

Miikka Lindell

Knowledge Management

Rakentamisteknologia ja pilvipohjaiset projektihallintajärjestelmät –
Vaihtoehto rakennusalan tuottavuuden parantamiseksi.

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Mestarityö

29.4.2019

<p>Tekijä Otsikko</p> <p>Sivumäärä Aika</p>	<p>Miikka Lindell Knowledge Management Rakentamisteknologia ja pilvipohjaiset projektihallintajärjestelmät – Vaihtoehto rakennusalan tuottavuuden parantamiseksi.</p> <p>109 sivua 29.4.2019</p>
<p>Tutkinto</p>	<p>Rakennusmestari (AMK)</p>
<p>Koulutusohjelma</p>	<p>Rakennusalan työnjohto</p>
<p>Suuntautumisvaihtoehto</p>	<p>Talonrakennustekniikka</p>
<p>Ohjaaja</p>	<p>Lehtori Jouni Ruotsalainen</p>
<p>Opinnäytetyön tavoitteena on paneutua rakennusalan ongelmiin, löytää tehokkain IT-lähtöinen lähestymistapa rakennusliiketoimintaan tavalla, mitä ei hyödynnetä vielä suomessa sekä käsitellä rakennusalaa IT-näkökulmasta, saada perinteiseen ajattelutapaan kangistuneita tekijöitä arvioimaan digitaalisuuden hyötyjä uudessa valossa ja esitellä dynaaminen lähestymistapa rakennusliiketoimintaan pilvipohjaisella hallintajärjestelmää.</p> <p>Aloitin opettelemalla useita erilaisia suomalaisia ja ulkomaalaisia rakennustyömaille suunnattuja mobiilisovelluksia. Tein vertailututkimusta kahden eri mobiilisovelluksen hyödyntämisestä työnjohtotehtävissä.</p> <p>Lopputuloksena on, että pilvipohjainen hallintajärjestelmä on ainoa varteenotettava vaihtoehto rakennusliikkeiden IT-järjestelmä vaihtoehdoksi ja täysin ylivoimainen vertailututkimuksessa käytettävään verrokkiohjelmiaan.</p>	
<p>Avainsanat</p>	<p>Rakentamisteknologia, projektihallinta, Fieldwire, tiedonhallinta</p>

Author(s) Title Number of Pages Date	Miikka Lindell Knowledge Management Construction Technology and Cloud-Based Project Management System – An Option to Improve Construction Productivity 109 pages 29 April 2019
Degree	Bachelor of Construction Site Management
Degree Program	Construction Site Management
Specialisation option	House Building
Supervisor	Lecturer Jouni Ruotsalainen
<p>The aim of the thesis is to focus on the problems of the construction industry and to find the most effective IT-based approach to the construction business in a way that is not yet utilized in Finland. This researcher's intent is to handle the construction industry from an IT perspective and to get the traditional mind-sets to evaluate the benefits of digitalism in a new light. Introduce a dynamic approach to the construction business with a cloud-based management system.</p> <p>This researcher started by investigating several different Finnish and foreign mobile applications for construction sites. This researcher created a comparative study of the utilization of two different mobile applications for work management tasks.</p> <p>The conclusion is that the cloud-based management system is the only viable alternative to the building companies' IT systems as an alternative and completely superior to the benchmarking programs.</p>	
Keywords	Construction technology, project management, Fieldwire, knowledge management

Sisällys

1	Johdanto	6
1.1	Tausta	8
1.2	Tavoitteet	8
2	Suomen rakennusala	10
2.1	Kiinteistö- ja rakennusalan näkemykset digitalisaatioon.	12
2.2	KIRA-digi ja tulevaisuus	16
3	Rakennusalan haasteet	17
4	Digitaalisuus	26
4.1	Tutkimuksia	30
4.2	Digitalisoituminen	33
4.3	Digitaalinen arviointimalli	34
5	Tiedonhallinta	36
5.1	Big Data	37
5.2	API, Application programming interface	39
6	Rakentamisteknologia arvoketjun eri vaiheissa	42
6.1	Digitaalinen käsikirjoittaminen	48
6.2	RFID, Radio frequency identification	50
6.3	BIM, Building Information Modeling	55
6.4	LiDAR, Light Detection and Ranging	58
6.5	VR, Virtual reality	60
6.6	AR, Augmented reality	62
6.7	Pilvipohjaiset projektihallintajärjestelmät	64
6.7.1	GenieBelt	67
6.7.2	PROCORE	67
6.7.3	Aconex Construction Management Software	69
7	FIELDWIRE	71
7.1	Kustannukset	74
7.2	Lean	76

7.3	Case-tutkimus: Fieldwiren hyödyntäminen työnjohtamisessa	78
8	Pohdinta	83
9	Fieldwire kuvina	86
	Lähteet	97

- 3D Kolmiulotteinen tietokonegrafiikka tietokoneen näytöltä katsottuna.
- CAD *Computer-aided Design*. Arkkitehtien, insinöörien, suunnittelijoiden ynnä muiden käyttämä tietokoneavustettu suunnitteluohjelma numeraaliseen laskentaan, 2D piirtämiseen, 3D piirtämiseen ja simulointiin.
- CPM *Corporate Performance Management*. Liiketoimintaa täydentävä ohjelmisto, mikä sisältää muun muassa suunnittelutoiminnot, ennustuksen ja budjetoinnin. Käyttöliittymä näyttää tärkeimpien suoritusindikaattoreiden lukuja, mitkä auttavat seuraamaan projektien suorituskykyä suhteessa yrityksen tavoitteisiin ja strategiaan.
- CVS *Comma-separated values*. Yksinkertaistettu tiedostomuoto, jolla tallennetaan yksinkertaista taulukkomuotoista tietoa tekstitiedostoon, jossa taulukkorakenteen kentät on eroteltu toisistaan pilkuilla ja rivinvaihdolla. Käytetään datan tallentamiseen ja siirtämiseen tietokoneohjelmien välillä.
- ERP *Enterprise resource planning*. Toiminnanohjausjärjestelmä on yrityksen tietojärjestelmä, joka integroi eri toimintoja kuten reskontraa, materiaalihallintoa ja varastoa, kirjanpitoa, logistiikkaa, jakelua, laskutusta ja projektinhallintaa.
- ESB *Enterprise service bus*. Kokoelma tuotteita ja tekniikoita, joilla saadaan erilaiset tietotekniset järjestelmät kommunikoimaan ja vaihtamaan tietoa keskenään.
- EU *Euroopan unioni*. 28 Euroopan valtion muodostama yhteinen poliittinen ja taloudellinen liitto.
- GPS *Global Positioning System*. Yhdysvalloissa kehitetty 24 satelliitin paikannusjärjestelmä mikä kiertää maata 20 200 kilometrin korkeudella.

IoT	<i>Internet of Things</i> . Yleisnimitys laitteille, kodinkoneille, kulkuneuvoille ynnä muille sellaisille, mitkä ovat kytketty internetiin, joita voidaan muun muassa etäohjata internetin välityksellä.
IT	<i>Informaatioteknologia</i> . Tiedon digitaalista tallentamista, muokkausta, siirtoa tai hakemista tietokoneiden avulla.
LVIS	Lämpö, vesi, ilmanvaihto, sähkö.
PC	<i>Personal Computer</i> . Henkilökohtaiseen käyttöön tarkoitettu tietokone, millä viitata tablettiin, kannettavaan- tai pöytätietokoneeseen.
PDF	<i>Portable Document Format</i> . Adoben kehittämä ohjelmistoriippumaton tiedostomuoto, mikä näyttää kaikissa käyttöjärjestelmissä samalta. Siihen voidaan lisätä vuorovaikuttaisia toimintoja, kuten sähköisen allekirjoituksen tai hyperlinkkejä.
RFI	<i>Request for Information</i> . Virallinen liiketoiminta prosessi, missä pyydetään lisätietoa joko etenemiseen tai tukemaan päätöksentekoon. Käytetään erilaisissa tiedonhallintajärjestelmissä.
ROI	<i>Return on Investment</i> . Sijoitetun pääoman tuotto on tulostmittaus, mitä käytetään investointien tehokkuuden arvioimiseen. Lasketaan tuotto vähennettynä investoinnista jaettuna investoinnilla.
URL	<i>Uniform Resource Identifier</i> . Web-sivujen tekstimuodossa oleva osoite.
Web	<i>World Wide Web</i> . Internet verkossa toimiva hajautettu hypertekstijärjestelmä, missä selaimilla haetaan verkkosivuiksi kutsuttuja dokumentteja web palvelimilta.
WLAN	<i>Wireless local area network</i> . Mikroaaltosäteilyyn perustuva langaton lähiverkkoteknologia, millä yleisesti viitataan IEEE 802.11 -standardiin, mitä erilaiset verkkolaitteet hyödyntävät informaation välittämiseen.

YK *Yhdistyneet kansakunnat.* Maailmanlaajuinen hallitusten välinen yhteistyöjärjestö, mikä perustettiin turvaamaan rauhaa ja turvallisuutta.

1 Johdanto

Rakennusala voidaan vielä tänäkin päivänä kuvailla sanoilla vanhanaikainen ja tehoton. Kustannusten ylittyminen ja aikataulun venyminen ovat alan uusin standardi. Marginaalit ovat matalat, sillä työn tuottavuus ei ole noussut oleellisesti siitä, mitä se oli 1950-luvulla. Projektit ovat jatkuvasti entistä kalliimpia, monimutkaisempia ja tuottamattomampia. Maailman tämän hetken viiden suurimman projektin yhteenlaskettu arvo on lähes 400 miljardia \$. Yli miljardin \$ projektit ovat nelinkertaistuneet edeltävän vuosikymmenen aikana ja ne tulevat lisääntymään entisestään tulevaisuudessa.

Alalla koetaan parhaillaan hitaasti etenevää muutosta analogisesta digitaaliseen, haluttiin sitä tai ei. Ulkopuolelta tuleva paine puskee läpi ja pakottaa alan muuttumaan. Kaikki digitalisoidaan, mitä on mahdollista digitalisoida. Vuosikymmeniä jatkunut muutoshaluttomuus on johtanut alan merkittävään teknologiavajeeseen. Valtaosa tekijöistä on hämmentynyt muutoksen nopeasta tahdistista ja sen mukana tulevasta teknologiasta eikä tiedä miten tarttua tähän uuteen tilaisuuteen. Langattoman tiedonsiirto- ja mobiiliteknologian kehittyminen ja älypuhelimien leviäminen työmaille työntekijöiden mukana ovat kiihdyttäneet muutostahtia hyvin paljon hyvin lyhyessä ajassa. Viime vuosina pääomasijoittajat ja teknologiayritykset ovat kiinnittäneet entistä enemmän huomiota alan kehityspotentiaaliin. Entistä useammassa teknologiayrityksessä pyritään olemaan digitaalisen muutoksen edelläkävijöitä ja mullistamaan koko rakentamisen elinkaari. Entistä useammassa startup-yrityksessä pyritään kehittämään helposti lähestyttäviä mobiilisovelluksia rakennustyömaille aikataulun- ja kustannustenhallintaan. Google kehittää tällä hetkellä omaa pilvipohjaista Genie tekoälyavustajaa, jonka käytön ennustetaan säästävän 30-50 % hankkeen kustannuksista ja kokonaisajasta.

Pilvipohjaiset hallintajärjestelmät ovat ratkaisu rakennushankkeiden matalaan tuottavuuteen, mutta niitä ei hyödynnetä lähellekään siinä määrin, mitä olisi mahdollista. Keskitettyjä tuotannonohjaus- ja projektinhallintajärjestelmiä on ollut saatavilla PC:lle heti internetin yleistyttyä 1990-luvulla, mutta ne olivat suunnattu ensisijaisesti vain suurille rakennusliikkeille. Ennen mobiililaitteita ja pilvipalveluita, PK-

yrittäjillä ei ole ollut juuri mitään tietoteknisiä ratkaisuja, mistä valita. Tänä päivänä millä tahansa rakennusliikkeellä pienimmästä isoimpaan on yhtäläiset mahdollisuudet hyödyntää ennenkokemattoman edullisia ja tehokkaita kuukausiveloitukseen perustuvia hallintajärjestelmiä. Perinteistä kiinni pitävät rakennusliikkeet jäävät muita epäedullisempaan kilpailuasetelmaan, sillä tulevaisuuden toimintaympäristössä menestyminen edellyttää vahvaa panostusta henkilöstön osaamiseen, digitaaliseen yrityskulttuuriin ja liiketoimintastrategiaan. Teknologian omaksuminen mahdollisimman aikaisessa vaiheessa ja kehityksen perässä pysyminen takaavat varman kilpailuedun tulevaisuudessa. Asiakaslähtöisyyden merkitys korostuu entisestään tulevaisuudessa ja asiakastarpeiden tunnistaminen nousee yhdeksi kilpailukyvyyn lähtökohdista. Rakennusliikkeiden pitää pystyä tarjoamaan entistä parempia teknisiä ratkaisuja, joilla asiakas saa enemmän vastinetta rahoilleen. Koko rakentamisen arvoketju tulee muuttumaan perusteellisesti tulevaisuudessa luoden täysin uudenlaisia yhteistyökumppanuussuhteita useampien tahojen kesken. Se edellyttää luottamusta, tiedonvälitystä, yhteistyötä, vuorovaikutusta, läpinäkyvyyttä ja vastuuvollisuutta, mikä korostaa digitaalisesti orientoituneen liiketoimintamallin merkitystä entisestään.

Knowledge management -käsite viittaa itse itseäni varten suunnittelemaani johtamismalliin, mikä lähti omasta tarpeesta ratkaista alan yleinen luottamusongelma ja rikkinäinen puhelin -leikki. Sitä ei ole mietitty yhtä syvällisesti, mitä johtamismallista voi olettaa, mutta siihen on vaikuttanut enemmän tai vähemmän innovaatio-, laatu- ja teknologiajohtaminen. Se korostaa digitaalisesti orientoitunutta informaatiokeskeistä lähestymistapaa työnjohtamiseen ja viimeisimmän rakentamisteknologian hyödyntämistä sekä työnjohtajan roolia ennaltaehkäisevässä työsuunnittelussa ja tiedonhallinnassa. Lähtökohta on, että jokaisella henkilöllä kesätyöntekijästä valvojaan on aina kaikki mahdollinen tieto, mitä he voivat ikinä tarvita ennen kuin he osaavat sitä kaivata. Tavoitteena on työnjohtajan ehdoton työtätehokkuus ja täydellinen tilannetietoisuus työmaan tapahtumista.

Knowledge managementin ydin on integroitava pilvipohjainen hallintajärjestelmä tai Fieldwire, mikä pitää paletin kasassa ja liimaa kaiken yhdeksi toimivaksi kokonaisuudeksi. Työssä käsiteltävät rakentamisteknologiat liittyvät tiedonhallintaan, osaamisen kehittämiseen, tiedolla johtamiseen ja prosessien johtamisen työkaluihin, jotka perustuvat informaatioteknologiaan. Aiheen käsitteleminen jää tyngäksi, mutta

siihen liittyy vielä esimerkiksi tiedon visuaalinen esittäminen, mitä en ehtinyt käsitellä kuin muutamalla esimerkkikuvalla kappaleessa 6.1.

1.1 Tausta

Hyvin pian aloitettuani työnjohtotehtävät huomasin, kuinka suuri osa työajastani kuluu samojen asioiden toistamiseen päivästä toiseen eli niin sanottuun rikkinäinen puhelin -leikkiin, ihmisten tai materiaalien etsimiseen eli niin sanotusti työmaalla pyörimiseen ja oikean tiedon löytämiseen. Tiesin alusta lähtien, että ratkaisu löytyy informaatiotekniikasta ja olen ihmeissäni, ettei sitä hyödynnetä työmailla lähellekään siinä määrin, mitä olisi mahdollista, eikä sitä nähdä oleellisena elementtinä työnjohtamisessa. Olin aivan ääriä myöden kyllästynyt rikkinäinen puhelin -leikkiin ja yleiseen epäluottamukseen jo ensimmäisen työharjoittelun puolivälissä, eikä minulla ollut muuta vaihtoehtoa, kuin joko palata takaisin kirvesmieheksi tai löytää paras IT-lähtöinen ratkaisu oman työtehokkuuden parantamiseksi ja miettiä siinä sivussa mahdollisimman innovatiivinen lähestymistapa digitalisoida koko Suomen rakennusala yksinkertaisesti ja kivuttomasti yhdellä kertaa.

Olen opetellut muutaman vuoden aikana useita suomalaisia ja ulkomaalaisia rakennustyömaille tarkoitettuja mobiilisovelluksia. Yhteensä olen kokeillut toistasataa erilaista rakennustyömaaympäristöön soveltuvaa mobiililaitetta, -sovellusta, tietokoneohjelmaa tai mittalaitetta laidasta laitaan. Olin yhteydessä Yhdysvaltojen Kaliforniaan Fieldwiren pääkonttoriin ensimmäistä kertaa jo tammikuussa 2017. Sain muutaman yrittämisen jälkeen ystävällisen yhteyshenkilön Edouard Bidaultin, kuka antoi minulle käyttöön ilmaisen Fieldwiren sekä auttoi ymmärtämään sen toimintaa Lean-ohjauksen näkökulmasta.

1.2 Tavoitteet

Opinnäytetyön päätavoitteena on paneutua rakennusalan ongelmiin ja löytää tehokkain IT-lähtöinen lähestymistapa rakennusliiketoimintaan tavalla, mitä ei hyödynnetä vielä Suomessa.

Halusin käsitellä rakennusala IT-näkökulmasta ja tehdä mahdollisimman kattavat, objektiivisen ja yleishyödyllisen kirjoitustyön aiheesta, jota ei ole käsitelty aiemmin

suomenkielellä. Pysin haastamaan perinteiseen ajattelutapaan kangistuneita tekijöitä arvioimaan digitaalisuuden hyödyt uudessa valossa sekä vakuuttaa heidät käsiteltävien aiheiden merkittävyydestä ja ajankohtaisuudesta.

Haluan esittää oman idean kiinteistö- ja rakennusalan digitalisoimiseksi, esitellä tämän hetken merkittävimmän rakentamisteknologian Yhdysvaltojen Piilaaksosta ja käsitellä dynaamista lähestymistapaa rakennusliiketoimintaan pilvipohjaisilla hallintajärjestelmillä. Pysin kannustamaan ihmisiä muodostamaan omat johtopäätökset keskitetyn hallintajärjestelmän merkityksestä ja kokeilemaan ilmaista Fieldwire Basic-jäsennyttä. Lisäksi haluan esitellä minun mielestäni parhaimman mobiililaitteen, mikä korvaa perinteisen kynä ja paperi menetelmän täysin digitaalisella paperittomalla työjohtamisella.

2 Suomen rakennusala

Rakennustuotannon arvo vuonna 2017 oli yhteensä 33,7 miljardia €, mikä vastaa 15 % suomen bruttokansantuotteesta. Vuodesta 1975 vuoteen 2017 rakentamisen tuottavuus on pysynyt samana. Rakennukset ja infrastruktuuri muodostavat noin 70 % kansallisvarallisuudestamme, minkä arvo on 515 miljardia €. [10] Ympäristöministeriön sekä kiinteistö- ja rakennusteollisuuden yhdessä asettamat tavoitteet vuodelle 2030 ovat: toimialan kasvu 25 %, tuottavuuden kasvu 25 %, materiaalihukan väheneminen 50 % ja virheiden väheneminen 75 %. [8]

Rakennusalan tuottavuus on matalampi kuin muilla teollisuudenaloilla eikä rakentaminen itsessään ole kovin kannattavaa liiketoimintaa Suomessa. Matala tuottavuus näkyy muun muassa korkeina asumiskustannuksina, sillä asuntoja ei rakenneta riittävästi. Ennusteiden mukaan Suomi ohittaa Tanskan asumiskustannuksiltaan kalleimpana EU-maana vuoden 2019 aikana. Valtion tulee lisätä kasvukuntien kaavoitusta ja infrastruktuurin rakentamista, muuttaa valtionosuusjärjestelmää kuntien eduksi tai pienentää kiinteistöveroä. Kuntia voidaan velvoittaa kaavoittamaan tiiviimmin ja korkeammalle. Rakentamattoman ja kaavoittamattoman maan kiinteistöveroä voidaan nostaa. Kunnilla on mahdollisuus parantaa rakentamisen tuottavuutta muun muassa irrottamalla kaavamaksut, kiinteistöverot ja tonttivuokrat neliövuokraperusteesta, missä verotus perustuu kerrosneliöihin. Nykyinen taso perustuu vuosikymmeniä sitten asetetulle tuottovaateelle, mille ei ole perusteita tänä päivänä. Verovähennykset leikkaavat kuntien tuloja, mutta ne voidaan korvata valtionosuuksilla, verovähennyksillä tai infrastruktuurihankkeilla. Valtion panostus näkyy lopulta kaupungistumisena, työllisyyden kasvuna ja talouskasvuna. Rakentamisesta pitää tehdä kannattavampaa, jotta alalle saadaan lisää tekijöitä. Kilpailu madaltaa tuottavuutta, mutta edistää alan yleistä kehitystä. Rakennusliikkeissä ei haluta aloittaa, kuin vain kannattavimpia projekteja ja tästä johtuen rakennetaan vähemmän, kuin olisi mahdollista. Tällä hetkellä alalla ei ole riittävää painetta muutosten aikaansaamiseksi. Rakentamisen volyymin kasvattamiseksi pitää tunnistaa ja poistaa tarpeettomat lainsäädännön pullonkaulat. [9]

Rakennusliike Peabin vuonna 2018 teettämä tutkimus suomalaisten mielikuvista ja käsityksistä rakennusalaa kohtaan paljasti karun todellisuuden ihmisten epäluottamuksesta rakentamisen laatuun liittyvissä asioissa. Tutkimukseen vastanneet edustavat hyvin koko Suomen väestöä. Valtaosa pitää kosteus- ja sisäilmaongelmia alan merkittävimpinä haasteina sekä yhteiskunnallisina ongelmina. Enemmistön mielestä rakentamisen hyvä maine on mennyt. Syitä siihen ovat muun muassa suunnitelmien ja rakentamisen huono laatu, home, vastuun puuttuminen, ammattiyhdyksen katoaminen, kiire ja valvonnan puute.

”Luvut ovat todella pysäyttäviä. Alan mielikuva oli vieläkin huonompi, kuin mitä osasimme odottaa. On selvää, että nyt koko rakennusalan on aika toimia”

Rakennusyritys Peabin toimitusjohtaja Mika Katajisto. [11]

Mitä tulee rakennusalan tutkimukseen, kehitykseen tai digitalisoitumiseen, Suomi ei ole maailman kärkimaita. Tähän käsitykseen päästään vertaillen maailmanlaajuisia Roland Berger, JBKnowledge, Ernst & Young LLP, AGC Partners ja McKinsey Global Institute digitaalisuus raportteja sekä Suomen kiinteistö- ja rakennusalan digitaalisuuden nykytila ja kehityssuunnat -raporttia. Edellä mainitut maailmanlaajuiset raportit eivät sisältäneet Suomea. Suomi mainittiin vain yhden kerran McKinseyn 168 sivuisessa raportissa. Yllämainittuihin raportteihin verrattuna suomalaisissa rakennusliikkeissä ollaan keskimäärin muita teollisuusmaita vähemmän digitaalisesti orientoituneita. Lisäksi on vähemmän liiketoimintastrategiaan sidoksissa olevia digitaalisia strategioita ja digitaaliset strategiat nähdään vähemmän merkityksellisinä. Suomessa hyödynnetään vähemmän rakentamisteknologiaa, kuten ERP:tä, pilvipalveluita, projektinhallintajärjestelmiä, Big Data analytiikkaa, lennokkeja, mobiililaitteita, tietomallia, tekoälyä, VR ja AR.

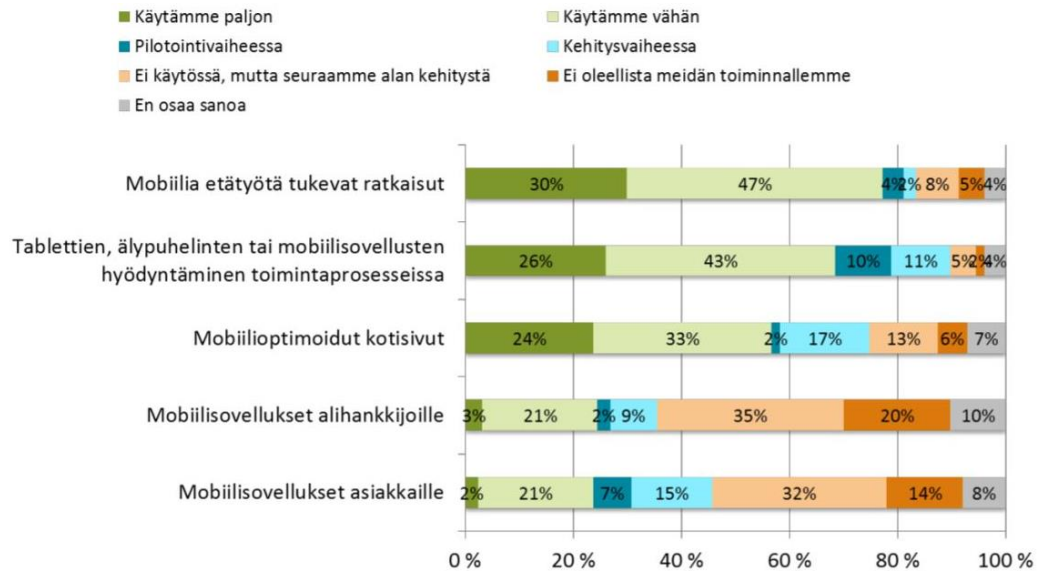
Suomalainen rakentamisteknologia jää pahasti jälkeen maailmalla jo käytössä olevista vaihtoehdoista. AGC Partners julkaisi vuoden 2018 syksyllä kattavan rakentamisteknologia raportin, missä mainitaan alan 165 merkittävintä yritystä uusimman teknologian eturintamasta, integroinnista, hankinnasta, materiaalien- ja varastonhallinnasta, kustannuslaskennasta, tietoturvasta, IoT:sta, digitaalisesta markkinapaikasta, suunnittelusta, data analytiikasta, tuotannonohjauksesta, rakennustyömaan- ja projektinhallinnasta sekä alalla vaikuttavista suuryrityksistä ja

teknologiavaikuttajista. Merkittävimpien yritysten joukkoon ei valittu yhtäkään suomalaista yritystä.

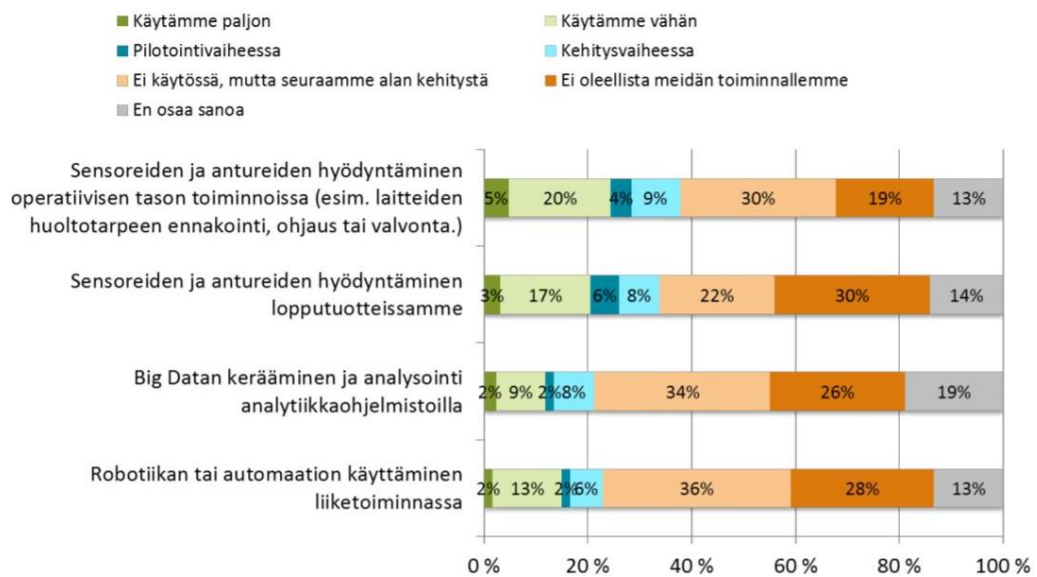
2.1 Kiinteistö- ja rakennusalan näkemykset digitalisaatioon.

Tampereen teknillisen korkeakoulun rakennustekniikan laitos toteutti loppuvuodesta 2016 laajan selvityksen Suomen kiinteistö- ja rakennusalan näkemyksistä digitalisaatioon. Kysely lähetettiin Kiinteistötyönantajat ry:n, RAKLI ry:n ja Talonrakennusteollisuus ry:n jäsenille. Viides osa kyselyistä lähetettiin Uudistuminen ja digitalisaatio sekä Rakennuttaminen -teemaverkoston jäsenille. Vastausten määrä oli liian vähäinen antamaan luotettavaa kuvaa koko alan nykytilanteesta, joten tulokset kannattaa tulkita suuntaa antavina. [12]

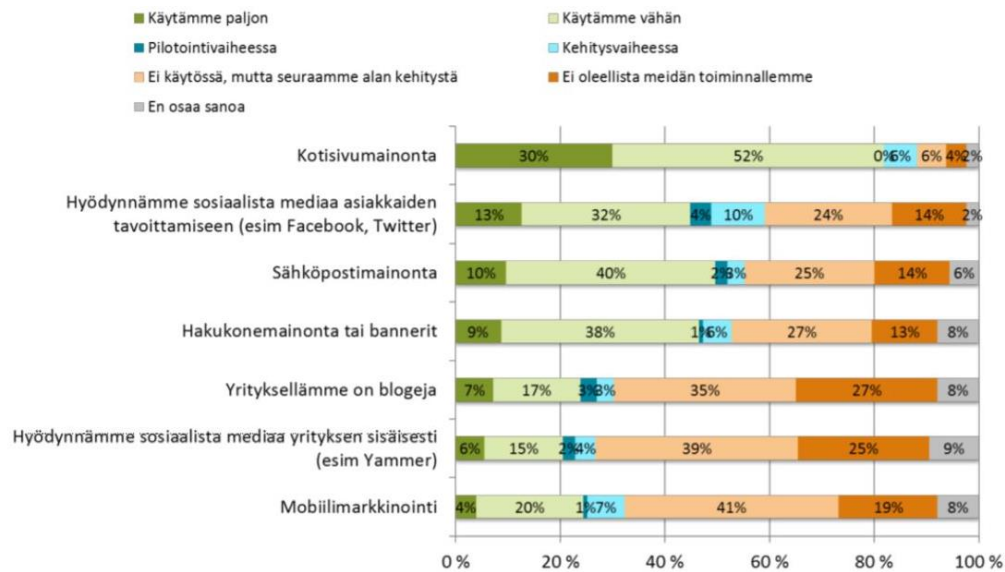
Kiinteistö- ja rakennusalalla ymmärretään digitaalisuuden merkitys, mutta siitä huolimatta sen laajamittainen hyödyntäminen on vasta alkuvaiheessa. Digitaalisen potentiaalin hyödyntämisaste on tällä hetkellä alle 10 %. Yrityksissä nähdään parhaana vaihtoehtona kehittää yhteisiä projekteja muiden alan toimijoiden kanssa. Alan kehitystä hidastaa muun muassa yleinen epävarmuus teknologian tarpeellisuudesta, ketteryyden puute yrityksissä, riittämätön teknologinen osaaminen, soveltuvien case -esimerkkien puuttuminen, tietoturvaan liittyvät pelot, innovaatioiden ja yhteisten kehityshankkeiden puuttuminen. Alalla ei ole tehty vielääkään riittävän kokonaisvaltaista tutkimusta, joka puoltaisi digitaalisuuden hyötyjä. Valtaosassa yrityksiä digitekniikka nähdään vain hyödyllisenä apuvälineenä tai helpottavana työkaluna. Neljäsosa vastanneista ei koe sillä olevan merkitystä liiketoimintastrategiaan. Kymmenesosa uskoo sen lisäävän liiketoiminta mahdollisuuksia, mutta vain kolmella prosentilla yrityksistä on digitaalinen liiketoimintastrategia. [12]



Kuva 5. Mobiiliteknologian hyödyntäminen kyselyyn vastanneissa yrityksissä. [12]



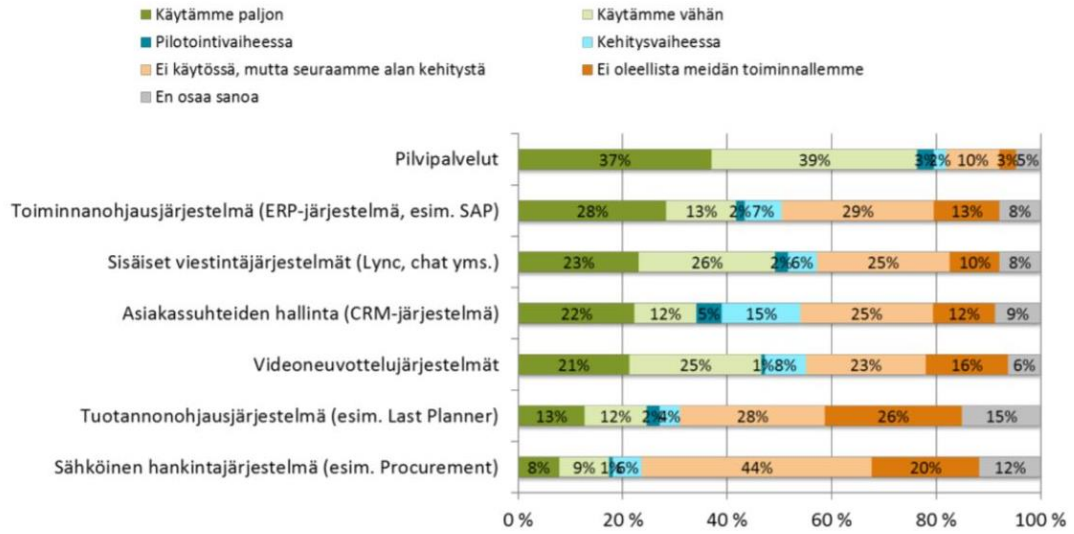
Kuva 6. Digitaalisten teknologioiden hyödyntäminen kyselyyn vastanneissa yrityksissä. [12]



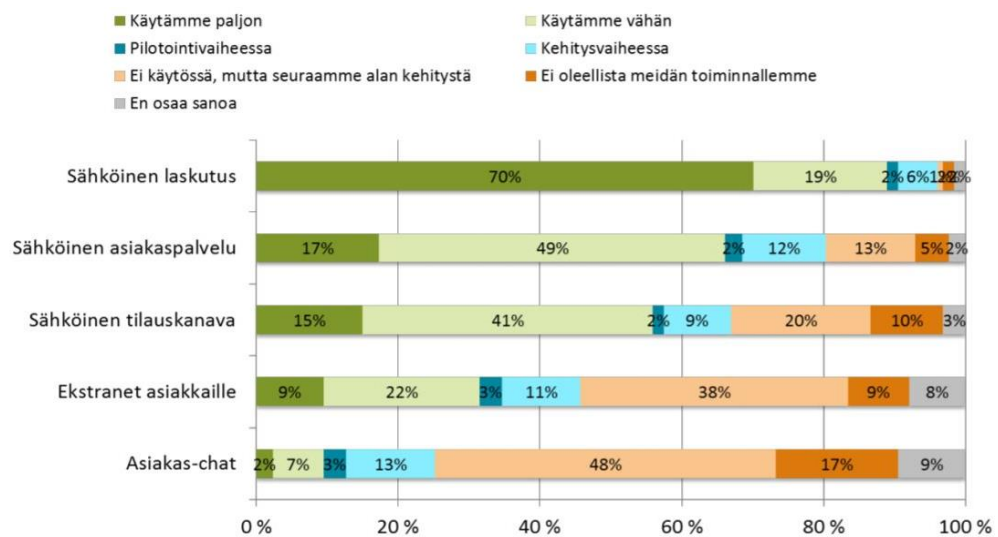
Kuva 7. Sähköisen markkinoinnin ja sosiaalisen median hyödyntäminen kyselyyn vastanneissa yrityksissä. [12]



Kuva 8. Tietomallintamisen hyödyntäminen kyselyyn vastanneissa yrityksissä. [12]



Kuva 9. Sähköisten yritysjärjestelmien hyödyntäminen kyselyyn vastanneissa yrityksissä. [12]



Kuva 10. Sähköisen kaupankäynnin ja sähköisten asiakaspalveluiden hyödyntäminen kyselyyn vastanneissa yrityksissä. [12]

Digitaalisilla palveluilla ja teknologiainvestoinneilla ei lähtökohtaisesti tavoitella kilpailuedun kasvattamista, vaan organisaation sisäisen ja ulkoisen vuorovaikutuksen parantamista, toiminnan tehostamista ja kustannussäästöjä. Tärkeimpinä investointikohteina nähdään sähköinen asiakaspalvelujärjestelmä, asiakassuhteiden hallintajärjestelmä, sosiaalinen media, sähköinen markkinointi, mobiiliteknologia, tavaroiden internet ja älykkäät materiaalit.

Kyselyn vastaajia pyydettiin arvioimaan omaa organisaatiota asteikolla yhdestä kymmeneen, missä yksi on eri mieltä ja kymmenen on digitaalisen liiketoiminnan edelläkävijä, joka hyödyntää uusinta teknologiaa ja osaamista sekä yritystoiminta perustuu digitaaliselle liiketoimintamallille. Vastausten keskiarvo oli 5,2. Digitaalisesti orientoituneiden ja perinteisten rakennusliikkeiden mielikuvat oman organisaation digitaalisesta edistyskäsityksestä eivät eroa oleellisesti toisistaan. Vastauksista voi päätellä, ettei yrityksissä olla kunnolla perehtyneitä markkinoilla oleviin rakentamisteknologia vaihtoehtoihin. [12]

2.2 KIRA-digi ja tulevaisuus

Kiinteistö- ja rakennusalan digitaaliset ratkaisut eli KIRA-digi oli osa hallituksen julkisten palveluiden digitalisointihanketta vuosina 2016-2018. Tavoitteena oli vauhdittaa digitalisoitumista, luoda rakennetun ympäristön yhteinen avoin tiedonhallinnan ekosysteemi, vähentää byrokratiaa, ohjata lainsäädäntöä tukemaan muutosta, rakentamisen ja kaavoituksen elinkaaren kattavan tiedon standardointi, kehittää ja yhtenäistää valmiita järjestelmiä sekä luoda uusia innovaatioita ja liiketoimintamahdollisuuksia. Keskiössä oli erilaiset kokeiluhankkeet, mitä valtio rahoitti yhdessä kiinteistö- ja rakennusalan kumppaneidensa kanssa noin 16 miljoonan euron budjetilla. Rahoitettuja koehankkeita oli yhteensä 139 kappaletta. KIRA-digi hanketta seuraa KIRA-InnoHub, missä jatketaan rakennetun ympäristön digitaalista ekosysteemi kehitystyötä ja pyritään tekemään suomesta rakennetun ympäristön testialusta ja edelläkävijä. [8]

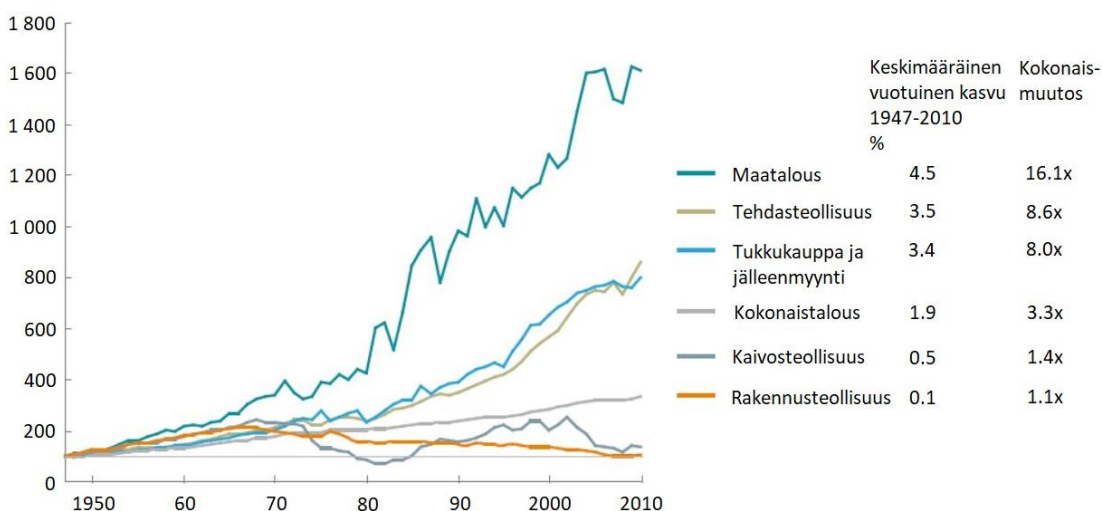
3 Rakennusalan haasteet

Rakennusallalla viitataan muun muassa rakennustuotantoon, tehdastuotantoon, tukku- ja vähittäiskauppaan, hallinnollisiin palveluihin, logistiikkaan ja varastointiin sekä alan ammatti- ja korkeakoulututkintoihin. [w] Maailmantalouden **tuottavuus on kasvanut** vuosina 1995-2014 keskimäärin **37 \$ tunnissa**, tehdasteollisuudessa **39 \$ tunnissa**, mutta rakennusteollisuudessa vain **25 \$ tunnissa**. [1] EU-maissa rakentamisen **tuottavuus on kasvanut keskimäärin vain 1 %** viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana. [2] Vuoden 2005 jälkeen rakentamisen **tuottavuus on kasvanut Saksassa vain 4,1 %**, kun vastaavalla ajanjaksolla **kansantalous on kasvanut 11 % ja tehdasteollisuus 34,1 %**. Rakentamisen tuottavuus on **laskenut Italiassa ja Espanjassa 5 %** vuositahtia 2010-2015. Rakennushankkeiden kokonaiskustannuksista käytetään **12-15 % virheiden ja puutteiden korjaamiseen**. Rakennustyöntekijän työajasta kuluu **70 % muuhun**, kuin **pääasiallisen työtehtävän** suorittamiseen. Työaikaa kuluu muun muassa materiaalityöimistusten odottamiseen, materiaalin tai työkalujen etsimiseen, siivoamiseen, järjestelyyn, asioiden selvittämiseen, tupakalla seisoskelemiseen, paikasta toiseen siirtymiseen ja niin edelleen. [3]

Yhdysvalloissa rakennusteollisuuden tuottavuus on laskenut vuodesta 1968 alkaen

Bruttoarvonlisäys tehtyä työtuntia kohden, kiinteinä hintoina

Index: 100 = 1947



Kuva 1. Arvonlisäykseen perustuvan työn tuottavuuden kehitys Yhdysvalloissa eri toimialoilla vuosina 1947-2010. [1]

Alan marginaalit ovat historiallisen matalalla, eikä työn tuottavuus ole kasvanut viiteen vuosikymmeneen, mutta tekemällä perusteellisia muutoksia seitsemällä eri osa-alueella pystytään **tehostamaan työn tuottavuutta 50-60 %**. Nämä ovat säätelyiden uudelleen muotoilu ja läpinäkyvyyden lisääminen, sopimuspuitteiden uudistaminen, suunnittelun ja teknisten prosessien uudelleen arviointi, prosessien standardointi, hankintaosaston ja toimitusketjun parantaminen, työmaatoteutuksen parantaminen, digitaalisen teknologian, uusien materiaalien ja kehittyneen automaation hyödyntäminen sekä henkilöstön uudelleen kouluttaminen. [1]

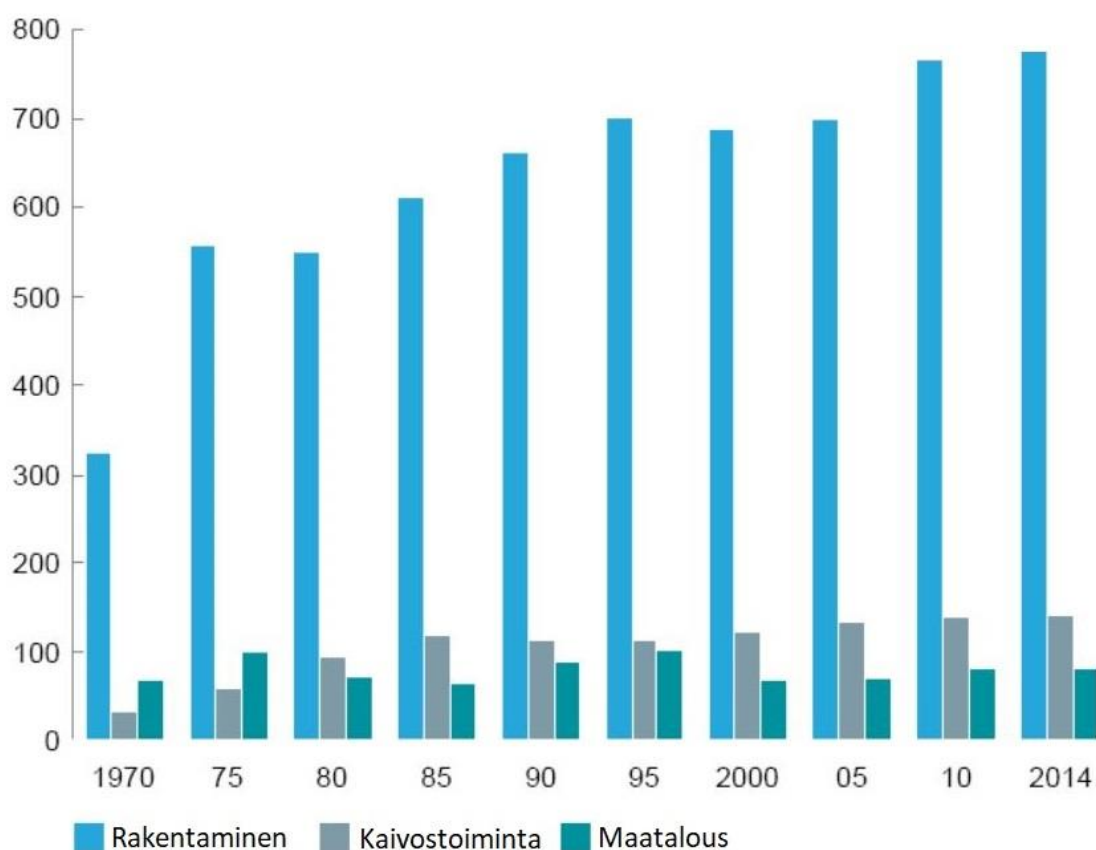
”Laajan kansainvälisen vertailututkimuksen mukaan esimerkiksi rakennusajan puolittaminen olisi jo nyt mahdollista.”

Aalto-yliopiston rakennustekniikan laitoksen professori Olli Seppänen. [5]

Rakennushankkeista ja työmaista on tullut entistä monimutkaisempia mihin nähden suunnitteluprosessit, investointi, projektinhallinta ja työmaatoteutus on välttävää. Rakentamisen volyyymi on lisääntynyt merkittävästi maailmanlaajuisesti edeltävän kymmenen vuoden aikana ja tulee lisääntymään entisestään. Alalla on valtavaa painetta uudistumiseen ja hyviksi todettujen teknologioiden omaksumiseen muilta teollisuudenaloilta. On painetta saada lisää kontrollia prosessien hoitamiseen, tehokkuutta, yhteistyötä ja läpinäkyvyyttä. Ulkopuoliset sijoittajat näkevät rakentamisen kannattamattomana ja liian riskialttiina liiketoimintana muun muassa suhdanneherkkyyden ja julkisen rahoituksen riippuvuuden takia. Edes rakennusliikkeissä ei olla halukkaita sijoittamaan tuotekehittämiseen tai innovaatioihin, sillä rakennusliiketoiminta on lähtökohtaisesti kallista, mikä sitoo muutenkin niiden taloudellista pääomaa. Taloudellista epävarmuutta lisää valmiiksi matala marginaali, alan suhdanneherkkyys ja riippuvuus julkisesta rahoituksesta. Projektikohtaisesta ja kvartaaliajattelusta johtuen rakennusliikkeissä ei tehdä pidemmän aikavälin investointeja. [1]

Rakennusalalle on kohdistettu Yhdysvalloissa seitsemän kertaa niin paljon säädöksiä, kuin maatalouteen tai kaivostoimintaan. Valtaosa säädöksistä ei vastaa nykypäivän vaatimuksia, sillä osa niistä ovat asetettu useita vuosikymmeniä sitten. Vanhanaikaiset, tarpeettomat ja joustamattomat säädökset madaltavat turhaan alan tuottavuutta. Pienimmätkin säädöksiin liittyvät epäselvyydet voivat pidentää hankkeen

kokonaisuikataulua viikoilla tai kuukausilla hyväksyntää odotellessa. Lupakäsittelyt, hyväksynät, julkiset hankintaprosessit sekä pirstaloituneiden maa-alueiden vanhentuneet kaavoituskoodit koetaan kaikkein haastavimpina menettelyinä. Maailmanpankin mukaan maailmanlaajuinen lupakäsittelyaika on keskimäärin 160 vuorokautta, kuudessa valtiossa vähintään vuosi sekä kahdessa valtiossa vähintään kaksi vuotta. Julkinen hankintaprosessi on erityisen tunnettu monimutkaisuudestaan ja sopimukset ovat äärimmäisen tiukkoja rakentamisen suhteen, kuten miten ja minne saa rakentaa. Varsinkin pienemille rakennusliikkeille on liian haastavaa ottaa käyttöön mitään hyviksi havaittuja, innovatiivisia tai tuottavuutta parantavia lähestymistapoja, koska julkisessa prosessissa on suhteellisen vähän joustavuutta. [1]



Kuva 2. Rakentamiseen, kaivostoimintaan ja maatalouteen kohdistetut säädökset Yhdysvalloissa [1]

Monimutkaiset säädökset, byrokratia, tarjouskilpailut, suostumukset, tarkastukset ja lupa-asiakirjat tekevät rakennusalasta maailman toiseksi alttiimman teollisuudenalan lahjonnalle. Maailmanpankin mukaan vähiten korruptoituneissa valtioissa rakennushankkeissa vaaditaan vähemmän lupa-asiakirjoja ja niiden hyväksynnät tehdään nopeammin. Valtioissa kuten Uusi-Seelanti, Australia ja Tanska, missä korruptio on vähäistä, lupamenettelyt lisäävät rakennuskustannuksia vain 0,2-0,5 %. Korruptoituneissa maissa kuten Nigeriassa, Brasiliassa tai Intiassa lupamenettelyihin voi kulua vuosia ja ne voivat lisätä hankkeen kustannuksia jopa 25 %. [1] Epävirallinen työvoima muodostaa merkittävän osuuden maailmanlaajuisesta rakentamisen työvoimasta. Edeltävän kymmenen vuoden aikana pelkästään Yhdysvalloissa epävirallisen työvoiman osuus on ollut 10-16 % työvoimasta ja useissa osavaltioissa luku on yli 20 %. Työvoima keskittyy etupäässä pienemmän mittaluokan kohteisiin, joita syynätään vähemmän. Laittomia maahanmuuttajia palkkaavissa rakennusliikkeissä on matalat työhyvinvointistandardit sekä palkat, sillä niiden ei tarvitse pelätä kiinnijäämistä. Ilman sopimuksia ja laintuomaa turvaa on epätodennäköistä, että työnantajat investoisivat näiden työntekijöiden ammattitaitoon, terveyteen, asiaankuuluviin etuihin tai korvauksiin. [1]

Qatarissa valmistaudutaan vuoden 2022 jalkapallon maailmanmestaruuskilpailuihin yli 200 miljardin \$ rakennus- ja infrastruktuurihankkeilla. Qatar on maailman rikkain valtio, mutta siellä työskentelevien 800 000 siirtotyöntekijöiden kohtalot ovat eittämättä maailman huonoimpia. Yleinen käytäntö on, että eri puolilta Aasiaa houkutellaan työvoimaa Qatariin lupailemalla hyviä töitä hyvällä palkalla, mutta paikan päällä tilanne on hyvin kaukana luvatusista. Palkka on vain osa siitä, mitä on luvattu ja työntekijät joutuvat alusta lähtien orjatyöhön verrattavissa olevaan asemaan. Odottamattomilla ja kalliilla lupakäsittelyillä, sekalaisilla kustannuksilla ja sopimusepäselvyyksillä varmistetaan, että työntekijät ovat velkaa työnantajilleen usean vuoden palkan jo ennen ensimmäistäkin työpäivää. Rakennusliikkeet takavarikoivat työntekijöiden passit, eikä palkkoja saa nostaa ennen työsuhteen päättymistä. Lisäksi työntekijöitä majoitetaan täysin epäinhimillisissä olosuhteissa eikä työsuhteen päättäminen ole mahdollista ilman työnantajan suostumusta. Vuosien 2010-2022 välillä tulee kuolemaan arviolta **4 000** rakennustyöntekijää, mikä tarkoittaa lähes yhtä kuolemantapausta joka päivä. Vertailun vuoksi: ennen vuoden 2012 Lontoon Olympialaisia ei kuollut yhtäkään rakennustyöntekijää ja ennen vuoden 2000 Sidneyyn Olympialaisia kuoli yksi rakennustyöntekijä. [x]

Sopimusten rakenne tekee alan yleisestä tuottavuuden kehittymisestä mahdotonta, sillä sopimusprosessin rangaistukset, palkkiot ja riskit eivät kannusta rakennusliikkeitä rakentamaan tai tekemään yhteistyötä muiden kanssa. Yleinen tuottavuuden paraneminen on vastoin rakentamisen liiketoimintamallia, mikä perustuu voiton tavoitteluun. Todisteet näyttävät, että urakkasopimukseen perustuvan työn tuottavuus on korkeampi, kuin tuntiveloituksella, sillä urakoitsijoilla on kannustin tehdä työt mahdollisimman tehokkaasti ja korkeammalla tuottavuudella. Urakkatyönä tehtynä betonivalut, putkityöt, teräsrunkojen pystytykset ja sähköjohdotukset ovat 35-88 % tuottavampia, kuin tuntityönä tehtynä. Suurin ero toteutusvaihtoehtojen välillä on, missä määrin tilaaja osallistuu projektiin eri vaiheisiin, on tekemisissä urakoitsijoiden kanssa, seuraa työvaiheiden etenemistä tai ottaa osaa ongelmien ratkaisemiseksi. Urakkatyö on yleensä ennalta-arvattavissa olevaa suoraviivaista ja matalariskistä, mistä saa korkeampaa tuottoa. Tuntityönä tehdään yleensä isoja hankkeita, missä on mukana useita sidosryhmiä sekä hankkeen laajuus, suunnitelmat, kokonaiskustannukset tai aikataulu ovat vielä hämärän peitossa sopimuksia allekirjoitettaessa. [1]

Suunnittele- ja rakenna sekä erikoisurakoitsijoiden tai materiaalitoimittajien keskeinen jaettu urakka johtaa väistämättä yhteentörmäyksiin osapuolten kesken. Omistajat pyrkivät toteuttamaan projektit mahdollisimman alhaisilla kustannuksilla, saamaan mahdollisimman paljon vastinetta rahoilleen, välttämään takaiskuja tai kalliita virheitä samalla, kun painostavat urakoitsijoita ja toimittajia nopeuttamaan tuotantoa, etsivät kustannussäästöjä urakoitsijoista, materiaaleista, työvoimasta ja tarvikkeista sekä yrittävät lykätä mahdollisimman paljon vastuita urakoitsijoille. Pääurakoitsijat pyrkivät taloudelliseen vakauteen maksimoimalla tuottavuuden, laskuttamaan mahdollisimman paljon yli- lisä- ja muutostöitä sekä hankkimaan virstanpylväspohjaisia maksuja ja keskeyttämään työnteon, mikäli tulee taloudellisia epäselvyyksiä. Arkkitehdit ja suunnittelijat pyrkivät tuomaan esille omaa luovuuttaan, kasvattamaan mainetta ja minimoimaan rakentamisen kustannuksia, mutta he työskentelevät erillään muusta rakennustoiminnasta sekä toimittavat vaadittavia asiakirjoja ja suunnitelmia omien aikataulujen ja resurssien mukaan. Aliurakoitsijat pyrkivät optimoimaan kustannuksia mahdollisimman edullisella työvoimalla, materiaalilla ja kalustolla, eikä päätöksenteossa oteta huomioon turvallisuutta, laatua, ympäristöä tai terveyttä sekä varaudutaan esittämään korvausvaatimuksia minkä tahansa ongelman ilmetessä. Materiaalitoimittajat pyrkivät taloudelliseen vakauteen myymällä materiaaleja ja

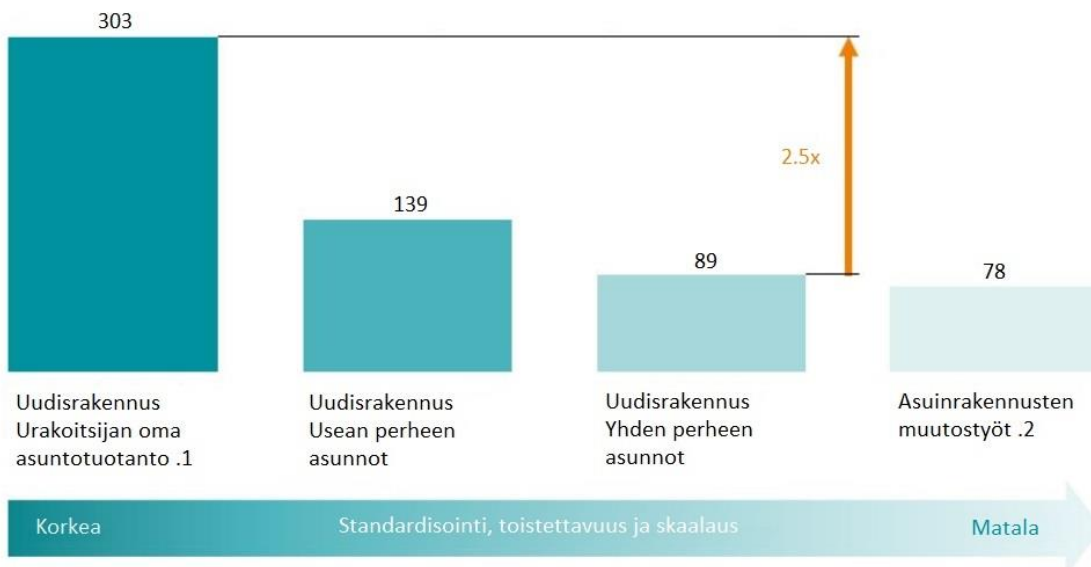
logistiikkapalveluita mahdollisimman korkealla katteella. Laittevalmistajat pyrkivät taloudelliseen vakauteen myymällä ensisijaisesti teknologiaa ja tuotteita, millä hyödynnetään omaa liiketoimintaa sen sijaan, että tarjottaisiin asiakkaille parhaita ratkaisuja. [1]

Maailmanlaajuisesti tuottavinta rakentamista on teollisuusrakentaminen, missä tuotto keskimäärin **24 % yli alan keskiarvon ja** toiseksi tuottavinta on julkisen rahoituksen hankkeet, missä tuotto on **19 % yli alan keskiarvon**. Raskaansarjan rakennusliikkeille on mahdollista madaltaa julkisen hankinnan tarjouksia ja sysätä rakentamisvaiheen vastuita muille, mutta toisinaan tapaukset yhdistetään korruptioon tai hankintayksiköiden kokemattomuuteen. Pien- ali- ja erikoisurakoitsijoiden tuottavuus on keskimäärin **20 % alle alan keskiarvon**. Ne eivät pysty kilpailemaan korkeamman tuottavuuden palveluilla, sillä isot rakennusliikkeet pystyvät tarjoamaan edullisempaa työvoimaa matalammalla katteella. Pienet ja keskisuuret rakennusliikkeet ovat vähemmän halukkaita sijoittamaan kalliisiin teknisiin ratkaisuihin, koska niitä ei olla perinteisesti räätälöity pienien yritysten käyttöön, aloituskustannukset ovat liian suuret tai pelätään rahojen menettämistä. Joukossa ei ole riittävän suuria tekijöitä toimimaan kehityksen pioneereina eikä paikallisella tasolla koeta riittävää painetta, jotta asialle tehtäisiin mitään. Alalla ei harrasteta yhteisiä tutkimusprojekteja tai kehityshankkeita. Isoimmat yritykset keskittyvät vain kehittämään omia yrityskohtaisia ratkaisujaan sen sijaan, että niitä jaettaisiin muiden kesken. [1]

Skaalauksen ja standardoinnin edut ovat ilmeisiä, kun verrataan erilaisia asuinrakentamisen tyyppiä

Rakentamisen työvoiman tuottavuus asuinrakentamisen tyyppin mukaan Yhdysvalloissa vuonna 2012

Todellinen vuotuinen lisäarvo työntekijää kohden x 1 000 \$



Kuva 3. Suuren mittaluokan asutorakentamisella ja standardoimisella saatavan työn tuottavuus verrattuna asuntosaneeraukseen. 1. Rakennusliikkeen oma asuntotuotanto omistamalle tai hallitsemalleen tontille. 2. Asuntosaneeraus, kunnossapito, lisä-, korjaus- ja muutostyöt. [1]

Pien- ali- ja erikoisurakoitsijat sekä tavarantoimittajat näkevät epätasa-arvoisten sopimusmenettelyjen ja pimennossa pitämisen päätekijöiksi matalaan tuottavuuteen.

Rakentaminen on maailman pirstaloitunein teollisuudenala, mikä haittaa pien- ali- ja erikoisurakoitsijoiden elinkeinon harjoittamista merkittävästi. Muun muassa yhteistyökumppaneiden, materiaalitoimittajien, tehtaiden ja rakennustyömaiden laaja maantieteellinen jakautuminen estää saavuttamasta suuren mittaluokan etuja.

Eurooppalaisista rakennusliikkeistä alle 1 % vastaa 21 %:sta koko sektorin tuotannosta ja työllistää yli 250 työntekijää. **94 % rakennusliikkeistä työllistää alle 10 työntekijää ja vastaa 39 % koko** sektorin tuotannosta. Yhdysvaltojen 20 suurinta rakennusliikettä vastaa 8 % paikallisesta rakennustuotannosta. Tuottavuusongelmat eivät vaivaa pelkästään pieniä rakennusliikkeitä. Tutkimuksen mukaan rakennushankkeiden tuottavuus laskee sitä mukaan mitä suuremmaksi ne kasvavat. Yli miljardin dollarin hankkeet ovat erityisen alttiita tuottavuutta alentaville häiriöille, mistä merkittävimpiä syitä on koordinaation puuttuminen. Tutkimusten mukaan miljoonan työtunnin hankkeissa on 15-20 % matalampi tuottavuus, kuin 100 000 työtunnin hankkeissa. 98 % maailmanlaajuisista yli miljardin dollarin **rakennushankkeista joko**

myöhästyy tai ylittää budjetin. Työt kestävät keskimäärin **20 % pidempään**, kuin mitä on aikataulutettu sekä **budjetti ylittyy keskimäärin 80 %:lla**. Tuottavuutta laskevat muun muassa tilaustyönä tehtävät erikoisratkaisut, entistä suuremmat ja monimutkaisemmat hankkeet sekä rakentaminen entistä tiheimmin rakennetuille ja maantieteellisesti haasteellisemmille alueille. Maailmanlaajuisesti rakennettavien yli miljardi dollaria kustantavien hankkeiden määrä on nelinkertaistunut vuosien 2006-2014 välillä. [1]

Rakennusallalla on tekijöitä jotka hyötyvät huomattavasti nykyisestä markkinatilanteesta eivätkä toivo lisää läpinäkyvyyttä, muutoksia kaavoitus- ja rakennussäätelyyn tai tuottavuuden lisääntymistä. Tekijöiden heterogeeninen jakautuminen pieniin ja keskisuuriin sekä raskaansarjan rakennusliikkeisiin häiritsee alan dynamiikkaa, kehitystä ja markkinoita. Raskaansarjan rakennusliikkeet toteuttavat muun muassa isoimmat julkisen rahoituksen infrastruktuuri- ja rakentamishankkeet, teollisuusrakentamista sekä kaivos-, energia-, öljy- ja kaasuteollisuuden hankkeita. Pienet ja keskisuuret rakennusliikkeet toteuttavat muun muassa pienimuotoisempaa aluekohtaista infrastruktuuria, kiinteistönhuoltoa, omakotitalo-, kerrostalo-, teollisuus- ja toimistorakentamista sekä saneerauskohteita. [1]



Kuva 4. Perinteisen tiedonkulun eteneminen rakennushankkeessa. [6]

Rakentamisen arvoketju on useiden eri ryhmien välistä yhteistyötä, jossa toisistaan erillään olevat tekijät etenevät kohti yhteistä päämäärää tuottamalla jotain yksilöllistä täydentäen toinen toisiaan. Arvoketjuun kuuluvat muun muassa materiaalitoimittajat, tuotantotehtaat, arkkitehdit, suunnittelijat, valvojat, vakuutustarjoajat, logistiikkapalvelut, palveluntarjoajat, omistajat, kehittäjät, viranomaiset, pää-, ali-, sivu- tai erikoisurakoitsijat, konsultit, tilaajat ja asukkaat. [4] Arvoketjun saumattomuus ja tehokkuus edellyttää koordinoitua, yhteistyötä, kommunikaatiota, tiedonvälitystä ja yhteisiä standardeja. Todellisuudessa näin ei tapahdu, sillä arvoketjulla ei ole johtajaa. Sen huomaa työmaalla rakennusvirheinä ja aikatauluviivästyksinä. [1]

Rakentamisteknologiaa ei hyödynnetä lähellekään niin paljon, mitä olisi mahdollista. Alalla ei olla omaksuttu mitään modernin ajan teknologisista muutoksista tietomallia lukuun ottamatta, mikä otettiin käyttöön jo 1980-luvulla. Alalla ei ole koskaan ollut johtavaa suuryritystä tai muuta suunnannäyttäjää, mikä olisi tuonut hajanaiset sidosryhmät yhteen arvoketjun jokaisesta vaiheesta. Manuaaliset prosessit levisivät nopeasti arvoketjun jokaiseen vaiheeseen kaikkien sidosryhmien käyttöön. Digitalisoitumista ollaan yritetty jo 1970-luvulta lähtien, mutta huonolla menestyksellä. Se on johtanut sidosryhmät riippuvaisiksi hitaasta ja läpinäkymättömästä työnkulusta, tehottomasta budjetista, huonosta yhteistyöstä ja työntensiivisistä työtavoista, mikä on johtanut krooniseen tuottavuuden pysähtymiseen ja marginaalien jatkuvaan laskemiseen. [14]

Teknologia on todennäköisesti alan suurin vahvuus, mutta tällä hetkellä se on suurin haaste. Digitalisoituminen edellyttää valtavaa muutosprosessia, mikä ei tapahdu pelkästään omaksumalla uusinta ja parasta teknologiaa. Hyviksi todetut manuaaliset prosessit ja muutosvastaisuus ovat iskostuneet alan tekijöihin sukupolvien ajan. Alan ikääntyneempi enemmistö tukahduttaa kaiken muutoksen jo alkuvaiheessa, vaikka muutoksella yritetään ohjata alan kehitystä eteenpäin. Heidän ei ole koskaan aiemmin tarvinnut opetella uusien IT-järjestelmien käyttöä ja heidän näkökulmastaan on kannattavampaa olla tekemättä mitään, sillä uuden opetteleminen tekee perinteisistä ja hyviksi havaituista toimenpiteistä tarpeettomia. Ala nähdään liian vanhanaikaisena eikä sinne hakeudu paljon korkeakoulutettua työvoimaa. Euroopassa työntekijöiden koulutustaso on keskimäärin matala, mutta alalla on hyvä etenemismahdollisuudet ilman perus- tai korkeakoulututkintoa.

4 Digitaalisuus

Rakennusala on maailman vähiten digitalisoitunut teollisuudenala jättäen taakseen vain maa- ja metsätalouden, mutta täyden digitalisoitumisen hyötysuhde on kaikista teollisuudenaloista korkein. [12] Digitalisoituminen on ehdottomasti rakennusalan keskeisimpiä muutoksia tällä hetkellä. Kaikki digitalisoidaan, mitä on mahdollista digitalisoida. Ihmiset eivät pysty kilpailemaan algoritmien tai sovellusten kanssa. [13] Hyödyntämällä muiden teollisuudenalojen parhaiksi todetut käytännöt, tekniset menetelmät, digitaalisen tiedonkulun ja teknologiaosaamisen pystytään nostamaan alan tuottavuus ennennäkemättömälle tasolle. [7] Digitaalisuudessa on kyse yritysten ja järjestelmien kohtaamisesta arvoketjun jokaisessa vaiheessa sekä tavasta tehdä töitä hyödyntämällä työkaluja, jotka perustuvat tieto- ja viestintäteknologiaan. Digitaalinen teknologia ei enää merkitse pelkkää apuvälinettä, jota käytetään samojen asioiden tekemiseksi hieman paremmin. Sillä viitataan perusteelliseen muutokseen liiketoiminnan hoitamisessa. [6]

Digitaalisesti orientoituneet yritykset ovat alkaneet näyttämään tietä muutoksen aikaansaamiseksi sekä vaatimaan enemmän panostusta arvoketjun muilta tekijöiltä. Niillä on selkeät digitaaliset toimintasuunnitelmat, mitkä voivat olla sidoksissa liiketoiminta suunnitelmaan. Lisäksi ne hyödyntävät omissa toiminnoissaan enemmän rakentamisteknologiaa ja pidemmälle kehitettyjä mobiilipalveluita sekä tarjoavat niitä asiakkaiden ja aliurakoitsijoiden käyttöön. Tutkimusten mukaan ne menestyvät markkinoilla perinteisiä yrityksiä paremmin sekä tavoittelevat voimakasta kasvua ja liiketoiminnan laajentamista muita enemmän. Varmuudella ei voida sanoa, lisääkö digitaalisuus menestymistä vai panostavatko liiketoimissaan valmiiksi menestyvät digitaaliseen kehitykseen. Perinteisissä yrityksissä ei uskota digitaalisella toimintamallilla saavutettavan merkittäviä hyötyjä eikä digitaalisten ratkaisujen kehittämistä koeta tarpeellisena. [12]

Oxford Economicsin teettämän analyysin mukaan Isossa Britanniassa **digitaalisesti orientoituneet** rakennusliikkeet ovat saaneet vuotuista **liikevaihdon kasvua 5,9 %** ja tulevaisuuden näkymät ovat lupaavia. [7] EU:n teettämän tutkimuksen mukaan **digitaalisella suunnittelu- ja rakennusprosesseilla** pystytään **vähentämään 15 %**

pystyrakentamisen ja infrastruktuurihankkeiden kustannuksista. Tuottavuuden parannus toisi Euroopan rakennusalalle vuodessa **195 miljardin euron säästöt**. [2] Boston Consulting Group arvioi, että maailmanlaajuisesti **täysin digitalisoituneella** rakennusalalla säästettäisiin kustannuksia kymmenen vuoden aikana **0,7-1,2 triljoonaa dollaria** (13-21%) suunnittelussa ja rakentamisessa sekä **0,3-0,5 triljoonaa dollaria** (10-17%) käyttövaiheessa eli **1 000 000 000 000-1 700 000 000 000 dollaria** (25-38 %). [14]

Uusimpien teknologioiden ja monimutkaistuvien järjestelmien käyttöönottoaminen ja yhteen sovittaminen edellyttää uudenlaista osaamista, muuttaa nykyisiä työtehtäviä ja luo kokonaan uusia ammattinimikkeitä. Robottien tuleminen suuremmaksi osaksi rakennettavaa ympäristöä vähentää perinteisten rakennustyömaatehtävien määrää, mikä korostaa entisestään moniosajuuden merkitystä. [15] Roboteilla tehdään entistä enemmän toistavaa, fyysistä, liikaista tai vaarallista työtä, kuten muurausta, raudoittamista, hitsaamista sekä kaivinkoneiden ja maankuljetusajoneuvojen ohjausta. Esimerkiksi muurarin ja hitsarin työssä voidaan tulevaisuudessa edellyttää muuraamisen ja hitsaamisen lisäksi ymmärrystä robottien toiminnasta, ohjauksesta tai huoltamisesta. Työnjohtajalta tullaan vaatimaan huomattavasti enemmän IT-osaamista sekä mobiililaitteiden ja -järjestelmien jokapäiväistä hyödyntämistä työmailla. Mobiililaitteiden hallinta tulee olemaan osa jokaisen rakennustyöntekijän osaamisvaatimuksia rakennussiivoojista kirvesmiehiin ja muurareihin. [16] Uusia tehtäviä tulevat olemaan muun muassa virtuaaliodellisuus ohjelmistovastaava, -laaduntarkkailija, -mallintaja, ja järjestelmäkouluttaja, tekoälyn ja koneoppimisen asiantuntija, robottiesimies, -kouluttaja, -teknikko, -ohjelmoija tai -ohjaaja, data-analyytikko, Big data-asiantuntija, tietovirta-asiantuntija, rakennuksen elinkaarimallintaja, tietomallisuunnitteluinsinööri, digitaalinen mallintaja, järjestelmäintegraattori, ekosysteemikoordinaattori, pilvi-integraatiokonsultti ja palveluinsinööri. [15]

EU edellyttää julkisen sektorin rakennusprojekteissa käytettävän sähköistä tarjouskilpailua, mikäli kustannukset ylittävät 5 548 000 €, jotta voidaan taata läpinäkyvä ja tehokas rakennusprosessi. Sähköisellä prosessilla vähennetään käsittelykustannuksia ja käsittelyaikaa. BIM ja CAD-kirjastojen edellyttäminen on lisännyt merkittävästi rakennusmateriaalitoimittajien mahdollisuuksia ottaa osaa suunnitteluvaiheeseen. Italiassa ja Isossa Britanniassa yli 90 000 € arvoisista julkisen

sektorin tarjouskilpailuista 100 % tehdään sähköisesti. Saksassa vastaava luku on 80-90 %. [3]

Rakennusmateriaalit muodostavat 50-60 % rakennushankkeiden kokonaiskustannuksista. Sähköisellä **hankintajärjestelmällä yritykset** saavat keskittämisetua materiaalihankinnoista. Järjestelmällä **säästää 5 %** materiaalikustannuksista katalogipohjaiseen kaupankäyntiin verrattuna ja verkkohuutokauppaa käyttämällä **säästää jopa 10 %**.

Ruotsalainen rakennusalan konserni Skanska on ilmoittanut tekevänsä puolet kaikista materiaalihankinnoista sähköisen hankintajärjestelmän kautta. Työkaluvalmistaja Hilti kertoo ulkoistaneen kaikki välilliset hankinnat erillisille hankintaryhmille, joiden tehtävänä on selata katalogien ja digitaalisten kauppapaikkojen alhaisimpia hintoja ja parhaimpia tarjouksia. [3]

Teknologijätit, kuten Amazon, Facebook, Google, IBM ja Elon Muskin The Boring Company ovat lisänneet läsnäoloa rakennusallalla investoimalla muun muassa erilaisiin kaupunkikehitys-, rakentamisteknologia- tai rakennusprojekteihin. Googlen tytäryhtiö Sidewalk Labs työskentelee tällä hetkellä Kanadassa Toronton kaupunkikehityshankkeen parissa, johon ollaan suunnittelemassa 10 000 asunnon älykästä suurimmalta osin puusta tehtävää kaupunginosaa. Rakentamisen tavoitteet ovat kustannustehokkuus, tuottavuus ja ympäristön säästäminen, mitkä aiotaan saavuttaa esivalmistamisella ja moduulirakentamisella. [17] Sekä IBM, että Google pyrkivät mullistamaan koko rakennusalan toden teolla kehittämällä omia tekoälyyn pohjautuvia pilvipalveluita suunnitteluun, rakentamiseen, datan keräämiseen ja analysointiin sekä simulointiin. Googlen Genie-tekniikan ennustetaan mahdollistavan **30-50 %:n kustannussäästöt sekä 30-50 % aikataulusäästöt** suunnittelun ja luovutuksen välillä. [18] Yhdysvaltojen Kaliforniasta lähtöisin olevat startup-yritys Katerra on noussut neljässä vuodessa alan merkittävimmäksi uudistajaksi. Se on miljardien \$ arvoinen teknologia yhtiö, minkä tavoitteena on optimoida rakennushankkeen jokainen vaihe sekä olla digitaalisen muutoksen edelläkävijä. Yritys on kerännyt ammattitaitoa maailman johtavista yrityksistä, kuten Applelta, Googlelta, Motorolalta, Nokialta, HP:lta, GoProilta, SanDiskilta ja Schlumbergeriltä. [p]

Rakennusalalla käytetään yrityskohtaisesti vähemmän rahaa tuotekehitykseen, kuin maa- ja metsäteollisuudessa. Rakennusliikkeiden keskuudessa on yleinen mielipide siitä, ettei haluta olla ensimmäisiä kokeilemaan mitään uutta, sillä pelätään sijoittamasta rahoja johonkin ohimenevään ilmiöön. Yleisesti ottaen ei olla riittävän perehtyneitä markkinoilla olevista rakentamisteknologia vaihtoehdoista eikä jatkuvasti kehittyvien vaihtoehtojen takia osata sanoa, missä vaiheessa lähteä liikkeelle. Rakennusliikkeissä seurataan tarkasti kilpailijoiden tekemisiä ja pyritään omaksumaan uusimmat innovaatiot optimaalisen hyödyn saamiseksi. Massachusetts Institute of Technology Real Estate Innovation Labin tuote tutkimus osoittaa, että teknologisten innovaatioiden elinikä on suunnilleen 25 vuotta. Tarkasteltaessa innovaatioiden vaikutuksia jokaiselta alalta huomataan, että ne ketkä ovat valmiita investoimaan ja olemaan ensimmäisenä markkinoilla saavuttavat kilpailuedun, jota ei pysty jäljittelemään. Innovaattoreista tekee poikkeuksellisia se, että he eivät lopeta vaan etsivät jatkuvasti uusia innovaation mahdollisuuksia. [17]

”Olen aiemmin vetänyt palveluorganisaatiota ja tiedän, että uuden palvelun kehittämiseen on aina suuri kynnys. Yrityksen on tehtävä kehitys omalla riskillä ja uutta kehitettäessä projektit eivät aina onnistu heti ensimmäisellä yrityksellä. Ala kehittyy kuitenkin vain uuden innovoinnilla ja samalla se luo uudenlaisia mahdollisuuksia myös liiketoiminnalle”

Aalto-yliopiston rakennustekniikan laitoksen professori Olli Seppänen. [T]

Kaksi merkittävää tapaa, miten innovaatioiden huomioimatta jättäminen voi johtaa epäedulliseen kilpailuasemaan:

- Ei huomata kilpailun lähestymistä ennen kuin se on liian myöhäistä. Tämä johtaa siihen, että etumatka joudutaan kuromaan kiinni investoimalla henkilöstöön ja vähemmän tuottavaan teknologiaan.
- Jätetään tämän hetken ainutlaatuisimmat mahdollisuudet hyödyntämättä, sillä ollaan hitaita omaksumaan teknologiaa. Kun haikaillaan vanhojen liiketoimintamallien perään, kilpailijat ovat jo aloittaneet hyödyntämään uusimpia liiketoimintamalleja, minkä avulla ne varmistavat oman kilpailuetulyöntiaseman. [17]

4.1 Tutkimuksia

Seuraavat luvut ovat Ernst & Young LLP:n teettämästä rakennusalan digitaalisuutta selvittävästä tutkimuksesta. Kyselyyn osallistui useita monikansallisia rakennusliikkeitä, jotka toimivat Euroopassa, Pohjois-Amerikassa ja Aasiassa, joiden yhteenlaskettu liikevaihto ylittää 500 miljardia \$.

Kysyttäessä, mikä yritystoiminnassa huolestuttaa eniten, ei yhdessäkään rakennusliikkeessä oltu huolestuneita teknologiasta, vaan pelkästään teknologian avulla ratkaistavista ongelmista, kuten riskienhallinnasta, kustannustenhallinnasta, turvallisuudesta, henkilöstöhallinnasta, aikataulutuksesta ja ajanhallinnasta. [17]

- 58 % rakennusliikkeistä on sitä mieltä, että digitaaliset palvelut ovat erittäin tärkeitä liiketoiminnan jatkumiselle tulevaisuudessa, 40 %:sta digitaaliset palvelut ovat jotakuinkin tärkeitä ja 2 %:sta niillä ei ole merkitystä.
- 28 %:lla rakennusliikkeistä on digitaalinen strategia ja asialista käytössä, 56 %:lla on digitaalinen strategia suunnitteilla ja 16 % ei usko digitaalisen strategian olevan tarpeellinen.
- 9 % rakennusliikkeistä luokitteli itsensä digitaalisen valmiusasteikon kärkipäähän, 63 % keskivälille ja 28 % alapäähän.
- 11 % rakennusliikkeistä on sitä mieltä, että kilpailijat, jotka ovat edellä digitaalisessa kehityksessä eivät aiheuta vaaraa liiketoimintaan, 63 %:n mielestä sillä on jonkin verran vaikutusta ja 26 %:ssa koettiin tarpeelliseksi ryhtyä välittömiin toimiin torjua mahdolliset vaikutukset omiin liiketoimintoihin.
- 14%:lla rakennusliikkeistä on täysin integroitu toimintajärjestelmä koko organisaatiossa, 14 %:lla on integroitu vain liiketoiminta tasolla, 68 %:lla on jotakuinkin integroitu ja 4 %:lla ei ole mitään integroitumista.

Luvuista voi päätellä, että rakennusliikkeiden digitaalisista strategioista huolimatta on vielä pitkä matka ennen, kuin alalla ollaan valmiita digitaaliseen tulevaisuuteen. Digitaalisen päämäärän saavuttaminen on kuitenkin mahdotonta, sillä se kehittyy jatkuvasti. On pyrittävä pysymään mahdollisimman lähellä ja varmistettava digitaalisen strategian mukautuminen tulevaisuuden nopeasti muuttuviin tilanteisiin. [17]

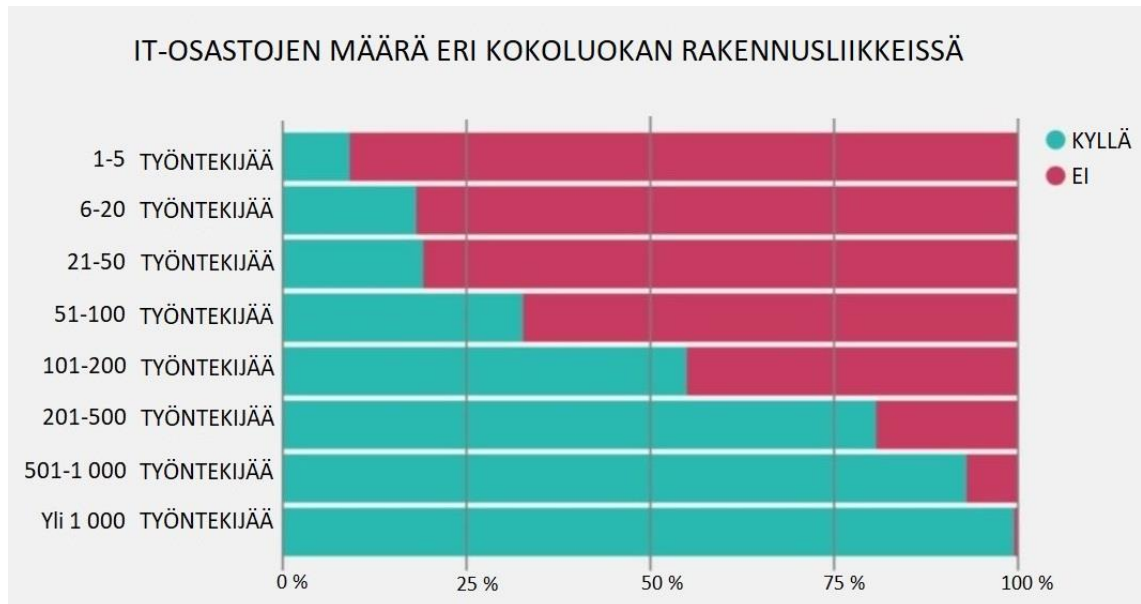
Digitaaliseen strategiaan vaikuttavat viisi elementtiä rakennusliikkeissä, missä on digitaalinen strategia ja asialista käytössä:

- Organisaation rakenne, työkalut ja prosessit yhteistyöhön, kommunikaatio työntekijöiden kesken ja työtilan suunnittelu.
- Selkeä visio, joka tuo yrityksen seuraavalle tasolle
- Vahva tavoite, joka on avoinna digitaalisille innovaatioille ja muutoksille
- Ominaisuudet, jotka mahdollistavat yritykselle riittävät tekniset taidot ja edut sekä asiaankuuluva kehitysmalli.
- Uusi digitaalinen tuote, palvelu ja innovatiivinen ratkaisu.

Seuraavat luvut perustuvat JBKnawledgen vuonna 2018 teettämään rakentamisteknologia raporttiin. Kyselyyn osallistuneet rakennusliikkeet edustavat kaikkia erikoisaloja ja kokoluokkia 1-5 työntekijästä +1 000 työntekijään. Vastauksen antoi yhteensä yli 2 800 rakennusalan ammattilaista Yhdysvalloista ja Euroopasta. 46 %:lla rakennusliikkeistä on 20-200 miljoonan \$ liikevaihto. [19]

Tehdasteollisuudessa keskimääräinen IT-budjetti on 10 % yritysten liikevaihdosta. [14] Kaikkien teollisuudenalojen keskimääräinen IT-budjetti on 3,5 % yritysten liikevaihdossa, mutta rakennusalalla keskimääräinen IT-budjetti on vähemmän, kuin 1 % yritysten liikevaihdosta. 67 %:lla rakennusliikkeistä on alle yhden prosentin IT-budjetti, kun 1%:lla on 7,3 %:n IT-budjetti.

42 %:lla rakennusliikkeistä on yksi tai useampi IT-henkilö, 16 % rakennusliikkeistä ulkoistaa IT-palvelut kolmannen osapuolen toimittajalle ja loput 42 % käyttää epävirallista "henkilökuntaa" tai ei hoida IT:tä ollenkaan. IT-henkilöitä työllistävistä rakennusliikkeistä 63 % työllistää yhdestä viiteen IT-henkilöä. Yli 1 000 henkilön ja 500 miljoonan \$ liikevaihdon yrityksissä on 15 tai vähemmän IT-henkilöä. 20 %:ssa rakennusliikkeistä IT-henkilöiden lukumäärään vaikuttaa työkuorma. [19]



Kuva 11. IT-osastojen määrä eri kokoluokan rakennusliikkeissä. [19]

Valtaosa IT-menoista käytetään palkkakustannuksiin sekä tuotannonohjauksen tietojärjestelmiin, kuten ERP, aikataulun- talouden- tai asiakkuudenhallintaan. Tutkimuksen perusteella voisi kuvitella, ettei IT-palveluiden hyödyntämistä nähdä tarpeellisena suuressa osaa rakennusliikkeistä, sillä yleensä kun on kyse liiketoiminnan harjoittamisesta ja pyritään tekemään asiat parhaimmalla mahdollisella tavalla, asioita pitää olla hoitamassa vähintään yksi henkilö. Tutkimus alleviivaa näkemyksen urakoitsijoiden yleisestä tietoteknisestä osaamattomuudesta. Esimerkiksi taulukkolaskentaohjelman itsepäinen käyttäminen työmaatietojen keräämiseen, muistiinpanojen tekemiseen tai kustannuslaskentaan sekä integraation puuttuminen, mikä johtaa tietojen manuaaliseen syöttämiseen ohjelmasta toiseen. [19]

IT:n käyttöönottamista rajoittavia tekijöitä ovat:

1. Budjetti 39 %
2. Henkilöstön puute 34 %
3. Johdon epäröinti 31 %
4. Ei tiedetä tarjolla olevista vaihtoehdoista 28 %
5. Työntekijöiden epäröinti 25 %

Loppupeleissä IT:n hyödyntämistä rajoittaa eniten raha ja tietämättömyys etenkin pienemmissä rakennusliikkeissä. Useimmiten rakennusliikkeissä on selvät suunnitelmat oman liiketoiminnan pyörittämiseen, asiakkaiden, työmaiden ja tavoitteiden suhteen, mutta teknologian osuutta ei ole määritelty millään asteella. Pieniltä rakennusliikkeiltä puuttuu selkeä näkemys tilanteesta, eikä niillä ole resursseja laittaa henkilökuntaa tekemään perusteellista IT tarveselvitystä ja tutkimaan markkinoilla olevia vaihtoehtoja tai palkkaamaan ulkopuolista IT-osaamista. IT-hankinnat keskittyvät tietokoneisiin, mobiililaitteisiin tai niiden korjaamisiin. [19]

4.2 Digitalisoituminen

Digitalisoitumista kannattaa lähestyä maltillisesti, määrätietoisesti ja keskittymällä oman digitaalisen strategian luomiseen. Alkuvaiheessa on tunnistettava kaikki kehittymismahdollisuudet perusteista lähtien ja vähimmälle huomiolle jääneet toimintakykyä parantavat tekijät. On tehtävä realistinen lähtötilanneselvitys omasta suorituskyvystä, vertailuanalyysi alueellisten kilpailijoiden suorituskyvystä ja tiedostettava tärkeimmät kehittämisen osa-alueet. Pitää määritellä kehittymismahdollisuuksien taloudelliset vaikutukset, priorisoida ne niistä saatavan hyödyn mukaan, laatia yhteinen toteutussuunnitelma kaikista kehittymismahdollisuuksista ja suunnitella realistinen aikataulu välitavoitteilla, jotta pysytään tavoitteessa. [1] Taloudellisten riskien minimoimiseksi kannattaa aloittaa pienemmän mittakaavan kokeiluhankkeilla, valita useampi saman tyyppinen kokeilu vertailunvuoksi ja arvioida ratkaisut ennen laajempaa käyttöönottoa. [17]

Ylimmän johdon on selvitettävä, onko yrityksellä riittävä valmius ja osaaminen uusien tietoteknisten työkalujen käyttöönottamiseksi vai pitääkö henkilöstöä kouluttaa tai etsiä osaamista muualta. Pitää suunnitella siirtymävaiheen toteutus, selvittää uusien työkalujen tai tietojärjestelmän integraatio jo käytössä olevaan tietojärjestelmään sekä tehdä vaadittavat päivitykset tai muutokset ennen siirtymistä uuteen järjestelmään. [1]

Uudet menettelytavat ja tietotekniikan vauhdikas tuleminen asettaa haasteita yrityksen henkilöstölle. Tietotekninen osaaminen rakennusalalla on hyvin yksilökohtaista, joten toisilta oppimisen merkitys korostuu uusien osaamisvaatimusten edessä. Henkilöstön osaamisen kehittämiseksi voidaan suunnitella koulutusohjelman toteuttamista. Uudet menettelytavat on sisällytettävä henkilöstön päivittäisiin prosesseihin, eikä anneta

mahdollisuutta palata jo omaksuttuihin ja aiemmin hyväksi havaittuihin menettelytapoihin. [1] Uuden teknologian käyttöönottoaminen on työläs prosessi etenkin suurissa organisaatioissa, joissa työskentelee tuhansia ihmisiä. Siirtymävaiheessa ja henkilöstön kouluttamisessa kannattaa edetä vaiheittain, koska uuden omaksumiseen voi kulua viikkoja tai kuukausia. Muutosvaiheessa kannattaa hyödyntää jo olemassa olevaa teknologiaa työntekijöiden älypuhelimilla. Älypuhelimet ovat tärkeä osa rakennusalan digitalisoitumista. [20]

Ylimmän johdon on osoitettava selkeästi tukensa uusille aloitteille koko niiden toteutuksen ajan. Yritykseen tulisi nimetä tietyt ryhmät tai henkilöitä ottamaan vastuu digitaalisen strategian täytäntöönpanosta, suunnittelusta, seurannasta, tuloksista ja tavoitteista.

Vahva digitaalinen osaaminen antaa yrityksille etuaseman, kun lähdetään toteuttamaan monimutkaisia ratkaisuja organisaatiossa. Muille toimijoille digitalisoituminen voi osoittautua kovinkin haastavaksi, joten niiden tulisi toteuttaa pienempiä yksilöllisiä ratkaisuja isojen muutosten sijaan. [1]

4.3 Digitaalinen arviointimalli

Digital Readiness Assessment Maturity Model on yrityksille tarkoitettu digitaalisuusasteen arviointimalli digitaalisen muutosvaiheen tueksi. Se perustuu CMMI (Capability Maturity Model Integration) kehykseen. Tarkoituksena on saada totuudenmukainen tilannekatsaus yrityksen nykytilanteesta, selvittää omia prosesseja ja valmiuksia digitaaliseen muutokseen. Maturiteetti mallin viisi tasoa ovat alhainen, hallittu, määritetty, integroitu ja yhteentoimiva sekä digitaalisesti orientoitunut [4]

- Alhainen. Prosessin hallinta toteutetaan heikosti tai sitä ei valvota lainkaan. Organisaatiolta puuttuu tekninen osaaminen tai tekniset työkalut IT-infrastruktuurin rakentamiseksi, mikä mahdollistaa palveluiden helpon käytettävyyden, toistettavuuden ja laajentamisen.
- Hallittu. Prosessin johtaminen toteutuu heikosti, mutta se on osittain suunniteltu tai toteutettu. Organisaatiolla on puutteita teknisessä osaamisessa tai keskeisestä teknologiasta. Järjestelmät tai palvelut valitaan yksittäisten ominaisuuksien, työkohteiden, integroinnin tai kokeneemman henkilön toimesta.

- Määritelty. Prosessi on määritelty. Suunnittelu ja toteutus perustuu hyvälle täytäntöönpano- ja johtamismenettelyille. Prosessinjohtamista rajoittaa keskeisen teknologian tai organisaation sisäisen vastuuhenkilön puuttuminen. Sovellusten välisessä tietojenvaihtojärjestelmässä, yhteistoimivuudessa ja integroinnissa on puutteita.
- Integroitu ja yhteentoimiva. Prosessi on täysin suunniteltu ja toteutettu. Sen perustana on sovellusten välinen integrointi, yhteistoimivuus ja tiedonvaihto. Integrointi ja yhteistoimivuus on yhteinen koko organisaation sisällä, mikä perustuu alan yleisiin käytäntöihin ja standardeihin. Yrityksessä ollaan huomioitu alan parhaat organisatoriset käytännöt ja teknologiset ratkaisut.
- Digitaalisesti orientoituvaa. Prosessi on digitaalisesti orientoitunut, minkä perustana on vankka teknologia infrastruktuuri korkean kasvupotentiaalin yrityksessä, mikä tukee korkeatasoista integraatiota ja yhteistoimivuutta, nopeutta, kestävyyttä, turvallisuutta tiedonvälityksessä ja yhteistyössä yrityksen toimintojen ja päätöstentien kanssa. [4]

Arvioitaessa yritysten digitaalista valmiutta ei riitä, että mietitään pelkästään prosessin tukemiseen käytettäviä teknologioita. Ilman jäseneltyjä prosesseja ja määriteltyä organisaatorakennetta yritys ei pysty hyödyntämään uuden teknologian tuomia mahdollisuuksia. [4] Digitaalisen muutosprosessin neljä keskeisintä osa-aluetta ovat digitaalinen data, automaatio, digitaalinen yhteys ja liitettävyys. Tarkemmin sanottuna sähköinen tiedonkeruu ja analysointi, uuden teknologian avulla toimiva autonominen itseorganisoituvaa järjestelmä, langaton pääsy verkkoon ja sisäiset verkot sekä olevien toimintojen yhdistäminen ja synkronointi. [3]

5 Tiedonhallinta

Onnistunut tiedonhallinta on avain yrityksen menestymiseen. Sillä tarkoitetaan tiedon järjestelmällistä luontia, hallintaa, jakamista ja hyödyntämistä. Sen toteuttaminen edellyttää uudenlaista lähestymistä ja ajattelutapaa, mikä johtaa väistämättä suuriin muutoksiin organisaation sisällä sekä työntekijöiden toimenkuvissa. Tiedonhallinnalla saatava tietopääoma on yrityksen suurin voimavara, jota voidaan hyödyntää muun muassa tulevilla projekteilla strategisten päätösten tekemiseen. [27]

Rakennusalalle on epätavallista, että parhaita käytäntöjä jaettaisiin muille tai niitä otettaisiin käyttöön muualla edes saman yrityksen sisällä. Tietoa ei haluta jakaa, koska pelätään oman kilpailuedun menettämistä. Teknologia tarjoaa uuden lähestymistavan tehokkaampaan viestintään ja parhaiden käytäntöjen jakamiseen etulinjan ammattilaisilta insinööreille ja työnjohdolle. Yritysten pitää luoda uudenlainen tiedon jakamiseen kannustava kulttuuri, johon voi liittyä esimerkiksi terveellinen kilpailu yrityksen sisällä, missä työntekijöitä kannustetaan ja palkitaan työmaalla tapahtuvan tiedon jakamisesta. [20] 2000-luvun aikana rakennusliikkeissä on koettu entistä tärkeämmäksi tuottaa parempaa ja laadukkaampaa asiakaspalvelua taloudellisempaan hintaan. Sitä varten on investoitu entistä enemmän IT-järjestelmien, projektinhallinta ja liiketoimintaprosessien kehittämiseen. [28]

Tiedonvälitys työmailta pääkonttorille pitäisi vakiinnuttaa, sillä rakennushankkeista kerätyt tiedot muodostavat perustan organisaation oppimiselle. Tiedon ja kokemusten systemaattinen kerääminen voi olla haastavaa useimmille yrityksille, mutta ERP, yrityksen intranet ja web-pohjaiset dokumenttiarkistot mahdollistavat hyviksi todettujen käytäntöjen luokittelun ja jakamisen eri projektien kesken. Web-pohjaisen tiedonjakoportaalien hyödyntäminen lisää tietovirran määrää ja tehostaa oppimista entisestään sekä tuo yhteen asiakkaat, yhteistyökumppanit, materiaalitoimittajat ja urakoitsijat. [27] Tiedon keräämisen haasteita ovat muun muassa rakennusalalle tyypillinen hankekohtainen lähestymistapa, lyhyet kumppanuussuhteet erialojen toimijoiden kesken sekä sidokkumppanien laaja maantieteellinen levittäytyminen. Lisäksi työvoiman vaihtuvuus on suurta, eikä osapuolilla ole yhteisiä IT-järjestelmiä tiedonkulun varmistamiseksi. [28]

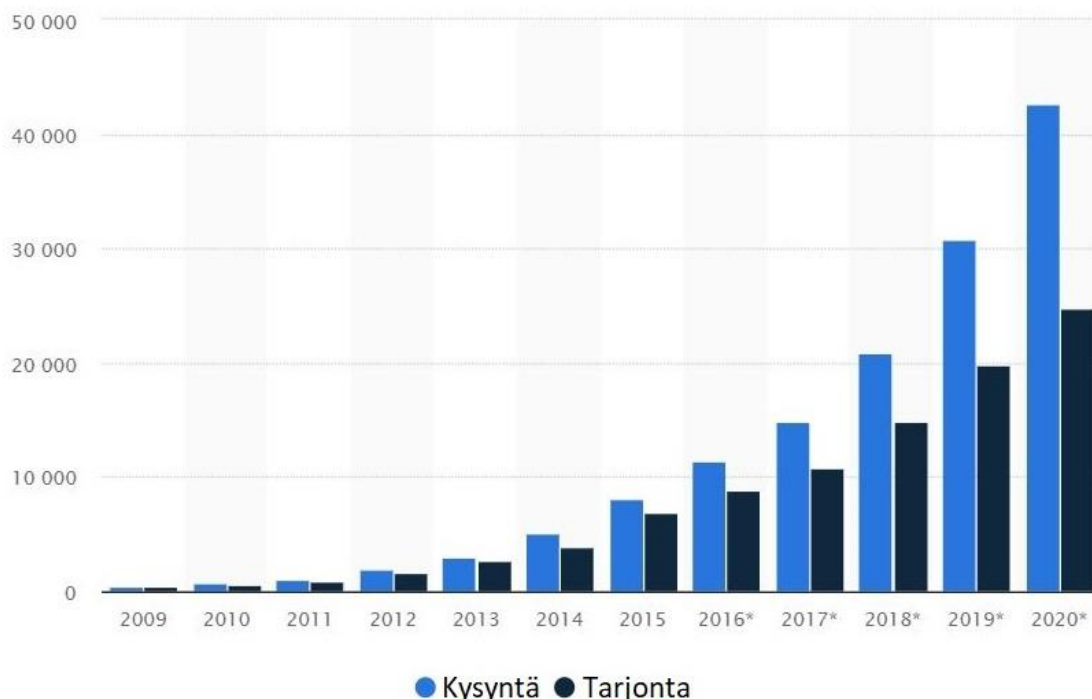
Suurin osa rakentamiseen liittyvästä tiedosta on kohteissa työskentelevien henkilöiden päässä. Toimenpiteisiin johtavia keskusteluita joko kasvatusten tai puhelimitse ei dokumentoida, eikä toimenpiteisiin vaikuttavia syitä tiedetä jälkikäteen. Useimmiten tietoa ei käsitellä reaaliaikaisesti, vaan vasta hankkeen loppuvaiheessa, kun henkilöt kenellä on tietoa projektista ovat jo siirtyneet uusiin haasteisiin. Hankkeissa on tarpeen ylläpitää yksityiskohtaista historiaraporttia, minkä avulla työntekijöiden vaihtuminen ei vaikuta oleellisen projektitiedon häviämiseen. Historiaraportin tulisi olla ymmärrettävää sekä sisältää riittävästi yksityiskohtia. [28]

Rakennusalan tiedon voi jakaa toimialakohtaiseen, organisaatiokohtaiseen ja projektikohtaiseen tietoon. Toimialakohtaista tietoa ovat lähtökohtaisesti kaikkien yritysten yhteiseen käyttöön tarjotut sähköiset tietokannat, kuten standardit, tekniset säännöt, tuotetietokannat ja hallinnolliset tiedot esimerkiksi rakennusluvat ja kaavamääräykset. Organisaatiokohtaista tietoa on yrityskohtainen tietopääoma, joka muodostuu arkistoidusta tiedosta, kirjanpidosta ja henkilökohtaisesta oppimisesta, projektikokemuksista ja yhteistyökumppaneihin liittyvästä tiedosta. Projektikohtainen tieto on kaikkein oleellisinta tietoa, mikä on organisaation oppimisen perusta. Niitä ovat koko projektin historia, tallennetut ja tallentamattomat muistiinpanot, yhteistyökumppaneiden väliset vuorovaikutukset sekä prosessien aikaiset ongelmat ja niiden ratkaisut. [28]

5.1 Big Data

Big Data on rakennusalalla melko uusi käsite, eikä sille ole vielä yksiselitteistä määritelmää. Sitä voidaan soveltaa moniin eri tilanteisiin. Sillä viitataan muun muassa erittäin suureen, monimutkaiseen ja jatkuvasti lisääntyvään tietomassaan, sen käsittelemiseen, varastointiin sekä analysoimiseen, dataan mihin ei voi soveltaa perinteisiä datanhallintatapoja yleisesti käytössä olevilla laitteilla tai ohjelmistoilla sekä dataan mikä ei sisällä ollenkaan rakennetta, jolloin sitä voisi analysoida sellaisenaan. [40] Siihen voidaan sisällyttää kaikki rakennusprojektin aikainen tallennettu data, CAD-piirustukset, BIM, aikataulut, kustannus-, materiaali- tai asiakastiedot, RFI:t, laskut, työmaapäiväkirjat ynnä muuta sellaista. [41] Teknologian kehittyessä ja rakennusprojektien monimutkaistuessa on rakennusliikkeissä alettu kiinnittämään lisääntyvissä määrin huomiota Big data analytiikkaan. [42]

Maailmanlaajuinen tallennuskapasiteetti eksatavuissa



Kuva 22. Maailmanlaajuisen tallennuskapasiteetin kasvu eksatavussa. [44]

Data on tulevaisuudessa rakennusliikkeiden arvokkain työkalu ja se tulee olemaan rakennusliiketoiminnan keskipisteessä. Rakennusalalla tuotetaan toiseksi eniten dataa kaikista teollisuudenaloista, mutta siitä heitetään menemään 95 %. Yrityksillä pitää olla selkeä tietopolitiikka sekä selvä tieto siitä, miten ja mistä data kerätään [13] Datan analysointi on kaiken tiedon, oppimisen ja ymmärtämisen lähtökohta, mikä auttaa suunnittelemaan tulevia hankkeita, parantamaan työturvallisuutta ja työtehokkuutta sekä vähentämään riskejä ynnä muuta sellaista. Edellisistä kohteista saadun datan analysointi voi tuoda huomattavan kilpailuedun tulevissa tarjouskilpailuissa. Dataa voidaan kerätä mistä tahansa lähteestä tai laitteesta, kuten tabletista, mobiilisovelluksista, lennokeista, mittalaitteista, antureista, valvontalaitteista, työmaakalustosta tai telematiikasta. [42] Hyödynnettävää dataa voi olla muun muassa sosiaalisessa mediassa käydyt keskustelut, asiakaspalaute, liikenne raportit, säätiedot, aika- ja paikkatiedot, työmailla olevat liiketunnistin sensorit, lämpötilat sekä yhteisö- ja liiketoiminta aktiivisuus. [41] Talteen otettavan datan määrä kasvaa jatkuvasti eikä sitä pystytä käsittelemään ilman asianmukaisia tietojärjestelmiä ja sovelluksia. [42] Rakennusliikkeissä on huomattu jatkuvasti lisääntyvät ja suurenevat data määrät

etenkin tietomallien ja laserskannausten yleistyessä. Kolmekerroksisen talon BIM-tiedostoihin menee helposti 50 Gt tallennustilaa. [43] Ison kohteen laserskannaus voi hyvin vaatia 200 Gt tallennustilaa. Oleellisinta on tietomassan seulominen, jotta saadaan merkityksellistä ja haluttua tietoa. Tekoälyllä ja koneoppimisella on suurempi rooli tulevaisuudessa yritysten päätöksentekoon. Oikeanlaisten algoritmien avulla ne ovat oikea valinta erottelemaan tietomassasta oleellista tietoa, millä voidaan ennustaa tulevien projektien lopputuloksia tai tehdä kustannusarvioita. [42]

5.2 API, Application programming interface

API on ohjelmointirajapinta, joka mahdollistaa eri teknologiapalveluiden tai tietokoneohjelmien keskinäisen kommunikoinnin ja tiedon välityksen. Sen avulla pystytään luomaan keskitetty ja ketterä palveluväylä eri tietojärjestelmien välille, missä tarkkaan suunnitellut sovellukset keskittyvät vain yksittäisten asioiden tekemiseen käyttäjäystävällisillä ja helpoilla rajapinnoilla. Rajapinta voi olla esimerkiksi tietovaraston, sovelluksen tai palvelun päivitys tai tiedon hakua. API:n avulla voidaan tarjota tietoa muiden palveluiden käyttöön, etsiä verkosta hyvin yksityiskohtaista tietoa tai internetistä poistettua aineistoa erilaisista tietokannoista, mihin ei pääse käsiksi perinteisillä internet selaimilla. Ne tuovat liiketoimintaan toimittaja- ja teknologiariippumattomuutta, joita yritykset pystyvät hyödyntämään taloudellisesti jatkokehittämällä rajapinta ominaisuuksia omien tarpeidensa mukaan. Integrointi tarjoaa kehittäjälle valmiita rakennuspalikoita, joilla saadaan tehtyä erittäin monimutkaisia prosesseja vähällä määrällä koodia. API:t ovat modernin tietotekniikan, tiedonvälityksen ja palveluiden selkäranka, minkä olemassaolosta useimmat eivät ole ikinä kuulleetkaan. Ne perustuvat löyhään sidontaan, missä integroituvien järjestelmien ei tarvitse olla tietoisia toisistaan eikä niiden käyttäminen, poistaminen tai muokkaaminen vaikuta muihin käytettäviin palveluihin. Vastakohta on tiukka sidonta, jossa järjestelmään tehdyt muutokset vaikuttavat myös siihen integroituneisiin järjestelmiin. [22]

API toimii viestinvälittäjänä ikään kuin ravintolassa työskentelevä tarjoilija, joka toimittaa asiakkaalle ruokalistan ja yhdistää hänen tilauksen keittiöön. Tässä esimerkissä asiakas ja keittiö esittävät erilaisia tietojärjestelmiä sekä ruokalista niitä kysymyksiä, joihin keittiö on valmis vastaamaan. Tarjoilija matkaa edestakaisin sovellusten, tietokantojen ja laitteiden välillä keräten ja yhdistellen tietoa ilman, että

asiakkaan ja keittön tarvitsee olla tietoisia toisistaan. Tanskalainen matkanhakusivusto Momondo on hyvä esimerkki API:n mahdollistamasta palvelusta. Se ei myy mitään, vaan tarjoaa mahdollisuuden vertailla lentojen, hotellien, vuokra-autojen ja pakettimatkojen parhaita hintoja ja tarjouksia ympäri maailmaa. Matkahaussa voidaan käyttää useita eri hakuvaihtoehtoja, kuten päivämääriä, arvosteluja, hotelleja, lentoyhtiöitä, reittiä tai hintaa, täysin omien tarpeiden mukaan. Jotta se on mahdollista, matkanhakusivuston täytyy kerätä tieto yhtäaikaaisesti useista eri lähteistä. Tällöin API astuu kuvaan ja kerää hakua vastaavia tietoja eri lentoyhtiöiden ja hotelliketjujen tietojärjestelmistä ja tuo pyydetyt tiedot matkanhakusivuston käyttöön asiakkaan hyödynnettäväksi. [q] Google Maps on maailman eniten käytetty API, mitä hyödyntää aktiivisesti noin miljardi ihmistä sekä paras esimerkki kuvaamaan, mitä tarkoitetaan teknologiariippumattomuudella. Se antaa mahdollisuuden integroida valmiit kartat omaan sovellukseen tai verkkosivustoon alkaen 200 \$:lla kuukaudessa.



Kuva 18. Palapeli demonstroi löyhään sidontaan perustuvan API:n roolia tietojärjestelmien välisessä integraatiossa. [30]

Yritystietojärjestelmien väliset integroinnit ovat perinteisesti toteutettu ESB -menetelmällä, mikä edellyttää laajoja käyttöönottoprojekteja useiden toimittajien välille sekä paljon vaivaa ja räätälöintiä. ESB -menetelmällä voidaan parhaimmillaan kytkeä eri palvelut toisiinsa, esimerkiksi logistiikkasovellukset, varastohallinta, laskutusjärjestelmät ja web-palvelut voidaan liittää yhteen. ESB:n suurimpia heikkouksia ovat keskitetyn ratkaisun haavoittuvuus ja monoliittisuus, mikä tarkoittaa sitä, että kaikki toiminnot on sidottu kiinteästi yhteen ja koko järjestelmä voi halvaantua kertaheitolla yksittäisten toimintojen kaaduttua. IT-järjestelmien uusiminen on iso prosessi ja monesti halutaan ylläpitää vanhoja järjestelmiä, eikä uskalleta tehdä muutoksia, koska pelätään järjestelmän kaatuvan käsiin. Vanhan ESB-järjestelmän tai monoliittisten sovellusten käyttäminen ei häiritse vaiheittaista siirtymistä uuteen järjestelmään. [28]

API on ollut ohjelmistotekniikan hyödynnettävissä jo vuosikymmeniä, mutta niitä ei hyödynnetä rakennusalailla vielä juuri lainkaan. API:t ja API-hallintatyökalut ovat keskeisessä osassa ketterää liiketoimintastrategiaa sekä dynaamista IT-strategiaa. Dynaamisessa IT-strategiassa kaikki monoliittiset sovellukset korvataan selainpohjaisilla palveluilla. [31] API-hallintatyökaluilla helpotetaan API:n käyttöä tarjoamalla muun muassa identifioiva web-pohjainen URL-polku API-kuvaimien julkaisualustaksi. Ne käsittävät myös rajapintojen suunnittelun, käyttöönoton ja hallinnan sekä pitävät sisällään tietoja, kuten minkälaisia rajapintoja on käytettävissä, miten ja missä niitä tarjotaan ja kenelle niitä tarjotaan. [22] API tarjoaa yrityksille uudenlaiset kumppanuusverkostot, yhteistyömahdollisuudet sekä tiedonjonon ja sovellusekosysteemin. Yritystoiminnalle se merkitsee merkittävää kilpailuetua, uusia kasvu- ja innovaatiomalleja, tiedon kaupallistamista, vähemmän tieto- ja viestintäteknisiä kustannuksia ja asiakaskokemuksen parantamista. [32]

6 Rakentamisteknologia arvoketjun eri vaiheissa

Maailmanlaajuisen rakennustuotannon arvo oli vuonna 2018 lähes 10 triljoonaa dollaria. Sen ennustetaan kasvavan 4,2 % vuositahia ja saavuttavan vuonna 2023 **10,5 triljoonaa dollaria eli 10 500 000 000 000 \$**. Alan kasvua kiihdyttää kaupungistuminen, mikä edellyttää valtavia infrastruktuuri-investointeja ja noin tuhatta kerrostaloa päivässä. YK:n arvion mukaan vuonna 2050 kaupungeissa asuu 7 miljardia ihmistä, kun tällä hetkellä asukkaita on 3,5 miljardia. [14]

Rakentamisteknologia käsittää laajemman sovellus- ja järjestelmäekosysteemin, joka kattaa rakennustuotannon jokaisen vaiheen suunnittelusta käyttöönottoon. Rakentamiseen suuntautuvia ohjelmistoja ovat muun muassa suunnittelu, BIM, yhteistyötyökalut, valmistusohjelmisto, datan käsittely ja visualisointi, ennakoiva analyysi, hallinto, mobiilisovellukset, VR, AR, kustannustenlaskenta ja talouden-, riskien-, kustannusten-, asiakassuhteiden-, projektin-, materiaalien- ja toimitusketjunhallinta. Eri ohjelmistoratkaisuja ovat muun muassa robotiikka, lennokit, LiDAR, modulaarinen valmistelu ja rakentaminen, älykkäät materiaalit, puettavat teknologiat ja IoT. [14]

Maailmanlaajuisen rakentamisteknologia markkinoiden arvo oli vuonna 2018 yli neljä miljardia \$. Sijoittajat ovat kiinnostuneet rakennusalan mahdollisuuksista toden teolla, sillä vuoden 2018 aikana tehdyt rakentamisteknologia sijoitukset kuusinkertaistuivat edeltävän kolmen vuoden keskiarvoon verrattuna sekä rakentamisteknologiayritysten fuusiot kaksinkertaistuivat ja kauppa-arvot kolminkertaistuivat edeltävään vuoteen verrattuna. Markkinoiden odotetaan kasvavan noin 12-16 miljardiin \$ vuoteen 2023 mennessä, mistä kymmenen suurimman rakennusliikkeen osuus on arviolta 2,25 miljardia \$. Vuoden 2018 suurimmat sijoitukset olivat 1,2 miljardin \$:n fuusio Trimlen ja Viewpointin kesken, 1,2 miljardin \$:n fuusio Oraclen ja Aconexin kanssa ja 850 miljoonan \$ sijoitus Softbankilta Katerraan. Edellä mainittujen lisäksi eniten rahoitusta ovat saaneet lukuisat mobiilisovelluksia kehittävät startup-yritykset. Tällä hetkellä mobiilisovellusratkaisuissa keskitytään eniten rakennustyömaiden reaaliaikaiseen tiedon käsittelyyn sekä viestintään ja yhteistyöhön, joilla tavoitellaan kustannussäästöjä ja aikataulutavoitteiden alittamista. Raskaansarjan ohjelmistoyritykset kilpailevat

keskenään maailmanlaajuisen ekosysteemin standardoimisesta, kun taas mobiilisovellukset kilpailevat keskenään rakennustyömaiden asiakkaista. [14]

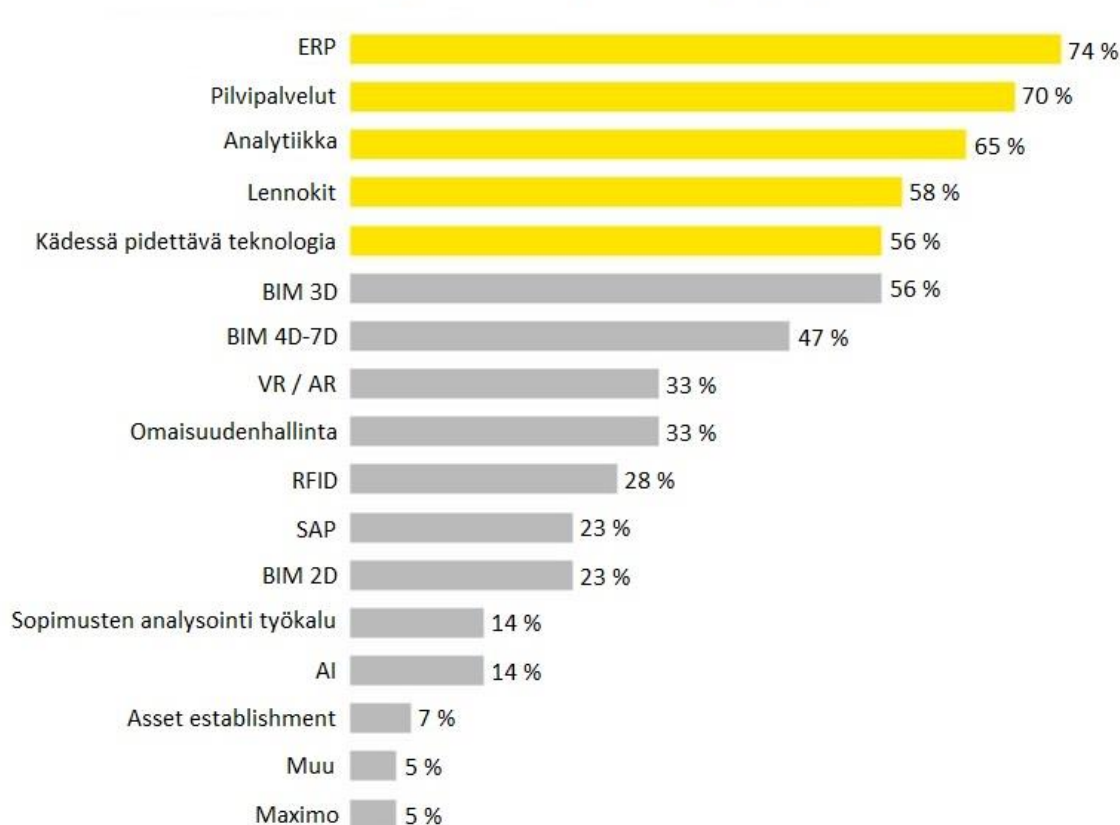


Kuva 14. Maailmanlaajuiset rakentamisteknologia sijoitukset miljoonina \$. [14]

Rakentamisteknologiaan pystyy tuhlaamaan paljon rahaa, mikäli ei perehdy riittävästi markkinoilla olevien palveluiden ominaisuuksiin ja käyttötarkoituksiin. Esimerkiksi vääränlaisilla järjestelmä- ja työkaluhankinnoilla, mitkä valitaan vain edullisimman hinnan perusteella, joista myöhemmin huomataan, ettei niissä olekaan haluttuja ominaisuuksia, kuten integraatiomahdollisuutta tai maksamalla tarpeettomia ominaisuuksista, millä ei tehdä mitään sekä oikeanlaisten järjestelmien ja työkalujen vääränlainen tai liian vähäinen käyttäminen. [14]

Esirakentamisvaihe on tärkeä osa projektiin valmistautumista. Sen aikana muun muassa laaditaan tarjoukset ja budjetit sekä perustetaan aikataulut. Osassa rakennusliikkeitä luotetaan vieläkin perinteisiin manuaalisesti tehtäviin hinnoittelu- ja kustannusarvioprosesseihin. Digitaalisten työmenetelmien puuttuminen voi osin selittää kustannusarvioiden ylittymisiä ja aikataulujen venymisiä. Kustannuslaskenta- ja hinnoitteluohjelmat ovat todella tärkeitä työkaluja varmistamaan projektien kannattavuus. Ohjelmilla saadaan laskettua hyvin tarkasti kaikki yksittäiset materiaalihankinnat, työkalu-, laite- tai konevuokrat, palkkakustannukset, aliurakat ynnä muut sellaiset. [14]

Digitaaliset työkalut ja järjestelmät



Kuva 15. Digitaalisten työkalujen ja järjestelmien hyödyntäminen Ernst & Young LLP:n kyselyyn osallistuneissa rakennusliikkeissä. [17]

Mobiililaitteiden käyttö on lisääntynyt vuodesta 2012 lähtien noin 30 %:lla. Noin 85 % rakennusalan tekijöistä kokee tänä päivänä mobiilivalmiuden tärkeäksi tai erittäin tärkeäksi. [14] Mobiililaitteet ja -sovellukset, RFID-järjestelmät, lennokit, tietojärjestelmät, IoT ynnä muut sellaiset ovat digitaalisia työkaluja siinä missä mitkä tahansa työkalut, jotka ovat tarkoitettu tiettyjen työtehtävien suorittamiseen. Digitaaliset työkalut ovat erityisen tärkeitä, sillä niiden avulla on mahdollista kerätä dataa. Pitää ymmärtää, miten dataa kerätään, merkitään, tallennetaan ja käytetään, koska muuten siitä ei ole mitään hyötyä pidemmän päälle. Datan merkitys realisoituu vasta, kun sitä on analysoitu ja hyödynnetty merkityksellisesti toimenpantavan johtopäätöksen aikaansaamiseksi. [17] Edistykset IoT- ja RFID-teknologioissa tekevät datan keräämisestä entistä helpompaa, mistä on hyötyä muun muassa materiaalien, henkilöiden ja omaisuuden seurannassa, resurssien valvonnassa ja yleishyödyllisen älydatan keräämisessä. Dataa kannattaa kerätä talteen myös varmuudenvuoksi, koska siitä voi olla hyötyä tulevaisuuden päätöksenteossa. [14]

”Ehkä suurin etu koituu, kun rakennukset ja niiden sisältämä talotekniikka sekä kaikenlaiset rakennetiedot tulevat tabletille kolmiulotteisena kuvana eri tarkastelukulmista missä ja milloin tahansa ilman ison piirustus- ja paperinivaskan kuljettamista. Paperit ovat jääneet paljolti syrjään.

Tabletin avulla rakennusta voi tarkastella 3D-mallinnettuna niin kokonaisuutena kuin yksityiskohtaisestikin ja projektipankista voi kaivaa vaikkapa teknisiä lisätietoja. Lisäksi tabletilla saa yhteyden rakennuttajaan, suunnittelijoihin, aliurakoitsijoihin, tavarantoimittajiin, omaan keskustoimistoon tai mihin vain, joko yksittäin tai monenkeskisillä etäpalavereilla.

Tabletilla voi myös ottaa, lähettää ja vastaanottaa kuvia, jotka monesti valaisevat asiaa enemmän kuin pitkät sanalliset tai kirjalliset selostukset. Dokumentoinnit voi tehdä tietokantaan työmaalla samanaikaisesti, kun asia tulee eteen. Niin se ei pääse unohtumaan tai muistumaan myöhemmin virheellisesti. Raportoinnitkin helpottuivat. Sähköisestä tiedonkeruusta ja siirrosta on apua myös tarjouslaskennoissa sekä materiaalihankinnoissa.

Meillä on niistä tärkeimpinä mm. PlanGrid- ja mallinnusohjelmat, joissa on monenlaisia alasovelluksia. Ohjelmat, laitteet ja tietoliikenneyhteydet ovat niin toimintavarmoja, ettei häiriöistä ole ollut harmia. Käytön oppiminen on varsin vaivatonta, minkä vuoksi vanhemman kaartinkin normaali muutosvastarinta murtui nopeasti.”

Rakennusliike Skanskan työpäällikkö Riku Pyykönen mobiililaitteiden käytöstä ja hyödyntämisestä. [24]

Mobiililaitteet, -sovellukset, IoT ja RFID ovat keskeisimmät teknologiat, jotka ovat johtaneet rakennustyömaaohjelmistoratkaisujen laajempaan käyttöön rakennustyömailla. Integraation puuttumisesta huolimatta mobiilisovellukset ovat kustannustehokkaita, helposti käytettäviä ja käytännöllisiä digitaalisia palveluita työmaiden materiaali- ja projektinhallintaan. Lisäksi niillä saadaan lisättyä työmaan sisäistä kommunikointia, dokumentointia, työtehokkuutta ja välitön ROI. [14] Rakennustyömaille suunnattujen mobiilisovellusten ja pilvipalveluiden valikoima on kasvanut hurjasti viimevuosina ja tulee kasvamaan entisestään. On entistä helpompaa ladata ja kokeilla uusimpia sovelluksia yksittäisten hienojen ominaisuuksien vuoksi, vaikka hankinnat tehtäisiin yrityksen IT-strategian vastaisesti. [22]

Lohkoketjuteknologia on ehkä maailman tämän hetken mielenkiintoisin megatrendi, jonka hyödyntämistä tutkivat teknologiayhtiöt, pankit, valtiot ja muut instituutiot. Kyseinen teknologia tunnetaan jokaisen kryptovaluutan selkärankana, mutta sillä on muitakin käyttötarkoituksia. Samalla tavalla, kuin kryptovaluutoissa, missä toisilleen vieraat ihmiset ylläpitävät yhteistä hajautettua tietokantaa, mikä sisältää kaikki lokitiedot ihmisten suorittamista transaktioista, voidaan teknologiaa käyttää rakennusalan keskitettynä sopimus- ja tietokantana. Lohkoketju on äärimmäisen turvallinen, sillä sen peukalointi ei ole mahdollista, kun vain teoriassa. [17] Arvoketjun hallinta on ensiarvoisen tärkeätä tehokkuuden ja yleisen luotettavuuden takia ottaen huomioon rakennusalan monimutkaisuuden ja eri sidosryhmien välisen vaadittavan yhteistyön. Lohkoketjulla on todellinen mahdollisuus tuoda maailmanlaajuisista läpinäkyvyyttä sidosryhmien välille, vähentää korruptiota arvoketjun jokaisesta vaiheesta ja muodostaa keskitetty yhden totuuden lähden. Se mahdollistaa minkä tahansa tiedon, kuten rakennustarkastusten, lupa-asiakirjojen, maarekisterien, sopimusten, tilausten, laskujen, varastosaldojen, käyttöoikeuksien tai lähetysten seurannan reaaliaikaisesti ilman kolmannen osapuolen palvelun tarjontaa. [26]

Top 10 ConTech trends for 2019



2019 is expected to be a breakthrough year for the construction industry. During the last year, construction technology investment has grown by 30% and equals to \$1.05bn. The total value of the sector is expected to exceed \$10trn by 2020.

01 Augmented Reality

AR is something that's bound to open many new opportunities for the construction industry even though it'll come with a cost.

\$90B increase in global AR market by 2020



02 Construction Software & Data Ecosystem

Real-time collaboration software is expected to function as the digital backbone for the construction process from start to finish.

95% of data in construction is thrown away



03 Building Information Modeling

BIM technology will be the catalyst for a fundamental change in how we manage, design and develop a construction project.

88% of construction stakeholders believe that BIM can enable better design insight



04 Modular construction

The use of standardized processes to assemble as much as possible off-site before they complete the construction project on site can cut down on costs and lead times.

Construction projects can be completed 65x faster through modular construction



05 Self-healing concrete

Many of the industry's experts believe we'll start seeing self-healing concrete being used on roads, buildings, and homes.

5B metric tons of concrete will be used by 2030

10 Wearable technology

Wearable technology is expected to play a substantial role in boosting safety on site and monitor efficiently the project progress.

250 million smart wearables are predicted to be in use by the end of the year



06 Drones

As drone technology continues rapidly developing in its accuracy and precision of its readings, even less human involvement will be necessary.

Drone industry value will rise from \$2B to \$10B in the next decade



07 Robotics

Robotics are continuously growing more precise and accurate, and they'll soon become a commanding force in the construction industry.

The industrial robotics market is expected to grow by 175% over the next decade



08 Cloud and mobile technology

Mobile devices can leverage cloud technology from anywhere, at any time. A must-have if you want your business to remain competitive.

IT spend in construction < 1% revenue

09 Advanced uses for GPS

GPS tracking solutions are now being used in more creative and resourceful ways facilitating the quick and accurate collection of data.

120 positioning satellites ready to be used in the next 10 years

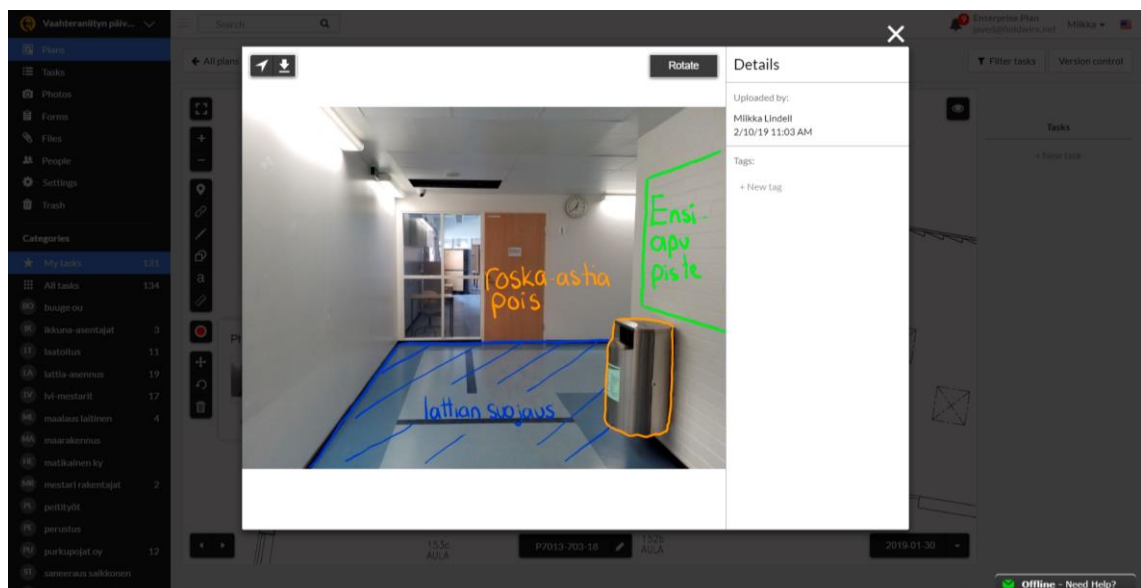


Kuva 17. Tanskalaisen GenieBeltin näkemys rakennusalan vuoden 2019 top-10 teknologiatrendistä. [25]

6.1 Digitaalinen käsikirjoittaminen

Samsung Galaxy Tab S4 on loistava hankinta digitaalisten muistiinpanojen ja allekirjoitusten tekemisen. Mukana tulevan S Penin erittäin tarkka 4 096 tason paineherkkyys ja 0,7 mm kirjoituskärki tekee muistiinpanojen kirjoittamisen yhtä luonnollisesti, kuin perinteistä kynää käyttämällä. Tabletti maksaa uutena noin 750 €. [B]

Googlen sovelluskaupasta ladattava Squid on ehdottomasti paras Android mobiilisovellus tukemaan rakennusmestarin digitaalista käsikirjoitusta, eikä se maksa kuin alle euron kuukaudessa. Sen avulla voidaan piirtää valokuvien päälle, tehdä merkintöjä PDF-tiedostoihin, allekirjoittaa dokumentteja ja tehdä digitaalisesta käsikirjoittamisesta ja muistiinpanojen tekemisestä ennen näkemättömän yksinkertaista ja tehokasta. Muistiinpanoista voidaan jälkikäteen kopioida, poistaa, siirtää tai muokata mikä tahansa kohta. Valittua aluetta voidaan suurentaa tai pienentää sekä vaihtaa sen värit. Valittavana on lukuisia eri vaihtoehtoja käytettävistä ruutu- ja viivapapereista sekä lomakepohjista. Asiakirjojen jakaminen onnistuu vaivattomasti muun muassa sähköpostitse tai pilvipalveluiden avulla.



Kuva 13. Squidilla muokattu valokuva Fieldwiresa.

6.2 RFID, Radio frequency identification

RFID on laajasti eri aloilla, kuten logistiikassa, tieteellisessä tutkimuksessa, maa- ja metsätaloudessa, turvallisuudessa ja vähittäiskaupoissa käytettävä radioaaltoihin perustuva etätunnistusteknologia. Järjestelmä perustuu radioaaltojen etälukemiseen RFID-tagin ja RFID-lukijan välillä. Tagi voidaan kiinnittää, liimata tai naulata mihin tahansa pintaan ja asentaa työkalujen, työkoneiden tai rakennusmateriaalien sisään. Tagin voi valmistaa muovista, keraamista, paperista, metallista tai kumista ja muotoilla mihin tahansa muotoon. RFID:n etu muihin etätunnistusteknologioihin on tagien suhteellisen suuri tallennuskapasiteetti ja se, että tageja voidaan lukea sekä niihin voidaan kirjoittaa. [54]



Kuva 27. Aktiivisen RFID-tagin ja passiivisen RFID-tagin kokoverailu. [55]

Aktiivinen RFID-taggi sisältää lukijan, antennin, tunnisteen, virtalähteen ja muistipankin. Sen etuja ovat muun muassa erittäin pitkä yli 100 m lukuetaisyys, liitännämahdollisuus muihin teknologioihin kuten GPS, WLAN tai sensoreihin, veden-, kuumuuden-, pakkasen-, kemikaalien-, paineen-, ja iskunkestävä kotelointi sekä erittäin pitkä toiminta-aika (5-15 vuotta), mitä rajoittaa vain sisäänrakennetun akun kapasiteetti. Tagien hinnat ovat 10 € - 70 € riippuen paljon sen ominaisuuksista.

Passiivinen RFID-taggi sisältää lukijan, antennin ja tunnisteen. Se saa virtansa lukijalaitteen tuottamasta sähkömagneettisesta kentästä, jonka se muuttaa radioaaltoiksi ja lähettää takaisin lukijalle. Sen etuja ovat muun muassa pieni koko, materiaali vaihtoehdot, ohuus, taipuisuus, edullisuus ja elinikäinen toiminta-aika. Lukuetaisyys voi olla jopa 12 m. Tagit ovat niin pieniä, että niitä käytetään muun muassa pankki-, tai joukkoliikennekortteissa. Pienin kaupallinen passiivinen tagi on 0,4 mm x 0,4 mm x <0,1 mm. [54] Rullatavarana ostettuna tagien hinnat alkavat alle 0,1 €:sta suurella volyyymilla ostettuna. Koteloidun tagin hinta vaihtelee 1 € - 10 €. [55]

RFID-tekniikalla voidaan parantaa rakennusprojektien tavoitteita työturvallisuudessa, aikataulunhallinnassa, laadussa ja kierrättämisessä sekä materiaalien, työkalujen ja koneiden hallinnassa. Se on hyvin monipuolinen teknologia reaaliaikaiseen paikantamiseen ja informaation automaattiseen keräämiseen. Tagien käyttö vähentää paljon erilaisia työvaiheita, mitä tehdään perinteisellä tapaa manuaalisesti paperilla. [54] RFID-teknologia vähentää työvoimakustannuksia ja parantaa työn tuottavuutta. Tutkimuksen mukaan jopa 10 % rakennushankkeen kestosta menee hukkaan tehottoman materiaalogistiikan takia. RFID-tunnisteiden avulla pystytään entistä tehokkaammin tuomaan materiaalit ja työntekijät yhteen. [56]

Automaattinen kulunvalvonta ja työajanseuranta lisäävät tarkkuutta palkanmaksuun sekä vähentävät ylimääräisiä tuntikirjauksia, manuaalista paperityötä ja hallinnollisia kustannuksia. Kulunvalvonta tarjoaa reaaliaikaista tietoa työmaalla liikkuvista henkilöistä, tarkempaa tietoa työpisteillä kulutetusta ajasta ja työaikamenekeistä. Seurantajärjestelmän käyttö edellyttää, että jokaiselle työntekijälle on aktivoitu henkilökohtainen RFID-taggi. Palkanmaksuun liittyvissä riitatilanteissa voidaan aina turvautua läsnäolo historiaan. Seuraamalla työntekijöiden liikkeitä voidaan suunnitella työmaan järjestystä entistä tehokkaammaksi. Manuaaliseen sisäänkirjautumiseen kuluu tarpeettomasti aikaa eivätkä kirjautumislaitteet ole välttämättä edes työpisteiden

läheisyydessä. Työmaiden sisään- ja uloskäynneillä voi olla portit, joista ei pääse läpi ilman aktivoitua tagia. RFID-tunnistimen huijaaminen on helppoa ja ohi pääsee käyttämällä toisen henkilön tagia. Korkean turvallisuusluokituksen kohteissa RFID-tunnistimeen voidaan yhdistää biometrisia tietoja, kuten sormenjälki, iiris tai kasvojen tunnistus. [54]

RFID-tekniikkaa voidaan käyttää raskaiden koneiden, kuten nosturien tai kaivinkoneiden hallintaan ja etävalvontaan. Asiattomien henkilöiden pääsy koneisiin sekä moottorin käynnistäminen voidaan estää RFID-lukijalaitteella. Koneiden käyttäminen voi edellyttää henkilökohtaisen tagin lisäksi erillistä käyttöoikeutta kyseiseen koneeseen. Järjestelmä voi tallentaa ja lähettää eteenpäin koneen käyttölokiteidot reaaliajassa, mikä auttaa esimerkiksi työnjohtajia suunnittelemaan tulevia työvaiheita, varautumaan tuleviin tarkastuksiin tai huoltoihin sekä arvioimaan työn todellista työaikamenekkiä. Raskaiden koneiden säännölliset tarkastukset ja huoltotoimenpiteet kirjataan vielä manuaalisesti paperille, mitä säilytetään kansioissa koneiden sisällä. Koneiden huoltaminen voitaisiin tehdä huomattavasti tehokkaammin, mikäli tarkastuksen yhteydessä kaikki huoltotiedot tallennettaisiin jatkossa RFID-tagille. Huoltomekaanikolla säästyy merkittävästi aikaa, kun hän saa koneiden huoltotiedot suoraan kädessä pidettävään RFID-lukijaan. [54]

Maailmalla ei ole käytössä vakiintunutta RFID-standardia, mikä levittäisi teknologian arvoketjun jokaiseen vaiheeseen. Yhteisen teknologian vakiintuessa rakennusmateriaalivalmistajat voisivat lisätä RFID-tagit kaikkiin tuotteisiin suoraan tehtaalla, aivan kuten maailman suurin vähittäistavarakauppaketju yhdysvaltalainen Wal-Mart tekee osalle tuotteistaan. Isot rakennusliikkeet hyödyntävät omia etätunnistusratkaisujaan valikoitujen yhteistyökumppaneidensa kanssa, millä ne pystyvät seuraamaan materiaalien liikkeitä tehtailta työmaalle. [54]

Rakennusmateriaalit ja tarvikkeet muodostavat noin 50-60 % rakennushankkeiden kokonaiskustannuksista. Tehostamalla materiaalienhallintaa ja logistiikkaa voidaan saada suuria säästöjä. RFID-tunnisteiden käyttö inventaarihallinnassa vähentää tarpeettomien hankintojen tekemisiä, materiaalien loppumista kesken töiden sekä säästää materiaalien varastointikustannuksissa. Tehokkaan logistiikan avulla voidaan vähentää materiaaleihin sidotun pääoman määrää, tilata tuotteita työmaalle sitä

mukaan, kuin niitä tarvitaan ja jäljittää materiaalien liikkeitä toimittajalta tai tehtaalta työmaalle asti. [56]

RFID-tunnistus vähentää pääomakustannuksia tehokkaalla omaisuuden hallinnalla, mihin kuuluu työkalujen ja laitteiden seuranta sekä huoltaminen. Kone- ja laitehuoltajat näkevät reaaliaikaisesti koneiden- ja laitteiden käyttölokiteidot, minkä avulla pystytään ennakoimaan muun muassa laiterikkoja. Työnjohtajan lähestyessä varastokonttia lukijalaite näyttää tiedon kaikista sisällä olevista laitteista, työkaluista tai materiaaleista. [56] Työkalujen reaaliaikainen seuranta ei ole pelkästään työkaluista huolehtimista vaan rakennustöiden saumattoman etenemisen varmistamista. Mitä isompi työmaa, sitä enemmän työkalujen sijaintitiedon merkitys korostuu. RFID-tagit pystyvät tallentamaan koneiden lainaus- ja palautuslokiteitoja, millä vähennetään niiden häviämistä, väärinkäyttöä ja varastamista. Hävinneiden koneiden paikallistamista voidaan helpottaa vertailemalla lainauslokiteitoja ja työmaan työajanseuranta. [54]



Kuva 28. TURCKin 500 \$ maksava RFID-lukija älypuhelimiiin, mikä lukee jopa 1 500 tagia minuutissa. [57]

Työturvallisuutta voidaan parantaa asentamalla RFID-lukijoita lähelle vaara-alueita, kuten hissikuilua tai suojakaiteita. Työntekijän lähestyessä vaara-alueita tunnisteen kanssa lukijalaite alkaa hälyttämään. Samalla tavalla voidaan rajata pois kokonaisia alueita tietyiltä henkilöiltä, mikäli heiltä puuttuu esimerkiksi vaadittava turvallisuuskoulutus tai lupa liikkua alueella. [56]

Rakennusjätteiden laitton hävittäminen on suuri ongelma, mitä tapahtuu ympäri maapalloa. RFID-tagien avulla voitaisiin varmistua siitä, että työmaalta lähtenyt jäteauto käy tyhjentymässä asianmukaisella jätteidenkäsittelylaitoksella. Ennen työmaalta poistumista jäteautoon asennetaan aktiivinen RFID-lähetin, mihin on kirjattu lähtöpaikka, päämäärä ja jätteiden tyyppi. Jätteidenkäsittelylaitoksen RFID-lukijalaite kuittaa jätekuorman saapuneeksi. [54]

RFID-tekniikkaa voidaan käyttää laadunvarmentamiseen muun muassa erottamalla väärennetyt rakennusmateriaalit oikeista rakennusmateriaaleista yksilöllisten sarjanumeroiden ansiosta sekä jättämällä rakenteiden sisään materiaalitiedoilla olevia tunnisteita. Kädessä pidettävän RFID-vastaanottimen avulla valvojat pystyvät jälkikäteen varmentamaan rakenteiden sisälle jääneiden materiaalien suunnitelmanmukaisuuden. Etätunnistusta voidaan käyttää laadunvarmentamiseen paalutustyössä. Paalujen kärkiin asennettujen tagien ansiosta ne ilmoittavat paalujen todellisen syvyyden radiosignaalin avulla. [54]

RFID on tehokkaaksi todettu teknologia, mitä hyödynnetään useilla eri aloilla ja mistä olisi huomattavasti hyötyä myös rakennusalalla. Erityisesti niissä tilanteissa missä vaaditaan reaaliaikaista tiedonsaantia, läpinäkyvyyttä ja jäljitettävyyttä. Teknologian suurin este on maailmanlaajuisen standardin puuttuminen, mistä johtuen RFID-taajuudet vaihtelevat eri maissa niin paljon, etteivät ne ole välttämättä yhteensopivia keskenään. Siitäkin huolimatta, että yhteisen RFID-standardin hyväksyminen lisäisi näkyvyyttä koko toimitusketjussa ennennäkemättömän paljon, ei ole tahoja tuomaan eri osapuolia yhteen. [54] Lisärajoitteita tuovat tekniset haasteet sekä korkeat käyttökustannukset. Kustannukset ovat vähentyneet viime vuosina ja tulevat vähenemään entisestään teknologian yleistyessä. Rakennustyömailla käytettävät komponentit ovat usein niin suurikokoisia, että kalliimmat aktiiviset tagit ovat ainoa vaihtoehto. Suurimmat tekniset haasteet ovat metalli ja vesi, jotka aiheuttavat lähellä olevan RFID-signaalin heijastumista, hajoamista, haamulukemia tai häviämisen

pidemmällä matkalla. Haastavimpiin olosuhteisiin tarkoitettu RFID-metallitagit on suunniteltu kompensoimaan metallin ja veden aiheuttamia häiriöitä. Niiden lukuetaisyys on noin puolet lyhyempi ja hinta kymmenen kertaa kalliimpi, kuin normaaleilla tageilla. [55]

6.3 BIM, Building Information Modeling

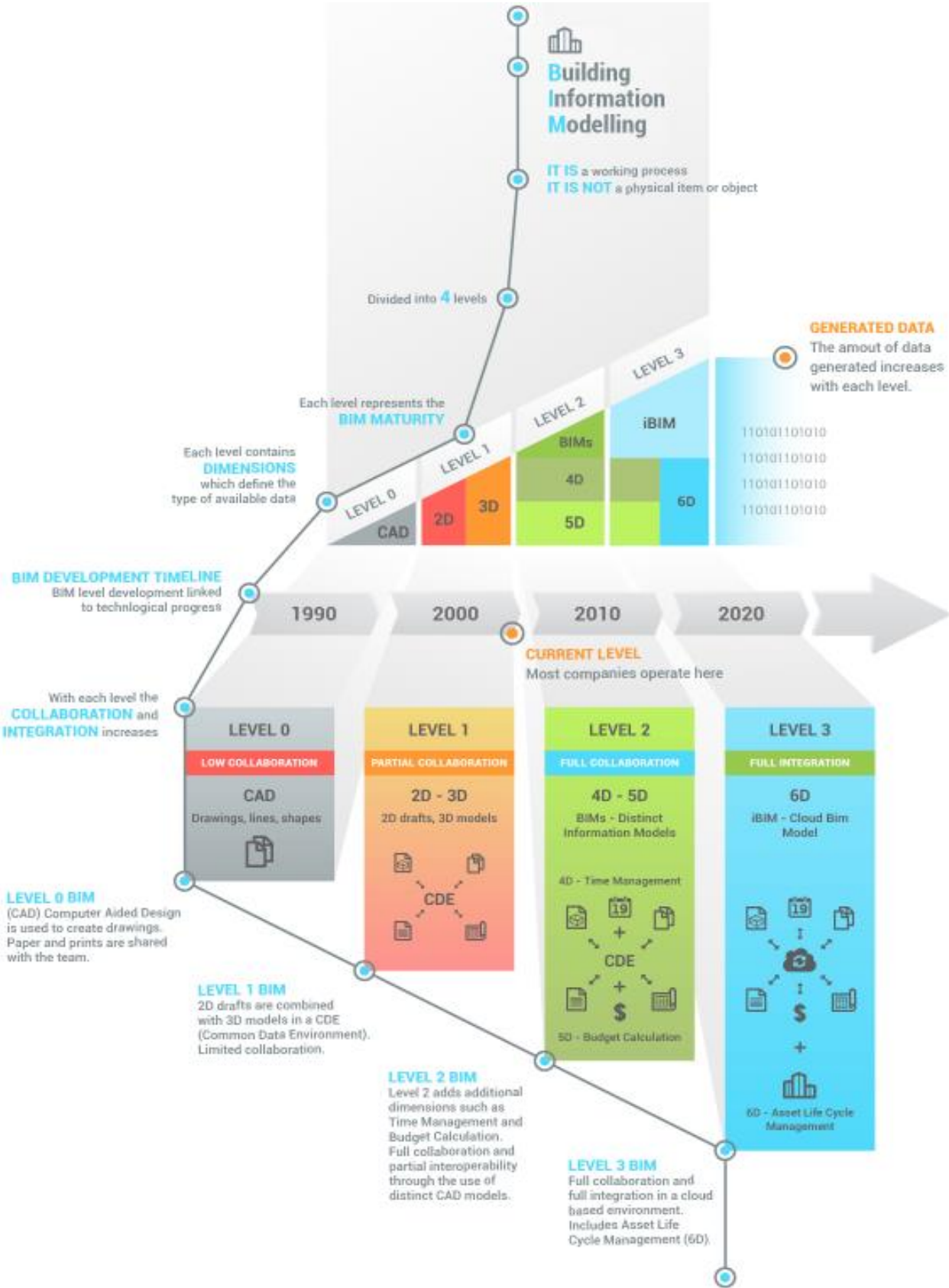
Digitaalista suunnittelua on tehty 1980-luvun loppuvaiheesta lähtien, kun ArchiCAD toi markkinoille ensimmäisen BIM-ohjelmiston. Käyttöä seurasi välitön ROI, tuottavuuden lisääntyminen, suunnitelmien laadun paraneminen, mahdollisuus kommunikoida dokumenttien välityksellä ja luoda digitaalisia tietokantoja myöhempää käyttöä varten. Tänä päivänä suunnittelut keskittyvät BIM:n ja laserskannaukseen. BIM on kehittynyt merkittävästi 1980-luvulta lähtien ja tulee kehittymään vielä tulevaisuudessakin. BIM sisältää kolme kypsyytstasoa ja viisi ulottuvuutta, joista jokainen antaa enemmän kontrollia ja lisätietoa rakennusprosessista, mallista, aikataulusta ja toiminnoista. Nollataso kuvaa CAD prosesseja ja perinteitä ilman 3D:ta, ensimmäinen taso kuvaa CAD:in muutosta 2D:stä 3D:en, toinen taso kuvaa sidosryhmien välistä yhteistyötä rakennustietojen kehittämiseksi yhteisessä 3D-ympäristössä. Kolmas taso on vielä määrittelemättä, mutta se todennäköisesti sisältää muun muassa verkon välityksellä tapahtuvan yhteistyön projektimallintamisen sekä kustannus- ja elinkaarihallinnan. Ulottuvuudet ovat 3D-suunnittelu, aikataulutusta, kustannusohjaus, energia-analyysit ja rakennuksen elinkaari. BIM on kaikkein keskeisin rakentamisteknologia, millä on todellinen mahdollisuus standardoida koko rakentamisen arvoketju ja yhdistää sidosryhmät yhteisen 3D-malli pohjaisen internet alustan ääreen. [14]

EU:ssa pyritään kohti avointa, kilpailukykyistä ja maailman johtavaa digitaalista yhteismarkkina-aluetta rakennusalan sen laajimmassa mahdollisessa käsityksessä. Julkinen sektori on rakennusalan suurin yksittäinen asiakasryhmä noin 30 % osuudella rakentamisen kokonaistuotannosta, mikä vastaa 3 % EU:n bruttokansantuotteesta ja miljoonaa yritystä. Poliittisilla päättäjillä on keskeisin rooli rakennusalan digitalisoitumisessa, koska vain julkisella sektorilla on riittävät resurssit saada pyörät pyörimään ja lisätä öljyä rattaisiin tarvittaessa. Julkinen sektori voi toimia suunnannäyttäjänä, muttei ikinä saavuta tavoitetta ilman tiivistä yhteistyötä rakennusteollisuuden kanssa. [2]

EU-päättäjät ovat ymmärtäneet tietomallin strategisen merkityksen kustannusten leikkaamiseksi ja tuottavuuden parantamiseksi rakennusalalla, minkä takia EU:ssa perustettiin BIM Task Group, joka koostuu infrastruktuurin omistajista, päättäjistä ja julkisen sektorin asiakkaista yli 20 Euroopan maasta. Tavoitteena on yhteinen strategia, standardi ja lähestymistapa johdonmukaiseen tietomallin käyttöön. Lisäksi tuetaan julkisen sektorin siirtymävaihetta digitaaliseen aikaan. **Tietomallien maailmanlaajuisella käyttöönotolla ennustetaan saavuttavat 15-25 % kustannussäästöt** infrastruktuurihankkeissa vuoteen 2025 mennessä. Tietomallien laajamittainen hyödyntäminen Euroopassa toisi **10 % ja 140 miljardin € kustannussäästöt rakentamiseen**. Taloudelliset säästöt ovat pieniä, kun niitä verrataan yhteiskunta ja ympäristö hyötyihin. Tehokkaamman suunnittelun ja resurssien käytön avulla pystytään vähentämään selvästi rakennusjätteen syntymistä. [2]



Kuva 21. Rakennuksen tietomalli. [39]

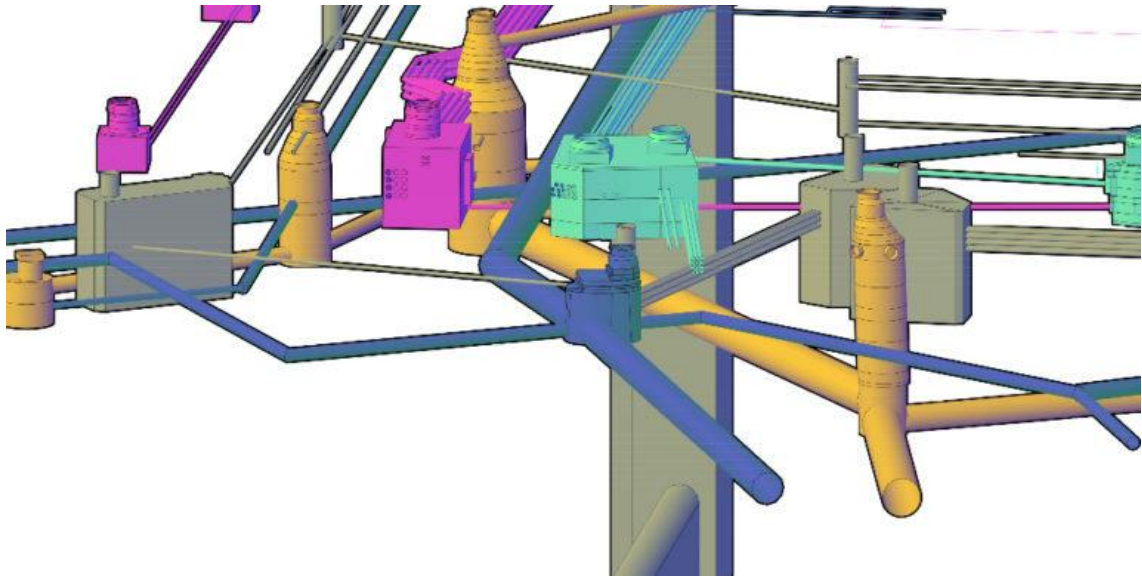


Kuva 20. BIM kehitysvaiheet. [38]

6.4 LiDAR, Light Detection and Ranging

LiDAR ja 3D laserskannaus viittaavat lasermittaus teknologiaan, jolla saadaan tehtyä erittäin tarkkoja 3D-mallinnuksia ympäristöstä. Laitteet ottavat puolesta miljoonasta kahteen miljoonaan mittausta sekunnissa, mistä muodostuu ympäristön digitaalinen pistepilvi. Sen pystyy tuomaan vaivattomasti mihin tahansa arkkitehtien tai insinöörien tänä päivänä käytössä oleviin mallinnus- tai tietokoneavusteisiin suunnitteluohjelmiin. [33] Skannausteknologian avulla voidaan seurata ja mallintaa työmaiden etenemistä reaaliajassa sekä puuttua virheisiin sitä mukaan, kun niitä syntyy. Yhdistämällä pistepilven käytössä olevaan tietomalliin ja vertailemalla niitä keskenään saadaan korostettua kohdat, missä rakennettu poikkeaa suunnitelmista. Samalla tavalla voidaan etsiä tietomallin ja rakennettavan ympäristön päällekkäisyyksiä. Skannausmenetelmä on niin tehokas, että se määrittelee uudet standardit rakennustyömaan valvontaan. [34]

Laserskannaus on viimeisin menetelmä tietomallintamiseen, mikä tarjoaa kustannustehokasta ja tarkinta mahdollista 3D-mallinnusta niin rakennus-, jälkiasennus- kuin restaurointihankkeissa. Sen avulla saadaan mallinnettua kaikkein haastavimmatkin kohteet, mitä ei muilla menetelmillä olisi järkevää toteuttaa, kuten esimerkiksi museoviraston suojelema rakennus, mihin tehdään perusteellinen restaurointi sekä päivitetään LVIS- ja palonsammutusjärjestelmät. [33] Geologiset yllätykset ovat merkittävimpiä yksittäisiä tekijöitä rakennushankkeiden budjettiylityksiin ja aikatauluviivästyksiin. LiDAR:n avulla pystytään tekemään digitaalista maaston 3D-kartoitusta, mikä auttaa näkemään pintaa syvemmälle. Digitaalisella kartoituksella on mahdollista saada perinteisiä menetelmiä tarkempia maaston mittauksia. Kartoituksen perusteella voidaan tehdä entistä tarkempia suunnitelmia ja välttää odottamattomat yllätykset. [13]



Kuva 19. Laserskannerin avulla tehty maaston 3D-kartoitus, mistä erottaa selvästi maanalaiset sadevesi- ja viemäriputket. [35]

Laserskannaus on nopeampi, tehokkaampi ja tarkempi kuin perinteinen mittausmenetelmä, joka perustuu fyysiseen mittaukseen ja kartoitukseen. Laserskannerin tyypillinen virhealue on ± 2 mm jokaista 100 m etäisyyttä skannerin ja kohdepinnan välillä. [33] Tutkimuksen mukaan laserskannaus voi **vähentää projektien kokonaiskustannuksia jopa 6 %** ja **aikataulusta 10 %** teollisuushankkeissa. [36] Säästetty aika riippuu kohteen laajuudesta, mutta laserskannaus **vähentää mittaamiseen kuluvaa aikaa jopa 70 %** perinteiseen mittausmenetelmään verrattuna. 12 000 m² toimistorakennuksen täydellisen laserskannaukseen saa valmiiksi yhdessä työpäivässä. [34] Markkinoiden kompaktein ja edullisin rakennustyömaille ammattikäyttöön tarkoitettu laserskanneri FARO Focus3D X 330 kustantaa uutena 35 000 \$. Rakennustyömaille käyttöön myytävän Leica BLK360 Imaging Laser Scannerin saa jo 20 000 \$, mutta se on ominaisuuksiltaan vaatimattomampi kuin edellä mainittu laite eikä sillä pysty mittaamaan pitkiä etäisyyksiä. [37]

6.5 VR, Virtual reality

VR on tietokoneella luotu keinotekoinen ympäristö, mikä voidaan luoda tietokonenäytölle, mobiililaitteelle, laajakankaalle tai virtuaalitodellisuuslaseille. Sillä voidaan luoda täysin kuvitteellisia ympäristöjä tai mahdollisimman lähellä todellisuutta olevia simulaatioita. Todellisen VR-kokemuksen immersion saa aikaiseksi vain käyttämällä virtuaalitodellisuuslaseja. [45] VR ei ole vain tapa muuttaa digitaalista tietoa näytölle sopivaan muotoon, vaan mahdollisuus vuorovaikutukseen projektien 3D-mallien kanssa. Suunnittelijoilla on ennennäkemättömät mahdollisuudet työskennellä todenmukaisessa ja elävässä ympäristössä, havaita virheitä ja tehdä muutoksia. Se antaa asiakkaille mahdollisuuden entistä aktiivisempaan yhteistyöhön ja tuomaan esille omia näkemyksiä koko rakennushankkeen ajan. [46] VR edistää parempaa ymmärrystä rakennettavasta ympäristöstä ja mahdollistaa nopeamman päätöksenteon sekä edesauttaa parempaa päätöksentekoa, sillä se jättää hyvin vähän tilaa virheelliselle tulkinnalle. On sanomattakin selvää, että mahdollisuus rakennusurakan läpikäymiseen, töiden suunnitteluun, yksityiskohtien läpikäymiseen ja virheiden tai puutteiden etsimiseen omin silmin ennen kuin rakennustöitä on edes aloitettu auttaa rakentajia luomaan parempia rakennushankkeita ja välttämään virheet alkuvaiheessa. [47]

VR-teknologiaa hyödynnetään muun muassa koulutussimulaatioissa lentokoneiden ja avaruusalusten ohjaamiseen sekä kirurgian toimenpiteisiin, tietokonepeleissä, terapiassa erilaisten pelkotilojen hoitoon sekä kiinteistö- ja rakennusalalla kiinteistöjen esittelyyn ja arkkitehti tai insinööri suunnitelmien todentuntuiseen visualisointiin. [45] Koulutussimulaattorit yleistyvät myös rakennusalalla, koska niiden käyttäminen on selvästi edullisempaa ja turvallisempaa, kuin harjoittelemine oikeilla koneilla. Valtaosa koulusta valmistuvista arkkitehti- ja insinööriopiskelijoista ei ole ikinä työskennellyt tai edes käynyt rakennustyömaalla. VR on osoittautunut turvallisiksi ja luontevaksi tavaksi perehdyttää heidät työelämään. Kiinteistövälittäjät kauppaavat asuntoja, joita ei ole vielä edes rakennettu. Ostajaehdotukset pääsevät tutustumaan valmiisiin asuntoihin, ihailemaan maisemia, muuttamaan sisustusta tai lisäämään huonekaluja virtuaalilasit silmillä. [46] Virtuaalikokousten ja -työmaakerrosten järjestäminen mahdollistaa tiiviin yhteistyön projektiryhmien välillä myös syrjäisimmillä seuduilla tai hankkeessa missä työmaakäynnit on muuten haastavaa järjestää. [47]



Kuva 23. Suunnittelijoita käyttämässä IC.IDO:n VR-ohjelmistoa, mikä mahdollistaa 1:1 skaalauksen millimetrin tarkkuudella. [48]

Rakennusliikkeissä ei vielä hyödynnetä VR:n tuomia mahdollisuuksia kuin hyvin vähän. Teknologia on saapunut alalle vasta muutamia vuosia sitten, mikä on seurausta BIM:n laajentuneesta käytöstä sekä kuluttajille suunnattujen virtuaalitodellisuuslasien tulosta markkinoille. VR-tekniikka on tullut jäädäkseen, mutta valtaosassa rakennusliikkeitä se nähdään enemmän leluna, kuin tarpeellisenä työkaluna. Asiantuntijat uskovat sen saavuttavan tulevaisuudessa saman aseman, kuin tämän päivän tietokoneilla ja älypuhelimilla. VR:n käyttöönottamista hidastavat korkeat aloituskustannukset, sillä se edellyttää korkeamman hintaluokan tehokkaita tietokoneita ja virtuaalilaseja, jotka tukevat suunnittelua, rakentamista sekä myyntiä. Lisäksi pitää palkata lisää työvoimaa tai kouluttaa nykyisiä ottamaan vastuu uudesta teknologiasta. VR:n hyödyntämisestä rakennusalalla ei ole tehty vielä riittävää tutkimusta mikä puoltaisi sen etuja. [46]

Tampereen teknillisen korkeakoulun tiloissa on virtuaalitodellisuustekniikan laite- ja ohjelmistoympäristö Virtual Reality Center. Siellä on noin 150 m² ikkunaton virtuaalitodellisuustila, missä seinille heijastetaan projektoreilla tietokoneen luoma ympäristö. Virtuaalitodellisuustilaa voi hyödyntää muun muassa kaupunkien rakennus- ja kaavoitussuunnittelussa esimerkiksi lisäämällä suunnitteilla olevien

uudisrakennuskohteiden arkkitehtisuunnitelmat kaupungin olemassa olevaan 3D-malliin tai liikkumalla ympäriinsä vielä suunnitteilla olevia katuja pitkin ja tutkia suunniteltujen rakennusten tilavaikutelmia. [45]



Kuva 24. Virtuaalilasinäkymä Rapid Accessin nivelpuominostin koulutussimulaattorista. [49]

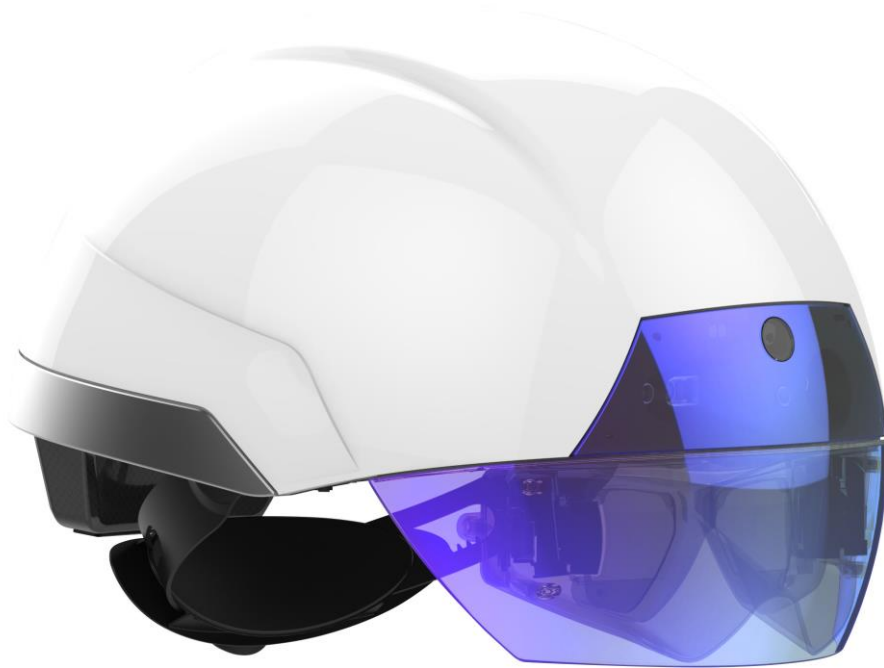
6.6 AR, Augmented reality

Tosin kuin VR, missä käyttäjä uppoutuu täysin omiin oloihinsa eikä havaitse mitään suljettujen lasiansa ulkopuolelta niin AR käyttäjä tarkastelee ympäristöään läpikatseltavan näytön läpi, mihin on lisätty tietokonegrafiikalla tuotettuja elementtejä. VR vie käyttäjänsä, minne tahansa, mutta AR tuo käyttäjälle mitä tahansa. Muuten teknologiat ovat hyvin samantapaisia ainakin tässä asiayhteydessä. [50] Monet asiantuntijat väittävät, että AR mullistaa työnteon samalla tavalla, kuin internet ja mobiililaitteet sekä asettamalla uudet vaatimukset normaaliin. Kolmen vuosikymmenen kokemus ilmailuteollisuudessa ja kirurgiassa on osoittanut, että AR-ohjaus vähentää merkittävästi virheitä, nopeuttaa oppimista ja työtehtävistä suoriutumista eli toisinsanottuna tekee työtehtävistä helpompia. AR auttaa kaikkia rakennustyömaalla työskenteleviä, koska se muuttaa hankalasti luettavat suunnitelmat paperilta visuaalisesti intuitiiviseen muotoon ja vähentää rakentamisen monimutkaisuutta. Se näyttää esimerkiksi tulevien sähköjohtojen, ilmastointikanavien ja vesiputkien sijainnit sekä läpiviennit vielä tyhjässä tilassa. [51]



Kuva 25. Työnjohtaja käyttämässä AR-sovellusta älypuhelimella. [51]

AR:n on pitkään tiedetty olevan maineensa arvoinen, mutta vasta viime vuosina on saatu yhdistettyä kustannustehokkuus, seuranta ja riittävän suorituskykyiset laitteet. AR:n toiminen toivotulla tavalla edellyttää jatkuvaa kohdistamista, jotta todellisuus ja virtuaalinen informaatio ovat aina mahdollisimman tarkasti toistensa päällä. Kohdistusongelmien välttämiseksi laitteissa käytetään usean seurausmenetelmän yhdistelmiä, kuten digitaalikameraa, kiihtyvyyssanturia, gyroskooppia, RFID, ultraääntä, magneettikenttää, GPS- sekä optista seurantaa. [52] DAQRI Smart Helmet on teollisuusympäristöön suunniteltu täysin uudenlainen suojakypärä, jossa yhdistyy innovatiivisuus, huipputeknologia ja turvallisuus. Sen ominaisuuksia ovat muun muassa reaaliaikainen datan visualisointi ja analysointi, yhtäaikainen paikallistus ja ympäristön kartoitus, nopea laajakulmainen seurantakamera, lämpökamera, joka mahdollistaa jatkuvan lämpötilanvalvonnan, syvyyden tunnistin, intensiiviset AR- ja multimediatoinnot, kuten kädessä pidettävä 3D-kartta, videopuhelut ja virtuaalityökalut, Intel-moniydinprosessori, Bluetooth ja 64 Gt tallennustilaa. Lisäksi on saatavilla päänauha, joka mittaa sykettä, lämpötilaa, veren happipitoisuutta sekä otsalohkon toimintaa, jotta voidaan tarkkailla henkilön keskittymistä ja kognitiivisia tiloja. DAQRI Smart Helmet maksaa käyttämättömänä 15 000 \$. AR-lasien hinnat vaihtelevat Microsoft HoloLensin 3 500 \$:sta DreamGlassin 399 \$. [53]



Kuva 26. DAQRI Smart Helmet. [53]

6.7 Pilvipohjaiset projektinhallintajärjestelmät

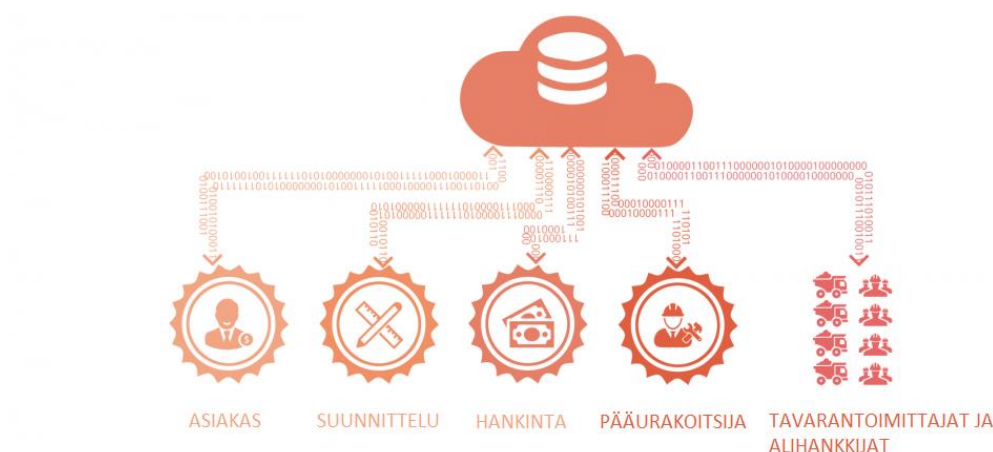
Tutkimukset näyttävät selvästi, että ongelmat aikataulussa, budjetissa, työturvallisuudessa, tuottavuudessa sekä rakennusliikkeiden yleisessä tehottomuudessa liittyvät enemmän tai vähemmän puutteelliseen viestintään ja tiedonvälitykseen. Järjestelmien välinen integraatio on avainasemassa käytettävissä olevan tiedon hyödyntämiseksi. Useamman järjestelmän käyttö rinnakkain heikentää kykyä hahmottaa kokonais kuvaa, mikä johtaa päätöksentekoon hajanaisen, puutteellisen, vanhentuneen tai väärän tiedon pohjalta. Keskitetty järjestelmäratkaisu takaa yksinkertaistetut prosessit, missä kaikki tieto välittyy vain yhden viestintäkanavan läpi kaikille sidosryhmille mahdollistaen reaaliaikaisen tiedonsaannin päätöksentekoa varten. [17]

Rakennustyömaiden suurimpia ongelmia ovat kommunikaation puute, vaikeudet saada oikeaa tietoa oikeaan aikaan, epätehokas tiedonhallinta, datan hyödyntämättä jättäminen puutteellisesta järjestelmäintegraatiosta johtuen, tiedon digitalisointi, datan

talteenotto sekä vaikeudet mukautua yllättäviin muutoksiin. Kaikki edellä mainitut ongelmat jäävät historiaan, kun siirrytään pilvipohjaiseen projektinhallintajärjestelmään, joka tarjoaa valvontaa ja läpinäkyvyyttä alusta loppuun, helpottaa ja suoraviivaistaa sidosryhmien välistä yhteistyötä, parantaa työn tuottavuutta, edistää tiedon digitalisointia ja hyödyntämistä, parantaa työmaanhallintaa, työnkulkua sekä mahdollistaa työnjohtajien, projektipäällikön tai valvojen seurata useiden rinnakkaisten prosessien etenemistä reaaliajassa.

Projektinhallintajärjestelmä ja yhteistyöratkaisut auttavat edellä mainittujen ongelmien kanssa muun muassa tarjoamalla valvontaa alusta loppuun, läpinäkyvyyttä, helpompaa yhteistyötä sidosryhmien välille, parantamalla työn tuottavuutta, edistämällä tiedon digitalisointia ja käyttämistä sekä tarjoamalla työnjohtajille tai projektipäälliköille mahdollisuuden seurata useiden prosessien etenemistä reaaliajassa. Rakentamisvaiheessa on tärkeää panostaa yhteistyöratkaisuihin, joilla tuodaan valvoja, tilaaja, asiakkaat, työpäällikkö, urakoitsijat, insinöörit ja työnjohtajat saman viestintäkanavan ääreen. [14]

DIGITAALINEN TIETOVIRTA



Kuva 29. Pilvipohjaisen tiedonjakoalustan tiedonkulku. [6]

Pilvipalvelun hyödyt realisoituvat helposti rakennusalalla ja rakennusliikkeissä ollaan viime vuosina alettu tiedostamaan IT-järjestelmien merkitys työmaiden työtehokkuuden parantamiseksi. Pilvipohjainen projektinhallintajärjestelmä on innovatiivinen IT-infrastruktuurimalli keskitettyyn tiedonhallintaan ja dynaaminen jaettu ympäristö rakennushankkeen sidosryhmille. Pilvipohjaisen tiedonjako- ja viestintäalustan etu on

valtava tallennuskapasiteetti, nopea ja tehokas tiedonvälitys, jatkuvasti ajan tasalla oleva tieto, mahdollisuus ainutlaatuiseseen tiimityöskentelyyn, työkulun automatisointiin sekä tiedon jakaminen organisaatio rajojen yli. Pilvipohjaisen projektinhallintajärjestelmän etuna on, ettei tarvitse sijoittaa rahoja uuteen IT-infrastruktuuriin, missä sovellukset asennetaan perinteiseen tapaan käyttäjien omille tietokoneille. Järjestelmien käyttö ei edellytä IT-osaamista, päivityksiä eikä tietojen varmuuskopiointia. Palveluista tarvitsee maksaa vain käytön mukaan kuukausimaksulla tai projektikohtaisesti. Oikean tiedon saaminen oikealla hetkellä on ratkaisevaa, kun pitää tehdä nopeita päätöksiä kentällä, työmaatoimistolla, pääkonttorilla, asiakkaan luona tai missä tahansa etätoimistossa. Palveluun kirjautuminen vaatii vain internetyhteyden, mobiililaitteen tai tietokoneen. Järjestelmässä on mahdollisuus ladata, lähettää, tallentaa ja muokata projektidokumentteja, tilauksia, raportteja, tehtäviä, asiakirjoja, laskuja tai budjettia. Myös reaaliaikainen töiden- kustannusten- tai aikataulun seuranta on mahdollista. Enää ei tarvitse tulostaa papereita, allekirjoittaa, skannata, lähettää tai arkistoida kansioihin. [58]

Avainhenkilöiden yhdistäminen saman palvelun sisälle tarjoaa uusia yhteistyömahdollisuuksia, edistää työnjohtamista ja koordinoitua, lisää läpinäkyvyyttä ja vähentää virheiden syntymistä. Kaikilla käyttäjillä on oikeus selata asiakirjoja, lisätä valokuvia sekä lähettää ja vastaanottaa viestejä. Valitut henkilöt saavat myös lisätä, ladata tai poistaa aineistoa. Yrityksessä tulee olla määritelty hierarkia, jossa määritellään käyttöoikeudet ja uusia oikeuksia luodaan tuon hierarkian perusteella. Työnjohdolla ei välttämättä ole sellaista IT-tuntemusta järjestelmästä, että se voisi luoda oikeuksia. Yleensä nuo oikeudet ovat pääkäyttäjän vastuulla, mutta myös joku työnjohtajista voi olla pääkäyttäjä. [27]

Projektinhallintajärjestelmä sisältää yleensä ainakin työmaan-, materiaalien- ja aikataulunhallinnan, mutta sisällytettäviä ominaisuuksia tai hyödynnettävää teknologiaa ei ole määritelty missään. Sillä viitataan yhdistettyyn joukkoon automaattisia projektinhallintatyökaluja organisaation sisältä integroituna yhden järjestelmän sisälle. Rakentamisen liiketoiminta luo omat vaatimukset järjestelmän ominaisuuksille. Oleellisia ominaisuuksia ovat integrointi, aikataulutus, asiakirjat, tehtävä- kustannus- laatu- henkilöstö- ja materiaalihallinta, viestintä, suunnittelu, myynti, urakointi, hankinnat, tarjouslaskenta, kirjanpito, rahoitus, yleishallinto ja tuotekehitys.

Vaihtoehtoja on muun muassa ERP, CAD, CPM, itse kehitetyt tai open source -järjestelmät. [58]

Projektinhallintajärjestelmien lisäksi on myös kevyempiä rakennustyömaanhallintajärjestelmiä, joiden välistä eroa on hankala määritellä, sillä molemmissa on vaihteleva määrä ominaisuuksia sekä paljon samankaltaisuuksia ja erilaisia lähestymistapoja samojen asioiden hoitamiseen. Projektinhallintajärjestelmät ovat suunnattu isommille yrityksille, mikä näkyy myös niiden hinnoissa. Vaihtoehtoja ovat muun muassa Fieldwire, Aconex, FINALCAD, GenieBelt, CoConstruct, PlanGrid, Sage 300 Construction, eSUB, Raken, BIM 360, Bluebean Revu ja Microsoft Dynamics SL Software for Construction.

6.7.1 GenieBelt

GenieBelt on tanskalainen pilvipohjainen rakennustyömaan mobiiliohjausjärjestelmä, mikä on erikoistunut yhteistyöhön, koordinointiin, aikataulutukseen ja projektidokumenttien hallintaan. [59] Danish National Building Research instituutin ja Kööpenhamina Aalborg yliopiston yhteistyössä teettämä tutkimus IT-järjestelmien hyödyistä rakennusalalla väittää, että GenieBelt järjestelmän käyttö voi tuoda **jopa 7 % kustannussäästöt** rakennushankkeessa. Tutkimus perustuu kolmeen eri hankkeeseen, joissa hyödynnettiin GenieBelt mobiiliohjausjärjestelmää, mitkä ovat Mærsk Tower, Niels Bohr Building ja Danish Defence Estates and Infrastructure Organisation. [60]

Tutkimuksesta on saatavilla paljon yksityiskohtaisempaa lisätietoa.

6.7.2 PROCORE

Procore on yhdysvaltalainen pilvipohjainen projektinhallintajärjestelmä. [59] Se on tarkoitettu pääurakoitsijoille, arkkitehdeille, suunnittelijoille ja insinööreille. Se ominaisuuksia ovat muun muassa rakennustyömaan hallinta, aikataulutus, taloushallinta, asiakkuudenhallinta ja tarjouslaskenta. [61]

Yhdysvaltalainen 50 miljoonan \$ arvoinen rakennusliike laski Procore-järjestelmän hyödyntämisestä saatavat kustannussäästöt vuoden ajalta tarkkailemalla kolmea projektipäällikköä ja viittä työmaahenkilöä vuoden ajan. Henkilökohtainen säästö oli

26 900 \$ ja yhteenlaskettuna **215 700 \$**. Tehtäväkohtaiset kustannussäästöt ovat eriteltyinä alapuolella. [62]

Drawings and Documents

SEARCHING FOR INFORMATION ON DRIVES

\$3,240 72 hrs/year at \$45/hr

PRE-CONSTRUCTION DRAWING MANAGEMENT

\$3,600 80 hrs/year at \$45/hr

DRAWING UPDATES

\$9,180 204 hrs/year at \$45/hr

DRAWING MARKUP/VERSION CONTROL

\$21,600 288 hrs/year at \$75/hr

PHOTO MANAGEMENT

\$25,250 505 hrs/year at \$50/hr

Kuva 30. Kustannussäästöt eriteltyinä piirustuksista ja dokumenteista. [62]

Project Management

BID SOLICITATION

\$2,160 48 hrs/year at \$45/hr

RFI PROCESSING

\$6,750 150 hrs/year at \$45/hr

SUBMITTAL PROCESSING

\$9,000 200 hrs/year at \$45/hr

CHANGE ORDERS

\$10,800 144 hrs/year at \$75/hr

Kuva 31. Kustannussäästöt eriteltyinä projektinhallinnasta. [62]

Collaboration

ACCESSING ACCOUNTING INFORMATION

\$2,880 72 hrs/year at \$40/hr

PRE-CONSTRUCTION TO PM HAND-OFF

\$6,400 64 hrs/year at \$100/hr

CALLING SUPERINTENDENTS

\$35,640 792 hrs/year at \$45/hr

MANUALLY PROVIDING SUPER INFORMATION

\$79,200 1584 hrs/year at \$50/hr

Kuva 32. Kustannussäästöt eriteltyinä yhteistyöstä. [62]

6.7.3 Aconex Construction Management Software

Aconex Construction Management Software on maailman kolmanneksi suurimman yritysohjelmistoja ja -laitteistoja valmistavan tietotekniikkayhtiö Oraclen mobiili ja web-pohjainen projektinhallintajärjestelmä ja yhteistyöalusta. Järjestelmä edustaa raskaimman sarjan projektinhallintaratkaisuja, mikä kattaa kaiken mahdollisen tarjouskilpailuvaiheesta elinkaarihuoltoon. Se on suunnattu arkkitehdeille, insinööreille, pääurakoitsijoille, valtion urakoitsijoille, omaisuuden omistajille, kehittäjille, raskaansarjan infrastruktuuri urakoitsijoille sekä kaivos- energia- öljy- ja kaasuyhtiöille. [59]

Aconexia on käytetty esimerkiksi Abu Dhabin 40 miljardin \$ YAS Islandissa, mikä on maailman suurimpia rakennusprojekteja sekä kustannuksiltaan, että pinta-alaltaan ja vastaa koko Suomen vuotuista rakennustuotantoa. Projektiin osallistui 380 organisaatiota eripuolilta maailmaa ja sen ensimmäiset kahdeksan miljoonaa projektidokumenttia olivat muodostuneet jo ennen rakentamisvaiheen aloitusta. Yli miljardin \$ Aconex projekteissa on mukana keskimäärin 8 000 henkilöä 290:stä eri organisaatiosta. Lisäksi projektien aikana kertyy +30 miljoonaa projektidokumenttia.

Maailman kymmenestä suurimmasta insinööri- tai rakennusliikkeestä yhdeksän käyttää Aconexia, kuten myös lähes jokainen 25:stä suurimmista suunnittelutoimistoista. [14]

7 FIELDWIRE

Fieldwire -järjestelmästä ei löydy juuri lähdemateriaalia, joten osa tämän työn kirjoituksista perustuu henkilökohtaiseen käyttökokemukseen ja sen analysoimiseen.



Kuva 33. Fieldwire eri laitteilla. [64]

Fieldwire on yhdysvaltalainen Lean-ajatteluun perustuva pilvipohjainen rakennustyömaanhallintajärjestelmä, joka on suunniteltu pää-, ali- ja erikoisurakoitsijoille, arkkitehdeille, suunnittelijoille, tilaajille sekä valvojille. Se soveltuu uudis- ja korjausrakentamiseen, infrastruktuuriin ja kiinteistöjen ylläpitoon sekä pääurakoitsijoille miljardien \$ kohteisiin, erikoisurakoitsijoille kymmenien tai satojen tuhansien \$ kohteisiin ja pienille yhden työnjohtajan työmaille. [64] Fieldwire Construction Management on arvioitu Apple sovelluskaupassa **4,8/5** yhteensä 641 arvostelun perusteella [K] sekä Google sovelluskaupassa **4,7/5** yhteensä 1 250 arvostelun perusteella. [D]

Fieldwire on heti käyttövalmis, yksinkertainen, suoraviivainen ja tehokas, eikä sen hallitsemiseksi tarvita erillistä käyttökoulutusta. Järjestelmän hyödyt ja työtehokkuuden lisääntyminen näkyvät välittömästi käyttöönottamisen jälkeen. Järjestelmän hyödyntäminen **säästää työnjohtajan työaikaa keskimäärin 20 tuntia kuukaudessa.**

Järjestelmästä saatava ROI vaihtelee 10x - 30x. [64] Henkilökohtaiseen työjohtokokemukseen perustuen työajan säästö **voi nousta helposti 30-35 tuntiin**. Fieldwire lisää luottamusta ja tuo läpinäkyvyyden rakennushankkeisiin sen keskitetyllä viestintä- ja tiedonjakoalustalla, mikä varmistaa, että kaikilla osapuolilla on aina viimeisimmät tiedot, suunnitelmat, asiakirjat ynnä muut sellaiset käytössä. Työntekijöiden ei tarvitse kuluttaa aikaa etsimällä dokumentteja, sillä kaikki on nopeasti ja helposti saatavilla, olitpa sitten työmaalla tai toimistossa. Järjestelmä suoraviivaistaa kommunikoinnin ja koordinoinnin, eikä tuottavuutta alentavia kommunikaatio-ongelmia pääse syntymään. Tehtävien määrääminen tai viestien lähettäminen urakoitsijoille, työmiehille tai muille ryhmän jäsenille tapahtuu reaaliajassa. Mikäli vastaanottajalla ei ole Fieldwire -järjestelmää käytössä, menevät viestit sähköpostiin, mitä kautta voi myös osallistua keskusteluun. Projektitietojen talteenotto ja työvaiheiden dokumentointi yhteiselle tiedonjako- ja viestintäalustalle tuo paljon kaivattua objektiivisuutta työmaan tilanteesta. Näitä voivat olla muun muassa valokuvat, videot, 360° kuvat, tilapäivitykset, raportit, RFI, tuntiaput ja tehtävät.

API mahdollistaa lähes rajattoman määrän integraatio mahdollisuuksia esimerkiksi data analytiikkaohjelmien, sosiaalisten verkostojen, yhteistyö- ja blogipalveluiden, digitaalisten markkinapaikkojen, valokuva-arkistojen tai kalentereiden kanssa. Kaikki mitä Fieldwiressa tehdään manuaalisesti, on mahdollista automatisoida API:n välityksellä. Lisäksi kokonaiset projektit, kerrokset tai lohkot voidaan perustaa ilman manuaalista tiedon syöttämistä, mikä tuo huomattavaa ajansäästöä. Kaiken datan voi jakaa automaattisesti esimerkiksi aikataulutus- tai tuotannonohjausjärjestelmien kanssa. Tarkemman analysoinnin avulla saadaan parempi käsitys käynnissä olevien ja valmistuneiden työmaiden tilanteista. Datan perusteella voidaan muun muassa tehdä vertailutaulukko aliurakoitsijoiden kustannustehokkuudesta, seurata aikataulun etenemistä tehtäväkohtaisesti sekä kerätä tehtävistä tarkemmat suoritemäärät ja työmenekit. Kaksisuuntainen synkronointi mahdollistaa kaikkien projektitietojen reaaliaikaisen varmuuskopioinnin, jolloin ei tarvitse pelätä kallisarvoisen tiedon häviämistä Atlantin toiselle puolelle. Lisäksi tietoa voidaan lukea suoraan yritysten omilta verkkoasemilta, sähköpostikansioista tai muilta pilvipalveluilta, kuten Google Drivesta, Boxista, Drop Boxista tai Microsoft OneDrivesta. Fieldwiren tehtävistä voidaan siirtää tietoa suoraan esimerkiksi RFID-järjestelmään, IoT-laitteisiin tai tietomallisovellusten tehtäviin ja päinvastoin.

Muita ominaisuuksia:

- Tehtäväpohjainen työajan ja kustannusten seuranta, mihin voidaan määritellä tehtävään käytettävä enimmäisaika ja kustannukset tai edellyttää urakoitsijaa raportoimaan toteutuneen työaikamenekin ja muodostuneet kustannukset.
- Projektien välinen vertailuanalyysi, mikä on tarkoitettu erityisesti projektipäälliköille.
- Projektitietojen tallentaminen Excel- ja CSV-tiedostoiksi ja päinvastoin
- Valmiiden projektien, lohkojen tai kerrosten kopiointi ajan säästämiseksi.
- Hashtagien (#) käyttäminen valokuvien, tehtävien tai asiakirjojen merkitsemiseksi, mikä yksinkertaistaa tiedon lokerointia, nopeuttaa halutun tiedon löytämistä ja helpottaa viestintää.
- Ät-merkkien (@) käyttäminen nopeuttaa tehtävien luomista sekä yksinkertaistaa ja nopeuttaa viestintää.
- Älypuhelimella käyttö onnistuu yksinkertaisesti yhdellä kädellä.
- BIM-tuki on tulossa 2019-2020

Kanadalainen rakennusjätti EllisDon on valinnut Fieldwire -järjestelmän käytettäväksi kauttaaltaan kaikkiin yrityksen projekteihin. Päätös standardoida Fieldwiren käyttö koko organisaatioon tuli yli kolmen vuoden koekäyttämisen ja satojen valmistuneiden projektien jälkeen. Järjestelmä on käytössä jokaisella EllisDonin 2 500:lla työntekijällä ja kaikki heidän projekteihin osallistuvat arkkitehdit, valvojat, materiaalityöntekijät, asiantuntijat ynnä muut ammattilaiset saavat automaattisesti projektikohtaisen Fieldwiren veloituksetta. Fieldwirea on käytetty muun muassa 120 miljoonan \$ York University metroasemalla, 850 miljoonan \$ Providence Care Hospitalissa, miljardin \$ Brookfield Place pilvenpiirtäjä korttelissa ja yhdeksän miljardin \$ vielä keskeneräisessä Vancouverin lentokentän laajennus projektissa. [65]

”Rakennusala muuttuu nopeaa tahtia. Teknologian avulla voimme edelleen lisätä tuottavuutta projektitasolla. Fieldwire auttaa projektiryhmiämme tuottamaan erittäin laadukkaita tuloksia yhdistämällä meidät saumattomasti asiakkaiden ja kumppaneidemme kanssa. Rakennusala ei ole ollut perinteisesti avomielinen tiedonjakamiselle, mutta käyttämällä Fieldwirea kaikissa meidän projekteista edistämme läpinäkyvyyttä ja omistajuutta rakentamisprosesseissamme.”

EllisDon. Chief Technology Officer. Tom Strong. [65]

”Fieldwiren hyödyntäminen säästää ehdottomasti meidän työaika, koska meidän kaikki urakoitsijat ovat siinä mukana, voimme osoittaa heille tehtäviä ja puutteita heti. Se säästää paljon aikaa”

EllisDon. Assistant Project Manager. Mike Armstrong. [65]

”Fieldwire mahdollistaa työnohtajien pysymisen työmaalla eikä heidän tarvitse enää käyttää tietokoneita työhönsä. Se on nopea, helppo käyttää ja tekee sen, mitä pitääkin tehdä.”

Clark Construction. Project Manager. KK Clark. [65]

7.1 Kustannukset

Fieldwire toimii kuukausi- tai vuosimaksulla. Jäsenyysvaihtoehdot ovat ilmainen Basic sekä maksulliset Pro, Business ja Premier. Basicissa on karsitusti ominaisuuksia sekä käyttäjien, asiakirjojen ja projektien määrää rajoitettu, mutta sen saa ladata ammattikäyttöön ilman sitoumuksia.

Basic	Pro	Business	Premier
\$ 0	\$ 29	\$ 49	\$ 69
5 user limit	per user / month billed annually	per user / month billed annually	per user / month billed annually
For small teams wanting to try out Fieldwire's core features.	For growing teams looking to scale with Fieldwire.	For advanced teams unifying their processes on Fieldwire.	For teams connecting Fieldwire to their core technology.
START FOR FREE	BUY PRO	BUY BUSINESS	CONTACT US
<ul style="list-style-type: none"> Plan viewing Task management Instant messaging File sharing Photos Checklists 	<ul style="list-style-type: none"> All Basic features Sheet compare Sheet exports Reports As-built archive Email support 	<ul style="list-style-type: none"> All Pro features Custom forms 360 photos Box 2-way sync Dropbox 2-way sync Phone support 	<ul style="list-style-type: none"> All Business features API access Single sign-on (SSO) API support Training programs Dedicated account manager
<ul style="list-style-type: none"> 250 Sheets 3 Projects 	<ul style="list-style-type: none"> Unlimited Sheets Unlimited Projects 	<ul style="list-style-type: none"> Unlimited Sheets Unlimited Projects 	<ul style="list-style-type: none"> Unlimited Sheets Unlimited Projects

Kuva 34. Fieldwiren jäsenyysvaihtoehdot. [64]

Kustannus- ja säästöesimerkkejä:

- Pitkäkestoisen projektin business-jäsenyys vuosimaksulla.
Työpäällikön, vastaavan työnjohtajan, kahden rakennusmestarin, kahden aliurakoitsijan työnjohtajan ja kahden kirvesmiehen yhteenlaskettu kuukausimaksu on **280 €**. Keskimääräinen ROI on **5 600 €** kuukaudessa tai **67 200 €** vuodessa.
- Lyhytkestoisen kuuden kuukauden projektin business-jäsenyys kuukausimaksulla.
Työpäällikön, vastaavan työnjohtajan, tilaajan, valvojan ja aliurakoitsijan työnjohtajan yhteenlaskettu kuukausimaksu on **240 €**. Keskimääräinen ROI on **4 800 €** kuukaudessa tai **28 800 €** kuudessa kuukaudessa.
- Pitkäkestoinen pro-jäsenyys vuosimaksulla.
Toimitusjohtajan, rakennusmestarin, työnjohtajan, nokkamiehen, neljän kirvesmiehen ja kahden apumiehen yhteenlaskettu kuukausimaksu on **250 €**. Keskimääräinen ROI on **5 000 €** kuukaudessa ja **60 000 €** vuodessa.
- Lyhytkestoinen kuuden kuukauden pro-jäsenyys kuukausimaksulla.
Työpäällikön, vastaavan työnjohtajan ja aliurakoitsijan työnjohtajan yhteenlaskettu kuukausimaksu on **114 €**. Keskimääräinen ROI on **2 280 €** kuukaudessa ja **13 680 €** kuudessa kuukaudessa.

Fieldwire on ominaisuuksiinsa nähden todella edullinen rakennustyömaanhallintajärjestelmä, minkä hyödyntämättä jättämistä ei voi perustella edes taloudellisilla syillä. Esimerkiksi rakennusmiehen työvuoro kustantaa $29 \text{ €} \times 8 \text{ t} = \mathbf{232 \text{ €}}$, kirvesmiehen työvuoro kustantaa $39 \text{ €} \times 8 \text{ t} = \mathbf{312 \text{ €}}$, Genie Z nivelpuominostimen vuorokausivuokra kustantaa noin **347 €**, alipaineistaja 2 000 m³ vuorokausivuokra kustantaa noin **35 €** sekä tulostimen värikasetteihin voi kulua **20 € - 100 €** kuukaudessa.

Fieldwire toimii kaikilla iOS, Android, Windows ja Linux alustoilla. Sulavimman käyttökokemuksen vuoksi kannattaa valita mobiililaitte, missä on vähintään iOS 11 tai Android 7.0 käyttöjärjestelmä versio. Rakennustyöntekijöille työmaakäyttöön soveltuvia mobiililaitteita saa hyvin kohtuullisella hinnalla. Edullisia vaihtoehtoja ovat muun muassa alle 200 €:n Huawei MediaPad T5 10.1 -tabletti sekä alle 300 €:n Nokia 7 Plus ja 150 €:n Samsung Galaxy J6 älypuhelimet.

Fieldwiren ja Ricoh Theta S/V 360-kameroiden välinen langaton tiedonsiirto tekee rakennustyömaiden päivittäisestä 360-kuvaamisesta yksinkertaista ja nopeata.

Kameroita ohjataan Fieldwiresta käsin ja kuvat voidaan liittää suoraan haluttuihin pohjapiirustuksiin. Ricoh Theta kameroiden hinnat liikkuvat 400 € - 500 €.

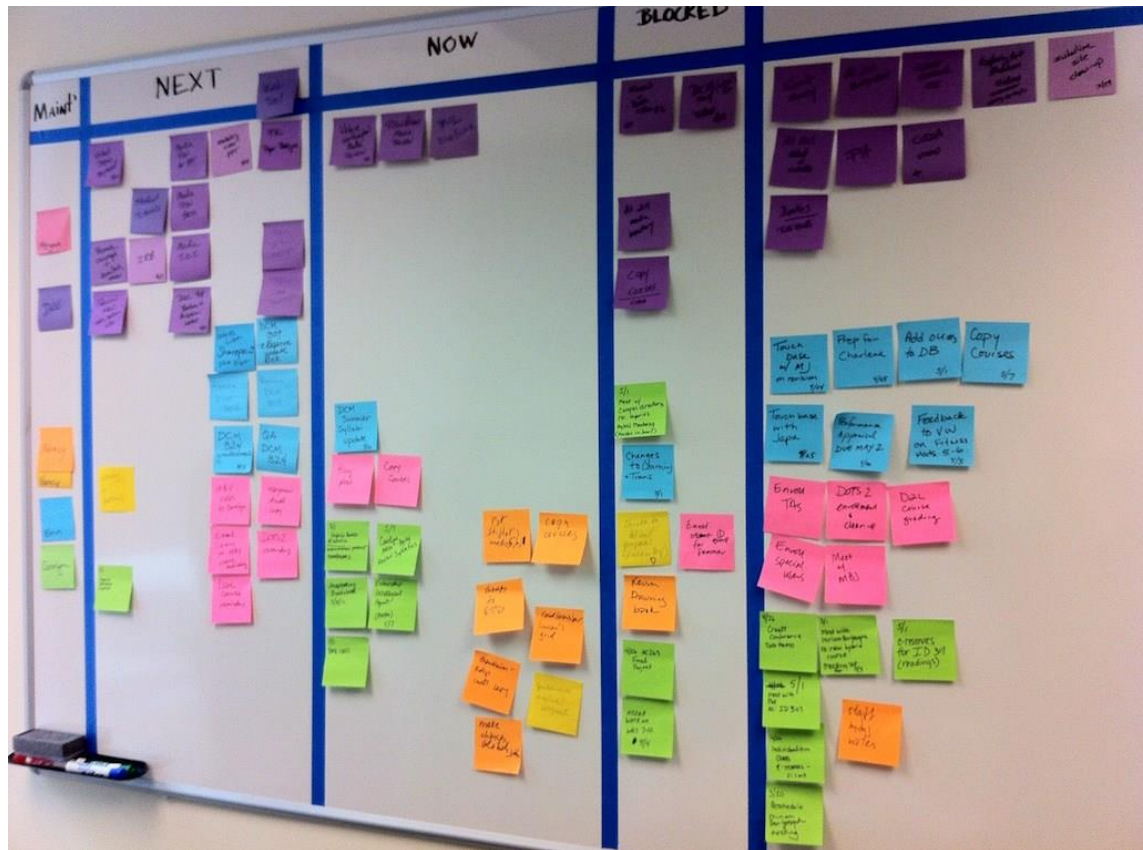
7.2 Lean

Lean on laatuajattelusta johdettu käytännönläheinen sekä selkeitä työkaluja ja menetelmiä esiin nostava ajattelutapa ja johtamisfilosofia, mikä on lähtöisin japanilaisen autonvalmistaja Toyotan tuotannonohjausjärjestelmästä. Ensimmäistä kertaa Lean mainittiin 1990-luvun myyntimenestys kirjassa ”The Machine That Changed the World”, joka kertoi Toyotan menestyksekkäistä autotehtaiden tuottavuuden parannuksista Yhdysvalloissa. Nykyään Lean on levinnyt lähes kaikille toimialoille, kuten julkishallintoon, sairaaloihin, toimistoihin, pankkeihin ja rakennusosalalle. Lisäksi sitä hyödynnetään markkinoinnissa, tuotekehittämisessä, myynnissä sekä startup-yritysten perustamisvaiheissa. [66]

Lean-ajattelussa keskitytään tunnistamaan ja poistamaan ylimääräiset arvoa tuottamattomat toiminnot, jotka hidastavat prosesseja. Pyritään saamaan oikea määrä oikeita asioita oikeaan aikaan oikeassa paikassa ja oikean laatuksena. Siinä tavoitellaan tarpeettomien kustannusten karsimista, asiakastyytyväisyyden ja laadun parantamista, prosesseissa toistuvien virheiden vähentämistä sekä prosessien läpimenoaikojen lyhentämistä. Lean-ajattelu tunnistaa seitsemän luokkaa hukkaa eli turhaa työtä, joiden näkökulmasta toimintaa tarkastellaan. Ne ovat turhat prosessit ja työvaiheet, turhat siirrot ja kuljetukset, turhat liikkeet ja tavaroiden etsintä, ylituotanto eli väärään aikaan tai liiallinen tekeminen, vialliset tuotteet ja niiden korjaaminen sekä odottelu ja turha varastointi. Kahdeksas muoto hukkaa on kehityspotentiaalinen hukkaaminen, jota tapahtuu, kun työyhteisössä olevaa tietoa ei hyödynnetä. [66]

Lean-ajattelun viisi ydinkonseptia

- Arvon määrittämisen perustuminen asiakkaan näkemykseen
- Arvoketjun tunnistaminen ja kaiken arvoa tuottamattoman toiminnan poistaminen
- Arvoketjun perustaminen asiakkaan tarpeisiin perustuvaan imuohjaukseen
- Työntekijöiden osallistaminen kehittämiseen
- Toiminnan jatkuva kehittäminen



Kuva 35. Perinteinen kanban-taulu post-it lapuilla. [67]

Kanban (看板, japaniksi taulu) on tuotannon ajoitusjärjestelmä, joka auttaa määrittämään, mitä pitää tuottaa, milloin ja missä määrin. Kanban-taulua käytetään projektinhallinnassa, missä taululle liimataan eri värisiä post-it lappuja, joiden avulla voidaan visualisoida eri prosessien etenemisiä. Se luo kaikille nopean tilannekuvan ja korostaa etenemisen esteitä. Sen perusajatuksena on tarvelähtöisyys ja samanaikaisen tekemisen rajoittaminen. Eli asioita tehdään vasta, kun edelliset on saatu valmiiksi ja tulee tarvetta uudelle. Kanbanin kolme perussääntöä ovat työnkulun visualisointi, samanaikaisen työn rajoittaminen ja läpimenoajan mittaaminen. Se mahdollistaa Just-In-Time-tuotannon, joka on myös lähtöisin Toyotan johtamisfilosofiasta. Just-In-Timestä ja Leanista usein puhutaan yhtä aikaa eikä käsitteiden välillä ole tarkkaa rajausta. [66]

7.3 Case-tutkimus: Fieldwiren hyödyntäminen työnjohtamisessa

Case-tutkimus perustuu omaan työkokemukseen rakennusmestarina kohteessa, missä oli paljon tekemistä, jatkuva kiire, ilta- ja viikonlopputöitä sekä liian paljon pinta-alaa ja liian monta työntekijää yksinään vastattavaksi. Pääsin vertailemaan Fieldwirea ja toista tunnettua mobiilisovellusta rinnakkain useita kuukausia hyödyntämällä kahta eri mobiililaitetta samanaikaisesti. Fieldwire ja verrokkiohjelma eivät ole millään tavalla vertailukelpoisia keskenään. Sama asia, kun vertaisi Nokia 3210 matkapuhelinta Samsung Galaxy älypuhelimeen. Siitä huolimatta, että molemmilla voidaan soittaa ja lähettää tekstiviestejä, ne eivät liity toisiinsa millään tavalla. Fieldwire on alusta digitaalisesti orientoituneeseen liiketoimintaan ja digitaaliseen työnjohtamiseen. Vaikka verrokkiohjelmalla voidaan hoitaa näennäisesti samankaltaisia tehtäviä, ne ovat kuitenkin vain yksittäisiä digitalisoituja prosesseja, joilla halutaan helpottaa manuaalista työnjohtamista vanhanaikaisessa toimintaympäristössä.

Pidin yksinkertaista kirjaa työmaalla työskentelevien henkilöiden liikkeistä, kuten kuinka monta kertaa päivässä työntekijä kävelee paikasta A paikkaan B, C, D ja E. Lisäksi tilanteista, missä minun piti olla yhtä aikaa paikoissa F, G ja H, jotta työvaiheet etenisivät jouhevasti ilman töiden keskeytymisiä. Huomioin matkat, odottamiset, tuntipalkat, konevuokrat, ylityö- ja viikonloppulisät ynnä muut sellaiset ja laskin Fieldwiren avulla säästävän **9 500 €** kolmen kuukauden aikana. Pelkästään ilmaisessa Basic-versiossa on useita kustannuksia säästäviä hienouksia, mitkä puuttuvat tyystin verrokkiohjelmasta. En käsittele asiaa tässä työssä sen tarkemmin, muuta kuin muutamalla esimerkkitapauksella todellisista työtilanteista. Kustannussäästöt muodostuvat hyvin yksinkertaisista perusasioista, kuten Lean-periaatteen mukaisesta turhuuden karsimisesta, IT-järjestelmien ja -sovellusten synergiaedusta, manuaalisten prosessien korvaamisesta digitaalisilla, hyödyntämällä keskitettyä viestintä- ja tiedonjako alustaa sekä minimoimalla kaikki tarpeeton liikkuminen paikasta toiseen. Suurin yksittäisestä työvaiheesta dokumentoitu kustannussäästö on noin 2 500 €. Ainoa tekijä, mikä erotti sen, lähes mistä tahansa muusta perussäästöistä on työkoneesta kertyvä noin 300 €:n päivävuoakra.

Esimerkki 1:

Jäteauton kuljettaja soittaa illalla ja kysyy, mistä työmaalle ajetaan ja mihin hän voi jättää vaihtolavan. Vaihtolavan toimituksesta voi tehdä yksityiskohtaisen tehtävän muutamassa minuutissa ja lähettää sen kuljettajalle ilman, että hänellä tarvitsee olla omaa Fieldwire -jäsenyyttä. PDF-muodossa olevan tehtävän pystyy lähettämään myös sähköpostitse. Viestin voi kuitata saapuneeksi, tehdyksi tai osallistua keskusteluun pelkän sähköpostin välityksellä.

Esimerkki 2:

Rakennusmestari poistuu työmaatoimistosta perjantai-iltapäivänä suorittamaan jotain tärkeää työn edellyttämää tutkimuskierrosta työmaalle, mikä kiertää mestojen A, B, C, D, E, F ja G kautta. Puolivälissä matkaa vastaan tulee aliurakoitsijan nokkamies, joka ilmoittaa pakottavasta tarpeesta jäädä tulitöihin päivän päätteeksi tai on pyytämässä lupaa viikonlopputöihin. Perinteisesti molemmat keskeyttävät mitä ikinä olivatkaan tekemässä ja ottavat suunnan kohti työmaatoimistoa. Matkaan voi kulua helposti 5, 10, 15 tai 20 minuuttia. Yhdysvaltalaisen projektinhallinta selvityksen mukaan toimihenkilöt käyttävät keskimäärin **18 minuuttia** yhden asiakirjan löytämiseksi tietokoneelta sekä projektipäällikön työpäivästä menee keskimäärin **60 minuuttia** täysin tarpeettomaan paperityöhön. Tulityöluvan tulostamiseen, allekirjoittamiseen ja arkistointiin menee ehkä neljä minuuttia, minkä jälkeen matkataan takaisin toiset 5, 10, 15 tai 20 minuuttia. Esimerkin mukainen reissu kustantaa yhteensä rakennusmestarilta ja kirvesmieheltä noin 100 €. Fieldwire hoitaa vastaavan prosessin **muutamassa minuutissa**. On 50-50 todennäköisyys, ettei työmaan tutkimuskierrosta pääse enää jatkamaan normaalina työaikana ja johtaa väistämättä ylitöihin.

Esimerkki 3:

6:58 aamulla työmaatoimiston edessä seisoo kahdeksan työntekijää: neljä purkumiestä on tulossa perehdyttäväksi, kaksi apumiestä on vailla tekemistä, kirvesmies on vailla piirustuksia ja aliurakoitsijan työnjohtaja haluaisi lähteä työmaakierrokselle. Työmaan ainoana toimihenkilönä tulee väkisinkin tilanteita, joissa ei ole mitään mahdollisuutta keskittyä kaikkien ihmisten asioihin yhtä aikaa. Uudet työntekijät jätetään täyttämään perehdytyspapereita sillä välin, kun lähdetään purkutyönjohtajan ja apumiesten kanssa käymään työmaalla. Hektisenä aamuna uudet työntekijät voivat joutua odottamaan perehdytystä 10:00 asti. Työntekijöiden istuttaminen tyhjänpanttina voi aiheuttaa yhden aamupäivän aikana helposti **150-400 €:n** tarpeettoman menoeran.

Esimerkki 4:

Ennen uuden työvaiheen aloittamista lähdin suorittamaan perusteellisen työmaakerroksen urakoitsijan työnjohtajan kanssa, mihin menee helposti tunti tai enemmän. Työmaakerroksen aikana saadaan selvitettyä kaikki työhön liittyvät asiat, eikä pitäisi olla mitään epäselvää. Lisäksi annoin työnjohtajalle kaiken työmaakerroksella käydyn asian paperilla suoraan pohjapiirustuksiin kirjoitettuna. Siinä vaiheessa, kun ensimmäiset työntekijät saapuvat työmaalle, heidän mukana tulee eri työnjohtaja, kuka ei tiedä työmaasta vielä mitään, eikä hänellä ole edes niitä pohjapiirustuksia, mitkä tein ensimmäiselle työnjohtajalle. Jossain vaiheessa toisena aloittanut työnjohtaja vaihdettiin kolmanteen, kuka taas vaihdettiin myöhemmin neljänteen. Lisäksi työmaalle lähetetään uusia työntekijöitä ilman työnjohtoa siinä toivossa, että minä hoitaisin kaikki asiat heidän puolesta. Urakoitsijan työntekijät hoitavat yhtä aikaa myös toisia lähellä olevia kohteita, joten he liikkuvat edestakaisin, miten sattuu ja vaihtelevat keskenään työmaita, mikä takia työvoiman vaihtuvuus on suuri. Siinä menee huomattavasti työaika hukkaan, kun täytyy olla toistuvasti näyttämässä samoja asioita eri ihmisille viikosta toiseen.

Fieldwire ratkaisisi koko ongelman, mikäli urakoitsija vain käyttäisi samaa järjestelmää. Sitä mukaan, kun luon tehtäviä, ne näkyisivät urakoitsijan työntekijöille, työnjohtajalle ja hänen esimiehelle.

Esimerkki 5:

Fieldwire perustuu japanilaiseen johtamisfilosofiaan, jossa keskitytään muun muassa voittoa tuottamattomien turhuuksien karsimiseen, vähentämään prosessien aikana toistuvia virheitä, parantamaan asiakastytyväisyyttä, kustannustehokkuutta ja laatua. En tiedä, mihin ideaan verrokkiohjelma perustuu, mutta se on hitaampi, kömpelömpi ja ikävämpi käyttää. Aika lailla kaikki toiminnot, mihin rakennusmestari voi hyödyntää verrokkiohjelmaa, Fieldwire tekee suoraviivaisemmin, yksinkertaisemmin, tehokkaammin ja nopeammin. Sillä aikavälillä, kun vertailin sovelluksia keskenään, en havainnut Fieldwiressä, mitään häiriötä, mutta verrokkiohjelma sekoili 10-0. Viittaan sillä sovelluksessa tapahtuvaan virheeseen, missä sovellus sammuu ja uloskirjaa käyttäjän palvelusta yhtäkkiä kesken puutelistan täyttöä tai havaintojen dokumentointia. Sinä aikana, mitä olen käyttänyt Fieldwirea, se ei ole mennyt kertaakaan jumiin tai sekoillut yhtään.

Esimerkki 6:

Fieldwiren ehdottomasti merkittävin etu on sen keskitetyssä viestintä- ja tiedonjakoalustassa. Yhden totuuden lähde lisää läpinäkyvyyttä, vastuunkantovelvollisuutta ja projektissa työskentelevien osapuolten välistä luottamusta laittamalla lopun epärehellisten valehtelijoiden keksimille saduille. RFI eli request for information on paras esimerkki keskitetyn viestintä- ja tiedonjakoalustan merkityksestä. Olen suorittamassa työmaakierrosta, kun havaitsen urakoitsijan törkeästä välinpitämättömyydestä johtuvan vakavan rakennusvirheen, mikä vaatii välittömiä toimenpiteitä. Voin tehdä asiasta virallisen tietopyynnön, missä pyydän omalta esimieheltä neuvoa tilanteessa etenemiseen sekä lisätä viestiketjuun urakoitsijan, valvojan, tilaajan tai keitä tahansa asiaan liittyviä henkilöitä. Lomake voi sisältää, mitä tahansa lisätietoa, kuten valokuvia, toimenpide-ehdotuksia, kustannusarvion, virallisen reklamaation tai katselmuspyynnön. Perinteinen vaihtoehto on ottaa puhelin käteen ja alkaa selvittämään tilannetta eri osapuolien kanssa yksitellen ja lähettämään sähköposteja ristiin rastiin, mutta Fieldwiren kanssa riittää, kun lähettää yhden viestin kaikille osapuolille.

Esimerkki 7:

Fieldwire tuo perinteiset työmaatoimistotehtävät mobiililaitteille, mikä antaa työnjohtajille mahdollisuuden viettää entistä enemmän aikaa työmaalla valvomassa työvaiheiden etenemistä ja ohjeistamassa työntekijöitä. Työnjohtaja pystyy hoitamaan valtaosan tehtävistään mobiililaitteilta käsin. Fieldwiren avulla on mahdollisuus viedä digitaalinen työnjohtaminen 100 % paperittomaan työnjohtamiseen.

Fieldwiren avulla jokainen työmaalla työskentelevä henkilö kesäharjoittelijasta työpäällikköön saa kaiken mahdollisen tiedon, mitä he voivat ikinä tarvita ensimmäisestä työpäivästä lähtien, kuten asema-, julkisivu- ja pohjapiirustukset, detaljit, työselostukset, asennusohjeet, yhteyshenkilöluettelo, yleis- ja kolmeviikkoaikataulu sekä oleellimmat tiedot työmaasta, kuten kuka tekee, mitä tekee ja minkä takia. Uudet työntekijät saavat kutsun liittyä Fieldwire projektiin sähköpostitse.

Fieldwiren avulla pystyy suunnittelemaan työpäivät etukäteen ja huolehtimaan, että työntekijöillä on aina seuraava työvaihe tiedossa ennen edellisen päättymistä. Lähettämällä työntekijöille tehtävät jo edeltävänä iltana tai aamulla ennen töihin lähtöä saadaan maksimoitua työtehokkuus aamusta lähtien. Tehtävien avulla on mahdollista

seurata työvaiheiden etenemistä reaaliajassa ja ohjeistamaan työntekijöitä, vaikka hammaslääkäriin odotushuoneesta käsin.

Digitaalisen työnjohtamisen tavoitteena ei ole missään nimessä korvata sosiaalista vuorovaikutusta työntekijöiden tai kollegoiden kanssa. Olen saanut loistavaa palautetta apumiehiltä, kirvesmiehiltä, putkimiehiltä ja sähkömiehiltä kenen kanssa olen sitä käyttänyt. **Työntekijät ovat halukkaita vastaanottamaan tehtäviä ja lukemaan piirustuksia mobiililaitteilta.** Ymmärrän täysin, mitä he ajattelevat, sillä olen itse entinen kirvesmies ja tiedän, miten turhauttavaa on tehdä töitä puutteellisen tiedon perusteella ja pyöriä työmaalla toimettomana etsimässä materiaalia, työnjohtajaa, työkaluja tai muuta vastaava.

En keksi mitään negatiivista sanottavaa Fieldwiresta. Se toimii luotettavasti, nopeasti, tehokkaasti ja varmasti. Ainoat asiat, mitä voi nähdä ongelmina ovat suomenkielisen käyttöliittymän, TR- ja MVR-mittauksen puuttuminen. Itse en koe kumpaakaan asiaa pienimmässäkään määrin häiritsevänä.

8 Pohdinta

Digitaalisuudessa on kyse yritysten ja järjestelmien kohtaamisesta arvoketjun jokaisessa vaiheessa sekä tavasta tehdä töitä hyödyntämällä työkaluja, jotka perustuvat tieto- ja viestintäteknologiaan. Eli digitaalisuudessa on kyse mobiililaitteista ja pilvipalveluista. Kaikki käsiteltävä tieto sekä jokainen sovellus, palvelu, ohjelma tai järjestelmä siirtyy tulevaisuudessa pilveen. Mobiililaitteet ovat nykyajan perustyökaluja, joita hyödyntävät kaikki rakennushankkeen osapuolet kesätyöntekijästä kirvesmieheen ja jäteautonkuljettajasta toimitusjohtajaan. Rakennusalalla eletään jo digitaalista aikakautta, tiedostavat ihmiset sitä tai eivät. Siitä huolimatta, että täysin digitaalinen tulevaisuus on vielä kaukana tulevaisuudessa, ei tosiasiaa pysty kiistämään.

Rakennusliikkeissä pitää ottaa täysin uudenlainen suhtautuminen tiedonhallintaan sekä IT-lähtöinen lähestymistapa liiketoimintaprosessien hoitamiseen. Siitä huolimatta ollaanko suunnittelemassa digitaalisesti orientoituvaa yrityskulttuuria tai määrittelemässä digitaalisia prosesseja on ensiarvoisen tärkeää, että toiminta perustuu keskitetyn IT-infrastruktuurin ja integraation ympärille. Pilvipohjainen hallintajärjestelmä on idioottivarma ja ainoa vaihtoehto, mikäli rakennusliikkeissä halutaan siirtyä manuaalisesta työnjohtamisesta digitaaliseen. Tänä päivänä kaikilla rakennusliikkeillä on yhtäläiset mahdollisuudet hyödyntää markkinoiden parhaita tuottavuutta parantavia kuukausiveloitukseen perustuvia hallintajärjestelmiä, mitkä ovat niin tehokkaita, että niiden hyödyntämättä jättäminen on järjenvastaista. Ottamalla käyttöön esimerkiksi Fieldwiren, Procoren tai Aconexin, rakennusliikkeissä siirrytään automaattisesti suoraan 2030-luvulle yhden työviikon sisällä. Ne sopivat niin pienille, kuin suurille rakennusliikkeille, että julkishallinnolle.

Mikäli on parempaa tekemistä eikä kiinnosta alkaa opettelemaan hovin vuoksi yhdeksää erilaista rakennustuotannon ohjaussovellusta, rakennustyömaan- tai projektinhallintajärjestelmää niin kannattaa uskoa minua ja tutustua Fieldwireen. Se on todella hyvä vaihtoehto aloittaa tutustuminen keskitetyn hallintajärjestelmän toimintaperiaatteeseen. Sen käyttöönotto on ilmaista ja niin vaivatonta, että ehtii ladata sovelluksen, rekisteröityä käyttäjäksi, ladata ensimmäiset pohjapiirustukset, detaljit sekä ottaa ensimmäisen havainnon **alle viidessä minuutissa**. Leaniin

perustuva työnohjaus on suoraviivaista, yksinkertaista ja miellyttävää. API:n mahdollistama teknologiariippumattomuus tekee Fieldwiresta taktisen valinnan osaksi rakennusliikkeen integraatioarkkitehtuuria.

Niin kauan, kun alan digitalisoituminen on rakennusliikkeiden varassa, ei kannata odottaa suuria muutoksia vielä pitkään aikaan. Vuosikymmeniä jatkunut muutoshaluttomuus ja tyystin puuttuva kirjallisuus ovat johtaneet siihen pisteeseen, ettei yleisellä tasolla edes tiedetä, miten digitalisoitua. Päätöksistä vastaavat monesti ne tekijät ketkä ovat aloittaneet alalla jo kauan ennen mobiiliteknologian tuloa ja vähiten teknologiasta, mitään ymmärtävät. On lisäksi niitä tekijöitä ketkä tiedostavat digitaalisuuden hyödyt, mutta pyrkivät vain hyödyntämään epätehokkuutta lypsämällä asiakkailta helppoa rahaa.

Lisäksi alan korkeakoulututkinnoissa ei käsitellä digitaalisuutta eikä rakentamisteknologiaa lähellekään siinä määrin, mitä tulevaisuuden toimintaympäristössä menestyminen edellyttää. Vuonna 2020 valmistuvien rakennusmestarien ja insinöörien tulisi tietää, mitä tarkoitetaan pilvipohjaisella hallintajärjestelmällä.

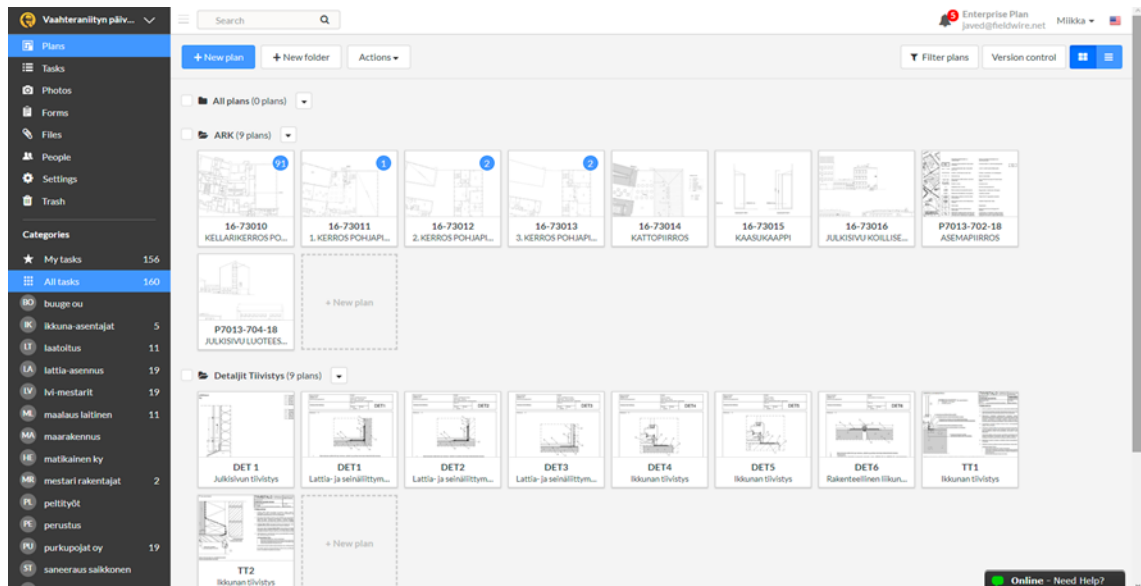
Yksinkertaisin vaihtoehto digitalisoida Suomen kiinteistö- ja rakennusala kivuttomasti ja vielä lyhimmissä mahdollisissa ajassa on valmiiden hallintajärjestelmien lisensoinnin kokeiluhanke. Antamalla ilmainen Fieldwire Premium-jäsenyys jokaiselle alan korkeakouluopiskelijalle sekä vuoden ilmainen Business-jäsenyys vähintään 50 000:lle projektipäällikölle, rakennusmestarille, työmaainsinöörille, valvojille ynnä muille tekijöille ota tai jätä periaatteella. Lisensointihankkeen päätyttyä rakennusliikkeissä voidaan joko palata ajassa taaksepäin tai jatkaa maksavina asiakkaina, mikä on todennäköisin vaihtoehto.

Tehokkaan hallintajärjestelmän API:n ansiosta opiskelijoille tarjoutuu täysin uudenlainen mahdollisuus lähteä kehittämään rakennetun ympäristön digitaalista ekosysteemiä omilla palveluillaan.

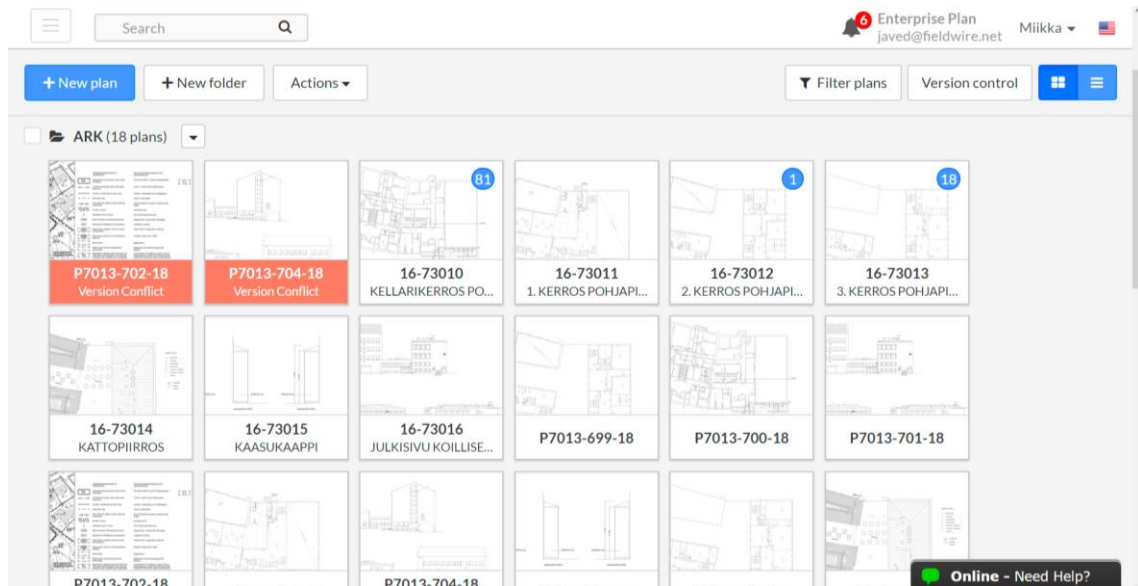
KIRA-digi kokeiluhankkeisiin sijoitetulla 16 miljoonalla €:lla saisi myös -20 %:n tukkualennuksella noin 48 000 vuoden Fieldwire Business-jäsenyyttä. Siitä huolimatta, vaikka jokaiselle käyttäjälle jouduttaisiin maksamaan 500 € kuukaudessa pelkästä osallistumisesta, on sen toteuttaminen kannattavaa. Lisensointihanke maksaa itsensä takaisin jo ensimmäisen vuoden aikana, minkä jälkeen vuotuisten kustannussäästöjen

voidaan odottaa nousevan **800 000 000 €**:n luokkaan. Mikäli Procoren kustannussäästölaskelmia on uskominen ja luvut verrannollisia esimerkin kanssa, 48 000:n työpäällikön ja työnjohtajan yhteenlaskettu vuotuinen kustannussäästö on noin **1 120 000 000 €**. Kustannussäästöjen arvioiminen on jossain määrin haasteellista, sillä pelkästään järjestelmä integraation hyödyntäminen vaikuttaa merkittävästi lopputulokseen. Hankala sanoa luvuista sen enempää, mutta EU selvityksen mukaan digitalisoimalla kaikki suunnittelu- ja rakennusprosessit voidaan saavuttaa **5 055 000 000 €**:n vuotuiset kustannussäästöt.

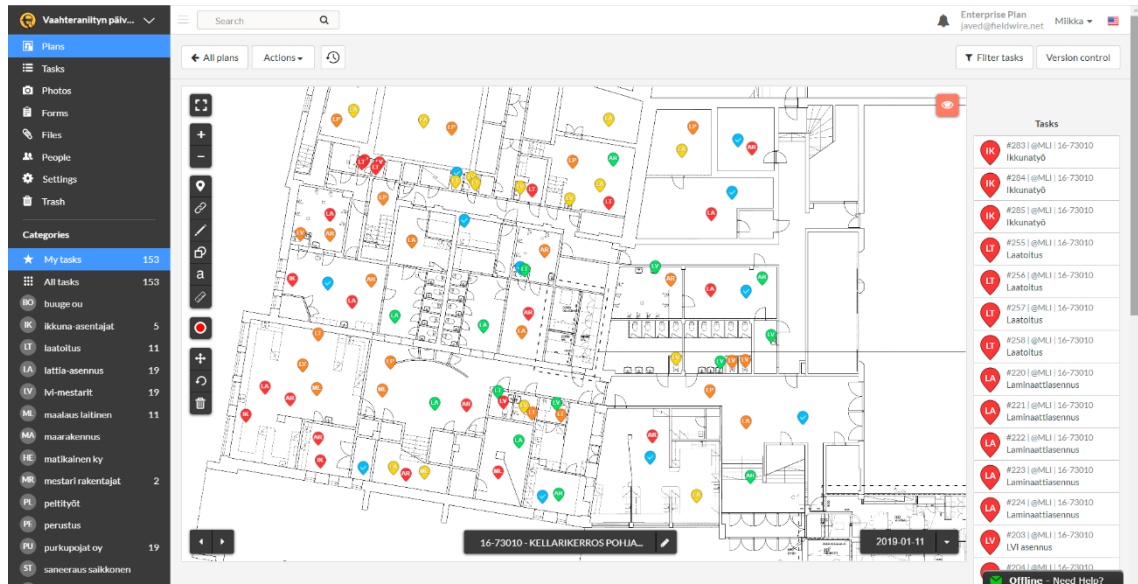
9 Fieldwire kuvina



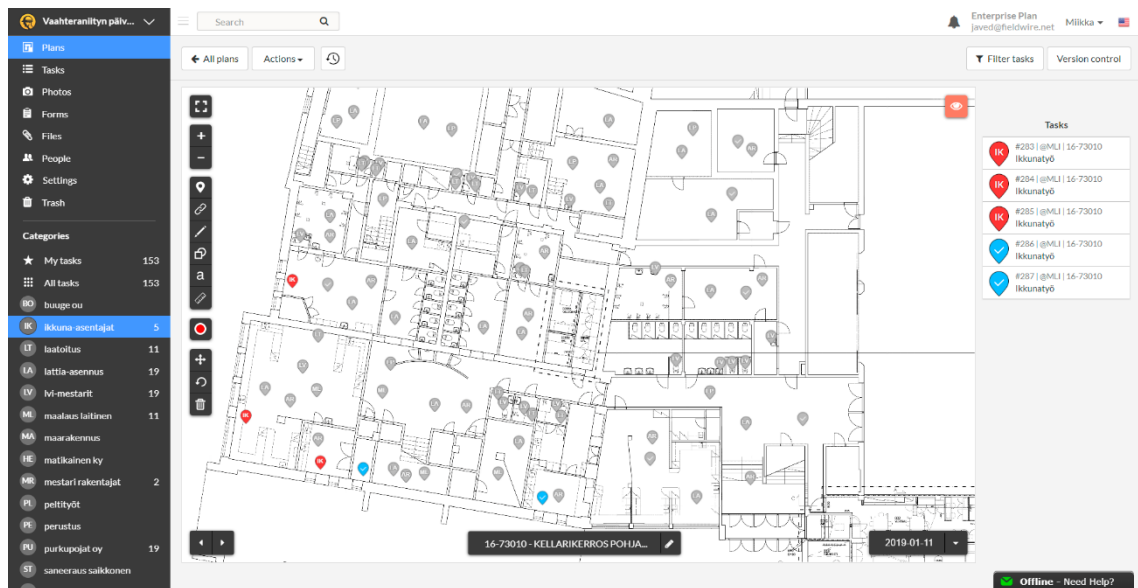
Plans Fieldwiren käyttö perustuu piirustusten ympärille, joihin liitetään tehtäviä, valokuvia, 360 kuvia, tekstiä, merkintöjä, huomautuksia, RFI tai linkkejä muihin asiakirjoihin.



Plans Automaattinen tunnistus varmistaa, ettei päällekkäisten asiakirjojen esiintyminen ole mahdollista sekä korostaa uusimpaan versioon tehdyt muutokset. Tietojen manuaalista syöttämistä ei tarvita, sillä automaattinen tunnistus osaa lukea nimiöstä piirustusten tiedot ja tunnisteet. Tehtävät ja merkinnät siirtyvät automaattisesti viimeisimpään versioon. Vanhoja piirustuksia ei hävitetä automaattisesti.



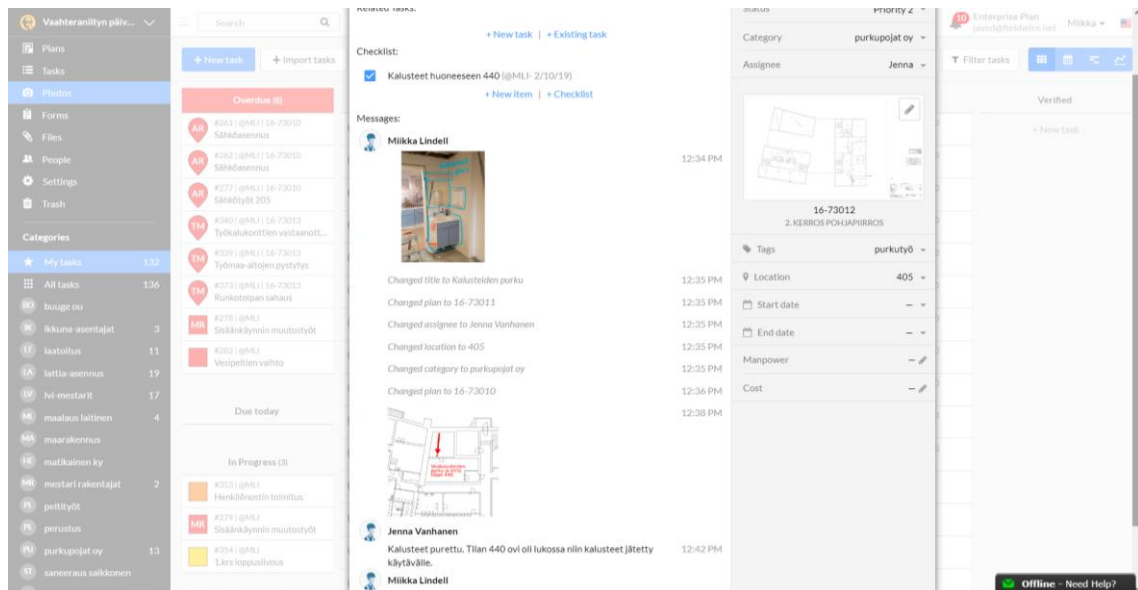
Plans Pohjapiirustus tehtävänäkymä, missä on esillä kaikki työnjohtajan eri urakoitsijoille osoittamat tehtävät. Eri värisillä tehtävätageilla pystytään helposti visualisoimaan työvaiheiden eteneminen. Työntekijät pystyvät itse merkitsemään työt tehdyksi eli vihreäksi, mutta vain tehtävän osoittanut henkilö pystyy todentamaan työn valmiiksi eli siniseksi.



Plans Kaikki tehtävät voidaan lajitella haluttuihin kategorioihin ja merkata #:llä esimerkiksi työvaiheiden, tekijöiden tai urakoitsijoiden perusteella, mitä pystytään käsittelemään erikseen.



Plans Pohjapiirustus kokonäyttö tilassa.



Tasks Tehtävien luominen on erittäin vaivatonta, mikä korostaa Lean-periaatteen mukaista suoraviivaisuutta ja turhuuden karsimista. Tehtäväloki tallentaa kaikki tehtäviin tehdyt muutokset ja lisäykset sekä kellonajan ja tekijän. Kuvan tehtävässä on tarkastuslista, Squidilla muokattu valokuva, pohjapiirustusmerkintä sekä työntekijän ja työnjohtajan välinen keskustelu.



Plans Suodattimen avulla piirustuksista voidaan tarkastella vain haluttuja merkintöjä kerralla. Kuvassa näkyy pinta-alan ja etäisyyden mittaus sekä yliviivaus työkalu.

The screenshot displays the Fieldwire task management interface. The top navigation bar includes a search bar, user profile (Enterprise Plan, javed@fieldwire.net, Mikka), and action buttons like '+ New task', '+ Import tasks', 'Generate reports', and 'Actions'. The main workspace is a Kanban board with columns for 'Due today (5)', 'Priority 1 (32)', 'Priority 2 (38)', 'Priority 3 (26)', 'Completed (29)', and 'Verified (29+)'. Each task card shows a status icon (e.g., AR, RE, LT, LA, LV, MA, PU), a task ID, a user profile, and a task description. The left sidebar contains a navigation menu with categories like 'My tasks', 'All tasks', and various project categories such as 'buuge ou', 'ikkuna-asentajat', 'laatoitus', etc.

Tasks Työnjohtajan tehtävänäkymä kanban-aululla. Tehtävien lisääminen, muokkaaminen ja siirtäminen on yhtä yksinkertaista, kuin perinteisten post-it-lappujen kanssa, mutta Fieldwiren tehtäviin voidaan lisätä valokuvia, keskusteluita, tarkastuslista, pohjakuva merkintöjä, omia piirustuksia, asiakirjoja tai toisia tehtäviä.

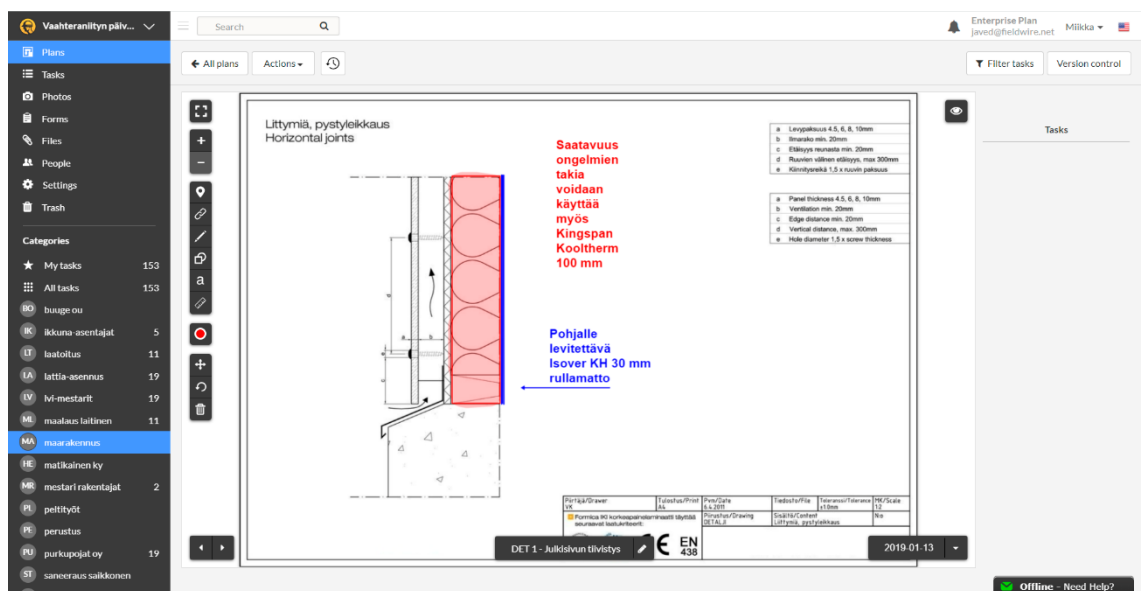
This screenshot shows the same Fieldwire interface but with a filter applied to show only tasks assigned to a specific user. The Kanban board now has columns for 'Due today (2)', 'Priority 1 (3)', 'Priority 2 (3)', 'Priority 3 (5)', 'Completed (4)', and 'Verified (6+)'. The task cards are more limited, showing only those assigned to the user. The interface elements like the search bar, navigation menu, and top bar remain the same.

Tasks Työnjohtajan tehtävänäkymä kanban-aululla, missä on eriteltyinä vain kirvesmiehelle osoitetut tehtävät.

Form Name	Assignee	Creator	Date created	Status
Daily Report (1 forms)				
Daily Report #6 - Työmaapäiväkirja	Mikka Lindell	Mikka Lindell	1/13/19 7:26 PM	Submitted
Inspection Request (3 forms)				
Inspection Request #6 - Julkisivun eristystyö katselmus	Mikka Lindell	Mikka Lindell	1/14/19 2:43 PM	Draft
Inspection Request #5 - Julkisivun purkutyö katselmus	Mikka Lindell	Mikka Lindell	1/14/19 2:35 PM	Approved
Inspection Request #4 - Kellarin purkutyö katselmus	Mikka Lindell	Mikka Lindell	1/13/19 7:11 PM	Ready for inspection
RFI (4 forms)				
RFI #10 - Lisätyöselvitys lämpöpuolen ikkunoiden uusiminen.	Mikka Lindell	Mikka Lindell	1/14/19 2:22 PM	Pending
RFI #9 - Lisätyö ilmoitus lattian piikkaus.	Mikka Lindell	Mikka Lindell	1/14/19 11:29 AM	Pending
RFI #8 - Vesikaton kattolaukku vuoto.	Työpäällikkö Jantunen	Työpäällikkö Jantunen	1/13/19 8:30 PM	Pending
RFI #7 - Kellarin WC-tila ei vastaa piirustuksia.	Mikka Lindell	Mikka Lindell	1/13/19 5:50 PM	Closed
Timesheet (6 forms)				
Timesheet #11 - Ivi-mestarit vk3	Mikka Lindell	Mikka Lindell	1/14/19 2:37 PM	Draft
Timesheet #10 - Ivi-mestarit vk3	Mikka Lindell	Mikka Lindell	1/14/19 2:37 PM	Draft
Timesheet #9 - Ivi-mestarit vk2	Mikka Lindell	Mikka Lindell	1/14/19 2:37 PM	Submitted
Timesheet #8 - Purkupojat vk2	Mikka Lindell	Mikka Lindell	1/14/19 2:36 PM	Submitted
Timesheet #7 - Ivi-mestari vk1	Mikka Lindell	Mikka Lindell	1/14/19 2:36 PM	Submitted
Timesheet #6 - Purkupojat vk1	Mikka Lindell	Mikka Lindell	1/13/19 7:23 PM	Submitted

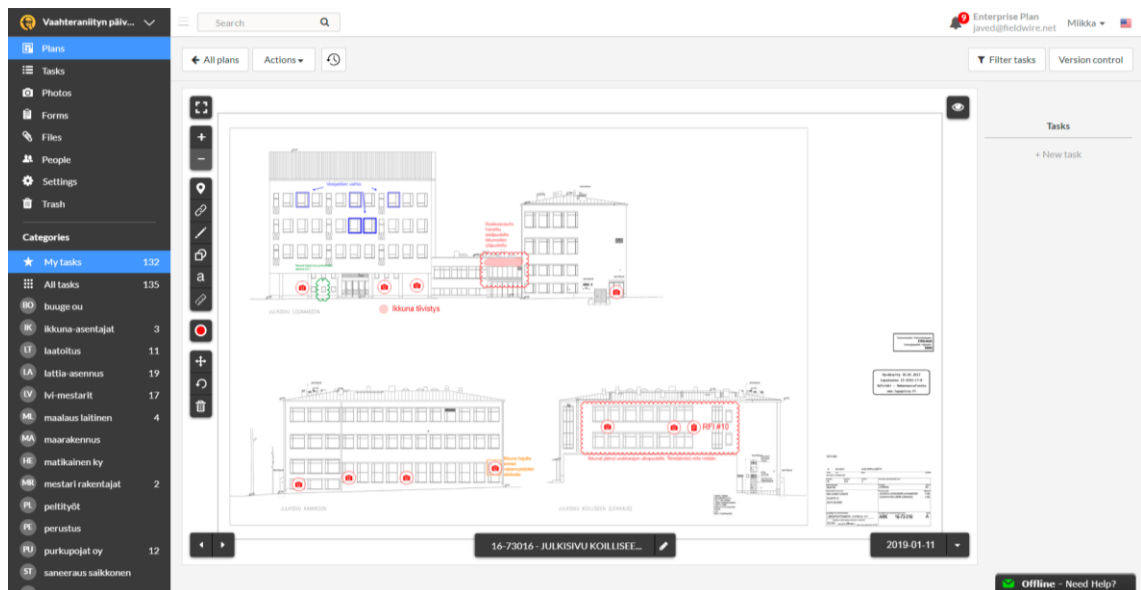
Forms

Fieldwren lomakkeilla korvataan perinteiset Word-dokumentit ja Excel-taulukot. Valmiiden lomakkeiden lisäksi, mitä ovat työmaapäiväkirja, RFI, katselmuspyyntö, turvallisuus tarkastus ja työaikakortti, on mahdollista luoda omia kustomoituja lomakkeita vastaamaan kaikkia yrityksen tarpeita. Lomakkeista saa tehtyä hyvin yksityiskohtaisia ja ne voivat sisältää muun muassa sähköisen allekirjoitukset, asiakirjoja, valokuvia tai automaattisen säätietojen tunnistuksen.

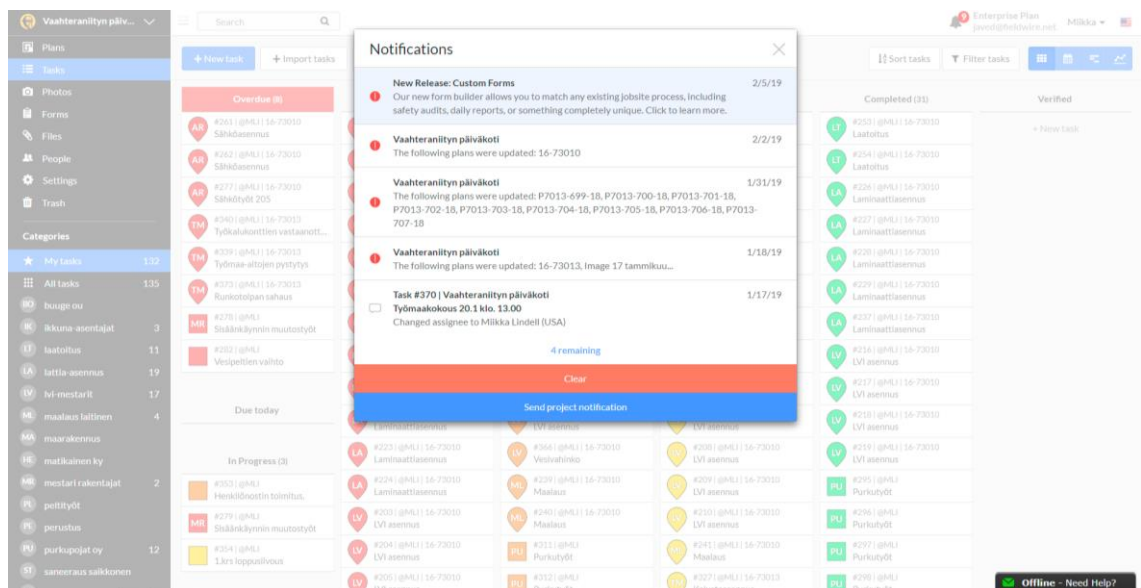


Plans

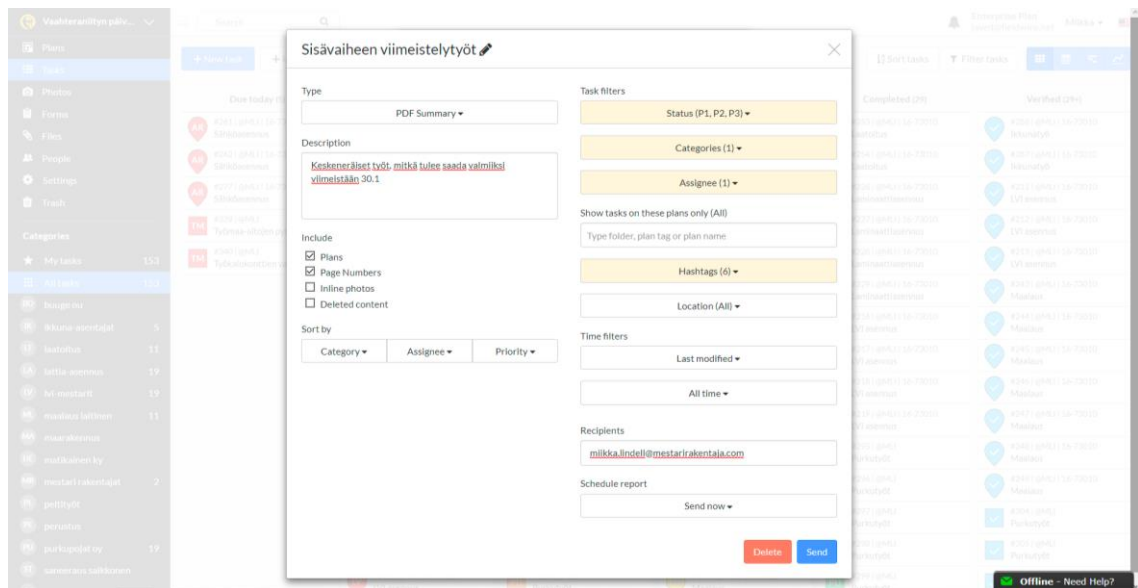
Digitaaliseen detailiin tehdyt muutokset ja merkinnät vähentävät rikkinäinen puhelin -leikin mahdollisuuksia.



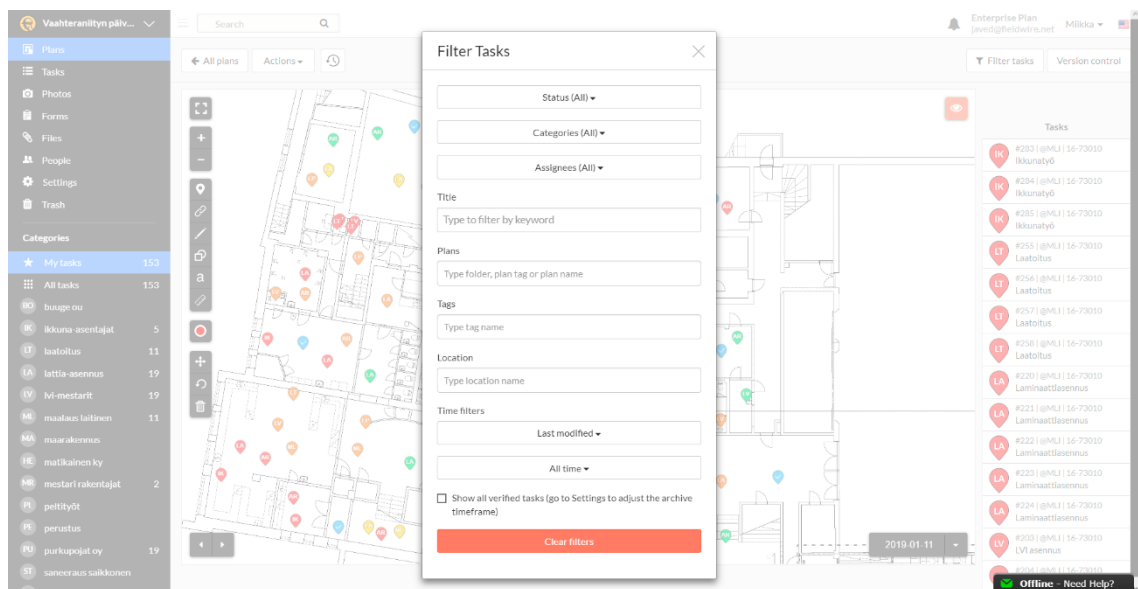
Plans Suunnittelijat, valvojat, omistajat, työpäälliköt tai muut henkilöt ketkä vierailevat työmaalla vain muutamia kertoja kuukaudessa saavat tarvittaessa piirustuksista nopean kokonaiskuvan työmaan tilanteesta.



Reaaliaikaisten ilmoitusten ansioista kaikki osapuolet ovat aina ajan tasalla järjestelmäpäivityksistä, suunnitelmiin tehdyistä muutoksista, tehtävistä, ongelmista, pikaviesteistä tai sähköposteista. Tämä helpottaa edistyksen seuranta, vaikkei aina olisi työmaalla tai tietokoneen ääressä.



PDF tai CSV raporttien luonti on yksinkertaista ja vaivatonta, sillä niiden lähettämisen voi automatisoida täysin lähtemään haluttuina päivinä, valituille henkilöille ja sisältämään esimerkiksi avoimet tehtävät, toteutuneet tehtävät, valokuvia tai asiakirjoja.

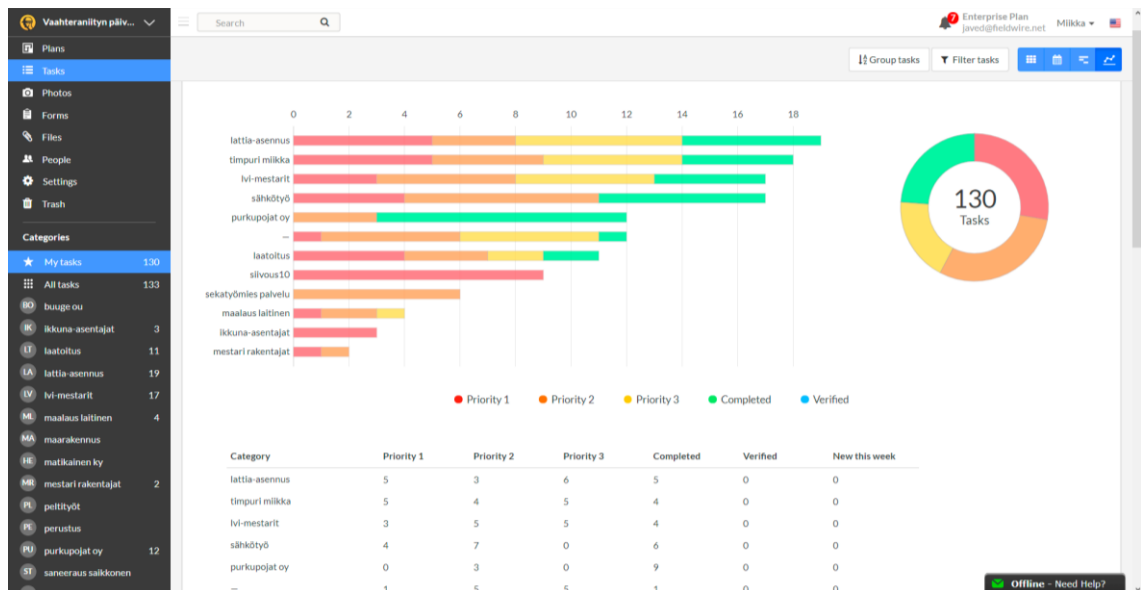


Plans

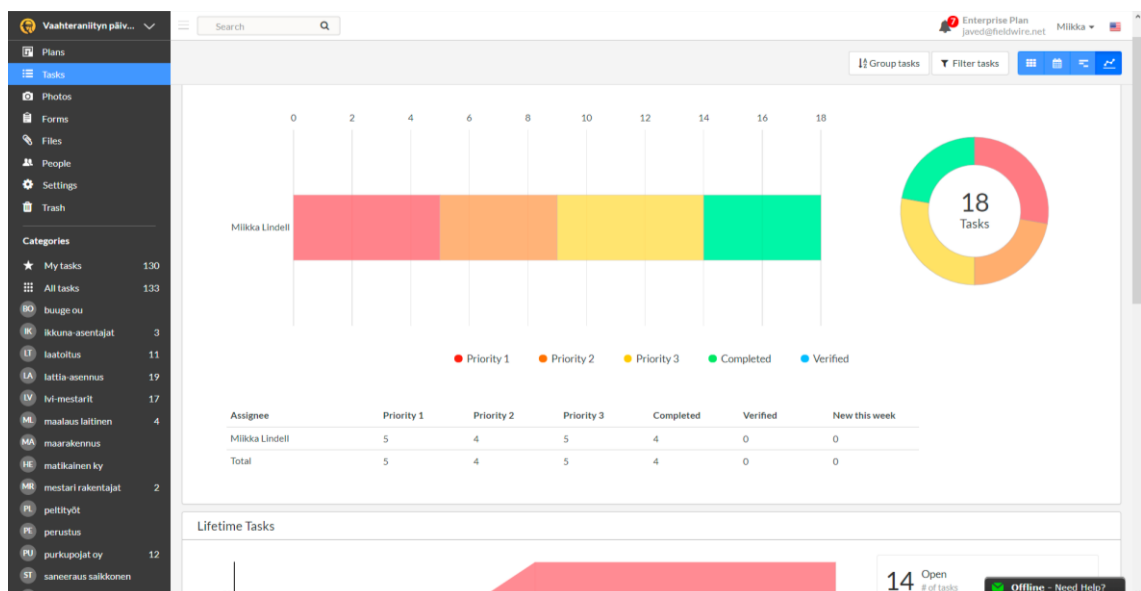
Tehtävien, kuvien, lomakkeiden ynnä muiden asiakirjojen löytäminen on yksinkertaista ja nopeaa tehokkaan suodatinnominaisuuden avulla.

Files Fieldwire mahdollistaa tiedonhallinnan jakamisen ja hyödyntämisen niin työmaatoimistolta, kuin työmaaltakin. Järjestelmään voidaan lisätä esimerkiksi projektikohtaiset asiakirjat, piirustukset, työselitykset, materiaaliluettelot, urakkaohjelmat ja yhteyshenkilöluettelot sekä yrityskohtaiset ohjekortit tai asiakirjamallit. Fieldwire voidaan synkronoida ulkoisen pilvipalvelun kanssa, mikä mahdollistaa kaksi suuntaisen tiedonsiirron ja automaattisen varmuuskopioinnin eikä näin ole tarvetta erilliselle projektipankille.

Task Jana-aikakaavio.



Plans Kuvaajat auttavat visualisoimaan muun muassa työvaiheiden etenemistä, valmistuneita töitä, kustannusten ja työtuntien kertymistä. Tarkemmat tehtävätiedot voidaan viedä PDF tai Excel-tiedostoihin, mitkä ovat erityisen hyödyllisiä tulevien työvaiheiden suunnittelussa.



Plans Tehtävien havainnollistaminen yhdeltä urakoitsijalta.

The screenshot shows the Fieldwire mobile application interface. At the top, there's a search bar and navigation options like 'New task', 'Import tasks', 'Generate reports', and 'Actions'. The main area is a calendar for February 2019, with tasks represented by colored blocks. A sidebar on the left lists categories like 'My tasks', 'All tasks', 'buuge ou', 'ikkuna-asentajat', 'laatoitus', 'lattia-asennus', 'lvi-mestarit', 'maalauk lattinen', 'maarakennus', 'matkainen ky', 'mestari rakentajat', 'pellityt', 'perustus', 'purkupojat oy', and 'saaneeraus saikkonen'. On the right, a 'Tasks (85)' list shows details for tasks like '#283 | @M.L | 16-73010 Ikkunatyö', '#284 | @M.L | 16-73010 Ikkunatyö', '#285 | @M.L | 16-73010 Ikkunatyö', '#255 | @M.L | 16-73010 Laatoitus', '#257 | @M.L | 16-73010 Laatoitus', '#258 | @M.L | 16-73010 Laatoitus', '#220 | @M.L | 16-73010 Laminattiasennus', '#221 | @M.L | 16-73010 Laminattiasennus', '#222 | @M.L | 16-73010 Laminattiasennus', '#223 | @M.L | 16-73010 Laminattiasennus', '#224 | @M.L | 16-73010 Laminattiasennus', '#203 | @M.L | 16-73010 LVI asennus', and '#204 | @M.L | 16-73010'. The bottom right corner shows 'Offline - Need Help?'.

Task Rakennushankkeen osapuolet voivat suunnitella tulevan kuukauden työvaiheet etukäteen Fieldwiren kalenterinäkylässä. Tämä auttaa työnjohtajia ja valvoja paremmin hahmottamaan viikoittaisen työnsuunnittelun. Viikko- tai urakoitsijapalavereiden aikana voidaan yhdessä suunnitella aikataulua videotykin äärellä ja tehdä helposti muutoksia vain vetämällä ja pudottamalla tehtäviä kalenteri- tai tehtävänäkymässä.

Lähteet

- [1] Blanco, Joe-Luis. Mullin, Andrew. Pandya, Kaustubh. Sridhar, Mukund. The new age of engineering and construction technology. 2017. Verkkoaineisto. <<https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/the-new-age-of-engineering-and-construction-technology>> Luettu 01.10.2018
- [2] Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector – Strategic action for construction sector performance. 2016. Verkkoaineisto. <http://www.eubim.eu/wp-content/uploads/2017/07/EUBIM_Handbook_Web_Optimized-1.pdf> Luettu 05.10.2018
- [3] Digitization in the construction industry. 2016. Verkkoaineisto. Luettu 01.10.2018
- [4] Lohilahti, Oona. Rakennusalla työn tuottavuus ei ole kasvanut 40 vuodessa. Verkkoaineisto. <<https://www.rakennuslehti.fi/2017/09/rakennusalalla-tyon-tuottavuus-ei-ole-kasvanut-40-vuodessa-onko-allianssista-tai-leanista-apua/>> Luettu 25.10.2018
- [5] Törmänen, Eeva. Digitalisaatio mahdollistaisi jo nyt rakennusajan puolittamisen. 2018. Verkkoaineisto. <<https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/rakennus/digitalisaatio-mahdollistaisi-jo-nyt-rakennusajan-puolittamisen-rakennusala-on-karsinyt-liian-pitkaan-rikkinaisista-puhelimista-6728410>> Luettu 15.10.2018
- [6] A Beginner's Guide to Connecting Construction Data and Documents. 2017. Verkkoaineisto. <https://info.bim360.autodesk.com/hubfs/Famous_For_The_Wrong_Reasons/A-Beginners-Guide-to-Connecting-Construction-Data-and-Documents.pdf?t=1520945344659> Luettu 15.10.2018

- [7] Digital transformation in the construction sector isn't just about BIM. 2018. Verkkootikkeli. <<https://wisembly.com/en/blog/2016/06/16/digital-transformation-construction-bim>> Luettu 04.01.2018
- [8] Verkkoinneisto. <<http://www.kiradigi.fi/info/visio-ja-tavoitteet.html>> Luettu 10.10.2018
- [9] Kangasharju, Aki. Rakentaminen remonttiin. 2018. Verkkoinneisto. <<http://mb.cision.com/Public/434/2643056/97e563a2480b5bac.pdf>> Luettu 11.10.2018
- [10] Jauhiainen, Jarkko. Tervetuloa rakennusalan hukkatalkoiisiin. 2017. Verkkoinneisto. <<https://www.ains.fi/blogit/tervetuloa-hukkatalkoiisiin/>> Luettu 29.01.2019
- [11] Rakentajien maine suomalaisten silmissä on mennyttä. 2018. Verkkoinneisto. <<https://talotekniikka-lehti.fi/rakentajien-maine/>> Luettu 27.01.2019
- [12] Digitaalisuuden nykytila ja kehityssuunnat kiinteistö- ja rakennusallalla. 2016. Verkkoinneisto. <http://bes.fi/wp-content/uploads/2016/05/KIRA_Digiselvitys_2016.pdf> Luettu 10.10.2018
- [13] Branner, Ulrik. The 7 Samurais of Construction. 2018. Verkkoinneisto. <<https://geniebelt.com/blog/construction-of-tomorrow>> Luettu 08.01.2019
- [14] Tucker, Sean. Dews, Joe. O'Donnell, Steve. Howe, Ben. Schopp, Charlie. Construction Tech – The Next Brick and Mortar. 2018. Verkkoinneisto. <<http://agcpartners.com/insights/construction-technology/>> Luettu 18.01.2019

- [15] 9 ratkaisua suomelle. teknologiateollisuuden koulutus ja osaaminen. 2018. Verkkoaineisto. <https://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/file_attachments/teknologiateollisuus_koulutus_ja_osaaminen_linjaus_2018.pdf> Luettu 26.01.2019
- [16] Akbar, Shaneel. 2017. Verkkoaineisto. <<https://geniebelt.com/blog/top-8-trends-for-construction-in-2018>> Luettu 08.01.2019
- [17] How are engineering and construction companies adapting digital to their businesses. 2018. Verkkoaineisto. <[https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-Digital-survey/\\$File/EY-Digital-survey.pdf](https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-Digital-survey/$File/EY-Digital-survey.pdf) > Luettu 24.01.2019
- [18] Quirk, Vanessa. Secret Google Project Could Transform Construction Industry. 2013. Verkkoaineisto. <<https://www.archdaily.com/439109/secret-google-project-could-transform-construction-industry>> Luettu 26.01.2019
- [19] Construction Technology Survey Reveals Huge Profit Opportunity in IT Investment. 2016. Verkkoaineisto. <<https://www.forconstructionpros.com/construction-technology/article/12148985/construction-technology-survey-reveals-huge-profit-opportunity-in-it-investment>> Luettu 24.01.2019
- [20] Barbosa, Filipe. Woetzel, Jonathan. Mischke, Jan. Ribeirinho, Maria-Joao. Sridha, Mukund. Parsons, Matthew. Bertram, Nick. Brown, Stephanie. Reinventing construction: A route to higher productivity. 2017. Verkkoaineisto. <<https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/the-new-age-of-engineering-and-construction-technology>> Luettu 01.10.2018
- [21] 2018. Verkkoaineisto. <https://static.wixstatic.com/media/3ec2_2c_0e9625dbb1304fc4a5547cd992d9446e~2_d_2400_1600_s_2.png/v1/fill/w669,h449,al_c,q_80,usm_0.66_1.0_0_0.01/3ec22_c_0e9625dbb1304fc4a5547cd992446e~mv2_d_2400_1600_s_2.webp> Luettu 30.01.2019

- [22] Avain ketterän liiketoiminta strategian toteuttamiseen- API Ohjelmointirajapintaopas IT-päättäjille. 2016. Verkkoaineisto. <<https://www.alfame.com/hubfs/files/Avain%20ketterän%20liiketoimintastrategian%20toteuttamiseen.pdf>> Luettu 01.10.2018
- [23] Agarwal, Rajat. Chandrasekaran, Shankar. Sirdhar, Mukund. Imagine construction's digital future. 2016. Verkkoaineisto. <<https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/imagining-constructions-digital-future>> Luettu 05.10.2018
- [24] Mobiililaitteet hyväksi käytönnöksi Kuopion yliopistosairaalan työmaalle. 2015. Verkkoaineisto. <<https://www.rakennusteollisuus.fi/Ajankohtaista/Tiedotteet1/2015/Mobiililaitteet-hyvaksi-kaytannoksi-Kuopion-yliopistosairaalan-tyomaalle/>> Luettu 24.01.2019
- [25] Top 10 construction technology trends for 2019. 2018. Verkkoaineisto. <<https://geniebelt.com/blog/top-10-construction-technology-trends-for-2019>> Luettu 22.01.2019
- [26] Rothrie, Sarah. How Blockchain and Construction Will Build a New World. 2018. Verkkoaineisto. <<https://coincentral.com/blockchain-and-construction/>> Luettu 24.01.2019
- [27] Ozorhon, Beliza. Karatas, Cenap G. Demirkesen, Sevilay. Web-Based Database System for Managing Construction Knowledge. 2014. Verkkoartikkeli. <<https://core.ac.uk/download/pdf/82422723.pdf>> Luettu 05.10.2018
- [28] Rezgui, Yacine. Zarli, Alain. Lima, Celson. Knowledge management fir the construction industry: The e-Congos project. 2002. Verkkoaineisto. <https://www.researchgate.net/publication/28578930_Knowledge_manag

- ement_for_the_construction_industry_The_e-COGNOS_project> Luettu 20.01.2019
- [29] Vähimaa, Aleks. Esb on kuollut – eläköön uusi esb! 2017. Verkkoaineisto. <https://www.tivi.fi/Kaikki_uutiset/esb-on-kuollut-elakoon-uusi-esb-6671493> Luettu 27.12.2018
- [30] MetaTrader 4 API. 2018. Verkkoaineisto. <<https://www.metatrader4.com/en/brokers/api>> Luettu 17.01.2019
- [31] Haglund, Jari. API – Kultakaivos ketterään liiketoimintaan. 2017. Verkkoaineisto. <<https://www.alfame.com/blog/api-kultakaivos-ketteraan-liiketoimintaan>> Luettu 28.12.2018
- [32] Vartiainen, Ville. API-Digitalisaation Jeesusteippi. 2018. Verkkoaineisto. <<https://digitalist.global/talks/api-digitalisaation-jeesusteippi/>> Luettu 30.12.2018
- [33] 3D Laser Scannin – The Latest in Building Information Modeling. 2017. Verkkoaineisto. <<https://esub.com/3d-laser-scanning-building-information-modeling/>> Luettu 21.01.2019
- [34] Laser scanning helps construction firms identify problems. 2018. Verkkoaineisto. <<http://www.prologuesystems.com/construction/>> Luettu 20.01.2019
- [35] See the Bigger Picture with Laser Scanning and Drone Mapping. 2018. Verkkoaineisto. <<https://www.giffelswebster.com/see-the-bigger-picture-a-clearer-view-through-laser-scanning-and-drone-mapping/>> Luettu 26.01.2019
- [36] Fallon, Erin. A Look at 3D Laser Scanning in Construction Industry and Beyond. 2018. Verkkoaineisto. <<https://rhodes-group.com/newsletter/winter-2012/scanning-the-third-dimension-a-look->

- at-3d-laser-scanning-in-the-construction-industry-and-beyond/> Luettu 21.01.2019
- [37] Opti-Cal surveyequipment.com. 2019. Verkkoaineisto. <<https://surveyequipment.com/leica-blk360-imaging-laser-scanner/>> Luettu 20.01.2019
- [38] What is BIM. Verkkoaineisto. <<https://geniebelt.com/wp-content/uploads/BIM-600x1074.png>> Luettu 19.01.2019
- [39] Building Information Modelling. 2017. Verkkoaineisto. <<https://www.wsp.com/en-RO/services/building-information-modelling-bim>> Luettu 17.01.2019
- [40] Big Data. 2018. Verkkoaineisto. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Big_data> Luettu 30.01.2019
- [41] Burger, Rachel. How the Construction Industry is Using Big Data. 2018. Verkkoaineisto. <<https://www.thebalancesmb.com/how-the-construction-industry-is-using-big-data-845322>> Luettu 05.01.2019
- [42] Jones, Kendall. How Big Data Can Transform the Construction Industry. 2018. Verkkoaineisto. <<https://www.constructconnect.com/blog/construction-technology/big-data-can-transform-construction-industry/>> Luettu 06.01.2019
- [43] Big Data in the construction industry: A review of present status, opportunities and future trends. 2016. Verkkoaineisto. <https://pure.coventry.ac.uk/ws/portalfiles/portal/13749152/Big_Data_in_construction_Industry.pdf> Luettu 05.01.2019
- [44] HilbertLopez. GrothStorage. 2012. Verkkoaineisto. <<https://www.clickittefaq.com/data-scientists-do-good-with-big-data/10hilbertlopezgrowthstorage/>> Luettu 18.01.2019

- [45] Virtuaalitodellisuus. 2018. Verkkoaineisto. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Virtuaalitodellisuus>> Luettu 06.01.2019
- [46] Virtual reality is here with a bang. 2017. Verkkoaineisto. <<https://geniebelt.com/blog/vr-in-construction-management>> Luettu 06.01.2019
- [47] Fade, Lorne. How Virtual Reality is Set to Change The Construction Industry. 2018. Verkkoaineisto. <<https://jasoren.com/virtual-reality-in-construction/>> Luettu 20.01.2019
- [48] Verkkoaineisto. <<https://www.pmvmiddleeast.com/70957-working-at-height-training-with-vr-and-gamification>> Luettu 06.01.2019
- [49] Verkkoaineisto. <<https://www.pmvmiddleeast.com/70957-working-at-height-training-with-vr-and-gamification>> Luettu 06.01.2019
- [50] What Is the Difference Between AR and VR? A Lesson in Altered Realities. 2017. Verkkoaineisto. <<https://www.cramer.com/story/the-difference-between-ar-and-vr/>> Luettu 07.01.2019
- [51] 5 key benefits from augmented reality for the construction industry. 2018. Verkkoaineisto. <<https://geniebelt.com/blog/5-key-benefits-from-augmented-reality-in-construction>> Luettu 05.01.2019
- [52] Augmented reality and what it could mean for the construction industry. 2018. Verkkoaineisto. <<https://www.ukconstructionmedia.co.uk/features/augmented-reality-daqri-construction/>> Luettu 08.01.2019
- [53] Datloff, Dylan. DAQRI Smart Helmet Review. 2017. Verkkoaineisto. <<https://www.ireviews.com/review/daqri-smart-helmet>> Luettu 27.01.2019

- [54] Lu, Weisheng. Huang, George. Li, Heng. Scenarios for applying RFID technology in construction project management. 2011. Verkkoaineisto. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580510001366>> Luettu 11.10.2019
- [55] Smiley, Suzanne. Active RFID vs. Passive RFID: What's the Difference? 2016. Verkkoaineisto. <<https://blog.atlasrfidstore.com/active-rfid-vs-passive-rfid>> Luettu 17.01.2019
- [56] Construction & RFID The ROI. 2008. Verkkoaineisto. <<http://www.corerfid.com/files/white%20papers/013%20construction%20and%20rfid%20-%20the%20roi%20v2.pdf>> Luettu 15.01.2019
- [57] atlasRFIDstore.com. 2019. Verkkoaineisto. <<https://www.atlasrfidstore.com/turck-u-grok-it-uhf-rfid-reader-for-smartphones/>> Luettu 18.01.2019
- [58] Sarkar, Debasis. Jadhav, Sachin B. Cloud based Project Management Information System for construction projects. 2016. Verkkoaineisto. <<http://www.ipublishing.co.in/ijcserarticles/twelve/articles/volsix/EIJCSE6021.pdf>> Luettu 05.10.2018
- [59] Web Based Construction Management Software. 2019. Verkkoaineisto. <<https://www.softwareadvice.com/construction/web-based-project-management-software-comparison/>> Luettu 10.01.2019
- [60] Koutsogiannis, Anastasios. Up to 7% savings on construction projects run using GenieBelt shown in Danish research report. 2017. Verkkoaineisto. <<https://geniebelt.com/blog/construction-project-savings>> Luettu 09.01.2019
- [61] Construction Management Software. 2019. Verkkoaineisto. <<https://www.capterra.com/construction-management-software/>> Luettu 10.01.2019

- [62] What would you do with an extra \$215,700?. 2018. Verkkoaineisto. <<https://www.procore.com/roi>> Luettu 10.01.2019
- [63] Over 16 000 projects delivered in 70+ countries worldwide. 2018. Verkkoaineisto. <<https://www.aconex.com/projects/>> Luettu 10.01.2019
- [64] Verkkoaineisto. <https://www.fieldwire.com/support/get-started/?_ga=2.230639256.528403748.1537688660-122720543.1524160149> Luettu 15.10.2018
- [65] EllisDon Brings on Fieldwire to Further Field Productivity. 2018. Verkkoaineisto. <<https://business.financialpost.com/pmnp/press-releases-pmn/business-wire-news-releases-pmn/ellisdon-brings-on-fieldwire-to-further-field-productivity>> Luettu 10.01.2019
- [66] Lean. 2018. Verkkoaineisto. <https://en.wikipedia.org/wiki/Lean_manufacturing> Luettu 29.01.2019
- [67] Kanban board. 2016. Verkkoaineisto. <<https://i1.wp.com/www.cadlog.it/wp-content/uploads/2015/12/kanban.jpg?fit=1024%2C765&ssl=1>> Luettu 29.01.2019
- [p] 2019. Verkkoaineisto. <<https://www.katerra.com/en/about-katerra/the-vision.html>> Luettu 01.02.2019
- [D] 2019. Verkkoaineisto. <https://play.google.com/store/apps/details?id=net.fieldwire.app&hl=en_US> Luettu 01.02.2019
- [K] 2019. Verkkoaineisto. <<https://itunes.apple.com/us/app/fieldwire-construction-manager/id780165517?mt=8>> Luettu 01.02.2019
- [x] Liew, Jonathan. World Cup 2022: Qatar's workers are not workers, they are slaves, and they are building mausoleums not stadiums. 2018.

Verkkoainesto.

<<https://www.independent.co.uk/sport/football/international/world-cup-2022-qatars-workers-slaves-building-mausoleums-stadiums-modern-slavery-kafala-a7980816.html>> Luettu 02.02.2019

- [B] 2019. Verkkoainesto. <<https://www.verkkokauppa.com/fi/search?query=galaxy+tab+s4>> Luettu 04.02.2019
- [w] Construction workers. 2018. Verkkoainesto. <<https://skillspanorama.cedefop.europa.eu/en/occupations/construction-workers>> Luettu 01.02.2019
- [q] 2019. Verkkoaineisto. <<https://www.youtube.com/watch?v=s7wmiS2mSXY>> Luettu 01.03.2019
- [T] Mölsä Seppo. Rakentamistalouden professori Olli Seppänen Vahasen hallitukseen. 2017. Verkkoaineisto. <<https://www.rakennuslehti.fi/2017/05/rakentamistalouden-professori-olli-seppanen-vahasen-hallitukseen/>> Luettu 03.03.2019