



## KOSTNAÐUR VIÐ RAFORKUSKORT HJÁ STÓRNOTENDUM

**23.11.2020**



© 2020, EFLA verkfræðistofa hf

- Vinnslu efnis og frágang texta önnuðust Jónas Hlynur Hallgrímsson og Haukur Ásberg Hilmarsson fyrir Verkfræðistofuna EFLU hf.

ISBN 978-9935-9479-8-7

**SKÝRSLA – UPPLÝSINGABLAÐ****SKJALALYKILL**

3350-003-04-SKY-009-V01

**SKÝRSLUNÚMÉR / SÍÐUFJÖLDI**

31

**VERKEFNISSTJÓRI / FULLTRÚI VERKKAUPA**

Ragnar Stefánsson, Landnet

**VERKEFNISSTJÓRI EFLA**

Ingvar Júlíus Baldursson

**LYKILORÐ**Raforkutruflun, raforkunotkun,  
stórnotendur**STAÐA SKÝRSLU**

- Drög  
 Drög til yfirlstrar  
 Lokið

**DREIFING**

- Opin  
 Dreifing með leyfi verkkaupa  
 Trúnaðarmál

**TITILL SKÝRSLU**

Kostnaður við raforkuskort hjá stórnotendum

**VERKHEITI**

START, Kostnaður vegna skorts

**VERKKAUPI**

START

**HÖFUNDUR**

Jónas Hlynur Hallgrímsson, Haukur Ásberg Hilmarsson.

**ÚTDRÁTTUR**

Í þessari skýrslu er farið yfir niðurstöður könnunar sem framkvæmd var á vor- og sumarmánuðum 2020 um kostnað stórnotenda á Íslandi vegna truflana í raforkuafhendingu.

## ÚTGÁFUSAGA

NR.	HÖFUNDUR	DAGS.	RÝNT	DAGS.	SAMÞYKKT	DAGS.
01	Jónas Hlynur Hallgrímsson	12.10.20	Haukur Ásberg Hilmarsson	13.10.20		
02	Jónas Hlynur Hallgrímsson	28.10.20	Haukur Ásberg Hilmarsson	28.10.20		
03	Jónas Hlynur Hallgrímsson	05.11.20 10	Haukur Ásberg Hilmarsson	06.11.20		

## SAMANTEKT

Í skýrslunni eru niðurstöður spurningakönnunar um kostnað stórnotenda vegna raforkutruflana settar fram. Lögð var áhersla við útreikning á kostnaði að afla gagna frá stórnotendum sjálfum því var stuðst við spurningar úr norski könnun um kostnað stórnotenda þar í landi til að meta kostnað stórnotenda vegna raforkuskorts. Spurningalistinn var þýddur á íslensku og svöruðu stórnotendur héraendis spurningunum á vor- og sumarmánuðum 2020.

Stórnotendur gáfu upp svör í krónum fyrir mismunandi tímalengdir raforkuskorts. Nokkur óvissa er í matinu þar sem margir samverkandi þættir mynda kostnað sem fyrirtækin verða fyrir við raforkutruflun. Kostnaður stórnotenda við hinar ýmsu tímalengdir er mjög misjafn og fer meðal annars eftir þeim framleiðslutækjum sem notuð eru og skemmdum á þeim sem og nauðsynlegum aðföngum til framleiðslunnar.

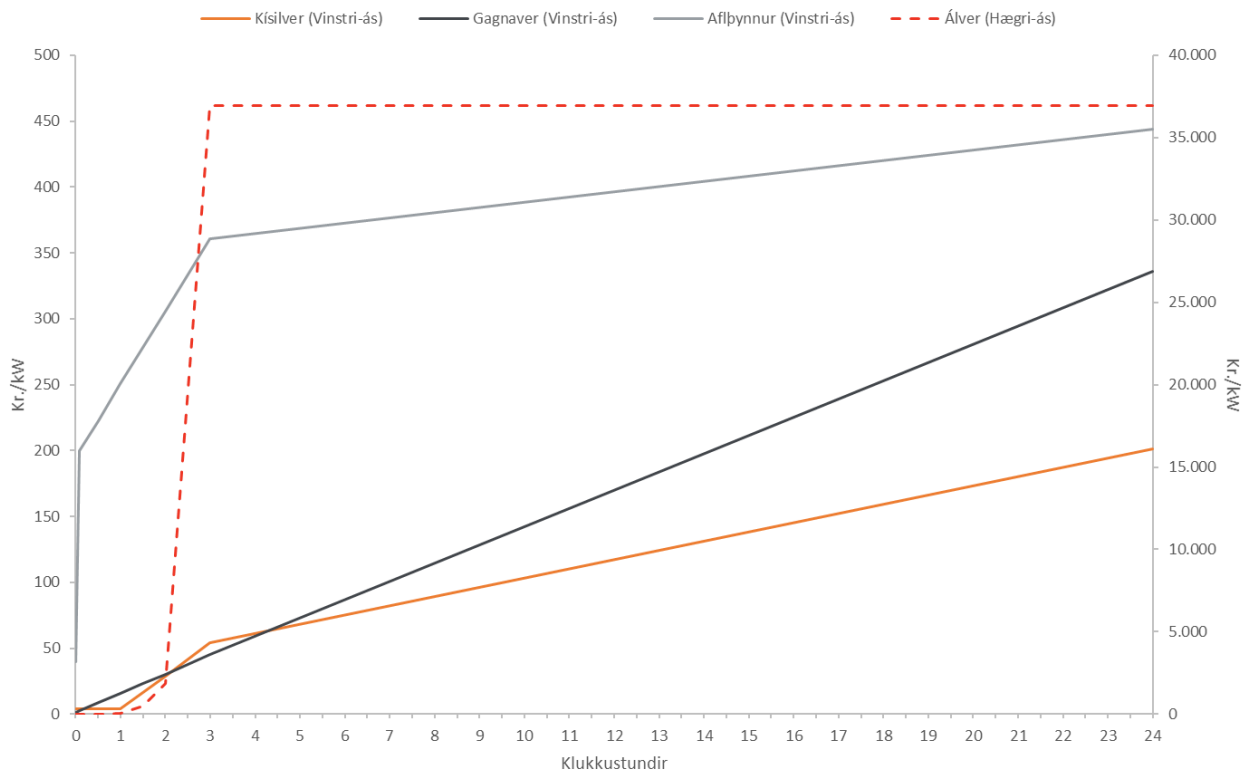
Til þess að reikna kostnaðinn á hverja orkueiningu (kWh) var litið til svara stórnotendanna um krónutölur kostnaðar og notast við meðalnotkun þeirra á hverri klukkustund á árinu 2019. Með þessu móti má reikna kostnað á hverja kWh.

Niðurstöður könnunarinnar má sjá í töflu 1. Sjá má að kostnaður í hlutfalli við skerta orku er hæstur í öllum tilvikum fyrir 1 sek raforkuskort. Kostnaður í hlutfalli við skerta orku fer fallandi á þeim mínútum sem fylgja en tekur svo að rísa aftur hjá álverum, kísilverum og við framleiðslu aflþynna.

**TAFLA 1** Kostnaður við raforkutruflanir hjá stórnotendum eftir tímalengd (kr./kWh)

	1 SEK	1 MÍN	5 MÍN	30 MÍN	60 MÍN	120 MÍN	180 MÍN	360 MÍN	24 KLST.
Álver	21.200	350	70	30	50	930	12.300		
Kísill og kísilmálmur	14.400	240	50	10	4	10	20	10	10
Gagnaver	4.200	85	30	20	15	15	15	15	15
Aflþynnur	144.000	2.400	2.400	450	250	150	120	60	20

Á mynd 1 má sjá samanburð á kostnaðarföllum mismunandi stórnotenda vegna raforkuskorts í kr./kW. Sjá má að kostnaður álvera er hlutfallslega mun meiri en kostnaður annarra stórnotenda vegna raforkuskorts. Því er kostnaður álvera sýndur á hægri ás myndarinnar en kostnaður kísilvera, gagnavera og aðila í framleiðslu aflþynna á vinstri ás myndarinnar. Er kostnaður álvera svo hár fyrst og fremst vegna skemmda á búnaði og þeirri langvarandi framleiðslustöðvun sem verður þegar raforkuskortur varir í meira en þrjár klukkustundir. Fyrir aðra stórnotendur eru aðrar tímalengdir sem skipta sköpum varðandi kostnað. Til dæmis er mikill kostnaður sem fylgir stuttu raforkutruflun við framleiðslu aflþynna.



**MYND 1:** Kostnaður vegna raforkuskorts í kr./kW

## EFNISYFIRLIT

SAMANTEKT	5
1 INNGANGUR	9
2 AÐFERÐAFRÆÐI VIÐ MAT Á KOSTNAÐI VIÐ RAFORKUTRUFANIR	11
3 ÁLVER	14
4 VINNSLA KÍSILS OG KÍSILMÁLMS	20
5 GAGNAVER	23
6 FRAMLEIÐSLA AFLÞYNNNA	26
7 VIÐAUKI 1 - SPURNINGAKÖNNUN	28

## MYNDASKRÁ

<b>MYND 1:</b> Kostnaður vegna raforkuskorts í kr./kW _____	6
<b>MYND 2:</b> Kostnaður norskra stórnotenda við raforkutruflun eftir atvinnugreinum skv. Pöyry _____	12
<b>MYND 3:</b> Dæmi um framleiðsluferli hjá álveri á Íslandi _____	15
<b>MYND 4:</b> Kostnaðarfall íslenskra álvera í kr./kW _____	18
<b>MYND 5:</b> Samanburður á kostnaði vegna raforkutruflunar Íslenska álfélagsins árið 1996 og 2020 á verðlagi ársins 2020 _____	19
<b>MYND 6:</b> Dæmi um framleiðsluferli hjá hefðbundnu kísilveri _____	21
<b>MYND 7:</b> Kostnaðarfall íslenskra kísilvera í kr./kW _____	22
<b>MYND 8:</b> Dæmi um framleiðsluferli hjá gagnaveri varið með UPS kerfi _____	24
<b>MYND 9:</b> Kostnaðarfall íslenskra gagnavera í kr./kW _____	25
<b>MYND 10:</b> Kostnaðarfall við framleiðslu aflþynna í kr./kW _____	27

## TÖFLUSKRÁ

<b>TAFLA 1</b> Kostnaður við raforkutruflanir hjá stórnotendum eftir tímalengd (kr./kWh) _____	5
<b>TAFLA 2:</b> Starfsemi fyrirtækja í könnun Pöyry _____	12
<b>TAFLA 3</b> Framleiðslutap (klst.) fyrir tvö álver í Noregi í kjölfar raforkutruflana (Pöyry, 2012). _____	16
<b>TAFLA 4</b> Kostnaður við raforkutruflanir hjá álverum eftir tímalengd (kr./kWh) _____	17
<b>TAFLA 5:</b> Kostnaðarfall íslenskra álvera í kr./kW _____	17
<b>TAFLA 6:</b> Samanburður á kostnaði vegna raforkutruflunar Íslenska álfélagsins árið 1996 og 2020 á verðlagi ársins 2020 _____	18
<b>TAFLA 7</b> Kostnaður við raforkutruflun við vinnslu kísils og kísilmálms eftir tímalengd (kr./kWh) _____	22
<b>TAFLA 8:</b> Kostnaðarfall íslenskra kísilvera í kr./kW _____	22
<b>TAFLA 9</b> Áætlaður kostnaður við rekstur varavéla. _____	23
<b>TAFLA 10</b> Uppkeyrslutími þjónustu eftir lengd raforkutruflunar. _____	24
<b>TAFLA 11</b> Áætlaður kostnaður við endurræsingu tölvubúnaðar _____	24
<b>TAFLA 12</b> Kostnaður við raforkutruflun hjá gagnaverum eftir tímalengd (kr./kWh) _____	24
<b>TAFLA 13:</b> Kostnaðarfall íslenskra gagnavera í kr./kW _____	25
<b>TAFLA 14</b> Kostnaður við raforkutruflun við framleiðslu aflþynna eftir tímalengd (kr./kWh) _____	26
<b>TAFLA 15:</b> Kostnaðarfall við framleiðslu aflþynna í kr./kW _____	27



## 1 INNGANGUR

Á undanförunum áratugum hefur Start-hópurinn haldið utan um gögn varðandi truflanir í raforkukerfinu og kostnað notenda við slíkar truflanir. Hluti af þeim kostnaði fellur til hjá stórnotendum raforku og hefur á undanförunum árum verið settur fram árlegur kostnaður vegna raforkutruflana hjá stórnotendum byggt á áætluðum kostnaði á orkueiningu og raforkunotkun stórnotenda.

Þær tölur um kostnað á orkueiningu sem stuðst hefur verið við byggjast fyrst og fremst á tölum um vinnsluvirði atvinnugreina samkvæmt þjóðhagsreikningum Hagstofu og árlegum tölum um raforkunotkun stórnotenda. Slíkur útreikningur gefur hins vegar einungis vísbendingu um kostnað vegna tapaðrar framleiðslu en kostnaður vegna raforkuskorts getur verið margvíslegur. Taka þarf tillit til skemmda á búnaði, ónotaðra aðfanga og annarra þátta. Því hefur einnig verið stuðst við rannsóknir um kostnað stórnotenda sem unnar voru á tíunda áratugnum. Þar var tekið mið af öðrum kostnaði sem hlýst af raforkuskorti en beinu framleiðslutapi vegna raforkuskorts.

Við athugun á kostnaði stórnotenda við raforkutruflanir á miðjum tíunda áratugnum voru settar fram tölur fyrir járnblendiiðnað og áliðnað miðað við járnblendiverksmiðjuna á Grundartanga og álverið í Straumsvík. Síðan þá hafa verið settar fram nýjar tölur fyrir aðrar tegundir stóriðju sem byggjast á eðli starfseminnar og þeim upplýsingum sem liggja fyrir í þjóðhagsreikningum Hagstofu. Settar voru fram tölur um kostnað vegna raforkuskorts á orkueiningu við framleiðslu aflþynna árið 2010 og þær uppfærðar árlega síðan. Tölur um kostnað kísilverksmiðju vegna raforkuskorts voru settar fram fyrir árið 2016 og hafa síðan verið uppfærðar árlega. Tölur um kostnað gagnavera voru settar fram fyrir árið 2018 í fyrsta skipti.

Á undanförunum árum hefur fjölgað í hópi stórnotenda hérlendis og starfsemi þeirra orðið fjölbreyttari. Af þessum sökum var talið nauðsynlegt að leggja nýtt mat á heildarkostnaði stórnotenda vegna raforkutruflana.

Til þess að meta kostnað stórnotenda vegna raforkutruflana var stuðst við spurningar úr norskrí könnun um kostnað stórnotenda þar í landi við raforkutruflanir. Spurningalistinn var þýddur á íslensku og svöruðu stórnotendur hérlendis spurningunum. Til að auka nákvæmni var áhersla lögð á að afla

gagna frá stórnotendum sjálfum. Nánar er farið yfir aðferðafræði matsins sem og matið fyrir hverja tegund stórnotenda í skýrslunni.

Niðurstaða matsins er sett fram sem kostnaður á kWh og kostnaðarfall í kr./kW fyrir hinar ýmsu tímalengdir. Nokkur óvissa er í matinu þar sem margir samverkandi þættir mynda kostnað sem fyrirtækin verða fyrir við raforkutruflun. Kostnaður stórnotenda við hinar ýmsu tímalengdir er mjög misjafn og fer meðal annars eftir þeim framleiðslutækjum sem notuð eru og skemmdum á þeim sem og nauðsynlegum aðföngum til framleiðslunnar.

## 2 AÐFERÐAFRÆÐI VIÐ MAT Á KOSTNAÐI VIÐ RAFORKUTRUFANIR

Við raforkutruflanir myndast kostnaður og óþægindi hjá stórnotendum líkt og öðrum notendum raforku. Kostnaðurinn vegna raforkutruflana getur verið bæði beinn og óbeinn. Beinn kostnaður getur verið skemmdir á afurðum sem voru í framleiðslutækjum þegar raforkutruflanin varð sem og mögulegar skemmdir á framleiðslutækjunum sjálfum. Einnig verða fyrirtækin fyrir framleiðslutapi á meðan raforku nýtur ekki við. Við lengri raforkutruflanir þarf einnig að taka tillit til þess að aðföng fyrir framleiðsluna eru ekki nýtt meðan raforkunnar nýtur ekki. Til dæmis er eðli málsins samkvæmt ekki greitt fyrir raforku ef hún kemst ekki til skila til stórnotenda og mikilvæg hráefni eru ekki nýtt til framleiðslu. Óbeinn kostnaður getur verið margvíslegur eins og t.d. yfirvinna við að koma starfseminni af stað. Þá geta viðskiptasambönd skaðast ef ekki er hægt að afhenda afurðir vegna raforkutruflana.

Kostnaðurinn vegna truflana í raforkuafhendingu getur því hæglega orðið mikill. Hér er einungis lagt mat á beint tap fyrirtækja vegna raforkutruflana að frádregnum þeim aðfangakostnaði sem fellur ekki til vegna áhrifa truflana í raforkuafhendingu á framleiðsluferlið. Ekki er lagt mat á óbeinan kostnað eins og t.d. viðskiptasambönd stórnotenda hérlendis við kaupendur erlendis. Því verður heildarkostnaður ávallt vanmetinn með þeim aðferðum sem er stuðst við hér.

Til að meta kostnað íslenskra stórnotenda raforku vegna truflana í raforkuafhendingu var byggt á norskri spurningakönnun sem framkvæmd var þar í landi árið 2010<sup>1</sup>. Sú spurningakönnun var unnin af Pöyry að beiðni Energi Norge. Pöyry vann einnig úr niðurstöðunum og kom út skýrsla um könnunina árið 2012.

<sup>1</sup> [https://www.nve.no/Media/3197/350\\_2012-bedrifter-med-eldrevne-prosesser.pdf](https://www.nve.no/Media/3197/350_2012-bedrifter-med-eldrevne-prosesser.pdf)

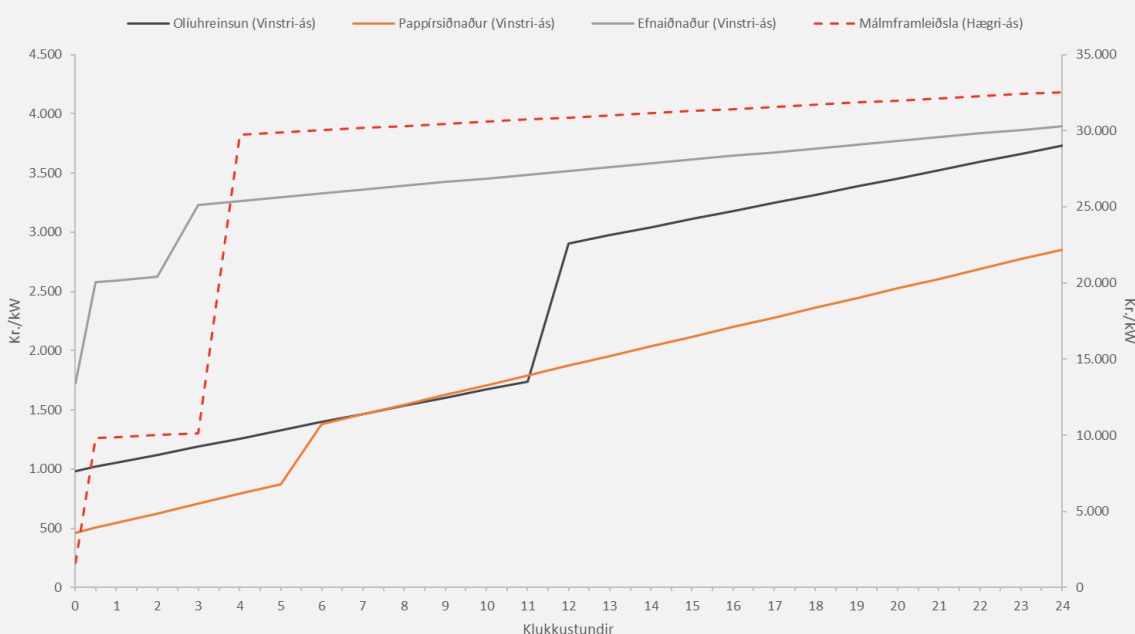
## Kostnaður norskra stórnotenda

Niðurstöður Pöyry um kostnað norskra stórnotenda byggja á svörum 13 fyrirtækja þar í landi. Fyrirtækin framleiða mismunandi afurðir en eiga það sameiginlegt að raforka er mikilvægur þáttur í framleiðsluferlinu og þýðingarmikill kostnaðaraliður í starfsemi fyrirtækjanna. Skiptingu á starfsemi fyrirtækja sem tóku þátt í könnuninni má sjá í töflu 2

**TAFLA 2:** Starfsemi fyrirtækja í könnun Pöyry

STARFSEMI FYRIRTÆKIS	FJÖLDI
Efnaiðnaður	4
Áliðnaður	2
Nikkel	1
Pappír / Pappi	2
Olíuhreinsun	4

Helstu niðurstöður könnunarinnar má sjá á mynd 2, þar hafa verið sett fram kostnaðarföll eftir starfsgreinum. Hér hefur álframleiðendum tveimur og nikkelframleiðendum verið hópað saman sem málmframleiðendum. Jafnframt hefur kostnaður verið reiknaður yfir á verðlag 2020 og færður í íslenskar krónur miðað við gengi í október 2020.



**MYND 2:** Kostnaður norskra stórnotenda við raforkutruflun eftir atvinnugreinum skv. Pöyry

Sjá má að kostnaður vegna truflana í raforkuafhendingu er af allt annarri stærðargráðu hjá stórnotendum sem framleiða málma en hjá öðrum stórnotendum raforku. Á Íslandi er ekki starfsemi sem svipar til þeirra stórnotenda sem eru flokkaðir í efnaiðnaði, pappírsiðnaði og olíuhreinsun. Hins vegar eru framleiðendur áls hluti af könnuninni sem lögð var fyrir stórnotendur hérlendis.

Spurningakönnun Pöyry var þýdd yfir á íslensku, staðfærð og send til forsvarsmanna stórnotenda. Nærri 40 spurningar voru í könnuninni. Í spurningakönnuninni er spurt um ýmsar tímalengdir raforkutruflana og stórnotendur beðnir um að meta kostnaðinn sem þeir verða fyrir. Í viðauka má sjá spurningakönnunina í heild sinni.

Ljóst er á svörum að í mörgum tilfellum var erfitt að leggja fram nákvæmt mat á kostnað við raforkutruflanir. Margir samverkandi þættir geta haft áhrif á kostnaðinn. Til dæmis gæti raforkutruflun

af ákveðinni tímalengd valdið miklum skemmdum á búnaði en í öðrum rekstri gæti það farið eftir fjölda truflana. Einnig getur aldur búnaðarins haft áhrif á skemmdir sem verða við raforkutruflun.

Stórnotendur veittu sín svör um mitt ár 2020. Í þeim tilfellum þar sem nauðsynlegt var að notast við forsendur í útreikningum í matinu á kostnaði, t.d. meðalgengi Bandaríkjadals gagnvart íslensku krónunni var notast við árið 2019. Mat á kostnaði við aðföng byggir einnig á meðalkostnaði fyrir árið 2019. Alþjóðlegt markaðsverð þeirra afurða og þjónustu sem stórnotendur hér selja hefur áhrif á ávinning af starfseminni. Um mitt ár 2020 var afurðaverð á mörgum alþjóðamörkuðum með hrávörur lágt sökum COVID19 og annarra markaðsaðstæðna. Þetta hefur áhrif til lækkunar á mati á kostnaði við truflanir.

Til þess að reikna kostnaðinn á hverja orkueiningu (kWh) var litið til svara stórnotendanna fyrir tímalengdir raforkutruflananna og notast við meðalnotkun þeirra á árinu 2019. Með þessu móti má reikna kostnað á hverja kWh sem ekki var afhent. Við útreikning á kostnaði er gert ráð fyrir að fyrirtæki hefðu verið í fullum rekstri ef ekki hefði komið til raforkutruflunar.

Langvarandi raforkutruflanir á allri starfsemi stórnotenda eru sjaldgæfar. Fyrir um þremur áratugum voru raforkutruflanir í starfsemi álsversins í Straumsvík þar sem starfsemin skertist að miklu eða öllu leyti í tæplega hálfan sólarhring. Síðla árs 2019 voru raforkutruflanir vegna óveðurs og starfsemi gagnavers lá niðri í nærri tvo sólarhringa. Aðrar raforkutruflanir hafa staðið í fremur skamman tíma hjá stórnotendum og ekki truflun á allri aflafhendingu. Vegna þessa er ekki hægt að byggja útreikning á kostnaði vegna raforkuskorts á raunverulegum gögnum nema að takmörkuðu leyti. Lögð var áhersla í upphafi verkefnisins að fá stórnotendur til þess að svara sjálfir til um þann kostnað sem fyrirtækin verða fyrir í sínum rekstri við raforkutruflanir, til að fá sem nákvæmasta mynd af öllum þeim beina og óbeina kostnaði sem stórnotendur verða fyrir þegar truflun verður á afhendingu raforku. Með þessu er hægt að sjá við hvaða tímamörk helstu breytingar verða í kostnaði hjá stórnotendum. Ákveðin óvissa er í því mati sem hér er sett fram þar sem stórnotendur eru að áætla kostnað vegna aðstæðna sem þeir hafa mjög sjaldan eða aldrei raunverulega lent í. Á þetta sérstaklega við um lengri tímalengdir.

Sú aðferðafræði sem notast var við frá Noregi og að leita beint til stórnotenda hérlendis er talin besta leiðin til að nálgast allan þann kostnað sem stórnotendur myndu verða fyrir vegna truflana í raforkuafhendingu ef til þeirra kæmi.

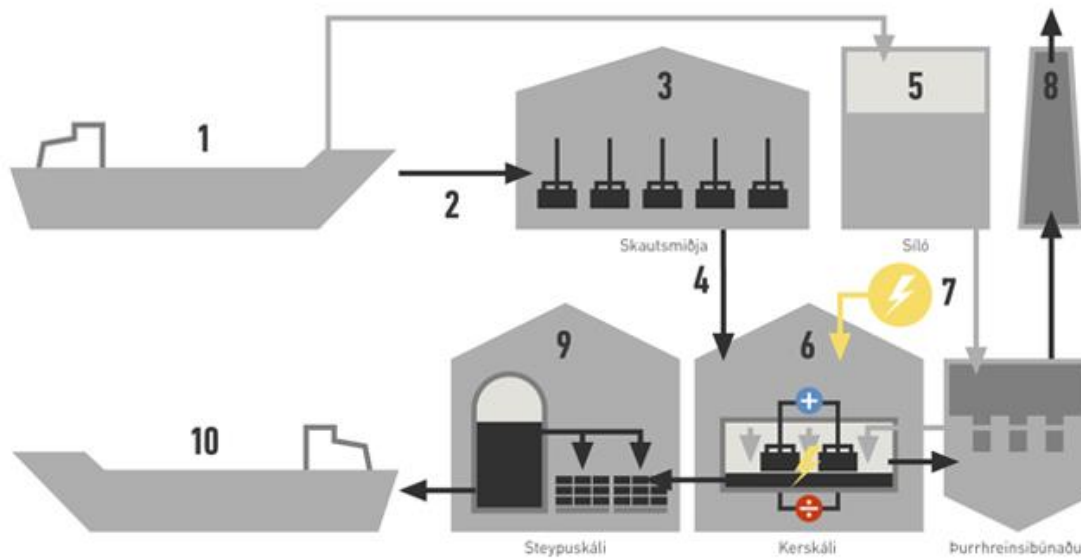
### 3 ÁLVER

Álver eru langstærstu notendur raforku hérlendis. Framleiðsla þeirra er jöfn yfir árið en framleiðslumagn er nokkuð misjafnt milli álvera sem og aldur þeirra.

Leitað var eftir svörum frá álverunum sjálfum við spurningakönnuninni. Ljóst er af svörunum að talsverð vinna fór í að svara erfiðum spurningum eftir bestu getu en erfitt er að meta með nákvæmum hætti kostnað við raforkutruflun þar sem fjölmargir þættir hafa áhrif á kostnaðinn og ekki hefur komið til langvarandi stöðvunar á framleiðslu álvera hérlendis síðustu áratugi. Svörin voru góð og gefa fullnægjandi upplýsingar til að setja fram mat á þeim kostnaði sem álver verða fyrir við raforkutruflun.

#### Framleiðsluferlið og áhrif truflana

Meginhráefnið við framleiðslu áls er súrál ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), hvítt duft sem er efnasamband áls og súrefnis sem og rafskautin í hverju keru sem nauðsynleg eru til að rafgreining geti átt sér stað. Ál er framleitt í kerskálum þar sem framleiðslan fer fram í þar til gerðum kerum. Súrálinu er dælt inn á kerin og þar leysist það upp í sérstakri flúorríkri efnabráð við  $960^\circ\text{C}$ . Þegar rafstraumur fer um bráðina klofnar súrálið í ál og súrefni. Þessi aðferð kallast rafgreining. Til að rafgreining geti átt sér stað þarf að koma rafstraumi í gegnum keru með rafskautum og eru þau úr kolefnum. Álið fellur á botn kersins en súrefnið leitar upp á við, brennur með kolefnum rafskautanna og myndar koltvísýring ( $\text{CO}_2$ ). Við þetta eyðast rafskautin og þarf því að endurnýja þau á um það bil mánaðarfresti. Fljótandi ál er síðan flutt úr kerskála til steypuskála. Þar er álið blandað íblöndunarefnum eftir pöntun kaupenda og mótað í endanlega afurð. Sjá má dæmi um framleiðsluferlið myndrænt á mynd 3.



**MYND 3:** Dæmi um framleiðsluferli hjá álveri á Íslandi

Súrál er flutt til Íslands með skipum líkt og sjá má í skrefi 1 á mynd 3. Þegar súráli er landað er það sogað upp úr lest skipsins og flutt í súrálssíló (skref 5). Í hverju keru í kerskála eru skaut úr kolefni sem hafa það hlutverk að koma rafstraumi í gegnum keruð. Skautin eru steipt við skautgaffla í skautsmiðjunni áður en þeim er komið fyrir í kerunum. Þegar skautin eru fullnýtt eru leifarnar fluttar aftur úr landi til endurvinnslu, þar sem þær eru notaðar í framleiðslu á nýjum skautum. (Skref 2, 3 og 4). Súrál er flutt úr súralsgeymum í kerskála. Þar fer rafstraumur um kerin og súrálið er klofið í súrefni og ál (Skref 6 og 7). Við efnahvörfin í kerum myndast gastegundir ásamt koltvísýringi, kerin eru höfð lokuð til að lágmarka hættuna á að gastegundir komist út í kerskálana. Gasið er sogað burtu með afsogskerfi og leitt til þurrhreinsivirkja þar sem hreint súrál er notað til þess að hreinsa flúor úr gasinu áður það fer út í andrúmsloftið um reykháf. Þegar súrálínu er síðan dælt inn á kerin inniheldur það flúor, sem endurnýtist við framleiðsluna (skref 7 og 8). Fljótandi ál er flutt úr kerskála til steypuskála í sérstökum deiglum. Þar er álið blandað íblöndunarefnum eftir pöntun kaupenda og mótað í endanlega afurð. Afurð framleiðslunnar er síðan flutt með skipum frá Íslandi þar sem hún er seld (skref 9 og 10).<sup>234</sup>

Við raforkutruflun stöðvast framleiðslan og fer þá í gang ferli við endurræsingu sem getur tekið nokkrar klukkustundir. Framleiðslutap myndast á meðan á afurðum og fer umfang þess eftir lengd raforkutruflunarinnar og endurræsingar. Aukalega getur bæst kostnaður sem fylgir skemmdum á búnaði. Skemmdir leiða meðal annars til styttri líftíma búnaðar en einnig minni afkastagetu þangað til einingar eru teknar úr rekstri og lagaðar. Þetta ferli getur tekið mánuði fyrir álver. Lengd truflunar á afhendingu raforku er lykilatriði í því hvernig þessir kostnaðarþættir spila saman í álverum.

<sup>2</sup> <https://www.riotinto.is/?pageid=23>

<sup>3</sup> <https://nordural.is/svona-gerum-vid/>

<sup>4</sup> <http://alcoa.samfelagsskyrsla.is/fjardaal>

Því veltur endanlegur kostnaður vegna truflunar að mestu leyti á hversu lengi truflun í afhendingu raforku varir. Raforkutruflun sem varir skemur en eina klukkustund hefur áhrif á framleiðsluferlið í nokkrar klukkustundir þar á eftir en annar kostnaður er minni háttar. Ef raforkutruflun varir í eina eða tvær klukkustundir vara áhrif truflunarinnar í nokkra daga á framleiðsluferlið. Framleiðslan eftir raforkutruflunina er skert í nokkra daga með tilheyrandi tapi í framleiðslu afburða. Einnig verða skemmdir á búnaði við raforkutruflun af þessari lengd.

Við raforkutruflun sem varir í 3-5 klukkustundir er líklegt að til langvarandi framleiðslustöðvunar komi. Við slíka raforkutruflun þarf að endurnýja og hreinsa framleiðslutæki með verulegum tilkostnaði. Eftir nauðsynlegar úrbætur á framleiðslutækjum er uppkeyrslutími starfseminnar nokkrir mánuðir þangað til fullum afköstum er náð að nýju.

Í könnun Pöyry eru svör tveggja álvera og meðal annars svara þau til um hversu lengi skert framleiðsla varir eftir mislanga raforkutruflun. Í töflu 3 má sjá svör álveranna tveggja frá árinu 2012. Töluverður munur er á umfangi framleiðslu álveranna tveggja sem og orkunýtni við framleiðsluna og sýnir taflan hversu mikill munur getur verið á milli tveggja framleiðenda.

**TAFLA 3** Framleiðslutap (klst.) fyrir tvö álver í Noregi í kjölfar raforkutruflana (Pöyry, 2012).

RAFORKUTRUFLUN (KLST.)	ÁLVER 1	ÁLVER 2
1	3	24
2	10	48
3	20	84
4+	2190	1620

### Sparnaður aðfanga við raforkutruflun

Við raforkutruflanir eru aðföng ekki nýtt til framleiðslu vegna þess að framleiðslan liggur niðri. Helstu aðföng í starfsemi álvera eru súrál og raforka. Taka þarf tillit til að þessara aðfanga er ekki þörf meðan framleiðsla liggur niðri, því er er litið til meðalverðs súrálís á markaði og meðalverðs Landsvirkjunar með flutningi til stórnotenda á árinu 2019. Miðað er við meðalgengi Bandaríkjadals á árinu 2019 þar sem við á.

### Kostnaður við raforkutruflun

Í töflu 4 má sjá niðurstöður fyrir álverin hér á landi. Kostnaðarmatið er byggt á svörum stórnotenda. Matið er vegið meðaltal m.v. framleiðslumagn þeirra svara sem bárust. Ljóst er að skammvinn raforkutruflun hefur hlutfallslega mikinn kostnað í för með sér þar sem tíma tekur að ná fullum afköstum að nýju. Kostnaðurinn fer svo hlutfallslega minnkandi fyrsta klukkutímann en vex eftir það. Tveggja klukkutíma raforkutruflun er metin meira en 18 sinnum dýrari en klukkutíma raforkutruflun. Ef raforkutruflunin varir í meira en þrjár klukkustundir rýkur kostnaðurinn upp vegna skemmda á búnaði og langvarandi skerðingu á framleiðslugetu. Er þá kostnaður metinn á 12.300 kr./kWh og kostnaður ekki metinn fyrir lengri truflanir.



**TAFLA 4** Kostnaður við raforkutruflanir hjá álverum eftir tímalengd (kr./kWh)

1 SEK	1 MÍN	5 MÍN	30 MÍN	60 MÍN	120 MÍN	180 MÍN	360 MÍN	24 KLST.
21.200	350	70	30	50	930	12.300		

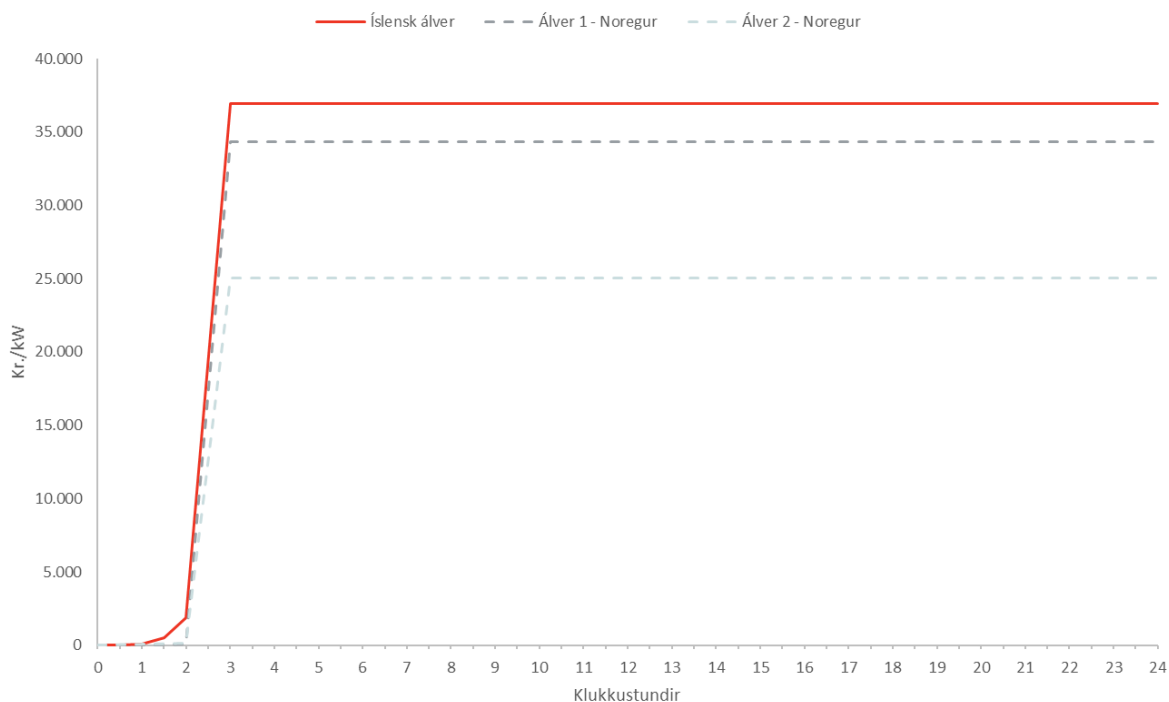
Setja má fram kostnaðarfall fyrir álverin á Íslandi byggt á svörum úr spurningarkönnuninni líkt og það kostnaðarfall sem sett var upp byggt á svörum stórnotenda í Noregi. Kostnaðarfall fyrir íslensku álverin má sjá í töflu 5. Í töflu 5 og þeim kostnaðarfjöllum sem á eftir fylgja í þessari skýrslu tákna bókstafurinn t fjölda klukkustunda.

**TAFLA 5:** Kostnaðarfall íslenskra álvera í kr./kW

LENGD TRUFLUNAR	0-30 MIN	30 MIN - 1 KLST	1 - 1,5 KLST	1,5 - 2 KLST	2 - 3 KLST	3 KLST -
Kostnaður	$5+20*t$	$15+70*(t-0,5)$	$50+930*(t-1)$	$510+2.720*(t-1,5)$	$1870+35.070*(t-2)$	36.940

Á mynd 2 má sjá að kostnaðarfall málmframleiðenda í Noregi og hefur það þrjú hverfipunkta (e. inflection point). Hins vegar þegar álframleiðendurnir tveir eru skoðaðir sérstaklega hefur kostnaðarfall þeirra einungis tvo hverfipunkta, kostnaður er hlutfallslega lítill vegna raforkutruflunar til að byrja með en kostnaður eykst mikið í kringum 3-4 klukkutíma. Eftir það helst kostnaðurinn stöðugur líklega vegna þess að ákveðnu hámarki hefur verið náð.

Sjá má á mynd 4 að íslenska kostnaðarfallið hefur einungis tvo hverfipunkta líkt og kostnaðarfall norskra álvera, kostnaður hækkar rólega fram að um þriggja klukkustunda raforkutruflun á þeim punkti eykst kostnaðurinn gríðarlega og helst svo stöðugur eftir það.



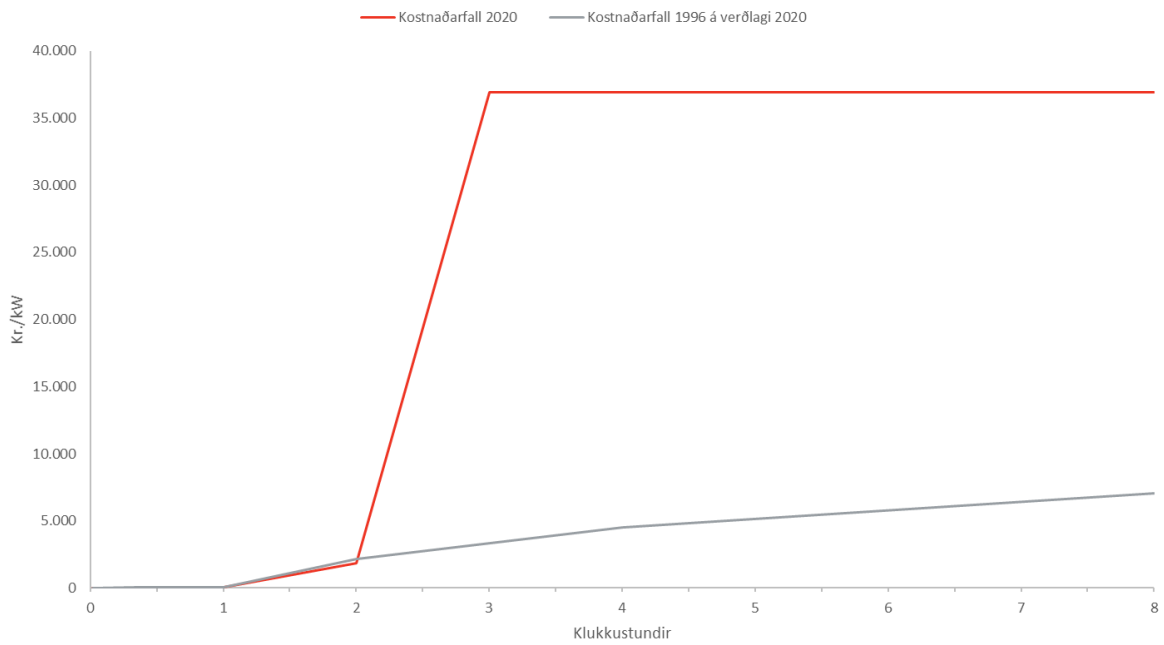
**MYND 4:** Kostnaðarfall íslenskra álvera í kr./kW

#### Fyrri athugun á kostnaði álvera

Í töflu 6 má sjá samanburð á niðurstöðum úr könnuninni um kostnað álvera vegna raforkutruflunar og áætlaðan kostnað fyrir álverið í Straumsvík við raforkutruflun. Voru tölur um áætlaðan kostnað álversins í Straumsvík settar fram í skýrslu Start hópsins árið 1996. Reynt var að meta heildarkostnað Íslenska álfélagsins við raforkutruflun af mismunandi lengd og þá tekið mið af reynslu fyrirtækisins af raunverulegri raforkutruflun. Í töflu 6 **TAFLA 6** hafa niðurstöður þeirrar athugunar verið framreiknaðar samkvæmt þróun vísitölu neysliverðs. Ljóst er að kostnaður álvera breytist ekki endilega í sama hlutfalli og vísitala neysliverðs. Álverð á alþjóðamörkuðum hefur mikil áhrif á hversu mikils virði töpuð framleiðsla er og á undanförunum árum hafa verið miklar sveiflur á markaði með ál. Einnig er kostnaður við framleiðslubúnað annar núna en fyrir tæpum 25 árum og því kostnaður við skemmdir á búnaði annar. Því eru margir þættir sem spila inn í hvernig kostnaður álvera þróast yfir tíma. Niðurstöðurnar í töflu 6 og mynd 5 gefa þó til kynna lögun kostnaðarfalls álversins eins og það var metið árið 1996.

**TAFLA 6:** Samanburður á kostnaði vegna raforkutruflunar Íslenska álfélagsins árið 1996 og 2020 á verðlagi ársins 2020

LENGD	KR./KW – VERÐLAG 2020 (ATHUGUN FRÁ 1996)	KR./KW (ATHUGUN FRÁ 2020)	KR./KWH – VERÐLAG 2020 (ATHUGUN FRÁ 1996)	KR./KWH (ATHUGUN FRÁ 2020)
1 mín	19	6	1.132	350
20 mín	31	17	93	50
1 klst.	57	50	57	50
2 klst.	2.179	1.870	1.104	935
4 klst.	4.528	36.940	1.104	9.230
8 klst.	7.074	36.940	877	4.616



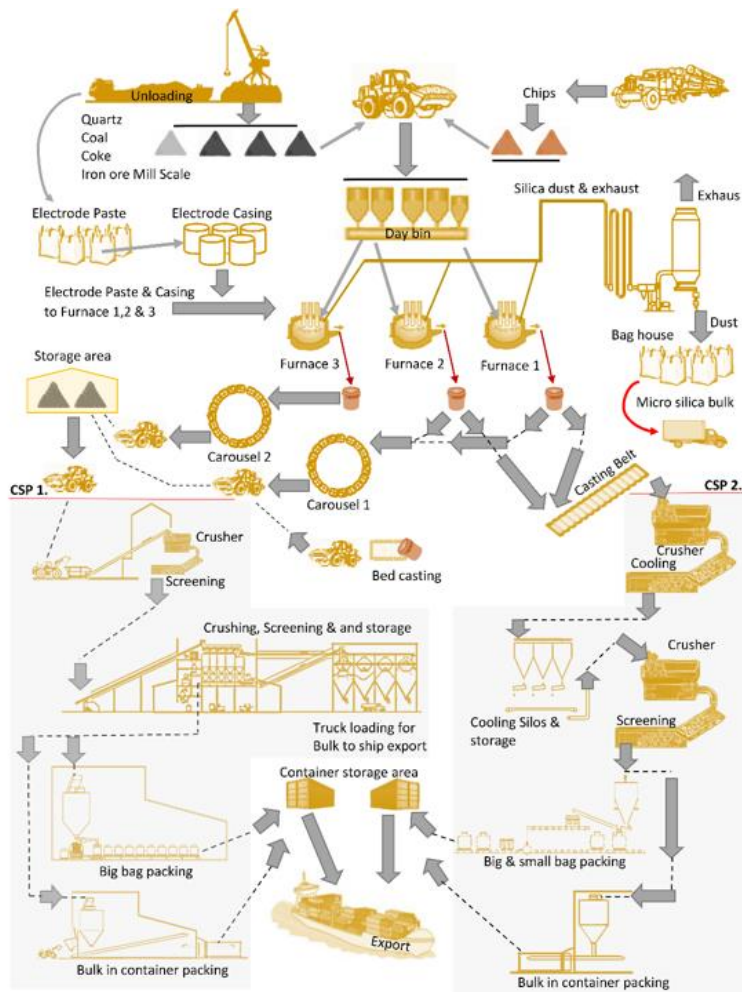
**MYND 5:** Samanburður á kostnaði vegna raforkutruflunar Íslenska álfélagsins árið 1996 og 2020 á verðlagi ársins 2020

## 4 VINNSLA KÍSILS OG KÍSILMÁLMS

Tvö fyrirtæki hérlendis stunda vinnslu á kísilmálm og kísli. Vinnslan er jöfn allt árið að undanskildum hléum vegna viðhalds. Í svörum við spurningakönnuninni kemur fram að flókið sé að setja fram kostnaðarfall fyrir kostnað vegna raforkutruflana. Nokkur óvissa er því í matinu sem hér fer á eftir varðandi kostnað vegna raforkutruflana. Margir þættir geti haft áhrif á kostnaðinn og búnað sem nýttur er til vinnslunnar.

### Framleiðsluferlið og áhrif truflana

Í kísilverum eru starfræktir ljósbogaofnar, í ofnunum hvarfast kvars og járnrýti við kolefni og myndar fljótandi kísilmálm. Ofnarnir eru hálflokaðir og með reykhettu. Afsog frá ofnum fer um kælivirki og reykheinsivirki, þar sem kísilyrk er hreinsað frá með pokasíum. Hreinsað afsog fer út í andrúmsloftið í gegnum mæni síuhúsanna. Hreinsað afsog inniheldur m.a. lofttegundirnar kolefnistvíoxíð, brennisteinstvíoxíð og nituroxíð. Fljótandi kísilmálm, um 1.700°C heitum, er tappað úr ofnunum í deiglu. Kísilmálmurinn er annars vegar steypdur beint út í hleifa eða steypdur beint út og malaður. Málmurinn er kældur með vatni til að flýta fyrir storknun og auka styrkleika hans. Við það myndast vatnsgufa sem safnað er saman og blásið er upp úr verksmiðjunni. Hleifarnir eru síðan malaðir, efníð sigtað og loks flutt til útlanda. Ofnarnir eru að jafnaði í rekstri allan sólarhringinn allt árið um kring að undanskildum stuttum viðhaldsstoppum. Sjá má dæmi um framleiðsluferlið myndrænt á mynd 6.



**MYND 6:** Dæmi um framleiðsluferli hjá hefðbundnu kísilveri

Við raforkutruflun verður framleiðslutap auk þess sem tíma tekur að koma starfsemi í eðlilegt horf eftir að rafmagn kemst aftur á. Lengd truflunarinnar hefur áhrif á þann tíma sem tekur að koma vinnslunni aftur af stað en hann er þó ekki línulegur í samræmi við lengd raforkutruflunarinnar. Lengri raforkutruflanir hafa áhrif á tæki sem nýtt er til framleiðslunnar, t.d. rafskaut ljósbogaofnanna. Minni framleiðsla er með framleiðslutækjum þó svo að reksturinn sé aftur kominn í gang auk þess sem verri nýting er á hráefni.

Raforkutruflun sem varir innan við eina klukkustund hefur óveruleg áhrif til lengri tíma fyrir reksturinn. Um eina klukkustund tekur að koma starfsemi í fyrra horf eftir raforkutruflun sem varir allt að klukkustund. Full afköst í vinnslunni nást fljótlega þar á eftir.

Við raforkutruflun sem varir eina til fjórar klukkustundir eru líkur á rekstrarvandæðum farnar að aukast verulega. Um eina klukkustund tekur að komast í rekstur á ný en full afköst nást ekki fyrr en eftir um hálfan sólarhring í fyrsta lagi.

Ef raforkutruflunin er lengri en fjórir tímar hefur hún veruleg áhrif. Um eina klukkustund tekur að komast í rekstur aftur en full afköst nást ekki fyrr en að lágmarki sólarhring síðar. Rekstrarerfiðleikar

geta verið viðvarandi í um tíu daga frá raforkutruflun. Auknar líkur á að búnaður hafi orðið fyrir skemmdum og það valdi rekstrartruflunum.

Í töflu 7 má sjá mati á kostnaði við raforkutruflun fyrir vinnslu kísils og kísilmálms. Eins og sjá má er kostnaðurinn hlutfallslega hár fyrir stuttar truflanir en hann fer að vaxa aftur eftir þrjár klukkustundir og er í hámarki á bilinu þremur til sex klukkustundum.

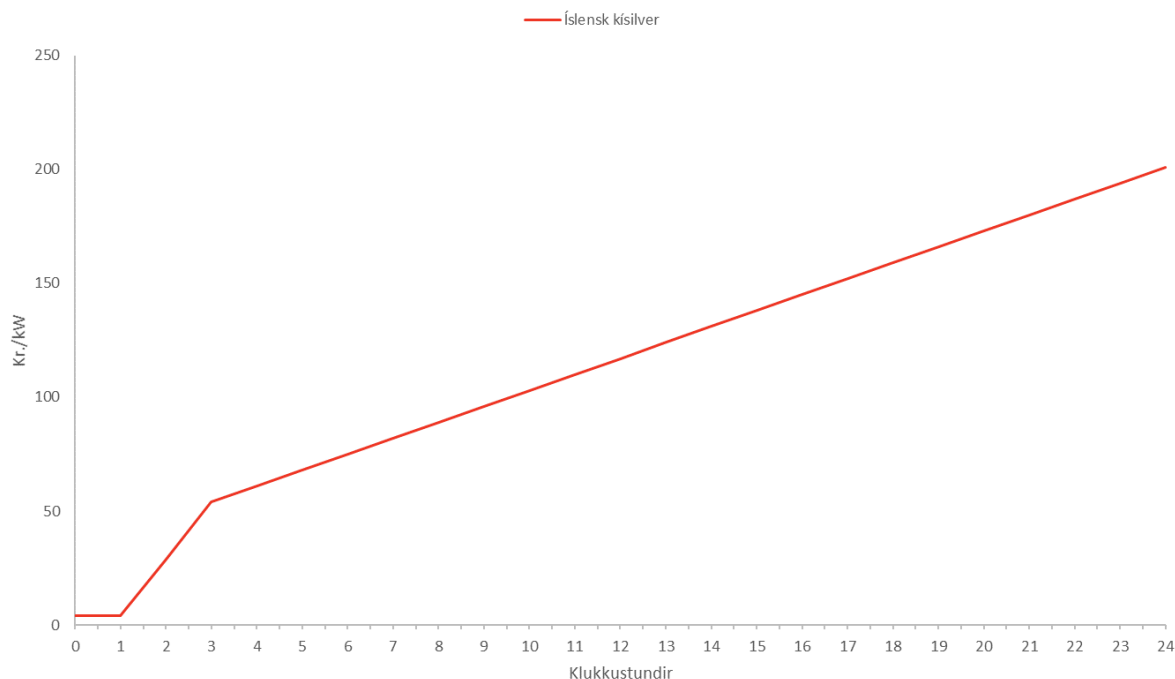
**TAFLA 7** Kostnaður við raforkutruflun við vinnslu kísils og kísilmálms eftir tímalengd (kr./kWh)

1 SEK	1 MÍN	5 MÍN	30 MÍN	60 MÍN	120 MÍN	180 MÍN	360 MÍN	24 KLST.
14.400	240	50	10	4	10	20	10	10

Setja má upp kostnaðarfall fyrir kísilver líkt og gert var fyrir álver í kafla 3. Ekki eru til góð erlend fordæmi til samanburðar þegar kemur að kísilverum. Með því að draga línulegt fall milli þeirra punkta sem við höfum upplýsingar um úr könnuninni má sjá hvernig kostnaður kísilvera vegna raforkutruflunar þróast sem fall af tíma. Sjá má á mynd 7 að kostnaður við raforkutruflun innan við eina klukkustund er óverulegur, eftir það fer kostnaður þó hratt hækkandi.

**TAFLA 8:** Kostnaðarfall íslenskra kísilvera í kr./kW

LENGD TRUFLUNAR	0-1 KLST	1-3 KLST	3-24 KLST
Kostnaður kísilvera	4	$4+25*(t-1)$	$54+7*(t-3)$



**MYND 7:** Kostnaðarfall íslenskra kísilvera í kr./kW

## 5 GAGNAVER

Gagnaver hafa á undanförnum árum notað umtalsverða raforku við starfsemi sína. Starfsemin felur í sér hýsingu og keyrslu á tölvubúnaði auk geymslu gagna. Starfsemin er að öllu leyti háð raforku. Í svörum gagnaveranna kemur fram að fjölmargir þættir hafa áhrif á kostnað vegna raforkutruflana. Suma þessara þátta er erfitt að meta eins og áhrif á viðskiptasambönd. Einnig geta aðstæður hverju sinni, til dæmis veðurfar, haft áhrif á kostnað við að koma þjónustunni af stað að nýju.

Gagnaverin bjóða mismunandi þjónustu fyrir viðskiptavinum sínum sem byggir m.a. á mismunandi áreiðanleika hvað varðar rekstur tölvukerfa og vinnslu þeirra. Svokölluð Tier 3 þjónusta tryggir meiri áreiðanleika en Tier 1 þjónusta með því að styðjast við staðbundið varaafli eða rafhlöðubúnað (e. UPS) sem tryggir orku þótt truflanir verði á afhendingu. Þessi munur kemur fram í kostnaði við truflanir á afhendingu.

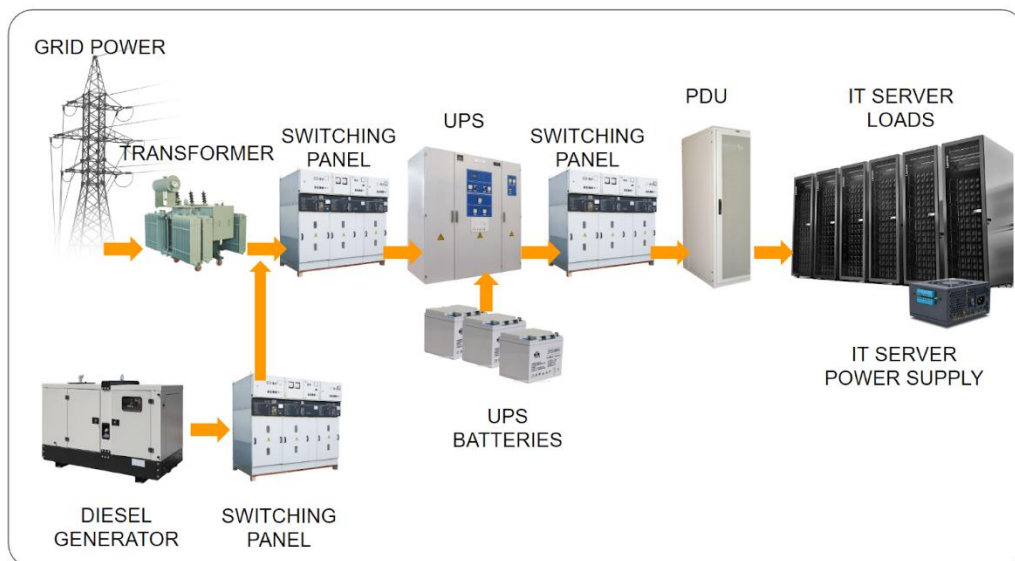
### Framleiðsluferli og áhrif truflana

Þjónustan með meiri áreiðanleika (Tier 3) er varin með UPS kerfum og varavélum. Ef það kemur til raforkutruflana er unnt að veita áfram þá þjónusta til skemmri tíma með búnaðinum. Kostnaður við að veita þjónustuna með varavélum er þó mun hærrí en með því að notast við raforku frá flutningskerfinu. Í töflu 9 má sjá kostnað við að halda þjónustunni gangandi með varavélum og er kostnaðurinn byggður á notkun jarðefnaeldsneytis. Einnig er þörf á meiri viðveru starfsmanna til að tryggja að starfsemin gangi vel með varavélum.

**TAFLA 9** Áætlaður kostnaður við rekstur varavéla.

30 MÍN EÐA SKEMUR	8. KLST EÐA SKEMUR	48 KLST EÐA SKEMUR
40 kr./kWh	40 kr./kWh	40 kr./kWh

Þjónusta með minni áreiðanleika (Tier 1) er ekki varin með UPS kerfum eða varavélum. Ef raforkutruflanir verða er ekki unnt að veita þjónustuna. Gagnaverin fá ekki tekjur af því að veita þessa þjónustu ef til raforkutruflana kemur. Uppkeyrslutími þeirrar þjónustu sem dettur út við raforkutruflun getur verið mismunandi eftir tímalengd raforkutruflunarinnar auk þess sem auknar líkur eru á bilun í tölvubúnaði við uppkeyrslu.



**MYND 8:** Dæmi um framleiðsluferli hjá gagnaveri varið með UPS kerfi<sup>5</sup>

Uppkeyrslutími tölvubúnaðar lengist í samhengi við lengd raforkutruflunar. Í töflu 10 má sjá mat á uppkeyrslutíma eftir lengd raforkutruflunar. Rakastig í húsnæðinu skiptir máli við endurræsingu búnaðarins og er uppkeyrslutíminn lengri um vor og haust vegna hærri rakastigs almennt á þeim árstíðum. Fara þarf í sérstakar aðgerðir innan húsnæðisins til þess að draga úr raka fyrir endurræsingu til þess að vernda tölvubúnaðinn.

**TAFLA 10** Uppkeyrslutími þjónustu eftir lengd raforkutruflunar.

LENGD RAFORKUTRUFLUNAR	<30 MÍN	< 8 KLST.	< 48 KLST.	<72 KLST.
Uppkeyrslutími	2-3 klst.	2-3 klst.	1 dagur	1 dagur

Ódýrara er að fara í uppkeyrslu á búnaði að degi til sbr. við aðra tíma dagsins vegna þess mannskaps sem nauðsynlegur er til að sinna uppkeyrslunni. Aflað var upplýsinga varðandi kostnað við endurræsingu tölvubúnaðar og er notast við hann í mati þessu miðað við meðalnotkun gagnavera hérlandis á árinu 2019.

**TAFLA 11** Áætlaður kostnaður við endurræsingu tölvubúnaðar

30 MÍN EÐA SKEMUR	8. KLST EÐA SKEMUR	48 KLST EÐA SKEMUR
8 kr./kWh	0,75 kr./kWh	0,14 kr./kWh

Við raforkutruflun sem ekki er unnt að mæta með varavélum ná gagnaver ekki að selja þjónustu sína og verða fyrir tekjutapi. Við mat á tekjutapi er litið til vinnsluvirðis í starfsemi á sviði upplýsingatæki í gögnum Hagstofu. Í töflu 12 kemur fram kostnaður við raforkutruflun þar sem tekið hefur verið tillit til kostnaðar við ræsingu sem og mat á tekjutapi.

**TAFLA 12** Kostnaður við raforkutruflun hjá gagnaverum eftir tímalengd (kr./kWh)

1 SEK	1 MÍN	5 MÍN	30 MÍN	60 MÍN	120 MÍN	180 MÍN	360MÍN	24 KLST.
4.200	85	30	20	15	15	15	15	15

<sup>5</sup><https://www.datacenterdynamics.com/en/opinions/fuel-management-problems-could-be-causing-downtime/>

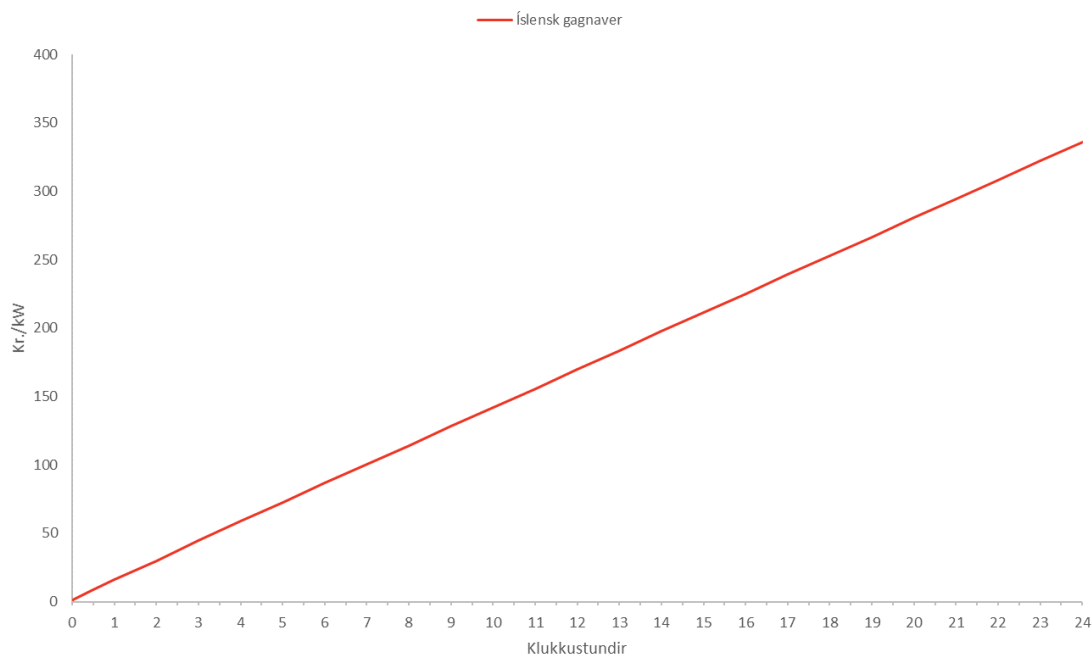


Eins og sjá má er hlutfallslega hæsti kostnaðurinn við stuttar truflanir en kostnaðurinn breytist lítið eftir fyrsta hálf tímann og tekur ekki stökk upp á við eftir ákveðinn tíma, líkt og álver og kísilver. Lengri raforkutruflanir geta haft neikvæð áhrif á viðskiptasambönd gangavera og viðskiptavina og ásýnd þeirra meðal viðskiptavina og mögulegra viðskiptavina. Áhrif á slíkt viðskiptasamband eru ekki metin hér.

Þar sem starfsemi gagnavera er mjög mismunandi er erfitt að bera saman kostnaðarfall íslenskra gagnavera við kostnaðarfall erlendra gagnavera. En niðurstöður benda til þess að kostnaður gagnavera á Íslandi sé svo gott sem línulegt fall af tímalengd truflunar.

**TAFLA 13:** Kostnaðarfall íslenskra gagnavera í kr./kW

LENGD TRUFLUNAR	0 MIN – 3 KLST	3 - 24 KLST
Kostnaður gagnavera	$1+15*t$	$46+14*(t-3)$



**MYND 9:** Kostnaðarfall íslenskra gagnavera í kr./kW

## 6 FRAMLEIÐSLA AFLÞYNNNA

Eitt fyrirtæki hérlendis framleiðir aflþynnur en fyrirtækið hóf starfsemi á árinu 2008. Framleiðslan fer fram allan sólarhringinn en færri starfsmenn vinna um helgar og á frídögum. Aflþynna hefur þá eiginleika að geta með góðu móti geymt orku í rafmagnspéttum.

### Framleiðsluferlið og áhrif truflana

Aflþynnurnar eru framleiddar með því að áloxið filma myndast á þynnunni þegar hún hefur farið í gegnum orkufrekt framleiðsluferli þar sem svokölluð rafhúðun fer fram. Margvíslegur tækni- og tölvubúnaður er notaður við framleiðsluna auk þess sem afurðunum er pakkað áður en þær eru sendar til viðskiptavina. Við raforkutruflanir verða skemmdir á framleiðslubúnaði og skemmdirnar meiri eftir því sem lengd raforkutruflunarinnar lengist. Skemmdir geta einnig orðið á viðkvæmum tölvubúnaði. Einnig skemmist hráefni sem er í framleiðslutækjum við raforkutruflun. Raforkutruflun um helgar eða á frídögum getur leitt af sér lengri uppræsitíma með tilheyrandi kostnaði.

Við stutta raforkutruflun (1 sek eða styttra) stöðvast framleiðslan og líklegt að um 15 mínútur taki að ræsa framleiðsluna að nýju. Fullum afköstum er náð um 3 klukkustundum eftir raforkutruflun. Raforkutruflun sem er um 1 mínúta eykur líkurnar á framleiðslutapi og skemmdum á framleiðslutækjum. Hluti framleiðslubúnaðar gæti stoppað og skemmst vegna truflunarinnar. Við raforkutruflun sem varir í um 5 mínútur er öll framleiðsla í vélum ónýtt og yfirfara þyrfti hluta þeirra véla sem notaðar eru við framleiðsluna og það tæki um 5-7 daga að koma framleiðslunni í fullan rekstur aftur. Á þessum tíma væri engin framleiðsla möguleg.

Raforkutruflun sem varir í um einn sólarhring hefði einnig veruleg áhrif á framleiðsluna. Í slíku tilviki þyrfti að fara í enn frekari yfirferð á búnaði og undirbúning fyrir endurræsingu. Um 12-15 daga er talið að það tæki að koma framleiðslunni aftur í fullan rekstur með tilheyrandi tekjutapi.

Í töflu 14 má sjá mat á kostnaði við raforkutruflun við framleiðslu aflþynna.

**TAFLA 14** Kostnaður við raforkutruflun við framleiðslu aflþynna eftir tímalengd (kr./kWh)

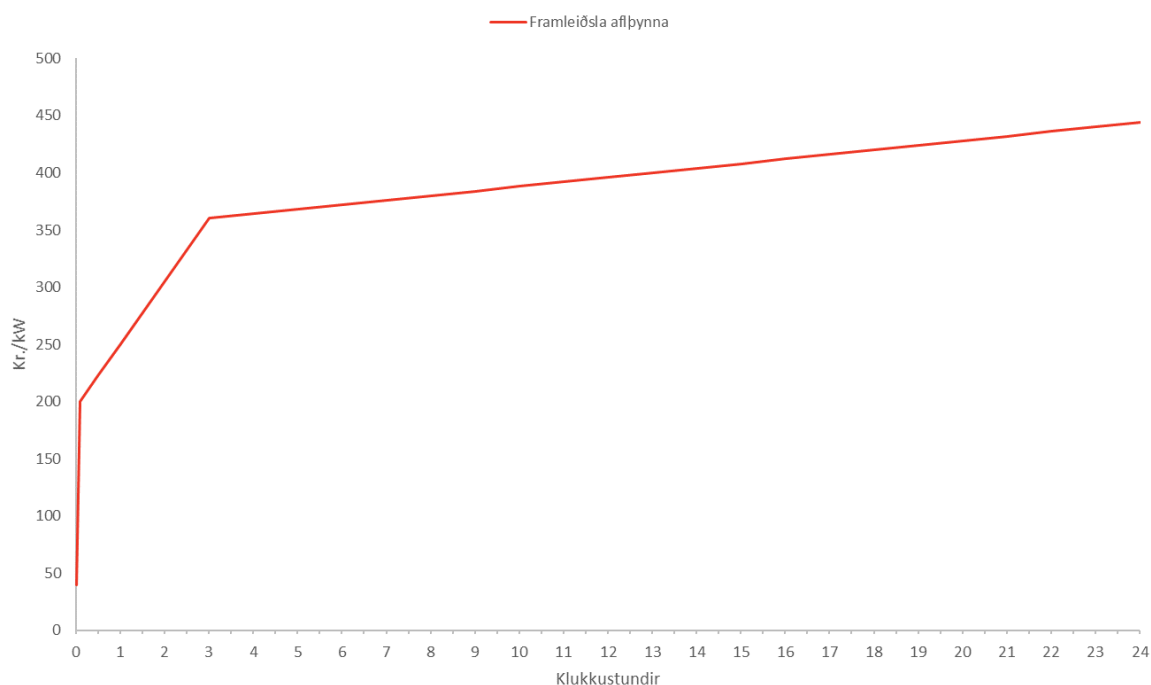
1 SEK	1 MÍN	5 MÍN	30 MÍN	60 MÍN	120 MÍN	180 MÍN	360MÍN	24 KLST.
144.000	2.400	2.400	450	250	150	120	60	20

Lengri raforkutruflanir geta einnig haft neikvæð áhrif á viðskiptasamband. Áhrif á slíkt viðskiptasamband eru ekki metin hér.

Kostnaðarfall framleiðslunnar vegna raforkuskorts má sjá í töflu 15. Á mynd 10 má sjá kostnaðarfallið myndrænt. Mikil aukning verður í kostnaði vegna raforkuskorts í kringum 5 mínútur, eftir það eykst kostnaður nokkuð jafnt og er um 350 kr./kW vegna 3 klukkustunda truflunar. Eftir það eykst kostnaður hægar.

**TAFLA 15:** Kostnaðarfall við framleiðslu aflþynna í kr./kW

LENGD TRUFLUNAR	0 - 1 MIN	1 - 5 MIN	5 MIN - 3 KLST	3 - 24 KLST
Kostnaður við framleiðslu aflþynna	40	$40+2.400*(t-0,0166)$	$200+55*(t-0,0833)$	$360+4*(t-3)$



**MYND 10:** Kostnaðarfall við framleiðslu aflþynna í kr./kW

## 7 VIÐAUKI 1 - SPURNINGAKÖNNUN

### Inngangsspurningar:

1. Árleg raforkunotkun, skipt niður í mismunandi flokka starfsemis fyrirtækisins ef við á .
2. Framleiðsluferlið (framleiðsluflæðirit).
3. Hversu mikið er framleiðslan/starfsemin háð raforku?

### ATBURÐIR

#### Hvað gerist við straumrof?

4. Hvaða áhrif hefur straumrof á reksturinn? Eru mismunandi afleiðingar fyrir mismunandi hluta framleiðslulínunnar/starfseminnar? (Að því marki sem við á)
5. Hversu löng er uppkeyrslan eftir straumrof þangað til framleiðslan/starfsemin er aftur komin á eðlilegt stig? Hvernig er uppkeyrsla framleiðslunnar/starfseminnar eftir straumrof? Línuleg/stöðugt vaxandi eða önnur þróun?
6. Er hraði uppkeyrslunnar háður árstíð/vikudegi/degi?
7. Hvernig skiptir lengd straumrofsins máli? Hefur straumrofið mun meiri afleiðingar ef farið er yfir tiltekin tímamörk?
8. Hér að neðan eru tillögur um mismunandi tímalengdir straumrofa. Þannig getum við gert okkur grein fyrir afleiðingum mismunandi atburða á fyrirtækið þitt. **Leggðu gjarnan fram aðrar mikilvægar tímalengdir sem geta gefið betri mynd af afleiðingum stöðvunar framleiðslu/starfsemi af völdum straumrofs.**

200 millísekúndur- öll framleiðsla/starfsemi fyrirtækisins stöðvast: Hver eru áhrifin á starfsemina? Hversu langur er ræsitíminn?

1 sekúnda-öll framleiðsla/starfsemi fyrirtækisins stöðvast: Hver eru áhrifin? Hversu langur er ræsitíminn?

1 mínúta-öll framleiðsla/starfsemi fyrirtækisins stöðvast Hver eru áhrifin? Hversu langur er ræsitíminn?

5 mínútur-öll framleiðsla/starfsemi fyrirtækisins stöðvast: Hver eru áhrifin? Hversu langur er ræsitíminn?

3 klukkustundir-öll framleiðsla/starfsemi fyrirtækisins stöðvast: Hver eru áhrifin? Hversu langur er ræsitíminn?

24 klukkustundir-öll framleiðsla/starfsemi fyrirtækisins stöðvast: Hver eru áhrifin? Hversu langur er ræsitíminn?

9. Hverjar eru afleiðingar straumrofs á framleiðsluna/starfsemina (tölvubúnað, tvívinnslu, hráefni, framleiðslutæki, vinnu starfsfólks o.s.frv.)?
10. Hefur fyrirtækið reynslu af afleiðingum og kostnaði við straumrof?

### **Hvað gerist við spennutruflanir?**

11. Hvaða áhrif hafa mismunandi tegundir spennutruflana á fyrirtækið?

Skammvinn undir- eða yfirspenna

Svipul yfirspenna

12. Hversu löng er uppkeyrslan eftir spennutruflun þar til framleiðslan/starfsemin er aftur komin á eðlilegt stig? Hvernig er uppkeyrsla framleiðslunnar/starfseminnar eftir spennutruflun? Línuleg/stöðugt vaxandi eða önnur þróun?
13. Fer uppkeyrsla eftir árstíð/vikudegi/degi?
14. Hefur spennutruflun, yfirsveiflur o.þ.h. mun meiri afleiðingar ef farið er yfir tiltekin tímamörk?
15. Hverjar eru afleiðingar spennutruflana á starfsemina (tölvubúnað, tvívinnslu, hráefni, framleiðslutæki, vinnu starfsfólks o.s.frv.)?
16. Samanburðarspurningar varðandi hæfni, yfirsýn og stjórnun spennugæða hjá fyrirtækinu:

Hefur þú einhverja reynslu af afleiðingum og kostnaði við spennutruflanir?

Getur þú greint á milli skammvinnns straumrofs og mismunandi tegunda spennutruflana ef framleiðslan/starfsemin stöðvast?

Fara fram mælingar/vaktanir (tæki o.s.frv.) á spennutruflunum og/eða straumrofi?

Hefur þú starfsfólk með þekkingu á afhendingargæðum og íslensku reglunum um afhendingargæði?

### **FJÁRHAGSLEGAR AFLEIÐINGAR**

#### **Kostnaður vegna straumrofs eða spennutruflana**

17. Er mögulegt að setja upp kostnaðarfall fyrir þróun kostnaðar við straumrof og/eða spennufall?  
Ef svo er, hvaða kostnað ætti að taka með í reikninginn?

Fastur kostnaður í tengslum við straumrof/spennufall? Breytilegur kostnaður sem tengist straumrofi/spennufalli?

### Þróun kostnaðar:

18. Tímalengd straumrofs. Er það mikilvægur liður í þróun kostnaðar?
19. Tími dagsins/vikudagur/mánuður/árstíð
20. Tilkyntar samanborið við ekki tilkyntar truflanir (hversu langur tilkyningartími er nauðsynlegur til að takmarka tjónið)
21. Ræsitími/kostnaður við að hefja framleiðslu/starfsemi á ný, bæði fyrir straumrof og spennutruflanir.
22. Er kostnaðurinn breytilegur eftir lengd straumrofsins?
23. Hver er kostnaðurinn við mismunandi tímalengdir straumrofs sem fram koma hér á eftir (ekki einungis bein fjárhæð heldur framleiðslutap/starfsemistap og annar hugsanlegur kostnaður [Sjá spurningu 8 og mikilvægar tímalengdir tilgreindar þar]:  
  
200 millísekúndur- öll framleiðsla/starfsemi fyrirtækisins stöðvast: Hvað kostar þetta?  
  
1 sekúnda- öll framleiðsla/starfsemi fyrirtækisins stöðvast: Hvað kostar þetta?  
  
1 mínúta- öll framleiðsla/starfsemi fyrirtækisins stöðvast: Hvað kostar þetta?  
  
5 mínútur- öll framleiðsla/starfsemi fyrirtækisins stöðvast: Hvað kostar þetta?  
  
3 klukkustundir- öll framleiðsla/starfsemi fyrirtækisins stöðvast: Hvað kostar þetta?  
  
24 klukkustundir- öll framleiðsla/starfsemi fyrirtækisins stöðvast: Hvað kostar þetta?
24. Hverjar eru tekjurnar á uppkeyrslutímanum eftir straumrof/spennutruflun? Línulegur, eykst smám saman?
25. Hvaða áhrif hefur umfang og tímalengd spennutruflana á kostnaðinn?
26. Kostnaður vegna tjóns á búnaði vegna straumrofs/spennutruflana - skertur endingartími, slit o.þ.h.?
27. Er mögulegt að draga úr kostnaði með því að kaupa/nota mismunandi aðföng við framleiðsluna/starfsemina (rafmagn, aðra orku, annað hráefni/búnað)?
28. Er mögulegt að senda starfsfólk heim/lægri launakostnaður?
29. Mundi framleiðslutapi við straumleysi vera mætt með aukinni yfirvinnu og hvernig mundi það auka kostnað við framleiðsluna/starfsemina?
30. Getur straumrof hjá þér leitt til aukins kostnaðar/minni tekna í virðisikeðjunni (hjá birgjum eða viðskiptavinum)?
31. Kostnaður vegna stjórnunar við straumrof/spennutruflanir?

### Tekjutap við framleiðslustöðvun

32. Er mögulegt að endurheimta framleiðslutap vegna straumrofs/spennutruflana?
33. Hver er tekjulækkunin við straumrof/spennutruflun ef seinkun verður á sölu?
34. Hvaða áhrif hefur tímalengd á tekjutap?

35. Viðbótarkostnaður í tengslum við endurheimt framleiðslutaps? Hvað ræður því hver viðbótarkostnaðurinn verður? (markaðstengdar sveiflur í vöruverði, sveiflur í tiltækri afkastagetu annars staðar sem hægt er að nota, árstíðabundið ...)
36. Afleiðingar þess að standa ekki við skuldbindingar um afhendingu? Sektir, viðurlög, aukakostnaður (eða sparnaður) með því að standa undir afhendingarskuldbindingum í gegnum dægurmarkaðinn eða álíka?

#### **RÁÐSTAFANIR TIL AÐ DRAGA ÚR STRAUMROFI/SPENNUTRUFUNUM OG/EÐA AFLEIÐINGUM**

37. Hvernig er hægt að draga úr hættunni á straumrofi/spennutruflunum? Hafa einhverjar slíkar ráðstafanir verið framkvæmdar nú þegar eða er áætlað að þeim verði hrint í framkvæmd? Ráðstafanir í flutningskerfinu? Aukalína, varaafli?

Aðrar ráðstafanir? Einkaframtak/fjárfestingar í fyrirtækinu (neyðarráfall, sía o.s.frv.)?

38. Hvernig er hægt að lágmarka afleiðingar/kostnað vegna straumrofs/spennutruflana?

Ráðstafanir í flutningskerfinu (ný lína eða aðrar ráðstafanir)?

Aðrar efnislegar ráðstafanir? Er hægt að gera ráðstafanir til að tryggja sig fyrir spennutruflunum? Hefur þú fjárfest í slíkum búnaði, af hverju/af hverju ekki?