



**BS ritgerð  
í viðskiptafræði**

**Líftímakostnaður bygginga**

Hvað er líftímakostnaður og hver er ávinningur af notkun hans?

**Daníel Finnbogason**

Leiðbeinandi: Ásta Dís Óladóttir, dósent

Maí 2021



**HÁSKÓLI ÍSLANDS**  
**FÉLAGSVÍSINDASVIÐ**

---

VIÐSKIPTAFRÆÐIDEILD

## **Líftímakostnaður bygginga**

***Hvað er líftímakostnaður og hver er ávinningur af notkun hans?***

Daníel Finnbogason

Lokaverkefni til BS-prófs í viðskiptafræði

Leiðbeinandi: Ásta Dís Óladóttir, dósent

Viðskiptafræðideild

Félagsvísindasvið Háskóla Íslands

Maí 2021

Líftímakostnaður bygginga.

Ritgerð þessi er 12 eininga lokaverkefni til BS-prófs við  
Viðskiptafræðideild, Félagsvísindasviði Háskóla Íslands.

© 2021 Daníel Finnbogason

Ritgerðina má ekki afrita nema með leyfi höfundar.

Reykjavík, 2021

## Formáli

Ritgerð þessi er 12 ETCS eininga B.Sc. lokaverkefni við viðskiptafræðideild á Félagsvísindasviði Háskóla Íslands. Markmið verkefnisins var að skoða líftímakostnað bygginga og þá kosti sem hann hefur í för með sér.

Leiðbeinandi ritgerðarinnar var Ásta Dís Óladóttir, dósent við Háskóla Íslands, og vil ég þakka henni kærlega fyrir góða leiðsögn og þá aðstoð og stuðning sem hún veitti mér við gerð þessarar ritgerðar. Að auki vil ég þakka henni fyrir að hafa komið mér í samband við Framkvæmdasýslu ríkisins en þar fékk ég tækifæri til þess að fara í starfsþjálfun haustið 2020 þar sem áhuginn kviknaði á viðfangsefni þessarar ritgerðar, greiningu á kostnaði bygginga. Þá vil ég þakka Guðrúnu Ingvarsdóttur forstjóra fyrir að gera þessa starfsþjálfun og samstarf að veruleika. Einnig vil ég þakka Framkvæmdasýslu ríkisins fyrir auðfengna aðstoð og aðgang að gögnum og þá sérstaklega Önnu Maríu Ágústsdóttur sem var mér innan handar og var minn tengiliður við fyrirtækið. Enn fremur vil ég þakka þeim viðmælendum sem gáfu sér tíma í þau viðtöl sem tekin voru. Að lokum vil ég þakka mínum nánustu fyrir þolinmæði og stuðning á meðan skrifum stóð.

## Útdráttur

Í þessari ritgerð er líftímakostnaður bygginga skoðaður og leitast er eftir að svara spurningunni: hvað er líftímakostnaður og hver er ávinningur af notkun hans? Líftímakostnaður byggingar er heildarkostnaður við byggingu og rekstur húsnæðis frá upphafi til enda. Jákvætt er að sjá þær breytingar sem hafa orðið í meðhöndlun mannvirkja. Áhersla á að skoða verkefni frá upphafi til enda með tilliti til umhverfisáhrifa er jákvætt skref fram á við.

Markmið ritgerðarinnar er að rannsaka þann ávinning sem fylgir notkun líftímakostnaðar og greiningu á honum. Ritgerð þessi er heimildaritgerð þar sem notast var við fræðilegar heimildir og aðsend gögn en einnig voru tekin hálfstöðluð viðtöl við aðila tveggja opinbera fyrirtækja sem hafa reynslu af viðfangsefninu. Spurningarnar voru samdar með það í huga að fá innsýn inn í notkun líftímakostnaðsgreininga og hugmyndir um hvernig hefur gengið að innleiða það á Íslandi.

Niðurstöður benda til þess að almennt hafi gengið vel að innleiða líftímakostnað á Íslandi og að notkun líftímakostnaðsgreininga á byggingar og byggingarhluta skili efnahagslegum og umhverfisvænum ávinningi og sé að leysa af hólmi aðferðir eins og að horfa eingöngu til lægsta stofnkostnaðar. Greining viðtala leiddi einnig í ljós jákvætt viðhorf til líftímakostnaðar. Í ljósi jákvæðs viðhorfs til líftímakostnaðsgreininga gæti verið fróðlegt fyrir stofnanir að mæla og halda utan um árangur þessara aðferðar og safna reynslutölum.

## Efnisyfirlit

Formáli .....	4
Útdráttur .....	5
Efnisyfirlit .....	6
Myndaskrá .....	7
1 Inngangur.....	8
2 Líftímakostnaður bygginga .....	9
2.1 Saga og þróun.....	12
2.2 Norski staðallinn NS 3454 .....	15
2.2.1 Byggingarkostnaður .....	16
2.2.2 Umsýslukostnaður .....	17
2.2.3 Rekstrarkostnaður.....	17
2.2.4 Viðhaldskostnaður .....	17
2.2.5 Endurbætur og breytingar .....	18
2.3 Aðferðir við útreikning .....	18
2.4 Gögn fyrir útreikninga á líftímakostnaði .....	20
2.5 Útreikningur .....	21
3 Ávinningur af LCC.....	23
3.1 Umhverfissjónarmið .....	24
3.2 Hindranir.....	26
4 Aðferðafræði .....	27
5 Niðurstöður.....	28
5.1 Sparnaður og umhverfið .....	28
5.2 Efnisval.....	28
5.3 Kostnaðargreining .....	29
5.4 Framtíðarhorfur.....	30

6 Lokaorð .....	31
Heimildaskrá .....	33
Viðauki – Viðtalsspurningar .....	37

## **Myndaskrá**

Mynd 1. Líftímakostnaður bygginga .....	9
Mynd 2. Munurinn á WLC og LCC .....	10
Mynd 3. Samhengið milli árlegs, líftíma, lífsferils og árskostnaðar .....	16
Mynd 4. Formúla fyrir afsláttarstuðul .....	21
Mynd 5. Formúla fyrir líftímakostnað .....	21
Mynd 6. Formúla fyrir árskostnaðarstuðul .....	22

## 1 Inngangur

Mikilvægi þess að draga úr umhverfisáhrifum vöru og þjónustu hefur verið mikið rætt í gegnum tíðina og hafa mörg hugtök, verkfæri og aðferðir verið þróaðar til að stuðla að því. Eitt slíkt hugtak er Lífsferilsstjórnun (e. Life Cycle Management, LCM) sem er litið á sem samansafn af verkfærum og aðferðum með það að markmiði að lágmarka umhverfisáhrif vara og þjónusta yfir líftíma þeirra. Eitt þessara verkfæra er Líftímakostnaður (e. Life Cycle cost, LCC) sem er aðferð til að reikna út kostnað yfir líftíma vöru eða þjónustu (Kambanou, 2020).

Líftímakostnaður bygginga og greining á honum hefur verið notuð um allan heim og hefur verið að ryðja sér til rúms á Íslandi og er horft í auknum mæli í þessa greiningu við hönnun bygginga (Erlendur Fjelsted, e.d.). Í skýrslu um áherslur og viðmið í húsnæðismálum stofnana, gefið út af hinu opinbera í desember 2020, er komið inn á líftímakostnað sem lið sem á að huga sérstaklega að (Fjármála- og efnahagsráðuneyti, 2020). Er það í takt við þær áherslur sem við sjáum í nágrannalöndum þar sem farið er að horfa meira til þess að greina líftímakostnað fyrir allar stærri framkvæmdir í stað þess að horfa eingöngu til stofnkostnaðar.

Tilgangur þessarar ritgerðar er að kynna og vekja athygli á líftímakostnaði og gagnsemi hans þegar horft er til kostnaðar mannvirkis yfir líftíma þess. Tekin verða viðtöl við einstaklinga úr atvinnulífinu sem munu veita upplýsingar um líftímakostnað bygginga og deila sinni reynslu. Einnig verður unnið með aðsendar heimildir og heimilda sem aflað er á netinu. Í þessari ritgerð verður fyrst fjallað um líftímakostnað, sögu hans og notkun líftímakostnaðargreininga en Noregur hefur verið fremstur í flokki Norðurlandþjóða í notkun líftímakostnaðsgreininga. Skoðuð verður líftímakostnaðsgreining og þær stærðir sem í hana koma. Margt þarf að gæta við greiningu og mikilvægt að allur kostnaður sé innifalin í greiningunni. Skoðað verður reynsla hina Norðurlandþjóðanna í líftímakostnaðsgreiningu. Að auki verður farið yfir þann ávinning sem fylgir líftímakostnaðsgreiningum. Einnig verður farið yfir reynslu héraðs af notkun líftímakostnaðsgreininga. Rætt verður við fagaðila úr atvinnulífinu sem hafa reynslu af LCC. Að lokum verða niðurstöður ræddar og túlkaðar.



## 2 Líftímakostnaður bygginga

Til að þeir fjármunir sem settir eru í verkefni nýtist sem best verður að meta allan þann kostnað sem fellur á verkefnið frá upphafi til enda eða yfir líftíma þess. Byggingariðnaðurinn hefur verið að taka breytingum síðustu ár þegar kemur að mannvirkjagerð og að mæta væntingum og þörfum viðskiptavina. Þar sem áður var lögð áhersla á lágan stofnkostnað er nú sett meiri athygli í að skoða kostnað yfir líftíma byggingar. Kaupendur vilja byggingar sem geta sýnt fram á fjárhagslegt virði til langs tíma litið (Heralova, 2018).

Til að aðlagast þessum breytingum og svara þörfum viðskiptavina hefur hugtakið líftímakostnaður verið notað. Líftímakostnaður er heildarkostnaður við byggingu og rekstur húsnæðis frá upphafi til enda og hefur að geyma allan þann kostnað sem verður til á líftíma byggingar og þau útgjöld sem verða til yfir notkunartímann og þangað til að byggingin verður rifin (Standard Norge, 2000).

**Mynd 1. Líftímakostnaður bygginga**



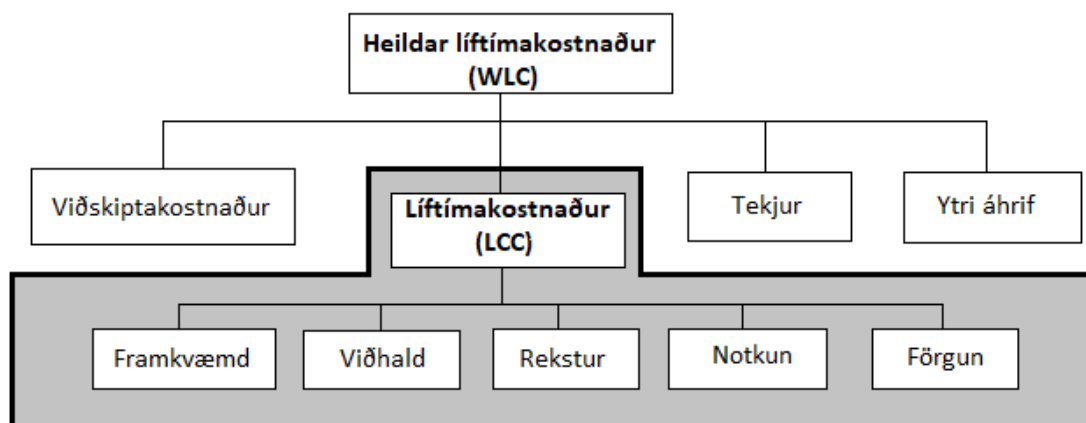
(Erlendur Fjelsted, e.d.)

Til að meta þennan kostnað eru gerðar líftímakostnaðsgreiningar eða LCC greiningar. En þar er borið mat á mismunandi valkosti til að ná markmiðum viðskiptavinarins og fundin er hagkvæmasta lausnin fyrir bygginguna út líftíma hennar. Með LCC greiningu er

meðal annars hægt að gera samanburð á mismunandi valkostum í hönnun, vali á byggingarefni og tæknikerfum. En einn af kostum greiningarinnar er að hægt er að meta heildarkostnað á frumstigi verkefnis, áður en endanleg hönnun byggingar hefst og gefur það eigendum byggingarinnar betri yfirsýn yfir raunverulegan árskostnað út áætlaðan líftíma byggingarinnar (Heralova, 2018). Hægt er að beita greiningunni á bygginguna í heild sinni eða á einstaka hluta eða efni sem byggingin er smíðuð úr. LCC greining er lykilatriði í alþjóða sjónarmiði stjórnvalda og fjárfesta að þau mannvirki sem við útvegum og notum séu að skila betri fjárhagslegu virði og séu umhverfisvænni en þau mannvirki sem byggð voru með það að sjónarmiði að lágmarka stofnkostnað (Davis Langdon, 2007).

Noregur hefur verið leiðandi í LCC greiningum af Norðurlöndunum. Árið 2001 voru lög um opinber innkaup endurskoðuð í Noregi og síðan þá hefur það verið skylda að huga að LCC sjónarmiðum á skipulagsstigi í framkvæmdum á öllum stærri opinberum byggingum (Bjørberg, 2005). Svein Bjørberg prófessor í aðstöðustjórnun í Norska háskólanum í vísindum og tækni í Brándheim hefur verið leiðandi í þróun alþjóðlegra og skandinavískra staðla fyrir LCC og hlaut verðlaun frá Norwegian Facilities Management Association (NBEF) árið 2015 fyrir framtak sitt í húsnæðisstjórnun (Bjørberg, 2015). Í Englandi og Kanada er hugtakið heildar líftímakostnaður (e. Whole Life Cost, WLC) gjarnan notað frekar en Life Cycle Cost (LCC).

**Mynd 2. Munurinn á WLC og LCC**



(Liapis o.fl., 2014)

Á mynd 2 má sjá muninn á hugtökunum en WLC er talið hafa víðtækari merkingu en LCC þar sem WLC tekur tillit til kostnaðar sem er ekki hluti af byggingarkostnaði eins og viðskiptakostnaður og tekjur frá sölu. Auk þess tekur WLC tillit til ytra umhverfis og

samfélagslegs kostnaðar (Liapis o.fl., 2014). Í öðrum atvinnugreinum er gjarnan notað hugtakið heildarkostnaður við eignarhald (e. total cost of ownership) (Ellram, 1993).

Á Íslandi hafa EFLA, Reykjavíkurborg og Framkvæmdasýsla ríkisins starfað að því saman að innleiða LCC á Íslandi. Verkefnið hófst árið 2010 og var markmiðið að staðfæra norskt LCC-reiknilíkan fyrir íslenskar aðstæður og var einnig ákveðið að þýða norska LCC staðalinn NS 3454 (Erlendur Fjelsted, e.d.). Stefnur stjórnvalda eru í auknum mæli að stuðla að notkun á LCC en evrópsk tilskipun um innkaup frá 2014 kynnir notkun LCC sem verðlaunaviðmið í samkeppnisútbóði í samræmi við lágsta verð eða besta verð/gæði hlutfall (*Opinber innkaup og niðurfellingu tilskipunar 2004/18/EB*, Tilskipun 2014/24). Einnig settu dönsk stjórnvöld fram nýja reglugerð um opinberar framkvæmdir sem skyldar alla opinbera aðila, auk sveitarfélaga, til að gera LCC greiningar á verkefnum sem eru yfir ákveðnum mörkum (Haugbølle & Raffnsøe, 2019).

## 2.1 Saga og þróun

Hönnun bygginga hefur í gegnum tíðina miðað að því að lágmarka stofnkostnað án tillits til annars kostnaðar. Upp úr 1930 fóru menn að uppgötva að rekstrarkostnaður bygginga svo sem viðhald, orku og stjórnunarkostnaður væri að hafa veruleg áhrif á fjárhag umráðamanns byggingarinnar (Bull, 1993).

Sögu LCC greininga má rekja til Bandaríkjanna um miðjan sjöunda áratuginn þar sem Varnarmálaráðuneyti Bandaríkjanna notaði LCC greiningu við innkaup á búnaði fyrir herinn, þar sem þeir komumst að því að yfirtökukostnaður var aðeins lítil hluti af heildarkostnaði fyrir vopnakerfin á meðan að rekstrar og viðhaldskostnaður nam allt að 75% af heildarkostnaði (Asiedu og Gu, 1998). The Royal Institution Of Chartered Surveyors (RICS) kynnti upplýsingaþjónustu fyrir viðhalds og rekstrarkostnað bygginga árið 1971 en aðgengi að slíkum upplýsingum gerði eigendum bygginga kleift að meta mögulegan viðhalds og rekstrarkostnað út líftíma byggingarinnar (Ashworth, 2004). Árið 1977 birti Breska iðnaðarráðuneytið skjalið „Lífsferilskostnaður við stjórnun eigna“ sem var leiðarvísir fyrir aðferðina og þar kom fram ein af fyrstu skilgreiningunum á LCC (Heralova, 2017). Síðan 1977 hefur víða verið greint frá LCC, þar sem mismunandi útfærslur og tegundir af aðferðum við greiningu á LCC hafa verið kynntar og um 1992 var LCC orðið kunnuglegt hugtak í byggingariðnaðinum (Heralova, 2017).

Hugtakið LCC hefur verið samþykkt sem breskur staðall síðan 1992. LCC skilgreiningin var endurskoðuð árið 2000 og felld inn í ISO 15686 Part 1 – Service life planning. En eftirfarandi lýsing á LCC greiningu kemur frá ISO 15686: „Aðferð sem gerir aðilum kleift að gera samanburðarkostnaðarmat yfir tiltekin tíma, að teknu tilliti til allra efnahagslegra þátta sem skipta máli bæði hvað varðar stofnkostnað og framtíðar rekstrarkostnað“ (ISO 15686-5, 2017).

Í handbókinni Siðareglur fyrir LCC greiningar (e. Code of practise for Life Cycle Cost) gefin út af. Atlandshafsbandalaginu – rannsókna og tæknisamtök árið 2009 er LCC greiningum líst á eftirfarandi hátt: „LCC greining er öflug aðferð sem styður við greiningarferli stjórnenda og gerir þeim kleift að taka hagkvæmustu ákvarðanirnar um þá valkosti sem eru kynntir þeim á mismunandi stigum lífsferilsins“ (NATO, 2009).

Fabrycky og Blanchard (1998) lýsa LCC sem „öllum þeim kostnaði sem tengist vörunni, kerfinu eða mannvirkinu yfir skilgreindan líftíma hennar“ (Fabrycky og Blanchard, 1998).

Í gegnum tíðina hafa margir rannsakendur og fræðimenn haft áhuga á að reikna út bestu leiðina til að ráðstafa fjármagni með því að áætla þann kostnað sem fellur til yfir líftíma vöru, þjónustu, verkefnis, fjárfestinga o.s.frv. Þau mismunandi sjónarhorn og markmið á bak við LCC hafa leitt í ljós mikið af mismunandi skilgreiningum á hugtakinu (Huppés o.fl., 2004).

ISO 15686-5 staðalinn nær yfir aðalatriði, meginreglur, ferla og útreikninga fyrir LCC. (ISO 15686-5, 2017). Hins vegar er munur á þeirri aðferðafræði sem notuð er fyrir LCC í byggingariðnaðinum og þar með, árið 2006, skipaði framkvæmdastjórn Evrópusambandsins byggingarráðgjafa fyrirtækið Davis Langdon að taka að sér það verkefni að hanna sameiginlega Evrópska aðferðafræði fyrir LCC greiningar í byggingariðnaðinum. Ráðist var í verkefnið og farið var yfir ýmsar ástæður hvers vegna þörf þótti á að hanna aðferðafræði fyrir LCC greiningar í byggingariðnaðinum í Evrópu. Ein ástæðan var að bæta samkeppnishæfni byggingariðnaðarins og önnur var að auka vitund iðnaðarins um áhrif umhverfismarkmiða LCC. Einnig var markmið að bæta hagræðingu til langs tíma og tryggja áreiðanleika upplýsinga um verkefni, forspáraðferðir og áhættumat (David Langdon, 2007).

Tilgangur aðferðafræðinnar er að veita almennan ramma fyrir sameiginlega og stöðuga notkun LCC víðs vegar um Evrópu án þess að koma í stað landssérstækra aðferða og ákvörðunarlíkana. Aðferðarfræðin beinist fyrst og fremst að opinberum aðilum í byggingariðnaði og verkefnaráðgjöfum þeirra, en getur jafnframt verið notað af einkageiranum, þeirra viðskiptavinum, ráðgjöfum og af verktökum (Davis Langdon, 2007).

Langdon telur að LCC ferlið feli í sér sömu röð lykilskrefa við allar kringumstæður:

- 1. Skilgreina markmið fyrirhugaðrar LCC greiningar.**
- 2. Frummat á breytum og kröfum fyrir greininguna.**
- 3. Staðfesting á kröfum um verkefni og aðstöðu.**
- 4. Safnað saman kostnaðar og árangurstengdum gögnum.**
- 5. Framkvæma greiningu, endurtaka eftir þörfum.**

## **6. Túlka og greina frá niðurstöðum.**

Hvort sem LCC sé notað til að hjálpa við ákvarðanatöku í gegnum lífsferil byggingar eða til að skoða og greina ákveðið tímabil á lífsferlinum er hægt að nota sömu lykilskrefin (Davis Langdon, 2007).

## 2.2 Norski staðallinn NS 3454

Ásamt ISO 15686-5 staðlinum sem komið var inn á hér áðan er vert að benda á Norska staðallinn NS 3454 sem hefur verið þýddur á íslensku og fær nafnið, líkt og norski staðallinn: *Lífsferilskostnaður bygginga - Skilgreiningar og flokkun*. Staðallinn er ætlaður opinberum og einkaaðilum í byggingariðnaðinum og er öflugt hjálpartæki í LCC greiningum. Staðallinn er hægt að nota í öllum stigum byggingar og við stjórnun, rekstur, viðhald og þróun. En lýsing á stefnumörkun staðalsins hljómar svo:

Staðallinn gildir um allar tegundir bygginga og byggingarluta. Staðallinn er hjálpartæki til að gera forsögn og hanna bygginguna. Einnig til að meta umsýslu, rekstur, viðhald og endurbætur (URVE).

Staðallinn er hægt að nota við áætlanagerð og meta kostnaðinn vegna:

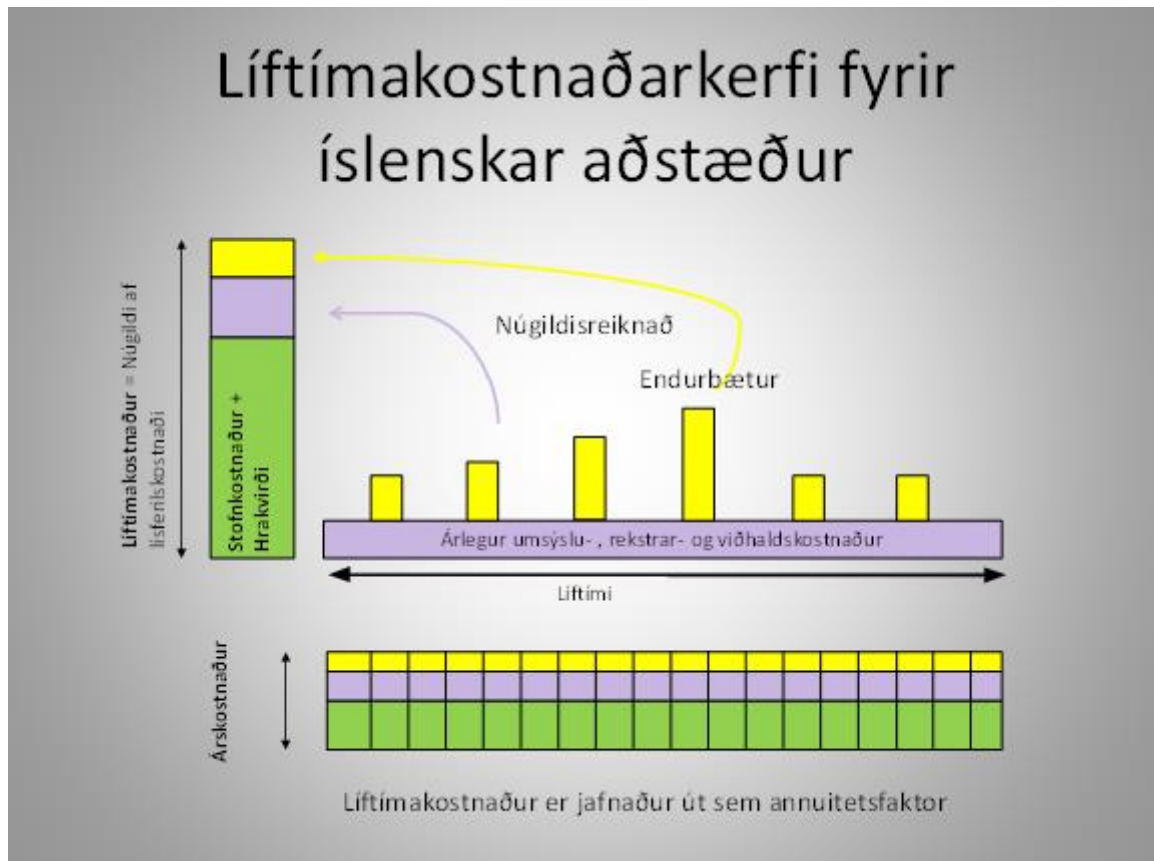
- Undirbúningur, forsögn og hönnun
- Framkvæmd
- Notkun

Einnig er hægt að nota kostnaðarútreikninga samkvæmt Standard Norge (2000) til að meta mismunandi fjárfestingarkosti eins og val á ólíkum útfærslum, endurbygging eða viðbygging, bættur eða breyttur rekstur eða val á byggingarefni, íhlutum og kerfum (Standard Norge, 2000).

Staðallinn fer yfir og útskýrir samhengið milli árlegs kostnaðar, lífsferilskostnaðar, líftímakostnaðar og árskostnaðar. Mynd 3 lýsir samhengi kostnaðarhugtakanna þar sem árlegur kostnaður inniheldur umsýslu, rekstrar, viðhalds og endurbótakostnað (URVE) yfir allan líftíma byggingarinnar. Lífsferilskostnaður inniheldur heildar URVE kostnað sem ræddur var hér á undan en tekur einnig tillit til stofn- og förgunarkostnaðs/hrakvirðis. Þar með hefur náðst heildarkostnaður verkefnis. Til að finna út líftímakostnað er lífsferilskostnaður núvirtur eða í öðrum orðum samtala byggingarkostnaðs og núvirðing af öllum útgjöldum vegna umsýslu, rekstrar, viðhalds og endurbóta (URVE). Með því að núvirða þessa kostnaðarliði er komin raunhæfari mynd af heildarkostnaði verkefnisins. Árskostnaður er síðan föst árleg greiðsla vegna líftímakostnaðar. Árskostnaður reiknast sem jöfn greiðsla á núvirði (Standard Norge, 2000).

Miðað er við að allar upphæðir séu reiknaðar á föstu verðlagi og að framtíðar útreikningar þurfa ekki að taka mið af hækkandi verðlagi (Standard Norge, 2000).

Mynd 3. Samhengið milli árlegs, líftíma, lífsferils og árskostnaðar



(Erlendur Fjelsted, e.d.)

Enn fremur skilgreinir staðallinn fimm aðal kostnaðarflokka sem síðan er hægt að skipta upp í undirflokka.

### 2.2.1 Byggingarkostnaður

Byggingarkostnaður er samtala stofn- og förgunarkostnaðar. Stofnkostnaður inniheldur kostnaðarliði á borð við undirbúnings, hönnunar, framkvæmda, búnaðar og lóðarkostnað. En samanlagðar greiðslur verkkaupa vegna þessa kostnaðarliða eru reiknaðar á föstu verðlagi. Einnig telst fjármagnskostnaður, í formi vaxta á byggingartíma, til stofnkostnaðar (Standard Norge, 2000). Förgunarkostnaður er núvirtur kostnaður við niðurrif byggingar að loknum notkunartíma hennar. Einnig tekur förgunarkostnaður tillit



til kostnaðs vegna frágangs á umhverfinu, flokkun, flutning, endurvinnslu og geymslu (Standard Norge, 2000).

### **2.2.2 Umsýslukostnaður**

Kostnaður vegna opinberra gjalda, trygginga og stjórnunarkostnaðar. Dæmi um gjaldaliði eru fasteignagjöld, skattar og skyldutryggingar. Staðallinn bendir á að þó að hluti kostnaðar sé rekstartengdur skal hann færður sem umsýslukostnaður (Standard Norge, 2000).

### **2.2.3 Rekstrarkostnaður**

Fastur og breytilegur kostnaður sem kemur að rekstri byggingarinnar. Þar ber að nefna:

- Orkunotkun
- Þrif
- Vatn og fráveita
- Sorp
- Öryggisgæsla

Margir kostnaðarliðir koma inn í rekstrarkostnað og er þetta ekki tæmandi listi. Má bæta við að rekstrarkostnaður inniheldur einnig ófyrirséð viðhald, skemmdir o.fl. (Standard Norge, 2000).

### **2.2.4 Viðhaldskostnaður**

Reglubundið viðhald byggingar og endurnýjun. Kostnaður sem er nauðsynlegur til þess að viðhalda upprunalegu horfi byggingarinnar á notkunartíma hennar. Reglubundið viðhald er sú vinna sem þarf að framkvæmda til þess að eignin tapi ekki upphaflegum gæðum, t.d. endurmálun, endurnýjun á búnaði eða byggingarhluta sem hefur styttri líftíma en sjálf byggingin. (Standard Norge, 2000).

### 2.2.5 Endurbætur og breytingar

Kostnaður við endurbætur og breytingar á byggingunni til þess að fullnægja kröfum frá notandanum, markaðnum eða yfirvöldum. Dæmi um gjaldaliði eru rif á milliveggjum, opinberar kröfur og tilskipanir, gæða aukning s.s. skipta yfir í ljósleiðara (Standard Norge, 2000).

### 2.3 Aðferðir við útreikning

Þær aðferðir sem notaðar eru til að reikna út líftímakostnað taka tillit til þess kostnaðar sem varið er í dag og þeim sem varið er í framtíðinni. Þar með er nauðsynlegt að taka tillit til tímavirði peninga í útreikningum. Tímavirði peninga fjallar um hvernig bera má saman peningaupphæðir sem falla til greiðslu á mismunandi tíma (Fjármálhugtök, 2021).

Sú aðferð sem er hvað mest notuð við að meta líftímakostnað byggingar er núvirðisaðferðin (e. net present value) og er gjarnan horft til lægsta núvirts kostnaðar þegar bornir eru saman valkostir (Heralova, 2014). En núvirðisaðferðin er notuð til að reikna hvers virði framtíðar greiðsluflæði sé á verðlagi dagsins í dag miðað við ákveðna ávöxtunarkröfu. Ef sá útreikningur reynist jákvæður er innflæði af fjármagni meira en útflæði og er gert ráð fyrir arðbæru verkefni. Ávöxtunarkrafa eru þeir vextir sem fjárfestir gerir kröfu um til ávöxtunar á fé sínu á ársgrundvelli yfir líftíma verkefnisins (Fjármálhugtök, 2021).

Þó svo að núvirðisaðferðin sé mest notuð sem matsaðferð fyrir LCC, benda fræðin á fleiri matsaðferðir sem hafa hver sína kosti og galla. Farið verður yfir sex helstu matsaðferðirnar fyrir LCC, kosti þeirra og galla og í hvaða tilgangi er hægt að nota þær. Ekki verður farið í núvirðisaðferðina þar sem hún var rædd hér að ofan. Endurgreiðslutími er aðferð sem reiknar þann tíma sem það tekur að endurgreiða upphaflegu fjárfestinguna. Litið er á að fjárfestingin með stysta endurgreiðslutímamann sé arðbærust. Kostir endurgreiðsluaðferðarinnar eru hún er einföld leið til að miðla hugmynd um arðsemi verkefnis, útreikningar eru fljótir og auðvelt er að túlka niðurstöðu. Gallar eru að aðferðin tekur ekki tillit til þess sjóðsstreymis sem kemur eftir að upphaflega fjárfestingin hefur verið endurgreidd. Hægt er að nota aðferðina fyrir gróf mót ef fjárfestingin er arðbær (Brealy o.fl., 2008). Núvirtur endurgreiðslutími svipar til endurgreiðslu aðferðarinnar en aðferðin byggir á núvirtum greiðslum og tekur því tillit til tímavirði peninga sem er kostur aðferðarinnar. Gallar eru, líkt og í endurgreiðsluaðferðinni, að ekki er tekið tillit til

sjóðstreymis utan endurgreiðslutímabils, því sjóðstreymis sem kemur eftir að fjárfestar eru búnir að fá fjárfestinguna sína endurgreidda. Þessi aðferð hentar til upplýsingagjafar (Brealy o.fl., 2008). Jafngildur árlegur kostnaður er árlegur kostnaður við að eiga, reka og viðhalda eign yfir líftíma hennar og er gagnlegur til að bera saman mismunandi valkosti með ólíkan líftíma.

Gallar eru að aðferðin gefur ekki raunverulegan árlegan kostnað vegna LCC heldur meðaltal (Kishk o.fl., 2003). Innri vextir (e. IRR) eru þeir vextir sem láta hreint núvirði (e. NPV) greiðsluflæðis vera núll (Brealy o.fl., 2008). IRR segir lesandanum hver ávöxtunarkrafan þarf að vera til þess að verkefnið standi undir sér og almennt er lagt út í verkefni ef að IRR er hærra en ávöxtunarkrafan sem gerð er til verkefnisins þá er verkefnið að skila hærri ávöxtun en ávöxtunarkrafan segir til um.

Kostir eru að hægt er að nota aðferðina til ákvörðunartöku og niðurstöður eru auðskiljanlegar. Engu að síður lítur aðferðin fram hjá stærð verkefnisins og útreikningar geta gefið margar lausnir eða enga lausn (Brealy o.fl., 2008).

Hreinn sparnaður er mismunurinn á núvirtum tekjum sem fjárfestingin skilar og þeirra upphæðar sem er fjárfest í verkefnið. Valkosturinn með hæsta hreina sparnaðinn er valinn (Kishk o.fl., 2003). Kostir eru að fjárfestingarmatið er auðskiljanlegt. Á móti er er aðeins hægt að nota þessa aðferð ef fjárfestingin skilar tekjum (Kishk o.fl., 2003).

## 2.4 Gögn fyrir útreikninga á líftímakostnaði

LCC er tæki til ákvarðanatöku í þeim skilningi að hægt er að nota það í samanburði á vali milli verkefna, hönnunar eða byggingarluta. Til að hægt sé að gera þennan samanburð er mikilvægt að öll gögn séu sett fram á þann hátt sem styður við samanburð (Bakis o.fl., 2003). Þessi gögn hafa áhrif á mismunandi stigum lífsferilsins. En hér verður farið yfir helstu gagnategundir.

Umráðagögn (e. Occupancy data) er gögn sem halda utan um notkun, t.d. hversu margir koma og fara úr byggingu eða hversu margar klukkustundir ákveðin kerfi eru í notkun.

Raungögn (e. Physical data) eru gögn sem gefa okkur upplýsingar um þau svæði sem verða notuð, glugga, veggir og þak. Einnig fjölda notenda byggingar og eru þetta oftast útreiknaðar stærðir (Levander o.fl., 2009).

Árangursgögn (e. Performance data) halda t.d. utan um viðhalds og þrifferla, hitaleiðni og rafmagnsnotkun.

Gæðagögn (e. Quality Data) halda utan um ástand á hlutum eins og innréttingum, pípum, skreytingum, dúkum o.fl.

Kostnaðargögn (e. Cost data) halda utan um hina ýmsu kostnaðarliði eins og yfirtökukostnað, stofnkostnað, skatta og verðbólgu, viðhaldskostnað og þrífkostnað (Levander o.fl., 2009).

Gagnavandi (e. Data problem) er vandamál sem á sér stað þegar gæði þeirra ákvarðana sem teknar eru út frá LCC útreikningum takmarkast af aðgengi að nákvæmum gögnum (Flanagan og Jewell, 2005). Undirstrikar það mikilvægi þess að notuð séu áreiðanleg gögn í LCC greiningu. En samkvæmt Kishk o.fl (2003) eru takmarkanir á þeim gildandi gagnagrunnum sem eru til staðar þar sem þeir skrá ekki nauðsynlegt samhengi upplýsinganna um gögnin sem keyrð eru inn í gagnagrunnanna (Kishk o.fl., 2003).

## 2.5 Útreikningur

Þegar aðferð hefur verið valin og gögnum hefur verið safnað er komið að útreikningi. Eins og áður kom fram eru allar greiðslur reiknaðar á föstu verðlagi. Gert er ráð fyrir notkun raunvaxta við núvirðingu. Einnig er gert ráð fyrir því að núllpunktur sé þegar byggingin er fullbyggð og tilbúin til notkunar (Erlendur Fjelsted, e.d.). En til að umreikna allan kostnað til þessa tímapunkts er notaður afsláttarstuðull. Mynd 4 sýnir hvernig afsláttarstuðullinn er reiknaður þar sem 1 er deilt með  $(1 + r)^t$  þar sem  $r$  stendur fyrir vexti og  $t$  stendur fyrir fjölda ára frá núllpunkti þangað til að kostnaðurinn greiðist (Standard Norge, 2000).

Mynd 4. Formúla fyrir afsláttarstuðul

$$\frac{1}{(1 + r)^t} = (1 + r)^{-t}$$

(Standard Norge, 2000)

Eins og áður var komið inn á er líftímakostnaður samtala byggingarkostnaðar og núvirðing af öllum útgjöldum vegna umsýslu, rekstrar, viðhalds og endurbóta (URVE). Þegar líftímakostnaður er reiknaður finnst núvirtur heildarkostnaður verkefnis en Mynd 5 sýnir formúluna sem er notuð til þess. Þar er lagður saman stofnkostnaður, núvirðing af URVE kostnaði og núvirðing af hrakvirði/förgunarkostnaði. Einnig þarf að taka tillit til vaxta, núvirðisþunktur, notkunartíma byggingarinnar og afsláttarstuðuls (Standard Norge, 2000).

Mynd 5. Formúla fyrir líftímakostnað

$$K = K_0 + \sum_{t=1}^T Fa_t (1 + t)^{-t} + \sum_{t=1}^T URVE_t (1 + t)^{-t} + R_T (1 + R)^{-R}$$

(Standard Norge, 2000)

Þar sem:

$K_0$  = stofnkostnaður

$Fa_t$  = lóðaleiga

$t$  = fjöldi ára frá því að byggingin er tekin í notkun (núvirðisþunktur)

$T$  = notkunartími byggingarinnar

$R$  = vaxtarstigið

$URVE_t$  = URVE kostnaður á hverju ári

$R_T$  = hrakvirði/förgunarkostnaður í lok notkunartíma byggingarinnar

$(1 + r)^{-1}$  = afsláttarstuðullinn

Til að umreikna kostnað á ársgrundvelli er núvirðið margfaldað með árskostnaðarstuðli en stuðullinn sýnir hina árlegu upphæð sem þarf að endurgreiða til að dekkja allan þann kostnað sem stofnað var til yfir notkunartíma byggingarinnar (Standard Norge, 2000). Mynd 6 sýnir hvernig árskostnaðarstuðullinn er reiknaður þar sem  $r$  eru vextir og  $T$  er notkunartími í árum talið (Standard Norge, 2000).

**Mynd 6. Formúla fyrir árskostnaðarstuðul**

$$b = \frac{1}{\sum_{t=1}^T (1+r)^{-t}} = \frac{r(1+r)^T}{(1+r)^T - 1} = \frac{r}{1 - (1+r)^{-T}}$$

(Standard Norge, 2000)

Úrval aðferða og líkana til að reikna út LCC er mikið. Í sumum tilvikum virðist LCC vera lítið annað en einföld beiting á stöðluðum efnahagslegum þáttum en í öðrum tilvikum styður LCC við flóknar stærðfræðilegar reikniaðferðir, sem leita af hagkvæmustu lausninni til að viðhalda innviðum. Enn önnur dæmi um LCC sýna blöndu af næmni, áhættu og ákvörðunargreiningu með mörgum eiginleikum (Davis Langdon, 2006). Þegar næmnigreining (e. sensitivity analysis) er gerð á líftímakostnaði þarf að ákvarða ávöxtunarkröfu og greiningartímabil þar sem þessar ákvarðanir hafa bein áhrif á niðurstöður LCC greiningarinnar (Davis Langdon, 2006). Opinberir aðilar og einkaaðilar eru með misjafnar kröfur um ávöxtun eigin fjár. Með notkun næmnigreiningar skoðuðu Marenjak og Krstic (2010) áhrif mismunandi ávöxtunarkröfu á núvirtan rekstrarkostnað verkefnis út líftíma þess. Niðurstöður þeirra bentu til þess að með hærri ávöxtunarkröfu lækkar núvirtur rekstrarkostnaður sem leiðir til lægri líftímakostnaðar og lægri árlegs jafngreiðslukostnaðar (Marenjak, S. og Krstic, 2010). Mestu máli skiptir að þau gögn sem notuð eru séu áreiðanleg (Kishk o.fl., 2003).

### 3 Ávinningur af LCC

Líftímakostnaður yfir líftíma eignar er almennt viðurkennt sem betri aðferð við mat á fjárhagslegu virði eignar heldur en upphaflegur stofnkostnaður. Samkvæmt Evans o.fl. (1998) er kostnaðurinn við að eiga og reka skrifstofuhúsnæði yfir 30 ára tímabil hlutfallið 1 (stofnkostnaður) á móti 5 (rekstrar og viðhaldskostnaður) á móti 200 (starfsmannakostnaður) (Evans o.fl., 1998).

Ýmsir fræðimenn eru þó á því máli að þetta hlutfall sé ýkt og benda Hughs o.fl (2004) á að takmarkaðar upplýsingar séu á bak við þetta hlutfall og ekki hefur tekist að endurskapa það (Hughs o.fl., 2004). Einnig bendir Ive (2007) á, eftir sína rannsókn á þessum hlutföllum, að með því að nota bestu fáanlegu gagnasettin fyrir skrifstofuhúsnæði í London kom í ljós að hlutfallið 1 (stofnkostnaður) 1,5 (rekstrar og viðhaldskostnaður) og 15 (starfsmannakostnaður) séu raunhæfari meðaltalshlutföll og hægt sé að nota þau í viðmiðunarskyni (Ive, 2007). Það er ljóst að með meiri áherslu á viðhalds og rekstrarkostnað eigna, í stað þess að horfa eingöngu á stofnkostnað, er hægt að skila umtalsverðum fjárhagslegum ávinningi til langs tíma litið (Davis Langdon, 2007).

Ýmsir aðrir kostir fylgja því að reikna líftímakostnað og gera greiningu á honum, bera saman mismunandi valkosti og finna hagkvæmustu lausn. Dæmi um ávinning af LCC er að hagræða heildarkostnaði við eignarhald, mat á framtíðar orku og rekstrarkostnaði, samanburður á mismunandi möguleikum á hönnunar og byggingarstigi og nákvæmari spá um fjárþörf vegna framtíðar viðhalds (Opoku, 2013). Að auki gefur LCC greining eigendum húsnæðis betri yfirsýn yfir hvað þarf að greiða á hverju ári og hvert leiguverðið þarf að vera ef húsnæðið er leigt til þriðja aðila. Greiningin varpar einnig ljósi á rekstrarkostnaðinn svo að eigendur eða leigjendur geri sér betri grein fyrir honum (Erlendur Fjelsted, e.d.).

Notkun á LCC styður við að þeir fjármunir sem fara í verkefni séu nýttir sem best, með langtíma sjónarmið í huga, og að verkefnið uppfylli þær umhverfisvottunarkröfur sem er ætlast til af því.

### 3.1 Umhverfissjónarmið

Almennt veldur það efni og vörur sem notaðar eru í mannvirkjagerð umhverfisáhrifum vegna innbyrðis tengdra ferla framleiðslu, flutninga, samsetningu, viðhalds og förgunar. Þessi umhverfisáhrif eru stórtæk og ætti að taka tillit til þeirra á hönnunar og skipulagsstigi verkefna. En LCC aðferðafræðin gerir ráð fyrir mati á kostnaðaráhrifum þessa þátta svo að hægt sé að taka skynsamar ákvarðanir um líftímakostnað með það að leiðarljósi að minnka umhverfisáhrif (Davis Langdon, 2007). Menningarstefna í mannvirkjagerð – stefna íslenskra stjórnvalda í byggingarlist frá 2014 tekur fram að hið opinbera skuli vera í forystu á sviði sjálfbærrar og vistvænnar þróunar (Mennta- og menningarmálaráðuneyti, 2014).

Þó svo að LCC greiningar leggi áherslu á hagkvæmustu lausnina til langs tíma, ekki endilega umhverfisvænustu lausnina, er mikilvægt að tryggja að tekið sé tillit til þessa umhverfisáhrifa í LCC greiningunni. En það mun hjálpa til við að tryggja að þær lausnir sem skoðaðar séu taki bæði tillit til efnahags og umhverfisþátta (Davis Langdon, 2007).

Aftur á móti er til annað viðurkennt verkfæri, LCA (e. life cycle assessment), sem er notað til að meta eingöngu umhverfisáhrif og gefur mynd af hugsanlegum umhverfisáhrifum byggingarinnar. Þetta er reiknað yfir allan líftíma byggingarinnar og felur því í sér mat á framleiðslu byggingarefna, orku og auðlindanotkun við rekstur og viðhald, einnig er tekið tillit til förgunar og mögulegrar endurvinnslu byggingarhluta og byggingarefna (Caruso, 2020). Með LCC og LCA greiningum er verið að mæta kröfum um efnahagsleg og umhverfisvæn sjónarmið.

Samkvæmt Norris (2001) eru þrjár ástæður sem endurspeglar mikilvægi þess að tengja saman efnahagsgreiningu og umhverfismat. Í fyrsta lagi, án ítarlegrar athugunar á efnahagslegum þáttum er mikilvægi á notkun LCA fyrir ákvörðunartöku takmörkuð þar sem þau úrræði sem krafist er fyrir framleiðslu verða alltaf af skörnum skammti. Í öðru lagi getur einföld efnahagsleg greining yfirsétt „faldna“ kostnaðarþætti sem aðeins koma í ljós með notkun LCA. Í þriðja lagi er erfitt að meta samspil og ávinning á milli aðferðanna tveggja og á mismunandi valkostum þegar þær eru notaðar í sitt hvoru lagi (Norris, 2001). Almennt eru aðferðirnar tvær notaðar í sitthvoru lagi í dag, þar sem tilgangur þeirra er ólíkur (Gundes, 2016). Þó hafa komið fram verkefni sem miða að sameiningu aðferðanna tveggja, þar ber að nefna CILECCTA (Gundes, 2016).



Umhverfissjónarmið hafa stuðlað að margvíslegum aðferðum og rannsóknum. Þar ber að nefna stofnun ýmissa vistvottunarkerfa eins og bandaríska LEED, breska BREEAM og þýska DGNB sem innihalda LCC í mismunandi stigum. Á Íslandi hefur myndast reynsla í notkun BREEAM international vottunarkerfis á nýbyggingar en markmið vottunarkerfisins er að hvetja til umhverfisvænnar hönnunar og jafnframt að hvetja til betri umhverfisstjórnunar á verk og rekstartíma byggingarinnar. Byggingin þarf að uppfylla ákveðnar kröfur til að fá vottun en kröfurnar endurspegla ákveðið mat á því hvað sé vistvænt og hvað ekki. Framkvæmdasýsla ríkisins hefur umsjón með byggingu allra opinbera bygginga sem eru í BREEAM vottunarferli (Vistbyggðarráð, 2014).

## 3.2 Hindranir

Aukin vitundarvakning hefur orðið um gagnsemi LCC greininga en þó telja sumir að hindranir séu til staðar sem tefja frekari útbreiðslu aðferðarinnar. Höfundar á borð við Kishk o.fl. (2003) og Cole og Sterner (2000) hafa bent á hindranir í notkun LCC í byggingariðnaðinum. Kishk o.fl. (2003) hafa skilgreint þrjár ástæður vegna þessa hindrana: hindranir tengdar iðnaðinum, hindranir tengdar viðskiptavinum og hindranir tengdar erfiðleikum með greiningar (Kishk o.fl., 2003).

Eins og áður hefur komið fram hefur venjan í byggingariðnaðinum í gegnum tíðina verið að samþykkja verk sem er með lægsta stofnkostnaðinn en það dregur úr innleiðingu LCC í greininni. Skilningur viðskiptavina á LCC og því ferli hefur verið lítill og er það þáttur sem hefur áhrif á innleiðingu LCC í byggingariðnaðinum (Bull, 1993). Cole og Sterner (2000) undirstrika að það vanti hvatningu hjá viðskiptavinum að nota LCC. Þar sem viðskiptavinir skynja verðmætasköpunina ekki nægilega eru þeir oft og tíðum ekki tilbúnir að fjármagna verkefnið, óháð viðurkenndum ávinningi aðferðarinnar. Viðskiptavinurinn skynjar takmarkaðan ávinning og almennt skilningsleysi er á meðal viðskiptavina á LCC. Þar með er lítil hvatning fyrir viðskiptavininn að setja forgang á LCC verkefni (OGC 2007).

Önnur hindrun í notkun LCC í byggingariðnaðinum stafar að mati Bull (1993) vegna skorts á áreiðanlegum og viðeigandi sögulegum gögnum og upplýsingum (Bull, 1993). En fleiri eru á sama máli og telja El-Haram o.fl (2002) að lykil hindrun í innleiðingu LCC stafi af skorti á áreiðanlegum og stöðugum gögnum sem snúa að frammistöðu byggingarþátta og þjónustu. Umfang gagnasöfnunar, ósamræmi milli gagnasafna og nauðsynlegra smáatriða (e. level of detail required) sem er krafist til að gera gagnlega útreikninga á LCC er að reynast stórt vandamál. Fáar stofnanir eiga áreiðanleg gögn og upplýsingar um langtíma frammistöðu byggingaríhluta og efna (El-Haram o.fl., 2002). Levander o.fl. (2009) benda á að gögn þurfi að vera aðgengileg og fyrirsjáanleg svo að LCC greiningin sé áreiðanleg og að sjaldan séu tiltækir eða nothæfir svæðisbundnir gagnagrunnar til staðar. Tækifæri myndast þegar sögulegum gögnum er safnað og þau uppfærð reglulega, þá getur notkun þeirra orðið traustari og LCC greiningin áreiðanlegri (Levander o.fl., 2009).

## 4 Aðferðafræði

Markmið rannsóknarinnar var að öðlast skilning á því hvernig notkun og innleiðing á LCC er á Íslandi, reynslan af notkun þess og framtíðarspá. Stuðst var við fræðilegar heimildir og fyrirbyggjandi gögn en einnig var stuðst við eigindlega rannsóknaraðferð (e. qualitative research method).

Eigindleg rannsókn vísar til merkingar, hugtaka, skilgreininga, einkenna, myndlíkinga, tákna og lýsingar á hlutum og er leitast eftir að kanna hver upplifun og reynsla einstaklinga er af því sem er verið að skoða hverju sinni (Berg og Lune, 2017). Markmið eigindlegra rannsókna er að öðlast dýpri skilning á viðfangsefninu og hentar vel þegar rannsakandi þarf að eiga samskipti við viðfangsefnin og kanna reynsluheim þeirra (Garðar Gíslason, 2016).

Tekin voru viðtöl við tvo aðila hjá opinberum fyrirtækjum sem báðir hafa mikla þekkingu og reynslu af viðfangsefninu. Viðtölin voru hálf-opin og tóku á milli 20 og 50 mínútur. Sem dæmi var spurt: „Hvers vegna var LCC innleitt hér á landi“ og „Hver voru markmiðin með innleiðingu LCC“. Þá var spurt um kosti og galla þessar aðferðar í samanburði við aðrar aðferðir, „hvernig hefur gengið að innleiða LCC hér á landi“ og „er samband á milli LCC og umhverfisvænnar hönnunar“. Þá voru viðmælendur einnig spurðir hvort þeir teldu „Ísland vera góðan vettvang fyrir LCC greiningar“ og „Hvað er hægt að gera betur í notkun LCC hérlandis“. Markmiðið var að fá innsýn inn í reynslu þeirra á LCC og því ferli sem fylgir notkun LCC.

Viðmælandi A starfar hjá Ríkiseignum og viðmælandi B starfar hjá Framkvæmdasýslu ríkisins. Báðir viðmælendur þekkja LCC og þá kosti sem slík greining hefur í för með sér. Stuðst var við hentugleikaúrtak þar sem tengiliður vísaði rannsakanda á viðmælendur. Viðtölin fóru fram í gegnum fjarfundarkerfið Teams á tímabilinu 18-19 febrúar. Sjá má spurningarlista í viðauka 1.

Viðtölin voru tekin upp og afrituð orðrétt. Til að tryggja nafnleynd þátttakenda er vitnað til orða þeirra með bókstöfunum A og B.

## 5 Niðurstöður

Í þessum kafla verða niðurstöður viðtala kynntar. Við greiningu viðtala komu eftirfarandi þemu í ljós: Sparnaður og umhverfið, efnisval, kostnaðargreining og framtíðarhorfur. Hér fyrir neðan verður farið nánar í hvern þátt fyrir sig.

### 5.1 Sparnaður og umhverfið

Viðmælendur voru sammála því að með notkun líftímakostnaðsgreininga á hönnunarstigi bygginga væri hægt að ná fram fjárhagslegum sparnaði þegar horft er á verkefni frá upphafi til enda. Með því að vanda efnisval á hönnunarstigi og velja efni sem hafa langan líftíma og lítið viðhald er verið að spara til langs tíma lítið, jafnvel þó að stofnkostnaður hækki örlítið. En eins og viðmælandi B segir:

Það þarf að eiga samtalið við verkkaupann og láta hann vita að stofnkostnaðurinn verði dýrari, þú þarft að kafa dýpra í vasann í upphafi en á þeim tíma sem þú ætlar að reka bygginguna, þegar upp er staðið, þá verða fjáruútlát þín minni en ef þú hefðir farið í ódýrari lausn/valkost í stofnkostnaði.

Að sama skapi væri hægt að skoða val á umhverfisvænu byggingarefni á forhönnunarstigi. Til langs tíma lítið gæti það minnkað viðhaldspörf og þar með sparað eigendum byggingarinnar fjármagn og á sama tíma væru umhverfisáhrifin minni samanborið við hefðbundið byggingarefni. Sparnaðurinn á sér ekki stað í upphafi heldur yfir líftíma verkefnis en viðmælandi B bendir á að stofnkostnaður vegi sirka 10 - 15 prósent af líftíma mannvirkis og með því að skoða lausn sem eykur hann um hálf til eitt prósent í upphafi getur skilað sér í margra prósentu, jafnvel tugi prósentu, sparnaði yfir líftíma mannvirkisins. En það er fleira sem hefur áhrif, til að mynda efnisvalið.

### 5.2 Efnisval

Efnisval og sparnaður fara hönd í hönd, en mikið var rætt um mismunandi efni, verkhluta og hvernig val á þeim væri að skila sér í minni viðhaldspörf og auknum sparnaði yfir líftíma mannvirkisins. Báðir viðmælendur komu inn á mikilvægi þess að það efni, þak, útveggir, gólf o.fl. sem nota á sé skoðað út frá líftímakostnaði þar sem viðhaldspörf getur reynst mikil.

Eins og viðmælandi B segir:

Þegar skoðað er t.d. uppbygging útveggs, þaks eða innanhúss val á gólfefnum út frá líftímakostnaði er slitþáttur mikilvægt atriði til að leggja mat á vegna þess að það er ekki bara viðhald heldur líka þrif. Hvað er mikill rekstrarkostnaður við þrif á mismunandi lausnum? Vegna þess að kaup á reglubundinni þrifþjónustu er mun dýrara en t.d. stofnkostnaðurinn við að setja vínildúk, flísar eða hvað sem það er sem þarf minna viðhald og þrif.

Viðmælandi A tekur í svipaðan streng og nefnir einnig samspil efnisvals og líftímakostnaðar:

Þú velur dúk á háum gæðum í upphafi þá er spurning hvenær þarftu að endurnýja hann sko er þetta dúkur sem endist í 10 ár eða 20 ár? Eins með þrifin og svona. Efnisval í upphafi getur náttúrulega haft svo mikil áhrif á líftímakostnaðinn.

En regluleg kaup á þjónustu getur reynst dýr þáttur yfir líftíma byggingar og væri hægt að lágmarka hann með vali á endingargóðu og viðhaldslitlu efni. Þess vegna skiptir kostnaðargreining afar miklu máli.

### **5.3 Kostnaðargreining**

Ýmis verkfæri eru notuð til að greina líftímakostnað en þar ber helst að nefna töflureikni, sjálfstæðar aðferðir og vefþjónustu. Á Íslandi hafa LCC greiningar ýmist verið gerðar í Excel, vefútgáfum eða með hugbúnaði að norskum og dönskum fyrirmyndum. Báðir viðmælendur sýndu áhuga á íslenskum gagnagrunni sem hægt væri að sækja í upplýsingar fyrir LCC og LCA greiningar.

Viðmælandi A segir:

Það sem vantar náttúrulega hérna hjá okkur er svona einhver gagnagrunnur, upplýsingar um efni sem til er og vottuðu efni, hvaða efni eru vistvæn eða teljast sem vistvæn. Svona gagnagrunn sem bæði hönnuðir og verktakar geta sótt í og ég held að sú vinna sé í gangi.

Viðmælandi B segir: „Það væri fróðlegt að koma þessum upplýsingum upp í banka og gera aðgengilegan öðrum verkefnastjórum“. Það gæti haft áhrif til framtíðar.

#### **5.4 Framtíðarhorfur**

Báðir viðmælendur voru jákvæðir með áframhaldandi notkun á LCC greiningum við gerð mannvirkja og sagði viðmælandi A: „Vistvæn umræða og umhverfisvæn hönnun mun auka LCC greiningar, jafnvel sett í byggingarreglugerð með allar byggingar sem byggðar eru á Íslandi“.

Viðmælandi B segir: „LCC greining er verkfæri sem hjálpar okkur að auka gæði verkefna og sparar verkkaupum og skattgreiðendum peninga þegar uppi er staðið“.

Með þessari aðferð eru þeir fjármunir sem settir eru í verkefni að nýtast sem best og er framtíðin björt ef þessi sjónarmið fá að ríkja.

## 6 Lokaorð

Í þessari ritgerð var fjallað um líftímakostnað bygginga og greiningu á honum. Eftir fræðilega greiningu á líftímakostnaði voru tekin viðtöl við aðila úr atvinnulífinu sem hafa reynslu af LCC og var leitast eftir að svara rannsóknarspurningunni: Hvað er líftímakostnaður og hver er ávinningur af notkun hans?

Farið var yfir sögu líftímakostnaðar en upptök líftímakostnaðar á Íslandi má rekja til alþjóðlegs samstarfs Framkvæmdasýslu ríkisins og Statsbygg (systrastofnun FSR í Noregi) árið 2010. Þar næst var norski staðallinn NS 3454 skoðaður og þeir kostnaðarliðir sem þarf að hafa í huga við útreikning á líftímakostnaði.

Fræðileg greining á líftímakostnaði bygginga leiddi í ljós ávinning við aðferðina s.s. fjárhagslegan og umhverfislegan. Það var komið inn á hindranir tengdar iðnaðinum, viðskiptavinum og hindranir tengdar erfiðleikum með greiningar.

Greining viðtala leiddi í ljós jákvætt viðhorf til líftímakostnaðar og voru viðmælendur sammála því sem kemur fram í fræðunum um ávinning aðferðarinnar. Viðmælendur sáu lítið af hindrunum í notkun LCC en benda þó á að stundum þurfi að upplýsa viðskiptavinum um að hærri stofnkostnaður í byrjun leiði í flestum tilvikum til sparnaðar, til lengri tíma lítið. En hindranir geta verið ólíkar eftir löndum og hvort sé um opinbera eða einkaaðila að ræða. Lönd hafa ólíkar áherslur í byggingarmálum og misjafnt aðgengi að áreiðanlegum gögnum og getur það hindrað innleiðingu LCC. Að sama skapi hafa opinberir aðilar og einkaaðilar ólíkar áherslur og markmið og misjafnt aðgengi að áreiðanlegum gögnum.

Niðurstöður LCC greininga verða að stuðla að því ferli að stjórnendur geti tekið bestu ákvarðanirnar um þá valkosti sem þeim eru kynntir. Hvort sem þessir valkostir felí í sér mat á framtíðar útgjöldum, samanburð á mismunandi lausnum, valkostir við innkaup eða mat á tækifærum til lækkunar á kostnaði. Aðallega var líftímakostnaður skoðaður út frá sjónarhorni opinberra aðila og í framtíðinni væri áhugavert að bera saman reynslu og upplifanir af LCC hjá opinberum aðilum og einkaaðilum. Að öllu því sem hefur verið fjallað um er ljóst að mikill ávinningur getur falist í því að greina líftímakostnað mannvirkja því

LCC er gott verkfæri sem eykur gæði verkefna og getur sparað bæði verkkaupum og skattgreiðendum peninga þegar uppi er staðið.

Með þessari aðferð ættu þeir fjármunir sem settir eru í verkefni að nýtast sem best og fái þessi sjónarmið að ríkja ætti framtíðin að verka nokkuð björt.



## Heimildaskrá

- Ashworth, A. (2004). *Cost studies of buildings* (4. útg.). Pearson.
- Asiedu, Y., og Gu, P. (1998). Product life cycle cost analysis: State of the art review. *International Journal of Production Research*, 36(4), 883-908.  
<https://doi.org/10.1080/002075498193444>
- Bakis, N., Kagiouglou, M., Aouad, G., Amaratunga, D., Kishk, M. og Al-Hajj, A. (2003). *An Integrated Environment for Life Cycle Costing in Construction*. Univeristy of Salford.
- Berg, B. L. og Lune, H. (2017). *Qualitative research methods for the social sciences* (9. útg.). Pearson.
- Bjørberg, S. (2005). *Life cycle cost in Norway: Experience and state of art*. Multiconsult.  
<http://docplayer.net/7393994-Life-cycle-cost-lcc-in-norway-experience-and-state-of-art.html>
- Brealey, R. A., Myers, S. C. og Allen, F. (2008). *Principles of Corporate Finance* (9. útg.). Singapore: McGraw-Hill.
- Bull, J. W. (1993). *Life Cycle Costing for Construction*. Blackie Academic and Professional.
- Caruso, M., Pinho, R., Bianchi, F., Cavalieri, F. og Lemmo, M. T. (2020). A Life Cycle Framework for the Identification of Optimal Building Renovation Strategies Considering Economic and Environmental Impacts. *Sustainability*, 12(23), 10221.  
<https://doi.org/10.3390/su122310221>
- Cole, R. J. og Sterner, E. (2000). Reconciling Theory and Practice of Life-cycle Costing. *Building Research & Information*, 28(5-6), 368-375.  
<https://doi.org/10.1080/096132100418519>
- Davis Langdon. (2006). *Literature review of life cycle costing (LCC) and life cycle assessment (LCA)*.  
[https://www.tmb.org.tr/arastirma\\_yayinlar/LCC\\_Literature\\_Review\\_Report.pdf](https://www.tmb.org.tr/arastirma_yayinlar/LCC_Literature_Review_Report.pdf)
- Davis Langdon. (2007). *Life cycle costing (LCC) as a contribution to sustainable construction: a common methodology*.  
<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:GpIHPXdO598J:https://ec.europa.eu/docsroom/documents/5054/attachments/1/translations/en/renditions/native+&cd=1&hl=en&ct=clnk&gl=is>
- El-Haram, M. A., Marenjak, S. og Horner, M. W. (2002). Development of a generic framework for collecting whole life cost data for the building industry. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 8(2), 144-151.  
<https://doi.org/10.1108/13552510210430017>

- Ellram, L. M. (1993). A framework for total cost of ownership. *The international journal of logistics management*, 4(2), 49-60. <https://doi.org/10.1108/09574099310804984>
- Erlendur Fjelsted. (e.d.). Hvað kostar að byggja og reka mannvirki? Efla: Um líftímakostnað bygginga. <https://www.efla.is/blogg/fagid/hvad-kostar-ad-byggja-og-reka-mannvirki-1>
- Evans, R., Haryott, R., Haste., N. og Jones, A. (1998). *The long term costs of owning and using buildings*. Royal Academy of Engineering.
- Fabrycky, J. og Blanchard, B. S. (1998). *The Technology Management Handbook*. CRC Press.
- Fjármálahugtök. (2021). Keldan. <https://www.keldan.is/market/financeref>
- Fjármála- og efnahagsráðuneyti (2020). *Nútímalegt vinnuumhverfi: Áherslur og viðmið í húsnæðismálum stofnana*. Stjórnarráð Íslands. <https://www.stjornarradid.is/library/02-Rit--skyrslur-og-skrar/Aherslur-og-vidmid-fjr.pdf>
- Flanagan, R. og Jewell, C. (2005). *Whole life appraisal for construction*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Garðar Gíslason. (2016). *Félagsfræði 2: Kenningar og samfélag*. Forlagið.
- Gundes, S. (2016). The Use of Life Cycle Techniques in the Assessment of Sustainability. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 216, 916–922. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.12.088>
- Haugbølle, K., og Raffnsøe, L. M. (2019). Rethinking life cycle cost drivers for sustainable office buildings in Denmark. *Facilities*, 37(9/10), 624-638. <http://dx.doi.org/10.1108/F-01-2018-0003>
- Heralova, R. S. (2014). Life cycle cost optimization within decision making on alternative designs of public buildings. *Procedia Engineering*, 85, 454-463. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.572>
- Heralova, R. S. (2017). Life cycle costing as an important contribution to feasibility study in construction projects. *Procedia Engineering*, 196, 565–570. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.031>
- Heralova, R. S. (2018). *Importance of life cycle costing for construction projects*. <https://doi.org/10.22616/erdev2018.17.n405>
- Hughes, W., Ancell, D., Gruneberg, S. og Hirst, L. (2004). *Exposing the myth of the 1:5:200 ratio relating initial cost, maintenance and staffing costs of office buildings*. Univeristy of Reading. <http://centaur.reading.ac.uk/12142/1/File12142.pdf>
- Huppes, G., van Rooijen, M., Kleijn R., Heijungs, R., de Koning, A. og van Oers, L. (2004). *Life Cycle Costing and the Environment*. CML.

- ISO 15686-5 (2017). *Buildings and constructed assets: service life planning Part 5: life cycle costing*. Geneva: ISO. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:15686:-5:ed-2:v1:en>
- Ive, G. (2007). Re-examining the costs and value ratios of owning and occupying buildings. *Building Research & Information*, 34(3), 230-245. <https://doi.org/10.1080/09613210600635192>
- Kambanou, M. L. (2020). Life Cycle Costing: Understanding How It Is Practised and Its Relationship to Life Cycle Management—A Case Study. *Sustainability*, 12(8), 3252. <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/8/3252>
- Kishk, M., Al-Hajj, A., Pollock, R., Bakis, N. og Aouad, G. (2003). Whole life costing in construction: A state of the art review. *The RICS Foundation Research Paper Series*, 4.
- Levander, E., Schade, J. og Stehn, L. (2009). *Life cycle cost calculation models for buildings & addressing uncertainties about timber housing by whole life costing*. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.574.9082&rep=rep1&type=pdf>
- Liapis, K. J., Kantiantis, D. D. og Galanos, C. L. (2014). Commercial property whole-life costing and the taxation environment. *Journal of Property Investment & Finance*, 32(1), 56-77. <https://doi.org/10.1108/JPIF-08-2013-0049>
- Marenjak, S. og Krstić, H. (2010). Sensitivity analysis of Facilities Life Cycle Costs. *Technical Gazette*, 17(4), 389-557. [https://www.researchgate.net/publication/263544607\\_Sensitivity\\_analysis\\_of\\_Facilities\\_Life\\_Cycle\\_Costs](https://www.researchgate.net/publication/263544607_Sensitivity_analysis_of_Facilities_Life_Cycle_Costs)
- Mennta- og menningarmálaráðuneyti. (2014). *Stefna íslenskra stjórnvalda í byggingarlist*. <https://www.fsr.is/media/utgefid-efni/Menningarstefna-i-mannvirkjagerd-Ny-utgafa-2014.pdf>
- Norris, G. A. (2001). Integrating Economic Analysis into LCA. *Environmental Quality Management*, 10(3), 59–64. <https://doi.org/10.1002/tqem.1006>
- North Atlantic Treaty Organisation - Research And Technology Organisation. (2009). *Code of Practice for Life Cycle Costing*. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.215.1928&rep=rep1&type=pdf>
- Office of government commerce (OGC). (2007). *Whole life costing and cost management*. <https://www.sustainabilityexchange.ac.uk/files/cp0067aeguide7.pdf>
- Opoku, A. (2013). The Application of Whole Life Costing in the UK Construction Industry: Benefits and Barriers. *International Journal of Architecture, Engineering and Construction*, 2(1), 35-42. <https://doi.org/10.7492/IJAEC.2013.004>

- Royal institution of chartered surveyors (RICS). (2016). *Life cycle costing*.  
<https://www.rics.org/globalassets/rics-website/media/upholding-professional-standards/sector-standards/construction/black-book/life-cycle-costing-1st-edition-rics.pdf>
- Standard Norge. (2000). *Livssyklus kostnader for byggverk: Prinsipper og struktur* (2. útgáfa).  
<https://www.standard.no/en/PDF/FileDownload/?redir=true&filetype=Pdf&preview=true&item=133811&category=5>
- Svein Bjørberg won NBEF's honorary award for 2015. (2015). Multiconsultgroup.  
<https://www.multiconsultgroup.com/svein-bjorberg-won-nbef-honorary-award-for-2015/>
- Tilskipun 2014/24. *Opinber innkaup og niðurfellingu tilskipunar 2004/18/EB*.  
Evrópuþingið, ráð Evrópusambandsins. <http://data.europa.eu/eli/dir/2014/24/oj>
- Vistbyggðarráð. (2013). *Vistvottunarkerfi fyrir byggingar*.  
<https://www.fsr.is/media/frettir/Vistvottunarkerfi-fyrir-byggingar.pdf>

## **Viðauki – Viðtalsspurningar**

1. Getur þú sagt mér frá því hvers vegna LCC var innleitt hérlandis?
2. Hver voru markmiðin með innleiðingunni?
3. Hvernig hefur gengið að innleiða LCC hérlandis?
4. Hvernig er ferlið í notkun LCC?
5. Hvaða kostir og gallar eru að þínu mati við þessa aðferð í samanburði við aðrar?
6. Er samband á milli LCC og umhverfisvænnar hönnunar?
7. Telur þú Ísland góðan vettvang fyrir LCC greiningar?
8. Er hægt að gera betur í notkun LCC hérlandis? Ef svo er, hvað er hægt að gera betur?
9. Hvernig sérð þú þetta þróast ?