

Fýsileikaskýrsla

Sorporkustöð á Suðurnesjum



Um skýrsluna

Titill: Sorporkustöð á Suðurnesjum

Þessi skýrsla er upphaflega skrifuð fyrir Kólku sorpeyðingarstöð sf. Frekari notkun eða samnýting á innihaldi þessarar skýrslu skal gert með samþykki Kólku. Fyrirtækið ReSource International ehf. ber ekki ábyrgð á notkun gagna eða upplýsinga úr þessari skýrslu í öðru samhengi eða öðrum forritum.

Útgáfa: 2.0

Dagsetning útgáfu: 16.06.2021

Höfundar:

Guðrún Fjóra Guðmundsdóttir, Daníel Eldjárn Vilhjálmsson og Ingibjörg A. Bergþórsdóttir, Karl Eðvaldsson ReSource International ehf., Steinþór Þórðarson framkvæmdastjóri KÖLKU

Gæðastjórar:

Jón Örvar G. Jónsson & Karl Eðvaldsson, ReSource International ehf.

Rýnendur:

Önundur Jónasson stjórnarformaður KÖLKU, Steinþór Þórðarson framkvæmdastjóri KÖLKU

Ráðgjafarfyrirtæki:

ReSource International ehf.

Vallakór 4, 2. hæð
203 Kópavogur, Iceland

+354 571 5864 | +41 (0)78 200 97 87

resource.is

Viðskiptavinur:

Kalka sorpeyðingarstöð sf.

Tengiliður:
Steinþór Þórðarson

+354 4218010

steinthor@kalka.is

Formáli

Ríkisstjórn Íslands samþykkti þann 28. maí 2018 að setja af stað vinnu við **innleiðingu heimsmarkmiða Sameinuðu Þjóðanna fyrir Ísland**. Í kjölfar stefnumótunar hófst samstarf með **bæjarstjórum sveitarfélaganna fjögurra á Suðurnesjum** (Grindavíkur-, Reykjanes-, Suðurnesjabæjar og Voga) auk forstjóra **Isavia og Kadeco**. Fékk samstarfið nafnið „**Suðurnesjavettvangur**“. Verkefnið var greint niður í fjögur málefnasvið þar sem tugir **aðila úr ranni bakhjarlanna tóku þátt**: Áherslusviðin eru:

- 1 Blómlegt og fjölbreytt atvinnulíf
- 2 Sjálfbært og aðlaðandi samfélag
- 3 Traustir og hagkvæmir innviðir
- 4 Vel menntað og heilbrigt samfélag

Að verkefninu komu að auki fjölmörg fyrirtæki á Suðurnesjum, félagasamtök og einstaklingar – **alls á þriðja hundrað manns**. Þann 12. nóvember 2020 var haldinn fundur þar sem **fimm ráðherrar lýstu yfir ánægju með verkefnið**. Samband sveitarfélaga á Suðurnesjum (SSS) hafði frumkvæði að því að leggja af stað með tvö verkefni sem kanna skyldi nánar og rannsaka:

- 1 **Sorporkustöð í Helguvík.**
- 2 ECO INDUSTRIAL PARK – „GRÆNN IÐNGARÐUR“ sem byggir á þeirri hugmynd að orkustraumar/hrat frá einum verði að hráefni hjá öðrum.

Sorporkustöð í Helguvík er fyrsti liður í samstarfi Suðurnesjavettvangs og styður við aðgerðir stjórnvalda í loftlagsmálum, hringrásarhagkerfinu, heimsmarkmiðunum og sjálfbærni. Sveitarfélögin, Reykjanes-, Suðurnesja-, Grindavíkurbær og Vogar, lýsa hér með yfir stuðningi við uppfærslu á Kölku og nýrri sorporkustöð í Helguvík á Suðurnesjum.

Kjartan Már Kjartansson,
Bæjarstjóri Reykjanesbæjar

Fannar Jónasson,
Bæjarstjóri Grindavíkurbæjar

Magnús Stefánsson,
Bæjarstjóri Suðurnesjabæjar

Ásgeir Eiríksson,
Bæjarstjóri Voga

Samantekt

Í þessari skýrslu eru færð rök fyrir því af hverju reisa ætti sorporkustöð á Íslandi, af hverju reisa ætti eina sorporkustöð sem viðbót við KÖLKU, hverjar helstu áhættur eru við að reisa slíka stöð og af hverju Suðurnesin eru hentug staðsetning fyrir sorporkustöð. Farið er yfir það helsta sem varðar rekstur sorporkustöðva, atvinnusköpun, afurðanýtingu, reynslu erlendis og tæknileg viðfangsefni ásamt umhverfispáttum. Einnig er stofn- og rekstrarkostnaður metinn.



Sorporkustöðvar nota úrgang til þess að framleiða orku.

Þannig eru þær endurnýtingar og meðhöndlunarúrræði fyrir óendurvinnanlegan úrgang og um leið orkuuppspretta. Til þess að stuðla að framförum í meðhöndlun úrgangs hafa verið lögð fram áform um að leggja á bann við urðun lífræns úrgangs og **koma á urðunarskatti**. Þessi áform kalla á nýja innviði fyrir meðhöndlun úrgangs og þá sér í lagi sorporkustöð. Sorporkustöð er ekki meðhöndlunarlausn fyrir allan úrgang en samhliða aukinni endurnotkun og endurvinnslu væri hægt að umbreyta hluta úrgangs í orku og **skapa tækifæri fyrir atvinnulíf og nýsköpun**. Sorporkustöð á Íslandi er talin vera ákjósanlegri fyrir framtíð Íslands í úrgangsmálum samanborið við flutning á úrgangi til brennslu erlendis Farið er nánar yfir þau rök í skýrslunni.

Áætlað er að á árunum 2025 til 2045 verði brennanlegur og óendurvinnanlegur úrgangur á bilinu **91-121 þúsund tonn á ári** (Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2020). Gera má ráð fyrir ákveðnu flökki hvað varðar framboð úrgangs til brennslu sem er athugað nánar í kaflanum „Sveiflur í úrgangsmyndun“. Ýmis viðbrögð standa til boða í þeim tilfellum sem stærð brennsluofns fer ekki saman við framboð úrgangs til brennslu (sjá á mynd 1). Á mynd 2 má sjá hvernig hlutfallið milli magns úrgangs og brennslugetu ofns hefur áhrif á orkuframleiðslu. Sorporkustöðin er hugsuð sem viðbót við núverandi sorpbrennslustöð. Ein sorporkustöð rekin samhliða KÖLKU skapar öruggari rekstur og áreiðanleika í orkuframleiðslu samanborið við margar minni stöðvar. Einnig er hagkvæmara að reka stærri stöðvar frekar en minni og

getur munurinn verið allt að 50% þegar borið er saman meðhöndlun á einu tonni úrgangs í stöð með 30 þúsund tonna brennslugetu og stöð með 100 þúsund tonna brennslugetu. Farið er nánar yfir þessi atriði í köflum 4, 5 og 7.

Um **84% af úrganginum** sem þyrfti að fara í sorpbrennslu á Íslandi fellur til



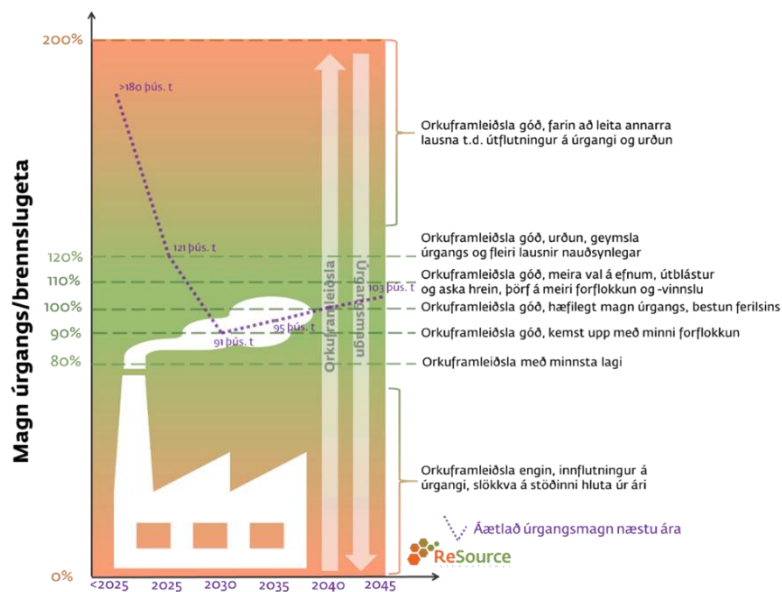
Mynd 1: Viðbrögð við þeim vandamálum sem kunna að skapast ef byggð er of stór eða of lítill stöð.

á **suðvesturhorni landsins** (Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2020). Ef farið yrði í uppbyggingu á einni sorporkustöð á Íslandi má áætla að hentugasta staðsetningin væri á suðvesturhorni landsins.

Helguvík á Suðurnesjum er hagkvæm staðsetning með tilliti til flutninga og innviða þar sem uppskipunarhöfn, alþjóðaflugvöllur og tvöfalt vegakerfi eru nú þegar til staðar. Auk þess er svæðið skilgreint sem iðnaðar- og hafnarsvæði í deiliskipulagi og samþykkt hefur verið uppbygging stóriðju á svæðinu.

170 – 250 störf
við byggingu stöðvar.
35 stöðugildi
við rekstur stöðvar.

Á Suðurnesjum er breið samstaða um að reisa sorporkustöð á svæðinu þar sem hún myndi **skapa störf** og gæti verið grundvöllur fyrir frekari uppbyggingu fjölbættrar starfsemi á svæðinu, til dæmis fyrir grænan iðngarð (e. Eco-Industrial Park) eins og áformað er að hafa í Helguvík og á nærliggjandi svæði. Sorporkustöðin væri þar ákveðin uppspretta orku fyrir önnur fyrirtæki á svæðinu og einnig gæti hrat úr slíkri starfsemi nýst sem hráefni fyrir aðra starfsemi. Grænar iðngarðar vinna í takt við heimsmarkmiðin og hringrásarhagkerfið á öllum sviðum. **Iðnaðar- og hafnarsvæðið í Helguvík er talið kjörstaðsetning fyrir slíkan garð.**



Mynd 2. Skematísk mynd sem sýnir magn úrgangs miðað við brennslugetu ofns og síðan þróun úrgangs næstu ára. Við útreikninga er gert ráð fyrir 100 þús. tonna brennslugetu á ári.

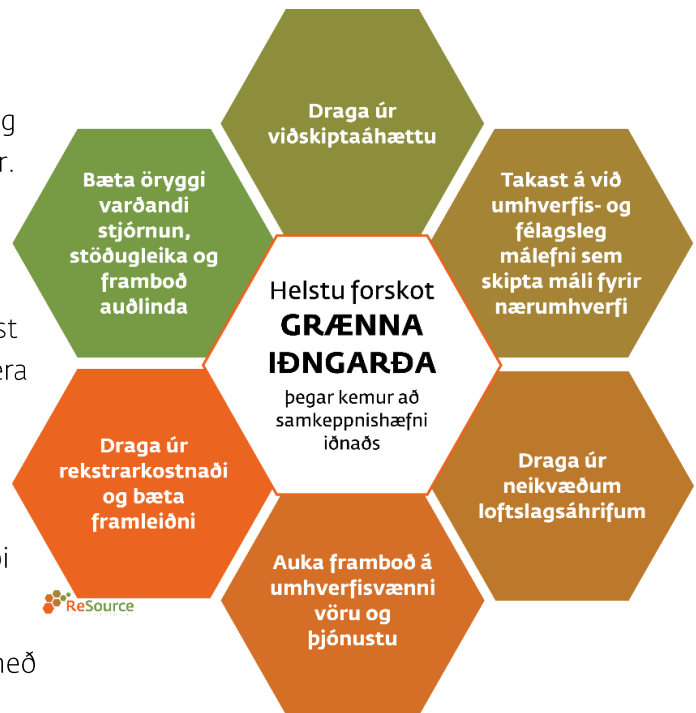
Í Helguvík er einnig sorpeyðingarstöð Kölku sem felur í sér ákveðin samlegðaráhrif þar sem ekki er æskilegt að brenna allan óendurvinnalegan úrgang í sorporkustöðvum. Kalka hefur um **12.500 tonna** brennslugetu á ári og getur þannig tekið við þeim úrgangi sem myndi annars menga botnösku sorporkustöðvarinnar, en hrein botnaska frá sorporkustöðvum er auðlind sem hægt er að nýta í vegaf framkvæmdir og steypu. Sorpeyðingarstöð Kölku gerir það einnig að verkum að hægt verður að skipuleggja viðhald stöðvanna betur hvað varðar meðhöndlun úrgangs og öryggi, nýtingu og afhendingu orku og auðlinda. Við þessa greiningu var leitað eftir aðstoð hjá alþjóðlegu verkfræði- og

ráðgjafastofunni COWI við kostnaðargreiningu og ýmsa tæknilega þætti varðandi sorporkustöðvar. Verkfræði- og ráðgjafarstofan COWI þykir vera fremst þegar það kemur að ráðgjöf, hönnun og framkvæmdastýringu slíkra stöðva. Miðað við 100 þús. tonna brennslugetu á ári og 8 þús. klst gangtíma á ári skal innmötun úrgangs í stöðina vera sirka **12,5 tonn/klst± 20%**.

Flutningsþörf úrgangs til sorporkustöðvarinnar var rýndur og er áætlað að flutningar að undanskildum úrgangi frá Suðurnesjum yrði eftirfarandi:

Með landflutningum: **8-11 ferðir á dag** með trukkum sem rúma 23-25 tonn af úrgangi.

Með strandflutningum: **10-14 gámar á viku** með 40 feta gámum.



Miðað við 100 þús. tonna brennslugetu á ári er útblástur um **81.000 Nm³/h¹** og **sorporkustöðin uppfyllir þá (eða: og miðað við að þá uppfylli sorporkustöðin...) ýtrustu kröfur Evrópusambandsins um útblástur²**. Við brennslu sorps myndast hiti sem hægt er að nýta til orkuframleiðslu. Gera má ráð fyrir að heildarnýting sorporkunnar verði á bilinu 14-28 % ef einungis er framleitt raforka (Tafla 1).

Orkutegund	80 þús. tonn		100 þús. tonn		Eining
	Lágmark	Hámark	Lágmark	Hámark	
Raforkuframleiðsla	3,5	8,5	4,4	10,6	MW

Tafla 1. Orkuframleiðsla sorporkustöðva eftir brennslugetu og framleiddri orkutegund.

Við brennsluna myndast einnig flugaska sem fönguð er úr útblæstri brennslustöðvarinnar sem og botnaska sem safnast fyrir í botni brennslurýmisins. Mögulega er hægt að nýta þessa ösku í framleiðslu á sementi og steypu og í vegagerð. Áætlað er að við brennslu 100 þús. tonna verði til eitt til þrjú þús. tonn af flugösku og 15 til 30 þús. tonn af botnösku árlega.

Kostnaður við byggingu 80 – 100 þús. tonna sorporkustöðvar er áætlaður allt að **26 milljarðar íslenskra króna³**. Áætlað er að um **170 – 250 manns** komi að byggingu stöðvarinnar á einn eða annan hátt og að framkvæmdin muni taka um **32 mánuði³**. Gert er ráð fyrir að við stöðina starfi um **35 manns** í fullu starfi við meginstarfsemi, yfirstjórn, þrif og viðhald. Áætlað er að heildarrekstrarkostnaður 100 þús.

¹ Gert ráð fyrir að valin verði sorporkustöð sem framleiðir rafmagn með hálfþurri hreinsun og SNCR (Selective Non-Catalytic Reduction) tækni til þess að lágmarka útblástur NOx.

²Hámarks leyfilegur útblástur samkvæmt rammtilskipun Evrópusambandsins nr. 75/2010 miðað við bestu fíánlegu tækni (BREF) frá árinu 2019.

³Kostnaðargreining og skýrsla unnin af verkfræðistofunni COWI (sjá viðauka 1).

tonna sorporkustöðvar með endurgreiðslu fjármögnunar á 20 árum geri það að verkum að verðskrá meðhöndlunaraðferðarinnar verði á bilinu **28 – 37 kr/kg**. Til samanburðar var kostnaður við urðun blandaðs heimilisúrgangs á Álfsnesi 35 kr./kg árið 2020 og kostnaður við meðhöndlun endurvinnsluefna (pappírs, pappa og plasts) á höfuðborgarsvæðinu 6.9 - 10.1 kr/kg á ári (SORPA bs., 2020). Nánar er fjallað um ýmsa kostnaðarliði í kafla 7.

Efnisyfirlit

Formáli	3
Samantekt	4
Orðalisti	9
1. Inngangur	10
2. Lög og stefnur um meðhöndlun úrgangs	10
3. Af hverju sorporkustöð?	12
4. Val á stærð sorporkustöðvar	14
<i>Þróun brennanlegs úrgangs á Íslandi</i>	14
<i>Sveiflur í úrgangsmyndun</i>	15
5. Val á staðsetningu fyrir sorporkustöð	17
<i>Helguvík á Suðurnesjum</i>	18
<i>Núverandi sorpbrennsla á Suðurnesjum</i>	20
6. Rekstur sorporkustöðva	20
<i>Flutningsleiðir</i>	21
<i>Móttöku- og flokkunarstöðvar</i>	23
<i>Útblástursstýring og umhverfisáhrif</i>	23
<i>Afurða- og orkunýting</i>	25
7. Kostnaðargreining	29
<i>Rekstrarkostnaður</i>	31
<i>Eignarhald og fjármögnun sorporkustöðvar</i>	32
8. Umræða og næstu skref	35
9. Heimildir	36
Viðauki 1	39
Viðauki 2	46
Viðauki 3	49

Orðalisti

ESB – Evrópusambandið.

LHV – Lægra hitagildi (e. Lower Heating Value).

RDF – Eldsneyti unnið úr úrgangi (e. Refuse Derived Fuel).

Brennanlegur úrgangur - Sá hluti úrgangs sem hægt er að brenna þannig að orka hlýst af bruna hans (miðað við orku-, raka- og öskuinnihald) og á sama tíma myndar ekki tærandi efni við bruna sem gæti eyðilagt brennsluofna.

Lífbrjótanlegur úrgangur - Samheiti við hugtakið "lífrænn úrgangur".

Óendurvinnanlegur úrgangur - Sá úrgangur sem ekki er hægt að endurvinna hverju sinni, hvort sem það sé vegna gerð efnis, tæknilegra vandamála eða skorts á hagnýtum lausnum.

Áætlaður fargaður úrgangur - Sá úrgangur sem áætlað er að hvorki sé hægt að endurvinna né endurnýta, hvort sem það sé vegna gerð efnis, tæknilegra vandamála eða skorts á hagnýtum lausnum.

1. Inngangur

Í þessari skýrslu verða færð rök fyrir því af hverju reisa ætti sorporkustöð á Íslandi, af hverju það sé skynsamlegt að reisa eina slíka stöð sem viðbót við KÖLKU og af hverju Suðurnesin (Helguvík) er hentug staðsetning fyrir slíka stöð. Einnig er rýnt í þætti er varða:

- Lög og reglugerðir
- Reynsla erlendis frá varðandi sorporkustöðvar
- Áætluð þróun brennanlegs úrgangs til næstu 20 ára
- Stærð sorporkustöðvar
- Afurðanýting frá sorporkustöð
- Tæknileg viðfangsefni
- Umhverfisáhrif
- Stofn- og rekstrarkostnaður sorporkustöðva
- Fjármögnun og eignarhald á sorporkustöðvum

Alþjóðlega verkfræði- og ráðgjafastofan COWI var fengin til að aðstoða við kostnaðargreingu og ýmsa aðra tæknilega þætti varðandi sorporkustöðvar. Verkfræði- og ráðgjafarstofan COWI þykir vera fremst þegar kemur að ráðgjöf, hönnun og framkvæmdastýringu slíkra stöðva.

2. Lög og stefnur um meðhöndlun úrgangs

Ísland á aðild að Fríverslunarsamtökum Evrópu (EFTA) og hefur samþykkt samning Evrópska efnahagssvæðisins (EES) og ber þess vegna skylda til þess að skila gögnum um úrgangsmyndun og uppfylla markmið rammtilskipunar ESB um úrgang nr 2008/98/EC. Lög um meðhöndlun úrgangs nr. 55/2003 byggja á grunnstoðum rammtilskipunarinnar, þar á meðal forgangsröðun við meðhöndlun úrgangs (e. waste hierarchy) (Mynd 3), þ.e. fyrst skal leitast til að koma í veg fyrir að úrgangur myndist, þar næst endurnota hluti, endurvinnna og endurnýta, en sísti kosturinn er að farga.

Markmið íslenskra stjórnvalda

Íslensk stjórnvöld hafa sett sér markmið í úrgangsmálum til næstu ára og birtast þau í *Aðgerðaráætlun í loftlagsmálum* sem gefin var út af Umhverfis- og auðlindaráðuneytinu árið 2020. Meginmarkið stefnunnar er að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda frá meðhöndlun úrgangs, vinna að kolefnishlutleysi Íslands og m.a. að stuðla að sjálfbærri auðlindanýtingu. Markmiðin er varða úrgang og sóun miða að því að draga úr urðun og hætta urðun lífnidurbjótanlegs úrgangs. Samkvæmt aðgerðaráætluninni var samanlögð losun á gróðurhúsalofttegundum frá urðun úrgangs, sorpbrennslu og jarðgerð hér á landi var um 5% af heildarlosun Íslands árið 2018, þar af var um 95% vegna urðunar úrgangs (Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2021). Til þess að draga

Lög um meðhöndlun úrgangs nr. 55/2003 fara yfir skyldur sveitarfélaga í úrgangsstjórnun. **Sveitarstjórnir bera ábyrgð á söfnun heimilisúrgangs** og skulu ákveða fyrirkomulag söfnunar á heimilis- og rekstrarúrgangi. Sveitarstjórnir bera að auki ábyrgð á að starfræktar séu móttöku- og söfnunarstöðvar fyrir úrgang sem fellur til í sveitarfélaginu.

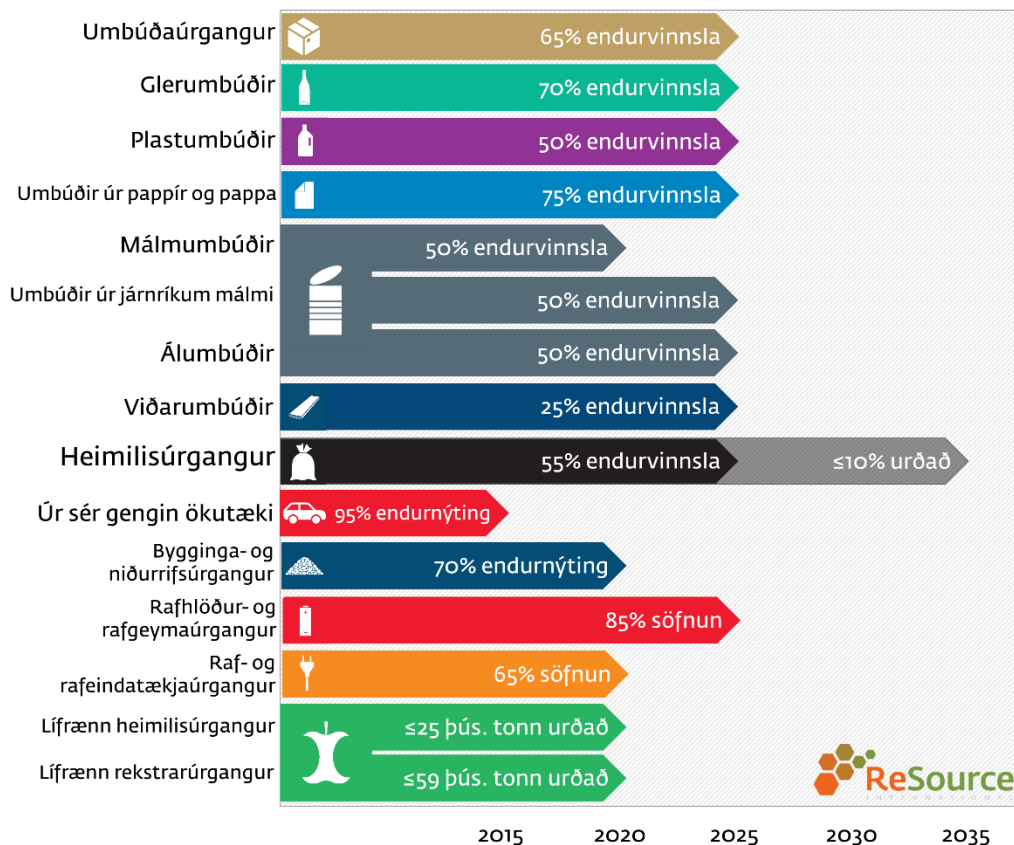
úr þeim umhverfisáhrifum er tekið fram í áætluninni að fyrirhugað sé að setja á urðunarskatt (Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2021) og samkvæmt heimasíðu Stjórnarráðs Íslands er lagt til að upphæð hans verði 15 kr/kg fyrir urðun á almennum úrgangi og 0,5 kr/kg fyrir urðun á óvirkum úrgangi (Stjórnarráð Íslands, 2020).

Í stefnu Umhverfis- og auðlindaráðuneytisins koma fram töluleg markmið fyrir ýmsa úrgangsflokka (sem má finna á Mynd 4) og samkvæmt stefnunni er rétt tæplega 40% af heimilisúrgangi endurnýttur.



Mynd 3: Úrgangspríyrningurinn, forgangur um meðhöndlun úrgangs.

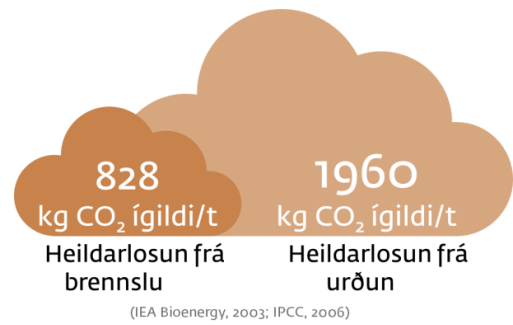
Markmið Íslands um ráðstöfun úrgangs



Mynd 4. Töluleg markmið íslenskra stjórnvalda um ráðstöfun úrgangs til ársins 2035. Sjá má helstu flokka úrgangs og hvenær tölulegu markmið þeirra skulu vera uppfyllt. Sem dæmi þá skal vera búið að koma á 50% endurvinnslu á plastumbúðum fyrir árið 2025.

3. Af hverju sorporkustöð?

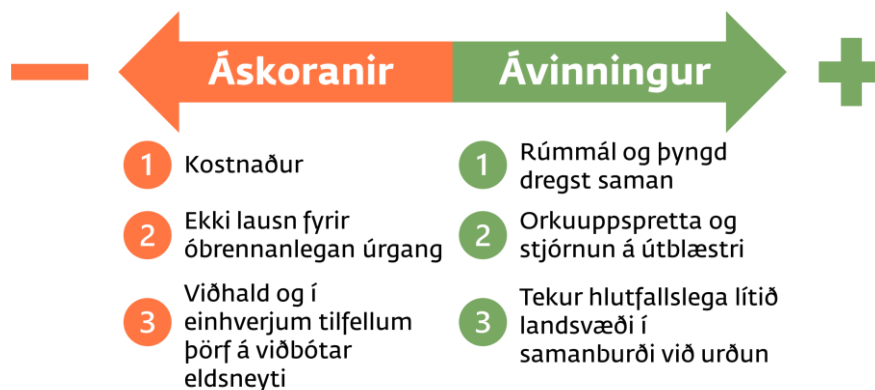
Á Íslandi eru tvær lausnir nýttar varðandi förgun úrgangs: urðun og sorpbrennsla. Þessar lausnir þjóna grundvallarþörf nútímasamfélags til að losa sig við efni en förgun er alltaf sísti kosturinn við meðhöndlun úrgangs. Til þess að stuðla að framförum í meðhöndlun úrgangs hafa stjórnvöld lagt fram áform um bann við urðun lífræns úrgangs og koma á urðunarskatti. Þetta er gert til þess að draga úr urðun úrgangs, og sérstaklega þess úrgangs sem nú þegar á sér vel skilgreindar meðhöndlunarlausnir sem hafa jákvæðari áhrif á umhverfið.



Þessi áform stjórnvalda kalla á nýja innviði fyrir meðhöndlun úrgangs og er sorpbrennsla með orkunýtingu (sorporkustöð) álitin góður kostur er stuðlar að sjálfbærni í meðhöndlun úrgangs á Íslandi (Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2020). Þó er sorporkustöð ekki meðhöndlunarlausn fyrir allan úrgang en samhliða aukinni endurnotkun og endurvinnslu væri hægt að umbreyta hluta úrgangs í orku og skapa tækifæri fyrir atvinnulíf og stuðla að nýsköpun. Með því að brenna úrgang er komið í veg fyrir að hann sé urðaður og orkan sem myndast bætist inn á núverandi orkukerfi landsins.

Í þeim tilfellum sem úrgangur er brenndur í sorporkustöð með það að markmiði að framleiða hita eða orku er ferlið skilgreint sem endurnýting. Sorporkustöðvar framleiða orku (sem hita og/eða rafmagn) og gefa frá sér útblástur (sem má fanga og selja, koltvísýringur). Sorpbrennsla felur í sér ákveðnar áskoranir og ávinning (sjá Mynd 5).

Helsta áskoran sorporkustöðva er fólgin í upphafskostnaði starfseminnar, auk þess að meðhöndlunaraðferðin leysir í sjálfu sér ekki vandan við hvað á að gera við óbrennanlegan úrgang svo sem málma, gler og grjót. En einnig mætti nefna að viðhald tefur strafsamina hluta úr ári og endurræsing hennar þarfnast eldsneytis í einhverjum tilfellum. Aftur á móti taka sorporkustöðvar minna landsvæði og draga úr úrblæstri gróðurhúsalofttegunda samanborið við urðunarkostinn. Þar að auki dregst rúmmál úrgangs saman við brennslu og starfsemin hefur í för með sér að til verður orkasem hægt er að nýta.



Mynd 5. Ávinningur og áskoranir við sorporkustöðvar sem meðhöndlunarlausn fyrir úrgang.

Í Þýskalandi var fyrsta sorpbrennslustöðin byggð á árunum 1894-1895. **Bannað** hefur verið **að urða** blandaðan úrgang frá heimilum og fyrirtækjum síðan árið 2005 og í dag er **meira en 60%** af öllum heimilisúrgangi og úrgangi frá rekstri **enduruninn**, rest fer í brennslu til orkunýtingar.

Allar sorpbrennslustöðvar í **Þýskalandi** verða að hafa **hreinsunarkerfi** fyrir sinn útblástur til þess að halda sínu starfsleyfi. Þýskar sorpbrennslustöðvar þurfa allar að fylgja **17. BImSchV reglugerðinni** varðandi útblástur og önnur mengandi efni. Reglugerðin, sem tók gildi 1. desember 1990, útlistar lágmarks hitastig við brennslu og brennslutíma í brennsluofnum og hún tryggir **að öllum mengandi þáttum sé eytt** í útblæstrinum.

Í drögum um *Stefnu um meðhöndlun úrgangs* (Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2021) er sett fram sú framtíðarsýn að Ísland verði meðal leiðandi þjóða í sjálfbærri nýtingu náttúruauðlinda og í loftslagsmálum. Framtíðarsýnin felur í sér að hringrásarhagkerfið verði virkt, að dregið verði verulega úr myndun úrgangs, endurvinnsla hans aukin og urðun hætt. Með því að byggja sorporkustöð myndast farvegur fyrir úrgang sem myndi að öllu óbreyttu enda í urðun, orka þess úrgangs verður beisluð og nýtt inn í hringrásarhagkerfið. Bygging slíkrar stöðvar fellur því vel inn í framtíðarmarkmið íslenskra stjórnvalda í úrgangsmálum.

Reynsla erlendis

Á hverju ári eru meira en 80 milljónir tonn af úrgangi brennd í Evrópu. Sveitarfélög eða ríki innan ESB gefa út starfsleyfi til sorpbrennslu með ákveðnum takmörkunum á útblæstri frá starfsemi (e. Emission Limit Values). Útblástursgildin þurfa að framfylgja reglugerðum um heilsu- og náttúruvernd í samræmi við bestu fánlegu tækni (e. Best Available Techniques, BAT) (Alikei Kriekouki, 2018). Sorpbrennslur í Danmörku eru staðsettar nálægt stórum borgum (helstu uppsprettur úrgangs) og stærð þeirra miðast við hita- og orkuþörf borganna. Flestar þessara stöðva taka við um 150.000 – 300.000 tonnum á ári og framleiða að meðaltali um 2,3 MWst fyrir hvert úrgangstonn (Euwid, 2020). Allar sorporkustöðvar í Þýskalandi framleiða hita og/eða raforku og er meðalheildarorkunýting þeirra um 50%. Askar sem myndast við brennsluna í sorporkustöðvunum er nýtt til mannvirkjagerðar, einsog vegagerð og í burðarvirki í djúpum námum. Aðeins þrjú prósent öskunnar er urðað í landfyllingu (Umweltbundesamt, 2008).

Samkeppnishæfni Íslands

Hlutur úrgangs sem er fluttur frá Íslandi til brennslu er breytingum undirorpin vegna þeirrar þróunar sem er hafin varðandi það að draga úr urðun úrgangs. En til lengri tíma litið er ekki talið öruggt að reiða sig á aðgengi að brennsluofnum erlendis (Center for Eco Technology, 2018) þar sem almenn þróun í Evrópu er einnig að auka endurvinnslu og draga úr brennslu (rammatilskipun ESB nr. 2008/98/EC). Í því samhengi má nefna sem dæmi að Holland hefur sett háa skatta á innfluttan úrgang til brennslu (EUWID, 2020).

Greining á þörf sorpbrennslustöðva á Íslandi

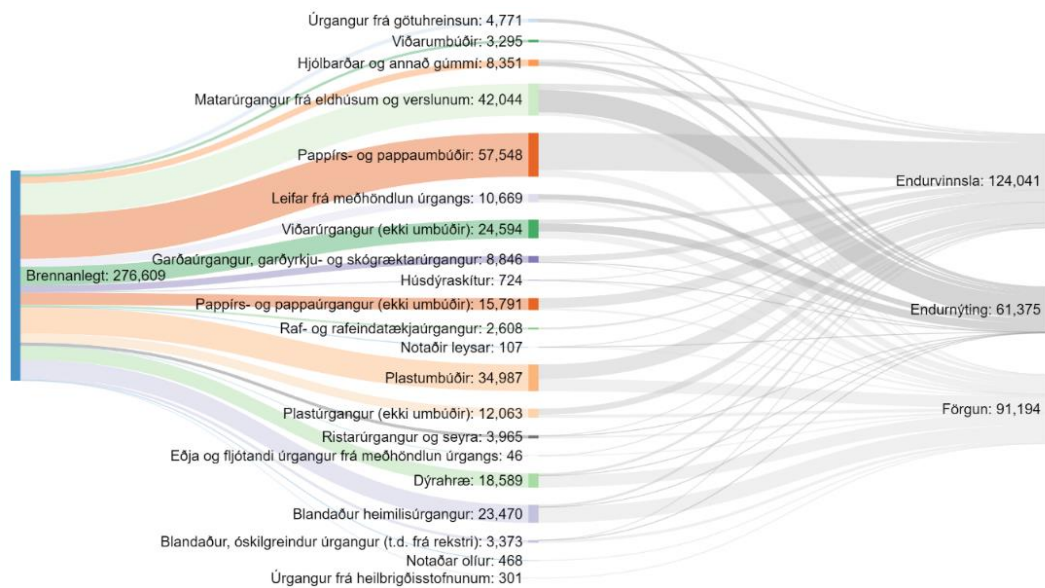
er skýrsla sem gefin var út af Umhverfis- og auðlindaráðuneytinu árið 2020. Í skýrslunni er áætlað hvað sorporkustöð þarf að taka við miklum úrgangi í framtíðinni og hversu mikil orka er í úrganginum.

4. Val á stærð sorporkustöðvar

Fyrirséð er að ákveðinn hluti úrgangs er óendurnýtanlegur og/eða ratar ekki í réttan endurvinnslufarveg og því þarf að leita lausna til að meðhöndla hann. Framtíðarþróun á magni þess úrgangs er að miklu leyti háð þeim árangri sem næst í söfnun, endurvinnslu og endurnýtingu á næstu árum og áratugum. Mögulegt er að brenna hluta af þessum úrgangi til orkunýtingar.

Þróun brennanlegs úrgangs á Íslandi

Í skýrslunni „Greining á þörf sorporkustöðva á Íslandi“, sem unnin var af ReSource International (2020) fyrir Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, var gerð greining á þróun úrgangs á Íslandi næstu áratugi. Í spálíkani skýrslunnar er gert grein fyrir heildarúrgangsmagni á landinu næstu 25 árin miðað við mannfjöldaspá og óbreytt neyslustig. Í skýrslunni var gert ráð fyrir að áætlaður brennanlegur úrgangur verði á bilinu 270 til 320 þúsund tonn/ári á næstu 25 árum. Brennanlegur úrgangur er að mestu leyti endurvinnanlegur. Vegna þeirra markmiða sem Íslensk stjórnvöld hafa sett mun endurvinnsla og endurnýting aukast, og tilkoma sorporkustöðvar mun ekki breyta þeirri þróun. Við gerð matsins var því horft á hvert væntanlegt magn brennanlegs úrgangs yrði miðað við þau markmið sem Íslensk stjórnvöld hafa sett sér, og var lífrænn úrgangur sem fer í Gas og jarðgerðarstöðina í Álfsnesi tekin með í þeim útreikningum. Áætlað er að á árunum 2025 til 2045 verði brennanlegur úrgangur, sem ekki ratar í endurnotkun, endurvinnslu eða aðra endurnýtingu, á bilinu **91-121 þúsund tonn á ári með meðaltal um 103 þúsund tonn árið 2045. Öryggisbilið miðast við há- og lággildi í mannfjöldaspá.** Mynd 6 sýnir farveg brennanlegs úrgangs árið 2030 ef Ísland nær markmiðum sínum um endurvinnslu og endurnýtingu.

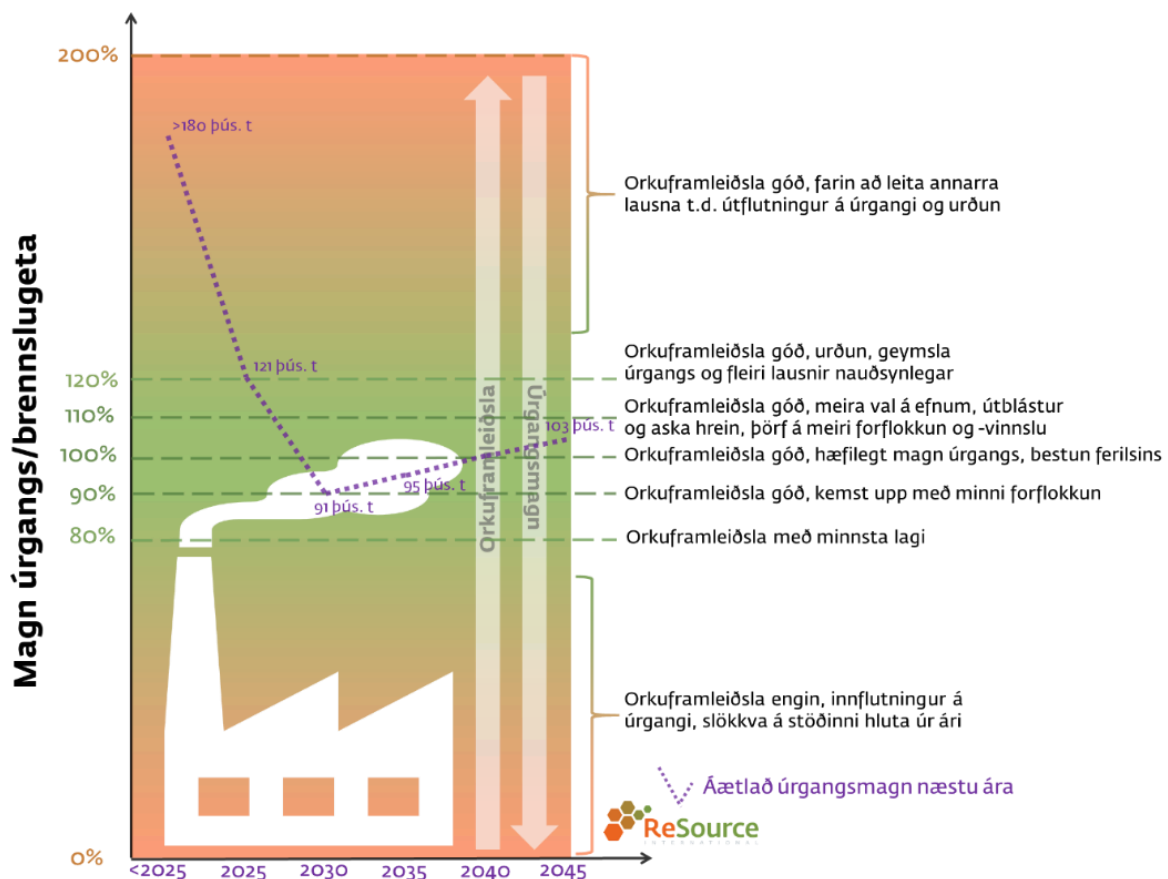


Mynd 6. Magn, samsetning og flæði brennanlegs úrgangs á Íslandi árin 2030-2045 samkvæmt sviðsmynd 2 úr skýrslu Umhverfis- og auðlindaráðuneytisins um Greiningu á þörf sorporkustöðva (Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2020). Úrgangur er flokkaður eftir EWC-stat flokkunarkerfinu og gildi tákna magn í tonnum sem áætlað er fyrir árið 2030.

Sveiflur í úrgangsmyndun

Magn úrgangs getur verið breytilegt miðað við efnahagssveiflur í samfélaginu og gera má ráð fyrir ákveðnu flókti hvað varðar framboð úrgangs til brennslu. Einnig má gera ráð fyrir öðrum óvæntum sveiflum í úrgangi og má þar nefna t.d. stórar framkvæmdir og riðuveikismit. Farga þarf þá sauðfé ásamt efni sem sauðfé komst í snertingu við t.d. timbur, plasti ásamt heyi og taði, helst með brennslu. Haustið 2020 kom upp riðuveiki í sauðfé í Skagafirði og vegna takmarkana á brennslugetu KÖLKU þá var ekki hægt að farga öllu sauðfénu með brennslu. Urða þurfti annað efni sem æskilegt hefði verið að brenna eða um 6500 tonn (Þórðarsson, 2021). Ýmis viðbrögð standa til boða í þeim tilfellum sem stærð brennsluofns fer ekki saman við framboð úrgangs til brennslu (sjá Mynd 7).

Á Mynd 7 má sjá hvernig hlutfallið milli magns úrgangs og brennslugetu ofns hefur áhrif á orkuframleiðslu. Leitast skal eftir því að hlutfallið sé innan við $\pm 20\%$ frá brennslugetu sorporkustöðvar (getur verið mismunandi eftir tegundum sorporkustöðva) (The International Bank for Reconstruction and Development, 1999). Þannig má reikna með að orkuframleiðsla sé innan marka um orkunýtni og minni þörf er á að leita annarra meðhöndlunarlausna fyrir úrgang.

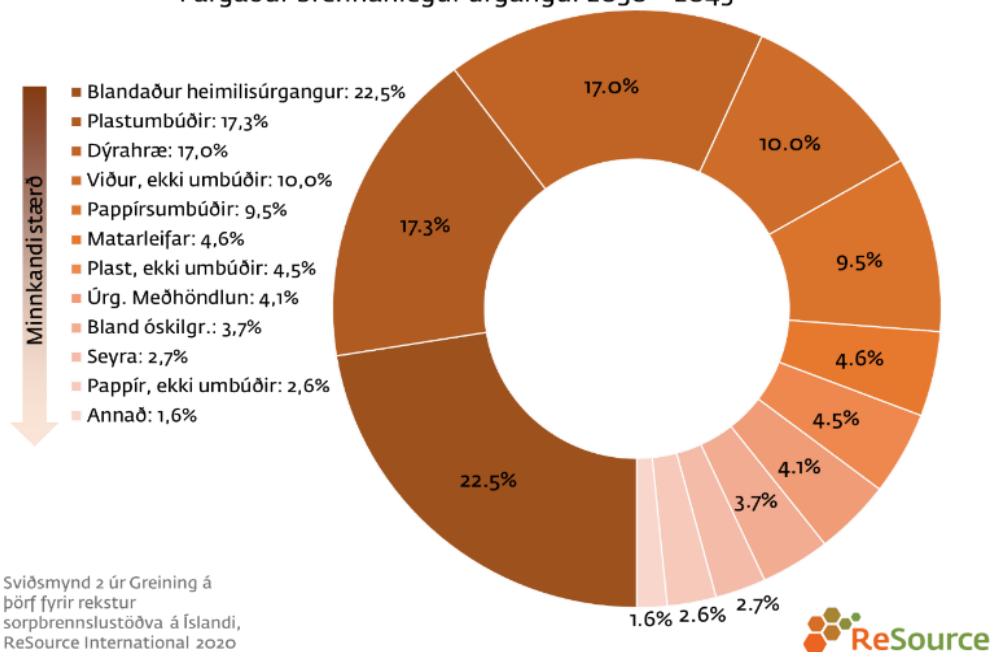


Mynd 7. Skematísk mynd sem sýnir magn úrgangs miðað við brennslugetu ofns og síðan þróun úrgangs næstu ára. Við útreikninga er gert ráð fyrir 100 þús. tonna brennslugetu á ári og stendur það því fyrir 100% nýtni. Athuga skal að fyrirvari er á hitagildi þess úrgangs sem brenndur er. Á myndinni er gert ráð fyrir að hitagildið sé á milli 11–12 MJ/kg en sé raungildi hærra eða lægra eru forsendur um brennslugetu og orkunýtingu stöðvar breyttar.

Fjólubláa línan merkir svo áætlaða þróun úrgangs sem hentar til brennslu til næstu ára. Sá úrgangur sem þörf er á að farga er samsettur úr ýmsum efnum en gert er ráð fyrir að stærstu flokkarnir séu blandaður heimilisúrgangur, plastumbúðir og dýrahæ (sjá á Mynd 8). Á Mynd 8 er hlutfall matarleifa um 4,6% af heildinni og því má áætla að ef dregið er um matarsóun um 50%, líkt og áform eru um (Stjórnarráð Íslands, 2020) má reikna með að framboð brennanlegs úrgangs dragist saman um 2,3%. Miðað við áætlanir um úrgangsforvarnir matarleifa, pappírs- og pappaumbúða má gera ráð fyrir að framboð brennanlegs úrgangs geti dregist saman um ca. 5% í heildina, ef litið er til samsetningar úrgangs á Mynd 8.

Á Mynd 7 er gert ráð fyrir að hitagildi þess úrgangs sem brenndur er sé á bilinu 11-12 MJ/kg. Ef raungildið reynist hærra eða lægra gæti það bent til þess að forsendur um brennslugetu og orkunýtingu stöðvar hafi breyst. Sé hitagildi úrgangs hærra þá gæti þurft að draga úr magni úrgangs sem fer í brennslu. Hitagildi úrgangs hækkar meðal annars þegar rakainnihald úrgangs minnkar. Talið er líklegt að slíkt yrði raunin miðað við þau áform að draga úr lífrænum úrgangi sem fer í förgun. Eins og gert hefur verið grein fyrir er framboð á brennanlegum úrgangi áætlaður um 100 þús tonn á ári. Miðað við mögulegar breytingar í samsetningu úrgangs, sem gætu breytt hitagildi (til þess hærra) ásamt mögulegum sveiflum í úrgangsmagni, þá er mælst til þess að hönnunarstærð fyrir nýja sorporkustöð sé um 100 þúsund tonna ofn. Vegna reglulegs viðhalds er miðað við að gangtími brennsluofnsins sé 8.000 klst á ári og þá þarf ofninn að geta tekið við sirka 12,5 tonn/klst. Söfnun, forflokkun, forvinnsla og flutningur úrgangs sem ætlaður er fyrir brennslu er því einkar mikilvægur þáttur fyrir starfsemina og þarf að tryggja að skipulagning og framkvæmd þess gangi sem best.

Fargaður brennanlegur úrgangur 2030 – 2045



Mynd 8. Áætluð samsetning þess brennanlega úrgangs sem farga þarf á árunum 2030-2045 samkvæmt sviðsmynd 2 úr Greiningu á þörf sorpbrennslustöðva á Íslandi (Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2020).

Í þessari skýrslu er mælt til þess að byggð verði ein sorporkustöð sem viðbót við einu núverandi sorpbrennslu landsins, KÖLKU. Rökin fyrir því að reisa ætti eina sorpbrennslustöð frekar en margar minni eru fyrst og fremst fólgin í því að slík sorporkustöð er betur í stakk búin til að takast á við mögulegar sveiflur í úrgangsmagni og innihaldi, sem tilgreindar hafa verið hér á undan, í samvinnu við öfluga flokkunarstöð sem ólíklegt er að borgi sig fyrir minni sorpbrennslustöðvar á landsbyggðinni. Með þessu móti, nýtingu KÖLKU og öflugri flokkunarstöð, er hægt að tryggja betur þá orkunýtni/framleiðslu sem nauðsynleg er svo að unnt sé að skilgreina meðhöndlunina sem endurnýtingu (sjá kafla 6). Einnig er stofnkostnaður fyrir eina stöð samanborið við margar minni stöðvar lægri og rekstrarkostnaður (kr/kg) minni (sjá minnisblað frá COWI (Viðauki 1)). Farið er nánar yfir rökin fyrir einni stöð samanborið við margar stöðvar í kafla 7.

5. Val á staðsetningu fyrir sorporkustöð

Við val á staðsetningu sorporkustöðvar þarf að huga að hagkvæmni staðsetningarinnar með tilliti til uppruna úrgangs, flutning hans og þeirra innviða sem eru fyrir hendi ásamt samþykktu skipulagi tilvonandi staðsetningar. Um 84% af úrganginum sem þyrfti að fara í sorpbrennslu fellur til á suðvesturhorni landsins, um 73% af heildarúrgangi landsins fellur til á höfuðborgarsvæðinu (Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2020).

Innviðir á borð við hafnir, flugvelli, vegakerfi, móttöku- og flokkunarstöð úrgangs og annar tengdur iðnaður eru nauðsynlegir fyrir rekstur sorporkustöðvar og ef þeir eru ekki nú þegar til staðar þarf að huga að uppbyggingu þeirra miðað viðvalda staðsetningu. Helguvík á Suðurnesjum er hagkvæm staðsetning með tilliti til flutninga og innviða þar sem fyrrnefndir þættir eru nú þegar til staðar, ásamt því að svæðið er skilgreint sem iðnaðar- og hafnarsvæði í deiliskipulagi og samþykkt fyriruppbyggingu stóriðju liggur fyrir á svæðinu.

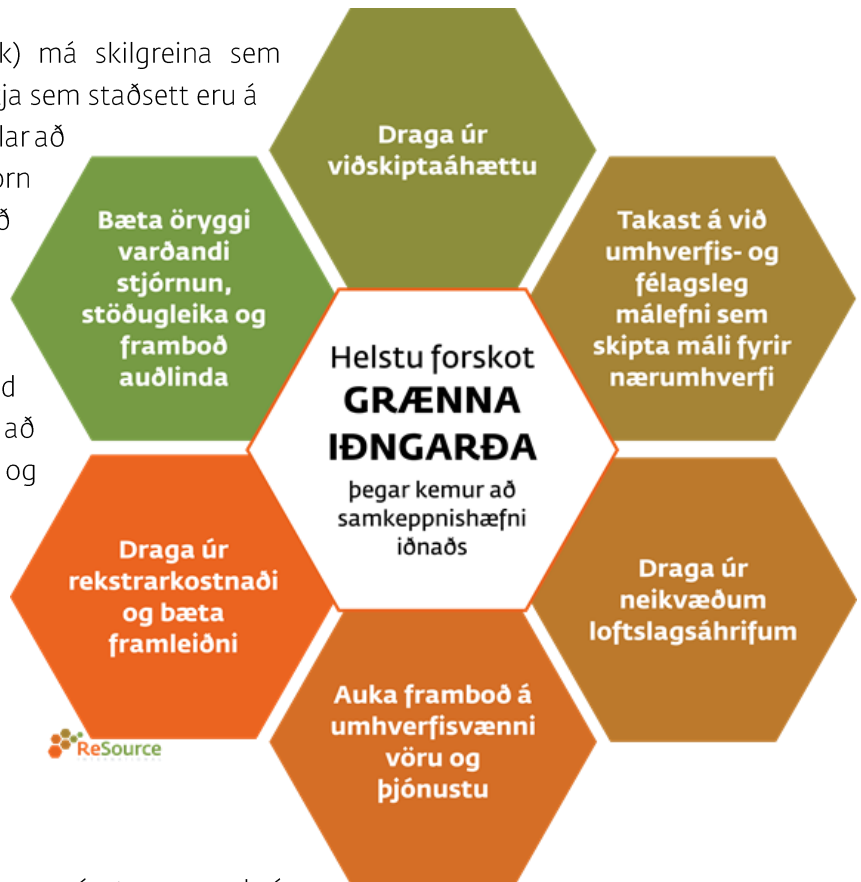
Val á staðsetningu er einnig efnahagslegt hagsmunamál þar sem sorporkustöð mun skapa störf og að auki mun vinnsla og meðhöndlun aukaafurða stöðvarinnar að öllum líkindum byggja upp þekkingu á svæðinu á sviði meðhöndlunar úrgangs og stuðla frekar að hringrásarhagkerfinu. Þessi þekking getur leitt af sér aukin atvinnutækifæri og stuðlað að nýsköpun á svæðinu. Á Suðurnesjum er stefnt að því að byggja upp grænan iðngarð þar sem ný sorporkustöð myndi gegna lykilhlutverki sem orkuuppspretta og hráefnisframleiðandi fyrir annan iðnað.



Grænn iðngarður (e. Eco-industrial park) má skilgreina sem samfélag framleiðslu- og þjónustufyrirtækja sem staðsett eru á landfræðilega afmörkuðu svæði og eru aðilar að félagsskap sem heldur utan um stjórn svæðisins. Aðildarfyrirtæki leitast við að deila, selja og/eða kaupa aukaafurðir vegna starfsemi sinnar, með það að markmiði að auka árangur í efnahags-, umhverfis- og félagslegum málum (United Nations, 2017). Slíkir garðar falla vel að heimsmarkmiðum Sameinuðu Þjóðanna og hugmyndafræði hringrásarhagkerfisins.

Forsendur fyrir því að setja upp grænan iðngarð í tengslum við sorporkustöðina byggjast enn fremur á eftirfarandi:

- Breið samstaða sveitarfélaga varðandi uppbyggingu á svæðinu.
- Nægt vinnuafli er á svæðinu.
- Mikil þekking á meðhöndlun úrgangs og áratuga reynsla á sorpbrennslu er fyrir hendi, m.a. í Kólku.
- Nýsköpun á sviði meðhöndlunar úrgangs.
- Menntun á sviði umhverfis- og auðlindafræði.



Unnið er að gerð skýrslu sem varðar innleiðingu og stefnumótun fyrir slíkan iðngarð á Helguvíkursvæðinu og er áætluð útgáfa skýrslunnar í júní 2021.

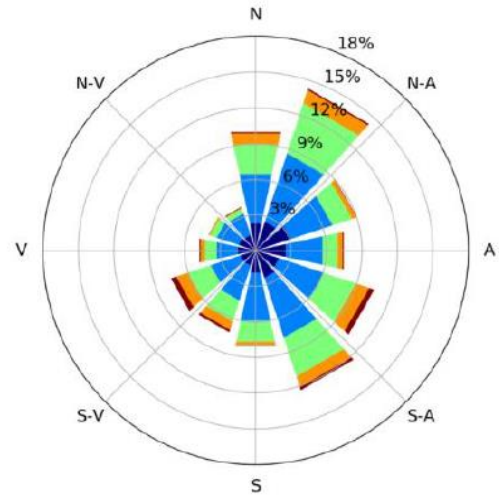
Helguvík á Suðurnesjum

Helguvík á Suðurnesjum er töluvert grýtt hamravík norðan við Reykjanesbæ og nær 21 til 26 metra yfir sjávarmál. Fjaran er stórgrýtt, jarðvegur þunnur og þurr og engir lækir renna á svæðinu. Helguvíkursvæðið liggur utan við virku eldstöðvakerfin og sprungukerfi þeirra (Verkís, 2020). Veðurfar á Reykjaneskaga einkennist af tíðum lægðum og vindum. Meðalofthiti á svæðinu er á bilinu 1-12°C og algengasta vindáttin á Keflavíkurflugvelli er NNA-átt og næst algengasta er SA-átt (Mynd 9).

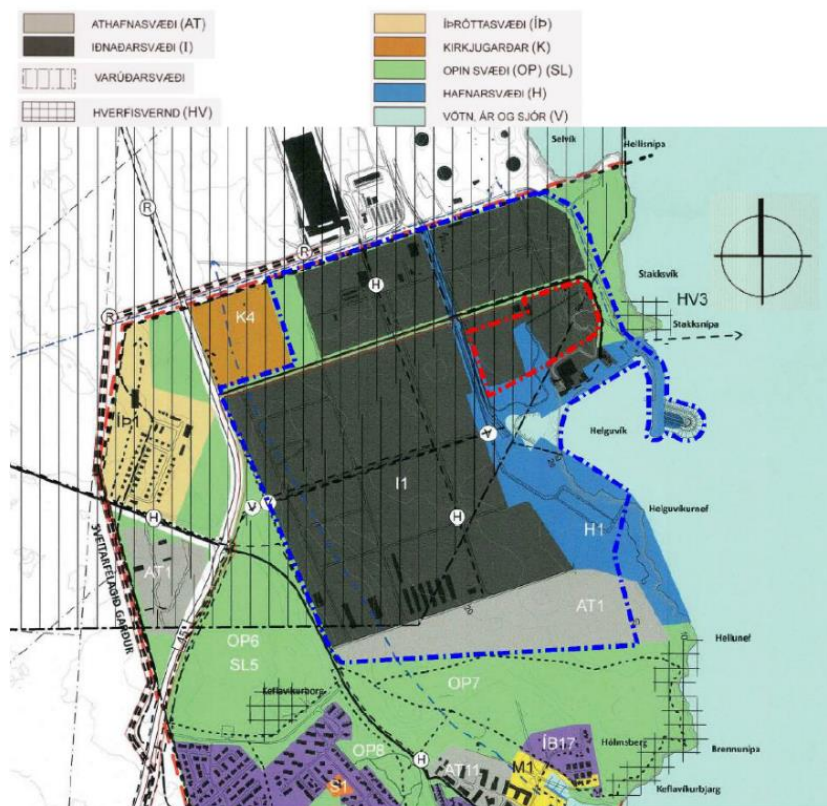
Samkvæmt svæðisskipulagi Suðurnesja 2008-2024 tilheyrir Helguvík einu af fjórum sameiginlegum atvinnusvæðum á Suðurnesjum, en megináhersla í Helguvík er lagt á iðnað og stórskipahöfn. Í aðalskipulagi Reykjanesbæjar 2015-2030 (VSÓ-ráðgjöf og Kanon arkitektar, 2017) kemur fram áætlun um uppbyggingu iðnaðar í Helguvík og er það merkt inná mynd 10 sem I1 - iðnaðarsvæði og H1 - hafnarsvæði. Frá árinu 2008 hefur Helguvík verið skilgreint sem iðnaðar- og athafnasvæði og á Stakksbraut 9 (rauða

svæðið á mynd 10) er heimilt að reisa 25 m há hús og allt af 52 m háa reykháfa til útblásturs á verksmiðjureyk.

Búið er að tryggja land undir stækkun Kólku eða til byggingar nýrrar sorporkustöðvar, verði farið í þá framkvæmd. Sú lóð er 3,4 hektarar að stærð og liggur að lóð Kólku en akvegur skilur lóðirnar tvær að. Ef þessi lóð er tengd við núverandi lóð Kólku (og móttökuplan Kólku fært til) verður óbyggt svæði á þessum tveimur lóðum að minnsta kosti 4,5 hektarar sem er nógu stórt svæði til að reisa 80-100 þúsund tonna sorporkustöð, sem og fyrir meðhöndlun og geymslu botn- og flugösku samkvæmt minnisblaði COWI (Þórðarsson, 2021).



Mynd 9. Vindrós af ríkjandi vindátt við Keflavíkflugvöll á tímabilinu 2013-2017.



Mynd 10. Aðalskipulag Reykjanesbæjar 2015 til 2030. Mörk gildandi deiliskipulags sýnd með blárrí punktalínu.

Núverandi sorpbrennsla á Suðurnesjum

Árið 1979 var byggð sorpbrennslustöð á Suðurnesjum og á margan hátt var sú stöð mjög góð á sínum tíma. Bygging stöðvarinnar markaði tímamót í sorpmálum Suðurnesja en árið 2004 var henni lokað og ný stöð, Kalka, tekin í gagn. Sameignarfélagið Kalka sorpeyðingarstöð s.f. (Suðurnes Incinerator Authority) er á ábyrgð, í eigu og rekið af Reykjanesbæ, Grindavíkurbæ, Suðurnesjabæ og Sveitarfélaginu Vogar. Kalka annast þjónustu á sviði sorphirðu og móttöku úrgangs í fyrrgreindum sveitarfélögum, sem og meðhöndlun brennanlegs úrgangs (Kalka s.f.). Fyrirtækið tekur við efnum frá landinu öllu og setur í forgang brennslu á því efni sem ekki á sér aðra farvegi hérlendis, eins og sóttmengað efni frá sjúkrastofnunum, lyfjaafgangar, úrgangur frá millilandaflugi og skipum auk spilliefna. Sorporkustöðin KALKA hefur starfsleyfi til að brenna 1,7 tonn/klst af brennanlegum úrgangi miðað við að sá úrgangur hafi orkuinnihaldið 12.500 kJ/kg samkvæmt starfsleyfi sem Umhverfisstofnun gefur út (Umhverfisstofnun, 2021). Gjöld fyrir sorphirðu og -eyðingu eru innheimt af sveitarfélögunum og þau greiða síðan Kólku samkvæmt samningi. Tekjurnar af móttökugjöldum skulu standa undir rekstri félagsins. Aukaafurðir sorpbrennslu eru botnaska og flugaska sem er annars vegar urðað í Álfsnesi og hins vegar siglt með frá Helguvík til Noregs til frekari meðhöndlunar.

Nýting KÖLKU samhliða nýrri sorporkustöð

Ljóst er að 100 þús. tonna ristarbrennsla, sem rekin er með hámarksnýtingu á orku að markmiði, hentar ekki öllum brennanlegum úrgangi. Kalka býr yfir ýmsum eiginleikum sem gera það að verkum að skipuleg sérhæfing hennar samhliða opnun nýrrar brennslu hefur ýmsa eftirsóknarverða kosti í för með sér. Sem dæmi má nefna að Kalka bregst vel við sveiflum í rekstri vegna gerðar brennsluofns. Kalka hentar vel til að taka á móti efni sem hefur áhrif á hreinleika ösku eða stöðugleika hitastigs. Þeir kostir sem helst leiða af því að báðar stöðvar séu á sama svæði varða til dæmis viðhaldstíma og efni, umhverfissvöktun svæðis og loftdreifilíkan og aðstöðu og búnað til geymslu. Lesa má nánar um þetta og fleiri kosti í viðauka 3.

6. Rekstur sorporkustöðva

Nokkur þörf er á *forvinnslu efna* sem er háð tegund sorpbrennsluofns. Þeir ferlar sem flokkast undir forvinnslu eru meðal annars að fjarlægja málma úr úrganginum, kurla rúmfrekan úrgang og blöndun á úrgangi.

Aukaafurðir myndast við rekstur brennsluofna en brennsla minnkar rúmmál úrgangs um 90% og dregur um 70-80% úr þyngd hans. Helstu aukaafurðirnar eru botnaska og flugaska.

Botnaska. Yfirleitt er talið að botnaska sé á bilinu 150-300 kg fyrir hvert tonn af brenndu efni. Botnaska getur innihaldið málma, grjót og aðra óbrennanlega hluti, en málmanir eru í flestum tilfellum sigtaðir frá til endurvinnslu. Botnaska getur verið óvirkur úrgangur, en hana þarf að mæla því í sumum tilfellum getur botnaskan innihaldið þungmálma, ef ekki er gætt að inntaki brennslunnar. Þegar botnaska er óvirk má nýta hana sem uppfyllingarefni í steinsteypu og/eða vegagerð sem er vel þekkt t.d. í Danmörku og Þýskalandi.

Flugaska. Magn flugösku er yfirleitt á bilinu 10-30 kg fyrir hvert tonn af brenndu efni og safnast hún fyrir í lofthreinsibúnaði brennsluofnsins. Flugaskan á það til að innihalda oftar þungmálma og önnur efni sem meðhöndla þarf með varkárni og flokkast sem spilliefni. Eins og staðan er í dag er flugaskan sem myndast hjá KÖLKU sorpeyðingarstöð flutt úr landi til förgunar. Verið er að þróa aðferðir á sorporkustöðvum erlendis til að hreinsa og þar með nýta flugöskuna (Coulon, 2018).

Viðhald. Sorporkustöðvar krefjast árlegs viðhalds þar sem þarf meðal annars að slökkva á ofninum og þrifa brennsluhólf. Viðhaldstími er óhjákvæmilegur, þannig að þörf er á geymslu úrgangs á meðan viðhaldi stendur.

Geymsla. Að eiga forða af brennanlegum úrgangi getur reynst vel fyrir þann tíma sem orkuþörf er mest. Einnig getur geymsla komið sér vel þegar viðhald á sér stað í sorporkustöð.

Starfsleyfi og öryggi. Til þess að reka sorporkustöð þarf m.a. að fara eftir tilskipun Evrópusambandsins um sorpbrennslu (nr. 2000/76). Þar er m.a. gerð krafa um sýnatökur, hámarks styrk efna í útblæstri, hreinsun skólþvats og fleira. Umhverfisstofnun gefur út starfsleyfi til sorporkustöðva.

Flutningsleiðir

Fyrir útreikninga verður gert ráð fyrir 87-109 þúsund tonna brennslugetu sorporkustöðvarinnar á ári. Gera má ráð fyrir að 84% af brennanlegum úrgangi verði fluttur landleiðis en fyrir 16% emætti athuga flutninga sjóleiðis (sjá rökstuðning hér fyrir neðan). Nærri Helgúvík eru allir innviðir til staðar fyrir þessar tvær flutningsleiðir með Reykjanesbrautinni og Helgúvíkurhöfn.

Landflutningar. Gert er ráð fyrir að flytja þurfi um 84 þúsund tonn árlega landleiðina⁴. Þar af er áætlað að um 5 þúsund tonn falli til á Suðurnesjum og 73 þúsund tonn af höfuðborgarsvæðinu. Gert er ráð fyrir að úrgangurinn verði að öllu jöfnu forflokkaður og unninn áður en hann er fluttur frá höfuðborgarsvæðinu og að nýttir yrðu trukkar með burðargetu á bilinu 23-25 tonn líkt og þeir sem notaðir eru við flutning úrgangs frá Gufunesi í Álfsnes í dag. Þessir bílar flytja 20-22 bagga í hverri ferð þar sem hver baggi er að stærð 1,1x1,1x1,1-1,9m (hxbxl). Samkvæmt reynslu Kólku á flutningi á efni milli Suðurnesja og höfuðborgarsvæðisins er kostnaður landflutninga um 2 kr/kg fyrir um það bil 57 km vegalengd milli Gufuness og Helgúvíkur.

Strandflutningar. Þau 16 þúsund tonn⁵, sem falla til af landsbyggðinni, mætti flytja sjóleiðis ásamt endurvinnsluefnum og öðrum úrgangi. Sjóflutningar henta varningi sem ekki er háður tímatakmörkunum t.d. byggingarvörum, olíu, frystum matvælum og úrgangi. Hagkvæmni sjóflutninga hefur verið greind af Hagfræðistofnun Háskóla Íslands árið 2005, Samgönguráðuneytinu árið 2010 og

⁴Ef miðað er við 100 þús. tonn af brennanlegum úrgangi.

⁵Ibid.

Vegagerðinni í samstarfi við verkfræðistofuna VSÓ árið 2016 (sjá viðauka 2). Samkvæmt fyrrgreindum skýrslum eru strandsiglingar taldar hagkvæmar en flestar þjóðir nota skip eða járnbrautir til þungaflutninga. Helguvíkurhöfn er með 10 m dýpi og hefur verið nýtt fyrir Síldarverksmiðjuna, Helguvíkurmjöl og Aalborg Protland (viðauki 2). Við sjóflutninga er áætlað að ferja úrgang með 40 ft gámum sem rúma á bilinu 24-26 tonn og kostnaður er áætlaður um 125-130 þúsund kr/gám, eða um 4,8 til 5,4 kr/kg og er áætlað að þetta sé meðaltalsverð fyrir Ísland .

Tafla 2. Áætluð flutningsþörf úrgangs miðað við 87-109 þús tonn/ári brennslugetu sorporkustöðvar. Gert ráð fyrir að 84% úrgangs sé flutt með 23-25 tonna flutningsbílum og 16% með sjóflutningum í 40 ft gámum (100% fylli gáma).

		Brennsluþörf		Landflutningar*			Strandflutningar**		
		Gildi	Eining	Hámark	Lágmark	Eining	Hámark	Lágmark	Eining
Á klst	Lágmark	11	tonn/klst						
	Hámark	12,5	tonn/klst						
Á dag / viku	Lágmark	240	tonn/dag	9	8	ferðir/dag	11	10	gámar/viku
	Hámark	300	tonn/dag	11	10	ferðir/dag	14	13	gámar/viku
Á ári	Lágmark	87.600	tonn/ári	3.199	2.943	ferðir/ári	584	539	gámar/ári
	Hámark	109.500	tonn/ári	3.999	3.679	ferðir/ári	730	674	gámar/ári

*23-25 tonn/ferð **24-26 tonn/gám

Miðað við þessar forsendur er áætlaður flutningskostnaður á bilinu 550-950 þúsund kr ISK á dag eða 200-350 milljónir kr ISK á ári (tómir bílar tilbaka ekki sérstaklega reiknaðir með). Þó skal hafa í huga að sambærilegur flutningskostnaður yrði ef sorporkustöðin væri staðsett annars staðar á suðvesturhorni landsins.

Ef niðurstaðan yrði að blandaður heimilisúrgangur frá höfuðborgarsvæðinu væri ekki fluttur á miðlæga móttökustöð fyrir flutning og hefðbundnir sorphirðubílar keyrðu úrganginn beint af bílunum í sorporkustöðina yrðu ferðirnar fleiri. Hefbundinn sorphirðubíll getur flutt á bilinu 5-6 m³ (Sinotruk International, 2020) og ef við gerum ráð fyrir að þjappaður blandaður úrgangur hafi rúmþyngd á bilinu 800 til 850 kg/m³ flytur hver trukkan um 4,8 til 5,1 tonn af úrgangi. Ef flutningur á 22,5% (Mynd 8) af inntaki sorporkustöðvarinnar frá suðvesturhorni landsins yrði framkvæmdur á þennan hátt verður það á bilinu 9-12 ferðir á dag. Þessi flutningur myndi draga úr landflutningum í töflu 3 um að meðaltali 2 ferðir á dag. Hér er þó óvíst að sorphirðubíll sé ávallt fullur þegar hann fer með úrgang á meðhöndlunarstað og má því reikna með að ferðirnar yrðu fleiri.

Móttöku- og flokkunarstöðvar

Móttöku- og flokkunarstöðvar þjóna mikilvægu hlutverki við meðhöndlun úrgangs. Gert er ráð fyrir að móttöku- og flokkunarstöðvar á höfuðborgarsvæðinu muni gegna hlutverki móttöku, flokkunar og forvinnslu úrgangs frá höfuðborgarsvæðinu sem brenndur yrði í sorporkustöðinni. Með því móti væri hægt að stjórna magni, samsetningu, stærð og framboði úrgangs með tilliti hönnunar sorporkustöðvarinnar og því stjórnað að endurnotanlegur, endurvinnanlegur og annar óhentugur úrgangur verði ekki sendur til brennslu.

Útblásturstýring og umhverfisáhrif

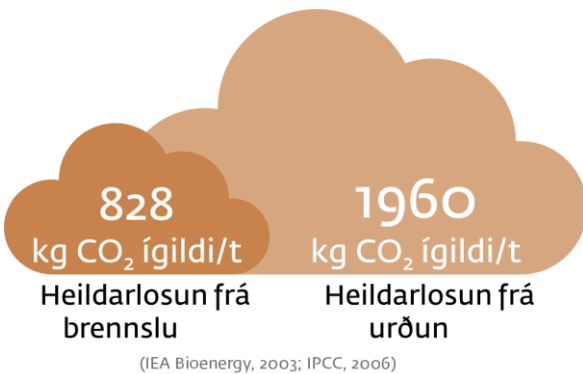
Ýmis efni losna við brennslu úrgangs og meðal algengustu útblástursefna eru:

- Svifryk
- Þungmálmar og sýrur
- Kolmónoxíð
- Köfnunarefnisoxíð
- Lífræn efni

Þrjár algengustu aðferðir til að hreinsa útblástur frá sorporkustöðvum: þurr-, hálfþurr- og vothreinsun. Í KÖLKU sorpeyðingarstöð á Suðurnesjum er nú notuð þurrhreinsun. Vothreinsun er almennt talin hreinsa útblástur betur frá sorpbrennslu heldur en þurrhreinsun, en hins vegar krefst slíkur búnaður að fráveituvatni brennslustöðvarinnar sé hreinsað (Christensen, 2011).

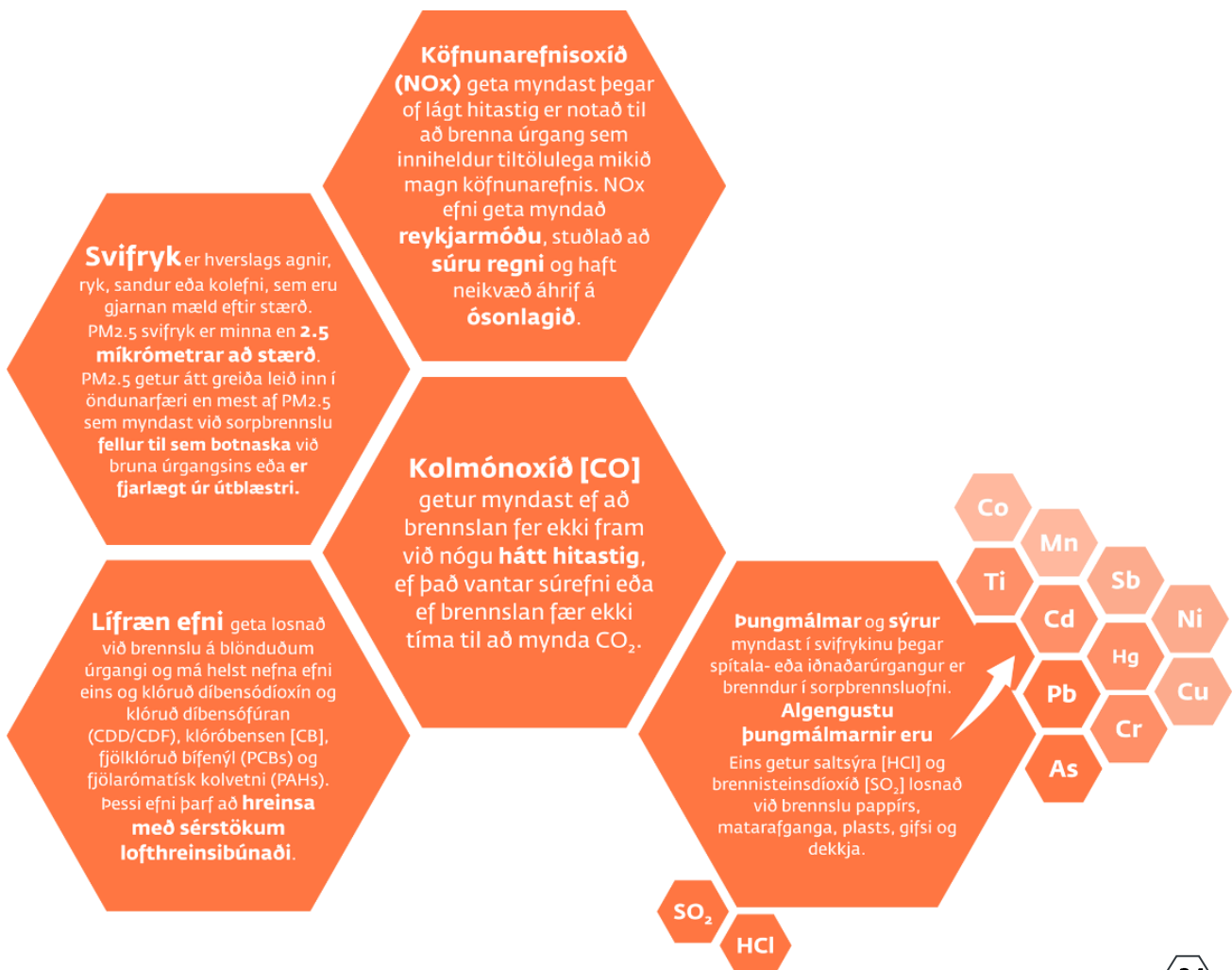
SORPA rekur móttöku- og flokkunarstöð í Gufunesi sem tekur við úrgangi frá **heimilum, grenndarstöðvum og endurvinnslustöðvum** á höfuðborgarsvæðinu. Úrgangur frá fyrirtækjum á höfuðborgarsvæðinu og frá öðrum sveitarfélögum er að mestu meðhöndlaður af einkafyrirtækjum.

Hálfþurr hreinsun: blanda af kalki og vatni er úðað saman við útblásturgösin og fellir út m.a. **svifryk, brennisteinsoxíð, dioxin og þungmálma** áður en gösin fara í gegnum frekari síur, svo sem pokasíur og síur með rafstöðueiginleika. Miðað við 100 þús tónna brennslugetu er **áætluð kalknotkun um 0,5-1 tonn/ári.**



Í töflu 6 eru gildi fyrir hámarks leyfilegan útblástur samkvæmt reglugerð nr. 550/2018 um losun frá atvinnurekstri og mengunarvarnareftirlit og VI. viðauka hennar og rammatilskipun Evrópusambandsins nr 75/2010 miðað við bestu fánlegu tækni (BREF) frá árinu 2019. Útblástur sorporkustöðvar er háður þeirri tegund sem verður fyrir valinu. Í minnisblaðinu sem unnið var af verkfræðistofunni COWI í Danmörku (Viðauki 1) fyrir byggingu og uppsetningu á 80-100.000 tonna

sorporkustöð koma fram útreikningar um áætlaðan útblástur frá slíkri stöð. Að auki er gert ráð fyrir að valin verði sorporkustöð sem framleiðir rafmagn með hálfþurri hreinsun og SNCR (e. Selective Non-Catalytic Reduction)-tækni til þess að lágmarka útblástur NOx. Miðað við 100 þús tonna brennslugetu á ári gerir það 81.000 Nm³/klst útblástursloft. Sorporkustöðin uppfyllir þar með ýtrustu kröfur Íslands og Evrópusambandsins um útblástur og vel það.



Tafla 3. Útblástur í andrúmsloftið við rekstur. Gögn miðað við 11% súrefni, þurr gas, 273 K og 101,3 kPa. Flue gas treatment (FGT) og Selective Non-Catalytic Reduction (SNCR).

Efni	Efnaformúla	Viðmiðunartími	Reglugerð nr. 550/2018	ESB BREF 2019:		
				Hámarks leyfilegur útblástur	Hálfþurr FGT/SNCR	Eining
Brennisteinsdíoxíð	SO ₂	24 klst	50	30	20	mg/Nm ³
Köfnunarefnisoxíð	NO _x	24 klst	200	120	80	mg/Nm ³
Kolmonoxíð	CO	24 klst	50	50	10	mg/Nm ³
Fínt svífryk	PM 2,5	24 klst		5	2	mg/Nm ³
Vetnisklóríð	HCl	24 klst	10	6	4	mg/Nm ³
Vetnisflúoríð	HF	24 klst	1	1	0,5	mg/Nm ³
Lífræn efni á gas formi	TOC	24 klst	10	10	1	mg/Nm ³
Kvikasilfur	Hg	Mælt meðaltal	0,05	0,02	0,01	mg/Nm ³
Kadmíum + þallíum	Cd, Ti	Mælt meðaltal	0,05	0,02	0,001	mg/Nm ³
Summa annarra málma	Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V	Mælt meðaltal	0,5	0,3	0,03	mg/Nm ³
Díoxín og fúran	POPs	Mælt meðaltal	0,1	0,06	0,005	ng TEQ/Nm ³
Ammónía	NH ₃	Mælt meðaltal		10	5	mg/Nm ³

Afurða- og orkunýting

Talsvert magn af aukaafurðum myndast við brennslu sorps sem hægt er að nýta. Við brennsluna myndast flugaska sem fönnguð er úr útblæstri brennslustöðvarinnar sem og botnaska sem safnast saman í botni brennslurýmisins. Þessa ösku er mögulega hægt að nýta við framleiðslu á sementi, steypu eða malbiki í stað hefðbundinna innihaldsefna eða íblöndunarefna. Með því að nota öskuna mætti koma í veg fyrir þann kostnað sem hefði fallið til vegna förgunar öskunnar og jafnan hafa jákvæð áhrif á eiginleika þeirra afurða sem nota öskuna sem íblöndunarefni (sjá umfjöllun hér fyrir neðan).

Afurðir sorporkustöðva

Ýmis lífræn efnasambönd og þungmálmar geta verið í flug- og botnösku sem kemur úr sorpbrennslustöðvum sem taka þarf tillit til við nýtingu hennar. Til að hægt sé að nýta þessa ösku í byggingariðnaði og vegagerð þarf að meðhöndla efnin og gera þau stöðug (Leroy, o.fl., 2001). Hver þörfin er á því að hreinsa og meðhöndla öskuna er erfitt að segja til um áður en sorpbrennslan er gangsett þar sem innihald hennar mun fara eftir efnasamsetningu inntaksefnanna. Það þyrfti því nánari rannsóknir á öskunni sem kemur út úr sorpbrennslunni eftir að hún hefur verið gangsett.

Flugaska

Flugaska er sú aska sem fer úr brennsluofni með útblæstri. Þessi aska er síuð frá útblæstri sorpbrennslunar áður en útblástursloftinu er sleppt. Flugaska getur innihaldið hátt hlutfall steinefna, málma, þungmálma og díoxína og því þarf að meðhöndla hana áður en hún er nýtt frekar.

Flugösku er hægt að nota við framleiðslu á steypu til mannvirkjagerðar og hefur hún ýmis jákvæð áhrif á eiginleika sementsins. Flugaskan er possólan (e. pozzolan) efni⁶ sem myndar steypu þegar það hvarfast við vatn og kalkstein. Þegar flugösku er bætt út í sement við gerð steypu getur hún aukið styrkleika hennar og minnkað þörfina á öðrum efnum. Flugaska bætir einnig flæðieiginleika steinsteypu, vegna kúlulaga lögunar flugöskuagnanna (Federal Highway Administration, 2003).

Þess má geta að vegna lokunar á kolaorkuverum um heim allan sem hluti af orkuskiptum hefur myndast skortur á alþjóðavettvangi á flugösku sem hægt er að nýta í byggingariðnaði og vegagerð. (Bruce Sifton, 2019) (Dessertine, o.fl., 2021). Eins og nefnt hefur verið þá er verið að þróa ýmsar aðferðir til að hreinsa flugösku frá sorpbrennslustöðvum, svo að unnt sé að nýta hana en það væri til mikilla bóta fyrir umhverfið og kostnaðarlega hagstætt (Coulon, 2018).

Miðað við 100 þús. tonna sorpbrennslu er áætlað að framleidd verði 1 til 3 þús. tonn af flugösku á ársgrundvelli.

Botnaska

Botnaska er sú aska sem fellur til botns í brennslurýminu við bruna sorps og er jafnframt rík af brennisteinstvíoxíði (SiO_2) og kalsíumoxíði (CaO) (Jurič, o.fl., 2006). Botnösku er hægt að nota í stað steinefna (e. aggregate) í malbiksframleiðslu og getur íblöndun hennar haft jákvæð áhrif á gegndræpi og stöðuleika malbiksins (Dong Liu, 2014). Einnig má skipta hluta af sementi út fyrir botnösku í framleiðslu á steypu.

Miðað við 100 þús. tonna sorpbrennslu er áætlað að framleidd verði um 15 til 30 þús. tonn af botnösku árlega. Áætlað er að ef KALKA yrði nýtt fyrir óhreinan úrgang og ný sorporkustöð nýtt fyrir hreinni úrgang þá væri mögulegt að nýta botnöskuna í vegaf framkvæmdir og steypu hér á landi.

Koltvísýringur

Almennt við brennslu á 1 tonni af almennum úrgangi losnar um 0,7-1,2 tonn af CO_2 . Þar af eru um 33-50% af lífrænum uppruna (e. biogenic origin) (Jocke, et al., 2003). Loftslagstengd koltvísýringslosun frá sorpbrennslu er ákvörðuð af því hlutfalli úrgangs þar sem talið er að kolefnasamböndin séu af jarðefnauppruna (e. fossil origin). Ef 100 þús. tonna sorporkustöð með sömu samsetningu úrgangs og á Mynd 8 er stillt upp í lífsferilsgreiningarforritinu Easetech (DTU, 2021) er hægt að reikna út hvert magn útblástursefna yrðri frá stöðinni. Loftslagstengd koltvísýringslosun verður um 800 kg CO_2 (fossil) per tonn af úrgangi, en það er sú losun sem talin er til kolefnisbókhalds. Heildarlosun CO_2 verður um 1,5 tonn per tonn af úrgangi og af því eru um 400 kg C per tonn af úrgangi, en hlutur C í CO_2 er um 27,3% (Jocke, et

⁶<https://www.concrete.org/tools/frequentlyaskedquestions.aspx?faqid=688>

al., 2003). Þessi gildi eru þó með þeim fyrirvara að samsetning úrgangs sé sú sama og á Mynd 8 og að stöðin brenni 100 þús. tonnum af úrgangi á ári þar sem um 22% orkunnar fer í rafmagnsframleiðslu, 73% fer í hita og 5% sé glatorka.

Kostnaður við förgun afurða

Í töflu 4 eru útreikningar á því að afurðir sorporkustöðvarinnar, með brennslugetu um 100 þúsund tonn á ári, verði fargaðar með þeim förgunarleiðum sem Kalka nýtir sér í dag, þ.e.a.s. flugaska er förguð í Noregi og botnaska er flutt frá Helguvík og út á Álfsnes þar sem hún er urðuð.

Flugaska: Gert er ráð fyrir árlegum flutningum til Noregs með tilheyrandi útskipun u.þ.b. 21 milljón kr ISK, og förgunarkostnaði 13.850 kr/tonn (Þórðarson, 2021).

Botnaska: Kostnaður við flutning botnösku er 2 kr/kg og urðun kostar 5 kr/kg, að viðbættum 0,5 kr/kg urðunarskatti fyrir urðun óvirks úrgangs. Samtals gerir það 7.500 kr/tonn fyrir meðhöndlun á botnösku (Þórðarson, 2021).

Tafla 4. Magn og kostnaður við förgun afurða á ári frá 100 þúsund tonna sorporkustöð

Brennslugeta	80 þús tonn		100 þús tonn	
	Magn [þús. t/ári]	Kostnaður [millj isk/ári]	Magn [þús. t/ári]	Kostnaður [millj isk/ári]
Afurðir				
Botnaska	12-24	90-180*	15-30	113-225*
Flugaska	0,8 -2,4	32 -54**	1-3	35- 63**

*Miðað við flutning og urðun – verð 7.500 kr/tonn. ** Miðað við flutning og förgun – verð 21 millj kr/ári + 13.850 kr/tonn

Aftur á móti er það mat COWI, að ef því er komið í kring að meðhöndla flugöskuna á Íslandi og nota botnösku í framkvæmdir, að meðhöndlun afurða sorporkustöðvar verði á bilinu 2.700 til 4.550 kr/tonn, þ.e. 35 til 150 milljónir kr/ári. Ef afurðir sorporkustöðvarinnar yrðu nýttar einsog sagt er hér að ofan drægi enn frekar úr kostnaði við meðhöndlun afurða.

Sorporkan

Sorporkustöðvar framleiða varmaorku sem er ýmist notuð til framleiðslu á rafmagni og/eða hita. Við framleiðslu á rafmagni er heita gufan leidd í gegnum túrbínu sem knýr rafmagnsframleiðsluna. Við framleiðslu á hita er hiti gufunnar notaður til þess að hita kalt vatn og það leitt inn á hitaveitukerfi landsins. Einnig mætti selja heita gufu en þaði ræðst af því hvort eftirspurn verði eftir henni.

Í rammatilskipun ESB um úrgang (e. Waste Framework Directive 2008/98/EC) er tekið fram að sorporkustöðvar sem notaðar eru í þeim tilgangi að brenna almennan úrgang geta aðeins uppfyllt viðmið R1 ef orkunýtni þeirra er hærrí en 0,65. R1 viðurkenning er veitt þeim stöðvum sem uppfylla fyrrnefnt skilyrði um orkunýtni og sem brenna úrgang aðallega til orkunýtingar. R1 viðmiðið er hugsað sem hvati fyrir sorporkustöðvar til að leggja sitt af mörkum þegar kemur að orkupörf heimila og fyrirtækja. R1 orkunýtni formúlan er:

$$\text{Orkunýtni} = \frac{(E_p - (E_f + E_i))}{(0,97 * (E_w + E_f))}$$

þar sem:

E_p = Árleg orka framleidd sem hiti eða rafmagn. Fastinn er reiknaður með því að margfalda orku í formi rafmagns með 2,6 og hita með 1,1 (GJ/ári).

E_f = Árlegt inntak orku inn á kerfið frá eldsneyti sem stuðlar að framleiðslu gufu (GJ/ári).

E_w = Árleg orka sem er í meðhöndluðum úrgangi reiknað út frá hitagildi úrgangsins (GJ/ári).

E_i = Árleg orka innflutt án E_w og E_f (GJ/ár).

0,97 er fasti sem reiknar með orkutapi vegna botnösku og geislunar.

Samkvæmt minnisblaði COWI mun fyrirhugað sorporkustöð ná hærri orkunýtni en 0,65 miðað við orkuframleiðslu með túrbínurafali og áætluðu orkuinnihaldi úrgangs upp á 11-12 MJ/kg. Þar kemur einnig fram að ef ekki er hægt að finna notkun fyrir framleiddan hita mun þurfa að setja upp kælikerfi í stöðinni til að þetta gufuna og kæla svo að hægt sé að halda henni í hringrás fyrir rafmagnsframleiðslu stöðvarinnar. Það þarf því að gera ráð fyrir plássi og staðsetningu slíks búnaðar við hönnun stöðvarinnar ef ekki verður möguleiki að nota framleiddan hita.

Í hefðbundnum sorporkustöðvum sem framleiða bæði hita og rafmagn er framleiðni orkunnar á bilinu 60% til 80% af þeirri orku sem er til staðar í úrganginum sem brenndur er. Í þeim sorporkustöðvum sem framleiða einungis rafmagn er framleiðnin yfirleitt á bilinu 14% til 28%.

Tafla 5. Orkuframleiðsla frá sorporkustöð í megavöttum.

Orkutegund	80 þús tonn		100 þús tonn		Eining
	Lágmark	Hámark	Lágmark	Hámark	
Raforkuframleiðsla	3,5	8,5	4,4	10,6	MW
Hiti + rafmagn	15,2	24,3	19,0	30,4	MW

Fyrir liggur kostnaðargreining og minnisblað unnin af verkfræðistofunni COWI í Danmörku⁷ fyrir byggingu og uppsetningu á 80-100.000 tonna sorporkustöð á Íslandi. Í henni er einnig farið yfir orkunýtni fyrirhugaðrar stöðvar.

Í apríl 2021 var verð á orku í smásölu um 5,25 kr/kWst (HSOrka, 2021). Miðað við það verð yrðu árstekjur vegna orkusölu fyrir 100 þús tonna sorporkustöð sem framleiðir einungis rafmagn (sjá töfluTafla 5) á bilinu 200 til 490 milljónir kr ISK.

⁷COWI A/S, Parallelvej 2, 2800 Kongens Lyngby, Danmark, www.cowi.com

Leiðandi verkfræðistofa með áratuga reynslu þegar kemur að ráðgjöf og uppbyggingu sorporkustöðva um allan heim.

Tafla 6: Samantekt á afurðum frá sorporkustöð og nýtingu þeirra.

Úrgangur sem fer inn í stöðina: 100 þúsund tonn árlega								
	Staðan í dag	Magn (áætlað)	Eining	Förgun lágmark milljón kr	Förgun hámark	Nýting hámark kr	Nýting lágmark kr	Möguleg nýting
Flugaska	Flutt til Noregs í urðun	1-3 þúsund	kg	35	63	0	0	Ef hreinsuð þá nýtist hún í steypu og sement, áætlað er að (kostnaður + sala=0)
Botnaska	Urðað	15-30 þúsund	kg	113	225	0	0	Með því að nýta KÖLKU til að brenna mengaðan og sóttmengaðan úrgang þá er hægt að nýta botnösku í vegagerð, malbik og steypu.
Koltvísýringur Fossil	Út í andrúms loftið	80 milljónir	kg CO ₂	0	0	Carbon credit	Carbon credit	Koltvísýringur er hægt að nota í t.d. gróðurhús. Möguleik í að fá tekjur gegnum carbon credit við nýtingu eða greiðslu auka skatta ef afurð ekki nýtt.
Koltvísýringur biogenic	Út í andrúms loftið	70 milljónir	kg CO ₂	óþekkt	óþekkt	óþekkt	óþekkt	Koltvísýringur er hægt að nota í t.d. gróðurhús
Carbon	Út í andrúms loftið	40 milljónir	kg C	0	0	óþekkt	óþekkt	Með því að fanga kolefni þá er hægt að nýta það við framleiðslu á metanóli og nýta súrefnið í annað.
Rafmagn	Engin	4.4-10.6	MW	0	0	-200	-490	Áætlað 5.25 kr/kwst í smásölu
Hiti + rafmagn	Engin	19-30	MW	0	0	óþekkt	óþekkt	
Samtals				148	288	-200	-490	
Samtals kr / kg				1.5	3	-2	-5	

7. Kostnaðargreining

Fyrir liggur kostnaðargreining og minnisblað unnið af verkfræðistofunni COWI í Danmörku⁸ fyrir byggingu og uppsetningu á 80-100.000 tonna sorporkustöð (Viðauki 1).

Í forsendum kostnaðargreiningarinnar er gert ráð fyrir að byggður verði ristarofn með túrbínu-rafali fyrir orkuframleiðslu. Grundvöllurinn fyrir kostnaðargreininguna og afköst var byggður á gögnum um sambærilegar sorporkustöðvar bæði í Bretlandi og á meginlandi Evrópu. Einnig var gögnum safnað frá fyrri verkefnum COWI og upplýsingum sem finna má í opnum gagnaböndum.

⁸COWI A/S, Parallevej 2, 2800 Kongens Lyngby, Danmark, www.cowi.com

Kostnaðurinn var fyrst reiknaður í evrum út frá verðlagi árið 2019 miðað við meðalgengi viðeigandi gjaldmiðla á byggingarári hveðrar stöðvar og uppreiknað miðað við vísitölubreytingar. Gert var ráð fyrir verðbólgu í Evrópu árið 2019 upp á 1,43% og 2020 upp á 0,79%.

COWI áætla einnig að það sé um 20% kostnaðarsamara að reisa brennslustöð á Íslandi miðað við meginland Evrópu. Meginástæður þess eru:

- Aukakostnaður vegna flutninga efna
- Aukakostnaður við flug, gistingu og uppihald
- Hærra launakostnaður (samanborið við meðaltal á meginlandi Evrópu)
- Viðbótarflutningur efna með flugi
- Annar hærra kostnaður

Áætlaðan kostnað má finna að neðan í töfluTafla 7 í íslenskum krónum miðað við gengi þann 15. apríl 2021 (1 evra = 151,7 kr). Grófa sundurliðun kostnaðar má finna í töfluTafla 8 hér að neðan.

Tafla 7: Áætlun kostnaðar fyrir byggingu 80-100 þúsund tonna sorporkustöðvar skv. kostnaðargreiningu COWI.

Afkasta- geta	Heildarkostnaður		80% öryggisbil kostnaður tonn/ári		80% öryggisbil heildarkostnaður	
	Tonn á ári	Milljónir evra	Milljónir ISK	Lágmark ISK	Hámark ISK	Lágmark Milljónir ISK
80.000	116	17.568	167.000	292.000	13.399	23.374
100.000	135	20.471	151.000	266.000	15.074	26.613

Tafla 8. Grófsundurliðun á helstu kostnaðarþáttum við byggingu sorporkustöðvar skv. kostnaðargreiningu COWI.

	80.000 tonn/ári Milljónir ISK	100.000 tonn/ári Milljónir ISK
Brennsluofn	5.150	6.010
Rafmagn m. dreifikerfi og dreifingu	1.690	1.970
Meðhöndlun á frárennslisgasi	1.820	2.120
Túrbínu/rafals kerfi	2.730	3.180
Aukahlutir	750	870
Vinna við framkvæmd	4.880	5.690
Verkefnisstjórnun	560	650
Samtals kostnaður	17.570	20.470

Áætlaður launakostnaður við byggingu og verkefnisstjórnun sorporkustöðvar er líkt og sjá má í töflu 9 á bilinu 5,5 milljarðar og 6,4 milljarðar yfir framkvæmdartímann. COWI gerir ráð fyrir að framkvæmdin muni taka alls 32 mánuði og miðað við miðgildi heildarlauna iðnaðarmanna og annarra sem koma að byggingaframkvæmdum árið 2019 frá Hagstofunni má áætla að við framkvæmdina vinni á bilinu 170-250 manns, iðnaðarmenn og verkstjórar/yfirstjórn. Mælt er með því að byggja frekar eina stóra sorporkustöð

frekar en fleiri minni, eins og áður segir. Það er vegna þess að kostnaður við byggingu og rekstur margra minni stöðva eykst hlutfallslega eða á bilinu 7-50% per tonn af úrgangi miðað við eina 100 þús. tonna stöð. Á síðustu árum hafa að auki margar Evrópuþjóðir, þ.m.t. Danmörk, lokað mörgum af minni sorporkustöðvum sínum og frekar byggt/notað stærri stöðvarnar.

Rekstrarkostnaður

Í minnisblaði COWI sem inniheldur kostnaðargreiningu sorporkustöðvar (Viðauki 1) er farið yfir rekstrarkostnað og mismunandi þætti hans. Þar má helst nefna fastan kostnað, breytilegan kostnað og viðhaldskostnað. **Fastur kostnaður:** Launakostnaður er þar stærsti þátturinn. Áætlað er að um **35 starfsmenn** starfi við stöðina og þar má nefna meginstarfsemi, yfirstjórn, viðhald og þrif. Fastur kostnaður er einnig verkfæri, skrifstofuáhöld og öryggisbúnaður.

170 – 250 störf
við byggingu stöðvar.
35 stöðugildi
við rekstur stöðvar.

Breytilegur kostnaður: Breytilegur kostnaður stýrist aðallega af raunmagni þess úrgangs sem brenndur er. Breytilegur kostnaður felur í sér þætti eins og kostnað við vatnsnotkun og aðrar veitur, aukaaðföng sem þarf til hreinsunar á flugösku.

Samtals er áætlað að fastur og breytilegur kostnaður sé samtals um **4.000–4.500 kr/tonn** samkvæmt skýrslu COWI.

Viðhaldskostnaður: Erfitt er að áætla viðhaldskostnað fyrirfram en hann getur breyst mikið miðað við lokahönnun stöðvar. Áætlaður kostnaður er **3.000–4.500 kr/tonn** samkvæmt skýrslu COWI.

Kostnaður við förgun afurða: Afurðir sem þarf mögulega að farga er botnaska og flugaska. Sá kostnaður er afar breytilegur eftir því hvort unnt sé að nýta þessar afurðir eða hvort það þurfi að farga þeim líkt og er gert í dag. Líklegt þykir að hægt verði að nýta að botnöskuna í framtíðinni með nýrri sorporkustöð og vonir eru um að geta nýtt flugöskuna einnig hér á landi eða senda hana út til frekari meðhöndlunar. Heildarkostnaður við meðhöndlun á botn og flugösku frá brennslu á 100 þúsund tonnum er áætlaður á bilinu **148 – 288 milljónir** kr á ári ef efnið er ekki notað/endurnýtt. Áætlað er að kostnaður núllist út ef efnið yrði nýtt hér á Íslandi (kostnaður + sala).

Tafla 9: Samantekt á rekstrarkostnaði úr töflum 3, 5, 9 og umfjöllun um orkutekjur á bls 27. Her er gert ráð fyrir urðun afurða frá sorporkustöð og viðhaldskostnaði í samræmi við áætlun COWI (sjá viðauka 1).

Kostnaður/tekjur	Skýringar	Kostnaður [millj kr/ári]	
		Min	Max
Rekstrarkostnaður	Móttöku- og flokkunarstöð*	1400	1420
	Flutningur	203	345
	Botnaska	113	225
	Flugaska	35	63
	Útblástur og mælingar	óþekkt	óþekkt
	Viðhaldskostnaður	303	455
	Geymslukostnaður	óþekkt	óþekkt
	Launakostnaður**	312	312
	Annað (óvissa)	25	50
Orkutekjur	Rafmagn	-204	-490
	Samtals	2187	2379

*áætlað út frá gjaldskrá Sorpu árið 2021**m.v. 35 stöðugildi og meðaltalslaun 600.000 kr á mánuði + launatengd gjöld.

Heildarrekstrarkostnaður stöðvar er metinn á bilinu 22 - 24 kr/kg úrgangs eða um 2,2 til 2,4 milljarðar á ári. Ef tekin er inn stofnkostnaður sorporkustöðvarinnar ásamt rekstrarkostnaði og endurgreiðslu deilt niður á 20 ár (án vaxtagjalda) þá er heildarkostnaður sirka 29 til 37 kr/kg úrgangs eða um 3 til 4 milljarðar á ári. Þessar tölur eru án nýtingu á ösku, Koltvísýrings og Carbons. Sjá Tafla 9 og 11 fyrir nánari sundurliðun og samantekt á kostnaði.

Tafla 10. Rekstrarkostnaður og endurgreiðsla fjármögnunar á 10 og 20 árum, kr/kg, m.v. urðun afurða sorporkustöðvarinnar.

Skilyrði	Kostnaður [kr/kg]	
	Min	Max
Án endurgreiðslu	21,9	23,8
Endurgreiðsla á 10 árum	35,3	50,4
Endurgreiðsla á 20 árum	28,6	37,1

Til samanburðar við úrgangsmeðhöndlun sem eru í notkun á Íslandi sem stendur, þá innheimtir SORPA bs. fyrirtæki og rekstraraðili 35 kr/kg fyrir heimilisúrgangi frá daglegum rekstri, sem er sá úrgangur sem alla jafna er urðaður⁹.

Eignarhald og fjármögnun sorporkustöðvar

Út frá kostnaðargreingu COWI má gera ráð fyrir að ný 100 þúsund tonna sorporkustöð muni kosta allt að 26 milljarðakr ISK. Forsvarsmenn KÖLKU og ReSource International hafa verið í sambandi við ýmsa aðila varðandi mögulega fjármögnun fyrir slíka stöð. Rætt hefur verið við einkaaðila og fagaðila á þessu sviði sem eiga og reka nokkrar stöðvar erlendis. Þessir aðilar hafa lýst yfir vilja til að setja upp og eiga slíka stöð

⁹<https://sorpa.is/fyrirtaeki/pressanlegur-urgangur-fra-daglegum-rekstri>

100% eða í sameign með hinu opinbera en þó með meirihluta eign í sorporkustöðinni. Einkaaðilar hér á Íslandi eru einnig áhugasamir um að taka þátt í samrekstri á sorporkustöð. Það er álit hagsmunaaðila að lítil áhætta fylgi slíkri stöð ef hægt er að tryggja að brennanlegi úrgangurinn sem þarf að farga rati í sorporkustöðina en ekki í aðra förgunarleið. Það er því ljóst að ákveða þarf hvernig eignarhald á slíkri stöð ætti að vera. Dæmi um eignarhald:

- Sorporkustöðin er 100% í eigu hins opinbera; sveitarfélög og ríki.
- Sorporkustöðin er 100% í eigu einkaaðila með langvarandi samninga við hið opinbera.
- Sameign einkaaðila og hins opinbera, svokallað PPP kerfi (public, private, partnership).
- Einkaaðili framkvæmir og rekur stöðina í x mörg ár og framselur svo stöðina til hins opinbera, dæmi Hvalfjarðargöng.

Nánar er fjallað um eignarhald og fjármögnun þessara leiða í töflu 11 þar sem rýnt er í mismunandi kosti og galla einstakra leiða.

Tafla 11. Mismunandi leiðir eignarhalds og fjármögnunar við rekstur sorporkustöðvar og ýmsir kostir og gallar þeirra (The International Bank for Reconstruction and Development, 1999).

Útboðslíkan	Skyldur verkkaupa	Skyldur verktaka	Kostir	Takmarkanir
Margfaldir samningar	Fjármögnun. Aðgerðarlýsing, útboð, verkefnastýring og eftirlit með byggingu. Eignarhald og rekstur.	Framboð og nákvæm hönnun einstakra hluta fyrir stöðina.	Fullt valdverkkaupa á verklýsingu. Mögulegt að byggja ákjósanlegustu stöðina miðað við hagkvæmustu þætti stöðvar.	Krafa um verkefnastjórnun og þekkingu á sorpbrennslu af hálfu verkkaupa.
Stakur alverks samningur	Fjármögnun. Aðgerðarlýsing, útboð og eftirlit. Eignarhald og rekstur.	Ábyrgur fyrir allri hönnun verkefnis, samhæfingu og innkaupum.	Einn verktaki hefur fulla ábyrgð á hönnun, uppsetningu og frammistöðu.	Takmarkað vald verkkaupa á vali á íhlutum fyrir stöðina.
Rekstrar-samningur	Margfaldur eða einn alverks samningur. Eignarhald. Framboð á úrgangi.	Rekstur á fullbúni og nothæfri stöð á ákveðnu tímabili.	Takmarkað álag á fyrirtæki verkkaupa.	Erfitt fyrir verkkaupa að tryggja gjaldskrá á viðráðanlegu verði, stýra fjármálum og fylgjast með afköstum verktaka og þjónustustigi.
Byggja Starfa	Fjármögnun. Heildaraðgerðarlýsing og útboð. Eftirlit. Eignarhald. Framboð á úrgangi.	Nákvæm hönnun, verkefnastjórnun, eftirlit verktaka, rekstur og viðhald.	Verktaki skuldbundinn til að virkra og áhrifaríkra lausna. Takmarkað álag á eignir verkkaupa.	Erfitt fyrir verkkaupa að tryggja gjaldskrá á viðráðanlegu verði, stýra fjármálum og fylgjast með afköstum verktaka og þjónustustigi.
Hönnun Byggja Starfa	Fjármögnun. Almennar aðgerðarlýsingar og útboð. Eignarhald. Framboð á úrgangi.	Nákvæm hönnun, verkefnastjórnun, eftirlit, rekstur og viðhald. Eignarhald.	Verktaki skuldbundinn til að virkra og áhrifaríkra lausna. Takmarkað álag á eignir verkkaupa.	Erfitt fyrir verkkaupa að tryggja gjaldtöku á viðráðanlegu verði, stýra fjármálum og fylgjast með afköstum verktaka og þjónustustigi. Takmarkað vald verkkaupa á vali á íhlutum fyrir stöðina.
Byggja Eiga Reka Framselja	Almennar aðgerðarlýsingar og útboð. Eignarhald eftir framsölu. Framboð á úrgangi	Fjármögnun, hönnun, verkefnastjórnun, eftirlit, rekstur og viðhald. Eignarhald fram að framsölu.	Verktaki fjármagnar, smíðar og rekur stöðina yfir tímabil þar til eignarhald stöðvar er flutt til verkkaupa. Mjög takmarkað álag á eignir verkkaupa (sem dæmi, Hvalfjarðargöng)	Erfitt fyrir verkkaupa að tryggja gjaldtöku á viðráðanlegu verði, stýra fjármálum og fylgjast með afköstum verktaka og þjónustustigi. Takmarkað vald verkkaupa á vali á íhlutum fyrir stöðina.
Byggja Eiga Reka	Almennar aðgerðarlýsingar og útboð. Framboð á úrgangi.	Fjármögnun, eignarhald, hönnun, verkefnastjórnun, eftirlit, frammistöðuábyrgð, rekstur og viðhald.	Verkkaupi þarf ekki að fjármagna verkefnið. Verktaki skuldbundinn til virkra og áhrifaríkra lausna. Mjög takmarkað álag á eignir verkkaupa.	Erfitt fyrir verkkaupa að tryggja gjaldtöku á viðráðanlegu verði, stýra fjármálum og fylgjast með afköstum verktaka og þjónustustigi. Takmarkað vald verkkaupa á vali á íhlutum fyrir stöðina.

8. Umræða og næstu skref

Nokkur af mikilvægustu skilyrðum við byggingu sorporkustöðvarinnar er sameiginlegur skilningur á framtíð úrgangsmála á Íslandi og að slík stöð sé byggð í sátt við nærliggandi byggðir. Tryggja skal aðgengi að förgunarúrræði fyrir óbrennanlegan úrgang, sem og innviði og þekkingu til þess að viðhalda tæknilega sterki stjórnun fyrir flæði úrgangs á Íslandi. Tryggt skal að magn og aðstreymi úrgangs séu tiltæk miðað við það orkuinnihald sem sorporkustöðin er hönnuð fyrir og nægilegt fjármagn til uppbyggingarinnar.

Sorporkustöð þarf að reka samhliða öðrum meðhöndlunarúrræðum, samanber urðunarstöð, endurnýtingar- og endurvinnslustöðvum. Í Helguvík er sorporkustöðin áætluð sem þungamiðja græns iðngarðs sem horfir til grænnar starfsemi þar sem hringrásarhagkerfinu verður framfylgt eins og unnt er. Litið verður til staðlaðra aðferða við innleiðingu grænna iðngarða.

Skýrsla þessi lýtur að mörgum þáttum/Í þessari skýrslu hefur verið litið til margskonar þátta, en hún er ekki nóg ein og sér til að hefja framkvæmdir við nýja sorporkustöð. Samkvæmt skýrslu World Bank (The International Bank for Reconstruction and Development, 1999) um innleiðingu á sorpborkustöðvum þá þarf að fara í gegnum þrjá undirbúningsfasa áður en rekstur sorpbrennslustöðvar hefst þau eru:

1. Forgreiðing fyrir þörf og uppbyggingu á sorporkustöð (Feasibility phase)
2. Verkefna undirbúningsfasi (Project Preparation phase)
3. Fullnaðarhönnun og verkframkvæmd (Project implementation phase)

Þessi skýrsla ásamt skýrslunni „Greining á þörf sorpbrennslustöðva á Íslandi“ (Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2020) má flokka sem forgreiðingu fyrir þörf og uppbyggingu á sorporkustöð. Tvennt vantar uppá til að hægt sé ljúka við forgreiðinguna og það er **staðarval fyrir slíka stöð ásamt stjórnvaldsákvörðun/stuðningur um uppbyggingu sorporkustöðvar**. (ATH. Feitt letur og undirstr.!).

Næsti fasi við að koma upp sorporkustöð á Íslandi er *Verkefnaundirbúningsfasinn*, en þar þarf að horfa til m.a. eftirfarandi þátta áður en ráðist er í framkvæmdarfasann:

- Kortlagning hagsmunaaðila.
- Stofna félag/nefnd sem vinnur saman að því að koma upp slíkri stöð. Nefndin þarf að vinna í þágu ríkis, sveitarfélaga og einkaaðila.
- Ítarleg fjármagns- og áhættugreiðing.
- Eignarhald og fjármögnun sorporkustöðvar.

9. Heimildir

Aliki Kriekouki Anton Lazarus and Christian Schaible A wasted opportunity? EU environmental standards for waste incineration plants under review [Skýrsla]. - Brussels : EEB, 2018.

Bruce Sifton P. Eng., and Brad MacKenzie 2020 to 2070 and Beyond: Transitioning from Production to Post-Production Coal Ash Use [Blaðgrein] // Ash at Work. - 2019. - 1.

Christensen Thomas H. Solid Waste Technology & Management [Bók]. - Lyngby : Blackwell Publishing Ltd, 2011.

Coulon Frederic ofl Technologies for the management of MSW incineration ashes from gas cleaning: New perspectives on recovery of secondary raw materials and circular economy [Á neti] // Science Direct. - 2018. - <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718313202>.

Dakofa Dakofa Waste and Resource Network Denmark [Á neti] // Incineration in Denmark. - 9. July 2020. - <https://dakofa.com/element/incineration-in-denmark/>.

Dessertine Frédéric [o.fl.] Capitalising on Opportunities in Cementitious Materials Disruption [Blaðgrein] // Executive Insights. - [s.l.] : L.E.K. Consulting, 2021. - 3 : B. XXIII.

Dong Liu Lihan Li, Huajie Cui Utilization of municipal solid waste Incinerator Bottom Ash Aggregate in asphalt [Tímarit] // Asphalt Pavements. - 2014. - bls. 1169-1176.

DTU <http://www.easetech.dk/> [Á neti] // dtu.dk. - DTU, 2021. - 2021. - <http://www.easetech.dk/>.

Euwid EUWID Recycling and Waste Management [Á neti] // Danish ministers call for cuts to waste imports. - 5. Maí 2020. - <https://www.euwid-recycling.com/news/policy/single/Artikel/danish-ministers-call-for-cuts-to-waste-imports.html>.

Federal Highway Administration Fly Ash Facts for Highway Engineers [Skýrsla]. - Washington, DC : Federal Highway Administration, 2003.

Guðsteinsson Stefán Verð á gámaflutningum á Íslandi [Viðtal]. - Kópavogur : [s.n.], apríl 2021.

HSOrka Orkuverði í smásölu [Viðtal]. - 16. 04 2021.

Jocke Bernt [o.fl.] Emissions from waste incineration [Skýrsla]. - [s.l.] : IPCC, 2003.

Jurič B. [o.fl.] Utilization of municipal solid waste bottom ash and recycled aggregate in concrete [Tímarit] // Waste management. - 2006. - bls. 1436-1442.

Kalka s.f. Sagan - Um fyrirtækið [Á neti] // Kalka sorpeýðingarstöð s.f.. - Mars 2021. - <https://www.kalka.is/is/um-fyrirtaekid/sagan>.

Kirkeby Janus [o.fl.] Experiences with waste incineration for energy production in Denmark [Skýrsla]. - Roskilde : DTU Management Engineering, 2014.

Leroy M. J. F. [o.fl.] Utilisation of bottom ash in road construction: evaluation of the environmental impact [Tímarit] // Waste Management & Research. - 2001. - bls. 545-556.

McGraw-Hill handbooks Handbook of Solid Waste management - second edition [Bók]. - 2002.

Orka HS Orkuverð í smásölu [Viðtal]. - 16. 04 2021.

Sinotruk International Big Loading Capacity Solid Waste Management Trucks With Collection Box [Á neti] // Sinotruk-international.com. - 2020. - 27. 05 2021. - <https://www.sinotruk-international.com/sale-7575549-big-loading-capacity-solid-waste-management-trucks-with-collection-box.html>.

Skipulagsstofnun Brennsluofn fyrir dýrahæ og dýraleifar á Strönd á Rangárvöllum [Á neti] // skipulag.is. - Skipulagsstofnun, 28. 05 2020. - 11. 05 2021. - <https://www.skipulag.is/media/attachments/Umhverfismat/1535/202003014-Brennsluofn%20Str%C3%B6nd.pdf>.

SORPA bs. Gjaldskrá SORPU frá 1. janúar 2021 [Á neti] // SORPA. - 18. nóvember 2020. - 2. júní 2021. - <https://www.sorpa.is/frettir/gjaldskra-sorpu-fra-1-januar-2021>.

Stjórnarráð Íslands F.1 Urðunarskattur [Á neti] // Stjórnarráð Íslands. - 2020. - 07. 05 2020. - <https://www.stjornarradid.is/verkefni/umhverfi-og-natturuvernd/loftslagsmal/adgerdaaetlun-i-loftslagsmalum/adgerdirnar/loftslagsskyrsla-stok/?itemid=786206f7-b194-11ea-8117-005056bc8c60>.

Stjórnarráð Íslands Tillögur að aðgerðum gegn matarsóun [Skýrsla]. - [s.l.] : Stjórnarráð Íslands, 2020.

The International Bank for Reconstruction and Development Municipal Solid Waste Incineration [Skýrsla]. - Washington D.C. : The World Bank, 1999.

Þórðarson Steinþór Kostnaður við förgun botnösku og flugösku [Outlook]. - Email samskipti : Kalka, 2021.

Þórðarsson Steinþór Munnleg heimild. - [s.l.] : Kalka sf., 2021.

Umhverfis- og auðlindaráðuneytið Greining á þörf sorpbrennslustöðva á Íslandi - Höfundar ReSource International ehf. [Skýrsla]. - [s.l.] : Stjórnarráð Íslands, 2020.

Umhverfis- og auðlindaráðuneytið Í átt að hringrásarhagkerfi - Stefna umhverfis- og auðlindaráðherra í úrgangsmálum [Skýrsla]. - [s.l.] : Stjórnarráð Íslands, 2021.

Umhverfisstofnun Starfsleyfi - Kalka sorpeyðingarstöð [Skýrsla]. - [s.l.] : Umhverfisstofnun, 2021.

Umweltbundesamt The role of waste incineration in Germany [Skýrsla]. - [s.l.] : Umweltbundesamt, 2008.

Umweltbundesamt Umweltbundesamt [Á neti]// Thermal Treatment.- 23. Mars 2015.- <https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/waste-resources/waste-disposal/thermal-treatment#thermal-waste-treatment->.

UNEPWaste-to-energy: Considerations for Informed Decicion-Making [Skýrsla]. - 2019.

United Nations Implementation Handbook for Eco - Industrial parks [Skýrsla]. - Swiss : United Nations Industrial Development Organization, 2017.

Verkís Kísilverksmiðjan í Helguvík - Endurbætur. Mat á umhverfisáhrifum [Skýrsla]. - [s.l.] : Stakksberg, 2020.

VSÓ-ráðgjöf og Kanon arkitektar Aðalskipulag Reykjanesbæjar 2015-2030. Greinargerð [Skýrsla]. - 2017. - bls. 65.

Viðauki 1



MEMO

TITLE Cost estimate for incinerator in Iceland
DATE 15 April 2021
TO Steinþór Þórðarson, KALKKA sorpeyðingarstöð
COPY Karl Eðvaldsson, ReSource International
FROM Nels Rasmussen
CHECKED BY Kenneth Ahrensberg
PROJECT NO A227170

ADDRESS COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby
Denmark

TEL +45 56 40 00 00
FAX +45 56 40 99 99
WWW cowi.com

PAGE 1/7

1 Preface

This memo is regarding cost estimate and other issues for a possible implementation of a waste incinerator in Iceland with a capacity of 80 – 100.000 tonnes per year. The calorific value of the waste is informed to be in the area 11-12 MJ/kg, which is a value in the higher range for wet municipal solid waste in a western country.

2 Fulfilment of the R1 criteria

In the Waste Framework Directive 2008/98/EC (WfD) the requirement for fulfilling the R1 criteria is stated:

The WfD sets a performance threshold for energy efficiency of equal to or greater than 0,65 for those incineration plants which are in operation after 31 December 2008.

The formula for calculating the energy efficiency value is

$$\text{Energy efficiency} = (E_p - (E_f + E_i)) / (0,97 \times (E_w + E_f))$$

In which:

E_p means annual energy produced as heat or electricity. It is calculated with energy in the form of electricity being multiplied by 2,6 and heat produced for commercial use multiplied by 1,1 (GJ/year).

E_f means annual energy input to the system from fuels contributing to the production of steam (GJ/year).

E_w means annual energy contained in the treated waste calculated using the net calorific value of the waste (GJ/year)

E_i means annual energy imported excluding E_w and E_f (GJ/year)



PAGE 2/7

0,97 is a factor accounting for energy losses due to bottom ash and radiation.

Based on two waste to energy plants in UK without heat export, the Energy Efficiency has been calculated to be above 0,65 based on power production through a turbine-generator. Heat export by hot water and/or steam is possible if there is one or more off takers, who is interested, but for fulfilling the R1 criteria it is not required.

When there is no heat export an air-cooled condenser (ACC) must be installed to cool down the steam for condensation for recycling to the steam cycle. An ACC is rather large and high, so space must be available for this. It is typically not a major issue but must be included in the conceptual design for the plant. An ACC gives some noise and the noise requirements in the surrounding areas must be considered, but this is also not a major issue to handle.

3 Cost estimate for incinerator

The cost estimate is based on a grate incinerator with turbine-generator for production of power. The costs estimate does not include any equipment for pre-treatment of the waste. The basis is that cost and throughput data were gathered on wide range of WtE facilities in both UK and Europe. Data was collected when the project was in operation, commissioning, construction or planning phases and as such includes varying levels of confidence. Other data is from budget estimates gathered through past projects and information available in the public domain. Where possible, costs split between civil elements and process plant were gathered, but where this was not possible total CAPEX was also used.

All of these costs were first normalised to € in 2019 prices using firstly average exchange rates from the relevant currencies for the year of construction of each plant, and then by multiplying up for inflation based on a combination of RPI, Tender Price Index and Building Cost Index. The CAPEX figures have been converted to 2021 prices based on an inflation rate in EU of 1,43% in 2019 and 0,79% in 2020.

It is more costly to construct an incineration facility in Iceland compared to continental Europe. Based on experience from construction plants on other remote islands, COWI estimates that it would be 20% more costly to construct a plant in Iceland; therefore this percentage has been added to the data in the cost database.



The 20% surplus is based on the following major factors:

- > Extra costs for transport/shipping
- > Extra costs for flight, board and lodging
- > Higher labour cost level (compared to average in continental Europe)
- > Additional air freight of materials
- > Other higher costs

The ultimate level of investment will depend on the final detail of the Employers Requirements and the Technical Requirements specified at the time of tendering the project plus market forces and vendor appetite at that time. In addition, capex values can sometimes be affected by the nature of the final contract on offer. For example, offering the opportunity of a long-term O&M contract too will create a higher degree of competitive tension.

The estimated total costs are stated in below Table 1. Based on the cost database the total costs according to the 80% confidence interval is included in the table.

Table 1. Costs estimate for waste to energy plants with capacities 80.000 and 100.000 tonnes per year.

Capacity tpa	Costs per tpa	Total costs*	Total cost**	80% confidence interval		80% confidence interval	
				Min	Max	Min	Max
80.000	€ 1.180	€ 94.400.000	€ 115.807.613	€ 1.104	€ 1.926	€ 88.327.841	€ 154.083.011
100.000	€ 1.100	€ 110.000.000	€ 134.945.312	€ 994	€ 1.754	€ 99.368.821	€ 175.428.906

*: Price level 2019
 **: Including island factor and inflation in 2019 and 2020

Based on the adjusted total costs a more detailed estimate is show in Table 2.

Table 2. Cost split for waste to energy plant. tpa = tonnes per anno.

	80.000 tpa	100.000 tpa
Incinerator boiler	€ 33.977.050	€ 39.591.901,20
Electrical incl grid + distrib.	€ 11.116.415	€ 12.953.450,19
Flue gas treatment	€ 11.970.001	€ 13.948.094,76
Turbine/generator system	€ 17.992.880	€ 20.966.279,97
Auxillaries	€ 4.907.910	€ 5.718.962,56
Civil works	€ 32.161.681	€ 37.476.534,94
Project administration	€ 3.681.862	€ 4.290.305,05
Total costs	€ 115.807.613	€ 134.945.312

If it is considered building two smaller incineration plants instead of one larger in Table 3 is shown estimates of costs for a 30.000 tpa and a 70.000 tpa plant. These estimates can be compared with the estimate for a 100.000 tpa plant. These costs are also based on a 20% addition for construction in Iceland and adjusted for inflation in 2019 and 2020. COWI do not have cost data for the



30.000 tpa plant, the costs have been calculated based on equation for "economy of scale" with a proportionality factor of 0,65.

Table 3. Cost estimates for WtE plants with less capacities

Capacity tpa	Costs per tpa	Total costs*	Total cost**
30.000	€ 1.663	€ 49.899.055	€ 61.214.941
70.000	€ 1.238	€ 86.552.024	€ 106.179.908

*: Price level 2019

**: Including island factor and inflation in 2019 and 2020

Compared to a 100.000 tpa incineration plant the cost increase is 32 million € corresponding to 24%.

The cost increase for installing plants with less capacity compared to a 100.000 tpa plant is shown in Table 4.

Table 4. Cost increase per tpa compared to 100.000 tpa plant.

Capacity tpa	Costs per tpa	Cost increase per tpa
80.000	€ 1.180	7%
70.000	€ 1.238	12%
30.000	€ 1.663	51%

In Denmark, which have had waste incineration plants since the beginning of the 20th century, the trend has been to close smaller incineration plants/lines and construct larger plants/lines to benefit from economy of scale.

4 Operating expense (OPEX) estimate

General

Operational costs generally fall under the following headings: fixed costs, variable costs and maintenance/lifecycle costs. These elements are discussed below.

Fixed Costs

The largest element of the Fixed Costs are the staffing costs. It is estimated that an O&M team of 35 persons including management, operations, maintenance, administration and cleaners are required. The number of persons is based on that the waste is not pre-treated and bottom ash is loaded by the operators into external trucks for transport. Fixed costs would also include tools, office equipment and safety equipment.

Variable Costs

The Variable Costs consist of the consumables used during operation of the facility and many are related to the actual quantity of waste incinerated. These include costs for water, utilities and flue gas treatment consumables; lime and powdered

activated carbon etc. These costs are not increased with an island factor since they are assumed to be similar for counties in continental Europe.

COWI estimates a total of variable and fixed operating cost of **22 to 25 Euro/tpa**.

Maintenance and lifecycle costs

Maintenance and lifecycle costs are difficult to estimate pre-operation and can vary significantly depending on final technology design, vendor, scale, contract type, business model, feedstock and of course the experience and efficacy of the operating team. COWI estimates an annualised cost of **20 to 30 Euro/tpa**. (The figure includes 20% higher cost compared to continental Europe).

Residue Disposal Costs

Residues to be disposed of include incinerator bottom ash (IBA) and fly ash with air pollution control residues (APCr).

IBA is typically classified as inert and non-reactive and can therefore be disposed of at landfill unless it is being further processed and recycled.

Fly ash/APCr is a hazardous waste. The disposal possibilities for Fly ash/APCr in Iceland must be investigated. If this not possible, the Fly ash/APCr should be exported for disposal in old mines in Norway or Germany, similar to what are done for many other incinerator plants in Europe.

Based on it is possible to dispose Fly ash/APCr in Iceland a combined disposal cost range of **15 to 25 Euro/tpa** is estimated. These costs are not increased with an island factor since the costs for transport are assumed to be similar for counties in continental Europe.

4.1.1 Summary

Including the disposal costs for IBA and Fly ash/APCr's the range of fixed, variable and annualised lifecycle costs combined is estimated to be **€57/tpa to €80/tpa**.

5 Emissions from stack

Typical height of stack for an incinerator plant with the capacity in the range of 80-100 thousand tonnes per year is **60-70 meters**. The actual required stack height for a waste incinerator must be determined as part of the environmental assessment study based on several factors, among other location of the incineration plant, topography and wind directions. Possible height limitations of the stack due to location close to Keflavik International Airport must be discussed with aviation authorities.



The actual emissions in terms of mg/Nm³ depends on choice of flue gas treatment system, dry, semi-dry or wet. If the heat is not utilized, it will not be economically beneficial to install a wet flue gas treatment system, and therefore the system should be dry or semi-dry.

For NO_x reduction a SNCR (Selective Non-Catalytic Reduction) system is typically installed.

In the following table the maximum limits according to Directive 2010/75/EU on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) and BREF (Best available technique Reference documents) 2019 are stated as well as the emissions, which can be estimated based on a semi dry flue gas treatment system with SNCR.

Table 4. Operational flue gas emission levels for releases to air (in mg/Nm³ or as stated). Data is standardized at 11 % oxygen, dry gas, 273 K and 101,3 kPa

	EU BREF 2019	Expected based on semi dry FGT/SNCR
Substance	24-hour average	24-hour average
Total dust	5	2
Hydrogen chloride (HCl)	6	4
Hydrogen fluoride (HF)	1	< 0,5
Sulphur dioxide (SO ₂)	30	20
Nitric oxides (NO _x) with SNCR	120	80
Gaseous and vaporous organic substances, expressed as TOC	10	1
Carbon monoxide (CO)	50	10
	Measured average	Measured average
Mercury and its compounds, expressed as Hg	0,02	0,01
Cadmium + thallium	0,02	0,001
Sum other metals (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V)	0,3	0,03
Dioxins and furans (ng TEQ/Nm ³)	0,06	0,005
Ammonia (NH ₃)	10	5

For an incinerator for 100.000 tonnes per year and 8.000 operating hours the flue gas flow will be 81.000 Nm³/h. For an incinerator for 80.000 tonnes per year and 8.000 operating hours the flue gas flow will be 65.000 Nm³/h.

6 Amounts of bottom ash and fly-ash

Typical for 1 kg of waste 0,15-0,2 kg of ash will be generated. Around 0,01-0,03 kg fly-ash will be generated, which must be disposed of.

The amount of bottom ash depends on the waste composition and the burnout rate of the waste, but it is our experience that the generation of bottom ash from the waste do not differ much from the figures above. The same is valid for the fly-ash. It is our experience that the conceptual design of an incinerator plant must be based on these figures.

7 Construction programme

The construction timeframe for an incineration plant is around 32 months from award of contract to preliminary taking over. This is based on the construction site has not been used before for any other buildings etc., so that the site must be cleared before the actual construction work can commence.

8 Required site area for incineration plant.

For an incineration plant with a capacity of 80.000 to 100.000 tpa an area of around 120 x 230 m (2,8 ha) is required (the area can be wider respectively shorter depending on the layout). This is based on boiler with horizontal pass and including

- > Roads for waste trucks and other trucks etc.
- > Parking lot
- > Weighing scales
- > Delivery hall for parking waste trucks when offloading into waste bunker
- > Waste bunker
- > Air cooled condenser
- > Transformer/electricity export equipment

Areas for storing and handling bottom ash are not included.

Viðauki 2

SORPORKA

Strandsiglingar

Það eru góðar ástæður fyrir því að athuga þarf gaumgæfilega strandflutninga sem hagkvæman kost samhliða flutningum á landi. Strandflutningar eiga aðallega við um varning sem ekki er háður þröngum tímatakmörkunum. Flutningur sjóleiðina hentar því vel fyrir margs konar iðnaðarvörur, t.d. byggingarvörur, ýmiss konar hráefni, matvæli svo sem frýstan fisk og alls kyns smávöru.

Undanfarin ár hefur gríðarlegt magn af sorpi verið flutt landleiðina til urðunar, sennilega yfir 150 þús. tonn á ári. Dagvara, fiskur til vinnslu eða útflutnings þolir ekki langan flutningstíma, og almennar póstsendingar verða sennilega að mestu leyti fluttar landleiðina. Þegar lítið er á heildarmagn flutninga, er engu að síður ljóst, að mikill hluti vöruflutninga getur farið sjóleiðina.

Nokkrar hagkvæmniathuganir hefa verið gerðar til þess að skoða hvort skynsamlegt sé að koma á öflugum strandsiglingum. Hagfræðistofnun Háskóla Íslands gaf út skýrslu 2005 sem sýnir mikið ósamræmi í skattlagningu á notkun mismunandi samgöngumannvirkja. Þar segir t.d. að hlutfallslega mest gjaldtaka sé í höfnum, og fólkubílar greiði mun hærra hlutfall en flutningabílar. Samgönguráðuneytið gaf út skýrslu um strandsiglingar 2010, og verkfræðistofan VSÓ birti aðra slíka með Vegagerðinni 2016. Þessar athuganir hafa sýnt að það sé hagstætt að koma á strandsiglingum. Flestar þjóðir sem eiga þess kost nota skip eða jámbrautir til þungaflutninga, og viðast hvar njóta þeir opinberra styrkja.

Helstu kostir sjóflutninga:

Helstu kostir sjóflutninga felast meðal annars í hagkvæmni stærðarinnar og þar með lægri flutningsgjöldum. Þegar mengun frá skipum og flutningabílum er borin saman, má segja að út frá sjónarmiðum olíunotkunar og losunar á koltvíoxíði, er 8 til 10 sinnum hagkvæmara og vistvænna að flytja eitt tonn af varningi um einn kílómetra með skipi heldur en með þungum vörubílum.¹ Bygging og rekstur eins kílómetra af hefðbundnum vegarkafli með tveimur akreinum og bundnu slitlagi (klæðningu), hefur í för með sér kolefnisspor sem jafngildir losun á 707 tonnum af CO₂. Þar af er viðhald vegar rúmur helmingur af losuninni.²

Flutningaskip útbúin gasvélum sem brenna náttúrugasi, LNG („Liquid Natural Gas“) eða öðrum gastegundum, myndu valda sáralitilli mengun miðað við notkun diselvéla. Þar að auki getur losun koltvíoxíðs verið um 30% minni frá gasvélum.³ Auðvelt er að útbúa skip

¹ Alþjóða siglingamálastofnunin, 2009. Second IMO GHG Study, <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Second-IMO-GHG-Study-2009.aspx>, skoðuð í apríl 2021.

² Vistferilsgreining fyrir veg, 2013. EFLA: Rannsóknarverkefni Vegagerðarinnar 2012, 22 bls. http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/Vistferilsreinine_fvriir_vee/Sfile/Vistferilsreinine%20fvriir%20veg.pdf, skoðuð í apríl

³ Rolls-Royce Bergen Engines, 2020. Part of the solution towards zero emissions shipping. 20.engines-2p-17.11.20.pdf. Kongsberg.com.

SORPORKA

með slíkum vélbúnaði, en þó ber að taka fram að náttúrugas, annað en metan í litlu magni, fæst ekki hér á landi, en það gæti þó orðið verði til fleiri stórir viðskiptavinir.

Skip fyrir þetta verkefni yrðu búin mjög fullkomnum stjórnækjum til að tryggja mestu mögulega stjórnhæfni til innsiglinga og lagningu að bryggju. Það má segja, að stjórnbúnaðurinn verði svipaður og aðflugsbúnaður flugvéla. Kongsberg í Noregi framleiðir slíkan búnað, og eru hann víða notaður í skipum þar í landi, þar sem aðstæður eru mjög krefjandi. Þetta mun gera skipin mun minna háð veðurskilyrðum og alla siglingu þeirra og komu til hafna mun öruggari.

Skipin yrðu búin fullkomnum lestunar- og losunarbúnaði til að tryggja hraða afgreiðslu flutningagáma. Horft er til stjórnbúnaðar frá MacGregor fyrir lestar og Liebherr krana með nákvæmum stjórnúnaði og að hluta sjálfvirkri stýringu fyrir lestun og losun gáma.

Auk hefðbundinna vöruflutningagáma munu skipin geta flutt olíu og gas í sér útbúnum tónkum eða gámagrindum. Þau verða með 12 stórum eins manns klefum, en gætu flutt verulegan fjölda fólks í neyðartilvikum.

Ef horft er til hugsanlegrar stórskipahafnar í Finnafirði, er ljóst að um verulega flutninga þangað til og frá útlöndum yrði að ræða. Það er því líklegt, að þaðan þurfi að flytja gáma í veg fyrir önnur skipafélög eða til lokaáfangastaða.

Helstu ókostir sjóflutninga:

Með sjóflutningum er afgreiðslutími varnings mun lengri en með landflutningum. Því eru strandflutningar ekki heppileg leið fyrir ferskvöru og aðra vöru sem þolir ekki langan flutningstíma. Strandsiglingar bjóða upp á mun lægra þjónustustig, strjálari komur og stíðari afgreiðslu varnings, hentar ekki þeim sem búa fjarri komuhöfnum.

Mun hærrí opinber gjöld leggjast á sjóflutninga borið saman við flutninga með stórum vörubílum. Kostnaður við hverja heimsókn að bryggju hjá flestum sveitarfélögum er að meðaltali um 350 þúsund krónur. Opinber gjöld fyrir flutning á einum 40 feta gámi til Akureyrar með flutningabil, sem eyðir 55 l/100 km, vegalengd 400 km, er innan við 22 þúsund krónur, olíuskattur nemur 62,8 kr/litra og veggjöld 15,2 kr/km. Þetta þýðir að strandferðaskip þyrfti að flytja 16 gáma til hvernar hafnar, sem getur ekki talist raunhæft. Þarna gæti mikils misræmis milli mismunandi flutningaleiða, sem þarf að taka til skoðunar.

Almennt.

Þetta yrðu að vera afar vel útbúin skip og sjálfbjarga að langmestu leyti. Skipin þurfa að hafa mikið vélarafli, vera búin tvöföldum vél- og skrifubúnaði og hafa fullkomna stjórnhæfni við erfiðar aðstæður svo sem í slæmum veðrum. Þessi skip gætu einnig verið liður í því að tryggja öryggi sjófarenda, ekki síst vegna þess að þau eru alltaf á ferðinni meðfram allri strandlengjunni, þá mögulega undir stjórn Landhelgisgæslunnar. Þau gætu komið sér afar vel til þess að koma allskonar varningi til staða, þegar færð og veður hamla landflutningum. Mögulegt er að haga hönnun og búnaði þeirra þannig, að þau geti aðstoðað vélarvana skip, jafnvel mun stærri skip eins og skemmtiferðaskip. Strandflutningaskipin gætu haft þyrlopall aftast sem tekur stærstu þyrpur og mætti hafa tilbúinn á 2 til 3 tímum, og vera með eldsneytisbirgdir fyrir þær.

SORPORKA

Sú áætlunargerð sem nú er unnið að, er byggð á enn viðtækari möguleikum en hingað til hafa verið skoðaðir. Vilji skipafélaganna til samstarfs hefur verið kannaður, aðallega að þau vilji nýta skipin til að sinna vöruflutningum innanlands. Bæði skipafélögin hefa sýnt jákvæð viðbrögð, enda er það ein aðalforsenda þess að reksturinn geti gengið upp. Þá hefur eitt oliufélaganna sýnt þessu verkefni áhuga og lýst yfir, að það myndi vilja flytja alla sína olíu/gas til landsbyggðarinnar með skipi, væri það í boði. Þetta kallar hins vegar á sérstakar ráðstafanir þar sem viðast er búið að fjarlægja olíugeyma við hafnir.

Öll umferð um vegakerfið hefur aukist verulega, bæði landflutningar og aukin ferðamennska, sem hefur fjölgað stærri og minni bílum verulega. Fyrri skoðanir á hagkvæmni hafa eðlilega ekki getað tekið tillit til þessara breytinga.

Stefán Guðsteinsson.
sg@envo.is

Viðauki 3

Ljóst er að 100 þús. tonna ristarbrennsla, sem rekin er með hámarksnýtingu á orku að markmiði, hentar ekki til brennslu á öllum brennanlegum úrgangi. Kalka býr yfir ýmsum eiginleikum sem gera það að verkum að skipuleg sérhæfing hennar samhliða opnun nýrrar brennslu hefur ýmsa eftirsóknarverða kosti í för með sér. Sumir þessara kosti eru háðir því að brennslurnar séu reknar á sama stað en aðrir krefjast þess ekki.

Eftirfarandi kostir eru óháðir staðsetningu:

- Ofninn í Kölku er lokaður snúningsofn sem hentar vel til brennslu á fljótandi efni. Eins og Kalka hefur verið rekin að undanfögnu, með litla áherslu á orkunýtingu, hefur heldur ekki komið að sök þótt talsverðar sveiflur séu í rekstrinum. Það hefur komið sér vel t.d. þegar hefur þurft að brenna umtalsverðu magni af t.d. sauðfé og kjúklingum.
- Í samspili ofnanna tveggja mætti beina öllu efni sem hefur neikvæð áhrif á hreinleika ösku í minni ofninn. Þannig mætti tryggja að mikill meirihluti ösku frá sorpbrennslu á Íslandi myndi standast allar kröfur sem hráefni (end of waste). Efnið mætti svo nýta til vegagerðar eða í steinsteypu svo dæmi séu tekin.
- Skipulegt samspil í rekstri ofnanna myndi einnig auðvelda að tryggja megi nauðsynlega einsleitni brennsluefnis inn á stærri brennsluna og þannig stuðla að stöðugu hitastigi og stöðugleika í orkuframleiðslu.
- Endur- og símenntun starfsfólks. Bæði mætti ná fram hagræðingu og e.t.v. líka meiri slagkarfti í nauðsynlega símenntun starfsfólks með því að reka einn starfsmannahóp.
- Yfirbygging (overhead). Æskilegt væri að báðum brennslunum yrði stjórnað og þær þjónustaðar af sama hópi stjórnenda og sérfræðinga. Það gæti sparað einhver stöðugildi og gert stefnumótun, stöðugar umbætur o.fl. í þeim dúr markvissara.

Eftirfarandi kostir krefjast þess að brennslurnar séu reknar á sama stað (eða auðvelda samlegð a.m.k. verulega):

- Sorpbrennsuofnar með orkunýtingu eru yfirleitt teknir niður í skipulegt viðhald yfir sumartímann þegar eftirspurn eftir hita og rafmagni er í lágmarki. Kalka gæti tryggt ákveðna lágmarksafhendingu á orku meðan stærri brennslan væri tekin niður í viðhald.
- Umhverfissvöktun, loftdreifilíkan o.fl. sem varðar kröfur umhverfisyfirvalda, umhverfisstjórnkerfi, gæðakerfi o.fl.
- Birgðir, rekstrarvörur og varahlutir. Í rekstri Kölku undanfarið hafa ítrekað komið upp atvik þar sem varahlutir sem keyptir voru fyrir stóriðufyrirtæki hafa bjargað málum í Helguvík. Dæmi um slíkt eru hraðabreytar og rafmótorar. Öruggt má telja að talsverður fjöldi slíkra íhluta verði í sömu "spekkum" í báðum brennslunum og einhver tækifæri liggja í að sameina slíkt birgðahald. Þetta atriði er þó ekki alfarið bundið við rekstur á sama stað. Samnýting á rekstrarvörubirgðum er þó ekki raunhæf ef mikið þarf að flytja á milli.

- Vogir og búnaður til undirbúnings á efni. Með eina öflugra vog í Helguvík nú þegar væri nóg að bæta einni við fyrir nýja brennslu en hafa þó alltaf $n+1$ ef til bilana kæmi. Þá myndu hakkavélar, kurlarar og annar búnaður til undirbúnings á brennsluefni nýtast báðum brennslunum. Sá búnaður er að hluta til þegar í Helguvík þótt vissulega þyrfti að bæta verulega í.
- Aðstaða og búnaður til geymslu, hreinsunar og annarrar vinnslu á ösku. Seglunarbúnaður og heppileg geymsla/vinnslusvæði fyrir hreinsun á ösku myndi nýtast báðum brennslum. Þótt Kalka væri markvisst notuð til að taka allt vafaefni og þannig framleiða mengaðri ösku væri eftir sem áður slægur í því að ná málmum úr henni til endurvinnslu.
- Samnýting á mannskap í öll störf. Mikil tækifæri liggja í samnýtingu viðhaldsteyma og viðskiptum við verktaka vegna skipulegs viðhalds. Í upphafi, og að einhverju marki til framtíðar, gæti Kalka gegnt mikilvægu hlutverki í þjálfun nýs starfsfólks.