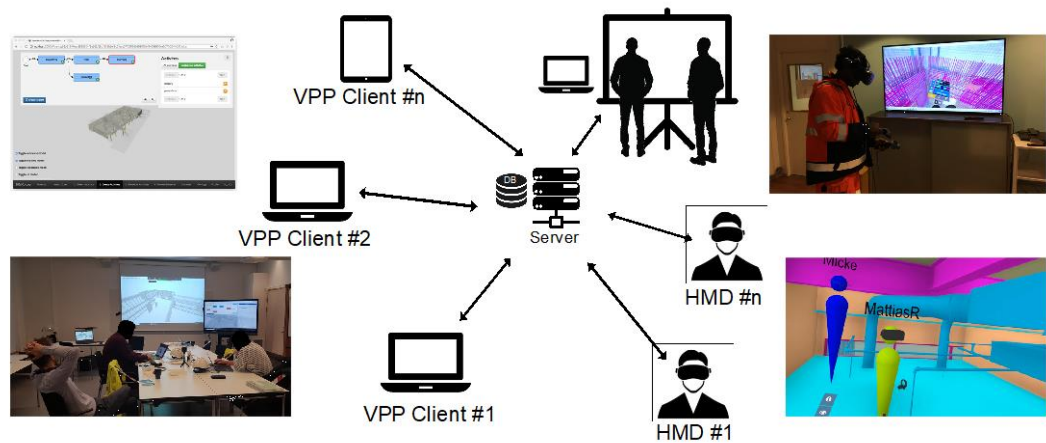


ETAPP III: VIRTUELL PRODUKTIONS PLANERING

- MED HJÄLP AV BIM OCH VISUALISERING.



Mikael Viklund Tallgren, Mattias Roupé, Mikael Johansson

2021-11-01

FÖRORD

Denna rapport presenterar det populärvetenskapliga resultatet från den tredje etappen av ett forskningsprojekt, där del två och tre varit huvudparten av ett doktorandprojekt, med fokus på att studera visuell produktionsplanering och utveckla ett digitaliserat Virtuellt produktionsplaneringssystem. En akademisk avrapportering finns i den doktorsavhandling som finns i referenslistan.

Projektet har genomförts av Mikael Viklund Tallgren, som varit doktorand vid Chalmers Tekniska Högskola, avdelningen Construction Management. Mikael VT har handletts av Mattias Roupé, som också varit projektledare, samt bihandledaren Mikael Johansson. Petra Bosch-Sijtsema, institutionen för teknikens ekonomi och organisation, avdelningen Service Management and Logistics, har agerat examinator. Peab Sverige AB har varit huvudman för projektet.

Vid sidan av finansiering från SBUF har projektet även ingått i Digital Twin Cities Centre, och därigenom delvis finansierats via Vinnova, Diarienummer 2019-00014, Dessutom har Centrum för Management i Byggsektorn vid Chalmers tekniska högskola bistått med plattform att sprida resultaten via seminarier, kortrapporter och nyhetsbrev.

Vi vill tacka de personer har deltagit i referensgruppsmöten, intervjuer, deltagit i utvärderingar av VPP-systemet vilket bidragit till värdefullt till projektets resultat. Vi vill också rikta ett stort tack till de företag som aktivt deltagit i projektet; Peab, Tuve Bygg, NCC, Skanska, Veidekke, Serneke och Planlog, tack alla ni som bidragit till projektet på olika sätt. Vi vill också tacka Byggföretagens utskott FoU-Väst och Per Åhman för stöttning och diskussioner under projektet.

Göteborg, November 2021

Mikael Viklund Tallgren

SAMMANFATTNING

Denna rapport presenterar resultatet från en genomförd FoU-projekt och forskningsstudier (teknisk doktor) med fokus på att studera visuell produktionsplanering och utveckla ett digitaliserat Virtuellt produktionsplaneringssystem.

Byggprojekt sägs ofta vara försenade och över budget, detta kan delvis spåras till tidsplaner som är orealistiska eller inte följs. Planeringskunskapen blir personberoende och erfarenhet är svårt att föra över mellan projekt. Att ta med deltagarna i byggproduktionen i planeringen av projektet skapas engagemang och möjligheter till kunskapsöverförande.

Planeringsmetodikerna som varit utgångspunkten, är en visuell produktionsplaneringsmetod som används av många av de stora byggbolagen för att skapa den övergripande strukturen av tidsplanen. I grunden har Whiteboards eller post-it-lappar och märkpenor använts för att ta fram strukturen för tidsplanen. Grundprincipen har varit att del olik delaktiga aktörerna planerat och satt upp sina lappar med aktiviteter i tidsplanen. Ordningen har diskuterats fram mellan deltagarna.

Den vidareutvecklade Virtuella produktionsplaneringen (VPP), tar detta ett steg längre och drar nytta av byggnadsinformationsmodellen, den informationsrika 3D-modellen, för att ge underlag till aktiviteterna. Traditionell planeringsprogramvara saknar möjligheten att jobba flera mot samma tidsplan, dessutom är den visuella kopplingen knapphändig. Detta visar att det behövs ett system som bättre hanterar samarbetsaspekter av tidsplanering och kommunikation.

Slutsatsen från utvärderingarna av det utvecklade planeringsverktyget är att det genom att digitalisera planeringsprocessen så kan deltagarna lättare diskutera ett problem och få en bekräftelse på en gemensam förståelse av problemet. Den slutprodukten, produktionstidsplanen kan granskas omedelbart med hänsyn till datum och tider i stället för att vänta på att en planerare lägger in pappersutkastet på tidsplanen i ett planeringsverktyg.

Sammantaget ger denna typ av planering med support från digitala verktyg bättre:

- granskning och identifiering av felkällor i projekteringen,
- testning och granskning av byggbarhet av projektet,
- sammanförande av kunskap och erfarenheter från projektering och produktion,
- laganda och Team-building för projektet,
- gemensam målbild och målplan,
- möjlighet till omedelbar granskning av tidsplan,
- kortare väntetider från utkast till färdig tidsplan.

Utvärderingar med VPP-prototypen visar att det sannolikt skulle kunna tillföra en ökad tillförlitlighet och effektivitet i produktionen, speciellt kring själva framtagandet av produktionstidsplaner.

En demonstration av verktyget finns på <https://youtu.be/IRanaGhtaAI>

INNEHÅLL

INLEDNING	4
SYFTE OCH MÅL	4
TILLVÄGAGÅNGSSÄTT	4
RESULTAT	5
STRUKTURPLANERINGSWORKSHOPAR	5
UTVECKLINGEN AV DET VIRTUELLA PRODUKTIONSPLANERINGSSYSTEMET	6
UTVÄRDERINGEN AV VPP-SYSTEMET	8
SLUTSATS	8
REFERENSER	9

INLEDNING

Denna rapport är en summering och sammanfattning av valda delar från doktorsavhandlingen Viklund Tallgren (2021). Doktorsavhandlingen bygger på ett SBUF projekt i tre deletapper med syftet att undersöka och dokumentera en praktiserad planeringsmetod med stort fokus på involvering och samarbete mellan deltagare i byggproduktionen. Tidiga observationer visade att det fanns stor potential att dra större nytta av de informationsrika 3D modeller ofta kallade byggnadsinformationsmodeller, BIM-modeller, i produktionen kopplat till planering av projektet. Dessa BIM-modeller ger en större förståelse för det som skall byggas genom att deltagarna får en bättre förståelse för projektet än vad vanliga 2D-ritningar ger.

Tidigare forskning visar på att det finns utmaningar i byggproduktion kring en ökad specialisering med fler och fler specialiserade yrkesgrupper i projekten, vilket också lett till mer svårledda projekt där samordning mellan yrkesgrupper får allt större fokus (Huurne and Scholtenhuis, 2018). I detta sammanhang blir det allt viktigare med tydlig kommunikation och att skapa en gemensam förståelse kring projektet (Dainty et al., 2006; Gamil and Rahman, 2017). Produktionsledning har ofta kännetecknats av platschef med en stark position och som styr både ekonomi och planering, forskning visar dock på att ökat engagemang och deltagande i processen av deltagarna kan motverka de negativa effekterna av ökad specialisering (Dainty et al., 2002).

Vidare visar forskning att ett ökat fokus på visuell kommunikation, att genom ökat användande av modeller och presentation kan ytterligare bidra till en förbättrad förståelse för projektet, produktionen och svårigheter som olika discipliner kan stöta på. Forskning visar också på att BIM kan bidra till mer samarbeten och involverande arbetssätt (Crowther and Ajayi, 2019). Detta kan i förlängningen bidra till bättre informationsutbyte och kommunikation mellan parter, med BIM-modeller som gemensam referens att föra dialog kring (Nepal and Staub-French, 2016).

De planeringsverktyg som finns tillgängliga idag har många stöd för BIM-modeller på ett eller annat sätt, men saknar ett utvecklat stöd för samtidigt samarbete mellan yrkesgrupper (Campagna-Wilson and Boton, 2020). En sammanfattning över hur forskningsfältet kring utvecklingen av nya verktyg visar att mycket teknikutveckling fokuserar på verktyget i sig och mindre på människorna och processerna som tekniken ska stödja, vilket har visat sig vara minst lika viktigt (Moscati and Engström, 2019). Detta visar på att det finns behov och utrymme för utveckling av verktyg som bättre stödjer både BIM och samtidigt samarbete i planeringen.

SYFTE OCH MÅL

Syftet med detta FoU-projekt har varit att vidareutveckla, implementera och validera det redan påbörjade arbete kring Virtuella produktionsplanering. I denna etapp III har fokus främst varit på att utvärdera den framtagna mjukvaru-prototypen (VPP-systemet). Tanken var att det slutliga VPP-systemet skulle testas och utvärderas i med verkliga projekt för att därigenom studera effekterna och bidraget till planerings och produktionsprocessen. Målsättningen har varit att åstadkomma en bättre planering och i slutändan en mer effektiv och produktivare byggproduktion

TILLVÄGAGÅNGSSÄTT

Etapp III har precis som föregående etapper bedrivits som ett ”design science” projekt med tre huvudbeståndsdelar, analys av problemet, designa och bygga prototypen samt att utvärdera prototypen i sammanhanget den är utvecklad för. Valet av detta tillvägagångssätt föll på att det är väl anpassat för mjukvaruutveckling med stort fokus på relationen och interaktionen mellan människa, processer och teknik, men där stort fokus läggs på just användarens roll och teknikens användning i ett socialt sammanhang.

För att skapa sig en bild av sammanhanget och miljön inleddes projektet med intervjuer och observationer, kombinerat med en litteraturstudie över planering i byggproduktion. De sju inledande intervjuerna användes för att förstå utgångsläget och exemplifiera det informationsbehov olika underentreprenörer har vid planeringen av sina aktiviteter. Dessutom användes sju observationer av strukturplaneringsworkshoppar i fyra olika projekt, utspritt över fem år på PEAB och Tuve Bygg, fördelningen över år och olika projekt kan ses i Tabell 1. De fyra projektet benämns OP1, OP2, OP3 och OP4 och valdes för att uppnå en spridning över olika projektorganisationer och deltagare men med strukturplaneringsmetodik som gemensam nämnare.

Tabell 1: Projektöversikt för observationer

Nr.	Proj. Nr.	Typ	Tidpunkt för observation
1	OP1	Varuhuslokaler/köpcenter	2014
2	OP1		2014
3	OP1		2014
4	OP2	Badhus	2017
5	OP3	Varuhuslokaler/köpcenter	2018
6	OP3		2018
7	OP4	Hotell och kontorslokaler	2019

Intervjuerna och observationerna gav krav som tillsammans med en vidare litteraturstudie kring verktyg för samarbete gav krav som ett planeringssystem fokuserat på samarbete behöver uppfylla. Detta gav ramen för utvecklingen av systemet i form av en prototyp. Prototypen har sedan utvärderats vid femton utvärderingstillfällen, vid tolv av dessa, dvs. merparten, har fokus legat på att utvärdera funktionaliteten och arbetssättet som erbjuds i det digitala gränssnittet. Utvärderarna vid dessa tillfällen har i huvudsak varit planerare, VDC-ingenjörer, BIM-specialister och tekniska ledare, dvs. mer centralt organiserade projektdeltagare. Vid de tre övriga utvärderingar kunde deltagare närmare produktionen, så som plats-chefer och arbetsledare eller personer med en god förståelse i den ursprungliga planeringsmetodik delta i utvärderingarna. Fokus vid dessa utvärderingar var alltså att utvärdera digitaliseringen av planeringsmetoden och undersöka hur det utvecklade systemet stödde planeringsprocessen.

Utvärderingen av den utvecklade prototypen har gjorts genom 15 utvärderingar med 69 externa deltagare med roller som planerare, VDC-samordnare/ingenjörer, BIM-specialister, BIM-samordnare och platschefer. Av dessa var åtta studenter som var utbildade i planeringsmetoden i en tidigare kurs. Utvärderingen var uppdelat i två olika typer av utvärderingar, tio utvärderingar som fokuserade på verktyget och själva funktionaliteten. De resterande fem utvärderingarna, de som gjordes med platscheferna, BIM-specialisterna och studenterna, fokuserade på själva planeringsmetoden och hur väl verktyget stödde planeringsprocessen.

RESULTAT

Nedan följer en kort redogörelse från observationerna, vilket resulterade i en beskrivning av strukturplaneringsworkshopparna i nuläget, samt hur dessa observationer ledde fram till en kravställning på vad ett digitalt verktyg som ska stödja strukturplanering behöver uppfylla. Detta summeras i utvecklingen av det VirtuellaProduktionsPlaneringssystemet (VPP). Avsnittet avslutas med en summering av utvärderingarna av prototypen till VPP-systemet.

STRUKTURPLANERINGSWORKSHOPPAR

Planeringsmetoden som beskrivs i denna studie är inspirerad av och bygger vidare på den typ av Visuell planering som introducerades av Dalman (2005), kombinerat med en vidareutveckling av

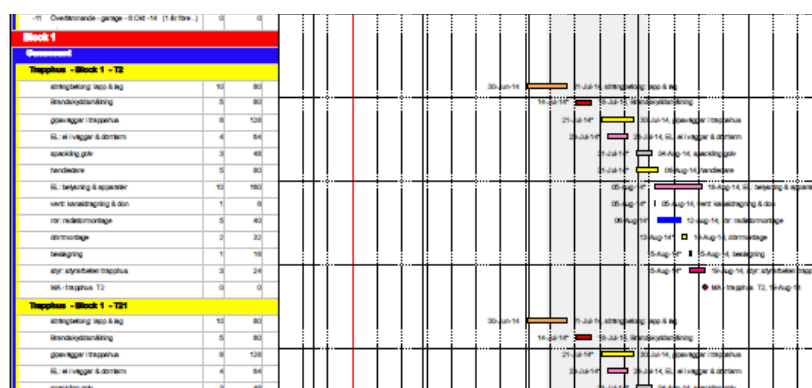
integrerad planering som Söderberg (2006) beskriver. Metoden har också likheter med, och har inspirerats av Lean och Last planner-metodiken (Ballard and Howell, 2003), där man utnyttjar deltagare med olika yrkeskompetens och erfarenheter för att skapa en gemensam målbild och ett kollektivt ägandeskap av projektet.

Planeringen sker i workshopar, där projektet går igenom i stort, sedan bryts ner till mindre, mer hanterbara bitar, kallat zoner. Själva planeringen sker enskilt genom att varje yrkesgrupp skapar lappar med aktiviteter som de ska utföra i den valda zonen. Dessa lappar placeras sedan i det som kallas för strukturplanen, ett exempel på denna ses nedan i Figur 1. Strukturplanen visar aktivitetens och därmed yrkesgrupps beroenden av varandra.



Figur 1. Strukturplan som är resultatet efter strukturplansworkshopen. Olika färgerna på post-it lapparna används för att ge en färgkod åt varje yrkesgrupps aktiviteter.

Strukturplanen matas sedan in i ett planeringsprogram av en projektplanerare eller projektingenjör, se Figur 2. Färdigställandet och digitaliseringen är beroende av hur många andra projekt projektplaneraren ansvarar för. Det är ett starkt fokus på samarbete och att skapa turordningen av aktiviteter tillsammans, då detta är där förståelsen för projektet byggs och förankras hos deltagarna.



Figur 2. Strukturplanen inmatad i ett planeringsprogram.

UTVECKLINGEN AV DET VIRTUELLA PRODUKTIONSPLANERINGSSYSTEMET

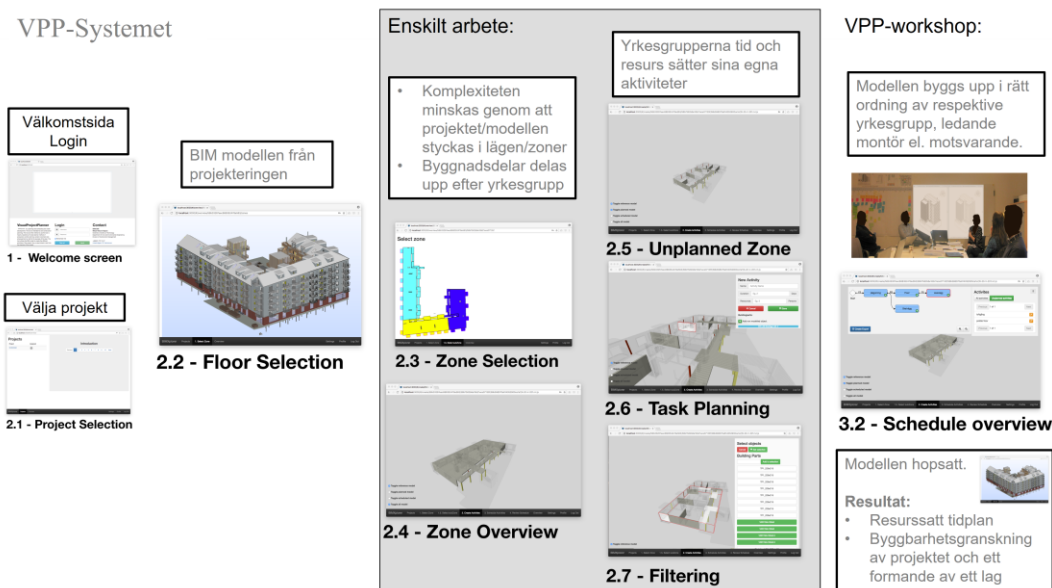
Utifrån observationerna identifierades tre specifika skeden, 1, genomgången av projektet/läget, 2, den enskilda planeringen av aktiviteter, 3, den gemensamma strukturplaneringen. Tillsammans med en litteraturstudie kring utveckling av interaktiva kollaborativa verktyg kunde en kravställningslista på verktyget sättas.

De fyra huvud utvecklingskraven som har använts var:

1. Systemet ska hjälpa användarna att få en överblick över projektet och de övriga deltagande yrkesgruppernas ansvarsområden.
2. Systemet ska stödja och underlätta både individuellt och gemensamt arbete.
3. Systemet bör utnyttja bättre informationshantering och digitalisering för att underlätta skapandet av aktiviteter.
4. Systemet ska stödja och underlätta för användarna i samarbetet med skapandet av den gemensamma planeringen.

Dessa fyra krav utvidgades till funktionaliteter, eller funktioner som systemet skulle kunna uppfylla, vilket resulterade i VPP-systemet. Den främsta funktionaliteten var att använda och utnyttja BIM bättre än i den befintliga Strukturplaneringsworkshop metoden och därmed beslutades att basera systemet kring BIM-modellen. Dessutom behöver systemet vara enkelt för att nya användare skall kunna komma i gång enkelt.

En mer detaljerad beskrivning av detta finns att läsa i doktorsavhandlingen Viklund Tallgren (2021). Lite kort sammanfattat består systemet av en webbtjänst där användare från olika discipliner kan logga in och välja ett projekt, se vänstra delen av Figur 3. De använder sedan modellen för att navigera i zonindelningen på projektet till den zon som skall planeras, där kan en kort gemensam genomgång göras där alla discipliner visas.



Figur 3. Visar en schematisk bild över hur virtuell produktionsplanering går till i VPP-systemet.

I den individuella planeringen lyfts de byggdelar fram som hör till användaren som är inloggad och dennes disciplin, se mittendelen av Figur 3. Som referens kan t.ex. arkitektmodellen av motsvarande zon visas lätt transparent för att underlätta orientering i zonen. Användaren skapar därefter motsvarigheten till Post-it lappar med aktiviteter genom att i modellen markera de delar. Som ingår i en aktivitet. Därefter namnges, resursätts och tidsuppskattas aktiviteten. När aktiviteten sparas så döljs de ingående byggnadselementen. På så sätt får användaren en visuell återkoppling på när alla modellerade objekt i modellen är planerade. På så sätt plockas byggnaden isär i sina beståndsdelar.

Nästa skede är VPP-workshoppen, där aktiviteterna struktureras i en plan genom att användarna kollektivt diskuterar fram en sekvens som aktiviteterna skall utföras i kan ses i den högra delen av

Figur 3. Genom att alla deltar i diskussionen får alla deltagare en förståelse för varandras aktiviteter. Samtidigt som aktiviteterna läggs in i planen så plockas alltså byggnaden ihop igen. Genom strukturplaneringen och kopplingen till modellen så får användarna en direkt koppling till och möjlig simulering av tidsplanen.

UTVÄRDERINGEN AV VPP-SYSTEMET

Utvärderingarna var som sagt uppdelade i två olika typer av utvärderingar, huvudparten av utvärderingarna som fokuserade på verktyget i sig och funktionaliteten. Genom utveckling och utvärdering i små steg kunde själva användarvänligheten utvärderas stegvis. Från dessa utvärderingar drogs slutsatser om interaktionen med modellen och informationen och hur användarnas behov kring planeringen bättre skulle tillgodoses. Dessa utvärderingar gav en god insikt i hur väl verktyget svarade mot kraven som identifierades i observationerna och litteraturen. Utvärderingarna visade också att ju längre från produktionen deltagarna var placerade i sina respektive organisationer desto mer fokuserade de på vilka funktioner som saknades. Här blev det tydligt att för dessa deltagare låg verktyget långt från de verktyg och processer de använde i sin vardag,

I utvärderingarna med studenterna, platscheferna och BIM-samordnarna låg fokus mycket mer på planeringsprocessen och hur VPP-systemet kunde stödja planeringsprocessen, snarare än små specifika funktioner, här hamnade arbetssättet och verktyget också mycket närmare deras vardag vilket speglades i utvärderingarna.

Vidare konstaterades även att möjligheten att visualisera modellen och tidsplanen på flera olika sätt, även med Virtual Reality (VR) och VR-glasögon så att användarna kunde kliva in i modellen och uppleva tidsplanen i fullskala gav nya möjligheter att granska tidsplanen och byggbarheten i projektet. Vidare visade också utvärderingarna att det var stor skillnad på hur information i BIM-modellen hanterades, en av platscheferna ville till exempel ha så mycket som möjligt i klartext, ett tydligt exempel var taget från väggar i ett projekt, där väggarna var kodade med en benämning, men där det behövdes ytterligare dokumentation för att tolka benämningarna. Bättre kravställning på modellerna och en produktionsanpassning av BIM-modellerna kan alltså behövas.

SLUTSATS

Denna serie av studier har visat att det finns stora möjligheter att få till en bättre planeringsprocess med mindre väntan från utkast till färdig tidsplan och som bieffekt en bättre förståelse för projektet som helhet hos projektdeltagarna. Det utvecklade VPP-systemet kan alltså hjälpa till att minska barriärer mellan yrkesgrupper och deltagare i byggproduktionen.

VPP-systemet i sig hjälper till att skapa bättre:

- granskning och identifiering av felkällor i projekteringen,
- testning och granskning av byggbarhet av projektet,
- sammanförande av kunskap och erfarenheter från projektering och produktion,
- laganda och Team-building för projektet,
- gemensam målbild och målplan,
- möjlighet till omedelbar granskning av tidsplan,
- kortare väntetider från utkast till färdig tidsplan.
- BIM-modeller behöver produktionsanpassas bättre

Det akademiska resultatet och doktorsavhandlingen är ett bidrag till diskussionen kring hur utvecklingsprocessen av IT-verktyg i byggsektorn kan se ut och utföras. Vi vill trycka på att fokus

bör ligga på människorna och processen framför tekniken, då detta har visats resultera i bättre förankring hos användarna. Vi tror att dessa små inkrementella steg kan leda till en större mognad inom branschen och därmed möjligheter till större steg så småningom.

Det andra stora akademiska bidraget är just dokumentationen och redovisningen av den befintliga strukturplaneringsworkshopsprocessen som kan bidra till vidareutveckling av planering i produktionsprocessen.

REFERENSER

- Ballard G and Howell GA (2003) An update on last planner. In: *Proc., 11th Annual Conf., International Group for Lean Construction, Blacksburg, VA, 2003*, pp. 1–10.
- Campagna-Wilson J and Botton C (2020) *Challenges Related to 4D BIM Simulation in the Construction Industry. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*. Springer International Publishing. DOI: 10.1007/978-3-030-60816-3_30.
- Crowther J and Ajayi SO (2019) Impacts of 4D BIM on construction project performance. *International Journal of Construction Management* 0(0). Taylor & Francis: 1–14. DOI: 10.1080/15623599.2019.1580832.
- Dainty ARJ, Bryman A and Price ADF (2002) Empowerment within the UK construction sector. *Leadership & Organization Development Journal* 23(6): 333–342.
- Dainty ARJ, Moore D and Murray M (2006) *Communication in Construction Teams. Communication in Construction Teams*. DOI: 10.4324/9780203018798.
- Dalman C (2005) *Visuell planering*. Peab AB.
- Gamil Y and Rahman IA (2017) Identification of causes and effects of poor communication in construction industry: A theoretical review. *Emerging Science Journal* 1(4): 239–247. DOI: 10.28991/ijse-01121.
- Huurne RBA ter and Scholtenhuis LLO (2018) Digitization for integration: Fragmented realities in the utility sector. *ARCOM 2018 Conference (September)*: 3–5. Available at: <https://research.utwente.nl/en/publications/digitization-for-integration-fragmented-realities-in-the-utility->.
- Moscato A and Engström S (2019) Digitalisation and industrialisation exploration of the current and future challenges in the Swedish built environment sector. In: *Proceedings of the 35th Annual ARCOM Conference, 2-4 September 2019* (eds C Gorse and CJ Neilson), 2019, pp. 386–395. Association of Researchers in Construction Management.
- Nepal MP and Staub-French S (2016) Supporting knowledge-intensive construction management tasks in BIM. *Journal of Information Technology in Construction* 21: 13–38.
- Söderberg J (2006) *Concordia – försök med integrerad planering*. Lund.
- Viklund Tallgren M (2021) *Collaborative production planning with BIM – Design, development and evaluation of a Virtual Production Planning system*. Chalmers University of Technology. Available at: https://research.chalmers.se/publication/503888/file/503888_Fulltext.pdf.