



FRAMKVÆMDASÝSLA RÍKISINS

## **INNLEIÐING BIM Í VERKEFNUM FSR** *ÁRANGUR OG ÁVINNINGUR HÖNNUÐA*

**VERKEFNASTJÓRI:** Óskar Valdimarsson

**UNNIÐ AF:** Ingibjörgu Birnu Kjartansdóttur

**DESEMBER 2013**



## Efnisyfirlit

1	Inngangur .....	6
1.1	Bakgrunnur .....	6
1.2	Markmið og tilgangur rannsóknar .....	6
1.2.1	Rannsóknarspurningar .....	7
1.3	Aðferðafræði rannsóknar .....	7
1.3.1	Rannsóknaraðferð .....	7
1.4	Uppbygging rannsóknarinnar .....	8
2	Fræðilegur kafli .....	9
2.1	BIM skilgreiningar .....	9
2.2	BIM ferli í áætlanagerð .....	10
2.3	BIM ávinningar .....	12
2.3.1	BIM ávinningur hönnuða: .....	12
2.4	BIM innleiðing: .....	14
3	Tölfræðileg rannsókn .....	17
3.1	Bakgrunnur svarenda .....	17
3.2	Hluti 1. BIM þekking .....	18
3.3	Hluti 2: BIM reynsla .....	19
3.4	Hluti 2: BIM notkun: .....	21
3.5	BIM innleiðing: .....	23
4	Niðurstöður .....	25
4.1	Hefur krafa FSR um BIM í áætlanagerð orðið til þess að hönnuðir innleiði BIM hjá sér? ..	25
4.2	Að hvaða marki eru hönnuðir að nýta sér BIM? .....	25
4.3	Lokaorð .....	26
	Heimildaskrá .....	27



## Myndayfirlit:

Mynd 1: Hefðbundin samskipti vs. BIM samskipti.....	10
Mynd 2: Macleamy kúrvan .....	11
Mynd 3: Samskipti hönnuða í hefðbundnu hönnunarferli.....	13
Mynd 4: Samskipti hönnuða í BIM ferli .....	13
Mynd 5: BIM þroskastig, Succar (2009) .....	16
Mynd 7: Fagsvið svarenda .....	17
Mynd 8: Menntun svarenda .....	17
Mynd 9: BIM er skilgreint sem: .....	18
Mynd 10: Fjöldi þeirra sem hefur unnið aftur eftir BIM aðferðafræðinni .....	19
Mynd 11: Fjöldi BIM verkefna, áður en verkefnið hjá FSR var unnið .....	19
Mynd 12: Hversu mörg verkefni hafa verið unnin í heildina eftir BIM, hjá þínu fyrirtæki .....	20
Mynd 13: BIM ánægja .....	20
Mynd 14: Öll ný verkefni hjá mínu fyrirtæki eru unnin eftir BIM:.....	21
Mynd 15: Öll verkefni tengd endurnýjun og viðhaldi hjá mínu fyrirtæki eru unnin eftir BIM .....	22
Mynd 16: Verkpættir þar sem BIM er notað.....	22
Mynd 17: Hversu ánægður ertu með BIM hugbúnaðinn sem þú notar .....	23

## Töfluyfirlit

Tafla 1: Hvað af eftirtöldu telur þú að sé mikilvægasti þátturinn í BIM? .....	18
Tafla 2: Ástæður þess að BIM sé notað í mínu fyrirtæki .....	24

*„Fyrst er að vilja, afgangurinn er tækni.“*

*Halldór Kiljan Laxness,  
Kristnihald undir jökli.*

# 1 Inngangur

Í þessum kafla eru ástæður fyrir efnisvali reifaðar og bakgrunnur þeirra skoðaður. Settar verða fram rannsóknarspurningar og fjallað um hvernig þær tengjast markmiðum rannsóknarinnar. Því næst verður nálgun og aðferðafræði rannsóknarinnar rökstudd. Að lokum mun uppbygging rannsóknarinnar verða kynnt.

## 1.1 Bakgrunnur

Það er þekkt klisja innan mannvirkjagerðar að gæði eru léleg, kostnaðaráætlanir standast ekki og verð er of hátt. Iðnaðurinn hefur verið sakaður um að vera hægfara og að það sé mikil þörf fyrir stórar framfarir. Mistök og villur stafa af margvíslegum orsökum og eiga sér stað á öllum stigum mannvirkjagerðar. Það er mikil þörf fyrir að efla og bæta allt ferlið í mannvirkjagerð, til að ná fram betri gæðum í mannvirkjum, minnka kostnað, tíma og auka framleiðni.

Mörg mistök og villur sem eiga sér stað í verklegri framkvæmd, eiga rætur sínar að rekja til annmarka í hönnun. Samkvæmt National Institute of Standards and Technology<sup>1</sup> er 15,8 milljörðum dollara á ári sóað vegna skorts á upplýsingaflæði og samverkun, sem gerir upplýsingar og upplýsingaflæði að einu af mikilvægasta byggingarefninu. Að þessu sögðu, er þörfin til að deila upplýsingum á milli hönnuða fljótt og örugglega mikil. Fagaðilar í mannvirkjagerð þurfa að geta sett inn í upplýsingar sem hægt er að sækja þegar þeirra er þörf, hvenær sem er á líftíma mannvirkisins.

BIM stuðlar að betri hönnun, framkvæmd og rekstri á öllum sviðum mannvirkjagerðar, þegar aðferðafræðin er innleidd rétt. Ávinningurinn er betri samverkun í hönnun, betri mannvirki fyrir minni kostnað og á minni tíma (Eastman et al., 2008). Þess vegna skiptir innleiðingarferlið miklu máli, svo að þátttakendur sjá og upplifi það sem BIM getur gefið þeim.

Frá árinu 2008 hafa nokkrir opinberir verkkaupar látið hanna fyrir sig byggingar samkvæmt aðferðafræði BIM. Sama ár var stofnaður samstarfshópurinn BIM Ísland, með það að markmiði að innleiða aðferðafræði BIM fyrir íslenska mannvirkjagerð. Samstarfshópurinn lagðist niður árið 2011, þó hefur Framkvæmdasýsla ríkisins (FSR), haldið á kyndlinum síðan. Rannsókn þessi er unnin fyrir BIM Ísland og styrkt af Íbúðalánasjóði, sem hefur veitt árlega styrki til tækninýjunga og umbóta í byggingariðnaði frá árinu 1999.

## 1.2 Markmið og tilgangur rannsóknar

Þegar ný aðferðafræði er innleidd er margt sem þarf að hafa í huga. Hagsmunaaðilar við mannvirkjagerð eru margir, og tengjast inn í margar víddir atvinnulífsins. Þessi rannsókn er framkvæmd með það að markmiði að varpa ljósi á reynslu sem orðin er hjá þeim hönnuðum sem hafa unnið eftir BIM aðferðafræðinni við hönnun á verkefnum FSR. Sú þekking nýtist áfram, í

---

<sup>1</sup> Gallaher et al. (2004)

næstu skref innleiðingarinnar, þ.e. verklega framkvæmd. Í dag er FSR farin að gera kröfur til verktaka að vinna eftir aðferðafræði BIM. FSR hefur sýnt fordæmi og leiðbeint hönnuðum við að innleiða BIM í áætlunargerð og er því mjög mikilvægt að skoða vel hvaða þættir gögnuðust hönnuðum og hverjir ekki. Einnig er mikilvægt að fá heildarsýn yfir það hvernig hönnuðum gengur að vinna í BIM umhverfinu og hvort stefna FSR að innleiða BIM í verkefnum hjá sér, sé aðaldrifkrafturinn í innleiðingu á BIM eða hvort hann felst í öðrum atriðum.

### 1.2.1 Rannsóknarspurningar

Til að mæla markmið rannsóknarinnar var send út rafræn könnun til þeirra hönnuða sem hafa komið að BIM verkefnum FSR. Rannsóknarspurningar eru 2:

1. Hefur krafa FSR um BIM í áætlanagerð, orðið til þess að hönnuðir innleiði BIM hjá sér.
  - Er FSR aðaldrifkrafturinn eða BIM ávinningar?
  - Sjá hönnuðir árangur og ávinning af því að vinna eftir aðferðafræði BIM?
2. Að hvaða marki nýta hönnuðir sér BIM?
  - Hvar eru hönnuðir staðsettir í innleiðingu BIM?
  - Hvaða þætti þarf að skerpa í innleiðingu BIM í áætlunargerð?

Til að halda áfram stuðningi við íslenska mannvirkjagerð við að innleiða aðferðafræði BIM og til að ákveða hver næstu skref eru, er mikilvægt að skilja hver staðan er í dag. Niðurstöðurnar gefa vonandi skýrari mynd af því hver staðan er og hvaða skref ætti að taka næst. Einnig vísbendingar um hvað má betur fara og hvað er gott. Þetta ætti að gefa skýrari mynd á það hvar þarf að brúa bilið á milli BIM fræðinnar og BIM notkunar.

## 1.3 Aðferðafræði rannsóknar

Þessi kafli lýsir þeirri aðferðafræði sem er notuð í þessari rannsókn. Fyrst er rannsóknaraðferðin skilgreind, því næst er skoðað hvaða nálgun að viðfangsefninu er notuð og að lokum er rannsóknarferlinu lýst.

### 1.3.1 Rannsóknaraðferð

Rannsóknir geta verið skilgreindar frá því að vera sannar rannsóknir (*e. pure research*) til að vera hagnýtar rannsóknir (*e. applied research*), þar sem flestar rannsóknir falla einhversstaðar á milli þessara tveggja skilgreininga (Robson, 2002). Þessi rannsókn fellur undir það að vera hagnýt rannsókn.

Tilgangur rannsóknarinnar er að kanna hver ávinningur og árangur hönnuða hefur verið í verkefnum FSR, með því að vinna eftir aðferðafræði BIM, og er rannsóknin því lýsandi. Til að kanna það, er send út rafræn könnun til þeirra hönnuða sem unnið hafa að BIM verkefnum fyrir FSR, hönnuð með það að leiðarljósi að gefa skýrari mynd af því hvort innleiðing á BIM í áætlanagerð, hafi borið árangur og hvort hönnuðir sjái árangur/ávinning á því að vinna eftir aðferðafræði BIM.



Rammi rannsóknar felst í því hvaða rannsóknarhefð er notuð. Sú aðferð sem notuð er við að safna og greina gögn er ákveðin með hliðsjón af því hvaða rannsóknarhefð er notuð. Þess vegna er valið mikilvægt, en aðferðunum er skipt upp í tvo megin flokka samkvæmt Félagsvísindastofnun Háskóla Íslands<sup>2</sup>:

- Meginlegar aðferðir: eru þær aðferðir sem notaðar eru til að safna tölulegum gögnum, t.d. með spurningalista sem lagður er fyrir úrtak þess hóps sem ætlunin er að alhæfa um. Þær henta vel um tiltekið svið, um viðhorf eða hegðunarmynstur.
- Eigindlegar aðferðir: eru hinsvegar notaðar þegar markmiðið er að rannsaka merkingu eða skilning sem fólk leggur í ákveðna hluti. Slíkar rannsóknir byggja á viðtölum við einstakling og/eða hópa.

Meginlegar aðferðir eru notaðar í þessari rannsókn til að safna tölulegum gögnum með rafrænum spurningalista, eða netkönnun, sem lögð er fyrir ákveðið úrtak, þ.e. þá hönnuði sem tekið hafa þátt í BIM hönnunarverkefnum á vegum FSR.

Netkönnun er viðeigandi verkfæri þegar tilgangurinn er lýsandi, þar sem upplýsingum er safnað saman í gegnum netið, á stöðluðu formi frá hópi fólks á einfaldan og þæginn hátt. Úrtakið er dregið upp frá þeim hönnuðum sem komið hafa að BIM hönnunarverkefnum hjá FSR, og svarendur beðnir að svara spurningalista. Kannanir hafa nokkra kosti, þar sem auðvelt er að rannsaka óáþreifanlega þætti eins og viðhorf og gildi. Einnig er hægt að safna saman almennum upplýsingum um hóp fólks, ásamt því sem þær leyfa mikið magn af stöðluðum gögnum. Hinsvegar eru gögnin undir áhrifum svarenda, sem er ekki alltaf augljóst fyrir rannsakandann (Robson, 2002). Vegna þessara kosta var rafrænn spurningalisti sem sendur var til svarenda á tölvupósti, valinn sem viðeigandi verkfæri við að safna gögnum í rannsóknina.

## 1.4 Uppbygging rannsóknarinnar

Rannsókn þessi er skipt í 4 megin kafla. Fyrsti kafliinn fjallar um bakgrunn, tilgang og markmið rannsóknarinnar. Einnig er rannsóknaraðferðum og tækjum lýst.

Fræðilega umfjöllun um BIM er að finna í kafla tvö, sem leggur áherslu á fræðina á bak við innleiðingarferli BIM sem og hvaða árangur og ávinnings má vænta með því að innleiða BIM í hönnun mannvirkja.

Þriðji kafliinn lýsir aðferðafræðinni og aðferðinni sem er notuð í þessari rannsókn og hvernig könnunin var framkvæmd.

Niðurstöður rannsóknarinnar og umræða eru birtar í fjórða kafla þar sem rannsóknarspurningar og lokaorð eru greind í undirkafla.

---

<sup>2</sup> <http://fel.hi.is/adferdir>

## 2 Fræðilegur kafli

Í þessum kafla verður farið yfir þær kenningar í aðferðafræði BIM, sem tengjast markmiðum þessarar rannsóknar; árangur og ávinningur hönnuða í BIM verkefnum FSR. Fyrst verður farið yfir kenningar í BIM þar sem BIM er skilgreint. Því næst verða væntingar reifaðar og ávinningur hönnuða við notkun BIM aðferðafræðarinnar. Að því loknu verða nálganir á innleiðingarferli skoðuð og síðast kenningar um BIM þroskastig.

### 2.1 BIM skilgreiningar

Fjöl margar skilgreiningar á því hvað BIM er hafa verið settar fram í gegnum tíðina.

*„A modelling technology and associated set of processes to produce, communicate and analyse building models.“ (Eastman et al., 2008, bls. 13)*

*„The process of creating and using digital models for design, construction and/or operations of projects.“ (McGraw-Hill Construction, 2009, bls. 4)*

*„A new approach to being able to describe and display the information required for the design, construction and operation of constructed facilities.“<sup>3</sup>*

Þessar skilgreiningar eiga það sameiginlegt að snúast um það að miðla upplýsingum á milli aðila verkefnis á skilvirkan og áhrifaríkan hátt.

Skilgreining The National BIM Standard (NBIMS) er heldur nákvæmari:

*„A Building Information Model (BIM) is a digital representation of physical and functional characteristics of a facility. A BIM can represent viewpoints – graphically and in text and table form, of a building from any practitioner perspective – Architect, Specifier, Engineers, Fabricators, Leasing Agents, General Contractors and so on. As such, it serves as a shared knowledge resource for information about a facility forming a reliable basis for decisions during its life cycle from inception onward.“ (Charter for the National Building Information Model (BIM) Standard Project of the buildingSMART alliance, 2008, bls. 1)*

McGraw-Hill Construction (2007) nefna að BIM getur þýtt mismunandi hluti fyrir mismunandi fagaðila og má greina þennan misskilning á þremur mismunandi stigum. Sumir segja að BIM sé hugbúnaður, aðrir að það sé ferli til að hanna og skrásetja upplýsingar um mannvirki og framkvæmdir, og enn aðrir myndu segja að það sé alveg ný nálgun á því hvernig framkvæmdir eru leystar af hendi, sem felur í sér innleiðingu á nýjum reglum, samningum og samskiptum á milli aðila verkefnis.

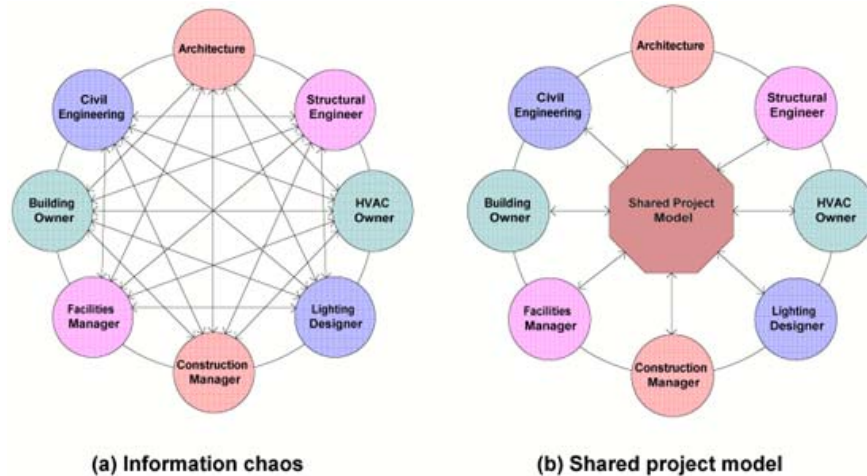
Að þessu sögðu hafa skilgreiningar BIM verið kannaðar og í rannsókn þessari, er BIM skilgreint sem *það ferli að búa til og stjórna upplýsingum um framkvæmd með því að útbúa sýndarveruleika af verkefninu og að geta deilt þeim upplýsingum rafrænt.*

---

<sup>3</sup> <http://buildingsmart.org/>

## 2.2 BIM ferli í áætlanagerð

Hugtakið á bak við BIM aðferðafræðina gengur út á það að allir aðilar verkefnis hafi aðgang að sömu upplýsingum í einum gagnagrunni, í stað þess að aðilar verkefnis útbúi nýjar upplýsingar í hvert skipti sem þarf að dreifa upplýsingum á milli aðila.



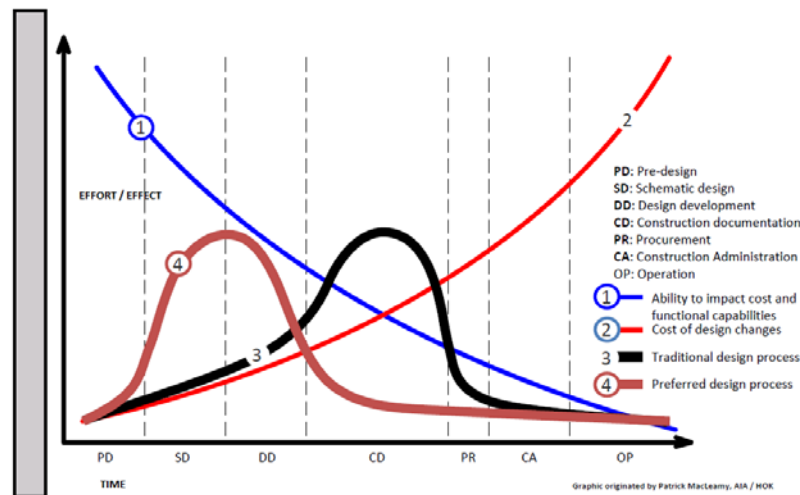
Mynd 1: Hefðbundin samskipti vs. BIM samskipti

BIM ferli gefur tækifæri á að skipuleggja og byggja mannvirki í sýndarveruleika, áður en stórar, dýrar og tímafrekar skuldbindingar og ákvarðanir eru teknar. Í sýndarveruleikanum felast margir ávinningar fyrir verkefnið. (Pikas et al., 2011)

Eastman et al. (2008) og Kehmlani (2009) hafa skráð helstu breytingar í ferlinu, sem eru:

- Aukin skuldbinding og verkleg þekking ásamt aukinni færni hönnunarteymisins.
- Þróun verk- og deiliteikninga á sér stað fyrr en í venjulegu ferli.
- Teymi staðsett á sama stað innan verkefnis. (parallell design)
- Samningsákvæði „to share pain and gain“
- Innleiðing á nýju hlutverki, svo sem BIM verkefnastjóra.

BuildingSMART nefnir að BIM sameinar mismunandi upplýsingar sem notaðar eru áfram í verklega framkvæmd, í eitt starfsumhverfi, sem minnkar þörf á hinum ýmsu pappírsskjölum. Einnig er tekið fram að gæði samskipta milli fagaðila verkefnis, er afar mikilvægur þáttur, til að ná fram skilvirkri notkun á BIM.



Mynd 2: Macleany kúrvan<sup>4</sup>

Macleany kúrvan (mynd 2), sýnir muninn á hefðbundnu hönnunarferli og ákjósanlegu hönnunarferli. Lárétti ásinn tákna tíma og lóðrétti ásinn áhrifin. *Dökkbláa línan* merkt 1, sýnir möguleikann á því að hafa áhrif á kostnað, *dökkrauðalínan*, merkt 2, sýnir kostnað á hönnunarbreytingum. *Svarta línan*, merkt 3, sýnir hefðbundið hönnunarferli og *ljósrauða*, merkt 4, ákjósanlegt hönnunarferli.

Til að taka upp BIM ferli, þurfa þeir meginþættir að vera til staðar, oft nefndir BIM þríhyrningurinn, en þeir eru, ferli (e. *process*), hugtök (e. *terms*) og tækni (e. *technology*)

**Ferli:** Information Delivery Manual (IDM) er staðall fyrir ferli, frá BuildingSMART, sem tengja BIM ferli saman við viðeigandi viðskiptaferli. Með því að notast við IDM, öðlast aðilar verkefnis yfirsýn yfir hvaða upplýsingum á að skila og hvað þarf að vera til staðar. Einnig útvegar IDM aðilum verkefnis útlistun á því hverju og hvaða upplýsingum á að skila á tilteknum tímamarki.

**Hugtök:** International Framework for Dictionaries (IFD) er gagna orðabók, sem dregur saman ólík sett af gögnum í sameiginlega mynd af verkefninu, óháð því hvort upplýsingarnar koma frá framleiðanda eða hönnuði.

**Tækni:** Industry Foundation Classes (IFC) er skráarsnið sem gerir aðilum kleift að skiptast á og deila upplýsingum. Þessi gögn er hægt að opna og nota áfram í mismunandi hugbúnaði og þannig byggja ofan á verkefnið á sama gagnagrunni. Uppýsingarnar sem IFC inniheldur, samanstanda af gögnum frá faggreinum sem koma að mannvirki á líftíma þess. Raunvirðið liggur í því hve opið skráarsniðið er og gerir aðilum það fært að skiptast á og deila BIM upplýsingum milli hugbúnaða og forrita. Með þessu verður IFC stökkpallur til að leysa þau vandkvæði sem snúa að samvirkni í byggingariðnaði.

<sup>4</sup> <http://simonbyng.wordpress.com/2013/08/15/engaging-structural-engineers-in-the-bim-process/>

Gagnasamskipti í BIM ferli eiga sér stað í gegnum allan líftíma mannvirkisins. Þessi gögn eru búin til og stjórnað með hæfum hugbúnaði, sem oftast notar þrívídd til að binda saman upplýsingar, form, rými, magn og eiginleika mannvirkisins. Líkanið sem framleitt er, þjónar sem gagnagrunnur, sem veitir nákvæmar, rafrænar upplýsingar um hönnun, framleiðslu, framkvæmd, verkefnastjórnun, flutningaferli, byggingarefni og orkuhermun. Einnig eru líkönin prófuð á mismunandi mælikvarða, og á þeim gerðar ýmsar prófanir, svo sem orkuhermanir og árekstrargreiningar. Allt þetta hjálpar til að koma auga á mögulega árekstra á hönnunarstiginu, sem leiðir af sér ákjósanlegra hönnunarferli sbr. fyrrnefnda Macleamy kúrfu (mynd 2). Þetta hefur einnig í för með sér betra framkvæmdaferli, þar sem magntaka verður nákvæmari, sem og verk- og kostnaðaráætlanir. Samkvæmt Succar (2009) finna allir hagsmunaaðilar byggingariðnaðarins fyrir breytingum, bæði tæknilegum breytingum og verklagsbreytingum.

## 2.3 BIM ávinningar

Sá ávinningur sem skapast innan áætlanagerðar þegar BIM aðferðafræðinni er beitt eru margir og er óhætt að segja að listinn sé ekki tæmandi. Með bættum BIM studdum hugbúnaði og bættri vinnslu getu tölvubúnaðs ættu möguleikar BIM að aukast (Sacks et al. 2010b)

Með því að innleiða BIM, minnkar áhætta, hönnunar markmiðum er betur viðhaldið, gæðastjórnun er straumlínulaga, samskipti eru skýrari og betra aðgengi er að hugbúnaði til að framkvæma hinar ýmsu greiningar (CRC for Construction Innovation, 2007a).

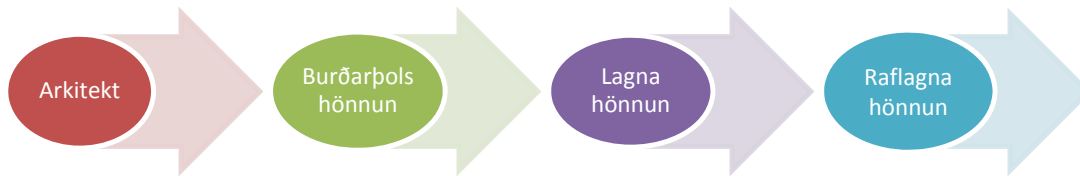
Samkvæmt Hardin (2009) þá er BIM ekki lengur í bernskuskónum, heldur er BIM aðferðafræðin búin að sanna sig með því að ná fram hagkvæni og með því að innleiða nákvæmara verkalag. Önnur áhrif eru: minni hætta á að upplýsingar tapist milli hönnuða, verkefnastjórnunar og framkvæmdateymis, þar sem allir aðilar hafa aðgang að sama líkani/upplýsingum á sama tíma.

BIM studdur hugbúnaður veitir nákvæmar og samræmdar teikningar af hvaða ásýnd sem er (Eastman et al. 2008) sem leiðir af sér tímasparnað þar sem ætla má að villur verði færri en við hefðbundið CAD (Computer Aided Design) hönnunarferli (Pikas et al. 2011).

### 2.3.1 BIM ávinningur hönnuða:

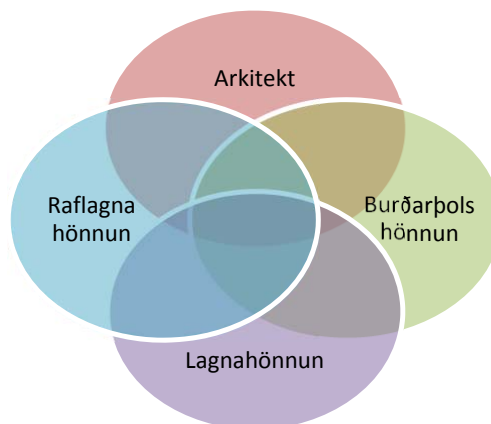
Eins og fram hefur komið, er BIM ferli töluvert frábrugðið hefðbundnu CAD hönnunarferli. Hefðbundið hönnunarferli einkennist af takmörkuðum samskiptum á milli hönnunaraðila. Arkitekt er ábyrgur fyrir sinni hönnun, og er oftast hans hönnun lokið þegar burðarþolshönnuður byrjar fyrir alvöru á sinni hönnun. Eftir það þarf arkitekt oft á tíðum að breyta sinni hönnun í samræmi við það. Því næst fer lagnahönnun og raflagnahönnun af stað, þar sem aftur þarf að samræma og breyta í teikningum, bæði hjá burðarþolshönnuðum og arkitektum. Samskipti eru lítil og einkennast ekki af samvinnu og samræmingu hönnunarteymisins. Samræming er einnig erfið yfirferðar og tímafrek. Mjög auðvelt er að yfirsjást þegar ýmis kerfi rekast á eða göt í steypu er ekki nógu stór/lítill. Á hönnunartímanum geta orðið ýmsar breytingar oft tilkomnar frá verkkaupa, sem sá ekki hlutina eins greinilega fyrir sér fyrr í ferlinu. Þegar hönnun er að ljúka, byrjar vinna við

verklýsingar, magntöku, kostnaðar- og verkáætlanir. Þessi gögn eru í engum tengslum við þá teiknivinnu sem þegar er orðin og þarf því að vinna þessi gögn útfrá teikningunum.



Mynd 3: Samskipti hönnuða í hefðbundnu hönnunarferli

Aðferðafræði BIM dregur hönnunarteymið saman til að vinna að lausninni. Fyrst er hönnunarteymið sameinað þar sem IDM er unnið ásamt tímaáætlun og vörður eru ákveðnar fyrir verkefnið. Ákveðið er á hvaða IFC staðli aðilar eiga að skila sínum líkönum á og einnig hversu oft hönnunarfundir eigi sér stað og hvenær minni og/eða stærri árekstrargreiningar eiga sér stað. Síðan hefst hönnunarvinnan. Magntökur og kostnaðaráætlanir er hægt að draga beint úr hönnunarforritum. Verkáætlanir og verklýsingar er tengdar við líkönin eða unnin í öðrum forritum



Mynd 4: Samskipti hönnuða í BIM ferli

þar sem IFC skráin myndar gagnagrunninn. Ef breytingar eiga sér stað, er farið í frumskrána, hönnuninni breytt og ný IFC skrá gefin út, og aðrar tölur breytast sjálfkrafa. Í hefðbundnu ferli, hefði þurft að fara inn í hverja teikningu og breyta, laga til málsetningar og uppfæra verk- og kostnaðaráætlanir.

Til að halda utan um samræmingu á milli hönnuða, eru gerðar árekstrargreiningar. Hönnuðir gera árekstrargreiningar hjá sér miðað við síðustu útgáfu af líkani. Einnig er gerðar nákvæmari árekstrargreiningar fyrir hönnunarfundi, þá á milli allra fagaðila. Á þessum fundum er einnig mikilvægt að farið sé yfir þá árekstra sem finnast og ákveðið hvaða fagaðili lagar áreksturinn. Þetta leiðir af sér nákvæmari hönnunargögn í betri gæðum. Einnig verður ferlið hraðara og skilvirkara, þar sem hönnuðir eru að vinna á sama grundvelli í nánara samspili, með auðveldu aðgengi að upplýsingum. Þessi gögn eru einnig nákvæmari á öðrum vettvangi. Líkönin er hægt að lesa inn í ýmis greiningarforrit, t.d. orkunotkun, þar sem hægt er að reikna áætlaða orkunotkun mannvirkisins. Ef sú spá reynist of há, er hægt að skoða hönnunarforsendur betur og draga etv. úr

orkunotkun. BIM forrit styðjast mörg hver við þrívídd, sem gerir hönnuðum auðvelt fyrir að setja hönnunar markmið sín fram á sjónrænan máta, sem eykur skilning á verkefninu, bæði hjá hönnuðum, verktökum og verkkaupa. Þetta leiðir af sér færri hönnunarbreytingar, sem aftur leiðir af sér styttri hönnunartíma og þá betri hönnunarlausnir. Til að draga þessa punkta saman í eina heild er helsti ávinningur hönnuða af aðferðafræði BIM dregin saman hér:

- Hraðara og skilvirkara hönnunarverkefni þar sem upplýsingum er auðveldlega deilt á rafrænan hátt.
- Betri hönnun: Þar sem hægt er að framkvæma greiningar og hermanir á tiltölulega auðveldan hátt, þar sem hægt er að spá fyrir um frammistöðu mannvirkis á mismunandi mælikvörðum og í framhaldi af því bæta hönnunarlausnir til að ná fram betri frammistöðu.
- Stjórnun lífsferliskostnaðar og gögn tengd umhverfispáttum. Frammistaða mannvirkis er fyrirsjáanlegri og aukin skilningur er á lífsferliskostnaði.
- Þjónusta við viðskiptavin eykst þar sem nákvæmari sjónræn gögn eru til staðar til útskýringar á hönnun og útliti.

Kunz og Gilligan (2007) benda á tölulega ávinninga í rannsókn sinni sem byggist á 32 BIM verkefnum:

- 40% minni kostnaður sem hlýst af völdum breytinga
- Nákvæmni kostnaðaráætlana innan við 3%
- 80% minni tími í að útbúa kostnaðaráætlanir
- 10% sparnaður í gegnum árekstrargreiningar
- Framkvæmdatími styttest um 7%

Hönnuðir hafa mikinn ávinning af því að innleiða aðferðafræði BIM. Verktakar og verkkaupar njóta einnig ávinnings af því að innleiða BIM í áæltanagerð, þó þeir sjálfir noti ekki aðferðafræðina. Gæði vörunnar sem verið er að framleiða aukast samhliða því að kostnaður minnkar og tími sparast.

## 2.4 BIM innleiðing:

Innleiðing á nýrri aðferðafræði er bæði kostnaðarsöm, tímafrek og krefst mikilla breytinga. Það eru aðallega tvær tegundir drifkrafts sem fær aðila til að taka af skarið og innleiða BIM hjá sér: Krafa viðskiptavinar annars vegar, ytri þrýstingur og tækifærið á þeim hagnaði og ávinningi sem fylgir BIM hins vegar. Verkkaupi eða eigandi fasteingarinnar er sá aðili sem hagnast mest á því að aðferðafræðin sé notuð.

Coates et al. (2010) fjalla um hvernig BIM innleiðing á sér stað í gegnum fjögur stig.

**Stig 1:** Athugun og greining á núverandi ferlum.

- Ferlagreining á núverandi ferlum.
- Kerfisgreining framkvæmd.
- Greining og gagnrýni hagsmunaaðila.

- Bera kennsla á samkeppnishæfi aðferðafræði BIM.

**Stig 2:** Greina hagnað á skilvirkni BIM innleiðingar.

- Helstu eiginleikar BIM innleiðingar og skilvirkni skýrast eftir stig 1 og þarf að bera kennsl á það.

**Stig 3:** Hanna nýja viðskiptaferla og innleiða nýja tækni.

- Útfæra nánari stefnur, skjalfesta betri ferla og verkferla, bera kennsla á lykiltölur í frammistöðu.
- Skrásetja innleiðingaráætlun BIM

**Stig 4:** Innleiðing BIM

- Leiðsöguverkefni BIM í þremur mismunandi verkefnum, eldra verkefni, núverandi og væntanlegu verkefni, þjálfar starfsmenn og aðra hagsmunaaðila, móta og bæta fyrirtækjastefnu, getu og skrásetja.

**Stig 5:** Endurskoðun verkefna, dreifingu og samþætting í stefnuáætlun.

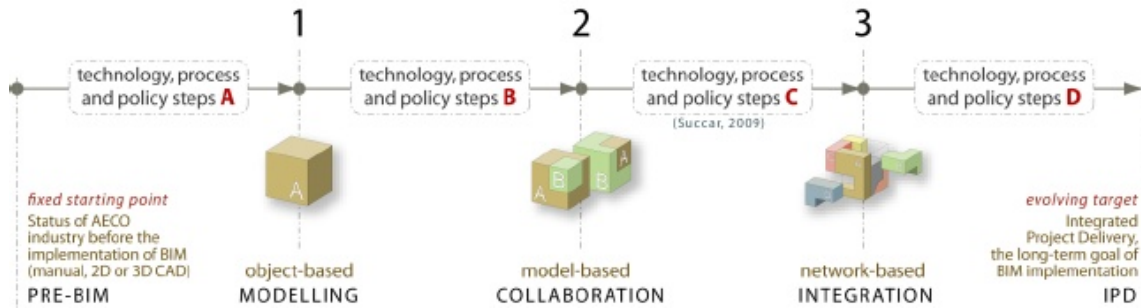
Hardin (2009) bendir á 10 skref sem hægt er að nota til hliðsjónar þegar innleiða á BIM. Til að byrja með er ráðlagt að þróa einfalda yfirlýsingu um BIM og hvernig það fellur að markmiðum stofnunarinnar og hverjir notkunarmöguleikarnir eru í framtíðinni. Mikilvægt er að stuðningur eiganda sé fyrir hendi og þar sem ákvarðanir um fjáráætlanir og útgjöld þarf að taka samhlíða kaupum á hugbúnaði, tölum og þjálfun starfsfólks. Skrefin eru eftirfarandi:

1. Tilgreina BIM stjórnanda.
2. Þróa kostnaðar- og tímaáætlun yfir innleiðinguna og hvenær notkun á að hefjast.
3. Þróa samþættingaráætlun.
4. Byrja smátt.
5. Halda BIM stjórnanda þjálfuðum.
6. Styðja við stjórnandann með því að stofna BIM deild.
7. Halda við áætlanir, en halda sveigjanleika.
8. Útbúa leiðbeiningar og kennslufni
9. Greina innleiðinguna.
10. Vakta nýjan hugbúnað og nýja tækni í iðnaðinum.

Eins og fram hefur komið, er í mörg horn að líta við innleiðingu BIM. Hingað til hefur innleiðing BIM á Íslandi að mestu beinst að hönnuðum. Rannsóknir hafa sýnt að hönnuðir erlendis hafa verið leiðandi í innleiðingu BIM, en nýjustu rannsóknir benda til þess að verktakar eru að taka við sér og eru að ná hönnuðum (McGraw-Hill Construction 2007).

Þegar innleiðing á BIM hefst, byrjar fyrsta BIM þroskastigið að þróast. Til að geta stutt við innleiðingu BIM er mikilvægt að fylgjast með þróun BIM þroskans, og vera meðvitaður um hvaða aðgerðir hjálpi innleiðingu áfram upp stigann (mynd 5). BIM þroskastigin eru þrjú, og enda í Intergrated Project Delivery (IPD), sem er langtíma markmið BIM innleiðingarinnar (Succar, 2009).





Mynd 5: BIM þroskastig, Succar (2009)

Þau lönd sem standa fremst í innleiðingu BIM í Evrópu eru Noregur og Finnland og hafa þessi lönd skilgreint sig í þroskastigi tvö, þó nær þriðja stigi. Samkvæmt íslenskri rannsókn var staða BIM á Íslandi á milli þroskastigs 1 og 2 lok árs 2011 (Kjartansdóttir, 2011).

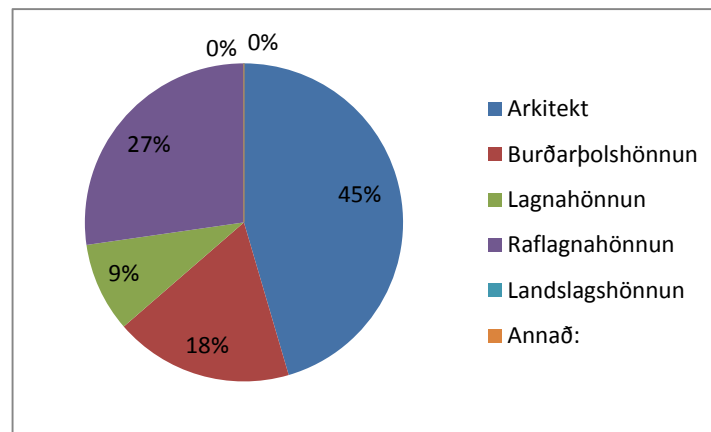
Í þessum kafla hefur aðferðafræði BIM verið skilgreind og aðferðin borin saman við hefðbundið hönnunarferli. Ávinningur sem hlýst af aðferðafræðinni hefur verið dreginn fram og gerð skil, einkum þó atriðum sem snúa að hönnuðum og áætlanagerð. Fjallað hefur verið um hvaða nálgun er talin heppilegust við innleiðingu á nýrri aðferðafræði og lítillega fjallað um þroskastig BIM.

### 3 Tölfræðileg rannsókn

Þessi kafli fjallar um niðurstöður könnunarinnar. Fyrst verður úrtakinu lýst og í framhaldi af því tölfræðilegar niðurstöður kynntar og túlkaðar. Svarendur voru beðnir ymist um að raða svarmöguleikum eftir mikilvægi, eða spurðir um viðhorf gagnvart fullyrðingum á 5 stiga Likert kvarða. Í lok hvers kafli eru niðurstöður dregnar saman og ályktanir út frá þeim settar fram.

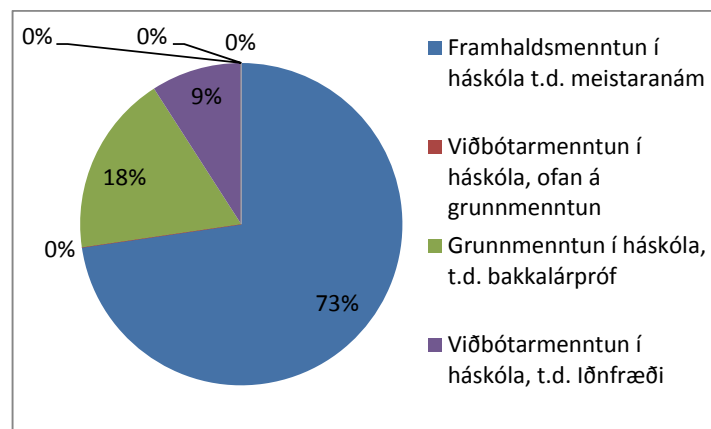
#### 3.1 Bakgrunnur svarenda

Könnunin var send til allra tengiliða hönnuða sem hannað hafa eftir aðferðafræði BIM hjá FSR, eða samtals 43 aðila. 20 aðilar svöruðu rannsókninni, sem gerir svarhlutfall 47%. Arkitektar voru 45% svarenda, burðarþolshönnuðir 18%, lagnahönnuðir 9% og raflagnahönnuðir 27% (Mynd 6).



Mynd 6: Fagsvið svarenda

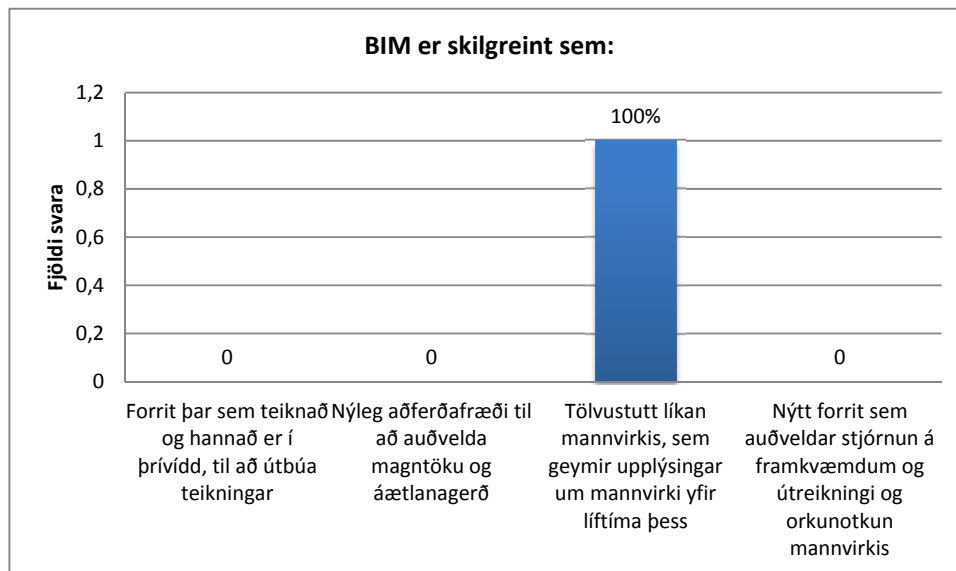
Af þeim sem svöruðu, hafa 73% lokið meistaraþrófi í Háskóla, 18% lokið bakkalárþrófi og 9% hafa lokið diplómanámi í Háskóla (Mynd 7).



Mynd 7: Menntun svarenda

### 3.2 Hluti 1. BIM þekking

Markmið fyrsta hluta könnunarinnar var að kanna þekkingu á BIM. Lagðar voru fram spurningar um skilgreininguna á BIM og einnig voru svarendur beðnir að meta hvaða þáttur væri mikilvægastur í BIM. Allir svarendur vissu skilgreininguna á BIM (Mynd 8).



Mynd 8: BIM er skilgreint sem:

Svo virðist sem þeir sem vinna með BIM telji *aukin gæði í hönnunargögnum* og *vel uppbyggð líkón* vera þau atriði sem skipta hvað mestu máli fyrir notkun BIM. Þar á eftir virðist *samræmi á milli líkana* skipta máli, því næst *upplýsingaflæði frá hönnuðum til verktaka*. Minna mikilvægt er *þrívíddarteikningin sjálf*, hversu *auðvelt það er að framleiða teikningarnar* og að *byggingahlutar eru uppbyggðir og skírðir eftir skilgreindu kerfi*. Hinsvegar virðist sem *greining á orkuþörf mannvirkis* og *notkun IFC gagnasamskiptastaðalsins* vera atriði sem skipta hvað minnstu máli fyrir notendur BIM í þessu úrtaki (Tafla 1).

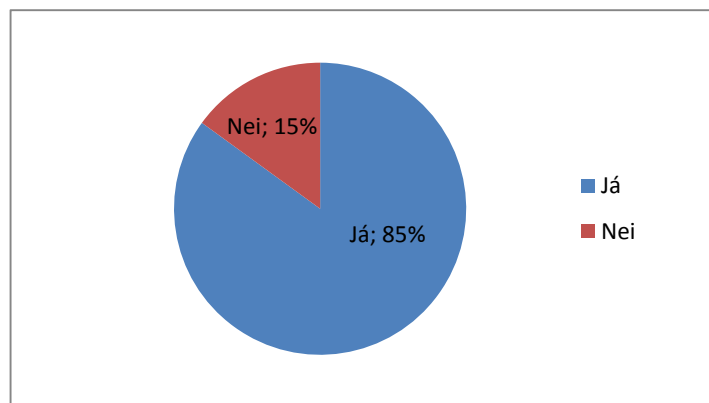
Tafla 1: Hvað af eftirtöldu telur þú að sé mikilvægasti þátturinn í BIM?

	Mikilvægast	2	3	4	5	Minnst mikilvægast
Aukin gæði í hönnunargögnum	50%					
Vel uppbyggð líkón	40%					
Samræming á milli líkana		40%				
Upplýsingaflæði frá hönnuðum til verktaka			35%			
Þrívíddarframsetning				30%		
Auðvelt að framleiða teikningar					25%	
Byggingarhlutar uppbyggðir og skírðir eftir skilgreindu kerfi					25%	
Greiningar á orkuþörf mannvirkis						40%
IFC notaður til samskipta						30%

Niðurstöður benda til þess að svarendur þekkja vel til skilgreiningarinnar á BIM. Hinsvegar ef horft er til þeirra þátta sem svarendur telja vera mikilvægasta í BIM, stangast þeir þættir við þá þætti sem teljast mikilvægastir miðað við fræðilega umfjöllun í kafla 2.

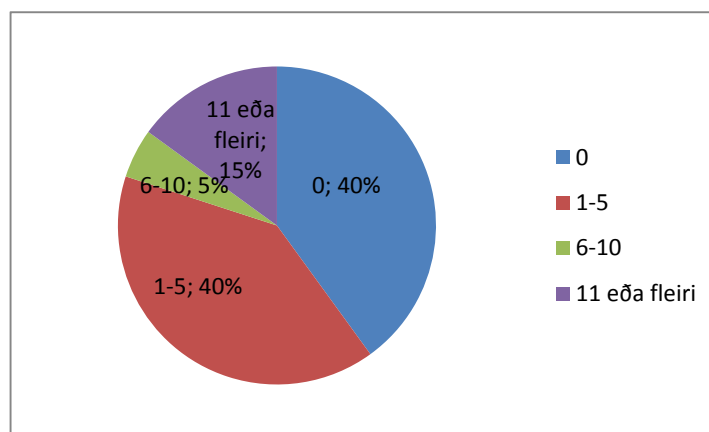
### 3.3 Hluti 2: BIM reynsla

Til að varpa ljósi á það hvort frumkvæði FSR um að hannað sé eftir BIM aðferðafræðinni hafi borið árangur voru svarendur spurðir hvort þeir hafi unnið aftur eftir BIM aðferðafræðinni, eftir að hafa unnið að verkefni FSR, um fjölda BIM verkefna áður en FSR verkefnið var unnið, og einnig um heildartölu BIM verkefna. 85% svarenda, eða 17 manns, unnu aftur eftir BIM, en aðeins 15% svarenda, 3 manns, segjast ekki hafa unnið aftur eftir BIM (Mynd 9).

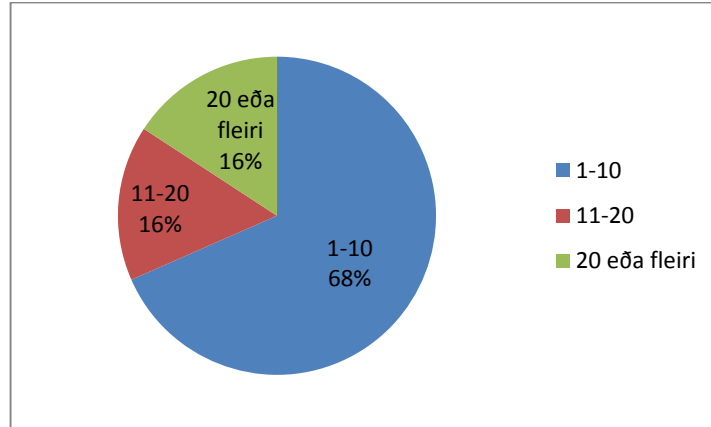


Mynd 9: Fjöldi þeirra sem hefur unnið aftur eftir BIM aðferðafræðinni

Reynsla hönnuða fyrir FSR verkefnið var könnuð og kom í ljós að 40% svarenda hafði aldrei áður unnið eftir aðferðafræði BIM, 40% höfðu unnið 1-5 verkefni, 5% 6-10 verkefni og 15% svarenda hafði unnið að 11 eða fleiri verkefnum (Mynd 10).



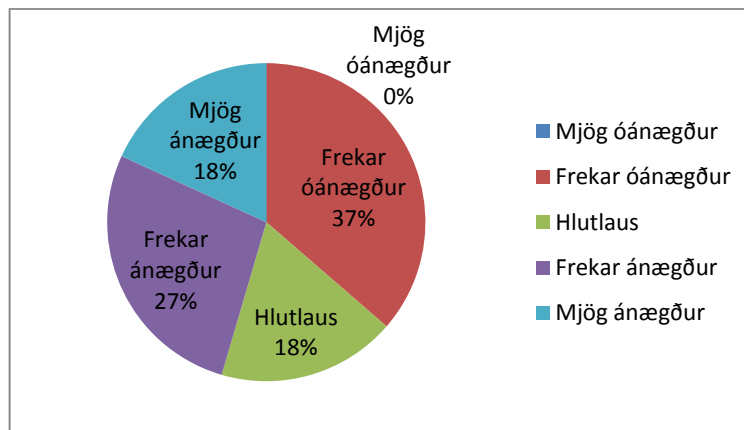
Mynd 10: Fjöldi BIM verkefna, áður en verkefnið hjá FSR var unnið



Mynd 11: Hversu mörg verkefni hafa verið unnin í heildina eftir BIM, hjá þínu fyrirtæki

Einnig var kannað hver heildar tala BIM verkefna væri (Mynd 11), til að gefa skýrari mynd á BIM reynslu svarenda. 68% svarenda hafa unnið 1-10 verkefni eftir BIM aðferðafræðinni í heildina, 16% 11-20 verkefni og 16% hafa unnið í 20 eða fleiri BIM verkefnum.

Svarendur voru spurðir út í það hversu ánægðir þeir væru með BIM reynslu sína (Mynd 12). 45% svarenda eru ánægðir, 18% hlutlausir og 37% óánægðir.



Mynd 12: BIM ánægja

Svarendur gátu svarað opinni spurningu um það hvað þeim fyndist vera veikleiki eða takmörkun ef einhver í BIM? Svörin voru eftirfarandi:

„Slæma reynslan af BIM lítur ekki að BIM hugsuninni, heldur vanþekkingu flestra hönnunaraðila og óraunsæum kröfum verkkaupa (FSR) til innleiðingar á BIM í verkum á þeirra vegum.“

„Óhagkvæmt í smærri verkum. Fer e.t.v. að borga sig í verkum yfir 10.000 m<sup>2</sup>.“

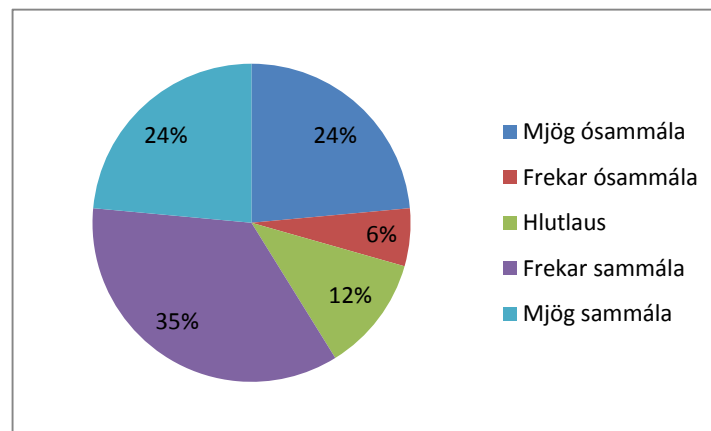
„T.d. gerð járnateikninga, endurtekning sérstakra deila og sniða.“

*„Það er svo auðvelt að samræma hluti upp á millimetra en það er ekki endilega raunhæft þar sem aðrir hlutir geta haft mikil áhrif, s.s. skekkja í uppsteypu, annar búnaður notaður í verkið en hönnun o.s.frv.“*

Af þessum niðurstöðum má draga þá ályktun að reynsla hönnuða var ekki mikil áður en tekist var á við verkefnið fyrir FSR, en 40% svarenda hafði ekki unnið eftir BIM aðferðafræðinni áður, og 40% höfðu unnið 1-5 verkefni áður. Svo virðist sem einhver aukning hafi orðið í BIM verkefnum svarenda, þó segjast 32% hafa unnið að fleiri en 11 verkefnum. Þar sem 85% svarenda segist hafa unnið aftur að BIM verkefni eftir BIM verkefni FSR, má draga þá ályktun að FSR hafi að einhverju leyti átt þátt í því að hönnuðir hefji hönnun eftir aðferðafræði BIM. Hönnuðir virðast hafa misgóða reynslu af BIM.

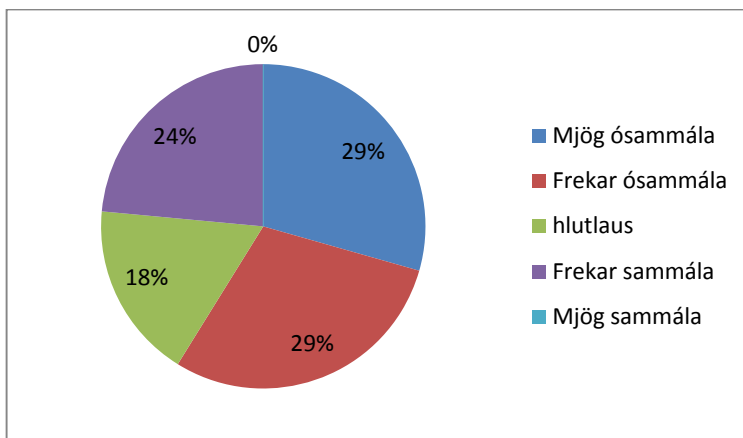
### 3.4 Hluti 2: BIM notkun:

Í þessum kafla er leitast eftir því að svara í hvaða mæli hönnuðir eru farnir að nýta sér aðferðafræði BIM e.t.v. gefa vísbendingu hvar FSR ætti að beita sér til að styðja enn frekar við innleiðingu BIM hjá hönnuðum.



Mynd 13: Öll ný verkefni hjá mínu fyrirtæki eru unnin eftir BIM:

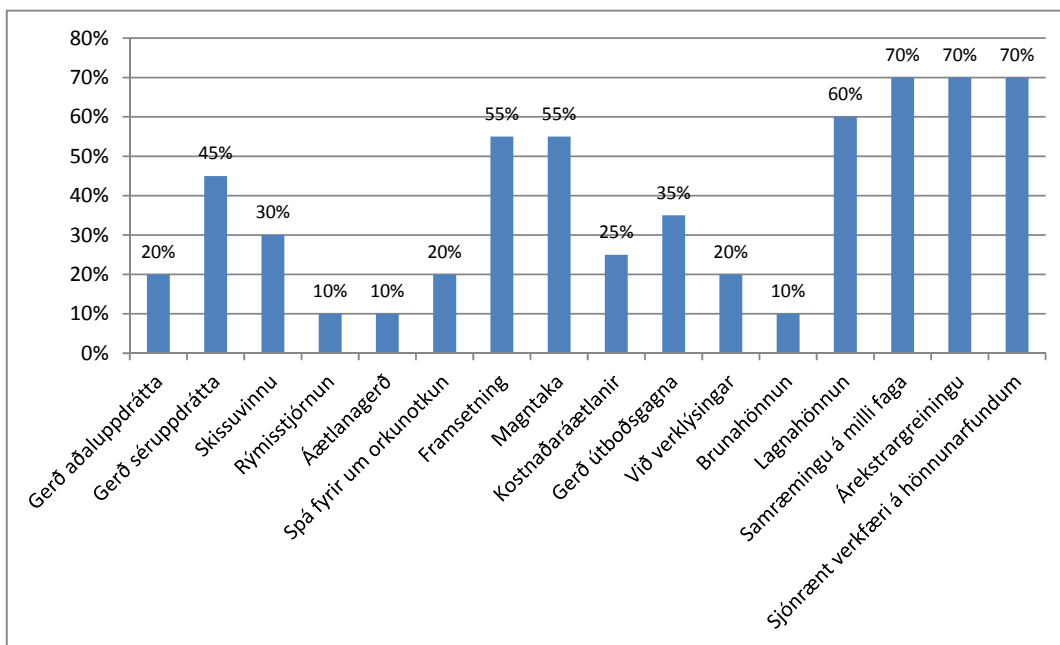
Til að varpa ljósi á hvort BIM sé almennt notað í verkefnum hönnuða, voru svarendur spurðir hversu líklegt þeir teldu að BIM væri notað í nýjum verkefnum hjá sínu fyrirtæki. 59% svarenda telur það líklegt að öll ný verkefni séu unnin eftir BIM, 12% er hlutlaus en 30% eru ósammála því (Mynd 13).



Mynd 14: Öll verkefni tengd endurnýjun og viðhaldi hjá mínu fyrirtæki eru unnin eftir BIM

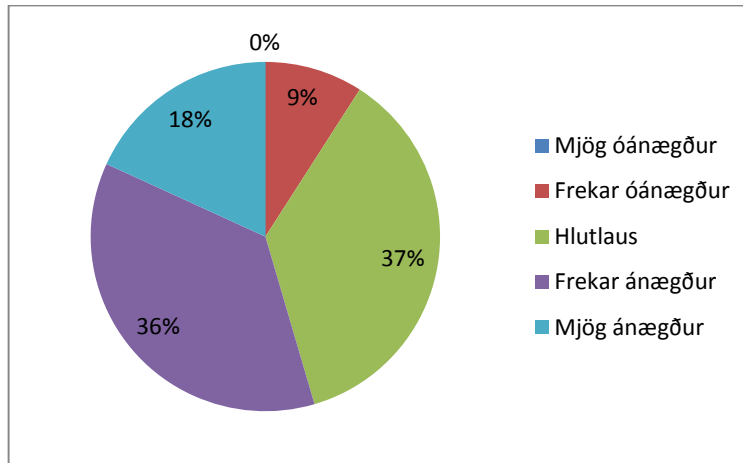
Þegar svarendur eru spurðir út í það hvort þeir telji líklegt að verkefni tengd endurnýjun og viðhaldi verði unnin eftir aðferðafræði BIM, eru 24% svarenda sammála því, 18% hlutlaus en 58% eru ósammála því (Mynd 14).

Til að varpa ljósi á það í hvaða mæli svarendur notast við BIM, voru þeir beðnir um að merkja við þá verkþætti þar sem BIM væri notað í þeirra fyrirtæki .



Mynd 15: Verkpættir þar sem BIM er notað

Svarendur eru mest að að notast við BIM sem *sjónrænt verkfæri á hönnunarfundum*, *árekstrargreiningu og samræmingu á milli faga*, þar á eftir koma verkþættir eins og *lagnahönnun*, *magntaka* og *framsetning*. Einnig er BIM notað við *gerð séruppdráttar og gerð útboðsgagna*. Minnst er BIM notað við *gerða aðaluppdráttar*, *rýmisstjórnun*, *áætlanagerð*, *spá fyrir um orkunotkun*, *við verklýsingar* og *brunahönnun* (Mynd 15).



Mynd 16: Hversu ánægður ertu með BIM hugbúnaðinn sem þú notar

Svarendur virðast vera ánægðir með þann BIM hugbúnað sem þeir nota, sem gefur til kynna að þekking þeirra á hugbúnaðinum sé góð (Mynd 16).

Svarendur höfðu einnig tók á því að svara opinni spurningu varðandi veikleika eða takmörkun, ef einhver, á þann BIM hugbúnað sem þeir nota. Svörin voru eftirfarandi:

„Samskipti milli Revit og annarra BIM forrita.“

„Notum MAgiCAD ofan á AutoCAD, takmörkunin sem við finnum mest fyrir er að geta ekki importað IFC frá öðrum forritum.“

„Mjög seinlegt að vinna með það teikniforrit sem notað er þ.e. Revit.“

„Forrit hafa enn þann galla að hafa ekki upp á mikinn sveigjanleika að bjóða þegar aðferðir eru annars vega, þ.e. mjög erfitt getur verið að ná fram nákvæmlega því sem verið er að sækjast eftir vegna galla í forritum.“

„Allt tekur lengri tíma, fólk hættir til að spá í hlutum sem skipta ekki máli, krefjandi fyrir tölvubúnað og þ.a.l. meiri bið eftir vinnslu. Teikningarnar verða almennt verri og ólæsilegri en t.d. í AutoCAD.“

Af þessum niðurstöðum má draga þær ályktanir að svarendur sé jákvæðir gagnvart því að ný verkefni séu unnin samkvæmt aðferðafræði BIM, en minna jákvæðir gagnvart verkefnum tengdum endurnýjun og viðhaldi. Niðurstöðurnar gefa enn fremur til kynna að hönnuðir eru að nýta sér BIM í nokkrum mæli, en sú vinna nær þó ekki þroskastigi 2, miðað við umfjöllun í fræðilegum kafla númer 2.

### 3.5 BIM innleiðing:

Til að meta hvort ætlun FSR að innleiða BIM í áætlanagerð hafi tekist, voru svarendur spurðir nokkurra spurninga til fá fram afstöðu þeirra til innleiðingar BIM. Svarendur voru spurðir hver væri mikilvægasta ástæðan fyrir því að BIM væri notað í þeirra fyrirtæki (tafla 2).



Tafla 2: Ástæður þess að BIM sé notað í mínu fyrirtæki

	Mjög mikilvægt	2	Minna mikilvægt
Verkkaupi krefst þess		41%	
Það felst í því mikill tímasparnaður	59%		
Hönnunargögn verða nákvæmari	59%		
Aðrir í hönnunarteyminu fara fram á það			53%

Svarendur telja tímasparnað og nákvæmari hönnunargögn vera mikilvægustu ástæðuna fyrir því að vinna eftir aðferðafræði BIM, því næst vegna kröfu verkkaupa og síst ef aðilar hönnunarteymis krefjast þess (Tafla 2). Að þessu má draga þá ályktun að ávinningur aðferðafræði BIM sé meiri drifkraftur í innleiðingu á BIM hjá hönnuðum, frekar en krafa verkkaupa eða annarra aðila hönnunarteymis.

Einnig var spurt tveggja opinna spurninga, þar sem svarendum gafst tækifæri á að koma til skila hvað hafði gengið vel hjá BIM Ísland og hvað mætti bæta. Svörin eru birt hér á eftir.

Hvaða þætti hjá BIM Ísland (FSR) telur þú hafa gengið vel í innleiðingu BIM á Íslandi? Svörin voru eftirfarandi:

„Kynning á möguleikum BIM hugmyndafræðinnar og vinna við gerð handbókar í fyrirmynd Senate hefur gengið ágætlega.“

„Sá þáttur hönnunar sem nær til arkitektúrs.“

„Að koma þessu af stað...“

Hvaða þætti, hjá BIM Ísland (FSR) mætti helst bæta, er varðar innleiðingu BIM á Íslandi? Svörin voru eftirfarandi:

„Eftirfylgni og þekking aðila innan FSR að stýra verkum. FSR á ekki að keyra innleiðingu í verkefni með því að þvinga hönnunaraðila til að skila gögnum sem FSR virðist ekki hafa þekkingu til að yfirfara og stýra. Góð BIM handbók fyrir verkefni sem enginn fer eftir gerir ekkert gagn. Kröfur um aukin hönnunargögn samhliða kröfum um ódýrari hönnun fer heldur ekki saman.“

„IFC er ekki að gera góða hluti til að koma upplýsingum á milli hönnuða í hönnunarteymi.“

„Upplýsa verkfræðinga betur um þau gæði og þann tímasparnað sem felst í því að nota BIM“

„Að setja upp vefsvæði fyrir sameiginlegt líkan við hönnun. Helsti kostur þess að vinna í þessum heimi er að ekki er t.d. hægt að henda byggingahlutum út ef það er í sameiginlegu líkani en þegar hver er að vinna í sínu horni er jafnvel erfiðara að gera sér grein fyrir hvað hefur breyst heldur en á AutoCAD grunnmynd.“

Þessar niðurstöður benda til þess að svarendur sjái ávinning af því að vinna eftir BIM aðferðafræðinni og telji þá mikilvægari ástæður fyrir því að innleiða BIM, í stað kröfu frá verkkaupa og/eða annarra aðila hönnunarteymisins.

## 4 Niðurstöður

Í þessum kafla verður farið yfir þær niðurstöður sem könnunin leiddi í ljós og rannsóknarspurningum svarað. Fjallað um hver næstu skref FSR í innleiðingarmálum eru og ..

### 4.1 Hefur krafa FSR um BIM í áætlanagerð orðið til þess að hönnuðir innleiði BIM hjá sér?

40% hönnuða höfðu aldrei unnið eftir aðferðafræði BIM og 85% hönnuða gerðu það aftur. Það má því segja að krafa FSR um BIM í áætlanagerð hafi borið árangur, þar sem hátt hlutfall svarenda segist hafa unnið aftur eftir BIM. Aðaldrifkrafturinn virðist þó ekki vera þrýstingur frá verkkaupa, heldur sá árangur og ávinningur sem hönnuðir sjá af því að hanna eftir aðferðafræði BIM.

Því má segja að, já, krafa FSR hafi orðið til þess að hönnuðir hefji innleiðingu BIM hjá sér, en haldi innleiðingunni *áfram* í næstu verkefni vegna þessa ávinnings sem BIM gefur.

### 4.2 Að hvaða marki eru hönnuðir að nýta sér BIM?

Svo virðist sem hönnuðir fullnýti ekki möguleikana sem BIM hefur upp á að bjóða. Þeir verkþættir sem hönnuðir segjast mest nýta sér, eru verkþættir sem snúa að samræmingu á milli fagaðila. Þetta telst mjög jákvæð niðurstaða þar sem samræming á milli fagaðila er einn af þeim verkþáttum sem gefur af sér góðan ávinning, bæði til verkefnisins og til verkkaupa. Næstu verkþættir eru lagnahönnun, framsetning og magntaka.

Eðlilegt mætti telja að aðaluppdrættir hefðu mælst hærra, þar sem hönnuðir þurfa enn að skila inn teikningum í tvívídd til bygginganefndar, en aðeins 20% svarenda segjast nota BIM til að framleiða aðaluppdrætti, en 45% svarenda eru arkitektar. Athyglisvert er að hlutfall kostnaðaráætlana, áætlanagerðar, og gerð útboðsgagna er fremur lágt, eða 35% eða lægra.

Hönnuðir voru einnig beðnir að meta mikilvægi nokkur þátta í BIM. Þar kom á óvart sú niðurstaða að hönnuðir virðast nokkuð sammála um að notkun IFC staðalsins skiptir minnstu máli. Þessi niðurstaða getur þýtt að það vanti dýpri þekkingu á BIM og skilning á mikilvægi IFC. Einnig bendir sú niðurstaða til að mikilvægi upplýsingaflæðis á milli hönnuða og verktaka mælist í meðallagi mikilvægt.

Að þessum niðurstöðum má draga þær ályktanir að hönnuðir séu enn á BIM þroskastigi 1-2, þó nær stigi 2, þar sem farið er að bera meira á samræmingu á milli fagaðila.

Niðurstöður benda einnig til þess að rík þörf sé fyrir því að styðja enn frekar við bakið á hönnuðum, með því að efla dýpri þekkingu á aðferðafræði BIM, hvernig ferlið er uppbyggt og hversu öðruvísi það er miðað við hefðbundið hönnunarferli. Í því sambandi er mikilvægt að ýta undir og efla samskipti og samvinnu milli hönnuða og jafnvel verktaka líka.

### 4.3 Lokaorð

Rannsókn þessi nær eingöngu til BIM verkefna FSR og aðeins til hönnuða. Þar af leiðandi geta niðurstöður ekki orðið nákvæmar og lýsandi fyrir allan byggingariðnaðinn á Íslandi, þó þær gefi vísbendingu um það stöðuna.

Rannsóknin leiddi í ljós jákvætt viðhorf gagnvart BIM aðferðafræðinni og gaf í skyn vilja hönnuðar til að fræðast meira og læra af reynslunni.

Rannsóknin mun einnig nýtast FSR við að bæta úr og gera betur, nú þegar innleiðing í verklegar framkvæmdir er komin af stað, og seinna þegar innleiðing í rekstur fasteigna hefst.

## Heimildaskrá

- Coates, P. Arayici, Y., Koskela, L. and Kagioglou M. (2010). *The key performance indicators of the BIM implementation process*. Hlaðið niður frá:  
[http://usir.salford.ac.uk/9551/5/ID\\_15\\_camera\\_ready.pdf](http://usir.salford.ac.uk/9551/5/ID_15_camera_ready.pdf)
- CRC Construction Innovation. (2007). *Adopting BIM for Facilities Management: Solutions for Managing the Sydney Opera House*. Cooperative Research Center for Construction Innovation, Brisbane, Australia. Hlaðið niður frá: <http://eprints.qut.edu.au/27582/>
- Charter for the National Building Information Model (BIM) Standard Project of the buildingSMART alliance. (2008). Hlaðið niður í desember 2011 frá:  
[http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/NBIMS\\_Charter.pdf](http://www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/NBIMS_Charter.pdf)
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. and Liston, K. (2008). *BIM handbook: A guide to building information modelling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. New Jersey: John Wiley and sons, Inc.
- Gallaher, M. P., O'Connor, A., Dettbarn, J. L., Gidlay, L. T., (2004). *Cost analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capilal Facilities Industry*. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg iðurhal desember 2013 frá:  
<http://fire.nist.gov/bfrlpubs/build04/PDF/b04022.pdf>
- Hardin, B. (2009). *BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows*, Wiley Publishing, Inc. Indianapolis, Indiana.
- Khemlani, L. (2009). *Sutter Medical Castro Valley: Case Study of an IPD project*. AECBytes "Building the future" Hlaðið niður desember 2011frá:  
[http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2009/Sutter\\_IPDCaseStudy.html](http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2009/Sutter_IPDCaseStudy.html)
- Kunz, J. and Gilligan, B. (2007). *Value from VDC/BIM use: Survey results – November 2007*. Stanford: Center for Integrated Facility Engineering. Hlaðið niður desember 2011 frá :  
<http://www.stanford.edu/group/CIFE/VDCSurvey.pdf>
- McGraw-Hill Construction. (2007). *SmartMarket Report: Interoperability in the construction industry*. McGraw-Hill Construction, Bedford, MA.
- McGraw-Hill Construction. (2009). *SmartMarket Report: the business value of BIM*, McGraw-Hill Construction, Bedford, MA.
- Pikas, E., Koskela, L., Sapountzis, S., Dave, B. and Owen, R. (2011). *Overview of building information modelling in healthcare projects*. Hlaðið niður desember 2012 frá:  
[http://usir.salford.ac.uk/18379/1/2011\\_Pikas\\_Overview\\_of\\_Building\\_Information\\_Modelling\\_in\\_Healtcare\\_Projects,\\_Pikas\\_E.,\\_Koskela\\_L.,\\_Sapountzis\\_S.,\\_Dave\\_B.,\\_and\\_Owen\\_R.\\_21.05.2011.pdf](http://usir.salford.ac.uk/18379/1/2011_Pikas_Overview_of_Building_Information_Modelling_in_Healtcare_Projects,_Pikas_E.,_Koskela_L.,_Sapountzis_S.,_Dave_B.,_and_Owen_R._21.05.2011.pdf)
- Robson, C. (2002). *Real world research*, (2nd edition). Malden: Blackwell Publishing Ltd.

Sacks, R., Dave, B. A., Koskela, L. & Owen, R. (2010a). *Analysis framework for the interaction of lean and building information modeling*. Journal of Construction Engineering and Management, 136(9), 968

Succar, B. (2009). *Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders*. Automation in Construction, 18(3), 357-375.

