

BIM i InterCity-prosjektet

Mazen Bader Hashem

Alhamid

Henning Vardøen

Master i veg og jernbane

Innlevert: mai 2015

Hovedveileder: Kelly Pitera, BAT

Medveileder: Trude Anke, Jernbaneverket

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for bygg, anlegg og transport

Forord

Denne masteroppgaven er avslutningen av det erfaringsbaserte masterprogrammet innen Jernbaneteknikk ved NTNU Videre og utgjør 30 studiepoeng. Den er gjennomført over 1 år, fra høst2014 til vår 2015. Oppgaven har blitt gjennomført i samarbeid med Jernbaneverket og InterCity-prosjektet representert ved ekstern veileder Trude Anke.

Vi ønsket med denne oppgaven å komme frem med konkrete bidrag og innspill til måten store modellbaserte prosjekter i anleggsbransjen kan gjennomføres på en god måte. Begge forfattere har arbeidserfaring med bruk av BIM og 3D-modeller i store prosjekter innen jernbane og samferdsel.

Vi vil takke arbeidsgiverne våre og alle som har latt oss bruke av deres arbeidstid til å besvare våre spørsmål. Alle intervjuobjektene fra casestudiet og andre vi har fått gode råd, tips og bistand fra. Vi vil også rette en spesiell takk til Kelly Pitera som er vår interne veileder, Trude K. Anke som er vår eksterne veileder, for hjelpen og støtten vi har fått. Til slutt vil vi takke våre familier for å vise tålmodighet at vi periodevis har måttet prioritere denne oppgaven ved siden av vanlig arbeid.

Nå blir det mer familie og fritid, insha Allah.

Mazen Alhamid og Henning Vardøen

Oslo, 14 mai 2015

Sammendrag

Det brukes store summer hvert år i Norge til utbygging av samferdsel og det er i Nasjonal Transportplan for 2014-2023 antydnet en økning på 50% i bevilgningene i perioden. For eksempel legger Nasjonal Transportplan 2014-23 opp til at InterCity-strekningene mellom Oslo og Hamar, Tønsberg og Fredrikstad skal være ferdig utbygd innen 2024. Utbyggingen skal videreføres til Lillehammer, Skien og Halden i 2030.

Anleggsbransjen i Norge er midt inne i en omstillingsprosess fra tegningsbaserte prosjekter til modellbaserte prosjekter. Arbeidsprosesser må endres og tilpasses ny teknologi slik at gevinstene ved modellbasert prosjektering, eller BIM for infrastruktur, kan høstes. Det er et stort potensiale for besparelser i å benytte seg av modellbasert prosjektering med tilpassede arbeidsprosesser.

Noen prosjekter eller byggherrer har kommet langt i sine prosesser, mens andre har knapt startet å arbeide modellbasert. Mange ser gevinstene med å arbeide modellbasert i sine prosjekter, så engasjementet rundt og ønsket om det, er stort. Størrelsen av og kompleksiteten på prosjektene som igangsettes nå og fremover krever endringsvillige organisasjoner og beslutninger på høyt organisasjonsnivå.

Hensikten med denne rapporten er å gi råd til InterCity-prosjektet, som er i oppstartsfasen, til hvordan prosjektet i størst mulig grad kan høste gevinstene ved å benytte modellbasert prosjektering. InterCity.

For å kunne gi råd til InterCity-prosjektet er begrepet BIM for infrastruktur definert og gitt et innhold, BIM-kompetansen i Jernbaneverket undersøkt og fire store modellbaserte prosjekter er saumfart etter erfaringer.

Forfatterne har definert BIM for Infrastruktur som «*produktet av faktorene strategi, metodikk og teknikk benyttet ved modellbasert prosjektgjennomføring*». Det er også definert fire hovedkategorier innenfor hver av faktorene.

Det er definert råd til InterCity-prosjektet til hvordan modellbasert prosjektering kan implementeres i prosjektet på en vellykket måte, oppsummert i tre hovedkategorier:

- **Utarbeide en tydelig og klar felles BIM-strategi**
- **Kompetanseløft på alle nivåer i prosjektet**
- **Tilrettelegge for aktiv bruk av modeller**

Avslutningsvis anbefaler forfatterne etablering av en nasjonal undersøkelse av BIM-kompetanse og en BIM-strategi på høyt organisasjons- eller nasjonalt nivå etter modeller fra Storbritannia og USA.

Summary

Huge resources are spent each year on developing Norwegian infrastructure. According to The Norwegian National Transport Plan for the period 2014 – 23, public spending in this field is expected to rise by 50%. Some examples: new Inter City railway lines Oslo - Hamar and Tønsberg - Fredrikstad by 2024 with extensions to Lillehammer, Skien and Halden by 2030.

The Norwegian Construction business is in the process of switching to projects based on models (so-called BIM for infrastructure) replacing projects based on traditional drawings. If work processes are adapted to this new technology, the potential for spending cuts is considerable.

Some constructors have already been using model based projects for a long time, whereas others have hardly begun. But as the gains to be made from the new technology are clear to see, there is an increased interest in it. The projects that are planned in the years to come are of a size and a complexity that will require organisations willing to adapt to new technology and some high-level decisions will have to be made.

Hopefully, this report will contain advice of some value for the InterCity- project, which is still in its starting phase. More specifically, on how to successfully take model based projects into use.

We have tried to define and elaborate on the concept «BIM for infrastructure», the BIM-competence in the Jernbaneverket (Norwegian Rail Track) has been investigated and four major model-based projects have been carefully studied.

We have defined «BIM for infrastructure» as «the product of the factors strategy, methodology and technology applied in the carrying out of model-based projects” Four chief categories in each factor have also been defined.

The advice given to the Inter-City project as to how model-based projects can be implemented successfully, can be summed up as follows:

- A clear cut, common BIM strategy must be developed
- A rise in competence on all levels in the project is needed
- Active use of models should be made possible and encouraged

Conclusively, we recommend a national study of the BIM-competence. We also suggest a BIM-strategy on a high- level corporate or national level, as it has been done in the UK and the US.

Innholdsfortegnelse

| | | |
|-------|---|----|
| 1. | Innledning..... | 9 |
| 1.1 | Bakgrunn..... | 9 |
| 1.2 | Formål..... | 9 |
| 1.3 | Problemstilling og forskningsspørsmål..... | 10 |
| 1.4 | Avgrensinger og forutsetninger..... | 11 |
| 1.5 | Samarbeidspartnere..... | 12 |
| 1.5.1 | Jernbaneverket..... | 12 |
| 1.5.2 | InterCity..... | 14 |
| 1.6 | Rapportens disposisjon..... | 16 |
| 2. | Metode..... | 17 |
| 2.1 | Begrunnelse for valg av metoder..... | 17 |
| 2.2 | Litteraturstudie..... | 18 |
| 2.3 | Casestudie..... | 19 |
| 2.3.1 | Intervjuer med 3D-koordinatorer..... | 19 |
| 2.4 | Spørreundersøkelse..... | 19 |
| 2.5 | Oppgavens kvalitet - Kildekritikk..... | 20 |
| 3. | Litteraturstudie..... | 24 |
| 3.1 | BIM..... | 25 |
| 3.1.1 | BIM for infrastruktur..... | 25 |
| 3.1.2 | Modellbegreper i samferdselsbransjen..... | 25 |
| 3.2 | Strategi..... | 27 |
| 3.2.1 | Kontraktsformer..... | 29 |
| 3.2.2 | Målsetting..... | 30 |
| 3.2.3 | Utvikling av programmer/løsninger/FoU-prosjekter..... | 32 |
| 3.2.4 | Ressurser..... | 33 |
| 3.3 | Metodikk..... | 34 |
| 3.3.1 | Manualer, krav og rutiner..... | 35 |
| 3.3.2 | Kvalitetssikring..... | 35 |
| 3.3.3 | Organisasjon..... | 36 |
| 3.3.4 | Prosjekteringsmetodikk..... | 38 |
| 3.4 | Teknikk..... | 41 |
| 3.4.1 | Software..... | 41 |
| 3.4.2 | Hardware..... | 44 |

| | | |
|-------|---|----|
| 3.4.3 | Filformater..... | 45 |
| 3.4.4 | Samhandlingsløsninger | 45 |
| 3.5 | Erfaringer med BIM for infrastruktur..... | 48 |
| 3.5.1 | Modellbasert prosjekt i Jernbaneverket | 52 |
| 4. | Casestudie: Erfaringer fra store prosjekter | 54 |
| 4.1 | Vestre Korridor | 54 |
| 4.1.1 | Strategi | 55 |
| 4.1.2 | Metodikk | 56 |
| 4.1.3 | Teknikk | 57 |
| 4.2 | Follobanen | 58 |
| 4.2.1 | Strategi | 59 |
| 4.2.2 | Metodikk..... | 61 |
| 4.2.3 | Teknikk..... | 62 |
| 4.3 | Fellesprosjektet E6-Dovrebanen | 63 |
| 4.3.1 | Strategi | 64 |
| 4.3.2 | Metodikk | 65 |
| 4.3.3 | Teknikk | 65 |
| 4.4 | Dronning Eufemias Gate | 67 |
| 4.4.1 | Strategi | 68 |
| 4.4.2 | Metodikk | 68 |
| 4.4.3 | Teknikk | 69 |
| 4.5 | Sammendrag | 70 |
| 5. | Spørreundersøkelse: Jernbaneverket Infrastruktur..... | 76 |
| 5.1 | Spørsmål | 76 |
| 5.1.1 | Informasjon om respondenten..... | 76 |
| 5.1.2 | 3D/VR – Modellene..... | 78 |
| 5.1.3 | Arbeidsmetodikk..... | 78 |
| 5.1.4 | Program- og hardware | 80 |
| 5.1.5 | Personlige synspunkter | 81 |
| 5.1.6 | Strategi | 81 |
| 5.1.7 | Prosjektstyring..... | 83 |
| 5.2 | Resultater..... | 84 |
| 5.2.1 | Respondentene..... | 84 |
| 5.2.2 | 3D/VR-modellene | 85 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 5.2.3 | Arbeidsmetodikk..... | 87 |
| 5.2.4 | Program- og hardware | 89 |
| 5.2.5 | Personlige synspunkter | 91 |
| 5.2.6 | Strategi..... | 92 |
| 5.2.7 | Prosjektstyring..... | 94 |
| 5.3 | Sammendrag | 96 |
| 6. | Diskusjon | 97 |
| 6.1 | BIM i infrastrukturprosjekter | 97 |
| 6.2 | Erfaringer med BIM for infrastruktur | 98 |
| 6.3 | BIM-kompetanse i Jernbaneverket | 99 |
| 6.4 | Konklusjon..... | 100 |
| 6.5 | Videre arbeid..... | 103 |
| 7. | Kildehenvisninger..... | 104 |
| | Vedlegg..... | 107 |

Tabell / Figurer

| | |
|--|----|
| Figur 1 - Oversikt over fasene i masteroppgaven | 10 |
| Figur 2 - Jernbaneverkets organisasjonsstruktur (Jernbaneverket, 2015a) | 13 |
| Figur 3 - Styringssystemet i Jernbaneverket (Jernbaneverket, 2015a) | 13 |
| Figur 4 – UPB-prosessen i Jernbaneverket (Jernbaneverket, 2015a) | 14 |
| Figur 5 - Illustrasjon InterCity-strekninger (Jernbaneverket, 2015b) | 14 |
| Figur 6 - Organisasjonsstruktur i InterCity prosjektet (Jernbaneverket, 2015a) | 15 |
| Figur 7 – Spørreundersøkelse Respondenter – Svar/Tid-Diagram | 20 |
| Figur 8 - Validitet og reliabilitet – skivebom vesrus presisjon (Samset, 2007) | 21 |
| Figur 9 – Modellbegreper fra anleggsbransjen, HB V770 fra SVV og HB Digital Planlegging fra JBV | 26 |
| Figur 10 – Modellbegreper fra Håndbok Digital Planlegging i Jernbaneverket..... | 26 |
| Figur 11 - Strategi innenfor BIM for Anlegg (Alhamid, Vardøen 2014)..... | 28 |
| Figur 12 – MacLeamy-kurven | 30 |
| Figur 13 – Metodikk innenfor BIM for Infrastruktur (Alhamid, Vardøen 2014) | 34 |
| Figur 14 - Mulig modellbasert prosjektorganisasjon | 37 |
| Figur 15 – Illustrasjon fra Integrated Concurrent Engineering (HiST, 2011) | 39 |
| Figur 16 - Teknikk innenfor BIM for Infrastruktur (Alhamid, Vardøen 2014)..... | 41 |
| Figur 17 - Navisworks med AutoCAD 2016 (Autodesk, 2015c)..... | 43 |
| Figur 18 - Novapoint 19 DCM Basis (VianovaSystems, 2015b)..... | 43 |
| Figur 19 - InfraWorks 360 (Autodesk, 2015b) | 44 |
| Figur 20 - Illustrasjon på en eksempel av eRoom (Collaboration, 2012) | 46 |
| Figur 21 - QuadriDCM (VianovaSystems, 2015b) | 46 |
| Figur 22 – Samhandling med QuadriDCM (VianovaSystems, 2015b) | 47 |
| Figur 23 - Struktur Autodesk 360 (Autodesk, 2015d) | 47 |
| Figur 24 - Novapoint GO på mobil (VianovaSystems, 2015a) | 48 |
| Figur 25 – “The Bew-Richards BIM Maturity Model” (Party, 2011) | 49 |
| Figur 26 - Status på BIM implementering for infrastruktur i USA | 50 |
| Figur 27 – Sitat om Storbritanias BIM-program (Enterprises, 2015) | 51 |
| Figur 28 – Bevissthet rundt og bruk av BIM i England (Enterprises, 2015) | 51 |
| Figur 29 – Kart over Vestre Korridor (Statnett, 2015)..... | 54 |
| Figur 30 – Visualisering fra samordningsmodell, Trafostasjon..... | 55 |
| Figur 31 - Follobanen tunneler i Ekebergsåsen | 58 |
| Figur 32 - Fremtidig Ski stasjon..... | 59 |
| Figur 33 – Aktørenes ansvar i Follobanen (Jernbaneverket, 2012) | 60 |
| Figur 34 - Illustrasjon Fellesprosjektet E6-Dovrebanen | 63 |
| Figur 35 - Fra Fellesprosjektet ved Strandlykkja, september 2014..... | 64 |
| Figur 36 - Dronning Eufemias gate sett fra øst (SVV, 2015)..... | 67 |
| Figur 37 – Suksesskriterier og utfordringer/ forbedringspunkter Vestre Korridor..... | 70 |
| Figur 38 – Suksesskriterier og utfordringer/ forbedringspunkter Follobanen | 71 |
| Figur 39 – Suksesskriterier og utfordringer/ forbedringspunkter Fellesprosjektet E6 Dovrebanen | 72 |
| Figur 40 – Suksesskriterier og utfordringer/ forbedringspunkter Dronning Eufemias Gate..... | 73 |
| Figur 41 - BIM Maturity Stages – Linear view by Succar (2009) | 79 |
| Figur 42 – Spørreundersøkelse respondentenes stilling/funksjon i JBV | 85 |

| | |
|--|----|
| Figur 43 – Spørreundersøkelse respondentenes arbeidsenhet i JBV | 85 |
| Figur 44 – Spørreundersøkelse – Tilgjengelige VR/3D-modeller..... | 86 |
| Figur 45 – Spørreundersøkelse – Tilgjengelige VR/3D-modeller i forhold til stilling/funksjon i JBV | 86 |
| Figur 46 – Spørreundersøkelse – Bruk av VR/3D-modeller i arbeidshverdagen | 87 |
| Figur 47 – Spørreundersøkelse – Frekvens på deling av modell – Kun relevante svar..... | 88 |
| Figur 48 – Spørreundersøkelse – Kommunikasjonsmetoder for deling av modell - Relevante svar..... | 89 |
| Figur 49 – Spørreundersøkelse – Programvare i JBV – Relevante svar..... | 90 |
| Figur 50 – Spørreundersøkelse – Personlige synspunkter på implementering av BIM i JBV | 91 |
| Figur 51 – Spørreundersøkelse – Personlige synspunkter på bruk av BIM i prosjektering..... | 92 |
| Figur 52 – Spørreundersøkelse – Strategi i JBV | 92 |
| Figur 53 – Spørreundersøkelse – Kjennskap til strategi med hensyn på stilling/funksjon i JBV | 93 |
| Figur 54 – Spørreundersøkelse – Opplæring innen BIM i JBV..... | 93 |
| Figur 55 – Spørreundersøkelse – Opplæring innen BIM med hensyn på stilling/funksjon i JBV..... | 94 |
| Figur 56 – Spørreundersøkelse – Prosjekt-/prosjekteringslederens tilnærming til BIM | 95 |
| Figur 57 – Spørreundersøkelse – Innrapportering av modeller med hensyn på stilling/funksjon | 95 |
| Figur 58 – BIM for infrastruktur (Alhamid, Vardøen 2014)..... | 98 |

1. Innledning

Dette kapittelet beskriver bakgrunnen for valget av masteroppgave, viser formålet med oppgaven og presenterer hvordan vi har gått frem for å finne svar på forskningsspørsmålene. Avgrensinger av oppgaven er diskutert og oppgavens disposisjon beskrevet.

1.1 Bakgrunn

Det brukes store summer hvert år i Norge til utbygging av samferdsel og det er i Nasjonal Transportplan for 2014-2023 antydnet en økning på 50% i bevilgningene i perioden. For eksempel legger Nasjonal Transportplan 2014-23 opp til at InterCity-strekningene mellom Oslo og Hamar, Tønsberg og Fredrikstad skal være ferdig utbygd innen 2024. Utbyggingen skal videreføres til Lillehammer, Skien og Halden i 2030. De 230 kilometerne av InterCity-nettet som ikke er bygget ut eller er under bygging, skal nå planlegges eller er under planlegging.

Samtidig har det i de siste årene blitt gjort store tekniske fremskritt innen 3D-modellering av bygg og anlegg, og bransjen har begynt å få erfaringer med modellbasert prosjektering. Det ligger trolig et stort, til dels uforløst potensiale, i å bruke alle sidene ved modellbasert prosjektering i jernbane-/infrastrukturprosjekter.

Modellbasert prosjektering har i større og større grad blitt implementert i infrastrukturplanlegging de siste årene. Jernbaneverket kom med sin «Håndbok Digital Planlegging i Jernbaneverket» (JBV, 2013) i 2012 og Statens vegvesen har gitt ut sin håndbok V770 (SVV, 2012) som setter krav og gir retningslinjer for prosjektering i 3D.

Ved å samordne alle aktørene involvert i et prosjekt, kan man redusere antall konflikter og oppnå høyere pålitelighet på prosjekteringen. Det er også store besparelsesmuligheter i implementeringsfasen, byggefasen og ved overlevering av sluttokumentasjon.

Denne masteroppgaven omhandler BIM (Building Information Modelling) for anleggssektoren med fokus på bruken i InterCity-prosjektet. Det finnes i dag ikke mye litteratur og oppgaver som tar for seg BIM for anlegg, men det finnes en del innenfor BIM for bygg. Der det finnes en overføringsverdi vil det benyttes litteratur fra BIM for bygg til å underbygge og støtte opp om masteroppgaven.

1.2 Formål

Målet med denne studien har vært å bistå InterCity-prosjektet med en masteroppgave som kan brukes konkret i det videre planleggingsarbeid. Målet har vært å komme med råd om hvordan BIM kan benyttes med tanke på InterCity-prosjektet og andre kommende prosjekter.

Det har forfatterne ønsket å oppnå gjennom først å se på begrepet BIM sett i lys av infrastruktur/anleggsprosjekter gjennom å klargjøre hvordan BIM defineres og hvilke praktiske

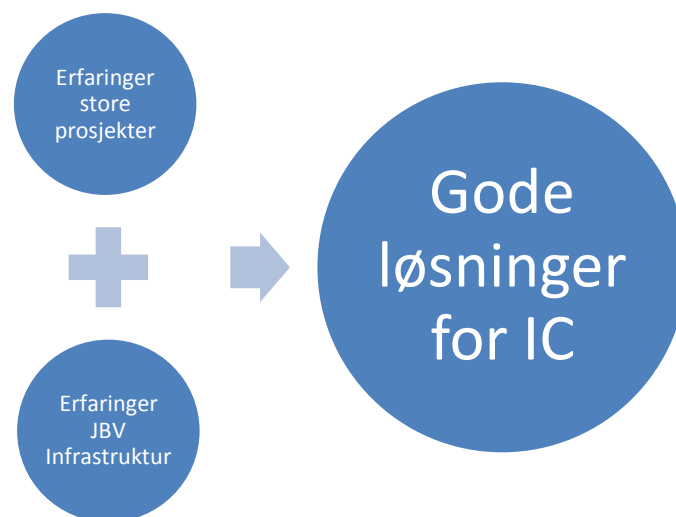
elementer fra dagens bruk av BIM som kan legges i begrepet. Dette er gjennomført som et litteraturstudie og er videre omtalt i oppgavens kapittel 3.

Litteraturstudiet er også basert på prosjektoppgaver (BA6056) utført av forfatterne som en del av det erfaringsbaserte Masterstudiet i jernbaneteknikk. I prosjektoppgavene ble det definert hovedelementer i begrepet BIM for infrastruktur som belyses ytterligere i kapittel 3 i denne oppgaven.

Deretter er det utført et casestudie som er basert på hovedelementene fra litteraturstudiet. I dette studiet er det innhentet informasjon fra, i størst mulig grad, prosjekter av tilsvarende størrelse som gjennomføres med BIM. Det er gjennomført ved informasjonsinnhenting og intervjuer av sentrale personer i prosjektene.

Deretter er det i en spørreundersøkelse målt byggeherreorganisasjonens BIM-kompetanse gjennom en spørreundersøkelse.

I forlengelsen av dette vil oppgaven inneholde praktiske råd til Intercity-organisasjonen for hvordan BIM best kan benyttes og implementeres i prosjektet.



Figur 1 - Oversikt over fasene i masteroppgaven

1.3 Problemstilling og forskningsspørsmål

Denne oppgaven er basert på følgende problemstilling:

Hvilke tiltak kan gjennomføres i InterCity-prosjektet for å få best mulig utbytte av BIM?

For å finne svar på problemstillingen er det definert tre forskningsspørsmål. Til hvert forskningsspørsmål er det knyttet en metode. I samarbeid med intern og ekstern veileder er resultatene avslutningsvis gjennomgått og gode råd sammenstilt. Dette for å finne en fornuftig vinkling på diskusjonen slik at arbeidet som er utført blir praktisk og nyttig for IC-prosjektene å benytte i fremtiden.

Rapporten er videre delt i et kapittel for hvert forskningsspørsmål. Følgende forskningsspørsmål er besvart i denne rapporten:

- Hva betyr det å arbeide med BIM i infrastrukturprosjekter?

BIM defineres som Bygningsinformasjonsmodell/-modellering (Statsbygg, 2015) og i det begrepet ligger ikke bare det rent tekniske rundt 3D-modellen, men også modellbruk i alle prosessene og metodikken knyttet til prosjektet. Det har vært ønskelig å skille ut de klare, håndfaste forskjellene mellom å arbeide modellbasert fremfor tegningsbasert i et prosjekt.

- Hvilke erfaringer med BIM er gjort på store prosjekter innen infrastruktur?

Det er i Norge jobbet med BIM på noen større prosjekter de siste årene og erfaringene som er gjort på disse prosjektene ønskes samlet på et overordnet nivå. Det har vært ønskelig å se på om det er gjennomgående suksesskriterier og utfordringer/ forbedringspunkter i prosjektene og hvilke tiltak som kan iverksettes for å gjennomføre mest mulig effektive prosjekteringsprosesser med BIM.

- Hvordan er BIM-kompetansen i Jernbaneverket?

For å besvare dette forskningsspørsmål har vi hentet inn interne erfaringer fra de ansatte i Jernbaneverket gjennom kvantitativ metode; en spørreundersøkelse. Casestudiet og spørreundersøkelsen har til sammen gitt et grunnlag for å svare ut oppgavens problemstilling.

Oppsummert består oppgaven således av følgende deloppgaver:

1. Litteraturstudie: Et litteraturstudie er gjennomført for å gi begrepet BIM for infrastruktur et konkret innhold
2. Casestudie: Informasjonsinnhenting og intervjuer er utført rundt fire store anleggsprosjekter gjennomført med modellbasert prosjektering med forskjellige byggherrer
3. Spørreundersøkelse: En spørreundersøkelse er gjennomført internt i Jernbaneverket for å måle organisasjonens BIM-kompetanse
4. Diskusjon og konklusjon: Konkrete råd og anbefalinger om bruk av BIM i prosjektet er sammenstilt, i samarbeid med InterCity-organisasjonen, basert på studiene som er utført.

1.4 Avgrensinger og forutsetninger

Begrepet BIM er et begrep som er sterkt knyttet opp mot byggenæringen tradisjonelt sett. Vi har ansett det som viktig for masteroppgaven å definere hva som legges i begrepet før vi gikk inn i casestudiet og avslutningsvis diskuterer problemstillingen.

Vi har valgt å forstå innholdet i begrepet BIM i infrastrukturprosjekter i tre kategorier; strategi, metodikk og teknikk, som beskrevet ytterligere i kapittel 3. Dette fordi forfatterne gjennom litteratur- og casestudiet, samt gjennom egne arbeidserfaringer, har sett hvordan modellbasert prosjektering skiller seg fra tradisjonelle tegningsbaserte prosjekter. Dette er en kategorisering som vi også har sett vært benyttet i forbindelse med implementeringen av BIM i Prosjekt Hallandsås i Sverige (Ahnsjö, 2013) og som forfatterne mener vil være en ryddig tilnærming til de ulike aspektene ved begrepet.

Kategorien teknikk er i delkapittel 3.4 kun behandlet overordnet med fokus på de mest sentrale tekniske elementer. Vi har ikke gått i dybden på detaljerte krav til leveranser slik som det gjøres i Håndbok Digital Planlegging i Jernbaneverket og de fleste BIM/3D-manualer tilknyttet prosjektene studert i casestudiet.

I casestudiet har vi ikke gått dypt inn i hvert prosjekt, men kun sett på de overordnede suksesskriterier og utfordringer/ forbedringspunkter med modellbasert prosjektering.

1.5 Samarbeidspartnere

Denne rapporten er utarbeidet i samarbeid med:

- Intern veileder på NTNU – Kelly Pitera
- Ekstern veileder i Jernbaneverket – Trude Anke
- Sentrale personer fra rådgivere og byggherrer i forbindelse med innhenting av erfaringer fra store prosjekter
- Sentrale personer på InterCity-prosjektet

Våre hovedsamarbeidspartnere Jernbaneverket og InterCity-prosjektet presenteres ytterligere i delkapitlene under.

1.5.1 Jernbaneverket

I dette underkapittelet presenteres raskt Jernbaneverkets samfunnsoppdrag, organisasjonsstruktur, styringssystem og UPB-prosess.

Jernbaneverket er en statlig etat underlagt Samferdselsdepartementet. Etaten har ansvar for norsk jernbanens infrastruktur som er sammensatt av forskjellige elementer fra forskjellige fag som for eksempel spor, signal, bruer, tunneler, tele, plattformer også videre.

Jernbaneverkets samfunnsoppdrag beskrives i National Transportplan 2014-2023 som:

"Det transportpolitiske målet for jernbanen er å tilby et effektivt, tilgjengelig, sikkert og miljøvennlig transportsystem som dekker samfunnets behov for transport og fremmer regional utvikling"
(Jernbaneverket, 2015c)

Ut fra regjeringens «Instruks for Jernbaneverket» fra 2009 skal Jernbaneverket på vegne av staten drifte, vedlikeholde og bygge ut statens jernbaneinfrastruktur med tilhørende anlegg og innretning. Jernbaneverket har ansvar for trafikkstyringen på det nasjonale jernbanenettet. Denne omfatter kapasitetsfordeling, ruteplanlegging og operativ trafikkstyring, herunder togledelse og publikumsinformasjon på stasjoner. (Jernbaneverket, 2015c)

I figur 2 under er Jernbaneverkets organisasjonsstruktur presentert. Det er verdt å merke seg at InterCity- prosjektet og Follobanen-prosjektet er skilt ut som egne enheter direkte under

assisterende jernbanedirektør:



Figur 2 - Jernbaneverkets organisasjonsstruktur (Jernbaneverket, 2015a)

Jernbaneverket har et styringssystem som beskriver prosesser for bl.a. utrede, planlegge og bygge ny infrastruktur (UPB). Jernbaneverket sin struktur på oppbygging av prosesser i prosjekter er beskrevet i styringssystemet.



Figur 3 - Styringssystemet i Jernbaneverket (Jernbaneverket, 2015a)

UPB prosessen betyr å utrede, planlegge og bygge av infrastruktur prosjekter. Denne strukturen brytes ned til flere planer, som vist i figur 3. Hvis vi ser på eksempelvis Follobanen i hovedplan og detaljplan er de to planene som BIM hittil har blitt benyttet på. Byggeplan på Follobanen som startet i 2013 med forberedende arbeider, har benyttet modeller i varierende grad. For selve byggingen av hovedarbeidene som starter i 2015, skal modeller benyttes i byggefasen. Dette gjør Follobanen til et godt prosjekt å ha med i casestudiet i kapittel 4.

Utrede, planlegge og bygge



Figur 4 – UPB-prosessen i Jernbaneverket (Jernbaneverket, 2015a)

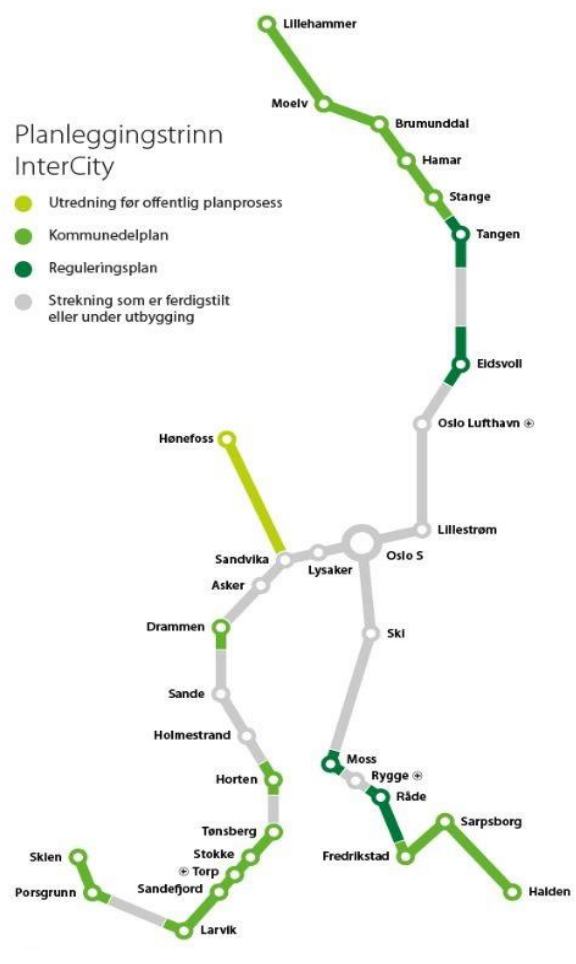
1.5.2 InterCity

InterCity-prosjektet er et av de største prosjektene i Norge. Nasjonal Transportplan 2014-23 legger opp til at InterCity-strekningene mellom Oslo og Hamar, Tønsberg og Seut ved Fredrikstad skal være ferdig utbygd innen 2024. Utbyggingen skal videreføres til Lillehammer, Skien og Halden i 2030.

De 230 kilometerne av InterCity-nettet som ikke er bygget ut eller er under bygging, skal planlegges. IC-prosjektet bygges opp nå, og skal sørge for løsninger for den nye banen. InterCity-prosjektet skal:

- *legge til rette for et tilbud som møter etterspørselen etter transport i takt med befolkningsveksten.*
- *gi korte reisetider, hyppige avganger og god regularitet.*
- *bidra til utviklingen av en flerkjernestruktur langs strekningene og avlastning av Oslo-området.*
- *utvikles med velfungerende knutepunkter, og at samarbeidet med de andre aktørene i byene bidrar til at flest mulig får nytte av satsingen.*
- *ha nok kapasitet til å frakte mer gods på tog.*

(Jernbaneverket, 2015b)



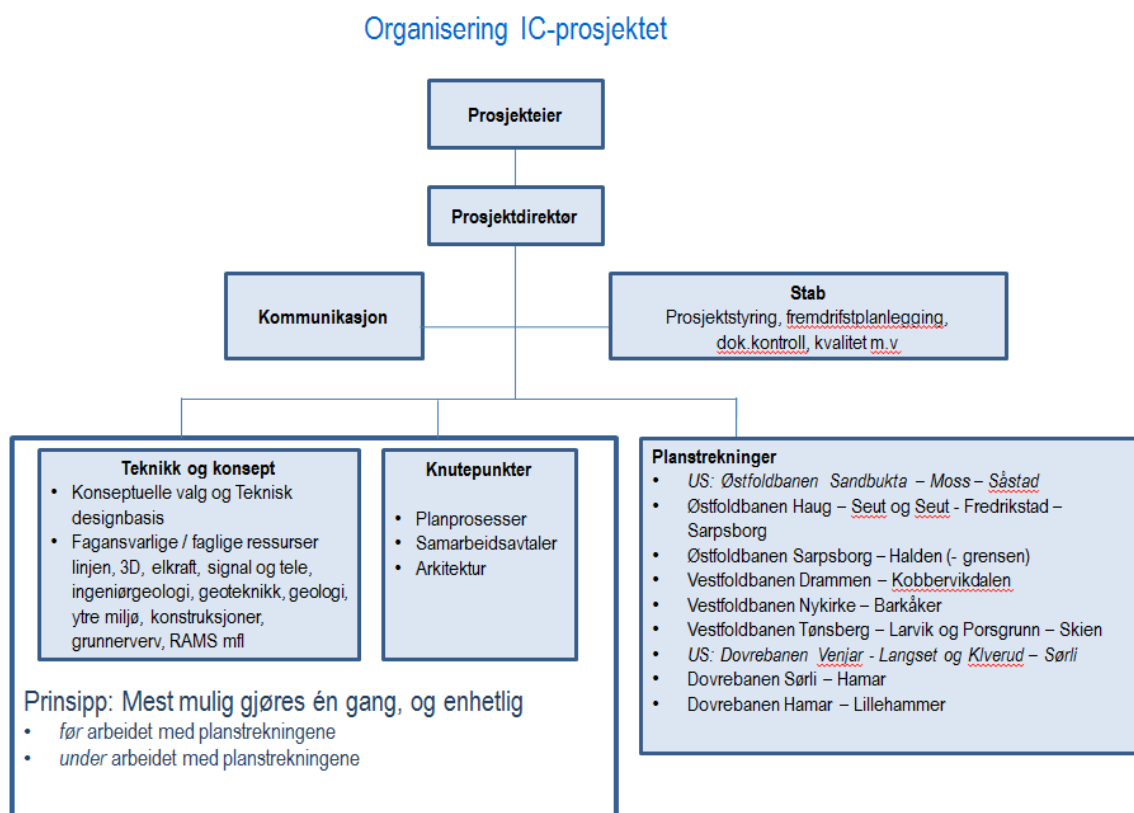
Figur 5 - Illustrasjon InterCity-strekninger (Jernbaneverket, 2015b)

Prosjektet skal sørge for at moderne dobbeltspor og knutepunkter planlegges rasjonelt. Dette arbeidet går gjennom flere faser i henhold til styringssystemet for Jernbaneverket. Planleggingen skjer i samarbeid med mange aktører og enighet med disse aktørene er viktig for valg av alternativer som er aktuelle for de forskjellige delprosjektene. InterCity-prosjektet er etablert med en sentral enhet som har ansvar for tekniske løsninger.

InterCity-prosjektet har i 2014-15 delt ut syv store rådgiverkontrakter på de forskjellige strekningene. De forskjellige strekningene er i forskjellige planfaser og har forskjellig fremdrift, også gjerne delt internt innenfor hver strekning. Kontraktene setter krav til modellbasert prosjektering i henhold til Håndbok Digital Planlegging i Jernbaneverket i alle planfaser.

Derfor er BIM spesielt viktig i InterCity både for å visualisere fremtidige planer og for å finne de gode løsningene. Visualisering av delprosjektene er sentralt i diskusjonene med andre aktører. BIM vil hjelpe de tekniske enhetene i prosjektet å ta bedre valg av løsninger, og det vil forenkle kompleksitetene som er knyttet til dette prosjektet. Figur 6 viser organisasjonsstrukturen i InterCity-prosjektet.

Prosjektet har i oppdragsbeskrivelsen til rådgiverne krav om at all prosjektering skal basere seg på Håndbok for Digital Planlegging (Jernbaneverket, 2013). Rådgiverne skal utarbeide en metodikk for modellprosjektering for prosjektet. Det er også spesifisert under leveransene at 3D-modeller skal være en del av leveransene i de forskjellige planfaser samt at eierskapet til modellene ligger hos oppdragsgiver i henhold til NS8402.



Figur 6 - Organisasjonsstruktur i InterCity prosjektet (Jernbaneverket, 2015a)

1.6 Rapportens disposisjon

Kapittel 1 – Innledning

Innledningen beskriver bakgrunnen for masteroppgaven, formålet, forskningsspørsmålene, avgrensingene og her; oppgavens disposisjon.

Kapittel 2 – Metode

Metodekapittelet redegjør for metodeteorien benyttet i hver studie som er utført i oppgaven. Det er også gjort en vurdering av oppgavens kvalitet gjennom en kildekritikk.

Kapittel 3 – Teori

Teorikapittelet redegjør for relevant teori knyttet til BIM-begrepet for anleggsbransjen. Det presenteres også ulike begreper knyttet til arbeidsprosessene rundt modellbasert prosjektering og bygging. Teorikapittelet er gjennomført som en litteraturstudie.

Kapittel 4 – Erfaringer fra store prosjekter

I casestudiet ser oppgaven på fire store infrastrukturprosjekter som er gjennomført modellbasert. Det er utført intervjuer med en 3D-koordinator i hvert prosjekt. Overordnede suksesskriterier og utfordringer/ forbedringspunkter i prosjektene diskuteres og samles.

Kapittel 5 – Jernbaneløst Infrastruktur - Kartlegging av kompetanse

Det er her gjennomført en spørreundersøkelse i Jernbaneløst Infrastruktur for å kartlegge organisasjonens BIM-kompetanse. Spørsmålene presenteres og svarene går igjennom og diskuteres i et sammendrag. Selve spørreundersøkelsen og de komplette svarene ligger som vedlegg til oppgaven.

Kapittel 6 – Diskusjon

I den avsluttende diskusjonen samles resultatene på forskningsspørsmålene og problemstillingen besvares med utgangspunkt i disse. Råd for innføring av BIM i InterCity-prosjektet sammenstilles.

2. Metode

I metodekapittelet vil vi redegjøre for grunnen til metodevalgene vi har gjort og deretter presentere metodene. Til slutt vil det i delkapittel 2.5 vurderes kildekritikken som er utført i forbindelse med oppgavens kvalitet.

2.1 Begrunnelse for valg av metoder

«En metode er et redskap, en fremgangsmåte for å løse problemer og komme frem til ny erkjennelse. Alle de midler som kan være med på å fremme dette målet, er en metode» (Holme and Solvang, 1996). Metoden er redskapet vårt i møte med noe vi vil undersøke. Metoden hjelper oss til å samle inn data, det vil si den informasjonen vi trenger til undersøkelsen vår. (Dalland, 2012)

Som presentert i delkapittel 1.3 er det formulert en problemstilling som denne oppgaven ønsker å besvare i den avsluttende diskusjonen. For å kunne si noe om problemstillingen er det formulert tre forskningsspørsmål. For å besvare dem på en god måte er det viktig å vite noe om:

1. Hva begrepet BIM faktisk betyr og innebærer i infrastrukturkontekst?
2. Hvordan BIM er benyttet i tidligere infrastrukturprosjekter og samle inn erfaringer fra disse?
3. Hvordan Jernbaneverket som organisasjon er rigget for å gjennomføre og lede modellbasert prosjektering?

For å besvare forskningsspørsmålene er det gjennomført både kvalitative og kvantitative studier. Kvantitative metoder er forskningsmetoder som tar utgangspunkt i tall og i det som er målbart (kvantifiserbart). Kvalitative metoder er basert på muntlig eller tekstlig informasjon. (Olsson, 2011). I praksis er det ikke et spørsmål om enten eller, men både og. Kvalitative vurderinger hjelper oss til å beskrive helheten mens kvantitativ informasjon gir beskrivelsen presisjon. (Samset, 2007)

Hvert av forskningsspørsmålene er forsøkt besvart med basis i hver sin metode:

1. For å forstå begrepet BIM i konteksten infrastruktur er det gjennomført en litteraturstudie med utgangspunkt i to fordypningsoppgaver som gjennomført av forfatterne våren 2014. **Litteraturstudien** er beskrevet ytterligere i delkapittel 2.2.
2. Det er deretter gjennomført en **casestudie**, som beskrevet i delkapittel 2.3, for å se hvordan BIM er benyttet i tidligere prosjekter. Casestudiet er gjennomført med informasjonsinnhenting og intervjuer med 3D-koordinatorene i prosjektene.
3. For å se på hvordan Jernbaneverket er rigget for å gjennomføre og lede modellbasert prosjektering er det gjennomført en **spørreundersøkelse** for egenevaluering for måling og kontroll av Jernbaneverkets BIM-kompetanse. Metoden er gjennomgått i delkapittel 2.4.

2.2 Litteraturstudie

Kapittel 3 i denne masteroppgaven er basert på to prosjektoppgaver utført av forfatterne våren 2014 på NTNU. Litteraturstudien har som hensikt å forstå begrepet BIM innenfor konteksten infrastruktur.

Det ble gjennomført et søk i følgende databaser og nettsider:

- NTNU Universitetsbiblioteket – BIBsys og Google Scholar
- Hjemmesidene til Buildingsmart Norge – En oversikt over tidligere masteroppgaver innen BIM
- Banenettet – Jernbaneverkets interne websider
- Hjemmesidene til Jernbaneverket og Statens vegvesen

Det er også gjort søk i Google, såkalt grå litteratur, i den hensikt å fange opp informasjon som ikke finnes i tradisjonelle databaser. Google er verdens største leverandør av søketjenester, men da kvaliteten på treffene er varierende er det viktig med god kildekritikk på treffene her.

I første omgang søkte vi mye for å finne en god definisjon eller forklaring på hva som menes med BIM for infrastruktur. Ettersom det ikke ble funnet gode svar på dette utvidet vi søket til å gjelde konkrete prosjekter som er kjente i bransjen. Deretter ble det søkt på ulike temaer innen strategi, metodikk og teknikk i infrastrukturprosjekter. Følgende søkeord ble blant annet benyttet i de utvidede søkene: 3D, BIM, BIM for infrastruktur, VDC, Lean Construction, IPD, ICE, fagmodeller, strategi, metodikk, teknikk, håndbøker, kontrakter, offentlige anskaffelser, implementering, 3D-koordinator, smart building, FoU.

Det ble raskt oppdaget en utfordring med litteraturstudiet. Det er ikke utført så mye forskning og studier innenfor BIM for infrastruktur, men derimot endel innenfor BIM for bygg. Der litteratur fra BIM basert på byggprosjekter er benyttet, er det gjort en vurdering av litteraturens validitet og reliabilitet for infrastrukturprosjekter.

Litteraturstudiet inneholder derfor mye referanser fra foredrag, kurs, seminarer og rapporter innen BIM i infrastruktur. Det er også funnet noen tidligere master- og bacheloroppgaver med BIM for infrastruktur som tema. Mange av disse referansene er igjen basert på erfaringer fra prosjekter som ikke kan anses som forskning eller studier i tradisjonell forstand. På den andre siden håper vi at dette kan gi oppgaven en ytterligere dimensjon da kildene i stor grad er relevante og er av nyere dato.

Hovedsakelig er det sett på bruk av BIM i norsk anleggsbransje da dette anses å inneha størst relevans i forhold til oppgavens problemstilling. Det er derimot enkelt presentert en oversikt over status for bruk av BIM innenfor infrastruktur i andre land/regioner i delkapittel 3.5

Ettersom det ikke ble funnet mye forskning og studier, innenfor begrepet BIM for infrastruktur, har forfatterne gjort et forsøk på å gi begrepet et innhold. Denne forståelsen av begrepet er benyttet som en basis for presentasjonen av teorien i kapittel 3 og videre gjennom casestudiet.

2.3 Casestudie

I casestudier undersøkes et studieobjekt eller et fåtall utvalgte studieobjekter basert på flere ulike datakilder. Casestudier har som mål å gi innsikt og forståelse. (Olsson, 2011)

Det er i dette casestudiet fulgt et metodeopplegg som sammenstiller beste praksis i 4 forskjellige prosjekter. Det er kombinert intervjuer av sentrale personer i prosjektene med informasjonsinnhenting om prosjektene. Prosjektene som er sett på har til felles at de er store infrastrukturprosjekter som har benyttet eller skal benytte BIM i prosjektering- og byggefasen. Det er også forsøkt å se alle prosjektene fra et byggherreperspektiv.

Informasjonsinnhenting om prosjektene er utført ved søk om prosjektene i databaser og på internett som beskrevet i delkapittel 2.2. Mye av innhentet informasjon om prosjektene kommer også fra intervjuene med 3D-koordinatorene i prosjektene.

2.3.1 Intervjuer med 3D-koordinatorer

Det er blitt utarbeidet en intervjuguide basert på resultatene fra litteraturstudiet. Spørsmålene i intervjuene var av overordnet karakter med den hensikt å finne suksesskriterier og utfordringer/ forbedringspunkter knyttet til bruken av BIM i prosjektene. Intervjuguiden ligger som vedlegg til denne oppgaven.

Intervjuobjektene ble valgt utfra byggherreperspektiv, det vil si sentrale personer på byggherre-/rådgiversiden i prosjektene. Vi fokuserte på disse personene fordi det var personer som direkte har vært involvert i prosessene rundt utviklingen og produksjonen av modellene. De har vært på å etablere rutiner og manualer og har rollen som fungerende 3D-koordinator i prosjektene. Det ble valgt et intervjuobjekt per prosjekt, det vil si totalt 4 intervjuobjekter.

Det var ønskelig å i størst mulig grad innhente suksesskriterier og utfordringer/ forbedringspunkter innenfor hovedtemaene strategi, metodikk og teknikk. Derfor ble spørsmålene innenfor hovedtemaene benyttet til å styre samtalene som ellers var av ganske fri karakter. Hvert intervju ble gjennomført på cirka 2 timer.

Intervjuet gikk ut på å stille spørsmålene i intervjuguiden direkte til nøkkelpersonene og deretter ha en løst samtale rundt temaene. Svarene på spørsmålene ble notert ned, og senere finskrevet og sendt tilbake til nøkkelpersonene for kommentarer. Siden prosjektene er så omfattende og inneholder mange forskjellige fag og utfordringer, hjalp det å stille direkte spørsmål istedenfor å sende det per mail for å få avklart ting som kunne være komplisert.

2.4 Spørreundersøkelse

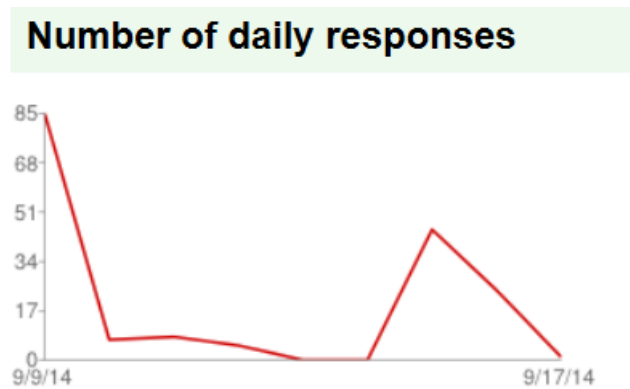
Spørreundersøkelsen som er gjennomført i dette studiet er en måling og kontroll av det prosjektorienterte Jernbaneverkets BIM-kompetanse. Det er ikke utført noen liknende spørreundersøkelser om BIM for infrastruktur tidligere. Hensikten er å kunne svare på problemstillingen også med basis i kvantitative data.

Spørreundersøkelsen ble utarbeidet i Google Spreadsheet og sendt som en link i en mail til alle Jernbaneverkets ansatte i følgende enheter og prosjekter:

- Follobanenprosjektet
- InterCity-prosjektet
- Fellesprosjektet Dovrebanen
- Vestfoldbaneprojektene
- Infrastrukturprosjekter
- Teknologi Oslo
- Plan og Teknisk Lederstab og utvalgte underenheter

Til sammen ble undersøkelsen sendt til 751 ansatte og det ble mottatt 175 svar. Det blir en svarprosent på 23,3 %.

Svarene kom over 8 dager mellom 9/9-2014 og 17/9-2014 med en klart størst svarfrekvens utsendelsesdagen samt den dagen det ble purret. Figur 7 under viser svarfrekvensen:

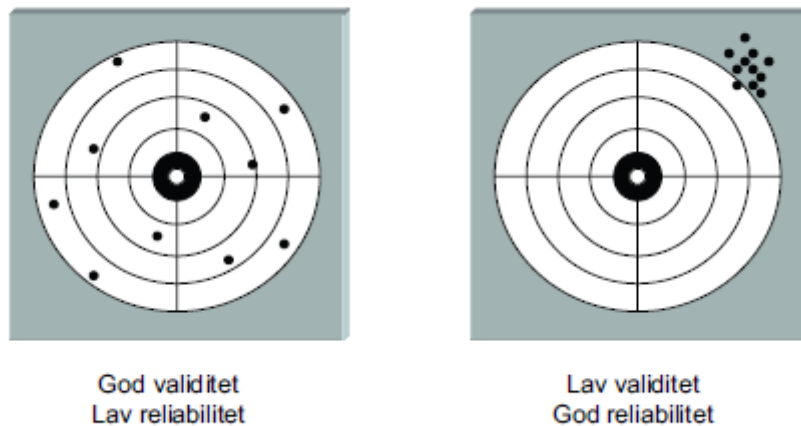


Figur 7 – Spørreundersøkelse Respondenter – Svar/Tid-Diagram

Spørreundersøkelsen er utarbeidet som en videreføring av en masteroppgave fra 2012 (Mjåtvedt, 2012) ved NTNU. I den oppgaven ble det utarbeidet et verktøy i form av en spørreundersøkelse til egevaluering for måling og kontroll av egen BIM-kompetanse. Det er gjort tilpasninger av denne undersøkelsen til infrastrukturprosjekter.

2.5 Oppgavens kvalitet - Kildekritikk

Validitet betyr gyldighet og med reliabilitet menes pålitelighet eller etterprøvnbarhet. Reliabilitet er et mål på om man måler på rett måte og validitet angir i hvilken grad de innsamlede data representerer det vi ønsker å måle. (Olsson, 2011)



Figur 8 - Validitet og reliabilitet – skivebom vesrus presisjon (Samset, 2007)

Vi kan akseptere en viss usikkerhet og spredning med hensyn til hvor godt vi treffer, men et bomskudd er fullstendig uakseptabelt selv om presisjonen er god. (Samset, 2007) I vurderingen av de ulike studiene som er utført er det under diskutert validitet og reliabilitet i forhold til hver enkel studie/undersøkelse.

Litteraturstudiet

Litteraturstudiet i denne oppgaven har dannet et teoretisk grunnlag for casestudiet som er gjennomført. Det er en systematisk gjennomgang av litteratur som har til hensikt å virke veiledende for resten av oppgaven.

Mange av referansene og kildene fra seminarer og foredrag er funnet gjennom søk på Google, men da er det gjort en kritisk vurdering av forfatternes og prosjektenes validitet og reliabilitet. Da forfatterne av denne oppgaven har flere års erfaring fra bransjen innen oppgavens tema er det antatt at disse vurderingene er av god kvalitet. Kildene benyttet i litteraturstudiet er fra kjente personer og organisasjoner i bransjen. Validiteten på kildene i litteraturstudiet vurderes derfor som god.

I deler av litteraturstudiet er det benyttet kilder som har basis innenfor BIM for bygg. Dette gjelder spesielt når vi snakker om temaet metodikk som går på arbeidsprosesser med modeller. Her er det antatt stor overføringsverdi til BIM for anlegg. Det er en mye større grad av reliabilitet her da det er utført en større del forskning innenfor dette emnet.

Litteraturstudier kan ha svakheter i form av begrenset mengde relevant forskning som bakgrunn for studien, og at det finnes risiko for et selektivt utvalg av forfatteren. Det er derfor viktig at forfatteren har et kritisk utgangspunkt ved lesing av forskningsartikler til oppgaven. (Friberg, 2012)

Casestudiet

Prosjektene som er sett på i casestudiet har store forskjeller i forhold til hvilken organisasjon som er byggherre, fremdrift og faggrupper som er involvert i planleggingen. Av denne grunn er prosjektene i kapittel 4 først gjennomgått før suksesskriterier og utfordringer / forbedringspunkter fra intervjuene presenteres. Da får leseren mulighet til å danne seg en egen forståelse av suksesskriterier og

utfordringer/ forbedringspunkter. Prosjektene er derfor antatt å være av høy validitet i forhold til bruken av BIM innenfor temaene strategi, metodikk og teknikk.

Resultatene er på den andre siden hentet inn fra få kilder da det kun er intervjuet en representant for hvert prosjekt. Derfor vurderes reliabiliteten som relativt lav i casestudiet. Det hadde vært ønskelig med større grad av etterprøvnbarhet av resultatene gjennom flere intervjuer i hvert prosjekt, men det er ikke gjort i denne oppgaven. Det kan være i intervjuobjektens interesse å «snakke opp» sitt prosjekt, noe som kan påvirke svarene.

Spørreundersøkelsen

En svarprosent på 23.3% kan synes lavt i utgangspunktet, men det er ikke uvanlig for undersøkelser av denne typen å ligge på en slik svarprosent. Undersøkelsen ble sendt ut til et stort antall ansatte i Jernbaneverket over en svarperiode på 7 dager. 175 svar er såpass godt at det anslås å kunne bruke disse tallene til å si noe generelt om trender innenfor temaene. Antallet respondenter gir etter forfatterens mening grunn til å tro at undersøkelsen «traff» godt for mange ansatte. Dette gjenspeiles også i fritekstspørsmålet i oppgaven, hvor det er et stort antall kommentarer og meninger rundt BIM i jernbaneprosjekter.

Spredningen i respondentenes ansettelsesforhold, arbeidserfaring og alder gir også grunn til å tro på at resultatene til en viss grad gjenspeiler Jernbaneverket som organisasjon.

I etterkant ser forfatterne at det kunne vært gjort noen tiltak ved utsendelse av spørreundersøkelsen som trolig ville økt antall respondenter:

- Ikke obligatorisk – Ledere i Jernbaneverket kunne vært engasjert for å understreke betydningen av å delta
- Kort responstid – Undersøkelsen kunne hatt lenger responstid enn 8 dager og det kunne vært gjennomført ytterligere purringer
- Unnlatt å svare - Skepsis til å svare på undersøkelsen er uttrykt fra noen mottakere, da temaet er ukjent eller ikke relevant
- «Vet ikke» -svar - Noen respondenter har i friteksten svart «vet ikke» på mange spørsmål da det ikke er relevant for dem eller at de ikke har kjennskap til BIM

Totalt ser forfatterne at et økt antall respondenter trolig ville påvirket undersøkelsen ettersom andelen av svar av typen «vet ikke» eller «ikke relevant» trolig ville økt.

Når resultater fra en spørreundersøkelse vurderes må det gjøres en vurdering av informasjonens godhet. Generering av kvantitativ informasjon, for eksempel en spørreundersøkelse, kan dette illustreres ved at informanten, som er kilden, har dårlig informasjon eller mer eller mindre bevisst gir feilaktig informasjon. (Samset, 2007)

I lys av dette kan undersøkelsen være noe i overkant positiv til modellbasert prosjektering i seg selv. Noen ansatte i Jernbaneverket, som ikke har noe ønske om å jobbe med 3D og BIM av forskjellige årsaker, vil kanskje i større grad unnlate å svare på undersøkelsen. Det kan være mange grunner til dette, for eksempel at de føler de ikke har noe å bidra med i denne sammenheng. Forfatterne har fått flere mailhenvendelser (cirka 10stk) hvor ansatte i Jernbaneverket skriver at de ikke har noe å bidra med i spørreundersøkelsen og derfor har unnlatt å svare.

På den andre siden vil da kompetansenivået i organisasjonen kunne fremstå i overkant godt ettersom respondenter med høy kunnskap rundt modellbasert prosjektering vil prioritere å svare på undersøkelsen.

Da dette er den eneste spørreundersøkelsen som etter forfatterens kjennskap er utført i en byggherreorganisasjon i anleggsbransjen, må undersøkelsens reliabilitet vurderes som lav. Samtidig gjenspeiler resultatene i hovedsak forfatterens inntrykk av organisasjonens BIM-kompetanse.

3. Litteraturstudie

Dette litteraturstudiet er en videreføring av to prosjektoppgaver utført av forfatterne i forbindelse med det erfaringsbaserte masterstudiet i Jernbaneteknikk. Litteraturstudiet som presenteres under leder til et forsøk på å gi begrepet BIM et konkret innhold sett i infrastrukturkontekst.

SVV (Statens vegvesen) skriver i Håndbok V770 (Vegdirektoratet, 2014) om gevinstene ved modellbasert gjennomføring av prosjekter og nevner blant annet at «visualisering i modell kan gjøre planene enklere å forstå og gi raskere beslutningsprosesser» og at «tverrfaglig kvalitetskontroll kan utføres visuelt eller automatiseres». Jernbaneverket skriver i sin håndbok (Jernbaneverket, 2013) om den tverrfaglige modellens fordeler at modellen skal «danne en felles plattform for tverrfaglig samarbeid på prosjekteringsmøter».

For at et modellbasert infrastrukturprosjekt skal få utnyttet de potensielle tverrfaglige og visuelle gevinstene kreves det en strukturert arbeidsmetodikk. Det kan handle om de rent tekniske arbeidsprosessene i tilknytning til VR/3D-modellen, men i denne oppgaven vil fokuset være på hvordan modeller benyttes i prosjektene.

I forbindelse med intervjuene utført i casestudiet fra kapittel 4 i denne oppgaven ble det sagt av flere at dersom du spør 1000 personer i bransjen hva BIM er og betyr, får du gjerne 1000 forskjellige svar. Hver aktør og person i bransjen legger forskjellig innhold til begrepet gjerne avhengig av erfaringer. I arbeidet med å finne definisjoner på BIM er det fra forfatternes side savnet en tydelig konkretisering av hva BIM betyr for prosjekter innen infrastruktur/anlegg. At BIM-begrepet innebærer å arbeide med VR/3D-modeller, er en del av alle definisjoner av BIM, men i hvor stor grad prosessene rundt modellene er en del av definisjonen, er varierende. Et spørsmål som stadig dukket opp i informasjonsinnhentingen i forbindelse med litteraturstudiet var: Hvordan skal overgangen fra tegningsbaserte prosjekter til modellbasert prosjekter gjennomføres best mulig?

En definisjon av innholdet i begrepet «BIM for infrastruktur» som derfor er valgt å følge videre er en oppdeling i tre kategorier; strategi, metodikk/prosess og teknikk. Denne kategoriseringen er deretter tillagt innhold som gjøres rede for i delkapittel 3.2-3.4

Først vil vi under i delkapittel 3.1 se på definisjonen av BIM og koble denne mot infrastruktur. Deretter vil videre begrepet gis innhold gjennom teori og definisjoner som presenteres i underkapitlene strategi, metodikk og teknikk. Til slutt vil vi i delkapittel 3.5 gi en oversikt over erfaringer med BIM i Jernbaneverket, og generelt; internasjonalt og i Norge.

3.1 BIM

Avhengig av om man omtaler selve VR/3D-modellen eller prosessene rundt modellen definerer Statsbygg (Statsbygg, 2014) BIM til Bygnings Informasjons Modell eller Bygnings Informasjons Modelling. Begrepet BIM vil defineres på mange forskjellige måter, avhengig av hvem du spør eller hvor du søker. Standardiseringskomitéen i USA, The National Building Information Model Standard Project Committee, definerer BIM som:

“Building Information Modeling (BIM) is a digital representation of physical and functional characteristics of a facility. A BIM is a shared knowledge resource for information about a facility forming a reliable basis for decisions during its life-cycle; defined as existing for earliest conception to demolition.” (THBIMSPC, 2015)

Her trekkes altså BIM frem som selve modellen i seg selv og funksjonen den har som basis for beslutninger i hele prosjektets, anleggets eller byggets levetid. I arbeidsmetodikken Virtual Design and Construction (VDC) ser man også på BIM som et verktøy som benyttes innen VDC-metodikken.

3.1.1 BIM for infrastruktur

I de fleste sammenhenger i anleggsbransjen i dag benyttes BIM-begrepet både om selve VR/3D-modellen og prosessene rundt modellen. Begrepet BIM finner du benyttet i mange deler av bygg- og anleggsbransjen, men det er vanskelig å finne en felles forståelse av begrepet. Vianova Systems AS, som er en av de største leverandørene av modellbaserte programverktøy for prosjektering av samferdselsinfrastruktur, benytter begrepet BIM for infrastruktur (VianovaSystems, 2015c)

Flere forsøk på å definere BIM for infrastruktur har tidligere skapt begreper som CIM (Civil Information Modelling), AIM (Anleggs Informasjon Modelling), horisontal eller tung BIM. I Norge benyttes uansett i praksis begrepet BIM om modellbaserte prosjekter både innen anleggs- og byggebransjen. En ting er om man kaller modellbasert prosjektering innen anleggsbransjen for BIM, det viktigste er hvilket innhold man legger i begrepet.

Videre i denne oppgaven benyttes «BIM for infrastruktur» som samlende begrep, da med en forståelse av BIM som en 3D-modell med alle prosesser rundt bruk i prosjektsammenheng. Med andre ord; modellbasert planlegging eller bygging.

3.1.2 Modellbegreper i samferdselsbransjen

Det er mange begreper rundt VR/3D-modeller som benyttes i anleggsbransjen. De mest vanlige er begrepene fagmodell og samordningsmodell som er forklart i figur 10. I kontraktsammenheng kan fagmodellene være ekvivalente til fagspesifikke tegninger i et tegningsbasert prosjekt, selv om det kreves i mange modellbaserte prosjekter tegninger som et supplement til fagmodeller fra byggherre.

Statens vegvesen (Vegdirektoratet, 2014) har definert begreper for modeller i forskjellige stadier og bruksområder. Samme har Jernbaneverket gjort i sin Håndbok for Digital Planlegging. Forholdet mellom begrepene illustreres i figur 9 under:



Figur 9 – Modellbegreper fra anleggsbransjen, HB V770 fra SVV og HB Digital Planlegging fra JBV

Begrepene under er hentet fra Håndbok Digital Planlegging i Jernbaneverket og er begrepene som benyttes videre i denne oppgaven:

| | |
|-------------------|---|
| Modeller | Sentralt begrep for å definere tegnearbeidet for plan og volum i tegninger. |
| 2D-modell | Beskrivelse av en modell som blir generert av ulike fagspesifikke tegninger med felles referanser gitt i x og y koordinater. |
| 3D-modell | Beskrivelse av en modell som blir generert av ulike fagspesifikke tegninger i volum, der alle objekter og elementer er angitt med en høyde. X, Y og Z koordinater. |
| Fagmodell | Hvert fag har hver sin modell som inneholder bare fagspesifikke elementer. |
| Samordningsmodell | En modell som er koblet til alle fagmodellene og grunnlagsmodell, kartdata og tekniske data. Den viser alle modellene samlet og brukes til å se og sammenlikne hele prosjektet samlet og er grunnlaget for øvrige visningsmodeller og resultatmodeller. |
| Volumobjekt | Definerte jernbanetekniske elementer som er vist med objekter med høyde bredde og dybde, og et bestemt referansepunkt. Objektet kan inneholde metadata med ytterligere beskrivelse. |
| Tilbudsmodell | Samordningsmodellen som er tilpasset utsendelse for tilbudsforespørsel for utførelse |
| Byggemodell | Samordningsmodell som er gjort klar for utsendelse til entreprenør med innhold av korrekte stikningsdata av referansepunkt. Modellen gir grunnlag for å beregne mengder og plassering |
| Som bygget modell | Samordningsmodell som er oppdatert med de endringer som er gjort i byggefasen. Modellen inngår i FDV dokumentasjonen. |
| Visningsmodell | Samordningsmodell som er tilpasset presentasjoner i ulike fora som prosjekteringsmøter, offentlige samlinger, godkjenning og høringsrunder. Visualiseringsmodellen inneholder genererte definerte overflater som gir modellen et virkelighetinntrykk og som tillater at man beveger seg i modellen. |

Figur 10 – Modellbegreper fra Håndbok Digital Planlegging i Jernbaneverket

Hverken Statens vegvesen eller Jernbaneverket benytter begrepet «BIM» i sine håndbøker. Håndbok V770 benytter i stor grad begrepene «modellbasert» eller «tegningsbasert» om sine prosjekter, mens Jernbaneverkets Håndbok Digital Planlegging i Jernbaneverket i stor grad benytter begrepet 3D-modell.

Selv om begrepet BIM ikke benyttes i håndbøkene er det mange elementer innenfor metodikk og strategi som beskrives. Det savnes en tydelig og klar definisjon på hva modellbasert prosjektering eller BIM betyr innenfor infrastruktur, hvilken betydning det har å jobbe modellbasert til forskjell fra tradisjonelt tegningsbasert. Noen snakker om denne overgangen som et paradigmeskifte på samme måten som overgangen fra håndtegnning til DAK var for noen tiår siden. Det er ikke kun en teknisk endring, men arbeidsprosesser og måten et prosjekt gjennomføres på må også endres for å dra full nytte av den tekniske endringen. Det er et behov for å tydeliggjøre hvilke elementer som må endres for å dra full nytte av modellbaserte arbeidsprosesser. Forfatterne mener derfor at en god hovedinndeling av begrepet BIM i infrastrukturkontekst er strategi, metodikk og teknikk.

3.2 Strategi

I dette delkapittelet vil det gjøres rede for forfatternes forståelse av begrepet strategi innenfor BIM for infrastruktur. Underkapitlene er delt opp etter fire hovedtemaer. Hovedtemaene inneholder forfatternes forståelse av hovedtemaene som støttes opp med aktuell litteratur.

Selve ordet strategi kommer fra greske «strategos» som betyr general. Begrepet strategi kan være knyttet til krig og å vinne et slag, eller være en strategi for eksempelvis en bedrifts økonomiske og faglige utvikling.

I bunn og grunn handler en strategi om definering av et eller flere mål og hvordan man skal oppnå dem. En strategi kan være en plan av handlinger med den hensikt å nå ett eller flere spesifikke mål. Gode mål er spesifikke, målbare, ambisjonsrike, realistiske og tidsbestemte. Denne definisjonen er benyttet i mange sammenhenger med forkortelsen SMARTe mål.

Den totale langsiktige planleggingen og bruken av tilgjengelige ressurser til å oppnå de planlagte mål, er en strategi.

«Because the modern organization is composed of specialists, each with his or her own narrow area of expertise, its mission must be crystal clear. The organization must be single-minded or its members will become confused. They will follow their own speciality rather than apply it to the common task. They will each define “results” in terms of their own speciality and impose its values on the organization. Only a focused and common mission will hold the organization together and enable it to produce» (Drucker, 1992)

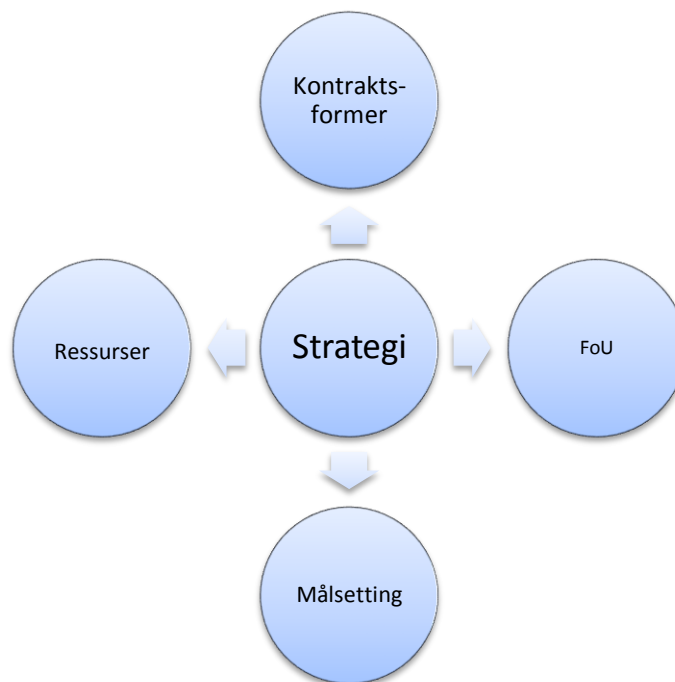
Det er innlysende at en organisasjon eller et prosjekt som har mange spesialister med sine egne arbeidsområder må ha en samlet strategi slik at alle drar i samme retning. Målene for oppdraget eller

organisasjonen bør defineres og fokuseres på for å unngå at hver spesialist gjør fortolkninger av målene basert på egeninteresser eller misforståelser.

Jernbaneverket har noen førende dokumenter som er knyttet til strategi for prosjektene, som for eksempel forskningsstrategi, anskaffelsesstrategi og kontraktstrategi. Men det finnes per i dag ingen strategi for modellbasert prosjektering for organisasjonen eller prosjektene. Det vil si ingen overordnet strategi for kvaliteten på den modellbaserte prosjekteringen.

Det kan utarbeides strategier på organisasjonsnivå og på prosjektnivå. Innenfor temaet modellbasert prosjektering finnes det ikke mange, eller noen, strategier i Jernbaneverket i dag. Dette kan være en årsak til at utviklingen innenfor modellbasert prosjektering i stor grad drives internt i prosjekter, som igjen kan føre til at erfaringer ikke blir tatt vare på i organisasjonssammenheng.

Strategi er under fordelt i hovedkategoriene kontraktformer, ressurser, FoU og målsetting.



Figur 11 - Strategi innenfor BIM for Anlegg (Alhamid, Vardøen 2014)

3.2.1 Kontraktsformer

I dette underkapittelet ser vi først på noen konkrete begreper som er sentrale når vi snakker om kontrakter. Det er i kontraktene med rådgivere og entreprenørene byggherren har mulighet til å sette krav om modellbasert prosjektering. Det er et viktig ledd å se på hvordan BIM er inkludert i et typisk konkurransegrunnlag. I tillegg så spiller entreprisform en sentral rolle for hvordan BIM skal benyttes i prosjekter. Totalentreprise er særlig egnet for litt større kontraktsarbeider der entreprenøren kan påvirke løsningsvalget. Det bør ikke være risikoforhold i prosjektet som entreprenøren vanskelig kan styre.

Det er også viktig å fastslå at fagmodeller gjelder først i byggefasen, foran papirversjon. Fordi fagmodellene er de siste oppdaterte versjonene av det prosjekterte grunnlaget for alle fag.

En kontraktstrategi håndterer alle sidene som er knyttet til utførelse av prosjekter sett i juridisk sammenheng. Det er viktig å legge stor vekt på velge riktig kontraktstrategi da et feil valg kan få store negative konsekvenser for modellbaserte prosjekter. Noen eksempler på negative konsekvenser er at endringer i byggeperioder vil føre til ekstra kostnader, som byggherren muligens må dekke, i tillegg til eventuellforsinkelse av prosjektet.

Standardkontrakter som byggherrene kan bruke i bygg og anleggsprosjekter kalles Norske Standarder. En rekke standardkontrakter som benyttes i bygg og anleggsprosjekter som for eksempel NS 8405, NS 8406, NS 8407, NS 8409, NS 8417, NS 8401 og NS 8402. (Standard, 2015) Hver av disse kontraktene benyttes til i en spesiell entreprisetype for ulike leverandører.

Entreprisform spiller en rolle for hvem som utarbeider modeller for prosjektet. Entreprisen organiserer arbeidet mellom byggherren, entreprenøren og den prosjekterende. Det finnes flere former for entrepriser blant annet utførelsesentreprise, totalentreprise og samspillentreprise.

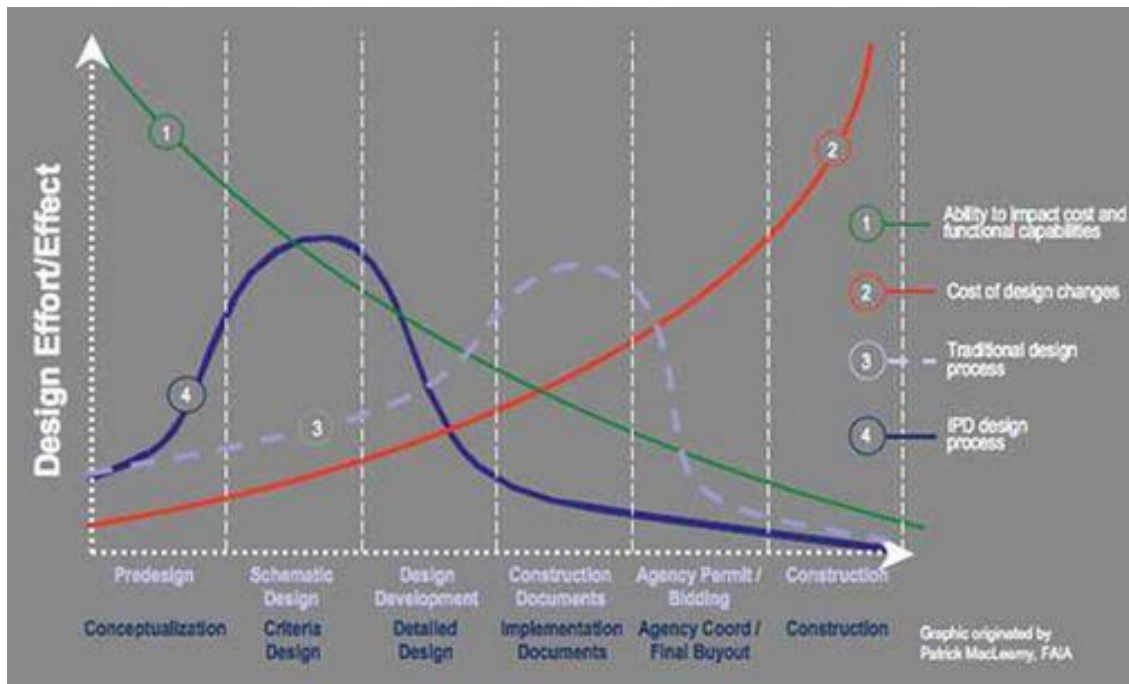
Utførelsesentreprise er den mest benyttede i etaten Statens vegvesen. Denne kan benyttes for alle typer entreprisarbeider, uavhengig av størrelse og kompleksitet. Byggherren har prosjekteringsansvaret. Denne entreprisen benytter NS 8405 og NS 8406.

Totalentreprise er entreprenørens forpliktelse utvidet til også å omfatte prosjekteringen. Kontrakttypene som benyttes er avhengige av størrelse på prosjektene. Denne entreprisen benytter NS 8407 og NS 8417.

Samspillentreprisen kommer i tre versjoner. Det kan være samspill til totalentreprise, samspill med incitament og offentlig privat samarbeid som kalles OPS. I modellen «samspill til totalentreprise» blir alle aktørene som byggherren, brukere, prosjekterende og entreprenører sammen enige om en målpris. Den økonomiske risikoen fordeles da mellom aktørene avhengig av hvor langt unna målprisen man havner ved endt bygging. Deretter skrives det en totalentreprisekontrakt.

I samspill med incitament er alle aktørene gått sammen for å utføre arbeidene som redningsarbeid, med avtalt fordeling.

Levetidsentreprise/ OPS (Offentlig Privat Samarbeid) er kontrakter som gir utførende entreprenør ansvaret for drift og vedlikehold av byggemassen i en gitt periode i tillegg til selve prosjekteringen og anleggsperioden.



Figur 12 – MacLeamy-kurven

Figur 12 over viser MacLeamy-kurven (AIACA, 2007) som kombinerer rasjonelle faktorer som spiller stor rolle når man tar avgjørelser. Tidsløpet som er horisontal-aksen viser prosjektets levetid gjennom de forskjellige fasene. Mens vertikal-aksen viser arbeidsinnsats i skala fra bunn til topp. Modellbasert prosjektering gjør du flytter deler av arbeidsinnsatsen bakover i tid slik at kostnaden av endringer blir lavere. Det å flytte ”toppen” av prosjekteringsperioden lenger bort fra produksjonsfasen vil redusere kostnadene ved endringer.

3.2.2 Målsetting

Det er fortsatt en vei å gå før man kan si at BIM er fullverdig implementert i infrastrukturbransjen. Det oppnås i dag varierende grad av gevinster med å benytte BIM i byggefasen på anleggsprosjekter. Årsakene til dette er i henhold til Haldorsen m.fl. i hovedsak den menneskelige faktoren og at en ikke har klare visjoner for hvilke problemstillinger BIM skal løse. (Hanne Barane Haldorsen 2013) Det savnes drivkrefter og press fra spesielt byggherrene innen anleggsbransjen, på samme måte som Statsbygg er en drivkraft på byggsiden av bransjen. Tydelige målsetting i en BIM-strategi kan derfor bidra til å påvirke den menneskelige faktoren slik at BIM i større grad får ut sitt potensial.

En viktig del av en BIM-strategi er målsettingene som fastsettes. I prosjekter kan en BIM-strategi være en klar plan for hva modellene skal benyttes til og hvordan det skal implementeres i prosjektorganisasjonen. I organisasjonssammenheng eller på høyere nivå kan dette være mål som grenser mot visjoner som for eksempel Storbritanias mål om Level 2 BIM innen 2016, som er beskrevet i kapittel 3.5.

En strategi lykkes når målsettingene oppnås. Målene må defineres og være i fokus for medarbeiderne på daglig basis. Et mål kan handle om bedre tverrfaglig prosjektering, bruk av

modeller i simulering og analyser eller om hvordan modellene skal benyttes i kommunikasjonsøyemed.

Kristian Balke som er avdelingssjef BIM, Skanska Teknikk skriver i en artikkel på bygg.no at «*Flere byggherrer bør la seg inspirere av Statsbygg, og sette tydelige krav i kontrakts underlag. Alle aktørene i den norske BA-næringen vil tjene på at vi klarer å hente ut BIM sitt fulle potensial. Da må vi begynne å samhandle på nye måter, vi må slutte å tilpasse ny teknologi til dagens prosesser, og heller fokusere på å tilpasse dagens prosesser til ny teknologi. Alle aktørene i næringene må bidra, men en viktig forutsetning for å lykkes er krevende byggherrer som setter krav om BIM*». (Balke, 2015)

En byggherre som setter konkrete og tydelige krav til bruk av modellene som produseres ute i prosjektene er etterspurt i bransjen. Slike krav burde springe ut fra en tydelig målsetning rundt bruk av modellene enten på organisasjons- eller prosjektnivå.

På Urbygningen-prosjektet satte Statsbygg tydelige krav om bruk av BIM. I tillegg til at BIM skulle være sentral i prosjekteringen så krevde Statsbygg aktivt bruk av BIM i selve produksjonen. De krevde sågar at det skulle finnes fem stasjonære BIM-stasjoner på ulike steder i prosjektet slik at fagarbeiderne kunne få tilgang til produksjonsunderlag i 3D. Et krav som er konkret, gjennomførbart, og effektivt i praksis. (Balke, 2015)

En målsetting vil kunne hjelpe byggherren å sette tydelige krav til BIM-leveranser med tanke på gevinstene av modellbasert prosjektering. For å hente ut verdiene av BIM er det således hensiktsmessig å sette mål som gjenspeiler verdiene med å benytte modellbasert prosjektering og bygging.

Alle aktører i bransjen vil tjene på å hente ut BIM sitt fulle potensiale. For byggherren er BIM til god støtte. Ved å samordne alle aktørene involvert i et prosjekt, vil man redusere antall feil og konflikter og dermed oppnå høyere kvalitet. Dessuten vil både tid og penger være spart i implementeringsfasen.

Modellene har også mange gevinster blant annet når det gjelder kommunikasjon med sluttbrukere og beslutningstakere. Modellen oppnår bedre koordinering og samhandling – som for eksempel automatisk konfliktkontroll. Leveringstiden for prosjekter vil følgelig gå raskere og kostnadsestimeringen vil også bli mer presis. Grunnen til dette er at man får en bedre forståelse for kostnadene i tidligfasen av et prosjekt, når beslutningene har betydelig påvirkning på de totale utgiftene til hele prosjektet.

BIM for infrastruktur skaper også stor verdi for rådgivere i samferdselsbransjen ettersom et BIM-prosjekt gjerne betyr at det kreves en større innsats fra rådgiverne i tidligere planleggingsfaser. Det vil også bidra til effektivitet og enklere arbeidsrutiner. Effektiv tverrfaglig samhandling gjennom BIM-modellen gir kontroll i hele prosjektet. Høy egenkontroll vil skape optimale resultater for deg som rådgiver. Ved å ha omfattende informasjon om hele prosjektets livssyklus er det åpent for å utforske flere designalternativer, samtidig som man ser kostnadseffekten av ulike alternativer. Dessuten kan modellen benyttes som en modell ved vedlikeholdsarbeid, dette gjør at rehabilitering og vedlikeholdsarbeid kan foregå effektivt.

Det er også gevinster for entreprenørene som tar oppdrag for byggherrene i et som prosjekt benytter seg av BIM-modeller. Med BIM-modell slipper entreprenøren å lese tegninger, samt å legge inn informasjon manuelt. Entreprenørens oppgave kan derimot delta i hele verdikjeden, både som bruker av informasjon, og den som legger inn informasjon fra felt i modellen. En BIM-modell kan levere digital informasjon direkte til felt. Modellen gir entreprenøren konstant oppdatert informasjon som kan benyttes for masseberegninger, samt andre stiknings- og volumrapporter. Dette øker både kvaliteten i tillegg til å være tidsbesparende.

Dette kan oppsummeres som at en tydelig målsetning, basert på gevinstene med å benytte modellbasert prosjektering, vil gjøre det lettere for byggherrer å sette tydelige krav i kontraktene. Målsetningene bør være en del av en overordnet BIM-strategi på prosjekt, organisasjons eller høyere nivå.

3.2.3 Utvikling av programmer/løsninger/FoU-prosjekter

FoU står for forskning og utvikling. I denne sammenheng kan dette for eksempel forstås som utvikling av forskjellig funksjonalitet innen programvare eller å finne nye metoder for å forenkle arbeidsoppgaver. FoU-arbeid i Jernbaneverket kan enten skje som egne spesifikke prosjekter eller som en del av et større prosjekt. Det gjennomføres også ofte i samarbeid med andre etater og private aktører.

FoU-prosjekter i Jernbaneverket har en ideell profil som vil si at resultatene skal komme prosjektene og bransjen til gode.

Med tiden og behovet i markedet blir det stadig utvikling i funksjonalitet og profesjonalitet i leveranser av programvarer. Konkurransen mellom leverandørene gjør at de prøver å komme med alt nyttig og nytt innen programmer for å få flest kunder. Kommunikasjon og samarbeid mellom utviklerne av software og brukerne er nødvendig for å få til en hensiktsmessig utvikling.

Hovedgevinsten ved modellbasert prosjektering er besparelse av kostnader og tid. Så kommer det med høyere kvalitet av dataleveranser i andre grad. Derfor har det blitt nesten et fast krav å levere etter beste kvalitet og beste løsninger innen databruk. FoU prosjekter bidrar med å prøve nye tanker og ideer som ikke er blitt testet før innen bruk av BIM.

Det er mange byggherrer, som er opptatt av omdømme og miljø, som bidrar til finansiering av forskning og utvikling som en del av sine prosjekter. Hensikten er å finne ut om det er lønnsomt å bruke de nye funksjonene som dataprogramleverandører oppfinner, og deretter kommer gevinsten som positive tall med tanke på utførelse av prosjekter.

I forskjellige sammenhenger har bruken av 3D- modeller i Jernbaneverket ført til forsøk på å finne ny funksjonalitet for å forbedre modellresultatet samt innsparing av både tid og kostnader. Det er blitt fordelt midler til FoU prosjekter for å videreutvikle kommunikasjonen via BIM, effektivisering av BIM produksjonen, og for å forbedre kvaliteten på BIM.

3.2.4 Ressurser

For å gjennomføre en strategi kreves det arbeidskraft i form av kompetente ressurser. Det er en sentral nøkkel for å få innført en strategi. Faglig kompetente ressurser har alltid vært motoren i all utvikling og er drivkraften i gjennomføringsfasen av prosjektene. De tar skylden for en mislykket innføring av strategi samtidig som de tar skryter når strategier gir positive resultater. Organisasjoner og prosjekter er ute etter erfarne ressurser som har mye kunnskap om de forskjellige fagene, samt at de er løsningsorientert og er villige til å lære i tillegg til å lære bort. Med korte ord den perfekte ressursen er den som har full forståelse i arbeidsoppgavene sine samt å kunne om de andre fagområdene som kan berøre hans felt.

Til vanlig er det vanskelig å få tak i den riktige personen til å fylle den riktige stolen. Men er det en sjanse å fange oppmerksomheten til den beste kandidaten til stillinger, blir det å tilby et rikt fagmiljø innen det feltet ressursen skal jobbe med, samt å gi den trygge følelsen i at ressursen blir virkelig tatt være på et viktig ledd i den organisasjonen. De beste ressurser gjennom tidene har bidratt til enorme positive forandring innen prosjektering og utvikling av metoder, kontrakter og program. Dette drar med seg markedet, konkurransen i tillegg til organisasjonen de jobber i til et høyere kunnskapsnivå. Eksempler på hvilke roller som finnes i forskjellige prosjekter finnes i casestudiet i kapittel 4.

Det er viktig å definere hvilke roller spesialister i organisasjonen skal ha. Særlig i de store prosjektene kan det være fornuftig å ha med flere kompetente ressurser som jobber med BIM. Ressurser har behov for et fagligmiljø for å få tverrfaglig støtte. En BIM-strateg er en ressurs som bidrar til å utforme retninger og planer for fremtidige trinn for bruk av BIM og ressurs kompetanseutvikling.

I begrepet ressurser legges det i denne oppgaven de menneskelige ressursene i form av kompetanse som gjennomfører strategiene og driver prosjektene. Det er de spesialistene som samlet realiserer målene for hver prosjekteier. Kompetente ressurser er en av de viktigste suksessfaktorene for å få gjennomført et godt modellbasert prosjekt. Tilgang på optimale menneskelige ressurser er en utfordring til enhver tid og på grunn av samkjøring av mange prosjekter, blir det stor konkurranse om de beste hodene.

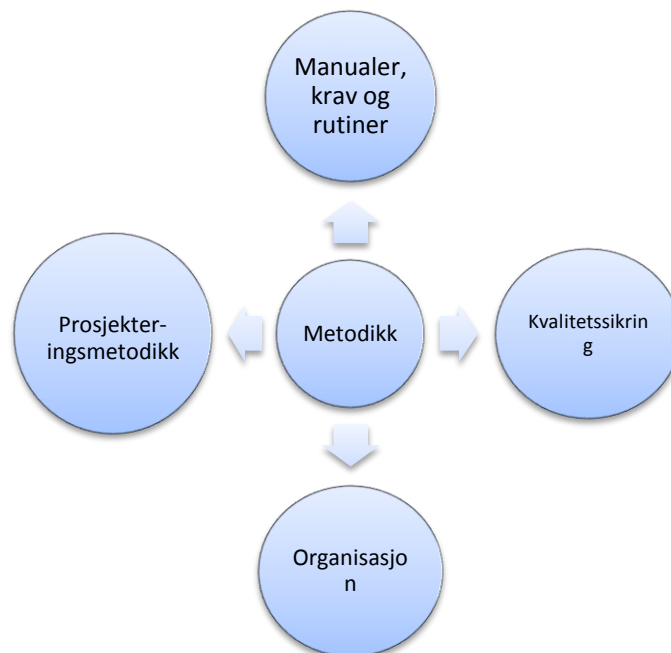
Det er først og fremst menneskelige ressurser – eller humankapitalen – som gjør Norge til et rikt land. Beregninger av nasjonalformuen viser at olje- og gassreserven utgjør 12% av nasjonalformuen i 2004, men humankapitalen utgjorde hele 77 prosent. Den er dermed av større verdi for oss enn alle naturressursene til sammen. (SSB, 2005)

3.3 Metodikk

I dette delkapittelet vil det gjøres rede for forfatterens forståelse av begrepet metodikk innenfor BIM for infrastruktur. Underkapitlene er delt opp etter fire hovedtemaer. Hovedtemaene inneholder forfatterens forståelse av hovedtemaene som støttes opp med aktuell litteratur. I denne sammenheng forstås begrepet prosess på samme måte som metodikk. Begrepene prosess og metodikk benyttes om hverandre i bransjen, men i denne oppgaven benyttes begrepet metodikk. Dette er gjort fordi begrepet prosess ofte i praksis knyttes til konkrete arbeidsprosesser, mens innholdet i begrepet metodikk her også inkluderer blant annet utarbeidelse av manualer og prosjektorganisasjon. Således favner begrepet metodikk bredere enn begrepet prosess.

Innen BIM for bygg benyttes begrepet prosess mye. BuildingSMART prosess er et begrep fra BuildingSmart og er «en standardisert prosess og leveranse spesifisering som beskriver aktører, prosedyrer og krav til leveranser i prosjekter» (BuildingSmart, 2014b). Selv om det gjerne er store forskjeller innenfor BIM for bygg og BIM for infrastruktur når det gjelder selve produktet, er det i arbeidsprosessene store likheter.

Begrepet metodikk i BIM-sammenheng handler i stor grad om hvordan møter planlegges og gjennomføres og hvordan selve prosjekteringen gjennomføres. Vi har valgt å samle dette i begrepet prosjekteringsmetodikk. Dette betyr at prosjektledelsen er helt sentral i et modellbasert prosjekt. Hvordan modellen benyttes i møter er sentralt for å utnytte gevinstpotensialet av modellbasert prosjektering. Større grad av bruk av samtidig, samlokalisert prosjektering (ICE, integrated concurrent engineering) ser ut til å bli mer og mer vanlig også i anleggsbransjen fremover. Metodikk er under fordelt i hovedkategoriene manualer; krav og rutiner, kvalitetsstyring, prosjekteringsmetodikk og organisasjon.



Figur 13 – Metodikk innenfor BIM for Infrastruktur (Alhamid, Vardøen 2014)

3.3.1 Manualer, krav og rutiner

Modellenes kvalitet defineres i prosjektene gjennom manualer, rutiner og krav. Det er også i et prosjekt viktig å definere roller i prosjektorganisasjonen som har ansvar for å følge opp det modellbaserte arbeidet i prosjektet.

I 3D-manualen defineres felles krav til modellene. Det baseres ofte på tidligere erfaringer fra prosjekter som ligner med hverandre. Det blir en praktisk veileder for fagmedarbeiderne og 3D-koordinator for å utarbeide modellbasert prosjektering. 3D- manualen er ikke skrevet med tiltenkt betydning at den skal kunne benyttes som et juridisk dokument; likevel vil det være mulig å benytte den i enkelte tilfeller som et vedlegg til kontrakten i et konkret prosjekt. Det må også gjøres avtaler om hva som har forrang i tilfeller hvor det er uklar forståelse.

Hensikten med en slik manual er for å samle alle tekniske regler fra gjeldende forskrifter og bestemte håndbøker i et felles dokument. I tillegg å prege det prosjektet den lages til med egne fagmodellnavn, objektsfarger teksturer som benyttes. Innholdet i dokumentet varierer på grunn av varierende prosjekter. Det som kreves i oppbyggingen av manualer er at de deles til delkapittel for å gjøre det systematisk og forståelig. 3D- manual hjelper med å standardisere fagmodellbenevning for å unngå konflikter hvis det er flere som produserer flere filer i et felles fag.

Håndbok Digital Planlegging i Jernbaneverket er Jernbaneverkets veileder som benyttes for all teknisk prosjekteringen for Jernbaneverket sine anlegg. Det er en del av Jernbaneverkets styringssystem og har nummer STY-600239.

Hensikten med håndboken er å sikre enhetlig digitalt planlegging, sikre at planer utarbeides på grunnlag av oppdaterte og nødvendige grunnlagsdata og at planer sikkerhetskopieres og arkiveres. Instruksen gjelder for alle som utarbeider slike data til prosjektet. Alle prosjektansvarlige har overordnede ansvar for at denne instruksen iverksettes i prosjektet.

Håndboken er en felles standard for DAK tegninger for Jernbaneverket. Her legges retningslinjer for ensartet oppbygging av katalogstruktur og retningslinjer for fil- og lagnavnsetting samt oppbygging av digitale tegninger. Dokumentet skiller mellom skal og bør- verbene, og hva er forskjellen på bruken mellom de to. Hvis det står skal-verb, menes med det at det er et tydelig krav som legges til grunn, men kan fravikes av Jernbanedirektøren eller den som er delegert myndighet i Jernbaneverket. Det skal begrunnes og dokumenteres. Ved bruk av bør-verb, menes med det at det er en føring som kan fravikes etter faglig vurdering uten spesielle krav til godkjenninger.

3.3.2 Kvalitetssikring

Kvalitetssikring gjennomføres tradisjonelt på flere nivåer; egenkontroll, sidemannskontroll/ tverrfaglige kontroller (Interne kontroller) eller tredjeparts kontroller.

En egenkontroll utføres av den som har produsert fagmodellen eller tjenesten. Interne kontroller utføres gjerne av rådgiver i et prosjekt før en leveranse. Sidemannskontroll utføres av en fagperson

med samme eller lenger erfaring og kompetanse enn den som opprinnelig utførte kontrollen, mens en tverrfaglig kontroll gjennomføres av et team hvor fagene kontrolleres mot hverandre.

En tredjepartskontroll er en type kontroll som gjerne utføres av et eksternt firma eller av byggherre.

Den tverrfaglige kontrollen gjøres modellbasert i et BIM prosjekt, enten automatisert eller manuelt. En kollisjonskontroll kan utføres manuelt i 3D-modellen gjennom å bevege seg systematisk rundt i modellen. Alternativt er det mulig å benytte automatiserte krasjkontroller i forskjellig programvare.

Haldorsen studerte i sin bacheloroppgave fra HiOA implementeringen av BIM i anleggsfasen på Fellesprosjektet E6 Dovrebanen. I studien finner de at «den manuelle kvalitetskontrollen fungerer godt, men at den automatiske kollisjonskontrollen oppdager for mange irrelevante kollisjoner.» (Haldorsen et al., 2013) Statens vegvesen har i sin håndbok V770 skrevet at en gevinst ved å prosjektere modellbasert er at den tverrfaglige kvalitetskontrollen kan utføres manuelt eller automatiseres.

Alle disse typene kontroller i tegningsbaserte prosjekter gjennomføres ved kontroll av tegninger. I et modellbasert prosjekt må de samme kontrollene gjennomføres i modellene. Det setter nye krav til teknisk kompetanse hos personene som skal gjennomføre kontrollene.

Spesielt den tverrfaglige kontrollen, som tradisjonelt har vært gjennomført over en stor tverrfaglig 2D-tegning, er det store gevinster ved å gjennomføre modellbasert. Men ettersom det per i dag ikke finnes gode nok automatiske kontroller i softwaren, må prosjektene sikre seg med manuelle kontroller i modellen. Hvordan alle disse kontrollrutinene skal være modellbasert bør avklares tidlig i et prosjekt.

Ved hjelp av en samordningsmodell blir identifisering av geometriske konflikter mellom objekter enklere helt fra en tidlig prosjektfase. Forhåpentligvis lukes alle geometriske konflikter da ut fra modellene før prosjektet når byggefasen. I tillegg gir samordningsmodellen stor verdi for entreprenøren som bruker modellen til planlegging, uttak av stikningsdata og mengdeberegning.

3.3.3 Organisasjon

Med organisasjon menes i denne sammenheng prosjektorganisasjonen, som kan være organisasjonen på byggherresiden, hos rådgiver eller entreprenør. Et modellbasert prosjekt har ofte behov for 3D-koordinatorer i prosjektorganisasjonen dersom arbeidsoppgavene knyttet til modellene ikke kan gjennomføres av andre roller i prosjektet. Det er også andre typer roller som med fordel kan inkluderes i modellbaserte prosjekter.

Det viktigste er at alle aktører i prosjektene har nødvendig kompetanse for å ivareta arbeidsoppgavene knyttet til modellbasert prosjektering. Inkluderingen av en modellkoordinator eller 3D-koordinator er en vanlig forskjell på modellbaserte og tegningsbaserte prosjekter.

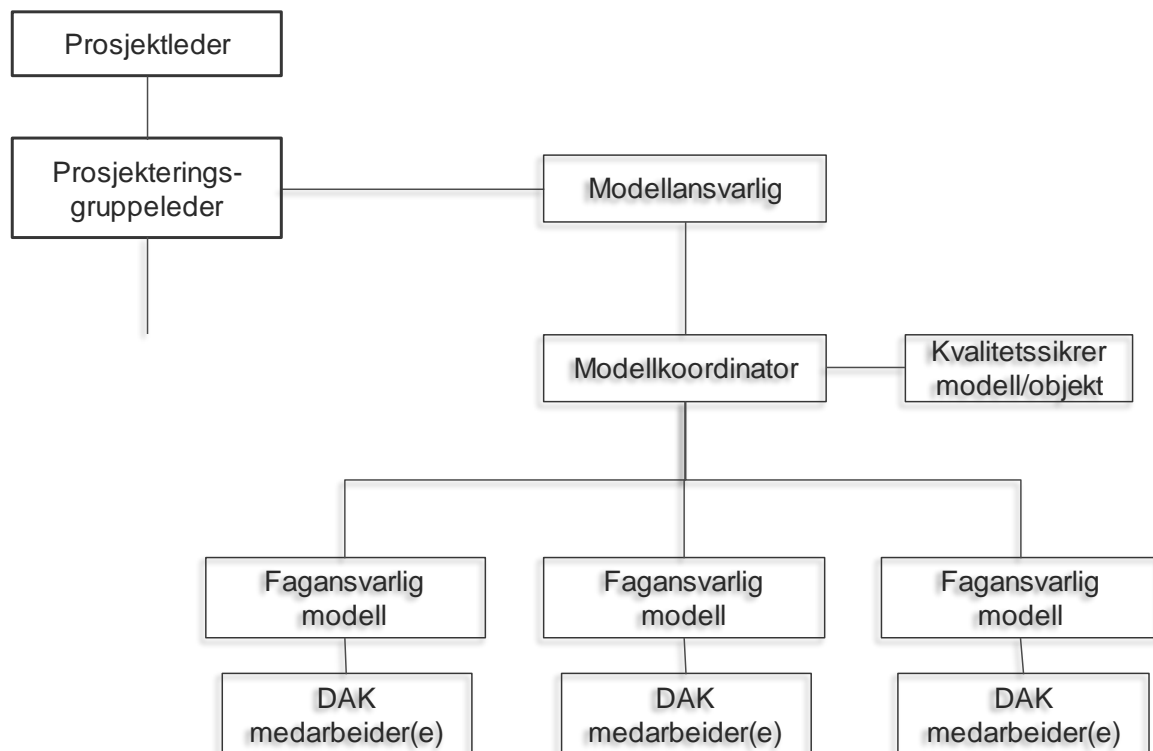
En 3D-koordinator kan ha ulike oppgaver som defineres i BIM-manualen. Håndbok Digital Planlegging i Jernbaneverket (Jernbaneverket, 2013) beskriver 3D-koordinatorens ansvar på byggherresiden som følgende:

- Delta i felles 3D-koordineringsgruppe for alle kontrakter
- Ansvarlig for å distribuere rutiner til alle medarbeidere i sin kontrakt
- Ansvarlig for å etablere interne rutiner som supplement til Håndboka
- Sørge for nødvendig opplæring av alle medarbeidere i sin kontrakt
- Kvalitetssikring av fagmodeller i henhold til dette dokumentet

En 3D-koordinator på rådgiversiden vil nok ha en større grad av tekniske oppgaver i forbindelse med selve opprettelsen av modellen og implementeringen av prosjekteringsmetodikk blant de prosjekterende.

Det er også andre roller som kan eller bør inkluderes i modellbaserte prosjekter avhengig av størrelse eller etter behov. En BIM-strateg kan være en ressurs som er ansvarlig for hvilken strategi en organisasjon eller et prosjekt skal ha. Ansvarer kan innebære å tilrettelegge veiledende dokument som er knyttet til anskaffelser, avtaler med rådgiverne, sette krav på bestilling av ressurser og definere målsettingene for bruken av BIM. Den stillingen krever en erfaren, kompetent ressurs som har erfaring fra en rekke prosjekter som benyttet modellbasert prosjektering.

Programvarespesialist er en ressurs som kan være ansvarlig for gi støtte innen programvare som er benyttet i prosjekteringen, for medarbeiderne i et prosjekt eller en organisasjon. Det er gjerne en ressurs som har relevant erfaring med testing av forskjellige programvarer, funksjoner i tillegg til å være superbruker. En mulig organisering av et BIM-prosjekt hos en rådgiver er vist under.



Figur 14 - Mulig modellbasert prosjektorganisasjon

Det essensielle er at prosjektet sikres å inneha nødvendig kompetanse til å gjennomføre modellbaserte prosjekter da det er nye kompetansekrav til de involverte til forskjell fra tradisjonelle tegningsbaserte prosjekter.

3.3.4 Prosjekteringsmetodikk

Prosjekteringsmetodikk omhandler hvordan modeller benyttes i alle prosjektets faser. Det finnes flere etablerte prosjekteringsmetodikker som presenteres kort i dette delkapittelet. Uansett må prosjekteringsmetodikken i stor grad tilpasses bruk av modellene i et modellbasert prosjekt.

Statsbygg, NSP (Norsk Senter for Prosjektledelse) og RIF (Rådgivende Ingeniørers Forening) gjennomførte i 2013 ett felles prosjekt kalt PROBY (Prosjekteringsprosess i Byggeprosjekter) hvor syv prosjekter av ulike størrelser er gjennomgått og analysert. (RIF, 2013) Dette prosjektet skulle komme opp med tiltak for å optimalisere prosjekteringsprosessen og blant annet følgende tiltak ble foreslått:

- Møter
 - o Byggherren og prosjekteringsgruppa må planlegge møtestruktur ved prosjektoppstart
 - o Prosjekteringsgruppa må være med å påse at møtene blir effektive ved å stille med de riktige personene
 - o Byggherren bør på generell basis vurdere sin møtefilosofi og møtestruktur som involverer prosjektering for å sikre effektive møter.
- Samlokalisering
 - o Rådgiverne bør i større grad enn nå, stille seg positive til samlokalisering og den verdien dette gir i prosjekteringsfasene. Der full samlokalisering ikke er mulig eller hensiktsmessig bør delvis samlokalisering vurderes. Delvis kan for eksempel bety at man sitter sammen to dager hver annen uke.
 - o Krav om samlokalisering (helt eller delvis) bør vurderes lagt inn i kontrakten fra byggherren, der de prosjekterende har arbeidsbelastning på et par dager pr. uke eller mer.
 - o Byggherren må følge opp og håndheve kravet om samlokalisering underveis i prosjektet
 - o Byggherren bør vurdere om det er hensiktsmessig å kreve samlokalisering i lokalene til rådgiverne eller arkitekten (...) Det vil i så fall si at byggherren bør sitte hos rådgiverne / arkitektene og ikke omvendt.

Når man ser på tiltakene som er foreslått minner det om det vi ser innenfor Concurrent Engineering. HiST (Høgskolen I Sør-Trøndelag) skiver på sine nettsider at «Concurrent Design er en samhandlingsmetode som brukes i tverrfaglige prosjekter med høy kompleksitet» (HiST, 2011)

Concurrent Design, eller samtidig prosjektering, har vært benyttet i mange store selskaper som eksempelvis NASA, ESA og Statoil i mange år. Simtano Inc ved Dr. Knut I Oxnevad har deltatt i utviklingen av metoden som består av to pilarer; «PPT-model (people, process, tools)» og «Eight Principles of Concurrent Design». Metoden kjennetegnes ved godt planlagte arbeidssesjoner hvor alle fagfelt prosjekterer i samhandlingsrom ledet av en fasilitator.



Figur 15 – Illustrasjon fra Integrated Concurrent Engineering (HiST, 2011)

I VDC-sammenheng innlemmes samtidig prosjektering i det som omtales som ICE-møter (Integrated Concurrent Engineering). ICE omtales av Kunz et al som et velutviklet nettverk av kunnskapsrike fagekspertter med kompetanse og kultur for å arbeide sammen parert med modellerings-, visualiserings-, og analyseverktøy, sosiale prosesser og spesialutviklede prosjekteringsverktøy. (Kunz, 2009)

Her legges det til Integrated i definisjonen, i denne sammenhengen forstått som samlokalisert. ICE-møter krever samlokalisering da arbeid skal utføres samtidig av en arbeidsgruppe.

Innenfor Virtual Design and Construction (VDC) ser man på BIM som en 3D-modell og de tre aspektene produkt, organisasjon og prosess (POP) vektlegges. VDC er et rammeverk utviklet av CIFE (Center for Integrated Engineering, Stanford University) og defineres som:

Virtual Design and Construction (VDC) is the use of multi-disciplinary performance models of design-construction projects, including the Product (i.e., facilities), Work Processes and Organization of the design - construction - operation team in order to support business objectives.(CIFE (2014))

Det defineres tre modenhetsnivåer innenfor VDC-konseptet. Nivå 1 handler om visualisering, enkle målinger og at modellene deles mellom aktørene. Her kan alle modellbaserte prosjekter innenfor utenomhus infrastruktur plasseres i dag. Nivå 2 handler om å få modeller til å samarbeide og standardiseres som for eksempelvis IFC-formatet bidrar til innenfor BIM for Bygg. Nivå 3 handler om automatisering av modellene og bygging.

VDC-begrepet ble introdusert i 2001 og inkluderer mange metoder og konsepter innenfor 3D, 4D (tid) og 5D (kostnader). VDC bygger på Lean-tankegangen som fokuserer på optimalisering av hele prosesser.

Lean Construction er en ambisjon om å forstå og forbedre den prosjektbaserte produksjonen i byggenæringen. (Lean Construction Institute, 2014) Lean dreier seg om å unngå sløsing og skape flyt i et prosjekt og er et tankegods hvor optimalisering av en hel produksjonsprosess skal føre til en bedre måloppnåelse.

Det finnes også flere prosjekteringsmetodikker med en stor grad av samhandlingsfokus, blant annet IPD (Integrated Project Delivery), men også entreprenører og rådgivere utvikler sine egne prosjekteringsmetodikker. I denne sammenheng kan gjerne Veidekke nevnes med sin IPP-metodikk (Involverende planlegging i prosjektering) (Veidekke, 2014).

I Håndbok Digital Planlegging i Jernbaneverket planlegging står det under punkt 11.1.2 Samordningsmodell at «modellen oppdateres jevnlig, i samsvar med oppdatering av fagmodeller, gjennom hele prosjekteringsfasen. Som forutsetning i prosjektet bør det legges opp til intervaller på 14.dager...».

Oppdateringsintervallene blir gjerne samkjørt med prosjekteringsmøtene. Prosjekteringsmøter er egnet for å vise modellene og kommentere konflikter mellom de forskjellige fagene. Samordningsmodeller eller Visningsmodeller benyttes gjerne samtidig når alle aktørene som er involvert i et prosjekt er samlet.

3D-koordinator har ofte ansvaret for å vise modellen oppdatert etter siste prosjekteringsmøte. Navigering i modellen, skriving av kommentarer i modellen, sette ståsteder med merknader samt å lage stier «Viewer» er en del av 3D- koordinatorens arbeidsoppgaver.

Ved hver avslutning av et prosjekteringsmøte, er det viktig å huske å flette ståsteder med merknader inn i møtereferatet slik at historikken bevares. Det lagres gjerne ofte flere tidligere versjoner av samme modell for å kunne bruke de som statussjekking i forhold til siste og nyeste versjon.

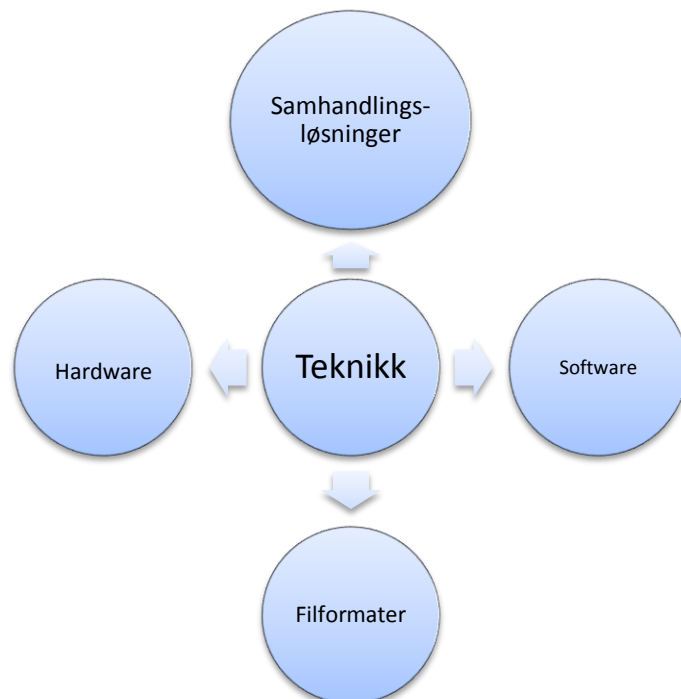
3.4 Teknikk

I dette delkapittelet vil det gjøres rede for forfatterens forståelse av begrepet teknik innenfor BIM for infrastruktur. Underkapitlene er delt opp etter fire hovedtemaer. Hovedtemaene inneholder forfatterens forståelse av hovedtemaene som støttes opp med aktuell litteratur.

Med teknik mener vi i denne sammenheng de tekniske metodene som benytter for å produsere modeller. Modellene bygges opp med basis i krav og rutiner som er stilt til oppbygningen. Ingen offentlige byggherrer har mulighet til å stille krav til hvilken type software som skal benyttes i et prosjekt, men det stilles derimot krav til leveranseformater.

Det er mange typer fagspesifikke verktøy eller moduler for å utarbeide fagmodeller og flere typer samordningsverktøy som setter fagmodeller sammen til samordningsmodeller. Samordningsmodeller setter krav til den fysiske maskinkapasiteten eller hardwaren for å benytte modellene på en hensiktsmessig måte.

Objektene i dagens fagmodeller beskrives med en geometri og objektsnavn. Utviklingen videre vil kanskje være å tilføye mer egenskaper og informasjon, til objektorienterte modeller. Fremover vil graden av informasjon i objektene økes, noe som gir mange muligheter i fremtiden.



Figur 16 - Teknikk innenfor BIM for Infrastruktur (Alhamid, Vardøen 2014)

3.4.1 Software

De siste årene har utviklingen innenfor teknologi og software for byggebransjen kommet veldig langt og er fortsatt i en rask utvikling. Dette startet med tegninger på papir hvor det ble prosjektert for

hånd på ark som representerte hele eller deler av prosjektet. Og med behovet for mer informasjon samt kompleksiteten i prosjekter, ble det utviklet programvare som man benyttet for å produsere 2D tegninger.

Det har ikke stoppet der, for utviklingen gikk videre og det ble presentert nye løsninger med gode programvarer for prosjektering. Utviklingen har gått fra DAK-løsninger til dagens 3D tegninger og videre BIM. Dette har gått fort og vært store overganger for bransjen.

Per dags dato finnes det ganske mange programvarer som benyttes separat for hvert fagfelt eller for å sette sammen fagmodeller for å skape samordningsmodeller. Disse verktøyene kalles gjerne samordningsverktøy.

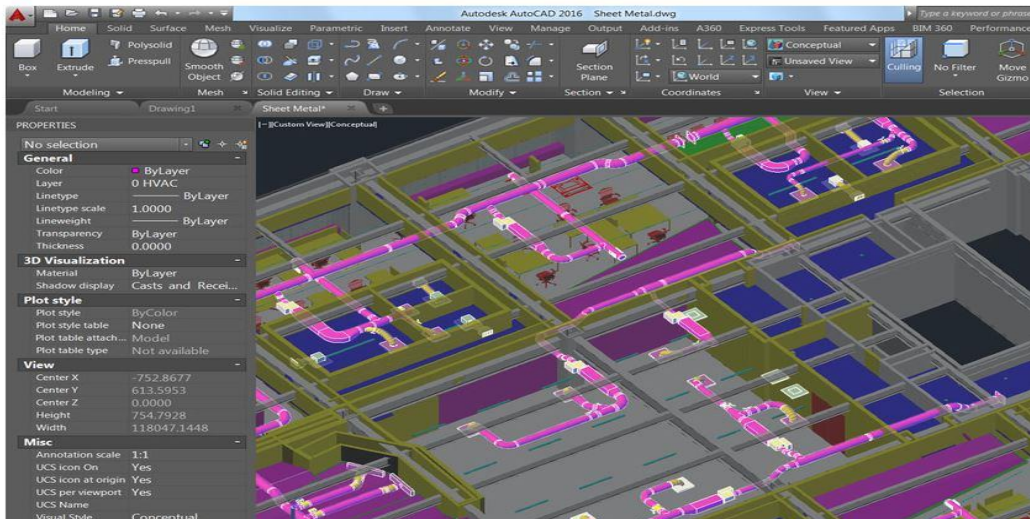
Blant disse samordningsverktøyene er det noen som er blitt brukt i stor grad i de store prosjektene som vi skriver om i casestudiet; Navisworks og Novapoint Virtual Map. Novapoint 19 DCM er en relativt ny programvare fra Vianova, mens Infracore fra programleverandøren Autodesk fungerer også som et samordningsverktøy. I praksis er det disse fire verktøyene som benyttes i Norge i dag.

Alle fagspesifikke områder som konstruksjon, VA, veg, spor, signal, Tele, KL, skilt, har egne verktøy eller moduler som har fagspesifikke funksjoner. Disse verktøyene vil vi ikke gå videre inn på i denne oppgaven.

Valg av programvare i prosjekter blir bestemt på overordnet nivå hos rådgivere og entreprenører. Lisenser til forskjellig type programvare er et stort tema hos alle aktører da det er viktig at alle parter i et prosjekt har mulighet til å kvalitetssikre prosjekteringen og leveransene knyttet til den. Byggherrer kan også se behov for å følge prosjekteringen tett og da kan behov for ekstra lisenser og programvare dukke opp. En større grad av samhandling mellom aktører mot modeller med ulike sky-/serverløsninger er noe som i større og større grad er tema i prosjekter.

Det blir mer og mer vanlig at byggherre setter krav til innsyn i modeller via ikke-lisenspliktige innsynsverktøy i sine kontrakter med rådgivere og entreprenører. Under vil de mest benyttede samordningsverktøyene presenteres, gjennomgangen er ikke uttømmende:

Navisworks er utviklet av Autodesk. Det er samordningsverktøy som hjelper prosjektene til helhetlige gjennomganger av integrerte modeller og data med interessenter for å få bedre kontroll over prosjektets helhet. Integrasjon, analyse og kommunikasjonsverktøy hjelpeteam for å koordinere disipliner, løse konflikter, og planlegge prosjekter før bygging eller renovering begynner.

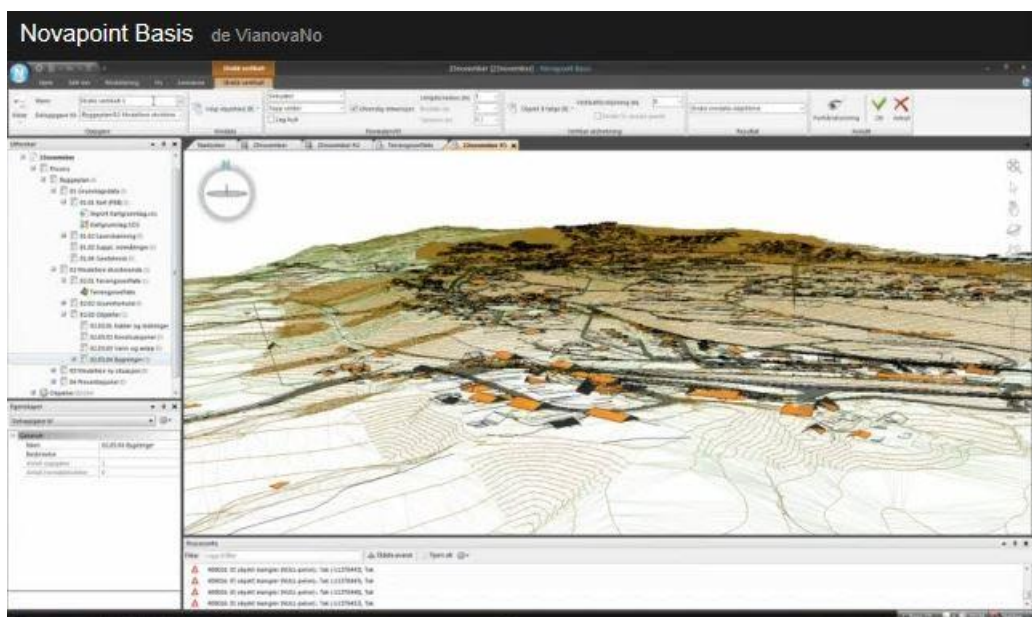


Figur 17 - Navisworks med AutoCAD 2016 (Autodesk, 2015c).

Det finnes to varianter av Navisworks som brukes i forskjellige sammenhenger. Navisworks Simulate kan integrere flere modeller for å forbedre samarbeidet, simulere, kvantifisere prosjektets omfang, og forbedre prosjektgjennomgang. Navisworks Simulate funksjoner gjør det enklere å planlegge prosjekter, visualisere og kommunisere prosjektets detaljer gjennom 5D analyse og simulering.

Navisworks Manage Integrere flere modeller for å legge til rette for evaluering, simulering av byggesekvensering, og kampen gjenkjenning. Navisworks Manage funksjoner gir muligheten for kontroll av utfall med avansert koordinering, 5D analyse og simuleringstøtø. (Autodesk, 2015c)

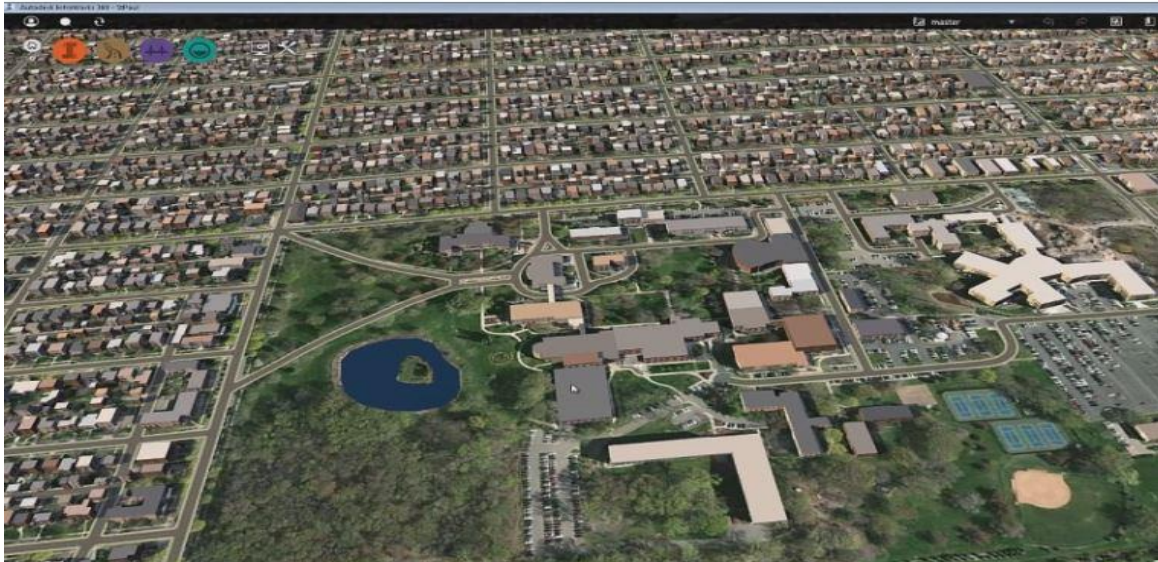
Novapoint er et konstruksjonsverktøy for infrastruktur- og samferdselsprosjektering som er utviklet av Vianova Systems. Det finns mange forskjellige moduler i Novapoint som er tilgjengelige for flere fagspesifikke områder for eksempel jernbane, vei, støy, tunnel, og mange andre. Siste versjon av Novapoint som er kalt NovapointDCM19 og Vianova Systems AS markedsfører det som markedets første teknologi som muliggjør ekte BIM for infrastruktur. (VianovaSystems, 2015b)



Figur 18 - Novapoint 19 DCM Basis (VianovaSystems, 2015b)

Novapoint har også en modul som heter Novapoint Virtual Map som i mange prosjekter benyttes som samordningsverktøy.

InfraWorks 360 design programvare hjelper å forbedre prosjekter resultatene. InfraWorks funksjoner hjelper å kombinere og koble data til bedre opprette, vise, analysere, dele og administrere informasjon for å ta beslutninger i sammenheng.



Figur 19 - InfraWorks 360 (Autodesk, 2015b)

3.4.2 Hardware

Med hardware menes den materielle del av et datasystem som man samhandler med for å få nytte av Software. Et datasystem «Hardware» består av flere deler som for eksempel hovedkort, central processing unit (CPU), harddisk, skjermkort og lyd kort, og tastatur og mus.

Kapasiteten på ytelsen av en hardware varierer i stor grad og er avhengig av hva man bruker av materielle for å bygge opp dette systemet. Alle deler i en hardware bidrar til at vi får det helhetlige resultatet som vi ser på skjermen som en modell, men det finnes viktige deler enn alle andre delene som er blant annet prosessor og skjermkort. Prosessor er (CPU) er den komponenten som håndterer alle de matematiske operasjonene som datamaskinen behøver for å utføre. Skjermkort er den komponenten som kobler skjermen til datamaskinen og sender en visningsinformasjon til skjermen.

Hardware innebærer i mange organisasjoner en kostnad i form av oppgradering av maskinparken når prosjektets deltakere skal arbeide modellbasert. Vi går ikke dypere inn i temaet hardware i denne oppgaven.

3.4.3 Filformater

Det er i dag et teknisk skille mellom bygg og anleggsbransjen. Prosjektering av bygg er basert på IFC-formatet, mens anleggsbransjen inntil videre har DWG som felles format.

Gjennom Buildingsmart/OpenBIM (BuildingSmart, 2014a) er det utviklet et felles format for datautveksling kalt IFC. Denne standardiseringen av BIM for bygg har gjort at det er gjennomført mange flere prosjekter med BIM. Det kan være grunnen til at det er mer forskning og oppgaver innenfor BIM for bygg.

DWG er native filformat for AutoCAD datafiler. Den inneholder alle de opplysninger en bruker skriver inn, for eksempel design, geometriske data, kart og bilder. DWG-filformat er en av de mest brukte konstruksjonsdataformater, som finnes i nesten alle designmiljø. Det betyr kompatibilitet med AutoCAD-teknologi. Autodesk opprettet DWG i 1982 med lanseringen av sin første versjon av AutoCAD software. (Autodesk, 2015e)

Jernbaneverket har brukt DWG-filformat i alle sine prosjekter, og er blitt bestemt at digitale leveranser av fagmodeller for prosjekter er i dette filformatet. Dette er fordi databanekontrollen hos Jernbaneverket er egnet for arkivering slike filformat.

LandXML angir en XML-filformat for sivilingeniør design og undersøkelse måledata. De primære mål for å gi en standard dataformat er for å få datautveksling mellom programmer og for å ha en langsiktig data arkivering. Det er hundrevis av programvareutviklere og offentlige organisasjoner rundt om i verden som har tatt LandXML i bruk. Det er mange LandXML datatyper som for eksempel stikningsdata, justeringer, profiler, tverrsnitt, overflater og mer (LandXML, 2014).

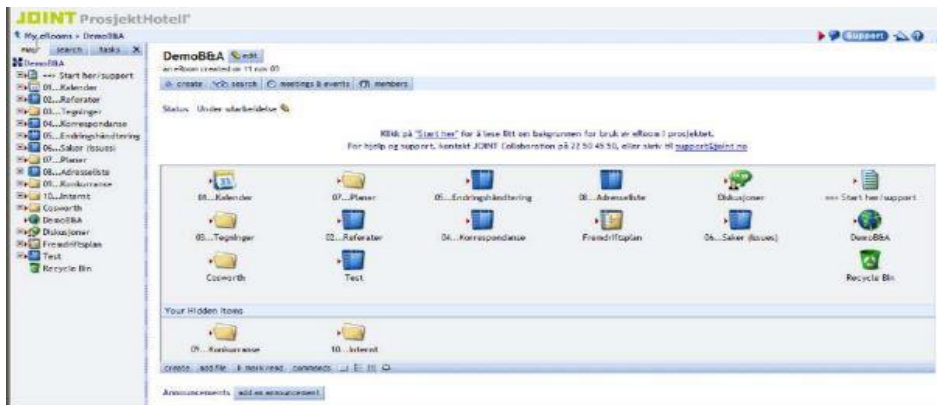
VIPS (Vegvesenets Interaktive Planleggings System) er et lukket format innarbeidet i Vianova systems sin programvare. Entreprenører har uttalt at de ser fordel med å kunne motta VIPS fra de prosjekterende, fordi filformatet og programvare gir mulighet for at modellen kan bearbeides videre av mottakeren. Modellen er ikke død og låst som den er ved eventuelt eksport til DWG.

VIPS, LandXML, Sosi, Kof også videre er formater som benyttes som stikningsdata ut mot entreprenør. I et modellbasert prosjekt er det fagmodellene som skal fungere som stikningsdata, med egne stikningsdata inkludert i DWG-filene som spesifisert i en prosjektspesifikk manual.

3.4.4 Samhandlingsløsninger

Det er ulike tekniske måter å samhandle mellom aktører i et prosjekt. Filer og dokumenter deles ofte via et prosjekthotell på nettet hvor filer kan lastes opp og ned av alle aktører. Det er også sky-/cloud-løsninger som kan benyttes til direkte innsyn i modeller. Vi vil nå kort presentere de mest benyttede løsninger for samhandling i prosjekter, gjennomgangen er ikke uttømmende:

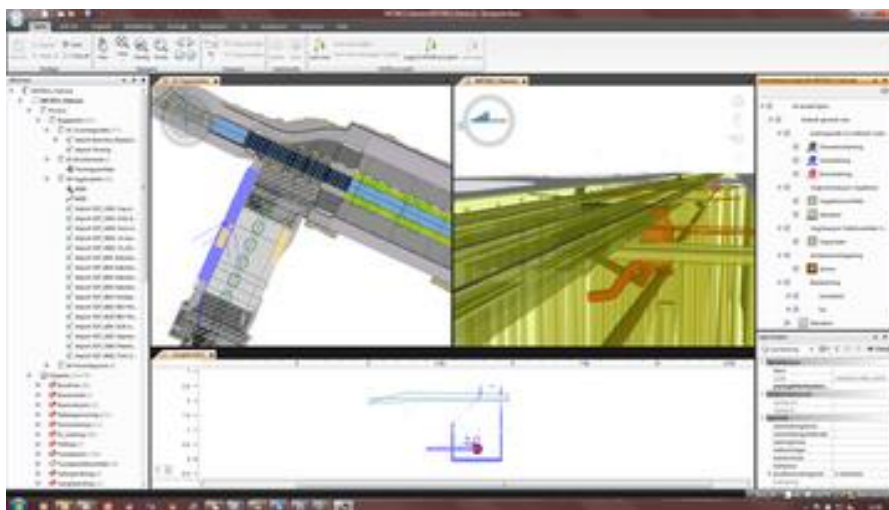
Dokumentrommet eRoom er et av verdens ledende webbaserte samhandlingsprogrammer som raskt kan ruller ut i et prosjekt eller en organisasjon. Med dette prosjekthotellet kan du og dine prosjektdeltakere samarbeide og dele informasjon uavhengig av tid og sted. Deltakerne trenger kun en PC med tilgang til Internett, samt brukernavn og passord.



Figur 20 - Illustrasjon på en eksempel av eRoom (Collaboration, 2012)

Buzzsaw er et annet prosjekthotell som også kan gjennomføre databehandling som en tilleggstjeneste. Det støtter BuildingInformationModeling (BIM) arbeidsflyt og er integrert med Autodesk sin portefølje av design og data management løsninger. Det inneholder verktøy for dokumentasjon, modellering og dataadministrasjon. Tilgang Buzzsaw sikres fra skrivebordet, web, eller fra mobile enheter (Autodesk, 2015a).

Quadri DCM er en skybasert samhandlingsløsning for BIM i infrastrukturprosjekter fra leverandøren Vianova Systems AS. Løsningen gjør at alle fagdisipliner kan dele en sentral modell. QuadriDCM legger til rette for tett samhandling mellom alle prosjekterende, entreprenører og byggherre – noe som resulterer i høyere effektivitet, bedre kvalitet, og besparelser.



Figur 21 - QuadriDCM (VianovaSystems, 2015b)

Figur 12 viser overordnet hvordan løsningen for samhandling fungerer med QuadriDCM. Prosjektering gjennomføres med NovapointDCM og de forskjellige fagmodulene som deler prosjekterte data til skyløsningen. Deretter finnes det to forskjellige innsynsverktøy i form av Easy Access og Free view som gir forskjellig grad av innsyn i samordningsmodellen.



Figur 22 – Samhandling med QuadriDCM (VianovaSystems, 2015b)

En annen skyløsning er fra produsenten Autodesk og heter Autodesk 360. A360 er en sky-basert plattform for tilgang til et utvalg av skytjenester, fra grunnleggende redigering til kraftig gjengivelse. Last opp et prosjekt fil til A360 og tilgang til data når som helst, hvor som helst. Figur 23 under viser overordnet hvordan løsningen for deling fungerer med Autodesk 360.



Figur 23 - Struktur Autodesk 360 (Autodesk, 2015d)

Figuren viser hvordan i praksis vil det fungere. Det er innhenting av modeller rett fra Autodesk 360 og direkte til utførende aktører, med mulighet for tilbakemelding fra utførerne til planleggerne.

Det finnes også ulike løsninger for å ta med modellen ut i felt via håndholdte enheter som nettbrett eller mobiltelefoner. Eksempelvis er Novapoint GO en digital dagbok som benyttes som et verktøy for navigasjon og dokumentasjon. Fordelen med dette er at man alltid har siste data tilgjengelig for alle brukere, og slipper å tenke på om man har lastet ned siste datasett. Samme server benyttes som mottaker av felt registreringene (logg punkt, bilder etc.). Dette gjør at alle registreringer i felt straks blir tilgjengelig for alle brukere på prosjektet. (VianovaSystems, 2015a)



Figur 24 - Novapoint GO på mobil (VianovaSystems, 2015a)

Autodesk har også løsninger for håndholdte enheter koblet til sine samordningsverktøy som Infracore360, Glue/Field 360 og AutoCAD 360. Vi går ikke dypere inn i de ulike løsningene her.

3.5 Erfaringer med BIM for infrastruktur

Modellbasert prosjektering er generelt sett relativt nytt i infrastrukturprosjekter, men etter at Statens vegvesen og Jernbaneverket slapp sine håndbøker i 2012 er det i flere og flere prosjekter et krav om modellbasert prosjektering. Det er noen få prosjekter innen samferdsel som har benyttet seg av 3D-modeller i planleggingsfasene, men kun få prosjekter har benyttet modeller som grunnlag for bygging. Modellene som er produsert til nå er i stor grad tilpasset det formålet de har i prosjektene. Prosjektene som har benyttet seg av 3D-modell har i hovedsak satset på å få ut gevinstene som modellbasert prosjektering gir i form av visualisering og tværfaglige kollisjonskontroller, men alle muligheter som kan assosieres med modellbasert prosjektering er enda ikke utforsket,

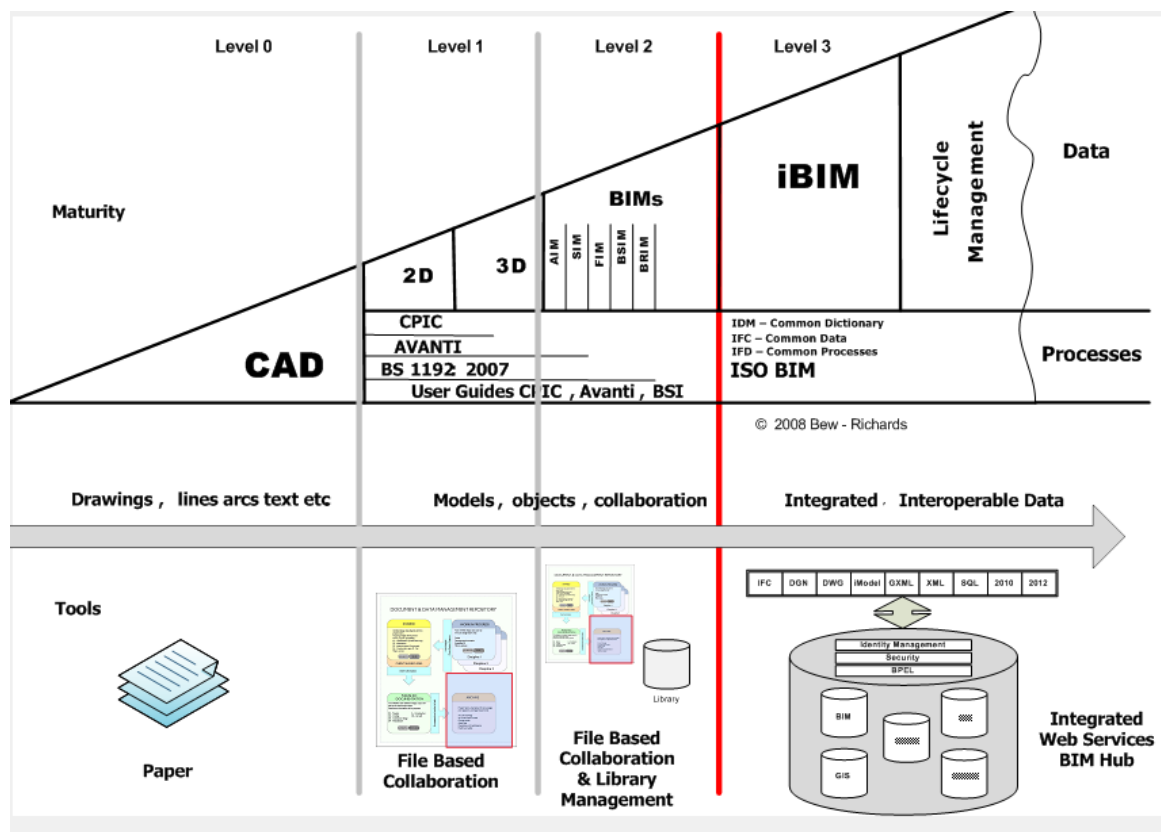
Etttersom BIM-utviklingen har spredd seg mer i anleggsbransjen, ser vi at flere store vegprosjekter utføres ved hjelp av digitale samordningsmodeller og ulike metodikk knyttes til disse. Sammen med innføringen av Håndbok V770 i 2012 har Statens vegvesen tatt store skritt på veien mot full BIM-prosjektering innen veg.

Jernbaneverket har de siste årene bestemt seg for å i større grad benytte modellbasert prosjektering i sine større prosjekter. Det er blant annet besluttet å lage en felles 3D-modell for det største samarbeidsprosjektet mellom Staten vegvesen og Jernbaneverket, fellesprosjektet E6- Dovrebanen.

Rådgiverfirmaene som er engasjert dannet en 3D-gruppe som er ansvarlig på vegne av byggherrene for å utvikle 3D-modeller for alle deler av prosjektet. De første 3D-modellene som ble brukt i tidligfase av prosjektet, var visningsmodeller benyttet til kommunikasjonen med alle aktører. Kommunene, grunneiere og entreprenørene fikk mye informasjon og fikk sett hvordan resultatet vil se ut når prosjektet legger spadene fra seg. Dette prosjektet har hatt en lederrolle innenfor utviklingen av BIM for infrastruktur de siste årene, og er nå i byggefasen. Mer om dette prosjektet finnes i kapittel 4.3.

Hvis vi ser på hvordan BIM blir benyttet i dag innenfor samferdselsbransjen har vi de senere årene opplevd en stor endring ved at en samordnings- og samhandlingsmodell nå inkluderer flere fagdisipliner fra en tidligere planleggingsfase. I tillegg ser man endring fra sekvensiell til integrert arbeidsprosess, hvor alle fagfelt deltar og bidrar til modellen helt fra starten. Gevinsten av denne samhandlingen er at alle fag blir sett og hørt – og integrert i en felles samhandlingsmodell. (VianovaSystems, 2015c)

Figur 25 under er hentet fra en rapport fra England og er benyttet mye i sammenheng med måling av BIM-modenhet. Figuren viser tre modenhetsnivåer av BIM sett i forhold til graden av modellbruk og samhandling mellom aktørene i prosjektene. I Norge i dag er det noen prosjekter som fortsatt er på Level 0 og 1, mens noen prosjekter nærmer seg Level 3 i form av integrerte samhandlingsprosesser og bruk av den nyeste softwaren i markedet.



Figur 25 – “The Bew-Richards BIM Maturity Model” (Party, 2011)

Norge er blant de landene som har kommet lengst innen bruk av modellbasert prosjektering. Dette kan skyldes en kultur for å ta sjanser og gjennomføre prosjekter med ny teknologi tidlig. Flere prosjekter er startet og gjennomført med modellbasert prosjektering i varierende grad, også lenge før håndbøkene fra Statens vegvesen (2012) og Jernbaneverket (2013) har vært på plass.

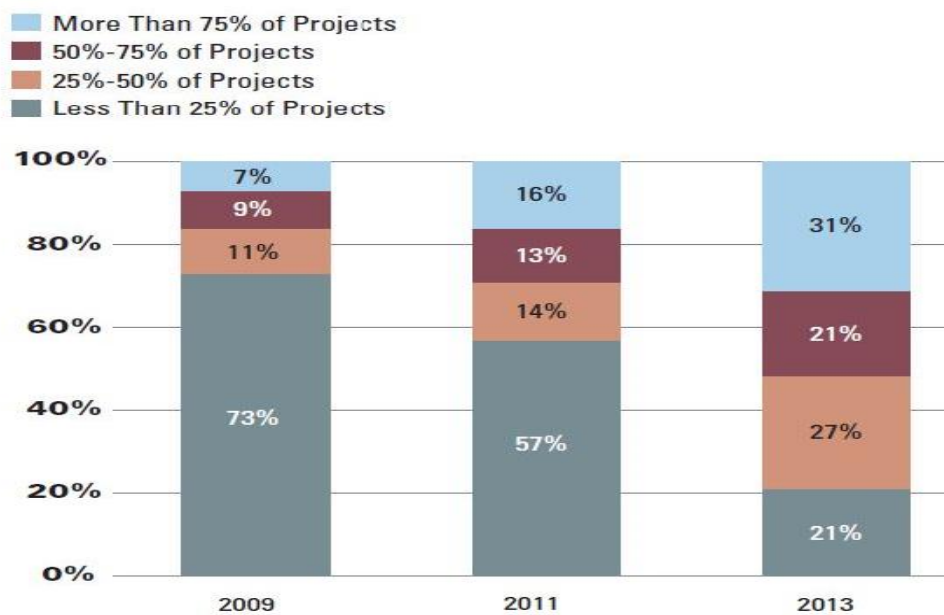
Generelt i Norge er modellbasert prosjektering blitt benyttet i flere samferdselsprosjekter. Det finnes ikke noen kilder for å se på antall prosjekter som bruker BIM i forhold til prosjekter som bruker 2D tegninger. Men når man ser på tekniske blader, rapporter og studier som blir skrevet på institutter,

kan man se økende interesse for BIM og modellbasert prosjektering. Det er stadig byggherrer, rådgivere og entreprenører som annonserer at de har behov for 3D-koordinatorer, BIM – strateger og BIM – ansvarlige. Dette kan speile hva de forskjellige organisasjonene tenker om fremtidige kompetansebehov i nåværende prosjekter og fremtidige prosjekter.

I en rapport fra McGraw-Hill Construction som er produsert på bestilling fra programvareleverandøren Autodesk (SmartMarked Report, 2012) er det undersøkt bruken av BIM i Nord-Amerika. Undersøkelsen viser graden av BIM-implementering i årene fra 2009 til 2013. Antall firmaer som benytter BIM i mer enn 75% av sine prosjekter har økt fra 7 % til 31% de siste 4 årene. Samt at firmaene som benyttet BIM i infrastruktur i mellom 50 % til 75 % av sine prosjekter, har økt fra 9 % til 21 %. Overgangen fra tegningsbaserte prosjekter til BIM-prosjekter er definitivt i gang i USA, som vist i figur 26 under.

Level of BIM Implementation for Infrastructure Over Time (for Users)

Source: McGraw-Hill Construction, 2012



Figur 26 - Status på BIM implementering for infrastruktur i USA

I Storbritannia er det vedtatt en strategi på regjeringsnivå om å nå minst Level 2 BIM, se figur 27, i løpet av 2016. For å nå dette målet er det nedsatt en BIM Task Group (BimTaskGroup, 2011) som arbeider med implementeringen i bransjen. Et statlig engasjement på høyt nivå er en avgjørende faktor for den forholdsvis raske implementeringen av BIM i bransjen, som vist i figur 28.

We have seen the global reaction to our Level 2 BIM programme's successful delivery and significant cost savings which have greatly assisted the construction costs savings of £840M in 2013/4, with several major EU nations including France and Germany announcing similar BIM programmes.

Rt Hon Dr Vince Cable MP

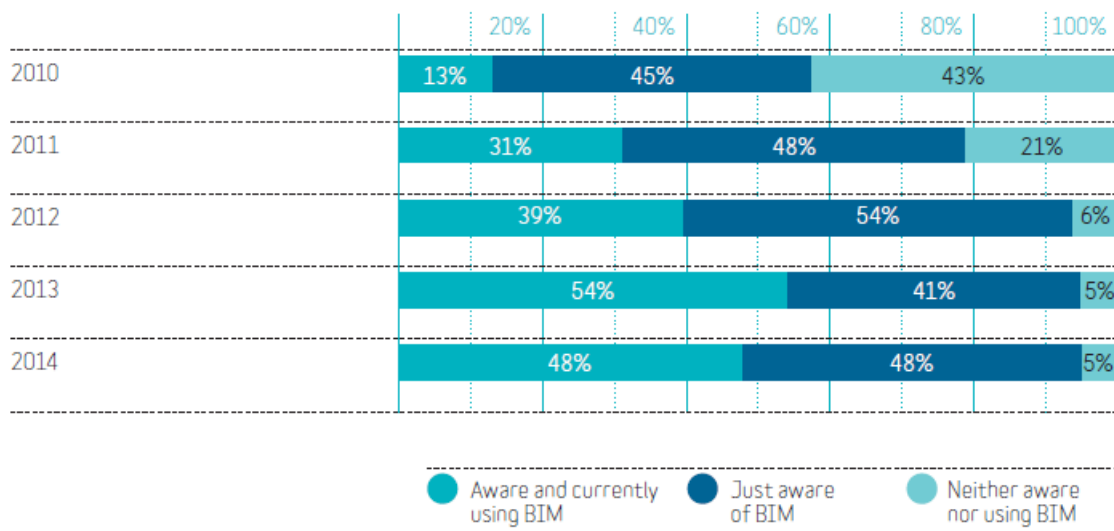
Secretary of State for Business, Innovation and Skills and President of the Board of Trade

Figur 27 – Sitat om Storbritannias BIM-program (Enterprises, 2015)

Statssekretær Rt Hon Dr Vince Cable MP sier i sitatet over om BIM-programmet, som ble iverksatt i Storbritannia i 2011, at programmet har vært en stor bidragsyter til kostnadsbesparelsene på 840 millioner pund i 2013/4 i byggebransjen. Flere europeiske land introduserer også liknende BIM-programmer.

En spørreundersøkelse fra 2015 viser at 48% av respondentene i en nasjonal BIM-undersøkelse i Storbritannia oppgir at er klar over og benytter BIM i dag. Fra 2010 har denne andelen gått opp fra 13% til 48%.

BIM awareness and usage



Figur 28 – Bevissthet rundt og bruk av BIM i England (Enterprises, 2015)

Blant resultatene som spørreundersøkelsen har kommet til, er at det er allerede 47 % av totaliteten av firmaene har kommet til nivå 2 i utviklingen på bruken av BIM. Det gir sterk grunnlag for å kunne være klar for nivå 3 som er enda mer rik på BIM enn nivå 1 og nivå 2. For deling av prosjekter vil endre den tradisjonelle måten vi jobber på nå. Med den stadige utviklingen i teknologien, blir veien for full BIM kortere.

En nasjonal BIM-spørreundersøkelse slik som det er gjennomført i England og USA kunne etter forfatterens mening vært en god ide å gjennomføre i Norge/Skandinavia.

3.5.1 Modellbasert prosjekt i Jernbaneverket

Jernbaneverket som statlig organisasjon, med store og små prosjekter, har de siste 5 årene benyttet BIM i varierende grad. Det er i Jernbaneverket i dag ikke en klar og tydelig BIM strategi, men det er allikevel utarbeidet 3D-modeller og gjennomført modellbasert prosjektering i ulik grad. Selv om det ikke har vært interne retninger eller strategi for implementering for bruken av BIM/ 3D -modeller, er det etablert en god del modeller i både store og små prosjekter.

De enkelte prosjekt-/ og prosjekteringsledere har besluttet å bruke ressurser for å produsere både fagmodeller og samordningsmodeller. Modellene er benyttet på forskjellige områder og nivåer, men i størst grad som visningsmodeller for intern og ekstern kommunikasjon.

Erfaringer fra foregangsprosjektet E6- Dovrebanen benyttes videre i andre Jernbaneverkets prosjekter. I tillegg til fellesprosjektet E6- Dovrebanen, har det blitt mer vanlig blant de store prosjektene å benytte seg av 3D - modeller. Blant disse er Follobanen som startet i tidligfase med å danne 3D- modeller for de forskjellige strekningene i prosjektet.

Under følger en kort gjennomgang av prosjekter i Jernbaneverket som har benyttet BIM /3D- modeller i større eller mindre grad, helt eller delvis basert på Håndbok Digital Planlegging i Jernbaneverket:

Fellesprosjektet E6-Dovrebanen er Jernbaneverkets første store modellbaserte prosjekt. Det er et vei-bane prosjekt som er et felles samarbeid mellom Statens vegvesen og Jernbaneverket. Mer informasjon om BIM i dette prosjektet, se kapittel 4.3.

Follobanen er et jernbaneprosjekt som består av flere entrepriser. Prosjektet binder Oslo sentral stasjon med Ski stasjon gjennom to tunneler. I tillegg til fornyelse av Ski stasjon og fornyelse av flere jernbanetekniske elementer. For mer informasjon om BIM i dette prosjektet, se kapittel 4.2.

InterCity-prosjektet er i en oppstartsfasen og skal fremover benytte BIM i alle planleggingsstadier på mange forskjellige strekninger/parseller.

Farriseidet-Porsgrunn er en del av nytt dobbeltspor for Vestfoldbanen og her har noe modellering presset seg frem fra rådgivers side. Modellene er i hovedsak benyttet til visualisering, siktkontroll for signalfaget og tverrfaglige kontroller/bygging i en mindre del av prosjektet.

Holm – Nykirke – prosjektet er en del av nytt dobbeltspor for Vestfoldbanen hvor det er benyttet 3D-modeller i prosjekteringsfasen. Kompleksiteten av deler av prosjektet gjorde at det ble dannet en 3D-modell for hovedsakling å presentere hvordan togstasjonen i fjellet ser ut.

Sandnes-Stavanger er prosjekt som innbefatter 13km dobbeltspor som ble ferdigstilt 2009. Her ble det opprettet 3D-modeller i forbindelse med siktkontroller for signalfaget.

Råde stasjon benyttet 3D-modeller til kollisjonskontroller og til visualisering

Eidsvoll Vending er et prosjekt som er en del av Dovrebanen. Det ble her i 2012/13 etablert en tverrfaglig 3D- modell for kollisjonskontroll og visualisering.

Frogner stasjon er et prosjekt for å bygge en ny stasjon på Frogner i Sørums kommun. For dette prosjektet ble det lagt en 3D- modell.

Myrdal stasjon er en fornyelse prosjekt for Myrdal stasjon som ligger i Aurland kommune. Det ble lagt 3D- modeller for å presentere forskjellige løsninger for fornyelse.

Narvik Terminal – Forsøksvis 3D-modell utarbeidet i 2012 i forbindelse med anleggsarbeidet. Delvis tatt i bruk på anlegget som stikningsdata.

Bjørnefjell Stasjon – 3D-modell utarbeidet i 2011 for mange fag og benyttet til kollisjonskontroller ved milepæler i prosjektet og delvis som stikningsdata i anleggsfasen.

Rombak Kryssingsspor – Planlegging startet opp i 2013 og prosjekteres i henhold til Håndbok Digital Planlegging i Jernbaneverket. Modell hovedsakelig benyttet i visualiseringsøyemed og til kollisjonskontroller ved utvalgte milepæler.

Djupvik Kryssingsspor – Prosjekt i oppstartsfasen per 2015 som skal benytte BIM-metodikk og utarbeide modeller i henhold til Håndbok Digital Planlegging i Jernbaneverket.

4. Casestudie: Erfaringer fra store prosjekter

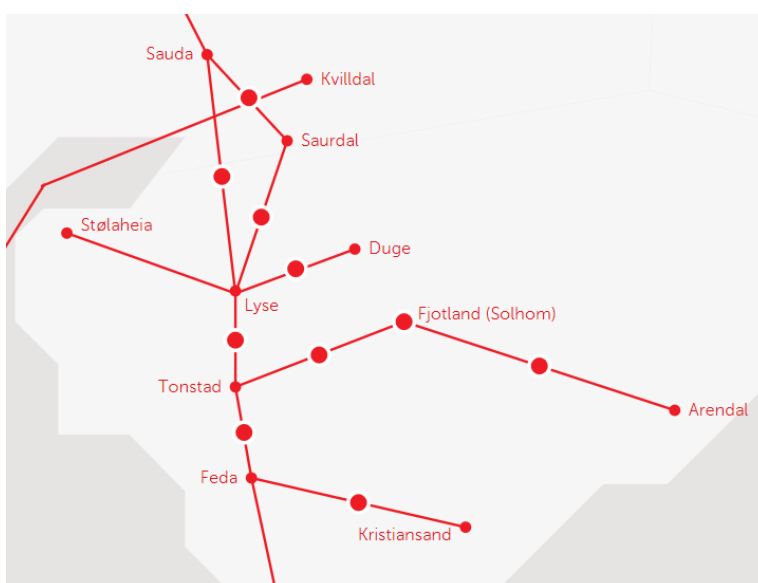
Denne casestudien har som hensikt å samle erfaringer fra store prosjekter gjennomført modellbasert i anleggsbransjen. Erfaringene og informasjon om prosjektene er hentet inn fra intervjuobjektene samt gjennom innhenting av informasjon fra byggherrens interne og eksterne nettsider. Det er gjennomført intervjuer med en 3D-koordinator i hvert prosjekt som tett følger opp det modellbaserte arbeidet fra byggherre eller rådgiversiden. Det er benyttet en intervjuguide relatert til forståelsen av BIM-begrepet presentert i kapittel 3. Denne ligger som vedlegg nummer 2 til oppgaven.

De fire prosjektene er presentert i hvert sitt delkapittel. Først presenteres prosjektet kort før suksesskriterier og utfordringer/ forbedringspunkter diskuteres i hvert sitt underkapittel innen strategi, metodikk og teknikk. I disse underkapitlene presenteres det hvordan prosjektene har jobbet med BIM og avslutningsvis er erfaringene samlet i tabellformat i sammendraget i delkapittel 4.5.

4.1 Vestre Korridor

Vestre korridor er per tiden Statnetts største pågående prosjekt og gjennomføres med 3D-prosjektering og bruk av modeller til tverrfaglig kontroll, visualiseringer etc. Dette prosjektet er valgt å se på fordi det er et stort infrastrukturprosjekt som på mange måter kan sammenlignes med andre store BIM-prosjekter innen samferdselssektoren.

Frem til 2021 skal Statnett oppgradere strømmettet i Vestre Korridor fra 300kV til 420kV. I den sammenheng skal det bygges åtte nye trafostasjoner for korridoren med all nødvendig sammenhengende infrastruktur.



Figur 29 – Kart over Vestre Korridor (Statnett, 2015)

Statnett har valgt Sweco Norge AS som prosjekterende rådgiver for trafostasjonene, mens Vianova AS er prosjekterende rådgiver for strømkablene mellom stasjonene.

De ulike trafostasjonene har ulik fremdrift i prosjektet. Det vil si at noen stasjoner per dags dato allerede er under bygging, mens andre fortsatt er under prosjektering.



Figur 30 – Visualisering fra samordningsmodell, Trafostasjon

4.1.1 Strategi

Prosjektet Vestre Korridor er første gang Statnett AS gjennomfører et prosjekt med 3D/VR-modeller med ekstern ansvarlig tverrfaglig prosjekterende. Statnett ønsker å benytte 3D-prosjektering i både plan- og prosjekteringsfasen, som grunnlag for bygging og senere i driftsfasen. Fra 2009 er det bygget 15 nye trafostasjoner hvor modellbasert prosjektering er benyttet.

De forskjellige aktørene har variert erfaring med modellbasert prosjektering. Vianova, som rådgiver for det tilgrensende ledningsprosjektet, har stor og bred erfaring med å gjennomføre liknende type prosjekter modellbasert. Totalrådgiver og byggherre hadde ved oppstart av prosjektet varierende erfaring med samordningsmodeller.

Det er i prosjektet ikke etablert noen prosjektspesifikk BIM-strategi, men modellene er produsert i henhold til Statnetts dokument «Krav til Digitale Leveranser». Hovedkravet er at en komplett tverrfaglig 3D-modell utarbeidet i prosjekteringsfasen skal danne grunnlaget for anleggs- og driftsfasen. Statnett har i tillegg satt følgende krav til den modellbaserte prosjekteringen:

- Samordningsmodell skal etableres og benyttes gjennom prosjektet
- Prosjektering og leveranser for hvert fag i DWG-format (fagmodeller)

- Visualisering til bruk som middel for ekstern og intern kommunikasjon
- Samordningsmodell skal benyttes i prosjekteringsmøte hver 14.dag
- Stikningsdata skal implementeres i fagmodeller
- Modellene skal kunne benyttes i hele prosjektets livsløp

Prosjektet har basert på Statnetts krav etablert en egen 3D-Manual. I prosjektets 3D-manual defineres en samordningsmodell som en tverrfaglig VR-modell med tekstur og omgivelser. Det vil si en «usminket» visualisering av prosjekterte data. Samordningsmodellen er i praksis en sammensetning av de forskjellige fagmodeller som er utviklet av hvert fag.

Prosjektet er hos rådgiver organisert slik at man har et team som består av en modellansvarlig for prosjektet og 3 BIM-koordinatorer. Hver stasjon/samordningsmodell har en egen stasjonsansvarlig som igjen har med seg en BIM-koordinator. Statnett som byggherre har også en person med teknisk kompetanse og erfaring med å følge opp rådgivers modellbaserte prosjektering.

Detaljeringsgrad på modeller har vært en utfordring i prosjektet. Det er en utfordring å få riktig detaljeringsgrad til riktig planfase slik at modellene viser nødvendig detaljnivå, men ikke mer enn nødvendig. Et forbedringspunkt som blir nevnt er å tidlig etablere en omforent enighet om detaljeringsgraden til milepæler i prosjektet. Det kunne vært etablert i en BIM-strategi eller BIM-manual i matriseform og eventuelt også vært koblet til rekkefølger/avhengigheter.

Et annet utviklingspunkt som ble diskutert i intervjuet er muligheten for å benytte såkalt Airborne Electromagnetic, AEM (NGI, 2015) for å få bedre kontroll på grunnforholdene.

4.1.2 Metodikk

Rådgiver har i samarbeid med byggherren utarbeidet en 3D-manual for prosjektet. Her defineres krav til leveransen både fra rådgiver til byggherren, men også mellom fagansvarlige og 3D-koordinatorer internt hos rådgiver. Tekniske detaljer rundt fagmodeller og samordningsmodellene er beskrevet for prosjekterende. 3D- Manualen viser også metodikken i bruken av modellen.

Metodikken er beskrevet i 3D-manualen for prosjektet og er revidert og optimalisert gjennom prosjektets gang. Metodikken som beskrives viser hvordan prosjekteringsprosessen gjennomføres hos rådgiver og hvordan byggherren deltar i prosjekteringsprosessen.

Hver 14. dag skal det på teknisk prosjekteringsmøte med rådgiver og byggherre benyttes en samordningsmodell (her: visningspakke i programvaren Novapoint Virtual Map) for hver stasjon som viser hvor langt prosjekterende er kommet i prosessen. Før dette møtet skal samordningsmodellen og avklaringspunkter (standpunkter) være delt på felles webhotell med byggherre slik at alle deltakere stiller forberedt. Det er et viktig suksesskriterium for prosjekteringsmøtene at alle aktører har anledning til å stille.

Plan for sammenstilling av fagmodeller til en samordningsmodell hos rådgiver vises under og er hentet fra prosjektets 3D-Manual:

- Fagmodeller legges ut ila tirsdag
- Onsdag frem til kl. 14 utfører 3D-koordinatorer kollisjonskontroll og sjekk at disse går greit i samordningsmodellen
- Onsdag kl. 14 Internt møte (prosjekterende) med fagansvarlig der kollisjoner gjennomgås og eventuelt ansvar for oppretting gjennomgås og man går gjennom punkter for diskusjon til møtet mandag.
- Onsdag og frem til kl. 11 torsdag, oppretting av modeller med avvik.
- Torsdag 11-12 forberedes modellene for innlegging i eRoom
- Torsdag kl. 12 legges modeller ut på eRoom for gjennomgang hos Statnett før prosjekteringsmøtet mandag.

Da prosjektet omhandler 8 ulike samordningsmodeller/trafostasjoner er det satt opp en plan for hvilke stasjoner som skal vises på hvilke prosjekteringsmøter. Det gjennomføres felles prosjekteringsmøte hver uke, da med i utgangspunktet gjennomgang av 4 samordningsmodeller hver uke.

På de felles prosjekteringsmøtene gjennomgås alle standpunkter som ikke er avklart. Standpunkter er enten opprettet av rådgiver i en intern gjennomgang eller av byggherre i forkant av møtet. Aktive avklaringspunkter gjennomgås og sjekkes ut fortløpende. Denne prosessen styres av 3D-koordinatoren i det felles prosjekteringsmøtet.

En sentral del av arbeidsmetodikken i prosjektet handler om hvordan avklaringspunkter finnes, diskuteres og avklares. Avklaringspunktene navnesetter etter en avtalt struktur og innehar en beskrivende kommentar, hvem som har ansvaret for avklaring og datoen den er opprettet. Dette er også sentralt i kvalitetssikringen i prosjektet.

4.1.3 Teknikk

Novapoint Virtual Map har vært benyttet som samhandlingsverktøy i prosjektet. Ulike fagdisipliner har benyttet seg av egne verktøy, men fagmodellene i DWG-format har vært basisen for utarbeidelsen av samordningsmodellene.

I modelleringen av grunnforhold er det benyttet Civil 3D som har vært opplevd som et effektivt verktøy til det formålet. I spesielt tidlig fase av prosjektet har modellene for byggherre blitt opplevd som unødvendig tunge. Årsakene til dette kan være for høy detaljeringsgrad i samspill med hardwarekapasitet.

4.2 Follobanen

Follobanen er det største samferdselsprosjektet i Norge. Prosjektet består av to parallelle tunneler mellom Oslo sentral stasjon, og Ski togstasjon i tillegg til en ny stasjon på Ski samt mye fornyelse av tekniske elementer på Oslo sentral stasjon. Disse tunnelene blir landets lengste jernbanetunneler med 20 km, og de første jernbanetunnelene med to atskilte løp. Hele prosjektet vil stå ferdig innen 2021 ifølge fremdriftsplanen. Figur 31 viser tunnelene under bakken og portalkonstruksjonen for innføring til Oslo togstasjon.

Vi har valgt å skrive om strategien i BIM i Follobanen fordi dette prosjektet er et symbol prosjekt som bruker BIM i anlegg. I tillegg til at det er en del av InterCity -prosjektet, men jeg ser på det som et separat prosjekt. Det er Norges største samferdselsprosjekt i nyere tid med 22 km nytt dobbeltspor fra Oslo sentral stasjon til kollektivknutepunktet Ski, som vist i figur 32. Prosjektet omfatter bygging av en ny stasjon i Ski, omfattende arbeid på Oslo S, nødvendig omlegging av spor til Østfoldbanen inn mot Oslo S og mellom tunnelene og nye Ski stasjon. Arbeidet omfatter totalt 65 km nye jernbanespor.

Det skal bygges/drives med fire tunnelboremaskiner (TBM) som hoved metode og deler av tunnelarbeidene skal utføres ved konvensjonell sprengning. Tunnelene er designet for hastighet opptil 250 km/t. Med dette øker kapasiteten og det tilrettelegger for halvert reisetiden Oslo-Ski (fra 22 til 11 min.). Forberedende arbeider startet i 2013 og fortsetter i 2014 og hovedarbeider utføres fra 2015 til 2021. Prekvalifisering for prosjektets fire, store totalentrepriser (EPC) startet i 2013 og kontraktstildeling starter etter planen fra nyttår 2014/1. kvartal 2015. Follobanen skal stå ferdig i 2021 og det blir innerste del av InterCity-utbyggingen sørøstover fra Oslo.



Figur 31 - Follobanen tunneler i Ekebergsåsen



Figur 32 - Fremtidig Ski stasjon

4.2.1 Strategi

Follobanen er et stort prosjekt som strekker seg over store områder på Østlandet. Fra tidligfase har prosjektets ledelse besluttet å benytte 3D-modeller i alle delprosjektene. Dette har ført og fører til god kommunikasjon med naboene som Follobanen skal ha når den er ferdig bygd. Det er blitt satset i høyere grad på BIM i forhold til tidligere infrastruktur prosjekter. Ambisjonene på sikt er å kunne ta i bruk slike modeller i vedlikeholdsøyemed.

Follobanen har ikke en klar BIM-strategi, selv om prosjektledelsen ser gevinsten av å benytte seg av modellbasert prosjektering. Det har ført til at prosjektet har vært med på workshop og bidratt med midler for å utvikle og teste QuadriDCM Easy Access.

For å få til en effektiv byggeplass og for mulighet for byggherren å følge fremdriften tett, har Follobanen utviklet et kodingssystem som er knyttet til de forskjellige objektene i fagmodellen. Det er stilt krav til de forskjellige totalentreprenørene å stille med en 3D-koordinator som har ansvaret for å sammenstille alle produserte fagmodeller til samordningsmodeller.

Det er en viss risiko for at totalentreprenørene ikke har den kompetansen som kreves innen modellbasert prosjektering for å levere digitale leveranser. Derfor er det viktig å følge med tett i oppstarten av prosjekteringen for å sikre god felles forståelse av 3D-modelleringskravene.

Det har blitt vurdert å involvere miljø og RAMS (Reliability, Availability, Maintainability og Security) i det modellbaserte arbeidet, for å tidlig kunne identifisere farene/risikoene som er knyttet til prosjektet. Det er en mulighet som kan anbefales til videre prosjekter.

Jernbaneverket sin struktur på oppbygging av prosesser i prosjekter er beskrevet i styringssystemet. For gjennomføring av Follobaneprojektet, ble denne strukturen i UPB prosessen, som er vist på figur 4 benyttet.

Hovedplan og detaljplan er de to planfasene som modellbasert prosjektering hittil har blitt benyttet. Byggeplan som startet i 2013 med forberedende arbeid har benyttet modeller i varierende grad. Men for selve byggingen av hovedarbeidene som starter i 2015, skal det aktivt benyttes modellbasert prosjektering. Under vises et glimt av hvordan BIM har blitt benyttet i de ulike planfasene:

Hovedplan: i denne planen har det blitt diskutert flere punkter som har hjulpet å bestille riktig leveranse av BIM for prosjektet. Tanken har vært å bestemme hovedtrekkene i prosjektet og legge det meste av ansvaret for BIM til rådgiverne.

Tabellen under viser hvilken aktør som har ansvaret for produksjonen av modeller i prosjektet for de forskjellige fagene.

| Strekning/Fag | Oslo S | Tunnel | Dagsone Ski | Ski stasjon | Forbikjøringsspor Ås |
|-----------------|----------------|------------------|----------------|----------------|----------------------|
| Signal | ViaNova P&T | Rambøll | Rambøll | Rambøll | Rambøll |
| Jernbaneteknikk | ViaNova P&T | Cowi | Jernbaneverket | Jernbaneverket | Atkins |
| Underbygning | ViaNova P&T | Aas- Jakobsen | Norconsult | Multiconsult | Atkins |

Figur 33 – Aktørenes ansvar i Follobanen (Jernbaneverket, 2012)

Det er noen sentrale sjekkpunkter som hjelper oss å forstå hvordan modellene har blitt benyttet i hovedplan. Det var diskusjoner om graden av geometrisk kontroll av de eksisterende jernbaneteknikkanleggene som blir tatt med i 3D- modellene. Diskusjonene har også inkludert graden av detaljer som skal være med ny prosjektert linje, i tillegg til krav som skal stilles til registreringer av geologi og bergsikring.

Det må skilles mellom sprengt og boret løsnings i tunnelene, og i den sammenhengen ble det ikke produsert modeller som dekker det, og ble heller ikke krevd av totalentreprenøren at dette logges i 3D- modellene.

Det vil være hensiktsmessig for byggherre å ha en enhetlig navnestruktur på fagmodeller på tvers av disse forskjellige delprosjektene. Dette bør samsvare med navngiving på tegninger og berørte dokumenter. Dette har rådgiverne fått til gjennom modellering av fagmodeller for hoved- og detaljplaner. De produserte fagmodellene tok ikke hensyn til antall faser/ etapper som er felles for hele prosjektet siden det er fire forskjellige totalentrepriser. Det ble heller ikke krevd å dele fagmodeller fase- /etappevis fra totalentreprenørne.

Ut fra resultatene fra diskusjonene har det blitt laget en 3D-manual slik at prosjekterende kan bruke det som guide ved produksjon av fag- og samordningsmodeller.

Detaljplan:

I detaljplanfasen ble rutinene fra hovedplan benyttet, men med mer krav til detaljering. Disse rutinene har blitt revidert og bygget på flere ganger av 3D-koordinatorene som jobbet med delprosjektene. Kravene om leveranse i detaljplan har fokusert mer på hvor det er konflikt mellom de forskjellige tekniske fagene.

Det ble mer fokus på hvordan 3D-modellene kunne brukes effektivt i de fagmøtene i delprosjektene samt å prøve og oppdatere modellene oftere siden det er stadig endringer som påvirker alle fag. Det ble produsert flere forskjellige typer modeller som ble benyttet til forskjellige formål, både visningsmodell, resultatmodell og samordningsmodell.

Byggeplan:

I byggeplanfasen er det stilt krav til totalentreprenørene til 3D-leveransene. Disse kravene tar for seg de viktigste elementene i bygging av BIM og hvilke rammer totalentreprenøren skal forholde seg til ved produksjon av modeller. Som byggherre er det en utfordring å stille slike krav, da må man på forhånd ha meget god kunnskap om bruken av BIM samt å ha kunnskap om håndtering av digitale leveranser i form av fagmodeller.

4.2.2 Metodikk

Follobanen har som ett av Jernbaneverkets største prosjekter, har lagt mye vekt på rutiner og retningslinjer for modellbasert prosjektering. Kontrakter har blitt og blir inngått med totalentreprenører som har krav å forholde seg i forhold til den modellbaserte prosjekteringen. Et av kravene er at samordningsmodellen skal oppdateres hver 14. dag. Prosjektet har utført mange av elementene innen kategorien metodikk, som eksempelvis 3D-manual, egen 3D-koordinator hos byggherre og så videre, men det er ikke beskrevet ytterligere i noe dokument eller plan.

Det ble ved oppstart av hovedplan etablert en manual for hvordan fagmodellene og samordningsmodell skulle etableres. Notatet er kalt «3D felles rutiner og metodikk». Innholdet for denne manualen er delt i flere kapitler og hvert kapittel beskriver 3D-leveransen i de forskjellige fasene prosjektet går igjennom. Ett av kapitlene beskriver 3D-koordinatorens rolle i prosjektet. Det er for å tydeliggjøre de konkrete oppgavene som 3D-koordinatoren har. Det er stilt krav til leveransene som kommer fra Håndbok Digital Planlegging i Jernbaneverket, som skal benyttes som basis i produksjonen av både 2D og 3D-tegninger og modeller. Rutiner for å produsere fagmodeller og struktur i disse modellene er detaljert beskrevet i denne manualen. Rutinedokumentet ble brukt i hoved- og detaljplanfasen, men siden prosjektet har valgt totalentreprise som kontraktsform blir disse kravene ikke gyldige i byggefasen.

Kravene for 3D-leveranser i byggefasen er generelle og mange bestemmelser rundt produksjonen av både fag- og samordningsmodeller er overlatt til totalentreprenørene.

I hoved- og detaljplaner har det vært en rådgiver som har dekket rollen som 3D-koordinator på vegne av byggherren. Mandatet for denne rollen har vært å samle alle aktørene gjennom jevnlig prosjekteringsmøter for å få alle endringene med i oppdaterte samordningsmodeller. Senere fikk byggherren denne stillingen med i prosjektets organisasjon for å kunne følge opp de modellbaserte leveranser. Likevel har bruken av modellene vært lav, noe som kan speile 3D-kompetansen i prosjektet.

4.2.3 Teknikk

Det er flere aktører som er blitt involvert den modellbaserte prosjekteringen på Follobanen. Siden det ikke er krav om å bruke en spesifikk samordningsprogramvare, har de forskjellige rådgiverne benyttet forskjellige samordningsverktøy.

Disse forskjellige programvarene er blitt brukt for både å produsere fagmodeller, samordningsmodeller og presentasjonsmodeller. Blant de mest kjente programvarene som ble benyttet er Novapoint Virtual Map og Navisworks. Hver av disse programvarene har egne funksjoner som benyttes ved visning av modellene og stiller derfor forskjellige krav til teknisk kompetanse. Novapoint Virtual Map ble benyttet for å sy sammen fagmodeller til en samordningsmodell, i tillegg til å vise omgivelsene rundt det som er teknisk planlagt. Dette hjelper de prosjekterende å se hvordan anlegget blir seende ut når det er ferdig bygd.

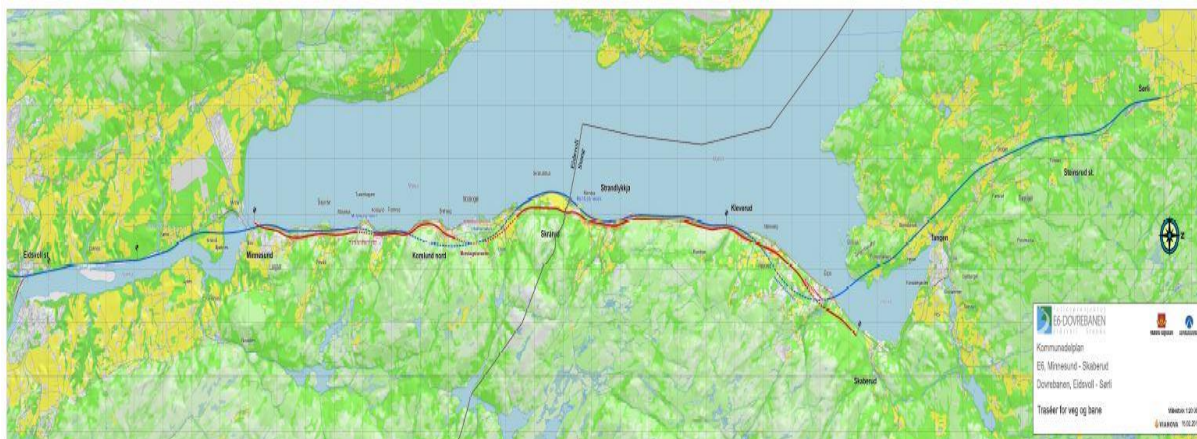
Navisworks ble benyttet mest for å sette sammen fagmodellene for å vise alle de tekniske installasjonene når de er koblet sammen. Det vil si at denne programvaren ikke tar hensyn til hvordan omgivelsene som er rundt alt som er planlagt ser ut. Kombinasjonen av denne bruken er bestemt internt i prosjektet og er etterlatt til hver prosjektleder å bestemme hva som er best å bruke for å produsere fagmodeller. I byggefasen blir det også etterlatt til totalentreprenøren å selv velge programvare, men det er stilt krav til entreprenøren for filformater på digitale leveranser.

Bruk av kjente programvarer hjalp i tidligere planfaser med å få god kommunikasjon mellom aktørene. Det er en suksessfaktor å kunne danne en plattform for samarbeid mellom rådgiverne på en side, og mellom rådgiverne og byggherren på en annen side.

Tilgjengelig og kostnadsfritt innsynsverktøy er en avgjørende faktor som hjalp byggherren til å kunne benytte 3D-modeller uten å måtte bruke midler på kjøp av programvarelisenser.

4.3 Fellesprosjektet E6-Dovrebanen

Statens vegvesen og Jernbaneverket har i samarbeid utarbeidet kommunedel, reguleringsplaner og byggeplaner for bygging av firefelts E6 og dobbeltsporet jernbane mellom Minnesund og Kleverud/Labbdalen. De to etatene samarbeider også om å forestå selve byggingen av veg og bane på denne strekningen. For å sørge for en helhetlig planlegging og utbygging av veg og bane langs Mjøsa, har de to etatene dannet Fellesprosjektet E6-Dovrebanen. (SVV/JBV, 2015)



Figur 34 - Illustrasjon Fellesprosjektet E6-Dovrebanen

Eidsvoll-Hamar (ca. 60 km) er en av Norges mest trafikkerte enkeltsporede strekninger. Med ferdig utbygd dobbeltspor på hele strekningen kan antall togavganger doubles, det blir færre forsinkelser og reisetiden for persontog mellom Oslo og Hamar reduseres til under en time. Figur 34 som er vist over viser et illustrasjonskart for fellesprosjektet, som også er tilgjengelig på prosjektets hjemmeside.

Strekningen Eidsvoll-Hamar inngår i utbyggingen av InterCity-nettet på Østlandsområdet. Her inngår også den ca. 4 km. lange enkeltsporede strekningen lengst nord på Gardermobanen, mellom Venjar og Eidsvoll stasjon.

Nasjonal transportplan (NTP) vedtas av Stortinget og fastsetter de overordnede prioriteringene for denne sektoren over en periode på ti år. Planen revideres hvert fjerde år. Midler til planlegging og bygging avhenger av etterfølgende årlige bevilgninger over statsbudsjettet. I NTP for perioden 2014-23, som ble vedtatt i Stortinget sommeren 2013, er det forutsatt at sammenhengende dobbeltspor til Hamar skal stå ferdig i 2024, og at det skal planlegges for dobbeltspor til Lillehammer innen 2030.

Strekningen Langset-Kleverud (Fellesprosjektet E6-Dovrebanen) er under bygging, og her åpner dobbeltsporet høsten 2015. På de andre strekningene tilsier prioriteringene i NTP at det vil være betydelig planaktivitet i perioden 2015-17. Anleggsarbeider på nye strekninger er forutsatt gjennomført fra 2018.



Figur 35 - Fra Fellesprosjektet ved Strandlykkja, september 2014.

Fellesprosjektet er delt opp i tre parseller:

FP1: Langset – Brøhaug (grunnarbeidsentreprenør er Hæhre Entreprenør AS)

FP2: Brøhaug – Strandlykkja (JV Veidekke Hochtief)

FP3: Strandlykkja - Kleverud/Labbdalen (Hæhre Entreprenør AS)

På disse parsellene bygges nytt dobbeltspor og firefelts motorveg i felles trasé langs Mjøsa. Jernbaneverket og Statens vegvesen har hatt et nært samarbeid om planlegging og prosjektering, og de to etatene har opprettet felles prosjekt- og byggeledelse for arbeidene.

Reguleringsplaner for Fellesprosjektet ble vedtatt i november 2010, og i 2011 ble det gjort en rekke forberedende arbeider. Byggstart for grunnarbeidene var i april 2012. Dobbeltsporet tas i bruk 19. oktober 2015, mens størstedelen av E6 ble åpnet 13. desember 2014. (Unntaket er snau 4 km ved Korslund som ble forsinket grunnet konkursen til entreprenøren Alpine Bau. Denne strekningen åpner sommeren 2015.) Lokalveger og ny turveg langs Mjøsa ("Mjøstråkk") gjøres ferdige i 2016.

4.3.1 Strategi

Det er ingen tydelig nedskrevet strategi for BIM i prosjektet, men prosjektet har egne bestemmelser for å styre produksjon av både 2D og 3D- tegninger. Som et fellesprosjekt mellom Statens vegvesen og Jernbaneverket valgte begge etatene å ha modeller som kan brukes i kommunikasjon samt for presentasjoner både internt og eksternt.

Det er ikke satt et FoU prosjekt for utvikling av metoder, funksjoner for å kunne testes parallelt med produksjonen av modeller. Kontrakten i prosjektet er delt i flere deler for de forskjellige fasene og fagområdene.

Fagmodellene har kontraktmessig gått foran tegninger i prosjektet. For å få as-built leveranser fra entreprenør er det nødvendig at byggherren setter tydelige krav. Prosjektet har erfaring med at det er viktig med en tydelig definisjon av dataflyt.

På byggherresiden kunne det vært hensiktsmessig å øke kompetansen vedrørende bruk av 3D og digital dataflyt hos kontrollingeniører.

Det har vært gode erfaringer med å benytte modeller i kommunedelplanfasen da det på en helt ny måte har synliggjort betydningen av tiltak og anleggsvirksomheten. Dette har ført til redusert konfliktnivå i senere faser i prosjektet.

4.3.2 Metodikk

Prosjektet har hatt en egen prosjektspesifikk 3D-manual. Dette rutinedokumentet beskriver i detalj teknisk hva alle fagmodellansvarlige ta hensyn til når de planlegger. Rutinedokument for dataflyt/objektkodeliste har blitt etablert. En egen objektkodeliste har blitt opprettet i prosjektet og den benyttes til å spesifisere lagnavn for stikningsdata i fagmodellene. Manualen har hjulpet prosjekterende i å ha felles holdepunkter i produksjonen av modeller.

Objektkodelisten har vært felles for de tre parsellene på strekningen. Det anbefales for fremtidige prosjekter en grundig gjennomgang av denne i forkant av byggefasen.

Tverrfaglige kontroller har blitt gjennomført visuelt i resultatmodell i rådgivergruppa. I gjennomføringsfasen har det vært byggemøter hver 14. dag og månedlige prosjekteringsmøter. Det har vært tydelige roller på møtene i form av møteleder, referent og 3D-koordinator som styrer modellene.

eRoom har blitt benyttet som prosjekthotell og det har gitt en god kontroll på leveransehistorikken.

Rådgivere har hatt egne 3D-koordinatorer, mens hos byggherre har det vært en egen ingeniør som har imot fagmodeller i tillegg til kontrollingeniører, byggeledelse og en teknisk byggeleder for hvert fag. Hos entreprenør har stikningsansvarlig tatt imot fagmodellene. 3D-koordinatoren fra rådgiverens side fikk alle fagmodellene og samlet de for å lage de forskjellige samordnings- og resultatmodellene. Ansvarlig på byggherresiden benyttet modellene på prosjekteringsmøter for å koordinere mellom de forskjellige involverte aktørene.

4.3.3 Teknikk

Det er brukt flere 3D-modeller blant annet fagmodeller for hvert fag, presentasjonsmodell, resultatmodell og samordningsmodell. Novapoint Virtual Map er blitt brukt som programvare for å presentere samordningsmodeller og presentasjonsmodeller, mens Navisworks er benyttet for resultatmodeller.

Hver av de tre parsellene har etablert egne modeller slik at strekningen modellmessig har vært delt i tre deler.

En erfaring i prosjektet har vært at software- og hardwareutfordringer må løses tidlig i et slikt prosjekt. Det er viktig å være tydelig på grensesnitt mellom fagene og prosjektere med toleransekrav.

Et suksesskriteria i prosjektet har vært jevnlig stikningsmøter. Stikningspunkter må defineres tydelig i modellene. En annen god erfaring fra prosjektet er å etablere en egen tverrfaglig fagmodell som representerer såle/traubunn/dypeste gravenivå.

Det hadde vært fordelaktig å hatt linker til detaljtegninger i samordning- og resultatmodellene.

4.4 Dronning Eufemias Gate

Dronning Eufemias gate er en del av utbyggingsprosjektet E18 Bjørvikaprojektet med Statens vegvesen som byggherre. Prosjektet startet opp i 2005 og åpning av anlegget er planlagt til 2015. (SVV, 2015). ViaNova/Aas-Jakobsen er prosjekterende rådgiver på prosjektet som har benyttet 3D-modellering i alle prosjektets faser.

Dronning Eufemias gate blir den nye hovedgaten gjennom Bjørvika; en 43,2 meter bred og 700 meter lang aveny som vil inneholde trikketrasé, kjørefelt, kollektivfelt og sykkelfelt i begge retninger samt to fortau. Sistnevnte blir 9,5 meter brede på nordsiden (solsiden) og 6,2 meter på sørsiden.

Dronning Eufemias gate vil binde sammen Bispegata i Gamlebyen og Prinsens gate i kvadraturen. Sammen med disse to gatene dannes en byakse i Oslo sentrum på 1 400 meter. Dagens trikketrasé mellom Ekeberg og sentrum går i Schweigaardsgate. Når Dronning Eufemias gate åpner, flyttes trikken hit og blir et viktig element i gaten og bydelen. Figur 36 som er vist under viser hvordan vil gaten ser ut når alle konstruksjonsbygninger er ferdigbygd.



Figur 36 - Dronning Eufemias gate sett fra øst (SVV, 2015)

Dronning Eufemias gate er fundamentert på en hel betongplate med peler til berg. Årsaken til dette er at grunnen for en stor del består av leirmasse, hvor det er fra 20 og helt opp mot 60 meter ned til fjell. Til sammen rundt elleve hundre peler er slått én til to meter ned i fjellgrunnen. Oppå pelene, rundt 1,60 meter under vegoverflaten, er det støpt en betongplate. I prinsippet er derfor Dronning Eufemias gate en bro som strekker seg fra Bispegaten til Oslo S. Det er første gang i norsk historie så omfattende fundamentering av grunnen er gjennomført.

At Dronning Eufemias gate sikres mot setning, muliggjør også en sikker teknisk utførelse av infrastruktur. I vegens overbygning er det lagt vannledning, overvannsledning og kabelkanaler med innstøpte trekkerør for blant annet høyspent og tele.

4.4.1 Strategi

Det er ingen tydelig nedskrevet strategi i prosjektet, men det har vært en naturlig videreføring av tidligere prosjekter. Erfaringer hos de forskjellige aktørene før prosjektet startet var varierende.

Entreprenøren hadde ikke mye erfaring med modellbasert bygging ved oppstart, men har skaffet seg god erfaring underveis i prosjektet. Stor utvikling. Stikningsleder har vært sentral, men alle i prosjektet benytter modell på anlegg. Byggherren hadde heller ikke mye erfaring med modeller ved oppstart, men har skaffet seg god erfaring underveis i prosjektet. Positiv utvikling, men i litt mindre grad enn hos entreprenør. Kontrollingeniører har benyttet modell mye på byggeplassen både til geometrisk- og mengdekontroll.

God kompetanse hos rådgiver fra før prosjektstart. Enkelte fag har fått modelleringsbistand etter at behov ble avdekket. 3D-koordinatoren hos rådgiveren har god erfaring med modellbasert prosjektering og bygging.

Alle fag skal modelleres i 3D og deretter overleveres til entreprenør. Stikningsdata hentes fra 3D-modell/fagmodeller av entreprenør selv. Rådgiver oppdaterer modell til som bygget underveis i byggetiden.

Tegninger og modeller er likestilt og hører sammen. System for kvalitetssikring ivaretar likhet mellom modell og tegning. Prosessen med å produsere tegninger fra 3D-modell har potensiale til å bli vesentlig forbedret. Dette er i dag en «halvmanuell» jobb.

En utfordring har vært å holde på kompetent personell som har mindre roller i prosjektet. Disse forsvinner fort til neste prosjekt.

4.4.2 Metodikk

En prosjektspesifikk 3D-manual ble utviklet ved oppstart, fulgt og oppdatert fortløpende. I byggefasen utføres egenkontroll og sidemannskontroll med modell og tegning parallelt, og det signeres sjekk-kopi på papir. Tverrfaglig kontroll utføres i felles 3D-møter.

I prosjekteringsfasen ble det gjennomført prosjekteringsmøte med modell hver 14. dag og i byggefasen ble det gjennomført møte ved behov eller ved større endringer. En større regularitet på møter i byggetiden kunne vært gunstig, eksempelvis hver andre måned. Generelt har det vært en meget stor grad av modellbruk i møter og diskusjoner.

En nøkkel til suksess i prosjektet internt hos rådgiveren har vært at 3D-koordinatoren er samme person som vegrådgiveren. At den personen også har ansvar for vegprosjekteringen har vært en nøkkel til suksess.

3D-modellen har vært benyttet i alle faser av prosjektet og alle aktører har tatt modellen i bruk. Det har vært en meget stor grad av modellbruk i møter og diskusjoner. Den modellbaserte prosjekteringen har generelt fungert veldig bra i prosjektet. Veldig mye «under bakken» -utfordringer som har vært løst i prosjekteringsfasen og den teksturerte 3D-modellen har vært sentral i dette arbeidet.

4.4.3 Teknikk

Prosjektet har benyttet to forskjellige samordningsverktøy; Novapoint Virtual Map og Autodesk Navisworks. Navisworks har blitt benyttet mot entreprenør i byggefasen, mens Virtual Map i hele prosjekteringsperioden.

Modellene i prosjektet har ikke inneholdt mye informasjon, men det har heller ikke vært savnet i stor grad. Noen egenskaper kunne kanskje vært nyttig, men vanskelig å se store fordeler.

En teksturert visningsmodell har vært sentralt for suksessen når modellene benyttes i interne og eksterne møter.

Kobling/funksjonalitet mellom modell og tegninger kan bli bedre.

4.5 Sammendrag

Under er det oppsummert suksesskriterier og utfordringer/forbedringspunkter på hvert prosjekt som er presentert i delkapitlene 4.1-4.4. Punktene som er valgt i hvert prosjekt er fra intervjuene som er utført med 3D-koordinatorene i prosjektene og sortert under hovedkategoriene strategi, metodikk og teknikk.

Det er valgt å presentere dette i tabellformat for å lettere kunne sammenlikne de viktigste faktorene i prosjektene som regnes som suksesskriterier og utfordringer/forbedringspunkter.

| Prosjekt 1 – Vestre Korridor - Statnett | | |
|---|---|---|
| | Suksesskriterier | Utfordringer/Forbedringspunkter |
| Strategi | <ul style="list-style-type: none"> - 3D-modellen har vært benyttet i alle faser av prosjektet - Tett samhandling mellom fag og aktører | <ul style="list-style-type: none"> - Kunne vært etablert BIM-strategi med gjennomføringsplan og verktøystrategi ved prosjektoppstart - Omforent matrise med fagspesifikk detaljeringsgrad |
| Metodikk | <ul style="list-style-type: none"> - Alle aktører har tatt modellen i bruk. - Meget stor grad av modellbruk i møter og diskusjoner. - Faste møtesekvenser – Ved endringer eller ved faste tidspunkter - Beslutningstaker med i prosjekteringsmøter - Modell har også vært benyttet internt hos byggherre | <ul style="list-style-type: none"> - Dyktig møtestyring/fasilitator er nødvendig - Modellene skulle vært benyttet i større grad. - Ytterligere bruk av modell internt hos byggherre |
| Teknikk | <ul style="list-style-type: none"> - Effektiv modellering av grunnforhold - Modellene har fungert bra når detaljeringsgrad ble optimalisert - Bruk av gratis verktøy for innsyn i modeller. | <ul style="list-style-type: none"> - Finne løsninger på enklere måter ved mange abstrakte objekter f.eks. og detaljeringsgrad - Finne riktige leveranseformater som fungerer hos alle prosjektdeltakere |

Figur 37 – Suksesskriterier og utfordringer/ forbedringspunkter Vestre Korridor

| Prosjekt 2 – Follobanen - Jernbaneløst | | |
|--|---|--|
| | Suksesskriterier | Utfordringer/Forbedringspunkter |
| Strategi | <ul style="list-style-type: none"> - 3D-modellen har vært benyttet i alle faser av prosjektet - Kommunikasjonen med de eksterne aktørene har fungert godt - BIM – kravene i totalentreprisene er klart definert | <ul style="list-style-type: none"> - BIM-kompetansenivået er ikke høyt hos byggherre - BIM ble ikke brukt i faseplaner, det kunne vært lettere å forstå de forskjellige fasene i prosjektet - Risiko for at totalentreprenør ikke har kompetansen som kreves for å dekke BIM-kravene |
| Metodikk | <ul style="list-style-type: none"> - Byggherre ble involvert av rådgiverfirmaene, gjennom 3D-koordinatorer, for å utvikle modellene - Manual for bruken av BIM ble utarbeidet ved oppstart - Byggherren har egen 3D-koordinator i prosjektet | <ul style="list-style-type: none"> - Bruken av 3D-modellene internt i prosjektet er lav - En risiko er at totalentreprenør ikke har erfaring med norske håndbøker for modellbasert prosjektering |
| Teknikk | <ul style="list-style-type: none"> - Bruk av kjente verktøy for at alle aktører kan benytte produserte modeller - Bruk av gratis verktøy for innsyn i modeller | <ul style="list-style-type: none"> - Kravene dekker ikke nødvendigvis den teknologiske utviklingen de neste 6 årene (prosjektets gjennomføringstid) - Utenlandske totalentreprenør er nytt innen jernbane i Norge - Kompleksiteten i prosjektet gjør det vanskelig å benytte BIM for alle fag |

Figur 38 – Suksesskriterier og utfordringer/ forbedringspunkter Follobanen

| Prosjekt 3 – Fellesprosjektet E6-Dovrebanen – Statens vegvesen og Jernbanelivet | | |
|---|--|--|
| | Suksesskriterier | Utfordringer/Forbedringspunkter |
| Strategi | <ul style="list-style-type: none"> - 3D-modeller benyttet delvis i KDP «kommunedelplan»-fasen med stor suksess og i reguleringsplanfasen - Ha egen ressurs som jobber med koordinering av 3D-dataleveranser hos byggherre. - Redusert konfliktnivå ved færre konflikter på anlegg | <ul style="list-style-type: none"> - Dataflyt må defineres tydelig i kontrakter. - Som bygget – oppdateringer av modell etter innmålinger er en utfordring - Tydelige krav må stilles til entreprenør |
| Metodikk | <ul style="list-style-type: none"> - Prosjektere med toleranser - Objektkodeliste felles mellom alle entrepriser - Rutinedokument for dataflyt/objektkodeliste etablert - Tverrfaglig kontroll gjennomføres i rådgivergruppa og det blir visuelt i resultatmodell - Byggemøter hver 14.dag og prosjekteringsmøter hver måned i gjennomføringsfasen - Tydelig definerte roller i møter: Møteleder, referent, 3D-koordinator - Produsering av både resultatmodell og samordningsmodell i byggefasen | <ul style="list-style-type: none"> - Objektkodeliste bør gjennomgås grundig i forkant - Øke kompetansen på bruk av 3D og digital dataflyt hos kontrollingeniører på byggherresiden - Stikningsmøter og jevnlig møter i byggefasen - Endringsvillig organisasjon er en risiko for prosjektet da ressurser kan forsvinne |
| Teknikk | <ul style="list-style-type: none"> - Såle/felles traubunn som egen fagmodell er en viktig erfaring - Tydelig på grensesnitt mellom fagene - Brukt både Novapoint Virtual Map og Navisworks programvare - Bruk av gratis verktøy for innsyn i modeller - Prosjekthotell/eRoom benyttes, historikk-kontroll på leveranser | <ul style="list-style-type: none"> - Software/Hardware-utfordringer må løses tidlig - Entreprenør etterspør LandXML - Stikningspunkter i fagmodellene må defineres tydelig i modell. - HTML linker mot detaljtegninger kan være fordelaktig - Formenn og kontrollingeniører bruker av modell på IPAD, har ikke fungert optimalt |

Figur 39 – Suksesskriterier og utfordringer/ forbedringspunkter Fellesprosjektet E6 Dovrebanen

| Prosjekt 4 – Dronning Eufemias Gate – Statens vegvesen | | |
|--|---|--|
| | Suksesskriterier | Utfordringer/Forbedringspunkter |
| Strategi | <ul style="list-style-type: none"> - Klare rolle for rådgiver, entreprenør og byggherre - God modelleringskompetanse hos rådgiver - 3D-modellen har vært benyttet i alle faser av prosjektet - Alle aktører har tatt modellen i bruk - Enkelte fag har fått modelleringsbistand | <ul style="list-style-type: none"> - Lav kompetanse hos byggherren i oppstarten - Tok tid før kompetanse hos entreprenøren ble hevet. - Ingen spesiell strategi, men har vært en naturlig videreføring av tidligere prosjekter |
| Metodikk | <ul style="list-style-type: none"> - Rutinedokument ble utviklet ved oppstart og fulgt og oppdatert fortløpende - Egenkontroll og sidemannskontroll utføres med modell og tegning parallelt, som ivaretar samsvar - Erfaren 3D-koordinator - Tverrfaglig kontroll utføres i felles 3D-møter - 3D-koordinatoransvaret ligger hos vegrådgiveren. Har også ansvar for vegprosjektering, og det har vært en nøkkel til suksess - Meget stor grad av modellbruk i møter og diskusjoner | <ul style="list-style-type: none"> - Oppdatering av modell kun ved behov/større endringer. Større regularitet kunne vært gunstig i byggefasen - Potensiale til å utvikle bedre samspill mellom modell og tegninger. Fare for uoverensstemmelser når det ikke er automatisk kobling. |
| Teknikk | <ul style="list-style-type: none"> - Rådgiver oppdaterer modell til som bygget underveis i byggetiden - Stikningsdata hentes fra 3D-modell/fagmodeller - «Under bakken»-utfordringer har blitt løst i prosjekteringsfasen - En teksturert 3D-modell har vært sentralt for suksessen. | <ul style="list-style-type: none"> - Tegninger og modeller er likestilt og hører sammen, kan gi utfordringer dersom det ikke er samsvar - Ikke veldig mye «I» (informasjon) i modellene, men har ikke vært savnet i stor grad. Noen egenskaper kunne kanskje vært nyttig, men vanskelig å se store fordeler. |

Figur 40 – Suksesskriterier og utfordringer/ forbedringspunkter Dronning Eufemias Gate

Når vi ser alle fire prosjektene under ett er det noen punkter som går igjen i flere av prosjektene som suksesskriterier eller utfordring/forbedringspunkter. Prosjektene er i forskjellige planfaser, noe som gjør direkte sammenlikning utfordrende, men det er allikevel flere sammenliknbare fellesnevner i besvarelsene fra intervjuene. Noen suksesskriterier i et prosjekt kan også gå igjen som utfordringer i et annet prosjekt, noe som sees på som positivt med tanke på erfaringens reliabilitet. Med tanke på reliabilitet er det samtidig slik at erfaringene som benyttes i sammenlikningen under er basert på ett intervju fra byggherres perspektiv. På den andre siden er det sentrale intervjuobjekter i prosjektene som sitter tett på dataflyten.

Fellesprosjektet E6 Dovrebanen (FE6) har vært et foregangsprosjekt for Statens vegvesen og Jernbaneverket med tanke på modellbasert prosjektering og bygging. I seg selv kan dette prosjektet sees på som et ledd i FoU-virksomheten i disse organisasjonene. Erfaringene herfra er viktige ettersom prosjektet har gjennomført modellbasert prosjektering gjennom mange planfaser.

Ingen av prosjektene har hatt en egen nedskrevet BIM-strategi, men forfatterne ser her et behov som kunne gi store gevinster. Flere punkter i besvarelsene kunne godt vært en del av en BIM-strategi. Dronnings Eufemias gate (DEG) nevner klare roller for rådgiver, entreprenør og byggherre som et suksesskriterium og at enkelte fag har fått modelleringsbistand internt i rådgivergruppen. En plan for opplæring av alle aktører i prosjektet kan således være en del av en BIM-strategi. Det kunne vært en plan for opplæring innen fagspesifikke verktøy, men også generell opplæring i modellbasert prosjektering. Hvordan kontrakten skal håndtere krav til modellbasert prosjektering og bygging kan også være en del av strategien, i tillegg til tydelige ansvarsbeskrivelser og kompetansekrav til alle aktørers sentrale personer. En klar og tydelig målsetning for den modellbaserte prosjekteringen og byggingen er også en naturlig del av en eventuell strategi, sammen med en plan for FoU-relaterte aktiviteter.

Under hovedkategorien **strategi** så er en fellesnevner at et suksesskriterium er å benytte 3D-modellene i alle planfaser. Kommunikasjon med spesielt eksterne parter har fungert godt på Follobanen (FB) og FE6, hvor det spesielt fremheves stor suksess med visningsmodeller i kommunedelplanfasen. I Vestre Korridor (VK) er et forbedringspunkt å utarbeide en omforent matrise med fagspesifikk detaljeringsgrad, noe som nok kan knyttes opp mot bruk av modeller i en tidlig fase. Detaljeringsgraden trenger ikke alltid i tidlige faser å være så høy og en plan for LOD (Level of Detail) kan være et godt råd til fremtidige prosjekter.

Erfaringer fra byggefasen i FE6 og i DEG forteller oss at som-bygget-oppdatering av modeller etter innmålinger er en utfordring. Det er tydelig et stort potensiale for å skape mer flytende arbeidsprosesser i denne sammenheng. FE6 trekker frem en tydelig definisjon av dataflyt i kontrakter som et forbedringspunkt, og det kan være et ledd i å stille tydelige krav til entreprenør, som da igjen kan bidra til en bedre dataflyt.

Et annet sentralt suksesskriterium fra FE6, som også kan bidra til en bedre dataflyt, er at byggherren har en egen ressurs som jobber med koordinering av 3D-dataleveranser. FB har det som en utfordring at kompetansenivået hos byggherre ikke er høyt, noe som også har vært en utfordring i DEG i oppstarten. DEG har også som en utfordring at det tok tid å heve kompetansen hos entreprenør, noe som kan sees i sammenheng med at man i FE6 ønsker tydeligere krav til entreprenør. På FB ser man det som en risiko at totalentreprenør ikke har mye erfaring med norske

håndbøker for modellbasert prosjektering. Tydelige krav til og opplæring av entreprenør trekkes dermed ut som suksesskriterier for en god modellbasert byggefase.

Et felles suksesskriteria hos alle prosjektene, under hovedtemaet **metodikk**, er utstrakt bruk av modeller i møter og med/hos alle aktører. Faste møtestrukturer i prosjekterings- og byggefase, gjerne hver 14. dag, er også et gjennomgående suksesskriteria.

Av de to prosjektene som har erfaringer fra modellbasert bygging nevner FE6 at de har holdt byggemøter hver 14. dag og prosjekteringsmøter månedlig, mens DEG nevner som et forbedringspunkt at større regularitet på oppdatering av modell kunne vært gunstig. Produsering og vedlikehold av både resultatmodell og samordningsmodell i byggefase er i henhold til FE6 viktig.

VK påpeker at dyktig møtestyring er en nødvendighet for at modellene skal komme til sin rett. Tydelig definerte roller med møteleder, referent og 3D-koordinator er ifølge FE6 et viktig suksesskriteria.

Under hovedkategorien **teknikk** er mange av svarene ganske prosjektspesifikke, men noen punkter som kommer opp er erfaringer som kan være nyttig å ta med til fremtidige prosjekter. FE6 har for eksempel gode erfaringer med å etablere en egen tverrfaglig fagmodell for felles traubunn, mens DEG trekker frem at teksturerte modeller er sentralt for suksess. At samordningsverktøyene som benyttes gir mulighet for gratis innsyn i modeller er et suksesskriteria, mens flere prosjekter savner bedre samspill mellom modeller og tegninger.

FE6 har også som et forbedringspunkter at soft- og hardware utfordringer må løses tidlig i prosjektet og at stikningspunkter i fagmodeller må defineres tydelig.

5. Spørreundersøkelse: Jernbaneverket Infrastruktur

Spørreundersøkelsen er utarbeidet som en videreføring av en masteroppgave fra 2012 (Mjåtvedt, 2012) ved NTNU. I 2012 ble det utarbeidet et verktøy i form av en spørreundersøkelse til egenevaluering for måling og kontroll av egen BIM-kompetanse.

Undersøkelsen henvist til over var rettet mot en mer objektbasert teknisk virkelighet fra BIM for bygg som det innenfor utenomhus/samferdsel ikke finnes de samme erfaringer. Dette evalueringsverktøyet er derfor utarbeidet slik at det er tilpasset utenomhus infrastruktur og Jernbaneverket som byggherre. Målet med å tilpasse evalueringsverktøyet har vært å treffe respondentene bedre i forhold til infrastrukturprosjekter. Den opprinnelige undersøkelsen fra 2012 er tilpasset et prosjekt, mens i denne oppgaven ønsker vi å måle en organisasjons BIM-kompetanse. Flere tekniske temaer fra den opprinnelige undersøkelsen passer ikke inn eksempelvis spørsmål konkret rundt filformater og programvare.

Undersøkelsen er bygd opp med spørsmål innenfor 7 ulike temaer:

1. En kartlegging av respondentens stilling/funksjon, arbeidsenhet, alder og fartstid i Jernbaneverket
2. Modellbruk
3. Arbeidsmetodikk
4. Program og hardware
5. Personlige synspunkter
6. Strategi
7. Prosjektstyring

I kapittel 5.1 vil vi diskutere bakgrunnen for de tilpasningene som er gjort og i kapittel 5.2 presenteres resultatene. Kapittel 5.3 er et sammendrag og diskusjon av resultatene.

5.1 Spørsmål

Her vil bakgrunnen for hvert spørsmål forklares og eventuelle tilpasninger diskuteres. Spørsmålenes eventuelle begrensninger gjøres også rede for. Under er spørsmålene innen hvert tema fordelt i et underkapittel.

5.1.1 Informasjon om respondenten

Innledende i spørreundersøkelsen er det 4 spørsmål som går direkte på respondentens rolle i Jernbaneverket, alder og ansiennitet. Spørsmålene er viktige for å kunne analysere svarene fra videre spørsmål og eventuelt koble grupper med respondenter mot svar på de faglige spørsmålene som det gjøres rede for i videre delkapitler.

Hva er din stilling/funksjon i JBV?

- Linjeleder
- Prosjekt-/Prosjekteringsleder
- Fagansvarlig
- Prosjektmedarbeider
- Annet

Dette spørsmålet er stilt for å vite hvilken rolle respondenten har i organisasjonen. Det gir oss oversikt over hvor mye hver deltaker involvert i prosjektering/ eller bruken av BIM. Alternativene er satt opp slik at de trolig vil gi en jevn fordeling blant respondentene.

I hvilken avdeling jobber du i nå?

- Infrastruktur
- Store prosjekter - InterCity
- Store prosjekter
- Annet

Oversikt over hvor i Jernbaneverket deltagere jobber til daglig er et viktig spørsmål for dette studiet og for videre analyser. Dette hjelper oss med å finne ut hvordan ligger kompetansen innen BIM for hver avdeling/prosjekt.

Hva er din alder?

- Under 25
- 25-35 år
- 36-45 år
- 46-57 år
- 58 år og over

Alderen er et sentralt spørsmål i spørreundersøkelsen da det kan gi oss over eventuelle alders-tendenser som kan finnes blant deltagere. Det kan finnes et gap i kunnskap om BIM i de forskjellige aldersgruppene, og det kan bli en basis for tiltak i utviklingsøyemed.

Hvor lenge har du jobbet i JBV?

- Under ett år
- 1-3 år
- 4-10 år
- Mer enn 10 år

Ansiennitet i Jernbaneverket hjelper med å analysere om denne forskjellen har betydning i viten om BIM blant respondentene basert på arbeidserfaring.

5.1.2 3D/VR – Modellene

Denne kategorien tar for seg om respondenten har tilgjengelige 3D-modeller, om de benyttes og om det er et bevist forhold til detaljnivåer på objektene/løsningene i prosjektene.

Prosjektet-/ene jeg jobber med har VR/3D-modell tilgjengelig til bruk?

- Ja, vi har oppdatert 3D-modell tilgjengelig til enhver tid
- Ja, men jeg er usikker på hvordan jeg kan bruke den
- Nei, prosjektet/-ene mine benytter ikke 3D da det ikke er nødvendig
- Ikke relevant

Ettersom mange prosjekter i Jernbanelivet per i dag ikke benytter 3D-modeller i prosjekteringsfasen gir dette spørsmålet grunnlag for å si noe om utbredelsen av 3D-modeller i prosjektene.

Jeg benytter VR/3D-modeller i min arbeidshverdag

- Ja
- Nei

Dette spørsmålet er medtatt for å kunne se på sammenhengen mellom tilgjengelig modell i prosjektene og om denne faktisk benyttes av respondentene. Dette spørsmålet er i diskusjonen i 5.3 benyttet til å validere resultater på andre spørsmål.

Er det definert hvilke detaljnivåer de ulike løsningene i modellen skal ha i prosjektets ulike faser?

- Ja, vi har definerte milepæler med krav til hvor ferdige de enkelte elementer skal være
- Ja, vi har en felles forståelse for dette og avtaler fortløpende underveis
- Nei, vi benytter oss kun av gitte datoer der elementer må være fullstendige ferdige
- Nei, dette har vi ikke tatt stilling til

En modells detaljnivå bør tilpasses prosjektens planfase. Det kan bli mye unødvendig detaljarbeid og suboptimalisering om prosjektene ikke har et bevist forhold til detaljeringsgraden på objektene i modellen.

5.1.3 Arbeidsmetodikk

Samordningsmetoder kan utgjøre en stor forskjell for de involverte i prosjekter. Det skaper store utfordringer om delingen av modellene og informasjonsutvekslingen ikke fungerer. Det bør være høy kvalitet på kommunikasjonsmetodene som er tilgjengelig til alle involverte i prosjektene.

Hvordan og hvor ofte modellene benyttes og deles i prosjektene er essensielt for å få til et best mulig samarbeid mellom byggherre, rådgiver og entreprenør.

Hvordan deles modellen/informasjon med de involverte?

- Kontinuerlig/daglig
- Ukentlig
- På prosjekteringsmøter ca. hver 14.dag
- Ved fastsatte milepæler
- Ikke relevant

Dette spørsmålet gir et svar på hvor ofte modellene deles mellom de involverte i et prosjekt. I praksis gjøres dette ofte i prosjektene på en fildelingstjeneste. Skal man nå en integrert fase på BIM-modenhetskalaen som beskrevet av Succar (Succar 2009) så kreves en deling av modell på en jevnlig basis.



Figur 41 - BIM Maturity Stages – Linear view by Succar

I hvilken grad fungerer kommunikasjonsmetoden dere bruker internt og eksternt for å dele modeller?

- Det fungerer bra
- Det fungerer ikke
- Jeg er ikke helt fornøyd
- Ikke relevant

Kommunikasjonsmetoden for å dele modeller er viktig for at alle prosjektdeltakere skal ha mulighet til å benytte modellene i sin arbeidshverdag. Dette spørsmålet skiller ikke mellom ekstern og intern kommunikasjon noe vi i etterkant ser kunne vært hensiktsmessig.

5.1.4 Program- og hardware

Når man snakker om BIM så er det ofte VR/3D-modellen som er tema og hvilken programvare som er benyttet til å utarbeide modellen. I kapittel 3.4 vises hvilken programvare som er mest utbredt som samhandlingsverktøy innenfor samferdselsplanlegging.

Da det innenfor prosjektering av samferdsel ikke per dags dato finnes et felles utvekslingsformat slik som på byggsiden (IFC), benyttes DWG-filformat i dag som utvekslingsformat for fagmodeller. Fagmodeller for hvert fag settes deretter sammen i et samhandlingsverktøy for blant annet tverrfaglige kontroller og visualisering.

Hvert enkelt prosjekt i Jernbaneverket stiller egne krav til kontrollrutiner i sine prosjekter. De er ofte basert på erfaringer fra tidligere, men er ikke nedfelt i Håndbok Digital Planlegging i Jernbaneverket (Jernbaneverket, 2013). Rask utvikling på programvaresiden gjør det utfordrende å ha spesifiserte rutiner på hvordan kvalitetssikringen skal utføres, men generelt i et modellbasert prosjekt er kontrollen av fagmodeller standard. Tekniske løsninger som byggherren kan benytte seg av varierer og det er mange muligheter for å kontrollere fagmodellene.

For at byggherren skal kunne utføre sin kontroll ved modellbasert prosjektering på samme måte som på tegningsbaserte prosjekter, er det således større krav til hard- og software. Det som er ønskelig å undersøke er prosjekterte data i forhold til byggherrens krav.

Har dere programvare for å kontrollere at krav til fagmodellene tilfredsstilles?

- Ja, vi foretar jevnlig kontroll av fagmodeller i prosjektet jeg er en del av
- Ja, men jeg benytter det sjeldent
- Nei, men det burde jeg hatt
- Nei, vi kontrollerer ikke fagmodellene
- Ikke relevant

I et modellbasert prosjekt er fagmodellene den kontraktmessige motparten til fagspesifikke tegninger. Krav til fagmodellene kan stilles spesifikt i et prosjekt i tillegg til kravene som er satt i Håndbok Digital Planlegging i Jernbaneverket. (Jernbaneverket, 2013)

Finnes det rutiner for kollisjonskontroll underveis i prosjekteringen?

- Ja, vi har jevnlig felles kollisjonskontroll mellom fagene
- Ja, men det ivaretas av rådgivere i prosjektet
- Nei, det har vi ikke
- Vet ikke

Når byggherre har kontrollert at fagmodellene tilfredsstiller de kravene som er satt, er neste steg å gjennomføre en tverrfaglig kontroll. Da kvalitetssikres det at sammensettingen av fagmodellene ikke inneholder kollisjoner mellom fagene.

5.1.5 Personlige synspunkter

Det er viktig å se hvordan respondentene oppfatter innføringen av BIM i prosjektene de er en del av. Hvordan BIM oppfattes i en organisasjon preges nok i stor grad av respondentens generelle innstilling til BIM. Således vil disse spørsmålene også si noe om de ansatte i Jernbaneverkets innstilling til BIM og erfaringer med BIM. Disse spørsmålene kan også kobles til hvor ofte respondentene benytter BIM i sin arbeidshverdag.

Hvor fornøyd er du med hvordan BIM innføres og tas i bruk i JBV?

- Jeg er meget fornøyd
- Jeg er fornøyd
- Jeg er ikke fornøyd
- Jeg er misfornøyd

Dette spørsmålet ser på hva de ansatte tenker om hvordan BIM har blitt tatt i bruk i Jernbaneverket.

Hvor fornøyd er du med bruk av BIM i forhold til prosjekteringsprosesser der ikke BIM benyttes?

- Jeg er meget fornøyd
- Jeg er fornøyd
- Det er en like stor andel positive og negative sider ved arbeidet nå som tidligere
- Jeg er misfornøyd, tidligere verktøy og rutiner har passet med bedre
- Ikke relevant/ingen erfaring med

Mange av respondentene har trolig sett prosjekter gjennomført både tegningsbasert og modellbasert. Det er interessant å se hvor fornøyd man er med prosjekter gjennomført med BIM.

Har du generelt positive eller negative erfaringer med bruk av BIM?

- Bevares som fritekst

Her kan respondenten besvare fritt og fortelle om erfaringer med BIM.

5.1.6 Strategi

Det å implementere BIM i en organisasjon er en oppgave som krever lederskap, utholdenhet og nøye planlegging.

“Although its (BIM) potential benefits are clear, its integration in structural engineering firms requires leadership and persistence as well as careful planning” (T. Olofsson, 2008)

Skal BIM kunne innføres på en god måte kreves ikke bare innføring av nye verktøy, men også nye måter å arbeide på og en ny kultur for hvordan oppdrag gjennomføres. (Eastman, 2008)

BIM- strategien for Jernbanelverket skal være klar og forstått. Målet med det bør være å gjøre fagansvarlige kjent med denne strategien, slik at den følges og trer i kraft i alle prosjekter. Deltagere skal si sin mening om hvor godt kjent de er med den strategien og metodikken for å utføre BIM i prosjekter.

Har JBV en strategi for hvordan BIM skal implementeres/tas i bruk?

- Ja, vi har en strategi som jeg er kjent med og jobber mot.
- Ja, men innholdet i denne er ukjent for meg.
- Nei, vi har ingen overordnet strategi for hvordan vi skal ta BIM i bruk
- Vet ikke

En BIM-strategi i en organisasjon bør i hvert fall si noe om målsetninger med innføring av BIM, kontraktstrategier i prosjekter, hvordan forskning og utvikling skal drives videre i organisasjonen og om interne kompetansekrav. Dette er tidligere gjort rede for i kapittel 3.2 og er et viktig element for å få en samlet implementering av BIM i en organisasjon.

Har JBV en standard metodikk for hvordan BIM-prosjekter skal utføres? Dvs. finnes det interne maler som beskriver ulike scenarier som skal leveres og tilpasser leveransen til en av disse?

- Ja, vi tilpasser leveranser til en av våre leveransemaler
- Ja, vi har en mal å forholde oss til, og så tilpasser vi denne i hvert prosjekt
- Nei, kontrakten bestemmer hva vi leverer. Vi har ikke kategorisert prosjekttyper i maler.

For hver deltager er det viktig å få den opplæringen som er nok og nødvendig for å kunne jobbe, produsere og utføre fagmodeller og BIM. Her vil disse spørsmålene måle kunnskapsnivået og om det tilstrekkelig nok opplæring som blir oppgitt i BIM eller ikke.

Tilbys det opplæring innen BIM?

- Ja, vi har et opplæringstilbud der man kan utvide sin kompetanse innen BIM fra grunnleggende til avansert kunnskap
- Ja, vi tilbyr kurs internt og eksternt, men kursene er uavhengige av hverandre.
- Nei, men ansatte oppfordres til selv å finne og melde seg på eksterne kurs

Dette spørsmålet kartlegger om det tilbys opplæring i Jernbanelverket innen BIM.

Har JBV iverksatt tiltak for å måle avkastning ved bruk av BIM i forhold til investering i utstyr og tid?

- Ja, våre tiltak analyseres systematisk for å avgjøre hvilke arbeidsrutiner vi skal legge mest innsats i
- Ja, etter alle prosjekter evalueres de og vi tar med oss tips til kommende prosjekter
- Nei, vi benytter for tiden ikke ressurser på dette
- Nei, vi lar de enkelte ansatte/prosjekter tilpasse arbeidet med egne rutiner
- Vet ikke

Vi har et system om hvordan arkivering av fagmodeller og BIM for alle prosjektene skal være.

- Enig
- Ikke enig
- jeg vet ikke

Hvordan arkivering av fagmodeller gjøres er vesentlig i prosjektene ettersom fagmodellene i et modellbasert prosjekt i større eller mindre grad gjenspeiler informasjon som tidligere har vært vist på tegninger.

5.1.7 Prosjektstyring

Her vil vi belyse om det finnes et rammeverk for styring av BIM mellom prosjekter i Jernbaneverket. Standardisering av bruken av BIM kan være fordelaktig for å skape kjente prosesser for prosjektdeltakere over tid. Det er viktig at deltagerne kjenner til at det er rutiner eller at de har brukt dem.

Er det en standard metode for innrapportering av BIM-prosjekter i JBV?

- Ja, vi har samme krav om og metoder for rapportering i alle prosjekter vi er involvert i?
- Ja, vi har egne krav og metodikker for innrapportering av BIM-prosjekter
- Nei, de ulike prosjektlederne/PGL står fritt til å rapportere etter egne metoder

Dette spørsmålet omhandler interne rutiner for innrapportering av prosjekter. I en overgang til modellbaserte prosjekter kan det være hensiktsmessig å endre interne prosesser.

Benytter alle JBVs avdelinger og prosjektledere samme tilnærming for å styre BIM-prosjektene?

- Ja, vi har et felles rammeverk for gjennomføring
- Ja, vi har felles overordnede føringer, men disse kan tilpasses
- Nei, det er ulike tilnærminger innen de ulike avdelingene
- Nei, prosjektlederne står fritt til å gjennomføre prosjektene slik de ser det mest formålstjenlig

Hos en byggherre som Jernbaneverket bør det være et felles rammeverk for hvordan BIM-prosjekter ledes og gjennomføres. Når flere og flere prosjekter av stor størrelse skal gjennomføres vil behovet for føringer og rammeverk forsterkes ytterligere.

5.2 Resultater

I kapittel 5.2 vil vi gå igjennom resultatene fra undersøkelsen. Ikke alle svarene er gjengitt og diskutert i dette kapitlet, men forfatterne har plukket ut noen svar som diskuteres og presenteres. Samtlige svar er tatt med i denne oppgaven i vedlegg nummer 3.

Vi ser at noen av spørsmålene ikke har den samme graden av relevans med tanke på respondentenes bakgrunn og erfaringer. Ved noen spørsmål ser forfatterne i etterkant at det hadde vært hensiktsmessig med «vet ikke/ikke relevant» som svaralternativ. I svarene på disse spørsmålene er det mange som har unnlatt å svare og det vil også være en risiko for overvekt av «negative» svar.

Ettersom noen respondenter har unnlatt å svare på noen spørsmål vil ikke prosentene i svarene alltid vise tilsammen 100%.

Ved nærmere analyse av spørsmålene ser vi at det jevnt over er spredning med tanke på stilling/funksjon til respondentene som ikke har svart på enkelte spørsmål, men noen steder er det overvekt av respondenter med stabsfunksjon som har unnlatt å svare. Eksempelvis har noen av spørsmålene cirka 150 svar, mens antall respondenter på undersøkelsen er 175.

Svarene er også krysskoblet slik at man kan se sammenhenger mellom respondentene og resultatene. Dette er gjort ved bruk av pivottabeller og interessante krysskoblinger er gjengitt i oppgaven videre. Vi har i denne oppgaven lagt vekt på å krysskoble respondentenes stilling/funksjon og arbeidsenhet med spørsmålene.

I dette kapitlet vil det i sitatformat vises ulike respondenters svar på fritekstspørsmålet i undersøkelsen. Dette er bevisst gjort på denne måten for å sammenstille resultater med ulike kommentarer der det passer inn. I vedlegget nummer 3 med resultatene kan alle kommentarer leses.

5.2.1 Respondentene

Det første temaet i spørreundersøkelsen er en kartlegging av respondentens stilling/funksjon, arbeidsenhet, alder og fartstid i JBV. Resultatene viser at vi har en god spredning blant respondentene innenfor alle disse emnene.

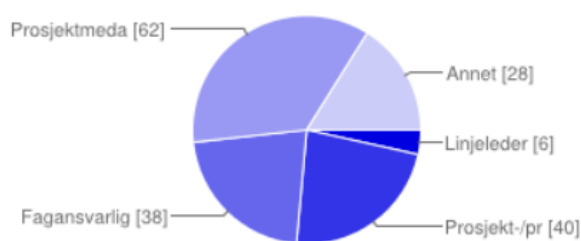
45% av respondentene er mellom 46-57 år og hovedtyngden av respondentene har en fartstid i Jernbaneverket på mellom 4-10 år.

Figurene under viser de to kategoriene vi har valgt å krysskoble med resultatene i kapittel 5.2.3. I presentasjonen under av resultatene har vi kun vist til krysskoblinger i de tilfellene hvor utslaget har vært signifikant, noe som ikke er tilfelle med koblingen arbeidsenhet.

«Jeg opplever at
Jernbaneverket henger
etter»

Nyansatt JBV

Hva er din stilling/funksjon i JBV?

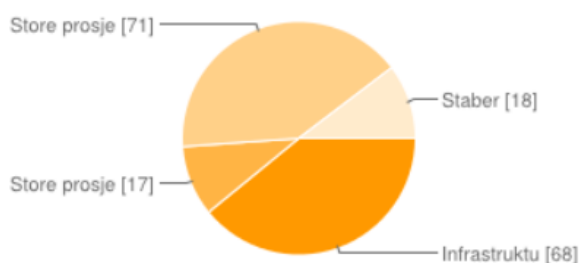


| Stilling/funksjon | Antall | Prosent |
|-------------------------------|--------|---------|
| Linjeleder | 6 | 3% |
| Prosjekt-/prosjekteringsleder | 40 | 23% |
| Fagansvarlig | 38 | 22% |
| Prosjektmedarbeider | 62 | 35% |
| Annet | 28 | 16% |

Figur 42 – Spørreundersøkelse respondentenes stilling/funksjon i JBV

Det er mange svar fra prosjekterings- /prosjektleder, fagansvarlige og prosjekteringsmedarbeidere, noe som vi anser som positivt for spørreundersøkelsen. En fin spredning som gjør krysskoblinger mellom stilling/funksjon og resultatene hensiktsmessig.

I hvilken enhet jobber du i nå?



| Arbeidsenhet | Antall | Prosent |
|------------------------------|--------|---------|
| Infrastruktur | 68 | 39% |
| Store prosjekter - InterCity | 17 | 10% |
| Store prosjekter | 71 | 41% |
| Staber | 18 | 10% |

Figur 43 – Spørreundersøkelse respondentenes arbeidsenhet i JBV

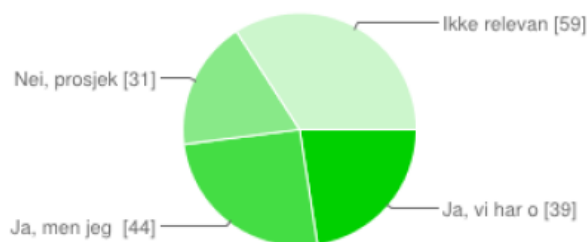
Jernbaneverket Infrastruktur og store prosjekter er de to enhetene i Jernbaneverket som leder og gjennomfører alle utbyggingsprosjektene. Respondentene er relativt jevnt fordelt mellom ansatte i Store Prosjekter (51%) og Infrastruktur (39%).

5.2.2 3D/VR-modellene

Innenfor temaet 3D/VR-modeller har vi stilt spørsmålet om respondentene har 3D/VR-modell tilgjengelig til bruk i sine prosjekter. Cirka halvparten av respondentene har det, og kun 22% benytter dem som de skal. Dette er vist i figurene under.

Mindre enn 20% har svart at prosjektene de jobber med ikke benytter 3D- modeller, som kanskje er en vanlig tendens i mindre prosjekter som mange fagansvarlige og prosjektmedarbeidere deltar i.

Prosjektet/ene jeg jobber med har VR/3D-modell tilgjengelig til bruk?

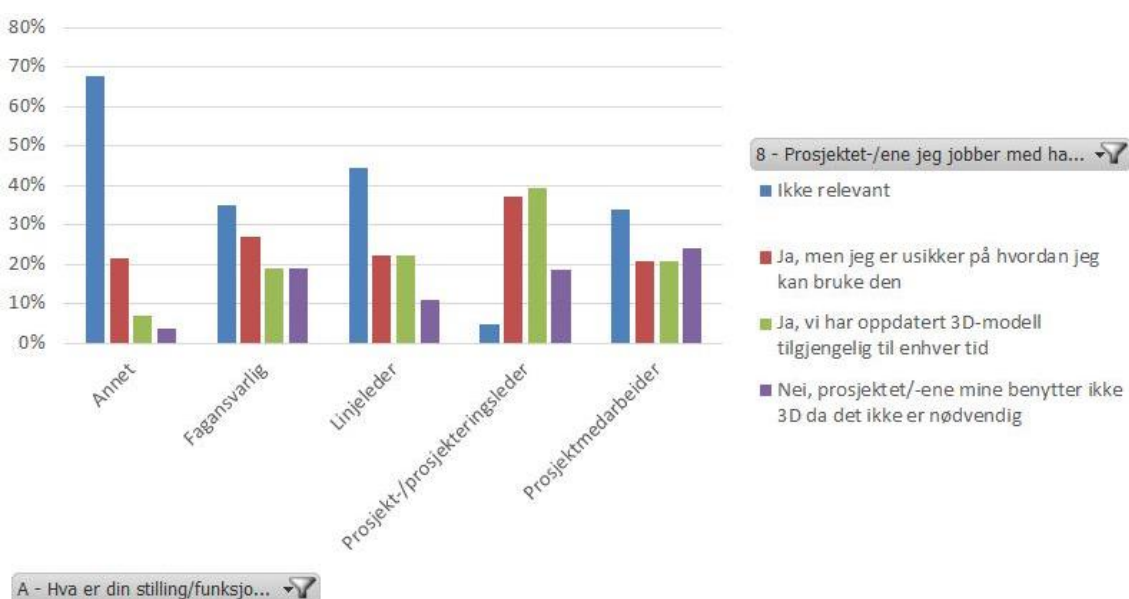


| | | |
|--|----|------|
| Ja, vi har oppdatert 3D-modell tilgjengelig til enhver tid | 39 | 22 % |
| Ja, men jeg er usikker på hvordan jeg kan bruke den | 44 | 25 % |
| Nei, prosjektet/ene mine benytter ikke 3D da det ikke er nødvendig | 31 | 18 % |
| Ikke relevant | 59 | 34 % |

Figur 44 – Spørreundersøkelse – Tilgjengelige VR/3D-modeller

Svarene her varierer også om noe mellom stillingsgruppene respondentene kommer fra. De fleste i «annet» -gruppen har svart at spørsmålet ikke er relevant, sannsynligvis fordi det ikke er en av arbeidsoppgavene de jobber med. 20-35 % av fagansvarlige, linjeledere, prosjektmedarbeidere og prosjektledere/ prosjekteringsledere har svart at de har 3D- modell tilgjengelig, men er usikre på hvordan de kan bruke den. Det er interessant fordi at 3D- modellen blir produsert av rådgiverfirmaene og leveres videre til byggherren, som da igjen ikke klarer å benytte seg av den eller er usikker på hvordan den skal benyttes.

Figuren under viser koblingen mellom tilgjengelig modell og rolle i prosjektene.



Figur 45 – Spørreundersøkelse – Tilgjengelige VR/3D-modeller i forhold til stilling/funksjon i JBV

En annen observasjon er at ca 35% av fagansvarlige og prosjektmedarbeidere mener at spørsmålet om at deres prosjekter har VR/3D-modell ikke er relevant. Det kan ha sammenheng med at prosjekt-/prosjekteringsledere har en høyere grad av ansvarsfølelse ovenfor helheten i prosjektene, mens en fagansvarlig kan være mest opptatt av sitt eget fag.

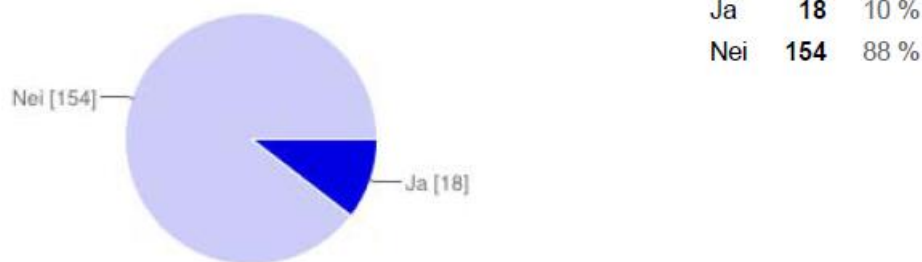
Blant prosjekt-/prosjekteringsledere er det flere som oppgir at de har tilgjengelige modeller i sitt prosjekt, men også flere som oppgir at de er usikre på hvordan de kan benytte. Det kan tolkes som at flere prosjekter ikke deler sine modeller internt i stor grad. Grunner til det kan være lav kunnskap om hvorfor og hvordan dette skal gjøres eller benyttes.

Et annet spørsmål i dette temaet indikerer også at kun 10% av medarbeiderne benytter VR/3D-modeller i sin arbeidshverdag som vist i figuren under.

Bruker konsulent til å oppdatere og anvende BIM.

Prosjektmedarbeider JBV

Jeg benytter VR/3D-modeller i min arbeidshverdag



Figur 46 – Spørreundersøkelse – Bruk av VR/3D-modeller i arbeidshverdagen

Dette kan tyde på at de fleste deltagerne ikke er opptatt av å bruke 3D-modeller i sitt arbeid, manglende kompetanse til å ta dem i bruk eller at det savnes en strategi for hvordan slike modeller burde benyttes i prosjekteringsøyemed.

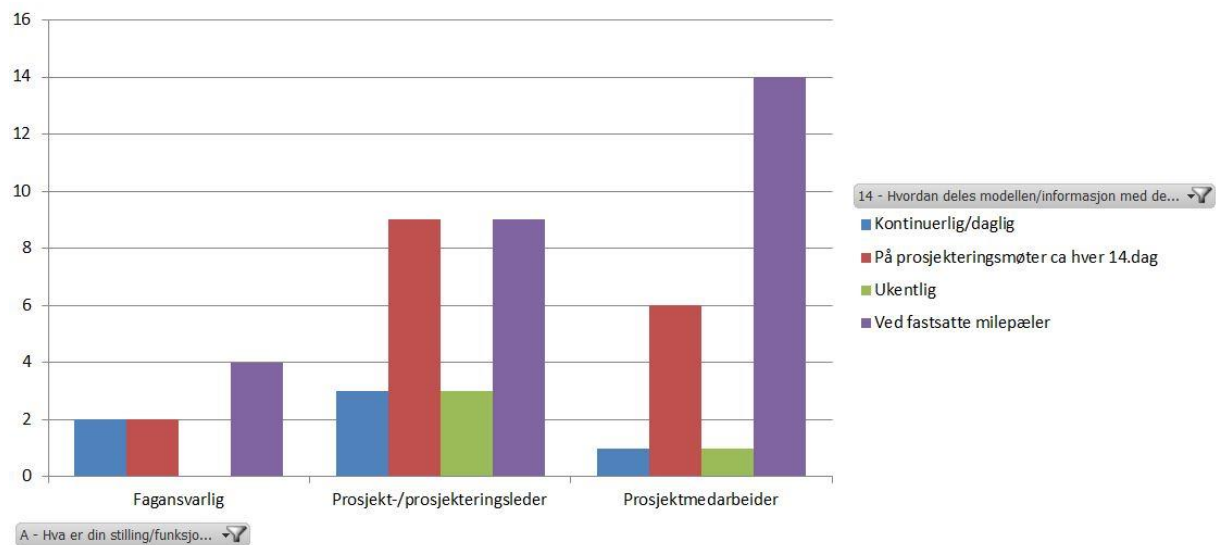
5.2.3 Arbeidsmetodikk

En observasjon her er at for de respondentene som deler informasjon/modellen på jevnlig basis så skjer dette i hovedsak hver 14.dag eller sjeldnere. I praksis betyr det at i det modellbaserte arbeidet som skjer i Jernbaneverkets prosjekter har en relativt lav grad av samhandling.

Dette kan tolkes som at man i Jernbaneverket i dag jobber med 3D-modell og ikke i så stor grad med BIM-metodikk og BIM-prosesser. I figur 47 under er alle respondenter som har svart «ikke relevant» eller ikke har svart fjernet fra datagrunnlaget. Det samme er svar fra kategoriene «annet» og

«linjeledere», ettersom det er mindre enn 5 svar på dette spørsmålet. Derfor illustrerer figuren kun frekvensen på hvordan de respondenter, som har modeller i sine prosjekter, deler dem.

En annen observasjon i svarene her er at det kun er 8 av 38 fagansvarlige som har svart på dette spørsmålet. Det vil si at det er 30 fagansvarlige som har svart «ikke relevant» på spørsmål om hvor ofte modeller deles i prosjektene de er en del av. Dette kan skyldes at de kun er en del av prosjekter i en kort tidsperiode ved for eksempel kvalitetssikring, men uansett at fagansvarlige generelt ikke er brukere av modeller i stor grad.

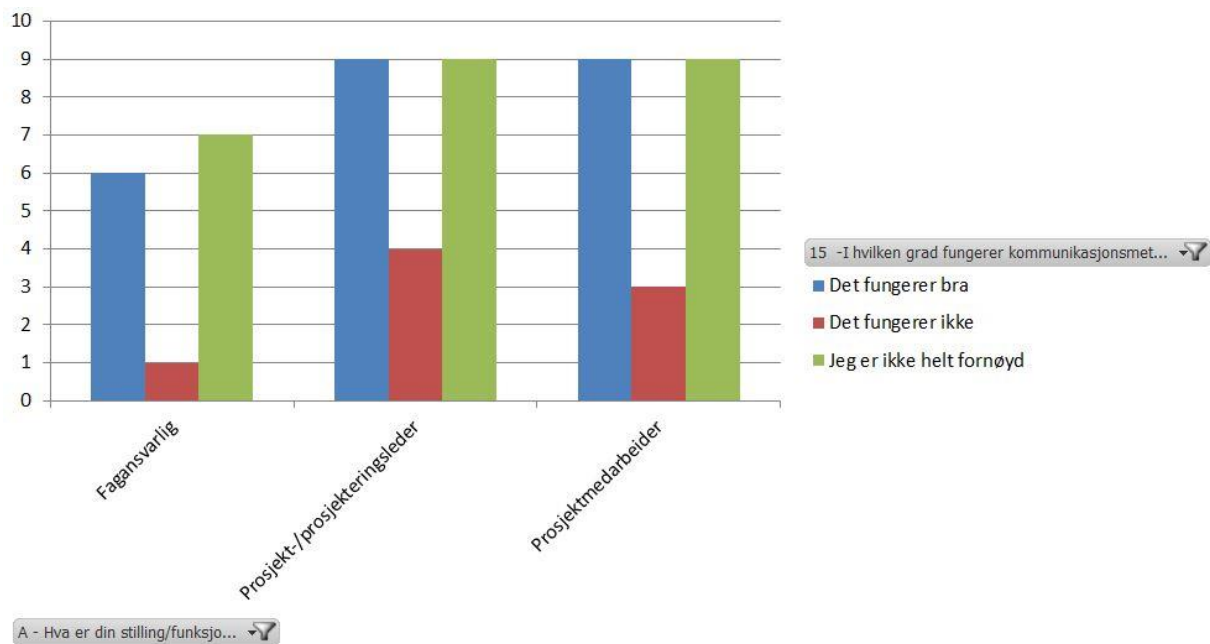


Figur 47 – Spørreundersøkelse – Frekvens på deling av modell – Kun relevante svar

Av de som deler modeller på en jevnlig basis er under halvparten av respondentene ikke helt fornøyd eller ikke fornøyd (fungerer ikke) med kommunikasjonsmetoden som benyttes internt og eksternt. En interessant videre analyse av dette svaret kunne vært å se på hvilke kommunikasjonsmetoder som fungerer og ikke, da det trolig ligger mye frustrasjon ute i prosjektene rundt dette.

I hovedsak er det prosjektledere, prosjekteringsledere og prosjektmedarbeidere som har svart på dette spørsmålet, noe som underbygger at dette er det som skjer ute i prosjektene.

Spørsmålet under er: I hvilken grad fungerer kommunikasjonsmetoden dere bruker internt og eksternt for å dele modeller? Svarene forteller oss at godt over halvparten av respondentene mener at kommunikasjonsmetoden ikke fungerer eller at de ikke er helt fornøyd med hvordan den fungerer.



Figur 48 – Spørreundersøkelse – Kommunikasjonsmetoder for deling av modell - Relevante svar

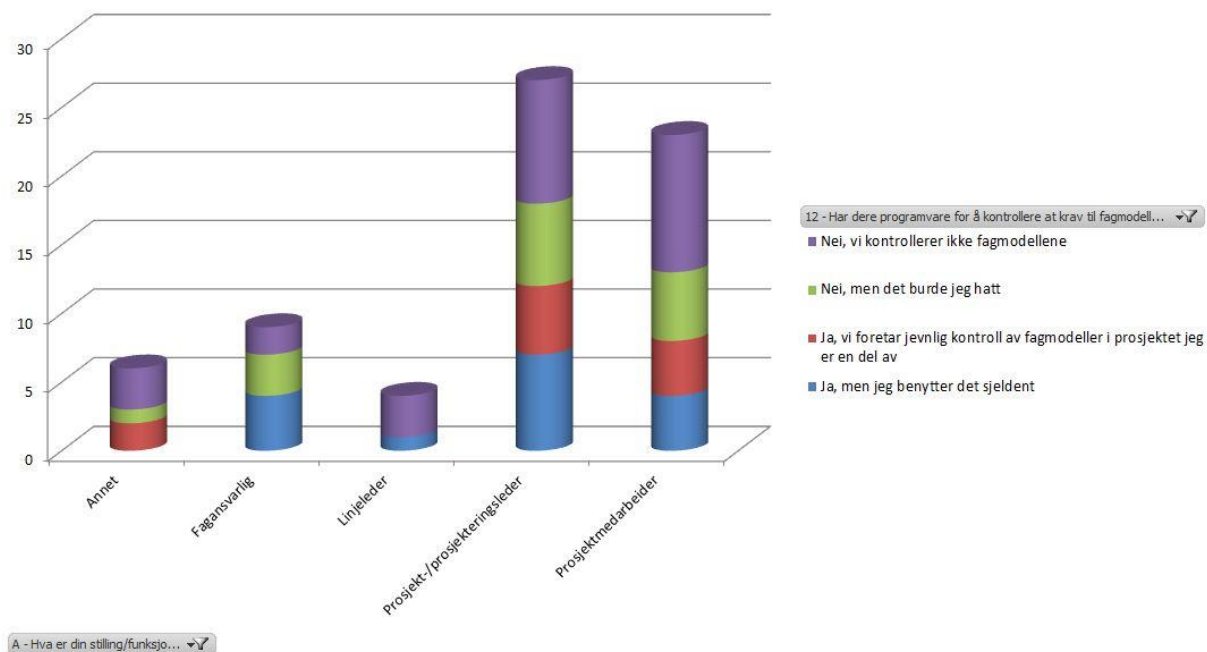
5.2.4 Program- og hardware

I et modellbasert prosjekt er det fagmodellene, sammen med samordningsmodellen, som er gjeldende leveranser. En effektivitetsgevinst med å jobbe med BIM i prosjektene kan være at tegninger i større grad ikke er nødvendig. Skal byggherrens kontrolloppgaver ivaretas setter det krav til at byggherren er i stand til å kunne kontrollere «DWG»-format.

Figur 49 under viser spørsmålet om respondentene har programvare for å kontrollere at krav til fagmodellene tilfredsstilles. Det var 106 svar om at dette spørsmålet ikke var relevant, disse svarene er fjernet fra figuren.

Datamaskinen min klarer ikke disse programmene.

Fagansvarlig JBV



Figur 49 – Spørreundersøkelse – Programvare i JBV – Relevante svar

Kun 11 av respondentene oppgir at de jevnlig kontrollerer fagmodeller i sitt prosjekt av 62 respondenter, det vil si 17,7%, hvor det i henhold til spørsmålet over er relevant i prosjektet. Det er da antatt at respondenten er i stand til å svare på vegne av prosjektet de er en del av.

På spørsmål om prosjektet respondenten er en del av, har rutiner for kollisjonskontroll i prosjektet, svarer 11% at de ikke har rutiner for kollisjonskontroll.

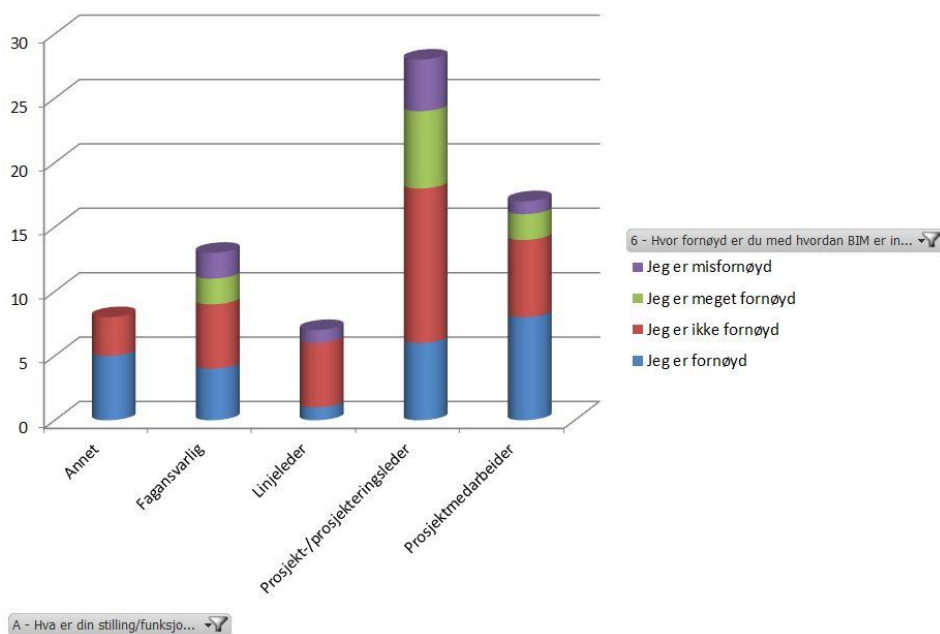
5.2.5 Personlige synspunkter

På spørsmålene i denne kategorien var det en stor andel (60-70%) som har svart «ikke relevant» og disse svarene er ikke medtatt i figurene som er vist under. At en så stor andel svarer dette på spørsmålet betyr

Det første spørsmålet som ble stilt er «Hvor fornøyd er du med hvordan BIM er innført og tas i bruk i Jernbaneverket?».

Har svært positive erfaringer ved bruk av 3D modeller, men er usikker på hva BIM er og hvilken funksjonalitet dette innebærer.

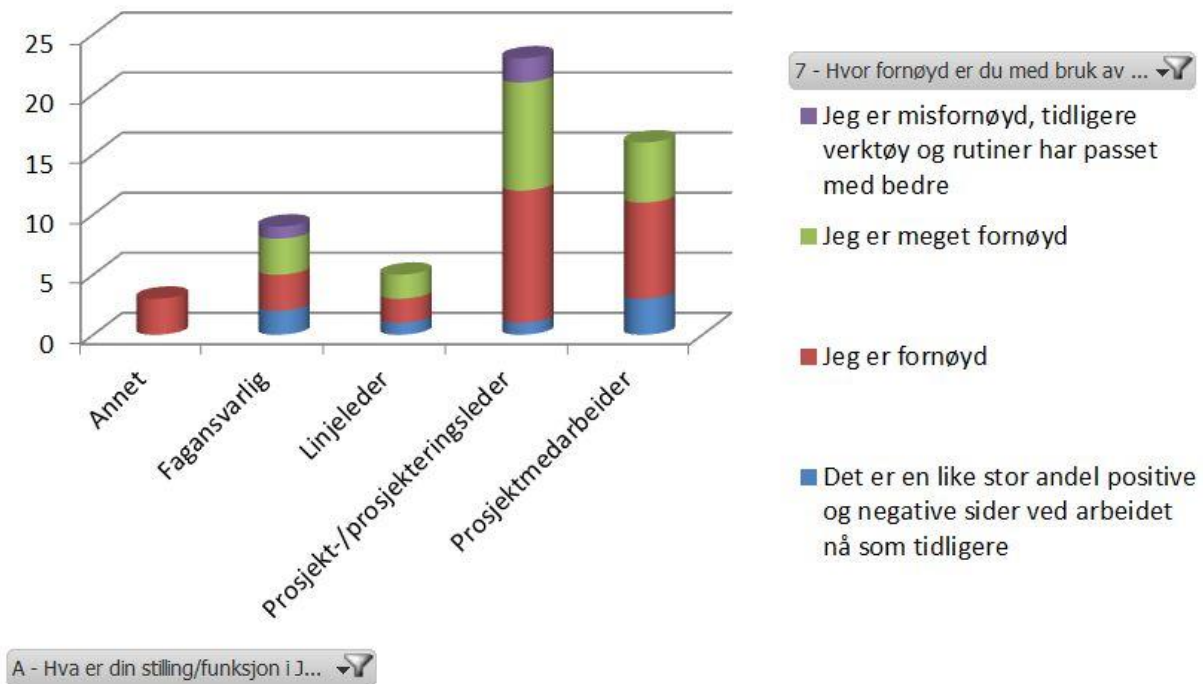
Prosjektmedarbeider, JBV



Figur 50 – Spørreundersøkelse – Personlige synspunkter på implementering av BIM i JBV

Av de som har erfaring med BIM så er 34 respondenter fornøyd/meget fornøyd med hvordan BIM innføres og tas i bruk i Jernbaneverket. Etter nærmere vurdering av svarene er det 10 respondenter som benytter BIM i sin arbeidshverdag som samtidig er fornøyd/meget fornøyd med hvordan BIM tas i bruk og innføres i Jernbaneverket. Det vil si en andel på 29%. Det betyr på den andre siden at 71% av de som benytter BIM i sin arbeidshverdag ikke er fornøyd med innføringen av BIM i Jernbaneverket.

Hvor fornøyd er du med bruk av BIM i forhold til prosjekteringsprosesser der ikke BIM benyttes?



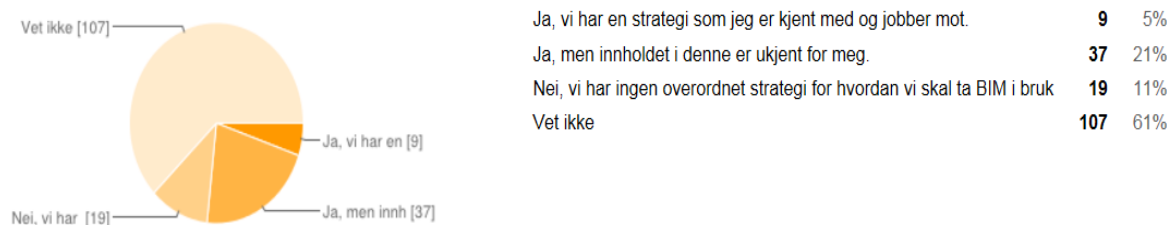
Figur 51 – Spørreundersøkelse – Personlige synspunkter på bruk av BIM i prosjektering

Av de personene som har erfaring med prosjekteringsprosesser med BIM er det en stor overvekt av respondenter som er fornøyd/meget fornøyd med bruk av BIM. Kun 2 respondenter av 175 er misfornøyd med innføring av BIM i prosjektene. På dette spørsmålet er også andelen av respondenter uten erfaring/relevans hele 70%.

5.2.6 Strategi

Basert på resultatene har ikke Jernbaneverket en klar BIM-strategi.

Kjenner du til om JBV har en strategi for hvordan BIM skal implementeres/tas i bruk?

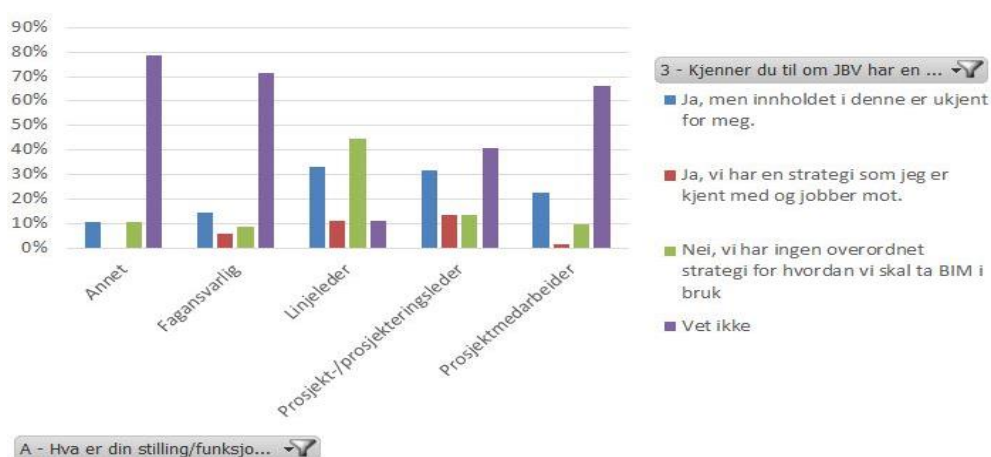


Figur 52 – Spørreundersøkelse – Strategi i JBV

Den første kombinasjonen er satt sammen av spørsmålet om deltagerne kjenner til om Jernbaneverket har en strategi for hvordan BIM skal implementeres/ tas i bruk og hvilken stilling deltagerne har. Svarene tilsier at det stort sett er tilslutning om at de ikke vet om en slik strategi. Minoriteten tilsvarer 10% som svarte at Jernbaneverket har en strategi, og de som er kjent med den er kun fagansvarlig, linjeledere og prosjekt/prosjekteringsledere. Det tyder på at strategien ikke er implementert i organisasjonen eller i store prosjektene som deltagerne holder seg til.

Denne kombinasjonen viser generelt at det er stor usikkerhet om JBV har en overordnet BIM-strategi eller ikke. Hos linjelederne er det veldig sprik i svarene, men hos de andre grupper med respondenter er det en stor grad av «vet ikke». Spesielt den store usikkerheten hos prosjekt-/ og prosjekteringslederne er verdt å merke seg, da mye av ansvaret for implementering av BIM i prosjektene ligger her.

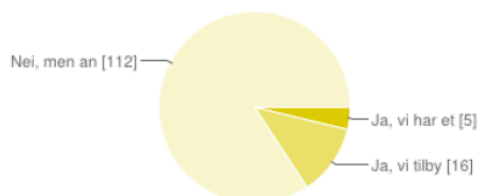
Figuren under viser kjennskap til Jernbaneverkets BIM-strategi i forhold til respondentenes rolle i prosjektene.



Figur 53 – Spørreundersøkelse – Kjennskap til strategi med hensyn på stilling/funksjon i JBV

Ved en kombinasjon av spørsmålene om det tilbys kurs for opplæring i Jernbaneverket om BIM og stillingene som deltagerne har, er det 64 % enighet om at det ikke tilbys slik opplæring og at ansatte heller oppfordres til å melde seg på kurs de trenger.

Tilbys det opplæring innen BIM?

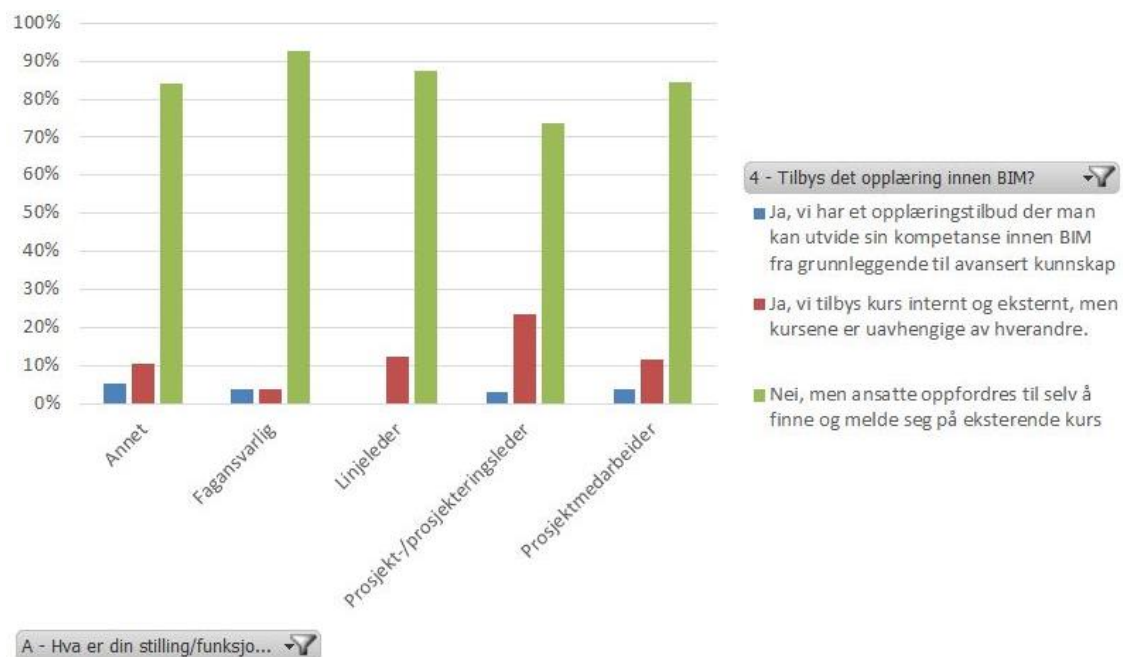


| | | |
|--|-----|-----|
| Ja, vi har et opplæringstilbud der man kan utvide sin kompetanse innen BIM fra grunnleggende til avansert kunnskap | 5 | 3% |
| Ja, vi tilby kurs internt og eksternt, men kursene er uavhengige av hverandre. | 16 | 9% |
| Nei, men ansatte oppfordres til selv å finne og melde seg på eksterne kurs | 112 | 64% |

Figur 54 – Spørreundersøkelse – Opplæring innen BIM i JBV

Men 10-22% av deltagerne som har stilling som linjeleder, prosjekt/prosjekteringsledere og prosjektmedarbeidere har svart at det tilbys kurs både eksternt og internt men disse kursene er uavhengig av hverandre. Analysen av den forskjellen i besvarelsene tyder på at det trolig kun er eventuelt små grupper eller få personer som deltar i kurs, eller melder seg på kurs for å heve kunnskapen om BIM.

Figuren under viser tilgjengelig opplæring for de ansatte med hensyn på respondentenes stilling/funksjon i prosjektene.



Figur 55 – Spørreundersøkelse – Opplæring innen BIM med hensyn på stilling/funksjon i JBV

Cirka 5% av de fagansvarlige tilbys uavhengige kurs, mens for linjeledere og prosjekteringsledere er svarene henholdsvis cirka 13% og 23%. Selv om det uansett totalt sett er et lavt kurstilbud innenfor BIM, er sammenlikningen interessant ettersom mye av de modellbaserte kontrolloppgavene i prosjektene bør gjennomføres av de fagansvarlige.

5.2.7 Prosjektstyring

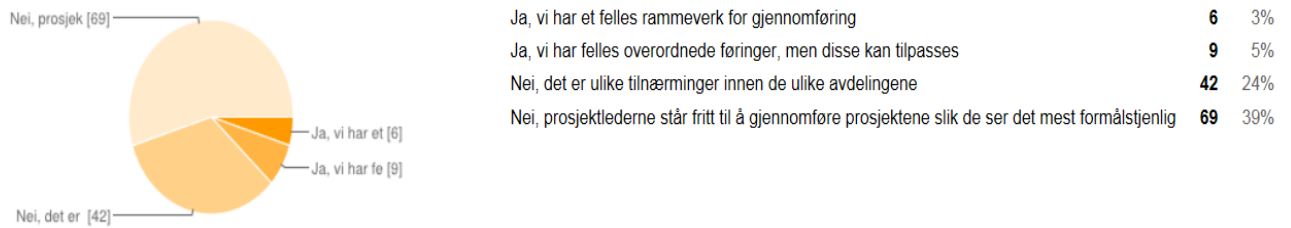
Resultatene under temaet prosjektstyring forteller oss at prosjekt-/ prosjekteringslederne i stor grad påvirker bruken av BIM i sine prosjekter.

Til sammen 63% av respondentene sier at Jernbaneverkets enheter og prosjektledere ikke benytter samme tilnærming til å styre BIM-prosjektene. Antakelig er prosenten også høyere ettersom hele 29% av respondentene ikke har svart på dette spørsmålet.

Jeg har ingen erfaring, men vet at BIM er på vei inn og trenger kompetanseheving på området, fordi dette er en viktig del av KS-prosessen.

Prosjekt-/prosjekteringsleder JBV

Benytter alle JBVs enheter og prosjektledere samme tilnærming for å styre BIM-prosjektene?

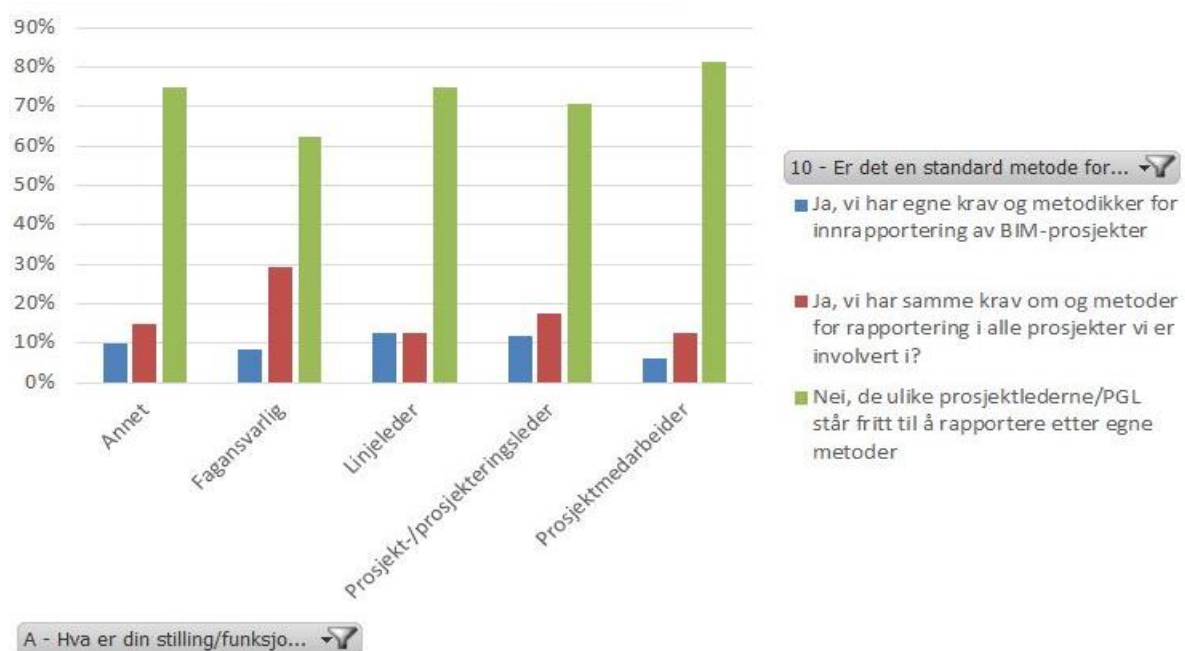


Figur 56 – Spørreundersøkelse – Prosjekt-/prosjekteringslederens tilnærming til BIM

Vi har også sett på hvordan dette fordeler seg på stilling/funksjonen respondentene har i Jernbaneverket. 10-15 % av alle deltagerne bortsett fra fagansvarlige har svart med ja at de har samme krav om metoder for rapportering i alle prosjekter de er involvert i. Det betyr at rapportering skjer i liten grad og det kommer trolig av enten manglende erfaring om dette eller mindre prioritert i forhold til bruken av 2D/tegninger/pdf. Her svarte en overvekt av de fagansvarlige (30%) ja.

Mindre enn 10% i alle stillingsvariantene har svart at de har egne krav og metoder for innrapportering av BIM-prosjekter. Det kan bety at erfaringsoverføring skjer i liten grad eller at det er lav kunnskap om temaet.

Figuren under viser standard metode for innrapportering av BIM med hensyn på rolle/funksjon i prosjektene.



Figur 57 – Spørreundersøkelse – Innrapportering av modeller med hensyn på stilling/funksjon

Et annet spørsmål i undersøkelsen indikerer også at prosjektlederne står fritt til å rapportere BIM-prosjektene etter egne metoder/ønsker. Dette kan spores til en manglende overordnet strategi i organisasjonen for styring av BIM. Dette kan også være på grunn av enten lavt fokus på bruken av BIM eller manglende tilgjengelig informasjon om styringsdokumenter som Håndbok Digital Planlegging i Jernbaneverket.

5.3 Sammendrag

Oppsummering av de etter forfatterens mening viktigste funn i spørreundersøkelsen:

- *Få, men generelt gode erfaringer med BIM i prosjekteringsprosesser*

Av de personene som har erfaring med prosjekteringsprosesser med BIM er det en stor overvekt av respondenter som er fornøyd/meget fornøyd med bruk av BIM. Av de som har erfaring med BIM så er 34 respondenter fornøyd/meget fornøyd med hvordan BIM innføres og tas i bruk i Jernbaneverket. Men samtidig har mellom 60-70% ingen erfaringer eller svarer at spørsmålene ikke er relevante for dem.

- *Liten bruk av tilgjengelige modeller*

Cirka halvparten av respondentene oppgir i undersøkelsen at de har tilgjengelig 3D-modeller i sitt/sine prosjekt. Av disse respondentene oppgir omtrent halvparten igjen at de er usikre på hvordan de benytter modellen. I et annet spørsmål svarer igjen kun 10% av de spurte at de benytter 3D-modeller i sin arbeidshverdag.

Det (BIM/3D-modellene) blir ikke fulgt opp skikkelig, *det* er det negative.

Erfaren prosjektmedarbeider JBV

- *Stort utdanningsbehov i organisasjonen*

Cirka halvparten av respondentene som oppgir at de har 3D-modell tilgjengelig til bruk i sine prosjekter oppgir at de er usikker på hvordan de skal bruke den. Et flertall av respondentene oppgir på flere spørsmål at de har ingen erfaring med BIM/3D-modeller.

- *Nesten ingen kjenner til Jernbaneverkets strategi for implementering av BIM*

Kun 5% av respondentene oppgir at Jernbaneverket har en strategi for hvordan BIM skal implementeres og tas i bruk og 61% vet ikke om en slik strategi finnes.

- *Få føringer til prosjekt-/prosjekteringslederne*

Prosjektledere står fritt til hvordan de ønsker å benytte BIM i sine prosjekter og det er ulike tilnærminger i ulike avdelinger. Svarene under temaet arbeidsmetodikk antyder også mange ikke er fornøyd med måten modeller kommuniseres internt og eksternt. En stor andel fagsvarlige (79%) svarer også at frekvensen på deling av modellene i prosjekter de er en del av ikke er relevant for dem.

6. Diskusjon

I dette kapittelet diskuteres de tre forskningsspørsmålene i hvert sitt underkapittel før problemstillingen besvares i konklusjonen i delkapittel 6.4.

6.1 BIM i infrastrukturprosjekter

I litteraturstudiet er det søkt svar på forskningsspørsmålet «Hva betyr det å arbeide med BIM i infrastrukturprosjekter?». Det har endt opp med at forfatterne har forsøkt å legge et innhold til begrepet BIM sett i infrastrukturkontekst. Når man ser på tidligere definisjoner av BIM generelt gis begrepet mye forskjellig innhold, men i hovedsak handler det om en 3D-modell i seg selv eller en 3D-modell med prosessene rundt. BIM-begrepet er også generelt ofte knyttet til bygninger og bruk av IFC-formatet og dermed også informasjon i modellene.

Anleggsbransjen i Norge er midt inne i en omstillingsprosess fra tegningsbaserte prosjekter til modellbaserte prosjekter. Noen prosjekter eller byggherrer har kommet langt i sine prosesser, mens andre har knapt startet å arbeide modellbasert. Mange ser gevinstene med å arbeide modellbasert i sine prosjekter, så engasjementet rundt og ønsket om det, er stort. På den andre siden er forståelsen av hva det betyr å arbeide modellbasert varierende. Etter forfatternes mening er det et vakuum i litteraturen og bransjen at man ikke har klare og tydelige retningslinjer for hvordan et modellbasert prosjekt kan styres mot den beste utnyttelsen av teknologien.

Hverken Statens vegvesen eller Jernbaneverket benytter begrepet BIM i sine håndbøker, men skriver heller om 3D-modeller og modellbasert prosjektering. Det er også mange andre modellbegreper som benyttes. For å klargjøre sammenhenger har forfatterne, som et innspill til debatten, gjort et forsøk på å definere BIM for infrastruktur:

«BIM for infrastruktur er produktet av faktorene strategi, metodikk og teknikk benyttet ved modellbasert prosjektgjennomføring»

Definisjonen over handler, under metodikk og teknikk, om faktorer som ofte defineres inn under begrepet BIM. Faktoren strategi er tatt med i definisjonen og synliggjør etter forfatternes mening et tomrom som aktører i bransjen opplever eller kan oppleve i forbindelse med implementeringen av BIM i et prosjekt eller en organisasjon. Det er lett å kjøre i gang prosjekter modellbasert uten en overordnet plan og målsetting for hvordan prosjektet skal benytte modeller, en plan for FoU-aktiviteter og de menneskelige ressursene som skal ivareta bruken av modellene i praksis.

Figur 58 under viser en inndeling av hovedtemaer under faktorene strategi, metodikk og teknikk. En god vurdering av alle hovedtemaene vil etter forfatternes mening legge til rette for en vellykket implementering av BIM for infrastruktur i et prosjekt eller en organisasjon.

| | | |
|-----------------------|-----------------|---------------------------|
| BIM for infrastruktur | STRATEGI | Målsetting |
| | | FoU |
| | | Ressurser |
| | | Kontrakter |
| | METODIKK | Kvalitetssikring |
| | | Prosjekteringsmetodikk |
| | | Manualer, krav og rutiner |
| | | Organisasjon |
| | TEKNIKK | Software |
| | | Hardware |
| | | Filformater |
| | | Samhandlingsløsninger |

Figur 58 – BIM for infrastruktur (Alhamid, Vardøen 2014)

Et suksesskriterium for en vellykket implementering av BIM i et prosjekt eller en organisasjon, fordrer etter forfatterens mening en BIM-strategi, som kan defineres som en plan for implementering av BIM i prosjektet eller organisasjonen.

6.2 Erfaringer med BIM for infrastruktur

Forskningsspørsmålet som er søkt besvart i casestudiet er «Hvilke erfaringer med BIM er gjort på store prosjekter innen infrastruktur?». Erfaringene ble i kapittel 4 sortert i tabellformat for hvert prosjekt i kategoriene strategi, metodikk og teknikk. Deretter ble erfaringene sammenliknet og oppsummert i et sammendrag i delkapittel 4.

En BIM-strategi kan med fordel opprettes for et prosjekt eller en organisasjon. Mulig innhold kan være klare rollebeskrivelser, plan for opplæring, krav i kontrakter, strategi for FoU og klare målsetninger. Mange av disse faktorene ivaretas i dag i prosjekter og i organisasjonen, men ikke på en strukturert og samordnet måte. Erfaringene fra casestudiet underbygger et behov for en BIM-strategi på prosjektnivå, da i beste fall basert på en overordnet organisasjonsstrategi for å samkjøre innsatsen.

En 3D-koordinatorrolle og BIM-kompetanse hos byggherre og entreprenører er gjennomgående nevnt som essensielt for å få til et godt modellbasert prosjekt. Modellbaserte møter med faste møtestrukturer i alle planfaser er også et suksesskriterium. Det gjennomføres best om det gjøres både internt og mellom aktører, med tydelige roller og styring i møtene samt at det fordrer jevnlig oppdateringer av både resultat- og samordningsmodeller i en byggefase.

Spesielt er visningsmodeller i tidlige planfaser en viktig faktor som igjen krever en god kontroll på modellenes detaljeringsgrad. Modellbasert kommunikasjon mot eksterne aktører, gjerne aktører som direkte påvirkes av prosjektene, kan bidra til bedre løsninger og lette konfliktnivået i senere planfaser.

Et gjennomgående suksesskriterium er også at en 3D-manual/dokument for dataflyt etableres tidlig. Et slikt dokument bør også gjenspeile kravene til aktørene fra kontraktene. Dersom eksempelvis en entreprenør har et krav i kontrakten om å levere som bygget-innmålinger på et bestemt filformat en viss tid etter ferdig bygget, vil det igjen forenkle prosessene med å oppdatere resultatmodellene.

Tydelige krav til kompetanse og opplæring av entreprenør og hos byggherre er et suksesskriterium fra mange av prosjektene i casestudiet. For at modellene skal benyttes i prosjektene på en hensiktsmessig måte, må aktørene vite hvordan dette skal gjøres.

Flere tekniske forbedringspunkter og utfordringer er nevnt i kapittel 4, men de diskuteres ikke ytterligere her da de ikke anses som direkte relevante for besvarelsen av problemstillingen.

6.3 BIM-kompetanse i Jernbaneverket

Spørreundersøkelsen som ble utført hadde som hensikt å måle BIM-kompetansen i Jernbaneverket. Sammendraget av spørreundersøkelsen konkluderte med fem viktige funn som vil diskuteres under.

For det første fant man ut at det er *få, men generelt gode erfaringer med BIM i prosjekteringsprosessen*. De fleste prosjekter i Jernbaneverket som tidligere har benyttet BIM har gjort det i visualiseringsøyemed og siden Håndbok Digital Planlegging i Jernbaneverket først kom ut i 2012 har få prosjekter enda blitt gjennomført og ferdigstilt med modellbasert prosjektering. De generelt gode erfaringene med BIM i Jernbaneverket stammer trolig hovedsakelig fra Fellesprosjektet E6 Dovrebanen. Gode erfaringer herfra vil trolig over tid trekkes videre over i andre prosjekter.

Det andre funnet i spørreundersøkelsen er at det er *liten bruk av tilgjengelige modeller*. Mange prosjekter har forskjellige former for modeller tilgjengelig, men grunnet blant annet manglende kompetanse blir de ikke benyttet som ønsket. At kun 10% av de spurte forteller at de benytter modeller i sin arbeidshverdag, når 50% har modeller tilgjengelig, er ikke oppløftende. Bruk av modeller er en nødvendighet for å trekke ut de gevinstene som modellbasert prosjektering gir. På den andre siden er det et stort potensiale her for økt verdiskapning gjennom økt modellbruk.

Det leder oss over på det tredje funnet som er at det er et *stort utdanningsbehov* i Jernbaneverket som organisasjon. I en nasjonal undersøkelse fra England (Enterprises, 2015) oppgir respondentene at fravær av kompetanse i organisasjonen og opplæring som de to største barrierene for hvorfor BIM ikke benyttes. Cirka halvparten av respondentene som oppgir at de har 3D-modell tilgjengelig til bruk i sine prosjekter oppgir at de er usikker på hvordan de skal bruke den. Et flertall av respondentene oppgir på flere spørsmål at de har ingen erfaring med BIM/3D-modeller.

Jernbaneverket har for det fjerde *ingen overordnet strategi* som er kjent for medarbeiderne for hvordan 3D skal benyttes og implementeres i organisasjonen. Det henger nok sammen med det femte funnet som er at *prosjekt- og prosjekteringslederne har få føringer* for hvordan modellbasert

prosjektering skal gjennomføres. Da blir det gjerne beste praksis som gjelder, men når det ikke finnes så mange erfaringer er kanskje ikke beste praksis den beste?

6.4 Konklusjon

Denne oppgaven er basert på følgende problemstilling: **Hvilke tiltak kan gjennomføres i InterCity-prosjektet for å få best mulig utbytte av BIM?**

For å svare ut problemstillingen over er det definert tre forskningsspørsmål som besvares i delkapitlene 6.1-6.3. InterCity-prosjektet er et paraplyprosjekt som består av 7 ulike delstrekninger med forskjellig fremdrift og som er i forskjellige planfaser. Selve bruken vil derfor kunne være helt forskjellig da det eksempelvis i tidligere faser gjerne er visuelle fremstillinger av et tiltaks konsekvenser som er verdifullt, vil det i senere faser være verdifullt med rene kollisjonskontroller mellom fagmodeller. For å få best mulig utbytte av BIM i InterCity-prosjektet foreslår forfatterne følgende tiltak:

- **Utarbeide en tydelig og klar felles BIM-strategi**

Det første tiltaket som foreslås er å utarbeide en BIM-strategi for implementeringen av BIM i prosjektet. I prosjektene som er sett på i casestudiet i denne oppgaven ser man i stor grad fravær av en BIM-strategi, men på den andre siden at mange prosjekter har mye god metodisk innarbeidet praksis og tekniske forutsetninger i en 3D-manual. Følgende punkter anbefales som et minimum å være en del av innholdet i BIM-strategien:

- Målsetning med BIM i Jernbaneverkets organisasjonen/prosjektet etableres

Målsetningene bør ta utgangspunkt i gevinstene med modellbasert prosjektering. Klare og tydelige mål må også kommuniseres godt utad i prosjektet. Målsetningene vil kunne bidra til forståelse og få alle ansatte til å trekke i samme retning.

- Tydelige rollebeskrivelser med kompetansekrav

3D-kompetanse hos alle aktørene i prosjektet. Byggherre, rådgiver og entreprenør bør alle ha tilstrekkelig kompetanse til å benytte modellene hensiktsmessig. Flere prosjekter i casestudiet trekker frem tydelige rollebeskrivelser som viktig for prosjektgjennomføringen.

- FoU-elementer – Hvordan kan modellene benyttes i praksis?

Casestudiet viser at det er mange sider ved bruk av modeller i prosjekter som kan videreutvikles. Innen noen fagretninger er det tekniske utfordringer som hindrer modellbruk. Gode eksempler fra noen prosjekter kan videreføres til andre. Fellesprosjektet E6-Dovrebanen har spesielt mange erfaringer som det vil være verdifullt å videreføre, ettersom prosjektet har jobbet seg modellbasert igjennom flere forskjellige planfaser.

- Samhandling og erfaringsoverføring

3D-manualer for hver parsell i InterCity utarbeides, basert på en overordnet manual. Koordinering mellom parseller er viktig slik det som fungerer godt i en parsell kan videreføres i en annen parsell. Anbefalte møtестrukturer for forskjellige planfaser kan defineres med tanke på modellbruk.

- **Kompetanseløft på alle nivåer i prosjektet**

Spørreundersøkelsen viser et klart og stort behov for et kompetanseløft i Jernbaneverket som organisasjon. Casestudiet viser at en stor utfordring i mange prosjekter er å ha tilstrekkelig kompetanse, da å først skaffe seg kompetansen og deretter å holde på den. Først og fremst er det nødvendig i et prosjekt, men like relevant i organisasjonssammenheng.

- Det tekniske må ikke være et hinder for kompetanseutvikling

Brukertersekelen bør være så lav som mulig for å gjøre det lett for alle prosjektdeltakere å benytte modell. Tunge innsynsverktøy på infrastrukturens side krever kraftig hardware. Spørreundersøkelsen viser utfordringer allerede internt hos Jernbaneverket på hardwarens side og casestudiet forteller oss at det er viktig å løse slike utfordringer tidlig i et prosjekt.

- Opplæringstilbud med trinnvis utvidelse av BIM-kompetanse implementeres

Stort behov i Jernbaneverket vises i spørreundersøkelsen. Casestudiet viser at en stor utfordring er at alle aktører har tilstrekkelig kompetanse innen modellbasert prosjektering og bygging, spesielt gjelder dette byggherre og entreprenør. I noen tilfeller er det ren teknisk kompetanse som er mangelvaren, mens i andre tilfeller er det kunnskap om hvordan man kan benytte modeller

- Gjennomføre jevnlig målinger av organisasjonens BIM-kompetanse

Fra litteraturstudiet ser vi at Storbritannia og USA har gjennomført nasjonale undersøkelser av BIM-kompetanse. For å kunne se utviklingen i et stort prosjekt som InterCity, som også skal drives over mange år, hadde det kunne vært gunstig å få oversikt over kompetansenivået i prosjektet. Dette kan også være en del av en BIM-strategi og benyttes til å planlegge opplæring mer spesifikt.

- **Tilrettelegge for aktiv bruk av modeller**

Et viktig suksesskriterium fra alle prosjektene i casestudiet er en aktiv bruk av modeller internt og mellom alle aktører i et prosjekt. Spørreundersøkelsen i Jernbaneverket viser en veldig liten bruk av tilgjengelige modeller. Cirka 50% av respondentene har tilgjengelige modeller, mens kun 10% benytter dem i sin arbeidshverdag.

- Byggherren må etterspørre bruk av modeller

Undersøkelsen viser at modellene som Jernbaneverket har produsert i sine prosjekter i liten grad benyttes internt. Aktiv bruk av modeller i spesielt tidlige faser, helt fra KDP, oppgis som suksesskriterier hos flere store prosjekter i casestudiet. Mange erfarne fagpersoner stoler kanskje mer på tegninger som de er vant til å lese, enn på modellene. En slik faglig trygghet kommer gjerne gjennom gode praktiske erfaringer og de er det vanskelig å opparbeide seg uten å først ha tatt steget.

- Veilede frem hvordan modellene kan benyttes

Eksemplifisering av bruk av modell i forskjellige typer interne og eksterne møter vil kunne senke terskelen for de involverte i prosjekter. Spørreundersøkelsen viser at mange ansatte i Jernbaneverket har modeller tilgjengelige modeller i prosjektene de jobber med, men kun 1 av 5 som har det, benytter dem i sin arbeidshverdag. Det er også et stort potensiale for å benytte modeller som arbeidsverktøy innen eksempelvis fag som RAMS og Signal. Eksempler på hvordan man kan utføre gode tverrfaglige kontroller og kontroller av fagmodeller vil også kunne senke terskelen for å benytte modeller.

- Krav fra ledelsen om bruk av modeller på alle interne og eksterne møter

Det at byggherren setter tydelige krav er etterspurt fra entreprenør og rådgiver, det anbefales tydelige retningslinjer på at modeller skal benyttes i arbeidshverdagen internt og eksternt. Et krav fra linjen om at modeller skal benyttes i alle interne og eksterne møter vil derfor etter forfatterens mening kunne ha store effekter.

I England ble det satt et krav om at alle prosjekter skal benytte Level 2 BIM i løpet av 2016. Det hadde store effekter på hvor mange som benyttet BIM i sin arbeidshverdag. Gjennom klare krav vil man kunne gjøre overgangen fra en tegningsbasert til en modellbasert hverdag lettere for prosjektene.

Flere av tiltakene som er foreslått over kan også være gyldige på organisasjonsnivå. En BIM-strategi kan eksempelvis løftes opp i organisasjonen eller høyere, for å skape en førende retning for bransjen, noe som med gode erfaringer er gjort i eksempelvis England og USA.

6.5 Videre arbeid

I denne oppgaven er det gjort et forsøk på å definere begrepet «BIM for Infrastruktur», men det er ikke gått i dybden på innholdet i temaene i hver kategori. Hvert av disse temaene ser vi et stort potensiale for å utrede ytterligere. For eksempel kan kontrakter i forbindelse med modellbasert prosjektering burde være et utgangspunkt for en egen masteroppgave. På samme måte kan de andre undertemaene under strategi og metodikk være det samme.

Et annet sentralt punkt som kan sees mer på er hvordan man kan sikre at modeller blir benyttet og oppdatert i byggefasen, spesielt med tanke på totalentrepriser.

Spørreundersøkelsen for å måle BIM-kompetansen i Jernbanelivet som utført i casestudiet i denne oppgaven er trolig den første av sitt slag innenfor de store byggherrene innen utenomhus infrastruktur. Det hadde etter forfatterens mening vært interessant å få verifisert resultatene fra andre byggherrer i bransjen enn Jernbanelivet som en benchmarking.

En annen spennende tanke er å gjennomføre nasjonale eller skandinaviske undersøkelser av BIM-kompetanse hos byggherre på samme måte som er gjort i USA og i Storbritannia.

Å følge utviklingen av BIM-kompetanse i InterCity-prosjektet fremover er en annen mulig studie. Det å se på effekten av ulike eventuelle tiltak for å øke BIM-kompetansen internt i prosjektorganisasjonen vil gi ytterligere innsikt innen implementering av modellbasert prosjektering.

7. Kildehenvisninger

- AHNSJÖ, D. Nyttan med BIM inom infrastruktur i praktiken. Foredrag: 23.10.2013, Oslo
- AIACA, A. 2007. *Integrated Project Delivery*: American Institute of Architects National & American Institute of Architects California Council.
- AUTODESK. (2015a). Buzzsaw. Internettside tilegjengelig på :
www.autodesk.com/products/buzzsaw/overview Hentet 10.05.2015
- AUTODESK. (2015b). *Infraworks 360*. Internettside tilegjengelig på:
www.autodesk.com/products/infraworks/360/. Hentet 09.05.2015
- AUTODESK. (2015c). *Navisworks*. Internettside tilegjengelig på:
www.autodesk.no/products/navisworks/overview. Hentet 08.05.2015
- AUTODESK. (2015d). *Skybaserte tjenester*. Internettside tilegjengelig på:
www.autodesk.no/360-cloud. Hentet 09.05.2015
- AUTODESK. (2015e). *What is DWG?* Internettside tilegjengelig på:
www.autodesk.com/products/dwg. Hentet 09.05.2015
- BALKE, K. (2015). Sett krav om BIM. Artikkel, internettside tilegjengelig på:
www.bygg.no/article/1232207. Hentet 04.05.2015
- BIMTASKGROUP. (2011). *About Us*. Internettside tilegjengelig på:
www.bimtaskgroup.org/about/. Hentet 06.05.2015
- BUILDINGSMART. (2014a). *BuildingSMART Datamodell (IFC)*. Internettside tilegjengelig på:
www.buildingsmart.no/hva-er-apenbim/bs-datamodell. Hentet 05.03.2015
- BUILDINGSMART. (2014b). *BuildingSMART Prosess (IDM)*. Internettside tilegjengelig på:
www.buildingsmart.no/hva-er-apenbim/bs-prosess. Hentet 04.03.2015
- COLLABORATION, J. (2012). *Brukerveiledning JOINT ProsjektHotell*. Internettside tilegjengelig på:
www.vegvesen.no/attachment/445664/binary/740475?fast_title=Brukerveiledning+for+eRoom.pdf. Hentet 05.03.2015
- DALLAND, O. (2012). *Metode og oppgaveskriving for studenter*, Oslo, Gyldendal akademisk.
- DRUCKER, P. (1992). The New Society of Organizations. *Harvard Business Review*, September-October Issue. Artikkel, internettside tilegjengelig på:
www.hbr.org/1992/09/the-new-society-of-organizations. Hentet 10.03.2015
- EASTMAN, C., TEICHOLZ, P., SACKS, R., & LISTON, K.(2008). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modelling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors (2. utgave)*, New Jersey, John Wiley & Sons.
- ENTERPRISES, N. A. R. (2015). NBS National Bim Report 2015. Rapport tilegjengelig på:
www.thenbs.com/topics/bim/articles/nbs-national-bim-report-2015.asp. Hentet 10.04.2015

- FRIBERG, F. (2012). *Dags för uppsats: vägledning för litteraturbaserade examensarbeten*, Lund, Studentlitteratur.
- HANNE BARANE HALDORSEN, J. N., ANDERS ANTONSEN. (2013). HIOA, Bacheloroppgave: *Implementering av BIM i infrastrukturprosjekter*. Internettside tilgjengelig på: www.buildingsmart.no/sites/buildingsmart.no/files/2013_hioa_haldorsen_nordenhaug_and_antonsen.pdf. Hentet 10.02.2015
- HOLME, I. M. & SOLVANG, B. K. (1996). *Metodevalg og metodebruk*, [Oslo], TANO.
- JERNBANEVERKET (2012). Samordningsmodell 3D Felles rutiner og metodikk - OUS-00-A-10005. Internt dokument for Follobanen.
- JERNBANEVERKET (2013). Håndbok Digital Planlegging i Jernbaneverket *STY-600239*. Internettside tilgjengelig på: www.jernbaneverket.no/no/Marked/Leverandorinfo/Handbok-i-digital-planlegging/. Hentet 05.02.2015
- JERNBANEVERKET (2015a). Intern nettside for Jernbaneverket (Banenettet).
- JERNBANEVERKET. (2015b). *InterCity*. Internettside tilgjengelig på: <http://www.jernbaneverket.no/no/Prosjekter/Inter-City-/InterCity/> Hentet 10.11.2015
- JERNBANEVERKET (2015c). Om Jernbaneverket. internettside tilgjengelig på: www.jernbaneverket.no/no/Om-oss/Om_jernbaneverket/. Hentet 10.03.2015
- KUNZ, J., CHACHERE, J., LEVITT, R. (2009). The Role of Reduced Latency in Integrated Concurrent Engineering. *CIFE*.
- LANDXML. (2014). *What is LandXML?* Internettside tilgjengelig på: www.landxml.org/About.aspx. Hentet 02.04.2015
- MJÅTVEDT, A. (2012). *Bygningsinformasjonsmodellering - Evaluering av kompetanse*. Masteroppgave. NGI. 2015. Internettside tilgjengelig på: www.ngi.no/no/Fagomrader/Geofysikk/AEM/. Hentet 05.10.2015
- OLSSON, N. (2011). *Praktisk rapportskrivning*, Trondheim, Tapir akademisk.
- PARTY, B. W. (2011). Strategy Paper for the Government Construction Client Group. Dokument fra internettside tilgjengelig på: www.bimtaskgroup.org/wp-content/uploads/2012/03/BIS-BIM-strategy-Report.pdf. Hentet 03.04.2015
- RIF, S. O. N. (2013). Prosjekteringsprosess i byggeprosjekter (PROBY).
- SAMSET, K. (2007). Concept rapport Nr 17 - *In: NTNU (ed.)*. Internett side tilgjengelig på: www.ntnu.no/documents/1261860271/1262010703/Concept%2017%20Svakt%20informasjo nsgrunnlag.pdf. Hentet 10.04.2015
- SMARTMARKED REPORT, M.-H. C., AUTODESK (2012). The Business Value of BIM for Infrastructure.

- SSB (2005) Menneskelige Ressurser gjør Norge rikt. Artikkel, internettside tilgjengelig på:
www.ssb.no/nasjonalregnskap-og-konjunkturer/artikler-og-publikasjoner/menneskelige-ressurser-gjor-norge-rikt. Hentet 10.04.2015
- STANDARD, N. (2015). *Juridiske Standarder*. Internettside tilgjengelig på:
www.standard.no/nettbutikk/juridiske-standarder/. Hentet 12.03.2015
- STATNETT. (2015). *Vestre Korridor*. Internettside tilgjengelig på:
www.statnett.no/Nettutvikling/Vestre-korridor/. Hentet 28.02.2015
- STATSBYGG. (2014). *BIM - En digital måte å bygge smartere*. Internettside tilgjengelig på:
www.statsbygg.no/Oppgaver/Bygging/BIM/. Hentet 20.04.2015
- SUCCAR, J. U., UMIT ISIKDAG (2009). *Building Information Modelling Maturity Matrix. Handbook of Research on Building Information Modelling and Construction Informatics: Concepts and Technologies, Information Science Reference, IGI Publishing.*
- SVV. (2015). *Dronning Eufemias gate*. Internettside tilgjengelig på:
www.vegvesen.no/Vegprosjekter/Bjorvika/Slik+blir+det/Dronning+Eufemias+gate. Hentet 12.04.2014
- SVV/JBV. (2015). *E6-Dovrebanen*. Internettside tilgjengelig på:
www.E6-Dovrebanen.no. Hentet 15.02.2015
- T. OLOFSSON, G. L., C. EASTMAN (2008). *Case studies of BIM adoption for precast concrete design by mid-sized structural engineering firms.*
- THBIMSPC, T. N. B. I. M. S. P. C.-. (2015). *What is a BIM?* Internettside tilgjengelig på:
www.nationalbimstandard.org/faq.php#faq1. Hentet 12.02.2015
- VEGDIREKTORATET (2014). *Modellgrunnlag - Krav til grunnlagsdata og modeller Håndbok V770*. Internettside tilgjengelig på: www.vegvesen.no. Hentet 10.01.2015
- VEIDEKKE. (2014). *Involverende planlegging - I produksjon*. Internettside tilgjengelig på:
<http://veidekke.no/om-oss/kompetanse/article8308.ece>. Hentet 10.05.2015
- VIANOVASYSTEMS. (2015a). *Novapoint GO*. Internettside tilgjengelig på:
www.vianovsystems.no/Produkter/Mobil-apps/. Hentet 08.05.2015
- VIANOVASYSTEMS. (2015b). *QuadriDCM*. Internettside tilgjengelig på:
www.vianovsystems.no/Produkter/QuadriDCM/. Hentet 08.05.2015
- VIANOVASYSTEMS, A.(2015c). *BIM for Infrastruktur*. VianovaSystems AS. Internettside tilgjengelig på:
www.vianovsystems.no/BIM. Hentet 08.05.2015

Vedlegg

- Vedlegg 1 - Oppgavetekst
- Vedlegg 2 - Intervjuguide
- Vedlegg 3 – Spørreundersøkelse Rådata Svar
- Vedlegg 4 – Utsendingsmail og purring

MASTEROPPGAVE

(BA6903, masteroppgave)

VÅREN 2015

for

Mazen Bader Hashem Alhamid and Henning Vardøen

BIM i InterCity-prosjektet

BAKGRUNN

Nasjonal Transportplan 2014-23 legger opp til at InterCity-strekningene mellom Oslo og Hamar, Tønsberg og Fredrikstad skal være ferdig utbygd innen 2024. Utbyggingen skal videreføres til Lillehammer, Skien og Halden i 2030. De 230 kilometerne av InterCity-nettet som ikke er bygget ut eller er under bygging, skal planlegges.

BIM/3D-modellering har blitt i større og større grad implementert i infrastrukturplanlegging de siste årene. Jernbaneverket har kommet med sin «Håndbok Digital Planlegging i Jernbaneverket» (2013) og Vegvesenet har gitt ut sin håndbok V770 (2012) som setter krav og gir retningslinjer for prosjektering i 3D.

Ved å samordne alle aktørene involvert i et prosjekt, kan man redusere antall konflikter og oppnå høyere pålitelighet på prosjekteringen. Det er også store besparelsesmuligheter i implementeringsfasen, byggefase og i som bygget fasen.

OPPGAVE

I denne oppgaven skal kandidatene komme med forslag til tiltak for hvordan modellbasert prosjektering på best mulig måte kan implementeres i Intercity-prosjektet. For å finne svar på problemstillingen er det definert tre forskningsspørsmål. Til hvert forskningsspørsmål er det knyttet en metode. I samarbeid med intern og ekstern veileder vil resultatene fra studiene avslutningsvis gjennomgås og problemstillingen besvares.

Målet med denne studien er å bistå InterCity-prosjektet med relevant informasjon fra prosjekter av tilsvarende størrelse som gjennomføres med BIM (casestudie) og se på byggeherreorganisasjonens BIM-kompetanse (spørreundersøkelse). I forlengelsen av dette vil oppgaven inneholde råd til hvordan Intercity-prosjektet på best mulig måte kan gjennomføre modellbasert prosjektering.

Beskrivelse av oppgaven

Oppsummert består oppgaven således av følgende deloppgaver:

- Litteraturstudie: Gjennomføre et litteraturstudie for å gi begrepet BIM for infrastruktur et konkret innhold
- Casestudie: Gjennomføre informasjonsinnhenting og intervjuer rundt fire store anleggsprosjekter gjennomført med modellbasert prosjektering med forskjellige byggherrer
- Spørreundersøkelse: Gjennomføre en spørreundersøkelse internt i Jernbaneverket for å måle organisasjonens BIM-kompetanse
- Diskusjon: Komme med konkrete råd om bruk av BIM i prosjektet, i samarbeid med InterCity-organisasjonen, basert på studiene som er utført.

GENERELT

Oppgaveteksten er ment som en ramme for kandidatens arbeid. Justeringer vil kunne skje underveis, når en ser hvordan arbeidet går. Eventuelle justeringer må skje i samråd med faglærer ved instituttet.

Ved bedømmelsen legges det vekt på grundighet i bearbeidningen og selvstendigheten i vurderinger og konklusjoner, samt at framstillingen er velredigert, klar, entydig og ryddig uten å være unødig voluminøs.

Besvarelsen skal inneholde

- standard rapportforside (automatisk fra DAIM, <http://daim.idi.ntnu.no/>)
- tittelside med ekstrakt og stikkord (mal finnes på siden <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>; 3) Om Masteroppgaven)
- sammendrag på norsk og engelsk (studenter som skriver sin masteroppgave på et ikke-skandinavisk språk og som ikke behersker et skandinavisk språk, trenger ikke å skrive sammendrag av masteroppgaven på norsk)
- hovedteksten
- oppgaveteksten (denne teksten signert av faglærer) legges ved som Vedlegg 1.

Besvarelsen kan evt. utformes som en vitenskapelig artikkel for internasjonal publisering. Besvarelsen inneholder da de samme punktene som beskrevet over, men der hovedteksten omfatter en vitenskapelig artikkel og en prosessrapport.

Råd og retningslinjer for masteroppgaven finnes på programmets nettsider.

<http://videre.ntnu.no/pages/mastergrader/erfaringsbasert-masterprogram-i-veg-og-jernbane/priser-og-betingelser/>

Hva skal innleveres?

Rutiner knyttet til innlevering av masteroppgaven er nærmere beskrevet på <http://daim.idi.ntnu.no/>. Trykking av masteroppgaven bestilles via DAIM direkte til Skipnes Trykkeri som leverer den trykte oppgaven til instituttkontoret 2-4 dager senere. Instituttet betaler for trykkingen, og 1 eksemplar blir sendt til studenten. Ekstra eksemplarer må bekostes av kandidaten/ ekstern samarbeidspartner.

Videre skal kandidaten levere innleveringsskjemaet (fra DAIM) Innleveringsskjema sendes til NTNU VIDERE.

Dokumentasjon som med instituttets støtte er samlet inn under arbeidet med oppgaven skal leveres inn sammen med besvarelsen.

Besvarelsen er etter gjeldende reglement NTNUs eiendom. Eventuell benyttelse av materialet kan bare skje etter godkjenning fra NTNU (og ekstern samarbeidspartner der dette er aktuelt). Instituttet har rett til å bruke resultatene av arbeidet til undervisnings- og forskningsformål som om det var utført av en ansatt. Ved bruk ut over dette, som utgivelse og annen økonomisk utnyttelse, må det inngås særskilt avtale mellom NTNU og kandidaten.

Helse, miljø og sikkerhet (HMS):

NTNU legger stor vekt på sikkerheten til den enkelte arbeidstaker og student. Den enkeltes sikkerhet skal komme i første rekke og ingen skal ta unødige sjanser for å få gjennomført arbeidet. Studenten skal derfor ved uttak av masteroppgaven få utdelt brosjyren "Helse, miljø og sikkerhet ved feltarbeid m.m. ved NTNU".

Dersom studenten i arbeidet med masteroppgaven skal delta i feltarbeid, tokt, befarings, feltkurs eller ekskursjoner, skal studenten sette seg inn i "Retningslinje ved feltarbeid m.m.". Dersom studenten i arbeidet med oppgaven skal delta i laboratorie- eller verkstedarbeid skal studenten sette seg inn i og følge reglene i "Laboratorie- og verkstedhåndbok". Disse dokumentene finnes på fakultetets HMS-sider på nettet, se <http://www.ntnu.no/ivt/adm/hms/>. Alle studenter som skal gjennomføre laboratoriearbeid i forbindelse med prosjekt- og masteroppgave skal gjennomføre et web-basert TRAINOR HMS-kurs. Påmelding på kurset skjer til daniel.erland@ntnu.no

Studenter har ikke full forsikringsdekning gjennom sitt forhold til NTNU. Dersom en student ønsker samme forsikringsdekning som tilsatte ved universitetet, anbefales det at han/hun tegner reiseforsikring og personskadeforsikring. Mer om forsikringsordninger for studenter finnes under samme lenke som ovenfor.

Oppstart og innleveringsfrist:

Frist innlevering masterkontrakt **15. august**, frist innlevering masteroppgaven **15. mai**

Hovedveileder ved NTNU: Kelly Pitera

Lokal veileder: Trude Anke, JVB

Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU

Dato:

Underskrift



Faglærer

Intervjuguide - Erfaringer fra store modellbaserte prosjekter

Intro til prosjektet

- Hvilke aktører har vært involvert i prosjektet
- Hvilken grad av erfaring har de forskjellige aktører hatt med modellbasert prosjektering og/eller bygging?

Strategi:

- Har prosjektet en strategi/målsetning for bruken av BIM/3D?
- Idéer til nye tekniske løsninger som kunne forbedret prosjektet? Elementer av FoU som kunne vært utført i prosjektet?
- Hvordan er kontrakten i prosjektet? Går tegning foran modell eller motsatt? Totalentreprise?
- Hvilke ressurser/kompetanse sitter hos de forskjellige aktørene i prosjektet?

Metodikk:

- Hvordan fungerer rutinedokument/3D-manual i prosjektet?
- Hvordan utføres KS/tverrfaglig kontroll?
- Hvordan er møtesekvensen i prosjektet? Hvordan gjennomføres et prosjekteringsmøte/byggemøte?
- Hvordan er organisasjonen bygd opp? Hvor sitter BIM-koordinatoren?

Teknikk:

- Hvilken type samordningsverktøy er benyttet i prosjektet?
- Er det noe spesielt kommentarer i forhold til bruken av samordningsverktøy?
- Hvordan og hvor ofte deles modeller mellom aktører i prosjektet?

| Prosjekt 1 – xxx | | |
|------------------|------------------|---------------------------------|
| | Suksesskriterier | Utfordringer/Forbedringspunkter |
| Strategi | | |
| Metodikk | | |
| Teknikk | | |

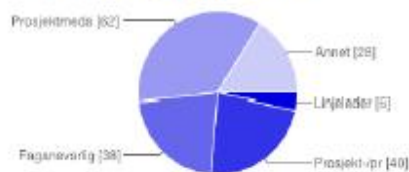
Mer informasjon
Rediger dette skjemaet

175 svar

Vis alle svar Publisert analytics

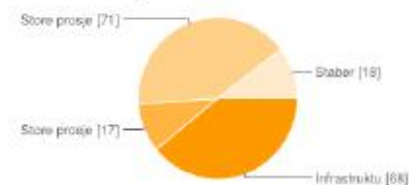
Sammendrag

Hva er din stilling/funksjon i JBV?



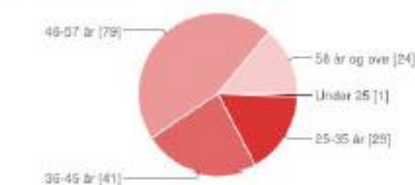
| | | |
|-------------------------------|----|------|
| Linjeleder | 6 | 3 % |
| Prosjekt-/prosjekteringsleder | 40 | 23 % |
| Fagansvarlig | 38 | 22 % |
| Prosjektmedarbeider | 62 | 35 % |
| Annet | 28 | 16 % |

I hvilken enhet jobber du i nå?



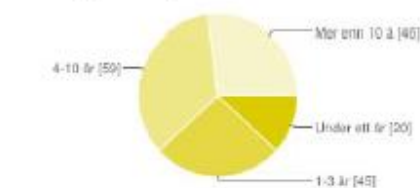
| | | |
|------------------------------|----|------|
| Infrastruktur | 68 | 39 % |
| Store prosjekter - InterCity | 17 | 10 % |
| Store prosjekter | 71 | 41 % |
| Staber | 18 | 10 % |

Hva er din alder?



| | | |
|---------------|----|------|
| Under 25 | 1 | 1 % |
| 25-35 år | 29 | 17 % |
| 36-45 år | 41 | 23 % |
| 46-57 år | 79 | 45 % |
| 58 år og over | 24 | 14 % |

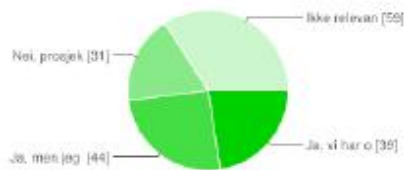
Hvor lenge har du jobbet i JBV?



| | | |
|---------------|----|------|
| Under ett år | 20 | 11 % |
| 1-3 år | 45 | 26 % |
| 4-10 år | 59 | 34 % |
| Mer enn 10 år | 46 | 26 % |

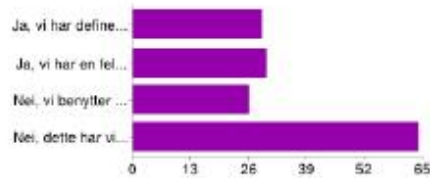
3D/VR - Modellene

Prosjektet/ene jeg jobber med har VR/3D-modell tilgjengelig til bruk?



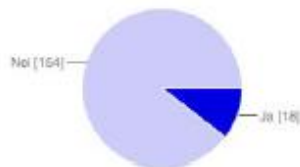
| | | |
|---|----|------|
| Ja, vi har oppdatert 3D-modell tilgjengelig til enhver tid | 39 | 22 % |
| Ja, men jeg er usikker på hvordan jeg kan bruke den | 44 | 25 % |
| Nei, prosjektene mine benytter ikke 3D da det ikke er nødvendig | 31 | 18 % |
| Ikke relevant | 59 | 34 % |

Er det definert hvilke detaljnivåer de ulike løsningene i modellen skal ha i prosjektets ulike faser?



| | | |
|--|----|------|
| Ja, vi har definert milepæler med krav til hvor ferdige de enkelte elementer skal være | 29 | 17 % |
| Ja, vi har en felles forståelse for dette og avtaler fortløpende underveis | 30 | 17 % |
| Nei, vi benytter oss kun av gitte datoer der elementer må være fullstendige ferdige | 26 | 15 % |
| Nei, dette har vi ikke tatt stilling til | 64 | 37 % |

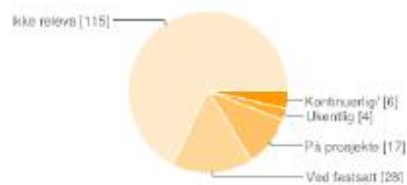
Jeg benytter VR/3D-modeller i min arbeidshverdag



| | | |
|-----|-----|------|
| Ja | 18 | 10 % |
| Nei | 164 | 88 % |

Arbeidsmetodikk

Hvordan deles modellen/informasjon med de involverte?



| | | |
|---------------------|---|-----|
| Kontinuerlig/daglig | 6 | 3 % |
| Ukentlig | 4 | 2 % |

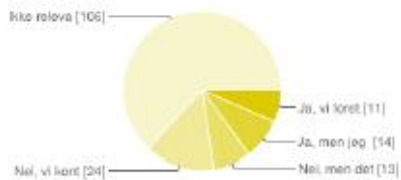
| | | |
|---------------------------------------|-----|------|
| På prosjekteringsmøter ca hver 14.dag | 17 | 10 % |
| Ved fastsatte milepæler | 28 | 16 % |
| Ikke relevant | 115 | 66 % |

I hvilken grad fungerer kommunikasjonsmetoden dere bruker internt og eksternt for å dele modeller?



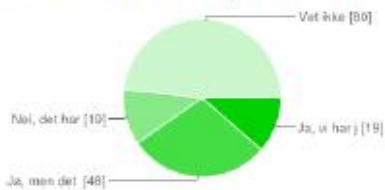
Program- og hardware

Har dere programvare for å kontrollere at krav til fagmodellene tilfredsstilles?



| | | |
|--|-----|------|
| Ja, vi foretar jevnlig kontroll av fagmodeller i prosjektet jeg er en del av | 11 | 6 % |
| Ja, men jeg benytter det sjeldent | 14 | 8 % |
| Nei, men det burde jeg hatt | 13 | 7 % |
| Nei, vi kontrollerer ikke fagmodellene | 24 | 14 % |
| Ikke relevant | 106 | 61 % |

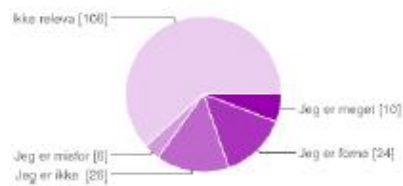
Finnes det rutiner for kollisjonskontroll underveis i prosjekteringen?



| | | |
|--|----|------|
| Ja, vi har jevnlig felles kollisjonskontroll mellom fagene | 19 | 11 % |
| Ja, men det ivaretas av rådgivere i prosjektet | 48 | 27 % |
| Nei, det har vi ikke | 19 | 11 % |
| Vet ikke | 80 | 45 % |

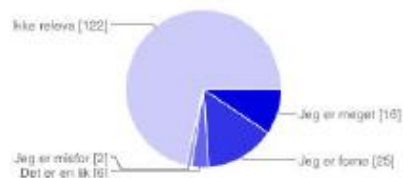
Personlige synspunkter

Hvor fornøyd er du med hvordan BIM er innføres og tas i bruk i JBV?



| | | |
|--|-----|------|
| Jeg er meget fornøyd | 10 | 6 % |
| Jeg er fornøyd | 24 | 14 % |
| Jeg er ikke fornøyd | 26 | 15 % |
| Jeg er misfornøyd | 6 | 3 % |
| Ikke relevant/ingen erfaring med dette | 106 | 61 % |

Hvor fornøyd er du med bruk av BIM i forhold til prosjekteringsprosesser der ikke BIM benyttes?



| | | |
|--|-----|------|
| Jeg er meget fornøyd | 16 | 9 % |
| Jeg er fornøyd | 25 | 14 % |
| Det er en ikke stor andel positive og negative sider ved arbeidet nå som tidligere | 6 | 3 % |
| Jeg er misfornøyd, tidligere verktøy og rutiner har passet med bedre | 2 | 1 % |
| Ikke relevant/ingen erfaring med | 122 | 70 % |

Har du generelt positive eller negative erfaringer med bruk av BIM?

Undertegnede er svært ny i JBV Kjenner til bruken i enkelte Vegprosjekter, der det har vært brukt med hell, men på prosjekter der linjeføring på grøfterikabler etc i forhold til veglinje, er komplisert. Inntrykk av at prosessene rundt 3D modeller er alt for tunge for enkle prosjekter.

Jeg har lite kunnskap om selve bruken, men ser at dette er et veldig viktig verktøy for komplisert prosjektering og formidling mellom rådgiver/byggherre/entreprenør. Veldig bra for å visualisere hva som skal bygges, utførelse av kollisjonskontroll mellom ulike fag og også i forhold til fremdriftsplanlegging hos entreprenøren. Ser svært få negative sider ved dette - foruten terskelen til å lære seg dette og utnytte det maksimalt for oss som ikke er vant med dette fra før:-)

Vi Intercity-prosjektet har ikke tatt dette i bruk ennå.

Nei

Jeg har foreløpig ikke erfaring med bruk av BIM

Dette er ikke mitt ansvarsområde, men ser helt klart store fordeler ved bruk

+

Jeg har ikke vært borti dette før, da jeg sitter som controller... men det høres da ut som et nyttig system.

Jeg jobber med utredninger og i tidlig planfase så BIM har ikke vært relevant for mitt arbeid. 3-modeller som er benyttet er illustrasjoner i utredningen for framtidig utvikling rundt kollektivknutepunkt.

Aldri brukt BIM Du forutsetter at folk kjenner til BIM. Spørsmål er ikke tilpasset de som overhode ikke har vært borte i BIM. Derfor blir mine svar ikke helt riktige.

Jeg arbeider mye med kraftsystemanalyser, da er tegninger av denne typen helt uinteressant.

Bruker det ikke

Har erfaring fra innføring i bygg med opprettelse av bibliotek for alle bygningsdetaljer med tilhørende kobling til kalkulasjonsverktøy. Firma jeg jobbet i den gang fikk pris for å bruke og være tidlig ute med å ta i bruk verktøyet. Det første som må på plass er 4g. Datamaskiner må takle programmet. På nettbrett fungerer dette. Skulle hatt opplæring på dette før man starter prosjektet og de MÅ fungere man går fort lei av et program man kunn kan bruke innimellom ellers så er dette framtiden. I dag bruker jeg VDC live på nettbrett og Tif

Innen gerunndersøkelser kan det lett føre til at ting man ville sett i felt blir oversett fordi en bare sitter og ser på en modell. Dette gjelder særlig overgangen mellom løsmasser og berg. Tidlige forenklinger blir kanskje ikke detaljert/opdatert, hvilket kan lede til store feiltolkninger for andre fag.

Erfaringsgrunnlaget er for lite, men jeg tror det vil være en hjelp for oss å benytte dette på tvers av fag for å sikre en helhetlig prosjektering.

Positive

Det å se avhengighetene av de ulike fagene er veldig bra!

Det er enklere å oppdage kollisjoner. Avhengig av at grunnlag/input er oppdatert og oppdateres jevnlig underveis i prosjektet. Det er lettere å se problemstillinger/utfordringer ved bruk av BIM/3D da det gir en god visuell framstilling.

Nei

Jeg har ingen erfaring, men veit det er på veg inn og trenger kompetanseheving på området, for dette er viktig del av kvalitets sikringsprosessen.

Har svært positive erfaringer ved bruk av 3D modeller, men er usikker på hva BIM er og hvilken funksjonalitet dette innebærer.

3D brukes ikke helt ut. Hvis det defineres fra start at 3D er eneste gyldige arbeidsgrunnlag, så blir kvaliteten bedre (min mening) Kvaliteten på 2D tegninger som tas ut av 3D-modellen blir ikke så god som den ville blitt om tegningen var tegnet som 2D fra starten av. Gjelder spesielt detaljer og store modeller med mange lag. 3D lar seg nok ikke bruke på alt, fordi modellen blir for kompleks, men for det meste med underbygging burde den vært enste godkjente underlag. Rådgiverne er ikke flinke nok til å sette på parametere på objektene. JBV er sikkert ikke flinke nok til å definere hva vi vil ha.

Udeilt positive, så fremt innleid konsulent har lagret inn alle relevante data. Bruker konsulent til å oppdatere og anvende BIM. Har ikke selv kompetanse til dette, selv om dette kunne vært nyttig. Viktig å lage "modell" etter gammelmetoden for å verifisere BIM.

Noen av prosjektene hvor jeg er fagressurs (miljø) benytter seg av 3Dmodeller. Jeg kan dessverre lite eleir ingen erfaring med dette. En del av svarene jeg har gikk her i denne undersøkelsen blir derfor felle/mangelfulle.

Har ikke erfaring med bruk av BIM. Byggelederen som viktig fagressurs er ikke nevnt i denne undersøkelsen. Det er en stor mangel. Videre har jeg utelatt å svare på de spørsmål hvor ingen av valgene stemmer med min kunnskap, relevans etc.

Jeg har tro på BIM, men vi har en rekke utfordringer. - Vanskelig å velge rett nivå på detaljering - Vi får gode visualiseringer, men bruker for mye tid dersom modellen skal være detaljert på alle fagnivåer slik at vi virkelig kan erstatte dette med vanlige 2D-tegninger. - Vi prosjektledere / prosjekteringsledere har ikke tilstrekkelig tid til å lære oss program vare. Modell blir derfor ikke brukt hverdag, ukentlig slik den burde. - Vi har forsøkt å fase dele modellen engang, fordi vi ønsket å se hvordan vi skulle bygge prosjektet. Men dette ble fryktlig tungt og vi brukte alt for mye ressurser til dette. - Maskiner og program vare er ikke alltid tilgjengelig og som all annen program vare tar det lang tid å få programmer installert

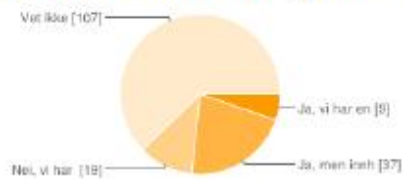
Vi har jo kun 3D modell av deler av arbeidet som skal gjøres på UHN-08. Ellers er ikke 3D vanlig i JBV og heller da ikke i Utbygging Vest. Jeg har bl.a besøkt Västra länken i Göteborg som prosjekterer med BIM. Ser ut til å være helt ok det, men fordi brukerterskelen er relativt høy blir man jo veldig avhengig av eksternt kompetanse for å nyttegjøre seg mulighetne i dataverktøyløsningen sammenlignet med papirutskrift i ulike nivåer. I en organisasjon som JBV er det kun promiller som har DAK erfaring. Jeg har tidligere jobbet med 3D i mekanisk industri. Der hadde vi klart størst nytte av 3D i grupper hvor ekspertene skulle vise eller presentere løsninger for den gemene hop. Men i dag som flere og flere også hos rådgiverne begynner å bruke 3D er jo det flott det og sikkert mer praktisk. Det er fremtiden! Selv jobber jeg i dag som ansvarlig for anskaffelser og kontrakter i UV og er derfor ikke den som kanskje er aller nærmest dette.

Ingen gode og ingen dårlige erfaringer. Skulle gjerne vært med og hatt noen :-)

Bruker Sketchup til konstruksjonstegninger for å få fra ideer.
 Opplever at JBV henger etter. De begynner å få på plass en strategi for 3D-prosjektering i prosjekter, men det er nok langt frem før folk i det hele tatt får vite internt hva BIM er.
 Bare sette reklamestunt på dette.
 Det benyttes en 3D samordningsmodell som baserer seg på 3D prosjektering i Novapoint/Autocad. Hvis det er dette dere kaller BIM, så fungerer det fint i fellesprosjektet.
 Vi bruker ikke BIM her noe vi burde bruke mer mener jeg. det blir letter å prosjektere. samt se feilen tidlig.
 Det blir ikke fulgt opp skikkelig det er det negative
 Kun positive
 Min besvarelse kan virke noe uklår. Dette er første gangen at en av mine benytter 3-D modell, modellen er nesten ferdig, to demonstrasjoner er gjennomført. Demmontrsjonen gjennføres hver 14 dag i prosjekteringsmøtene. Status i prosjekter; vi er midt i prosjekteringsfasen. Dette til orientering.
 Ingen erfaring, men det kunne vært effektivt i knutepunkts og stasjonsprosjekter hvor kompleksiteten er stor og vi arbeider på mange ulike detaljeringsnivåer
 Datamaskinen min klarer ikke disse programmene.

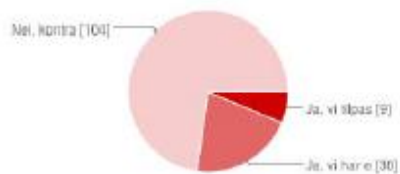
Strategi - Del 1

Kjenner du til om JBV har en strategi for hvordan BIM skal implementeres/tas i bruk?



| | | |
|---|-----|------|
| Ja, vi har en strategi som jeg er kjent med og jobber mot. | 9 | 5 % |
| Ja, men innholdet i denne er ukjent for meg. | 37 | 21 % |
| Nei, vi har ingen overordnet strategi for hvordan vi skal ta BIM i bruk | 19 | 11 % |
| Vet ikke | 107 | 61 % |

Kjenner du til om JBV har en standard metodikk for hvordan BIM-prosjekter skal utføres?



| | | |
|---|-----|------|
| Ja, vi tilpasser leveransene til en av våre leveransemailer | 9 | 5 % |
| Ja, vi har en mal å forholde oss til, og så tilpasser vi denne i hvert prosjekt | 30 | 17 % |
| Nei, kontrakten bestemmer hva vi leverer. Vi har ikke kategorisert prosjekttypene i mailer. | 104 | 59 % |

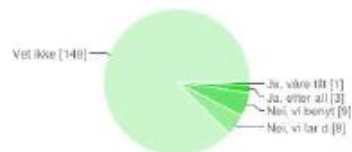
Strategi - Del 2

Tilbys det opplæring innen BIM?



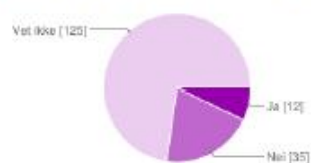
| | | |
|---|-----|------|
| Ja, vi har et opplæringsstilbud der man kan utvide sin kompetanse innen BIM fra grunnleggende til avansert kunnskap | 5 | 3 % |
| Ja, vi tilbyr kurs internt og eksternt, men kursene er uavhenglige av hverandre. | 16 | 9 % |
| Nei, men ansatte oppfordres til selv å finne og melde seg på eksterne kurs | 112 | 64 % |

Kjenner du til om det er iverksatt tiltak i JBV for å måle avkastning ved bruk av BIM i forhold til investering i utstyr og tid?



| | | |
|---|-----|------|
| Ja, våre tilt analyseres systematisk for å avgjøre hvilke arbeidsrutiner vi skal legge mest innsats i | 1 | 1 % |
| Ja, etter alle prosjekter evalueres de og vi tar med oss tips til kommende prosjekter | 3 | 2 % |
| Nei, vi benytter for tiden ikke ressurser på dette | 9 | 5 % |
| Nei, vi lar de enkelte ansatte/prosjekter tilpasse arbeidet med egne rutiner | 8 | 5 % |
| Vet ikke | 149 | 85 % |

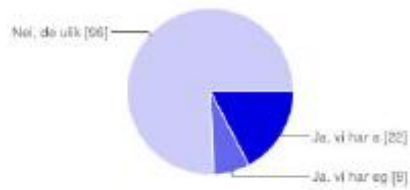
Kjenner du til at JBV har et system for arkivering av fagmodeller og BIM?



| | | |
|----------|-----|------|
| Ja | 12 | 7 % |
| Nei | 35 | 20 % |
| Vet ikke | 125 | 71 % |

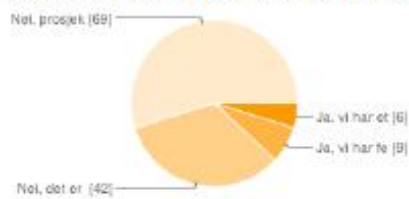
Prosjektstyring

Er det en standard metode for innrapportering av BIM-prosjekter i JBV?



| | | |
|---|----|------|
| Ja, vi har samme krav om og metoder for rapportering i alle prosjekter vi er involvert i? | 22 | 13 % |
| Ja, vi har egne krav og metodikker for innrapportering av BIM-prosjekter | 9 | 5 % |
| Nei, de ulike prosjektledere/PGL står fritt til å rapportere etter egne metoder | 96 | 55 % |

Benytter alle JBV's enheter og prosjektledere samme tilnærming for å styre BIM-prosjektene?



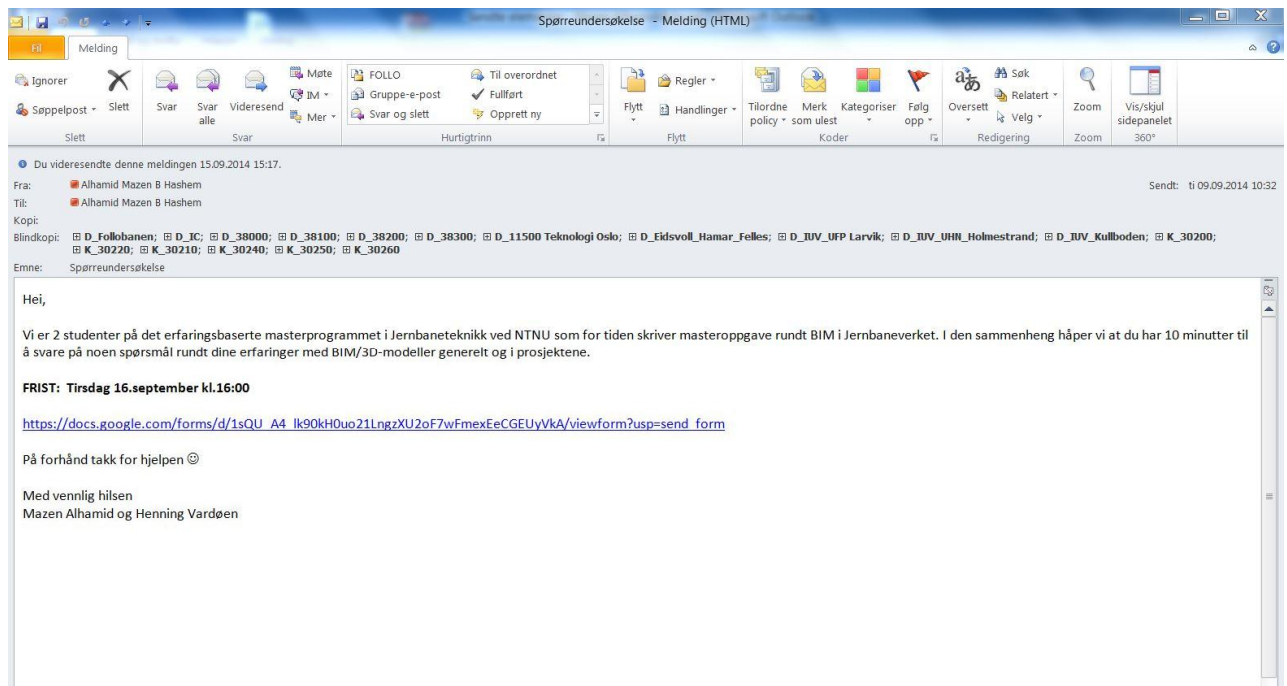
| | | |
|--|----|------|
| Ja, vi har et felles rammeverk for gjennomføring | 6 | 3 % |
| Ja, vi har felles overordnede føringer, men disse kan tilpasses | 9 | 5 % |
| Nei, det er ulike tilnærminger innen de ulike avdelingene | 42 | 24 % |
| Nei, prosjektledere står fritt til å gjennomføre prosjektene slik de ser det mest formålstjenlig | 69 | 39 % |

Antall svar per dag



VEDLEGG 4 – Spørreundersøkelse – Utsendingsmail

Mail sendt 9/9-2014 med oppfordring til å svare på spørreundersøkelsen:



Purring sendt 15/9-2014:

Fra: Alhamid Mazen B Hashem
Sendt: 15. september 2014 15:17
Til: Alhamid Mazen B Hashem
Emne: **purring** på svar på spørreundersøkelse

Hei

Takk for gode tilbakemeldinger som vi har fått fra mange.
Vi oppfordrer alle som ikke har svart på spørreundersøkelsen til å delta og å svare.
Vi setter stor pris på tilbakemeldingen fra deg. **Husk at fristen er i morgen 16.09 kl:16**

Med vennlig hilsen
Mazen Alhamid og Henning Vardøen