

Organisatorisk forhold med betydning for adopsjon, implementering og bruk av BIM: En kunnskapsoppsummering

Forfatter: Leif Jarle Gressgård

Rapport nr.: 8/2021, NORCE Samfunn



Rapporttittel:	Organisatorisk forhold med betydning for adopsjon, implementering og bruk av BIM: En kunnskapsoppsummering
Prosjektnummer:	100315
Institusjon:	NORCE Samfunn
Oppdragsgivere:	Statnett og LYSE
Gradering:	Åpen
Rapport nr.:	8-2021 / NORCE Samfunn
ISBN:	978-82-8408-150-2
Antall sider:	26
Publiseringsdato:	21. April 2021
Bildekreditering:	Foto: Shivendu on Unsplash
Stikkord:	Bygg og anlegg, planlegging, implementering, byggeprosjekter

Innhold

1.	Innledning	3
2.	Metodisk tilnærming	4
3.	Resultater	6
3.1.	Teknologisk fragmentering og integreringsbehov	7
3.2.	Kunnskap og ferdigheter	8
3.2.1.	Trenings- og opplæringsbehov	9
3.3.	Motstand mot endring	9
3.4.	Ledelsesinvolvering- og forpliktelse	10
3.4.1.	Strategisk forankring	11
3.5.	Organisatorisk kompleksitet	11
3.5.1.	Arbeidsprosesser og roller	11
3.5.2.	Forretningsmodeller	13
3.5.3.	Samarbeidsforhold	13
3.5.4.	Kunnskapsdeling-/ledelse og informasjonsflyt	14
3.5.5.	Styring	15
3.6.	Kostnader, nytte og investeringsvilje	16
3.7.	Grunnlag for adopsjon: Motivasjon, påvirkning og press	17
3.8.	Implementeringstilnærminger- og strategier	18
4.	Sammenfatning og konklusjon	21
	Referanser	22

1. Innledning

Bygg- og anlegg (BA) er en bransje som ligger godt til rette for digital transformasjon (Agarwal m.fl. 2015), og bygningsinformasjonsmodellering (BIM) trekkes frem som en sentral del av digitaliseringen og som har potensial til å generere og drive radikal/disruptiv endring av bransjen (Morgan, 2019). Det finnes mange ulike definisjoner og forståelser av BIM, og begrepet brukes ulikt i ulike sammenhenger¹. Overordnet sett kan BIM forstås som en programvarebasert metode for planlegging og implementering av byggeprosjekter, som er basert på en digital bygnings- eller konstruksjonsmodell. Fundamentet i BIM er en beskrivelse av bygningskomponenter med hensyn til visuelle, tekniske og funksjonelle egenskaper (3D), men modellen kan også videreutvikles ved å inkludere blant annet tids- og kostnadsdata (beskrevet som hhv. 4D og 5D BIM).

BIM brukes i økende grad i BA-prosjekter, og kan ha betydelige positive effekter på ulike parametre i prosjektgjennomføringen (Abbasnejad m.fl., 2020), inkludert tid, kostnad, kvalitet (Ma m.fl. 2018), sikkerhet (Martínez-Aires m.fl., 2018) og miljø og bærekraft (Wong & Zhou, 2015). Realisering av slike fordeler krever imidlertid at BIM tas i bruk (adopteres), implementeres og anvendes på måter som legger til rette for velfungerende og tilsiktet arbeidsutførelse, organisering og styring. Både praktikere og forskere er enige om at dette er forbundet med vesentlige utfordringer (Poirier m.fl., 2015). Et sentralt poeng i denne forbindelse er at implementering av teknologi og vurdering av effekter ikke kan forstås uavhengig av den organisatoriske konteksten implementeringen skjer i (Sackey m.fl. al., 2015).

BA-bransjen er kompleks og mangfoldig (Luo m.fl., 2017). Bransjen kjennetegnes blant annet av omfattende bruk av underleverandører, yrkes-/fagmangfold, gjensidig avhengighet mellom virksomheter og fagområder, stor variasjon i virksomhetsstørrelse og ressurser, midlertidige ansettelsesforhold og stadig endring i arbeidsomgivelser. Bygninger og andre konstruksjoner blir også stadig mer komplekse, blant annet på grunn av utvikling av nye materialer, krav ift. energi, klima, økonomiske forhold og regulatoriske rammer. Denne kompleksiteten forsterkes ytterligere av at bransjen er prosjektbasert, noe som innebærer at virksomheter stadig må forholde seg til nye samarbeidspartnere, krav, oppgaver og rammebetingelser.

Dette betyr at BIM skal implementeres og brukes i en kompleks (inter-)organisatorisk kontekst, og hvorvidt og hvordan teknologien fungerer vil være avhengig av en rekke organisatoriske forhold. Med dette som utgangspunkt er formålet med dette notatet å presentere en oversikt over forskningsbasert kunnskap om viktige organisatoriske forhold som har betydning for adopsjon, implementering og bruk av BIM.

¹ [BIM Wiki Norge](#).

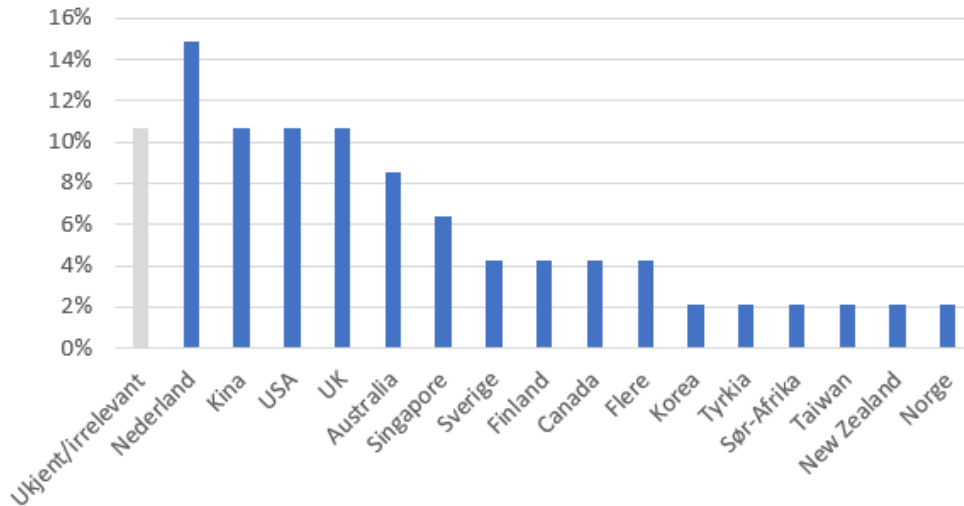
2. Metodisk tilnærming

Med utgangspunkt i formålet med notatet ble litteratursøk- og gjennomgang basert på en deskriptiv narrativ/tradisjonell tilnærming. Det ble gjennomført søk i google scholar ved bruk av kombinasjoner av søkeord som «BIM», «implementation», «adoption», «barriers», success factors», «challenges» og «organizational factors». Videre ble det brukt en «snøballtilnærming» ved at litteraturhenvisninger i relevante artikler ble gjennomgått og inspirerte til videre søk i siterte forskningsartikler. Artikler ble valgt ut basert på en vurdering av relevans, samt ut fra kriterier om at artiklene skulle være publisert i et tidsskrift med fagfelleevaluering i løpet av de siste 10 årene (f.o.m 2010).

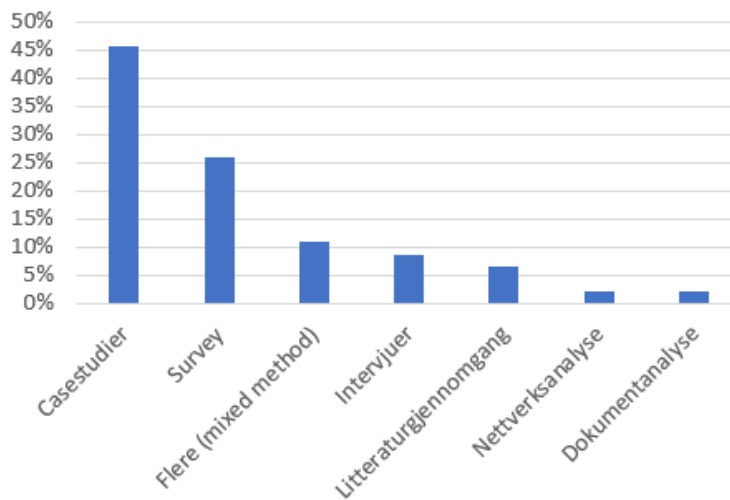
Datagrunnlaget for kunnskapsgjennomgangen består av totalt 48 artikler publisert i 25 ulike journaler (figur 1). Artiklene er basert på empiri fra en rekke ulike land fra alle verdensdeler (figur 2) og har ulike metodiske grunnlag (figur 3).



Figur 1: Oversikt over journaler



Figur 2: Land (empiri)



Figur 3: Metodisk grunnlag

Selv om kunnskapsoppsummeringen ikke er basert på en systematisk søk- og litteraturgjennomgang ut fra en ambisjon om å avdekke og diskutere all forskning som omhandler organisatoriske betingelser for adopsjon og implementering av BIM, tilsier omfanget og bredden i datagrunnlaget at de viktigste forholdene er dekket inn og beskrives i notatet.

3. Resultater

Det er publisert mange artikler som omhandler organisatoriske forhold med betydning for adopsjon, implementering og bruk av BIM. Disse artiklene rapporterer på studier med ulike formål, tilnærminger og målgrupper. Det er eksempelvis flere studier som søker å avdekke *suksessfaktorer* (eks. Won m.fl., 2013), *endringsdrivere* (eks. Liao & Teo, 2017; Liao & Teo, 2019; Ozorhon & Karahan, 2017; Abbasnejad m.fl. 2020), *kritiske hindringer* (eks. Liao & Teo, 2018; Oesterreich & Teuteberg, 2019), *begrensende faktorer* (eks. Lee m.fl., 2015) og *risikofaktorer* (eks. Chien m.fl., 2014). Flere studier som undersøker slike forhold, avgrensers også målgruppen som undersøkes. Eksempelvis skiller Eadie m.fl. (2014) mellom *brukere og ikke-brukere av BIM* i sin studie av adopsjonsbarrierer. Li m.fl. (2019) undersøker adopsjonsutfordringer for *små- og mellomstore bedrifter*, mens Bosch-Sijtsema m.fl. (2017) utforsker bruk, opplevde barrierer og pådrivere for BIM-implementering for *mellomstore kontraktører*. Siebelink m.fl. (2020) undersøker hvordan barrierer for implementering og bruk av BIM har betydning på ulike *organisatoriske nivåer*, og er avhengig av organisasjoners *BIM-modenhet*.

Det er også flere studier som er opptatt av *implementering- og endringsstrategier*. Eksempelvis gjennomgår Dowsett og Harty (2019) forskning på strategier og tilnærminger som brukes i implementering av BIM, og også Ma m.fl. (2020) identifiserer kritiske strategier for økt implementering av BIM i BA-prosjekter. Ahn m.fl. (2016) undersøker kontraktørers transformasjonsstrategier for tilpasning til og implementering av BIM, og

Alreshidi m.fl. (2017) utvikler forslag til *rammeverk for BIM-styring* basert på en kartlegging av barrierer for BIM-adopsjon. Også Ma m.fl. (2018) identifiserer faktorer med betydning for integrering av BIM i prosjekter, og utvikler et rammeverk for systematisk BIM-implementering.

Flere studier er opptatt av *endring av arbeidspraksis* som knyttes til BIM. Eksempelvis undersøker Vass og Gustavsson (2017) utfordringer som oppstår når offentlige eiere implementerer BIM for å endre arbeidspraksis. Sackey m.fl., (2015) fokuserer på multidisiplinær intraorganisatorisk aktivitet, og Aibinu & Papadonikolaki (2020) forsøker å bidra til å forstå, begrepsfeste og operasjonalisere BIM implementering, og hvordan ulike oppgaver henger sammen med hverandre. Matthews m.fl. (2018) undersøker hvordan adopsjon av BIM påvirker samarbeidspraksis og endringsledelse i prosjekter. *Samarbeid og aktørrelasjoner* er også tema for Papadonikolaki og Wamelink (2017), som undersøker hvordan BIM påvirker relasjoner i leverandørkjeden. Videre er flere studier opptatt av *adopsjonsbetingelser*. Eksempelvis undersøker Cao m.fl. (2014) betydningen av ulike former for press for BIM-adopsjon i BA-prosjekter, og Cao m.fl. (2017) identifiserer ulike typer av motivasjon for implementering av BIM hos designere og kontraktører.

Artiklene som omhandler organisatoriske forhold med betydning for adopsjon, implementering og bruk av BIM, diskuterer en rekke forhold. Gjennomgangen viser at de fleste forhold kan knyttes til følgende hovedkategorier: 1) Teknologisk fragmentering og integreringsbehov, 2) kunnskap og ferdigheter, 3) Motstand mot endring, 4) Ledelsesinvolvering- og forpliktelse, 5) Organisatorisk kompleksitet, 6) Kostnader, nytte og investeringsvilje, 7) Grunnlag for adopsjon: Motivasjon, påvirkning og press, og 8) Implementeringstilnærminger- og strategier.

3.1. Teknologisk fragmentering og integreringsbehov

Adopsjon og implementering av BIM innebærer at ulike aktører bruker nye og komplekse systemer og teknologi for planlegging og utførelse av oppgaver – både internt i virksomheter og på tvers av virksomhetsgrenser i BA-prosjekter. Det finnes et stort mangfold av BIM-verktøy og bruksområder for ulike brukergrupper, og dette kan føre til utfordringer med interoperabilitet, som igjen har betydning for arbeidsutførelse og prioriteringer. Dette er en barriere som mange studier peker på. Vass og Gustavsson (2017) finner eksempelvis at manglende interoperabilitet opplevdes som en viktig intraorganisatorisk utfordring av en gruppe med ansvar for implementering av BIM, og at mye tid og ressurser ble brukt til å delta i BIM-nettverk i forsøket på å utvikle standardbaserte løsninger og formater. Også Siebelink m.fl. (2020) finner i en litteraturgjennomgang at manglende interoperabilitet er en barriere for BIM-implementering- og bruk, og at dette knyttes til stort mangfold av BIM-programvare og relaterte verktøy. Sektorstandarder for informasjonsdeling er utilstrekkelige eller ikke tilstrekkelig definert, noe som kan føre til at data som skal utveksles kan være lite kompatibelt med annen programvare når andre aktører eller disipliner arbeider med andre dataformater. Utfordringer med dataflyt har imidlertid ikke kun en teknologisk årsak. Basert på en gjennomgang av forskning hevder Lee m.fl. (2015) at uklare roller og ansvarsområder for dataflyt (data inn i modell) og oppdatering av data begrenser implementering og bruk av BIM.

Dette er utfordrende ettersom studier viser at deling av og tilgang til data på BIM-plattformer er en viktig suksessfaktor eller pådriver for implementering av BIM (Liao & Teo, 2018). Eksempelvis finner Mäki og Kerosuo (2015) at plasslederens bruk av BIM på byggeplasser begrenses av utilstrekkelig informasjonsinnhold i modellene, samt mangel på mobile løsninger. Videre viser en studie av små- og mellomstore BA-virksomheter at bekymring knyttet til data og informasjon påvirker beslutninger om adopsjon av BIM (Li m.fl., 2019). En analyse gjort av Ma m.fl. (2020) viser også at tilgjengelighet og interoperabilitet ved informasjon og data er en av de viktigste strategiske faktorene for økt implementering av BIM i BA-prosjekter.

Interoperabilitet er en forutsetning for *teknologiske integrasjon*. Dette er en viktig faktor i implementering av BIM. Dette fremheves blant annet av Ahn m.fl. (2016) i en studie av kontraktørers bruk av BIM. Også Liao og Teo (2017; 2019) fremhever at integrasjon og nøyaktighet av modeller er en viktig kategori av suksessfaktorer for vellykket BIM-implementering hos flere nøkkelaktører. Disse forskerne knytter dette til behov for koordinering mellom disipliner gjennom krasjsjekk og etterfølgende løsningsutarbeidelse, og argumenterer derfor for at det bør utvikles en multibruker-plattform for tilgang til data.

Teknologisk mangfold kan også relateres til andre forhold med betydning for implementering av BIM. Studier fremhever eksempelvis at manglende støtteressurser (programvare og maskinvare) begrenser BIM-bruk (Lee m.fl., 2015). Siebelink m.fl. (2020) finner i denne forbindelse at organisatorisk IT-infrastruktur ofte mangler støtte for implementering og bruk av BIM, noe som fører til mistilpasning mellom teknologi og arbeidspraksis. Dette fører dermed til at teknologien ikke brukes på tilsiktet måte.

3.2. Kunnskap og ferdigheter

Kunnskap og ferdigheter utgjør en kategori av faktorer med stor betydning for adopsjon- og implementering av BIM; både på individ-, gruppe-, organisasjons- og nettverksnivå. (Succar m.fl., 2013). Trening, utdanning og BIM-ekspertise er blant faktorene som forskere ofte fremhever som viktige (eks. Morgan, 2019). Overordnet sett viser resultater fra flere litteraturgjennomganger at implementeringsutfordringer kan ha sitt grunnlag i ansattes manglende kompetanse og ferdigheter i BIM (eks. Siebelink m.fl., 2020), samt mangelfull opplæring og trening for ulike brukergrupper (eks. Ahn m.fl., 2016). Og motsatt; god kompetanse er en faktor som støtter implementeringsprosessen. Ma m.fl. (2020) beskriver BIM-ferdigheter som en av de viktigste faktorene for økt implementering av BIM i BA-prosjekter. Ozorhon og Karahan (2017) og Sackey m.fl. (2015) finner også at tilgjengelighet på kvalifisert arbeidskraft er en kritisk suksessfaktor.

Utfordringer relatert til kunnskap og ferdigheter påpekes i studier som er gjennomført med utgangspunkt i ulike målgrupper og nivåer. Eksempelvis begrenser mangel på kunnskap BIM-implementering både på prosjekt og virksomhetsnivå (Dowsett & Harty, 2019), og vanskeliggjør adopsjon for små- og mellomstore bedrifter (Li et al., 2019). Vass og Gustavsson (2017) diskuterer utfordringer ved manglende BIM-kompetanse hos eiere av BA-prosjekter og deres behov for innleie av slik kompetanse. Videre blir endringsledelse trukket frem som en utfordring når kontraktører, konsulenter og programvareleverandører har ulike forståelse for og bruk av BIM.

Eadie m.fl. (2014) undersøker forskjeller i opplevelse av ulike adopsjonsbarrierer mellom brukere og ikke-brukere av BIM. Disse forskerne finner at ikke-brukere rangerer manglende IT-kunnskap og teknisk ekspertise som en sentral barriere, men at disse faktorene er mindre viktige etter at BIM er implementert. Matthews m.fl. (2018) viser at begrenset erfaring og kunnskap om leveranse av BIM-modell for bruk i byggforvaltning (drift og vedlikehold) kan påvirke praksis ved at prosjektteam «famler seg frem i deres problemløsningsarbeid». Implementering av BIM i en virksomhet kan også begrenses av at prosjektpartnere ikke er i stand til å ta i bruk planlagt BIM-løsning/arbeid (Siebelink m.fl., 2020). Manglende kunnskap og evner hos partnere utgjør dermed en risiko dersom BIM er eneste informasjonskilde og sentralt for informasjonsflyt i et prosjekt. Relatert til dette argumenterer Liao og Teo (2018) for at det er behov for å legge til rette for at underleverandører kan bruke generalister (ansatte uten spesialferdigheter) på byggeplass.

Når det gjelder kompetansetyper- og områder, finner Liao og Teo (2018) at manglende ferdigheter og treningsbehov i BIM i forhold til prefabrikasjon (off-site produksjon) er en adopsjons- og implementeringsbarriere. Disse forskerne hevder at det er lite kunnskap om bruk av prefabrikasjon og vurdering av fordeler ved dette. Det er derfor behov for høyere kompetanse på byggeplass når det gjelder BIM-bruk og håndtering av grensesnitt ved bruk av prefabrikerte komponenter. Bruk av prefabrikasjon er for øvrig en faktor som reduserer risiko i prosjekter, og er dermed et viktig tema for kompetanseutvikling.

Kompetanseutfordringer er fremtredende på flere organisatoriske nivåer og erfares av flere ansattgrupper. Liao og Teo (2018) peker på manglende forståelse for roller og ansvar i nye prosesser blant advokater og forsikringspersonell. Det er derfor behov for utvikling av kompetanse om kontraktsmessige forhold mellom nøkkelaktører og nødvendige styringsrammeverk. Flere studier peker også på utfordringer ved at ledere mangler forståelse av BIM-prosesser, inkludert hvilke fordeler denne teknologien innebærer og hvilke gevinster som kan oppnås (eks. Liao & Teo,

2018). Siebelink m.fl. (2020) hevder i denne forbindelse at mellomledere har en spesielt viktig rolle for å redusere disse barrierene.

Studier peker videre på at kompetansegapet ofte er tosidig; altså at kunnskapsutfordringer ikke kun handler om manglende teknisk/IT-kompetanse. Selv om forskning som oftest fremhever utfordringer ved manglende BIM-kunnskap og ferdigheter blant ulike faggrupper og personell involvert i byggeprosjekter, er det også studier som påpeker at manglende praktisk byggekunnskap hos BIM-operatører skaper utfordringer (eks. Liao & Teo, 2018).

3.2.1. Trenings- og opplæringsbehov

Relatert til at manglende kunnskap og ferdigheter begrenser BIM-adopsjon- og implementering, fremhever studier også at mangel på tilrettelagt utdanning og trening/opplæring begrenser bruk av BIM (eks. Lee m.fl., 2015). Elmualim og Gilder (2014) finner at trening av personell i forhold til nye prosesser og arbeidsflyt, og tilstrekkelig forståelse av BIM for å kunne gjennomføre implementeringen, er blant de største implementeringsutfordringene. Også trening og opplæring av personell ift. ny programvare og teknologi er viktig. Videre finner Siebelink m.fl. (2020) at utilstrekkelig trening i BIM-applikasjoner, også når det gjelder nylig utdannede ansatte, er en viktig grunn til manglende ferdigheter hos personell. Chien m.fl. (2014) viser at utilstrekkelig prosjekterfaring og mangel på tilgjengelig kompetanse er sentrale faktorer som også påvirker andre forhold med betydning for BIM-adopsjon. Det er derfor viktig at håndtering av disse risikofaktorene prioriteres, og at det allokeres ressurser til dette.

Trening og utvikling av nødvendige ferdigheter og arbeidsmetoder er en sentral pådriver for BIM-implementering (Liao & Teo, 2018). Anbefalte tiltak i forhold til økt adopsjon og bedre implementering av BIM inkluderer derfor vanligvis kontinuerlig trening og læring, både på prosjektnivå og virksomhetsnivå (Liao & Teo, 2019). I følge Sackey m.fl. (2015) er også tilgang på læringsprogrammer en nøkkelfaktor for effektiv implementering av BIM. Andre forhold som kan bidra til økt læringskapasitet er kollegial støtte, individuell ferdighetsanalyse, fokus på læring av feil, og bruk av praksisfellesskap (Abbasnejad m.fl., 2020). Matthews m.fl. (2018) understreker behovet for å inkorporere utdanning og læring i et prosjekts implementeringsstrategi for BIM. For å stimulere til samarbeid og redusere betydningen av endring som følge av adopsjon av BIM i prosjekter, spesielt i tilfeller med begrenset BIM-erfaring i utgangspunktet, foreslår også disse forskerne at det etableres praksisfellesskap (deling av BIM-erfaring og gjensidig læring).

I følge Siebelink m.fl. (2020) er det imidlertid ikke tilstrekkelig å kun øke mengden trening ettersom organisasjoner ofte har utfordringer med å definere målgruppe og nivå for ferdighetsutvikling hos personell. Videre er incentiver for investering i BIM-trening begrenset på grunn av manglende forståelse av verdi av BIM, eller hvordan slik teknologi skal brukes for å skape mest mulig verdi. Trening og opplæring må dermed ses i sammenheng med andre tiltak.

3.3. Motstand mot endring

Det er vanlig å karakterisere BA-bransjen som konservativ, preget av frykt for det ukjente og motstand mot endring av komfortable rutiner, kultur og struktur (Dowsett & Harty, 2019; Liao & Teo, 2018). Flere studier finner i denne sammenheng at ansattes og lederes holdninger, bevissthet og preferanser for arbeidsutførelse kan innebære utfordringer for implementering av BIM. Dette kan eksempelvis være byggeplassarbeideres motvilje til bruk av BIM-baserte koordineringsmøter

ved bruk av skjerm på byggeplass (Liao & Teo, 2018) og motstand mot endring fra 2D-skissepraksis til bruk av BIM-modeller (Ahn m.fl., 2016). Også etter gjennomføring av treningsprogrammer kan motstand mot endring være en fremtredende barriere (Liao & Teo, 2018), noe som tyder på at økte ferdigheter og kunnskap om BIM ikke nødvendigvis fører til signifikant endring av ansattes holdninger eller fjerner endringsmotstand.

Siebelink (2020) finner at BA-bransjen har en lite støttende kultur som hindrer implementering av BIM. Slik kultur er ofte preget av fravær av målsetninger og teamorientering. På individnivå kan manglende intern motivasjon være en barriere, og dette har sammenheng med stor kompleksitet, opplevde ulemper, tidspress, og lite tillit til teknologi. Dette hinder bruk av BIM og fører til bruk av tradisjonelle tilnærminger til arbeid. Flere forskere mener derfor at en viktig komponent i arbeidet med implementering av BIM er å bygge kulturell endringsklarhet, holdninger og bevissthet rundt behov og nytte (eks. Ahn m.fl., 2016; Eadie m.fl., 2014). Viktige forhold for å lykkes med dette vil ifølge Abbasnejad m.fl. (2020) være bruk av endringsagenter, tidlig brukerinvolvering, åpen kommunikasjon og informasjonsdeling.

Videre har ledere, både linjeledere og prosjektledere, viktige roller. Dette handler eksempelvis om behov for å utvikle en bedre og felles forståelse av i hvilken grad og hvordan BIM skal brukes, og bruke insentiver for å oppnå dette. Vass og Gustavsson (2017) finner eksempelvis at implementering av BIM i en virksomhet kan være utfordrende dersom en ikke klarer å skape felles mål, innsats og prioriteringer på tvers av avdelinger. Disse forskerne beskriver også utfordringer knyttet til mangel på ressurser og høye kostnader; dette er forhold som kan vanskeliggjøre forankring av BIM hos prosjektledere og andre nøkkelpersoner. Resultatet kan være at enkeltindivider (eks. entusiastiske prosjektleder) blir pådrivere for adopsjon og implementering av BIM, og at det dermed blir vanskeligere å skape en homogen og felles tilnærming. Relatert til dette forslår Abbasnejad m.fl. (2020) at rammeverk for BIM-implementering bør inkludere endringsledelsesmekanismer knyttet til belønning og anerkjennelse (insentiver), trening og utdanning, støttende veiledere, og ledelsesforankring.

3.4. Ledelsesinvolvering- og forpliktelse

Faktorer relatert til ledelsesinvolvering- og forpliktelse fremheves ofte som viktig for å lykkes med adopsjon og implementering av BIM. Forskere finner eksempelvis at toppledelsesstøtte (Abbasnejad m.fl., 2020; Eadie m.fl., 2014; Morgan, 2019) og effektiv/tydelig lederskap, BIM-visjon og krav fra eier/klient angående bruk av BIM (Ozorhon & Karahan, 2017; Bosch-Sijtsema m.fl., 2017; Liao & Teo, 2019; 2018; 2017) er viktige forhold. Angående det siste punktet, anbefaler Liao og Teo (2019) at styring og involvering av eier vektlegges i strategier for adopsjon og bruk av BIM. Eadie m.fl. (2014) hevder også at støtte fra toppledelse er viktig for å redusere betydningen av konkurrerende initiativer som adopsjonsbarriere. Videre viser Siebelink (2020) at barrierer knyttet til manglende støtte fra toppledelsen er spesielt fremtredende i organisasjoner med lav BIM-modenhet, og hevder av denne grunn at topplerstøtte er spesielt viktig for å øke organisasjoners BIM-modenhet.

Liao og Teo (2017) diskuterer ledelsesinvolvering- og forpliktelse knyttet til ulike implementeringsstrategier for BIM. Disse forskerne hevder at forpliktelse fra ledelsen er kritisk for adopsjon og implementering av BIM ettersom «top-down» tilnærminger er viktig både for enkelte prosjekter og for virksomheter. Slike tilnærminger må også følges opp av «bottom-up» tiltak, slik som trening av personell for å utføre spesifikke arbeidsprosesser. Videre finner de at

ledelsesforpliktelse og trening har positiv sammenheng med integrering og nøyaktighet av modeller. Dersom ikke alle nøkkelaktører forplikter seg til BIM-baserte arbeidsprosesser, vil disiplinspesifikke modeller ikke blir delt, integrert og brukt i åpent samarbeid i prosjekter.

Liao og Teo (2017) finner også at fordeler/verdi av BIM og implementeringssupport påvirker ledelsesinvolvering- og forpliktelse. Dersom fordeler ikke vises, vil det være vanskeligere å forplikte seg til å levere prosjekter på nye måter. En slik forpliktelse krever ressurser, eks. i form av investeringer i kostnadskreven infrastruktur og kompetanseutvikling for personell, og dette kan være krevende å få til, spesielt for små- og mellomstore virksomheter.

3.4.1. Strategisk forankring

Abbasnejad m.fl. (2020) foreslår at arbeid med toppledelsesstøtte- og involvering inngår som en del av organisasjoners strategiske forankring, som igjen er en viktig komponent i rammeverk for implementering av BIM. Andre komponenter inkluderer mekanismer for å inkludere brukerinput, BIM-støttet visjon, strategisk implementeringsplan, BIM-policy, nøkkelaktøranalyse og kostnad-nytte-analyse.

3.5. Organisatorisk kompleksitet

Flere studier viser at BA-bransjens fragmenterte og spredte struktur fremmer holdninger som ikke legger til rette for tillitsbasert samarbeid, og at organisatoriske og juridiske forhold ser ut til å være sentrale barrierer for økt samarbeid (eks. Miettinen & Paavola, 2014). Basert på tilgjengelig litteratur fremhever Merschbrock og Munkvold (2015) at BA-prosjekter representerer en vanskelig ramme for spredning og bruk av BIM på tvers av virksomheter. Dette har flere forklaringer, inkludert store forskjeller mellom virksomheter når det gjelder IKT-kompetanse, utfordringer med å endre måter å organisere og gjennomføre arbeidet på, utfordringer med å etablere felles infrastruktur for BIM-bruk innen og mellom virksomheter, og skepsis blant mange ledere når det gjelder verdiskaping (kost-nytte-vurderinger) av BIM. Faktorer som kan fremme digitalt samarbeid inkluderer bruk av endringsagenter, skybasert infrastruktur, BIM-kontrakter og læringsmiljø for BIM. Definerings av nye roller og ansvarsområder er også viktig.

3.5.1. Arbeidsprosesser og roller

Flere studier viser at endring av roller, ansvarsområder, prosesser, arbeidsflyt og beslutningsmyndighet kan påvirke adopsjon og implementering av BIM (eks. Elmualim & Gilder, 2014; Ahn et al., 2016). Basert på en litteraturgjennomgang finner Siebelink m.fl. (2020) at tradisjonelle organisasjonsstrukturer ofte ikke passer med forventet distribusjon av oppgaver og ansvarsområder, og at oppsett av modifiserte BIM-prosesser er krevende. I tråd med dette hevder Morgan (2019) at utvikling av standarder, rutiner og retningslinjer, både internt i virksomheter og på bransjenivå, er en faktor som har betydning for adopsjon av BIM.

Vass og Gustavsson (2017) peker i sin studie på flere utfordringer relatert til endring av arbeidspraksis. Eksempelvis beskriver disse forskerne intraorganisatoriske utfordringer og motstand som kan oppstå ved etablering av nye roller for å støtte BIM-implementering. Nye roller kan oppleves å utfordre tradisjonelle prosjektroller, spesielt prosjektlederrollen. BIM gjør det mulig for flere aktører å visualisere og forstå prosjekter på måter som tidligere kun prosjektledere

har hatt grunnlag for. Bruk av teknologi og utvikling av nye roller, som BIM-koordinatører, kan dermed redistribuere makt og beslutningstaking i organisasjoner og prosjekter.

Endring av arbeidspraksis i store prosjekter er også utfordrende på grunn av deres størrelse, kompleksitet og autonomi for involverte aktører. Vass og Gustavsson (2017) beskriver i denne sammenheng mulige motsetninger og dilemma som kan oppstå relatert til tiltak for enhetlig implementering og bruk av BIM på den ene siden, og ivaretagelse av prosjektdeltakernes autonomi på den andre siden. I sin studie finner de at implementering og bruk av BIM kan kreve bruk av detaljerte krav til leverandører, og at dette kan krasje med klienters ambisjoner om å profesjonalisere klientrollen ved bruk av mindre detaljerte kontrakter. Dette kan vanskeliggjøre samarbeid med leverandører. Relatert til dette hevder også Cavka m.fl. (2015) at implementering av BIM hos store eierorganisasjoner vil kreve signifikante endringer i måter organisasjonene er strukturert, hvordan informasjon er formidlet og delt, og hvordan arbeid er konfigurert og utført.

Papadonikolaki m.fl. (2016) hevder at mandater for bruk av BIM fokuserer på filutveksling og ikke på prosessuelle, produktrelaterte og organisatoriske forhold ved BIM-basert samarbeid. Forfatterne refererer også til eksisterende litteratur som viser at BIM-basert samarbeid lider under variert geografisk plassering av ulike brukere, ubalansert gruppesammensetning og motstridende interesser. Det er derfor viktig at aktørene involvert i BIM-basert samarbeid etablerer nye intra- og interorganisatoriske prosesser. Involvering av mange aktører kompliserer BIM-implementeringen, og dette er en faktor som bidrar til organisatorisk kompleksitet. BIM-bruk i konstruksjonsarbeid kan skape et misforhold i arbeidsfordeling mellom aktørene som øker kompleksiteten. I et prosjekt med mange aktører som bruker BIM, vil dynamikken i prosjektbaserte målsetninger for BIM-bruk endres konstant ettersom aktørene er ulike når det gjelder størrelse og fagområde, og dermed også har ulik grad av BIM-modenhet- og evne. Slike ulikheter kan medføre misforståelser mellom samarbeidende aktører.

Vass og Gustavsson (2017) beskriver også implementeringsutfordringer som oppstår på grunn av ulike forventninger. På den ene siden kan det være forventninger om at BIM tilpasses nåværende og foretrukne måter å jobbe på, mens det også kan være forventninger om at BIM skal endre arbeidsprosesser i bransjen. I denne sammenheng viser forfatterne til studier som finner at kontraktører opplever BIM som fordelaktig kun når de erfarer at systemet er tilpasset deres eksisterende arbeidspraksis. En konsekvens av dette er at ledere må skape gode betingelser for implementering ved å etablere motiv som er i tråd med brukeres forventninger (som ofte knyttes til umiddelbare fordeler). I tråd med dette argumenterer Liao og Teo (2019; 2018) for viktigheten av å involvere nøkkelaktører tidlig, samt fokusere på underleverandører, i implementeringsprosessen.

Også Aibinu og Papadonikolaki (2020) fremhever at tidlig involvering av plassledere og leverandører/kontraktører er viktig for å bedre implementering av BIM. Disse forskerne finner at det en sterk sammenheng mellom arbeidsflyteeffektivitet, samarbeid mellom team, oppgaveavhengigheter og innsatsdistribusjon. Forståelse av den komplekse naturen av avhengigheter mellom oppgaver kan derfor bidra til å forstå dynamikken i teamsamarbeid, og hvordan dette kan styres for å øke effektiviteten i BIM-basert arbeidsflyt. Studien viser at innkjøp har betydning for timingen av involvering av aktører og evnen til å effektivt håndtere oppgaveavhengigheter for å oppnå økt effektivitet.

Mange studier fremhever behov for endring i arbeidsprosesser, styring og ledelse som følge av implementering av BIM. Det er imidlertid også kritikk mot studier som konkluderer med at dette er en nødvendig betingelse for å lykkes med BIM, og at mange studier ikke beskriver godt nok endringer i arbeidspraksis som følge av BIM-bruk. I denne forbindelse finner Akintola m.fl. (2020) at BIM i betydelig grad endrer arbeidspraksis i organisasjoner, men at dette skjer gradvis over tid.

3.5.2. Forretningsmodeller

BA-prosjekter består ofte av virksomheter med ulike målsetninger, behov og krav. Dette kan skape utfordringer for samordning og etablering/opprettelse av et helhets-/prosjektfokus i stedet for siloorientering og egenfokus i prosjektene. En følge av konstruksjonsarbeidets natur – som er samarbeidsbasert, heterogent og prosjektbasert – vil ifølge Sackey m.fl. (2015) være at en akseptabel BIM-prosess kun kan oppnås gjennom en målbevisst forhandling av planer som fullt ut støtter de ulike brukernes målsetninger. Ahn m.fl. (2016) påpeker også at økt risiko, byrde og ansvar skaper utfordringer for implementering av BIM.

En av de viktigste strategiske faktorene for økt implementering av BIM i BA-prosjekter er dermed gjensidig tilpasning av formål med BIM-implementering og prosjektets målsetninger (Ma m.fl., 2020). Også Liao og Teo (2018) hevder at gjensidig tilpasning av nøkkelaktørers interesser er en suksessfaktor, og at bekymring eller manglende interesse for deling av byrder, forpliktelser og økonomiske gevinster er barrierer for adopsjon av BIM. Også eieres fokus på minimering av risiko og initialkostnad som viktige seleksjonskriteria er barrierer. Basert på dette argumenterer disse forskerne at deling av finansiell risiko og fordeler/belønninger, bearbeiding og tilrettelegging for kontraktører, og vektlegging av et livssyklus/helhetlig verdiskapingsperspektiv, er viktige strategier for økt adopsjon og bruk av BIM (Liao & Teo, 2019; 2018).

3.5.3. Samarbeidsforhold

Partnerskap og relasjonsstyring er viktige faktorer for adopsjon og implementering av BIM (Ahn m.fl., 2016). Manglende tillit og transparens, kommunikasjon, partnerskap og samarbeidsferdigheter er begrensende forhold (Liao & Teo, 2018). Dette kan blant annet knyttes til behov for samordning og koordinering av team med medlemmer med ulike fagbakgrunner, interesser og perspektiver (He m.fl., 2017). I en litteraturgjennomgang finner Lee m.fl. (2015) at mangel på effektivt samarbeid mellom prosjektaktører innenfor modellutvikling begrenser bruk av BIM, og Li m.fl. (2019) finner at samarbeidsutfordringer begrenser adopsjon av BIM i små- og mellomstore bedrifter. Basert på slike forskningsresultater argumenterer Abbasnejad m.fl. (2020) for at rammeverk for BIM-implementering bør inkludere mekanismer for bygging og håndtering av nettverksrelasjoner, både på tvers av virksomheter og på tvers av funksjoner og fagområder. Relevant for dette hevder Liao og Teo (2018) at bruk av monetære incentiver for teamsamarbeid fører til skyldplassering i stedet for konfliktløsning.

Mäki og Kerosuo (2015) finner at en utvidelse av bruk av BIM på byggeplasser krever endring i aktiviteter og samarbeid mellom designere og plassledere. Dette inkluderer endring av tidsplan, kontrakter, sammensetning av fagpersonell og arbeidsdeling mellom aktørene. Kokkonen og Alin (2016) diskuterer også behov for endring av samarbeidspraksis mellom ulike profesjoner for å lykkes med BIM-basert endring, og finner at etablering av slike praksiser er vanskeligere når ulike organisasjoner er involvert. Implementering av BIM er også utfordrende ettersom det foregår i en prosjektkontekst og knyttes til komplekse sosiale forhold.

Videre kan manglende innsalg i leverandørkjeden kan være en barriere for BIM-adopsjon (Eadie m.fl., 2014). Bosch Sijtsema m.fl. (2017) finner i denne forbindelse at manglede BIM-bruk hos partnere er en stor adopsjonsbarriere for mellomstore kontraktørvirksomheter. Flere studier viser også at leverandørkjedepartnere kan være lite villig til å delta i BIM-forslag fra hovedkontraktøren (Siebelink m.fl., 2020). Dette forklares med motstridende interesser og ulike organisatoriske rammer, og derigjennom lav motivasjon for adopsjon av BIM i leverandørkjedesamarbeid. Papadonikolaki og Wamelink (2017) finner at god leverandørkjedeintegrasjon kan oppnås ved klar definering av BIM-omfang og innhold (scope) i avtaler og kontrakter, samt kommunikasjon på tvers av flere nivåer og ledd for å bygge tillit og støtte samarbeid i nettverket. Blant de faktorene med betydning for integrasjonspotensial, er grad av samsvar mellom BIM og SCM-visjoner (eks. virksomheters forretningsplaner) og hvorvidt tjenestene som tilbys for hver virksomhet er integrert eller ikke (eks. MEP-firma eller ikke). For å styrke BIM-basert samarbeid fremheves derfor felles utvikling av BIM-scope og tilknyttede avtaler.

Papadonikolaki (2018) hevder også at prosjektnettverk sjelden er koordinert tilstrekkelig og på måter som støtte BIM-implementering, på tross av at individuelle virksomheter har sterk intern motivasjon og visjoner for adopsjon av BIM. Andre faktorer som påvirker BIM-implementering og som krever interorganisatorisk tilpasning, er virksomhetskompatibilitet, kunnskapsmobilitet og maktdynamikk. Implikasjoner av dette er at det er behov for mer gjensidig tilpasning av visjoner om BIM og beslutningstaking på tvers av virksomheter for å støtte en effektiv implementeringsprosess.

3.5.4. Kunnskapsdeling-/ledelse og informasjonsflyt

Utfordringer ved samarbeid og koordinering kan knyttes til behov for kunnskapsdeling-/ledelse og informasjonsflyt, og mange studier fremhever viktigheten av forhold relatert til dette (eks. Ahn m.fl., 2016; Liao & Teo, 2018). Ma m.fl. (2018) identifiserer viktige faktorer for integrering av BIM i prosjekter, og utvikler et rammeverk for systematisk BIM-implementering. Dette inkluderer faktorer som informasjonsflyt- og håndtering, kommunikasjon, og håndtering av grensesnitt mellom fagområder. Det fremheves at koblingen mellom BIM og prosjektledelse er viktig. Også Won m.fl. (2013) fremhever at interorganisatoriske forhold som villighet til å dele informasjon, samarbeid mellom deltakere, standarder for arbeidspraksis og organisatoriske struktur som støtter BIM-bruk, er kritiske suksessfaktorer for adopsjon av BIM. I tråd med dette hevder Dowsett og Harty (2019) og Siebelink m.fl. (2020) at tilbakeholdenhet i forhold til deling av informasjon med prosjektdeltakere er en viktig faktor som begrenser implementering av BIM. Tilrettelegging av prosesser og bruk av verktøy for informasjons- og kunnskapsdeling (eks. kunnskapsledelsessystem) bør av denne grunn inngå som en komponent i rammeverk for BIM-implementering (Abbasnejad m.fl., 2020).

Når det gjelder deling av informasjon ved bruk av IKT-verktøy er det imidlertid også studier som viser at dette ikke nødvendigvis fører til bedre samarbeid. Ifølge Dossick og Neff (2010) er BIM-baserte prosjekter ofte tett sammenkoblet teknologisk, men adskilt organisatorisk. Disse forskerne finner at mulighetene som ligger i felles etablert digital modell ikke nødvendigvis realiseres ettersom organisatoriske barrierer kan vanskeliggjøre kommunikasjon av informasjon og beslutninger om modellen. Dette betyr at mens BIM tydeliggjør koblinger mellom prosjektdeltakere, vil ikke teknologien nødvendigvis medføre tettere samarbeid mellom ulike aktører. Organisatoriske og kulturelle forskjeller mellom aktører kan vanskeliggjøre samarbeid og

felles problemløsning, spesielt ettersom ekspertisen som trengs i byggeprosjekter blir mer kompleks og profesjonelt adskilt (økt spesialisering).

Neff m.fl. (2010) finner også at IKT verktøy som er designet for å øke samarbeid, i stedet kan forsterke eksplisitte organisatoriske og kulturelle forskjeller mellom prosjektdeltakere. Disse forskerne argumenterer for at forankret fagtenkning ikke enkelt endres ved bruk av digital representasjon av kunnskap, og at samarbeid kan hindres ved at teknologien tydeliggjør forskjeller mellom grupped medlemmers ferdigheter og status. På denne måten vil BIM reflektere og forsterke faglige representasjoner av bygningen mellom arkitekter, ingeniører og bygningsarbeidere, i stedet for å legge til rette for økt samarbeid mellom dem. I tråd med dette argumenterer Dainty m.fl. (2017) for at effektiv bruk av BIM krever, og ikke uten videre skaper, godt samarbeid. Relatert til dette argumenterer også Dossick og Neff (2011) for at det er behov for «messy talk», forstått som samtale mellom prosjektdeltakere uten at agenda, tema, problemer eller fagsammensetning/ekspertise er forhåndsbestemt. Disse forskerne hevder at bruk av BIM for effektivisering av informasjons- og kunnskapsdeling kun fungerer for enkelte oppgaver og situasjoner. BIM legger til rette for deling av eksplisitt kunnskap, men er ikke nødvendigvis tilstrekkelig for uformell, aktiv og fleksibel interaksjon og deling av taus kunnskap.

3.5.5. Styring

Juridisk usikkerhet er en utfordring for adopsjon og implementering av BIM (Eadie m.fl., 2014; Li m.fl., 2019), eksempelvis knyttet til eierskap av modeller (Ahn m.fl., 2016) og integrering av eiers perspektiv i design og konstruksjon (Lee m.fl., 2015). Dette er barrierer som kan knyttes til endringer og institusjonalisering av prosedyrer og aspekter relatert til kontrakter, standarder og lovgivning (Siebelink m.fl., 2020). Organisasjoner strever ofte med BIM-implementering på grunn av fravær av standardiserte arbeidsprosedyrer for BIM, eller uklare prosedyrer (Morgan, 2019). Utfordringer oppstår dermed ved transformering og integrering av BIM-praksis i deres tradisjonelle prosesser. I tråd med dette viser Vass og Gustavsson (2017) at det er vanskelig å formulere tydelige krav i forhold til BIM-basert arbeidspraksis i innkjøpsdokumenter og kontrakter. Relatert til dette kan interorganisatoriske utfordringer oppstå som følge av at det er vanskelig å verifisere at leverandører oppfølger krav. Videre kan organisasjoner oppleve utfordringer med å definere kontrakter i en BIM-kontekst, inkludert eierskap av IP, kopibeskyttelse og konflikthåndteringsmekanismer (Siebelink m.fl., 2020).

Mangel på standardkontrakter for håndtering av ansvars-/risikofordeling og BIM-eierskap, gjør at behovet for nye rammeverk og avklaringer av kontraktsmessige forhold mellom nøkkelaktører trekkes frem i mange studier (Liao & Teo, 2018). Rizal (2011) fremhever at kontraktsmessige begrensninger ved tradisjonelle innkjøpsmetoder skaper utfordringer for etablering av tett samarbeid og etablering av incentivsystemer som stimulerer ulike aktører til å ta et livssyklus-/helhetsperspektiv på deres valg av løsninger og arbeid. Dette viser at tradisjonelle kontrakter beskytter individualisme til fordel for «best-for-prosjekt-tankegang» (Liao & Teo, 2018). Liao og Teo (2019) anbefaler av denne grunn bruk av samarbeidsbaserte kontrakter mellom flere aktører. Matthews m.fl. (2018) hevder at når BIM brukes sammen med samarbeidsbaserte innkjøpsstrategier (eks. allianse, integrert prosjektleveranse, privat-offentlig samarbeid) øker sannsynligheten for leveranse av en multidimensjonal modell som passer til bygg/anleggsforvaltning. Relatert til dette argumenterer Vass og Gustavsson (2017) for at det må gjøres avveininger mellom på den ene siden å stille krav til funksjon og kvalitet og derigjennom fremme endring, og på den andre siden fremme endring ved å kreve BIM. Disse forskerne hevder

at det er behov for mer utvikling av kunnskap om BIM for å kunne bedre forstå hvordan dette kan håndteres i det formelle relasjonsarbeidet.

Ifølge Papadonikolaki m.fl. (2017) har BIM-studier i stor grad fokusert på designere, eiere og kontraktører enkeltvis, og har dermed i mindre grad sett problemstillinger ut fra andreleddperspektivet (eks. underkontraktører/leverandører). Bransjen er ikke bare kjennetegnet av oppgaveavhengighet, men også avhengighet når det gjelder aktørers beslutningstaking, og forfatterne hevder at de fleste studier neglisjerer konsekvenser av aktørs beslutninger om adopsjon og bruk av BIM for andre aktører. Et unntak i så måte er en studie av Poirier m.fl. (2015), som finner at en liten spesial-/underkontraktør har liten innflytelse på hvordan BIM brukes i et prosjekts livssyklus. Denne virksomheten er underlagt styringen fra eiere, store kontraktører og arkitekter når det gjelder hvordan og i hvilken grad skal BIM brukes. Dette begrenser utnyttelse av BIM, kunnskapsutvikling og utnyttelse av erfaringer på tvers av prosjekter.

Papadonikolaki m.fl. (2017) undersøker ulike typer BIM-basert leverandørkjedepartnerskap (formelle/transaksjonsbaserte og uformelle/relasjonelle), og dekker således et kunnskapshull gitt bransjens kompleksitet og behov for helhetlig informasjonsflyt og styring. Resultatene av deres studie viser at utfordringer knyttet til bruk av BIM først og fremst oppstår på grunn av interorganisatoriske og kontraktsmessige forhold, og er ikke primært av tekniske art. Det oppstår utfordringer dersom leverandørene ikke blir betraktet som strategisk viktig av kontraktøren, og blir involvert sent i prosjektet. Studien viser også at transaksjonsorienterte partnerskap knyttes til bedre kontroll over kontraktsmessige forhold, men at deres formelle relasjoner ikke nødvendigvis er tilstrekkelig til å spre BIM-relatert kunnskap gjennom kjeden. Relasjonsbaserte partnerskap, derimot, kan engasjere partnerne i BIM ved bruk av uformelle mekanismer, eksempelvis tett kommunikasjon og BIM-relatert læring mellom alle ledd. Symmetriske og felles etablert formelle og uformelle relasjoner bidrar til leverandørkjedeintegrasjon.

Ettersom BIM ikke har nådd en høy modenhetsgrad på bransjenivå, innebærer implementeringen et sett av gjensidig avhengige flerdisciplinære aktiviteter som gjennomføres uten at de er underlagt en klar hierarkisk orden. Styring av slike aktiviteter er dermed problematisk for bransjen ettersom dette ikke passer med vanlige dyadiske kontraktsformer (Papadonikolaki m.fl., 2017).

3.6. Kostnader, nytte og investeringsvilje

Realisering av verdi fra et finansielt perspektiv er viktig for implementering av BIM (Elmualim & Gilder, 2014). Eadie m.fl. (2014) finner at tvil med hensyn til verdiskaping (avkastning av investering - ROI), samt manglende visjon for verdiskaping, er en barriere som fremheves spesielt av brukere av BIM (sammenlignet med ikke-brukere). I tråd med dette viser Hosseini m.fl. (2018) at manglende bevis til støtte for en akseptabel ROI er en barriere for bruk av BIM på høyere modenhetsnivå. Videre fremhever Li m.fl. (2019) at en uoverensstemmelse mellom behov og muligheter ved BIM for små og mellomstore virksomheter (SMB) er en adopsjonsutfordring for denne virksomhetsgruppen. Også Siebelink m.fl. (2020) og Lee m.fl. (2015) poengterer at manglende bevis på suksess eller kvantifiserbare fordeler av BIM-initiativer utfordrer implementering- og bruk. Det er dermed viktig at nøkkelatører ser verdien av adopsjon av BIM, og at også kortsiktige gevinster fremheves (Liao & Teo, 2018; 2019). Abbasnejad m.fl. (2020) foreslår at en komponent i rammeverk for BIM-implementering omhandler prosess og resultatledelse, som kan inkludere bruk av eksterne benchmarkingsverktøy- og mål, modenhetsanalyseverktøy- og mål, samt nytteanalyseverktøy- og mål.

Opplevelse av nytte i forhold til arbeidspraksis er også sentralt. Dette kan eksempelvis være å vise modellrelaterte fordeler ved BIM-bruk sammenlignet med enklere modeller, som 2D skissebasert praksis (Liao & Teo, 2017). Rizal (2011) fremhever også viktigheten av å vise effekter og få input fra reelle prosjekterfaringer for å oppnå bedre samsvar mellom teknologiutvikling og arbeidspraksis. Dette er viktig for å bryte eksisterende barrierer som knyttes til holdninger/perspektiver som «what's in it for me?» og «is there any evidence of success?». I tråd med dette viser Vass og Gustavsson (2017) at prosjektledere kan oppleve at BIM medfører store endringer i deres daglige oppfølging og prosjektledelse, samtidig som at det også medfører ekstra kostnader uten noen åpenbare fordeler.

Interorganisatorisk styring og kontraktsforhold (som ble beskrevet i del 3.5.5.) er relevant for kost-nytte-vurderinger og realisering av verdipotensialet ved BIM. I følge Holzer (2011) er realisering av verdi og fordeler ved BIM avhengig av bruk av samarbeidsbaserte avtaler. Veletablerte metoder for innkjøp/etablering av prosjekter (først og fremst innkjøp ved konkurranseutsatt anbud) legger dermed i liten grad til rette for god bruk av BIM. Brukere kan få substansiell verdi av BIM kun dersom de deler informasjon om prosjekters leveranse mellom hele prosjektgruppen så tidlig som mulig. BA-bransjen opererer typisk i et system med design-anbud-bygging, hvor mentaliteten til de involverte aktørene på mange måter er risikoavers, og hvor fokus er på de enkelte deltakernes fordeler og reduksjon av deres risiko. Å sette prosjektet og prosjektgruppen foran sine egne interesser er utfordrende og vanskelig å få til i en bransje hvor aktørene tradisjonelt opererer med et sterkt fokus på egen virksomhet.

Investeringsvilje er også en viktig faktor. For å implementere BIM på en effektiv måte, må nøkkelaktører fokusere på kontinuerlig investering i BIM (Liao & Teo, 2019). Behov for ekstra ressurser, eksempelvis til innkjøp og drift av programvare og maskinvare (Ahn m.fl., 2016; Siebelink m.fl., 2020), trening/opplæring (Eadie m.fl., 2014; Siebelink m.fl., 2020), og mangel på tilleggsfinansiering for bruk av BIM i prosjekter (Dowsett & Harty, 2019) begrenser implementering og bruk. Li m.fl. (2019) fremhever at ressursbegrensninger er en utfordring for adopsjon av BIM for SMBer. Dette kan ses i sammenheng med avveininger av kostnader i forhold til opplevd nytte og verdi. Ma m.fl. (2020) finner at finansiell støtte er den nest viktigste faktoren (etter klart definerte planer og formål) for økt bruk av BIM i BA-prosjekter. Også tid og kapasitet er fremtredende barrierer på alle organisatoriske nivåer, og Siebelink m.fl. (2020) hevder at mellomledelsen i virksomheter har en spesielt viktig rolle i reduksjon av disse barrierene. Mangel på ledelsesstøtte er ofte manifestert i utilstrekkelig finansielle ressurser og kan føre til høye oppstartskostnader av implementeringsprosessen.

3.7. Grunnlag for adopsjon: Motivasjon, påvirkning og press

Beslutninger om adopsjon av BIM kan være basert på flere forhold. Cao m.fl. (2014) undersøker i denne forbindelse hvordan «coercive» og «mimetic» press påvirker grad av BIM-adopsjon. Førstnevnte innebærer formelt og uformelt press en organisasjon erfarer, som er utøvd av andre organisasjoner som de er avhengig av. Sistnevnte type press innebærer imitering av suksessfull utførelse av andre strukturelt like organisasjoner. Resultatene fra studien understreker behovet for å se BIM-adopsjon i prosjekter som en kompleks sosialisert aktivitet som ikke kun er motivert av deltakernes rasjonelle behov for å proaktivt adressere interne utfordringer, men som også er drevet av eksternt press relatert til institusjonell legitimitet. Videre finner forskerne at støtte fra klient/eier har betydning for hvordan slike press utøves og oppfattes.

Relatert til dette studerer Cao m.fl. (2017) betydningen av sosial og økonomisk motivasjon for implementering av BIM hos designere og kontraktører. Disse forskerne klassifiserer motivasjon for BIM-implementering i fire kategorier, hvor de to første er sosial motivasjon og de to siste er økonomiske motivasjon: 1) bilde-/ fremtoningsmotivasjon (vise at en bruker ny teknologi og ikke ligger bak andre sammenlignbare aktører), 2) reaktiv motivasjon (eks. imøtekomme krav), 3) prosjekt-basert økonomisk motivasjon (i konkret prosjekt), og 4) prosjektovergripende motivasjon (bruk av BIM i prosjekt for å oppnå fordeler i andre prosjekter). Sammenligning av motivasjonstyper viser at bilde-/fremtoningsmotivasjon og prosjektovergripende motivasjon er de sterkeste årsakene til at designere og kontraktører implementerer BIM. Resultatene viser også at det ikke noe motsetningsforhold mellom sosial og økonomisk motivasjon.

Også Papadonikolaki (2018) undersøker betydningen av ulike motivasjonstyper. Hun finner at nettverk som er motivert av interne drivere (eks. økt kvalitet) implementerer BIM på en samarbeidsbasert og fleksibel måte. Og motsatt; nettverk av virksomheter som adopterer BIM kun for å imøtekomme eksterne krav (eks. fra klient eller markedspress) er rigide og kompetansepreget i implementeringsprosessen, noe som begrenser kunnskapsoverføring og god endringsledelse. Ulike typer motivasjon har dermed betydning for gjennomføring og utfall av adopsjon- og implementeringsprosesser.

Det er også studier som undersøker myndigheters rolle og betydning for adopsjon av BIM. Ifølge Liao og Teo (2019; 2018) er tidlig involvering av myndigheter og tilrettelegging i form av regulering en pådriver for BIM-adopsjon og implementering. Også støtte i form av subsidiering av trening, programvare og konsulentkostnader-/ressurser har betydning. På den annen side kan eksisterende offentlige innkjøpstilnærminger og regler (policy) representere adopsjons- og implementeringshindringer (Ahn m.fl., 2016).

3.8. Implementeringstilnærminger- og strategier

Mangel på fullstendige rammeverk og implementeringsplaner for BIM er en faktor som ofte skaper utfordringer i implementeringsprosesser (Abbasnejad m.fl., 2020). I følge Ma m.fl. (2020) er klart definerte planer og formål en av de viktigste strategiske faktorene for økt implementering av BIM i BA-prosjekter. Ahn m.fl. (2016) anbefaler i denne sammenheng at virksomheter utvikler implementeringsplaner for BIM som inkluderer oppsett av prosjektmålsetninger og formål med implementeringen, definering av samarbeidsprosesser, utvikling av en modelleringsplan og spesifisering av filformat for BIM, utvikling av egnede kontraktsdokumenter og kravspesifikasjoner. Videre vil bør også implementeringsplanene bidra til prosessen med å organisere et samarbeidsteam for BIM som inkluderer både underkontraktører og designteam. I tråd med dette finner Poirier m.fl. (2015) at små spesial-/underkontraktører kan oppnå fordeler ved å utvikle klare visjoner og en strategi som støtter adopsjons- og implementeringsprosessen.

Ulike implementeringstilnærminger kan også være viktig. Vass og Gustavsson (2017) viser i denne forbindelse til studier som finner at arkitekter som gjennomførte «bottom-up» implementering av BIM klarte å skape engasjement og redusere motstand mot endring, men også at implementeringen var avhengig av engasjement og støtte fra toppledere med kunnskap om BIM. Tidlig adopsjon av prosjektledere er også av betydning, og manglede retningslinjer gjør at implementeringen blir avhengig av de enkelte prosjektledernes oppgaver, roller og ansvarsområder.

Når det gjelder implementeringstilnæringer- og strategier er gjensidig tilpasning av teknologiske og organisatoriske forhold viktig. Hartmann m.fl. (2012) hevder imidlertid at de fleste studier som handler om implementeringsbarrierer har et teknologi-push perspektiv. Et slikt perspektiv vektlegger organisatorisk tilpasning og endring. I motsetning til dette gjennomfører disse forskerne en studie som fokuserer på teknologi-pull, og ser på hvordan BIM kan tas inn i og tilpasses (konfigureres) eksisterende arbeidsprosesser. Resultatene viser at det er mulig å få til en gjensidig tilpasning av organisasjon og teknologi ved å skape en god forståelse av de underliggende prosjektledelsesmetodene som styrer prosjektteamenes aktiviteter, og ved å tilpasse funksjonaliteten ved BIM-verktøy til disse prosessene. Forfatterne mener at dette gjør at ledere kan tilpasse teknologiske verktøy til etablert arbeidspraksis, og dermed lykkes med implementering av BIM uten å samtidig gjennomføre omfattende endringer i arbeidsmetodikk og prosesser. Forfatterne hevder på dette grunnlaget at en teknologi-pull strategi kan være fordelaktig sammenlignet med en teknologi-push strategi. Mange av de sosiale og organisatoriske utfordringene som forskning har identifisert, spesielt motstand mot endring, kan på denne måten imøtekommes eller unngås. Teknologi-pull strategier reduserer risiko for å erstatte velfungerende arbeidsprosesser kun for å sørge for at ny teknologi kan brukes. Dette kan imidlertid også settes opp mot forskning som viser at implementering av teknologi/BIM uten fokus på endring av arbeidsprosesser, kan forsterke siloorientering i bransjen (Neff m.fl., 2010).

Behov for oppmerksomhet på nåværende arbeidsprosesser, og at BIM-implementering tar utgangspunkt i eksisterende rammebetingelser for virksomheter, trekkes også frem av forskning på hybridmodeller for bruk av BIM. Selv om det er en økning i BIM-bruk i BA-bransjen, er BIM likevel langt fra å utgjøre et universelt grunnlag for prosjektgjennomføring. Det er tvert imot stor variasjon i bruk av BIM mellom organisasjoner og mellom prosjekter. Få virksomheter har ressurser og kunnskap som er nødvendig for å fullt ut gjennomføre prosjekter basert på BIM, og mindre organisasjoner har i særlig grad utfordringer med å rettferdiggjøre nødvendige investeringer. Davies m.fl. (2017) undersøker i denne sammenheng hvilke faktorer som bidrar til hybridløsninger i bruk av BIM mellom disipliner og prosjektfaser, og hvilke tilpasninger som må gjøres for å legge til rette for slike løsninger. Disse forskerne ser også på prosjekt- og organisasjonskultur som oppstår knyttet til slike praksiser, og hvilke følger dette får for roller og relasjoner i prosjekter og organisasjoner. Forskerne finner utvikling av hybridløsninger skyldes flere forhold. For det første er intern BIM-bruk vanlig i mange organisasjoner, uten at praksis spres videre blant samarbeidspartnere i prosjekter («solo»-implementering). Dette kan innebære at en 3D-modell og tilknyttede BIM-prosesser- og verktøy brukes i prosjekter for intern utvikling og design, men at all dokumentasjon og delingsprosesser foregår på mer tradisjonelle måter (eks. 2D og/eller papirkopier). Dette kan skyldes skepsis i forhold til nytte av integrert BIM-bruk, hvor enkelte organisasjoner eller fagdisipliner ser liten relevans i å arbeide i et BIM-miljø og dermed vil videreføre etablert praksis. Videre kan BIM oppleves som en trussel for enkelte profesjoners roller og arbeidsutførelse. Dette gjelder spesielt arkitekter, hvor Davies m.fl. (2017) viser at denne gruppen opplever frykt for at BIM skal ta over designprosessen og gjøre den for mekanisk. Andre grunner inkluderer usikkerhet og frykt i forhold til lovmessige forhold eller tap av åndsverk. Det kan også skyldes manglende BIM-ferdigheter og modenhet hos prosjektpartnere. Resultatet er at så å si alle prosjekter, selv også de som fremheves som BIM-baserte («BIM-flaggskipprosjekter»), på en eller annen måte er kombinasjoner av BIM-basert og tradisjonell praksis.

Bruk av en hybridtilnærming til BIM kan være en pragmatisk respons til gjeldende ferdighetsnivå og treningsmuligheter i en virksomhet. Gitt at prosjektkrav i stor grad fortsatt er rettet mot leveranse av 2D-dokumentasjon, er tilleggsinvesteringer i forhold til tid og kostnad ofte ikke

prioritert, eller sett på som hindringer for å lykkes med prosjektgjennomføring. I tråd med dette hevder Singh og Holmström (2015) at kortsiktige prosjektmål ofte får forrang til fordel for de mer langsiktige kravene til BIM-adopsjon.

I BIM-litteraturen er det imidlertid vanlig å fremheve at implementering og bruk av BIM krever fullstendig eller gjennomgripende adopsjon. Dette gjelder også beskrivelser av casestudier og retningslinjer for beste praksis (Davies m.fl., 2017). Sen eller ufullstendig adopsjon har i stor grad blitt forklart av motstand mot endring eller tvil i forhold til verdiskaping og andre fordeler ved BIM. Fox (2014) utfordrer dette synet, og hevder at mange av fordelene som beskrives i litteraturen er overforenklet og overdrevet. Han mener at litteraturen preges av ensidig oppmerksomhet på urealistiske positive effekter av BIM-bruk, og at dette fører til dårlig beslutningstaking og økt usikkerhet. Lovnader om bedre informasjon, koordinerte designprosesser og økt produktivitet har i mange år blitt trukket frem som fordeler ved BIM, men for mange organisasjoner er disse fordelene vanskelig å realisere. Miettinen og Paavola (2014) hevder også at argumentasjonen og vurderinger av BIM-fordeler og adopsjonsprosesser i mye av litteraturen ikke er realistiske, og at det er behov for et evolusjonært perspektiv som i større grad er tilpasset behovene og evnene til bransjeaktørene og rammebetingelser i prosjektene.

4. Sammenfatning og konklusjon

Litteraturgjennomgangen viser at mange forhold har betydning for adopsjon, implementering og bruk av BIM. Tekniske forhold som systemmangfold, behov for dataflyt og kobling mellom ulike systemer kan føre til interoperabilitetsutfordringer, som igjen påvirker blant annet arbeidsutførelse og oppgaveprioriteringer. Standardisering av teknologi for å sikre deling av data og at ulike systemer kan fungere sammen er derfor sentralt. Dette er imidlertid forhold som BA-bransjen har arbeidet med over lang tid, og mange studer fremhever også at teknologiske forhold ikke representerer de mest fremtredende utfordringene for BIM.

Det er behov for at teknologisk mangfold og tilhørende utfordringer ses i sammenheng med egenskaper ved både involverte organisasjoner og mennesker som skal utføre oppgaver. Større grad av kobling mellom systemer har sammenheng med større gjensidig avhengighet mellom organisasjoner og involverte fagområder. Denne kompleksiteten forsterkes ytterligere av at BA-bransjen er prosjektbasert, noe som innebærer at virksomheter stadig må forholde seg til nye samarbeidspartnere, krav, oppgaver og rammebetingelser. Dette er forhold som gjør det utfordrende å skape felles kultur og helhetstenking i stedet for silo-orientering i BA-prosjekter. I tråd med dette viser også kunnskapsoppsummeringen at flere av faktorene som oppleves som sentrale utfordringer ved BIM ikke fullt ut kan kontrolleres og håndteres av enkeltstående virksomheter. De må håndteres i samarbeid og med felles innsats fra flere.

Det er ikke etablert standardiserte eller omforente rammeverk for implementering og bruk av BIM (Aibinu & Papadonikolaki, 2020). Det er også usikkert om et slikt rammeverk vil være realistisk og fordelaktig. Bransjens mangfold og prosjektenes kompleksitet tilsier at det alltid vil være behov for en viss grad av «skreddersøm» og tilpasning til prosjekters behov og kjennetegn. Forskningslitteraturen er imidlertid tydelig på at det er behov for å i større grad vektlegge organisatoriske og sosiale forhold for å lykkes med adopsjon, implementering og bruk av BIM (eks. Oesterreich & Teuteberg, 2019; Eadie m.fl., 2014). Nødvendige betingelser inkluderer blant annet en støttende sosial atmosfære som legger til rette for tett samarbeid og erfaringsdeling mellom ulike aktører, så vel som god lederstøtte og forankring. Det er dermed behov for økt oppmerksomhet på «de myke» sidene ved implementeringsprosessen, til fordel for et utelukkende fokus på teknologiske forhold. Det betyr også at det er behov for deling av kunnskap og utvikling av felles forståelse av organisatoriske forhold ved BIM. Standardiseringsambisjonen og behov for felleskomponenter som ligger til grunn for uttalelsen «Vi må digitalisere sammen – ikke hver for oss!»², vil i så måte være viktig også for arbeid med utvikling av gode organisatoriske rammebetingelser for adopsjon, implementering og bruk av BIM.

² Jon Sandnes, Byggenæringens Landsforening: [Hvordan omstiller BAE-næringen seg til økt digitalisering?](#) (foredrag, Standard Norge) / Digitalt veikart 2.0. En anbefaling til ledere i byggenæringen.

Referanser

[* = artikler fra litteratursøk]

- * Abbasnejad, B., Nepal, M. P., Ahankoob, A., Nasirian, A., & Drogemuller, R. (2020). Building Information Modelling (BIM) adoption and implementation enablers in AEC firms: A systematic literature review. *Architectural Engineering and Design Management*, 1–23. <https://doi.org/10.1080/17452007.2020.1793721>
- Agarwal, R., Chandrasekaran, S. & Sridhar, M., (2015). *Imagining construction's digital future*. New York, NY: McKinsey.
- * Ahn, Y.H., Kwak, Y.H. & Suk, S.J. (2016). Contractors' Transformation Strategies for Adopting Building Information Modeling. *Journal of Management in Engineering*, 32(1), 05015005. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000390](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000390)
- * Aibinu, A. A., & Papadonikolaki, E. (2020). Conceptualizing and operationalizing team task interdependences: BIM implementation assessment using effort distribution analytics. *Construction Management and Economics*, 38(5), 420–446. <https://doi.org/10.1080/01446193.2019.1623409>
- * Akintola, A., Venkatachalam, S., & Root, D. (2020). Understanding BIM's impact on professional work practices using activity theory. *Construction Management and Economics*, 38(5), 447–467. <https://doi.org/10.1080/01446193.2018.1559338>
- * Alreshidi, E., Mourshed, M., & Rezgui, Y. (2017). Factors for effective BIM governance. *Journal of Building Engineering*, 10, 89–101. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2017.02.006>
- * Bosch-Sijtsema, P., Isaksson, A., Lennartsson, M., & Linderoth, H. C. J. (2017). Barriers and facilitators for BIM use among Swedish medium-sized contractors—“We wait until someone tells us to use it.” *Visualization in Engineering*, 5(1), 3. <https://doi.org/10.1186/s40327-017-0040-7>
- * Cao, D., Li, H., Wang, G., & Huang, T. (2017). Identifying and contextualising the motivations for BIM implementation in construction projects: An empirical study in China. *International Journal of Project Management*, 35(4), 658–669. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.02.002>
- * Cao D., Li, H. & Wang, G. (2014). Impacts of Isomorphic Pressures on BIM Adoption in Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(12), 04014056. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000903](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000903)
- * Cavka, H. B., Staub-French, S., & Pottinger, R. (2015). Evaluating the Alignment of Organizational and Project Contexts for BIM Adoption: A Case Study of a Large Owner Organization. *Buildings* 2015, 5, 1265-1300. *Buldings*, 5, 1265–1300.
- * Chien, K.-F., Wu, Z.-H., & Huang, S.-C. (2014). Identifying and assessing critical risk factors for BIM projects: Empirical study. *Automation in Construction*, 45, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.04.012>
- Dainty, A., Leiringer, R., Fernie, S. & Harty, C. (2017). BIM and the small construction firm. A critical perspective. *Building Research & Information*, 45(6), 696-709. <https://doi.org/10.1080/09613218.2017.1293940>
- * Davies, K., McMeel, D.J. & Wilkinson, S. (2017). Making friends with Frankenstein: Hybrid practice in BIM. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 24(1), 78–93. <https://doi.org/10.1108/ECAM-04-2015-0061>
- * Dossick, C. S., & Neff, G. (2011). Messy talk and clean technology: Communication, problem-solving and collaboration using Building Information Modelling. *Engineering Project Organization Journal*, 1(2), 83–93. <https://doi.org/10.1080/21573727.2011.569929>
- * Dossick C.S. & Neff, G. (2010). Organizational Divisions in BIM-Enabled Commercial Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(4), 459–467. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000109](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000109)

- * Dowsett, R. M., & Harty, C. F. (2019). Assessing the implementation of BIM – an information systems approach. *Construction Management and Economics*, 37(10), 551–566. <https://doi.org/10.1080/01446193.2018.1476728>
- * Eadie, R., Odeyinka, H., Browne, M., Mahon, C., & Yohanis, M. (2014). Building Information Modelling Adoption: An Analysis of the Barriers of Implementation. *Journal of Engineering and Architecture*, 2(1), 77–101.
- * Elmualim, A., & Gilder, J. (2014). BIM: innovation in design management, influence and challenges of implementation. *Architectural Engineering and Design Management*, 10(3–4), 183–199. <https://doi.org/10.1080/17452007.2013.821399>
- * Fox, S. (2014). Getting real about BIM: Critical realist descriptions as an alternative to the naïve framing and multiple fallacies of hype. *International Journal of Managing Projects in Business*, 7(3), 405–422. <https://doi.org/10.1108/IJMPB-12-2013-0073>
- * Hartmann, T., van Meerveld, H., Vosseveld, N., & Adriaanse, A. (2012). Aligning building information model tools and construction management methods. *Automation in Construction*, 22, 605–613. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2011.12.011>
- * He, Q., Wang, G., Luo, L., Shi, Q., Xie, J., & Meng, X. (2017). Mapping the managerial areas of Building Information Modeling (BIM) using scientometric analysis. *International Journal of Project Management*, 35(4), 670–685. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.08.001>
- * Holzer, D. (2011). BIM's Seven Deadly Sins. *International Journal of Architectural Computing*, 9(4), 463–480. <https://doi.org/10.1260/1478-0771.9.4.463>
- * Hosseini, R.M., Pärn, E.A., Edwards, D.J., Papadonikolaki, E. & Mehran, O. (2018). Roadmap to Mature BIM Use in Australian SMEs: Competitive Dynamics Perspective. *Journal of Management in Engineering*, 34(5), 05018008. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000636](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000636)
- * Kokkonen, A., & Alin, P. (2016). Practitioners deconstructing and reconstructing practices when responding to the implementation of BIM. *Construction Management and Economics*, 34(7–8), 578–591. <https://doi.org/10.1080/01446193.2016.1164327>
- * Lee, S., Yu, J. & Jeong, D. (2015). BIM Acceptance Model in Construction Organizations. *Journal of Management in Engineering*, 31(3), 04014048. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000252](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000252)
- * Li, P., Zheng, S., Si, H., & Xu, K. (2019). Critical Challenges for BIM Adoption in Small and Medium-Sized Enterprises: Evidence from China. *Advances in Civil Engineering*, 2019, 9482350. <https://doi.org/10.1155/2019/9482350>
- * Liao, L., & Teo, E. A. L. (2017). Critical Success Factors for enhancing the Building Information Modelling implementation in building projects in Singapore. *Journal of Civil Engineering and Management*, 23(8), 1029–1044. <https://doi.org/10.3846/13923730.2017.1374300>
- * Liao, L., & Teo, E. A. L. (2018). Organizational Change Perspective on People Management in BIM Implementation in Building Projects. *Journal of Management in Engineering*, 34(3), 04018008. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000604](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000604)
- * Liao, L., & Teo, E. A. L. (2019). Managing critical drivers for building information modelling implementation in the Singapore construction industry: An organizational change perspective. *International Journal of Construction Management*, 19(3), 240–256. <https://doi.org/10.1080/15623599.2017.1423165>
- Luo, L., He, Q., Jaselskis, E.J. & Xie, J. (2017). Construction project complexity: Research trends and implications. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(7), 04017019. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001306](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001306)
- * Ma, X., Chan, A.P.C., Li, Y., Zhang, B. & Xiong, F. (2020). Critical Strategies for Enhancing BIM Implementation in AEC Projects: Perspectives from Chinese Practitioners. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(2), 05019019. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001748](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001748)
- * Ma X., Xiong, F., Olawumi, T.O., Dong, N. & Chan, A.P.C. (2018). Conceptual Framework and Roadmap Approach for Integrating BIM into Lifecycle Project Management. *Journal of*

- Management in Engineering*, 34(6), 05018011. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000647](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000647)
- * Mäki, T., & Kerosuo, H. (2015). Site managers' daily work and the uses of building information modelling in construction site management. *Construction Management and Economics*, 33(3), 163–175. <https://doi.org/10.1080/01446193.2015.1028953>
 - * Matthews, J., Love, P. E. D., Mewburn, J., Stobaus, C., & Ramanayaka, C. (2018). Building information modelling in construction: Insights from collaboration and change management perspectives. *Production Planning & Control*, 29(3), 202–216. <https://doi.org/10.1080/09537287.2017.1407005>
 - Martínez-Aires, M.D., López-Alonso, M. & Martínez-Rojas, M. (2018). Building information modeling and safety management: A systematic review. *Safety Science*, 101, 11-18. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2017.08.015>
 - * Merschbrock, C., & Munkvold, B. E. (2015). Effective digital collaboration in the construction industry – A case study of BIM deployment in a hospital construction project. *Computers in Industry*, 73, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2015.07.003>
 - * Miettinen, R., & Paavola, S. (2014). Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling. *Automation in Construction*, 43, 84–91. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.03.009>
 - * Morgan, B. (2019). Organizing for digitalization through mutual constitution. The case of a design firm. *Construction Management and Economics*, 37(7), 400-417.
 - * Neff, G., Fiore-Silfvast, B., & Dossick, C. S. (2010). A case study of the failure of digital communication to cross knowledge boundaries in virtual construction. *Information, Communication & Society*, 13(4), 556–573. <https://doi.org/10.1080/13691181003645970>
 - * Oesterreich, T. D., & Teuteberg, F. (2019). Behind the scenes: Understanding the socio-technical barriers to BIM adoption through the theoretical lens of information systems research. *Technological Forecasting and Social Change*, 146, 413–431. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.01.003>
 - * Ozorhon, B. & Karahan, U. (2017). Critical Success Factors of Building Information Modeling Implementation. *Journal of Management in Engineering*, 33(3), 04016054. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000505](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000505)
 - * Papadonikolaki, E., Verbraeck, A., & Wamelink, H. (2017). Formal and informal relations within BIM-enabled supply chain partnerships. *Construction Management and Economics*, 35(8–9), 531–552. <https://doi.org/10.1080/01446193.2017.1311020>
 - * Papadonikolaki, E., Vrijhoef, R., & Wamelink, H. (2016). The interdependences of BIM and supply chain partnering: Empirical explorations. *Architectural Engineering and Design Management*, 12(6), 476–494. <https://doi.org/10.1080/17452007.2016.1212693>
 - * Papadonikolaki, E., & Wamelink, H. (2017). Inter- and intra-organizational conditions for supply chain integration with BIM. *Building Research & Information*, 45(6), 649–664. <https://doi.org/10.1080/09613218.2017.1301718>
 - * Papadonikolaki, E. (2018). Loosely Coupled Systems of Innovation: Aligning BIM Adoption with Implementation in Dutch Construction. *Journal of Management in Engineering*, 34(6), 05018009. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000644](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000644)
 - * Poirier, E., Staub-French, S. & Forgues, D. (2015). Embedded contexts of innovation: BIM adoption and implementation for a specialty contracting SME. *Construction Innovation*, 15(1), 42–65. <https://doi.org/10.1108/CI-01-2014-0013>
 - * Sackey, E., Tuuli, M., & Dainty, A. (2015). Sociotechnical Systems Approach to BIM Implementation in a Multidisciplinary Construction Context. *Journal of Management in Engineering*, 31(1), A4014005. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000303](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000303)
 - * Rizal, S. (2011). Changing roles of the clients, architects and contractors through BIM. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 18(2), 176–187. <https://doi.org/10.1108/09699981111111148>

- * Siebelink, S., Voordijk, H., Endedijk, M., & Adriaanse, A. (2020). Understanding barriers to BIM implementation: Their impact across organizational levels in relation to BIM maturity. *Frontiers of Engineering Management*. <https://doi.org/10.1007/s42524-019-0088-2>
- * Singh, V. & Holmström, J. (2015). Needs and technology adoption: Observation from BIM experience. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 22(2), 128–150. <https://doi.org/10.1108/ECAM-09-2014-0124>
- Succar, B., Sher, W. & Williams, A. (2013). An integrated approach to BIM competency assessment, acquisition and application. *Automation in Construction*, 35, 174-189. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.05.016>
- * Vass, S., & Gustavsson, T. K. (2017). Challenges when implementing BIM for industry change. *Construction Management and Economics*, 35(10), 597–610. <https://doi.org/10.1080/01446193.2017.1314519>
- * Won, J., Lee, G., Dossick, C. & Messner, J. (2013). Where to Focus for Successful Adoption of Building Information Modeling within Organization. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(11), 04013014. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000731](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000731)
- Wong, J.K.W. & Zhou, J. (2015). Enhancing environmental sustainability over building life cycles through green BIM: A review. *Automation in Construction*, 57, 156-165. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.06.003>