

20. janúar 2023



**Carbfix**

# Umsókn um starfsleyfi til geymslu

**Niðurdæling CO<sub>2</sub> á geymslusvæði Carbfix á Hellisheiði**

**Umsókn í samræmi við 6. gr. reglugerðar nr. 1430/2022**

Útgefandi: Carbfix hf.  
Ráðgjöf og ritstjórn: Mannvit hf.



## Efnisyfirlit

1	Inngangur .....	1
2	Upplýsingar sem krafist er í umsókninni .....	2
2.1	Nafn og heimilisfang hugsanlegs rekstraraðila .....	2
2.2	Sönnun fyrir tæknilegri færni hugsanlegs rekstraraðila.....	2
2.3	Lýsing á eiginleikum geymslusvæðis og geymslugeymis auk mats á fyrirsjáanlegu öryggi geymslunnar skv. 3. gr.....	3
2.3.1	Atriði skv. 3. gr. reglugerðar 1430/2022 og 4. gr.(3) tilskipunar 2009/31 .....	5
2.4	Heildarmagn CO <sub>2</sub> sem verður dælt niður og geymt, sem og væntanlegar uppsprettur og flutningsaðferðir, samsetning CO <sub>2</sub> -straums, hraði og þrýstingur á niðurdælingu og staðsetning niðurdælingarbúnaðar .....	6
2.4.1	Nákvæm staðsetning og afmörkun geymslusvæðis og geymslugeymis og upplýsingar um vökvafræðilegu eininguna.....	8
2.4.2	Kröfur um rekstur geymslu, heildarmagn CO <sub>2</sub> sem leyfilegt er að geyma í jörðu, þrýstingsmörk geymis og hámarks niðurdælingarhraða og þrýsting .....	8
2.5	Lýsing á ráðstöfunum til að koma í veg fyrir umtalsverð frávik .....	8
2.6	Fyrirhuguð vöktunaráætlun skv. 2. mgr. 12. gr. ....	9
2.7	Fyrirhugaðar ráðstafanir til úrbóta skv. 2. mgr. 15. gr. ....	11
2.8	Fyrirhuguð bráðabirgðaáætlun vegna tímabils eftir lokun skv. 3. mgr. 16. gr.....	11
2.9	Upplýsingar sem koma fram í mati á umhverfisáhrifum .....	12
2.10	Staðfesting á því að fjárhagsleg trygging eða önnur jafngild ráðstöfun, skv. 18. gr., verði gild og virk áður en niðurdæling hefst.....	12
3	Listi yfir viðauka.....	13

## Kort

Kort 1. Kortið sýnir leyfismörk sem sótt er um, svo og mörk geymslugeymis og aðrar viðeigandi upplýsingar. Vöktunarsvæðið hefur sömu mörk og svæði starfsleyfis til geymslu..... 5

## Töflur

Tafla 1 Gildi fyrir niðurdælingu CO<sub>2</sub> í geymslugeyminn eftir svæðum..... 7

Tafla 2. Vöktunaráætlun niðurdælingar CO<sub>2</sub> til geymslu í jörðu á Hellisheiði. .... 10



# 1 Inngangur

Carbfix hf. áformar aukna niðurdælingu á koldíoxíð ( $\text{CO}_2$ ) til geymslu í jarðlögum í geymslusvæði á Hellisheiði. Starfsleyfi til geymslu þarf fyrir þessari auknu afkastagetu skv. 6. gr reglugerðar nr. 1430/2022. Reglugerðin innleiðir ákvæði CCS-tilskipunar 2009/31 í íslensk lög, sem heimilar geymslu  $\text{CO}_2$  í jarðlögum á Íslandi.

Núverandi niðurdæling af  $\text{CO}_2$  til steinrenningar á geymslusvæðinu á Hellisheiði kemur frá tveimur uppsprettum. 1) Allt að 12.000 tonnum af  $\text{CO}_2$  á ári (ásamt 5.000 tonnum af  $\text{H}_2\text{S}$ ) er fangað úr útblæstri Hellisheiðarvirkjunar og dælt í niðurdælingarholur á skilgreindu niðurdælingarsvæði virkjunarinnar við Húsmúla; og 2) Allt að 4.000 tonnum af  $\text{CO}_2$  á ári sem fangað er beint úr andrúmsloftinu frá lofthreinsiverinu Orca, sem rekið er af svissneska nýsköpunarfyrirtækinu Climeworks í Jarðhitagarði Orku Náttúrunnar á Hellisheiði, vestan við virkjunina, og dælt niður á skilgreindu borsvæði í Þrengslum.

Áætlanir gera ráð fyrir þremur niðurdælingarverkefnum til að auka niðurdælingu  $\text{CO}_2$  til geymslu á Hellisheiði:

- 1) Silfurbergsverkefnið, ný og stærri hreinsistöð Hellisheiðarvirkjunar, sem fangar um 36.000 tonn af  $\text{CO}_2$  á ári og 11.000 tonn af  $\text{H}_2\text{S}$  á ári úr útblæstri virkjunarinnar. Fönguðu  $\text{CO}_2$  verður dælt niður í djúpkerfi á niðurdælingarsvæði virkjunarinnar í Húsmúla til geymslu í jarðlögum. Gert er ráð fyrir að nýja hreinsistöðin fyrir þessa auknu afkastagetu verði gangsett árið 2025, sem gerir starfsemi Hellisheiðarvirkjunar nær kolefnissporslausu, fyrst jarðvarmavirkjana í heimi. Verkefnið hefur hlotið styrk frá Nýsköpunarsjóði Evrópusambandsins.
- 2) Niðurdæling frá nýju lofthreinsiveri, Mammoth, sem Climeworks hyggst reisa í Jarðhitagarðinum með föngunargetu allt af 40.000 tonn/ári af  $\text{CO}_2$  í fullum rekstri. Gert er ráð fyrir gangsetningu lofthreinsiversins árið 2024. Áformað er að þessu  $\text{CO}_2$  verði dælt niður í millikerfi á um 500 m dýpi um nýjar niðurdælingarholur sem bora á í Jarðhitagarðinum.
- 3) Niðurdæling frá þróunarmiðstöð fyrir lofthreinsitækni sem áformað er að verði sett upp í Jarðhitagarðinum, þar sem hægt verður að þróa og prófa nýja lofthreinsitækni. Fönguðu  $\text{CO}_2$ , allt af 15.000 tonnum af  $\text{CO}_2$  á ári, verður dælt í nýja niðurdælingarholu í Jarðhitagarðinum til geymslu í millikerfi. .

Djúpkerfi geymisins er notað til niðurdælingar á endurheimtu jarðhitavatni (þétti- og skiljuvatni) frá jarðvarmavirkjuninni. Jarðhitagas er fangað úr útblæstri virkjunarinnar og leyst upp í þéttivatni áður en því er dælt niður í geyminn um niðurdælingarholur á niðurdælingarsvæði Hellisheiðarvirkjunar í Húsmúla. Djúpkerfi geymslusvæðisins er í jaðri háhitasvæðisins sem jarðvarmavirkjunin nýtir. Millikerfi geymisins verður nýtt til að geyma allt annað fangað  $\text{CO}_2$  sem er afhent Carbfix til niðurdælingar.

Þetta skjal inniheldur umsókn um starfsleyfi til geymslu fyrir koldíoxíð frá Carbfix geymslu koldíoxíðs í jörðu sem fangað er frá þessum þremur verkefnum. Eins og áður hefur komið fram er umsóknin í samræmi við 6. grein reglugerðar nr. 1430/2022 og 7. grein tilskipunar 2009/31 um geymslu koldíoxíðs í jörðu. Sú tilskipun hefur verið innleidd í íslenskan rétt með breytingu á lögum nr. 7/1998, eins og fram kemur í 33. gr. a til j. Reglugerð nr. 1430/2022 tiltekur nánari ákvæði um framkvæmd laganna og tilskipunarinnar, eins og kveðið er á um í 33. gr. b í lögum nr. 7/1998.

Með þessari umsókn sækir Carbfix um leyfi til 30 ára fyrir rekstur niðurdælingar  $\text{CO}_2$  í geymslusvæði til geymslu  $\text{CO}_2$  í jörðu.

Lögbært yfirvald er Umhverfisstofnun.

## 2 Upplýsingar sem krafist er í umsókninni

Í eftirfarandi köflum eru taldar upp þær upplýsingar sem krafist er í umsókn um starfsleyfi til geymslu eins og lýst er í 6. grein reglugerðar 1430/2022 og 7. grein tilskipunar 2009/31.

### 2.1 Nafn og heimilisfang hugsanlegs rekstraraðila

Nafn rekstraraðila:	Carbfix hf.
Kennitala rekstraraðila:	531022-0840
Heimilisfang rekstraraðila:	Smáratorg 3
Póstnúmer:	201 Kópavogur
Sími:	5166444
Netfang:	<a href="mailto:carbfix@carbfix.com">carbfix@carbfix.com</a>
Tengiliður v/umsóknar:	Heiða Aðalsteinsdóttir
Netfang tengiliðar:	heidaa@carbfix.is

### 2.2 Sönnun fyrir tæknilegri færni hugsanlegs rekstraraðila

Föngun og niðurdæling á CO<sub>2</sub> og brennisteinsvetni (H<sub>2</sub>S) úr útblæstri Hellisheiðarvirkjunar til geymslu í jarðlögum hefur farið fram og verið rannsökuð frá árinu 2012, þegar Carbfix framkvæmdi fyrstu tilraunaniðurdælinguna í Þrengslum, sem staðfesti hraða steinrenningu á niðurdældu CO<sub>2</sub>.

Ferlið hefur verið hluti af samþættri starfsemi Hellisheiðarvirkjunar frá árinu 2014: Jarðhitagasið er fangað úr útblæstri virkjunarinnar og leyst upp í þéttivatni frá virkjuninni í þvottaturni sem staðsettur er við hlið virkjunarinnar. Gashlaðna þéttivatninu er síðan dælt niður í geyminn um niðurdælingarholur á niðurdælingarsvæði Hellisheiðarvirkjunar í Húsmúla, þar sem uppleyst gösin fara inn í geyminn á um 1000 m dýpi og ná strax leysnibindingu og hvarfast svo við bergið og steinrennast á nokkrum mánuðum. Föngun og niðurdæling nemur nú um 12.000 tonnum af CO<sub>2</sub> á ári og um 5.000 tonnum af H<sub>2</sub>S, eða um 33% af CO<sub>2</sub> og um 75% af H<sub>2</sub>S af losun virkjunarinnar.

Tilraunir með föngun CO<sub>2</sub> beint úr andrúmsloftinu ásamt niðurdælingu fyrir geymslu CO<sub>2</sub> í jörðu hófust árið 2017. Í september 2021 var lofthreinsiverið Orca tekið í notkun í Jarðhitagarði vestan Hellisheiðarvirkjunar. Föngunargeta verksmiðjunnar er um 4.000 tonn/ár af CO<sub>2</sub> til niðurdælingar í millikerfi geymisins, sem er staðsett á milli grunnvatnskerfisins og djúpkerfi geymisins. Dýpi niðurdælingar er um 500 m.

Geymsluferlið hefur verið mikið rannsakað frá stofnun Carbfix rannsóknarverkefnisins árið 2007, í samstarfi við yfir 30 háskóla og rannsóknastofnanir<sup>1</sup> með birtingu um 100 ritrýndra vísindagreina<sup>2</sup>. Rannsóknirnar hafa enn fremur verið teknar saman í ársskýrslum OR, móðurfélags Carbfix og ON sem rekur Hellisheiðarvirkjun. Carbfix aðferðafræðin hefur verið vottuð í samræmi við ISO staðal, ISO 14064-2, fyrir niðurdælingu lofthreinsiversins Orca.

<sup>1</sup> <https://www.carbfix.com/researchpartners>

<sup>2</sup> <https://www.carbfix.com/is/visindin>

## 2.3 Lýsing á eiginleikum geymslusvæðis og geymslugeymis auk mats á fyrirsjáanlegu öryggi geymslunnar skv. 3. gr.

Geymslusvæðinu og geymslugeyminum eins og þau eru skilgreind í 2. gr. reglugerðar 1430/2022 og 3. gr. tilskipunar 2009/31 er lýst hér að neðan. Ítarlegri lýsing fylgir skilgreiningunum í eftirfarandi köflum umsóknarskjalsins.

**Geymslusvæðið (e. *Storage site*)** er staðsett á jarðhitasvæðinu á Hellisheiði sem er hluti af megineldstöðvakerfi Hengilsins, SV-Íslandi og mannvirki á yfirborði eru staðsett innan iðnaðarsvæðis Hellisheiðarvirkjunar. Það samanstendur af:

- Jarðmyndunum sem mynda geymsluna (e. *storage reservoir*), hér á eftir vísað til sem:
  - **Millikerfi** geymslugeymis (e. *intermediate system storage reservoir*)
  - **Djúpkerfi** geymslugeymis (e. *deep system storage reservoir*)
- Millikerfi og djúpkerfi samanstanda af jarðlagastafla af ólívín-þóleiít basalti og móbergi (sjá umhverfismatsskýrslu<sup>3</sup>). Milli- og djúpkerfið er skilgreint sem tvær aðskildar og aðliggjandi vökvafræðilegar einingar sem eru aðskildar með lágum viðnámsmörkum og hafa takmarkaða lóðréttu vökvafræðilega tengingu (sjá geymslugeymir hér að neðan og umhverfismatsskýrslu<sup>3</sup>).
- Millikerfi og djúpkerfi afmarkast með svipaðri eldvirkni. Jafnframt liggur millikerfi yfir djúpkerfi og grunnvatnskerfið liggur yfir millikerfi (sjá umhverfismatsskýrslu<sup>3</sup>).
- Niðurdælingarholum, frá holutopp að holubotni.
- Vöktunarholum, frá holutopp að holubotni.
- Jarðhitaholum, frá holutopp að holubotni, sem innihalda:
  - jarðhitavinnsluholur
  - niðurdælingarholur jarðhitavökva
- Niðurdælingarkerfi (þar á meðal stjórnlöki og mælitæki á holutopp) staðsett í Húsmúla 1 (djúpkerfi) og Þrengslum 2, Jarðhitagarði 3 og Jarðhitagarði 4 (millikerfi).

**Geymslugeymir (e. *Storage complex*)** samanstendur af:

- Geymslusvæði.
- Öllum jarðlögum fyrir ofan geymslugeymi upp að grunnvatnsyfirborði (grunnvatnskerfi), í þessu tilviki jarðlagastafla af ólívín-þóleiít basalti og móbergi (sjá umhverfismatsskýrslu<sup>3</sup>). Geymslugeymirinn er mettaður af vatni. Þó að geymsla CO<sub>2</sub> í jörðu byggist ekki á „þakbergi“ þar sem uppleyst CO<sub>2</sub> er ekki lengur rísandi (sjá umhverfismatsskýrslu<sup>3</sup>), eru tvær myndanir sem hluti af geymslugeyminum sem eru til þess fallnar að geta veitt aukið geymsluöryggi og endurspeglast í jarðfræðilegum og affræðilegum líkönum í skrefi 2 og skrefi 3:
  - Þétt móbergsmýndun er um það bil á 100 til 400 m undir sjávarmáli sem innihalda glerjuð basalt móbergslög, sem samanstanda af þéttri eldfjallagjósku sem getur skapað vatnajarðfræðilega hindrun milli millikerfisins og grunnvatnskerfisins.
  - Blandlagsbelti (smektít og klórít leirsteindir) sem er á milli 600 og 900 m undir sjávarmáli (ummyndunarhitastig um 200°C) með lágt gegndræpi sem takmarkar streymi vatns milli vökvafræðilegra eininga, þ.e. djúpkerfis og millikerfis geymslugeymisins. Þetta lag er kortlagt með því að nota greiningu ummyndunar á borsvarfi (víðsjárgreiningu, XRD, þunnsneiðagreiningu) og viðnámsmælingar

---

<sup>3</sup> www.skipulag.is



sem gefa til kynna lágviðnámslag, dæmigert fyrir blandaðan leir í jarðhitakerfum og leiðir til lággegnræpis, oft kölluð lágviðnámskápa.

- Auk þess veita sprungur í geymslugeyminum hólfun undir yfirborðinu.
- Myndunum fyrir neðan geymi, sem samanstanda af kristölluðu bergi úr kvikuinnskotum með litla seigju.

**Vöktunarsvæði (e. *Monitoring area*)** samanstendur af:

- Geymslugeymi.
- Nærliggjandi svæði þar sem vöktunarstarfsemi fer fram, í þeim tilgangi sem um getur í 12. gr. reglugerðar 1430/2022 og 13. gr. tilskipunar 2009/31.

Gögn sem tengjast jarðfræði og jarðeðlisfræði og samanstanda af:

- Borholugögnum sem tengjast umfangsmiklum borunum á megineldstöðvasvæði Hengilsins og nánasta umhverfi, þar á meðal en ekki takmarkað við:
  - Bergfræðisnið og svarfgreining (XRD)
  - Jarðeðlisfræðileg snið (gamma geisla, viðnám)
  - Holusjargögn
  - Niðurdælingaprófanir
- Viðnámsmælingum
- Vöktun á jarðskjálftavirkni
- Þar að auki hefur svæðið verið nýtt til jarðhitavinnslu frá 2006 og til geymslu CO<sub>2</sub> í jörðu frá 2012 með tilraunaniðurdælingu sem fylgt var eftir með aukningu á afköstum á iðnaðarskala árið 2014 og hefur rekstraraðilinn því víðtæka þekkingu á geymslusvæðinu.

Áhrifum jarðfræði og jarðeðlisfræði og nauðsynlegum gagnasöfnum er lýst í undirgreinum og gögnum í Viðauka I við þessa umsókn.

Mörk svæðis sem Carbfix sækir starfsleyfi til geymslu hafa eftirfarandi hnit:

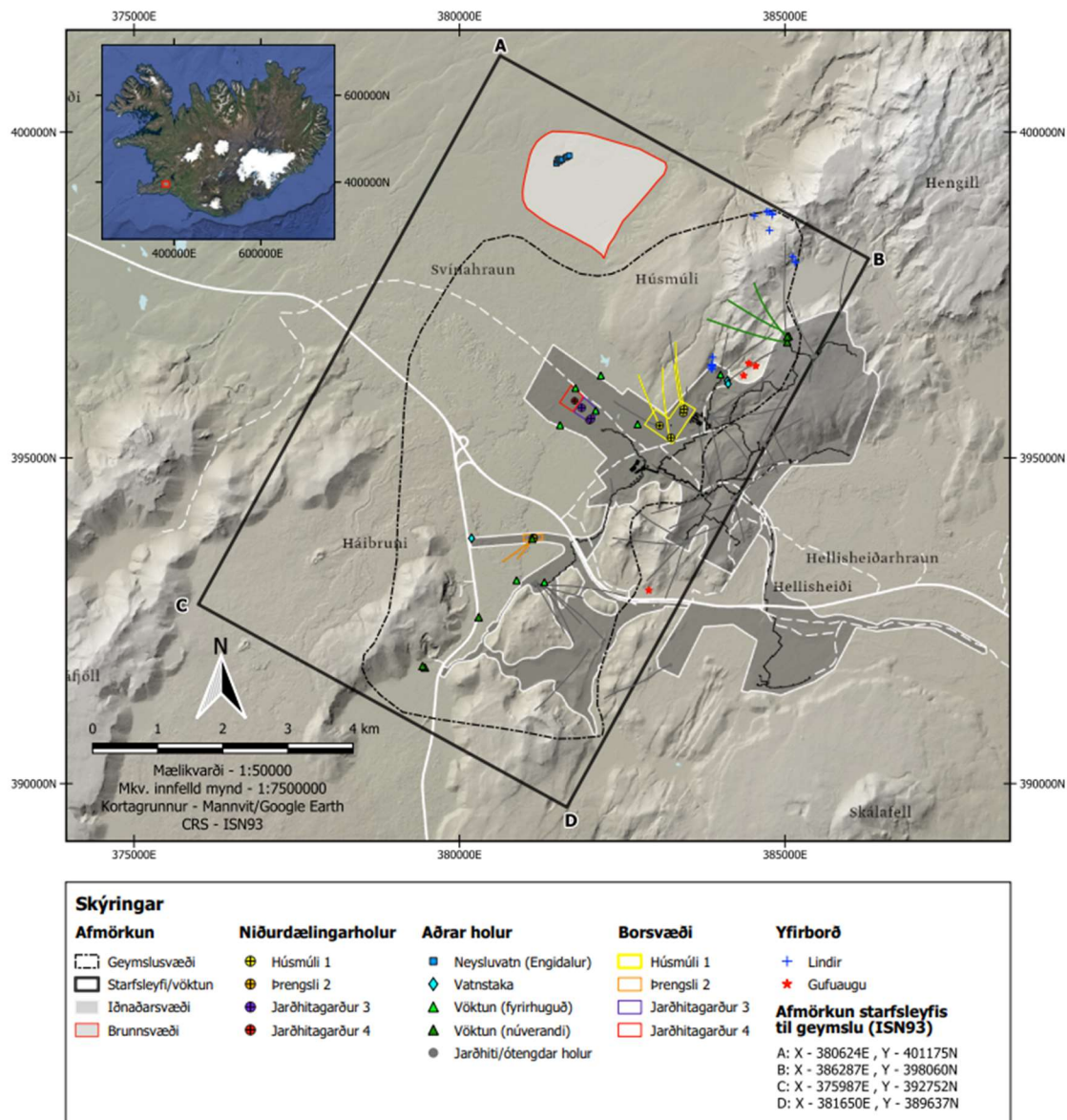
**A:** X - 380624E; Y - 401175N

**B:** X - 386287E; Y - 398060N

**C:** X - 375987E; Y - 392752N

**D:** X - 381650E; Y - 389637N

Kort 1 hér að neðan (sjá fylgiskjal) sýnir yfirlit af svæðinu með leyfismörkum Carbfix (hnit A-D að ofan), niðurdælingarholum og væntanlegu hámarksdreifingarsvæði neðanjarðar í kringum niðurdælingarholurnar (geymslugeymi).



**Kort 1. Kortið sýnir leyfismörk sem sótt er um, svo og mörk geymslugeymis og aðrar viðeigandi upplýsingar. Vöktunarsvæðið hefur sömu mörk og svæði starfsleyfis til geymslu.**

### 2.3.1 Atriði skv. 3. gr. reglugerðar 1430/2022 og 4. gr.(3) tilskipunar 2009/31

#### Nothæfi jarðmyndunar sem geymslusvæði

Sjá Viðauka I við þessa umsókn fyrir atriði samkvæmt 3. gr. reglugerðar 1430/2022 og 3. mgr. 4. gr. tilskipunar 2009/31 og 3. gr. reglugerðar 1430/2022 um nothæfi jarðmyndunar sem geymslusvæðis með lýsingu og mati á hugsanlegum geymslugeymi og nærliggjandi svæði samkvæmt viðmiðunum sem tilgreindar eru í Viðauka I við og reglugerð 1430/2022 og tilskipun 2009/31. Viðauki I við þessa umsókn hefur allar sömu fyrirsagnir og reglugerð 1430/2022 og Viðauki I við tilskipun 2009/31.

#### Umtalsverð hætta á leka, og umtalsverð umhverfis- eða heilbrigðisáhætta

Geymsluaðferðin felur í sér niðurdælingu á uppleystu CO<sub>2</sub>. Þetta er annað hvort gert með því að leysa CO<sub>2</sub> upp í vatni undir þrýstingi og dæla CO<sub>2</sub>-hlöðnu vatninu nægilega djúpt niður í geyminn til að tryggja að vatnsþrýstingurinn á niðurdælingarsvæðinu sé töluvert hærri en hlutþrýstingur CO<sub>2</sub>

í niðurdælingarvökvanum við það hitastig, eða með því að veita CO<sub>2</sub> og vatni í sitthvorri lögninni niður í borholu þar sem blöndun á sér stað á dýpi þar sem tryggt er að CO<sub>2</sub> leysist að fullu. Leysanleg gös lækka pH-gildi vatnsins og geta þannig aukið leysni basaltbergsins og losað tvígildar málmjónir sem ganga í efnasamband við niðurdælda CO<sub>2</sub> og mynda stöðugar karbónatsteindir. Steinrenningin, ásamt þynningu CO<sub>2</sub>-hlaðna vökvens í vökva geymisins, mun síðan draga úr hlutþrýstingi CO<sub>2</sub> og binda CO<sub>2</sub> enn frekar á geymslusvæðinu.

Helsta hættan sem greint hefur verið frá er leki CO<sub>2</sub> frá kerfinu. Þessir lekamöguleikar hafa verið teknir saman í fjóra hópa:

- i. Dreifður leki frá geymslugeymi
- ii. Staðbundinn leki frá geymslugeymi í gegnum jarðhitauppsprettur eða lindir
- iii. Niðurdælingarholur
  - a. Innan holutoppshúss eða niðurdælingarmannvirkis
  - b. Útan holutoppshúss
- iv. Vöktunarholur eða ónotaðar holur
  - a. Innan holutoppshúss eða niðurdælingarmannvirkis
  - b. Útan holutoppshúss

Tilheyrandi mat á váhrifum og áhrifum sýnir að áhættan fyrir alla skilgreinda hópa er í lágmarki. Helsta áhættan sem greinst hefur ef til leka kemur er inni í holutoppshúsum, sem krefst þess að CO<sub>2</sub> og O<sub>2</sub> skynjarar séu til staðar ásamt virku vöktunarkerfi til að vernda starfsmenn á staðnum. Ef vöktun bendir til leka sem getur haft áhrif á svæðið í kringum niðurdælingarholur, vöktunarholur eða lindir, gæti þurft að takmarka aðgang almennings að lægðum í landi á nærliggjandi svæðum umhverfis þessa staði.

Hættan á atburðum af þessu tagi er mjög lítil og á heildina litið er áhættan sem fylgir rekstri Carbfix á geymslu CO<sub>2</sub> í jörðu á Hellisheiði lítil.

Til að staðfesta þessa áhættulýsingu mun vöktun svæðisins koma nýjum upplýsingum inn í geymslulíkanið. Ef eitthvað misræmi kemur í ljós verður áhættumatið uppfært.

## **2.4 Heildarmagn CO<sub>2</sub> sem verður dælt niður og geymt, sem og væntanlegar uppsprettur og flutningsaðferðir, samsetning CO<sub>2</sub>-straums, hraði og þrýstingur á niðurdælingu og staðsetning niðurdælingarbúnaðar**

Eftirfarandi eru þeir fjórir staðir fyrir niðurdælingu CO<sub>2</sub> í geymslugeyminn:

1. Borsvæði fyrir jarðgös í djúpkerfi (Húsmúli 1)
2. Núverandi borsvæði fyrir lofthreinsitækni nálægt Þrengslum (Þrengsli 2)
3. Fyrirhugað borsvæði lofthreinsivers Mammoth í Jarðhitagarðinum (Jarðhitagarður 3)
4. Fyrirhugað borsvæði CO<sub>2</sub> fyrir þróunarmiðstöð fyrir lofthreinsitækni innan Jarðhitagarðs (Jarðhitagarður 4).

Staðsetningarnar eru sýndar á Korti 1 hér að ofan.

Tafla 1 sýnir árlegt heildarmagn CO<sub>2</sub> sem á að dæla niður og geyma á hverjum stað, auk niðurdælingarhraða og þrýstings, og aðferð við gasflutning frá öllum föngunarstöðvum til borsvæða.

Tafla 1 Gildi fyrir niðurdælingu CO<sub>2</sub> í geymslugeyminn eftir svæðum.

Borsvæði	Árlegt heildarmagn CO <sub>2</sub> tonn/ári	Önnur gös tonn/ári	Hámarks niðurdælingarhraði kg CO <sub>2</sub> /s	Hámarks niðurdælingarhraði kg H <sub>2</sub> O/s	Niðurdælingarþrýstingur bar-g	Flutningsaðferð
<b>Húsmúli 1.</b> <b>Aðalholi HN-16.</b> <b>Varahola: HN-14, HN-12 and HN-09</b>	47.000	11.000 H <sub>2</sub> S 18 H <sub>2</sub> 38 N <sub>2</sub> 15 O <sub>2</sub> 2,6 CH <sub>4</sub>	1,5	132	Gashlaðið þéttivatn: 14	Bein vatnslögn
<b>Þrengsli 2.</b> <b>Aðalholi HN-02.</b> <b>Varahola: HN-04</b>	4.000	-	0,1	3,5	Gas: 19-22 Vatn: 0-10	Bein gaslögn
<b>Jarðhitagarður 3.</b> <b>Aðalholur: CHI-001, CHI-002</b> <b>Varahola: CHI-003</b>	40.000	293 N <sub>2</sub> 211 O <sub>2</sub>	1,3	92	Gashlaðið þéttivatn: 21	Bein vatnslögn
<b>Jarðhitagarður 4.</b> <b>Aðalholi: CHI-004</b>	15.000	-	0,5	12,8	Gas: 19-22 Vatn: 0-10	Bein gaslögn
<b>Árlegt heildarmagn</b>	106.000	11.000 H <sub>2</sub> S				

Heildarmagn CO<sub>2</sub> sem á að dæla niður og geyma yfir 30 ára tímabil verður að hámarki 3.180.000 tonn. Þar að auki verður um 330.000 tonnum af H<sub>2</sub>S dælt niður í djúpkerfi geymslusvæðisins.

Það má skipta helstu kröfum varðandi samsetningu CO<sub>2</sub> straumsins í tvennt:

1. Straumur CO<sub>2</sub> fangaður frá Hellisheiðarvirkjun
2. Straumur CO<sub>2</sub> fangaður úr andrúmslofti eða frá öðrum upptökum

Viðtökuskilyrði á Hellisheiði fyrir straumtegundirnar tvær eru eftirfarandi:

1. Straumur CO<sub>2</sub> fangaður frá Hellisheiðarvirkjun
  - CO<sub>2</sub> skal fangað í jarðhitavatni frá Hellisheiðarvirkjun
  - Straumurinn getur einnig innihaldið allt að 20% H<sub>2</sub>S af massa frá sömu hreinsistöð
  - Gösin skulu vera uppleyst að fullu í vatnsstraumnum sem Carbfix tekur á móti
  - Önnur gös sem eru einnig fönguð frá jarðvarmavirkjuninni skulu vera undir leysnimörkum hvers gass við rekstrarhita og -þrýsting. Heildarmagn annarra gasa skal vera minna en 2% af massa
  - Lágmarksþrýstingur fyrir gashlaðið vatn er 4 bar-g
  - Hámarksþrýstingur fyrir gashlaðið vatn er 24 bar-g
  - Hámarkshiti vatns við holutopp er 30°C
2. Straumur CO<sub>2</sub> fangaður úr andrúmslofti eða frá öðrum upptökum
  - CO<sub>2</sub> straumurinn skal annað hvort vera að fullu uppleystur í vatni eða sem gasstraumur
  - Fyrir gashlaðið vatn eru kröfurnar:
    - Önnur gös skulu vera lofðtegundir í andrúmslofti í styrk undir leysnimörkum hvers gass við rekstrarhitastig og -þrýsting. Heildarmagn annarra gasa skal vera minna en 1,5% af massa
    - Lágmarksþrýstingur fyrir gashlaðið vatn er 4 bar-g

- Hámarksþrýstingur fyrir gashlaðið vatn er 24 bar-g
- Hámarkshiti vatnsins er 30°C
- Fyrir CO<sub>2</sub> gasstraum eru kröfurnar:
  - Önnur gös í gasstraumnum skulu vera lofttegundir. Heildarmagn annarra gasa skal vera minna en 1% af massa
  - Lágmarksþrýstingur gassins er 18 bar-g
  - Hámarksþrýstingur gassins er 24 bar-g
  - Hámarksþrýstingur vatnsins er 12 bar-g
  - Hámarkshiti vatnsins er 30°C
- Vatnið sem notað er skal vera grunnvatn úr efra grunnvatnskerfi svæðisins eða grunnvatn sem nýtt hefur verið af Hellisheiðarvirkjun

Nánar er fjallað um grunnvatnið í umhverfismatskýrslu og í Viðauka X.

#### **2.4.1 Nákvæm staðsetning og afmörkun geymslusvæðis og geymslugeymis og upplýsingar um vökvafraðilegu eininguna**

Staðsetning og afmörkun geymslusvæðis og geymslugeymis eru sýnd á Korti 1 (einnig meðfylgjandi).

#### **2.4.2 Kröfur um rekstur geymslu, heildarmagn CO<sub>2</sub> sem leyfilegt er að geyma í jörðu, þrýstingsmörk geymis og hámarks niðurdælingarhraða og þrýsting**

Heildarmagn CO<sub>2</sub> sem á að dæla niður og geyma á svæðinu, yfir 30 ára tímabil, verður að hámarki 3.180.000 tonn. Tafla 1 sýnir heildarmagn CO<sub>2</sub> sem geymt verður árlega á mismunandi borsvæðum ásamt hita- og þrýstingsmörkum og hámarks niðurdælingarhraða.

Kröfur um samsetningu CO<sub>2</sub> straums eru sýndar í kafla 2.4 hér að ofan. Fyrir H<sub>2</sub>S er hámarksmagn niðurdælingar í Húsmúla 11.000 tonn/ári.

### **2.5 Lýsing á ráðstöfunum til að koma í veg fyrir umtalsverð frávik**

Frávik í niðurdælingu eða geymslu eða á ástandi geymslugeymisins sjálfs, eins og hann er skilgreindur í 2. gr. reglugerðar 1430/2022, eru óeðlileg hegðun sem hefur áhrif á hættu á leka eða felur í sér áhættu fyrir umhverfið eða lýðheilsu. Til að setja lekahættuna í samhengi kemur fram í umhverfismatskýrslu<sup>4</sup> að aldrei hefur greinst leki eða aukning á flæði CO<sub>2</sub> til yfirborðs vegna niðurdælingarverkefna Carbfix og að líkanreikningar sýna fram á að leysnibindingu CO<sub>2</sub> er viðhaldið og ekki sé búist við að CO<sub>2</sub> uppleyst í vatni né á gasformi geti streymt til yfirborðs. Því ætti engin umtalsverð áhætta fyrir umhverfi né heilsu að vera til staðar.

Umtalsverð frávik má flokka í eftirfarandi flokka:

1. CO<sub>2</sub> lekur úr niðurdælingarkerfinu vegna örðugleika í rekstri.
2. CO<sub>2</sub> flyst út fyrir geymslusvæðið eða lekur úr geymslugeyminum.
3. Skemmdir á holunni eða slit á þéttilögum og efni (t.d. bilun í fóðringu).
4. Bilun í vöktunarkerfinu eða galli í uppsetningu vöktunarkerfisins.
5. Allt kerfið virkar öðruvísi en búist var við.

Helstu ráðstafanir til að koma í veg fyrir möguleg umtalsverð frávik eru eftirfarandi:

1. Viðhalda vatnsþrýstingi niðurdælingar hærrí en vatnsþrýstingi á niðurdælingardýpi.

<sup>4</sup> www.skipulag.is

2. Tryggja að hlutþrýstingur CO<sub>2</sub> í niðurdælingarvökva sé lægri en vatnsþrýstingur vatnssúlunnar á niðurdælingardýpi.
3. Tryggja að pH gildi niðurdælingarvökva sé lægra en grunnvatns á niðurdælingardýpi.
4. Tryggja að hitastig niðurdælingarvökva sé lægra en grunnvatns á niðurdælingardýpi.
5. Tryggja rétt dýpi niðurdælingarholu, sem og gæði og dýpi fóðringar í hverri holu miðað við staðsetningu, dýpi grunnvatns og hitaferil í holunni.
6. Tryggja viðeigandi vöktun og gæðaeftirlit með niðurdælingarkerfi og vöktunarholum.

Umtalsverð frávík og helstu ráðstafanir til að koma í veg fyrir þau eru nánar útlustuð í Viðauka III við þessa umsókn. Viðauki III verður lifandi skjal sem er uppfært á grundvelli rekstrarreynslu og niðurstöðum vöktunar.

## **2.6 Fyrirhuguð vöktunaráætlun skv. 2. mgr. 12. gr.**

Viðauki II sýnir fyrirhugaða vöktunaráætlun fyrir geymslugeyminn.

Vöktunarstarfsemin er flokkuð í fimm vöktunarpætti sem taldir eru upp hér að neðan.

- 1. Geymslugeymir**
- 2. Grunnvatn**
- 3. Yfirborð**
- 4. Jarðskjálftavirkni**
- 5. Niðurdælingakerfi**

Að auki fylgir lokunaráætlun.

Stefnan byggir á rannsóknum og rekstrarreynslu niðurdælingar Carbfix á Hellisheiði. Auk þess fylgir hún kröfum tilskipunar 2009/31, reglugerð 1430/2022 og reglum OS-2016-R01-01 um niðurdælingu vökva sem Orkustofnun gefur út.

Yfirlit yfir vöktunaráætlun er í eftirfarandi töflu.

Tafla 2. Vöktunaráætlun niðurdælingar CO<sub>2</sub> til geymslu í jörðu á Hellisheiði.

Vöktunarpáttur	Vöktun	Markmið	Fyrir gangsetningu	Tíðni						Eftir lokun
				1	2	3	4	5	6+	
Geymslugeymir	Heildstæð greining á efnafræði, hitastigi og þrýstingi og mæling á vatnsborði í vöktunarholum	Vöktun á geymslugeymi og steinrenningu, samræmi við líkan af geymslugeymi. Sannreyna að enginn leki sé til staðar.	3 <sup>a</sup>	Há → lág tíðni <sup>b</sup>						1-1/5 <sup>c</sup>
	Styrkur ferilefna í vöktunarholum		Há → lág tíðni <sup>b</sup>							
	Hermireikningar (Jarðefnafræðilegir reikningar)		d	1	1	1	1/2 <sup>e</sup>	1/2	1/2	1/2-1/5 <sup>c</sup>
	Hermireikningar (Forðafraeðilíkon)		d	1	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2-1/5 <sup>c</sup>
Grunnvatn	Efnagreining í skilgreindum vatnstökuholum í nágrenni við geymslusvæðið.	Bera kennsl á hugsanleg áhrif niðurdælingar á grunnvatn	Árlega							
Yfirborð	Sjónræn skoðun á niðurdælingarsvæði	Enginn leki CO <sub>2</sub> frá niðurdælingarkerfi eða úr geymslugeymi umfram náttúrulegan bakgrunn á svæðinu		12	12	12	12	12	12	
	Flæðimælingar á yfirborði	Áhrif á yfirborð	1		1		1		1	1/4 <sup>e</sup>
	Landhæðarbreytingar (InSAR)	Áhrif á yfirborð	Fimmta hvert ár							
Jarðskjálftavirkni	Rekstur á staðbundnu jarðskjálftaneti (ÍSOR, ON)	Lágmarka hættu á aukinni skjálftavirkni	Síritun							
	Vöktun í gegnum skjálftanet Veðurstofu Íslands		Síritun							
Niðurdælingarkerfi	Þrýstingur, hitastig og flæði efnastrauma við inntak niðurdælingarhola	Vöktun á CO <sub>2</sub> sem dælt er niður, magni og mögulegum óhreinindum í niðurdælingarvökva og gasi. Tryggja örugga niðurdælingu og að engin losun CO <sub>2</sub> vegna niðurdælingar um jarðveg eða vatn (samanburður við gasbóluprýsting)	Síritun							
	Sýnataka og greining efnasamsetningar vatns, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S og snefilefna í vökva við inntak niðurdælingahola	Enginn leki CO <sub>2</sub> frá niðurdælingarkerfi	2	2	2	2	2	2		
	Styrkur CO <sub>2</sub> í andrúmslofti (og H <sub>2</sub> S þar sem við á) inni í niðurdælingarmannvirki	Tryggja örugga niðurdælingu og að engin losun CO <sub>2</sub> vegna niðurdælingar um jarðveg eða vatn (samanburður við gasbóluprýsting)	Síritun							
	Grunnvatnsborðsmæling eða skráning á þrýstingi niðurdælingarholu	Tryggja að ekkert CO <sub>2</sub> sé að safnast fyrir í holutoppi og að búnaður virki sem skyldi.	1							
	Álestur á toppþrýstingi, vatnshæð og hitastigi í aflögðum niðurdælingarholum									1-1/5 <sup>c</sup>
Skýrslugjöf og eftirlit	Skýrslugjöf til eftirlitsaðila	Skýrslugjöf og eftirlit	Árlega							
	Skoðun á búnaði á yfirborði og virkni		Árlega						1-1/5 <sup>c</sup>	

<sup>a</sup> Fjöldi sýna/mælinga/athugana á ári/uppfærsla líkans

<sup>b</sup> Hærri tíðni sýnatöku í upphafi niðurdælingar og ferilefnaprófana. Tíðni minnkar þegar borið hefur verið kennsl á viðbragð vöktunarholu við niðurdælingu. Rauntölur taka mið af frumniðurstöðum. Ferilefnapróf er gert þegar stöðugleika hefur verið náð við fulla afkastagetu.

<sup>c</sup> 1-1/5: Árlega í þrjú ár, svo fimmata hvert ár; 1/2-1/5: Annað hvert ár fyrstu þrjú árin, svo fimmata hvert ár.

<sup>d</sup> Líkon eru uppfærð eftir því sem ný gögn berast, ss frá borunum, eins og þörf krefur.

<sup>e</sup> Fjórdæ hvert ár (1/4) eða annað hvert ár (1/2).

<sup>f</sup> Vöktun eftir lokun skal ekki vera undir 20 árum, nema hægt sé að sýna fram á fyrr með gögnum að CO<sub>2</sub> sé eða muni bindast varanlega með leysnibindingu og steinrenningu.

## 2.7 Fyrirhugaðar ráðstafanir til úrbóta skv. 2. mgr. 15. gr.

Viðauki IV tekur fyrir fyrirhugaðar ráðstafanir til úrbóta fyrir geymslugeyminn.

Ráðstafanir til úrbóta byggjast á ígrunduðu og traustu áhættumati sem er notað við gerð viðbragðsáætlunar (2.5) og vöktunaráætlunar (2.6). Í viðbragðsáætluninni er greint frá þeim umtalsverðu frávikum sem geta komið upp og í vöktunaráætluninni eru tilgreindir atburði sem kalla á ráðstafanir til úrbóta, sem þýðir að ráðstöfunum er beitt ef um umtalsverð frávík er að ræða.

Mismunandi tegundir ráðstafana til úrbóta eru flokkaðar í:

- i. Útvíkkun vöktunarrannsókna: Eins og tilgreint er í vöktunaráætlun, sem er hluti af leyfisumsókn, fer fram aukin vöktun.
- ii. Aðlögun rekstrarbreyta: Hægt er að stilla niðurdælingarþrýsting og/eða -hraða til að ákvarða hvort það endurheimti venjulegt ástand. Rannsaka þarf orsakir óreglulegrar hegðunar.
- iii. Stöðvun niðurdælingar: Ef flæði CO<sub>2</sub> á sér stað (eða leki úr geymslugeymi) og ekki er hægt að laga það, er hægt að stöðva niðurdælingu tímabundið. Þetta gerir til dæmis skoðun borholunnar mögulega og hugsanlega viðgerð á henni. Komi upp aðstæður sem valda skaða á umhverfi og/eða heilsu skal stöðva niðurdælinguna alveg og borholunum verður lokað og þær þéttar.
- iv. Sérstakar aðstæður: Við alvarlegar aðstæður (t.d. skemmdir á holunni vegna skemmdarverka) getur verið nauðsynlegt að bora nýja holu.

Ofangreint er nánar útlistað í Viðauka IV, sem verður lifandi skjal, uppfært á grundvelli rekstrarreynslu og niðurstöður vöktunaraðgerða.

## 2.8 Fyrirhuguð bráðabirgðaáætlun vegna tímabils eftir lokun skv. 3. mgr. 16. gr.

Þegar niðurdælingarhola er tekin úr notkun verður vatni án uppleysts CO<sub>2</sub> dælt niður í holuna í eina viku eftir að niðurdælingu CO<sub>2</sub> lýkur. Þá verður þéttu loki með hitastigs- og þrýstingsmæli sett á flans holunnar og allur niðurdælingarbúnaður fjarlægður. Hægt er að fjarlægja lokið af flansanum til að framkvæma mælingar í borholu eða safna vatnssýnum ef þörf krefur vegna vöktunar og rannsókna.

Fylgst verður með geymslusvæðinu í að minnsta kosti 20 ár eftir að það verður tekið úr notkun. Vöktun verður hætt þegar öll gögn benda til þess að CO<sub>2</sub> sé eða verði bundið í jarðlögum annað hvort með leysnibindingu eða steinrenningu. Ef allar mælingar og líkön benda til þess að í það minnsta 95% af niðurdældu CO<sub>2</sub> sé bundið í steindir á vöktunartímabilinu er hægt að stytta þetta vöktunartímabil.

Vöktun felur í sér:

- Sýnatöku á vatni úr vöktunarholum í geymi.
- Uppfærslu á forðafræðilíkönunum.
- Sýnatöku á vatni úr grunnvatnsholum.
- Vöktun á flæðimælingum CO<sub>2</sub> á yfirborði.
- Vöktun á þrýsting og hitastigi í aflögðum niðurdælingarholum.
- Sjónrænni skoðun á ástandi yfirborðsbúnaðar.

Tíðni vöktunar verður í samræmi við vöktunaráætlun, sjá kafla 2.6.



Vöktun lokunaráætlunar er nánar lýst í vöktunaráætlun vegna geymslu CO<sub>2</sub> á Hellisheiði (Viðauki II).

Viðauki V tekur fyrir fyrirhugaða bráðabirgðaáætlun vegna tímabils eftir lokun. Þessi áætlun verður uppfærð reglulega.

## 2.9 Upplýsingar sem koma fram í mati á umhverfisáhrifum

Mat á umhverfisáhrifum stendur nú yfir og hefur skýrslan verið samþykkt af Skipulagsstofnun til almennrar skoðunar. Samantekt á umhverfismatsskýrslunni á íslensku fylgir með í Viðauka VII og ensku í Viðauka VIII. Skýrslan í heild sinni ásamt öllum gögnum eru aðgengileg á heimasíðu Skipulagsstofnunar<sup>5</sup>:

## 2.10 Staðfesting á því að fjárhagsleg trygging eða önnur jafngild ráðstöfun, skv. 18. gr., verði gild og virk áður en niurdæling hefst

Samkvæmt kröfum 18. gr. reglugerðar 1430/2022 og 19. gr. tilskipunar 2009/31 skal rekstraraðili leggja fram staðfestingu á því að fjárhagsleg trygging eða önnur jafngild ráðstöfun, sem tryggir að allar skyldur sem leiðir af starfsleyfi til geymslu, þ.m.t. kröfur varðandi lokun og tímabil eftir lokun, verði uppfylltar. Fyrirhuguð fjárhagsleg trygging tekur til eftirfarandi starfsemi:

- Kostnaður við lokun og þrif á geymslusvæði eftir að starfsemi er hætt.
- Vöktunarkostnaður yfir tímabil eftir lokun (gert ráð fyrir 20 árum).

Kostnaður við starfsemina hér að ofan var áætlaður af sérfræðingum hjá Carbfix og nær yfir vöktunarstarfsemi sem lýst er í vöktunaráætluninni (Viðauka II) fyrir tímabilið eftir lokun. Einnig var áætlaður kostnaður við lokun geymslusvæðisins.

Fjárhagsleg trygging sem veitt er á formi „ábyrgðar móðurfyrirtækis“ eða „bankaábyrgðar“.

Fjárhagstryggingin verður gefin út í síðasta lagi 3 mánuðum fyrir upphaf niurdælingar.

---

<sup>5</sup> [www.skipulag.is](http://www.skipulag.is)

### 3 Listi yfir viðauka

- Viðauki I: Lýsing og mat á hugsanlegum geymslugeymi (á ensku).
- Viðauki II: Hellisheiði CO<sub>2</sub> niðurdæling vöktunaráætlun.
- Viðauki III: Lýsing á ráðstöfunum til að koma í veg fyrir umtalsverð frávik (á ensku).
- Viðauki IV: Fyrirhugaðar ráðstafanir til úrbóta (á ensku).
- Viðauki V: Fyrirhuguð bráðabirgðaáætlun vegna tímabils eftir lokun (á ensku).
- Viðauki VI: Sérfræðiskýrsla Carbfix fyrir umhverfismatsskýrslu. Líkan af niðurdælingu CO<sub>2</sub> á Hellisheiði (á ensku).
- Viðauki VII: Íslensk samantekt á Umhverfismatsskýrslu um niðurdælingu CO<sub>2</sub> til geymslu í jörðu á Hellisheiði.
- Viðauki VIII: Ensk samantekt á Umhverfismatsskýrslu um niðurdælingu CO<sub>2</sub> til geymslu í jörðu á Hellisheiði.
- Viðauki IX: Sérfræðiskýrsla ÍSOR fyrir umhverfismat fyrir niðurdælingu CO<sub>2</sub> á Hellisheiði. Grunnástand og hugsanlegar breytingar.
- Viðauki X: Sérfræðiskýrsla OR fyrir umhverfismatsskýrslu. Grunnvatn á Hellisheiði. Grunnástand og möguleg áhrif fyrirhugaðrar framkvæmda Carbfix um geymslu CO<sub>2</sub> í jarðlögum á Hellisheiði.

Fylgiskjal: Kort af svæði starfsleyfis til geymslu sem Carbfix sækir um.