

TARTU ÜLIKOOL

Majandusteaduskond

Sigrid Vollmer

**KAASAEGSED DIGITAALTEHNOLOOGILISED
LAHENDUSED EESTI EHITUSSEKTORIS**

Bakalaureusetöö

Juhendaja: rahanduse teadur Kaia Kask

Tartu 2019

Suunan kaitsmisele

(juhendaja allkiri)

Olen koostanud töö iseseisvalt. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, põhimõttelised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

.....

(töö autori allkiri)

SISUKORD

Sissejuhatus	4
1. Ehitussektori tootlikkus ning erinevad digitaaltehnoloogilised lahendused	6
1.1. Ehitussektori tootlikkuse trendid	6
1.2. Digitaaltehnoloogilised lahendused	8
1.2.1. BIM – ehitusinformatsiooni mudel	9
1.2.2. Muud digitaaltehnoloogilised lahendused.....	14
2. Eesti ehitussektori tootlikkus ning kasutatavate kaasaegsete digitaaltehnoloogiliste lahenduste analüüs	17
2.1. Metoodika ning valimi kirjeldus	17
2.2. Eesti ehitussektori tootlikkuse analüüs.....	18
2.3. Küsitluse tulemused	23
2.3.1. Ettevõtete teadlikkus BIMist.....	26
2.3.2. BIMi mitterakendamise põhjused ettevõtetes	31
2.3.3. BIMi kasutama hakkavate ettevõtete vastuste analüüs	32
2.3.4. BIMi kasutavate ettevõtete vastuste analüüs.....	35
2.3.5. Muude digitaaltehnoloogiliste lahenduste kasutamine	39
2.4. Järeldused	40
Kokkuvõte	42
Viidatud allikad.....	44
Lisad	48
Lisa 1. Tootlikkuse suhtarvude valemid	48
Lisa 2. Küsimustik	49
Summary	58

SISSEJUHATUS

Ehitussektor on üks majanduse tähtsamaid tööstusharusid – ehitussektor pakub tööd suurele osale töötajatele ning ehitussektori panus riigi majandusse on suur. Samas on palju räägitud ehitussektori madalast tootlikkusest ning madalast lisandväärtusest. Seda teemat on ka palju erinevate autorite poolt uuritud. Ehitussektori tootlikkuse kasv on viimastel aastakümnetel pidurdunud võrreldes teiste tegevusvaldkondadega. Ehitus aitab aga oluliselt kaasa riigi majanduse kasvule, mille tõttu oleks vaja ehitussektori tootlikkust tõsta.

Üheks madala tootlikkuse põhjusena tuuakse välja ehitussektori vähest innovaatilisust. Paljud ehitusprojektid on tehtud paberile ning projekteerijate ja ehitajate vaheline koostöö ning suhtlus on ebapiisav (Agarwal *et al.* 2018). Ehitussektor on ka üks kõige vähem digitaliseeritud tegevusvaldkondi (*Ibid.*). Tehnoloogia areng on andnud erinevate tegevusvaldkondade ettevõtetele võimaluse muuta ettevõtte tegevus efektiivsemaks ning seeläbi suurendada lisandväärtust. Ehitussektoris pole aga tehtud suuri muudatusi ning tehnoloogiate kasutuselevõtt on olnud aeglane (Castagnino *et al.* 2016: 3). Sellest tulenevalt, on paljud autorid leidnud, et ehitussektori tootlikkuse tõstmise üheks võimaluseks on võtta kasutusele kaasaegsed digitaaltehnilised lahendused.

Kuivõrd tehnoloogilist arengut ning kaasaegsete digitehniliste vahendite kasutuselevõttu peetakse üheks enim ehitussektori tootlikkuse kasvu tagavaks instrumendiks, siis on käesoleva töö eesmärgiks seatud läbi ettevõtete teadlikkuse tuvastamise välja selgitada, milline on Eesti ehitussektori valmidus kaasaegsetes digitaaltehniliste lahenduste kasutuselevõtuks.

Töö eesmärgi saavutamiseks on koostatud järgmised uurimisülesanded:

- Tuua välja põhilised ehitussektori trendid.
- Tuua välja tähtsamad kaasaegsed digitaaltehnoloogilised lahendused ehitussektoris.
- Analüüsida Eesti ehitussektori tootlikkust.
- Välja uurida, milline on Eesti ehitussektori ettevõtete teadlikkus kaasaegsetest digitaaltehnoloogilistest lahendustest ning milline on ehitusettevõtete hinnang nende tehnoloogiatele.
- Esitada saadud tulemused ning teha järeldused.

Lähtudes püstitatud eesmärgist sisaldab töö nii teoreetilist kui ka empiirilist osa. Teoreetilises osas tuuakse välja üldised tootlikkuse trendid ehitussektoris. Suurem osa esimesest peatükist käsitleb erinevaid maailmas kasutatavaid digitaaltehnoloogilisi lahendusi. Tuuakse välja tehnoloogiate olemused, nende tehnoloogiate eelised ning ka puudused. Käsitletakse varasemaid empiirilisi uuringuid, mis uurivad antud teemat.

Käesoleva töö teises peatükis analüüsitakse Eesti ehitussektori tootlikkusega seotud näitajaid. Autori panus seisneb küsitluse läbiviimisel Eesti ehitussektori ettevõtete seas ning seejärel saadud tulemuste analüüsis. Ettevõtelt uuritakse, milline on nende teadlikkus erinevatest kaasaegsetest digitaaltehnoloogilistest lahendustest ning kuidas nad ise neid lahendusi hindavad. Seejärel antakse töö empiirilises peatükis järeldused töö tulemustele.

Bakalaureusetöös on kasutatud nii erialast teaduskirjandust kui ka rahvusvaheliste konsultatsiooniettevõtete publikatsioone. Peamiste allikatena võib nimetada Agarwal *et al.* (2016), Arayici ja Khosrowshahi (2012), Fathi *et al.* (2013) ning Succar (2019) poolt kirjutatud teadusartikleid. Rahvusvaheliste konsultatsiooniettevõtete publikatsioonidest on enim kasutatud McKinsey (2017) ning McGraw Hill Construction (2014) poolt väljaantud aruandeid.

Märksõnad: ehitussektor, tootlikkus, digitaaltehnoloogiad, BIM.

1. EHITUSSEKTORI TOOTLIKKUS NING ERINEVAD DIGITAALTEHNOLOOGILISED LAHENDUSED

1.1. Ehitussektori tootlikkuse trendid

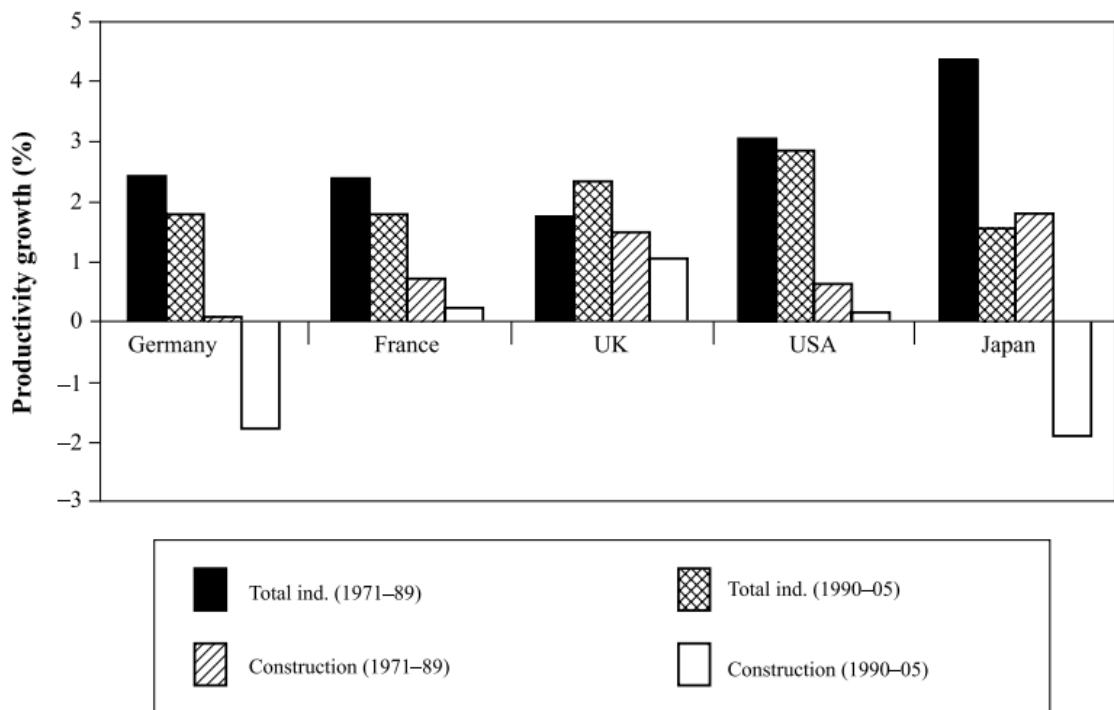
Tootlikkuse all mõistetakse tootmise efektiivsust, ehk tootlikkus on tootmisväljundi ja tootmissisendite suhtarv. Tootlikkus näitab, kui palju on võimalik saada toodangut kindlast hulgast tootmissisenditest. (Hazak *et al.* 2018: 5) Tootlikkuse mõõtmiseks on mitmeid viise ning selle leidmiseks kasutatakse erinevaid näitajaid. Tootlikkuse suhtarvud leitakse enamasti kas müügitulu või lisandväärtuse alusel. Lisandväärtust defineeritakse kogutoodangu ja vahetarbimise vahena (*Ibid.*). Lisas 1 on toodud erinevad tootlikkuse suhtarvud. Käesolevas töös kasutatakse tootlikkuse mõõtmiseks lisandväärtuse ja tööga hõivatud inimeste arvu kaudu leitud tootlikkuse suhtarve.

Bakalaureusetöös käsitletakse ehitussektorit kogu väärtusahela ulatuses, alustades ehituseelsetest protsessidest nagu arhitektuur, inseneeria, planeerimine jm ning ehitusjärgsetest protsessidest – ehitiste remont, korrashoid ja haldamine. Töös on edasi liigutud ehitussektori suhteliselt kitsast piiritlest, mille kohaselt kuuluvad ehitussektorisse otseselt ehitamisega tegelevad ettevõtted.

Ehitussektori panus majandusse on väga oluline. Kogu maailma ehitussektori kulud on iga aasta umbes 10 triljonit dollarit, mis moodustab 13% maailma SKP-st ning ehitussektor pakub tööd 7% maailma töötajatele (McKinsey 2017: 1). Samas peetakse ehitussektorit vähetootlikuks ning liiga väikese lisandväärtusega majandusharuks, seda nii Eestis kui ka mujal maailmas. Uuringud on näidanud, et ehitussektori tootlikkuse kasv on üldiselt nõrk või lausa negatiivne (Baroudi *et al.* 2018: 917). Ehitussektori tööjõutootlikkus on 20 aasta peale tõusnud vaid üks protsent aastas, samas on kogumajanduse keskmise kasv olnud 2,8% ning tootmise kasv lausa 3,6% aastas (McKinsey 2017:2). Ehitussektori tootlikkuse mahajäämine läheb maailma majandusele

iga aasta maksma 1,6 triljonit dollarit. Kõige suurem on mahajäämine Põhja-Ameerikas, kus saamata jäänud lisandväärtus on 0,58 triljonit dollarit. Euroopas on sama näitaja 0,46 ning Aasias 0,44 triljonit dollarit. (McKinsey 2017: 28) Ehitussektori tootlikkuse probleemid ulatuvad ajas ka kaugemale.

Joonisel 1.1 on näitena toodud suurriikide ehitussektori keskmine tootlikkuse kasv aastas vahemikus 1971-1978 ning 1990-2005. Neid on võrreldud kogu tööstuse tootlikkuse kasvuga nendes vahemikes. Kõigi riikide puhul on näha ehitussektori tootlikkuse kasvu selget allajäämist kogu tööstuse tootlikkuse kasvule. Ehituse tootlikkuse kasv vahemikus 1971-1989 oli kõigis riikides küll positiivne, kuid siiski pigem väike. Suurima ehitussektori tootlikkuse kasvuga riik oli Jaapan, kuid Jaapani kogu tööstuse kasv oli ehitussektori omast mitu korda kõrgem. Vahemikus 1990-2005 oli Saksamaa ning Jaapani ehitussektoreite tootlikkuse kasv negatiivne. Ühendkuningriikide ehitussektori tootlikkuse kasv jäi mõlemal perioodil kogu tööstuse tootlikkuse kasvust kõige vähem maha.



Joonis 1.1. Aastakeskmine tootlikkuse kasv Saksamaal, Prantsusmaal, Ühendkuningriikides, USA-s ning Jaapanis aastatel 1971-2005 (Adal-Wahab, Vogl 2011:638).

Mitmed globaalsed trendid mõjutavad ehitussektorit läbi viima uuendusi ning muudatusi. Põhilisteks trendideks peetakse kliima soojenemist ning ka linnastumist (Kask *et al.* 2018: 16). Linnastumisega võib aga kaasneda elamispindade puudus. 2016. aastal oli USA-s puudus seitsmest miljonist üürikorterist (Marks 2017). Seega on vaja ehitada rohkem ning teha seda efektiivsemalt. Kliimamuutuste tõttu suureneb ka regulatsioonide ning standardite arv, millega ehitussektori ettevõtted peavad arvestama. Regulatsioonide arvu suurenemine on ka üheks innovatsiooni ajendiks. KPMG (2016: 8) uuringus toodi välja lisaks regulatsioonide arvu suurenemisele, ka teised innovatsiooni esilekutsuvad tegurid – võimalus efektiivsust tõsta ning kulusid vähendada; suurenev konkurents; uued turud; turu nõudluse suurenemine; tehnoloogia areng.

Innovatsioon on üks võtmetegureid, tänu millele on võimalik tõsta sektori tootlikkust. Võrreldes teiste sektoritega, on ehitussektori innovatsioon väike – uute tehnoloogiate kasutuselevõtt on aeglane ning sektoris pole olnud suuri muudatusi (Castagnino *et al.* 2016: 3). Ehitussektoris on tänapäeval kasutusel meetodid, mis arendati välja juba 19. sajandil (Marks 2017). Võrreldes paljude teiste sektoritega, on ehitussektori investeeringud tehnoloogiasse olnud väikesed. 2016. aastal investeerisid 70% ehitusettevõtetest vaid ühe protsendi oma tuludest tehnoloogiasse (*Ibid.*). Samas on mitmed allikad kinnitatud, et tehnoloogiate kasutuselevõtt võib olla lahenduseks ehitussektori tootlikkuse probleemile.

1.2. Digitaaltehnooloogilised lahendused

Tehnoloogia arenemine on kaasa toonud uute lahenduste tekkimise kõigis majandusvaldkondades, kaasaarvatud ehitusvaldkonnas. McKinsey (2017: 7) aruandes leiti, et tehnoloogiliste lahenduste kasutuselevõtmine aitaks ehitussektoris kulusid vähendada 4-6 protsenti ning tootlikkust tõsta lausa 14-15 protsenti. Kulude vähendamise võimaluse tõid ka välja Castagnino *et al.* (2016: 10), kes leidsid, et digitaaltehnooloogilised lahendused aitaksid ehitussektoril kokku hoida ligikaudu triljon dollarit aastas. Üheks peamiseks ehitussektori tuleviku lahenduseks võib pidada BIMi.

1.2.1. BIM – ehitusinformatsiooni mudel

BIMil on mitmetes allikates palju erinevaid definitsioone. Aranda-Mena *et al* (2009: 420) on oma uuringus välja toonud kolm erinevat arusaama BIMi definitsioonist:

- BIM on tarkvararakendus;
- BIM on disainimise ning ehitise informatsiooni dokumenteerimise protsess;
- BIM on uus lähenemine, mille abil arendatakse ehitust ning mis nõuab uute poliitikate ning lepingute rakendamist projektiga seotud inimeste hulgas.

Veel on BIMi ehk *Building Information Modeling* defineeritud kui meetodikat, mille abil säilitatakse ja vahendatakse projektide andmeid ning juhitakse ehitusprojekte digitaalsel kujul (Penttilä 2006:4). BIMi abil saab parandada disainimist, ehitamist ning ka projektide planeerimist. BIM on peamiselt kasutuses AEC (*architecture, engineering, construction*) tööstuses, mis koosneb arhitektuuri-, inseneeria- ning ehitusvaldkondadest. Põhiline saadav kasu BIMist tuleneb ehitajate ning teiste ehitusega seotud töötajate vahelise informatsiooni kiirest liikumisest, tänu millele saab disainiotsuseid kiiremini ellu viia. BIMi saab rakendada kõikides ehitusprojekti eluea faasides, nii ehitusfaasis kui ka sellele eelnevas ning järgnevas etapis. (Fathi *et al.* 2013: 1) Kokkuvõtvalt saab öelda, et BIM on võrgustik, kuhu on integreeritud ehitusprojektide erinevate elutsüklite komponendid – planeering, disain, ehitus, hooldus jt. BIMi võib pidada üheks olulisemaks ehitussektori arengusuunaks, läbi mille saab tõsta sektori tootlikkust.

Succar (2009: 363) jagas BIMi rakendamise kolmele tasandile:

- I tasand: objektipõhine modelleerimine;
- II tasand: mudelipõhine koostöö;
- III tasand: võrgustikupõhine integratsioon.

Lisaks nendele eksisteerib ka BIMi-eelne tasand ehk niinimetatud traditsiooniline ehitustava. Seda tasandit iseloomustab eelkõige rohke dokumentatsioon, mis on sageli tehtud paberil. Tänu suurele dokumentide arvule on nende struktureerimine keeruline ning informatsiooni jagades võib kergesti tekkida vigasid. Erinevate osakondade vaheline koostöö on suhteliselt väike. Ehitise maksumus ning vajalikud spetsifikatsioonid ei ole seotud visualiseeritud mudeliga (Succar 2009: 364).

BIMi esimese tasandini jõutakse liikudes edasi BIMi-eelse tasandi kahedimensiooniliselt dokumentatsioonilt 3D (ehk kolmemõõtmeliste) lahendusteni. Seda saavutatakse võttes kasutusele erinevaid tarkvarasid, kus saab objekte luua. Sarnaselt BIMi-eelsele tasandile, iseloomustab BIMi esimest tasandit väike koostöö erinevate tegevusüksuste vahel, informatsioon liigub pigem ühes suunas. (Succar 2009: 364)

Teisel tasandil ehk mudeli-põhise koostöö tasandil suureneb informatsiooni vahetamise hulk. Teisel tasandil seotakse otseselt loodud mudeliga ka ehitamise aeg (4D) ning ehitise maksumus (5D). (*Ibid.*) See muutus võimaldab täpselt selgeks teha, kui kaua võtab projekti valmimine aega ning milline on projekti maksumus. Suurte projektide valmistamiseks kulub tavaliselt 20% kauem aega, kui planeeritud ning projektide maksumus kujuneb 80% planeeritust kallimaks (Agarwal *et al.* 2018). Seega saaks BIMi abil vähendada selliseid tekkivaid probleeme ning juba projekti algusfaasis paremini ennustada ehitusprojekti maksumust ning ajakulu.

Kolmandal tasandil ehk võrgustiku-põhise integratsiooni tasandil liigutakse koostöölt integratsioonini. Ehitusprojekti etapid muutuvad vähem eristatavateks, kuna kindlate etappidega seotud osapooled teevad jooksvalt koostööd. Projektieelsel tasandil viiakse juba läbi põhjalikud analüüsid jätkusuutliku ehituse, ehitatavuse, maksumuse ning teiste oluliste tegurite kohta. (Succar 2009: 365) Kaasaegsete BIMi lahenduste kasutusele võtmine aitab projekti omanikel selgemini näha, kuidas mõjutavad erinevad muutused projekti maksumust. Lisaks aitab BIMi kasutamine analüüsida varakult riske ning selle põhjal teha paremaid otsuseid (Agarwal *et al.* 2019). Tabelis 1.1 on toodud BIMi rakendused ehitusprojektide erinevates etappides.

Tabel 1.1. BIMi rakendused ehitusprojektide erinevates faasides.

Faas	Etapp	BIMi kasutus
Ehituse- eelne	Modelleerimine	Parandab modelleerimise dokumenteerimist.
	Planeerimine	Tuvastab ajakavaga seotud probleemid.
	Disain	Parandab koostööd, mis viib kiiremate disainiotsusteni. Aitab tuvastada materjalide mittevastavust. Suurendab disaini efektiivsust.
	Ajaline planeerimine	Võimaldab projektijuhil ning töövõtjal näha ehitustööde järjestust, varustust, materjale ning jälgida edusamme.
	Maksumuse leidmine	Võimaldab leida maksumus 3D projektimudelilt.
	Ehitusplatsi analüüs	Vähendab kommunaalkulusid ning vähendab vajadust lammutustöödele.
Ehitus	Ehitus	Võimaldab demonstreerida ehitusprotsessi – ehitusplatsi sisenemis- ning väljumisteid, liiklusvoogu, kasutatavaid materjale ning masinaid. Tagab kulude parema jälgimise. Võimaldab jälgida tööd reaalajas, ressursside liikumine on kiirem ning ehitusplatsi juhtimine efektiivsem.
Ehituse- järgne	Ehitiste korrashoid/ Rajatiste haldamine	Võimaldab jälgida juba ehitatud projekte. Haldab projekte ennetavalt. Võimaldab planeerida hooldust ning annab informatsiooni hooldusajaloo kohta.

Allikas: (Fathi *et al.* 2013: 3).

BIM lahendused on kasutusel juba mitmetes riikides. Näidetena võib tuua Austraalia, Suurbritannia, Soome, Rootsi, Ameerika Ühendriigid jt. Suurbritannias viidi läbi uuring BIMi kasutatavate ettevõtete seas, kus uuriti nende teadlikkust BIM lahendustest ning sooviti teada, millised on nende ettevõtete arvates BIMi eelised ja puudused (Arayici, Khosorowshahi 2012). Austraalias viidi aga läbi juhtumiuuringud viies erineva suurusega Austraalia ning Hongkongi ettevõttes, kus on BIM mingil määral kasutusel. Uuringust selgus, millised on ehitusettevõtete arvates peamised kasud ning probleemid seoses BIMi kasutamisega. (Aranda-Mena *et al.* 2009) McGraw Hill Construction-i (2014) raportis on toodud kümne erineva riigi ehitusettevõtete hinnang BIMi kasulikkusele.

Kõigist uurimustest selgus, et peamised eelised, mis saadakse BIMi kasutamisest on suurem efektiivsus, informatsiooni kiire liikumine ning vähem eksimusi ja ümbertegemisi. Korduvalt mainiti ka jäägi vähenemist. BIMi kasutamise tulemusena saadav suurem efektiivsus aitab langetada paremaid disainiotsuseid ning muudatusi disainis on kergem projekti sisse viia (Arayici, Khosrowshahi 2012: 625). BIM tõstab kindlust disainiotsuste juures ning suurendab projekti ehitatavust (Aranda-Mena *et al.* 2009: 426-428). Kõik väljatoodud kasud BIMi rakendamiseks ettevõttesse, aitavad vähendada projektiga seotud kulusid, mis võib omakorda tõsta ettevõtete tootlikkust. McGraw Hill Construction-i (2014:7) aruandes käsitletud ettevõtetest leidis suur osa, et BIM aitab ka tugevdada ettevõtte kuvandit.

Lisaks eelpool mainitud uuringutele, viis Tulenheimo (2015) Soomes läbi uuringu, kus toodi välja suurimad takistused BIMi kasutuselevõtuks. Ettevõtete üks suurimaid probleeme BIMi lahendustega oli nii Suurbritannias, Soomes kui ka Austraalias ja Hongkongis vajadus hankida täiendavat tarkvara, mille maksumus on kõrge. Turul pole ühte õiget tarkvara, läbi mille BIMi meetodit rakendada, sest ettevõtete vajadused on erinevad (Tulenheimo 2015: 471). Tarkvara valiku protsess kujuneb seega suhteliselt pikaks ning ka kulukaks. Vajalik on leida tarkvara, kus on olemas ettevõtetele vajalikud funktsioonid. Soomes tehtud uuringust selgus, et 36% küsitletud ettevõtetest pidid ise looma vajalikud tarkvarafunktsioonid ning 54% ettevõtetest soetas need väljastpoolt (*Ibid.*: 472). Lisaks tarkvara soetamisel tehtud suurele investeeringule, on tarkvaral ka igakuised maksed, mille suurus jääb tavaliselt vahemikku 5-20 protsenti esialgselt investeeringust (*Ibid.*: 472). Seoses uue süsteemi rakendamisega, on vaja ka töötajaskond välja koolitada, mis nõuab täiendavaid kulusid (Aranda-Mena *et al.* 2009: 426-428; Arayici, Khosrowshahi 2012: 624; Tulenheimo 2015: 472). Lisaks nendele põhjustele mainiti ka BIMi kasutuselevõttu takistavate teguritena ettevõtete teadmatust BIMist või sellest valesti arusaamist. Ühe probleemina toodi veel välja, et BIM muudab inseneride töö mahukamaks ning keerukamaks, sest ehitise mudel peab olema detailsem (Tulenheimo 2015: 473). Need on põhilised põhjused, mis takistavad ehitusettevõtetel BIMi oma protsessidesse rakendada.

Vaatamata erinevatele BIMi rakendamisega seotud takistustele, 75% BIMi kasutavatest ehitusettevõtetest leidsid, et BIMist saadav kasu ületab kulusid ning tegemist oli

kasumliku investeeringuga. Seda eelkõige projekti pikkuse ning paberimajanduse vähenemise tõttu. (Agarwal *et al.* 2016) McGraw Hill Construction-i (2014:6) raportis on toodud ettevõtete arvatav BIM-investeeringu tootlus (ROI – *return on investment*). ROI väärtus leitakse kui investeeringu tulu ja investeeringu kulu vahet jagatakse investeeringu kuluga. 97% Jaapani, Saksamaa ning Prantsusmaa ehitusettevõtetest leidsid, et BIMi tootlus oli positiivne. Samas Lõuna-Koreas ning Suurbritannias leidsid vastavalt vaid 48 ning 59 protsenti ettevõtetest, et tegemist on kasumliku investeeringuga. Uuringust selgus veel, et mida suurem on BIMi kaasamise tase ettevõttes, seda suurem on BIMi ROI (*Ibid.*: 7). Seega vaatamata BIMi rakendamisele seotud suurtele kuludele, on enamused BIMi kasutavad ettevõtted erinevatest riikidest leidnud, et investeering tasub ennast ära.

Aina enam räägitakse BIMist kui potentsiaalsest ehitussektori tootlikkuse tõstjast ka Eestis. „BIM-i kasutuselevõtmine Eesti ehitussektoris on viimasel kümnendil kiiresti kasvanud“ (EU BIM Taskgroup 2017: 33). Sellele on kaasa aidanud Majandus- ja Kommunikatsiooniministeriumi (MKM) strateegiad kui ka digitaalehituse klaster. Eesti riik otsustas IKT valdkonna arenguprogrammi raames BIMi lahendustesse investeerida kolme aasta peale 1,5 miljonit eurot (IKT valdkonna... 2019). Veelgi aitab BIMi kasutuselevõttu EU BIM Taskgroup (2017) poolt loodud käsiraamat, mis jagab teadmisi BIMi kasulikkuse ning kasutusele võtmise kohta. Riigi Kinnisvara AS lõi juhendi „Tehnilised nõuded mittelehoonetele“, kus pannakse paika BIM projekteerimise nõuded (Riigi Kinnisvara AS 2019).

Eesti ehitusettevõtete seas viidi 2015. aastal läbi uuring, kus taheti teada, kui suur on ettevõtete teadlikkus BIMi võimalustest ning kui palju seda kasutatakse. Uuringust selgus, et 22,5% vastanutest ei tea, mis on BIMi tehnoloogia, samas 21,5% vastanutest kasutavad seda oma töös. 13,8% vastanutest olid tehnoloogiat katsetanud. BIMiga kokkupuutunud vastajatest oskasid umbes pooled öelda, mitme aasta pärast nad BIMi kasutama hakkavad. Mitte keegi ei öelnud kindlalt, et BIMi ei hakata kasutama. (Projekteerimistarkvara ja... 2019) Eestlaste teadlikkus BIMi tehnoloogia kohta on viimastel aastatel suurenenud, see võib omakorda eelduseks olla BIMi lahenduste kasutusele võtmise suurenemisele.

1.2.2. Muud digitaaltehnoogilised lahendused

BIMi peetakse kõige olulisemaks ehitussektori arengusuunaks ning selle kohta on ka tehtud palju uuringuid. Lisaks BIMile leidub veel teisi lahendusi, mida on vähem uuritud. BIMi tehnoloogiat on võimalik veel arendada läbi liitreaalsuse (*augmented reality*) kasutusele võtmise. Liitreaalsus kujutab endas reaalse ning virtuaalse keskkonna kombineerimist. Sellist tehnoloogiat saab kasutada läbi sensoritega varustatud prillide, tänu millele on võimalik kujutada disainitud keskkond. (Agarwal *et al.* 2019)

Ühe peamise trendina on veel välja toodud nutistu või teisisõnu ka värkvõrgu (*Internet of Things*, lühend IoT) kasutamise ehitusplatsidel (Agarwal *et al.* 2018). Nutistus ühendatakse internetivõrgu kaudu erinevad seadmed, tänu millele saavad seadmed omavahel andmeid vahetada. IoT lahenduste abil on võimalik luua tavalistest ehitusressurssidest (nagu tööriistad, masinad, materjalid) targad ehitusobjektid (SCO – *smart construction objects*), mis suudavad omavahel „suhelda“ (Fang *et al.* 2017: 60). Sellist tehnoloogiat saab ehituses kasutada seadmete korrashoiu ja laoseisu jälgimiseks, kvaliteedikontrolliks ning ka ohutuse tagamiseks (Agarwal *et al.* 2019).

Fang *et al.* (2017: 66-68) uurisid ühte Hongkongi ehitusprojekti, kuhu kaasati targad ehitusobjektid. Need võimaldasid jooksvalt läbi BIMi jälgida olulist ehitusega seotud informatsiooni – ehitise edenemist ning kulusid. Lisaks sai inspektor tänu tarkadele ehitusobjektidele sooritada kergemini kvaliteedikontrolli. Kõige suurem erinevus IoT lahenduste kasutamisel ning traditsioonilisel ehitusel tulenes paberitöö vähenemisest (*Ibid.*: 69). Vähendades paberitööd väheneb kindlasti ka ajakulu, mis omakorda on üks tootlikkuse kasvu toetavatest teguritest.

Võimalused parandada ehituse ohutust läbi värkvõrgu töid oma uuringutes välja Fitton *et al.* (2010) ning Han *et al.* (2014). Nutistut kasutati kemikaalide hoidmiseks. Loodi tark kemikaalide hoidja, mis mõõdab temperatuuri ning vibratsioone, probleemi korral teavitatakse võrgu kaudu töötajaid ohtlikust olukorrast. Nutistut rakendati ka teetööde ehitusse – mõõdeti töötajate kokkupuudet ohtlike vibratsioonidega. Juhul kui vibratsioonid on liiga suured, teavitatakse sellest töötajat. (Fitton *et al.* 2010: 47) Värkvõrku on kasutatud ka kraanade ohutuse jälgimiseks. Sensorite abil mõõdeti mitmete kraanade osade paiknemist, paiknemisnurki ning tuult. Lisaks antakse

kraanajuhile märku, kui tekib oht teise kraanaga kokkupõrkeks. (Han *et al.* 2014: 13804)

„Geograafilised tegurid on suureks põhjuseks, miks ehitusprojektide valmimisajad edasi lükkuvad ning projektide maksumus eelarvet ületab“ (Agarwal *et al.* 2019). Üheks olukorra parandamise võimaluseks on hakata kasutama kõrgema kvaliteediga digitaalse kaardistamise lahendusi. Lidar (LIDAR – *Light Detection And Ranging*) on seade, mis kasutab lasereid ruumipunktide asukohtade leidmiseks. Saadud informatsiooni saab kasutada projektide planeerimisel ning ehitusel. Lidar tehnoloogia kasutamise eelis tuleb eelkõige ilmsiks kohtades, kus on tihe asustatus. (*Ibid.*) Lidari abiga kaardistatud ehitised saab BIMi võrgustikku üle viia. Seega muutuks kaardistamise protsess kiiremaks ning tõhusamaks. Lisaks on võimalik Lidarit kasutada ehituse kvaliteedi kontrollimiseks. Kaardistades Lidari abiga ehitusplatsi, on võimalik saadud mudelit võrrelda esialgse BIM mudeliga, et tuvastada kõrvalekaldeid (Chong *et al.* 2014: 425).

Kokkuvõttes saab öelda, et potentsiaalseid tootlikkust tõstvaid tehnoloogilisi lahendusi on mitmeid. Tabelis 1.2 on toodud peamised tehnoloogiate kasutamise eelised.

Tabel 1.2. Põhilised kaasaegsete digitaaltehnoogiliste lahenduste kasutamisega seotud eelised tehnoloogia kohta.

Oodatav eelis	Tehnoloogia	BIM	Värkvõrk (IoT)	Lidar
Aitab vähendada ehitamisega seotud kulusid		X		
Aitab parendada ehitiste kvaliteeti		X		
Aitab täpsemini ja kiiremini ennustada projekti maksumust		X		
Kiirendab tööde valmimist		X	X	X
Parendab infomatsiooni liikumist		X	X	
Aitab vähendada eksimusi		X	X	X
Aitab teha paremaid disainiotsuseid		X		X
Aitab vähendada jäägi teket		X		
Aitab vähendada projekteerimise ajakulu		X	X	X
Aitab tagada ohutu töökeskkonna		X	X	X
Võimaldab eemalt mõõta olulisi näitajaid			X	X

Allikas: autori koostatud

Suurem osa mainitud eelistest on seotud just BIM tehnoloogiaga, kuna ehitusinformatsiooni mudeli tehnoloogia on kõige laiahaardelisem ning mõjutab ehitusprojekti erinevates faasides. Siiski on ka värvõrgul ning lidar tehnoloogial mitmeid eelised, mis toetavad nende lahenduste kasutuselevõttu. Teiste tehnoloogiate (nagu lidar ja värvõrk) kasutuselevõtmise eelduseks on aga BIM tehnoloogia kasutamine. Seetõttu on ka BIM tehnoloogiast kõige rohkem räägitud ning seda peetakse digitaaltehnoloogiliste lahenduste seas kõige olulisemaks.

2. EESTI EHITUSSEKTORI TOOTLIKKUS NING KASUTATAVATE KAASAEGSETE DIGITAALTEHNOLOOGILISTE LAHENDUSTE ANALÜÜS

2.1. Metoodika ning valimi kirjeldus

Bakalaureusetöö empiirilise peatüki esimeses osas analüüsitakse Eesti ehitussektori tähtsamaid näitajaid ning trende olemasolevate andmete põhjal. Kasutatud on nii Eurostati kui ka Statistikaameti poolt saadavad andmeid. Andmetest ülevaate andmiseks ning nende analüüsimiseks koostati graafikud. Peamised analüüsitud näitajad on ehitussektori tootlikkus võrreldes teiste tegevusvaldkondadega, ehitussektori tootlikkuse trendid ning investeringute tase.

Lisaks andmeanalüüsile, kasutati käesolevas bakalaureusetöös kvantitatiivset uurimismeetodit. Uuringu raames viidi läbi küsitlus Eesti ehitussektori ettevõtete seas. Ettevõtelt uuriti teadlikkust kaasaegsetest digitaaltehnoloogilistest lahendustest ning hinnanguid erinevatele tehnoloogiatele. Küsitlus valiti meetodiks eelkõige selle tõttu, et Eesti ehitussektoris olevad ettevõtted on väga erinevad nii tegevusvaldkonna kui ka ettevõtte suuruse poolest. Seega küsitlus aitab kõige laiemalt vaadelda ehitussektori ettevõtteid. Küsitluse koostamiseks kasutati töö teoreetilises osas väljatoodud tulemusi.

Uuringu küsimused olid suuremas osas suletud – vastajad said valida etteantud variantidest endale sobiva. Mõnes küsimuses sai valida ka mitu sobivat varianti. Küsitluses leidsid ka mõned avatud küsimused, kuid need polnud üldiselt vastajale kohustuslikud. Küsitluses oli kokku 32 küsimust, kuid vastajad ei pidanud vastama kõigile, vaid küsimused esitati vastavalt eelneva küsimuse vastusele. Küsimused võib jagada üldiselt kuude osasse. Esimese osa kaheksa küsimust, mis küsiti kõigilt vastajatelt, puudutasid ettevõtte üldnäitajaid – tegevusvaldkond, ettevõtte vanus, töötajate arv, teadlikkus BIM tehnoloogiast jm. Teise osa küsimused esitati neile

vastajatele, kes eelnevalt vastasid, et nad kasutavad BIM tehnoloogiat oma töös. Neid küsimusi oli kokku kümme. Uuriti ettevõtete arusaamist BIMi olemusest, kokkupuudet BIMi kasude ning takistustega, BIMi kasutamise aega ning taset. Kolmanda osa kuus küsimust esitati vastajatele, kes on teadlikud BIMist kuid ei kasuta seda oma töös. Nendel paluti hinnata BIMiga seotud kasusid ning takistusi ning uuriti, kas nendel ettevõtetel on plaanis BIMi kasutama hakata. Neljanda osa kolm küsimust esitati ettevõtete esindajatele, kes planeerivad BIMi kasutama hakata ning viiendas osas esitati küsimus ettevõtetele, kes BIMi kasutama ei kavatse hakata. Küsitluse kuuendas osas oli neli küsimust nendele vastajatele, kes kasutavad oma töös ka mõnda muud digitaaltehnooloogilist lahendust peale BIMi. Nendelt uuriti, millist lahendust nad oma töös kasutavad ning kuidas nad hindaksid lahenduse kasusid.

Küsitlust jagati 600 ettevõtte töötajatega. Küsitlus saadeti meili teel ettevõtte juhtidele, ehitusjuhtidele ja/või projekteerimisjuhtidele. 600 ettevõtte seas oli 200 arhitektuuri või projekteerimisettevõtet ning 400 ehitusettevõtet. Valimis on rohkem pigem suuremaid ehitusega tegelevaid ettevõtteid, sest autor eeldas, et nemad on suurema tõenäosusega kaasaegsetest digitaaltehnooloogilistest lahendustest teadlikud. Ettevõtete kodulehed leiti portaalidest neti.ee ning 1182.ee. Kodulehtedelt saadi ettevõtete esindajate meiliaadressid. Lisaks jagati küsitlust Eesti Ehitusettevõtjate Liiduga, Eesti Ehituskonsultatsiooniettevõtete Liiduga ning Eesti Ehitusinseneride Liiduga, paludes neil jagada küsitlust oma liidu liikmetega. Küsitlust jagas oma liikmetega Eesti Ehitusinseneride Liit. Küsitlus viidi läbi Google Forms keskkonnas ning see oli vastamiseks avatud vahemikus 05.04.2019 – 12.04.2019. Kokku laekus küsitlusele 134 vastust.

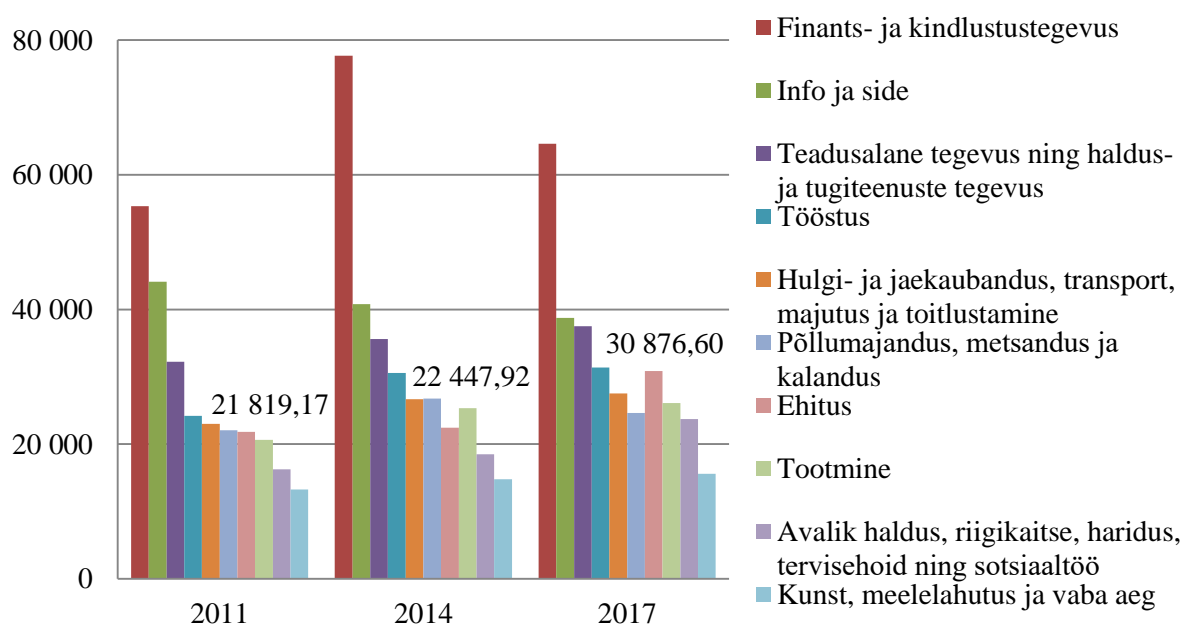
Küsitluse tulemuste analüüsimiseks kasutati nii statistilist kui ka sisuanalüüsi. Saadud andmete põhjal analüüsiti eelkõige vastuste esinemise sagedust. Andmete analüüsimiseks ning graafikute tegemiseks kasutati programmi Microsoft Excel 2010.

2.2. Eesti ehitussektori tootlikkuse analüüs

Nagu ka mujal maailmas, on ka Eestis ehitussektori tootlikkus teiste tegevusvaldkondade tootlikkusest maha jäänud. Eestis on viimastel aastatel ehitusmahtude suurenemise tõttu ehitussektori panus SKP-sse kõvasti suurenenud.

Kuigi 2017-2018. aasta ehitusbuum aitas palju kaasa SKP kasvule, pole ehitus siiski kunagi püsinud pikaajaliselt tootlikuna. 2015. aastal oli ehitussektori panus SKP-sse umbes 6%, samas moodustasid ehitussektori töötajad ligi 10% kõigist hõivatutest (Taat 2018: 16).

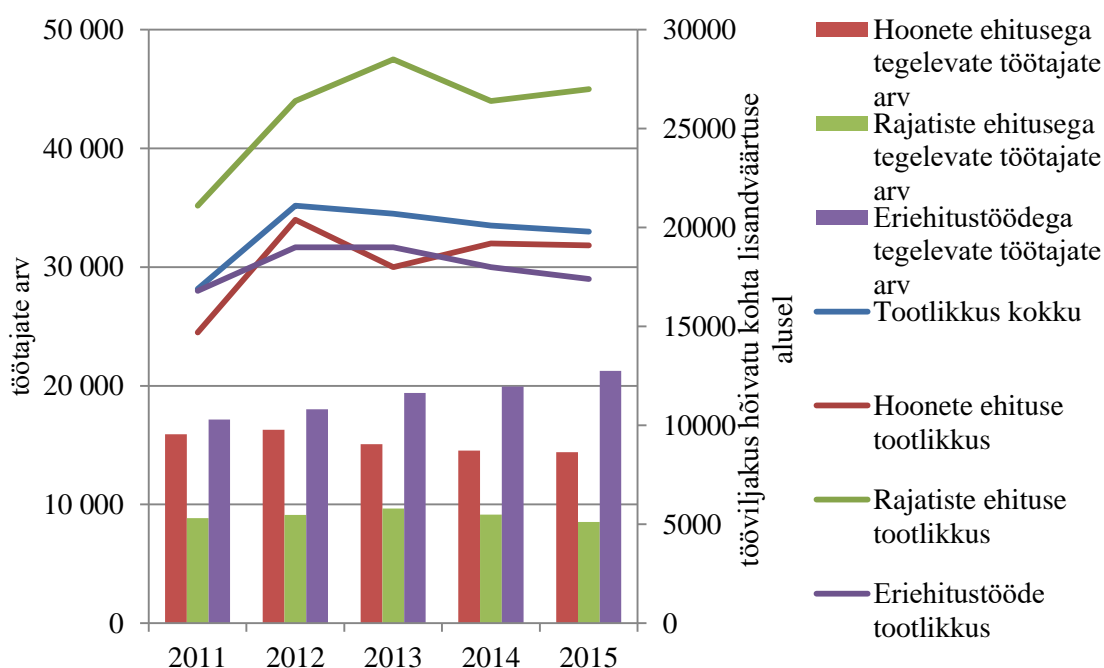
Joonisel 2.1 on toodud tegevusalade lisandväärtus töötaja kohta Eestis. Lisaks joonisel toodud tegevusaladele eristatakse ka kinnisvaraalast tegevust, mis on kõigil aastatel olnud oma lisandväärtuse poolest suurim.



Joonis 2.1. Tegevusalade lisandväärtus eurodes töötaja kohta Eestis aastatel 2011, 2014, 2017 (autori koostatud Eurostati andmete põhjal).

Joonisel toodutest on igal aastal enim lisandväärtust tekitanud finants- ja kindlustustegevus. Ehitussektor oli aastal 2011 tagant poolt neljas. Sel aastal oli ehituse tekitatud lisandväärtus töötaja kohta 21 800 eurot. 2014. aastaks oli ehitussektori tootlikkus natukene tõusnud. Vastav näitaja oli siis ligikaudu 22 500 eurot. Vaatamata tootlikkuse tõusule, kukkus ehitus koha võrra madalamale. 2017. aastal oli ehituse keskmine tootlikkus tõusnud üle 30 000 euro. 2017. aastal oli ehitussektori tootlikkus lisaks kunsti ja avaliku halduse omast suurem ka hulgi- ja jaekaubanduse, tootmise ning põllumajanduse tootlikkusest. Seega on Eesti ehitussektori tootlikkus olnud läbi aastate suhteliselt madal võrreldes teiste tegevusaladega.

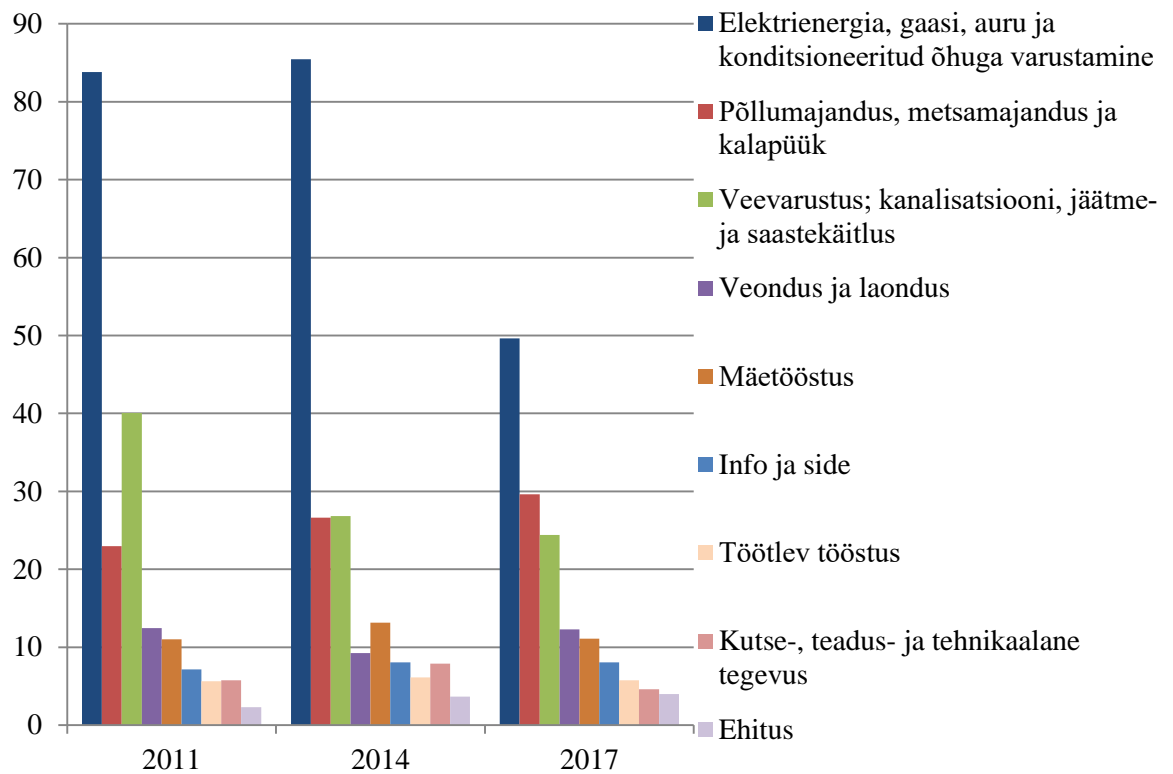
Ehitust saab üldiselt jagada kolmeks – hoonete ehitus, rajatiste ehitus ning eriehitustööd. Varasemalt on leitud, et eriehitustöödega (nagu torustiku- või elektritööd, lammutamine, ehitiste viimistlus jms) tegelevate väikeettevõtete tootlikkus on peaaegu 20% madalam võrreldes tegevusala keskmisega (McKinsey 2017: 4). Joonisel 2.2 on näha, et eriehitustöödega tegelevate ettevõtete tootlikkus on olnud läbi aastate suhteliselt sarnane hoonete ehitusega tegelevate ettevõtete tootlikkusega. Nende kahe tegevusvaldkonna tootlikkus on olnud rajatiste ehituse tootlikkusest 20-30 protsenti madalam.



Joonis 2.2. Eesti ehitusettevõtete tööviljakus hõivatud kohta lisandväärtuse alusel (eurodes) tegevusalade lõikes ning tööga hõivatud isikute arv tegevusalade lõikes aastatel 2011-2015 (autori koostatud Statistikaameti andmete põhjal).

Joonisel 2.2 on veel toodud tööga hõivatud isikute arv tegevusvaldkondade lõikes. Suurem osa hõivatutest töötab eriehitustöödega tegelevates ettevõtetes. Eriehitustöödega tegelevate töötajate arv on ka iga aastaga kasvanud. Kõige vähem on töötajaid rajatiste ehitusega tegelevates ettevõtetes. Alates aastast 2013 on töötajate arv selles tegevusalas hakanud kahanema. Hoonete ehituse valdkonna töötajate arv on aja jooksul kahanenud, vastupidiselt eriehitustöödega tegelevate töötajatega arvuga. 2015. aastal jäi hoonete ehitusega seotud töötajate arv umbes rajatiste ehituse ning eriehitustöödega tegelevate töötajate arvude vahele. Kuna enamus ehituse töötajatest töötab hoonete ehituse ning

ehitustööde valdkondades, on ehituse tootlikkus kokku suhteliselt lähedane nende kahe tootlikkuse tasemele.



Joonis 2.3. Ettevõtete investeeringud põhivarasse (tuhandetes eurodes) töötaja kohta tegevusalade lõikes aastatel 2011, 2014 ja 2017 (autori koostatud Statistikaameti andmete põhjal).

Joonisel 2.3 on toodud erinevate tegevusalade ettevõtete investeeringud põhivarasse töötaja kohta. Kõige rohkem on põhivara investeeringuid töötaja kohta aastatel 2011, 2014 ja 2017 tehtud elektrienergia, gaasi ja auruga tegelevad ettevõtted. Joonisel toodud tegevusaladest, on läbi aastate olnud kõige väiksema investeeringute tasemega ehitussektor. See võib olla ka üheks põhjuseks, miks ehituse lisandväärtus on suhteliselt madalam võrreldes teiste tegevusaladega.

Joonisel 2.4 on toodud peamised investeeringute trendid ehituse valdkonnas.



Joonis 2.4. Ehitussektori ettevõtete investeeringud (tuhandetes eurodes) liigiti aastatel 2011, 2014, 2017 (autori koostatud Statistikaameti andmete põhjal).

Aastal 2011 tehti kõige rohkem investeeringuid transpordivahenditesse. Aastatel 2014 ning 2017 tehti enim investeeringuid seadmetesse ja masinatesse. Investeeringud arvutitesse ja arvutisüsteemidesse ning arvutitarkvarasse on kõigil aastatel olnud väga väikesed, võrreldes teiste investeeringutega. Samuti on investeeringud arvutisüsteemidesse olnud aastate lõikes samal tasemel. Samas on kõik teised investeeringud oluliselt kasvanud. Võttes aluseks 2017. aasta, moodustasid investeeringud arvutitesse, arvutisüsteemidesse ning arvutitarkvarasse vaid ühe protsendi kõigist investeeringutest. Aastal 2014 oli see näitaja suhteliselt sarnane 2017. aasta omaga, 2011. aastal oli vastav näitaja kõrgem – 1,5%. Põhjuseks on teiste investeeringute liikide madalam tase võrreldes 2014. ja 2017. aastaga.

Üldiselt võib öelda, et teoreetilises osas väljatoodud ehitussektori trendid kehtivad ka Eestis. Ehitussektori tootlikkus võrreldes teiste valdkondadega tootlikkusega on väike. Ehitussektori investeeringute võrdlusest teiste tegevusvaldkondadega tuli välja ka Eesti ehitussektori väike investeeringute maht. Investeeringutest moodustavad investeeringud tehnoloogiasse väga väikese osa.

2.3. Küsitluse tulemused

Kokku oli küsitlusele vastajaid 134. Tabelis 2.1 on toodud vastajate jagunemine tegevusalade lõikes. Küsimusele tegevusalade kohta said vastajad valida mitu varianti. Tabelis esinevad protsentuaalsed tulemused esindavad valikut. Lisaks on toodud võrdlusena kõrvale Statistikaameti 2017. aasta andmed ettevõtete arvu kohta tegevusalade lõikes. Küsitluses on eristatud konsultatsiooni ning arhitektuuri ettevõtteid, kuid EMTAK tegevusalade järgi kuuluvad need ettevõtted ühte tegevusalasse, mille tõttu on ettevõtete arv ja osakaal nende kohta toodud koos. Samuti vajab mainimist, et küsitluses said vastajad valida mitu tegevusala, kuid Statistikaameti andmetes on ettevõtetel üks põhitegevusala.

Tabel 2.1. Vastanute jagunemine erinevatesse tegevusvaldkondadesse ning tegevusvaldkonnas tegelevate ettevõtete arv aastal 2017.

Ettevõtte tegevusvaldkond	Vastajaid	Osakaal	Ettevõtete arv	Osakaal
Konsultatsioon	40	29,9%	2347	16,2%
Arhitektuur/planeerimine	25	18,7%		
Hoonete ehitus	84	62,7%	3943	27,1%
Rajatiste ehitus	25	18,7%	852	5,9%
Eriehitustööd	19	14,2%	6136	42,2%
Ehitiste korrashoid/haldamine	7	5,2%	1254	8,6%

Allikas: autori koostatud (küsitluse tulemused ning Statistikaameti andmed)

Enim vastanud ettevõtetest tegeleb hoonete ehitusega. Suuruselt teine tegevusala on vastajate seas konsultatsioon ning rajatiste ehituse ning arhitektuuri ja planeerimisega tegelevad 25 ettevõtet. Valimi jaotus ei vasta kõige parimini ettevõtete tegelikule jaotusele. Eriehitustöödega tegelevaid ettevõtteid oli 134 seas vaid 14,2%. Tegelikult aga on eriehitustöödega tegelevaid ettevõtteid Eestis 2017. aasta andmete kohaselt 42,2% toodud tegevusvaldkondade ettevõtete summast. Seega võib olla valimi koostamises puuduseid – valiti pigem suuremad ehitusettevõtteid, sest eeldati, et nemad on kaasaegsetest digitaaltehnoloogiatest teadlikumad ning nendes ettevõtetes kasutatakse neid rohkem. Eriehitustöödega tegelevad ettevõtted on aga üldiselt väga väikesed.

Tabelis 2.2 on toodud ettevõtete vastuste jagunemine ettevõtte vanuse ning töötajate arvu järgi. Vastanud ettevõtetest 33,6% on 11-20 aastat vanad. Järgnevad kohe

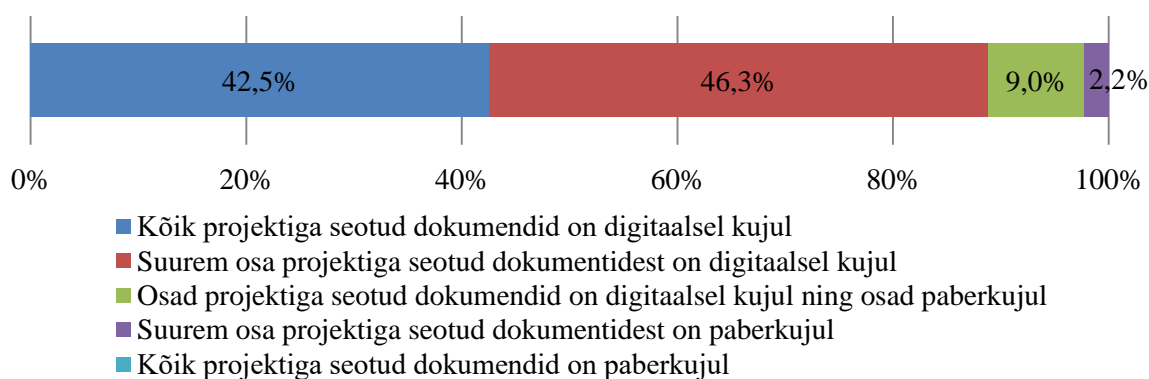
ettevõtted, mis on enam kui 20 aastat vanad, neid oli vastanute seas 40 ehk 29,9%. Peaaegu pooltes vastanud ettevõtetes on vähem kui 10 töötajat. Ettevõtteid, kus on rohkem kui 100 töötajat ning ettevõtteid, kus on 26-50 oli vastajate seas kõige vähem (9,7%)

Tabel 2.2. Vastanute jagunemine erinevate üldnäitajate põhjal.

Ettevõtte vanus	Vastajaid	Osakaal
vähem kui aasta	1	0,7%
1-2 aastat	6	4,5%
3-5 aastat	16	11,9%
6-10 aastat	26	19,4%
11-20 aastat	45	33,6%
rohkem kui 20 aastat	40	29,9%
Ettevõtte töötajate arv		
vähem kui 10	58	43,3%
10-25	34	25,4%
26-50	13	9,7%
51-100	16	11,9%
rohkem kui 100	13	9,7%

Allikas: autori koostatud

Lisaks üldistele küsimustele ettevõtte kohta, uuriti veel, kui suur osa ehitusprojektidega seotud dokumentidest on digitaliseeritud. Joonisel 2.5 on toodud selle küsimuse kohta leitud tulemused.

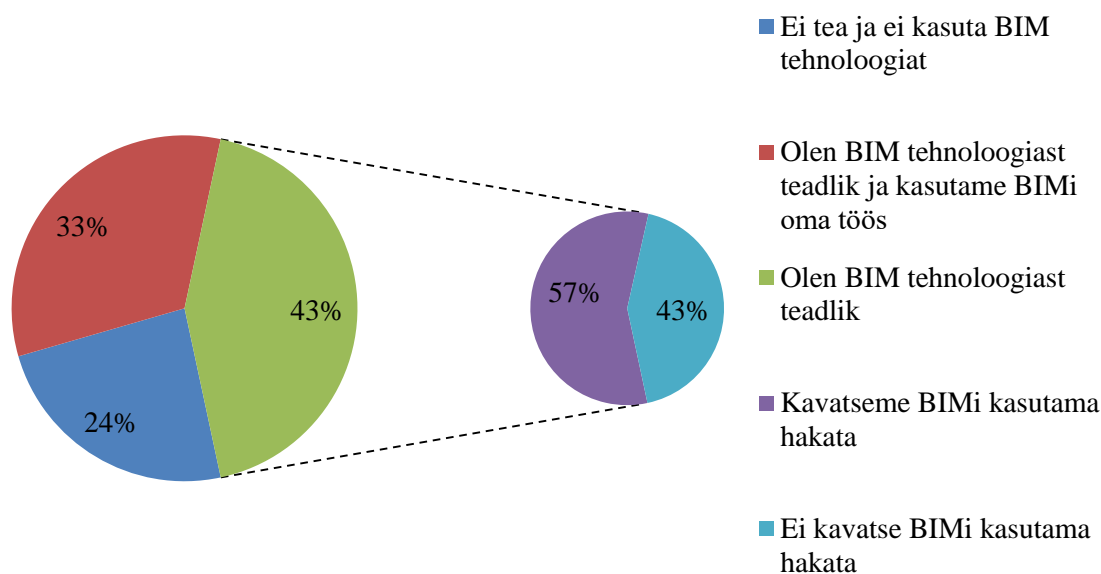


Joonis 2.5. Vastuste jagunemine küsimusele, kui suur osa projektiga seotud dokumentides on ettevõttes digitaalsel kujul (autori koostatud).

Selgus, et enamus ettevõtetes on suur osa projektiga seotud dokumentidest digitaalsel kujul. 46-protsendil vastanud ettevõtetest on kõik dokumendid digitaalsel kujul ning 43-protsendil on digitaalsel kujul suurem osa dokumentidest. 12 ettevõtet leidsid, et neil on

osad dokumendid digitaalsel ning osad paberkujul ning vaid kolmel vastanud ettevõttel on suurem osa dokumentidest paberkujul. Ettevõtteid, kellel kõik projektiga seotud dokumendid on paberkujul vastanute seas ei olnud. Tulemustest selgus, et need ettevõtted, kus suurem osa dokumentidest on paberkujul, on töötajate arvu poolest pigem mikroettevõtted, ehk töötajaid on vähem kui kümme.

Joonisel 2.6 on toodud vastanud ettevõtete teadlikkus BIMist ning selle kasutamine. Neid, kes ei olnud BIM tehnoloogiast teadlikud on 24% ehk 32 vastajat. Kõige suurem osa vastanutest on BIM tehnoloogiast teadlikud, kuid ei kasuta seda. Neid ettevõtteid on 58, ehk 43% kõigist vastanutest. Joonisel on veel toodud, kui suur osa nendest ettevõtetest kavatses BIMi tulevikus kasutama hakata. 58-st ettevõttest 57% on plaan tulevikus BIMi kasutama hakata ning 43% seda tegema hakata ei kavatses. Kõigist vastajatest 24% ehk 44 ettevõtet kasutab BIM tehnoloogiat juba praegu.



Joonis 2.6. Vastajate teadlikkus BIM tehnoloogiast ning selle kasutamine (autori koostatud).

BIMi kasutamine sõltub mitmetest teguritest. Üheks peamiseks teguriks võib pidada tegevusvaldkonda. See selgus ka küsitluse tulemusena. Tabelis 2.3 on toodud ettevõtete teadlikkus tegevusvaldkondade lõikes.

Tabel 2.3. Vastuste jagunemine küsimusele BIM tehnoloogia teadlikkuse kohta tegevusvaldkondade lõikes.

	Ei tea ja ei kasuta BIM tehnoloogiat	Olen BIM tehnoloogiast teadlik	Olen BIM tehnoloogiast teadlik ja kasutame BIMi oma töös
Konsultatsioon	10%	50%	40%
Arhitektuur/planeerimine	0%	28%	72%
Hoonete ehitus	25%	48%	27%
Rajatiste ehitus	20%	56%	24%
Eriehitustööd	58%	26%	16%
Ehitiste korrashoid/haldamine	80%	0%	20%
Renoveerimistööd	100%	0%	0%

Allikas: autori koostatud

Kõige suurem on BIMi kasutamise määr arhitektuuri ja planeerimisega tegelevates ettevõtetes, mis oli autori arvates oodatav. Arhitektuuri ja planeerimisega tegelevatest ettevõtetest kasutasid 72% BIMi ka oma töös. Konsultatsiooniga tegelevates firmades on BIM kasutusel 40% ettevõtetest, BIM tehnoloogiast teadlikud on 50% konsultatsiooniettevõtetest. BIMi teadlikkus on madal ehitiste korrashoiuga ning ka renoveerimistöödega tegelevates ettevõtetes. Samuti on teadlikkus suhteliselt madal eriehitustöödega tegelevates ettevõtetes. Kõige suurem osa Eesti ehitusettevõtetest tegeleb eriehitustöödega. Seega väike teadlikkus BIM tehnoloogiast nende ettevõtete seas võib olla probleemne.

2.3.1. Ettevõtete teadlikkus BIMist

Autor tahtis välja selgitada, kas BIMist teadlikkuse ning töötajate arvu vahel leidub seos. Selleks jäeti seose uurimisest välja need ettevõtted, kes ei tegele otseselt ehitusega selle kitsamas mõttes. Ehk arvesse võeti vaid ettevõtted, kes märkisid üheks tegevusvaldkonnaks kas hoonete ehituse, rajatiste ehituse või eriehitustööd. Välja jäeti ka ettevõtted, kes ei ole BIMi tehnoloogiast teadlikud. Seejärel jaotati BIMi teadlikkuse kategooria järgi vastajad kaheks – need, kes kasutavad BIMi või hakkavad seda kasutama ning need ettevõtted, kes on küll BIMist teadlikud, kuid ei plaani seda kasutama hakata. Ettevõtete töötajate arvu näitajaid nummerdati järgnevalt: 1 – vähem kui 10; 2 – 10-25; 3 – 26-50; 4 – rohkem kui 50.

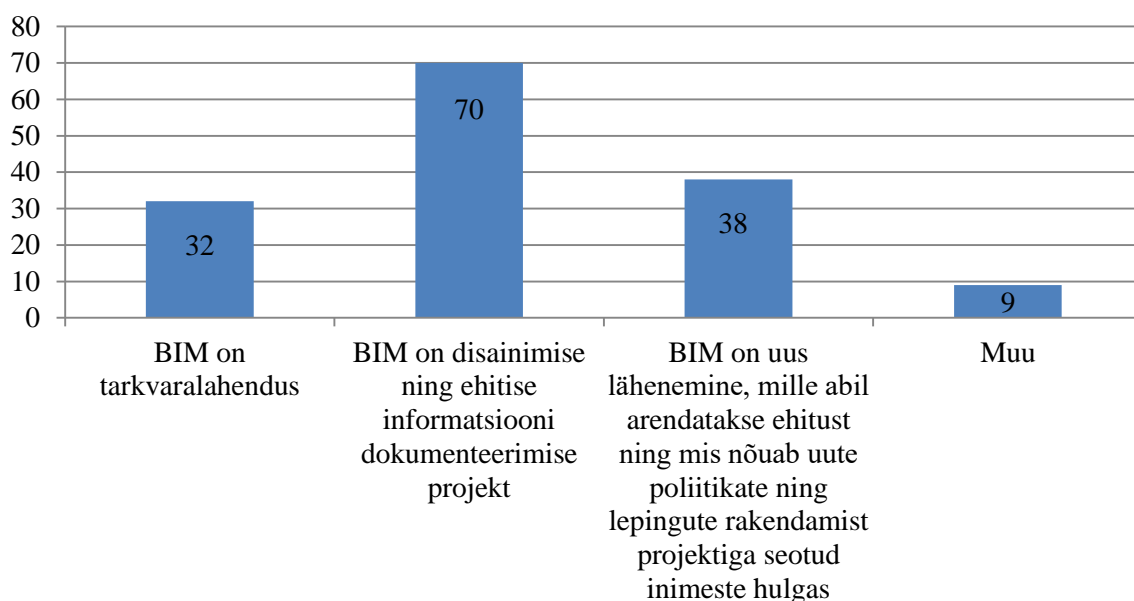
Tabel 2.4. BIMi teadlikkuse ja kasutamise sõltuvus ettevõtte töötajate arvust

	Ettevõtete arv	Töötajate arvu vahemiku mediaan	Mood	Min	Max
BIMi kasutavad või seda kasutama hakkavad ettevõtted	47	3	2	1	5
Ettevõtted, kes BIMi kasutama ei kavatse hakata	19	1	1	1	4

Allikas: autori koostatud

Tabelis 2.4 toodud tulemustest saab järeldada, et töötajate arvu poolest suuremad ettevõtted kasutavad või hakkavad kasutama suurema tõenäosusega BIMi. BIMi kasutavate või kasutama hakkavate ettevõtete töötajate arvu mediaanvahemik on 26-50 töötajat. See tähendab seda, et järjestades nende ettevõtete vastused töötajate arvu järgi, on järjestatud arvurea keskmiseks tulemuseks 26-50 töötajat. Selle kategooria mood on 2, ehk kõige enam on selles kategoorias ettevõtteid, mille töötajate arv on 10-25. Samas BIMi mitte kasutama hakkavate ettevõtete järjestatud arvurea keskmine on 1 ning mood on samuti 1, ehk nendest ettevõtetes on vähemalt pooltel vähem kui 10 töötajat ning 19 ettevõtte seas oli enim sellised ettevõtteid, kus töötajate arv jääb alla kümne. Erinevus leidub ka maksimumväärtuses. Vastajate seas, kes BIMi kasutama ei hakka, ei leidu ettevõtet, kus oleks rohkem kui 50 töötajat.

Töö esimeses peatükis selgus, et ehitussektori ettevõtetel on erinev arusaam BIM olemusest. Selle kontrollimiseks uuriti küsitluses, kuidas saab BIMi defineerida. Selleks anti vastajatele, kes olid BIM tehnoloogiast vähemalt teadlikud, ette kolm Aranda-Mena *et al* (2009: 420) leitud definitsiooni, millest said vastajad mitu valida (vt joonis 2.7). Lisaks oli vastajatel võimalus lisada ka enda definitsioon.



Joonis 2.7. Vastajate valitud definitsioonid (autori koostatud).

Kõige enim valiti BIMi definitsiooniks teist väljatoodud definitsiooni. 70 vastajat 102-st leidis, et BIM on disainimise ning ehitise informatsiooni dokumenteerimise projekt. 32 inimest leidsid, et BIMi võib ka defineerida kui tarkvaralahendust. Oli ka neid, kes valisid ainult esimese definitsiooni, ehk nad leidsid, et BIM on ainult tarkvaralahendus. 38 vastajat arvasid, et BIM on uus lähenemine, mille abil arendatakse ehitust. Neid, kes tahtsid ise BIMi defineerida oli 9. Tulemustest on näha, et ettevõtetal on erinev arusaam BIM tehnoloogiast, mis on vastavuses ka teoorias tooduga.

Paljud definitsioonid, mis vastajaid olid ise kirjutanud, sarnanesid mõnele väljapakutud definitsioonile. Näiteks üheks definitsiooniks oli toodud „BIM on digitaalne ehitise eluea dokumenteerimise ja haldamise süsteem.“ See definitsioon sarnaneb väljapakutud teise definitsiooniga. Veel mainiti, et „BIM on projekteerimistöriist“ ning üks BIMi kasutav ettevõtte lisas, et BIM on hetkel kohati ületähtsustatud. Autorile jäi silma definitsioon: „BIM on infotehnoloogiline kontseptsioon projekteerimisel/ehitamisel, mille eesmärgiks on efektiivselt kasutada digitaalset informatsiooni kogu projekteerimise/ehitamise protsessi parendamiseks“. Lisaks leidis üks vastaja, et BIM on tööriist. „Ehitusteenus laias laastus on sama, tööriistad on ajas muutuvad. Ristumiste kontrolli tehti ka vanasti, BIM võimaldab seda teha mugavamalt. Ajagraafikut koostati

ka varem, 4D võimaldab seda teha efektiivsemalt. Mahte on võetud kogu aeg, infomudel võimaldab seda teha efektiivsemalt.“

Järgmisena paluti vastajatel hinnata BIMi eeliseid. BIMi eeliseid hindasid need vastajad, kes on BIM tehnoloogiast kuulnud, kuid ei kasuta seda. Selleks, anti vastajatele skaala nelja variandiga (1 – Väga oluline eelis; 2 – Pigem oluline eelis; 3 – Väheoluline eelis; 4 – Pole oluline eelis). Lisaks oli vastajatel võimalik valida variant „Ei ole eelis“. Keskmiste arvutamiseks arvestati nende vastused välja, kes leidsid, et tegemist pole eeliseiga. Nendelt ettevõtetelt, kes BIMi juba kasutavad, paluti hinnata samu eeliseid. Nendel ettevõtetel paluti valida, kas nad on eeliseiga kokku puutunud või mitte (0 – Ei ole kokku puutunud; 1 – Oleme kokku puutunud).

Tabel 2.5. Hinnangud BIMi eelistele.

	Teadlike keskmine	Mood	„Ei ole eelis“	Kasutajate keskmine
BIM parendab visualiseerimist	1,4	1	0	1,00
BIM parendab ehitusdokumentide koordineerimist	2,1	2	2	0,64
BIM suurendab produktiivsust	2,0	2	1	0,75
BIM aitab vähendada kulusid	2,1	2	3	0,64
BIM kiirendab tööde valmimist	2,2	2	3	0,57
BIM parendab informatsiooni liikumist	1,8	2	1	0,84
BIM aitab vähendada eksimusi ning ümbertegemisi	1,6	1	1	0,89
BIM aitab vähendada jäägi teket	2,4	2	2	0,34
BIM tõstab kindlust disainiotsuste juures	2,3	2	1	0,80
BIM aitab tugevdada ettevõtte kuvandit	2,4	2	6	0,66

Allikas: autori koostatud

Kõige kõrgemalt hindasid BIMist teadlikud ettevõtted eelist „BIM parendab visualiseerimist“ (vt tabel 2.5). Selle eelise puhul ei olnud vastajaid, kes oleks leidnud, et tegemist pole BIMiga kaasneva eeliseiga. BIMi kasutavatest ettevõtetest olid kõik 44 ettevõtet selle kasuga ise kokku puutunud. Suhteliselt kõrgelt hinnati veel eksimuste ja ümbertegemiste vähendamist ning informatsiooni paremat liikumist. Nendega olid ka BIMi kasutavatest ettevõtetest valdav enamus kokku puutunud. Kõige väiksemaks eeliseks peeti BIMi võimalust vähendada jäägi teket ning eelist, et BIM aitab tugevdada

ettevõtte kuvandid. 58-st vastajast 6 leidsid, et BIM tegelikult ei aita ettevõtte kuvandid tugevdada. BIMi kasutavate ettevõtete seast olid vaid 34% protsenti vastanutest puutunud kokku BIMi kasutamise tulemusena jäägi vähenemisega.

Lisaks etteantud eelistele, said vastajad soovi korral lisada, mis eeliseid nad veel oluliseks peavad ning millega nad on kokku puutunud. BIMist teadlikud ettevõtted töid veel välja, et BIM muudab hoone haldamise lihtsamaks ning täpsemaks. Lisaks aitab BIM parendada tööde planeerimist. Mitu vastajat leidsid, et tellija ootused peale BIM pildi nägemist on reaalsusele lähemal, mille tõttu saab erimeelsused lahendada juba planeerimise faasis. Üks BIMi kasutav ettevõtte leidis, et BIMi kasutamine muutis konkurentsitingimusi nende jaoks paremaks, sest mõni ettevõtte jäi BIMi puudumise tõttu konkurentsist välja. Ühe huvitava eelisenäidiseks toodi veel välja noore tööjõu väiksema väljavoolu, sest noored on huvitatud kaasaegsete töövahenditega töötamisest.

Sarnaselt BIMi eeliste hindamisele, paluti vastajatel hinnata ka BIMiga seotud takistusi. (1 – Väga oluline takistus; 2 – Pigem oluline takistus; 3 – Väheoluline takistus; 4 – Pole oluline takistus). Need kes leidsid, et tegemist ei ole takistusega, said valida ka variandi: „Ei ole takistus“. Nende vastajate vastuseid ei arvestatud keskmise arvutamiseks. BIMi kasutajad pidid hindama, kas nad on takistusega kokku puutunud (0 – Ei ole kokku puutunud; 1 – Oleme kokku puutunud).

Tabel 2.6. Hinnangud BIMi takistustele.

	Teadlike keskmine	Mood	Ei ole takistus	Kasutajate keskmine
Vajadus hankida täiendavat tarkvara	2,0	2	2	0,77
Teadmiste ja oskuste nappus	1,9	2	0	0,91
Suur infomaht ja detailiderohkus	2,4	2	2	0,70
Huvipuudus turul	2,3	2	4	0,41
Juhendite ja standardite puudus	2,5	2	4	0,50
Töötajaskonna koolitamisega seotud kulud	2,2	3	2	0,73
Töö mahukamaks ja keerukamaks muutumine	2,3	2	3	0,66

Allikas: autori koostatud

Kõige suuremaks takistuseks pidasid BIMist teadlikud teadmiste ning oskuste nappust (vt tabel 2.6). Teadmiste ning oskuste nappusega oli kokku puutunud 91% BIMi

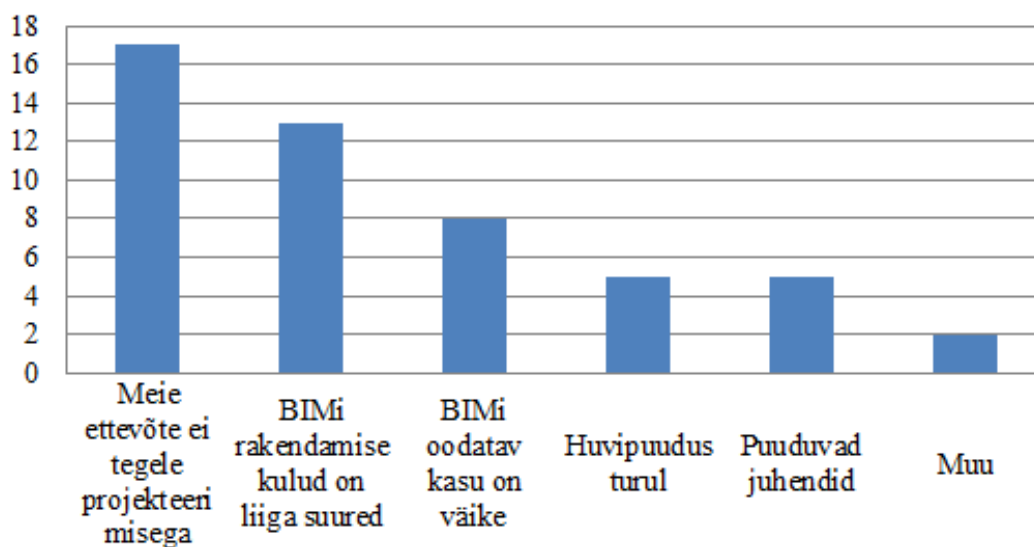
kasutavatest ettevõtetest. Vajadust hankida täiendavat tarkvara hinnati ka pigem oluliseks takistuseks. Kõige väiksemaks takistuseks peeti juhendite ja standardite puudust. BIMi kasutavatest ettevõtetest olid vaid 41% kokku puutunud huvipuudusega turul. Juhendite ja standardite puudusega olid kokku puutunud pooled ettevõtted. BIMi suurt infomahtu ja detailiderohkust hindasid BIMist teadlikud suhteliselt madalalt. Leiti, et tegemist pole kuigi suure takistusega. Samas 70% BIMi kasutavatest ettevõtetest on sellega kokku puutunud.

Ka küsimusele BIMi takistuste kohta, said vastajaid lisaks mainitule tuua välja teisi olulisi takistusi. Mitu korda mainiti, et BIM ei nõua vaid tarkvarakulude tegemist, vaid nõuab ka uut riistvara, mis omakorda tähendab veel täiendavaid kulusid. Veel toodi üheks takistuseks välja, et kõik projekti osapooled peavad olema sama pädevad BIMi kasutamisel. Lisaks mainiti ühe probleemina ka erinevate tarkvara ühilduvuse piiranguid. Leiti veel, et lihtsamate projektide puhul ei tasu BIM ennast ära. Üks vastaja tõi välja: „tellija soovib BIMi kuid tema tähtjajad selle teostamist ei toeta“.

Selgus veel, et need ettevõtted kellel on plaanis hakata BIMi kasutama, hindasid keskmiselt BIMiga seotud eeliseid kõrgemaks kui need, kes seda tegema ei kavatse hakata. Selle tõestamiseks leiti iga ettevõtte keskmine hinnang kõigi eeliste kohta ning seejärel leiti nende andmete abil gruppide „Jah, kavatseme BIMi kasutama hakata“ ning „Ei kavatse BIMi kasutama hakata“ keskmine hinnang. BIMi kasutama hakkavate ettevõtete keskmine hinnang eelistele on 1,89. Grupi „Ei kavatse BIMi kasutama hakata“ keskmine hinnang eelistele oli aga 2,19. Vastavad andmed leiti ka BIMi takistuste kohta. BIMi kasutama hakkavate ettevõtete keskmine hinnang takistusele on 2,17, samas teise grupi hinnang oli 2,24. Seega need ettevõtted, kes plaanivad BIMi kasutama hakata hindavad eeldatavaid takistusi olulisemateks kui ettevõtted, kes BIMi kasutama ei plaani hakata. See tulemus oli autori jaoks üllatav.

2.3.2. BIMi mitterakendamise põhjused ettevõtetes

Järgnevalt tahtis autori välja uurida, miks ettevõtted ei soovi BIMi kasutama hakata. Vastajatele anti 5 võimalikku põhjust, mille vahel valida. Lisaks anti vastajatele võimalus lisada ka enda põhjendus. Tulemused on toodud joonisel 2.8.



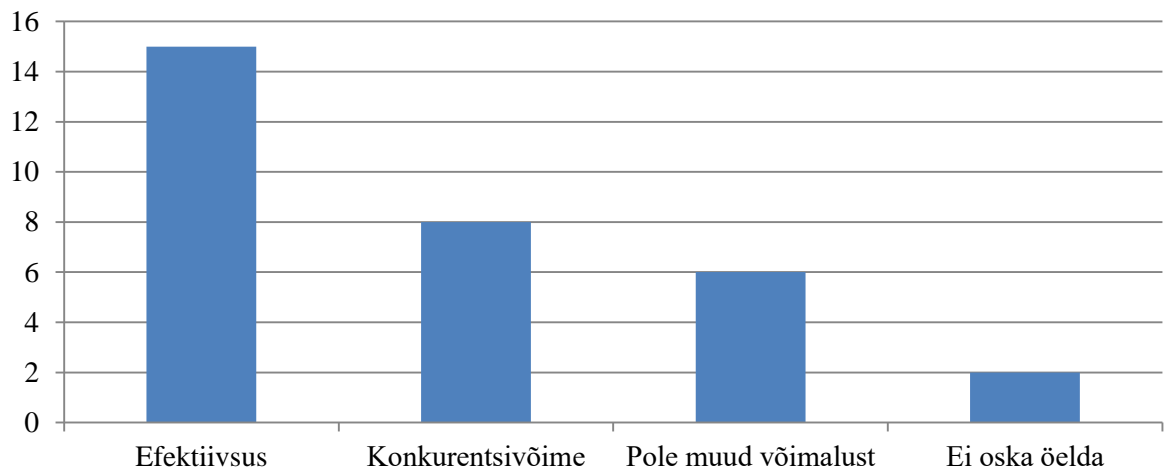
Joonis 2.8. Põhjused, miks vastanud ettevõtted BIMi kasutama ei hakka (autori koostatud).

Kõige enam valisid vastajad variandi „Meie ettevõtte ei tegele projekteerimisega“. Niimoodi vastasid 17 ettevõtet 25-st. Üheks mõjuvaks põhjuseks oli veel BIMi rakendamisega seotud kulude suurus. Vähem kui 10 ettevõtet leidsid, et BIMi oodatav kasu on väike. Mõni üksik ettevõtte arvas, et turul on huvipuudus BIM tehnoloogiate vastu ning mõni leidis veel, et juhendite puudumine on BIMi mitterakendamise põhjuseks. Muude põhjustena toodi välja veel oskusteabe puuduse ning üks ettevõtte leidis, et nende projektid on liiga väiksed, et BIM kasutusele võtta.

2.3.3. BIMi kasutama hakkavate ettevõtete vastuste analüüs

Nendelt ettevõtetelt, kes plaanivad BIMi kasutama hakata küsiti, millised on BIMi kasutusele võtmise peamised põhjused. Tegemist oli avatud küsimusega, ehk vastajad kirjutasid ise vastuse erinevate variantide valimise asemel. Üldiselt saab tulemusi liigitada nelja kategooriasse (vt joonis 2.9). Suur osa vastajatest leidis, et BIM aitab mingil viisil muuta ehitust efektiivsemaks. Toodi välja mitmeid eeliseid, mida hinnati juba eelnevalt. Osad vastajad tõid välja majandusliku efektiivsuse, mainiti ka ajakasutuse efektiivsemaks muutumist. Üldiselt leiti, et BIMi abil on võimalik saavutada parem ülevaade projektist kui tervikust ning läbi selle vähendada ümbertegemisi. Lisaks efektiivsuse argumendile, leidsid 8 vastajat 33-st, et BIMile leidub turunõudlus ning BIMi on vaja, et püsida konkurentsivõimelisena. Mitu vastajat

leidsid, et „maailm liigub selles suunas“ ning et BIM on tulevikus tavaline praktika. Oli ka neid vastajaid, kes leidsid, et neil ei ole BIM tehnoloogiast pääsu. „Kui hoone projekteerimise faasis kasutatakse juba BIM tehnoloogiat, siis ei ole ehitajal ega haldajal enam muud variantigi.“ Üks vastaja tõi välja, et nõudjaks on Riigi Kinnisvara AS (RKAS).

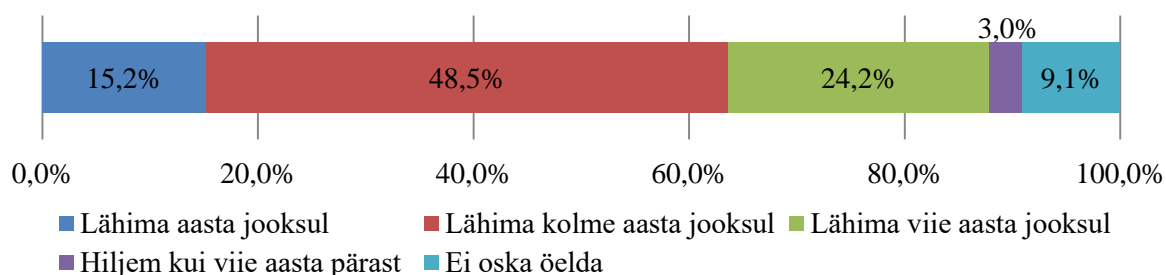


Joonis 2.9. Põhjused BIM tehnoloogia kasutusele võtmiseks (autori koostatud).

Üldiselt on suhteliselt keeruline välja tuua erinevusi BIMi kasutusele võtvate ning mittevõtvate ettevõtete vahel. Arusaam BIM tehnoloogiast kahe grupi vahel on suhteliselt sarnane. Neid, kes leidsid, et BIM on ainult tarkvaralahendus oli küll „Ei plaani BIMi kasutusele võtta“ grupis rohkem, kuid muid erinevusi ei ole võimalik välja tuua. Peamiselt sõltub BIMi kasutusele võtmine tegevusvaldkonnast. BIMi kasutusele võtvate ettevõtete seas tegeleb suurem osa ettevõtteid konsultatsiooni või planeerimisega, võrreldes nende ettevõtetega, kes BIMi kasutama ei plaani hakata. Erinevusena võib välja tuua veel selle, et ainult hoonete ehitusega tegelevate ettevõtete seas plaanisid BIMi kasutama hakata pigem töötajate arvu poolest suuremad ettevõtted. Kahe grupi vahel olid ka erinevad arvamused turunõudluse kohta. Päril mitmed BIMi kasutusele võtvad ettevõtted plaanisid seda teha turunõudluse pärast. Samas mitmed ettevõtted, kes BIMi ei plaani kasutusele võtta, arvasid et turul pole BIM lahenduste vastu huvi.

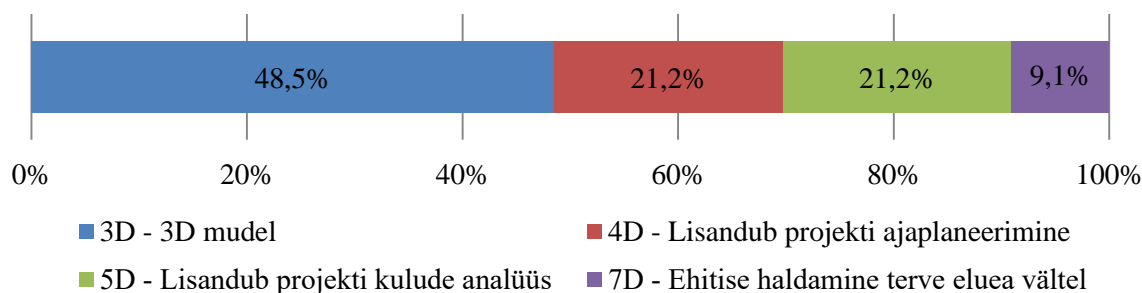
BIMi kasutusele võtvatelt ettevõtetelt uuriti, millal neil on plaanis võtta BIM tehnoloogia kasutusele (vt joonis 2.10). 16 ettevõtet vastas, et nad plaanivad seda teha

lähima kolme aasta jooksul. Lähima aasta jooksul soovivad seda teha 33-st ettevõttest 5. Lähima viie aasta jooksul on plaaninud BIMi kasutama hakata 8 ettevõtet. Oli ka vastajaid, kes ei osanud täpselt öelda, millal BIMi kasutama hakatakse. Üldiselt soovitakse hakata BIMi kasutama pigem lähiajal, et püsida konkurentsivõimelisena ning muuta protsesse efektiivsemaks.



Joonis 2.10. Vastuste jaotus küsimusele: “Millal on Teil plaan BIM tehnoloogia kasutusle võtta?” (autori koostatud).

Lisaks uuriti nendelt 33-lt ettevõtelt, kes BIMi kasutama hakkavad, millisel tasemel nad seda teha soovivad (vt joonis 2.11). Enim oli neid ettevõtteid, kes kavatsevad BIMi kasutama hakata selle 3D tasemel, mis tähendab 3D mudelit. Nii 4D kui ka 5D tasandit plaanisid kasutama hakata 7 ettevõtet. Vastustest võib eeldada, et ettevõtjad ei ole teadlikud BIMi kõigist tasemetest ning selle võimalustest. Teise põhjusena võib tuua turu nõudluse puudumise BIMi kõrgematele tasemetele, mille tõttu ettevõtted neid kasutama ei hakka. 3D mudel võiks küll aidata tõsta efektiivsust, kuid BIMi potentsiaal leidub pigem selle kõrgemates tasemetes.

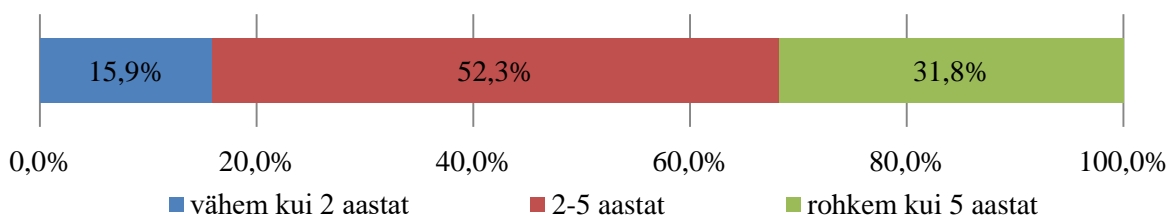


Joonis 2.11. Vastuste jagunemine küsimusele “Millisel tasemel BIMi kavatsete oma ettevõttes kasutama hakata?” (autori koostatud).

2.3.4. BIMi kasutavate ettevõtete vastuste analüüs

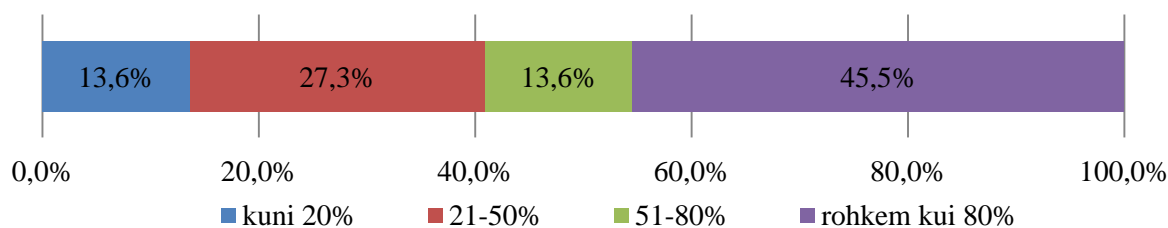
BIMi kasutavate ettevõtete uuriti kui kaua nad BIM tehnoloogiat kasutanud on, kui paljudes projektides BIM kasutusel on, kas investering BIM tehnoloogiasse on olnud kasumlik ning millisel tasemel on BIM tehnoloogia nendes ettevõtetes kasutusel.

44-st ettevõttest on 7 kasutanud BIMi vähem kui 2 aastat. 23 ettevõtet on BIMi kasutanud 2-5 aastat ning 14 ettevõtet on BIMi kasutanud rohkem kui 5 aastat (vt joonis 2.12).



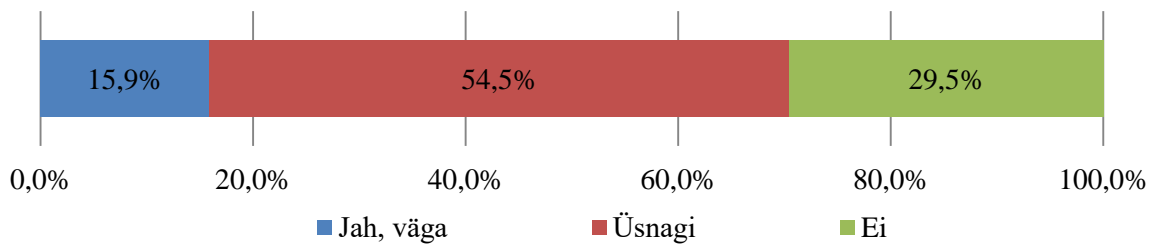
Joonis 2.12. BIMi kasutavate ettevõtete jagunemine kasutamise aja järgi. (autori koostatud).

Küsimusele BIMi kasutamise ulatuse kohta, vastasid 20 ettevõtet, et nad kasutavad BIMi rohkem kui 80% projektidest. Neid ettevõtteid, kes kasutavad BIMi 51-80% projektidel ning kuni 20% projektidel on võrdselt 6. BIM on kasutusel 21-50% projektidest kokku 12 ettevõttes. (vt joonis 2.13)



Joonis 2.13. BIMi kasutavate ettevõtete jagunemine kasutamise ulatuse järgi (autori koostatud).

Küsimusele, kas BIM on olnud kasumlik anti vastajatele kolm varianti – „jah, väga“; „üsnagi“ ning „ei“. Väga kasumlikuks pidasid BIM tehnoloogiat 7 vastajat 44-st (vt joonis 2.14). Kõige populaarsemaks valikuks kujunes variant „üsnagi“, millele vastajaid oli 24 ehk umbes 55%. Neid, kes arvasid, et BIM ei ole kasumlik oli vastajate seas 13, mis oli autori jaoks üllatavalt suur osa vastajatest.



Joonis 2.14. BIMi kasutavate ettevõtete hinnang BIMi kasumlikkusele (autori koostatud).

Järgnevalt uuriti, kuidas mõjutavad BIMi kasutamise aeg ning selle kasutamise ulatus BIMi kasumlikkust. Tabelis 2.7 on toodud, kuidas kujunevad vastused BIMi kasumlikkusele erinevate vastajagruppide lõikes.

Tabel 2.7. BIMi kasumlikkus erinevate tegurite lõikes.

	Ei	Üsnagi	Jah, väga	Kokku
Kaua on BIM kasutusel olnud?				
vähem kui 2 aastat	34,8%	56,5%	8,7%	100%
2-5 aastat	21,4%	57,1%	21,4%	100%
rohkem kui 5 aastat	28,6%	42,9%	28,6%	100%
Kui suurel osal projektidest kasutate BIMi?				
kuni 20%	83,3%	16,7%	0,0%	100%
21-50%	33,3%	58,3%	8,3%	100%
51-80%	16,7%	83,3%	0,0%	100%
rohkem kui 80%	15,0%	55,0%	30,0%	100%

Allikas: autori koostatud

Võrreldes ettevõtteid BIMi kasutamise aja järgi on keeruline välja tuua suuri kasumlikkuse erinevusi kasutamise aja lõikes. 34,8% ettevõtetest, kes on BIMi kasutanud vähem kui 2 aastat leidsid, et tegemist pole kasumliku investeeringuga. See tulemus on mõistetav, kuna BIMiga seotud kulud on üldiselt kasutusele võtmise alguses suuremad. BIMi 2-5 aastat kasutanud ettevõtete seas oli see näitaja 21,4% ning rohkem kui 5 aastat BIMi kasutanud ettevõtetest 28,6% leidis, et BIM ei ole kasumlik. Neid ettevõtteid, kes leidsid et BIM on olnud väga kasumlik on suurim osa rohkem kui 5 aastat BIMi kasutanud ettevõtete seas.

Lisaks kasumlikkuse ning kasutusaja seosele on tabelis 2.7 toodud ka kasumlikkuse seos BIMi kasutamise määraga. Siin on näha selge seos nende kahe teguri vahel. Mida väiksemal osal projektidest kasutatakse BIM tehnoloogiat, seda suurem osa ettevõtetest leidis, et BIMi investeering on olnud kahjumlik. Nende ettevõtete seas, kes kasutavad BIMi kuni 20% projektidest, leidsid 83,3%, et tegemist on kahjumliku investeeringuga.

Vastupidiselt, ettevõtetes, kus BIMi kasutatakse rohkem kui 80% projektides, 30% leidsid, et tegemist on väga kasumliku investeeringuga ning 55% leidsid, et BIMi investeering on olnud üsnagi kasumlik. Vaid 15% ettevõtetest, kus BIMi kasutatakse rohkem kui 80%, arvasid et investeering BIMi on olnud kahjumlik. See tulemus on vastavuses ka McGraw Hill Construction-i (2014:7) raportis leituga, mille kohaselt, mida suurem on BIMi kaasamise tase ettevõttes, seda suurem on ka BIMi ROI.

Tabelis 2.8 on veel toodud, kuidas hindasid erinevaid eeliseid ning takistusi erinevad kasumlikkuse grupid. Selleks on võetud eraldi „ei“, „üsnagi“ ning ja „jah, väga“ vastanud ettevõtete keskmine hinnang kõigi eeliste ning kõigi takistuste peale kokku (0 – ei ole kokku puutunud; 1 – oleme kokku puutunud). Tabelist on näha, et kasumlikkuse ning eeliste ja takistuste vahel kehtib seos. Keskmine „ei“ vastanud ettevõtte on kokku puutunud keskmiselt 53,1% mainitud eelistega. Need, kes vastasid kasumlikkuse küsimusele „üsnagi“, on keskmiselt kokku puutunud 73,3% eelistega ning need ettevõtted, kes leidsid, et BIM on väga kasumlik, on kokku puutunud pea kõigi eelistega (97,1%). Seega, mida rohkem eeliseid on ettevõtte kogunud, seda kasumlikumaks peavad nad BIMi.

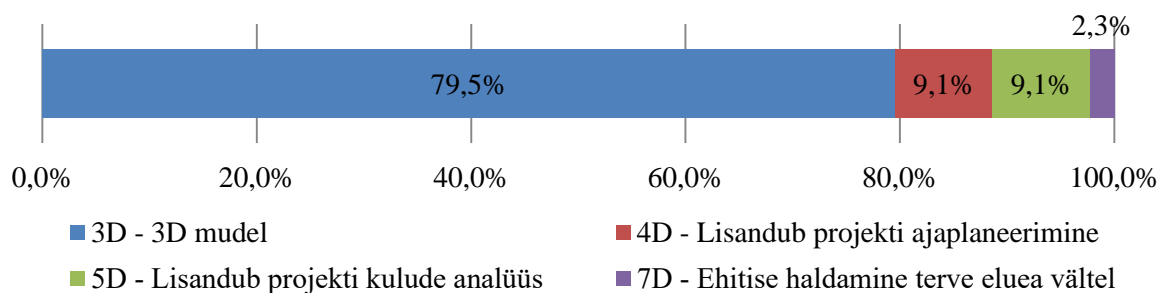
Tabel 2.8. BIMi kasumlikkuse suhe eeliste ning takistuste kogemisega

	Ei	Üsnagi	Jah, väga
Keskmine eeliste kogemine	0,531	0,733	0,971
Keskmine takistuste kogemine	0,758	0,673	0,490

Allikas: autori koostatud

Takistuste hindamisel kehtib vastupidine seos. Need ettevõtted, kes peavad investeeringut BIMi kahjumlikuks, on keskmiselt kokku puutunud 75,8% mainitud takistustega. Üsnagi kasumlikuks investeeringuks pidanud ettevõtete puhul on see näitaja 0,673 ehk 67,3%. Ettevõtted, kes leiavad et BIM on väga kasumlik, on keskmiselt kokku puutunud 49% eelnevalt mainitud takistustega. Saab järeldada, et mida rohkemate takistustega on ettevõtte BIMi kasutusele võttes või BIMi kasutades kokku puutunud, seda suurema tõenäosusega nad leiavad, et investeering BIMi on olnud kahjumlik.

BIMi kasutatavalt ettevõtetelt küsiti viimasena, millisel tasemel BIM nende ettevõttes kasutusel on. Valdav enamus, ehk 35 ettevõtet 44-st kasutab BIMi 3D tasemel, ehk 3D mudelit. Neid, kes kasutavad kas 4D või 5D tasemel BIMi on 4 ning ainult ühes ettevõttes on BIM kasutusel 7D tasemel.



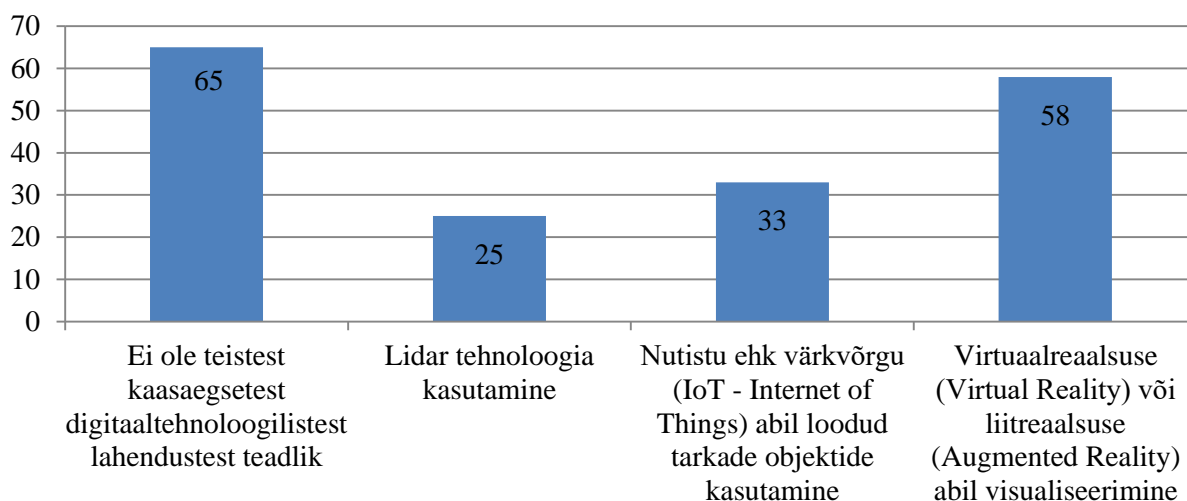
Joonis 2.15. Kasutusel olev BIMi tase ettevõtetes (autori koostatud).

Seoses BIMi tasemete küsimusega lisati küsitluse lõppu kaks kommentaari. Üks vastaja lisas, et turg ei ole nii pika visiooniga, et oleks valmis maksma detailse 4D või 5D mudeli eest. Seega BIMi kasutamise tase sõltub eelkõige siiski tellija soovist antud projektile. Üldiselt tellija nõuab siiski 3D projekti. Põhjuseks võib olla teadmatus teistest tasemetest või ka rahalised põhjused. Ehitaja jaoks ei ole üldiselt oluline, et ehitist saaks ka ehituse lõppedes hallata ning korras hoida, sest need ei ole enamasti enam ehitaja kohustused. Selleks, et hakata kasutama BIMi kõrgematel tasemetel, oleks vaja suurendada erinevate ettevõtete integratsiooni. Sellisel juhul on võimalik saavutada BIM tehnoloogia täispotentsiaal. Hetkel pole aga Eesti ehitussektor nii kaugele arenenud.

Vastavalt Succar (2009: 363) poolt välja toodud BIMi rakendamise tasemetele, võib suurem osa BIMi kasutavad ettevõtted paigutada I tasandile, ehk objektipõhise modelleerimise tasandile. Nagu toodi töö teoreetilises osas välja, iseloomustavad seda tasandit informatsiooni ühesuunaline liikumine ning väike koostöö. BIM on Eesti ehitussektoris kasutusel üldiselt pigem 3D mudelina, millega ei ole seotud ehitise ajaplaneering ega kuluanalüüs.

2.3.5. Muude digitaaltehnoogiliste lahenduste kasutamine

Lisaks mitmetele küsimustele BIMi kohta, küsiti ettevõtelt, kas nad on teadlikud ka mõnest teisest digitaaltehnoogilisest lahendusest. Selleks anti vastajatele ette kolm digitaaltehnoogilist lahendust, mille kohta on kirjutatud töö teoreetilises osas. Lisaks oli vastajatel võimalus lisada ka teisi digitaaltehnoogilisi lahendusi.



Joonis 2.16. Vastajate teadlikkus teistest kaasaegsetest ehitussektori digitaaltehnoogilistest lahendustest (autori koostatud).

Selgus, et peaaegu pooled vastajad ei ole kuulnud teistest digitaaltehnoogilistest lahendustest (vt joonis 2.16). Neid vastajaid oli 65 kõigi 134 ettevõtte seas. Kõige rohkem olid vastajad kuulnud VR ning AR lahendustest. Nendest olid teadlikud 58 vastajat. Nutistu kasutamisest olid kuulnud 33 vastajat ning lidar tehnoloogiast olid teadlikud 25 inimest. Sellele küsimusele ei lisanud ükski vastaja mõnda digitaaltehnoogilist lahendust, mida variandina ei toodud.

Teiste digitaaltehnoogiliste lahenduste kasutamine Eesti ettevõtetes on palju väiksem kui BIMi kasutamise määr. Vaid 11 vastajat 134-st (8%) on kasutanud mõnda teist digitaaltehnoogilist lahendust oma töös. Nendelt vastajatelt uuriti, millised lahendused kasutuses on. 11 vastaja seast kolm vastasid, et nad kasutavad BIMi. Seega teisi digitaaltehnoogilisi lahendusi kasutavaid ettevõtteid on tegelikult vastajate seas 8, ehk vaid 5,9%. Kolm ettevõtet on kasutanud VR tehnoloogiat. Kaks vastajat on kasutanud erinevaid simulatsioone. Laserskaneerimist on vastajatest kasutanud vaid üks ettevõte.

Üks ettevõtte vastas, et nad kasutavad erinevaid mõõtureid ning mikrokontrollereid. Oli vastajaid, kes tõid välja erinevaid kommunikatsiooni parendamiseks loodud tarkvarasid nagu Buildocs, Trello. Seega üldiselt ehitussektoris kasutatakse peale BIMi väga vähe teisi kaasaegseid digitaaltehnoogilisi lahendusi.

Küsimusele digitaaltehnoogiatega kasumlikkuse kohta vastas 5 ettevõtet, et investering on olnud väga kasumlik, 5 ettevõtet leidsid, et investering on olnud üsnagi kasumlik. Vaid üks ettevõtte leidis, et investering on kahjumlik. Seda aga põhjusel, et tehnoogiat alles juurutatakse, mille tõttu pole veel tehnoogia kasutamisest otseseid tulemusi.

Küsimusele tehnoogiatega kasude kohta toodi enim välja efektiivsuse argumenti – väheneb ümbertegemine vigade õigeaegse avastamise tõttu, otsused on kvaliteetsemad. VR eelisenähtena toodi välja tehnoogia kasulikkus müügi etapis – oluliselt lihtsam on mitteehitusinimesele teenust müüa, kuna tulevase hoone saab kohe selgelt ära visualiseerida. Veel mainiti, et tehnoogiad aitavad parendada ettevõtte kuvandit. Tehnoogiatega puuduseks pidas üks vastaja inimeste kaugenemist tegelikkusest, mille tõttu võivad tekkida vead, sest projekterija ei tea, mis taustal toimub. Lahenduste kallidus peavad paljud vastajad samuti suureks takistuseks. Lisaks on tehnoogiateid palju, seega sobivat tehnoogiat leida on keeruline, vaja on pidevat katsetamist.

2.4. Järeldused

Nagu ka mujal maailmas, on Eestis ehitussektori tähtsus majanduses suur. Töö teoreetilises osas on toodud, et ehitussektor pakub tööd umbes 7% maailma töötajatele. Eestis oli see näitaja 2015. aastal 10% ning sektoris hõivatute arv on aastatega aina kasvanud. Siiski on Eesti ehitussektoris samad probleemid nagu ülejäänud maailmas – sektori tootlikkus on madal, tootlikkuse kasv jääb alla teiste sektorite tootlikkuse kasvule ning probleemiks on ka vähene innovaativsus. Nii Eestis kui ka mujal maailmas on investeringute määr ehitussektoris madal, võrreldes teiste sektoritega.

Üheks tootlikkuse tõstmise lahenduseks peetakse kaasaegseid digitaaltehnoogilisi lahendusi. Uurides Eesti ehitussektori ettevõtete teadlikkust BIM tehnoogia ning teiste kaasaegsete tehnoogiliste lahenduste kohta, saab arusaama Eesti ehitussektori

valmidusest tehnoloogiate kasutuselevõtuks. Küsitluse tulemusena selgus, et suhteliselt suur osa vastajatest ei olnud teadlikud erinevatest kaasaegsetest digitaaltehnoogilistest lahendustest. BIMist polnud teadlikud 24% 134-st ettevõttest ning teistest digitaaltehnoogilistest võimalustest polnud teadlikud 65 vastajat 134-st ehk pea pooled vastajad. Selleks, et ehitussektori tootlikkust läbi digitaaltehnoogiliste lahenduste tõsta, oleks esialgu vaja suurendada ettevõtete teadlikkust erinevatest tehnoloogiatest.

BIM tehnoloogiast teadlike ettevõtete seas tuli välja sama probleem, mis on toodud ka töö teoreetilises osas. Ehitussektori ettevõtetel on erinev arusaam kaasaegsetest digitaaltehnoogiatest – eriti BIM tehnoloogiast. See on aga tehnoloogiate kasutuselevõtmise takistuseks. Küsitluses uuriti, milline on ettevõtete arusaam BIM tehnoloogiast. Leidsid neid ettevõtteid, kes leidsid et BIMi näol on tegemist vaid tarkvaralahendusega ning BIMi võimalusi hinnati madalamaks kui need tegelikult on.

Küsitlusest tuli välja ka ettevõtete ning ka projektide suurusega seotud probleem. Eesti ehitussektor koosneb põhiliselt väikestest ettevõtetest, kelle võimalused kaasaegsetesse digitaaltehnoogilistesse lahendustesse investeerida on väiksemad kui suurematel ettevõtetel. Nendes ettevõtetes on tihtipeale tehnoloogiliste lahenduste rakendamise kulud suuremad võrreldes sealt saadava tuluga. Lisaks ettevõtete väiksusele on probleem ka projektide väiksuses.

Üldiselt nägid BIM tehnoloogiast teadlikud ettevõtted BIMi siiski tootlikkuse tõstmise võimalusena. BIMiga seotud eeliseid hinnati suhteliselt kõrgelt ning suurel osal BIMist teadlikel ettevõtetes on plaan BIM tehnoloogia ka kasutusele võtta. Peamiste põhjustena toodi ehitamise efektiivsuse tõstmise ning konkurentsivõime parandamise. BIMi kasutavad ettevõtted leidsid pigem, et investering BIMi on olnud kasumlik ning on suurendanud ettevõtte tootlikkust. Seda eelkõige läbi visualiseerimise parendamise, eksimuste ning ümbertegemiste vähendamise ning informatsiooni parema liikumise. BIMi kasutavate ettevõtete seas saaks tootlikkust veelgi parandada hakates kasutama BIMi kõrgematel tasemetel ning suurendades veelgi ettevõtete vahelist koostööd.

KOKKUVÕTE

Eesti ehitussektori tootlikkusest on pikka aega räägitud. Leitakse, et ehitussektori poolt teenitav lisandväärtus ei ole piisavalt suur, seda eelkõige tänu liiga vähesele innovatsioonile. Ehitussektor ei ole digiajastuga kaasas käinud võrreldes paljude teiste sektoritega. Üks võimalikest tootlikkuse tõstmise suundadest on võtta ehituses kasutusele digitaaltehnoloogilised vahendid.

Töö teoreetilises osas käsitleti mõistet „tootlikkus“ ning toodi välja tootlikkusega seotud suhtarvud. Lisaks anti ülevaade ehitussektori tasemest ning trendidest. Suurem osa esimest peatükist tutvustati erinevaid digitaaltehnoloogilisi lahendusi. Käesoleval ajahetkel peetakse ehitussektori kõige olulisemaks kaasaegseks digitaaltehnoloogiliseks vahendiks BIMi, mis on uus lähenemine ehitusprojektide digitaalseks juhtimiseks. BIMi levik on viimaste aastate jooksul suurenenud ning seda on hakanud kasutama üha rohkem ettevõtteid. Erinevate uuringute põhjal selgus, et suurem osa BIMi kasutavatest ettevõtetest leiavad, et investering BIMi tehnoloogiasse on end ära tasunud ning BIMiga kaasnevad kasud ületavad selle rakendamiseks vajalikke kulusid. Lisaks BIMile on töös toodud veel sellised digitaaltehnoloogilised lahendused nagu värvvõrk ning lidar. Neid lahendusi on aga palju vähem varasemalt uuritud, võrreldes BIMiga.

Töö teises peatükis analüüsiti Eesti ehitussektori näitajaid ning tehti üldistused. Eesti ehitussektori tootlikkus on olnud võrreldes teiste majandusvaldkondadega suhteliselt madal. Eesti ehitussektori tootlikkus on madalaim eriehitustöödega tegelevates ettevõtetes, samas pole hoonete ehitusega tegelevate ettevõtete tootlikkus oluliselt parem. Madala tootlikkuse põhjuseks võib olla väike investeringute maht võrreldes teiste valdkondadega.

Lisaks Eesti ehitussektori näitajatele, toodi bakalaureusetöö empiirilises osas Eesti ehitussektori seas läbi viidud küsitlusest saadud tulemusi. Üldiselt võib öelda, et Eesti ettevõtetes on peamise digitaaltehnoloogilise lahendusena tuntud BIM. Teadlikkus

teistest tehnoloogiatest on pigem madal ning neid kasutatakse vähe. BIM on saanud aina populaarsemaks tehnoloogiaks Eesti ehitussektori seas. Samas sõltub tehnoloogiate kasutamine ning teadlikkus suhteliselt palju siiski tegevusvaldkonnast. Suurem osa BIM tehnoloogiat kasutavates ettevõtetest on kas arhitektuurifirmad või suuremad ettevõtted, kes lisaks ehitusele tegelevad ka planeerimisega. Probleemsed on pigem eriehitustöödega tegelevad väikeettevõtted, kes pole kas teadlikud BIM tehnoloogiatest või pole neil otsest vajadust seda kasutada. Tihiti on nende ettevõtete projektid liiga väikesed selleks, et BIM tehnoloogia ennast ära tasuks. Lisaks on probleemiks inimeste erinev arusaam BIM tehnoloogiast.

Uuringust selgus, et BIMist teadlikud ettevõtted hindavad BIMi kasusid suhteliselt kõrgelt. Leitakse, et BIM aitab tuvastada ehitusprobleemid disainifaasis, mille tõttu on võimalik eksimused välistada juba disainimise etapis, mis omakorda vähendab vajadust ümbertegemistele. Ümbertegemiste vähendamine aitab vähendada projektiga kaasnevaid kulusid. Leiti veel, et BIM aitab muuta ehitusprotsessi efektiivsemaks ning produktiivsemaks. Need on üsnagi mõjuvad põhjused, miks BIMi kasutuselevõtt võiks aidata ka ehitussektori tootlikkust tõsta.

Selleks, et BIM saaks tõsta ehitussektori tootlikkust, peavad seda kasutama kõik ehitusega seotud osapooled – tellija, projekterija, ehitaja, hooldaja. Lisaks sellele leidub BIMi potentsiaal pigem selle kõrgemates tasemetes. Hetkel on valdaval osal ettevõtetes kasutusel BIM kui 3D mudel. Selleks, et hakata BIMi kasutama kõrgematel tasemetel, peab eelkõige tellija seda nõudma. Seega, et Eesti ehitussektori tootlikkust digitaaltehnoogiliste lahenduste abil tõsta, on vaja, et erinevate tegevusvaldkondade ettevõtted teeksid veelgi rohkem koostööd.

Käesolev töö keskendus pigem teadlikkusele digitaaltehnoogilistest lahendustest ning ettevõtete hinnangule erinevatele lahendustele. Tööd saaks veel edasi arendada, uurides kuidas saaks riik toetada tehnoloogiate kasutuselevõttu ning kuidas mõjutaksid riigi toetused kaasaegsete digitaaltehnoogiate kasutamist ning ehitussektori tootlikkust.

VIIDATUD ALLIKAD

1. Abdel-Wahab, M., Vogl, B. (2011). Trends of productivity growth in the construction industry across Europe, US and Japan. *Construction Management and Economics*, 29:6, 635-644. doi: 10.1080/01446193.2011.573568
2. Agarwal, R., Chandrasekaran, S., Sridhar, M. (2016). *Imagining construction's digital future*. Vaadatud 10.05.2019. <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/imagining-constructions-digital-future>
3. Aranda-Mena, G., Crawford, J., Chevez, A., & Froese, T. (2009). Building information modelling demystified: does it make business sense to adopt BIM? *International Journal of Managing Projects in Business*, 2:3, 419–434. doi: 10.1108/17538370910971063
4. Arayici, Y., Khosrowshahi, F. (2012). Roadmap to implementation of BIM in the UK construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 19:6, 610-635. doi: 10.1108/09699981211277531
5. Baroudi, B., Elmualim, A., Hasan, A., Rameezdeen, R. (2018). Factors affecting construction productivity: a 30 year systematic review. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 25:7, 916-937. doi: 10.1108/ECAM-02-2017-0035
6. Castagnino, S., Filitz, R., Gerbert, P., Renz, A., Rothballer, C. (2016). *Digital in Engineering and Construction – The Transformative Power of Building Information Modeling*. 22p. Vaadatud 06.05.2019 http://image-src.bcg.com/Images/BCG-Digital-in-Engineering-and-Construction-Mar-2016_tcm9-87277.pdf
7. Chong, H-Y., Liu, Y., Shou, W., Sun, C., Sun, W., Wang, J., Wang, X., Wu, C. (2014). Integrating BIM and LiDAR for Real-Time Construction Quality Control. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 79:3-4, 417-432. doi: 10.1007/s10846-014-0116-8

8. Ehitusettevõtete lisandväärtus ja tootlikkusnäitajad tegevusala (EMTAK 2008) ja tööga hõivatud isikute arvu järgi. Statistikaamet. Vaadatud 02.01.2019. <http://andmebaas.stat.ee/Index.aspx?lang=et&DataSetCode=EH035>
9. Ettevõtete arv bilansimahu ja tegevusala (EMTAK 2008) järgi. Statistikaamet. Vaadatud 10.05.2019. http://pub.stat.ee/px-web.2001/Dialog/varval.asp?ma=EM0132&ti=ETTEV%D5TETE+ARV+BILANS+IMAHU+JA+TEGEVUSALA+%28EMTAK+2008%29+J%C4RGI&path=../Database/Majandus/03Ettevetete_majandusnaitajad/08Ettevetete_vara_kohustused/02Aastatstatistika/&lang=2
10. Ettevõtete investeringud põhivarasse tegevusala ja tööga hõivatud isikute arvu järgi jooksevhindades. Statistikaamet. Vaadatud 27.03.2019. <http://andmebaas.stat.ee/Index.aspx?lang=et&DataSetCode=EM014>
11. EU BIM Taskgroup. (2017). *Ehitusinformatsiooni modelleerimise kasutuselevõtmise käsiraamat Euroopa avalikule sektorile. Strateegilised meetmed ehitustööstuse tulemuslikkuse parandamiseks: luues väärtust ning edendades uuendusi ja majanduskasvu*. 84 lk. Vaadatud 06.01.2019. <http://www.eubim.eu/wp-content/uploads/2018/11/GROW-2017-01356-00-00-ET-TRA-00.pdf>
12. Fang, J., Huang, G. Q., Lu, W., Luo, H., Ng, T., Peng, Y., Shen, G. Q. P., Zhong, R. Y., Zou, W. Xue, F. (2017). Prefabricated construction enabled by the Internet-of-Things. *Automation in Construction*, 76, 59-70. doi: 10.1016/j.autcon.2017.01.006
13. Fathi, M. S., Kasim, N., Latiffi, A. A., Mohd, S. (2013). Building Information Modeling (BIM) Application in Malaysian Construction Industry. *International Journal of Construction Engineering and Management*, 4:4A, 1-6. doi: 10.5923/s.ijcem.201309.01
14. Fitton, D., Kawsar, F., Kortuem, G., Sundramoorthy, V. (2010). Smart Objects as Building Blocks for the Internet of Things. *IEEE Internet Computing*. 14:1, 44-51. doi: 10.1109/mic.2009.143
15. Gross value added and income by A*10 industry breakdowns. Eurostat. Vaadatud 08.05.2019. http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=namq_10_a10&lang=en

16. Han, J., Lv, H., Quanrui, W., Zhong, D. (2014). A Practical Application Combining Wireless Sensor Networks and Internet of Things: Safety Management System for Tower Crane Groups. *Sensors*. 14:8, 13794-13814. doi: 10.3390/s140813794
17. Hazak, A., Hein, H., Männasoo, K., Tasane, H. (2018). Kas ettevõtete investeeringud jõuavad tootlikkuseni. 64 lk. Vaadatud 03.01.2019. https://www.riigikogu.ee/wpcms/wp-content/uploads/2017/09/Uuringuaruanne_Tootlikkus_ja_investeeringud_30052018.pdf
18. IKT valdkonna arenguprogramm. (2017). Vaadatud 06.01.2019. https://www.mkm.ee/sites/default/files/ikt_arenguprogramm_14.11.2017.pdf
19. Kask, K., Keerberg, C-M., Lees, K., Puolokainen, T., Unt, T., Varblane, U., Veemaa, J., Vörk, A. (2018). Ehitussektori tootlikkuse, lisandväärtuse ja majandusmõju analüüs. 172p. Vaadatud 09.05.2019. https://www.mkm.ee/sites/default/files/ehitussektori_tootlikkuse_lisandvaartuse_ja_majandusmoju_analuus.pdf
20. KPMG. (2016). Building a technology advantage. 32p. Vaadatud 08.05.2019. <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/xx/pdf/2016/09/global-construction-survey-2016.pdf>
21. Marks, M. (2017). Construction: The next great tech transformation. Vaadatud 06.05.2019. <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/construction-the-next-great-tech-transformation>
22. McGraw Hill Construction. (2014). The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets: How Contractors Around the World Are Driving Innovation With Building Information Modeling. 64 p. Vaadatud 04.01.2019. https://www.icn-solutions.nl/pdf/bim_construction.pdf
23. McKinsey Global Institute. (2017). Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity. 168p. Vaadatud 05.01.2018. <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Capital%20Projects%20and%20Infrastructure/Our%20Insights/Reinventing%20construction%20through%20a%20productivity%20revolution/MGI-Reinventing-construction-A-route-to-higher-productivity-Full-report.ashx>

24. Mõisted ja metoodika. Statistikaamet. Vaadatud 02.01.2019. http://pub.stat.ee/px-web.2001/Database/MAJANDUS/23TURISM_JA_MAJUTUS/08TURISMI_JA_MAJUTUSE_MAJANDUSNAITAJAD/TU_0404.htm
25. Penttilä, H. (2006). Describing the Changes in Architectural Information Technology to Understand Design Complexity and Free-Form Architectural Expression. 14 p. Vaadatud 03.01.2019. https://www.itcon.org/papers/2006_29.content.02253.pdf
26. Projekteerimistarkvara ja BIM tehnoloogia kasutuse uuring Eestis aastal 2015. Vaadatud 05.01.2019. <https://usesoft.ee/wp-content/uploads/2016/03/Projekteerimistarkvara-ja-BIM-tehnoloogia-kasutuse-uuring-Eestis-aastal-2015.pdf>
27. Riigi Kinnisvara AS. RKAS avaldas uued nõuded ehitusinformatsiooni modelleerimisele (BIM). Vaadatud 07.01.2019. <https://www.rkas.ee/uudised/rkas-avaldas-uued-nouded-ehitusinformatsiooni-modelleerimisele-bim>
28. Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18:3, 357–375. doi: 10.1016/j.autcon.2008.10.003
29. Taat, T. (2018). Regionaalne SKP maakondade ja majandussektorite järgi. Maaeluministerium. Vaadatud 03.01.2019. <https://www.agri.ee/sites/default/files/content/uuringud/uuring-2018-regionaalne-skp.pdf>
30. Tulenheimo, R. (2015). Challenges of implementing new technologies in the world of BIM – Case study from construction engineering industry in Finland. *Procedia Economics and Finance*, 21, 469-477. doi: 10.1016/S2212-5671(15)00201-4

LISAD

Lisa 1. Tootlikkuse suhtarvude valemid

	Tootlikkuse suhtarvud müügitulu alusel	Tootlikkuse suhtarvud lisandväärtuse alusel
Tööviljakus	$\frac{\text{müügitulu} + \text{tulu tegevuskulude sihtfinantseerimisest}}{\text{tööga hõivatud isikute arv}}$	$\frac{\text{lisandväärtus}}{\text{tööga hõivatud isikute arv}}$
Tunni-tootlikkus	$\frac{\text{müügitulu} + \text{tulu tegevuskulude sihtfinantseerimisest}}{\text{töötatud tundide arv}}$	$\frac{\text{lisandväärtus}}{\text{töötatud tundide arv}}$
Töökulude tootlikkus	$\frac{\text{müügitulu} + \text{tulu tegevuskulude sihtfinantseerimisest}}{\text{tööjõukulud}}$	$\frac{\text{lisandväärtus}}{\text{tööjõukulud}}$
Kogu-tootlikkus	$\frac{\text{müügitulu} + \text{tulu tegevuskulude sihtfinantseerimisest}}{\text{kulud kokku}}$	$\frac{\text{lisandväärtus}}{\text{kulud kokku}}$

Allikas: (Mõisted ja... 2019), autori kohandused.

Lisa 2. Küsimustik

Hea vastaja!

Olen Tartu Ülikooli majandusteaduskonna üliõpilane ja palun Teie abi oma bakalaureusetöö raames uuringu läbiviimiseks. Kirjutan tööd teemal "Kaasaegsed digitaaltehnoloogilised lahendused Eesti ehitussektoris". Töö raames sooviksin välja selgitada, millised kaasaegsed digitaaltehnoloogilised lahendused on kasutusel Eesti ehitussektoris ning kuidas aitaksid need lahendused kaasa ehitussektori tootlikkuse kasvule.

Küsimustik on anonüümne ning koosneb suuremas osas suletud, kuid ka mõnest avatud küsimusest. Küsimustikule vastamiseks kulub ligikaudu 5-15 minutit. Kogutud andmeid kasutatakse üksnes üldistatud kujul käesoleva uuringu raames.

Tänan Teid vastuste eest!

Sigrid Vollmer

Tartu Ülikooli majandusteaduskonna tudeng

E-mail: sigrid.vollmer@gmail.com

I osa – küsimused kõigile vastajatele

1.1. Tegevusvaldkond (võib valida mitu)

- Konsultatsioon
- Arhitektuur/planeerimine
- Hoonete ehitus
- Rajatiste ehitus
- Eriehitustööd
- Ehitiste korrashoid/haldamine
- Muu:

1.2. Ettevõtte eluiga

- vähem kui aasta
- 1-2 aastat
- 3-5 aastat
- 6-10 aastat
- 11-20 aastat
- rohkem kui 20 aastat

1.3. Ettevõtte töötajate arv

- vähem kui 10
- 10-25
- 26-50
- 51-100
- rohkem kui 100

1.4. Keskmiselt, kui suur osa projektiga seotud dokumentidest on digitaalsel kujul?

- Kõik projektiga seotud dokumendid on digitaalsel kujul
- Suurem osa projektiga seotud dokumentidest on digitaalsel kujul
- Osad projektiga seotud dokumendid on digitaalsel kujul ning osad paberkujul
- Suurem osa projektiga seotud dokumentidest on paberkujul
- Kõik projektiga seotud dokumendid on paberkujul

1.5. Kas olete teadlik BIM tehnoloogiast?

- Ei tea ja ei kasuta BIM tehnoloogiat
- Olen BIM tehnoloogiast teadlik
- Olen BIM tehnoloogiast teadlik ja kasutame BIMi oma töös

1.6. Millistest kaasaegsetest digitaaltehnoogilistest lahendustest olete teadlikud? (võib valida mitu)

- Nutistu ehk vārkvõrgu (IoT – Internet of Things) abil loodud tarkade objektide kasutamine
- Lidar tehnoloogia kasutamine
- Virtuaalreaalsuse (Virtual Reality) vōi liitreaalsuse (Augmented Reality) abil visualiseerimine
- Ei ole teistest digitaaltehnoogilistest lahendustest teadlik
- Muu:

1.7. Kas neist mõni on Teie ettevōttes ka kasutusel?

- Jah
- Ei

1.8. Täiendavad kommentaarid, mõtted täpsustused

.....

II osa – küsimused BIM tehnoloogiat kasutavatele ettevōtetele

2.1. Millisel tasemel on Teie ettevōttes BIM kasutusel?

- 2D – Graafilised 2D joonised
- 3D – 3D mudel
- 4D – Lisandub projekti ajaplaneerimine
- 5D – Lisandub projekti kulude analüüs
- 6D – Lisandub jätkusuutlikkuse analüüs
- 7D – Ehitise haldamine terve eluea vāltel
- Muu:

2.2. Kuidas saab defineerida BIMi? (võib valida mitu)

- BIM on tarkvaralahendus
- BIM on disainimise ning ehitise informatsiooni dokumenteerimise projekt
- BIM on uus lähenemine, mille abil arendatakse ehitust ning mis nõuab uute poliitikate ning lepingute rakendamist projektiga seotud inimeste hulgas
- Muu:

2.3. Milliseid BIMiga seotud kasusid on Teie ettevõtte kogunud?

	Oleme kogunud	Ei ole kogunud
BIM parendab visualiseerimist	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BIM parendab ehitusdokumentide koordineerimist	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BIM suurendab produktiivsust	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BIM aitab vähendada kulusid	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BIM kiirendab tööde valmimist	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BIM parendab informatsiooni liikumist	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BIM aitab vähendada eksimusi ning ümbertegemisi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BIM aitab vähendada jäägi teket	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BIM aitab tugevdada ettevõtte kuvandit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2.4. Millised eeliseid olete veel kogunud?

.....

2.5. Milliste allolevate takistustega on Teie ettevõtte BIM tehnoloogiat kasutades või kasutusele võttes kokku puutunud?

	Oleme kokku puutunud	Ei ole kokku puutunud
Vajadus hankida täiendavat tarkvara	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Teadmiste ja oskuste nappus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Suur infomaht ja detailiderohkus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Huvipuudus turul	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Juhendite ja standardite puudus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Töötajaskonna koolitamisega seotud kulud	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Töö mahukamaks ning keerukamaks muutumine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2.6. Millised takistusi on Teie ettevõtte veel kogenud?

.....

2.7. Kui kaua olete kasutanud BIMi tehnoloogiat oma ettevõttes?

- vähem kui 2 aastat
- 2-5 aastat
- rohkem kui 5 aastat

2.8. Miks otsustasite BIMi kasutama hakata?

.....

2.9. Kui suurel osal projektidest kasutate BIM tehnoloogiat?

- kuni 20%
- 21-50%
- 51-80%
- rohkem kui 80%

2.10. Kas investeerimine BIM tehnoloogiasse on olnud kasumlik?

- Jah, väga
- Üsnagi
- Ei

III osa – Küsimused BIMist teadlikele ettevõtetele

3.1. Kuidas saab defineerida BIMi? (võib valida mitu)

- BIM on tarkvaralahendus
- BIM on disainimise ning ehitise informatsiooni dokumenteerimise projekt
- BIM on uus lähenemine, mille abil arendatakse ehitust ning mis nõuab uute poliitikate ning lepingute rakendamist projektiga seotud inimeste hulgas
- Muu:

3.2. Palun andke oma hinnang eeldavatele BIMiga kaasnevatele eelistele

	Väga oluline	Pigem oluline	Väheoluline	Pole oluline	Pole eelis
BIM parendab visualiseerimist	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BIM parendab ehitusdokumentide koordineerimist	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BIM suurendab produktiivsust	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BIM aitab vähendada kulusid	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BIM kiirendab tööde valmimist	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BIM parendab informatsiooni liikumist	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BIM aitab vähendada eksimusi ning ümbertegemisi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BIM aitab vähendada jäägi teket	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BIM aitab tugevdada ettevõtte kuvandit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3.3. Mis eeliseid võib BIM veel pakkuda lisaks mainitule?

.....

3.4. Palun andke oma hinnang eeldavatele BIMi kasutusele võtmisega seotud takistustele

	Väga oluline	Pigem oluline	Väheoluline	Pole oluline	Pole takistus
Vajadus hankida täiendavat tarkvara	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Teadmiste ja oskuste nappus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Suur infomaht ja detailiderohkus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Huvipuudus turul	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Juhendite ja standardite puudus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Töötajaskonna koolitamisega seotud kulud	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Töö mahukamaks ning keerukamaks muutumine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3.5. Milliseid takistusi saate veel välja tuua lisaks mainitule?

.....

3.6. Kas Teie ettevõttes on plaanis võtta kasutusele BIM tehnoloogia?

- Jah
- Ei

IV osa – Küsimused BIMi kasutusele võtvatele ettevõtetele

4.1. Miks olete otsustanud BIM tehnoloogia kasutusele võtta?

.....

4.2. Millal on Teil plaanis BIM tehnoloogia kasutusele võtta?

- Lähima aasta jooksul
- Lähima kolme aasta jooksul
- Lähima viie aasta jooksul
- Hiljem kui viie aasta pärast
- Ei oska öelda

4.3. Millisel tasemel BIMi kavatsete oma ettevõttes kasutama hakata?

- 2D – Graafilised 2D joonised
- 3D – 3D mudel
- 4D – Lisandub projekti ajaplaneerimine
- 5D – Lisandub projekti kulude analüüs
- 6D – Lisandub jätkusuutlikkuse analüüs
- 7D – Ehitise haldamine terve eluea vältel
- Muu:

V osa – Küsimused neile ettevõtetele, kes BIMi kasutama ei plaani hakata

5.1. Mis on peamiseks põhjusteks, miks Teie ettevõttes pole plaanis BIM tehnoloogiat kasutama hakata? (võib valida mitu?)

- Meie ettevõtte ei tegele projekteerimisega
- BIMi rakendamise kulud on liiga suured
- BIMi oodatav kasu on liiga väike
- Huvipuudus turul
- Puuduvad juhendid
- Muu:

VI osa – küsimused neile ettevõtetele, kes kasutavad mõnda teist digitaaltehnoloogilist lahendust

6.1. Milliseid digitaaltehnoloogilisi lahendusi olete kasutanud?

.....

6.2. Kas investering tehnoloogiasse/tehnoloogiatesse on olnud kasumlik?

- Jah, väga
- Üsnagi
- Ei

6.3. Nimetage mõni tehnoloogiast/tehnoloogiatest saadav kasu

.....

6.4. Nimetage mõni tehnoloogia/tehnoloogiate puudus

.....

SUMMARY

MODERN DIGITAL TECHNOLOGY SOLUTIONS IN ESTONIAN CONSTRUCTION SECTOR

Sigrid Vollmer

The construction sector is widely believed to have low levels of productivity. The growth of construction sector's productivity has been small compared to some other economic sectors. However, construction contributes significantly to the country's economic growth therefore construction sector's productivity needs to improve. It is believed that the innovation in construction sector is too small. Many construction projects are still done on paper and the communication between builders and designers is insufficient. Also, the construction sector is one of the least digitalized sectors. Therefore, the involvement of digital technology solutions could benefit the construction sector significantly.

Because of that, the main goal of this paper is to find out the awareness of modern digital technology solutions in the construction sector.

To reach that goal, the author established these tasks:

- To point out construction sector trends.
- To point out the main digital technology solutions of the construction sector.
- To analyze the productivity of Estonian construction sector.
- To figure out Estonian construction companies' awareness of modern digital technology solutions.
- To present acquired results and to make conclusions.

In the theoretical chapter, the concept of productivity is explained and the formulas for calculating productivity are shown. The overview of construction sector's productivity is also given. The majority of the first chapter consists of different digital technological solutions' descriptions. BIM is considered to be the most important modern digital technological solution. BIM is used to digitally manage construction projects. The use of BIM has spread during the last years and it's used by more and more companies. According to different studies, most companies that have invested in BIM technology consider the investment to be justified because the benefits of BIM outweigh the costs related to implementing it. In addition to BIM, some other modern digital technology solutions are mentioned in the paper, such as the Internet of Things and LIDAR technology. However, there aren't many research papers written on these topics.

The second chapter of this paper focuses on the analysis of the survey carried out among the construction industry in Estonia. In conclusion, it can be said, that the awareness of other digital technologies besides BIM is low. BIM has become more and more popular in the construction sector. The use and awareness of BIM and other technologies depends mainly on the field of activity of a company. BIM is mostly used by architecture firms or big construction companies that are engaged in design process. In many Estonian companies, the construction projects are too small to make the investment in BIM profitable.

Despite of that the benefits of BIM are rated quite highly. BIM is useful for detecting problems in the design phase and therefore the need for reworks is smaller. It is believed in the construction sector that BIM can help to make the process more efficient and more productive.

To raise the productivity of the construction sector with digital technologies, they have to be used by all parties involved. Also, the potential of BIM is found in the higher dimensions. At the moment, BIM is used as a 3D model, cost and time planning aren't involved. For BIM to be used at higher dimensions, it has to be requested by the client. Therefore, to change the productivity of construction with the involvement of digital solutions, the companies need to cooperate even more.

Lihlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Sigrid Vollmer,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihlitsentsi) minu loodud teose
„Kaasaegsed digitaaltehnoogilised lahendused Eesti ehitussektoris“,
mille juhendaja on Kaia Kask,
reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi
DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele
kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi
DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab
autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab
luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse
lõppemiseni.
3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
4. Kinnitan, et lihlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi
ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Sigrid Vollmer

13.05.2019