

**Erasmus+-prosjekt 2022-1-NO01-KA220-HED-000087893**

Dette Erasmus+-prosjektet er finansiert med støtte fra Europakommisjonen. Denne publikasjonen gjenspeiler kun forfatterens synspunkter, og Europakommisjonen og de nasjonale kontorene for Erasmus+ kan ikke holdes ansvarlig for bruken av informasjonen i publikasjonen.

**BIM-LCA-konstruksjonsprosjekt****Rapport fra casestudie**

UTCN CASE STUDY BIM-modeller av en bygningskonstruksjon og en veistrekning som gjennomfører en livssyklusvurdering av ulike materialer og avfallsmaterialer

Del 2

**1 - Målsettinger**

Denne presentasjonen gir en omfattende analyse av hvordan bygningsinformasjonsmodellering (BIM) fungerer i veiinfrastrukturprosjekter. Presentasjonen tar for seg historien og de grunnleggende prinsippene for BIM, og fremhever fordelene og potensialet for utvikling av veiinfrastruktur. Den tar for seg bruken av BIM i forbindelse med prosjektering, bygging og vedlikehold av veier, og fremhever BIMs rolle når det gjelder å forbedre samarbeidet, optimalisere prosjektresultatene og støtte forvaltningen av eiendelene. I tillegg tar presentasjonen for seg de spesifikke funksjonene og mulighetene ved BIM i programvaren Civil Site Design. Avslutningsvis diskuteres mulighetene og utfordringene ved å implementere BIM i veiinfrastrukturprosjekter, og det gis et innblikk i fremtiden for BIM i bransjen. Samlet sett skisserer denne analysen det transformative potensialet BIM har for å revolusjonere utviklingen av veiinfrastruktur, noe som til syvende og sist vil føre til mer bærekraftige og effektive transportnettverk.

**2 - Beskrivelse av casestudien**

Den

**3 - Moderne bruk av BIM for å vurdere bærekraften til et veidesign**

Bygningsinformasjonsmodellering - BIM - har utviklet seg til å bli en transformativ teknologi i byggebransjen, og har revolusjonert måten prosjekter planlegges, designes, bygges og administreres på. BIM ble først brukt i anleggsprosjekter, men har etter hvert også blitt tatt i bruk i forbindelse med veiinfrastruktur, noe som gir en rekke fordeler når det gjelder utforming, bygging og vedlikehold av transportnettverk.

BIM i veiinfrastruktur gjør det mulig for interessenter å bruke avanserte digitale verktøy og prosesser for å forbedre samarbeidet, øke nøyaktigheten i prosjekteringen, effektivisere anleggsdriften og optimalisere forvaltningen av anleggsmidlene. Denne presentasjonen tar for seg potensialet og betydningen av BIM i veiinfrastruktur, gjennom å se nærmere på dens historie, definere dens kjerneprinsipper og gå i dybden på dens vidtrekkende bruksområder og fordeler. Ved å forstå mulighetene og fordelene med BIM i veiinfrastruktur kan vi vurdere potensialet for å omforme bransjen, forbedre prosjektresultatene og bidra til mer bærekraftige og effektive transportnettverk.

#### 4 - Forskrifter og standarder

- [1] <https://www.geospatialworld.net/blogs/what-is-bim/>
- [2] Arkitektur, Parametrisk. Hva er bygningsinformasjonsmodellering (BIM)? [Online] 2022. <https://www.youtube.com/watch?v=3VYIYMnONS8>.
- [3] AutodeskBuilding Løsninger. Hva er BIM (bygningsinformasjonsmodellering)? [Online] 2018. <https://www.youtube.com/watch?v=suNadRnHy-U>.
- [4] BuiltEvolve Channel. Interoperabilitet i BIM og datautveksling. [Online] 2021. <https://www.youtube.com/watch?v=3BJmVb8XpGQ>.
- [5] Utforsker. Hva er BIM og hvordan det endrer byggebransjen? [Online] 2019. [https://www.youtube.com/watch?v=cUkW2jjNC\\_w](https://www.youtube.com/watch?v=cUkW2jjNC_w).
- [6] Sivil Undersøkelser Løsninger Pty Ltd. Sivil Byggeplass Design. [Online] <https://civilsitedesign.com.au/>.
- [7] CADexpert NET. CADexpert NET Engineering Solutions Company. [Online] <https://www.cadexpert.eu/noutati/860-bim-viitorul-vine-pesteno>

#### 5 - Metodikk for casestudier.

Bygningsinformasjonsmodellering - BIM - har utviklet seg til å bli en transformativ teknologi i byggebransjen, og har revolusjonert måten prosjekter planlegges, designes, bygges og administreres på. BIM ble først brukt i anleggsprosjekter, men har etter hvert også blitt tatt i bruk i forbindelse med veiinfrastruktur, noe som gir en rekke fordeler når det gjelder utforming, bygging og vedlikehold av transportnettverk.

BIM i veiinfrastruktur gjør det mulig for interessenter å bruke avanserte digitale verktøy og prosesser for å forbedre samarbeidet, øke nøyaktigheten i prosjekteringen, effektivisere anleggsdriften og optimalisere forvaltningen av anleggsmidlene. Denne presentasjonen tar for seg potensialet og betydningen av BIM i veiinfrastruktur, gjennom å se nærmere på dens historie, definere dens kjerneprinsipper og gå i dybden på dens vidtrekkende bruksområder og fordeler. Ved å forstå mulighetene og fordelene med BIM i veiinfrastruktur kan vi vurdere potensialet for å

omforme bransjen, forbedre prosjekresultatene og bidra til mer bærekraftige og effektive transportnettverk.

Konseptet bygningsinformasjonsmodellering (BIM) har eksistert siden 1970-tallet, med introduksjonen av de første CAD-systemene (Computer Aided Design), men det var ikke før på 1990-tallet at BIM-konseptet slik vi kjenner det i dag, begynte å ta form.

Utviklingen av BIM har vært påvirket av fremskritt innen datateknologi, 3D-modellering og samarbeidsverktøy. I årenes løp har BIM utviklet seg fra å være et 3D-modelleringsverktøy til å bli en omfattende prosess som integrerer data, informasjon og arbeidsflyt gjennom hele livssyklusen til et byggeprosjekt.

På begynnelsen av 2000-tallet innså myndighetene og bransjeorganisasjonene at BIM hadde potensial til å forbedre effektiviteten og produktiviteten i byggebransjen. Etter hvert som BIM har vunnet terreng, har det blitt utviklet bransjestandarder og protokoller for å sikre interoperabilitet og samarbeid mellom ulike interessenter.

Utviklingen av BIM har også blitt drevet frem av teknologiske fremskritt som cloud computing, mobile enheter og kunstig intelligens. Disse fremskrittene har lagt til rette for samarbeid i sanntid, bedre muligheter for dataanalyse og bedre tilgang til BIM-modeller.

I dag er BIM anerkjent som en grunnleggende komponent i den digitale transformasjonen av byggebransjen. Det har blitt en integrert del av prosjektleveransen, og gjør det mulig for interessenter å skape, analysere og administrere digitale representasjoner av fysiske eiendeler. BIM er ikke bare begrenset til anleggsprosjekter, men har blitt utvidet til å omfatte infrastrukturprosjekter som veier, broer og forsyningsanlegg.

Kjernen i BIM er flere grunnleggende prinsipper som former metodikken og implementeringen. Det første prinsippet i BIM er å skape en felles digital representasjon av en bygning gjennom hele dens livssyklus. Dette betyr at BIM ikke bare omfatter bygningens fysiske geometri, men også relevante data og informasjon knyttet til design, konstruksjon og drift.

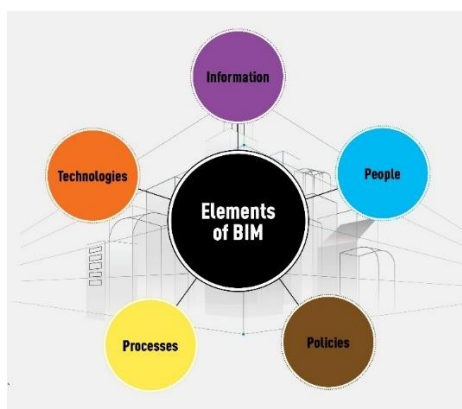
Det andre prinsippet er BIMs samarbeidskarakter, som oppmuntrer team til å arbeide sammen på en koordinert måte. BIM fremmer samarbeid gjennom utveksling og integrering av data og informasjon mellom ulike interessenter, noe som muliggjør effektiv beslutningstaking og reduserer feil eller konflikter.

Det tredje prinsippet i BIM er bruken av parametriske modellering, som gjør det mulig å skape intelligente og dynamiske objekter som kan endres og oppdateres gjennom hele prosjektets livssyklus. Parametriske modellering gjør at endringer i ett aspekt av modellen automatisk oppdaterer andre relaterte aspekter, noe som sikrer konsistens og nøyaktighet.

Det fjerde prinsippet er datainteroperabilitet, som sikrer at informasjon kan utveksles og deles mellom ulike plattformer og programvare.

systemer. Dette muliggjør integrering av ulike datasett og fremmer effektivt samarbeid.

Til slutt understreker BIM viktigheten av informasjonsstyring og bruk av strukturerte data, slik at interessentene kan hente ut verdifull informasjon og ta informerte beslutninger basert på pålitelig og oppdatert informasjon. Ved å følge disse kjerneprinsippene gjør BIM det mulig for interessentene å optimalisere prosjektresultatene, forbedre samarbeidet og øke den generelle effektiviteten i byggeprosessen. Figur 1 viser BIM-konseptet.



Figur 1 BIM-konseptet

BIM byr på en rekke muligheter og fordeler når det brukes på veiinfrastrukturprosjekter. En av de viktigste mulighetene er muligheten til å lage nøyaktige og detaljerte 3D-modeller av veinettet. Disse modellene kan omfatte linjeføringer, kurver, broer, tunneler og andre elementer, noe som gir en omfattende digital representasjon av hele infrastrukturen. Med BIM kan interessenter visualisere veiprojektet i et virtuelt miljø, slik at de kan vurdere prosjektets gjennomførbarhet, identifisere potensielle konflikter og optimalisere prosjektet før byggingen begynner.

En annen mulighet med BIM for veiinfrastruktur er integrering av ulike domener og datakilder. BIM gjør det mulig å utveksle og integrere data fra ulike kilder, for eksempel topografi, geotekniske analyser, forsyningsanlegg og miljøfaktorer. Ved å innlemme disse dataene i BIM-modellen kan interessentene få en bedre forståelse av veiprojektet, noe som fører til bedre informerte beslutningsprosesser og bedre koordinering mellom ulike team.

BIM gir også muligheter til å forbedre prosjektsamarbeid og kommunikasjon. Med BIM kan alle interessenter få tilgang til og bidra til en sentral, delt digital modell, noe som fremmer effektivt samarbeid og reduserer tap av informasjon. Dette muliggjør kommunikasjon i sanntid, konfliktoppdagelse og koordinering mellom designere, ingeniører, entreprenører og andre prosjektdeltakere. Bedre samarbeid kan føre til færre feil, bedre rekkefølge i byggeprosessen og bedre effektivitet i prosjektet generelt.

I tillegg åpner BIM for muligheter for simulering og analyse av veibygging og



vedlikeholdsprosesser. Ved å innlemme tidsbaserte data i BIM-modellen,

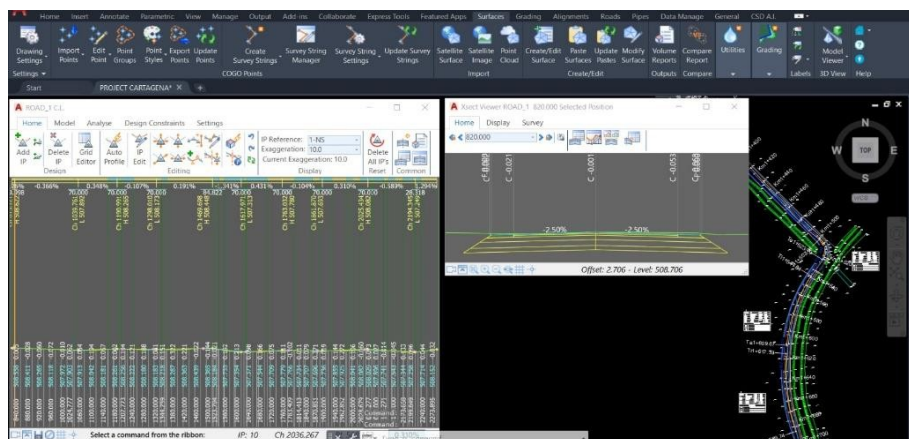
Interessenter kan simulere anleggssekvenser, analysere trafikkflyt og optimalisere anleggsplaner. Dette gjør det mulig å identifisere potensielle flaskehalser, muligheter for kostnadsbesparelser og effektiv ressursallokering.

BIM har også potensial til å støtte forvaltning og vedlikehold gjennom hele livssyklusen til veiinfrastrukturen. Ved å integrere informasjon om veianlegg i BIM-modellen kan veieiere og operatører få tilgang til viktige data som vedlikeholdsplaner, tilstand og ytelseshistorikk. Dette legger til rette for proaktiv vedlikeholdsplanlegging, muliggjør prediktive analyser og støtter informert beslutningstaking for å maksimere veinettets levetid og effektivitet.

## 6 - Utvikling av casestudien.

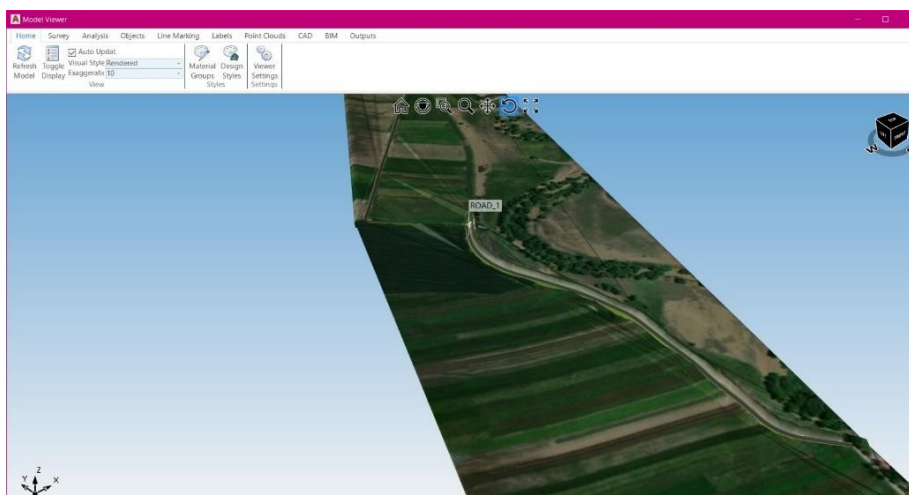
### 6.1 - BIM-modeller.

Programvaren Civil Site Design, som bygger på prinsippene for bygningsinformasjonsmodellering (BIM), tilbyr en rekke kraftige funksjoner som forbedrer design og analyse av anleggsprosjekter. En av nøkkelfunksjonene er integreringen av intelligente objekter og parametriske modelleringsfunksjoner. Brukerne kan opprette og manipulere objekter som veier, linjeføringer, overflater og dreneringssystemer. Dette muliggjør dynamiske designendringer, der endringer i et objekt automatisk oppdaterer relaterte komponenter, noe som sikrer konsistens gjennom hele designprosessen (figur 2).



Figur 2

En annen viktig funksjon ved BIM i programvaren for anleggsdesign er muligheten til å generere fullstendige 3D-modeller av byggeplassen (figur 3). Disse modellene inneholder topografiske data, terrenyanalyser og tekniske designelementer, og gir en visuell fremstilling av prosjektet. Med 3D-modellen kan brukerne utføre analyser, for eksempel beregninger av grunnarbeider, utgravnings- og fyllingsestimater, synlighetsanalyser og visualisering av prosjektets innvirkning på omgivelsene.


**Figur 3**

Civil Site Design muliggjør også effektivt samarbeid og koordinering mellom prosjektets interessenter. Programvaren gjør det mulig å dele prosjekteringsdata i et felles datamiljø, noe som forenkler samarbeidet mellom sivilingeniører, landmålere, arkitekter og andre fagpersoner. Dette samarbeidsmiljøet effektiviserer informasjonsdelingen, reduserer feil og konflikter og forbedrer kommunikasjonen gjennom hele prosjektets livssyklus.

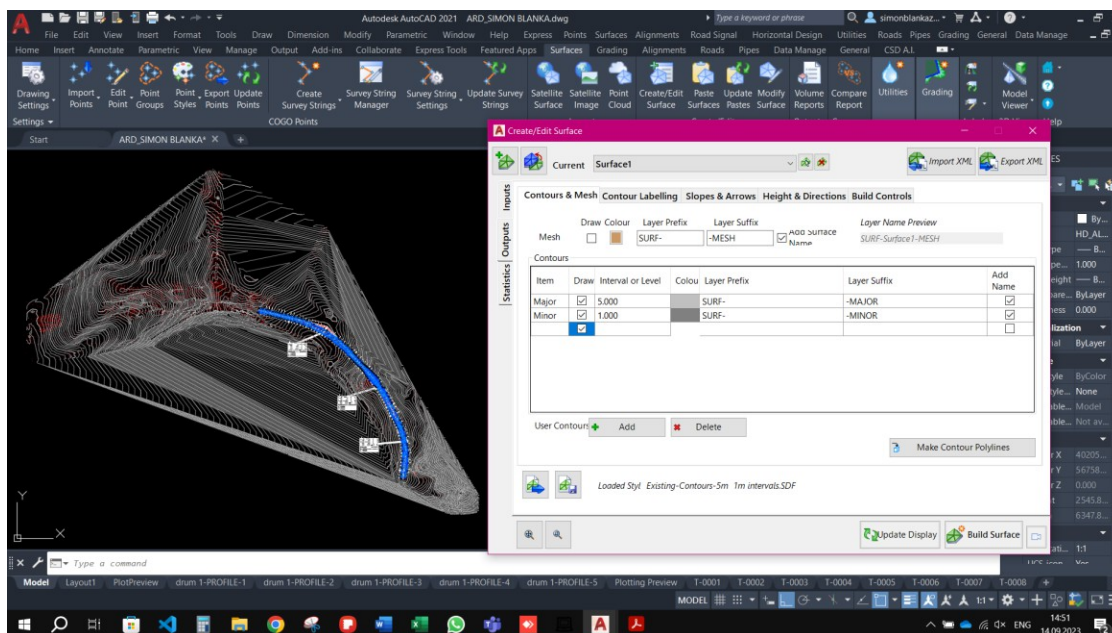
I tillegg tilbyr programvaren avanserte analyseverktøy for å optimalisere designbeslutninger. Brukerne kan for eksempel utføre hydrauliske analyser for å vurdere overvannsavrenning og finne den optimale størrelsen og plasseringen av dreneringssystemer. I tillegg gjør BIM-funksjonene i programvaren det mulig å analysere veitraseer, slik at brukerne kan vurdere egnethet, analysere siktlinjer og optimalisere veikonfigurasjonen med tanke på sikkerhet og effektivitet.

Integrering med geografiske data og oppmålingssystemer er en annen viktig funksjon ved BIM i programvaren for anleggsdesign. Ved å inkorporere data fra geografiske informasjonssystemer (GIS) kan brukerne legge situasjonsplaner over eksisterende topografisk informasjon, visualisere prosjektbegrensninger og inkorporere stedsspesifikke data for å få mer nøyaktig design og analyse.

### 5.3 - Casestudie

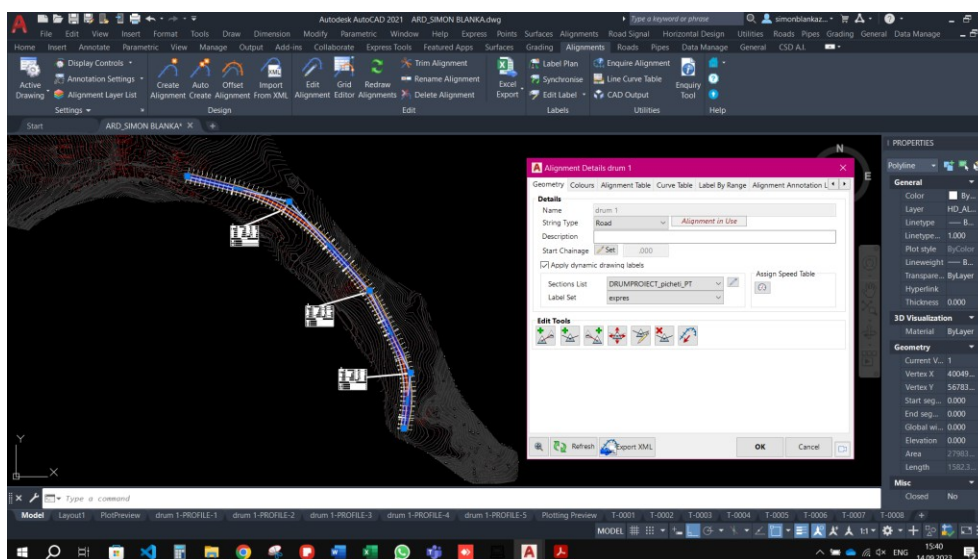
Denne casestudien tar for seg prosessen med å prosjektere en vei i kategori II ved hjelp av Civil Site Design. Målet med studien er å utforske noen av hovedfunksjonene i programvaren, inkludert BIM.

Designprosessen starter med å lage en overflate ved hjelp av topografiske punkter.



Figur 4

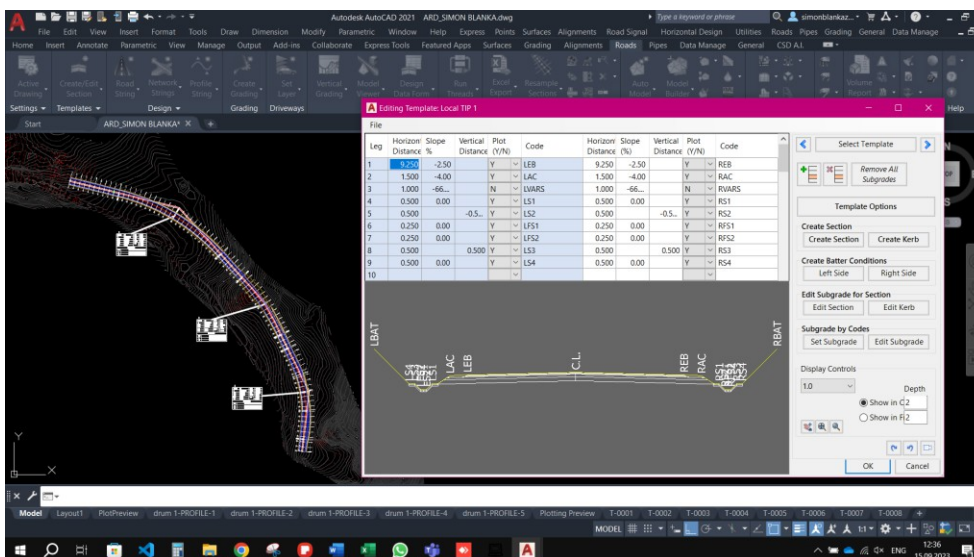
Så snart vi har opprettet overflaten, kan vi gå videre til å opprette veiens linjeføring. Når vi har opprettet linjeføringen, kan vi redigere IP-er og angi radius på kurvene. Vi kan også legge til merknader og etiketter.



Figur 5

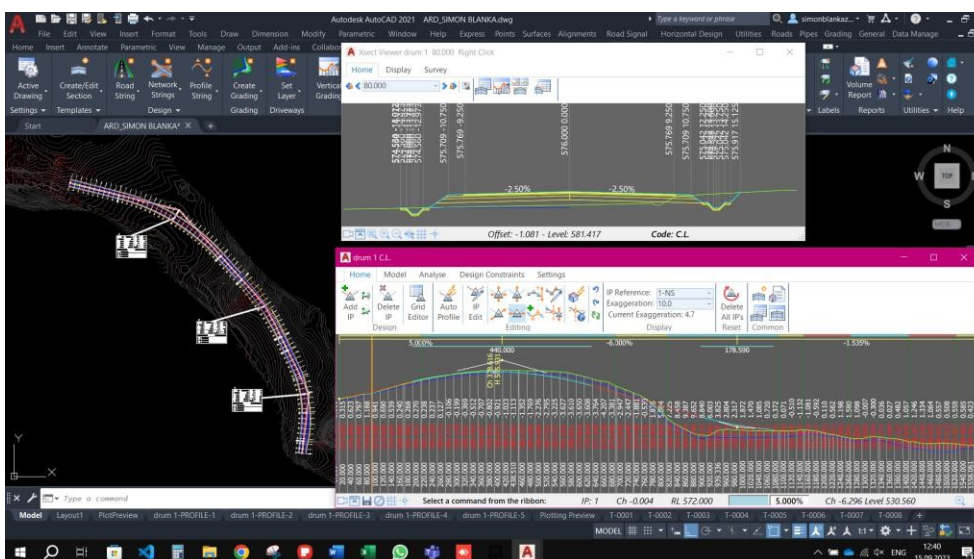
Programvaren fungerer med strenger og koder. Vi kan bygge de typiske veistrekningene og deretter gå videre til å designe lengde- og tverrprofiler.





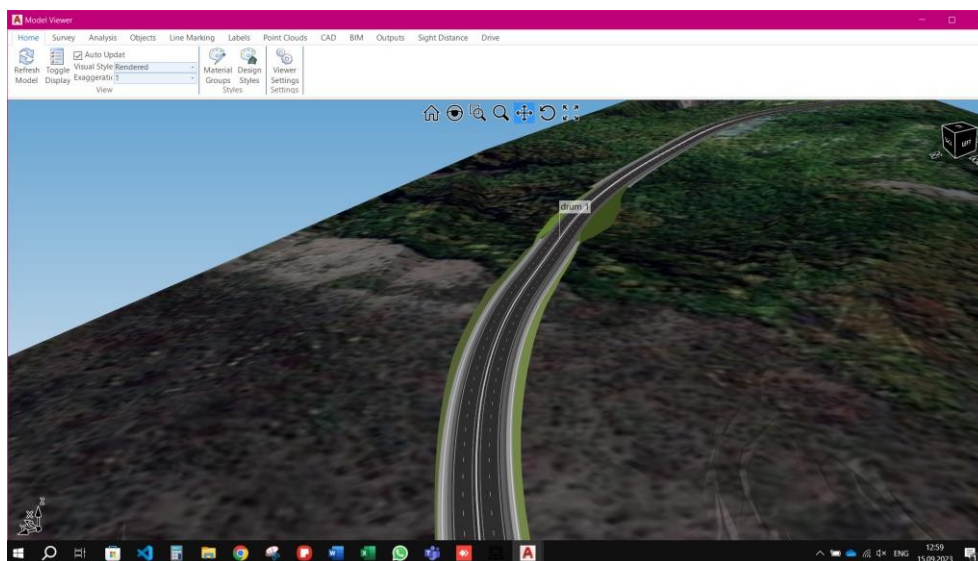
Figur 6

Den største fordel med programvaren er at brukeren enkelt kan følge endringene i alle tre visninger (vanlig visning, langsgående snitt, tverrsnitt). Det anbefales å bruke flere skjermer når du arbeider med CSD.

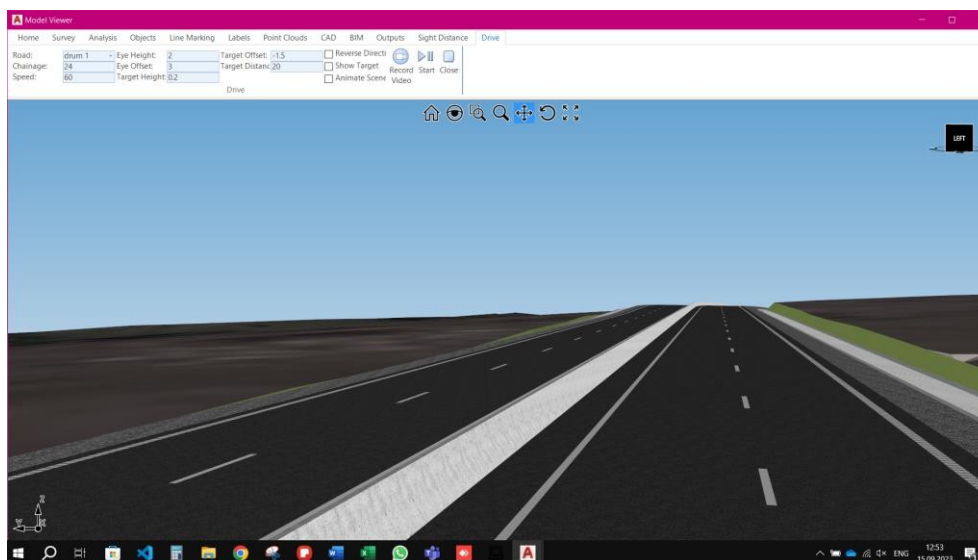


Figur 7

Programvaren har en modellvisningsfane som genererer en 3D-modell av prosjektet ved hjelp av alle dataene som er oppgitt i de foregående trinnene. Modellen regenererer seg selv hvis det gjøres endringer. I utgangspunktet introduseres brukeren for en fjerde visning.


**Figur 8**

Med modellvisningsverktøyet kan vi se fra sjåførens synsvinkel. Vi kan foreta en analyse av siktavstanden, og på grunnlag av denne kan vi spesifisere kjørefeltmarkeringer og veiskilt.


**Figur 9**

Programvaren lar brukeren importere andre CAD-elementer i Model Viewer.

BIM-funksjonene i programvaren gjør det mulig for brukeren å opprette et BREP-solid fra 3D-modellen. BREP-metoden brukes til å representere 3D-former ved å definere grensene for volumet. Et solid er representert som en samling av sammenkoblede overflateelementer, som definerer grensen mellom innvendige og utvendige punkter.

Med Export IFC-funksjonen kan brukerne sende ut en anleggsmodell til et IFC-filformat (.IFC4) for samhandling med andre programvarepakker og integrering i BIM-modellmiljøer.

Et loft defineres i programvaren som en 2D-form (lukket polylinje) som ekstruderes langs en streng og refererer til en kode ved hjelp av offset og høyde. Dette er svært nyttig for å representere funksjoner som rekkverk, jerseybarrierer og andre lineære funksjoner.

Med Extrusions kan du bruke en 2D-polylinje (lukket eller ikke lukket, med eller uten høyde) til å lage vertikale profiler. Disse er nyttige for å lage enkle bygningsformer, gjerder, stolper og andre funksjoner.

Programvaren oppretter og lagrer en samling av beregninger og tall. Mange av disse elementene kan inkluderes i rapporter og lange avsnitt. Rapporter kan genereres som en tekstfil, til en fil i .csv-format eller plasseres i AutoCAD som en AutoCAD-tabell.

## 7 - Analyse av de ulike alternativene som er studert.

Tre typer veikonstruksjoner ble analysert: fleksible, halvstive og stive. Strukturene er sammensatt av:

- **Fleksibel struktur:**
  - 4 cm overflatelag av BA16
  - 5 cm bindelag av BAD20
  - 8 cm bærelag av AB31.5
  - 20 cm bærelag av knust stein
  - 35 cm undergrunnslag av optimal tilslagsblanding 0-63 mm
- **Halvstiv struktur:**
  - 4 cm overflatelag av BA16
  - 5 cm bindelag av BAD20
  - 8 cm bærelag av AB31.5
  - 20 cm tilslag stabilisert med hydraulisk bindemiddel
  - 25 cm undergrunnslag av optimal tilslagsblanding 0-63 mm
- **Stiv struktur:**
  - 24 cm betongbelegg av BcR4,5
  - 20 cm bærelag av knust stein
  - 35 cm undergrunnslag av optimal tilslagsblanding 0-63 mm

Volumrapporter kan genereres ved hjelp av programvaren, noe som bidrar til å finne den optimale strukturen.

<b>Fleksibel struktur</b>	
Materiale	Volum (m ) <sup>2</sup>
BA16	1156.77
BAD20	1456.65
AB31.5	2355.35
knust stein	6937.57
tilslag optimal blanding 0-63 mm	12598.12
veikant av knust stein	747.87
C30/37	685.7
tilslag optimal blanding 0-63 mm drenering	685.7
veikant av knust stein	747.87

<b>Halvstiv struktur</b>	
Materiale	Volum (m ) <sup>2</sup>
BA16	1156.77
BAD20	1456.65
AB31.5	2355.35
tilslag stabilisert med hydraulisk bindemiddel	6937.57
tilslag optimal blanding 0-63 mm	8939.26
veikant av knust stein	747.87
C30/37	685.7
tilslag optimal blanding 0-63 mm drenering	685.7

<b>Stiv struktur</b>	
Materiale	Volum (m ) <sup>2</sup>
BcR4.5	6917.79
knust stein	5764.83
tilslag optimal blanding 0-63 mm	10088.45
veikant av knust stein	747.87
C30/37	685.7
tilslag optimal blanding 0-63 mm drenering	685.7

Med tanke på prisforskjellen mellom betong- og asfaltdekke og de reisendes komfort, er den fleksible veistrukturen mer gjennomførbare.

## 8 - Konklusjoner og anbefalinger.

Konklusjonen er at BIM kan endre bransjen for veiinfrastrukturprosjekter. Å ta i bruk BIM i denne sektoren gir en rekke fordeler, fra forbedret design til strømlinjeformet anleggsdrift og bedre kapitalforvaltning. Ved å utnytte avanserte digitale verktøy og prosesser kan interessenter utnytte BIMs fulle potensial til å optimalisere prosjektresultatene, forbedre samarbeidet og bidra til mer bærekraftige og effektive transportnettverk.

Ved å integrere ulike domener og skape detaljerte 3D-modeller gjør BIM det mulig for interessenter å visualisere veiinfrastrukturprosjekter i et virtuelt miljø, noe som legger til rette for bedre beslutningstaking og færre konflikter. BIMs samarbeidsorienterte natur fremmer effektiv kommunikasjon og koordinering mellom ulike team, noe som fører til færre feil, bedre rekkefølge i byggeprosessen og økt effektivitet i prosjektet. I tillegg gjør muligheten til å simulere og analysere veibygging og vedlikeholdsprosesser det mulig for interessenter å optimalisere byggeplaner, analysere trafikkflyt og forbedre ressursallokeringen. En vellykket implementering av BIM i veiinfrastrukturprosjekter krever imidlertid at man overvinnet utfordringer som behovet for standardiserte protokoller, interoperabilitet mellom ulike programvareplattformer og kompetanseutvikling blant fagfolk. Fremtiden for BIM i veiinfrastruktur byr på lovende muligheter for innovasjon.