

30. janúar 2025

## Greinargerð Faghóps 4 um vindorkukosti í 1. lotu

Faghópur 4 hefur tekið til skoðunar þá 10 vindorkukosti sem verkefnastjórn lagði fyrir í fyrstu lotu. Hópurinn sendi beiðni um frekari gögn til aðstandenda þessara 10 kosta og bárust gögn frá 9 aðilum. Fallorka sendi ekki inn gögn og samkvæmt samtali við forsvaraðila þeirra eru áform þeirra komin í bið. Í þessari greinargerð verður því fjallað um eftirfarandi 9 kosti:

Alviðra  
Garpsdalur  
Hnotasteinn  
Hrútatunga  
Hrútmúli  
Mosfellsheiði 1  
Mosfellsheiði 2  
Reykjanes  
Sólheimar

Fyrir liggur að nákvæmni áætlana um þessa vindorkukosti er ekki mikil á þessu stigi. Mismikil hönnunarvinna hefur farið fram fyrir hvern kost um sig. Hópurinn vill benda á eftirtalin atriði:

1. Vindmælingar fyrirhugaðra virkjunarkosta eru mjög ólíkar og mis-ítarlegar. Vindmælingar QAIR við Sólheima og Hnotastein byggja á LIDAR-mælingum (Light Detection And Ranging) sem mæla vindprófíl í 40 til 300 metra hæð. Vindmælingar Zephyr á Mosfellsheiði 1 og 2 byggja á tveggja ára mælingum í 80m háu vindmælingamastri. Umræddir virkjunarkostir QAIR og Zephyr styðjast því við raunmælingar í masturshæð fyrirhugaðra vindmylla. Vindmælingar annarra virkjunarkosta byggja á vindatlas Veðurstofu Íslands í 10 metra hæð en ekki ætlaðri hæð vindmylla og óvissa er því meiri. Ætla má að kostnaður við fjármögnun verkefna sé hærri eftir því sem óvissan er meiri. Faghópurinn styðst við reynslu af rannsóknamyllum Landsvirkjunar ofan Búrfells þar sem nýting er u.þ.b. 40%.
2. Lítið er vitað um ísingarhættu þegar um er að ræða vindorkuver í töluverðri hæð yfir sjávarmáli.
3. Stofnkostnaður er mismunandi til að mynda vegna vegagerðar, undirstaða og tengikostnaðar. Faghópurinn styðst við áætlun Landsnet vegna tengikostnaðar hvers kosta.
4. Tegundir vindmylla og tilboð framleiðenda eru mismunandi í hverju tilviki um sig. Þetta gæti vegið upp mun í vegum, undirstöðum o.s.frv. Faghópurinn reiknar því með sama stofnkostnaði að undanskildum tengikostnaði. Stuðst er við gögn frá IRENA.
5. Við höfum fengið aðsend gögn frá 6 aðilum um 9 vindorkuver. Það vekur athygli okkar að liðurinn "ófyrirséð" er í flestum tilvikum örfá % af stofnkostnaði, jafnvel 1-5%. Þetta þýkir hópnum mjög lágt á þessu stigi undirbúnings, ekki síst þegar um slíkt nýmæli er að ræða hérlandis.

Faghópur 4 ákvað því að reikna arðsemi allra 9 fyrirbyggjandi vindorkukosta með eftirfarandi forsendum.

|                                     |                           |
|-------------------------------------|---------------------------|
| Áætlunartímabil                     | 25 ár                     |
| Ávöxtunarkrafa                      | 5,5%                      |
| Stofnkostnaður (án tengikostnaðar): | 210 MIKR/MW (1,5 MUSÐ/MW) |
| Nýtnihlutfall                       | 40%                       |
| Rekstrarkostnaður á ári:            | 3,5% af stofnkostnaði     |
| Tengikostnaður samkv Landsneti      | Sjá töflu 1 í viðauka     |
| Viðmiðunar söluverð raforku         | 8 kr/kWh                  |

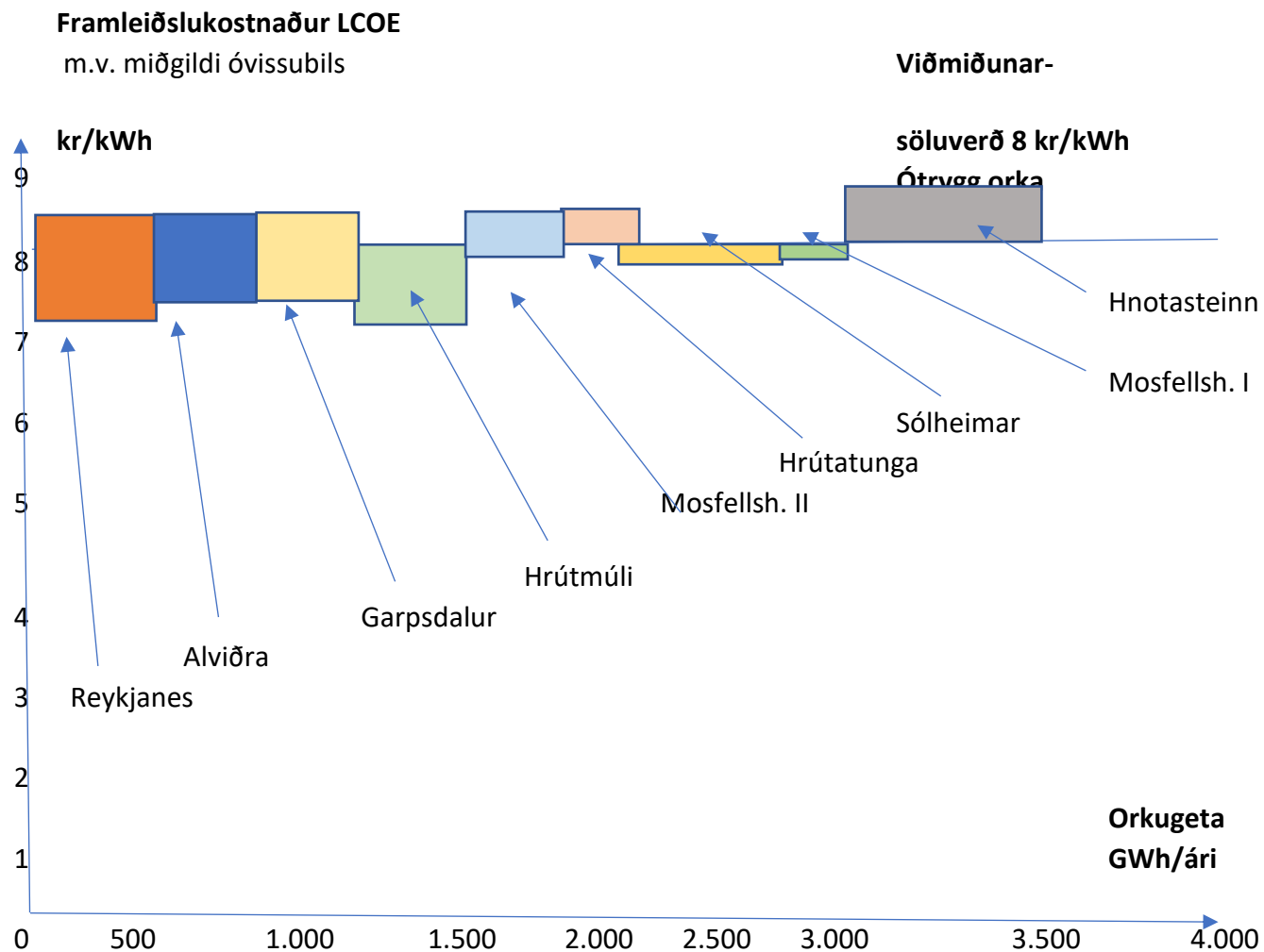
Hér er miðað við að söluverð óstöðugrar orku verði 8 kr/kWh að meðaltali næstu 25 árin, sjá nánari umfjöllun í viðauka 2.

Niðurstöðurnar koma fram í töflum 2 og 3 í viðauka 1 og á eftirfarandi mynd sem sýnir framleiðslukostnað raforku (LCOE) án jöfnunarkostnaðar og vænt söluverð orku. Efnahagslegt mikilvægi, sem er skilgreint sem margfeldi árlegrar orkuvinnslu og mismunar söluverðs og framleiðslukostnaðar, má sjá af flatarmálum lituðu svæðanna á myndinni eða úr töflu 3. Þessar eru helstu niðurstöður:

1. Framleiðslukostnaður allra kostanna, án tillits til tengikostnaðar, er sá sami eða 6,6 kr/kWh.
2. Hrútmúli, Reykjanes og Garpsdalur skipta mestu máli hvað varðar efnahagslegt mikilvægi. Aðrir kostir koma lakar út, sjá töflu 3.
3. Reykjanes, Garpsdalur og Hrútmúli eru með lægsta framleiðslukostnað LCOE, sjá töflu 2.
4. Hnotasteinn kemur verst út vegna mikils tengikostnaðar.

## Efnahagslegt mikilvægi virkjanakosta

Flatarmál lituðu svæðanna lýsa nettótekjum á ári, Ma/ári



## Viðauki 1: Töflur 1-3

**Tafla 1:**

Eini haldbæri munurinn á vindorkukostunum er tengikostnaður sem ræðst framur öðru af vegalengd að næsta tengivirki Landsnets. Hópurinn hefur fengið eftirfarandi mat frá Landsneti (ath Landsnet tekur fyrir tvo kosti hjá HS Orku) og ákvað að reikna með 25% ófyrirséðu:

| Virkjunaraðilar            | Tengikostnaður mkr. | Með ófyrirséð (25%) mkr. |
|----------------------------|---------------------|--------------------------|
| EM Orka Garpsdal           | 1.076               | 1.345                    |
| Hafþórsstaðir (Alviðra)    | 1.089               | 1.361                    |
| Qair Sólheimum*            | 5.267               | 6.584                    |
| Qair Hnotasteinn*          | 10.876              | 13.594                   |
| HS Orka Reykjanesgarður II | 390                 | 488                      |
| HS Orka Reykjanesgarður I  | 738                 | 923                      |
| Zephyr Mosfellsheiði I     | 2.801               | 3.502                    |
| Zephyr Mosfellsheiði II    | 2.086               | 2.608                    |
| Zephyr Hrutartunguvirkjun  | 1.850               | 2.313                    |
| WPD Hrutmúli               | 2.131               | 2.664                    |

**Tafla 2: LCOE er reiknað án jöfnunarkostnaðar**

|             |               |             | Afl<br>MW    | Orkugeta<br>GWh/ári | Uppsafnað | LCOE<br>miðpunktur |
|-------------|---------------|-------------|--------------|---------------------|-----------|--------------------|
| 1           | Hrutmúli      | WDP         | 158          | 555                 | 555       | 7,1                |
| 2           | Sólheimar     | Qair        | 209          | 732                 | 1.123     | 7,6                |
| 3           | Reykjanes     | HS Orka     | 100          | 350                 | 1.473     | 6,9                |
| 4           | Alviðra       | Hafþórsstað | 98           | 343                 | 1.648     | 7,0                |
| 5           | Garpsdalur    | EM Orka     | 88           | 308                 | 1.956     | 7,0                |
| 6           | Mosfellsh. II | Zephyr      | 75           | 263                 | 2.219     | 7,6                |
| 7           | Mosfellsh. I  | Zephyr      | 75           | 263                 | 2.482     | 8,0                |
| 8           | Hrutartung    | Zephyr      | 73           | 255                 | 2.737     | 7,6                |
| 9           | Hnotastein    | Qair        | 220          | 771                 | 3.403     | 8,5                |
| <b>Alls</b> |               |             | <b>1.096</b> | <b>3.840</b>        |           |                    |

**Tafla 3:**

|      |            |           | LCOE-óvissa (+/-<br>20%): |      | Nettótekju | Núvirði         |
|------|------------|-----------|---------------------------|------|------------|-----------------|
|      |            |           | neðri                     | efri | ma á ári   | ma yfir líftíma |
| 1    | Hrútmúli   | WDP       | 5,7                       | 8,5  | 0,5        | 6,7             |
| 2    | Sólheimar  | Qair      | 6,2                       | 9,4  | 0,1        | 1,2             |
| 3    | Reykjanes  | HS Orka   | 5,5                       | 8,3  | 0,4        | 5,1             |
| 4    | Alviðra    | Hafþórsst | 5,6                       | 8,4  | 0,3        | 4,6             |
| 5    | Garpsdalur | EM Orka   | 5,6                       | 8,4  | 0,3        | 4,0             |
| 6    | Mosfh. II  | Zephyr    | 6,1                       | 9,1  | 0,1        | 1,2             |
| 7    | Mosfh. I   | Zephyr    | 6,4                       | 9,6  | 0,0        | -0,1            |
| 8    | Hrútartung | Zephyr    | 6,1                       | 9,1  | 0,1        | 1,5             |
| 9    | Hnotastein | Qair      | 6,8                       | 10,2 | -0,4       | -5,2            |
| Alls |            |           |                           |      | 1,6        | 22,2            |

## Viðauki 2:

## Minnispunktur um jöfnunarkostnað og líklegt söluverð óstöðugar orku

### Inngangur

Þegar framleiðsluvirði er metið fyrir heila markaði, eins og alla raforkuvinnslu á Íslandi, þá þarf ætíð að huga að ólíkum skilmálum og gæðum sem hafa veruleg áhrif á notendur. Um hverja vöru gilda markaðsviðmið og þær vörur sem eru með betri eða verri eiginleika en markaðsviðmiðið fá hærra eða lægra markaðsvirði. Einfalt dæmi er t.d. þegar olía er seld í Evrópu með lægra orkuinnihald en markaðsviðmiðið sem kallast Brent og er afhent í Norðursjó, þá er slík olía seld á lægra verði en Brent. Framleiðslan getur líka verið mislangt frá markaði og þarf þá að taka tillit til flutningskostnaðar á markað í virðismati. Þekkt dæmi í íslenskri orkuvinnslu er heitt vatn með mismunandi hitastig þar sem kostnaður er metinn á staðlaða orkueiningu og á tilteknu svæði enda er flutningur á milli svæða ekki mögulegur.

Í raforkuvinnslu er stöðugleiki mikilvægur hluti af gæðum, ýmist er vinnslan nokkuð stöðug eins og í tilfelli jarðhita, eða með mikinn breytileika líkt og í tilfelli vindorku. Við gerð kaupsamninga raforku frá vindorkuverum þá er allajafna miðað annað hvort við breytilega orku (e. pay as produced) eða grunnorku (e. baseload) afhendingu. Að jafnaði fæst lægra verð fyrir óstöðuga orku en stöðuga.

### Jöfnunarkostnaður

Munur á söluverði á milli breytilegrar vindorku og grunnorku hefur verið kallaður jöfnunarkostnaður á Íslandi. Hugtakið jöfnunarkostnaður er m.a. notað af Faghópi 4 í Rammaáætlun og í raforkuspá og orkuspá Orkustofnunar. Þessi jöfnunarkostnaður er það sem snýr að vinnslufyrirtæki og kaupanda. Einnig er kostnaður sem fellur á raforkukerfið í heild sinni og er það hlutverk flutningsfyrirtækis og dreifiveitna að hafa gjaldskrár og kerfisþjónustu með þeim hætti að kostnaður vegna breytileika falli ekki á aðra notendur og hafa innbyggða hvata sem lágmarka óskilvirka notkun raforkukerfisins.

Vatnsorka á Íslandi er ýmist unnin í lónvirkjunum eða rennslisvirkjunum og reikna má með að orka frá lónvirkjunum hafi hærra markaðsvirði vegna þess að þær geta unnið orku í samræmi við eftirspurn. Venjan hefur verið að meta vatnsorku með sama hætti og jarðhita, þó ætla mætti að til lengri tíma sé vatnsorka frá lónvirkjunum allajafna verðmætari vegna innbyggðs sveigjanleika.

### **Ekki þarf jöfnunarorku fyrir alla breytilega orkuvinnslu**

Í samhengi kerfisþjónustu kallast jöfnunarorka sú orka sem þarf til að jafna frávik í áætlaðri vinnslu og notkun. Hugtakið jöfnunarorka hefur einnig verið notað í samhengi breytilegrar vinnslu vindorku, m.a. í skýrslu starfshóps um vindorku.

Gert er ráð fyrir í greiningum Orkustofnunar og Faghóps 4 að megnið af breytileika vindorku sé ekki jafnaður af framleiðanda heldur taki notandi á sig sveiflurnar gegn afslætti í kaupverði. Af þeim ástæðum er ekki þörf á jöfnunarorku fyrir alla vindorku.

### **Verðmæti jöfnunar**

Meta má markaðsverðmæti jöfnunar með venjulegri eftirspurnar og framboðsgreiningu og hafa til hliðsjónar við þá afslætti sem veittir eru á markaði vegna breytilegrar orku eða það verð sem greitt er fyrir sveigjanlega orku. Framboð sveigjanleika felst t.d. í fjárfestingu í auknu afli vatnsorku, lægri framleiðni stórnotanda s.s. gagnavera eða vetnisframleiðenda og jafnvel álvera, eða í rafgeymslum.

Virði jöfnunar er allajafna á tilteknu bili sem hlutfall af virði grunnorku. Ræðst virðið sem fyrr segir af kostnaði og eftirspurn eftir jöfnun, og er jöfnun minna virði eftir því sem sveigjanleiki hvers svæðis er meiri, t.d. í formi miðlunarlóna og tengingum við aðra markaði. Venjulegt virði breytileika vindorku í norðvesturhluta Evrópu er á bilinu 10-25% af virði vindorku. Innan árs getur virði jöfnunar verið enn hærri, t.d. 5 kr/kWh en slíkt virði hefur ekki bein áhrif á langtímagreiningu á hagkvæmni virkjana og er einungis miðað við virði á ársgrundvelli.

Í raforkuspá Orkustofnunar frá mars 2024 er virði grunnorku metið með framboði og eftirspurn sem 8,5 kr/kWh árið 2030 og virði breytilegrar vindorku sem 6,5 kr/kWh. Í drögum nýrrar raforkuspár Orkustofnunar sem birt hefur verið er miðað við 1,7 kr/kWh sem vænt virði jöfnunarkostnaðar, en að lágmarki 1,275 og hámarki 2,125 á ársgrundvelli. Í skýrslu NVE, Langtidskraftmarkaðsanalyse 2023, er markaðsvirði sveigjanlegrar vatnsorku (regulerbar vandkraft) talið verða um 2 ISK/kWh hærra en vindorku á næstu áratugum. NVE telur að markaðsvirði vindorku í Noregi verði rúmar 10 ISK/kWh árið 2030 en að það fari lækkandi eftir það og verði komið í um 6 ISK/kWh árið 2040.

Faghópur 4 hefur ákveðið að horfa frekar til mismunandi vænts markaðsvirðis stöðugar og óstöðugar raforku í stað þess að reyna að meta kostnað við jöfnun orkuframboðs frá óstöðugri orkulind eins og raforku. Þetta er gert með hliðsjón af því að flest bendir til þess að á Íslandi verði virkur markaður fyrir raforku á næstu árum og áratugum.

Faghópurinn hefur ákveðið að nota 8 kr/kWh sem meðalsöluverð óstöðugar orku á Íslandi næstu 25 árin og mun reikna með að meðalsöluverð stöðugar orku verði um 2 kr/kWh hærra.