



VISTFERILSGREINING HEIMILISÚRGANGS

Umhverfisáhrif meðhöndlunar heimilisúrgangs hjá SORPU  EFLA

22.03.2023



SKÝRSLA – UPPLÝSINGABLAÐ

SKJALALYKILL

2099-017-74-SKY-V06

SKÝRSLUNÚMÉR / SÍÐUFJÖLDI

78

VERKEFNISSTJÓRI / FULLTRÚI VERKKAUPA

Gyða Sigríður Björnsdóttir

VERKEFNISSTJÓRI EFLA

Alexandra Kjeld

LYKILORÐ

Vistferilsgreining, heimilisúrgangur

STAÐA SKÝRSLU

- Drög
 Drög til yfirlstrar
 Lokið

DREIFING

- Opin
 Dreifing með leyfi verkkaupa
 Trúnaðarmál

TITILL SKÝRSLU

Vistferilsgreining fyrir meðhöndlun heimilissorps

VERKHEITI

Vistferilsgreining fyrir gas- og jarðgerðarstöð Sorpu

VERKKAUPI

SORPA

HÖFUNDUR

EFLA; Alexandra Kjeld, Stefán Þór Kristinsson, Þórhildur Fjóla Kristjánsdóttir; Helga J. Bjarnadóttir

ÚTDRÁTTUR

Markmið þessa verkefnis er að greina og meta umhverfisáhrif frá meðhöndlun heimilisúrgangs í móttöku- og flokkunarstöð (MTFS) og gas- og jarðgerðarstöð (GAJA) SORPU, sem gangsett var árið 2020. Umhverfisáhrif eru borin saman við fyrra ástand þar sem úrgangi var urðað á urðunarstað SORPU á Álfsnesi, sem og framtíðarspár um bættu meðhöndlun heimilisúrgangs. Niðurstöður benda til þess að til mikils er að vinna að leggja af urðun á lífrænum úrgangi. Þegar urðun er lögð af mun sorpbrennsla vega þungt í umhverfisáhrifum ásamt brennslu metans sem myndast í GAJA, en á móti kemur ávinningur af hvoru tveggja. Umhverfisávinningur er af því að stuðla að endurvinnslu á heimilisúrgangi og sérsöfnun á lífrænum úrgangi, flokkuðum á upprunastað. Til lengri tíma verður samfélagsávinningur meiri af því að sérsafna úrgangi á upprunastað, einkum ef GAJA tekur við sérsöfnuðum lífrænum úrgangi eingöngu og molta verður nothæf, og því að lágmarka magn heimilisúrgangs sem fer í svarta tunnu og í brennslu, einkum plast.

ÚTGÁFUSAGA

NR.	HÖFUNDUR	DAGS.	RÝNT	DAGS.	SAMÞYKKT	DAGS.
01	AK, SPK, ÞFK	08.09.22	GSB	20.09.22	SPK	03.10.22
	Fyrstu skýrsludrög					
02	SPK, AK	06.10.22	GSB	13.10.22	SPK	19.10.22
	Úrvinnsla rýniatriða, seinni drög					
03	SPK, AK	23.11.23	AK, HJB, SPK	06.12.23	SPK	12.12.23
	Úrvinnsla eftir rýnifund, órýnd þriðju drög					
04	AK, SPK, ÞFK, HJB	22.12.22	GSB	28.12.22	AK, SPK	23.01.23
	Útgáfa eftir fyrstu rýni SORPU					
05	AK, SPK, ÞFK, HJB	15.02.23	GSB	27.02.23	AK, SPK	
	Breytingar á sviðsmyndum miðað við athugasemdir Sorpu					
06	AK, SPK	22.03.23	GSB		AK,SPK	
	Viðbætt sviðsmynd 3 að beiðni Sorpu auk annarra smærri breytinga					

SAMANTEKT

Fram til ársins 2019 var heimilísúrgangur sem kom úr svörtu tunnunni baggaður og urðaður á Álfsnesi, en síðan þá hefur hann verið flokkaður vélrænt í móttöku- og flokkunarstöð SORPU (MTFS) í Gufunesi. Frá árinu 2020 hefur lífrænn úrgangur verið flokkaður frá í MTFS og hann fluttur til meðhöndlunar í nýrri gas- og jarðgerðarstöð (GAJA) SORPU í Álfsnesi. Þar er úrgangurinn blandaður með stoðefni, metangas fjarlæggt úr honum og úrgangsefni er síðan þroskað til jarðefnis- eða moltugerðar.

Markmið þessa verkefnis er að auka þekkingu á umhverfisáhrifum meðhöndlunar heimilísúrgangs, m.a. með meðhöndlun þess í MTFS og GAJA. Bornar eru saman fjórar sviðsmyndir í greiningunni til að endurspegla fyrra ástand, þar sem úrgangur var urðaður á urðunarstað SORPU á Álfsnesi, núverandi millibilsástand, sem og framtíðarspár um bættu meðhöndlun heimilísúrgangs. Greiningin nær „frá hliði til grafar“ (e. gate-to-cradle), þ.e. frá því að tekið er við úrgangi á MTFS og úrgangsefnum komið til endurvinnslu eða förgunar, og er greiningin framkvæmd með aðferðarfræði vistferilsgreiningar í samræmi við staðla ISO 14040 og ISO 14044. Söfnun heimilísúrgangs frá heimilum er utan kerfismarka.

Notuð voru gögn SORPU frá árunum 2019-2021 í greiningunni og er stuðst við bakgrunnsgögn úr sérhæfðum og alþjóðlegum gagnaböndum við gerð vistferilsgreininga. Umhverfisáhrif eru metin fyrir **1 kg af heimilísúrgangi** sem kemur inn í móttöku- og flokkunarstöð á Gufunesi til meðhöndlunar. Annar úrgangur, s.s. endurvinnsluúrgangur sem safnað er á endurvinnslustöðvum, er utan kerfismarka þessarar greiningar.

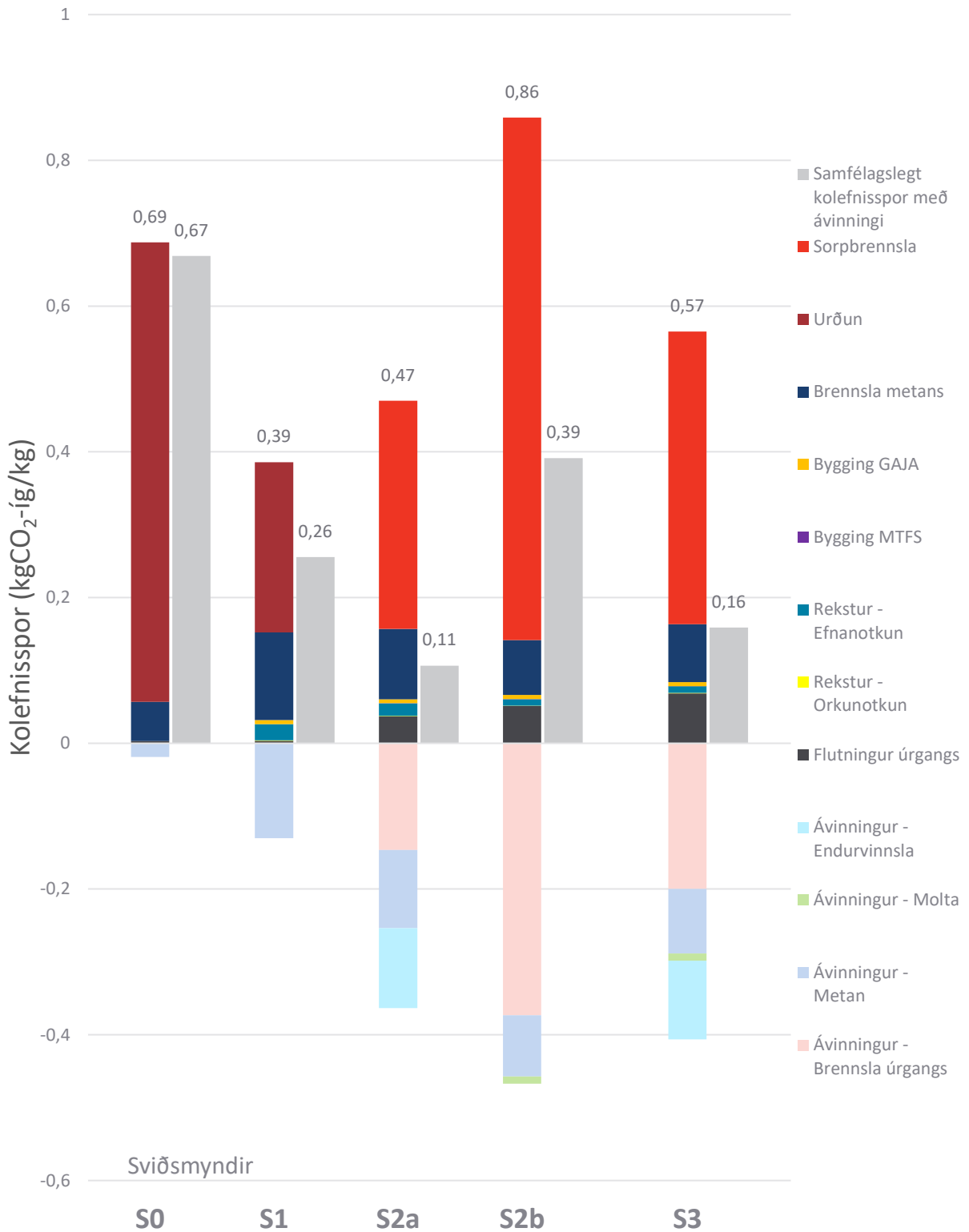


MYND Yfirlit sviðsmynda sem skoðaðar eru í greiningunni. Miðað er hverju sinni við 1 kg af heimilísúrgangi sem berst inn til Móttöku- og flokkunarstöðvar og/eða beint til GAJA. Nánari upplýsingar um sviðsmyndir eru í köflum 4-6.

Umhverfisáhrif voru greind fyrir sjö ólíka áhrifaflokkum; gróðurhúsaáhrif (kolefnisspor), súrnun lands og vatns, myndun ósons við yfirborð jarðar, næringarefnaauðgun, eyðing ósonlagsins, eyðing ólífrænna auðlinda og eyðing jarðefnaeldsneytis. Kolefnisspor er birt með og án kolefnis frá lífrænum uppruna (en. biogenic carbon), en gerður er greinarmunur á kolefni sem losnar úr jarðefnaeldsneyti annars vegar, sem hefur verið læst í iðrum jarðar í þúsundir eða milljónir ára, eða hins vegar kolefni sem getur verið hluti af lífrænni kolefnishringrás, sbr. tré eða landbúnaðarafurðir sem taka upp kolefni á líftíma sínum sem losnar ekki fyrr en í lok líftíma þeirra.

Samantekið má draga fram eftirfarandi meginniðurstöður greiningar;

- Mikill umhverfisávinningur fæst af því að hætta að urða lífrænan úrgang við rekstur GAJA, þar sem urðun úrgangs vegur þungt í öllum áhrifaflokkum á meðan hún er enn við lýði.
- Umhverfisávinningur er af því að stuðla að endurvinnslu á heimilisúrgangi og sérsöfnun á lífrænum úrgangi, flokkuðum á upprunastað. Til lengri tíma verður samfélagsávinningur meiri af því að sérsafna úrgangi á upprunastað og því að lágmarka magn heimilisúrgangs sem fer í svarta tunnu og í brennslu (sjá kafla 6.2). Á það sérstaklega við um plast (sjá mynd 43).
- Sorpbrennsla vegur þyngst í mörgum áhrifaflokkum eftir að urðun er hætt, ásamt brennslu á metani sem myndast í GAJA. Á móti kemur ávinningur af vinnslu rafmagns og hita með sorpbrennslu og ávinningur vegna notkunar metans á vélur í stað jarðefnaeldsneytis.
- Við samanburð gróðurhúsaáhrifa urðunar og sorpbrennslu þarf að líta til margra þátta, til dæmis samsetningu úrgangsins og þar með uppruna kolefnis, þ.e. úr lífrænum afurðum eins og timbur og pappír eða úr efnum eins og plasti sem unnið er mestmegnis úr olíu. Einnig er mikilvægt að horfa til þess hvernig losun á sér stað: yfir lengri tíma eins og með urðun eða samstundis eins og við brennslu. Sorpbrennsla getur vegið þyngra í gróðurhúsaáhrifum en urðun, en líklegt er að hátækni brennslustöðvar fari að leita í meira mæli til kolefnisföngunar. Munurinn á milli urðunar og brennslu er minni ef litið er aðeins til kolefnis af ólífrænum uppruna.
- Ávinningur af orkuvinnslu frá sorpbrennslu getur verið mikilvægur þáttur í samanburði ólíkra umhverfisáhrifa og ræðst að töluverðu leyti af staðsetningu. Ávinningur vegna sorpbrennslu er líklegur til að minnka til framtíðar þar sem raforkukerfi, á þeim stöðum þar sem úrgangur er brenndur, stefna í að verða umhverfisvænni.
- Gróðurhúsaáhrif yfirbyggingar nýrrar úrgangsmeðhöndlunar, þ.e. byggingar GAJA og MTFS auk tækjabúnaðar, verða hverfandi fyrir hvert kg heimilisúrgangs yfir 50 ára rekstrartíma, en vógu þungt á þeim tímapunkti sem losun átti sér stað.
- Fjölþættur ávinningur er af notkun moltu, til dæmis ef hún getur komið í stað tilbúins áburðar, en sá ávinningur fæst aðeins ef efni sem berst inn í GAJA er nægilega hreint, til dæmis ef GAJA tekur við sérsöfnum lífrænum úrgangi eingöngu. Loftslagsávinningurinn er meiri eftir því sem niturinnihald moltunnar er hærri og eftir því sem hægt er að draga úr notkun tilbúins áburðar.
- Árangur framtíðarsýnar SORPU, að stuðla að bættri meðhöndlun heimilisúrgangs með bæði bættri almennri flokkun og sérsöfnun lífræns úrgangs sem fer til GAJA, er háður árangri sem næst í flokkun þessara úrgangsstrauma á upphafsstað og þar með algerri lágmarkun á efni sem tapast í svarta tunnu og þannig í brennslu eða annars konar meðhöndlun. Því betur sem flokkun á upphafsstað er, því meiri er umhverfisávinningur meðhöndlunar.



MYND Gróðurhúsaáhrif ólíkra sviðsmynda borið saman (að meðtöldu kolefni af lífrænum uppruna). Gráar súlur eru kolefnisspor úrgangsmeðhöndlunar fyrir samfélagið að teknu tilliti til losunar og ávinnings.

EFNISYFIRLIT

2.1	Markmið	16
2.2	Aðgerðareining	16
2.3	Kerfismörk og afmörkun	16
2.4	Áhrifaflokkar	21
2.4.1	Kolefni frá lífrænum uppruna	22
3.1	Efnissamsetning heimilísúrgangs	23
3.1.1	Úrgangur inn í MTFS	23
3.1.2	Úrgangur inn í GAJA	24
3.2	Flutningar	26
3.3	Móttöku- og flokkunarstöð (MTFS)	26
3.4	Urðunarstaður í Álfsnesi	26
3.5	Gas- og jarðgerðarstöð á Álfsnesi (GAJA)	27
3.6	Brennsla metans	28
3.6.1	Ávinningur af notkun metans	29
3.7	Endurvinnsla	29
3.8	Brennsla úrgangs	29
3.9	Moltugerð	29
3.10	Mannvirki	30
4.1	Sviðsmynd 0	32
4.2	Sviðsmynd 1	33
4.3	Sviðsmynd 2a	34
4.4	Sviðsmynd 2b	36
5.1	Yfirlit umhverfisáhrifa	40
5.1.1	Sviðsmynd 0	40
5.1.2	Sviðsmynd 1	41
5.1.3	Sviðsmynd 2a	42
5.1.4	Sviðsmynd 2b	43
5.2	Gróðurhúsaáhrif (GWP)	44
5.2.1	Mannvirki	44
5.2.2	Sviðsmynd 0	45
5.2.3	Sviðsmynd 1	47
5.2.4	Sviðsmynd 2a	49
5.2.5	Sviðsmynd 2b	51
5.2.6	Samantekt	55
5.3	Súrnun	58
5.3.1	Samantekt	58
5.4	Næringarefnaauðgun	59
5.4.1	Samantekt	59
6.1	Framtíðarsýn: Sviðsmynd 3	60
6.2	Lífrænn úrgangur	64
6.3	Endurvinnsla úrgangs	65

6.4	Sorpbrennsla	66
6.5	Gæði gagna	69
6.6	Samantekt umhverfisáhrifa	70

MYNDASKRÁ

MYND 1	Einfölduð mynd af ferlum greiningarinnar.	17
MYND 2	Tunnur sem Reykjavíkurborg býður upp á fyrir einbýli og fjölbýli	17
MYND 3	Kerfismörk vistferilsgreiningar, frá hliði til grafar (e. gate-to-cradle)	19
MYND 4	Vistferill bygginga samkvæmt EN15978.	21
MYND 5	Kolefni frá lífrænum og ólífrænum uppruna.	22
MYND 6	Niðurstöður úr greiningu á forflokkuðum úrgangi sem kemur inn í GAJA	24
MYND 7	Niðurstöður greiningar á sérsöfnuðum lífrænum úrgangi	25
MYND 8	Yfirlitsmynd yfir vélbúnað í MTFS.	26
MYND 9	Föngun og losun metans frá urðunarstað SORPU að Álfsnesi	27
MYND 10	Stoðefni (timburflís og trjágreinar)	28
MYND 11	Yfirlit yfir sviðsmyndir birtar í þessari greiningu.	31
MYND 12	Ferli heimilisúrgangs í sviðsmynd 0.	32
MYND 13	Samsetning úrgangs sem kemur á urðunarstað í sviðsmynd 0.	32
MYND 14	Ferli heimilisúrgangs í sviðsmynd 1.	33
MYND 15	Samsetning efnis í GAJA í sviðsmynd 1.	34
MYND 16	Ferli heimilisúrgangs í sviðsmynd 2a.	35
MYND 17	Samsetning heimilisúrgangs í sviðsmynd 2a.	35
MYND 18	Samsetning efnis í GAJA í sviðsmynd 2a.	36
MYND 19	Ferli heimilisúrgangs í sviðsmynd 2b.	37
MYND 20	Uppskipting söfnunar úrgangs í sviðsmynd 2b.	37
MYND 21	Samsetning efnis í GAJA í sviðsmynd 2b.	38
MYND 22	Heildarniðurstöður vistferilsgreiningar á sviðsmynd 0.	40
MYND 23	Heildarniðurstöður vistferilsgreiningar á sviðsmynd 1.	41
MYND 24	Heildarniðurstöður vistferilsgreiningar á sviðsmynd 2a.	42
MYND 25	Heildarniðurstöður vistferilsgreiningar á sviðsmynd 2b.	43
MYND 26	Stærstu losunarþættir frá byggingu GAJA.	44
MYND 27	Stærstu losunarþættir frá byggingu MTFS.	44
MYND 28	Heildarkolefnisspor frá byggingu Gaja og frá viðbyggingu MTFS með tækjabúnaði.	45
MYND 29	Gróðurhúsaáhrif sviðsmyndar 0 skipt á mismunandi vistferilsstig (að meðtöldu kolefni af lífrænum uppruna).	45
MYND 30	Gróðurhúsaáhrif sviðsmyndar 0 skipt á mismunandi vistferilsstig (án kolefnis frá lífrænum uppruna).	46
MYND 31	Gróðurhúsaáhrif sviðsmyndar 0 skipt á mismunandi vistferilsstig	46
MYND 32	Gróðurhúsaáhrif sviðsmyndar 1 skipt á mismunandi vistferilsstig.	47
MYND 33	Gróðurhúsaáhrif sviðsmyndar 1 skipt á mismunandi vistferilsstig án kolefnis frá lífrænum uppruna.	47
MYND 34	Gróðurhúsaáhrif sviðsmyndar 1 skipt á mismunandi vistferilsstig	48
MYND 35	Gróðurhúsaáhrif sviðsmyndar 1	48
MYND 36	Gróðurhúsaáhrif sviðsmyndar 2a skipt á mismunandi vistferilsstig.	49
MYND 37	Gróðurhúsaáhrif sviðsmyndar 2a skipt á mismunandi vistferilsstig án kolefnis frá lífrænum uppruna.	49
MYND 38	Gróðurhúsaáhrif sviðsmyndar 2a skipt á mismunandi vistferilsstig	50

MYND 39	Gróðurhúsaáhrif sviðsmyndar 2a _____	51
MYND 40	Gróðurhúsaáhrif sviðsmyndar 2b skipt á mismunandi vistferilsstig. _____	51
MYND 41	Gróðurhúsaáhrif sviðsmyndar 2b skipt á mismunandi vistferilsstig án kolefnis frá lífrænum uppruna. _____	52
MYND 42	Gróðurhúsaáhrif sviðsmyndar 2b skipt á mismunandi vistferilsstig _____	52
MYND 43	Hlutfallsleg gróðurhúsaáhrif mismunandi úrgangsflokka _____	53
MYND 44	Gróðurhúsaáhrif sviðsmyndar 2b _____	54
MYND 45	Gróðurhúsaáhrif sviðsmynda borið saman með kolefni frá lífrænum uppruna. _____	55
MYND 46	Gróðurhúsaáhrif sviðsmynda borið saman án kolefnis frá lífrænum uppruna. _____	56
MYND 47	Súrnunaráhrif mismunandi sviðsmynda borin saman _____	58
MYND 48	Næringarefnaauðgun mismunandi sviðsmynda borin saman _____	59
MYND 49	Uppskipting söfnunar úrgangs í sviðsmynd 3. _____	60
MYND 50	Samsetning efnis í GAJA í sviðsmynd 2a. _____	61
MYND 51	Gróðurhúsaáhrif sviðsmyndar 3 skipt á mismunandi vistferilsstig _____	63
MYND 52	Gróðurhúsaáhrif af urðun á 1 kg lífrænum úrgangi. _____	64
MYND 53	Gróðurhúsaáhrif af meðhöndlun á 1 kg lífrænum úrgangi í GAJA. _____	65
MYND 54	Kolefnisspor (GWP) meðhöndlunar endurvinnsluúrgangs _____	66
MYND 55	Losun og ávinningur af sorpbrennslu í nokkrum löndum _____	67
MYND 56	Uppruni orku í raforkukerfi Svíþjóðar 2015. _____	68
MYND 57	Meðalsamsetning kolefnislosunar vegna vinnslu á 1 kWst í Svíþjóð. _____	68
MYND 58	Uppruni orku í raforkukerfi Þýskalands 2015. _____	69
MYND 59	Meðalsamsetning kolefnislosunar vegna vinnslu á 1 kWst í Þýskalandi. _____	69
MYND 60	Kerfismörk fyrir sviðsmynd 0. _____	76
MYND 61	Kerfismörk fyrir sviðsmyndir 1,2 og 3. _____	77
MYND 62	Súrnunaráhrif sviðsmyndar 0 skipt á mismunandi vistferilsstig. _____	78
MYND 63	Súrnunaráhrif sviðsmyndar 1 skipt á mismunandi vistferilsstig. _____	78
MYND 64	Súrnunaráhrif sviðsmyndar 2a skipt á mismunandi vistferilsstig. _____	79
MYND 65	Súrnunaráhrif sviðsmyndar 2b skipt á mismunandi vistferilsstig. _____	79
MYND 66	Næringarefnaauðgun sviðsmyndar 0 skipt á mismunandi vistferilsstig. _____	80
MYND 67	Næringarefnaauðgun sviðsmyndar 1 skipt á mismunandi vistferilsstig. _____	80
MYND 68	Næringarefnaauðgun sviðsmyndar 2a skipt á mismunandi vistferilsstig. _____	81
MYND 69	Næringarefnaauðgun sviðsmyndar 2b skipt á mismunandi vistferilsstig. _____	81

TÖFLUSKRÁ

TAFLA 1	Niðurstöður húsasorpssrannsóknar 2019 og 2021 - hlutfall efna í heimilísúrgangi. _____	23
TAFLA 2	Niðurstöður greiningar á forflokkuðum úrgangi inn í GAJA. _____	24
TAFLA 3	Magntölur í gas- og jarðgerð í GAJA. _____	25
TAFLA 4	Orkugildi og losunarstuðlar eldsneytistegunda. _____	28
TAFLA 5	Fermetrafjöldi bygginga og magn helstu byggingarefna, magn stáls í vélbúnað MTF. _____	30

ORÐSKÝRINGAR

Aðgerðareining	(<i>e. Functional unit</i>). Viðmiðunareining vistferilsgreiningar. Notuð til samanburðar á niðurstöðum vistferilsgreininga fyrir sambærilega vöru eða þjónustu.
Kerfismörk	(<i>e. System boundaries</i>). Afmörkun þess kerfis sem taka á með í vistferilsgreiningunni.
Kolefnisspor	(<i>e. Carbon footprint</i>). Mælikvarði á gróðurhúsaáhrifum, þ.e. á heildarlosun koltvísýrings (CO ₂) og annarra gróðurhúsalofttegunda sem rekja má til athafna mannsins og hefur áhrif á loftslagsbreytingar. Kolefnisspor er gefið upp í CO ₂ -ígildum.
LCIA	(<i>e. Life Cycle Impact Assessment</i>). Niðurstöður vistferilsgreiningar.
Stöðlun	(<i>e. Normalization</i>). Við stöðlun eru niðurstöður settar í samhengi við heildarlosun á ákveðnu svæði eða heildarlosun einstaklings.
Umhverfisáhrifaflokkur	(<i>e. Environmental impact category</i>). Flokkur sem vísar til tegundar umhverfisáhrifa. Dæmi um umhverfisáhrifaflokk eru gróðurhúsaáhrif, eyðing auðlinda, svifryk, visteiturhrif og næringarefnaauðgun.
Umhverfisýfirlýsing (EPD)	(<i>e. Environmental Product Declaration, EPD</i>). Yfirlýsing eða skjal um umhverfisáhrif vöru. Við gerð umhverfisýfirlýsinga er reglum um viðeigandi vöruflokk fylgt (<i>e. Product Category Rules</i>) og er yfirlýsingin tekin út af þriðja aðila skv. staðli (ISO 14025). Skjalið gefur ekki til kynna að varan eða þjónustan sé umhverfisvæn, heldur veitir eingöngu gagnsæjar og samanburðarhæfar upplýsingar um umhverfisáhrif vöru.
Vigtun	(<i>e. Weighting</i>). Staðlaðar niðurstöður eru vigtaðar, en vigtunin byggir á því að hver flokkur umhverfisáhrifa hefur skilgreint ákveðið vægi sem getur t.d. verið byggt á pólitískum markmiðum um lækkun eða á skoðunum sérfræðinga.
Vistferilsgreining (LCA)	(<i>e. Life Cycle Assessment, LCA</i>). Aðferðafræði til þess að meta umhverfisáhrif vöru eða þjónustu yfir allan vistferil hennar, á skilgreindum líftíma. Aðferðin er stöðluð og því má nýta niðurstöður til samanburðar við sambærilega vöru eða þjónustu. Undanfari vistferilsgreiningar er gagnasöfnun (<i>e. Life Cycle Inventory, LCI</i>). Í framhaldinu er lagt mat á umhverfisáhrif vöru eða þjónustu í mismunandi flokkum umhverfisáhrifa (<i>e. Life Cycle Impact Assessment, LCIA</i>).

1 INNGANGUR

Fram til ársins 2019 var heimilisúrgangur sem kom úr svörtu tunnunni baggaður og urðaður í Álfsnesi, en síðan þá hefur hann verið flokkaður vélrænt í móttöku- og flokkunarstöð SORPU (MTFS) í Gufunesi. Frá árinu 2020 hefur lífrænn úrgangur flokkaður þaðan verið meðhöndlaður í nýrri gas- og jarðgerðarstöð (GAJA) SORPU í Álfsnesi. Þar er úrgangurinn blandaður með stoðefni, metangas fjarlæggt úr honum og úrgangsefni er síðan þroskað til moltugerðar.

Það er mikilvægt fyrir SORPU að fá heildaryfirlit yfir þann umhverfisávinning sem þessi breyting hefur í för með sér. Einnig er mikilvægt að sjá hvaða umhverfisáhrif eru enn til staðar og að geta borið kennsl á vænleg tækifæri til mismunandi flokkunar og meðhöndlunar á blönduðum heimilisúrgangi. Að lokum er mikilvægt að geta veitt yfirvöldum og almenningi upplýsingar um umhverfisáhrif meðhöndlunar úrgangs.

Til þess að öðlast heildrænt yfirlit yfir ólíka möguleika meðhöndlunar eru umhverfisáhrif greind fyrir valdar sviðsmyndir hvað varðar uppruna og samsetningu úrgangs annars vegar og notkunarmöguleika afurða úrgangsvinnslunnar hins vegar. Á þessu stigi er ekki hægt að spá fyrir um þróun hvors tveggja með nægilegri nákvæmni, þ.e. árangri flokkunar á upprunastað og endanleg örlög allra flokka.

Markmið verkefnisins er að meta umhverfisáhrif meðhöndlunar heimilisúrgangs sem kemur inn til SORPU í svörtu tunnunni með því að framkvæma vistferilsgreiningu, eða Life Cycle Assessment (LCA). Greining sem þessi er unnin skv. alþjóðlegu stöðlunum ISO 14040 og ISO 14044 og eru verkþættir byggðir á þeim kröfum sem gerðar eru um slíkar greiningar.

Helstu verkþættir vistferilsgreininga eru:

1. Markmiðasetning og afmörkun (Goal and scope definition)
2. Gagnasöfnun – upplýsingaöflun (Inventory analysis)
3. Túlkun og aðlögun (Interpretation)
4. Greining á niðurstöðum – umhverfisáhrifin (Impact assessment)

2 MARKMIÐ OG AÐFERÐAFRÆÐI

Greiningin nær „frá hliði til grafar“ (e. gate-to-cradle) og er unnin í samræmi við staðlana ISO 14040 og ISO 14044 um gerð vistferilsgreininga [1, 2]. Hafðar eru einnig til hliðsjónar vöruflokkareglur (e. Product Category Rules, PCR) fyrir vottaðar umhverfisýfirlýsingar (e. Environmental Product Declaration, EPD) af gerð III samkvæmt staðli ISO 14025) [3].

2.1 Markmið

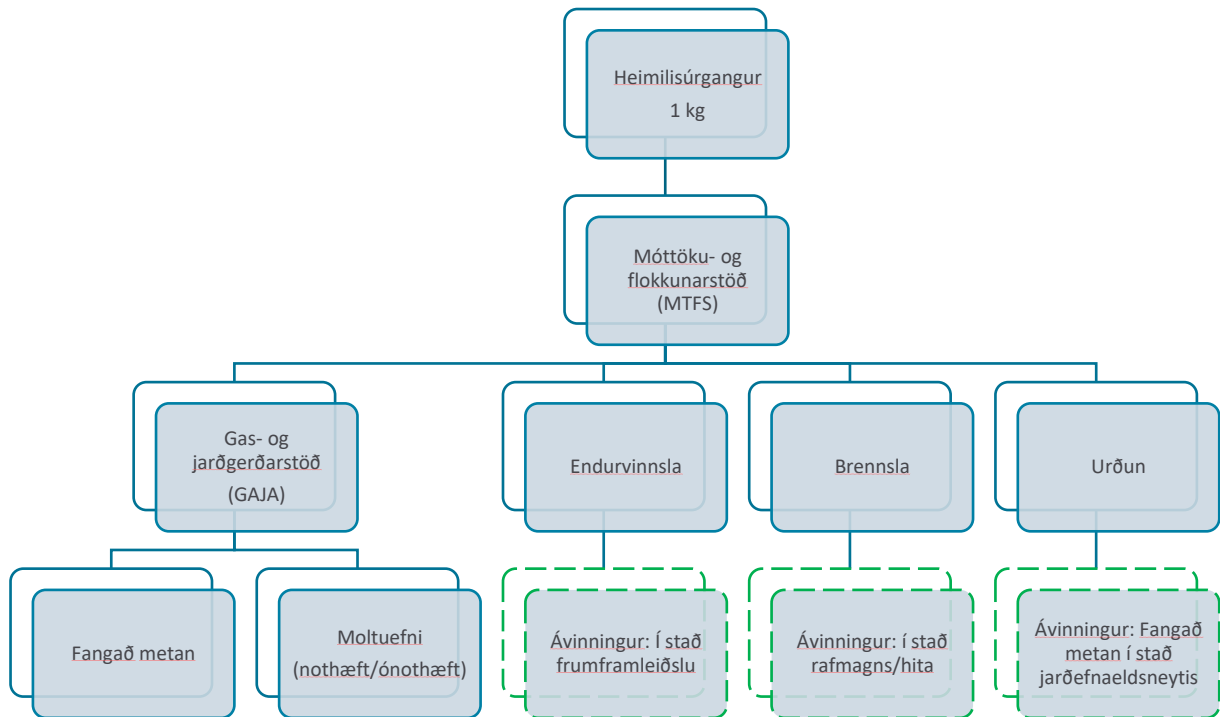
Markmið greiningarinnar er að auka þekkingu á umhverfisáhrifum meðhöndlunar heimilísúrgangs, miðað við breytingar sem hafa verið gerðar frá árinu 2019 og að greina umhverfisávinning af þeim úrbótum sem hafa átt sér stað, einna helst tilkomu GAJA. Skoðun sviðsmynda sýnir hvernig væri enn hægt að bæta úrvinnslufarvegi og draga úr umhverfisáhrifum frá heimilísúrgangi sem kemur inn til SORPU.

2.2 Aðgerðareining

Aðgerðareining (e. functional unit) greiningarinnar er **1 kg af heimilísúrgangi** sem kemur inn í móttöku- og flokkunarstöð (MTFS) á Gufunesi til meðhöndlunar. Tímabil greiningarinnar er 2019-2021, en einnig eru skoðaðar framtíðarsviðsmyndir. Gert er ráð fyrir 50 ára líftíma og rekstur MTFS og GAJA.

2.3 Kerfismörk og afmörkun

Einfölduð mynd af ferlum greiningarinnar má sjá á mynd 1 og afmörkun greiningarinnar og helstu ferlar eru sýndir á mynd 3. Greiningin er svokölluð „gate to cradle“ greining, eða frá hliði til grafar, tekur tillit til ferla meðhöndlunar heimilísúrgangs á urðunarstað, í móttöku- og flokkunarstöð (MTFS) hjá SORPU og í gas- og jarðgerðarstöð (GAJA). Söfnun heimilísúrgangs frá heimilum og flutningur þess til MTFS er utan kerfismarka, en gera má ráð fyrir að sú stærð sé sambærileg fyrir allar þær sviðsmyndir sem bornar eru saman hér. Ávinningur er utan kerfismarka en er hafður með í þessari greiningu til glöggvunar til þess að sýna fram á ávinning þess að koma hráefnum í endurvinnslu, að vinna rafmagn vegna sorpbrennslu og að nýta metan sem orkugjafa í stað jarðefnaeldsneytis.



MYND 1 Einfölduð mynd af ferlum greiningarinnar.

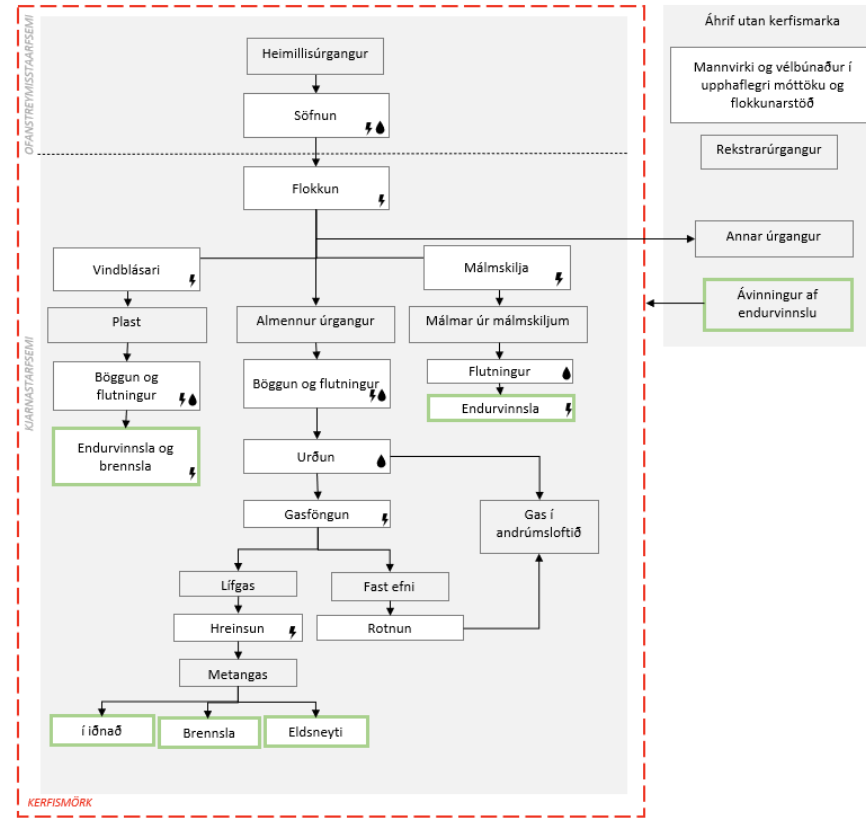
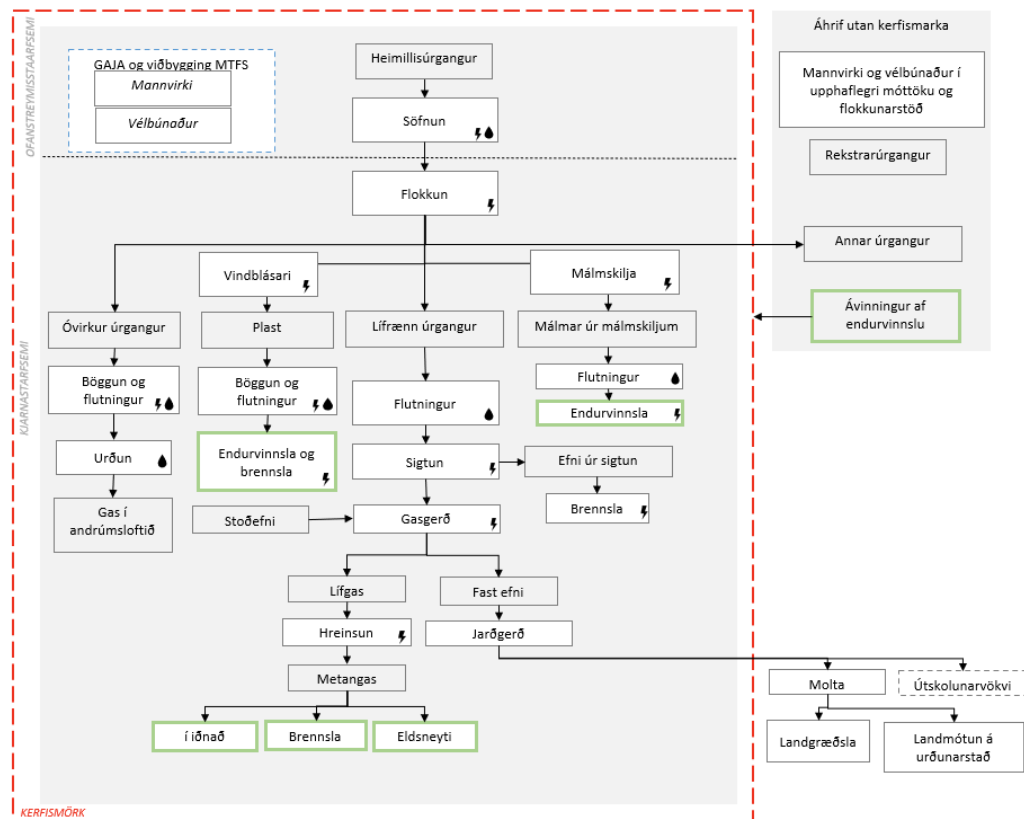


MYND 2 Tunnur sem Reykjavíkurborg býður upp á fyrir einbýli og fjölbýli, en samræmd söfnun fjögurra flokka úrgangs (pappír/pappi, plast, lífrænn úrgangur og blandaður úrgangur) verður innleidd á öllu höfuðborgarsvæðinu árið 2023. Mynd: www.ekkirusl.is.

Greiningin snýr, með öðrum orðum, í fyrstu að blandaða úrganginum sem fer í svörtu tinnuna, sjá mynd 2. Lífrænum úrgangi er í dag hent í svörtu tinnuna, en verið er að innleiða brúnu tinnuna fyrir

Lífrænan úrgang (sérsöfnun) með það að markmiði að hreinni straumar lífræns úrgangs geti ratað inn í GAJA [4]. Greiningin inniheldur því bæði innihald svörtu tunnunnar sem og sviðsmyndir eftir að sérsöfnun hefur verið innleidd. Í einni sviðsmynd (sviðsmynd 2a, sjá kafla 4) eru könnuð áhrif þess að úrgangur skilar sér annars staðar en í svarta og brúna tunnu, þ.e. í grænar (plast) og bláar (pappír og pappi) tunnur. Úrgangi sem safnað er á endurvinnslustöðvum (fatnaður og nytjahlutir, timbur, raftæki og spilliefni, flöskur og dósir, garðúrgangur, gler- og steinefni) eru utan kerfismarka þessarar greiningar.

Til að átta sig á heildarumfangi umhverfisáhrifanna vegna ofangreindra breytinga er tekið mið af helstu efnisnotkun í byggingu, auk vélbúnaðar, í viðbyggingu SORPU annars vegar og byggingu GAJA hins vegar, sem og rekstri þeirra til 50 ára, þ.e. árlegri orkunotkun.



MYND 3 Kerfismörk vistferilsgreiningar, frá hliði til grafar (e. gate-to-cradle) fyrir meðhöndlun heimilisúrgangs hjá SORPU. **Til vinstri:** Meðhöndlun heimilisúrgangs í móttöku- og flokkunarstöð SORPU á Gufunesi (MTFS) og í gas- og jarðgerðarstöð SORPU á Álfsnesi (GAJA) – kerfismörk fyrir sviðsmyndir 1,2a,2b. **Til hægri:** Meðhöndlun heimilisúrgangs í móttöku- og flokkunarstöð SORPU á Gufunesi og urðun á urðunarstað í Álfsnesi – kerfismörk fyrir sviðsmyndir 0-1. Sjá sviðsmyndir í kafla 4.

Til að meta áhrif bygginga og vélbúnaðar var nýtt einfölduð aðferðafræði varðandi vistferilsgreiningu á byggingum samkvæmt staðlinum *EN 15978:2011*, sjá mynd 5. Áhersla var lögð á að fá gögn um framleiðslu á helstu byggingarefnum, eða lífsferil (A1-A3) og orkunotkun í rekstri (B6), en sviðsmyndir voru gerðar fyrir B4 og B5, og fyrir framkvæmdatíma (A4-A5) og fyrir lok líftíma bygginganna.

Vistferill bygginga														Viðbótar upplýsingar
A1-A3			A4-A5		B1-7					C1-4				D
Framleiðsla			Framkvæmd		Notkun					Lok líftíma				Ávinningur/álag eftir lok líftíma
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	
Hrávöruöflun	Flutningar	Framleiðsla	Flutningar	Framkvæmdastaður	Notkun	Viðhald	Viðgerðir	Endurbætur	Útskipting	Niðurrif	Flutningar	Úrgangsméðhöndlun	Förgun	Endurnotkun - endurheimt - endurvinnsla
					B6 Orkunotkun í rekstri		B7 Vatnsnotkun í rekstri							

MYND 4 Vistferill bygginga samkvæmt EN15978.

2.4 Áhrifaflokkar

Við vistferilsgreininguna er notast við aðferðir CML við mat á umhverfisáhrifum, þróað af umhverfisvísindastofnun Háskólans í Leiden, í samræmi við kröfur sem gerðar hafa verið fyrir birtingu niðurstaða í umhverfisyfirlýsingum. Stuðst er jafnframt við nýlegar leiðbeiningar (e. Product Category Rules), þ.e. samræmdar kröfur til umhverfisyfirlýsinga fyrir söfnun og meðhöndlun úrgangs [3], en þetta eru einu útgefna leiðbeiningarnar sem til eru þegar þessi skýrsla er skrifuð og eru afrakstur samræmingar- og rýnivinnu fjölda hagsmunaaðila innan geirans. Umhverfisáhrif fyrir eftirfarandi flokka eru metin:

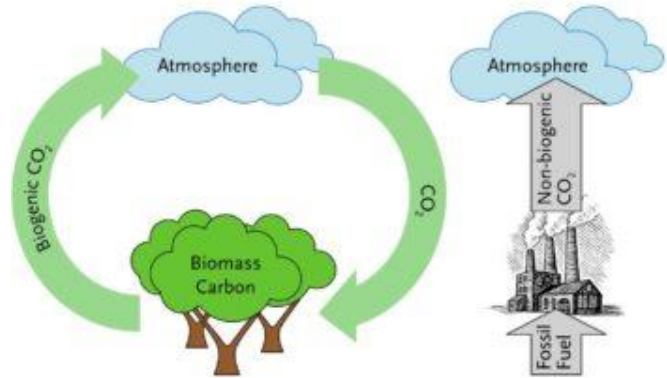
- Gróðurhúsaáhrif (Global Warming Potential, GWP) – með og án kolefnis af lífrænum uppruna
- Súrnun lands og vatns (Acidification Potential, AP)
- Myndun ósons við yfirborð jarðar (Photochemical Ozone Creation Potential, POCP)
- Næringarefnaauðgun (Eutrophication potential, EP)
- Eyðing ósonlagsins (Ozone depletion potential, ODP)
- Eyðing ólífrænna auðlinda (Abiotic depletion potential elements, ADPE)
- Eyðing jarðefnaeldsneytis (Abiotic depletion potential for non-fossil Resources, ADPM)

Þessum flokkum er nánar lýst í viðauka A. Í samþykktum breytingartillögum á staðli EN 15804 [5], sem tóku gildi sumarið 2022, voru gerðar kröfur um að reikna einnig vatnsnotkun, auk þess sem krafist verður meiri sundurliðunar og/ eða val á öðrum umhverfivísimum í flokkum gróðurhúsaáhrifa (fossil, biogenic, LULUC, total), næringarefnaauðgunar og súrnunar. Líklegt er að umhverfivísar muni þurfa að taka tillit til þessara breytinga, en fylgja þarf gildandi reglum útgefenda umhverfisyfirlýsinga hverju sinni ef ætlunin er að birta umhverfisyfirlýsingu fyrir meðhöndlun heimilisúrgangs eða annarra úrgangstegunda. Vatnsnotkun er mælikvarði á það hversu mikið er gengið á vatnsauðlindir heims og

þar með vatnsauðlindir vistkerfa. Þetta er mikilvægur umhverfisþáttur í viðkvæmari heimssvæðum þar sem sjálfbær orkuuppbygging á sér stað, en á e.t.v. minna við í flestum tilvikum fyrir íslensk verkefni.

2.4.1 Kolefni frá lífrænum uppruna

Niðurstöður kolefnisspors eru birt með og án kolefnis frá lífrænum uppruna (en. biogenic carbon). Mikilvægt er að hafa samanburðarhæfar tölur fyrir mismunandi tilfelli og þar sem þessi tilfelli kalla ýmist á mun í heildarkolefnislosun eða kolefnislosun án lífrænna kolefna eru bæði birt í þessari greiningu. Þegar losun koltvíoxíðsígilda á sér stað getur kolefnið hafa komið úr jarðefnaeldsneyti sem hefur verið læst í iðrum jarðar í þúsundir eða milljónir ára, eða kolefnið getur verið hluti af lífrænni kolefnishringrás,



MYND 5 Kolefni frá lífrænum og ólífrænum uppruna.

eins og tré sem taka til sín kolefni í gegnum líftíma þeirra og losa við brennslu eða dauða þess. Sem dæmi má nefna að losun við brennslu á vissum plastefnum er um 3,2 kg CO₂ ígildi/kg hvort sem tekið er tillit til kolefnis frá lífrænum uppruna eða ekki þar sem plast er unnið úr jarðefnaeldsneyti. Hins vegar fer losun á brennslu á viðarefni úr 1,6-1,7 kg CO₂ ígildi/kg í 0,032-0,040 g CO₂ ígildi/kg ef ekki er reiknað með kolefni frá lífrænum uppruna.

3 GAGNAÖFLUN

Gagnaöflun varð unnin af SORPU í samstarfi við EFLU yfir tímabilið 2021 og 2022. Notaðir voru bakgrunnsferlar úr LCA hugbúnaðinum GaBi frá Sphera til þess að leggja mat á umhverfisáhrif.

3.1 Efnissamsetning heimilisúrgangs

3.1.1 Úrgangur inn í MTFS

Efnasamsetning blandaðs heimilisúrgangs í almennu gráu/svörtu tunnunni er sett upp í þessari greiningu samkvæmt meðaltali húsasorpsrannsókna 2019 og 2021. Rannsókn var ekki framkvæmd árið 2020 vegna Covid19. Tafla 1 sýnir samsetningu almenna straums heimilisúrgangs samkvæmt húsasorpsrannsóknum frá 2019 og 2021.

TAFLA 1 Niðurstöður húsasorpsrannsóknar 2019 og 2021 - hlutfall efna í heimilisúrgangi.

ÚRGANGSFLOKKUR	2019	2021
Pappír og pappi	9,7%	10,0%
Plast	14,9%	16,4%
Skilagjaldsskyldar umbúðir	1,2%	1,1%
Klæði og skór	3,7%	3,5%
Kerti	0,3%	0,2%
Málmar	2,8%	2,8%
Gler og steinefni	6,5%	6,2%
Timbur	0,8%	0,6%
Eldhúsúrgangur og annar lífr. úrgangur	51,4%	48,4%
Garðaúrgangur	0,8%	1,3%
Spilliefni/Raftæki	1,2%	1,5%
Bleyjur, ryksugupokar o.fl.	6,7%	8,1%

3.1.2 Úrgangur inn í GAJA

3.1.2.1 Vélræn flokkun MTFS

Á mynd 6 og töflu 2 má sjá niðurstöður úr greiningu sem gerð var árið 2021 á 200 kg af forflokkuðum úrgangi sem kemur inn í GAJA. Það er þá efni sem kemur frá móttökustöð úr forvinnslulínu.



MYND 6 Niðurstöður úr greiningu á forflokkuðum úrgangi sem kemur inn í GAJA sem gerð var árið 2021 á 200 kg.

TAFLA 2 Niðurstöður greiningar á forflokkuðum úrgangi inn í GAJA.

ÚRGANGSFLOKKUR	2021
Lífrænt efni	70,2%
Hart plast	6,8%
Gler	8,0%
Pappi og pappír	4,6 %
Plast	3,0 %
Málmar	2,9%
Kaffihylki	1,1%
Raftæki og spilliefni	0,3%
Timbur	0,8%
Annað	2,3 %

Stoðefnum er bætt við þennan straum miðað við magntölur inn í GAJA árið 2021. Þessar tölur má sjá í töflu 33.

TAFLA 3 Magntölur í gas- og jarðgerð í GAJA.

GAJA, GAS OG JARÐGERÐARSTÖÐ (KG)	2021	2020
Frá móttöku- og flokkunarstöð	17.256.160	2.181.870
Frá öðrum (lífrænn dælanlegur)	342.920	27.040
Frá öðrum (sér safnað lífrænt)	282.640	
Stoðefni frá móttökustöð (ómálað timburflís)	3.628.520	145.760
Stoðefni frá urðunarstað (trjágreinir)	1.127.000	597.340
Samtals móttakið og meðhöndlað	22.637.240	2.952.010

Árið 2021 var um 21% af öllu efni stoðefni í formi ómálaðrar timburflísar og trjágreina, en árið 2020 var þetta hlutfall hærra, eða um 25%. Gert er ráð fyrir að stoðefni sé um 20% af heildarmagni í líkani.

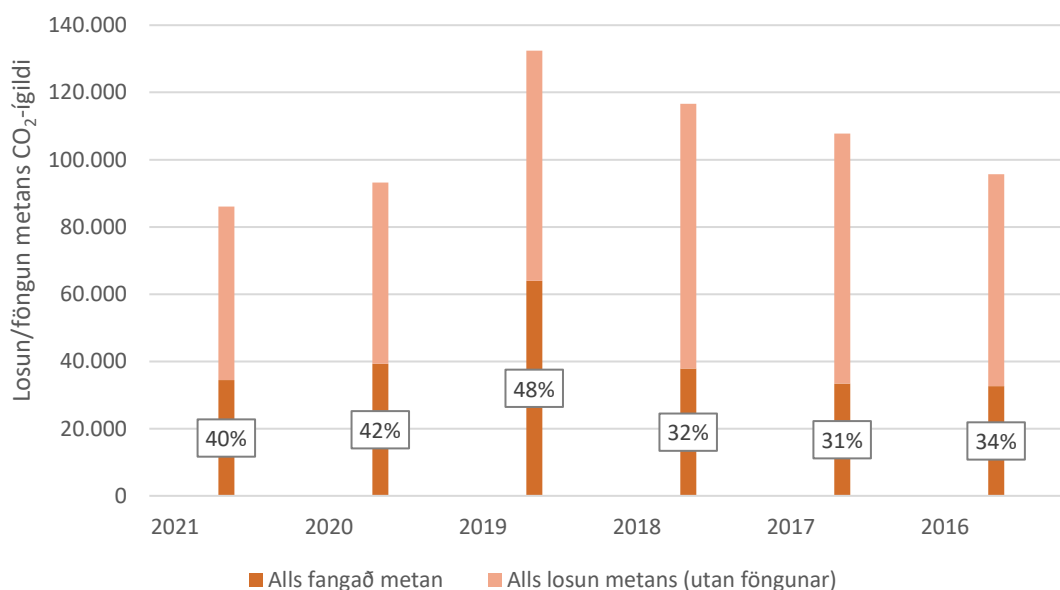
3.1.2.2 Sér safnaður úrgangur

Á mynd 7 má sjá niðurstöður úr greiningu sem gerð var á sér söfnuðum lífrænum heimilisúrgangi í Hamrahverfi í Grafarvogi í Reykjavík. Það er þá efni sem kemur beint úr brúnum söfnunarílátum án nokkurrar vinnslu.



MYND 7 Niðurstöður greiningar á sér söfnuðum lífrænum úrgangi í Hamrahverfi í Grafarvogi í Reykjavík.

LCA gagnabankanum fyrir urðun heimilisúrgangs, en hann er valinn með hliðsjón af niðurstöðum IPCC FOD líkans sem var uppfært af Umhverfisstofnun 2021 til að taka mið af samsetningu úrgangs sem hefur verið urðaður á Álfsnesi frá árinu 1991. Föngun metans frá urðunarstaðnum hefur verið í stöðugum bætingum frá upphafi metnaföngunar 1996. Nákvæmar upplýsingar um samsetningu úrgangs frá 2011-2020 hafa verið notaðar í líkanið og nýttir í afturvirka útreikninga, en þar hefur einnig verið tekið tillit til annarra svæðisbundinna þátta svo sem hraða niðurbrots. Í líkaninu er gert ráð fyrir að hætt sé að urða 2021 og að söfnun metans (meðaltal árána 2016 – 2020) haldi áfram til ársins 2030. Tæknilegur líftími urðunarstaðar er skilgreindur sem 30 ár eftir lokun, í samræmi við urðunartilskipun 1999/31/EC og uppfærslu EU 2018/85.



MYND 9 Föngun og losun metans frá urðunarstað SORPU að Álfsnesi á tímabilinu 2016-2021, metið út frá magnþolum SORPU um fangað metan og mat á metanmyndun í urðunarstað skv. IPCC líkani.

Tekið er tillit til orku- og efnanotkunar á urðunarstaðnum. Notkun er um 1,80 L af dísil (að mestu lituð vélaolía), 0,012 L af bensíni og 0,01 kg smurólíu á hvert tonn af urðuðum úrgangi. Að auki er heildarnotkun rafmagns í tæki um 16 kWh á tonn.

3.5 Gas- og jarðgerðarstöð á Álfsnesi (GAJA)

Til staðar eru 20 vinnslukrær sem taka um 200 tonn af efni hver sem síðan fara í 10 þroskunarkrær. Gasi er safnað í tvo metantanka sem gerir það að verkum að stöðinni er í stórum dráttum skipt í tvo helminga. Metanframleiðsla af lífrænu efni ætti samkvæmt framleiðanda að vera um 85 Nm³/t, en var að meðaltali 55,5 Nm³ árið 2021 og 61,5 Nm³/t í janúar 2022. Sigtunarbúnaður Multistar 2-SE var ekki kominn í gagnid þegar þessi greining var gerð en reiknað er með að hann sé keyrður í fjórar klukkustundir fyrir hverja kró að vinnslu lokinni.



MYND 10 Stoðefni (timburflís og trjágreinar) er safnað saman og bætt við lífrænan úrgang í vinnslukrómi GAJA.

Einnig er tekið tillit til orku- og efnanotkunar miðað við rekstrartölur sem ná yfir tímabilið frá september 2020 til september 2021. Ein vinnslukró af tuttugu tekur um 200 tonn af úrgangi og notar 5340 kWh í einu ferli, ein þroskunarkró af tíu tekur um 400 tonn af efni og notar um 6911 kWh í einu ferli. Sigtunarbúnaður tekur 400 tonn af efni í fjórar klukkustundir og notar í það um 88 kWh. Notkun á rafmagni er alls um 64,8 kWh á tonn af úrgangi og notkun á heitu vatni um 4,75 m³ á tonn. Áætlað er að traktor keyrður á metani verði starfandi á gólfinu, en hann er ekki kominn í notkun og er ekki tekinn með í greiningunni. Ekki er notað mikið af efnum, þar sem hreinsun á sér aðallega stað með vatni. Lagnir eru þrífarnar einu sinni á ári með sítrónusýru, en það er ekki tekið með í reikninginn.

3.6 Brennsla metans

Metan sem tekist hefur að fanga frá urðunarstað og frá GAJA er komið í notkun eða því brennt. Brennsla metans á sér stað að [6] endingu hvort sem það nýtist sem orkugjafi, á bifreiðar í annars lags iðnað, eða ekki, þ.e. því er brennt án orkunýtingar og koldíoxíð losnar í andrúmsloftið. Tafla 4 sýnir orkugildi eldsneytistegunda sem notuð eru í greiningunni.

TAFLA 4 Orkugildi og losunarstuðlar eldsneytistegunda.

ELDSNEYTI	KWH/KG	MJ/NM ³	LOSUN G CO ₂ -ÍG/MJ	LOSUN* G CO ₂ -ÍG/MJ
Diesel	12,67	38.600	78,0	78,0
LPG	13,78	93,2	74,1	74,1
Metan	15,45	39,9	54,6	0,050

*Án kolefnis frá lífrænum uppruna

Við brennslu á efnunum losna gróðurhúsalofttegundir sem gerð eru skil í losunarbókhaldi Íslands sem skilað er til Rammasamnings Sameinuðu þjóðanna um loftslagsbreytingar. Í samræmi við leiðbeiningar IPCC um gerð losunarbókhalds er ekki tekið tillit til losunar CO₂ vegna brennslu kolefnis frá metani, sem framleitt er úr lífmassa, heldur er einungis tekið tillit til losunar glaðlofts og metans [6].

3.6.1 Ávinningur af notkun metans

Ef að brennsla metans kemur í stað notkunar jarðefnaeldsneytis er reiknað með losuninni sem á sér stað vegna brennslu metans, en einnig er sýndur ávinningur í formi losunar sem komið er í veg fyrir vegna brennslu jarðefnaeldsneytis með jöfnu orkugildi. Ávinningur af notkun metans í stað jarðefnaeldsneytis er reiknað þannig að losun vegna brennslu á orkueiningu af metani kemur í stað losun sem myndi annars eiga sér stað ef sama orkueining af LPG og dísil skipt til helminga myndi vera brennt. Til dæmis myndi losunarstuðull af 1 MJ af þessari blöndu vera 76,1 g CO₂ ígildi/MJ. Í stað þess er brennt 1 MJ af metani sem losar 54,6 g CO₂ ígildi/MJ. Ávinningur á hvert MJ er því 76,1 g CO₂ ígildi/MJ í heildina, eða 21,5 g CO₂ ígildi/MJ þegar er tekið tillit til brennslu metans.

3.7 Endurvinnsla

Endurvinnsluferlar eru settir upp í líkani fyrir plast, pappír, málma og gler og er auk þess tekið mið af ávinningi af endurvinnslu samanborið við framleiðslu á sambærilegri vöru frá grunni. Í samræmi við leiðbeiningar um gerð vistferilsgreininga fyrir meðhöndlun úrgangs [3] er hér annars vegar reiknað með flutningi úrgangs til endurvinnslu á meginlandi Evrópu, sjá kafla 3.2, og hins vegar vinnslu hans þangað til að úr verði nothæf afurð inn í aðra framleiðslu, þ.e. þangað til að endurvinnsluúrgangurinn nær „úrgangslökum“ (e. „end-of-waste state“). Um er að ræða ferla á borð við hreinsun, flokkun, tætingu eða pressun og bræðslu, og er háð úrgangsflokkum [7, 8, 9].

Ávinningur af endurvinnslu, þ.e. áhrif utan kerfismarkna, er metinn út frá framleiðslu á sambærilegri vöru frá grunni og til að endurspegla framboð, eftirspurn og afföll hráefna er ýmist stuðst við stuðla um „útskiptanleika“ ólíkra hráefna, eða markaðsverð endurunninna hráefna sem hlutfall af verði nýrra hráefna [10, 11]. Ávinningur getur því verið mjög breytilegur eftir samsetningu og gæði efnisins og hversu hátt hlutfall þess kemur í raun í veg fyrir framleiðslu á nýju efni. Um varfærna nálgun er að ræða í þessari greiningu, þ.e. ávinningur af endurvinnslu er áætlaður hóflega.

3.8 Brennsla úrgangs

Gert er ráð fyrir að úrgangur sé fluttur í sorpbrennslu til meginlands Evrópu. Sorpbrennsluferlar eru ítarlegir fyrir hvern einasta straum úrgangs sem tekinn er fyrir í greiningunni. Mestu umhverfisáhrif eiga sér öllu jafna stað við sjálfa brennsluna sem og vegna orkunotkunar sem þarf til brennslunnar, en einnig er reiknað með ávinningi af þeirri orku sem hægt verður að vinna úr varmaorkunni sem myndast. Ferlar fyrir brennslu í gagnagrunni miða við meðaltal sorpbrennslu innan landa Evrópusambandsins, og er því orkunotkun við brennslu sem og ávinningur orkuframleiðslu í samræmi við raforkukerfi þeirra landa. Ávinningur er ólíkur eftir löndum og er minni eftir því sem kolefnisspor orkukerfis innan hvers lands er lægra. Nánar er fjallað um ólíkar sviðsmyndir brennslu eftir mismunandi löndum í kafla 6.3.

3.9 Moltugerð

Ekki er gert ráð fyrir ávinningi af notkun moltu í þessari greiningu, nema í tilviki sviðsmyndar 3 þegar hreinir straumar lífræns úrgangs berast í GAJA og moltan er talin nothæf. Rannsóknir hafa bent á

margvíslegan ávinning af notkun moltu. Molta er í dag ekki nýtt til landgræðslu að ráði og er yfirleitt bundin við smærri uppgræðslu- og ræktunarverkefni [12]. Landgræðslan hefur sett upp tilraunareiti til þess að meta áhrif lífræns úrgangs á uppgræðslu, og ýmis rannsóknar- eða þróunarverkefni standa nú yfir í tengslum við umhverfisvæna niturframleiðslu á Íslandi og hvernig hækka megi N-innihald lífræna úrgangsstrauma. Bein töluleg áhrif eru ekki skýr, sérstaklega þar sem áhrif geta verið margvísleg, en einnig geta þau átt sér stað yfir lengri tímaramma sem erfiðara er að mæla.

Vegna samsetningar á þeim úrgangi sem fer inn í GAJA (heimilisúrgangur) þegar þessi skýrsla er gefin út er í sviðsmynd 1 ekki hægt að gera ráð fyrir nothæfri moltu til uppgræðslu eða til annarrar notkunar eins og ræktunar matvæla, og er það vegna þess að jarðgerðarefnið inniheldur of mikið magn aðskotaefna. Miðað við betri flokkun á upprunastað í sviðsmynd 2a er enn ekki komið nægilega hreint jarðgerðarefni. Viðbúið er að sú afurð sem að GAJA myndar þegar sérsafnaður lífrænn úrgangur fer í gegnum stöðina (sviðsmynd 2b, sjá kafla 4), verði nothæf og komi til með að skapa ávinning í formi t.d. tilbúins áburðar sem þá er komið í veg fyrir að framleiða og flytja inn.

Í þessari greiningu er gert ráð fyrir að niturinnihald moltu fyrir sviðsmynd 2b sé 1,3%, sbr. mælingar Landgræðslunnar á innlendu moltuefni [12]. Niturinnihald moltunnar er heimfært upp á tilbúinn áburð, með niturinnihald 25%, og er þannig ávinningur moltunotkunar reiknaður út. Um töliverða einföldun er að ræða, þar sem molta gegnir öðru og meira hlutverki en að veita jarðvegi köfnunarefni, en hún er hér reiknuð með þessum hætti til þess að átta sig á stærðargráðu ávinnings. Einnig ber sérstaklega að geta þess að rannsóknarverkefni eru nú í gangi með það að markmiðið að auka niturinnihald lífræns úrgangs, þ.m.t. moltu, og myndi þetta auka áætlaðan ávinning moltunotkunar miðað við nálgunina hér.

Möguleiki er á því að skipta stöðinni í tvennt um leið og úrgangsstraumar eru þannig að helmingur úrgangs sem kemur inn í stöðina er sérsafnaður til þess að aðskilja afurð (molta) sem nýtanlega og ekki. Til lengri tíma litið er vonast til þess að sá straumur gæti verið nægjanlegur fyrir alla stöðina, en á þessum fyrstu starfsárum má rekja um 85% af heildarmassa inn í GAJA úr straumi almenns úrgangs.

3.10 Mannvirki

Tekin eru með í greininguna umhverfisáhrif bygginga og tækja sem nauðsynleg eru til breyttra ferla. Í þessu tilfalli eru það viðbygging á móttöku- og flokkunarstöð SORPU, sem og bygging GAJA, auk tækjabúnaðar í MTFs.

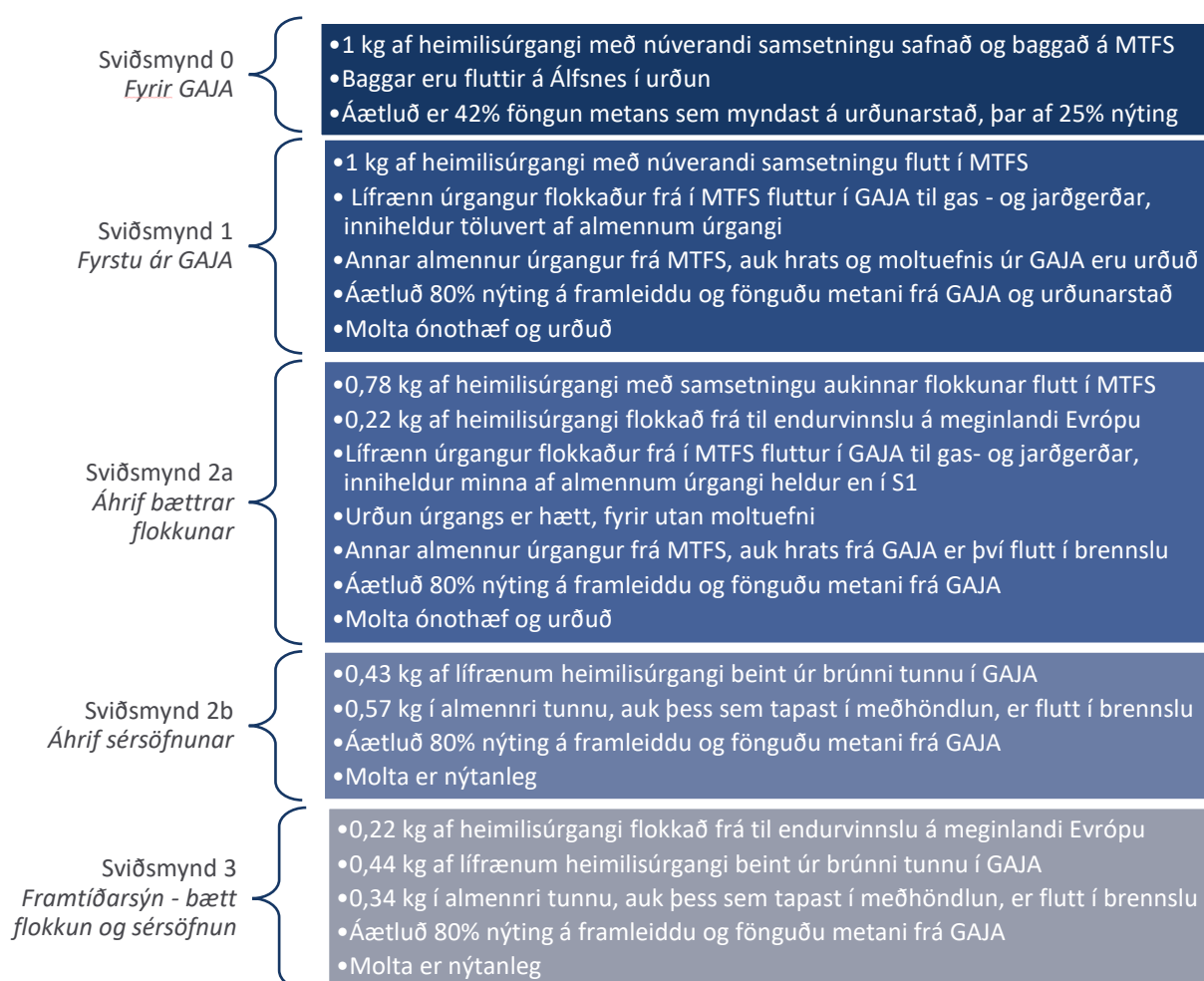
Gögn varðandi byggingarefni fyrir viðbyggingu á MTFs voru fengin frá SORPU og gögn varðandi GAJA voru fengin frá hönnunargögnum EFLU og ÍSTAK. Skráning á vélbúnaði tengt forvinnslulínu GAJA var safnað saman af SORPU. Tafla 5 sýnir fermetrafjöldi bygginganna, magn steypu, stáls og malbiks sem fór í byggingar og tilheyrandi vélbúnað.

TAFLA 5 Fermetrafjöldi bygginga og magn helstu byggingarefna, magn stáls í vélbúnað MTFs.

BYGGING	M ²	MAGN STEYPU M ³	MAGN STÁLS KG	MALBIK M ³
Viðbygging MTFs	1.165	1.129	355.874	16
GAJA	12.800	8.934	1.228.662	374

4 SVIÐSMYNDIR

Sett er upp líkan sem býður upp á óendanlega margar útfærslur á keðju meðhöndlunar á heimilisúrganginum. Lagðar eru fram fjórar sviðsmyndir sem settar eru upp á eftirfarandi hátt:



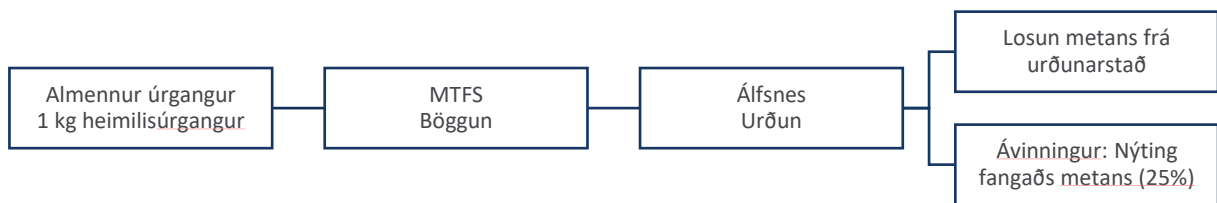
MYND 11 Yfirlit yfir sviðsmyndir birtar í þessari greiningu. Sviðsmyndum 0,1,2a og 2b er lýst í kafla 4 og Sviðsmynd 3 er lýst í kafla 6.1

Auk þess eru eftirfarandi forsendur gegnumgangandi fyrir allar sviðsmyndirnar:

- Á urðunarstað er um 42% af metani safnað, miðað er við reikninga fyrir IPCC FOD líkan.
- Ekki er gert ráð fyrir leka metans innan GAJA.
- Metan sem ekki er nýtt er brennt og losað sem koltvísýringur.
- Engin endurvinnsla er á endurvinnanlegum efnum sem fara í almennan úrgangsstraum MTFS.

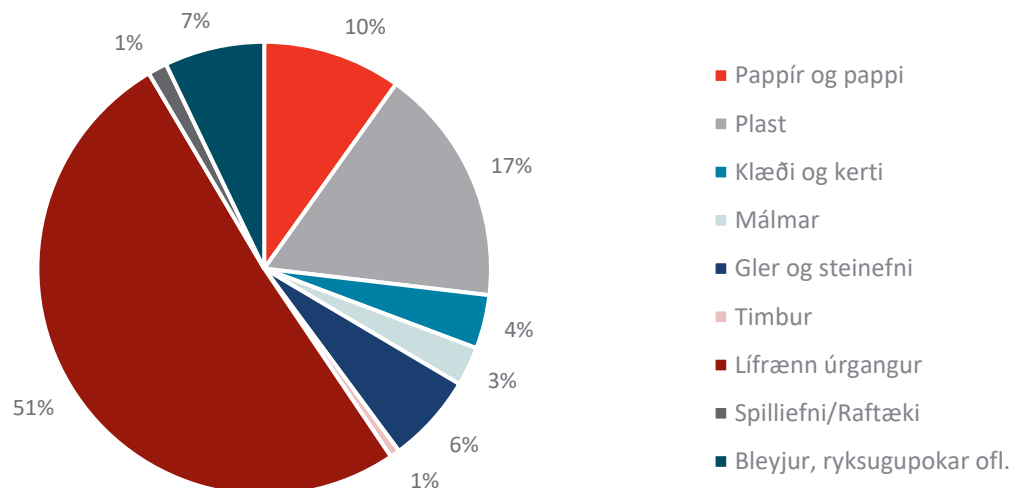
4.1 Sviðsmynd 0

Sviðsmynd 0 er sett upp á þann hátt að líkja eftir ástandi fyrir byggingu GAJA. Eitt kg af heimilisúrgangi er safnað úr tunnum fyrir almennan úrgang við heimili og er þaðan fluttur á MTFS í Gufunesi. Miðað er við að efnasamsetning úrgangsins sé í samræmi við niðurstöður húsasorpkönnunar 2019 og 2021. Böggun á sér stað í MTFS og baggar fluttir á urðunarstað í Álfsnesi. Föngun metans á sér stað á urðunarstað miðað við upplýsingar sem notaðar eru til gerðar á IPCC FOD líkanreikningum, og er gert ráð fyrir föngunarhlutfalli 2021 (kafla 3.5). Miðað er við að allt fangað metan brenni og myndi þar með koltvísýring til losunar, en um 25% af því sé nýtt í stað dísilis eða LPG með sama orkugildi.



MYND 12 Ferli heimilisúrgangs í sviðsmynd 0. Úrgangur sem er safnaður er fluttur í MTFS í Gufunesi í böggun þaðan sem hann fer í Álfsnes í urðun.

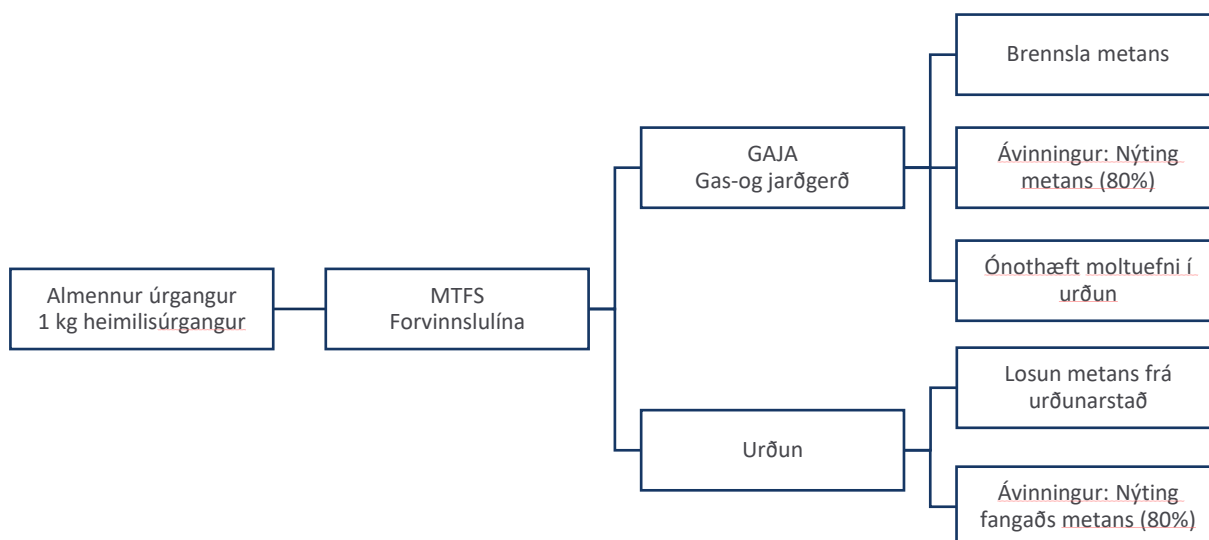
Samsetning úrgangsins sem fer í urðun er meðaltal af húsasorpkönnunum 2019 og 2021.



MYND 13 Samsetning úrgangs sem kemur á urðunarstað í sviðsmynd 0.

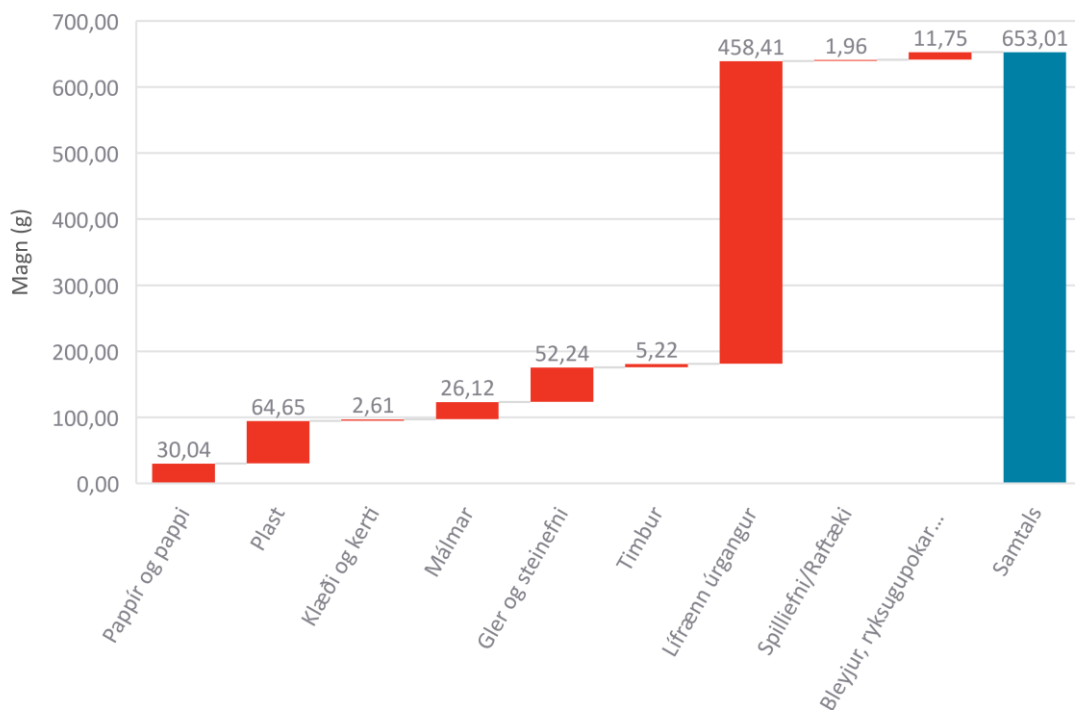
4.2 Sviðsmynd 1

Sviðsmynd 1 byggir á meðhöndlunarferli í millibilsástandi á fyrstu rekstrarárum GAJA og forvinnslulínu í MTFS. Mynd 14 sýnir yfirlit ferlis meðhöndlunar heimilisúrgangs í sviðsmynd 1.



MYND 14 Ferli heimilisúrgangs í sviðsmynd 1. Söfnuðum úrgangi er komið í forvinnslu í MTFS, þaðan sem lífrænn hluti hans er fluttur í Álfsnes í GAJA til gas- og jarðgerðar. Afgangur er baggaður og urðaður í Álfsnesi.

Heimilisúrgangi, sem safnað er, fer í forvinnslu í MTFS. Árangur flokkunar tekur mið af mun á samsetningu heimilisúrgangs sem kemur inn í MTFS og efnasamsetningu úrgangs sem kemur inn í GAJA (kafla 3.1), en auk þess er miðað við um 10% tap af lífrænu efni. Lífrænn hluti úrgangsins er fluttur að Álfsnesi til gas- og jarðgerðar í GAJA. Samsetning efnisins inn í GAJA miðar við könnun á þeirri samsetningu (kafla 3.1.2). Timbri er bætt inn í ferlið sem stoðefni í GAJA og miðar hlutfall þess við magnupplýsingar frá SORPU fyrir árið 2021. Mynd 15 sýnir samsetningu efnis sem fer frá MTFS inn í GAJA.



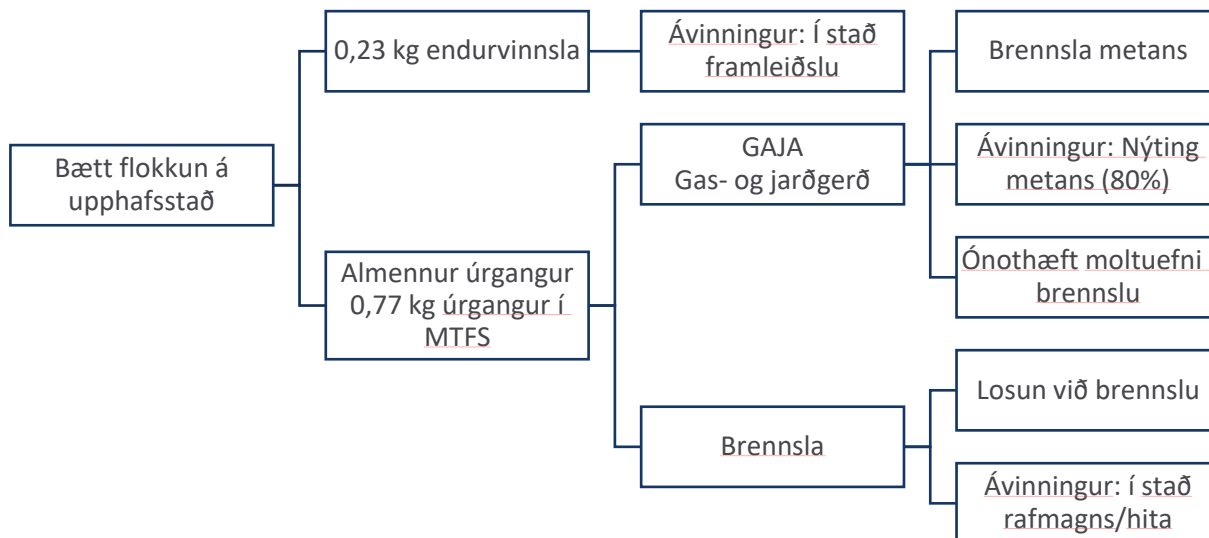
MYND 15 Samsetning efnis í GAJA í sviðsmynd 1. Um 65% af öllum heimilisúrgangi fer úr MTF5 í GAJA, þar af um 70% lífrænt.

Fyrir hver 1.000 g af heimilisúrgangi sem koma inn í MTF5, fara 653 g í GAJA, þar af um 70,2% lífrænn úrgangur, 9,9% plast og 8,0% gler. Auk þessa er bætt við um 158 g af timbri sem stoðefni. Vegna óhreininda skapast eftir gerjunarferli ónothæft moltuefni, þar sem búið er að fjarlægja megnið af kolefni með gasgerð. Efni sem flokkað er frá í MTF5 og í GAJA, auk moltuefnis, er allt urðað á Álfsnesi í þessari sviðsmynd.

Miðað er við að metanmyndun sé 85 m³ fyrir hvert tonn af lífrænum hluta úrgangsins samkvæmt upplýsingum frá Aikan, framleiðanda búnaðar. Það samsvarar metanmyndun upp á um 60,4 m³ fyrir hvert tonn af úrgangi sem fer í heild inn í GAJA. Metan sem er myndað og fangað í gasgerð, auk þess sem fangað er frá urðunarstað, er nýtt í stað dísilis eða LPG að 80% hluta að jafnaði.

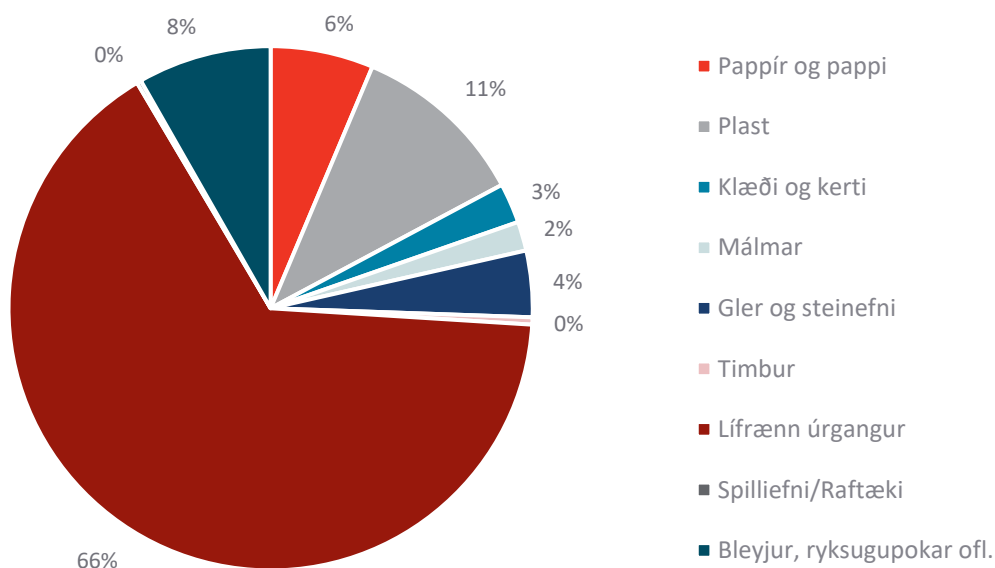
4.3 Sviðsmynd 2a

Sviðsmynd 2a er sett upp miðað við næstu skref sem tekin verða í meðhöndlun heimilisúrgangsins. Mynd 16 sýnir yfirlit ferlis meðhöndlunar heimilisúrgangs í sviðsmynd 2a.



MYND 16 Ferli heimilisúrgangs í sviðsmynd 2a. Söfnuðum úrgangi er komið í forvinnslu í MTFS, þaðan sem lífrænn hluti hans er fluttur í Álfsnes í GAJA til gas- og jarðgerðar. Afgangur er fluttur til meginlands Evrópu í brennslu.

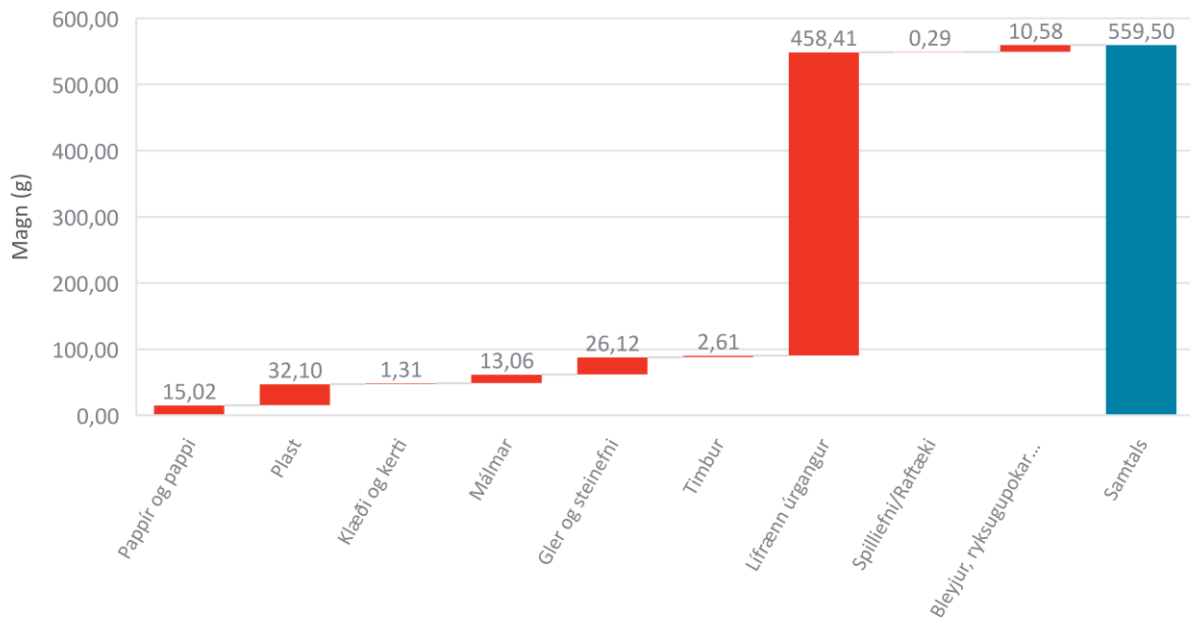
Bætt flokkun úrgangs breytir samsetningu heimilisúrgangs sem kemur inn í MTFS þannig að stærri hluti hans er lífrænn en fyrir sviðsmynd 1. Mynd 17 sýnir samsetningu úrgangsins miðað við þessa flokkun.



MYND 17 Samsetning heimilisúrgangs í sviðsmynd 2a. Miðað við betri flokkun á upprunastað.

Árangur í flokkun er óráðin enn, en þessi sviðsmynd gerir ráð fyrir 50% bætingu í flokkun á plasti, pappír, pappa og textíl, 85% bætingu í flokkun spilliefna og 10% bætingu á öðrum flokkum. Flokkaður hluti úrgangsins sem fer í endurvinnslu eru um 222 g og því er um 777 g af heimilisúrgangi sem koma inn í MTFS. Miðað er við sama árangur í flokkun í forvinnslulínu og er miðað við núverandi aðstæður

auk 10% taps á lífrænu efni. Lífræni hluti úrgangsins er fluttur að Álfsnesi til gas- og jarðgerðar í GAJA. Mynd 18 sýnir samsetningu efnis sem fer frá MTFS inn í GAJA.



MYND 18 Samsetning efnis í GAJA í sviðsmynd 2a. Um 82% af öllum heimilisúrgangi fer úr MTFS í GAJA, þar af 70% lífrænt.

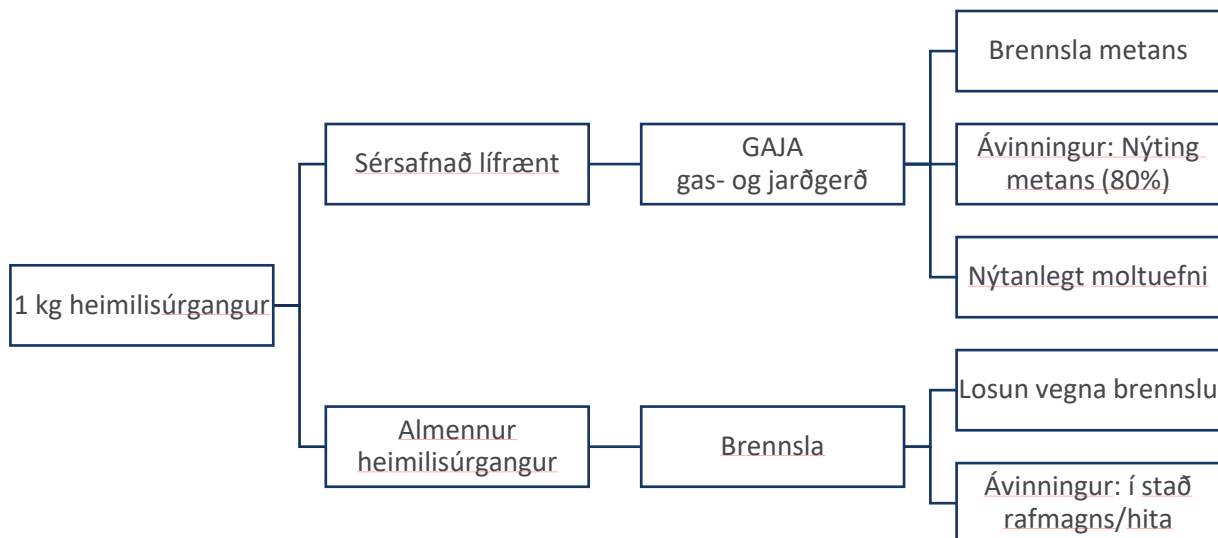
Fyrir hver 773 g af heimilisúrgangi sem koma inn í MTFS, eru 560 g flutt inn í GAJA, þar af um 82% lífrænn úrgangur, 5,8% plást og 4,7% gler. Auk þessa er bætt við um 136 g af timbri sem stoðefni. Í þessari sviðsmynd er enn of mikið af óhreinindum í moltuefninu til þess að það sé nýtanleg vara.

Miðað er við að metanmyndun sé 85 m³/ tonn af lífrænum hluta úrgangsins samkvæmt upplýsingum frá Aikan, framleiðanda búnaðar. Það þýðir að metanmyndun er um 70,0 m³/ tonn af úrgangi sem fer í heild inn í GAJA. Metan sem myndast og fangast í gasgerð er nýtt í stað dísilis eða LPG að 80% hluta að jafnaði.

Í þessari sviðsmynd hefur urðun verið takmörkuð á þann hátt að ekkert efni sem flokkað er frá í MTFS eða hrati úr sigtun er urðað. Þess í stað er það flutt til meginlands Evrópu til brennslu. Ávinningur af brennslu miðar við að rafmagn og hiti framleiddur í sorpbrennslu komi í staðin fyrir meðalframleiðslu raforku í Evrópu. Ætla má að ávinningur sé minni í þeim löndum sem búa yfir mikilli endurnýjanlegri raforku og/eða kjarnorku, með lágt kolefnisspor, t.d. Svíþjóð, en einnig að ávinningurinn fari heilt yfir lækkandi með aukinni framleiðslu á rafmagni og hita af endurnýjanlegum uppruna. Þetta ber að hafa í huga þegar niðurstöður með og án þess ávinnings eru skoðaðar. Sjá nánari umfjöllun um sorpbrennslu í kafla 6.3.

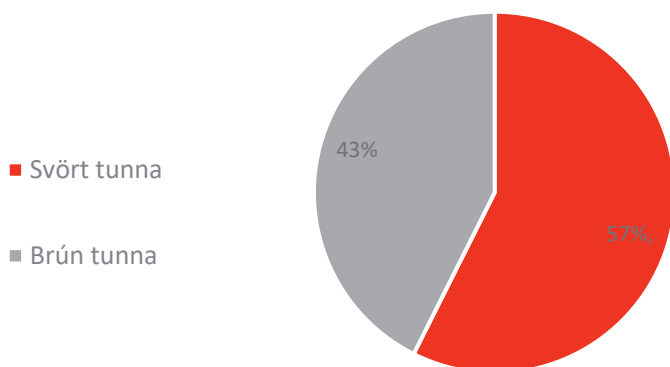
4.4 Sviðsmynd 2b

Sviðsmynd 2b er sett upp miðað við aukna sérsöfnun við heimili á lífrænum úrgangi. Mynd 19 sýnir yfirlit ferlis meðhöndlunar heimilisúrgangs í sviðsmynd 2b.



MYND 19 Ferli heimilisúrgangs í sviðsmynd 2b. Sér safnaður lífrænn úrgangur er fluttur í Álfsnes í GAJA til gas- og jarðgerðar. Afgangur er fluttur til meginlands Evrópu í brennslu.

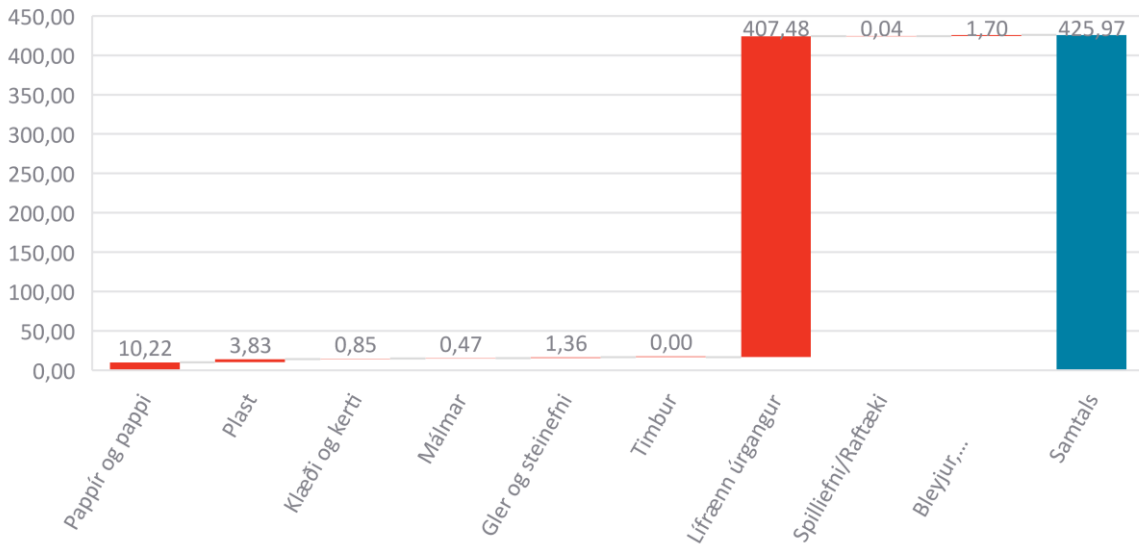
Lífrænum úrgangi er sér safnað í brúnar tunnur við heimili á höfuðborgarsvæðinu. Samsetning úrgangsins er miðuð við rannsókn sem gerð var á úrgangi í Hamrahverfi í Reykjavík í apríl 2022 (kafli 3.1.2.2), en að auki er gert ráð fyrir að um 20% af lífrænum úrgangi tapist með því að íbúar setji hann með straumi almenns úrgangs. Mynd 20 sýnir hlutfall af heimilisúrgangi sem er sér safnaður sem lífrænn undir þeim kringumstæðum.



MYND 20 Uppskipting söfnunar úrgangs í sviðsmynd 2b.

Um 57% af heimilisúrgangi fer í svarta tunnu í þessari sviðsmynd. Mynd 21 sýnir samsetningu hráefnis sem fer inn í GAJA.

Fyrir hver 1.000 g af heimilisúrgangi sem safnað er, eru um 426 g flutt beint í gas-og jarðgerð í GAJA, þar af um 96% lífrænn úrgangur, 2,4% pappi og 0,9% plast og 0,3% gler. Auk þessa er bætt við um 104 g af timbri sem stoðefni. Í þessari sviðsmynd er moltuefni eftir gerjunarferli nýtanleg vara.



MYND 21 Samsetning efnis í GAJA í sviðsmynd 2b. Um 43% af öllum heimilisúrgangi fer í GAJA, þar af um 96% lífrænt.

Miðað er við að metanmyndun sé 85 m³/ tonn af lífrænum hluta úrgangsins samkvæmt upplýsingum frá Aikan, framleiðanda búnaðar. Það þýðir að metanmyndun er um 81,3 m³/ tonn af úrgangi sem fer í heild inn í GAJA. Metan sem myndast og fangast í gasgerð er nýtt í stað dísilis eða LPG að 80% hluta að jafnaði.

Í þessari sviðsmynd hefur urðun verið takmörkuð á þann hátt að engu efni sem sett er í svarta tunnu eða hrati úr sigtun er urðað. Þess í stað er það flutt til meginlands Evrópu til brennslu. Ávinningur af brennslu miðar við að rafmagn og hiti framleiddur í sorpbrennslu komi í staðin fyrir meðalframleiðslu raforku í Evrópu. Ætla má að ávinningur sé minni í þeim löndum sem búa yfir mikilli endurnýjanlegri raforku og/eða kjarnorku, með lágt kolefnisspor, t.d. Svíþjóð, en einnig að ávinningurinn fari heilt yfir lækandi með aukinni framleiðslu á rafmagni og hita af endurnýjanlegum uppruna. Þetta ber að hafa í huga þegar niðurstöður með og án þess ávinnings eru skoðaðar. Sjá nánari umfjöllun um sorpbrennslu í kafla 6.3.

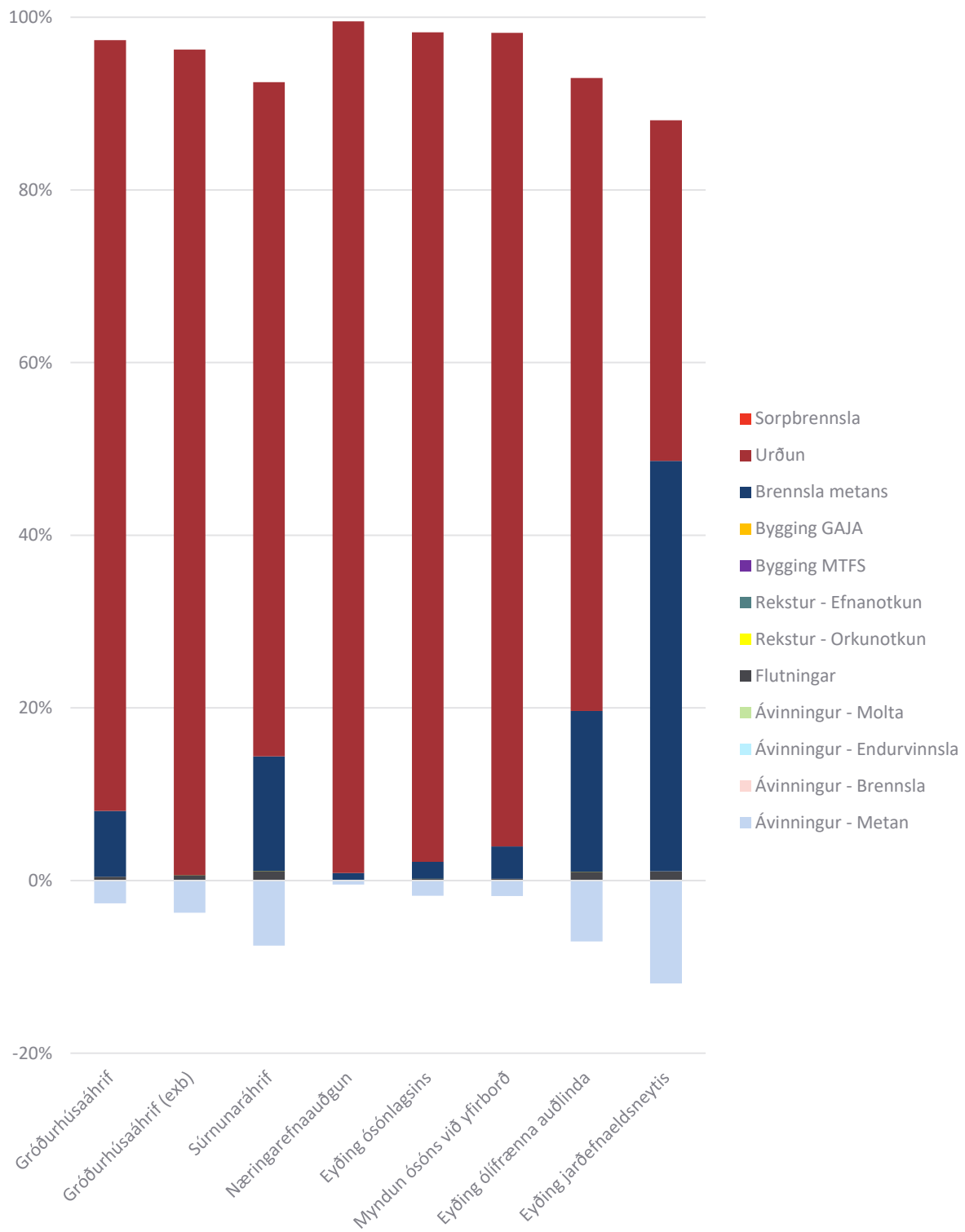
5 NIÐURSTÖÐUR

Niðurstöður vistferilsgreiningar eru birtar fyrir alla umhverfisáhrifaflokka í kafla 5.1. Í köflunum þar á eftir eru birtar sundurliðaðar niðurstöður fyrir gróðurhúsaáhrif (kafla 5.2), súrnun (kafla 5.3) og næringarefnaauðgun (5.4). Ástæða framsetningu þessara flokka umfram aðra er sú að þetta eru þeir áhrifaflokkar sem þykja hafa vægi eftir stöðlun niðurstaða miðað við losun frá Evrópu í nýlegri og sambærilegri greiningu [13], og vega gróðurhúsaáhrif (hlýnun jarðar) jafnan þyngst í öllum greiningum [14, 15], en einnig njóta vægis flokkar á borð við eyðing auðlinda, aðallega vegna þess ávinnings sem getur hlotist af meðhöndlun úrgangs með því að geta dregið úr vinnslu hráefna eða jarðefnaeldsneytis.

Niðurstöður gróðurhúsaáhrifa (kafla 5.2) eru birtar með og án kolefnis frá lífrænum uppruna, það er, losun sem telst sem hluti af náttúrulegri hringrás kolefnis (kafla 2.4.1). Aðeins kolefni af ólífrænum eða jarðefnalegum uppruna telst með í losunarbókhaldi SORPU, sem og í bókhaldi sem er tekið saman um losun Íslands og skilað til Rammasamnings Sameinuðu þjóðanna um loftslagsbreytingar. Einnig má nefna að losun vegna sorpbrennslu ásamt ávinningi hennar gerist utan Íslands svo það er ekki tekið inn í bókhald Íslands, en er þó losun í umfangi 3 í bókhaldi SORPU. Gott er þó að hafa báðar tölurnar fyrir framan sig, því um er að ræða raunverulega losun, sem gerist mun hraðar en myndi gerast náttúrulega.

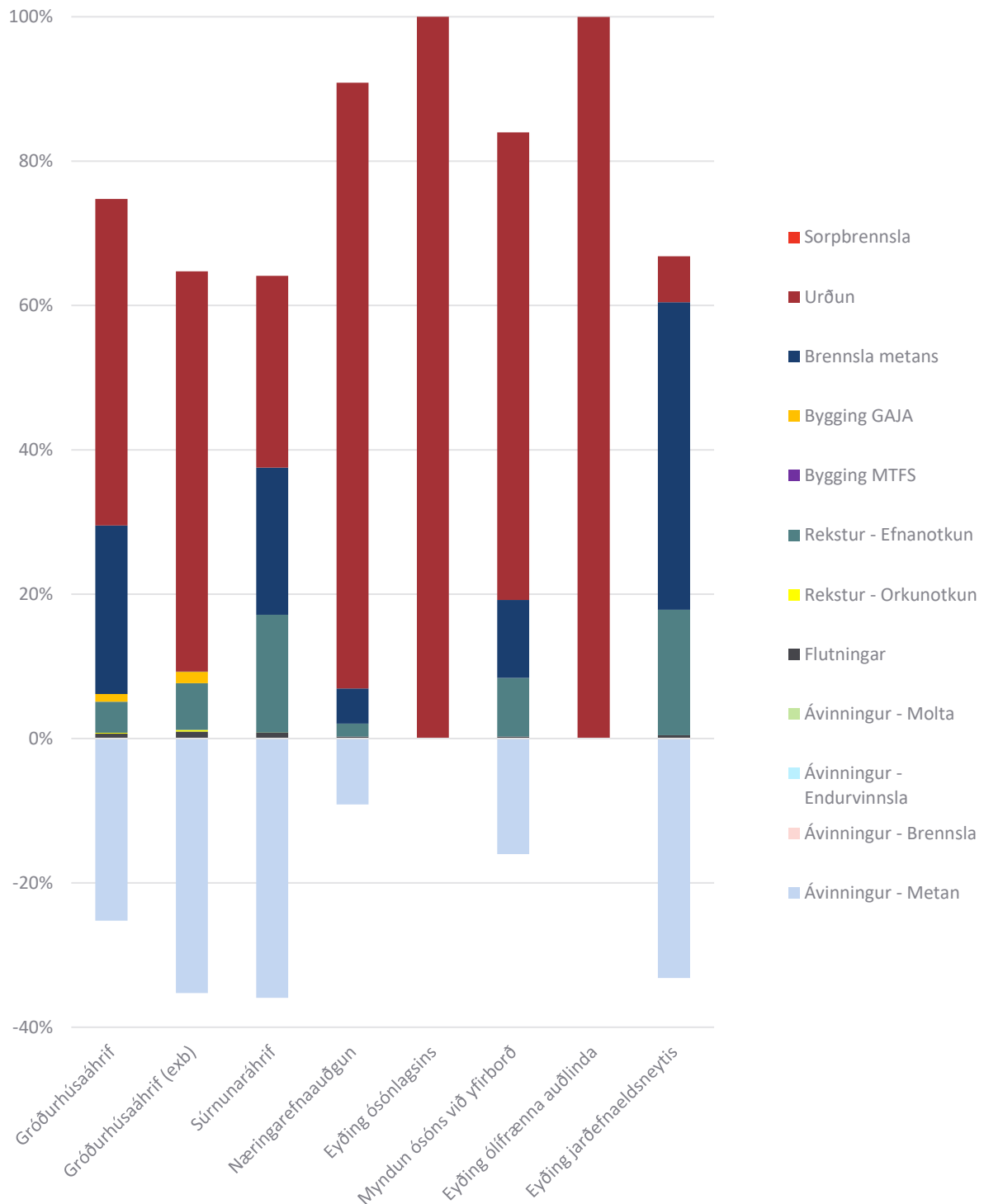
5.1 Yfirlit umhverfisáhrifa

5.1.1 Sviðsmynd 0



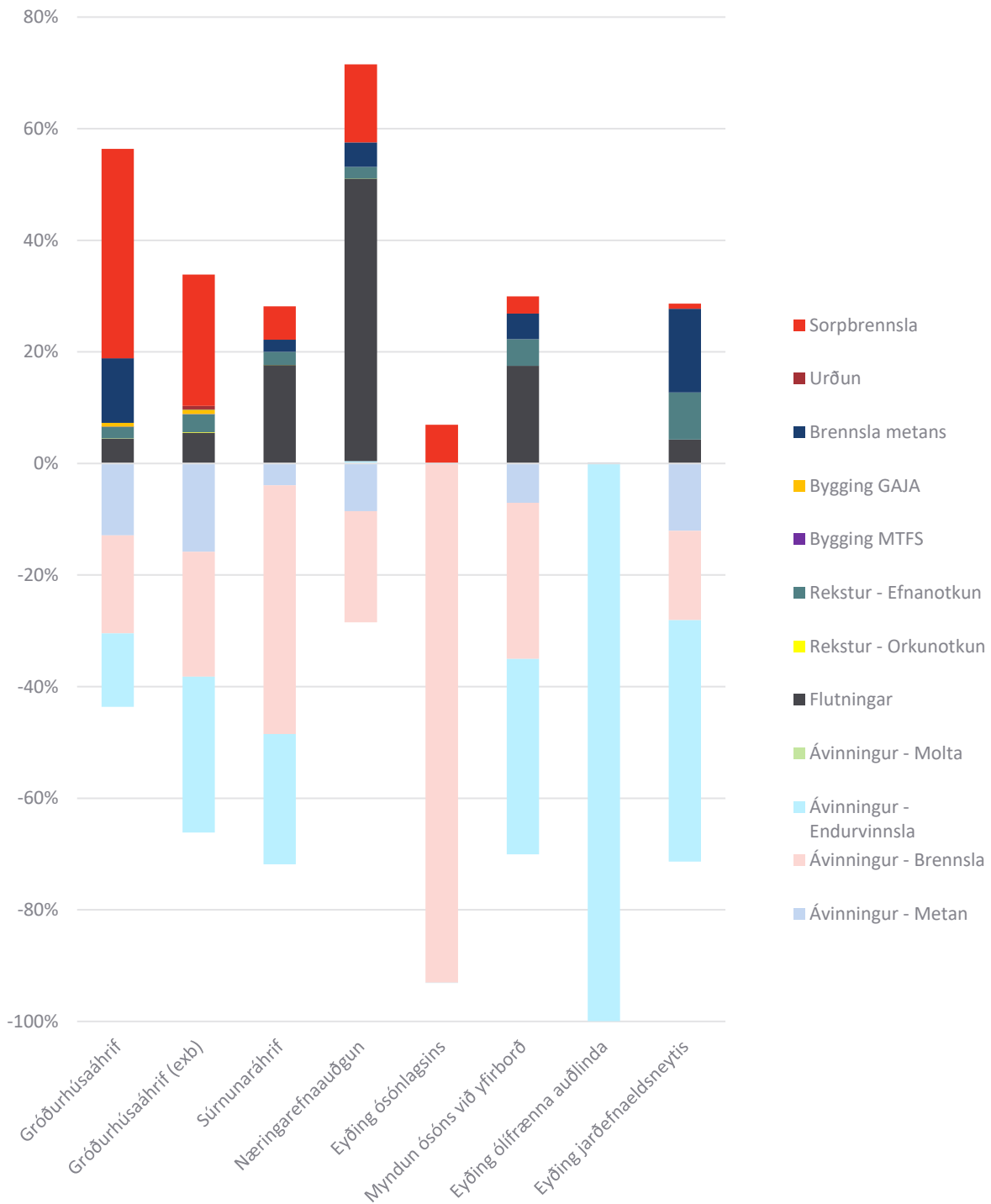
MYND 22 Heildarniðurstöður vistferilsgreiningar á sviðsmynd 0. Myndin sýnir hlutdeild mismunandi stiga vistferilsins yfir 50 ára líftíma fyrir þá umhverfisflokka sem skoðaðir eru í greiningunni. Urðun spilar langstærsta hlutverkið í öllum flokkum nema eyðingu jarðefnaeldsneytis þar sem brennsla metans hefur sambærileg áhrif.

5.1.2 Sviðsmynd 1



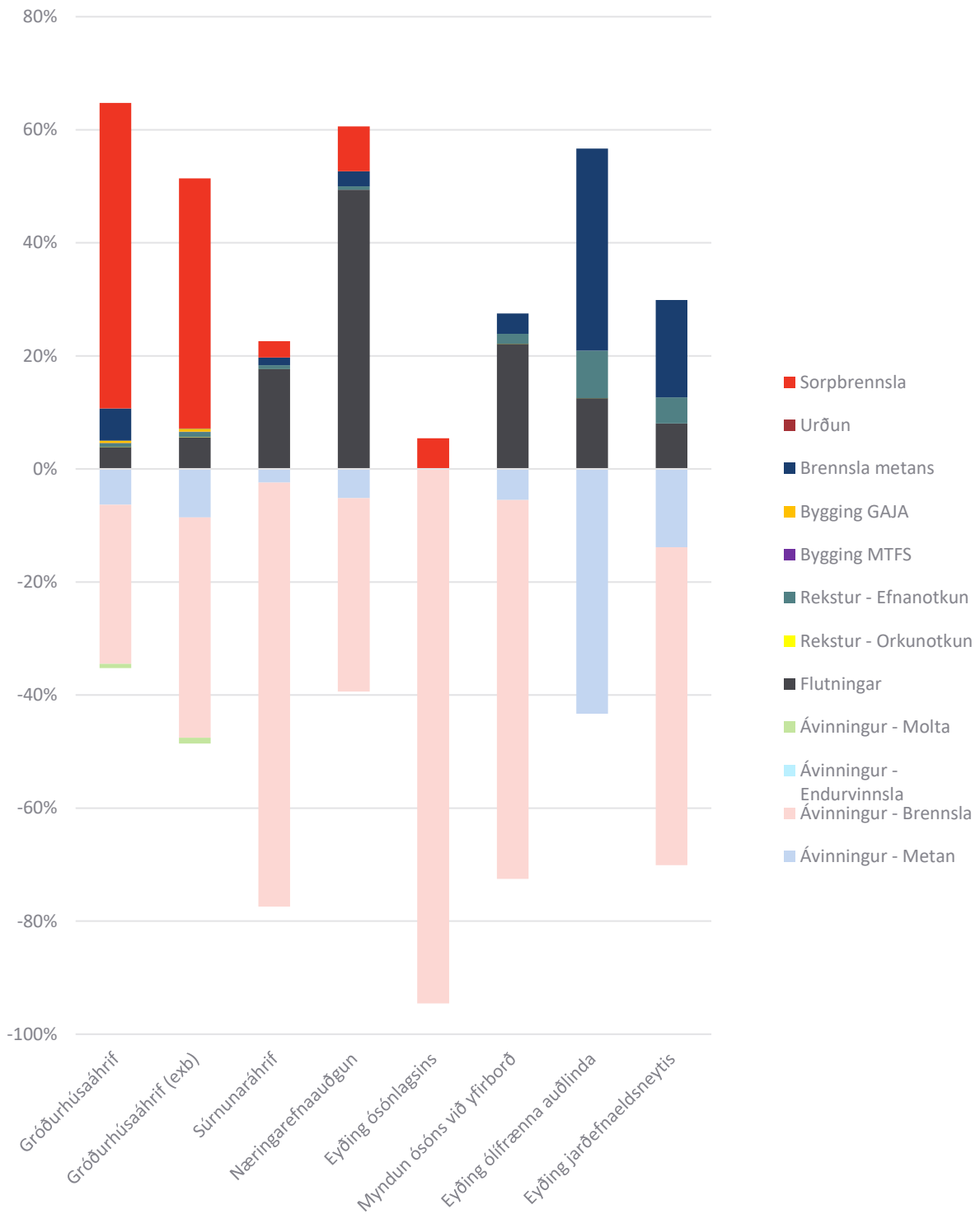
MYND 23 Heildarniðurstöður vistferilsgreiningar á sviðsmynd 1. Myndin sýnir hlutdeild mismunandi stiga vistferilsins yfir 50 ára líftíma gas- og jarðgerðarstöðvarinnar fyrir þá umhverfisflokka sem skoðaðir eru í greiningunni. Urðun hefur mikil áhrif gegnumgangandi í öllum umhverfisflokkum og brennsla metans hefur mikil gróðurhúsaáhrif, súrnunaráhrif og áhrif á eyðingu jarðefnaeldsneytis. Sést að ávinningur af því að nýta metan í stað brennslu kemur stórt inn í nokkrum umhverfisflokkum. Efnatökn er dísil og önnur olíunotkun, þá sérstaklega innan GAJA. Þetta hefur áhrif á súrnun og eyðingu jarðefnaeldsneytis.

5.1.3 Sviðsmynd 2a



MYND 24 Heildarniðurstöður vistferilsgreiningar á sviðsmynd 2a. Myndin sýnir hlutdeild mismunandi stiga vistferilsins yfir 50 ára líftíma gas- og jarðgerðarstöðvarinnar fyrir þá umhverfisflokka sem skoðaðir eru í greiningunni. Urðun er hætt í sviðsmynd 2a og því eru aðrir hlutir sem taka yfir. Flutningar hafa ekki mikil hlutfallsleg áhrif á losun gróðurhúsalofttegunda, en meiri súrnunaráhrif, næringarefnaauðgun og myndun ósóns við yfirborð. Sorpbrennsla hefur mestu áhrif á gróðurhúsaáhrif. Ávinningur af endurvinnslu og á framleiðslu rafmagns og hita frá sorpbrennslu er greinilegur í flestum umhverfisflokkum. Ávinningur af endurvinnslu kemur ekki sterkt fram í næringarefnaauðgun eða eyðingu ósónlagsins.

5.1.4 Sviðsmynd 2b

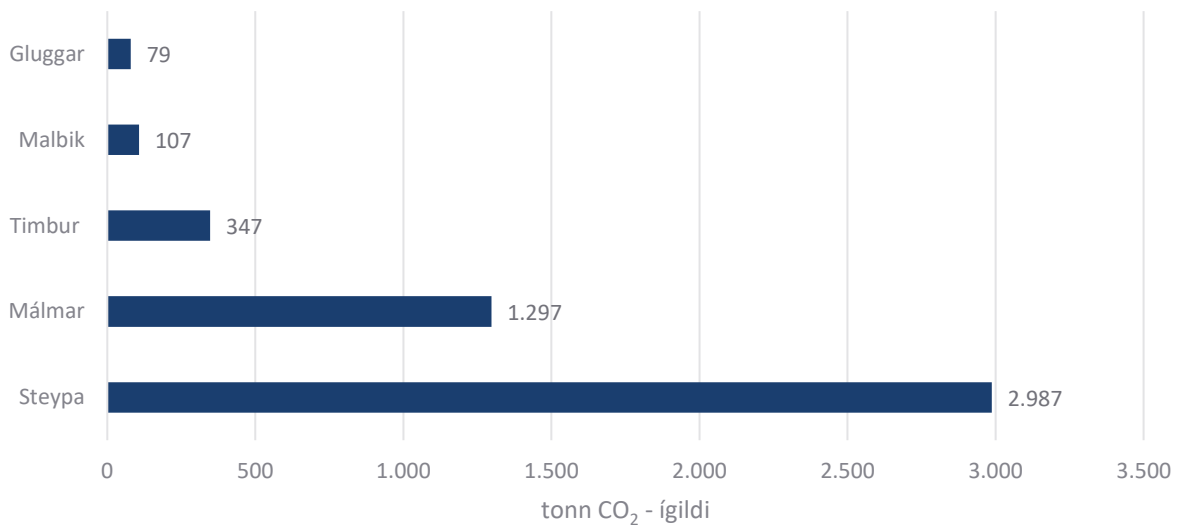


MYND 25 Heildarniðurstöður vistferilsgreiningar á sviðsmynd 2b. Myndin sýnir hlutdeild mismunandi stiga vistferilsins yfir 50 ára líftíma gas- og jarðgerðarstöðvarinnar fyrir þá umhverfisflokka sem skoðaðir eru í greiningunni. Urðun er ekki til staðar í sviðsmynd 2b og því eru aðrir þættir ráðandi á áhrifum. Flutningar hafa ekki mikil hlutfallsleg áhrif á losun gróðurhúsalofttegunda, en meiri áhrif á súrnun, næringarefnaauðgun og myndun ósóns við yfirborð. Sorpbrennsla er ráðandi þáttur í gróðurhúsaáhrifum. Ávinningur af vinnslu rafmagns og hita frá sorpbrennslu er greinilegur í öllum umhverfisflokkum.

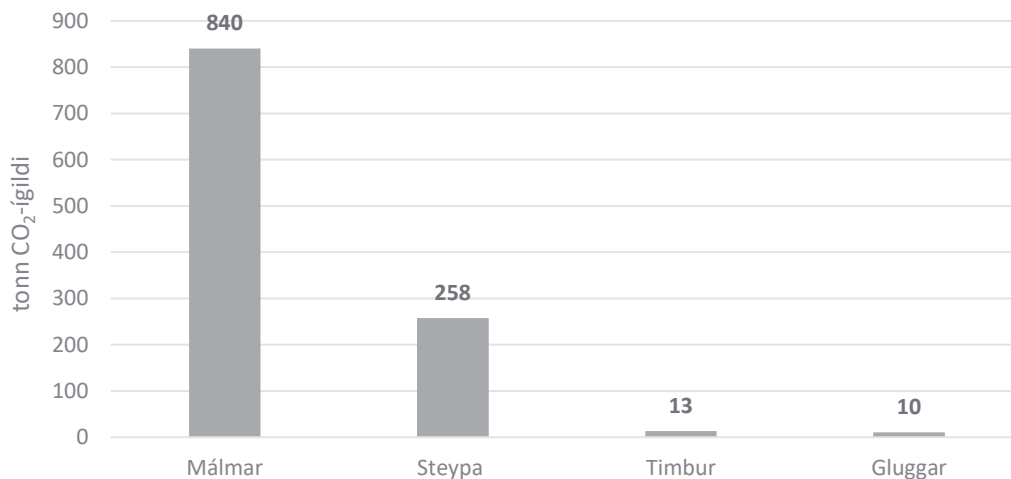
5.2 Gróðurhúsaáhrif (GWP)

5.2.1 Mannvirki

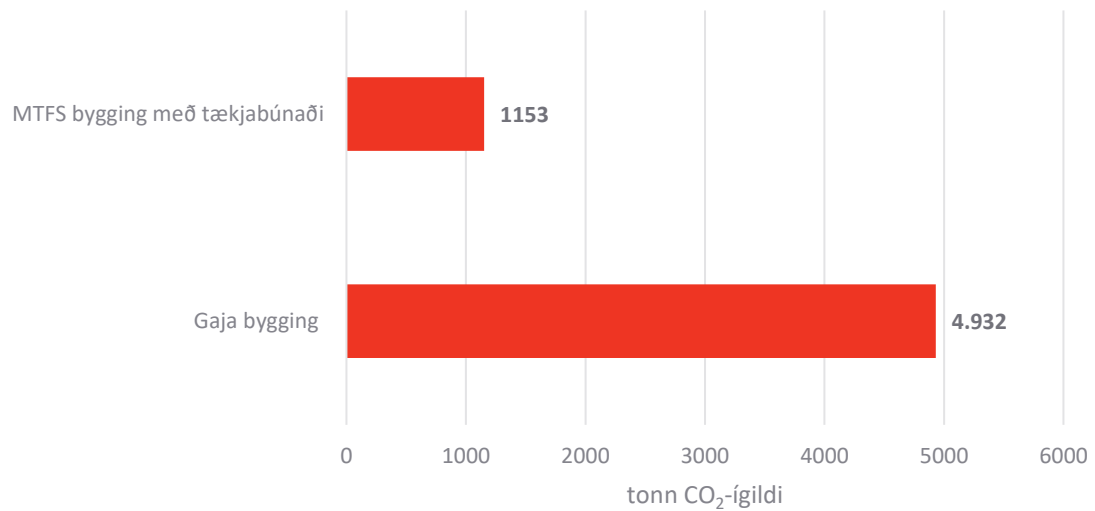
Niðurstöður greiningar fyrir efnisnotkun í GAJA, viðbyggingu MTFS og nýjum tækjabúnaði í MTFS má sjá á myndum 26, 27 og 28. Þar kemur í ljós að það er steypa sem er ráðandi losunarpáttur fyrir byggingu GAJA og notkun stál og annarra málma í viðbyggingu MTFS. En þar er það stálið í tækjabúnaðinum sem vegur þyngst. Heildarkolefnisspor þessara framkvæmda er um 6.100 tonn CO₂-ígilda.



MYND 26 Stærstu losunarpættir frá byggingu GAJA.

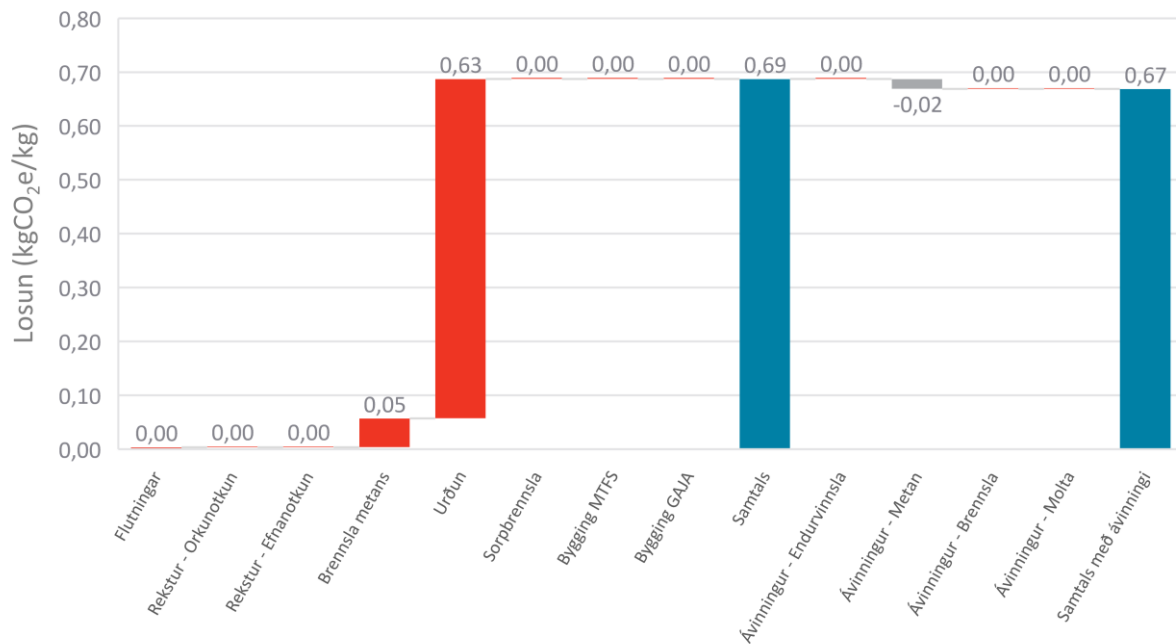


MYND 27 Stærstu losunarpættir frá byggingu MTFS.

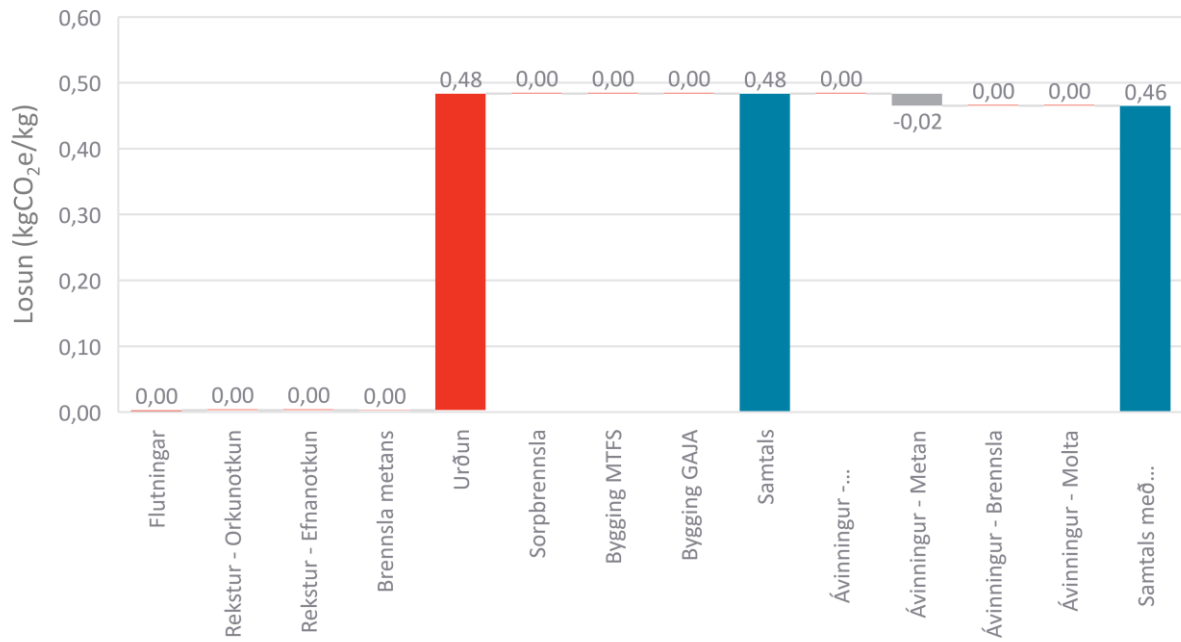


MYND 28 Heildarkolefnisspor frá byggingu Gaja og frá viðbyggingu MTFS með tækjabúnaði.

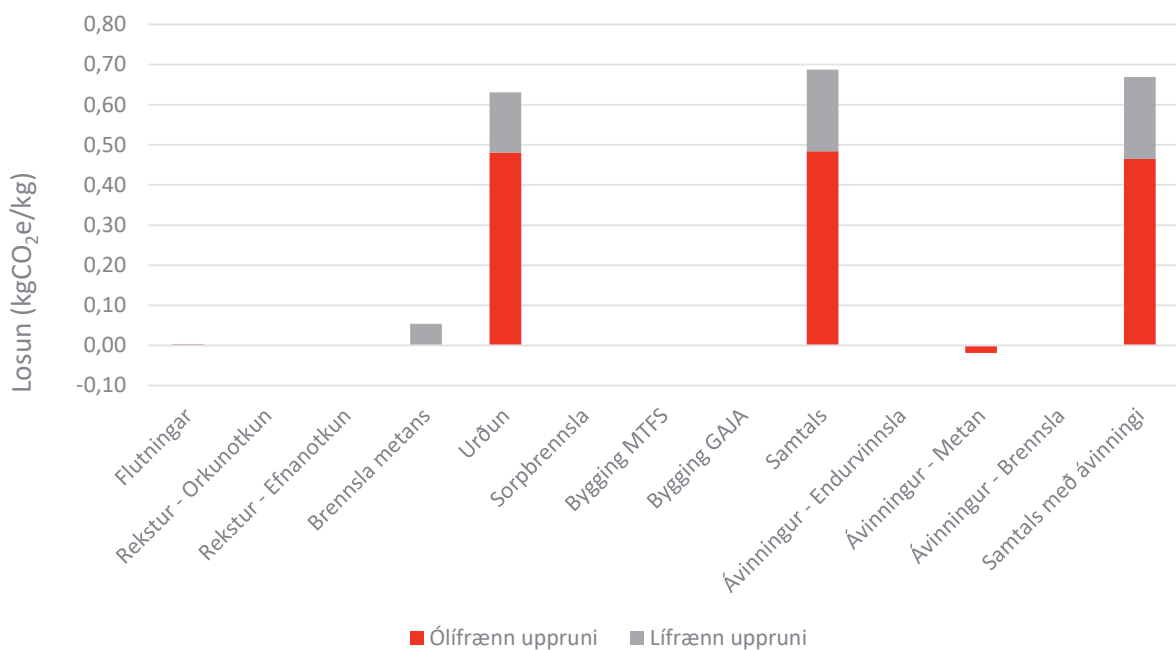
5.2.2 Sviðsmynd 0



MYND 29 Gróðurhúsaáhrif sviðsmyndar 0 skipt á mismunandi vistferilsstig (að meðtöldu kolefni af lífrænum uppruna).



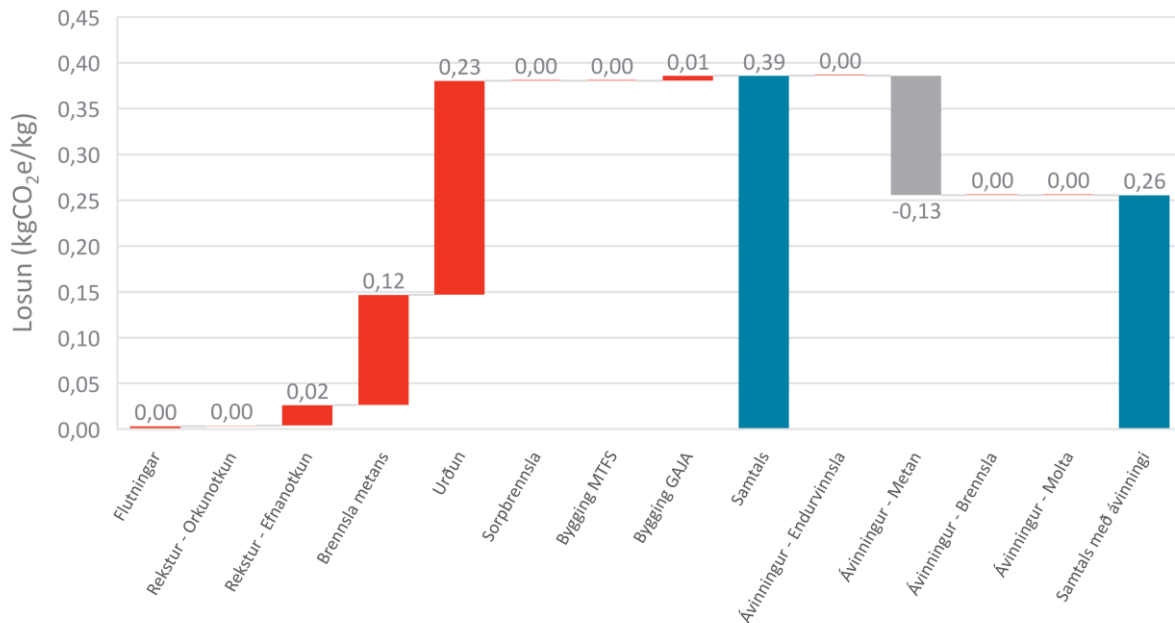
MYND 30 Gróðurhúsaáhrif sviðsmyndar 0 skipt á mismunandi vistferilsstig (án kolefnis frá lífrænum uppruna).



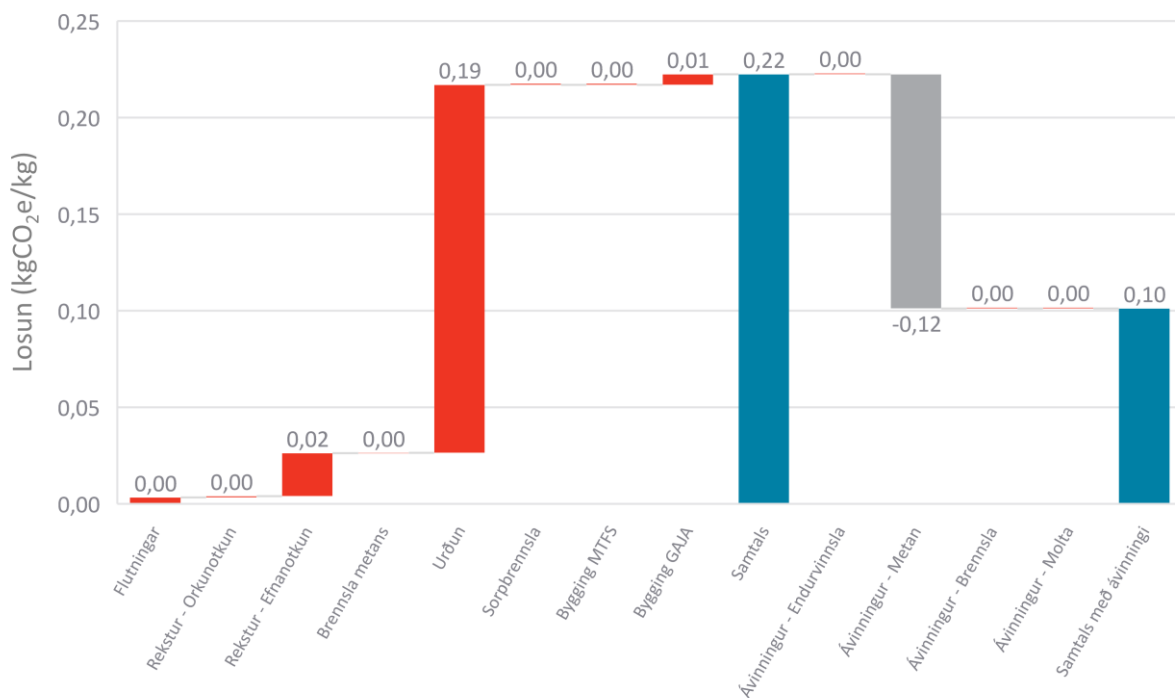
MYND 31 Gróðurhúsaáhrif sviðsmyndar 0 skipt á mismunandi vistferilsstig skipt upp í áhrif vegna kolefnis frá ólífrænum (0,46 kgCO₂íg/kg) og lífrænum uppruna (0,20 kgCO₂íg/kg).

Af sviðsmynd 0 eru gróðurhúsaáhrif alls 0,69 kg CO₂ ígildi á kg af heimilisúrgangi og 0,48 kg CO₂ ígildi af því af ólífrænum uppruna. Ávinningur á nýtingu metans fönguðu af urðunarstaðnum í stað brennslu dísilis og LPG er um 0,02 kg CO₂-íg, sem þýðir að með ávinningi er losun á kg alls 0,67 kg CO₂-íg og 0,46 kg CO₂-íg af ólífrænum uppruna. Mestu áhrif hefur losun vegna urðunar, 0,63 kg CO₂-íg, 0,48 kg CO₂-íg af ólífrænum uppruna.

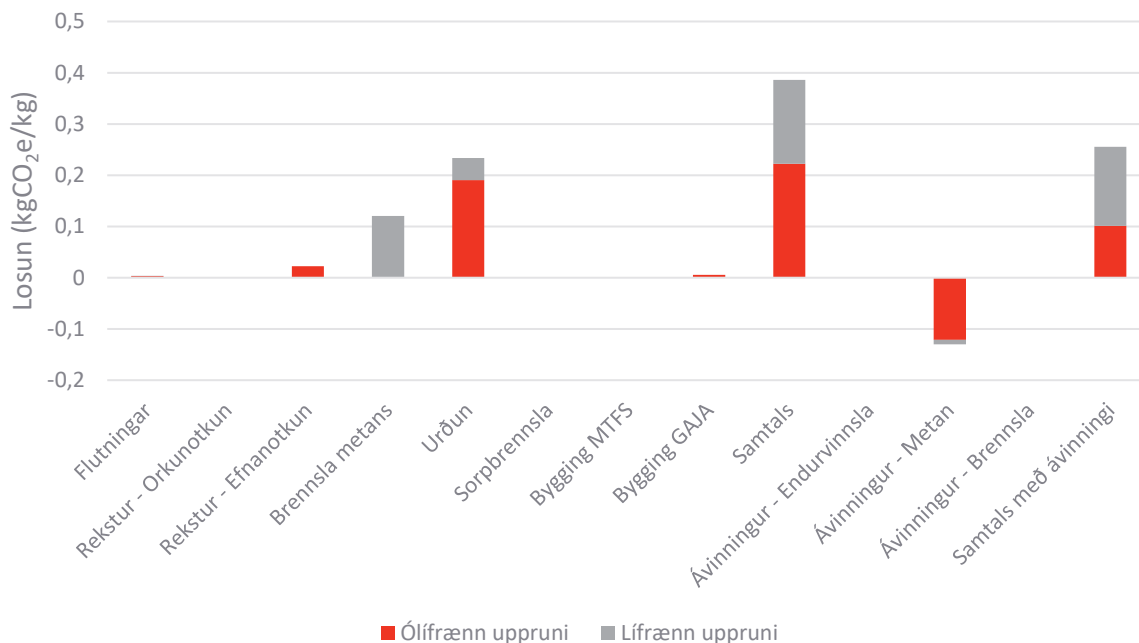
5.2.3 Sviðsmynd 1



MYND 32 Gróðurhúsaáhrif sviðsmyndar 1 skipt á mismunandi vistferilsstig.

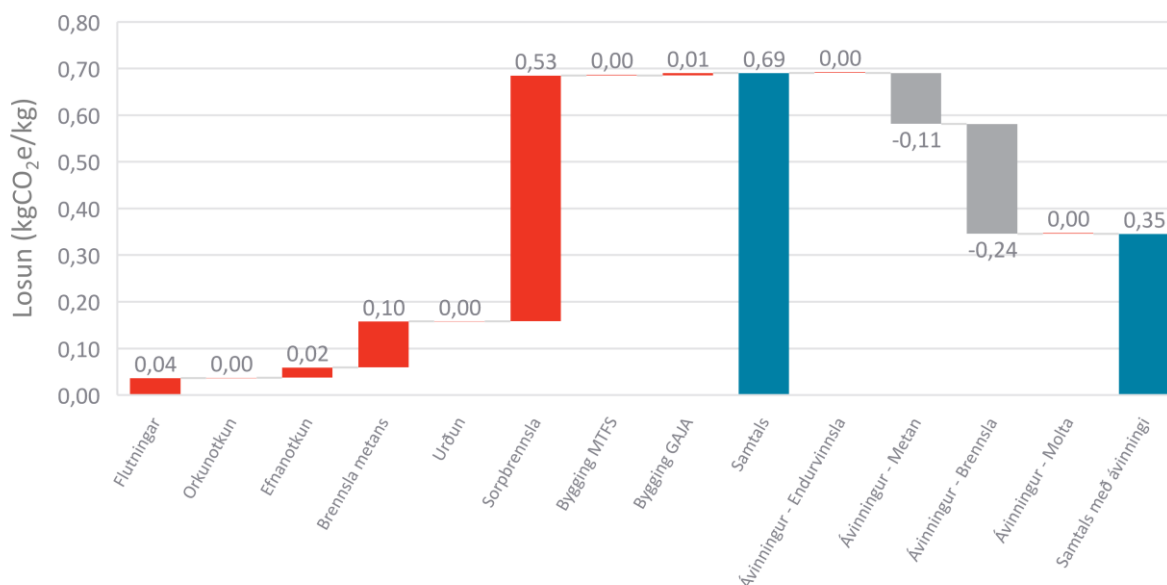


MYND 33 Gróðurhúsaáhrif sviðsmyndar 1 skipt á mismunandi vistferilsstig án kolefnis frá lífrænum uppruna.



MYND 34 Gróðurhúsaáhrif sviðsmyndar 1 skipt á mismunandi vistferilsstig skipt upp í áhrif vegna kolefnis frá ólífrænum (0,10 kgCO₂íg/kg) og lífrænum uppruna (0,15 kgCO₂íg/kg).

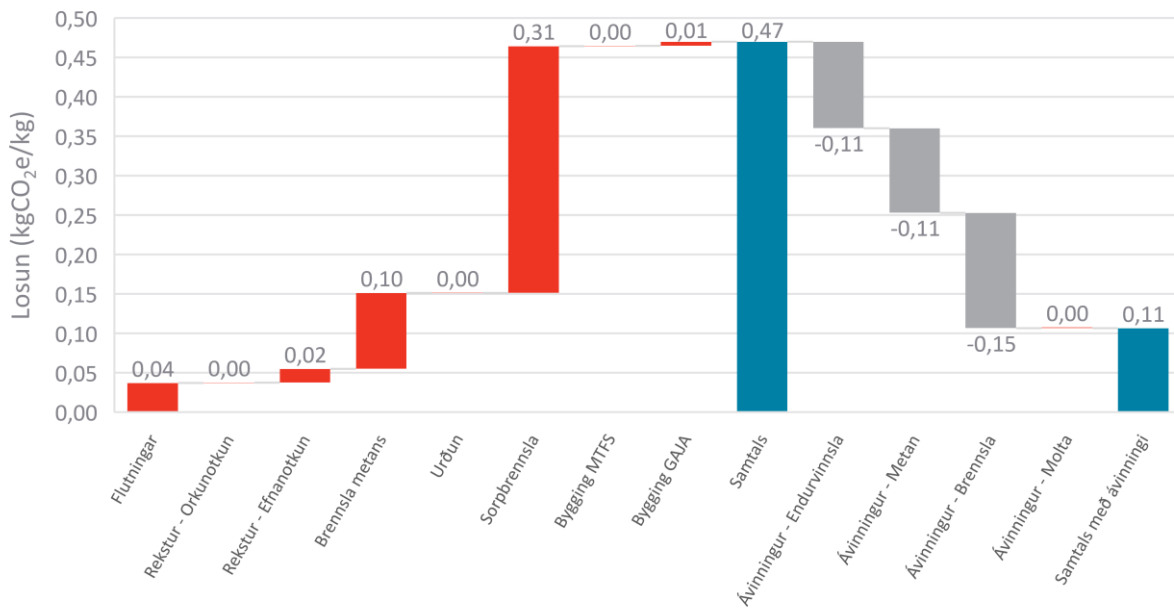
Af sviðsmynd 1 eru gróðurhúsaáhrif alls 0,39 kg CO₂ ígildi á kg af heimilísúrgangi og 0,22 kg CO₂-íg af því af ólífrænum uppruna. Mestu áhrif eru af urðun, en þó umtalsvert minni en í fyrri sviðsmynd, 0,23 kg CO₂-íg, 0,19 kg CO₂-íg af ólífrænum uppruna. Aukinn ávinningur er af nýtingu metans í stað brennslu dísilis og LPG, þar sem meira magn er fangað í ferlum gasgerðar sem bætist við það sem er fangað af urðunarstað, en auk þess er nýting aukin úr 25% í 80%. Ávinningur er því um 0,13 kg CO₂-íg, sem þýðir að með ávinningi er losun á kg alls 0,26 kg CO₂-íg og 0,10 kg CO₂-íg af ólífrænum uppruna.



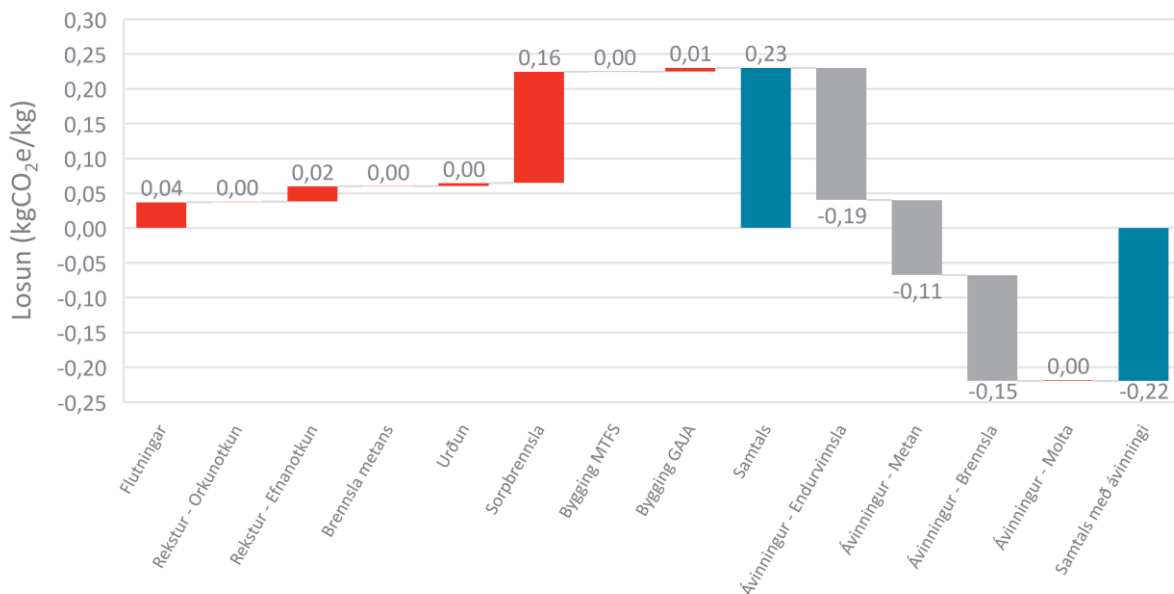
MYND 35 Gróðurhúsaáhrif sviðsmyndar 1 skipt á mismunandi vistferilsstig miðað við að allur úrgangur sem annars er urðaður sé fluttur til meginlands Evrópu í brennslu.

Ef úrgangur fer í brennslu í stað urðunar eykst losun vegna flutninga þar sem flutningur til meginlands Evrópu á sér stað. Losun vegna brennslu á sama magni og samsetningu af úrgangi og urðað er í sviðsmynd 1 er 0,53 kg CO₂-íg samanborið við 0,23 kg CO₂-íg fyrir urðun. Hins vegar er reiknaður ávinningur af framleiðslu hita og rafmagns við sorpbrennslu mun meiri, eða 0,24 kg CO₂-íg, sem þýðir að áhrif brennslu með reiknuðum ávinningi er 0,29 kg CO₂-íg, hærra kolefnisspor er því af sorpbrennslu af afgangi úrgangsstraumsins en urðun hans.

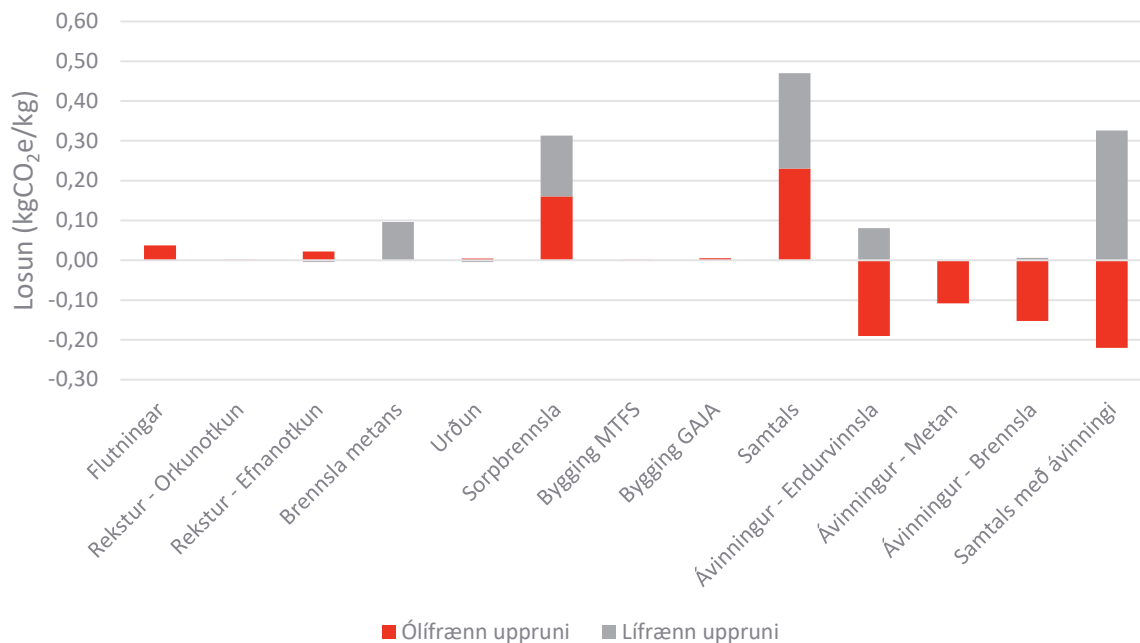
5.2.4 Sviðsmynd 2a



MYND 36 Gróðurhúsaáhrif sviðsmyndar 2a skipt á mismunandi vistferilsstig.

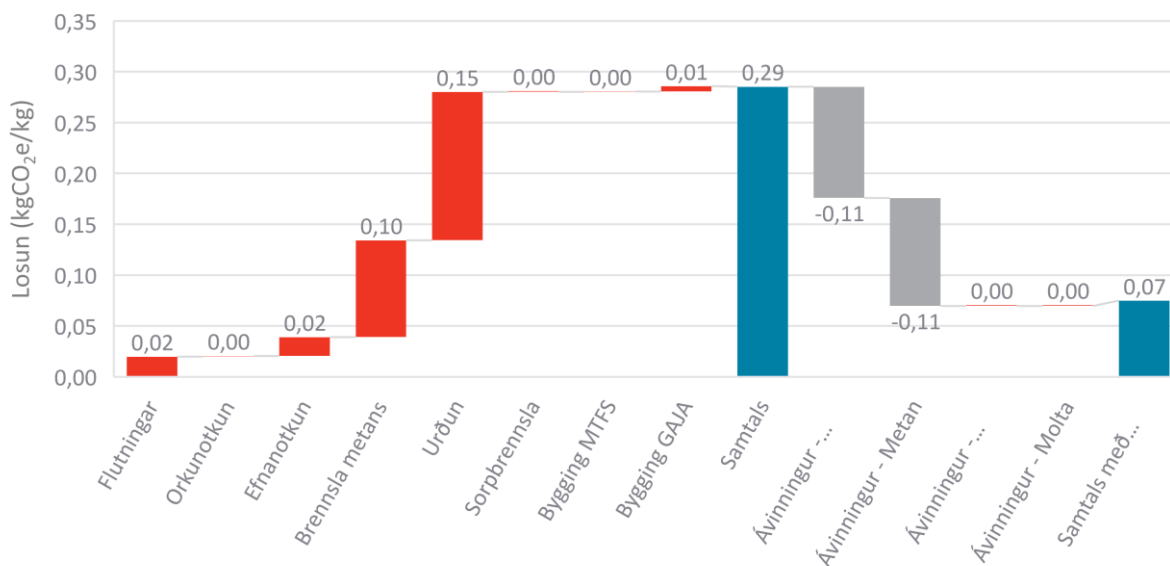


MYND 37 Gróðurhúsaáhrif sviðsmyndar 2a skipt á mismunandi vistferilsstig án kolefnis frá lífrænum uppruna.



MYND 38 Gróðurhúsaáhrif sviðsmyndar 2a skipt á mismunandi vistferilsstig skipt upp í áhrif vegna kolefnis frá ólífrænum (-0,22 kgCO₂íg/kg) og lífrænum uppruna (0,33 kgCO₂íg/kg).

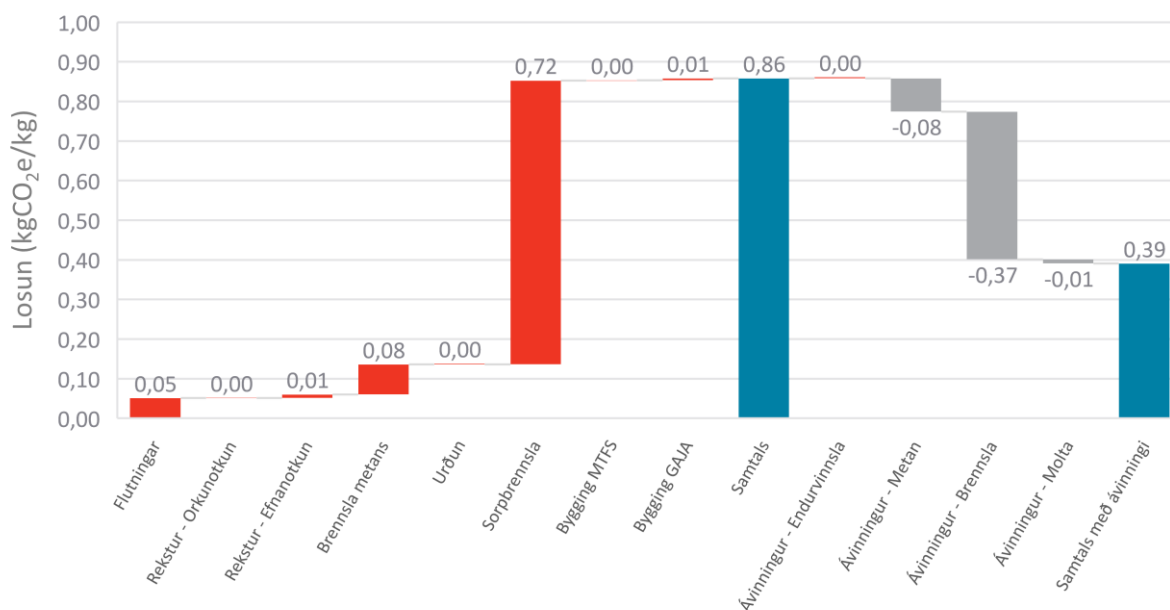
Af sviðsmynd 2a eru gróðurhúsaáhrif alls 0,47 kg CO₂ ígildi á kg af úrgangi og 0,23 kg CO₂-íg af því af ólífrænum uppruna. Urðun er alfarið hætt og megnið af gróðurhúsaáhrifum stafa því af sorpbrennslu, 0,31 kg CO₂-íg, 0,16 kg CO₂-íg af ólífrænum uppruna. Ávinningur af hita og raforkuframleiðslu frá sorpbrennslu er 0,15 kg CO₂-íg, sem þýðir að með ávinningi eru áhrif af brennslu 0,16 kg CO₂-íg, 0,01 kg CO₂-íg af ólífrænum uppruna. Ávinningur af nýtingu metans fangað í ferlum gasgerðar í stað brennslu dísilis og LPG er um 0,11 kg CO₂-íg samanborett við 0,10 kg CO₂-íg í sviðsmynd 1. Það þýðir að með þessum ávinningi er losun á kg alls 0,22 kg CO₂-íg og -0,03 kg CO₂-íg af ólífrænum uppruna. Auk þess er í sviðsmynd 2 meðtalinn ávinningur og ferlar vegna endurvinnslu 227 g af úrgangsstraumum flokkuðum á upphafsstað. Með því meðtöldu er losun á kg alls 0,11 kg CO₂-íg og -0,22 kg CO₂-íg af ólífrænum uppruna.



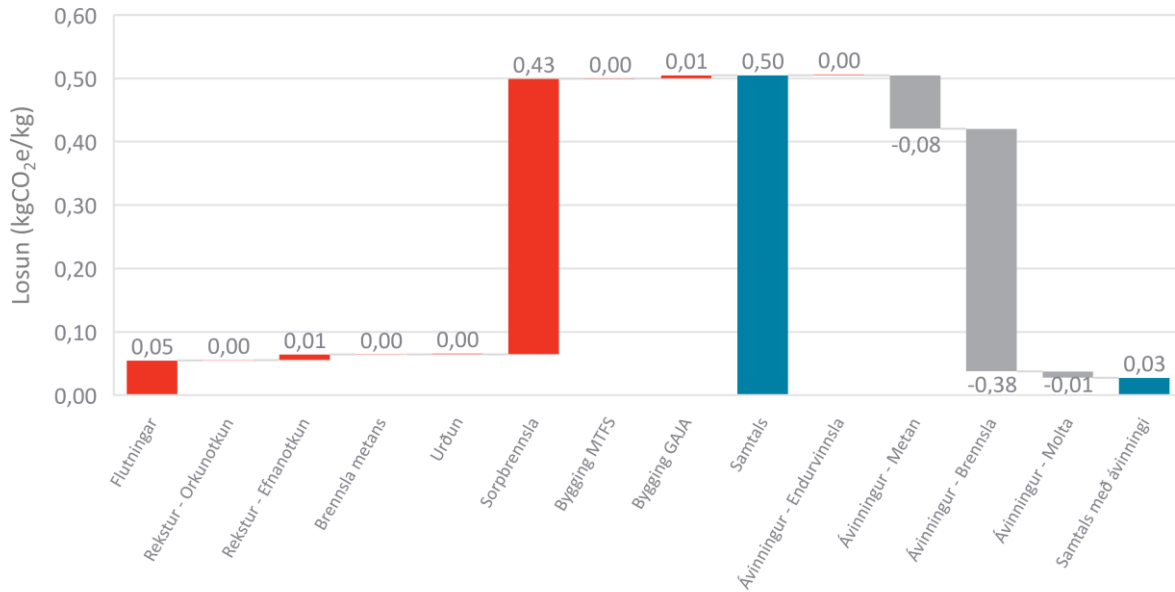
MYND 39 Gróðurhúsaáhrif sviðsmyndar 2a skipt á mismunandi vistferilsstig miðað við að allur úrgangur sem annars er brenndur sé urðaður.

Til samanburðar, ef úrgangur fer í urðun í stað sorpbrennslu er losun af þeirri urðun 0,15 kg CO₂-íg samanborið við 0,31 kg CO₂-íg fyrir sorpbrennslu án ávinnings. Hins vegar er reiknaður ávinningur af framleiðslu hita og rafmagns við sorpbrennslu mun meiri, eða 0,15 kg CO₂-íg, sem þýðir að áhrif brennslu með reiknuðum ávinningi er 0,22 kg CO₂-íg, samanborið við 0,18 kg CO₂-íg fyrir urðun með ávinningi.

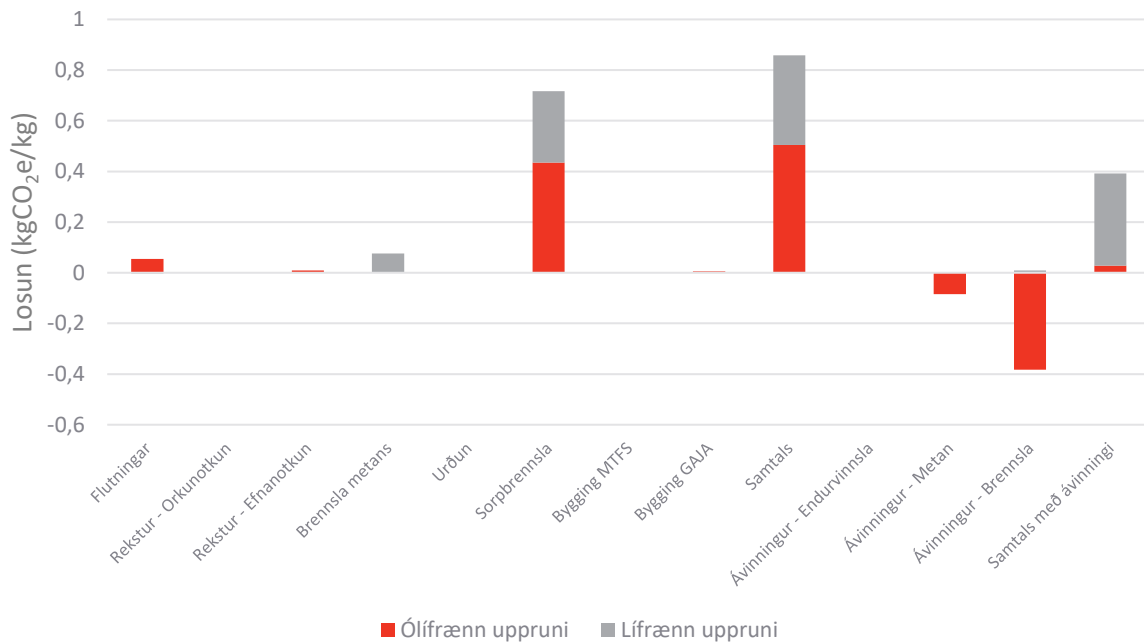
5.2.5 Sviðsmynd 2b



MYND 40 Gróðurhúsaáhrif sviðsmyndar 2b skipt á mismunandi vistferilsstig.

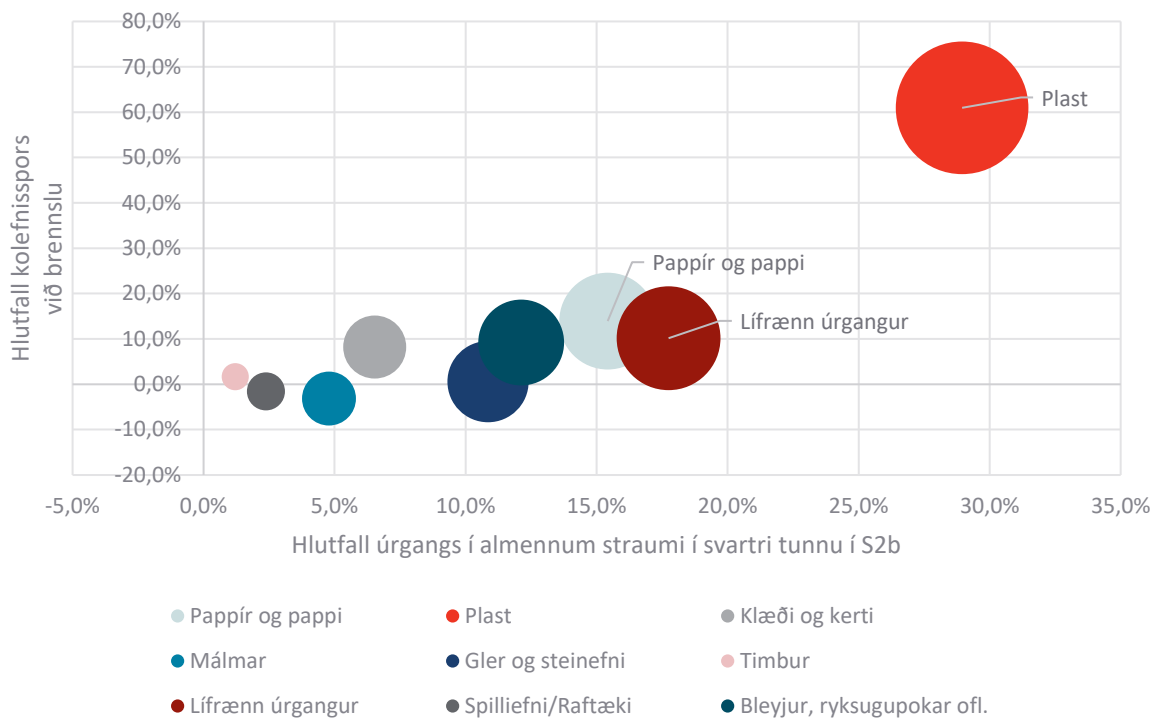


MYND 41 Gróðurhúsaáhrif sviðsmyndar 2b skipt á mismunandi vistferilsstig án kolefnis frá lífrænum uppruna.



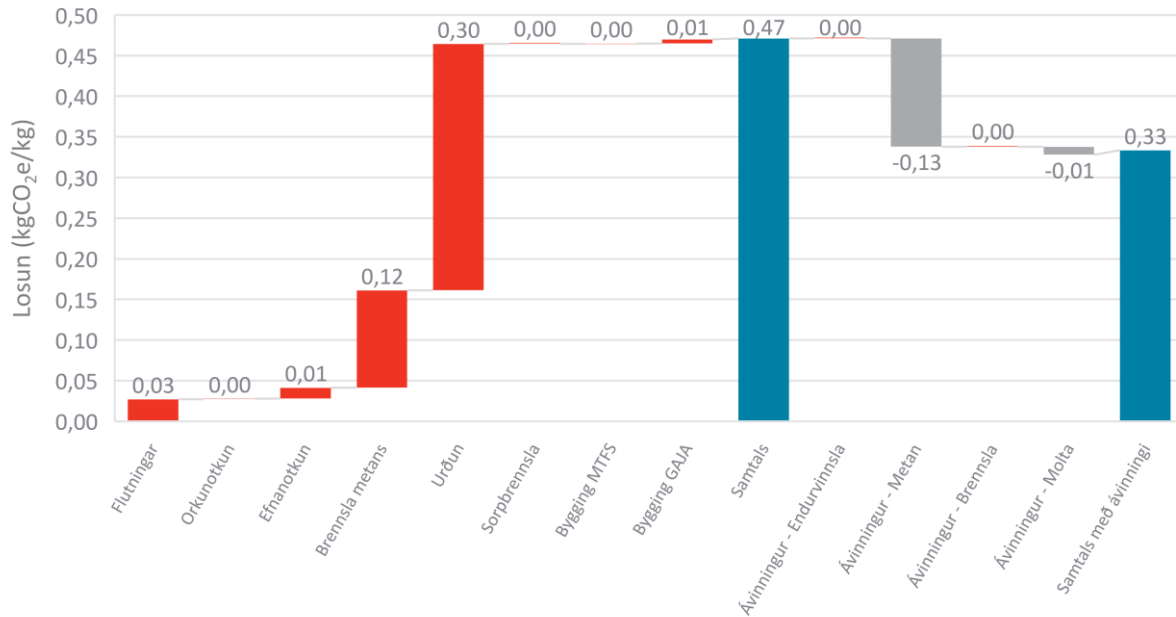
MYND 42 Gróðurhúsaáhrif sviðsmyndar 2b skipt á mismunandi vistferilsstig skipt upp í áhrif vegna kolefnis frá ólífrænum (0,03 kgCO₂íg/kg) og lífrænum uppruna (0,36 kgCO₂íg/kg).

Af sviðsmynd 2b eru gróðurhúsaáhrif alls 0,86 kg CO₂ ígildi á kg af heimilisúrgangi og 0,52 kg CO₂-íg af því af ólífrænum uppruna. Urðun er alfarið hætt og megnið af gróðurhúsaáhrifum stafa því af sorpbrennslu, 0,72 kg CO₂-íg, 0,45 kg CO₂-íg af ólífrænum uppruna. Megnið af gróðurhúsaáhrifunum á sér því uppruna í meðhöndlun á almenna úrgangsstraumnum. Mynd 43 sýnir hvernig áhrif mismunandi flokkar í almennum straumi hafa á kolefnisspor í samræmi við magnhlutfall þeirra í straumnum.



MYND 43 Hlutfallsleg gróðurhúsaáhrif mismunandi úrgangsflokka í almennum úrgangstraumi (svarta tunnan) sem fara til brennslu í sviðsmynd 2b.

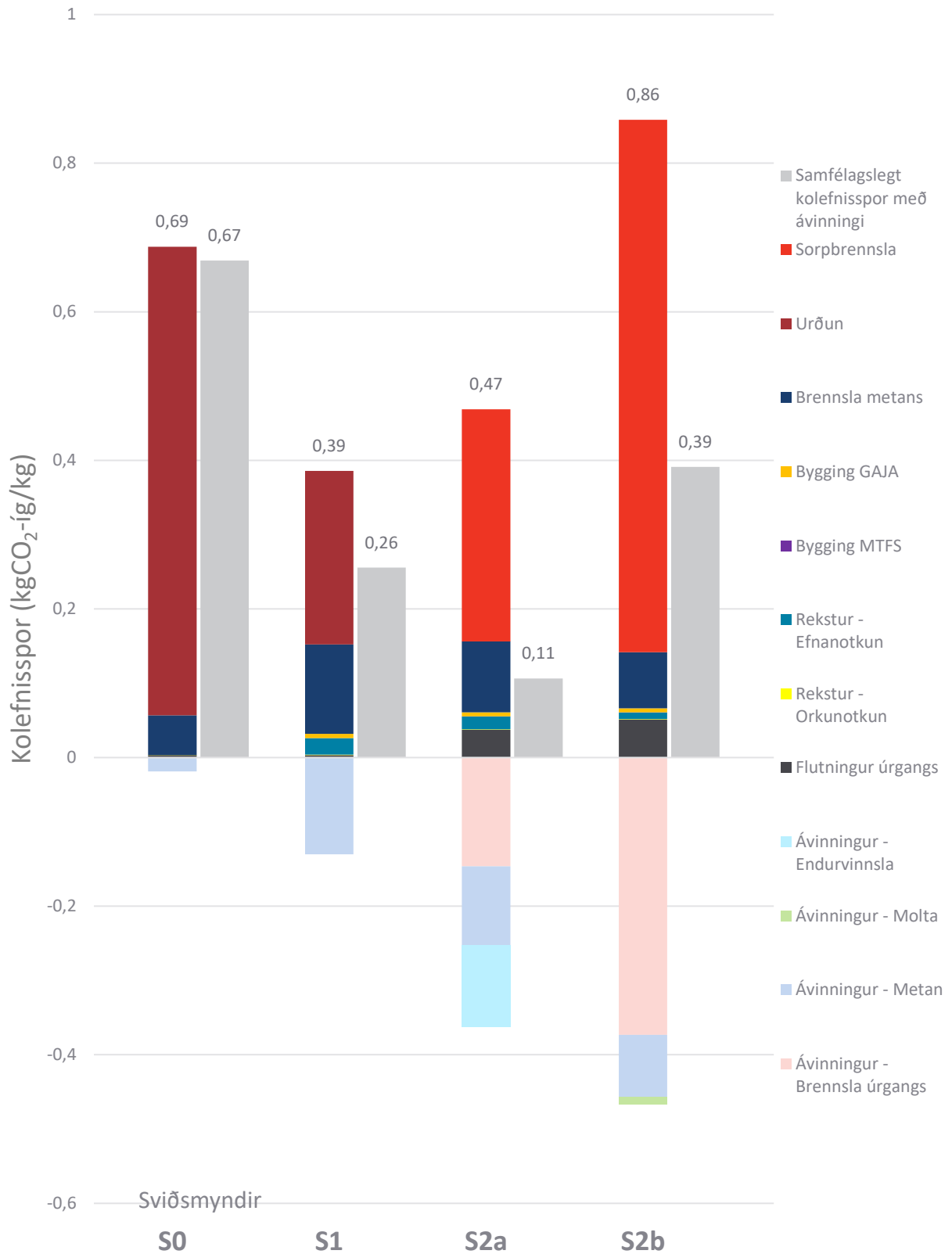
Stærstur hluti brennslunnar, að flutningi meðtöldum, er af völdum plastbrennslu (61%) og næststærstur er vegna brennslu pappá (14%), á meðan 10% er vegna brennslu á lífrænum úrgangi sem eftir er í svörtu tunnunni. eru þetta allt úrgangsflokkar sem flokka mætti betur á upphafsstað og myndi það skila sér í mun betri niðurstöðu, sér í lagi þar sem minna efni fer í brennslu. Þar sem orkuinnihald plasts er mjög hátt, myndi minna plastmagn í brennslu einnig skila sér í lægri ávinning af brennslu. Ávinningur af hita og raforkuframleiðslu frá sorpbrennslu er 0,37 kg CO₂-íg, sem þýðir að með ávinningi eru áhrif af brennslu 0,35 kg CO₂-íg, 0,05 kg CO₂-íg af ólífrænum uppruna. Ávinningur af nýtingu metans fangað í ferlum gasgerðar í stað brennslu dísilis og LPG er um 0,13 kg CO₂-íg. Það þýðir að með öllum ávinningi er losun á kg alls 0,39 kg CO₂-íg og 0,03 kg CO₂-íg af ólífrænum uppruna.



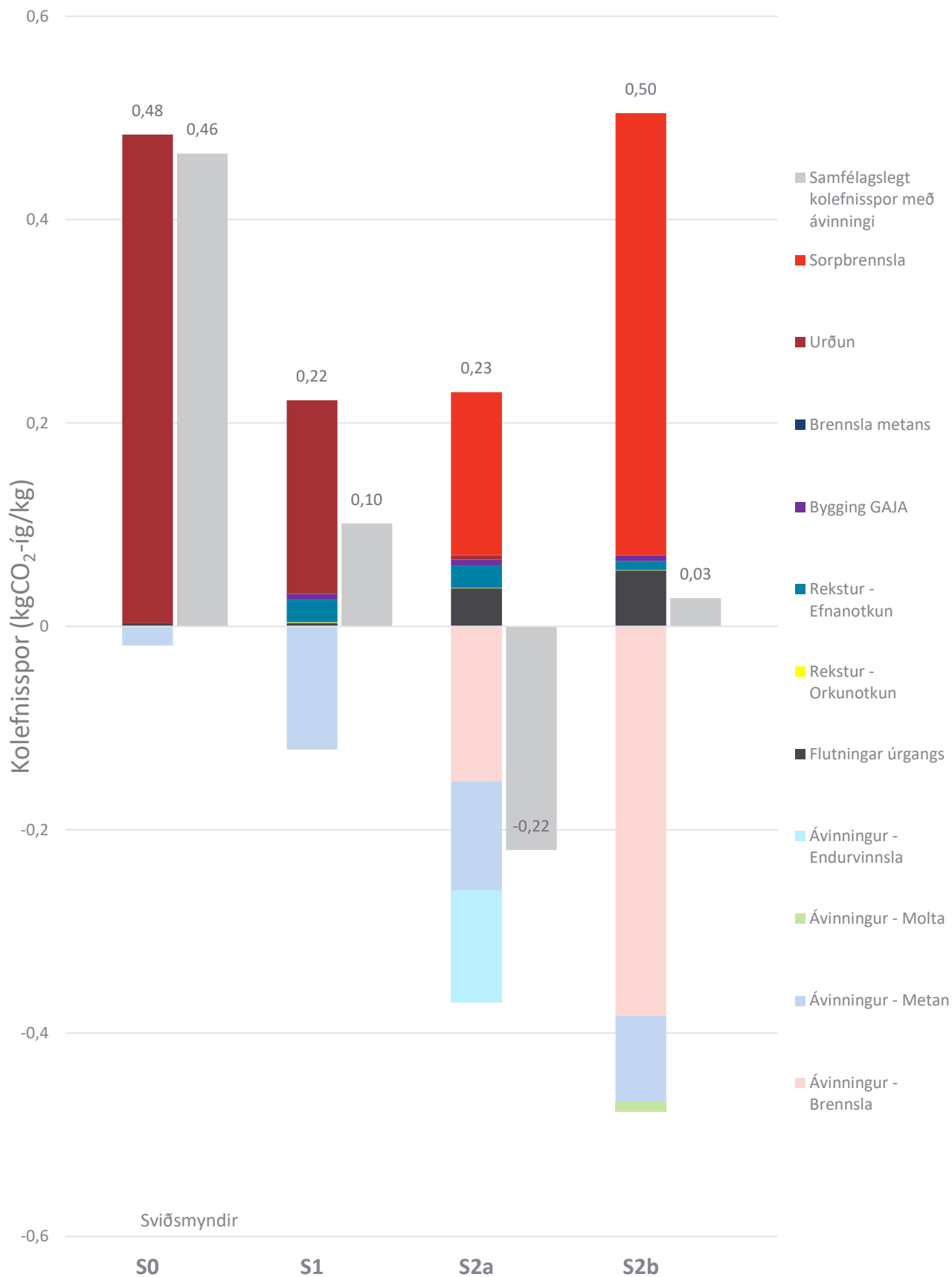
MYND 44 Gróðurhúsaáhrif sviðsmyndar 2b skipt á mismunandi vistferilsstig miðað við að allur úrgangur sem annars er brenndur sé urðaður.

Til samanburðar, ef úrgangur fer í urðun í stað sorpbrennslu í sviðsmynd 2b er losun af þeirri urðun 0,30 kg CO₂-íg samanborið við 0,73 kg CO₂-íg fyrir sorpbrennslu án ávinnings. Hins vegar er reiknaður ávinningur af framleiðslu hita og rafmagns við sorpbrennslu mun meiri, eða 0,38 kg CO₂-íg, sem þýðir að áhrif brennslu með reiknuðum ávinningi er 0,35 kg CO₂-íg, samanborið við 0,27 kg CO₂-íg fyrir urðun með ávinningi.

5.2.6 Samantekt



MYND 45 Gróðurhúsaáhrif sviðsmynda borið saman með kolefni frá lífrænum uppruna.



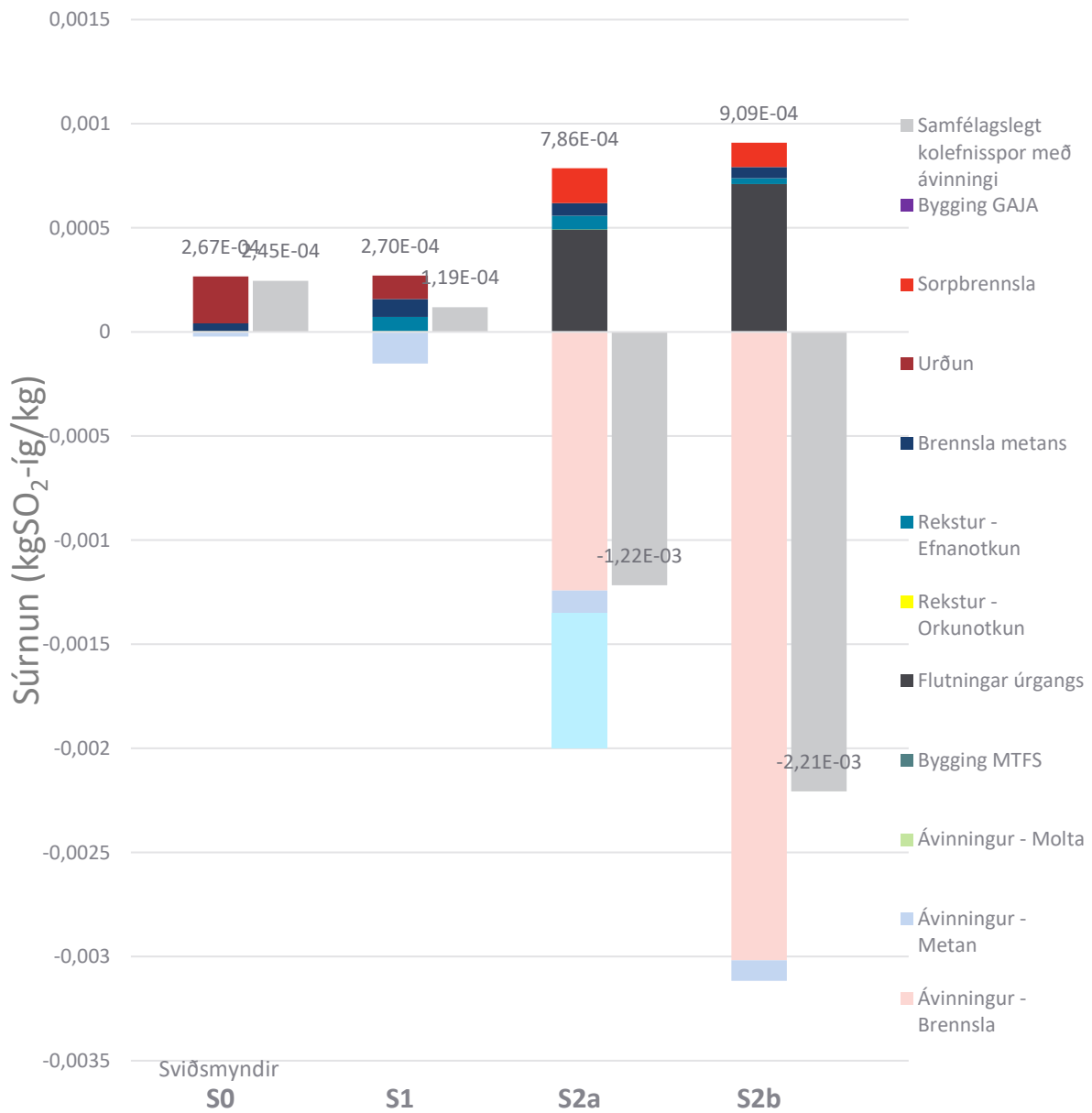
MYND 46 Gróðurhúsaáhrif sviðsmynda borið saman án kolefnis frá lífrænum uppruna.

Niðurstöður gróðurhúsaáhrifa eru birtar með og án kolefnis frá lífrænum uppruna, það er, losun sem telst sem hluti af náttúrulegri hringrás kolefnis. Aðeins kolefni af ólífrænum eða jarðefnalegum uppruna telst með í losunarbókhalði SORPU, sem og í bókhalði sem er tekið saman um losun Íslands og skilað til Rammasamnings Sameinuðu þjóðanna um loftslagsbreytingar. Einnig má nefna að losun vegna sorpbrennslu ásamt ávinningi á sér stað utan Íslands svo það er ekki tekið inn í bókhalð Íslands, en er þó losun í umfangi 3 í bókhalði SORPU. Gott er þó að hafa báðar tölurnar fyrir framan sig, því um er að ræða raunverulega losun gróðurhúsalofttegunda, hvort sem um er að ræða kolefni af lífrænum uppruna eða ekki, þar sem losunin á sér stað í mörgum tilvikum hraðar með ofangreindri úrgangsmeðhöndlun en myndi gerast í náttúrulegri hringrás kolefnis.

Meira bil er á milli niðurstaðna án kolefnis frá lífrænum uppruna, sérstaklega í sviðsmyndum þar sem sorpbrennsla á sér stað og sérstaklega þar sem tekið er tillit til ávinnings. Ávinningur á raforku- og hitaframleiðslu úr sorpbrennslu á lífrænum úrgangi er neikvæð, þar sem almennt þarf meiri orku til þess að brenna þeim úrgangi og orkugildi þess við bruna er lægra, þ.e.a.s. verið er að nota meiri orku til að ná minna út.

5.3 Súrnun

5.3.1 Samantekt

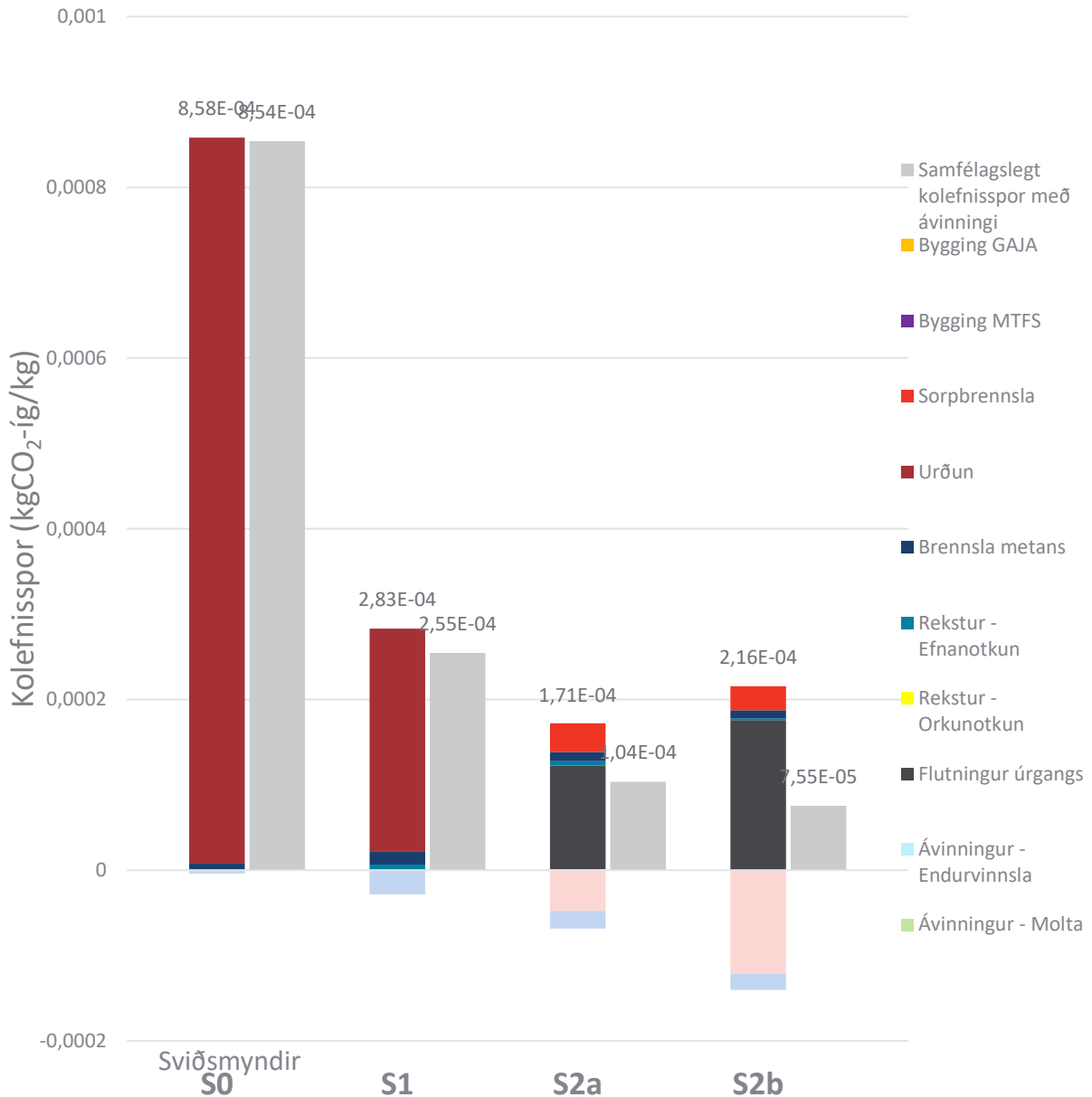


MYND 47 Súrnunaráhrif mismunandi sviðsmynda borin saman með og án ávinnings. Mikilvægt er að horfa bæði til spors með og án ávinnings til að taka mið af mögulegri þróun til framtíðar.

Notkun jarðefnaeldsneyta hefur hlutfallslega mikil súrnunaráhrif og því veða flutningar hátt. Af sömu ástæðum er ávinningur af því að geta nýtt metan í stað brennslu á dísil og LPG og sérstaklega framleiðsla rafmagns og hita úr sorpbrennslu í stað þeirrar framleiðslu úr jarðefnaeldsneytum. Þetta leiðir til þess að sviðsmyndir þar sem brennsla er notuð hafa í heildina neikvæða súrnunarlosun ef tekið er tillit til ávinnings. Án ávinnings hækka áhrifin til muna í þeim sviðsmyndum þar sem skipaflutningar eiga sér stað (2a og 2b). Í viðauka C má sjá frekara niðurbrot á súrnunaráhrifum mismunandi sviðsmynda.

5.4 Næringarefnaauðgun

5.4.1 Samantekt



MYND 48 Næringarefnaauðgun mismunandi sviðsmynda borin saman með og án ávinnings. Mikilvægt er að horfa bæði til spors með og án ávinnings til að taka mið af mögulegri þróun til framtíðar.

Urðun hefur mest áhrif á næringarefnaauðgun, sem þýðir að sviðsmynd 0 er langverst þegar kemur að þessum umhverfispætti. Í sviðsmyndum þar sem urðun er til staðar (0 og 1) eru áhrif þess hlutfallslega yfirgnæfandi. Í sviðsmyndum þar sem urðun er ekki til staðar hefur skipaflutningur efnis til meginlands Evrópu mest áhrif. Sorpbrennsla hefur veruleg áhrif, en hins vegar er meiri ávinningur af raforku- og hitaframleiðslu úr sorpbrennslu heldur en umhverfisáhrif brennslunnar sjálfrar þegar kemur að þessum umhverfisflokki. Í viðauka C má sjá frekara niðurbrot á næringarefnaauðgun mismunandi sviðsmynda.

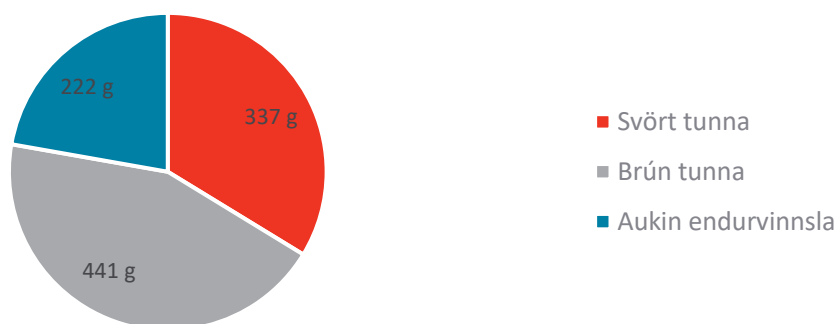
6 UMRÆÐUR

Í næstu köflum eru helstu umræðuefni úr greiningunni dregin fram og síðan tekin saman.

6.1 Framtíðarsýn: Sviðsmynd 3

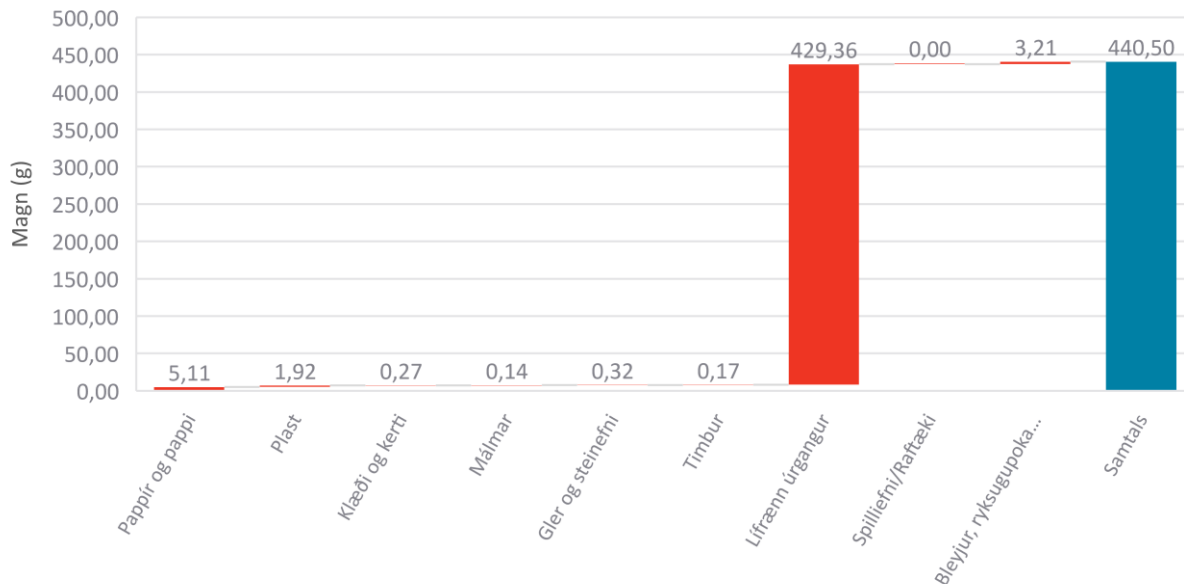
Í kafla fimm eru greindar tvær framtíðarsviðsmyndir sem hvor um sig leiða til bætingar í meðhöndlun heimilisúrgangs. Sviðsmynd 2a sýnir áhrif aukinnar endurvinnslu vegna betri flokkunar á upphafsstað og sviðsmynd 2b sýnir áhrif þess að nýta aðeins sérsafnaðan lífrænan úrgang til gas- og jarðgerðar. Báðar þessar sviðsmyndir nota brennslu fyrir efnisstrauma sem farga þarf. Í þessum kafla er sett upp sviðsmynd 3 sem endurspeglar framtíðarsýn SORPU í úrgangsmálum og er þróun sem sameinar framangreindar tvær sviðsmyndir. Efni sem berst inn í GAJA er sérsafnaður lífrænn úrgangur, en auk þess er aukin endurvinnsla á öðrum úrgangsstraumum, sem veldur því að minna magn fer í brennslu.

Fyrir hver 1.000 g af úrgangi sem safnast fyrir á heimilum sem í dag rata til Sorpu, eru 222 g hluti af bættri úrgangsflokkun og send til endurvinnslu. Lífrænum úrgangi er sérsafnað í brúnar tunnur við heimili á höfuðborgarsvæðinu. Samsetning þessa lífræna úrgangs miðar við sambærilegan árangur og fékkst í rannsókn sem gerð var á lífrænum úrgangi í Hamrahverfi í Reykjavík í apríl 2022 (sjá kafla 3.1.2.2), en að auki er gert ráð fyrir að um 15% af lífrænum úrgangi tapist með því að íbúar setji hann með straumi almenns úrgangs. Mynd 49 sýnir uppskiptingu úrgangs frá upphafsstað í sviðsmynd 3.



MYND 49 Uppskipting söfnunar úrgangs í sviðsmynd 3.

Flokkað efni er sent til meginlands Evrópu til endurvinnslu og almennum úrgangsstraumi sem safnað er í svartri tunnu er skipað til meginlands Evrópu í brennslu. Eftir eru 441 grömm af úrgangi sérsöfnuðum í brúna tunnu sem fer beint til GAJA. Mynd 50 sýnir samsetningu úrgangs sem fer inn í GAJA í þessari sviðsmynd.



MYND 50 Samsetning efnis í GAJA í sviðsmynd 2a. Um 44% af öllum heimilisúrgangi fer í GAJA, þar af 97% lífrænt.

Fyrir hver 1.000 g af heimilisúrgangi sem safnað er, eru um 441 g flutt beint í gas- og jarðgerð í GAJA, þar af um 97% lífrænn úrgangur, 1,2% pappi og 0,4% plást og 0,07% gler. Auk þessa er bætt við um 107 g af timbri sem stoðefni. Í þessari sviðsmynd er moltuefni eftir gerjunarferli nýtanleg vara.

Miðað er við að metanmyndun sé 85 m³/ tonn af lífrænum hluta úrgangsins samkvæmt upplýsingum frá Aikan, framleiðanda búnaðar. Það þýðir að metanmyndun er um 82,9 m³/ tonn af úrgangi sem fer í heild inn í GAJA. Metan sem myndast og fangast í gasgerð er notað í stað dísilis eða LPG að 80% hluta að jafnaði.

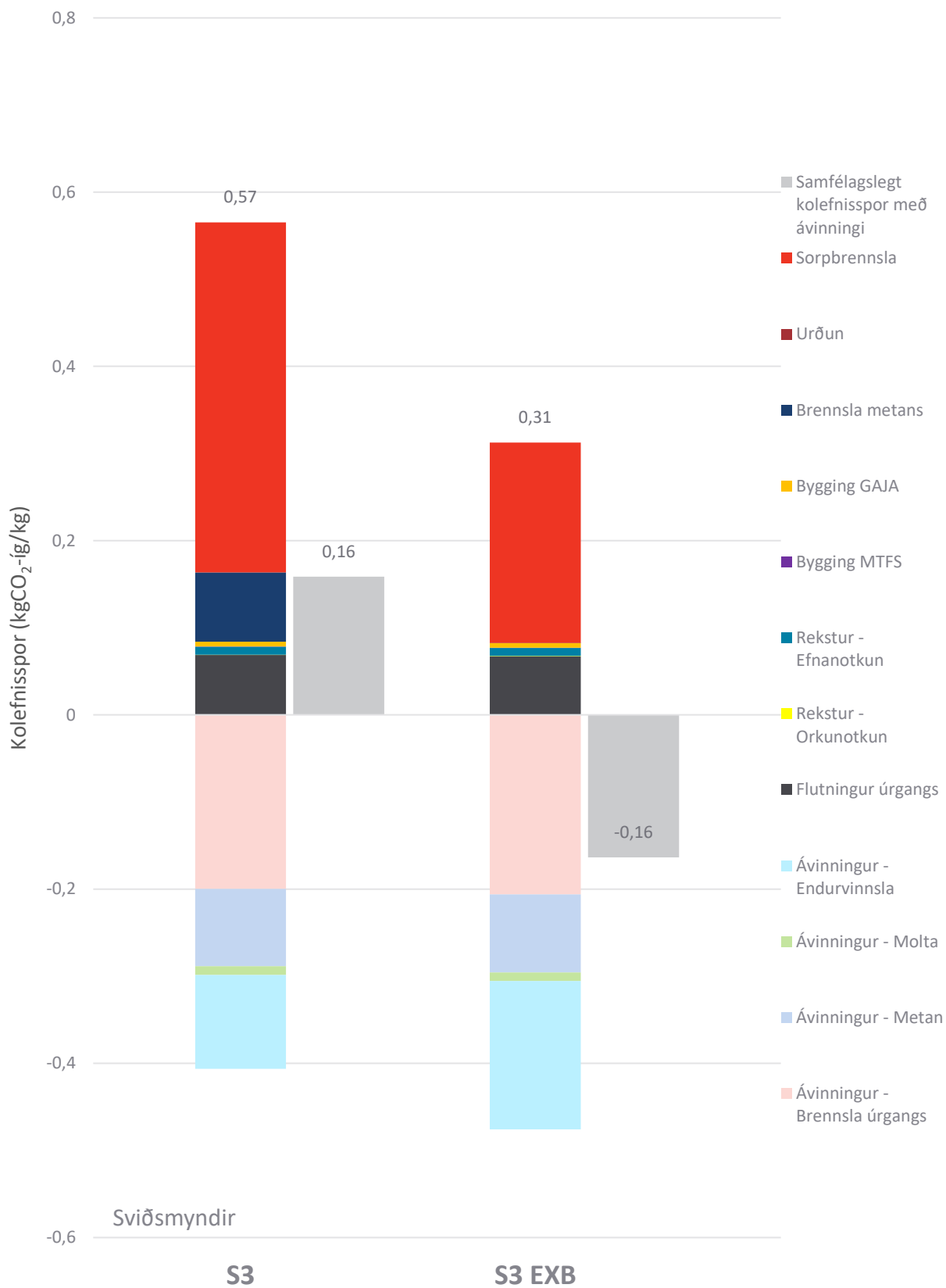
Í þessari sviðsmynd hefur urðun verið takmörkuð á þann hátt að ekkert efni sem flokkað er frá í MTFS eða hrati úr sigtun er urðað. Þess í stað er það flutt til meginlands Evrópu til brennslu. Ávinningur af brennslu miðar við að rafmagn og hiti framleiddur í sorpbrennslu komi í staðin fyrir meðalframleiðslu raforku í Evrópu. Ætla má að ávinningur sé minni í þeim löndum sem búa yfir mikilli endurnýjanlegri raforku og/eða kjarnorku, með lágt kolefnisspor, t.d. Svíþjóð, en einnig að ávinningurinn fari heilt yfir lækkaði með aukinni framleiðslu á rafmagn og hita af endurnýjanlegum uppruna. Þetta ber að hafa í huga þegar niðurstöður með og án þessa ávinnings eru skoðaðar. Sjá nánari umfjöllun um sorpbrennslu í kafla 6.4.

Mynd 51 sýnir gróðurhúsaáhrif þessarar sviðsmyndar með og án kolefnis frá lífrænum uppruna.

Af sviðsmynd 3 eru gróðurhúsaáhrif alls 0,57 kg CO₂ ígildi á kg af heimilisúrgangi og 0,31 kg CO₂-íg af því af ólífrænum uppruna. Urðun er alfarið hætt og megnið af gróðurhúsaáhrifum stafa því af sorpbrennslu eða 0,40 kg CO₂-íg, þar af 0,23 kg CO₂-íg af ólífrænum uppruna. Megnið af gróðurhúsaáhrifunum á sér því uppruna í meðhöndlun á almenna úrgangsstraumnum. Þetta þýðir að

Því minna af úrgangi sem tapast í almennum úrgangsstraumi og fer til brennslu, því betri verður sviðsmyndin með tilliti til umhverfisins. Ávinningur af hita- og raforkuframleiðslu frá sorpbrennslu er 0,20 kg CO₂-íg, sem þýðir að með ávinningi eru áhrif af brennslu 0,20 kg CO₂-íg, þar af 0,02 kg CO₂-íg af ólífrænum uppruna. Ávinningur af nýtingu metans, sem fangað er í ferlum gasgerðar í stað brennslu dísilis og LPG, er um 0,09 kg CO₂-íg. Að meðtöldum ávinningi vegna endurvinnslu úrgangs og nýtingar moltu, þá er losun alls á kg úrgangs metin 0,16 kg CO₂-íg, eða samtals nettó ávinningur upp á 0,16 kg CO₂-íg að undanskildu kolefni frá lífrænum uppruna.

Eins og stendur, eru gróðurhúsaáhrif sviðsmyndar 3 hærri heldur en sviðsmynd 2a, en það er vegna þess að sömu endurvinnsluhlutföll eru á þessum tveimur sviðsmyndum á upphafsstað, auk þess að frekari flokkun á sér stað innan MTFS sem þýðir að minna af úrganginum fer til brennslu í sviðsmynd 2a. Hins vegar kemur ekki nýtanleg molta út úr þeirri sviðsmynd. Ef nýta á sérsafnaðan úrgang sem fenginn er úr brúnu tunnunni, eins og sett er upp í sviðsmyndum 2b og 3, þá eru umhverfisáhrif þeirrar meðhöndlunar beintengdar við árangur í flokkun á upphafsstað, bæði í að lágmarka tap á lífrænum úrgangi, en einnig flokkun til endurvinnslu á öðrum úrgangsstraumum. Sérsöfnun á lífrænum úrgangi, auk annarra úrgangsstrauma svo sem plasts og pappírs ætti að auðvelda flokkun á upphafsstað, og þar með lágmarka eftir bestu getu magn sem fer í almenna svarta tunnu og þaðan í brennslu.

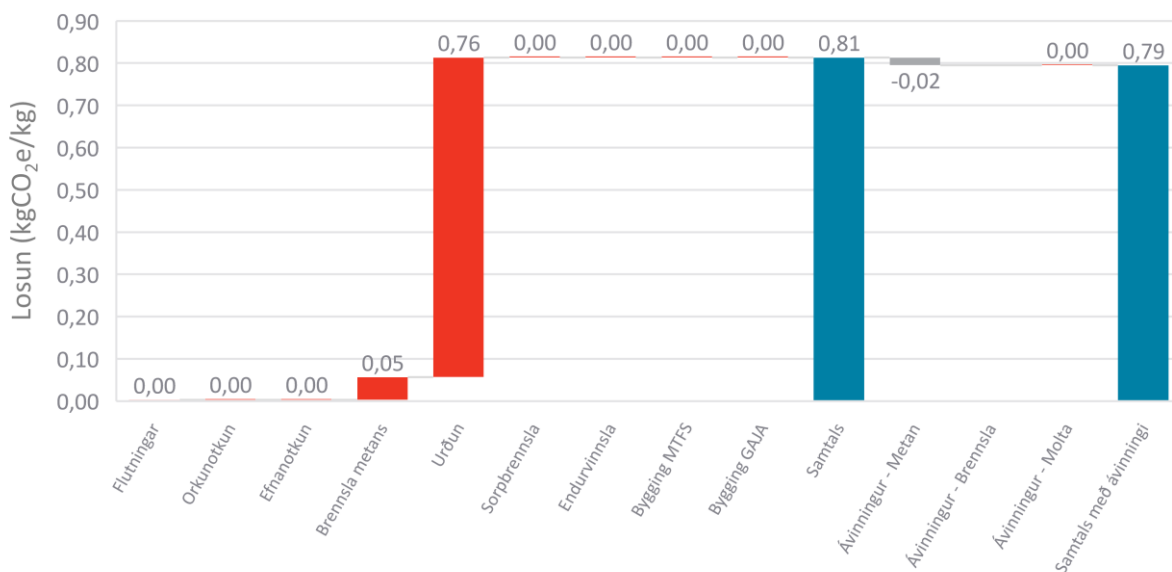


MYND 51 Gróðurhúsaáhrif sviðsmyndar 3 skipt á mismunandi vistferilsstig skipt upp í áhrif vegna kolefnis frá ólífrænum uppruna (EXB -0,16 kgCO₂ig/kg) og lífrænum uppruna (0,16 kgCO₂ig/kg).

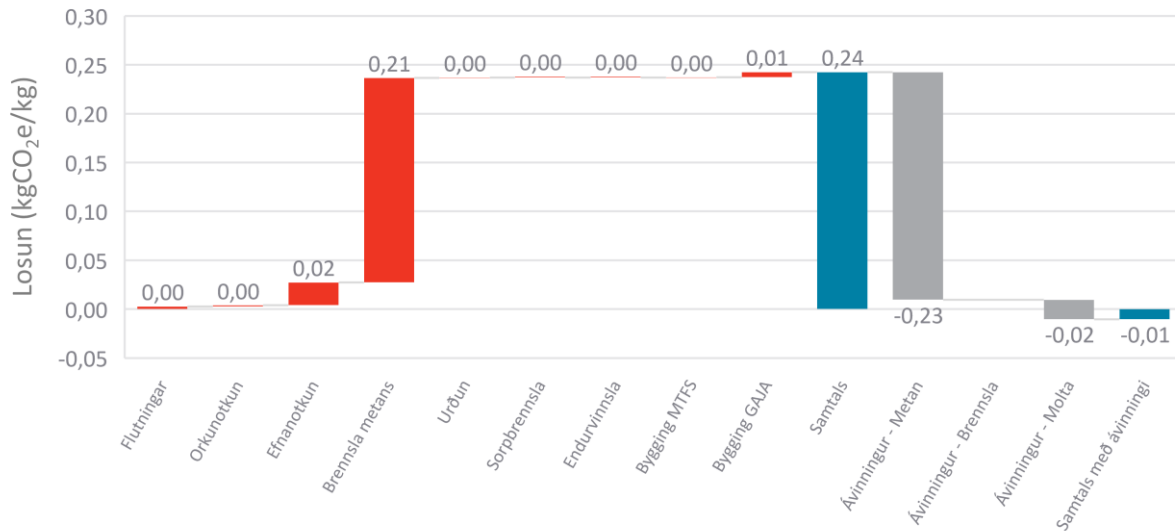
6.2 Lífrænn úrgangur

Heimild til urðunar á lífrænum úrgangi hefur farið minnkandi á undanförunum árum. Urðunartilskipun Evrópusambandsins kveður á um að einungis 10% af heildarmagni af framleiddum úrgangi árið 2035 verði urðaður. Sérstök áhersla er lögð á að lágmarka magn á lífniðurbrjótanlegu efni sem fer á urðunarstaði. Reglugerð 737/2003 um meðhöndlun úrgangs (m.a. innleiðing á tilskipun Evrópusambandsins 31/1999/EC um urðun úrgangs) segir að lífrænn heimilisúrgangur og lífrænn rekstrarúrgangur sem berst til urðunarstaða skuli báðir minnka í 35% af heildarmagni hvors fyrir sig miðað við það sem féll til af þeim úrgangi árið 1995 fyrir 1. júlí 2020. Það er um 25.000 tonn af lífrænum heimilisúrgangi og 59.000 tonn af lífrænum rekstrarúrgangi. Lög nr. 103/2021 um breytingu á lögum um hollustuhætti og mengunarvarnir, lögum um meðhöndlun úrgangs og lögum um úrvinnslugjald (EES-reglur, hringrásarhagkerfi) sem taka gildi 1. janúar 2023 taka þetta skrefi lengra með banni á urðun á lífrænum úrgangi í tveimur skrefum. Með þessari löggjöf er sérstök söfnun lífræns heimilisúrgangs orðin skylda auk þess að óheimilt er að urða úrgangsstrauma sem safnað er sérstaklega.

GAJA er sett upp í þeim tilgangi að auðvelda þróun frá urðun á lífrænum úrgangi, bæði vegna þess að það er lagaleg skylda, en einnig vegna bættra umhverfisáhrifa af gas- og jarðgerð fram yfir urðun. Mynd 52 sýnir gróðurhúsaáhrif þess að urða 1 kg af lífrænum úrgangi og mynd 53 sýnir áhrif þess að gas- og jarðgera í GAJA.



MYND 52 Gróðurhúsaáhrif af urðun á 1 kg lífrænum úrgangi.



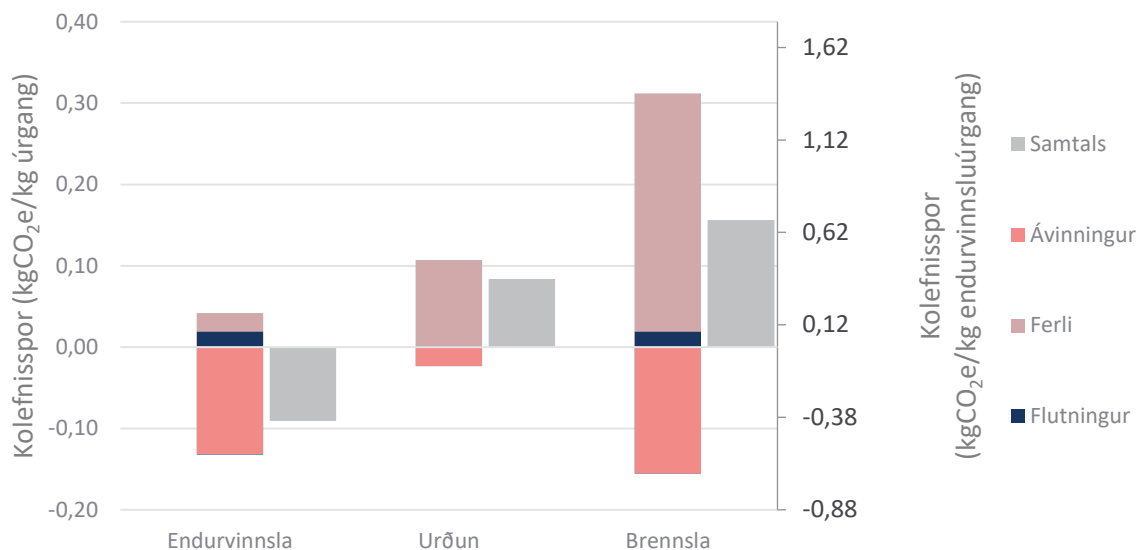
MYND 53 Gróðurhúsaáhrif af meðhöndlun á 1 kg lífrænum úrgangi í GAJA.

Án ávinnings má sjá að fyrir hvert kg af lífrænum úrgangi sem fer í GAJA frekar en í urðun er losun 0,57 g CO₂ ígildum minni, en þetta verður 0,80 g CO₂ ígildum minna ef tekið er tillit til ávinnings af notkun 80% af metani í stað jarðefnaeldsneytis, sem og ávinning af notkunar moltu. Verði hægt að auka níturinnihald moltu með aðferðum sem nú eru til rannsóknar má ætlaða ávinningur verði enn meiri og munurinn stærri.

Gegnumgangandi í gegnum sviðsmyndirnar og þennan samanburð má greinilega sjá að mikill umhverfisávinningur fæst af því að takmarka sem mest lífrænan úrgang sem fer í urðun eða brennslu. Með frekari flokkun á lífrænum úrgangi á upprunastað auðveldast einnig flokkun á öðrum úrgangsstraumum sem þá er í meira magni hægt að koma í endurvinnslu og minna í urðun eða sorpbrennslu með tilheyrandi umhverfisávinningi.

6.3 Endurvinnsla úrgangs

Sviðsmynd 2a miðar við aukna flokkun endurvinnanlegs úrgangs á upprunastað sem fer þá í endurvinnslu í stað flokkunarlínu MTFS fyrir heimilisúrgang. Fyrir hver 1.000 g af almennum úrgangi sem myndaður er á heimili í sviðsmynd 2a eru 222 g af endurvinnsluúrgangi sem flokkaður er frá á upprunastað umfram það sem er gert í sviðsmynd 1. Þessi úrgangur fer í endurvinnslu, sem þýðir að aðeins 778 g af úrganginum fer í flokkunarlínu MTFS.



MYND 54 Kolefnisspor (GWP) meðhöndlunar endurvinnsluúrgangs miðað bæði við þau 222 g sem eru í 1.000 g af almennum heimilisuúrgangi (vinstri ás), en einnig skalað upp í 1 kg af endurvinnsluúrgangi (hægri ás).

Endurvinnsluúrgangur sem myndast í sviðsmynd 2a, umfram það sem myndast í sviðsmynd 1, samanstendur einna helst af plastefnum (35%), pappírsefnum (22%), auk glers og steinefna (14%). Losun vegna endurvinnslu þessara efna felst nánast alfarið í flutningum þeirra til meginlands Evrópu. Sparnaður í losun (án kolefnis frá lífrænum uppruna í sviga) á hvert kg af þessum úrgangi sem fer í endurvinnslu (meðaltal í Evrópu) í stað urðunar er 0,39 kg CO₂ (0,28 kg CO₂), í stað brennslu 1,29 kg CO₂ (0,92 kg CO₂) og brennslu ef tekið er mark á ávinningi af rafmagns- og hitaframleiðslu 0,69 kg CO₂ (0,77 kg CO₂).

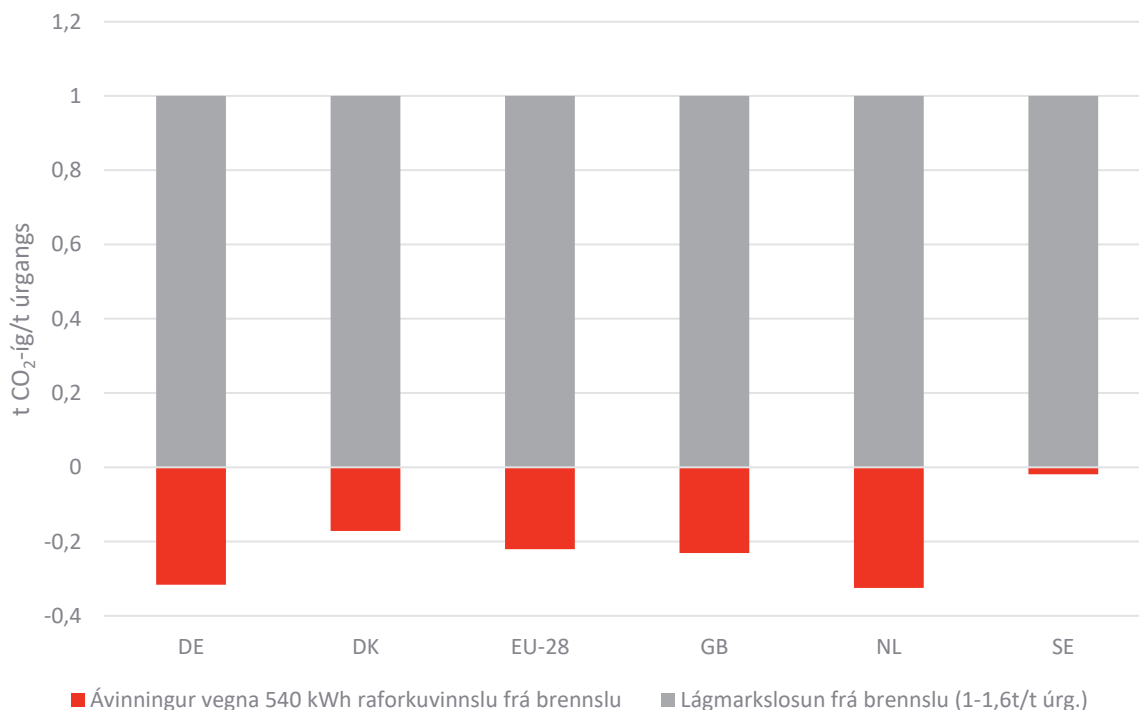
6.4 Sorpbrennsla

Í sorpbrennslu er um að ræða eina punktuppsprettu bæði í tíma og staðsetningu sem er annað en til dæmis á við um urðun, þar sem losun getur átt sér stað yfir ár eða áratugi. Líklegt er að sorpbrennslustöðvar leiti í auknum mæli til kolefnisföngunar í starfsemi sinni. Í hátækni-brennslustöðvum erlendis er hafin vinna við að skoða þann möguleika að fanga koltvísýringinn sem þær losa til nýtingar eða geymslu. Fyrsta stöðin til að kanna þennan möguleika er Klemetsrud í Noregi í tengslum við Longship verkefnið sem er á vegum Norska ríkisins. Einnig er þar verið að skoða geymsluleiðir í Norður-Atlantshafinu. Árið 2016 var gerð fyrsta físiðlíkaskönnunin fyrir stöðina og tekin var ákvörðun árið 2018 að setja upp verkefni á 1/350 af áætlaðri endanlegri stærð með CANSOLV tækni frá Shell. Þessu tilraunaverkefni er lokið með jákvæðum niðurstöðum þar sem föngunarhlutfallið er 80-100% úr afgasstreymi upp á 750-1124 kg/klst með meðalstyrkleika CO₂ yfir árið upp á 11,3%. Ásamt skilvirkni ferilsins var fylgst sérstaklega með niðurbroti leysa í ferlinu [16]. Meðal annarra stöðva sem eru með þetta í skoðun eru Amager Bakke með tilraunabúnað frá Union Engineering og fýsileikaskýrsla hjá Aker Carbon Capture fyrir brennslu í Stokkhólmi.

Ef brenna á almennan úrgangsstraum sem ekki fer í GAJA, þá getur áætlaður ávinningur spilað hlutverk í ákvarðanatöku. Munur getur verið á því hversu mikill ávinningurinn raunverulega er eftir því hversu langt lönd eru komin í orkuskiptum í raforkukerfi sínu. Taka ber þó með í reikninginn að ávinningur fer

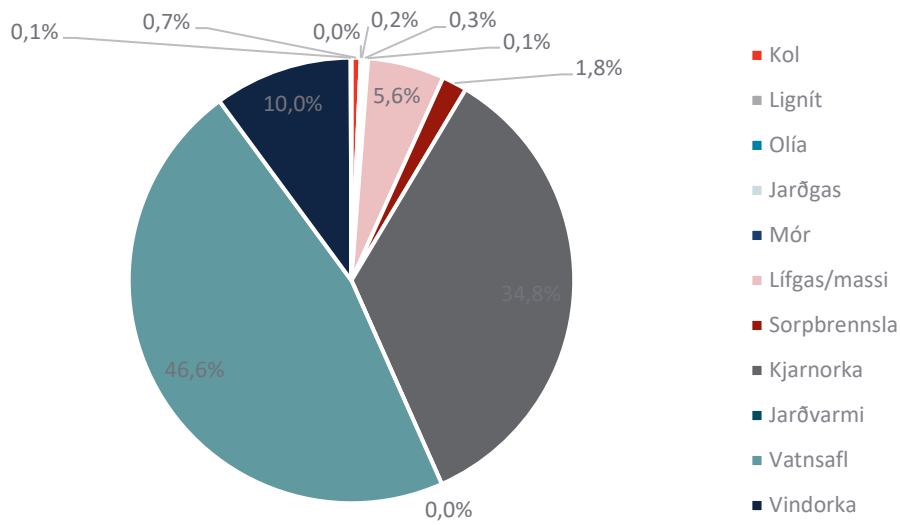
dvínandi með tíma, eftir því sem orkuvinnsla verður umhverfisvænni í þeim löndum sem sorpbrennsla fer fram.

Að miklu leyti er losun vegna sorpbrennslu óháð staðsetningu brennslustöðvarinnar, fyrir utan það hvaða rafmagn er notað og hversu langar flutningaleiðirnar eru, vegna þess að mesta losun á sér stað við brennsluna sjálfa. Meðalkolefnislosun af sorpbrennslu að meðtölu lífrænu kolefni er því um 1-2 kg CO₂-íg/kg úrgangs sem fer nánast alfarið eftir samsetningu úrgangsins, það er að segja, hærra hlutfall plasts í úrgangsstraumi hefur meiri losun í för með sér sem dæmi. Hins vegar er ávinningur mismunandi eftir staðsetningu þar sem uppruni rafmagns innan raforkukerfis er breytilegur eftir löndum. Fyrir hvert tonn úrgangs sem brennt er, er miðað við framleiðslu á 1700 kWst af varmaorku og 610 kWst af raforku [17], þar af fara 70 kWst af raforku í eigin notkun stöðvarinnar, svo nettó framleiðsla sorpbrennslustöðvar myndi vera 540 kWst/tonn úrgangs. Mynd 55 sýnir hvernig ávinningur af raforkuvinnslu getur orðið í nokkrum löndum miðað við meðallosun kerfis í hverju landi fyrir sig.

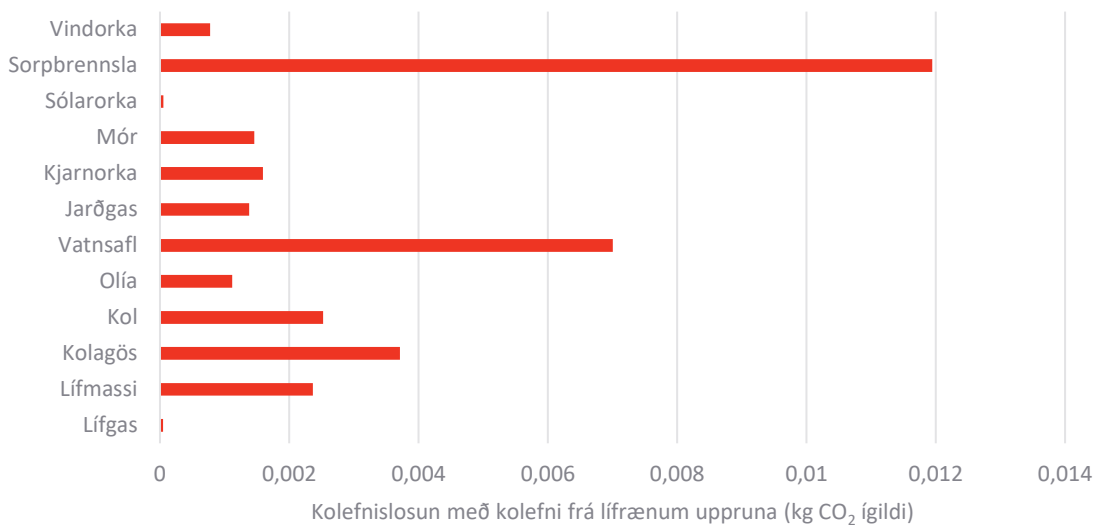


MYND 55 Losun og ávinningur af sorpbrennslu í nokkrum löndum miðað við meðallosun kerfis í hverju landi fyrir sig.

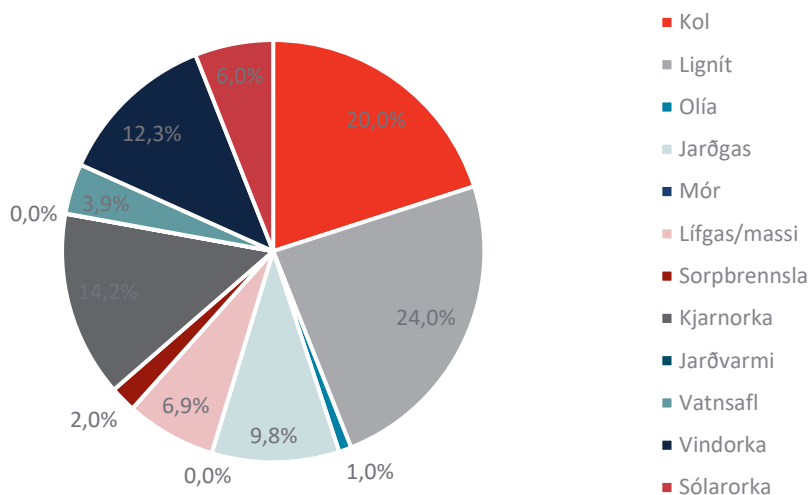
Myndir 52, 53, 54 og 55 sýna uppbyggingu og losun frá raforkukerfum í Svíþjóð og Þýskalandi. Dæmi um Þýskaland og Svíþjóð eru tekin því raforkuframleiðsla úr úrgangi (e. Waste to Energy, WtE) skilar álíka hlutfalli af orkupörf hvors lands fyrir sig, en á meðan kolefnislosun vegna WtE er hæst allra í Svíþjóð (*Electricity from waste*, mynd 53) eru fjórar orkulindir sem losa meira í Þýskalandi (mynd 55). Miðað við uppruna orku í Svíþjóð er samanlagt aðeins um 1,2% af orku sem sorpbrennsla getur komið í staðinn fyrir (kol, lignít, olía, jarðgas og mór) og minnkað heildarkolefnislosun kerfisins, en það hlutfall í Þýskalandi er um 55%. Að sjálfsögðu getur annað spilað inn í eins og til dæmis hvort löndin ætla að lækka hlutfall kjarnorku í raforkukerfinu, sem er hér um 35% í Svíþjóð og 14% í Þýskalandi. Einnig er hér aðeins tekið tillit til raforku, en einnig er framleidd mikil nýtanleg varmaorka í sjálfri sorpbrennslunni sem vert er að taka með í reikninginn.



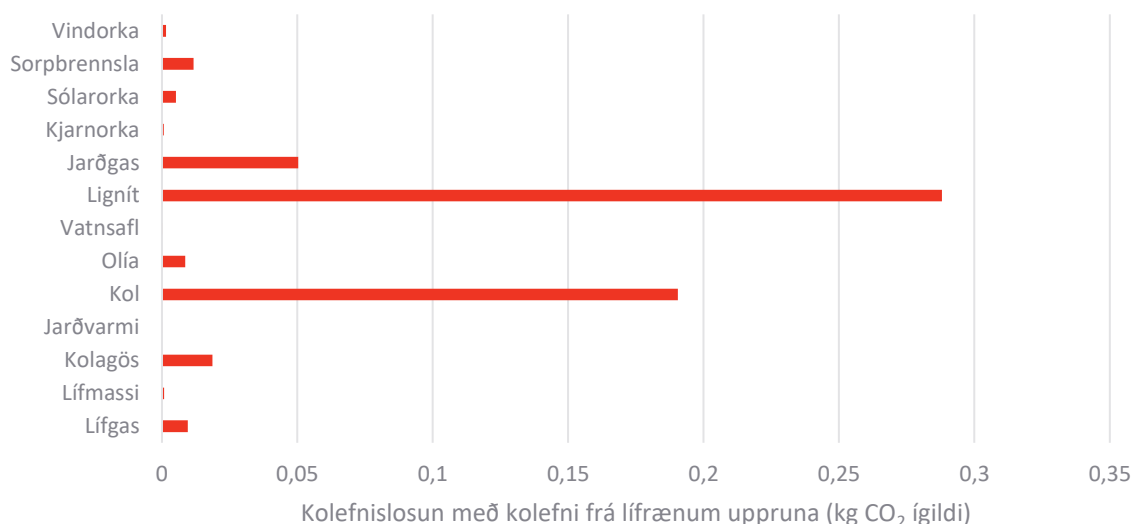
MYND 56 Uppruni orku í raforkukerfi Svíþjóðar 2015.



MYND 57 Meðalsamsetning kolefnislosunar vegna vinnslu á 1 kWst í Svíþjóð.



MYND 58 Uppruni orku í raforkukerfi Þýskalands 2015.



MYND 59 Meðalsamsetning kolefnislosunar vegna vinnslu á 1 kWst í Þýskalandi.

6.5 Gæði gagna

Mikilvægasti þátturinn í vistferilsgreiningu er gagnaöflunin, en gæði greiningar og niðurstaða er háð magni og gæðum þeirra gagna sem nýtt eru. Gæði gagna sem safnað var og notuð voru við gerð vistferilsgreiningarinnar eru metin góð. Upplýsingar um rekstur MTFS og GAJA, eins og orkunotkun, efnanotkun, stoðefnanotkun og metanframleiðslu eru byggðar á raunupplýsingum á rekstartímabili, samsetning úrgangs er byggð á greiningum á þremur mismunandi stöðum í virðiskeðju meðhöndlunar, inn í MTFS, inn í GAJA og frá sérsöfnuðum lífrænum úrgangi, sem auðveldar kortlagningu flokkunar innan virðiskeðjunnar. Upplýsingar um byggingar eru fengnar úr skýrslum úr hönnun og framkvæmd. Mesta óvissan liggur í skilgreiningu sviðsmynda og breytingum í rekstri til framtíðar, sérstaklega þar sem óvissa er um þróun samsetningar heimilísúrgangs til framtíðar eftir að reynsla er komin á sérsöfnun lífræns úrgangs, auk þess sem reynsla af rekstri GAJA er ekki löng og stöðin ekki komin í

fullan rekstur. Óvíst er á þessari stundu hversu hratt ætlaður ávinningur af orkuframleiðslu úr sorpbrennslu á meginlandi Evrópu muni dvína. Ekki er gert ráð fyrir miklu viðhaldi á byggingum eða búnaði á 50 ára greindum líftíma, en á heildina litið er það lítil hluti af heildarlosun reksturs. Að lokum má gera ráð fyrir að ávinningur af notkun á nothæfri moltu frá GAJA, sem unnin er úr sérsöfnum lífrænum úrgangi, sé vanmetið hér með varfærunum forsendum og fáum umhverfisvísimum.

6.6 Samantekt umhverfisáhrifa

Samantekið mætti draga fram eftirfarandi meginniðurstöður þessarar greiningar;

- Mikill umhverfisávinningur fæst af því að hætta að urða lífrænan úrgang við rekstur GAJA, þar sem urðun úrgangs vegur þungt í öllum áhrifaflokkum á meðan hún er enn við lýði.
- Umhverfisávinningur er af því að stuðla að endurvinnslu á heimilisúrgangi og sérsöfnun á lífrænum úrgangi, flokkuðum á upprunastað. Til lengri tíma verður samfélagsávinningur meiri af því að sérsafna úrgangi á upprunastað og því að lágmarka magn heimilisúrgangs sem fer í svarta tunnu og í brennslu (sjá kafla 6.2). Á það sérstaklega við um plast (sjá mynd 43).
- Sorpbrennsla vegur þyngst í mörgum áhrifaflokkum eftir að urðun er hætt, ásamt brennslu á metani sem myndast í GAJA. Á móti kemur ávinningur af vinnslu rafmagns og hita með sorpbrennslu og ávinningur vegna notkunar metans á vélar í stað jarðefnaeldsneytis.
- Við samanburð gróðurhúsaáhrifa urðunar og sorpbrennslu þarf að líta til margra þátta, til dæmis samsetningu úrgangsins og þar með uppruna kolefnis, þ.e. úr lífrænum afurðum eins og timbur og pappír eða úr efnum eins og plasti sem unnið er mestmegnis úr olíu. Einnig er mikilvægt að horfa til þess hvernig losun á sér stað: yfir lengri tíma eins og með urðun eða samstundis eins og við brennslu. Sorpbrennsla getur vegið þyngra í gróðurhúsaáhrifum en urðun, en líklegt er að hátækni brennslustöðvar fari að leita í meira mæli til kolefnisföngunar. Munurinn á milli urðunar og brennslu er minni ef litið er aðeins til kolefnis af ólífrænum uppruna.
- Ávinningur af orkuvinnslu frá sorpbrennslu getur verið mikilvægur þáttur í samanburði ólíkra umhverfisáhrifa og ræðst að töluverðu leyti af staðsetningu. Ávinningur vegna sorpbrennslu er líklegur til að minnka til framtíðar þar sem raforkukerfi á þeim stöðum þar sem úrgangur er brenndur stefna í að verða umhverfisvænni.
- Gróðurhúsaáhrif yfirbyggingar nýrrar úrgangsmeðhöndlunar, þ.e. byggingar GAJA og MTFS auk tækjabúnaðar, verða hverfandi fyrir hvert kg heimilisúrgangs yfir 50 ára rekstartíma, en vógu þungt á þeim tímamarki sem losun átti sér stað.
- Fjölpættur ávinningur er af notkun moltu, til dæmis ef hún getur komið í stað tilbúins áburðar, en sá ávinningur fæst aðeins ef efni sem berst inn í GAJA er nægilega hreint, til dæmis ef GAJA tekur við sérsöfnum lífrænum úrgangi eingöngu. Loftslagsávinningurinn er meiri eftir því sem niturinnihald moltunnar er hærri og eftir því sem hægt er að draga úr notkun tilbúins áburðar.
- Árangur framtíðarsýnar SORPU, að stuðla að bættri meðhöndlun heimilisúrgangs með bæði bættri almennri flokkun og sérsöfnun lífræns úrgangs sem fer til GAJA, er háður árangri sem næst í flokkun þessara úrgangsstrauma á upphafsstað og þar með algerri lágmarkun á efni sem tapast í svarta tunnu og þannig í brennslu eða annars konar meðhöndlun. Því betur sem flokkun á upphafsstað er, því meiri er umhverfisávinningur meðhöndlunar.

7 HEIMILDIR

- [1] ISO, *ISO 14040: 2006. Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework*, International Organization for Standardization, Second edition, 2006.
- [2] ISO, *ISO 14044: 2006. Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines*, International Organization for Standardization, First edition, 2006.
- [3] The International EPD System, „Product Category Rules (PCR). Solid Waste Collection, Treatment and Disposal Services. UN CPC 942-943. PCR 2022:05, version 1.0.1,“ The International EPD System, 2022.
- [4] SSH; SORPA; Sóknaráætlun höfuðborgarsvæðisins, „Sorphirða á höfuðborgarsvæðinu. Tillögur starfshóps að samræmingu úrgangsflokkunar,“ 2022.
- [5] EN 15804:2012+A2:2019, „Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products“.
- [6] Umhverfisstofnun, „National Inventory Report. Emissions of greenhouse gases in Iceland from 1990 to 2020. Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol,“ The Environment Agency of Iceland, 2022.
- [7] WSP Environmental; Ulf Liljenroth, „LCA study - Plastic waste from households. Final Report,“ SORPA, 2019.

- [8] EFLA; Sigurður Thorlacius; Friðrik K. Gunnarsson; Helga J. Bjarnadóttir, „Vistferilsgreining fyrir söfnun og endurvinnslu glers,“ Úrvinnslusjóður, Endurvinnslan, 2014.
- [9] ecoinvent, *Database version 3.4*, 2018.
- [10] L. Rigamonti; S.E. Taelman; S. Huysveld; S. Sfez; K. Ragaert; J. Dewulf, „A step forward in quantifying the substitutability of secondary materials in waste management life cycle assessment studies,“ *Waste Management*, b. 114, pp. 331-340, 2020.
- [11] Sphera Solutions GmbH, *GaBi Databases*, 2021.
- [12] Magnús H. Jóhannsson; Anne Bau; Garðar Þorfinnsson; Sigbrúður Jónsdóttir, „Lífrænn úrgangur til landgræðslu. Tækifæri,“ LR 2017/02 Gunnarsholt, 2017.
- [13] A. E. Yay, „Application of life cycle assessment (LCA) for municipal solid waste management: a case study of Sakarya,“ *Journal of Cleaner Production* 94, pp. 284-293, 2015.
- [14] Y. Fernández-Nava; J. del Río; J. Rodríguez-Iglesias; L. Castrillón; E. Maranón, „Life cycle assessment of different municipal solid waste management options: a case study of Asturias (Spain),“ *Journal of Cleaner Production* 81, pp. 178-189, 2014.
- [15] M. Liikanen; J. Havukainen; E. Viana; M. Horttanainen, „Steps towards more environmentally sustainable municipal solid waste management - A life cycle assessment study of Sao Paulo, Brazil,“ *Journal of Cleaner Production* 196, pp. 150-162, 2018.
- [16] J. & Z. R. & T. J. & T. M. & A. F. & T. L. & N. C. & M. T. & W. A. & Z. L. & B. C. & Z. A. Fagerlund, „Performance of an amine-based CO₂ capture pilot plant at the Klemetsrud waste incinerator in Oslo, Norway,“ *International Journal of Greenhouse Gas Control*, b. 106, p. 103242, 03 2021.
- [17] SORPA bs; Kalka sorpeyðingarstöð sf; Sorpurðun Vesturlands hf.; Sorpstöð Suðurlands bs; Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, „Forverkefni til undirbúnings að innleiðingu framtíðarlausnar til meðhöndlunar á brennanlegum úrgangi,“ 2021.
- [18] D. T. Kupfer, D. M. Baitz, D. C. M. Colodel, M. Kokborg, S. Schöll, M. Rudolf, D. L. Thellier, D. O. S. Maria Gonzalez, J. Hengstler, A. Stoffregen, D. A. Köhler og D. Thylmann, *GaBi Database & Modelling Principles. 2017 Edition - January 2017*, thinkstep, 2017.

[19] JRC-IEC, *ILCD Handbook. International Reference Life Cycle Data System. Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European Context*, European Commission. Joint Research Centre. Institute for Environment and Sustainability, 2011.

[20] National Oceanic and Atmospheric Administration., „Trends in Atmospheric Carbon Dioxide,“ Department of Commerce, [Á neti]. Available: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/full.html>.

[21] Umhverfisstofnun, „Óson,“ [Á neti]. Available: <https://www.ust.is/einstaklingar/loftgaedi/oson/>.

VIÐAUKI A UMHVERFISÁHRIF

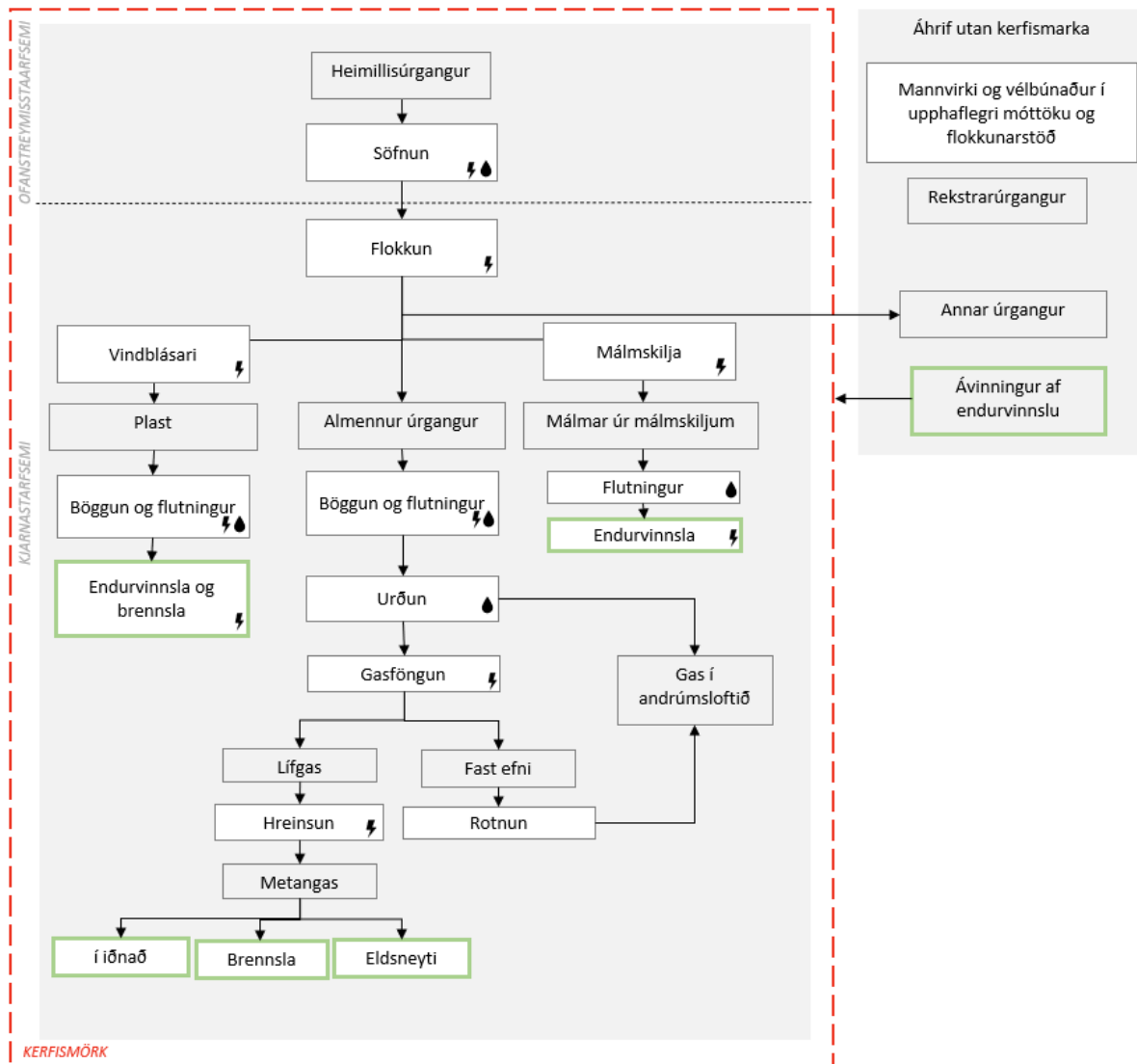
A.1 Flokkar umhverfisáhrifa

Hér er þeim sjö flokkum umhverfisáhrifa sem skoðaðir eru í vistferilsgreiningunni lýst í stuttu máli. Upplýsingar eru aðlagðar frá GaBi Database & Modelling Principles [18] og ILCD Handbook. International Reference Life Cycle Data System. Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European Context [19].

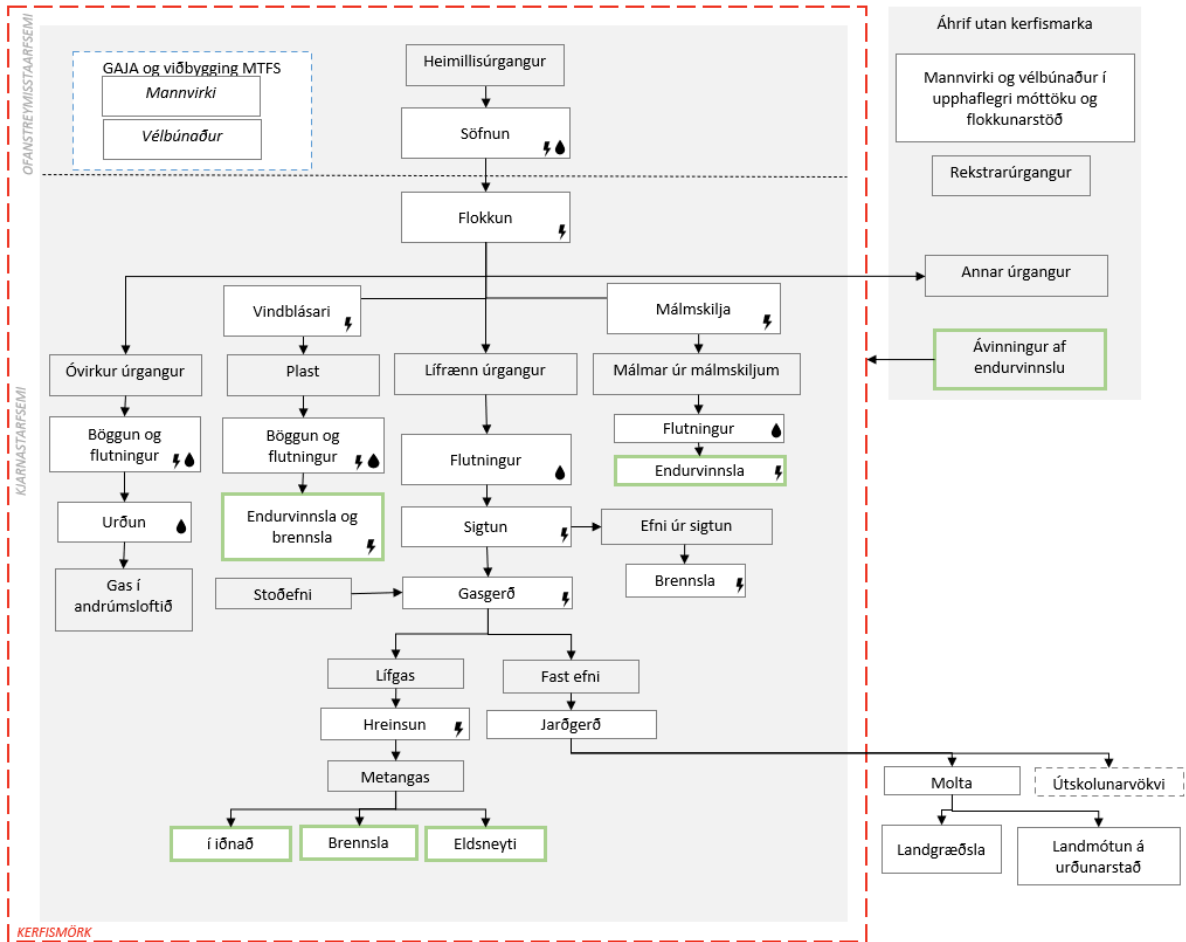
Gróðurhúsaáhrif (Global Warming Potential, GWP 100 years)	<p>Gróðurhúsaáhrif valda breytingu á meðalhita jarðarinnar sem rekja má til losunar gróðurhúsalofttegunda af manna völdum sem eru til dæmis koltvísýringur (CO₂) og metan (CH₄). Búið er við hækkun meðalhita jarðar muni m.a. hafa í för með sér miklar breytingar á loftslagi og veðurfari, valda eyðimerkurmyndun (e. Desertification), hækkun á yfirborði sjávar og aukningu í útbreiðslu sjúkdóma. Styrkur CO₂ í andrúmslofti hefur verið mældur á Mauna Loa í Hawaii frá árinu 1958 og þær mælingar sýna fram á greinilega aukningu á styrk lofttegundarinnar í lofthjúpnun. [20]</p> <p>Niðurstöður kolefnisspors eru birt með og án kolefnis frá lífrænum uppruna (en. biogenic carbon). Þegar losun koltvísýringa á sér stað getur kolefnið hafa komið úr jarðefnaeldsneyti, sem hefur verið læst í iðrum jarðar í þúsundir eða milljónir ára, eða kolefnið getur verið hluti af lífrænni kolefnishringrás, eins og tré sem taka til sín kolefni í gegnum líftíma þeirra og losa kolefni við brennslu eða dauða þess. Sem dæmi má nefna að losun við brennslu á vissum plastefnum er um 3,2 kg CO₂ ígildi/kg hvort sem tekið er tillit til kolefnis frá lífrænum uppruna eða ekki þar sem plast er unnið úr jarðefnaeldsneyti. Hins vegar fer losun á brennslu á viðarefni úr 1,6-1,7 kg CO₂ ígildi/kg í 0,032-0,040 g CO₂ ígildi/kg ef ekki er reiknað með kolefni frá lífrænum uppruna.</p>
Súrnun lands og vatns (Acidification Potential, AP)	<p>Súrnun lands og vatns á sér stað þegar súrt regn myndast er regn hvarfast við mengandi lofttegundir í andrúmsloftinu. Hér er ekki um að ræða súrnun sjávar af völdum gróðurhúsaáhrifa. Þær lofttegundir sem helst valda myndun súrs regns eru ammoníak (NH₃), köfnunarefnisoxíð (NO_x) og brennisteinstvíoxíð (SO₂). Þar sem súrt regn fellur til jarðar, oft töluverða vegalengd frá uppsprettu mengunarinnar, veldur það oft á tíðum verulegum skemmdum á vistkerfum. Skaðinn er mismunandi eftir gerð vistkerfa, en súrt regn getur valdið miklum skaða í skóglendi, á dýralífi, vötnum og mannvirkjum.</p>
Næringarefnaauðgun (Eutrophication Potential, EP)	<p>Næringarefnaauðgun getur átt sér stað í vatni eða í jarðvegi. Nítröt og fosföt eru nauðsynleg öllu lífi, hins vegar getur hár styrkur næringarefna, t.d. í vatni valdið óhóflegum þörungavexti sem leiðir af sér lækkaðan styrk súrefnis í vatninu. Næringarefnaauðgun getur valdið miklum skaða í vistkerfum með aukinni dánartíðni lífvera og lífverur sem krefjast lágs styrks næringarefna geta horfið úr vistkerfinu. Losun ammoníaks, nitrata, nituroxíða og fosfórs í andrúmsloft og vötn geta valdið næringarefnaauðgun. Næringarefnaauðgun veldur staðbundnum umhverfisáhrifum og</p>

	dæmi um slík áhrif eru t.d. næringarefnaauðgun í Mývatni sem rekja má til ófullnægjandi hreinsunar á fráveituvatni sem losað er í vatnið.
Eyðing auðlinda, ólífrænna og lífrænna (jarðefnaeldsneyti) (Abiotic depletion potential – elements (ADPE) and non-fossil resources (ADPM))	Hér er átt við eyðingu auðlinda sem eru óendurnýjanleg. Annars vegar er átt við ólífrænar auðlindir, svo sem málmgrýti og önnur hráefni sem unnin eru úr námum, og hins vegar lífrænar auðlindir á borð við hráolíu og annað jarðefnaeldsneyti. Þessi flokkur umhverfisáhrifa tekur tillit til minnkunar á forða óendurnýjanlegra hráefna sem verður við vinnslu þeirra og notkun. Forði auðlindar er skilgreindur sem það magn auðlindarinnar sem er þekkt og er hagkvæmt að nýta.
Myndun ósons við yfirborð jarðar (Photochemical ozone formation)	Í andrúmslofti sem inniheldur köfnunarefnisoxíð og rokgjörn, lífræn efnasambönd (VOCs) getur óson myndast með aðstoð sólarljóss. Þrátt fyrir að óson sé mjög mikilvægt í efri hluta lofthjúpsins er aukinn styrkur ósons í andrúmsloftinu óæskilegur og getur m.a. valdið uppskerubresti sem og aukið tíðni astma og annarra lungnasjúkdóma. Um er að ræða staðbundin umhverfisáhrif þar sem auknum styrk ósons við yfirborð, við ákveðnar verðuraðstæður, getur fylgt mikið hitamystur og kallast fyrirbrigðið photochemical smog á ensku. Þetta er mjög þekkt fyrirbæri í stórborgum heimsins, en hefur minnkað nokkuð á vesturlöndum á allra síðustu áratugum vegna kröftugra mótvægisáðgerða. Talið er að mengun frá umferð og orkuverum hafi hækkað bakgrunnstyrk ósons niður við jörð á stórum svæðum í Evrópu og Norður Ameríku og er t.d. styrkur ósons yfir Atlantshafi helmingi hærri á norðurhveli jarðar en suðurhvelinu [21].
Eyðing ósonlagsins (Ozone depletion Potential, ODP)	Eyðing ósons í heiðhvolfinu eða eyðing ósonlagsins stafar af völdum klór- og brómsambanda sem berast upp í heiðhvolfið, sem er í um 10 – 50 km hæð yfir yfirborði jarðar. Þau efnasambönd sem helst valda eyðingunni eru klórflúorkolefni (CFCs), halónar og vetnisklórflúorkolefni (HCFCs). Eyðing ósonlagsins dregur úr getu þess til að draga úr útfjólubláum (UV) geislum í gufuhvolfi jarðar sem veldur aukinni geislun krabbameinsvaldandi UVB geisla á yfirborði jarðar. Mælingar á styrk ósons í heiðhvolfinu yfir Suðurskautslandinu hafa verið gerðar frá árinu 1956, sjá mynd 32. Árið 1985 fóru mælingar að sýna töluverða lækkun á styrk ósons, í kjölfarið var undirrituð s.k. Montreal bókun um efni sem valda rýrnun ósonlagsins þar sem kveðið er á um að horfið verði frá notkun ósoneyðandi efna.

VIÐAUKI B KERFISMÖRK



MYND 60 Kerfismörk fyrir sviðsmynd 0.

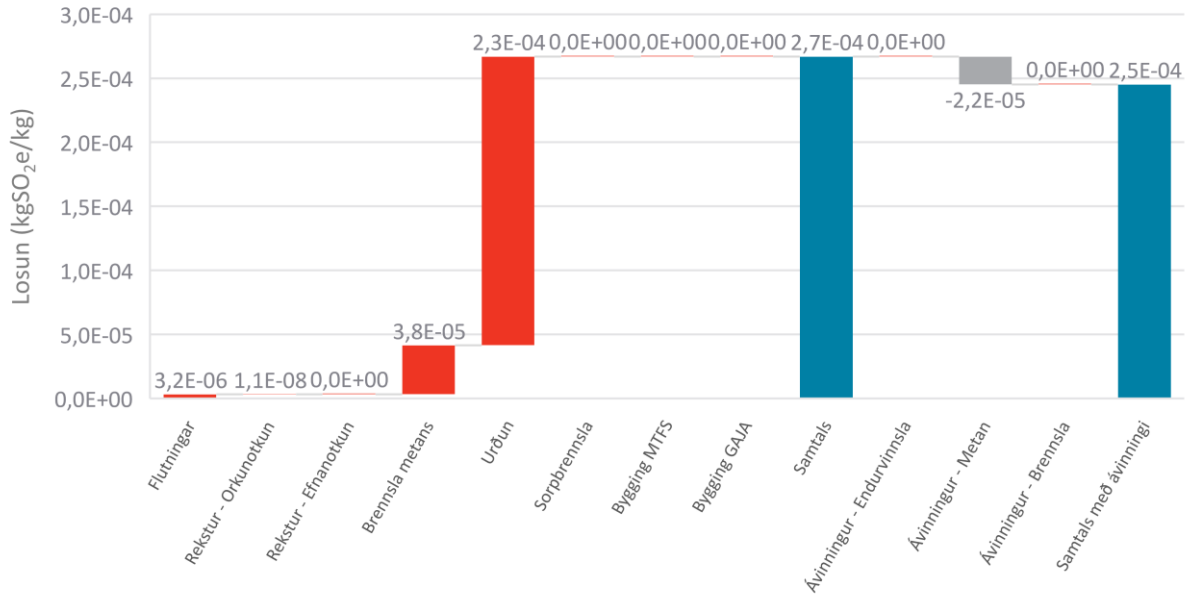


MYND 61 Kerfismörk fyrir sviðsmyndir 1,2 og 3.

VIÐAUKI C SÚRNUN OG NÆRINGAREFNAAUÐGUN

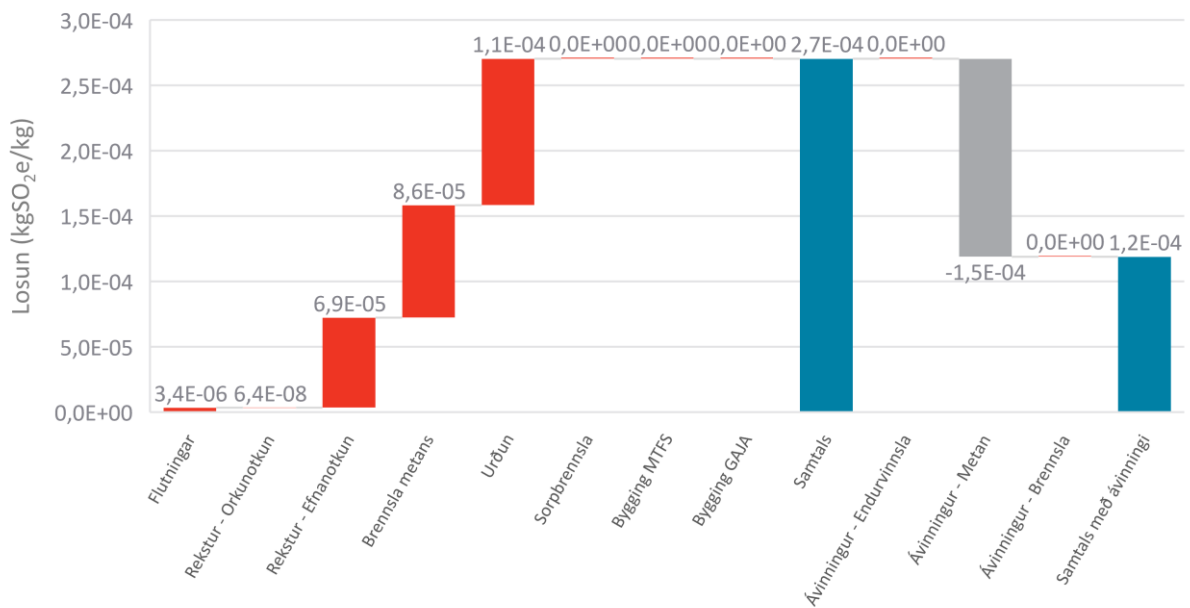
C.1 Súrnun

C.1.1 Sviðsmynd 0



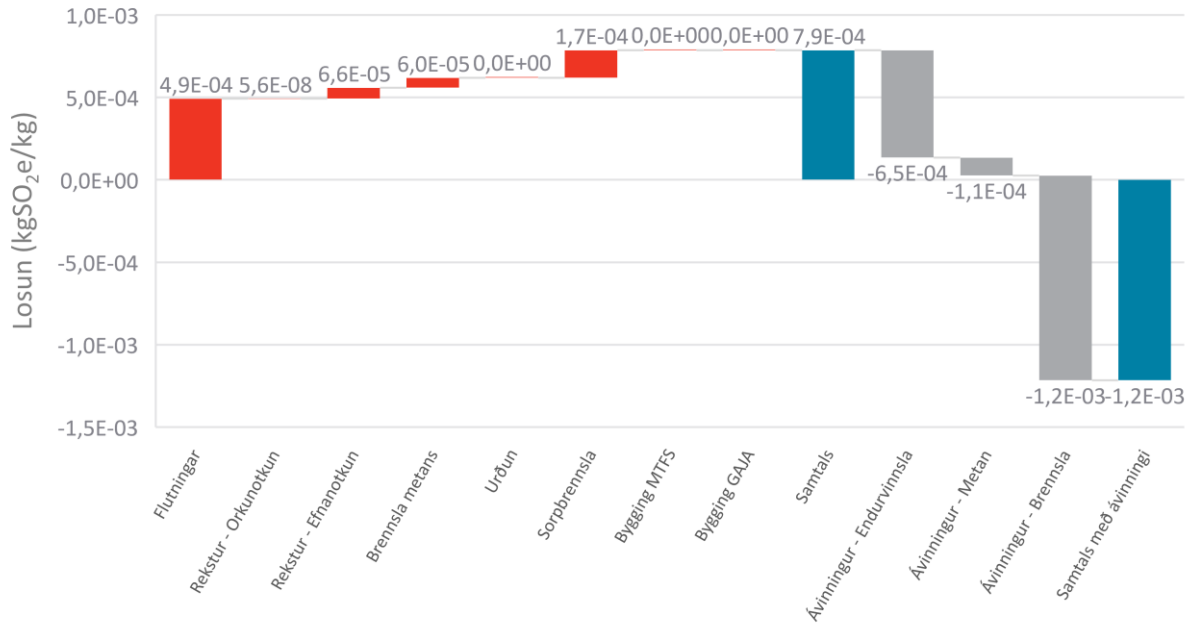
MYND 62 Súrnunaráhrif sviðsmyndar 0 skipt á mismunandi vistferilsstig.

C.1.2 Sviðsmynd 1



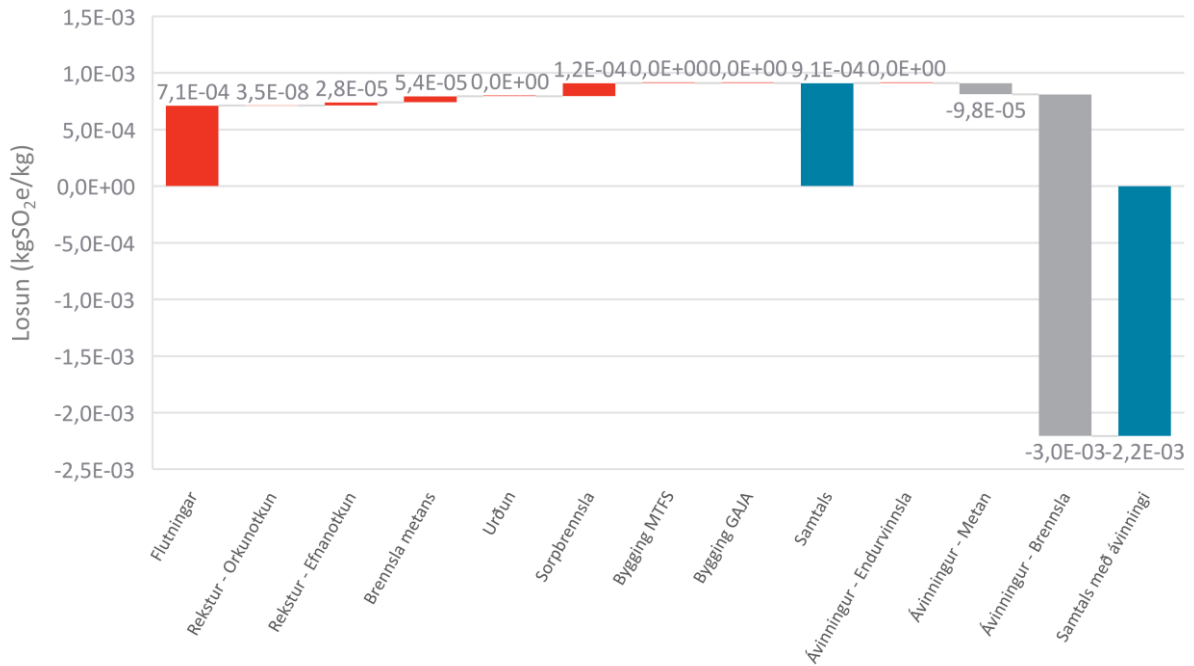
MYND 63 Súrnunaráhrif sviðsmyndar 1 skipt á mismunandi vistferilsstig.

C.1.3 Sviðsmynd 2a



MYND 64 Súrnumaráhrif sviðsmyndar 2a skipt á mismunandi vistferilsstig.

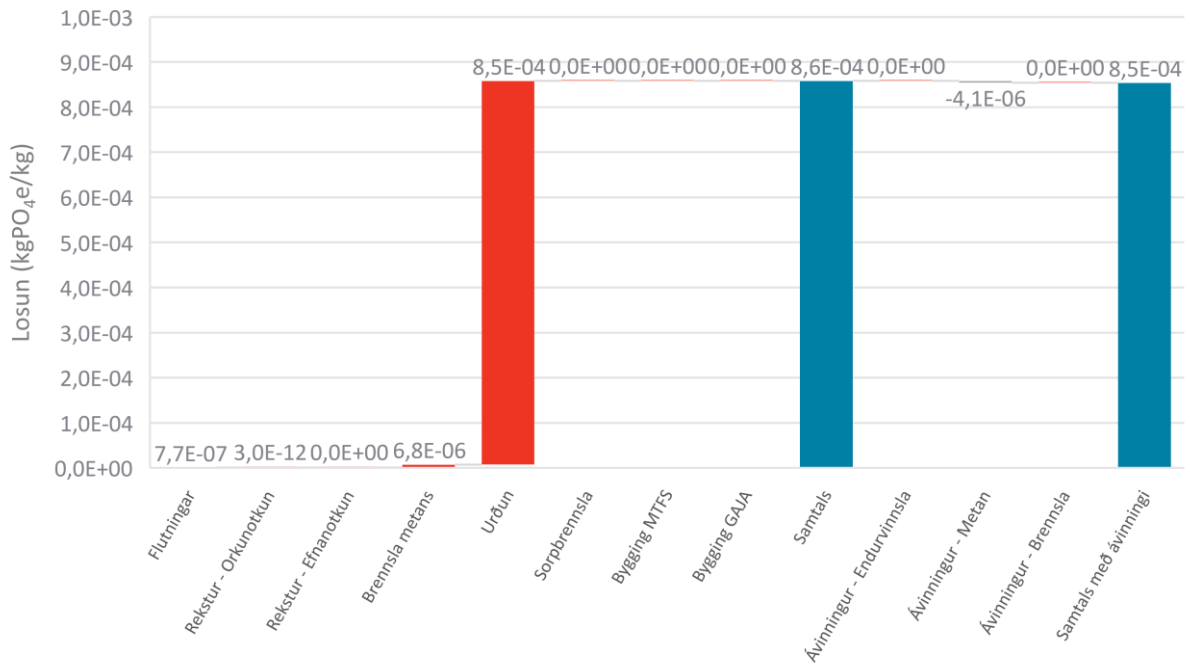
C.1.4 Sviðsmynd 2b



MYND 65 Súrnumaráhrif sviðsmyndar 2b skipt á mismunandi vistferilsstig.

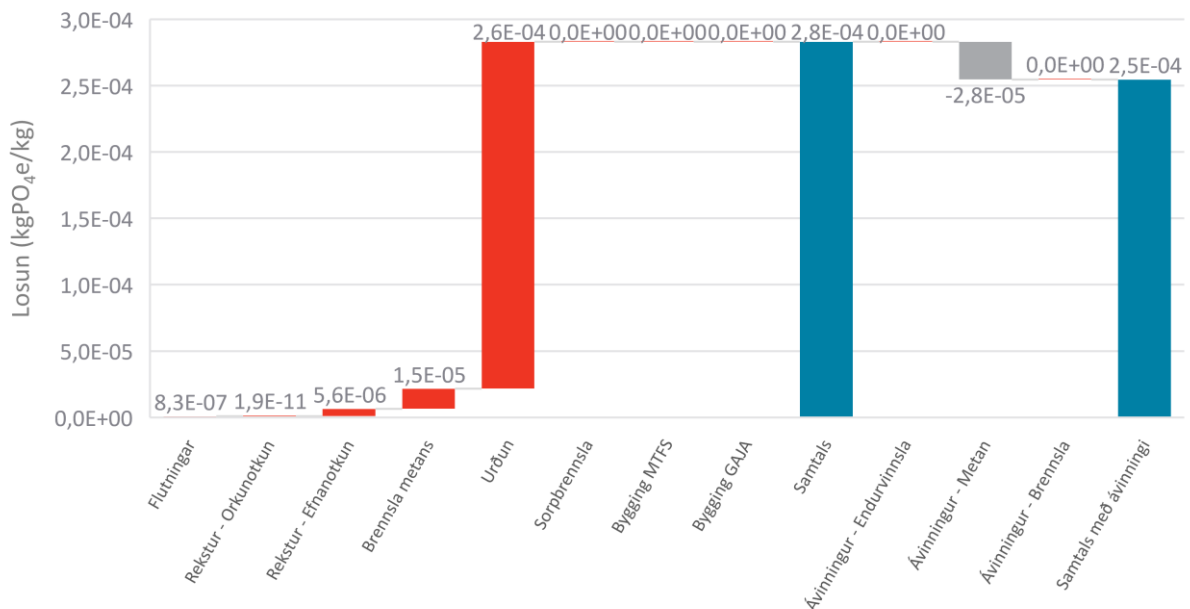
C.2 Næringarefnaauðgun

C.2.1 Sviðsmynd 0



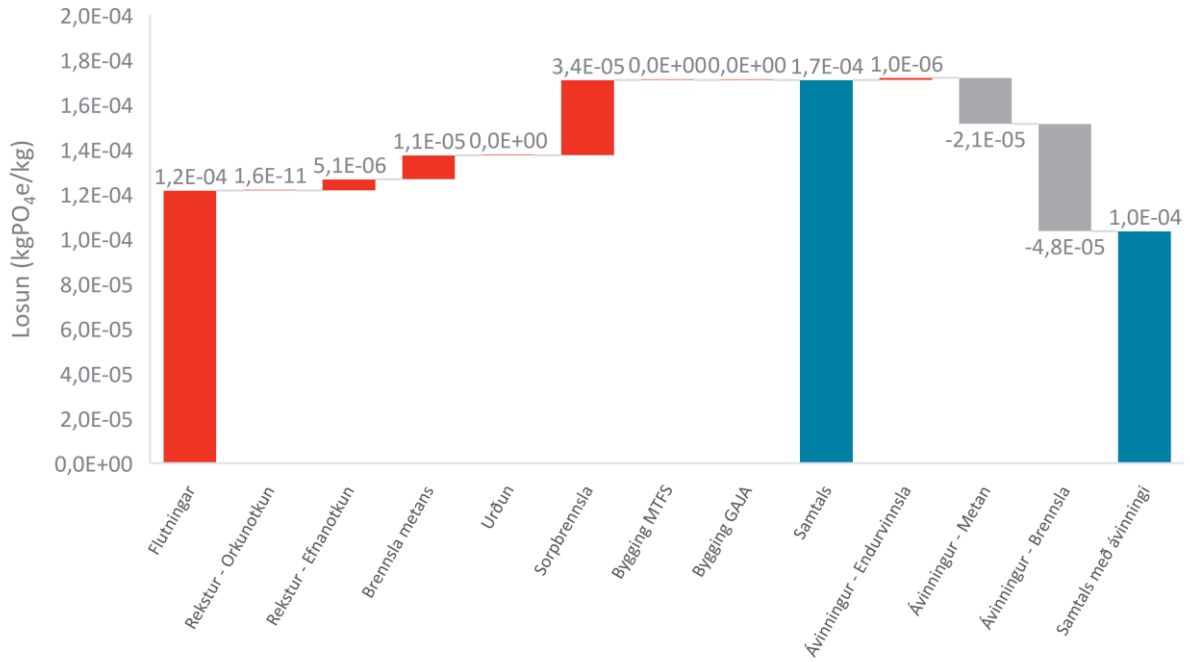
MYND 66 Næringarefnaauðgun sviðsmyndar 0 skipt á mismunandi vistferilsstig.

C.2.2 Sviðsmynd 1



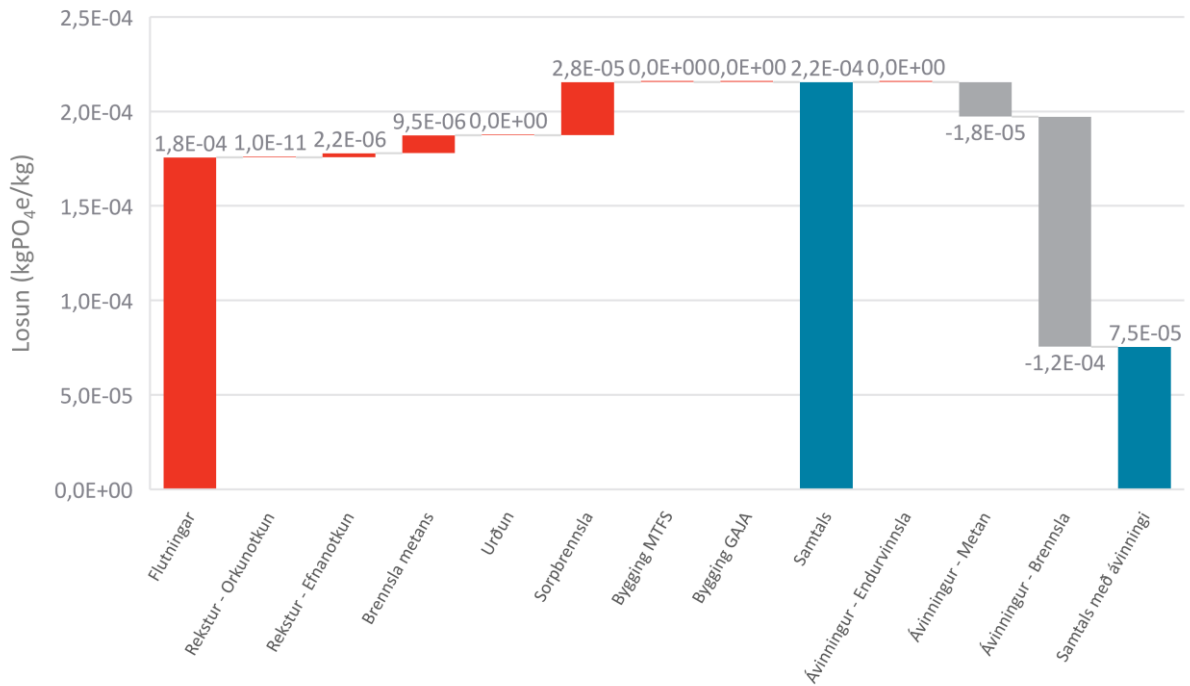
MYND 67 Næringarefnaauðgun sviðsmyndar 1 skipt á mismunandi vistferilsstig.

C.2.3 Sviðsmynd 2a



MYND 68 Næringarefnaauðgun sviðsmyndar 2a skipt á mismunandi vistferilsstig.

C.2.4 Sviðsmynd 2b



MYND 69 Næringarefnaauðgun sviðsmyndar 2b skipt á mismunandi vistferilsstig.