

SAMANBURÐAR
LÍFSFERILSGREINING
PLASTENDURVINNSLU
PURE NORTH

PNR
PURE NORTH
Recycling



RESOURCE INTERNATIONAL EHF
Hlíðasmára 10
201 Kópavogi
www.resource.is
Tel: +354 571 5864

Titill: Samanburðar lífsferilsgreining plastendurvinnslu Pure North

Úgáfa: 1.2

Dagsetning fyrstu útgáfu: 29. apríl 2019

Höfundar: Guðrún Guðmundsdóttir, Karl Eðvaldsson og Ingibjörg Bergþórsdóttir

Viðskiptavinur:

Pure North recycling/ purenorth.is

Tengiliður: Sigurður Halldórsson

Forstjóri og stofnandi Pure North

Netfang / E-mail: sigurdur@purenorth.is

Þessi skýrsla er upphaflega skrifuð fyrir Pure North recycling ehf. Frekari notkun eða samnýting á innihaldi þessarar skýrslu skal gert með samþykki Pure North.

Upplýsingar um ráðgjafarfyrirtæki:

ReSource International ehf.

Hlíðasmári 10, 3.hh.

201 KÓPAVOGUR – Iceland

Sími: +354 571 5864

www.resource.is

Fyrirtækið ReSource International ehf. ber ekki ábyrgð á notkun gagna eða upplýsinga úr þessari skýrslu í öðru samhengi eða öðrum forritum

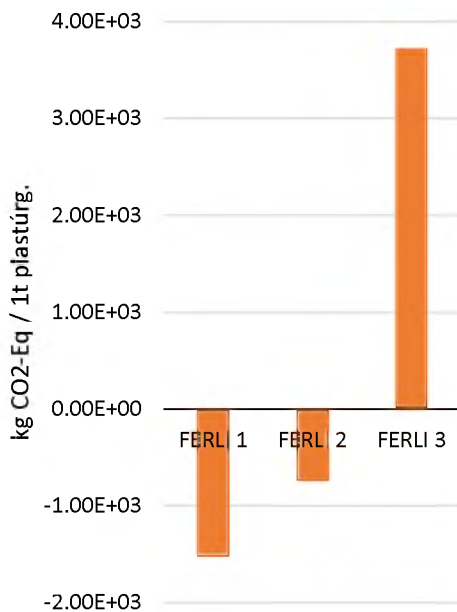
Efnisyfirlit

01	Samantekt	3
2	Inngangur.....	4
2.1	Bakgrunnur.....	4
2.2	Markmið verkefnis.....	4
3	Markmið og umfang vistferilsgreiningarinnar	4
3.1	Skilgreining markmiða	4
3.2	Aðgerðargreining vistferilsgreiningarinnar.....	5
3.3	Mörk kerfisins.....	6
3.4	Uppruni og gæði upplýsinga.....	9
3.5	Metin umhverfisáhrif.....	11
3.6	EASETECH hugbúnaðurinn.....	12
4	Upplýsingasöfnun um ferlin	13
4.1	Undirferli og forsendur.....	13
5	Niðurstöður lífsferilsgreiningarinnar	15
5.1	Samanburður á ferli 1, 2 og 3.....	15
5.2	Óvissur, næmi og skekkjur	18
5.3	Túlkun niðurstaðna	19
5.4	Frekari athuganir og íhuganir	20
6	Lokaorð	20
6.1	Ályktanir og ráðleggingar	21
7	Heimildaskrá.....	22
8	Viðauki A.....	23
9	Viðauki B.....	25

1 Samantekt

Pure North sér um endurvinnslu plastúrgangs, þ.e. breytir óhreinum plastúrgangi í plast pelletur og selur til framleiðslu á nýjum plastvörum.

Markmið verkefnisins er að nota lífsferilsgreiningu (e. Life Cycle Assessment, LCA) til að bera saman umhverfisáhrif þriggja plastvinnsluferla. Ferli 1: Pure North endurvinnur íslenskan plastúrgang. Ferli 2: Flokkaður plastúrgangur er sendur til Evrópu til endurvinnslu og brennslu. Ferli 3: Flokkaður plastúrgangur er sendur til Asíu til endurvinnslu, brennslu, landfyllingar og losunar. Ferlin þrjú voru metin út frá því hvernig umhverfisaáhrif þeirra voru við vinnslu á 1 tonni af heyrúlluplastúrgangi. Gagnasöfn voru tæknilega, landfræðilega og tímalega samsvarandi raunaðstæðum. Gagnabankinn Ecoinvent var notaður.



Mynd 1. Magn koltvíoxíðs (og reiknað jafngildi þess) sem losnar við ferli 1, 2 og 3 við vinnslu á 1 tonni af íslenskum heyrúlluplastúrgangi

Lífsferiláhrifagreiningartól ILCD (e. International Reference Life Cycle Data System) er innifalið í forritinu EASETECH sem notað var við lífsferilsgreininguna. EASETECH notar þannig greiningartólið og reiknar umhverfisáhrif í 14 mismunandi áhrifaflokka sem samþykktir eru af Evrópusambandinu.

Niðurstöður lífsferilsgreiningarinnar sýna að endurvinnsla Pure North gefur af sér lægri neikvæð umhverfisáhrif í öllum umhverfisáhrifaflokkum í samanburði við ferli 3.

Einn umhverfisáhrifaflokkana sést á mynd 1, þar sem sýndur er munur á útblæstri koltvíoxíðs fyrir ferlin 3. Gerð var óvissu og næmigreining fyrir ferli 2 og umhverfislegur sparnaður starfsemi Pure North árið 2018 í samanburði við ferli 2 var reiknaður. Umhverfissparnaður endurvinnslu Pure North árið 2018 samanborið við ferli 2 samsvarar 60 til 148 tonn CO₂-Eq, eða losun samsvarandi um 44 til 109 dæmigerðra fólkubíla á einu ári (SMMT, 2019).

Loks, voru reiknuð umhverfisáhrif þess að flytja inn plastúrgang til endurvinnslu. Þannig var gerður samanburður á umhverfisáhrifum þess að flytja inn plastúrgang frá Evrópu til endurvinnslu hjá Pure North og að evrópskur plastúrgangur yrði endurunnin í Evrópu (enginn flutningur). Samanburðurinn sýndi að lægra kolefnisspor hlýst við það að flytja inn plastúrgang frá Evrópu til endurvinnslu hjá Pure North og flytja hann aftur til Evrópu til endurnýtingar.

2 Inngangur

2.1 Bakgrunnur

Pure North hefur fengið ReSource International til að bera saman umhverfisáhrif fyrirtækisins við sambærilegar lausnir. Pure North sér um endurvinnslu plasts, þ.e. breytir óhreinum plastúrgangi í plast pelletur og selur til framleiðslu á nýjum plastvörum. Þannig verða umhverfáhrif endurvinnslu reiknuð og það verður metið hvort það borgi sig í samanburði við núverandi plastvinnslu, flutning og endurvinnslu. Umhverfisáhrif verða reiknuð og metin með því að framkvæma lífsferilsgreininu (e. Life Cycle Assessment, LCA) sem er alþjóðlega stöðluð og viðurkennd aðferð til að meta umhverfisáhrif vöru eða þjónustu yfir ákveðinn líftíma eða vistferil.

2.2 Markmið verkefnis

Markmið verkefnisins er að nota lífsferilsgreiningu til að bera saman umhverfisáhrif þriggja plastvinnsluferla. Í fyrsta lagi, ef íslenskur plastúrgangur er unninn hjá fyrirtækinu Pure North þar sem hann er hreinsaður og mulinn í pelletur til framleiðslu á nýju plasti. Í öðru lagi, núverandi plastvinnslu á Íslandi sem felst í því að senda plastúrgang til Evrópu til endurvinnslu og/eða brennslu. Í þriðja lagi, er íslenski plastúrgangurinn að hluta til sendur óunninn til Asíu frá Evrópu, til endurvinnslu, brennslu og/eða landfyllingar. Þannig er úrgangurinn sendur með skipi frá Evrópu til Indónesíu og þaðan fer hann á ýmsa staði í Asíu. Lífsferilsgreiningin gerir þannig heildstæða athugun á öllum helstu umhverfisþáttum á æviskeiði þjónustu ferla 1, 2 og 3, frá gröf til vögg.

3 Markmið og umfang vistferilsgreiningarinnar

3.1 Skilgreining markmiða

Skoðuð eru þrjú ferli:

Ferli 1. Flokkuðum plastúrgangi safnað í Hveragerði þar sem Pure North hreinsar og mylur plastið og breytir því í plastpelletur.

Ferli 2. Óbreytt ástand, þ.e. flokkuðum plastúrgangi safnað á Gufunesi og er baggaður og sendur til Evrópu til endurvinnslu og brennslu.

Ferli 3. Óbreytt ástand, þ.e. flokkuðum plastúrgangi safnað á Gufunesi og er baggaður og sendur til Asíu til endurvinnslu, brennslu, landfyllingu og losun.

Tafla 1. Yfirlit yfir helstu vinnslu, flutninga og staðgengi ferlanna þriggja. MRF stendur fyrir úrgangsmóttökustöð (e. „material recovery facility“)

	Ferli 1	Ferli 2	Ferli 3
Plastúrgangur	Hreinsun Endurvinnsla	Böggun Flokkun (MRF) Endurvinnsla Brennsla	Böggun Flokkun (MRF) Endurvinnsla Brennsla Landfylling Losun
Staðgengi	Nýtt plast	Nýtt plast Steinefni Hiti Rafmagn	Nýtt plast
Flutningur	Skipaflutningar Bifreið	Skipaflutningar Bifreið	Skipaflutningar Bifreið

3.2 Aðgerðargreining vistferilsgreiningarinnar

Skilgreina þarf sameiginlegan grunn til þess að bera saman þessi þrjú ferli. Ferlin þurfa að uppfylla ákveðna nauðsynlega eiginleika sem í þessu tilfelli er vinnsla á plastúrgangi. Aðrir eiginleikar kallaðir staðsetningareiginleikar sem eru háðir óskum kaupanda.

Tafla 2. Nauðsynlegir- og staðsetningareiginleikar á vinnslu plastúrgangs

Nauðsynlegir eiginleikar	Staðsetningareiginleikar
Vinnsla á úrgangsplasti	Endurnýting Endurvinnsla Orku endurvinnsla Urðun Orkunotkun Eldsneytisnotkun Vatnsnotkun Umhverfissvottanir Öryggisvottanir Verð

Ferlin þrjú hafa öll sömu virkni þ.e. vinnsla á plastúrgangi sem safnast á Íslandi og þau eru samræmd með svokallaðri aðgerðargreiningu (e. Functional Unit). Aðgerðargreiningin sem notuð er í þessu verkefni er:

Aðgerðargreining:

“Vinnsla á 1 tonni (þurrþyngd) af heyrúlluplastúrgangi sem safnast á Íslandi, 7 daga vikunnar, allan ársins hring fyrir viðmiðunarárið 2018”

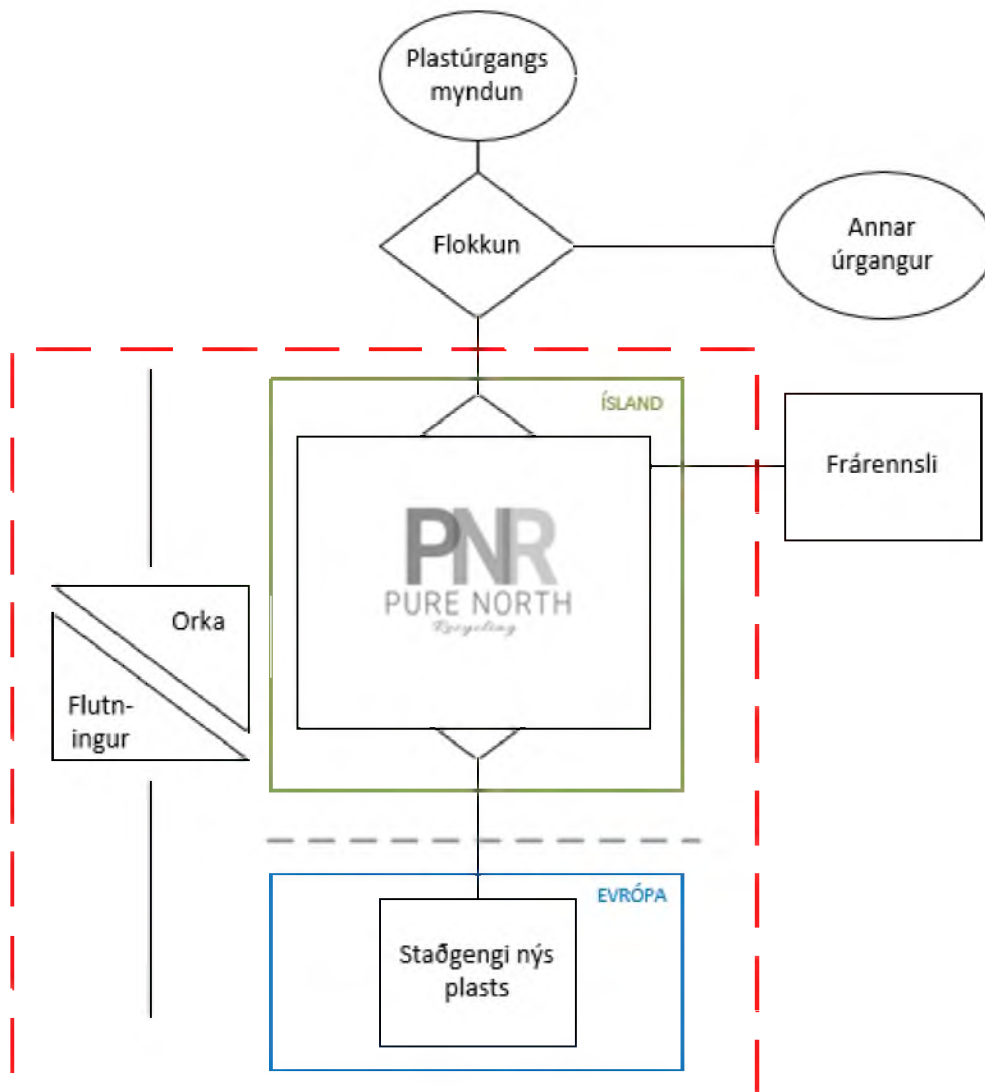
Árið 2018 tók Pure North við 669.480 kg af blautu og óhreinu heyrúlluplasti, þar af var að meðaltali 6% fjarlægt áður en efnið var unnið. Fjarlægða efnið er timbur og annar úrgangur sem ekki er plast og er auðvelt er að fjarlægja og setja í næstu endurvinnslustöð. Samkvæmt skýrslu um magntöku sem gerð var fyrir Pure North árið 2018 er u.þ.b. 70% af þyngd efnisins sem tekið er á móti, vatn og óhreinindi (Efla, 2018). Þannig má áætla að endurvinnsla Pure

North árið 2018 hafi gefið af sér u.þ.b. 188.800 kg af hreinu, pelletuðu LLDPE plasti (Linear low-density polyethylene þ.e. heyrúlluplast). Viðmiðunarflæðið tekur mið af vatnsmagni plastúrgangs sem 70% af þyngdinni af úrgangum eins og er reynsla Pure North og skýrslan gefur til kynna (Efla, 2018).

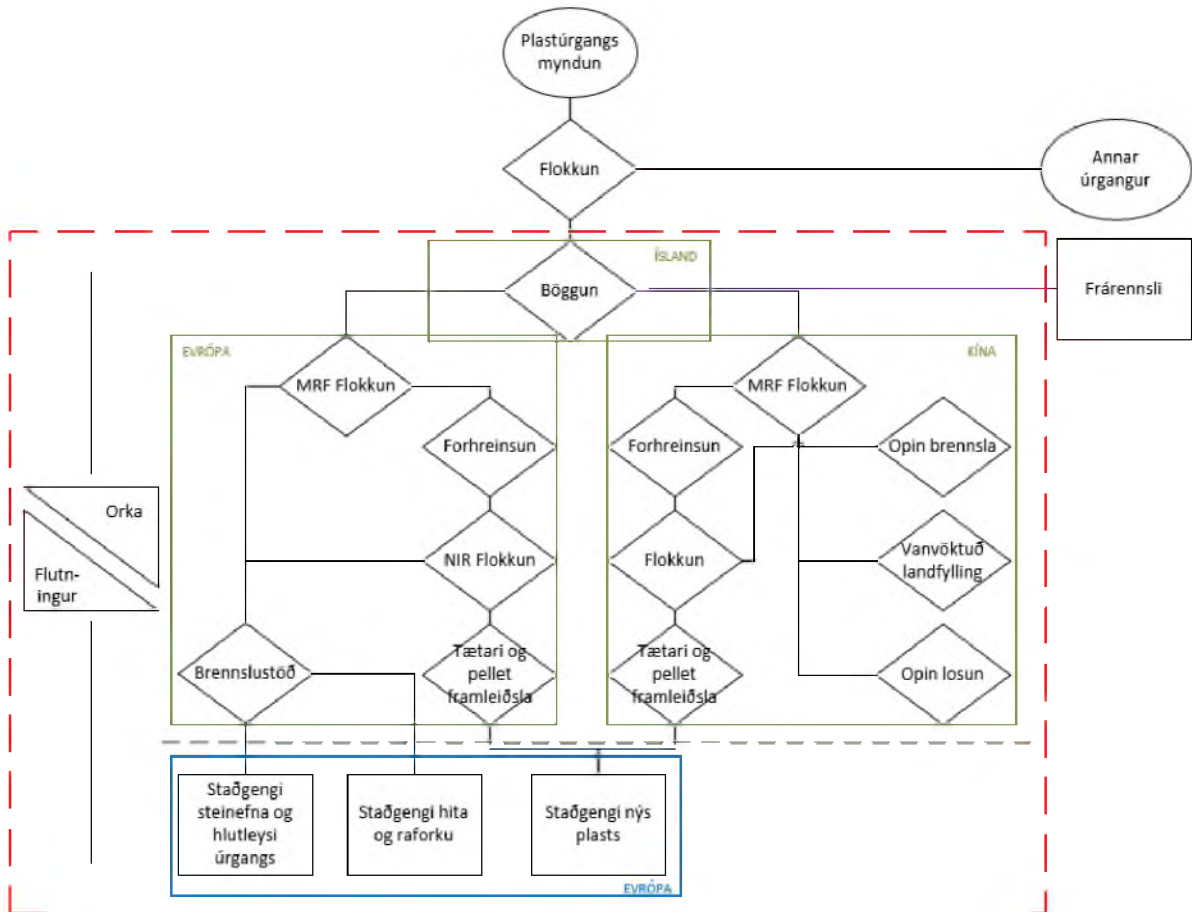
Viðmiðunarflæði: 1000 kg af hreinu og þurru heyrúlluplastúrgangi og 70% af vatni.

3.3 Mörk kerfisins

Á myndum 2 og 1 má sjá flæðislíkön ferla 1, 2 og 3, kerfismörk þeirra og staðgengi. Markmið lífsferilsgreiningarinnar er þar með að bera saman umhverfisáhrif þessara ferla sem hafa sama inntak og var lýst hér að framan.



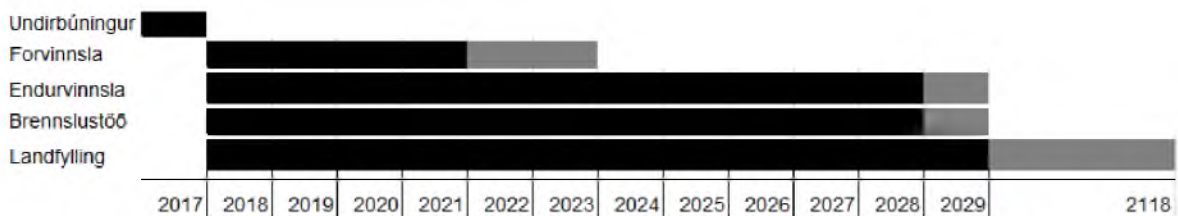
Mynd 1. Kerfislíkan af flæði Ferli 1 og kerfismörk Ferli 1 eru innan rauðu punktalínunnar. Landfræðilegir rammar ferlanna eru einnig merktir og staðgeng framleiðsla er lituð grá.



Mynd 2. Kerfislíkan af flæði Ferli 2 og 3 og kerfismörk Ferli 2 og 3 eru innan rauðu punktalínunnar. Landfræðilegir ramar ferlanna eru einnig merktir og staðgeng framleiðsla er lituð grá.

Frárennsliskerfi eru utan kerfismarkanna af þeirri ástæðu að umhverfisáhrif frárennslis er sérstaklega staðbundinn; staðsetning losunar og viðkvæmni vistkerfis, í sjó, stöðuvatn, læk eða annað.

Tímarammi ferlanna er settur þannig að myndun úrgangs, flokkun og flutningur á móttökustað hefur átt sér stað og er utan kerfismarka ferlanna. Vísað er í forvinnslu á mynd 3 sem undirbúningur. Tækni notuð fyrir forvinnslu er áætluð víðeigandi næstu 4-6 árin, fyrir endurvinnslu og brennslu næstu 10-11 árin og loks eru það landfyllingar sem eru yfirleitt ekki afgreiddar fyrr en eftir 100 ára tímabil.



Mynd 3. Tímarammi verkefnisins skipt niður í vinnsluáferðir plastúrgangs

Landfræðilegan ramma verkefnisins má sjá í töflu 3. Efnisöfnun fer fram á Íslandi fyrir öll ferlin. Þegar talað er um hefðbundna vinnslu plastúrgangs er átt við ferli 2 og 3 þar sem úrgangurinn er sendur annaðhvort til Evrópu eða Asíu (e. Business as usual, BAU). Fyrir ferli 1 hinsvegar, er öll vinnsla framkvæmd á Íslandi og notkun endurunna plastsins er annað hvort á Íslandi eða Evrópu.

Tafla 3. Landfræðilegur rammi verkefnisins skipt niður í stig á vinnslu plastúrgangs. BAU stendur fyrir „Business as usual“, hefðbundna vinnslu ferli 1 og 2

Stig	Vinnsla plastúrgangs	
	Hefðbundin (BAU)	Pure North
Efni	Plast: Ísland	Plast: Ísland
Vinnsla	Baggað: Ísland Endurvinnsla: Evrópa/Asía Brennt: Evrópa/Asía Landfylling: Asía	Endurvinnsla: Ísland
Notkun	Evrópa / Asía	Ísland / Evrópa
Förgun	Evrópa / Asía	Ísland



Mynd 4. Skipaflutningar plastúrgangs frá Íslandi fyrir ferli 1, 2 og 3 sjást í rauðu og bláu, annars vegar flutningar til Evrópu og hinsvegar, flutningar til Indonesíu.

3.4 Uppruni og gæði upplýsinga

Reynt var eftir fremsta megni að safna eins tæknilega, landfræðilega og tímalega samsvarandi gögnum. Í þeim tilfellum sem ekki er hægt að fá upplýsingar beint frá framleiðanda eru notuð samsvarandi gögn úr gagnabankann Ecoinvent. Ecoinvent er alþjóðlega viðurkenndur gagnabanki með meira en 20 ára reynslu á upplýsingasöfnun framleiðsluferla fyrir lífsferilsgreiningar. Upplýsingum var safnað um ferli 1, 2 og 3 og þær flokkaðar í gæðasérkennisflokkum frá mjög hátt til mjög lágt (tafla 5) og skilgreiningar flokkanna má sjá í töflu 4.

Tafla 4. Flokkun útskýrð á sérkenni gagna

Gæðasérkennisflokkur	Lýsing
Mjög hátt	Staðbundin mæling eða afleidd gögn af mælingu
Hátt	Gögn unnin úr staðbundnum mælingum með forritun
Meðal	Gögn úr gagnabönkum eða úr rannsóknum um raunveruleg ferli
Lágt	Gögn úr gagnabönkum eða úr rannsóknum um almenn ferli
Mjög lágt	Ályktanir dregnar af fagfólki

Orku- og frumefnanotkun

Samkvæmt alþjóðlegu orkumálastofnunni (e. International Energy Agency, IEA) er aðalorkuframleiðsla á Íslandi árið 2016 frá jarðvarmavirkjunum (u.þ.b. 60%) og vatnsaflsvirkjunum (u.þ.b. 30%). Þar sem endurvinnsla Pure North er í Hveragerði er gert ráð fyrir að orkan sem er notuð þar komi 100% frá jarðvarmavirkjun. Í Evrópu er orkuframleiðslan fjölþættari, þ.e. frá eldsneyti, kolabrennslu, kjarnorku, vatnsafl, vinnslu lífmassa, vinnslu gass o.fl. (árið 2016). Til þess að gera grein fyrir öllum þessum mismunandi orkugjöfum var ákveðið að nota gagnabanka sem tekur tillit til meðal markaðshóp fyrir háspennurafmagn í Evrópu. Það sama var síðan gert fyrir orkunotkun í Asíu. Jarðefnaeldsneyti, stálframleiðsla og vatnsnotkun er allt byggt á Evrópskum gagnasöfnum sem fengnir voru með Ecoinvent. Gagnapakkar sem notaðir voru fyrir orkuframleiðslu og notkun má sjá í viðhengi A, tafla A.1.

Brennsla, urðun og skilvirkni meðhöndlananna

Gert var ráð fyrir að brennslustöðin sem notuð er fyrir plastið sé sambærileg við meðalgóða brennslustöð í Danmörku. Upplýsingarnar um meðalgóða brennslustöð í Danmörku er innbyggð í EASETECH forritinu og er byggt á starfsemi Vestforbræðing í Kaupmannahöfn árið 2011 með blauta gashreinsun. Gashreinsunin fjarlægir NOx með SNCR tækni, Dioxin og kvikasilfur með virkjuðu kolefni. Einnig er gert ráð fyrir staðbundna frárennslishreinsun sem endar í haf. Vinnslu plastúrgangs í Asíu er skipt í fjóra almenna flokka; Endurvinnsla, opin brennsla, vanvöktuð landfylling og opin losun. Þessi gögn eru úr gagnabanka Ecoinvent og lýsir núverandi meðallosun á heimsvísu. Gagnapakkar sem notaðir voru fyrir úrgangsmeðhöndlun má sjá í viðhengi A, tafla A.2.

Tafla 5. Sérkennistafla gagna. Mat á gæði gagna sem notuð voru fyrir ferli 1, 2 og 3

Gögn	Gæðasérkenni					Tegund	Heimild	Aðgengi
	Mjög hátt	Hátt	Meðal	Lágt	Mjög lágt			
Efni								
Plastúrgangur	x					Samsetning	Staðbundin mæling	Pure North
Vatnsmagn	x					Hlutfall	Staðbundin mæling	Pure North
Orku- og frumefnanotkun								
Orka á Íslandi		x				Orkuframleiðsla	Meðaltals mæling	Ecoinvent
Orka í Evrópu			x			Orkuframleiðsla	Meðaltals mæling	Ecoinvent
Orka í Asíu			x			Orkuframleiðsla	Meðaltals mæling	Ecoinvent
Vinnsla og förgun								
Endurvinnsla Pure North	x					Orka	Staðbundin mæling	Pure North
Böggun			x			Orka og eldsneyti	Rannsókn um ferli, Línuhönnun, 2006	Netleit
Endurvinnsla - Evrópa			x			Orka	Rannsókn um ferli, Ren, 2012	SORPA
Endurvinnsla - Asía				x		Orka	Rannsókn um ferli, Ren, 2012	SORPA
Brennslustöð			x			Orka og útblástur	Rannsókn um ferli, Vestforbræðing 2011	EASETECH
Opin brennsla				x		Orka og útblástur	Gagnabanki um almenn ferli	Ecoinvent
Vanvöktuð landfylling				x		Orka og útblástur	Gagnabanki um almenn ferli	Ecoinvent
Opin losun				x		Orka og útblástur	Gagnabanki um almenn ferli	Ecoinvent
Flutningar								
Á Íslandi	x					Fjarlægðir	Raunverulegar fjarlægðir	Pure North
Í Evrópu				x		Fjarlægðir	Rannsókn um ferli, Liljenroth, 2014	SORPA
Í Asíu					x	Fjarlægðir	Rannsókn um ferli, Liljenroth, 2014	SORPA
Staðgengi								
LDPE - Evrópa			x			Ferli	Gagnabanki	Ecoinvent
Raforka – Evrópa			x			Hlutfall	Gagnabanki	Netleit
Hiti - Evrópa			x			Hlutfall	Gagnabanki	Netleit
Hlutleysi súr úrgangur			x			Ferli	Gagnabanki	EASETECH
Steinefnanotkun			x			Ferli	Gagnabanki	Ecoinvent

Flutningar

Allar bifreiðar sem keyrðar eru í Evrópu eru láttnar standast evrópska losunarstaðla og skip eru fraktflutningaskip sem uppfylla nútímatækni. Hinsvegar, fyrir keyrslu í Asíu er notaður gagnabanki sem gerir ráð fyrir framleiðslu og bruna á eldsneyti í truck af eldri tegund (gögn frá 1998-2012). Aftur eru öll gögn fengin frá gagnabankanum Ecoinvent eða úr forritinu EASETECH. Gagnapakkar sem notaðir voru fyrir flutninga má sjá í viðhengi A, tafla A.3.

Staðgengi

Svifaskan sem safnast í gashreinsun brennslustöðvarinnar er send til Noregs þar sem hún er notuð til að hlutleysa súran úrgang og botnaskan er notuð í vegagerð og er þess vegna staðgengi steinefna. Orkan sem er framleidd við brennslu plasts er annaðhvort breytt í hita eða raforku. Þessi orka er staðgengi kolabrennslu í Evrópu. Loks er staðgengi endurunna plastsins nýframleiðsla á LDPE plasti í Evrópu. Gagnapakkar sem notaðir voru fyrir staðgengi má sjá í viðhengi A, tafla A.4.

3.5 Metin umhverfisáhrif

Lífsferiláhrifagreiningartól ILCD (e. International Reference Life Cycle Data System) er innifalið í forritinu EASETECH sem notað var við lífsferilsgreininguna. EASETECH notar þannig greiningartólið og flokkar umhverfisáhrif í 14 mismunandi áhrifaflokka (sjá töflu 6).

Þegar grunnflæði efna hafa verið flokkuð í viðtaka (loft, ferskvatn, sjó o.fl.) eru áhrifin flokkuð í framangreinda umhverfisáhrifaflokka. Þetta flokkunarkerfi byggir á svokallaðari miðpunktaaðferð (sjá útskýringarmynd í viðhengi B, mynd B.1). Þegar umhverfisáhrif hafa verið flokkuð í áhrifaflokka eru niðurstöðurnar kallaðar characteriseraðar niðurstöður. Þær niðurstöður eru síðan reiknaðar út frá normaliseruðum stuðlum, miðað við meðal umhverfisáhrif einnar manneskju í Evrópu á einu ári (e. Personal Equivalence, PE), og niðurstöðurnar eru þá kallaðar normaliseraðar. Normaliseruðu stuðlarnir eru staðlaðir og voru fundnir af PROSUITE verkefninu sem var leitt af Evrópusambandinu. Normaliseruðu stuðlana má finna í viðhengi B í töflu B.1 sem og lýsingar á umhverfisáhrifaflokkunum.

Tafla 6. Umhverfisáhrifaflokkar ráðlagðir af ILCD fyrir lífsferilsgreiningar, 14 talsins. Nánari lýsing á umhverfisáhrifaflokkum má sjá í viðhengi B, mynd B.1. og töflu B.1.

Áhrifaflokkar	Stytting	Impact category	Eining
Gróðurhúsaáhrif	GHÁ	Climate change	kg CO ₂ -Eq
Ósóneyðing	ÓE	Ozone depletion	kg CFC-11 Eq
Eiturverkanir manna, krabbameinsvaldandi	EMk	Human toxicity (cancer effects)	CTUh
Eiturverkanir manna, ekki krabbameinsvaldandi	EMek	Human toxicity (non-cancer effects)	CTUh
Svifryksmyndun	SM	Particulate matter	kgPM _{2.5} -eq
Jónandi geislun, áhrif manna	JG	Ionising radiation human health	kBq U ₂₃₅ eq
Ljósefnavirk ósón myndun	LÓM	Photochemical ozone formation	kg NMVOC
Jarðsýrnun	JS	Terrestrial acidification (Accumulated Exceedance)	mol H ⁺ eq
Ofauðgun jarðvegs	OJ	Eutrophication Terrestrial (Accumulated Exceedance)	mol N eq
Ofauðgun ferskvatns	OF	Eutrophication Freshwater (FEP ReCiPe)	kg P eq
Ofauðgun sjávar	OS	Eutrophication Marine (ReCiPe ₂₀₀₈)	kg N eq
Eiturverkanir í ferskvatni	EF	Ecotoxicity freshwater	CTUe
Steinefnaeyðing	SE	Depletion of abiotic resources, fossil	kg Sb eq
Frumefnaeyðing	FE	Depletion of abiotic resources, elements	kg antimony-eq

3.6 EASETECH hugbúnaðurinn

Hugbúnaðurinn er þróaður af Tækniháskólanum í Danmörku (DTU) og er sérhæfður til þess að reikna umhverfisáhrif úrgangsstjórnunarkerfa. Forritið er sveigjanlegt og gætt ýmsum óvissugreiningum svosem Monte Carlo hermun. EASETECH er hugbúnaður sem notaður var við framkvæmd þessarar lífsferilsgreiningar og samsvarar kröfum ILCD (International Reference Life Cycle Data System) handbókarinnar (European Commission, 2010) og lífsferilsáhrifargreiningartól ILCD. Umhverfisáhrifaflokkarnir “Jónandi geislun”, “land notkun” og “Fyrning auðlindar, vatn” voru ekki innifaldir í EASETECH þrátt fyrir þeir séu birtir í ILCD. Áður nefndir áhrifaflokkar voru ekki innifaldir vegna þess að þeir fela í sér mikla óvissu, landfræðilega eða vegna aðferðarfræðinnar. Þar að auki skulu, niðurstöður umhverfisflokkananna “Eiturverkanir manna, krabbameinsvaldandi”, “Eiturverkanir manna, ekki krabbameinsvaldandi” og “Eiturverkanir í ferskvatni” túlkaðir með varfærni því það er enn þörf á vísindalegri kunnáttu um efnafræðileg eituráhrif (Damgaard, A. et al, 2017).

4 Upplýsingasöfnun um ferlin

Lífsferilsgreining er magnbundin greining á umhverfisþáttum vöru eða þjónustu. Lífsferilsgreiningin gerir þannig heildstæða athugun á öllum helstu umhverfisþáttum á æviskeiði þjónustu ferla 1, 2 og 3, frá gröf til vöggju. Upplýsingarnar sem safnaðar eru m.a. um orku, hráefni og jarðolíu (innstreymi) og losun efna í andrúmsloft, vatn, sjó og jörð og aðrar aukaafurðir (útstreymi). Því nákvæmari sem upplýsingarnar eru, því nær eru niðurstöðurnar raunaðstæðum.

4.1 Undirferli og forsendur

Orku- og frumefnanotkun

Ferli 1: Plastúrgangi er safnað í trucka og þeir tæmdir hjá Pure North sem kemur plastinu fyrir í svokallaðar „framleiðslulínur“. Þar er plastið tætt og hreinsað samtímis í nokkrum skrefum þar til það er tilbúið fyrir pellet mótun. Upplýsingar um orku og vatnsnotkun Pure North fengust frá Pure North. Mótttekið plast árið 2018 var alls 669.480 kg og framleiðsla þar með um 188.800 kg af plasti. Raforkunotkun Pure North árið 2018 var 147.509 kWh en þar með telst sú orka sem þarf í viðhald og notkun á húsnæði þeirra. Heitavatnsnotkun til upphitunar á húsnæði var 5.417 m³ og kaldavatnsnotkun 23.139 m³ fyrir þrif á plastúrgangi og kælingu á gufu. Af því að heita vatnið í Hveragerði er dælt úr jörðinni er ekki tekin með orkunotkun þess að hita vatnið eins og gert er í plastþvottinum í Evrópu.

Ferli 2 og 3: Plastúrgangi er safnað í trucka, þeir tæmdir í Gufunesi og plastinu komið fyrir í böggunarvél með jarðýtum og gröfum. Baggarnir eru festir saman með vírum, lagðir í trucka og þeir keyrðir niður að höfn. Gert er ráð fyrir að díselnotkun böggunarinnar sé um 0.28 L/tonn, raforkunotkun sé um 26 kJ/kg og 1,67 kg járnvír á hvert tonn af plastúrgangi (Línuhönnun, 2006). Plastúrgangurinn er blautur þegar honum er safnað og gert er ráð fyrir að plastið haldi raka sínum eftir böggun og er sent þannig til Evrópu/Asíu.

Ferli 2: Gert er ráð fyrir að endurvinnslustöðin í Evrópu flokki plastið fyrst í endurvinnanlegt plast og óendurvinnanlegt plast (70:30, í sömu röð). Flokkunin notar 9.44 kWh/tonn (Ren, 2012). Endurvinnanlega plastið er síðan þvegið áður en það er flokkað með NIR flokkun. Þvotturinn krefst 78 L/kg, 10.9 MJ/kg (fyrir 40°C) og 0.5 kWh/tonn af úrgangsplasti (Ren, 2012). NIR tæknin getur flokkað úrgangsplastið í mismunandi plasttegundir og notar 27 kWh/tonn (Ren, 2012). Þegar plastið hefur verið flokkað er gert ráð fyrir að efnavinnslan krefjist 270 kWh/tonn fyrir tætingu og endurmótun (Ren, 2012).

Ferli 3: Gert er ráð fyrir að flokkun og orkunotkun í Asíu fari fram á sambærilegan hátt og í Evrópu, þó með þeim grundvallarmun að notuð eru orkugögn um meðal raforku notkun í Asíu. Opin brennsla, vanvöktuð landfylling og opin losun krefjast lítillar orku en menga talsvert.

Brennsla, urðun og skilvirkni meðhöndlananna

Ferli 1: Efnismissir Pure North er ekki talinn vera verulegur.

Ferli 2: Ekki er gert ráð fyrir neinum efnissmissi í endurvinnslunni í Evrópu. Næst er gert ráð fyrir að óendurvinnanlega plastið fari í næstu brennslustöð þar sem orkunýtingin er talin vera 85% (Ren, 2012). Af þeirri orku er gert ráð fyrir að 74% orkunnar sem hlýst af brennslunni fari til hitaframleiðslu og 11% fari í að mynda rafmagn sem byggt er á orkunýtingu Renova árið 2017 sem er vestur-sænsk brennslustöð (Renova, 2017).

Ferli 3: Gert er ráð fyrir 4 meðhöndlunarmöguleikum plastúrgangs í Asíu; Endurvinnsla, opin brennsla, vanvöktuð landfylling og opin losun. Þó svo að ýmsar háteknimeðhöndlunarlausnir séu til staðar í Asíu var ákveðið að kanna aðeins þessar fjórar lausnir þar sem meðaltalsmeðhöndlunartæknistig er enn frekar lágt samanborið við Evrópu. Óvissa ríkir um örlög plastúrgangsins sem er sendur til Asíu. Þess vegna var gert ráð fyrir úrgangurinn skiptist jafnt í meðhöndlunarmöguleikana fjóra, þ.e. 25% plastúrgangsins verði nýttur til endurvinnslu, 25% fari í landfyllingu, 25% brennt og 25% endi í opinni losun. Engin nýting hlýst af opinni brennslu, landfyllingu eða opinni losun.

Flutningar

Þar sem þetta verkefni er samanburðar lífsferilsgreining sem greinir frá „gröf til vögg“ þarf ekki að taka tillit til söfnunar plastúrgangsins. Til einföldunar er gert er ráð fyrir að honum sé safnað hjá Pure North fyrir ferli 1 og safnað á Gufunesi, móttöku- og flokkunarstöð SORPU, fyrir ferli 2 og 3 og að það sé enginn munur á flutningi milli þessara ferla.

Ferli 1: Plastúrgangi safnað hjá Pure North. Þegar hann hefur verið unninn er hann sendur til framleiðslu, innanlands og erlendis. Sá hluti endurunna plastsins sem er sendur erlendis er keyrður frá Hveragerði til Þorlákshafnar (21 km, tómur aðra leiðina) í 24 tonna bifreið, fluttur með skipi til Rotterdam (u.þ.b. 2189 km, fullur báðar leiðir). Gert er ráð fyrir að plastið sé nýtt í Rotterdam.

Ferli 2: Plastúrgangi safnað á Gufunesi. Þegar plastúrgangurinn hefur verið baggaður er hann keyrður niður að höfn (u.þ.b. 15 km, tómur aðra leiðina) og þaðan fluttur með skipi til Evrópu (u.þ.b. 2189 km til Rotterdam, fullur báðar leiðir) þar sem flokkunarstöð tekur við honum. Endurvinnanlega plastið er þaðan keyrt í endurvinnslustöð (áætlað meðaltal um 150 km, tómur aðra leiðina) og óendurvinnanlega er keyrt í brennslustöðina (áætlað meðaltal 20 km, tómur aðra leiðina). Þessi gögn eru byggð á flutningum íslensks plastúrgangs um Svíþjóð (Liljenroth, 2014) en gert er ráð fyrir að hafnir séu nálægt borgum og að það sama gildi um brennslustöðvar. Endurvinnslur hinsvegar þurfa ekki að vera nálægt borgum og þess vegna er lengri keyrsla þangað.

Ferli 3: Plastúrgangi safnað á Gufunesi og keyrt niður að Reykjavíkurhöfn (u.þ.b. 25 km, tómur aðra leið). Þaðan er úrgangurinn fluttu sömu leið og í Ferli 1 og 2 (2189 km til Hollands, fullur báðar leiðir) og loks til Ambon í Indónesíu (u.þ.b. 18244 km, fullur báðar leiðir) þar sem gert er ráð fyrir að siglt sé í gegnum Suez Canal. Höfnin í Asíu var valin af handahófi fyrir miðlæga staðsetningu sína við aðrar asískar hafnir og táknar því meðaltals sjóleið til Asíu. Allar sjóleiðir eru reiknaðar með reiknivél á netinu sem er kölluð „Sea Distances“ (sea-distances.org). Þar sem lítið er vitað um raunverulega flutninga innan Asíu þá er gert ráð fyrir að flutningar séu eins og í Evrópu. Þannig er aðeins gerður greinamunur á útblásturseiginleikum flutningsbílanna í Asíu, sem byggt er á framleiðslu og bruna á eldsneyti í truck frá árunum 1998-2012. Gert er ráð fyrir að truckarnir eyði 30 L á 100 km.

Staðgengi

Ferli 1: Staðgengill framleiðslu plastendurvinnslunnar í Hveragerði er nýtt plast framleitt í Evrópu. Ákveðið var að endurunnar plastpelletur séu staðgengi fyrir 80% af þyngd af nýju plasti, þannig leysir 1 kg af endurunnum plastpellingum af hólmi 800 g af nýju plasti (Ren, 2012). Þetta var gert fyrir öll ferlin.

Ferli 2: Staðgengill endurunna plastsins í Evrópu er nýtt plast framleitt í Evrópu. Orkuframleiðsla brennslustöðvarinnar er látin vera staðgengill fyrir kolabrennslu í Evrópu en það er sú orkuframleiðsla sem væri notuð ef plastúrgangurinn er ekki brenndur. Botnaskan

sem myndast verður notuð til þess að fylla gamlar námur og er þar með staðgengill steinefna. Loks er svifaskan notuð til þess að hlutleysa súran úrgang í Noregi.

Ferli 3: Staðgengill endurunna plastsins í Asíu er nýtt plast framleitt í Evrópu.

5 Niðurstöður lífsferilsgreiningarinnar

Niðurstöður lífsferilsgreiningarinnar eru sýndar í tveimur formum; „Characterized“ og „Normalized“. Characteriseraðar niðurstöður eru hrá gögn útreikninga þar sem hver áhrifaflokkur er bundinn við einingu og þar með skal ekki bera saman niðurstöður á milli flokka heldur einungis á milli ferla. Normaliseraðar niðurstöður eru fengnar frá characteriseruðum niðurstöðum þannig að þeim hefur verið gefið viðmið sem er meðaltals umhverfisáhrif einnar manneskju í Evrópu (e. Personal Equivalence, PE) yfir eitt ár. Normaliseraðar niðurstöður gefa þar með til kynna hvort umhverfisáhrif séu mikil eða lítil í þessum skilningi. Það sem niðurstöðurnar gefa hinsvegar ekki til kynna er hvaða umhverfisflokkur er mikilvægari en annar, en það er í höndum stjórnmalamanna og annarra ákvörðunarhafa.

5.1 Samanburður á ferli 1, 2 og 3

Tafla 7 sýnir niðurstöður í characteriseruðum einingum fyrir vinnslu á 1 tonni af plastúrgangi.

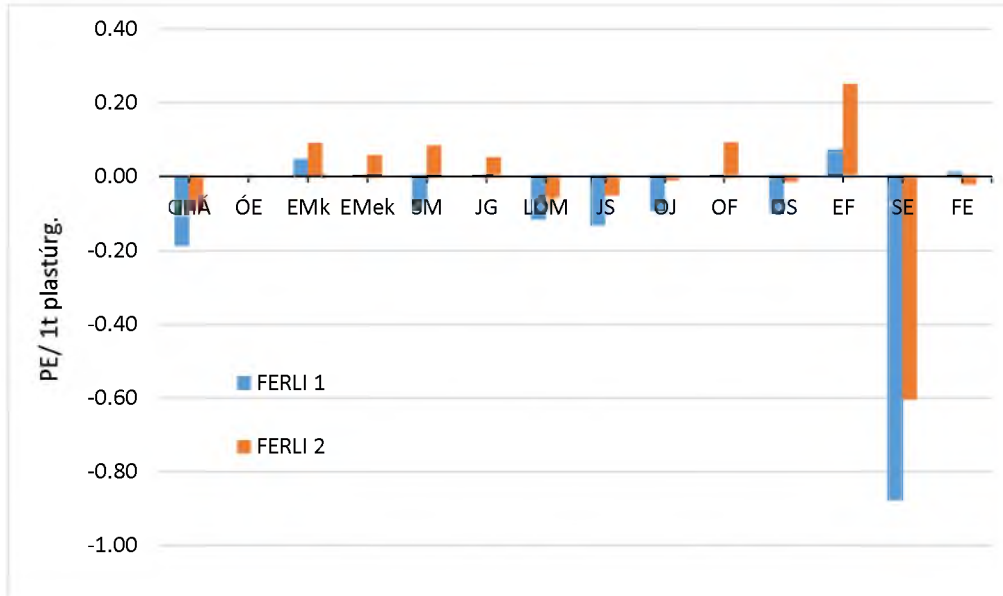
Tafla 7. Characterized niðurstöður fyrir ferli 1, 2 og 3. Lægstu umhverfisáhrif hvers áhrifaflokks er hér merkt með grænu og hæstu umhverfisáhrif með rauðu.

Áhrifaflokkar	Stytting	Eining	FERLI 1	FERLI 2	FERLI 3
Gróðurhúsaáhrif	GHÁ	kg CO ₂ -Eq	-1.52E+03	-7.42E+02	3.73E+03
Ósóneyðing	ÓE	kg CFC-11 Eq	7.15E-06	8.70E-05	1.57E-04
Eiturverkanir manna, krabbameinsvaldandi	EMk	CTUh	2.61E-06	4.86E-06	1.20E-04
Eiturverkanir manna, ekki krabbameinsvaldandi	EMek	CTUh	4.94E-06	6.41E-05	9.82E-04
Svifryksmyndun	SM	kgPM _{2.5} -eq	-2.57E-01	2.32E-01	3.56E+01
Jónandi geislun	JG	kBq U ₂₃₅ eq	3.87E+00	6.98E+01	8.32E+01
Ljósfnávirg ósón myndun	LÓM	kg NMVOC	-6.65E+00	-3.13E+00	2.57E+01
Jarðsýrnun	JS	mol H ⁺ eq	-6.54E+00	-2.54E+00	3.26E+01
Ofauðgun jarðvegs	OJ	mol N eq	-1.05E+01	-1.14E+00	9.09E+01
Ofauðgun ferskvatns	OF	kg P eq	5.45E-03	5.72E-02	5.66E-02
Ofauðgun sjávar	OS	kg N eq	-9.51E-01	-1.27E-01	8.27E+00
Eiturverkanir í ferskvatni	EF	CTUe	4.75E+01	1.66E+02	3.41E+04
Steinefnaeyðing	SE	kg Sb eq	-5.47E+04	-3.77E+04	1.44E+04
Frumefnaeyðing	FE	kg antimony-eq	4.17E-04	-7.37E-04	2.55E-03

Í töflu 7 sést að ferli 1 er með lægstu umhverfisáhrifin í 13 af 14 áhrifaflokkum, þ.e. endurvinnsla Pure North er umhverfisvænni í 13 af 14 flokkum samanborið við hefbundna plastendurvinnslu sem framkvæmd er á íslenskum plastúrgangi. Einnig sést, að lægri umhverfisáhrif hljóttast í 13 af 14 umhverfisáhrifaflokkunum af því að endurvinnna plastúrgang í Evrópu samanborið við Asíu. Plastendurvinnsla í Asíu er með neikvæð umhverfisáhrif í öllum 14 áhrifaflokkum.

Samkvæmt þessum niðurstöðum hefur orðið koltvíoxíðssparnaður af vinnslu Pure North upp á 1.52 tonn CO₂ eq á hvert tonn af plasti.

Normaliseraðar niðurstöður ferlanna þriggja má sjá í viðhengi B, mynd B.2. Þar sem umhverfisáhrif ferlis 3 eru yfirþyrmandi samanborið við ferli 1 og 2 þá eru normaliseraðar niðurstöður hér sýndar án ferlis 3 (sjá mynd 5).

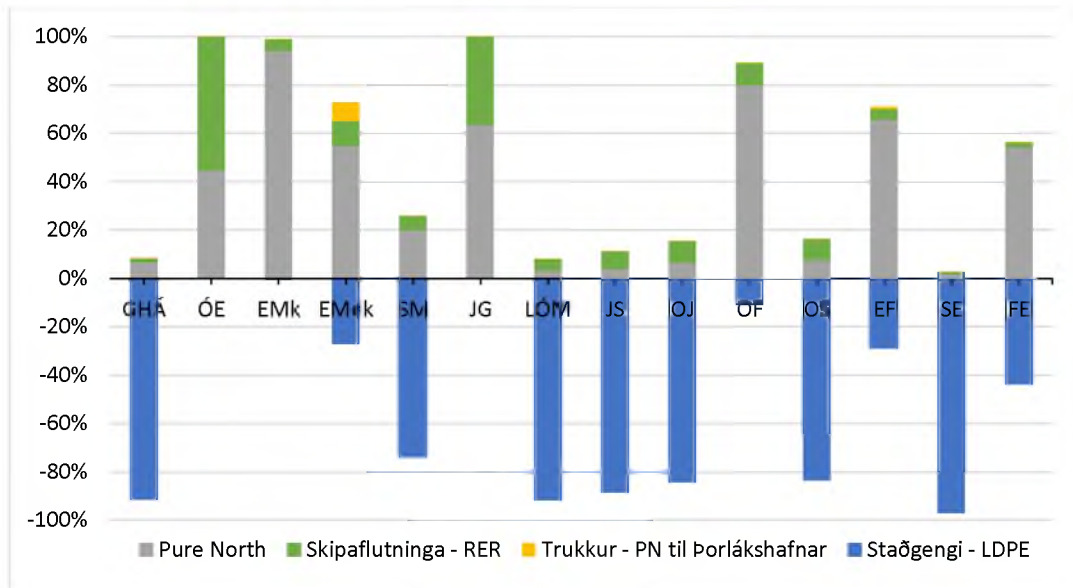


Mynd 5. Normaliseraðar niðurstöður ferla 1 og 2 fyrir 14 umhverfisáhrifaflokka. Jákvæð gildi tákna neikvæð umhverfisáhrif og öfugt

Á mynd 5 má sjá að ferli 1 gefur af sér jákvæð umhverfisáhrif í 7 af 14 umhverfisáhrifaflokkum. Á sama hátt, eru jákvæð umhverfisáhrif tengd 7 af 14 áhrifaflokkum fyrir ferli 2. Út frá þessum niðurstöðum er ljóst að með því að velja það að endurvinnna plast hjá Pure North verður umhverfissparnaður í 13 af 14 umhverfisáhrifaflokkum.

Hlutfallsleg áhrif undirferla:

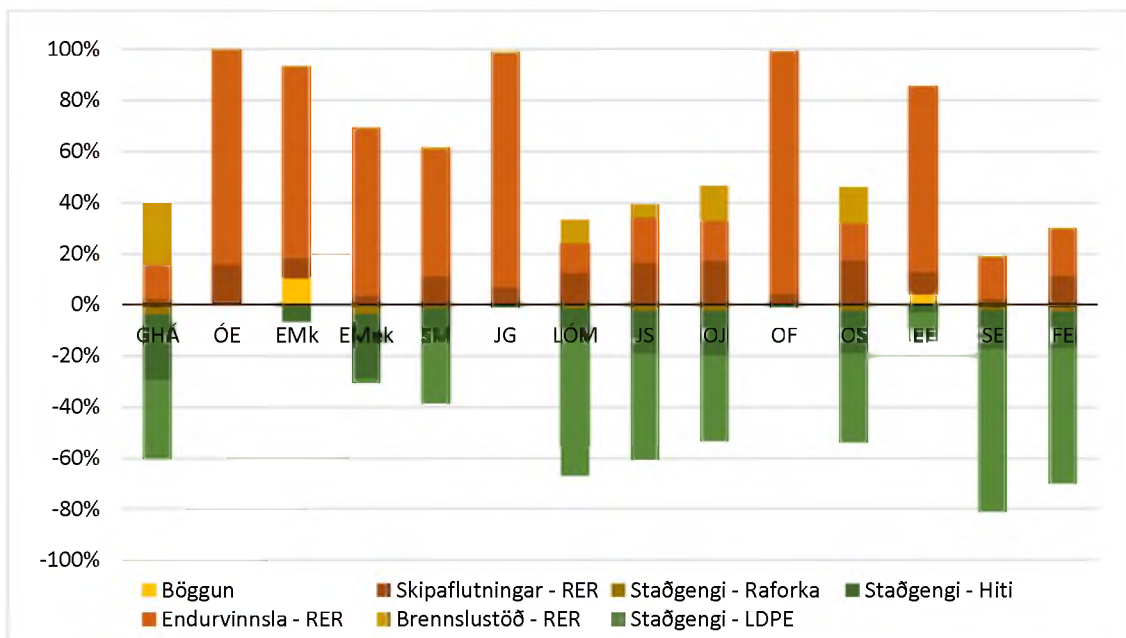
Ferli 1: Skoðum hvaða undirferli hafa hlutfallslega mest áhrif á niðurstöður hvers áhrifaflokks fyrir tilfalli Pure North.



Mynd 6. Hlutfallsleg áhrif undirferla á hvern umhverfisáhrifaflokk fyrir ferli 1. Með undirferlinu Pure North er átt við orku og vatnsnotkun plastendurvinnslunnar hjá Pure North (PN). RER stendur fyrir Evrópu (án Sviss) og LDPE stendur fyrir plasttegundina

Eins og við mátti búast, og sést á mynd 6, hefur staðgengi endurunna plasticsins mestu jákvæðu umhverfisáhrifin innan hvers áhrifaflokks. Orku- og vatnsnotkun endurvinnslu Pure North hefur síðan mest áhrif á flokkanna EMk, EMek, JG, OF, EF og FE. Hinsvegar, eins og áður var nefnt, skal túlka niðurstöður EMk, EMek og EF með varkárni. Skipaflutningar hafa mest áhrif á niðurstöður flokkana ÓE og JG.

Ferli 2: Ef við skoðum hvaða undirferli og forsendur hafa hlutfallslega mest áhrif á niðurstöður hvers áhrifaflokks fyrir tilfallið þar sem endurvinnsla plast á sér stað í Evrópu.



Mynd 7. Hlutfallsleg áhrif undirferla á hvern umhverfisáhrifaflokk fyrir ferli 2. RER stendur fyrir Evrópu (án Sviss) og LDPE stendur fyrir plasttegundina

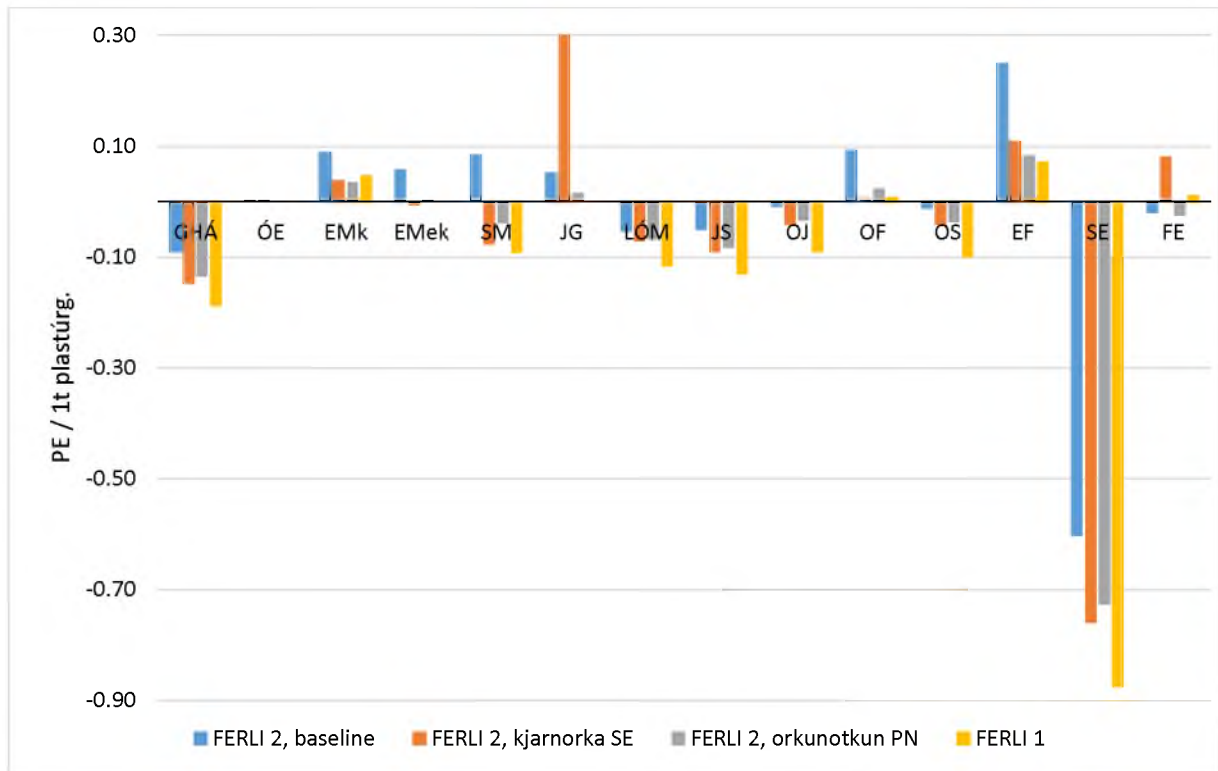
Hér sést að endurvinnslan í Evrópu hefur talsverð áhrif á niðurstöður ferlis 2, þ.e. er áhrifamest í flokkunum ÓE, EMk, EMek, SM, JG, OF og EF. Þannig má áætla að orkuframleiðsla og orkunotkun sé næmasta breytan í greiningunni.

5.2 Óvissur, næmi og skekkjur

Þegar litið er á töflu 4 um gæðasérkenni gagnanna sem notuð voru er ljóst að það ríkir óvissa um ferli 3 og þar með niðurstöður ferlis 3 sömuleiðis. Hinsvegar, er ljóst að hágæða gögn voru notuð í ferli 1 og þessvegna er lítil möguleiki á skekkju í niðurstöðum um ferli 1. Eins og sést á mynd 7 má áætla að helsta óvissan varðandi ferli 2 er tengd orkunotkun endurvinnslunnar og þá líka gagnabankanum um orkuframleiðslu sem byggir á meðaltals orkuframleiðslu og -notkun í Evrópu. Hægt væri að öðlast meiri vissu í niðurstöðum ferlis 2 með því að staðsetja endurvinnsluna í Evrópu í ákveðnu landi. Hinsvegar, þá er íslenskt úrgangsplast sent til ýmissa landa í Evrópu og þannig ná niðurstöður ferlis 2 yfir breiðara úrtak endurvinnslu íslensks úrgangsplasts með þessu móti.

Óvissu- og næmigreining orkunotkunar í Evrópu

Vert er að athuga niðurstöður ferlis 2 með því að annars vegar að nota kjarnorku frá Svíþjóð, og hinsvegar með því að gera ráð fyrir að endurvinnslan í Evrópu noti sama magn af vatni og orku á tonni af efni og Pure North gerir í sinni endurvinnslu. Þetta er gert til þess að athuga óvissu og næmi forsendanna sem settar voru í upphafi verkefnisins um ferli 2.



Mynd 8. Óvissu- og næmigreining fyrir ferli 2. Í bláu er upphafleg greining ferlis 2, í appelsínugulu hefur orkuuppsrettunni verið breytt í kjarnorku frá Svíþjóð og í gráu má sjá niðurstöður ef jafnmikil orka væri notuð í Evrópu eins og í Pure North, ferli 1. Ferli 1 í gulu hér til samanburðar

Eins og sést þá breytast niðurstöður ferlis 2 lítillega þegar forsendur um orkunotkun er breytt. Endurvinnsla Pure North er með lægri umhverfisáhrif í 10 af 14 áhrifaflokkum miðað við bestu niðurstöður fyrir ferli 2 í hverju tilfalli.

5.3 Túlkun niðurstaða

Útfrá þessum niðurstöðum er ljóst að með því að velja að endurvinna plast hjá Pure North veldur það umhverfissparnaði.

Umhverfissparnaður vegna endurvinnslu Pure North árið 2018 samanborið við ferli 2:

Samkvæmt þeim forsendum sem notaðar voru í þessari skýrslu er umhverfissparnaður tengdur 13 af 14 umhverfisáhrifaflokkum (efri mörk töflu 8) og ef tekið er tillit til bestu niðurstaða ferlis 2 sem kom fram í óvissugreiningunni þá verður umhverfissparnaður í 10 af 14 umhverfisflokkum (neðri mörk töflu 8).

Tafla 8. Umhverfissparnaður vegna endurvinnslu Pure North árið 2018 samanborið við ferli 2

Áhrifaflokkar	Eining	Umhverfissparnaður, PN 2018	
		Neðri mörk	Efri mörk
Gróðurhúsaáhrif	kg CO ₂ -Eq	-6.02E+04	-1.48E+05
Ósóneyðing	kg CFC-11 Eq	-4.54E-03	-4.73E-02
Eiturverkanir manna, krabbameinsvaldandi	CTUh	1.36E-04	-4.26E-04
Eiturverkanir manna, ekki krabbameinsvaldandi	CTUh	2.32E-03	-1.12E-02
Svifryksmyndun	kgPM _{2.5} -eq	-8.39E+00	-9.23E+01
Jónandi geislun	kBq U235 eq	-3.07E+03	-9.34E+04
Ljósefnavirk ósón myndun	kg NMVOC	-4.84E+02	-6.65E+02
Jarðsýrnun	mol H+ eq	-3.76E+02	-7.57E+02
Ofauðgun jarðvegs	mol N eq	-1.08E+03	-1.77E+03
Ofauðgun ferskvatns	kg P eq	2.09E-01	-9.77E+00
Ofauðgun sjávar	kg N eq	-1.05E+02	-1.56E+02
Eiturverkanir í ferskvatni	CTUe	-1.47E+03	-2.24E+04
Steinefnaeyðing	kg Sb eq	-1.37E+06	-3.22E+06
Frumefnaeyðing	kg antimony-eq	2.48E-01	-4.50E-01

Koltvíoxíðssparnaður sem hefur orðið af vinnslu Pure North árið 2018:

Ef aðeins er litið á áhrifaflokkinn “Gróðurhúsaáhrif” þá hefur starfsemi Pure North orðið valdur að umhverfissparnaði sem nemur 60 til 148 tonn CO₂-Eq losunar árið 2018 samanborið við það ef plastúrgangurinn hefði verið sendur til Evrópu til endurvinnslu (BAU). Þessi sparnaður samsvarar losun um 44 til 109 dæmigerðra diesel drifinna fólksbíla á einu ári (SMMT, 2019).

Tafla 9. Koltvíoxíðssparnaður endurvinnslu Pure North samanborið við ferli 2 og ferli 3

Endurvinnsla Pure North	Ferli 1-Ferli 2	Ferli 1-Ferli 3	Eining
2.88E+05	1.48E+05	9.91E+05	kg CO ₂ -Eq
287.76	147.76	991.27	tonn CO ₂ -Eq
212	109	730	bílar/ári

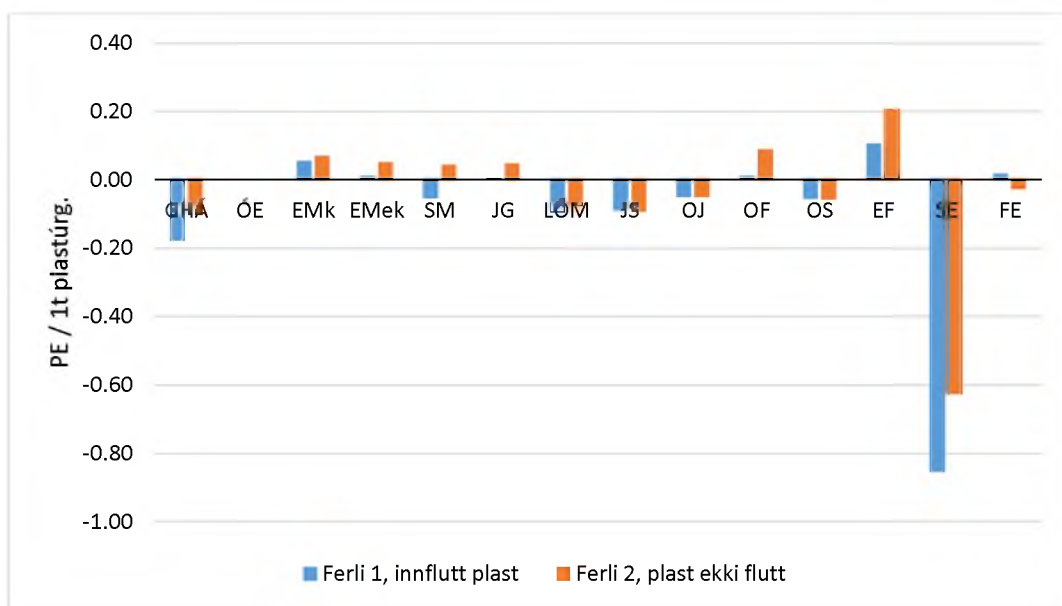
Útreikningarnir í töflu 9 eru byggðir á heildarframleiðslu Pure North árið 2018 (188.8 tonn), meðaltalsútbæstri nýrra diesel bíla 120.1 g CO₂-Eq/km (SMMT, 2019) og áætlaðri meðalkeyrslu fólksbíls á ári 11300 km/ári (Samgöngustofa, 2018).

5.4 Frekari athuganir og íhuganir

Nú þegar er ljóst að Pure North er umhverfisvænn kostur fyrir íslenskt úrgangsplast er áhugavert að athuga ef það sama gildi um Evrópskt úrgangsplast.

Pure North flytur inn úrgangsplast til endurvinnslu:

Í þessu tilfalli eru bornar saman niðurstöður ferla 1 og 2 þar sem gert er ráð fyrir að plastúrgangi sé safnað í Evrópu. Í tilfalli ferlis 1 er því bætt við flutningi á blautu úrgangsplasti með trukkum og skipi (frá endurvinnslustöð að höfn, 15 km tómur aðra leið, skipaflutningar frá Rotterdam til Íslands, 2189 km og trukkur frá Þorlákshöfn til Hveragerðis, 21 km tómur aðra leið). Ferli 1 tekur einnig til greina að endurunnar plastpelletur eru sendar til baka til Evrópu til notkunar eins og áður. Á móti var flutningur dreginn frá ferli 2 þannig að gert er ráð fyrir að plastúrgangi sé safnað á viðeigandi endurvinnslustöð (Material Recovery Facility, MRF) og framleiddar plastpelletur eru endurnýttar í Evrópu.



Mynd 9. Niðurstöður bornar saman á endurvinnslu úrgangsplasts sem safnast í Evrópu. Ferli 1 stendur fyrir það ef Pure North flytur inn úrgangsplast frá Evrópu og ferli 2 er til samanburðar, þar sem endurvinnslan fer fram í Evrópu og er ekki flutt

Af þessum niðurstöðum er ljóst að lægri umhverfisáhrif hljóttast af því að endurvinna evrópskan plastúrgang á Íslandi og flytja aftur unnar pelletur til Evrópu í 10 af 14 umhverfisáhrifaflokkum.

6 Lokaorð

Gæði gagna

Gögnin sem voru notuð fyrir ferli 1 voru í háum gæðum þar sem þau voru fengin frá mælingum Pure North. Einnig eru gögn ferlis 2 og 3 góð.

Hlutfalls áhrif undirferla

Undirferli sem höfðu mest áhrif á niðurstöður ferlis 1 voru staðgengi nýs plasts, orkunotkun Pure North og skipaflutningar til Evrópu. Áhrifamestu undirferli ferlis 2 voru; staðgengi nýs plasts, orkunotkun endurvinnslunar, orkunotkun brennslustöðvarinnar, skipaflutningar og staðgengi orkunnar sem hlaust af brennslunni.

Óvissur og næmi

Ljóst varð í könnun á hlutfallslegra áhrifa undirferla að litlar óvissur væru tengdar ferli 1 en fyrir ferli 2 var val á orkuframleiðslu og orkunotkun endurvinnslunar í Evrópu næmstu breyturnar. Þegar næmstu breytur ferlis 2 voru kannaðar varð ljóst að endurvinnsla Pure North veldur umhverfissparnaði í a.m.k. 10 af 14 umhverfisáhrifaflokkum.

Umhverfissparnaður

Reiknaður var mesti og minnsti umhverfislegi sparnaður starfsemi Pure North árið 2018 samanborið við ferli 2 og sést það í töflu 8. Umhverfissparnaður endurvinnslu Pure North árið 2018 samanborið við ferli 2 (BAU) samsvarar 60 til 148 tonn CO₂-Eq, eða losun um 44 til 109 dæmigerðra fólksbíla á einu ári (SMMT, 2019).

Innflutningur plastúrgangs

Loks voru könnuð umhverfisáhrif þess ef plastúrgangur væri fluttur til Íslands frá Evrópu til endurvinnslu hjá Pure North og það borið saman við ferli 2 þar sem engan skipaflutning þyrfti til að framkvæma endurvinnslu. Niðurstöðurnar gefa til kynna að lægri umhverfisáhrif hlytust í 10 af 14 áhrifaflokkum ef endurvinnsla evrópsks plastúrgangs væri framkvæmd á Íslandi.

6.1 Ályktanir og ráðleggingar

Lífsferilsgreiningin gefur til kynna að plastendurvinnsla Pure North dregur úr umhverfisáhrifum samanborið við hefðbundna plastendurvinnslu Íslands og Evrópu.

7 Heimildaskrá

Astrup, T. (2008): Management of APC residues from W-t-E plants, an overview of management options and treatment methods. Second edition. Produced by members of ISWA-WG Thermal Treatment of waste subgroup on APC residues from W-t-E plants. ISWA, Copenhagen.

Damgaard, A., Erikssen, M., Bassi, S. A. And Sanchez, V. M. (2017). EASETECH – User manual. Department of Environmental Engineering, Technical University of Denmark, Kgs. Lyngby, Denmark.

Efla. (2018). Pure North – Magntaka. Úrvinnslusjóður

EPA. (2018). Greenhouse Gas Emissions from a Typical Passenger Vehicle. United States Environmental Protection Agency, EPA.

European Commission (2003): Refuse derived fuel. Current practice and perspectives (B4-3040/2000/306517/MAR/E3). Final report.

European Commission. (2010). International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance. European Commission - Joint Research Center - Institute for Environment and Sustainability. Publication Office of the European Union; 2010.

European Commission. (2010). International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook – Framework and requirements for Life Cycle Impact Assessment models and indicators. European Commission - Joint Research Center - Institute for Environment and Sustainability. Publication Office of the European Union; 2010.

International Organization for Standardization. (2006). 14040: Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework. ISO.

Liljenroth, U. (2014). LCA study - Plastic Waste from Households. WSP Environmental. SORPA, Iceland.

Línuhönnun. (2006). Vistferilsgreining fyrir plast- og pappambúðir í heimilissorpi á Íslandi. Úrvinnslusjóður, Ísland.

Ren, H. (2012). Plastic Waste Recycling and Greenhouse Gas Reduction. Department of Development and Planning, Aalborg University, Denmark.

Renova. (2017). Figures 2017. Sótt í apríl 2019 af heimasíðu Renova: <https://www.renova.se/in-english/about-us/>

Samgöngustofa. (2018). Meðalakstur bofreiða, Meðalakstur á ári. Sótt í apríl 2019 af: <https://www.samgongustofa.is/umferd/tolfraedi/onnur-tolfraedi/>

SMMT. (2009). SMMT Vehicle Data, Annual New Car Registrations. Sótt í apríl 2019 af vefsíðunni: <https://www.smmt.co.uk/vehicle-data/car-registrations/>

8 Viðauki A

Tafla A.1. Tæknileg-, landfræðileg-, tímaleg samsvörun gagnasafna með almennum athugasemdum sem fengin voru frá Ecoinvent um orku- og frumefnanotkun

Gagnasafn	Land	Tímarammi	Athugasemd	Tækni	Heimild
Electricity production, deep geothermal	Ísland	2015-2016	Rafmagn, gas, raki og loftkæling	Nútímaleg	Ecoinvent
Marginal Electricity Consumption incl. Fuel Production, Coal, Energy Quality	Danmörk	2006-2013	Framleiðsla, dreifing og notkun á jaðarorku	Nútímaleg	EASETECH, ELCD data
Diesel, EU-15, ELCD	Evrópa	2003-2013	Framleiðsla og brennsla á eldsneyti	Nútímaleg	EASETECH, ELCD
Wire drawing, steel	Evrópa	1997-2019	Framleiðsla á járn og stáli	Núverandi	Ecoinvent
Market group for electricity, high voltage	Evrópa	2015-2019	Raforkuframleiðsla, sending og dreifing	Virkni á markaði	Ecoinvent
Drinking water from groundwater	Evrópa	2005-2016	Vatn frá grunnvatni	Núverandi	EASETECH, ELCD
Market group for electricity, high voltage	Asia	2015-2016	Raforkuframleiðsla, flutningur og dreifing	Virkni á markaði	Ecoinvent

Tafla A.2. Tæknileg-, landfræðileg-, tímaleg samsvörun gagnasafna með almennum athugasemdum sem fengin voru frá Ecoinvent um meðhöndlunaraðferðir úrgangs

Gagnasafn	Land	Tímarammi	Athugasemd	Tækni	Heimild
Waste to energy plant, generic	Danmörk	2012-2016	Brennsla og gashreinsun	Núverandi	EASETECH, Vestforbræðing
Treatment of waste plastic, mixture, open burning	Global	2006-2019	Förgun á hættulausum úrgangi	Núverandi	Ecoinvent
Treatment of waste plastic, mixture, open dump, dry infiltration class (100mm)	Global	2006-2019	Förgun á hættulausum úrgangi	Núverandi	Ecoinvent
Treatment of waste plastic, mixture, unsanitary landfill, dry infiltration class (100mm)	Global	2006-2019	Förgun á hættulausum úrgangi	Núverandi	Ecoinvent

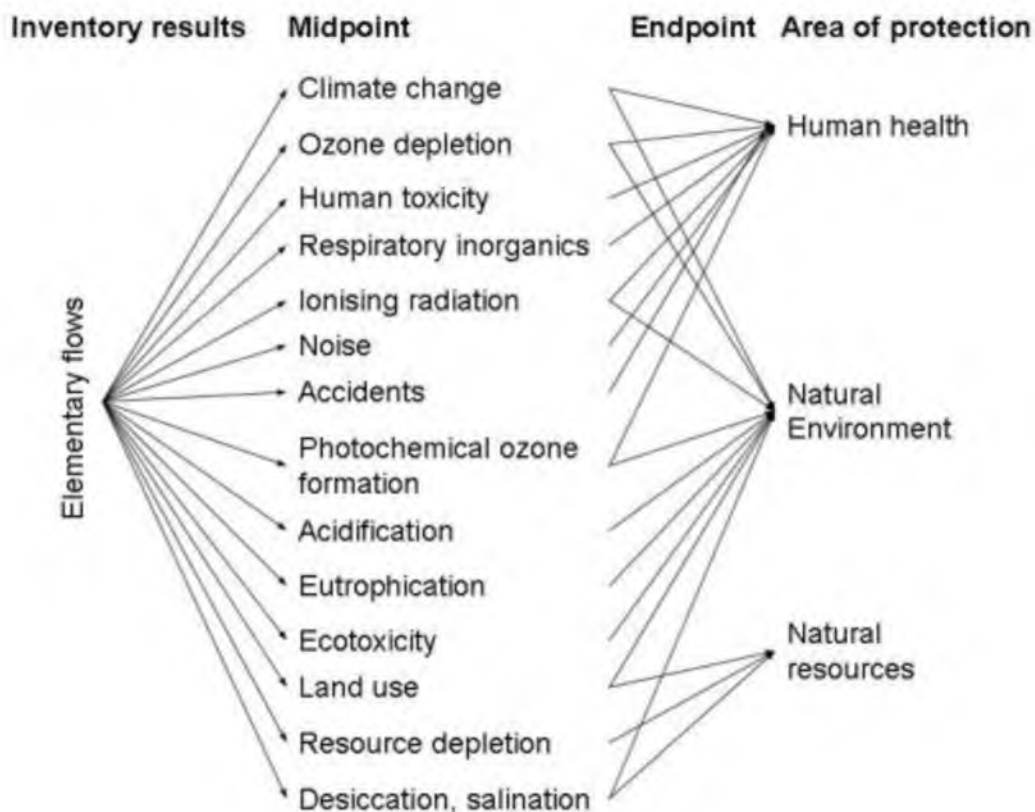
Tafla A.3. Tæknileg-, landfræðileg-, tímaleg samsvörun gagnasafna með almennum athugasemdum sem fengin voru frá Ecoinvent um flutning

Gagnasafn	Land	Tímarammi	Athugasemd	Tækni	Heimild
Road, Truck, 28t-32t, Euro5, on highway	Danmörk	2009-2013	Hraði 80 km/klst, utan borgar, Euro5, 100% fylli 18 ton	Núverandi	EASETECH, COWI
Production and Combustion of Diesel Oil in Truck, EU2	Evrópa	1998-2012	Framleiðsla og bruni á eldsneyti í truck	Eldri	EASETECH, EDIP, IPU-NF-E2752
Transport, freight, sea, transoceanic ship	Global	1992 til 2019	Aðrar hafnir og skipaflutningaþjónusta	Nútímaleg	Ecoinvent

Tafla A.4. Tæknileg-, landfræðileg-, tímaleg samsvörun gagnasafna með almennum athugasemdum sem fengin voru frá Ecoinvent um ýmsa framleiðslu notuð sem staðgengi ákveðins varnings

Gagnasafn	Land	Tímarammi	Athugasemd	Tækni	Heimild
Polyethylene low density granulate (PE-LD)	Evrópa	1999-2016	Framleiðsla, mótun, flutningur og orkunotkun	Nútímaleg	EASETECH, ELCD
Basalt quarry operation	Evrópa	2003-2019	Gröftur fyrir steina, sand og leir	Núverandi	Ecoinvent
Hard Coal in Power Plant	Evrópa	2003-2013	Framleiðsla og brennsla kola	Nútímaleg	EASETECH, European Comission, 2003
Utilization for neutralization of waste acid	Noregur	2006-2012	Hlutleysa súran úrgang frá títaníum iðnaði	Núverandi	EASETECH, ISWA

9 Viðauki B

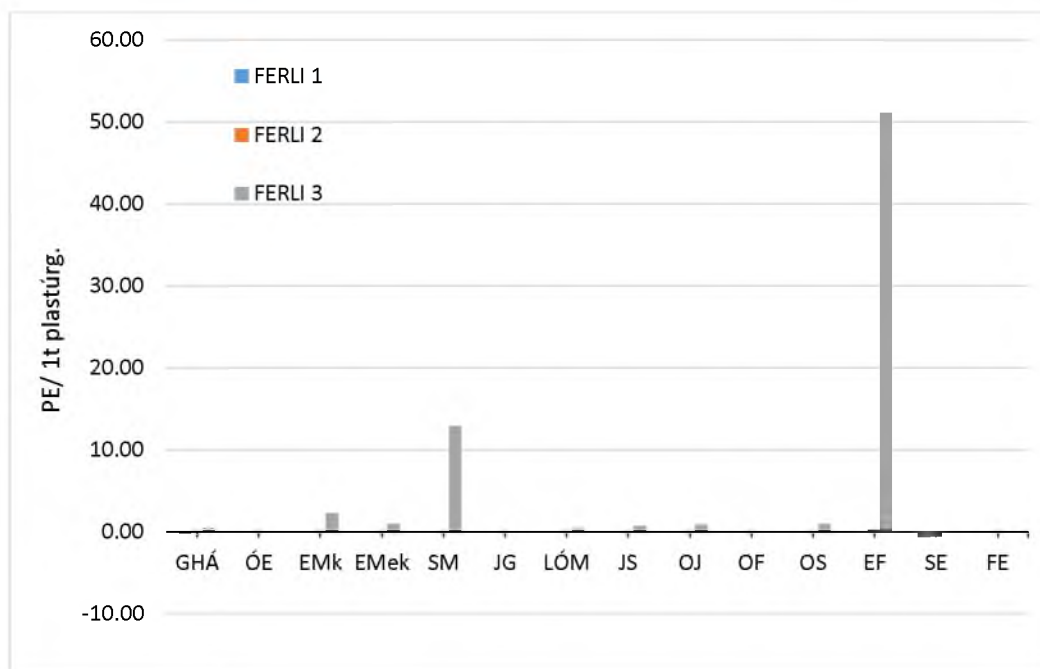


Mynd B.1. Rammi áhrifaþátta fyrir líkanagerð á miðpunkti og endapunkti (og verndarsvæði). Myndin er fengin frá ILCD handbók, 2010 (European Commission, 2010)

Tafla B.1. Normaliseraðir stuðlar samkvæmt PROSUITE verkefninu stýrt af Evrópusambandinu

ILCD Impact Category	Indicator	Unit	PROSUITE Global (2010 or 2000)
Climate change	Radiative forcing as global warming potential (GWP100)	kg CO ₂ eq./PE/year	8.10E+03
Ozone depletion	Ozone depletion potential (ODP)	kg CFC-11 eq. /PE/year	4.14E-02
Human toxicity, cancer effects	Comparative toxic unit for humans (CTUh)	CTUh/PE/year	5.42E-05
Human toxicity, non-cancer effects	Comparative toxic unit for humans (CTUh)	CTUh/PE/year	1.10E-03
Particulate matter/Respiratory inorganics	Intake fraction for fine particles (kg PM _{2.5} -eq/kg) - PM _{2.3} eq	kg PM _{2.5} eq. /PE/year	2.76E+00
Ionizing radiation, human health	Human exposure efficiency relative to U ₂₃₅	kBq U ₂₃₅ eq. (to air) /PE/year	1.33E+03
Photochemical ozone formation, human health	Tropospheric ozone concentration increase	kg NMVOC eq. /PE/year	5.67E+01
Acidification	Accumulated exceedance (AE)	mol H ⁺ eq. /PE/year	4.96E+01
Eutrophication terrestrial	Accumulated exceedance (AE)	mol N eq. /PE/year	1.15E+02

Eutrophication freshwater	Residence of P in freshwater end compartment	kg P eq. /PE/year	6.20E-01
Eutrophication marine	Residence of N in freshwater end compartment	kg N eq. /PE/year	9.38E+00
Land use	Biophysical deficit	kg C deficit/PE/year	2.36E+05
Ecotoxicity freshwater	Comparative toxic unit for ecosystems (CTUe)	CTUe/PE/year	6.65E+02
Resource depletion water	Scarcity	m3 water eq. /PE/year	2.97E+01
Resource depletion, mineral, fossils and renewables	Scarcity	kg Sb eq. /PE/year	3.13E-01
Resources, depletion of abiotic resources, fossil	Scarcity	MJ/PE/year	6.24E+04
Resources, depletion of abiotic resources (reserve base)	Scarcity	kg Sb eq. /PE/year	0.0343



Mynd B.2. Normaliseraðar niðurstöður ferla 1, 2 og 3