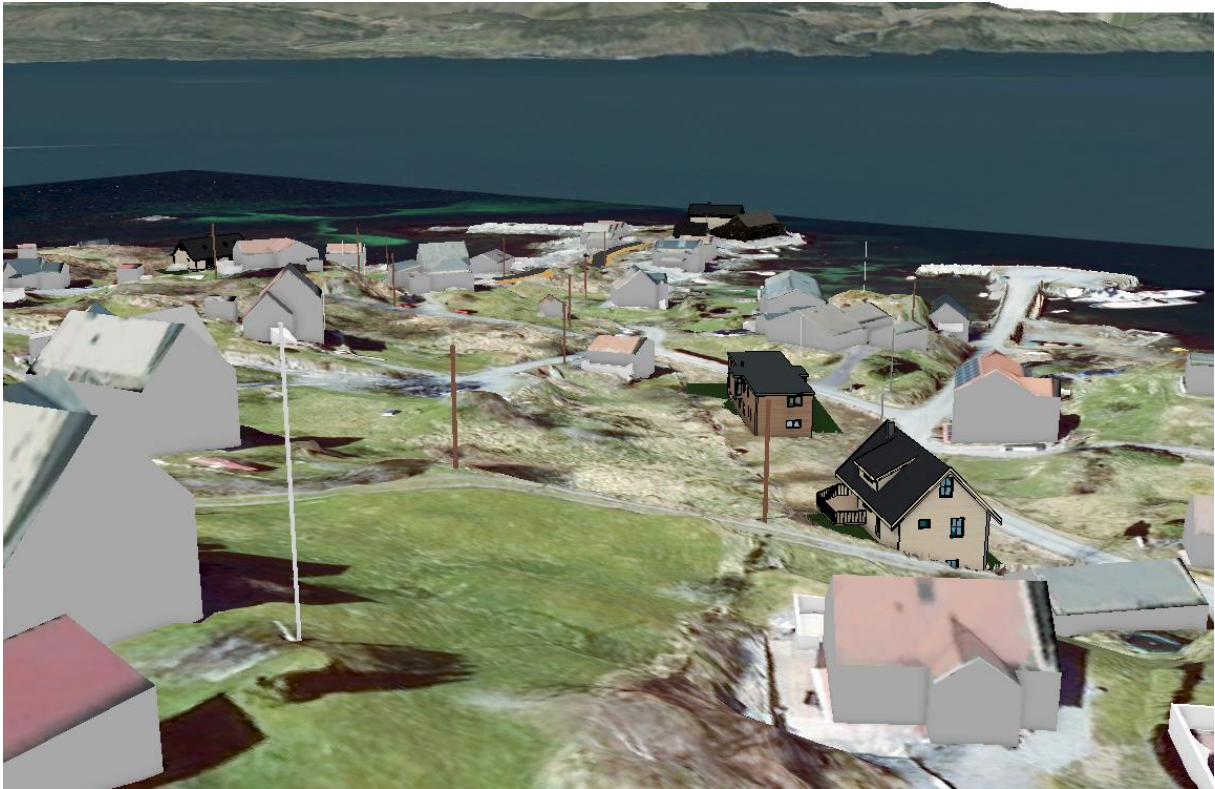
#### 4.4 Fullstendig sammensatt modell



Figur 29: Oversiktsbilde over digital 3D-modell av prosjektområdet.



Figur 30: Digital 3D-modell mot nord.



*Figur 31: Digital 3D-modell mot sør.*

Figurene 29, 30 og 31 viser hvordan alle de ulike lagene blir seende ut sammen som en fullstendig sammensatt modell av området. Her har vi også satt på andre 3D-objekter som flaggstenger, master og lyktestolper som vi har lastet ned fra Geonorge. Sammensetningen av alle disse elementene gir en detaljert modell med et rikt helhetsinntrykk av hele område.

## 5 Drøfting av resultater

### 5.1 Terrengmodell

For å danne terrengmodellen brukte vi som kjent TIN som metode. Det vi ønsket var en svært detaljert terrengmodell med spesiell høy nøyaktighet der bygningsinformasjonsmodellene skulle plasseres. Vi opplever noen ujevnheter i modellen i form av «spikes». Vi tror dette oppstår på grunn av for lav punkttetthet i forhold til de parameterne som ble brukt ved dannelse av TIN-modellen. En annen feilkilde til dette kan være at det ligger overflødige vegetasjonspunkter som vi ikke har fått fjernet da vi segmenterte punktskymodellen. Selv om vi ser at dette fører til noe deformasjon i modellen, er det fortsatt så lite av det at det ikke forstyrrer helhetsinntrykket av terrengmodellen.

Vi ser tydelig at der vi skannet, spesielt ute på bruksnummer 75, at terrengmodellen samsvarer med den reelle situasjonen ute på berget. Siden det er berg så får vi en tydeligere kontur, der det blir mye bråere endringer i terrenget, noe vi også ser at vi har fått fremstilt i modellen. Her har vi fått utbytte av å ta inn TLS-punktene i terrengmodelleringen. En annen fordel med dette er at vi ikke vet nøyaktig når høydedata har flydd over og skannet område. Med tanke på at det ligger helt nede ved strandlinjen så kan høyvann og lavvann ha mye å si på om en får kartfestet alt terreng. Ulempen vi har hatt med å bruke TLS-data til terrengmodellering er at segmenteringen ble utført manuelt. Dette er tidkrevende arbeid, og det er vanskelig å få det til sånn at en beholder alle terrengpunkter samtidig som alt annet blir segmentert bort. Der har data fra flybåren laserskanner en stor fordel med at en enkelt kan klassifisere dataene og kun bruke terrengpunktene.

Terrengmodellen kan vi si samsvarer godt med hvordan det faktiske terrenget er på området. Vi har selv vært der ute flere ganger og vi kan kjenne igjen helninger, høydeforskjeller og kurvatur på terrenget sammenliknet med den digitale modellen. Vi kan med dette anta at basen for modellen vår er god og kan ta utgangspunkt i denne for videre arbeid.



## 5.2 Plan

For arbeidet med å modellere de todimensjonale byggesaksplanene måtte vi sette oss inn i BIM-programvare. Dette var noe vi ikke hadde noen kjennskap til fra før å måtte lære oss dette på egenhånd. Hovedfokuset med BIM-modellene var å få de til å se så bra ut som mulig rent visuelt. Vi ønsket å danne bygningene identiske som de i byggemeldingstegningene fordi det er disse som er tiltenkt på de respektive tomtene. Dette resulterte i bygningsmodeller med detaljert eksteriør og riktig proporsjonalitet.

BIM og GIS har som nevnt tidligere blitt tettere integrert i hverandre de siste årene. Dette var noe vi fikk utbytte av da vi skulle overføre BIM-modellene fra Revit til ArcGIS Pro. Overgangen her var såpass flytende at det holdt med å importere prosjektfilen fra Revit inn i ArcGIS uten noen form for eksport eller filformatendring. Modellene ble også tilnærmet like i GIS-programvaren med tilhørende detaljer og nyanser. GIS-programvaren ga oss også full kontroll til å endre plassering til bygningene både i grunnriss og høyde, og samtidig rotere de. Denne muligheten gjør at vi enkelt kan endre plasseringen og plassere byggene der en ser det er mest hensiktsmessig i forhold til modellen. Vi fikk også BIM-modellene inndelt i forskjellige lag inne i ArcGIS Pro som ga oss muligheten til å skru på og av de lagene vi ønsket å visualisere.

For å visualisere planen om å bygge en bedre adkomstvei ut til Saltneset, la vi den prosjekterte veimodellen inn i GIS-programvaren. I vårt tilfelle så gir dette en god visning av hvor veien skal gå og hvordan den blir utformet. Vi ser likevel utfordringer med å legge inn prosjekterte veier inn i en sånn type modell. Veien vi prosjekterte har mye fyll og lite kutt, noe som vil si at den stort sett ligger oppå nåværende terreng. Om veien hadde hatt mye kutt, noe som ikke er uvanlig for en vei, ville veimodellen blitt borte i terrengmodellen og visningen ville blitt utydelig.

### 5.3 Eksisterende bygg

Vi hadde et ønske om å få en god visualisering av alle eksisterende bygninger innenfor prosjektområdet. Med dette oppnår vi en mer realistisk presentasjon av området i den digitale modellen. Vi hadde ingen klar formening om hvordan vi skulle representere bygningene, men vi hadde en del skannedata som vi tenkte vi kunne få brukt til dette formålet.

Med utgangspunkt i punktskymodellene av to naust som vi hadde tilstrekkelig med skanneinformasjon av, begynte vi å utforske forskjellige metoder for å skape objekter av dataene som kunne tilføres modellen. Vi så både på muligheten for å lage BIM-modeller med utgangspunkt i punktskyene, men også det å gjøre punktskyen direkte om til et objekt som vi så kunne importere inn i ArcGIS. Vi ser at hvis en skal lage en modell der en har med alle eksisterende bygninger, så vil det være veldig tidkrevende å måtte modellere alle disse manuelt i en BIM-programvare etter å ha skannet de. Vi kom frem til at å lage en «mesh» av punktskymodellen vil være en mer effektiv metode for å gjøre dette fra TLS til GIS -objekt. Samtidig vil en «mesh» ikke miste noe av egenskapene til skannet. Den vil opprettholde nøyaktigheten i form av plassering og utforming, samtidig visuelle detaljer. Vi ser også at ved bruk av programvaren vi har brukt så får vi veldig gode presentasjoner av bygningene, og at denne metoden kan være en god metode for å representere eksisterende bygninger i en 3D-modell.

Metoden vi kom frem til er vi relativt fornøyd med, ettersom det er en fungerende metode som ikke krever mye tid å etterprosessere. Det krever likevel fullstendig TLS-data av bygningene, noe som krever en del jobb for å produsere. Resultatet vårt ble ikke så bra som det kunne blitt, da deler av modellene våre ble ganske mørke. Grunnen til dette er at bildene som ble tatt under skanningen ble tatt under varierende værforhold. Bildene brukes til å fargelegge punktskyen som igjen brukes til å fargelegge «meshen». Som vi ser på figur 17 så ser det store gule naustet veldig bra ut, men det lille naustet i bakgrunnen er veldig mørkt. Ideelt sett så hadde vi hatt bedre bilder, noe som hadde ført til tydeligere modeller av bygningene i ArcGIS Pro. Hadde vi brukt denne metoden på alle hus på området, ville modellen vår virket enda mer realistisk.

En ulempe med denne metoden for å fremstille eksisterende bygninger i GIS, er størrelsen på objektene. Etter å ha eksportert bygningene ut som OBJ filer med tekstur, så blir de veldig tunge. Det største naustet som vi eksporterte var på hele 1,21 GB. Grunnen til dette er at «meshen» inneholder informasjon om trekantenes kanter, hjørner og flater. Når en da vet at en «mesh» fra en punktsky inneholder millioner av sånne trekkanter, blir størrelsen på filene som skal lagre denne informasjonen der etter. Dette førte til at flyten i programvaren ble noe dårligere, og dersom vi skulle hatt med veldig mange modeller av denne typen ville det stilt større krav til både datamaskin og programvare.

Det ideelle ville vært om vi hadde funnet en metode som kunne gjort «meshen» om til en slags BIM-modell der en vegg var en vegg istedenfor millioner av trekkanter. Dersom en kunne fått disse modellene til å flyte like godt som BIM-modellene ville objektet fungert bedre i en GIS-programvare. Dette er noe vi har forsøkt å få til selv, samtidig undersøkt tidligere forskning på, uten å komme frem til en bedre løsning.

Etttersom vi ikke hadde mulighet til å samle data om alle eksisterende bygninger på området, måtte vi se etter andre løsninger for å kunne realisere visningen av disse i modellen. Ved å bruke FKB-data, kunne vi få tilgang til 3D-objekter av alle eksisterende bygninger som er tilpasset GIS-programvare. På denne måten kunne vi effektivt få til en enkel visning av de eksisterende bygningene i 3D.

FKB-bygninger fungerer godt til å gi en enkel visning av hvor bygninger er plassert og omtrentlig størrelse, men de har mangler rent visuelt. FKB-bygningene som vi har fått over område har tekstur på tak fra ortofoto, men har ingen tekstur på fasadene. Dette fører til at byggene i modellen får en visning som grå bokser, noe som fører til at modellen blir mindre autentisk enn det vi hadde ønsket. Likevel føler vi at bygningene er viktig for å få formidlet essensen av område i modellen. Et alternativ kunne vært og tatt bilde av fasadene, for så å klistre dette på FKB-bygningene som tekstur i ArcGIS Pro. Dette ville ført til et bedre helhetsinntrykk av modellen.

#### 5.4 Fullstendig sammensatt modell

Den fargelagte punktskymodellen en sitter igjen med etter å ha skannet et område med TLS er en god og detaljert digital modell av det som har blitt skannet. Etter vi har prosessert rådata fra skanneren og ser denne modellen i Leica Cyclone har vi allerede en veldig autentisk modell av området. Det ideelle ville vært om vi kunne overført denne modellen, med samme visning og detaljnivå direkte inn i en GIS-programvare. Det å kunne presentere et område som titalls millioner punkter i en slik programvare ble litt for optimistisk.

Programvaren klarte ikke å opprettholde en visning av alle punktene samtidig, noe som resulterte i et hullete datasett. Datasettet ble da så stort at programvaren ikke klarte å opprettholde en god arbeidsflyt. Vi måtte da se på alternativ for å danne en modell på ArcGIS Pro sine premisser, der vi forsøkte å gjenskape punktskymodellen på best mulig vis.

Som «bakgrunnsbilde» for modellen vår har vi et ortofoto fra Norge digitalt samarbeidet. Dette har bedre oppløsning enn vanlige WMS-ortofoto, men vi skulle fremdeles ønsket oss enda bedre oppløsning. Desto bedre oppløsning en har på dette bilde, jo mer autentisk blir visningen av den digitale modellen.

En av manglene med vår modell er at vi ikke har representert vegetasjon. ArcGIS Pro har en egen funksjon for å visualisere trær og busker i 3D-modellen. Dette krever at en har data om vegetasjonen i form av type, plassering og størrelse. Dette er data som vi ikke prioriterte under innsamlingen. For å holde modellen ryddig valgte vi å ikke sette inn vegetasjon uten denne informasjonen da dette kun ville føre til støy.

En av utfordringene vi ser med en sånn modell som kan visualisere byggeomdelingsøknader i 3D er at en ikke får plassert og visualisert bygg riktig i terrenget. Det er ytterst sjeldent at en kan plassere et bygg direkte oppå terrenget uten å måtte gjøre inngrep. For at slike modeller skal kunne fungere optimalt, vil en ønske å kunne redigere terrenget så en får illustrert byggegrop i modellen. Da vil inngrepet også bli veldig visuelt, noe som kan gi kommunen et bedre innblikk i konsekvensene av en eventuell utbygging.

Denne modellen inneholder rikelig med detaljer om området. Vi har en terrengmodell som representerer terrenget i virkeligheten godt, samtidig så har vi andre detaljer som bygg, stolper og veier. Dette bidrar til at en kan kjenne seg igjen på område gjennom den digitale 3D-modellen. Vi kan si at vi har digitalisert prosjektområdet på en god måte. Dette fører til at en også enkelt kan få illustrert planene å se hvordan dette kan passe inn i dagens situasjon.

## 6 Konklusjon

Etter arbeidet med denne oppgaven har vi kommet frem til at det er mulig å lage veldig gode og realistiske representasjoner av områder digitalt i 3D. Selv om vårt resultat ikke er en helt autentisk modell, er det likevel en god og funksjonell 3D-modell. Vi har gjennom denne oppgaven funnet metoder som viser at det er mulig å lage veldig realistiske modeller med dagens teknologi. Ved å tilføre en høyere oppløsning på ortofoto, samtidig legge til vegetasjon og fullstendige modeller av alle bygninger, vil det endelige resultatet være en enda nærmere representasjon av virkeligheten. Todimensjonale plantegninger er meget gjennomførbart å realisere digitalt i 3D, og en visualisering av dette i en digital 3D modell kan tilføre veldig mye nyttig informasjon for mange parter.

## 7 Videre arbeid

Denne oppgaven etterlater seg flere problemstillinger knyttet til 3D-GIS som det kunne vært interessant å forske videre på. Vi har ikke benyttet drone-fotogrammetri i denne oppgaven. Det kunne vært interessant å sett hvordan resultatet av det hadde blitt sammenliknet med resultatet på denne oppgaven. Om en i tillegg hadde brukt en drone med laserskanner så ville en kunne fått skannedata over et større område, samtidig få en mer effektiv datafangst av bygninger.

Det kunne også vært hensiktsmessig å finne ut mer om hvordan en får visualisert byggegrøper i en terrengmodell fremstilt i GIS. Dette vil kunne gi denne typer modeller mer funksjonalitet. En vil da kunne visualisere inngrep i terreng ved byggeprosjekter, samtidig få muligheten til å visualisere konsekvensene for miljøet før byggearbeid er satt i gang. Dette vil kunne være en kjempegod ressurs for å ta stilling til hvilke konsekvenser store og små byggeprosjekter har.

Videre ville det også vært spennende dersom noen holdt frem med forskningen for å komprimere de skannede bygningene. Metoden vår til å lage «mesh» av punktskyen er en prosess som gir et godt resultat, dog hadde vi ønsket oss en enda mer komprimert variant som kunne bidratt til en bedre arbeidsflyt i GIS.

## 8 Litteraturliste

- Autodesk Inc. (2018), *BIM & GIS Integration*, USA. [e-bok] Tilgjengelig fra: < [https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/solutions/bim/docs/autodesk\\_bring\\_together\\_bim\\_gis\\_ebook\\_v18.pdf](https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/solutions/bim/docs/autodesk_bring_together_bim_gis_ebook_v18.pdf) > [Hentet 15. mai 2021].
- Autodesk.no. 2021. *Revit | BIM-programvare | Autodesk offisiell nettbutikk*. [internett] Tilgjengelig fra: < <https://www.autodesk.no/products/revit/overview?term=1-YEAR> > [Hentet 22. april 2021].
- Bernhardsen, T.B. (2006), *Geografiske informasjonssystemer*. 4. utg., Norge, forlaget Vett og Viten AS.
- Bjornafjorden.kommune.no. 2021. [internett] Tilgjengelig fra: < <https://bjornafjorden.kommune.no/f/p1/ie9d3b86a-7b32-4451-8c06-5bc601cb2de5/kpa-a1.pdf> > [Hentet 1. mai 2021].
- Cs.unc.edu. 2021. *Pointzip: Compressing Leica's Cyclone PTS and PTX files with LASzip*. [internett] Tilgjengelig fra: < <https://www.cs.unc.edu/~isenburg/pointzip/> > [Hentet 22. april 2021].
- Desktop.arcgis.com. 2021. *Storing lidar data—Help | ArcGIS Desktop*. [internett] Tilgjengelig fra: < <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/las-dataset/storing-lidar-data.htm> > [Hentet 2. april 2021].
- Feste Landskap / Arkitektur. 2021. *3D-modellering — Feste Landskap / Arkitektur*. [internett] Tilgjengelig fra: < <http://www.feste.no/3d-modellering> > [Hentet 1. mai 2021].
- Geodata. 2021. *Norges beste og mest komplette 3D-modell*. [internett] Tilgjengelig fra: < <https://www.geodata.no/blogg/2020/10/08/norges-beste-og-mest-komplette-3d-modell> > [Hentet 10. mai 2021].
- Geodata. 2021. *Om oss*. [internett] Tilgjengelig fra: < <https://www.geodata.no/om-oss> > [Hentet 10. mai 2021].
- Geonorge.no. 2021. *Norge digitalt*. [internett] Tilgjengelig fra: < <https://www.geonorge.no/Geodataarbeid/Norge-digitalt/> > [Hentet 2. mai 2021].
- Geospatial World. 2021. *3D modeling- what benefit is it offering to the construction industry?* [internett] Tilgjengelig fra: < <https://www.geospatialworld.net/blogs/3d-modeling-construction-benefiting/> > [Hentet 1. mai 2021].
- Ghilani, C.D. (2017), *Adjustment Computations*. 6.utg, New Jersey, John Wiley & sons Inc.
- Grinderud, K. mfl. (2016) *GIS geografiens spark I vår tidsalder*. 2utg, Fagforlaget
- Halland, S.U. (2019). *Når BIM møter GIS skjer det noe magisk*. [internett] Tilgjengelig fra: < <https://geodata.no/blogg/2019/11/28/nar-bim-moter-gis-skjer-det-noe-magisk> > [Hentet 5. mai 2021].
- Kartverket.no. 2021. *Høydedata og dybdedata*. [internett] Tilgjengelig fra: < <https://www.kartverket.no/api-og-data/terrengdata> > [Hentet 2. april 2021].
- Kolstad, O.S. (2014), *Revit på norsk – 2015*, Sandefjord, Symra.
- Kommunal- og moderniseringsdepartementet, Plan og bygningsloven, (2013), *Lov om planlegging og byggesaksbehandling* [internett] Tilgjengelig fra:

[https://lovdata.no/pro/#document/NL/lov/2008-06-27-71/KAPITTEL\\_4](https://lovdata.no/pro/#document/NL/lov/2008-06-27-71/KAPITTEL_4) > [Hentet 2. mai 2021].

- Learn.arcgis.com. 2021. *Construct realistic buildings with multipatch editing*. [internett] Tilgjengelig fra: < <https://learn.arcgis.com/en/projects/construct-realistic-buildings-with-multipatch-editing/> > [Hentet 13. mai 2021].
- Leica-geosystems.com. 2021. [internett] Tilgjengelig fra: < [https://leica-geosystems.com/-/media/files/leicageosystems/products/datasheets/leica\\_scanstation\\_p50\\_ds.ashx?a=en-us&hash=25E798D735B730EE6A55B2AB3EA0C7A0](https://leica-geosystems.com/-/media/files/leicageosystems/products/datasheets/leica_scanstation_p50_ds.ashx?a=en-us&hash=25E798D735B730EE6A55B2AB3EA0C7A0) > [Hentet 7. april 2021].
- Leica-geosystems.com. 2021. *3DReshaper Point Cloud Processing Software*. [internett] Tilgjengelig fra: < <https://leica-geosystems.com/products/laser-scanners/software/3dreshaper> > [Hentet 22. april 2021]
- Leica-geosystems.com. 2021. *Leica Cyclone 3D Point Cloud Processing Software*. [internett] Tilgjengelig fra: < <https://leica-geosystems.com/products/laser-scanners/software/leica-cyclone> > [Hentet 22. april 2021].
- Leica-geosystems.com. 2021. *Leica Infinity landmålingsprogramvare*. [internett] Tilgjengelig fra: < <https://leica-geosystems.com/nn-no/products/gnss-systems/software/leica-infinity> > [Hentet 22. april 2021].
- Leica-geosystems.com. 2021. *Leica Viva GS14 – GNSS Smart Antenna*. [internett] Tilgjengelig fra: < <https://leica-geosystems.com/products/gnss-systems/smart-antennas/leica-viva-gs14> > [Hentet 3. april 2021].
- Ngu.no. 2021. Digital elevation models | Norges Geologiske *Undersøkelse*. [internett] Tilgjengelig fra: < <https://www.ngu.no/en/topic/digital-elevation-models> > [Hentet 24. mars 2021].
- Powel, Gemini oppmåling, hjelp funksjon. [Hentet 23. april 2021].
- Powel, Gemini Terrain, hjelp funksjon. [Hentet 23. april 2021].
- Pro.arcgis.com. 2021. *Create multipatch or 3D Object features—ArcGIS Pro | Documentation*. [internett] Tilgjengelig fra: < <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/editing/create-multipatch-features.htm> > [Hentet 3. april 2021].
- Rød, Jan Ketil; Mæhlum, Lars: *EUREF89 i Store norske leksikon på snl.no*. [internett] Tilgjengelig fra: < <https://snl.no/EUREF89> > [Hentet 22. mars 2021].
- Røed, J.K. (2015), *GIS verktøy for å forstå verden*, Trondheim, Fagforlaget.
- Sciencedirect.com. 2021. *Georeferencing - an overview | ScienceDirect Topics*. [internett] Tilgjengelig fra: < <https://www.sciencedirect.com/topics/social-sciences/georeferencing> > [Hentet 22. mars 2021].
- Vegvesen.no. 2021. *Adkomstveg i spredt bebyggelse - A1*. [internett] Tilgjengelig fra: < [https://www.vegvesen.no/s/bransiekontakt/Hb/hb017-1992/DelB\\_Vegsystem\\_og\\_vegstandard/09.Adkomstveg\\_i\\_spredt\\_begyggelse\\_A1/09\\_Adkomstveg\\_spredt\\_begyggelse\\_A1.htm](https://www.vegvesen.no/s/bransiekontakt/Hb/hb017-1992/DelB_Vegsystem_og_vegstandard/09.Adkomstveg_i_spredt_begyggelse_A1/09_Adkomstveg_spredt_begyggelse_A1.htm) > [Hentet 4. mai 2021].
- Volk, R., Stengel, J. og Schultmann, F. (2014), *Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs*. [Internett] Tilgjengelig fra: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092658051300191X> > [Hentet 3. mai 2021].



- Vosselman, G., Maas, H-G. (2010), *Airborn and Terrestrial Laser Scanning*, Scotland, Whittles Publishing.
- W3.leica-geosystems.com. 2021. [internett] Tilgjengelig fra: < [https://w3.leica-geosystems.com/downloads123/hds/hds/ScanStation\\_P20/brochures-datasheet/Leica\\_ScanStation\\_P20\\_DAT\\_en.pdf](https://w3.leica-geosystems.com/downloads123/hds/hds/ScanStation_P20/brochures-datasheet/Leica_ScanStation_P20_DAT_en.pdf) > [Hentet 5. april 2021].
- *WhatIs.com*. 2021. *What is 3D mesh? - Definition from WhatIs.com*. [internett] Tilgjengelig fra: < <https://whatIs.techtarget.com/definition/3D-mesh> > [Hentet 2. april 2021].

## 9 Vedlegg

- Vedlegg 1 - lengdeprofil vei
- Vedlegg 2 - tverrprofiler vei
- Vedlegg 3 – registrering cyclone
- Vedlegg 4 – utjevningsrapport statiske punkt
- Vedlegg 5 – plassering hus 1
- Vedlegg 6 – plassering hus 2
- Vedlegg 7 – plassering hus 3
- Vedlegg 8 – Plassering hus 4