


Vegvísir að vistvænni  
mannvirkjagerð 2030

I. hluti

# Mat á kolefnislosun frá íslenskum byggingariðnaði

 Byggjum  
grænni framtíð





**Titill:** Vegvísir að vistvænni mannvirkjagerð 2030.

I. hluti: Mat á kolefnislosun frá íslenskum byggingariðnaði

**Höfundar:** Sigríður Ósk Bjarnadóttir og Björn Marteinnsson

**Útgefandi:** Húsnæðis- og mannvirkjastofnun, fyrir Byggjum grænni framtíð  
Reykjavík, 2022

## ■ Vinnuhópur um mat á kolefnislosun frá íslenskum byggingariðnaði á vegum samstarfsverkefnisins Byggjum grænni framtíð, janúar til júní 2021 (hópur 6):

- Sigríður Ósk Bjarnadóttir, dósent við Umhverfis- og byggingarverkfræðideild HÍ og byggingarverkfræðingur hjá VSÓ (hópstjóri)
- Björn Marteinnsson, fyrrv. dósent við Umhverfis- og byggingarverkfræðideild HÍ og fyrrv. sérfræðingur hjá Rb við NMÍ
- Jukka Heinonen, prófessor við Umhverfis- og byggingarverkfræðideild HÍ
- Ólafur H. Wallevik, prófessor við Iðn- og tæknifræðideild HR og fyrrv. forstöðumaður Rb við NMÍ
- Sigurður L. Thorlacius, umhverfisverkfræðingur hjá Eflu

Þessi skýrsla er unnin af Sigríði Ósk Bjarnadóttur og Birni Marteinnssyni fyrir Byggjum grænni framtíð.

## ■ Verkefnastjórn Byggjum grænni framtíð í nóvember 2021:

- Jóhanna Klara Stefánsdóttir, Samtök iðnaðarins
- Lárus M. K. Ólafsson, Samtök iðnaðarins
- Áróra Árnadóttir, Grænni byggð
- Ragnar Ómarsson, Grænni byggð
- Eygerður Margrétardóttir, Samband íslenskra sveitarfélaga
- Páll Valdimar Kolka, Vegagerðin
- Erna Bára Hreinsdóttir, Vegagerðin
- Sigrún Dögg Kvaran, félagsmálaráðuneytið
- Þóra Margrét Þorgeirsdóttir, Húsnæðis- og mannvirkjastofnun (verkefnastjóri)

Í september 2020 til júní 2021 sátu einnig í verkefnastjórn:

- Þórhildur Fjóra Kristjánsdóttir, Grænni byggð
- Birgitta Stefánsdóttir, Umhverfisstofnun

## ■ Byggjum grænni framtíð á rót sína að rekja til aðgerðar C.3. í aðgerðaáætlun stjórnvalda í loftslagsmálum frá júní 2020. Verkefnið naut fjárhagslegs stuðnings frá eftirfarandi aðilum og eru þeim færðar bestu þakkir fyrir:

- Umhverfis- og auðlindaráðuneytið
- Félagsmálaráðuneytið
- Samtök iðnaðarins
- Húsnæðis- og mannvirkjastofnun

## ■ Niðurstöður þeirrar vinnu sem fram fór á vegum samstarfsverkefnisins Byggjum grænni framtíð frá september 2020 til desember 2021 eru birtar í Vegvísi að vistvænni mannvirkjagerð 2030, sem skiptist í þrjá útgáfuhluta:

- Vegvísir að vistvænni mannvirkjagerð 2030. I. hluti: Mat á kolefnislosun frá íslenskum byggingariðnaði (útg. í febrúar 2022)
- Vegvísir að vistvænni mannvirkjagerð 2030. II. hluti: Markmið og aðgerðaáætlun (útg. í mars 2022)
- Vegvísir að vistvænni mannvirkjagerð 2030. III. hluti: Samantekt: Losun, markmið og aðgerðir (útg. í mars 2022)

### Ljósmyndaskrá

**Forsíðumynd:** Miðbær, Selfoss. Ljósmynd: Bjarki Jóhannsson.

**Ljósmynd bls. 2:** Snæfellsstofa, Skriðuklaustri. Arkitekt: Arkís Arkitektar. Ljósmynd: Alex Fradkin.

**Ljósmynd bls. 5:** Bláa lónið, Grindavík. Arkitekt: Basalt Arkitektar. Ljósmynd: Giorgio Possenti.

**Ljósmynd bls. 7:** Blágil, Vatnajökulsþjóðgarði. Arkitekt: Arkís Arkitektar. Ljósmynd: Karl Vilhjálmsson.

**Ljósmynd bls. 9:** Living Landscape – C40 Ártúni, samkeppnistillaga. Arkitektar: Jakob+Macfarlane og T.ark Arkitektar, ásamt Landslagi og Eflu.

**Ljósmynd bls. 13:** Vök Baths, á bökkum Urriðavatns við Egilsstaði. Arkitekt: Basalt Arkitektar. Ljósmynd: Martijn Veenman.

# Efnisyfirlit

1. Inngangur.....	5
2. Hópur 6 í Byggjum grænni framtíð.....	6
3. Markmið.....	6
3.1. Gögn sem aflað var í verkefninu.....	8
4. Fasar lífsferilsgreiningar.....	8
5. Kerfismörk.....	9
6. Byggingarmassinn á Íslandi.....	10
7. Losunartölur lífsferilsfasa íslenskra bygginga.....	11
7.1 Íslenskar lífsferilsgreiningar.....	11
7.2 Gögn frá Orkuveitu Reykjavíkur.....	11
7.3 Gögn frá orkuútreikningum.....	11
7.4 Gögn frá verktökum.....	12
7.5 Gögn frá Umhverfisstofnun.....	12
7.6 Losunartölur.....	13
8. Kolefnislosun frá byggingariðnaði.....	14
8.1 Árleg losun vegna nýbygginga og vegna viðhalds og rekstrarorku núverandi bygginga.....	14
8.2 Áætlað innbyggt kolefni í heildarbyggingarmagni Íslands.....	15
8.3 Athugasemdir við niðurstöður.....	15
9. Athugasemdir við niðurstöður.....	15
10. Samantekt.....	16
11. Yfirferð á tillögum að losunarmarkmiðum og aðgerðum.....	17
Þakki.....	17



## 1. Inngangur

Áætlað er að mannvirkjageirinn sé ábyrgur fyrir um 40% af heildarkolefnislosun á heimsvísu. Þetta hlutfall sýnir greinilega að byggingariðnaðurinn er mikilvægur hlekkur í að tryggja sjálfbærni komandi kynslóða. Hingað til hefur losun íslensks byggingariðnaðar verið óljós.

Byggjum grænni framtíð er samstarfsverkefni stjórnvalda og hagaðila byggingariðnaðarins um vistvænni mannvirkjagerð en það á meðal annars rætur sínar að rekja til aðgerðar C.3. í aðgerðaáætlun stjórnvalda í loftslagsmálum frá júní 2020.

Viðfangsefnið felst í að afla upplýsinga um **losun** mannvirkjagerðar á viðmiðunarári, setja **markmið** um að minnka þá losun fram til ársins 2030 og að skilgreina **aðgerðir** þannig að þau markmið náist.

Sex faghópar, skipaðir yfir 30 sérfræðingum úr allri virðisæðju mannvirkjageirans, hafa komið að verkefninu. Hópar 1-5 störfuðu frá febrúar til maí 2021 en hlutverk þeirra var að skilgreina aðgerðir til að minnka losun og umhverfisáhrif mannvirkja- og byggingargeirans m.t.t. byggingarefna, framkvæmdasvæða, notkunartíma mannvirkja, loka líftíma þeirra auk skipulags og hönnunar. Haldnar voru fimm vinnustofur á vegum hópanna, þar sem þátttakendur voru yfir 160 talsins, auk þess sem leitað var eftir þekkingu og reynslu annarra hagaðila geirans.

Hópur 6 starfaði frá janúar til júní 2021. Viðfangsefni hans fólst einkum í að meta losun byggingargeirans á viðmiðunarári. Þá tók hópurinn til skoðunar tillögur að markmiðum um samdrátt í losun frá byggingariðnaði og tillögur hópa 1-5 um aðgerðir til að ná þeim markmiðum. Í þessum I. hluta Vegvísis að vistvænni mannvirkjagerð 2030 er fjallað um niðurstöður hóps 6 og forsendur þeirra.

Markmið um samdrátt á losuninni og aðgerðir til að ná þeim markmiðum, samkvæmt tillögum frá hópum 1-5, er að finna í II. hluta Vegvísis að vistvænni mannvirkjagerð 2030. Þá má sjá heildaryfirlit yfir losun, markmið og aðgerðir í III. hluta Vegvísisins. Áætlað er að II. og III. hlutar verði gefnir út í mars 2022.

## 2. Hópur 6 í Byggjum grænni framtíð

Í vinnuhópi um mat á kolefnislosun frá íslenskum byggingariðnaði á vegum samstarfsverkefnisins Byggjum grænni framtíð (hópi 6) voru:

- Sigríður Ósk Bjarnadóttir, dósent við Umhverfis- og byggingarverkfræðideild HÍ og byggingarverkfræðingur hjá VSÓ (hópstjóri).
- Björn Marteinnsson, fyrrv. dósent við Umhverfis- og byggingarverkfræðideild HÍ og fyrrv. sérfræðingur hjá Rb við NMÍ.
- Jukka Heinonen, prófessor við Umhverfis- og byggingarverkfræðideild HÍ.
- Ólafur H. Wallevik, prófessor við Iðn- og tæknifræðideild HR og fyrrv. forstöðumaður Rb við NMÍ.
- Sigurður L. Thorlacius, umhverfisverkfræðingur hjá Eflu.

## 3. Markmið

Viðfangsefni vinnuhópsins felst einkum í að meta loftslagsáhrif byggingariðnarins á Íslandi. Loftslagsáhrif eru iðulega metin með því að áætla losun gróðurhúsalofttegunda (GHL) en GHL eru losaðar við ákveðnar athafnir eins og t.d. við brennslu á jarðefnaeldsneyti.

Gróðurhúsalofttegundir eru helst koltvíoxíð ( $\text{CO}_2$ ), vatnsgufa, metan, tvínituroxíð ( $\text{N}_2\text{O}$ ), óson ( $\text{O}_3$ ) og ýmis halógen-kolefnissambönd. Þessar lofttegundir eru nefndar gróðurhúsalofttegundir vegna þess að þegar þeim er hleypt út í loftið virka þær eins og gler í gróðurhúsi og halda sólarvarma innan lofthjúpsins. Koltvíoxíð sem verður til við losun kolefnis í andrúmsloftið stendur fyrir um það bil 80% af GHL.

GHL hafa mismunandi áhrif á hitastig. Á vef Umhverfisstofnunar segir: „Þegar heildarlosun GHL er metið er hverri lofttegund gefinn tiltekinn stuðull sem miðast við þessi ólíku áhrif. Þessi stuðull kallast hlýnunarmáttur (e. global warming potential) og ræðst annars vegar af hlutfallslegum samanburði á áhrifum hennar á hitastig jarðar og hins vegar af áhrifum koltvísýrings ( $\text{CO}_2$ ) á tilteknu tímabili. Magn GHL er því gefið upp í koldíoxíð-ígildum ( $\text{CO}_2\text{e}$ ).“

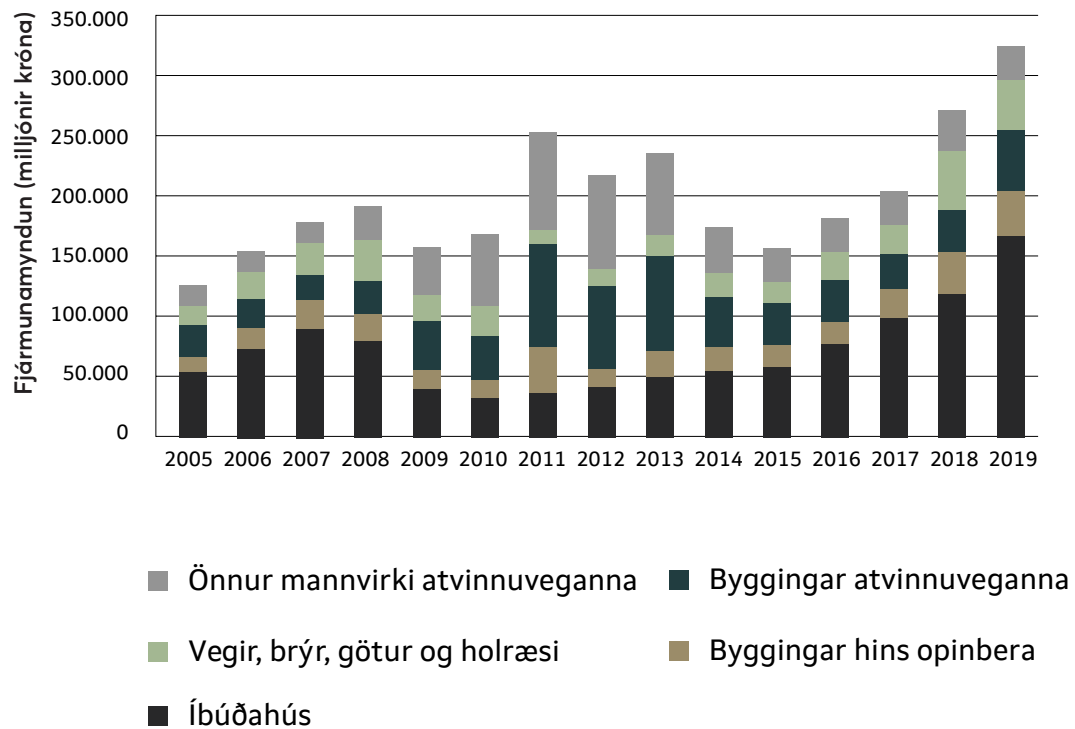
Markmið vinnuhópsins er að áætla kolefnisfótspor vegna byggingariðnaðar svo unnt sé að taka upplýstari ákvarðanir um hvernig draga megi úr þessu fótspori.

Orsök og uppruna þessa kolefnisfótspors má gróflega skipta í eftirfarandi fimm flokka (sbr. skiptingu lífsferilsgreininga):

- Efnisvinnsla og framleiðsla.
- Flutningar.
- Nýbyggingarstarfsemi.
- Rekstur og viðhald.
- Niðurrif, förgun og endurnýting.

<sup>1</sup>Í þessari skýrslu verður notað „íg“ fyrir „ígildi“ í staðinn fyrir „e“ fyrir „equivalents“, þ.e. „ $\text{CO}_2$ íg“ í stað „ $\text{CO}_2\text{e}$ “.

Verkefni byggingariðnaðar má skipta í tvo flokka; annars vegar byggingar og hins vegar aðra mannvirkjagerð. Við vinnu hópsins kom fljótlega í ljós að fyrirbyggjandi upplýsingar eru svo til eingöngu tengdar húsagerð en lítið um aðgengilegar upplýsingar varðandi aðra mannvirkjagerð. Út frá kostnaðartölum í hagtölum sbr. Hagstofu Íslands vega byggingar mest (sjá línurit á mynd 1) en það þarf að hafa í huga að niðurstöður ná hér eingöngu til almennrar byggingarstarfsemi.



Mynd 1: Fjármunamyndun á verðlagi hvers árs.



### 3.1. Gögn sem aflað var í verkefninu

#### Byggingarmagn:

Fasteignaskrá heldur skrá yfir byggingar og er þar flokkað eftir tegund, aðalbyggingarefni, byggingarumfangi (m<sup>3</sup> alls og m<sup>2</sup> gólfplatnar) og byggingarári. Skráð byggingarár er þegar bygging er fókheld.

#### Lífsferilsgreiningar húsa:

Í lífsferilsgreiningu er gerð magntaka og áætlað kolefnisfótspor mannvirkis; áfangaskipt í tíma. Fótsporið er alltaf gefið upp fyrir einhverja grunneiningu (fyrir byggingu almennt m<sup>2</sup> gólfplatnar).

#### Orkunotkun:

Orkustofnun hefur yfirlit yfir orkunotkun tengda jarðefnaeldsneytum í byggingariðnaði.

Veitur hafa upplýsingar um orkunotkun bygginga, skipt eftir tegund og aldri.

Í hönnun er orkunotkun húsa iðulega áætluð og stundum tengd lífsferilsgreiningu húsa.

#### Innflutt byggingarefni:

Hagstofan heldur utan um upplýsingar varðandi innflutning efna (magntölur og upprunaland).

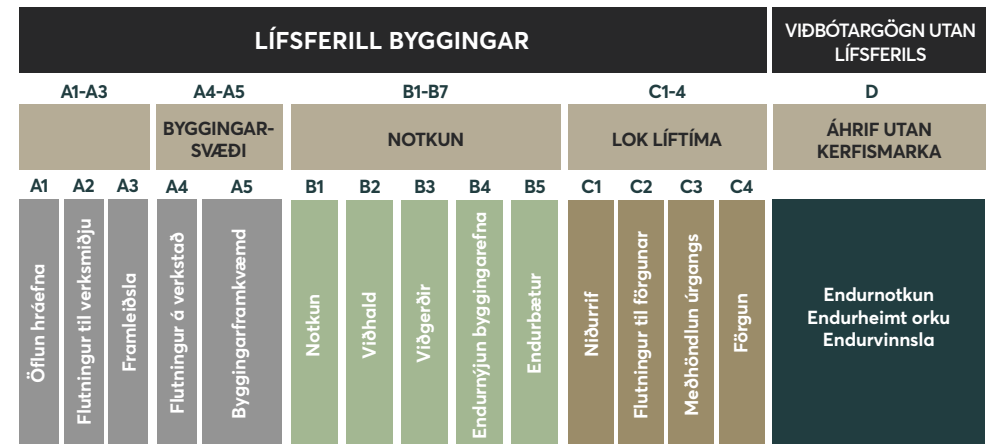
#### Nýting efna og förgun:

Kröfur um sjálfbærari starfsemi ýtir undir að framkvæmdaaðilar haldi bókhalð um efna- og orkunotkun ásamt magni af förguðum efnum. Haft var samband við þrjá byggingaraðila, sem veittu aðgang að slíkum upplýsingum varðandi þrjú verkefni sem eru í gangi.

## 4. Fasar lífsferilsgreiningar

Kolefni er losað yfir allan lífsferil bygginga. Lífsferli bygginga er skipt niður í nokkra fasa (sjá mynd 2). Lífsferilsgreining (e. life cycle assessment, LCA) er aðferðafræði til að meta kolefnislosun frá öllum fösum lífsferils bygginga, annarra mannvirkja og innviða.

Hverjum fasa fylgir kolefnislosun: iðulega gefin upp sem kg CO<sub>2</sub>íg á einhverja einingu, t.d. m<sup>2</sup>.



B6 Orkunotkun í rekstri  
B7 Vatnsnotkun í rekstri

Mynd 2: Lífsferilsfasar bygginga.



**A-fasar** eru allir fasar áður en bygging fer í notkun. Þeim má skipta í tvennt; framleiðslu byggingarefna (A1–A3) og framkvæmd (A4–A5).

- A1 Öflun og vinnsla hrávara og vinnsla endurunninna eða afgangsráefna.
- A2 Flutningur hrávara á framleiðslustað.
- A3 Framleiðsla byggingarefna.
- A4 Flutningur á verkstað.
- A5 Byggingarframkvæmd.

**B-fasar** eru allir fasar yfir notkun byggingarinnar. Þeim má einnig skipta í tvennt; notkun og viðhald (B1–B5) og rekstur (B6–B7).

- B1 Notkun á uppsettum vörum.
- B2 Viðhald.
- B3 Viðgerðir.
- B4 Endurnýjun byggingarefna.
- B5 Endurbætur.
- B6 Orkunotkun í rekstri.
- B7 Vatnsnotkun í rekstri.

**C-fasar** eru allir fasar við lok líftíma byggingarinnar (C1–C4).

- C1 Niðurrif.
- C2 Flutningur af byggingarlóð á endurvinnslustað.
- C3 Vinnsla úrgangs til endurnotkunar, endurheimtar og/eða endurvinnslu.
- C4 Förgun.

**D-fasi** sýnir ávinning af endurvinnslu/nýtingu.

- Afurðir eða vörur sem er hægt að endurvinna, endurnota eða endurvinna orku úr eru talin vera hrávara til notkunar í framtíðinni.

Nánari lýsingar á fösum er að finna í ÍST EN 15978, nema fyrir fasa A1–A3 en þá er einnig vísað í ÍST EN 15978 og ÍST EN 15804.

## 5. Kerfismörk

Niðurstöður þessarar fyrstu atrennu í að mæla kolefnislosun frá byggingariðnaði á Íslandi eru tvíþættar; þ.e.a.s. losun frá byggingariðnaði á einu viðmiðunarári og innbyggt kolefni heildarbyggingarmassans.

### 1. Árleg kolefnislosun vegna nýbygginga og vegna viðhalds og rekstrarorku núverandi bygginga:

- Losun frá nýbyggingum (fasar A1–A3 og A4–A5).
- Losun frá viðhaldi (fasar B4–B5) og rekstrarorku (fasi B6) núverandi bygginga.

### 2. Innbyggt kolefni (e. embodied carbon):

- Innbyggt kolefni í heildarbyggingarmassa (fasar A1–A3 og A4–A5).



## 6. Byggingarmassinn á Íslandi

Upplýsingar um byggingarmassann á Íslandi voru fengnar frá Fasteignaskrá. Byggingum á Íslandi er skipt í tíu flokka (sjá töflu 1).

Fasteignaskrá veitti hópi 6 upplýsingar um heildarbyggingarmassann á Íslandi. Í hverjum flokki bygginga fengust upplýsingar um fermetra og rúmmetra. Eins fengust upplýsingar um byggingarár og efni í útveggjum.

Ekki fengust upplýsingar frá Fasteignaskrá um þann fjölda bygginga sem úreldast á hverju ári. Upplýsingar um úreldingar eru mikilvægar til að fá nákvæmari heildarsýn á byggingariðnaðinn. Áhugavert væri ef þessar upplýsingar væri tilbúnar fyrir næstu mælingu, sem áætluð er árið 2023.

Innan hópsins spunnust umræður um hvaða einingu ætti að nota til að magntaka byggingarmassann. Ákveðið var að notast við birt flatarmál enda samsvarar það best þeirri einingu sem notuð er í lífsferlisgreiningar aðferðarfræðinni (þ.e. gross internal floor area, GIFA).

GIFA er, samkvæmt skilgreiningu, flatarmálið sem afmarkast af innri kanti útveggja, samanlagt fyrir hverja hæð. Það skal tekið fram að þetta er hvorki svokallað „brúttó“ né „nettó“ flatarmál í daglegu tali heldur kemst GIFA næst því að vera svokallað „birt flatarmál“.

Birt flatarmál skv. skráningartöflu Fasteignaskrár er gefið upp sem D5+D5M-D7-D9, þar sem:<sup>2</sup>

- D5 er botnflötur rýmis, reiknað innan útveggja og veggja á eignarskilum (flatarmál innrýmis).
- D5M er botnflötur rýma sem er ekki á hæðarskilum (þ.e. milligólf, pallar í rýmum).
- D7 er flatarmál opa (yfir ákveðinni stærð, s.s. stigaop og lyftustokkar).
- D9 er rými með salarhæð undir 1,8 m.

Alls er birt flatarmál bygginga á Íslandi um **38.000.000 m<sup>2</sup>** og nýbyggingar eru um **565.000 m<sup>2</sup>** á ári.

Flatarmálið skiptist á milli flokka byggingargerða skv. hlutfallstölum sem er að finna á töflu 1.

Tafla 1: Byggingargerðarflokkar

Byggingarflokkar	Hlutfall af heildarmagni bygginga
0 Útihús	10%
1-2 Einbýli/sérbýli	25%
3 Fjölbýli	23%
4 Bílskúr/skúr	4%
5 Sumarhús	3%
6 Verslanir/skrifstofuhús	9%
7 Iðnaðarhús	10%
8 Vörugeymslur	2%
9 Sérhæfðar eignir	14%

<sup>2</sup> Skilgreiningar á hugtökum er að finna í ÍST 50.

## 7. Losunartölur lífsferilsfasa íslenskra bygginga

Losunartölur eru áætlaðar út frá niðurstöðum lífsferilsgreininga sem hafa verið framkvæmdar á Íslandi ásamt öðrum aðgengilegum gögnum.

### 7.1. Íslenskar lífsferilsgreiningar

Hópur 6 hefur aðgang að tíu lífsferilsgreiningum á íslenskum byggingum. Lífsferilsgreiningar sem um ræðir voru framkvæmdar af Háskóla Íslands, Nýsköpunarmiðstöð Íslands, Eflu verkfræðistofu og Mannvit verkfræðistofu.

Vegna þess hve fáar greiningar hafa verið framkvæmdar á Íslandi voru byggingargerðarflokkarnir sameinaðir í tvo megin flokka:

- **Íbúðarhúsnæði (einbýlishús, sérbýli, fjölbýli, bílskúrar):** 3 greiningar.
- **Atvinnuhúsnæði (skrifstofur, verslanir, opinberar byggingar og iðnaðarbyggingar):** 7 greiningar.

Mikilvægt er að skoða lífsferilsgreiningar fyrir byggingar úr mismunandi byggingarefnum. Aðeins hafa verið framkvæmdar lífsferilsgreiningar á tveimur byggingarefnum:

- **Steypa:** 7 greiningar.
- **Timbur:** 3 greiningar.

Lífsferilsgreining á svokölluðu Viðmiðunarhúsi (e. basis house) miðað við íslenskar aðstæður hefur verið framkvæmd. Greiningin er ákveðið viðmið fyrir íslenskar nýbyggingar og niðurstöðurnar nýtast vel til að lýsa byggingarhefðum og -venjum eins og þær eru í dag. Skýrslan um Viðmiðunarhúsið hefur ekki verið formlega birt þegar þetta er ritað, en þess má vænta innan skamms.

Út frá lífsferilsgreiningum er hægt að fá upplýsingar um losunartölur fyrir alla lífsferilsfasana. Losun er gefin upp sem kg CO<sub>2</sub>íg á fermetra gólfplatar.

### 7.2. Gögn frá Orkuveitu Reykjavíkur

Orkuveita Reykjavíkur veitti aðgang að gögnum um árlega orkunotkun íbúðarhúsnæðis (þ.e. einbýli, fjölbýli, parhús og raðhús) og atvinnuhúsnæðis (þ.e. skrifstofuhúsnæði og iðnaðarhúsnæði).

Hópur 6 fékk upplýsingar um árlega orkunotkun á fermetra (kWh/m<sup>2</sup>) fyrir þessar mismunandi gerðir bygginga og byggingarár, sundurliðað milli hitaveitu og rafhitunar.

Frá þessum gögnum er hægt að sjá betur hver er raunveruleg orkunotkun bygginga og hvort upplýsingar sem fást úr íslenskum lífsferilsgreiningum fyrir fasa B6 endurspegli raunástand á Íslandi, sem og gögnin gerðu.

### 7.3. Gögn frá orkuútreikningum

Efla verkfræðistofa veitti aðgang að niðurstöðum úr orkuútreikningum fyrir sex byggingar. Orkuútreikningar fyrir byggingar endurspeglar orkunotkun samkvæmt hönnun og eiga því að gefa viðmið um væntanlega orkunotkun bygginga.

Hópur 6 fékk upplýsingar um árlega orkunotkun á fermetra (kWh/m<sup>2</sup>) fyrir þessar sex byggingar. Þessar upplýsingar voru nýttar til að sannreyna niðurstöður sem fengust frá íslenskum lífsferilsgreiningum (kafla 7.1) og gögn sem fengust frá Orkuveitu Reykjavíkur (kafla 7.2) sem varða losunartölu fyrir fasa B6.

## 7.4. Gögn frá verktökum

Þrír verktakar (Ístak, ÍAV og Jáverk) veittu aðgang að verkbókum umhverfisvöktunar fyrir sitt hvert verkefnið. Í þessum verkbókum er að finna upplýsingar frá verkstað um vatnsnotkun (heitt og kalt vatn), raforkunotkun, úrgangsmyndum og eldsneytisnotkun við flutninga og á vinnusvæði.

Því miður nýttust þessi gögn ekki að þessu sinni vegna þess að verkefnið eru ekki búin. Hins vegar er mikilvægt að tryggja aðgang að þessum gögnum því þau munu nýtast þegar næsta mæling verður framkvæmd, þ.e.a.s ef verkefninum er lokið.

Með því að hafa aðgang að slíkum gögnum er hægt að fá nákvæmari mynd af fösum A4, A5 og C.

## 7.5. Gögn frá Umhverfisstofnun

Umhverfisstofnun veitti aðgang að magntölum sem varða byggingar- og niðurrifsúrgang. Tafla 2 sýnir heildarúrgang en gögnin frá Umhverfisstofnun sýna nákvæmari sundurliðun á endurnýtingar- og förgunarfarvegi úrgangs. Niðurstöður er hægt að nýta til að reikna kolefnislosun vegna úrgangs. Til að nýta þessi gögn til fulls þá vantar nánari sundurliðun á því hvernig úrgangur fellur til þ.e. hvort hann fellur til við framkvæmd, viðhald, endurbætur eða niðurrif.

Tafla 2: Byggingar- og niðurrifsúrgangur 2019

Lýsing	Spilliefni / ekki spilliefni	Samtals endurnýring (tonn)	Samtals förgun (tonn)
Viðarúrgangur frá byggingar- og niðurrifstarfsemi	Ekki spilliefni	3.858	7.017
Viðarúrgangur frá byggingar- og niðurrifstarfsemi	Spilliefni	0	7
Óvirkur úrgangur (t.d. steypa, flísar, gifs, gler)	Ekki spilliefni	20.515	2.158
Óvirkur úrgangur (t.d. steypa, flísar, gifs, gler)	Spilliefni	0	0
Malbik	Ekki spilliefni	40.714	46
Malbik (inniheldur kolatjöru)	Spilliefni	0	0
Blandaður byggingar- og niðurrifsúrgangur	Ekki spilliefni	599	4.233
Blandaður byggingar- og niðurrifsúrgangur	Spilliefni	0	0
Úrgangur sem inniheldur asbest	Spilliefni	0	74
	<b>Samtals:</b>	<b>65.686 (83%)</b>	<b>13.535 (17%)</b>

## 7.6. Losunartölur

Hópur 6 rýndi aðferðarfræði, forsendur og niðurstöður íslenskrar lífsferilsgreininga. Ákvörðuð var losunartala (kg CO<sub>2</sub>/g/m<sup>2</sup>) fyrir hvern lífsferilsfasa miðað við tegund bygginga.

Tafla 3 sýnir þær losunartölur sem eru nýttar til að meta kolefnislosun frá byggingariðnaði á Íslandi.

Losunartölur frá byggingargerðum sem flokkast sem „Annað“ voru ekki metnar vegna skorts á lífsferilsgreiningum sem túlka þennan byggingarflokk. Þar sem lítið hlutfall heildarbyggingarmassans fellur undir „Annað“ var talið að þessi einföldun myndi ekki valda teljandi skekkju á niðurstöðum. Með framkvæmd fleiri lífsferilsgreininga verður hægt að uppfæra niðurstöðurnar.

Tafla 3: Losunartölur fyrir lífsferilsfasa mismunandi bygginga					
Kolefnisspor [kg CO <sub>2</sub> /g/m <sup>2</sup> brúttóflöt]	Íbúðarhúsnæði		Atvinnuhúsnæði		Annað
	Timbur	Steypt	Timbur	Steypt	
<b>Samtals</b>	<b>445</b>	<b>660</b>	<b>680</b>	<b>795</b>	
A1-A3	50	290	250	395	
A4	10	10	25	25	
A5	55	55	105	105	
B4-B5	50	85	85	40	
B6	180	180	205	205	
C1-C4	100	40	10	25	
<b>Hlutfall húsnæðis</b>	<b>65%</b>		<b>31%</b>		<b>4%</b>

Losunartölur fyrir alla lífsferilsfasana í töflu 3 voru áætlaðar út frá eftirfarandi forsendum:

- **A1-A3:** Áætlað út frá meðaltali allra lífsferilsgreininga innan hvers flokks (þ.e. timbur íbúðarhús, steyp íbúðarhús o.s.frv.).
- **A4-A5:** Áætlað út frá lífsferilsgreiningum sem meta sérstaklega íslenskar aðstæður (t.d. Sundhöllin).
- **B4-B5:** Áætlað út frá meðaltali allra lífsferilsgreininga innan hvers flokks (þ.e. timbur íbúðarhús, steyp íbúðarhús o.s.frv.). Hér má einnig benda á að það eru mjög takmarkaðar upplýsingar fyrir losun vegna viðhalds (B4-B5), sjá umræðu síðar (kafla 8).
- **B6:** Áætlað út frá lífsferilsgreiningum sem meta sérstaklega íslenskar aðstæður og sannreynt með gögnum frá Orkuveitu Reykjavíkur og niðurstöðum frá orkuútreikningum.
- **B7:** Ekki metið á Íslandi.
- **C1-C4:** Áætlað út frá meðaltali allra lífsferilsgreininga innan hvers flokks (þ.e. timbur íbúðarhús, steyp íbúðarhús, o.s.frv.).



## 8. Kolefnislosun frá byggingariðnaði

Niðurstöðurnar eru tvíþættar, þ.e.a.s. kolefnislosun frá byggingariðnaði á einu viðmiðunarári og innbyggð kolefni heildarbyggingarmassans.

### 8.1. Árleg losun vegna nýbygginga og vegna viðhalds og rekstrarorku núverandi bygginga

Byggt á fyrirliggjandi lífsferilsgreiningum alls tíu bygginga, sem skiptast í tvo flokka (íbúðarhúsnæði og atvinnuhúsnæði), fæst kolefnisfótspor eða kolefnislosun á nettó m<sup>2</sup> gólfplatar.

Árlegt byggingarmagn (eitt ákveðið ár) er fundið út frá gögnum Fasteignaskrár. Hafa þarf í huga að uppgæfið byggingarár ræðst af því hvenær bygging er skráð fokheld. Byggingarmagnið er því ekki endilega framleitt þetta uppgæfna ár, ef framleiðsla milli ára væri jöfn þá skipti þetta ekki máli en í sveiflukennndri framleiðslu þá er þarna mögulega innbyggð skekkja sem er erfitt að meta.

Lífsferilsgreiningar sem liggja fyrir eru ekki endilega alveg sambærilegar né heldur tæmandi. Afmörkun getur verið mismunandi milli greininga og yfirleitt ná greiningarnar ekki yfir alla þætti nýbyggingarinnar. Þannig vantar til dæmis almennt í greiningarnar að taka tillit til jarðvinnu, áhrifa þjónustukerfa (rafmagn, lagnir, hita- og loftræstikerfi), fastra innréttinga og frágangs lóðar. Greining á áhrifum viðhalds og endurnýjunar er einnig mismunandi og áhrif förgunar iðulega ekki tekin með.

Í árlegu kolefnisfótspori þarf einnig að taka með áhrif vegna rekstrar alls byggingarmagns í landinu, þ.e. bæði orkunotkun vegna rekstrar og efnis- og orkunotkun vegna viðhalds og endurnýjunar.

Upplýsingar um orkunotkun tengda rekstri (B6) eru nokkuð ítarlegar en eru mjög takmarkaðar að því er varðar umfang viðhalds (B4-B5), þar sem magntölur skortir. Í tölum Fasteignaskrár, sem aðgangur fékkst að, er ekki að finna upplýsingar um úreldingu bygginga og því ekki hægt að taka þann lið (C-fasa) inn í greininguna (áhrif þessa eru þó sennilega mjög takmörkuð).

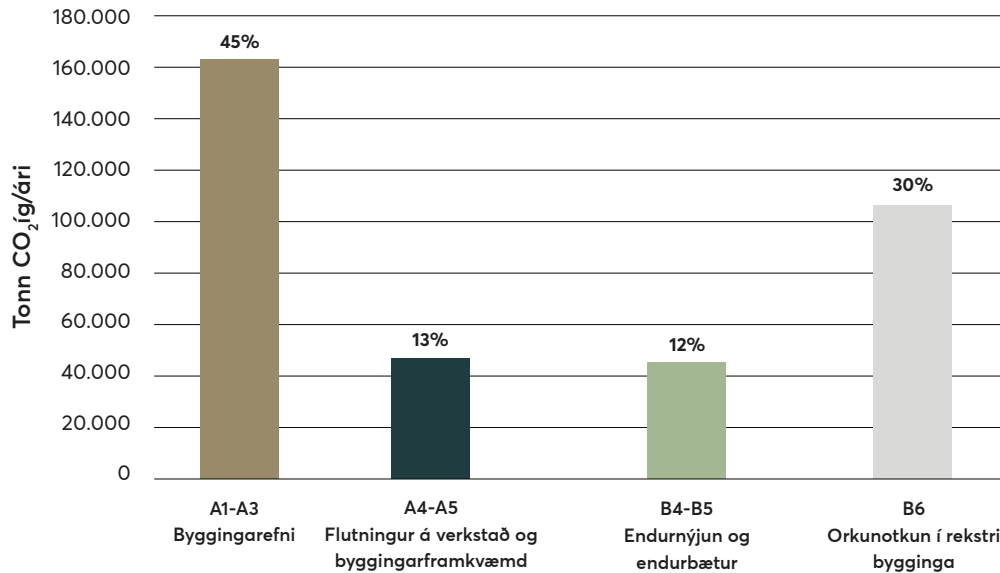
Upplýsingar um kolefnisfótspor og efnismagn (frá lífsferilsgreiningum) og upplýsingar um orkunotkun bygginga á m<sup>2</sup> (frá Veitum og lífsferilsgreiningum) ásamt upplýsingum Fasteignaskrár um byggt magn árlega (m<sup>2</sup> birt flatarmál) í nokkrum flokkum bygginga eru notaðar til að áætla kolefnisfótspor allra nýbygginga (A1-A5) fyrir eitt ár og rekstrarorku (B6) alls byggingarmassans í landinu, sjá töflu 4 og mynd 3.

Áætlun um áhrif viðhalds (B4-B5) byggja á áætlun aðeins einnar lífsferilsgreiningar. Viðhald bygginga hefst ekki að ráði fyrr en bygging er orðin minnst 20 ára og þess vegna er losun vegna viðhalds (B4-B5) eingöngu áætlað fyrir byggingar byggðar fyrir 2000, sjá töflu 4. Hér þarf að hafa í huga að heildarlosun viðhalds og endurnýjunar (B4-B5) í töflu 3 miðast við allan lífsferil byggingar, iðulega reiknað yfir 50 ár. Hins vegar er árleg kolefnislosun viðhalds og endurnýjunar reiknuð sem heildarlosun viðhalds og endurnýjunar deilt á 50-20=30 ár. Árleg heildaráhrif fasa B4-B5 fyrir allan byggingarmassann í landinu (eldri en 20 ára) eru áberandi lægri heldur en árleg áhrif frá nýbyggingarumfangi (A1-A3) í töflu 4, sem bendir til þess að fyrrnefndu fasarnir kunni að vera vanreiknaðir.

Tafla 4: Árleg losun vegna nýbygginga og vegna viðhalds og rekstrarorku núverandi bygginga

	Flatarmál þúsund m <sup>2</sup>	Fasar tonn CO <sub>2</sub> íg/ári					Samtals tonn CO <sub>2</sub> íg/ári
		A1-A3 Byggingarefni	A4 Flutningur á verkstað	A5 Byggingar- framkvæmd	B4-B5 Endurnýjun byggingarefna og endurbætur	B6 Orkunotkun í rekstri	
Nýbyggingar, 2020	564	162.472	7.995	38.378			208.844
Byggingar, alls	37.670					106.864	106.864
Byggingar, fyrir 2000	26.840				43.546		43.546
							359.255
Hlutfall af heildarlosun		45%	2%	11%	12%	30%	

## Árleg losun íslenskra bygginga ≈ 360 þús. tonn CO<sub>2</sub>íg



Mynd 3: Árleg losun vegna nýbygginga og vegna viðhalds og rekstrarorku núverandi bygginga.

## 8.2. Áætlað innbyggt kolefni í heildarbyggingarmagni Íslands

Næst var innbyggt kolefni (e. embodied carbon) fyrir heildarbyggingarmassa Íslands áætlað. Innbyggt kolefni er kolefni sem er bundið í byggingum og var losað við framleiðsluferla byggingarefna (A1-A3) ásamt losun sem átti sér stað við flutninga (A4) og framkvæmd á byggingarstað (A5).

Upplýsingar um kolefnisfótspor og efnismagn (frá lífsferilsgreiningum) ásamt upplýsingum Fasteignaskrár um heildar byggt magn (birt flatarmál í m<sup>2</sup>) eru notaðar til að áætla innbyggt lífsferilsspor eða kolefnisspor allra bygginga á Íslandi, sjá töflu 5. Þarna eru þá ekki meðtalin áhrif frá viðhaldi og endurbótum sem hefur verið framkvæmt í áranna rás, þetta var talið of óvíst og flókið til úrvinnslu að þessu sinni.

Matið á losuninni nær eingöngu til bygginga; hluti mannvirkjagerðar er alveg undanskilinn svo sem vegir og brýr. Þá er losun vegna jarðvinnu ekki í matinu, þar sem ekki hefur verið tekið tillit til jarðvinnu við gerð lífsferilsgreininga á Íslandi. Þá má geta þess að losun viðhalds er mögulega vanmetin.

Tafla 5: Innbyggt kolefni

	Flatarmál þúsund m <sup>2</sup>	Fasar tonn CO <sub>2</sub> íg			Samtals tonn CO <sub>2</sub> íg
		A1-A3	A4	A5	
Innbyggt kolefni, heildarmassi	37.670	9.764.504	514.795	2.429.075	12.708.373

## 8.3. Athugasemdir við niðurstöður

Mikil umræða skapaðist innan hópsins vegna eftirfarandi þriggja atriða:

- Fáar íslenskar lífsferilsgreiningar.
- Losun vegna viðhalds er mögulega vanmetin (B4-B5).
- Ósamræmi í hvernig kolefnisspor timburs er metið.

Fyrst má nefna hversu fáar lífsferilsgreiningar hafa verið framkvæmdar á Íslandi. Það er mjög takmarkandi því það þurfti að beita mörgum forsendum, ályktunum og einföldunum til að áætla þessar fyrstu niðurstöður um kolefnislosun. Því má álykta að þessar niðurstöður sýni einungis grófa mynd af kolefnislosun byggingariðnaðarins á Íslandi, auk þess sem hluti mannvirkjagerðar er alveg undanskilinn.

Niðurstöður verða nákvæmari og meira lýsandi þegar fleiri lífsferilsgreiningar verða framkvæmdar. Tryggja þarf aðgengi HMS (eða framkvæmdaraðila samstarfsverkefnisins Byggjum grænni framtíð) á niðurstöðum úr nýjum lífsferilsgreiningum. Niðurstöður greininga þurfa að vera opinberar og aðgengilegar svo losunartölur endurspegli sem best byggingariðnaðinn á Íslandi hverju sinni. Eins þarf að samræma aðferðarfræði fyrir lífsferilsgreiningar á Íslandi til að tryggja trúverðugleika á niðurstöðum.

Þá er mikilvægt að kanna hvort losun vegna viðhalds (B4-B5) er mögulega vanmetin. Niðurstöður fyrir B4-B5 er að finna í töflu 4 og umræða skapaðist m.a. vegna þess hve lág losunartalan er í samanburði við tölur frá Hagstofunni um innflutt byggingarefni. Til að kanna mögulegt misræmi voru tölur um innflutt

byggingarefni bornar saman við áætlaða heildarefnisnotkun nýbygginga á ári. Efnisnotkun (tonn/ári) fyrir Viðmiðunarhús var reiknuð per fermetra út frá magntöku hússins til að áætla sement/m<sup>2</sup>, járnabending/m<sup>2</sup> og timbur/m<sup>2</sup>. Þessum tölum var síðan varpað á heildarfermetra nýbygginga (565.000 m<sup>2</sup>) til að áætla hve mikið af sementi, járnabendingu og timbri er notað á hverju ári í nýbyggingar. Þessar tölur voru síðan bornar saman við innflutningstölur frá Hagstofunni.

Tafla 6 sýnir samanburð á þessum tölum. Það má taka fram að það vantar innviði inn í tölur um áætlaða efnisnotkun sem útskýrir mögulega mismun á milli steypu og járnabendingu. En það er mikill munur á magni timburs. Timbur er algengt efni í innréttingar, endurbætur og viðhald. Í lífsferilsgreiningunum sem stuðst var við er aðeins að óverulegu leyti tekið tillit til innréttinga og timburnotkunar á lóð (pallar, girðingar). Magn timburefna er því vanmetið, en það skýrir tæpast eitt og sér þennan mismun. Því má álykta að viðhald á Íslandi kunni að vera vanmetið og þar af leiðandi er kolefnislosun vegna viðhalds vanmetin sömuleiðis. Fara þarf í nánari greiningu á þessum mismun.

Tafla 6: Efnisnotkun		
Áætluð efnisnotkun (tonn/ár) *		
Sement	Járnabinding	Timbur
92.980	11.925	3.347
Innflutt 2020 (tonn)		
Sement	Járnabinding	Timbur
137.469	22.834	37.970

\* Byggt á magntöku Viðmiðunarhúss og uppgefnu magni nýbygginga á ári.

Þá þarf að kanna og samræma hvernig kolefnisspor timburs er skilgreint innan íslenskra lífsferilsgreininga. Athuga ber að einungis tvær lífsferilsgreiningar hafa verið framkvæmdar á íbúðarhúsum byggðum úr timbri. Þessar tvær greiningar túlka eiginleika timburs til að geyma kolefni á mismundi hátt. Þ.e.a.s. önnur skilgreinir meirihluta losunar við framleiðslu (fasar A1-A3) en hin skilgreinir meirihluta losunar við lok líftíma (fasar C1-C4). Þessa túlkun milli greininga þarf að samræma svo unnt sé að skilgreina betur aðgerðir sem eiga að draga úr kolefnislosun.

Að lokum þarf að nefna eftirfarandi annmarka (listinn er ekki tæmandi):

- Skoða þarf betur losun á framkvæmdartíma og þá sérstaklega losun vegna jarðvinnu sem ekki er innifalin í niðurstöðunum, þar sem ekki hefur verið tekið tillit til jarðvinnu í lífsferilsgreiningum á Íslandi. Einnig þarf að rýna gögn er varða olíunotkun vegna byggingarframkvæmda sem eru gefnar út af Orkustofnun. Það þarf að vera skýrt hvernig olía vegna framkvæmda er nýtt, þ.e.a.s. skilgreina hvort olía er notuð til uppbyggingar eða vegna flutninga. Eins þarf að kanna betur úrgangsmýndun á framkvæmdartíma þá sérstaklega nýtingarhlutfall efnis sem kemur á verkstað. Hér eiga gögn frá verktökum eftir að koma sér einstaklega vel.
- Þá þarf að skoða betur úrgangsmýndun byggingariðnaðarins við lok líftíma mannvirkja; afla þarf upplýsinga um hve margar byggingar úreldast á ári.
- Að lokum er vert að ítreka á að niðurstöður þeirrar vinnu, sem þessi skýrsla fjallar um, tekur ekki til innviða. Þessi fyrsta mæling á kolefnislosun frá byggingariðnaði á Íslandi skoðaði einungis losun vegna bygginga. Það má því áætla að losunartölur munu hækka þegar innviðir og viðhald eru tekin með.

## 9. Samantekt

Kolefnislosun frá byggingariðnaði á einu viðmiðunarári er áætluð sem tæplega **360.000 tonn CO<sub>2</sub>íg/ári** sem samsvarar u.þ.b. einu tonni aukalega á íbúa miðað við það sem er nú þegar áætlað í Loftslagsbókhalda Íslands (13,1 tonn á íbúa á ári án losunar vegna landnotkunar eða LULUCF, 2019).

Innbyggt kolefni heildarbyggingarmassans var einnig áætlað og er það u.þ.b. **12.700.000 tonn CO<sub>2</sub>íg**. Til samanburðar, þá var heildarlosun Íslands árið 2019 með landnotkun og skógrækt um 13.800.000 tonn CO<sub>2</sub>íg.



Tafla 4, bls. 14 og mynd 3, bls. 15 sýna kolefnislosun íslenskra bygginga á einu viðmiðunarári. Áhugavert er að skoða áhrif mismunandi fasa lífsferilsins á heildarlosunina.

Um 58% af kolefnislosuninni eru rakin til byggingarefna og framkvæmda (fasar A1-A5); 45% er vegna byggingarefna (fasar A1-A3) og 13% er vegna framkvæmda og flutnings (fasar A4 og A5). Þessar niðurstöður sýna greinilega að byggingarefnin eiga eftir að vega þungt þegar draga á úr loftslagsáhrifum byggingariðnaðarins. Mikill ávinningur verður því fólgin í því að þróa lausnir og aðgerðir sem stuðla að minni kolefnislosun við framleiðslu og notkun byggingarefna. Huga þarf sérstaklega að steypunni í því sambandi; bæði með því að gera hana vistvænni og minnka notkun hennar. Steypa er aðalbyggingarefni í 70% bygginga á Íslandi samkvæmt Fasteignaskrá. Samkvæmt lífsferilsgreiningu áðurnefnds Viðmiðunarhúss (sem var steyp) myndaði steypa tæplega 2/3 af kolefnisspori byggingarefnisins.

Um það bil 30% af heildarlosun frá byggingariðnaði á viðmiðunarári er vegna orkunotkunar í rekstri (fasi B6). Þessar niðurstöður eru verulega háðar því hvernig kolefnisspor hitaveituvatns er ákvarðað en sýna líka að það er mögulegur ávinningur fólgin í því að kanna orkusparandi aðgerðir fyrir rekstur bygginga. Aukin orkunýtni bygginga gæti leitt til töluverðs samdráttar í losun en það á eftir að meta aðgerðir.

Aðeins 12% af heildarlosun er vegna viðhalds bygginga. Niðurstöður sýna eins og áður hefur verið rætt að viðhald er mögulega vanmetið í þessum tölum og því nauðsynlegt að greina áhrif viðhalds betur. Mikilvægt er að hafa viðhald í huga við hönnun á nýbyggingum til þess að tryggja að efni og kerfi séu valin strax í upphafi til þess að lágmarka viðhaldsþörf og þar með draga úr loftslagsáhrifum.

Það er einnig áhugavert að skoða innbyggt kolefni heildarbyggingarmassans á Íslandi. Þessar tölur sýna einfaldlega hversu mikil verðmæti eru fólgin í núverandi byggingarmassa. Þær undirstrika til hversu mikils er að vinna með því að innleiða hringrásarhagkerfið og draga úr auðlindanotkun og úrgangsmýndun með aukinni áherslu á endurnotkun, endurnýtingu og endurvinnslu.

## 10. Yfirferð á tillögum að losunarmarkmiðum og aðgerðum

Þegar kolefnislosun frá byggingariðnaði á einu viðmiðunarári er skoðað (sjá töflu 4) má sjá að framleiðsluferlar byggingarefna vega þungst en um 45%

af kolefnislosun er rakin til fasa A1-A3. Það má því álykta að mikill ávinningur sé fólgin í að skoða hvernig megi draga úr áhrifum A1-A3. Hér má helst nefna hversu mikilvægt það er að skoða efnisval vandlega og reyna að draga úr efnisnotkun.

Fyrir liggur tillaga um að stefna að 55% samdrætti í innbyggðu kolefni nýrra mannvirkja fyrir árið 2030. Þessu markmiði verður meðal annars náð með því að setja kröfur um framkvæmd lífsferilsgreininga á nýjum byggingum á frumhönnunarstigi og svo við lok hönnunar. Nýta verður niðurstöður markvisst á frumhönnunarstigi til að draga úr kolefnislosun miðað við viðmiðunarlosun. Á Íslandi er mikilvægt að beita lífsferilsgreiningum til að skoða hvernig það sé hægt að draga úr notkun sements í nýjum byggingum, þar sem notkun á sementi er stór hluti af árlegri losun byggingargeirans.

Tillögur að öðrum markmiðum fyrir 2030 felast í 70% samdrætti í losun vegna vinnuvéla á framkvæmdasvæðum og 50% samdrætti í losun vegna orkunotkunar nýbygginga fyrir árið 2030. Orkuskipti á framkvæmdarstað verða knúin áfram með réttum hvötum fyrir framkvæmdaraðila en einnig með því að tryggja að innviðir séu til staðar með aðgengi að vistvænum orkugjöfum. Samdráttur í orkunotkun nýrra bygginga verður að raunveruleika þegar sett verður krafa um orkuútreikninga og síðan í kjölfarið krafa um orkunýtni.

Að lokum er það niðurrifs- og byggingarúrgangurinn. Fyrirliggjandi tillögur að markmiðum miða við að 95% endurnýtingarhlutfalli á byggingar- og niðurrifsúrgangi verði náð árið 2030. Það er þó ekki síður mikilvægt að stefna að minnkandi sóun og úrgangsmýndun innan mannvirkjageirans. Hér þarf fyrst að tryggja nákvæmari gögn og sundurliðun á byggingar- og niðurrifsúrgangi, sem og rannsóknir og leiðbeiningar um niðurrif bygginga, endurnotkun byggingarefna og hámarksnýtingu byggingarefna á hönnunarstigi.

Umfjöllun um markmið um vistvænni mannvirkjagerð 2030 og aðgerðir til að ná þeim markmiðum er að finna í II. hluta Vegvísis að vistvænni mannvirkjagerð 2030. Þá má sjá heildaryfirlit yfir losun, markmið og aðgerðir í III. hluta Vegvísisins.

## 11. Þakkir

Framkvæmdarsýsla Ríkisins, ÍAV, ÍSTAK, Jáverk, Veitur, Efla verkfræðistofa, Mannvit verkfræðistofa, Orkustofnun, Umhverfisstofnun og Fasteignaskrá.



**Byggjum  
grænni framtíð**