

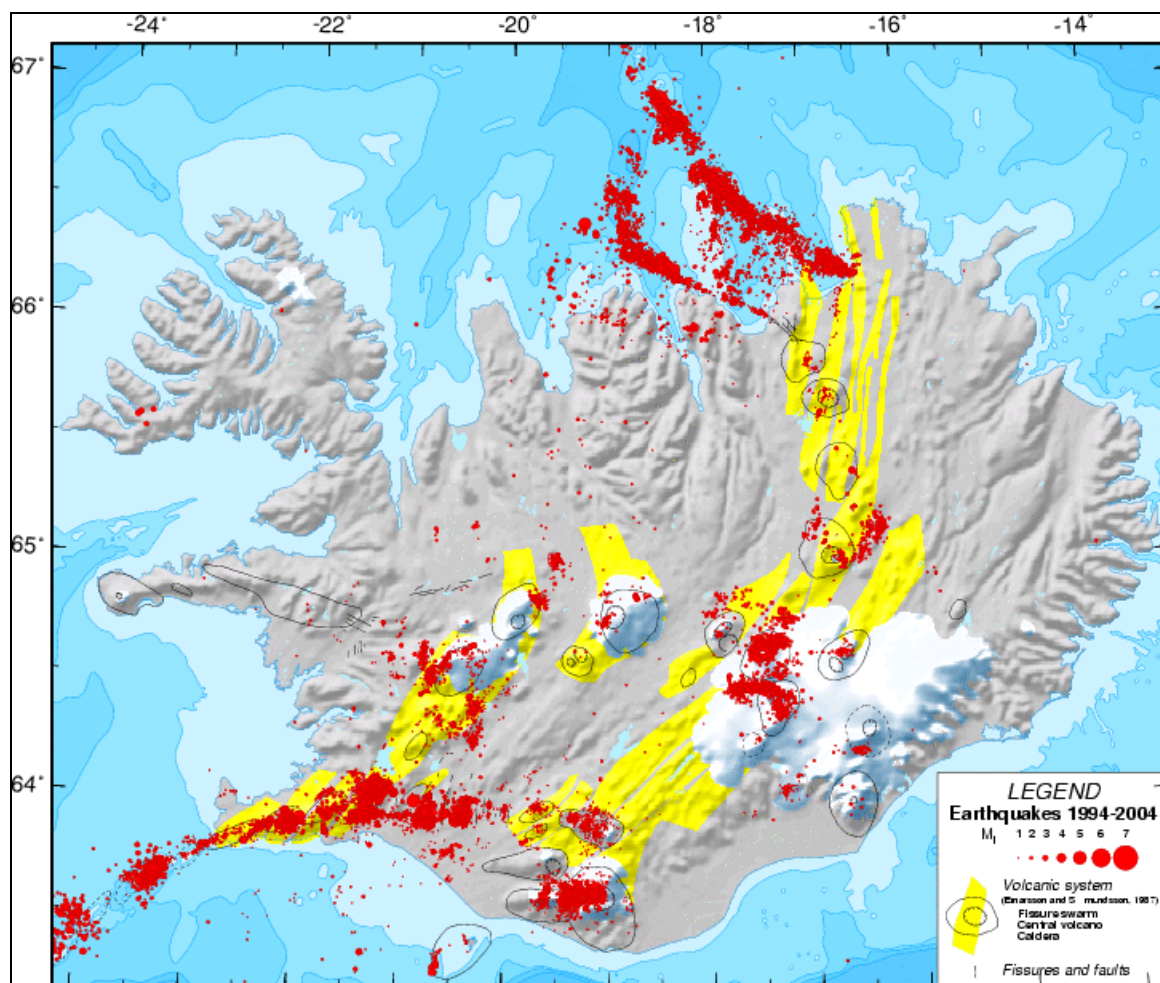
Páll Halldórsson

Jarðskjálftavirkni á Norðurlandi

Unnið fyrir lðnaðarráðuneytið

1. Jarðskjálftasvæðið fyrir Norðurlandi

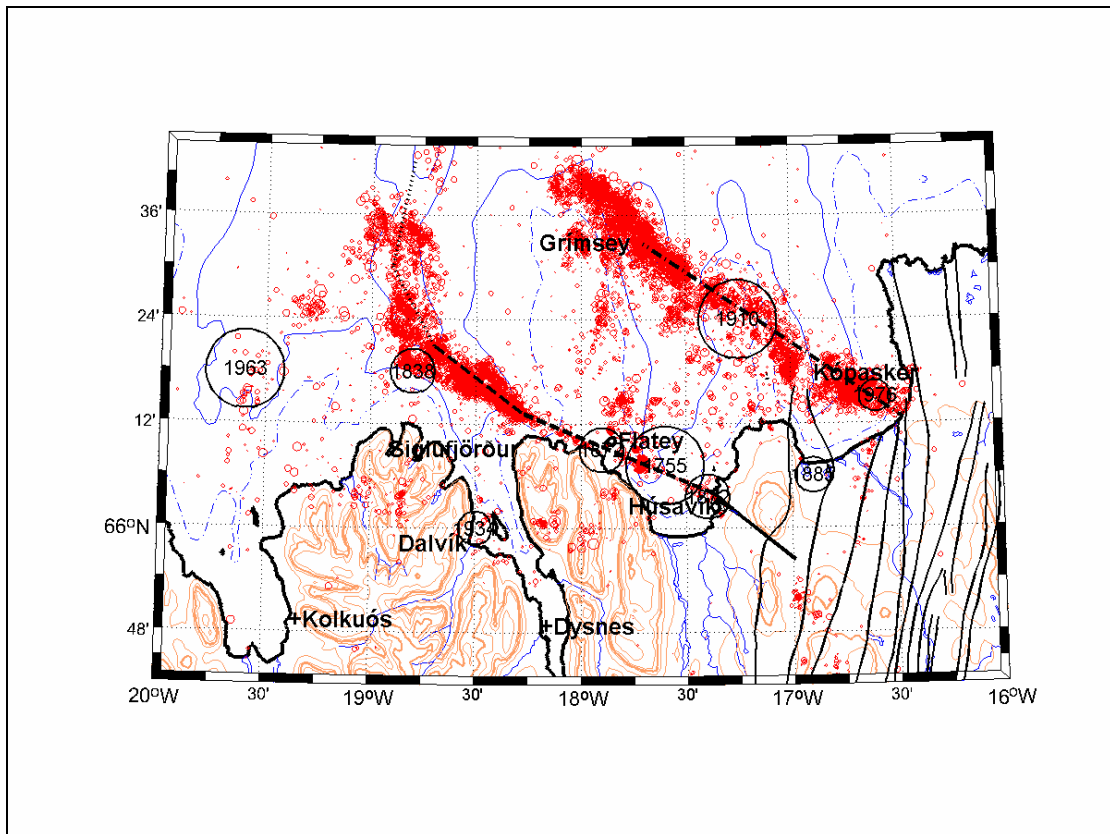
Skjálftavirkni á Íslandi skýrist verulega af legu landsins á Miðatlantshafshryggnum. Um hrygginn er gliðnum sem hér við land nemur u.þ.b. 2 cm á ári. Miðatlantshafshryggnum er skipt í hluta sem bera sérstök nöfn. Fyrir sunnan land er Reykjaneshryggur sem kemur á land við Reykjanes. Þar hliðrast hann til austurs að eystra gosbeltinu og fylgir því síðan þvert yfir landið og norður í Kelduhverfi og Melrakkasléttu. Síðan hliðrast hann um Tjörnesbrotabeltið til norðvesturs í Kolbeinseyjarhrygg. Á megin hluta hryggjarins, þar



Mynd 1-1. Jarðskjálftavirkni á Íslandi 1994 til 2004. Myndin sýnir einnig eldvirku svæðin og megineldstöðvar (Gunnar B. Guðmundsson 2005).

Figure 1-1. Earthquake activity in Iceland from 1994 to 2004. The yellow areas signify the neo-volcanic zone.

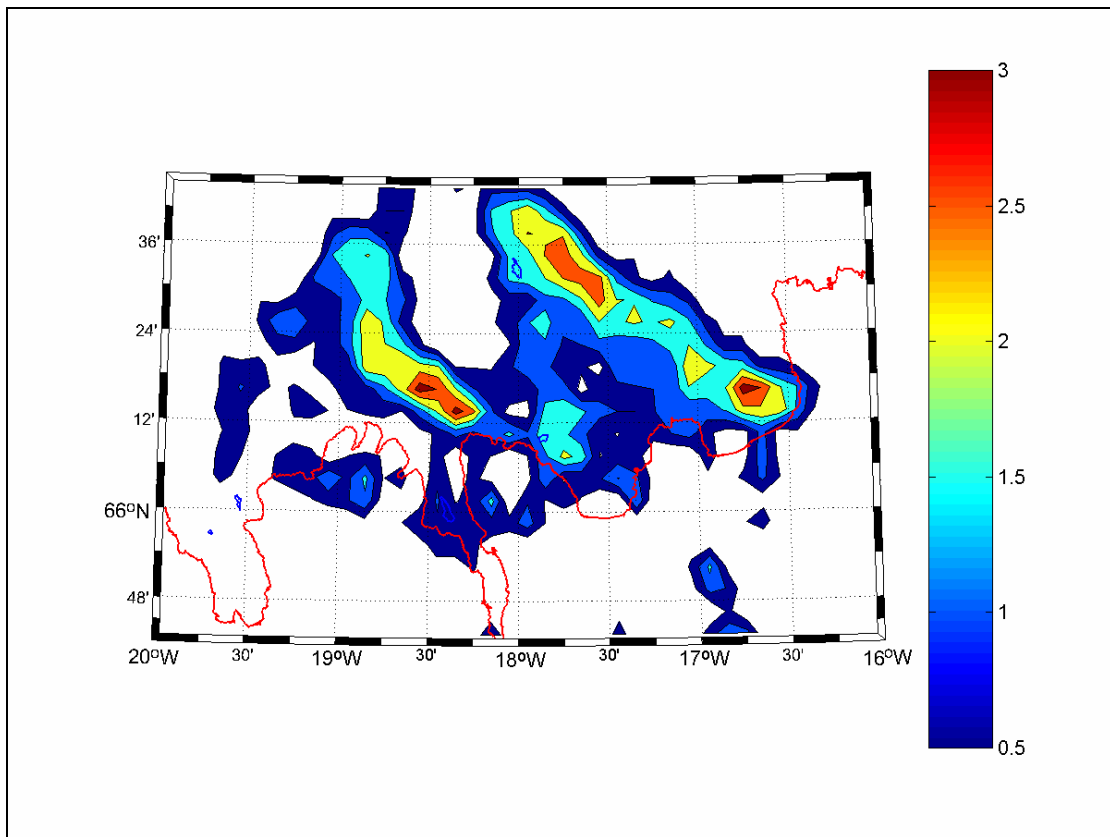
sem opnum eða gliðnum er ríkjandi hreyfing, eru eldvirk svæði. Jarðskjálftar eru þar algengir en þeir fara sjaldan yfir stærðina 5 á Richter kvarða. Þar sem hryggurinn hliðrast til eins og á þvergengissvæðunum á Suðurlandi og fyrir Norðurlandi, eru jarðskjálftar tíðari en á gliðnunar svæðunum og geta orðið stærri, náð stærðinni 7 og jafnvel ríflega það. Á þvergengissvæðunum eru sniðgengi ríkjandi hreyfing í jarðskjálftum.



Mynd 1-2. Þekktir stórskjálftar ≥ 6 frá 1700 og skjálftar stærri en 1,5 frá 1994.
Figure 1-2. Historical earthquakes since 1700 and earthquakes ≥ 1.5 since 1994.

Sem fyrr segir tengir Tjörnesbrotabeltið eystra gosbeltið við Kolbeinseyjarhrygginn og ber það eins og Suðurlandssvæðið einkenni þvergensis. Í grófum dráttum má segja að jarðskjálftasvæði Norðurlands falli saman við Tjörnesbrotabeltið. Tjörnesbrotabeltið er að því leyti ólíkt Suðurlandssvæðinu að þar er meginhreyfingin og þar með megin skjálftarnir á tveimur – jafnvel þremur - samhliða beltum, meðan meginhreyfingin á Suðurlandssvæðinu er á einu belti.

Myndir 1-2 og 1-3 gefa yfirlit um svæðið. Á mynd 1-2 er sýnd smáskjálftavirkni, skjálftar stærri en 1,5 á Richter kvarða frá ársbyrjun 1994 til maí 2005 auk þekktra sögulegra skjálfta á svæðinu. Þessi mynd gefur góða hugmynd um hvar skjálftarnir eru en síður um fjölda þeirra þar sem þéttleikinn er mestur. Á mynd 1-2 eru einnig mörkuð þekkt eða líkleg brotasvæði. Þar eru áberandi annarsvegar sprungur sem fylgja gliðunarsvæðum Norðurlands og hinsvegar þekkt jarðskjálftasprungu sem liggur við Húsavík ásamt ætluðu framhaldi hennar út í sjó.



Mynd 1-3. Lógaritmi af fjölda skjálfta stærri en 1,5 á Richterkvarða frá 1994.

Figure 1-3. Logarithm of the number of earthquakes ≥ 1.5 on the Richter scale based on 25 km^2 sample areas.

Dreifing smáskjálftanna kemur skýrar fram fram þegar skoðaður er fjöldi skjálfta á sama tímabili eins og gert er á mynd 1-3. Myndin sýnir lógaritmann af fjölda skjálfta stærri en 1,5 frá 1994 talið á 25 km^2 reitum.

Á myndunum sést að megin virknin er á tveim beltum. Annað beltið liggur frá botni Öxarfjarðar í norðvestur rétt austan við Grímsey. Hitt beltið liggur frá Gjögurtá í svipaða stefnu en beygir síðan til norðurs út af Siglufirði. Af myndum 1-2 og 1-3 má því draga ályktun um hvar helst sé að vænta skjálfta á svæðinu. Er þá í senn litið til smáskjálftavirkni, þekktra jarðskjálftasprungna á yfirborði og heimilda um sögulega jarðskjálfta.

- Austasta svæðið liggur frá Öxarfirði í stefnu rétt norður af Grímsey. Á þessu svæði varð Kópaskersskjálftinn 1976. Árið 1885 varð skjálfti fyrir vestanverðum botni Öxarfjarðar og á þessu svæði hefur skjálftanum 1910 verið fundinn staður en sú staðsetning er ekki örugg.
- Næsta svæði er greinilega markað af smáskjálftum, yfirborðssprungum og sögulegum skjálftum. Þetta svæði liggur frá Reykjaheiði um Húsavík og Flatey fyrir mynni Eyjafjarðar en sveigir til norðurs út af Tröllaskaga. Við Húsavík einkennist svæðið af greinilegum jarðskjálftasprungum. Við Húsavík og á Skjálfanda vitna miklir skjálftar 1755 og 1872 um þetta svæði og sennilega á

skjálftinn 1838 upptök á því út af Siglufirði. Loks einkennir mikil smáskjálftavirkni svæðið einkum frá Gjögurtá og norður af Tröllaskaga.

- Þriðja svæðið sést fyrst og fremst af þekktum stórskjálftum; Skagafjarðarskjálftanum 1963 og Dalvíkurskjálftanum 1934. Ennig má greina skjálftadreif á norðanverðum Tröllaskaga milli Fljóta og Dalvíkur sem virðist eiga sér framhald, annarsvegar yfir á Flateyjarskaga og hinsvegar út á Skagafjörð. Með hjálp smáskjálfta má leiða líkur að því að mögulegt upptakasvæði stórskjálfta sé á utanverðum Tröllaskaga og teygi sig þaðan yfir á Flateyjarskagann nálægt Grenivík.

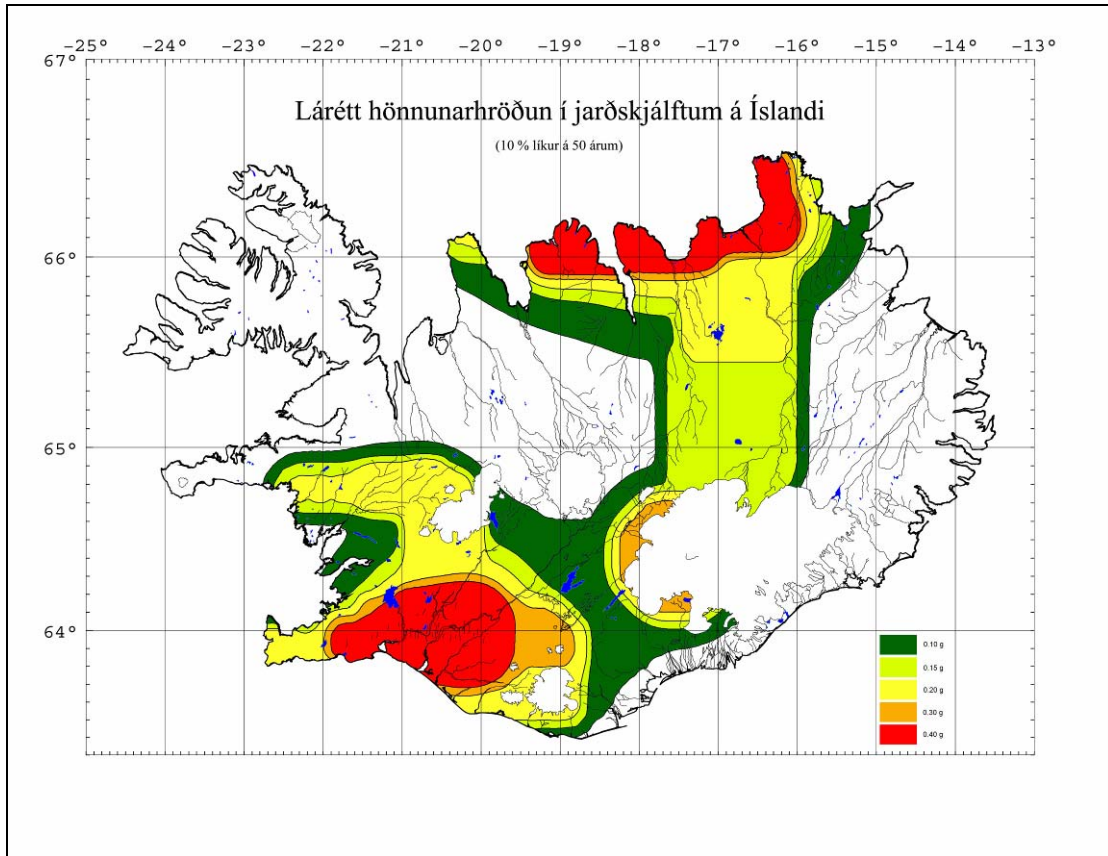
Upplýsingar um jarðskjálfta á og úti fyrir Norðurlandi, sem notaðar eru í þessari athugun, eru af þrennum toga. Í fyrsta lagi eru það gögn úr SIL-kerfinu sem frá árinu 1994 hefur náð til Norðurlands. Í öðru lagi er það listi yfir skjálfta frá tímabilinu 1926 til 1973. Þessi listi er að grundvelli til byggður á mældum skjálftum, en viðbótarupplýsingar um áhrif hafa verið nýttar til að staðsetja skjálftana. Listinn byggir á Seismological Bulletin sem Veðurstofa Íslands hefur gefið út fyrir þetta tímabil. Loks hafa heimildir um sögulega skjálfta verið skoðaðar og út frá þeim reynt að staðsetja skjálftana og meta stærð þeirra.

Á þessum grunni hafa einnig verið reiknaðar hröðunarlíkur sem eru sýndar á mynd 1-4¹. Þessi mynd er sú sama og fylgir byggingastaðlinum EUROCODE 8 og sýnir mestu líklega hröðun á 500 ára bili, sem jafngildir 10% líkum á þessari hröðun á 50 árum. Landinu er hér skipt niður í hröðunarsvæði sem merkt eru með eftirfarandi hætti:

- < 10% af g: Hvítt
- ≥ 10% af g en < 15% af g: Dökkgrænt
- ≥ 15% af g en < 20% af g: Ljósgrænt
- ≥ 20% af g en < 30% af g: Gult
- ≥ 30% af g en < 40% af g: Ljósbrúnt
- ≥ 40% af g: Rautt

Myndir 1-2, 1-3 og 1-4 lýsa þannig hver með sínum hætti því jarðskjálftasvæði sem hér er til skoðunar og við hverju sé að búast þar.

¹ Björn Ingi Sveinsson og Páll Halldórsson (2003). Hröðunarkort. Í: Þjóðarskjal með FS ENV 1998-1-1:1994.

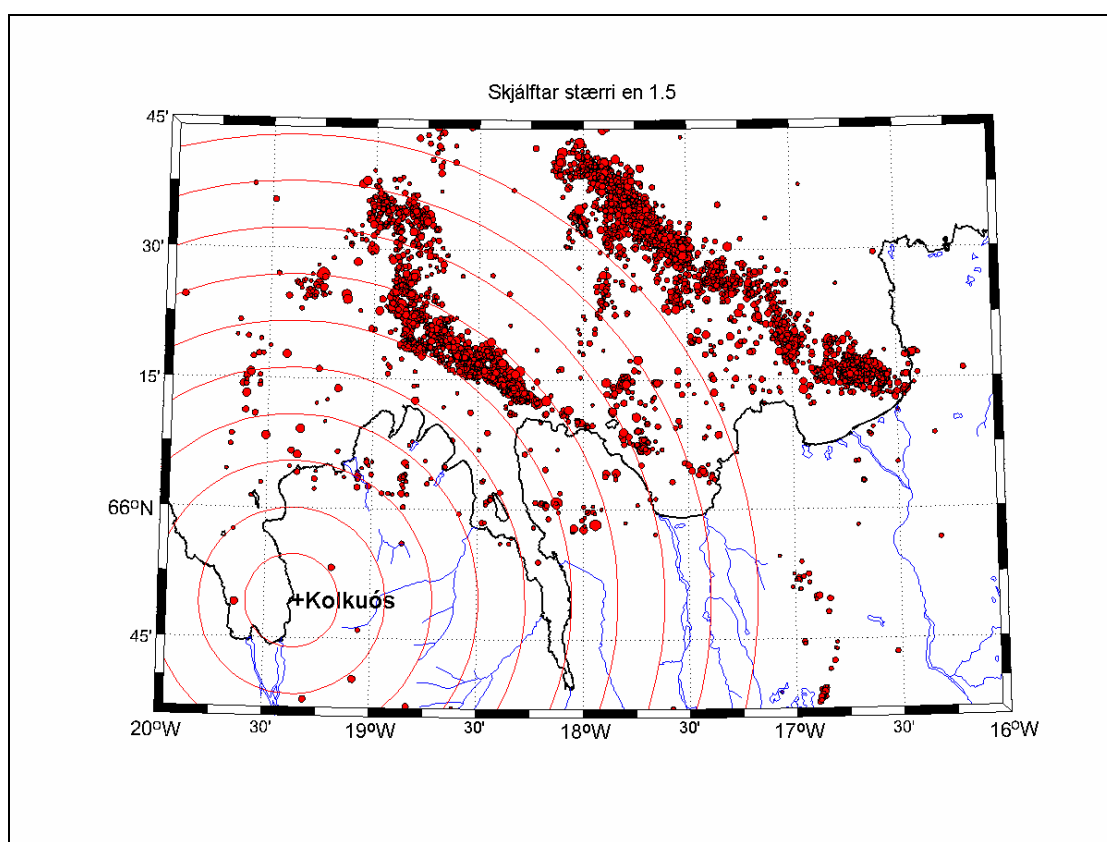


Mynd 1-4. Skipting Íslands í hröðunarsvæði miðað við 500 ára endurkomutíma.
Figure 1-4. Regional-scale map of horizontal ground acceleration. There is a 10% probability of the acceleration estimate being exceeded over a 50-year period. This map forms part of EUROCODE 8 for Iceland.

Í þessari samantekt á að skoða jarðskjálftavirkni og jarðskjálftalíkur á eða í grennd við þrjú staði á Norðurlandi; Kolkuós við Skagafjörð, Dysnes við Eyjafjörð og Húsavík við Skjálfanda. Mynd 1-2 sýnir afstöðu þessara staða til jarðskjálftasvæðisins. Hér á eftir verðir rætt nánar um hvern stað fyrir sig. Leitast verður við að svara þeirri spurningu við hvað miklum jarðskjálftahreyfingum megi búast á þessum stöðum. Loks verður gerður samanburður á stöðunum með tilliti til jarðskjálftavirkni og jarðskjálftahættu.

2. Kolkuós

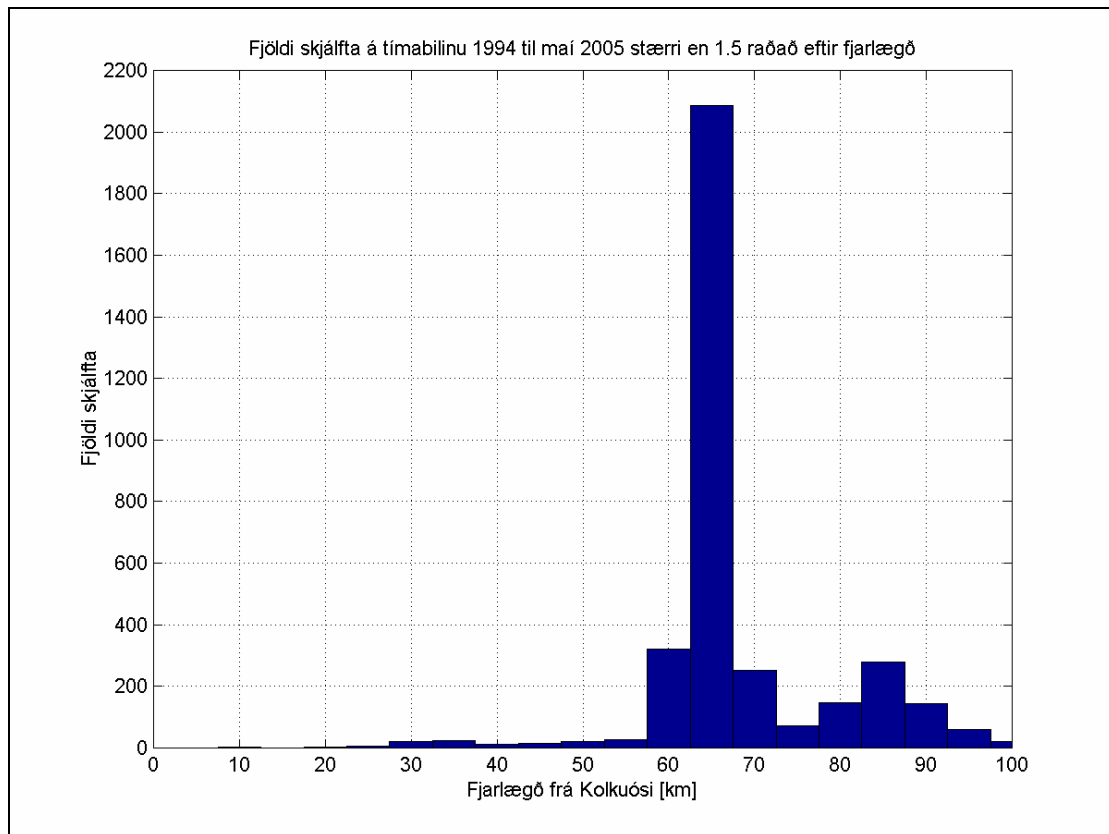
Kolkuós er nálægt vesturjaðri jarðskjálftasvæðis Norðurlands. Afstaðan til skjálftasvæða Norðurlands sést á myndum 1-2 og 2-1. Samkvæmt mynd 1-2 er staðurinn utan upptakasvæða stórra jarðskjálfta. Á mynd 2-1 eru sýndir skjálftar stærri en 1,5 frá 1994 og er fjarlægð frá Kolkuósi sýnd með hringjum sem dregnir er um hann með 10 km millibili. Þar sést greinilega að staðurinn er í u.þ.b. 60 km fjarlægð frá helstu skjálftasvæðum Norðurlands samkvæmt mælingum síðasta áratuginn. Rétt er að vekja athygli á smáskjálftadreifinni á utanverðum Tröllaskaga í 30-40 km fjarlægð þó þeir falli tölulega séð í skuggann af skjálftamergðinni út af Eyjafirði í 60–70 km fjarlægð.



Mynd 2-1. Skjálftar stærri en 1,5 á Richterkvarða og jafnfjarlægðarhringir frá Kolkuósi dregnir með 10 km millibili.

Figure 2-1. Earthquakes over 1.5 on the Richter scale since 1994. The concentric circles show the distance from Kolkuós in 10 km intervals.

Til að átta sig betur á fjölda skjálftanna er á mynd 2-2 sýnd dreifing skjálfta stærri en 1,5 eftir fjarlægð frá Kolkuósi. Á þeim 100 km sem skoðaðir eru, er langmestur fjöldinn í 60 til 70 km fjarlægð frá Kolkuósi.



Mynd 2-2. Fjöldi skjálfta á tímabilinu 1994 til maí 2005 stærri en 1,5 á Richter kvarða raðað eftir fjarlægð.

Figure 2-2. Number of earthquakes over 1.5 on the Richter scale between 1994 and 2005 as a function of distance from Kolluósi.

Fjarlægð [km]	Stærðarbil (Richter kvarði)						Alls
	4,0-4,5	4,6-5,0	5,1-5,5	5,6 - 6,0	6,1- 6,5	6,6-7,0	
0 - 10	0	0	0	0	0	0	0
10 - 20	0	0	0	0	0	0	0
20 - 30	0	0	2	0	0	0	2
30 - 40	5	4	1	0	0	0	10
40 - 50	2	7	2	0	1	0	12
50 - 60	8	1	2	2	0	1	14
60 - 70	0	0	0	0	0	0	0
70 - 80	2	2	1	0	0	0	5
80 - 90	1	0	0	0	0	0	1
90 - 100	5	1	1	2	0	0	9
Alls	23	15	9	4	1	1	53

Tafla 2-1. Skjálftum 4 á Richter kvarða eða stærri deilt í stærðarbil og eftir fjarlægð frá Kolluósi.

Tabel 2-1. Earthquakes from 1926 to 1973 categorised according to size on the Richter scale and distance from Kolluósi in kilometres.

Ef skoðað er tímabilið 1926 til 1973 (tafla 2-1) breytist myndin nokkuð. Hér verður þó að hafa í huga að skráin yfir þessa skjálfta er ekki tæmandi og að staðsetningar eru ónákvæmar. Taflan sýnir stærðardreifingu þessara skjálfta miðað við Kolkuós. Samkvæmt henni eru engir skjálftar 4 eða stærri innan 20 km frá staðnum á fyrrgreindu tímabili. Upptakasvæði skjálftanna eru sem hér segir:

- Í 20 til 30 km fjarlægð frá Kolkuósi eru tveir atburðir og eru upptök þeirra úti á Skagafirði. Annar varð árið 1942 en hinn 1964.
- Í 30 til 40 km fjarlægð frá Kolkuósi eru 10 skjálftar sem allir eiga upptök sín fyrir mynni Skagafjarðar. Af þeim eru 6 eftirskjálftar Skagafjarðarskjálftans 1963, en hinir 4 tilheyra hrinu sem varð sennilega við austanverðan fjörðinn 28. júní 1947.
- Í 40 til 50 km fjarlægð eru 12 skjálftar stærri en 4 á umræddu tímabili. 11 þeirra eru Dalvíkurskjálftinn, 2. júní 1934, og eftirskjálftar hans. Sá tólfti átti upprök fyrir mynni Skagafjarðar.
- Í 50 til 60 km fjarlægð eru 14 skjálftar, 12 þeirra eru Skagafjarðarskjálftinn 28. mars 1963 og eftirskjálftar hans. Einn er öflugur skjálfti af stærðinni tæplega 6, sem varð 29. apríl 1927 á svipuðum slóðum og Skagafjarðarskjálftinn. Loks varð skjálfti á þessu svæði 25. mars 1970.
- Í 60 til 70 km fjarlægð frá Kolkuósi er ekki vitað um skjálfta af stærðinni 4 eða meira á umræddu tímabili. Rétt er að benda á að í þessari fjarlægð hefur mælst mikið af smáskjálftum úti af Eyjafirði frá 1994.
- Í 70 til 100 km fjarlægð frá Kolkuósi mældust 15 skjálftar á stærðarbilinu 4,0 til 5,6.

Af þessum skjálftum eru 18 sem virðast tengjast Skagafjarðarskjálftanum 28. mars 1963. Hann er eins og sést á mynd 1-2 einn öflugasti skjálfti sem þekktur er norðanlands og var af stærðinni 7. Vitað er að eftirskjálftar stærri en 4 eru stórlega vantaldir.

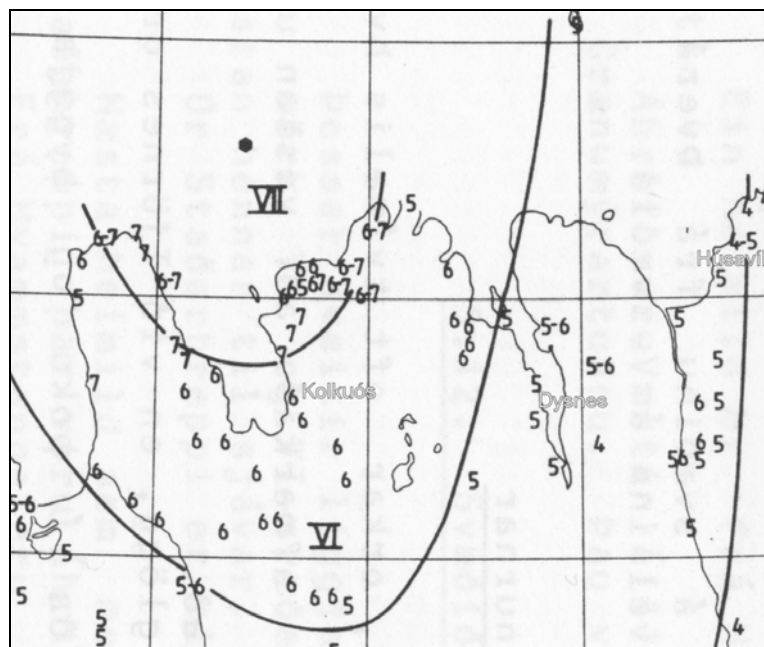
Ár	Lengd	Breidd	Stærð	Fjarlægð	Áhrif	Hröðun
Year	Longitude	Latitude	Magnitude	Distance	Intensity	Acceleration
				[km]	[MM]	[% af g]
1755	-17.6	66.1	7.0	87	5.8	2.08
1838	-18.8	66.3	6.5	59	5.8	2.12
1872	-17.4	66.1	6.5	93	5.0	1.07
1872	-17.9	66.2	6.5	76	5.4	1.46
1885	-16.9	66.3	6.3	117	3.4	0.25
1910	-17.3	66.4	7.0	115	5.2	1.37
1934	-18.5	66.0	6.2	44	5.8	2.35
1963	-19.6	66.3	7.0	54	6.5	4.22
1976	-16.6	66.2	6.2	132	3.9	0.46

Tafla 2-2. Fjarlægð stórra jarðskjálfta frá Kolkuósi, ásamt áætluðum upptökum og stærð og reiknuðum áhrifum og hröðun.

Table 2-2 Estimated location and magnitude of large earthquakes on the northern coast of Iceland since 1755, together with calculated intensities and accelerations at Kolkuós.

Í töflu 2-2 eru dregnar saman upplýsingar um þekktu stórskjálfta fyrir Norðurlandi frá því á átjándu öld og áhrif þeirra á Kolkuósi, bæði reiknuð áhrif² og reiknuð hröðun³. Þar sést að á þessu tímabili hafa 3 stórskjálftar orðið í innan við 60 km fjarlægð frá Kolkuósi.

Þegar skoðuð eru áhrif og hröðun í fyrrnefndum skjálftum verður að hafa í huga að notuð er meðaltalsdvínun bæði áhrifa og hröðunar. Hér er rétt að taka fram að staðsetning skjálftans 1838 orkar tvímælis. Sá möguleiki er fyrir hendi að skjálftinn hafi átt upptök suður af Siglufirði eða í 30-40 km fjarlægð frá Kolkuósi og gætu þá áhrif hans þar hækkað í ríflega 6 og hröðun í u.þ.b. 3% af g. Reiknuð áhrif skjálftanna 1934, 1963 og 1976 falla vel að upplýsingum um hvernig þessir skjálftar fundust á svæðinu. Heimildir eru um hvernig skjálftinn 1963 fannst í Kolkuósi og er það í ágætu samræmi við reiknuðu áhrifin.⁴



Mynd 2-3. Áhrif Skagafjarðarskjálftans 1963, sýnd skv. Mercallikvarða. Kolkuós er inni á VI svæðinu en nær VII jafnáhrifalínunni.

Figure 2-3. The intensity of the magnitude 7 earthquake off Skagafjörður in 1963. The intensities are according the Modified Mercalli scale. Kolkuós is in the VI zone, but near to the VII isoseism.

Mesta reiknuð hröðun í Kolkuósi samkvæmt töflu 2-2 er 4,22% af g.

² Sjá nánar á bls 12 í: Páll Halldórsson, Ragnar Stefánsson, Páll Einarsson og Sveinbjörn Björnsson (1984) Mat á jarðskjálftáhættu: Dysnes, Geldinganes, Helguvík, Vatsleysuvík, Vogastapi og Þorlákshöfn. Staðarvalsnefnd um iðnrekstur.

³ Páll Halldórsson og Björn Ingi Sveinsson (2003). Dvínun hröðunnar á Íslandi. Greinargerð Veðurstofu Íslands 03025.

⁴ Páll Halldórsson (1984). Skagafjarðarskjálftinn 1963. Veðurstofa Íslands.

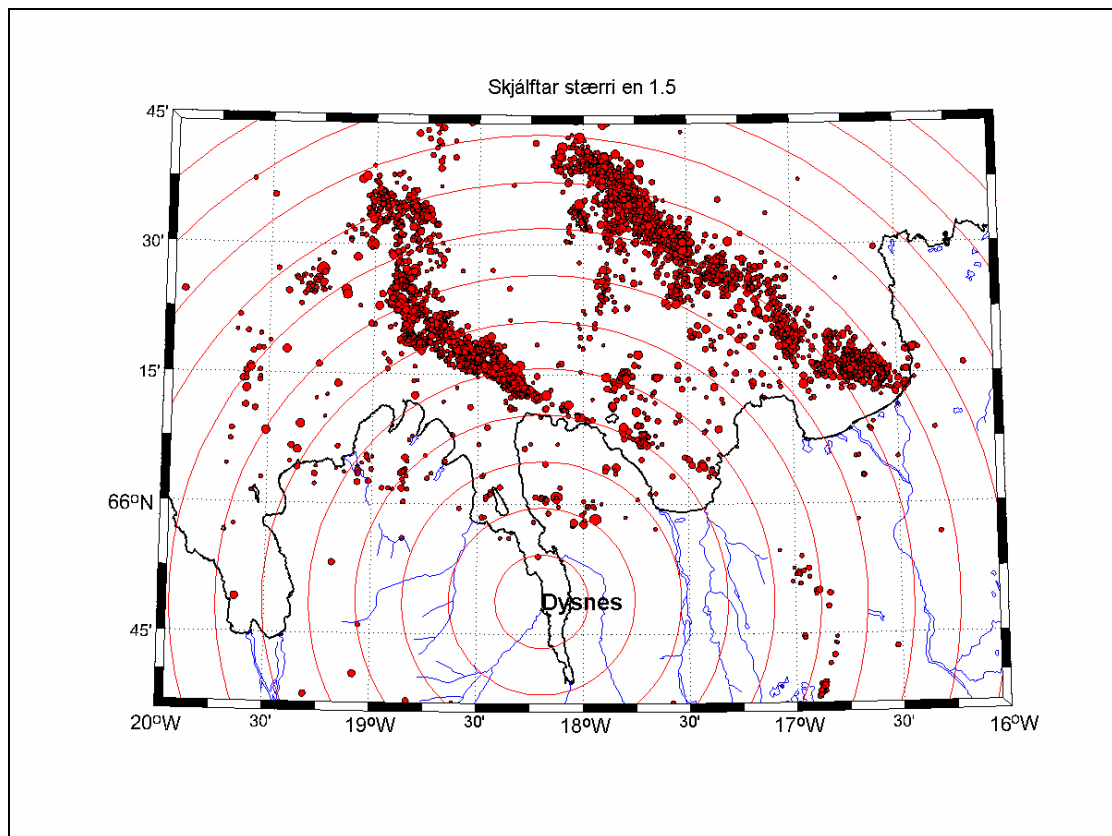
Engar þekktar jarðskjálftasprungur eru á svæðinu. En sé litið til dreifingar smáskjálfta á utanverðum Tröllaskaga og hvernig hún fellur að skjálftunum 1934 og 1963 verður að gera ráð fyrir að næsta mögulega upptakasvæði stórskjálfta sé í 30 til 40 km fjarlægð, þ.e. norður í Fljótum.

Á kortinu sem fylgir EUROCODE 8 staðlinum liggur staðurinn á mörkum 10% og 15% svæðanna. Samkvæmt tölunum sem liggja að baki kortinu er mesta líkleg hröðun í Kolkuósi á 500 árum 13% af g, sem jafngildir því að 10% líkur eru á hröðuninni 0,13g á 50 árum.

3. Dysnes

Dysnes við Eyjafjörð er nær megin skjálftasvæðum Norðurlands en Kolkuós eins og sést á myndum 1-2 og 3-1. Staðurinn er einnig nær upptakasvæðum stórra skjálfta; Dalvíkurskjálftinn 1934 sem var af stærðinni 6,2 átti upptök sín í u.þ.b. 25 km fjarlægð frá Dysnesi.

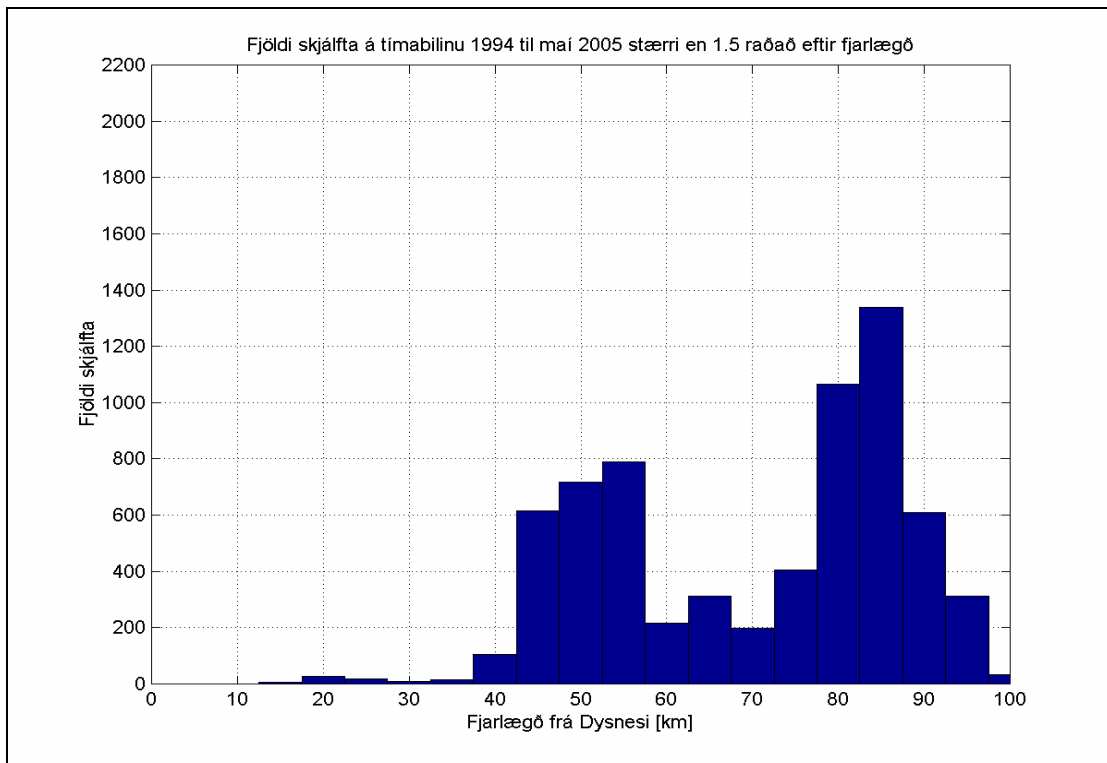
Mynd 3-1 sýnir upptök skjálfta stærri en 1,5 við Norðurland. Til að átta sig á fjarlægðinni frá Dysnesi, eru eins og áður dregnir sammiðja hringir með 10 km millibili. Á myndinni sést móta fyrir skjálftadreifinni á utanverðum Tröllaskaga og er hún í 10 til 20 km fjarlægð þar sem hún er næst staðnum.



Mynd 3-1. Skjálftar stærri en 1,5 á Richter kvarða frá 1994 og jafnfjarlægðarhringir frá Dysnesi með 10 km millibili.

Figure 3-1 Earthquakes over 1.5 on the Richter scale since 1994. The concentric circles show the distance from Dysnes in 10 km intervals.

Til að skoða betur hvernig virknin liggur við Dysnesi er á mynd 3-2 sýnt hvernig fjöldi skjálfta stærri eða jafnt 1,5 á Richter kvaða dreifist með fjarlægð þaðan.



Mynd 3-2. Dreifing skjálfta stærri en 1,5 eftir fjarlægð frá Dysnesi.

Figure 3-2. Number of earthquakes over 1.5 on the Richter scale between 1994 and 2005 as a function of distance from Dysnes in kilometres.

Ef lítið er til lengra tímabils eða 1926 til 1973 og skoðaðir skjálftar stærri er 4 fæst gleggri mynd af helstu jarðskjálftasvæðum sem máli skipta þegar jarðskjálftahætta við Dysnes er skoðuð. Í töflu 3-1 er sýnd stærðar- og fjarlægðardreifing skjálfta á þessu tímabili miðað við staðinn.

Fjarlægð [km]	Stærðarbil (Richterskvarði)						Alls
	4,0-4,5	4,6-5,0	5,1-5,5	5,6-6,0	6,1-6,5	6,6-7,0	
0 - 10	0	0	0	0	0	0	0
10 - 20	0	0	0	0	0	0	0
20 - 30	1	7	2	0	1	0	11
30 - 40	0	1	0	0	0	0	1
40 - 50	3	3	2	2	0	0	10
50 - 60	2	0	1	0	0	0	3
60 - 70	2	2	0	0	0	0	4
70 - 80	10	3	1	0	0	0	14
80 - 90	19	7	4	2	0	1	33
90 - 100	5	3	1	0	0	0	9
Alls	42	26	11	4	1	1	85

Tafla 3-1. Skjálftum 4 eða stærri deilt í stærðarbil og eftir fjarlægð frá Dysnesi.

Tabel 3-1. Earthquakes from 1926 to 1973 categorised according to size on the Richter scale and distance from Dysnes in kilometres.

Taflan sýnir að á umræddu tímabili voru engir skjálftar stærri en 4 innan við 20 km frá Dysnesi. Upptakasvæði skjálfta á fjarlægðarbilinu 20 til 100 km frá Dysnesi eru sem hér segir:

- Í 20 til 30 km fjarlægð frá Dysnesi mældust 11 skjálftar á umræddu tímabili. Hér eru Dalvíkurskjálftinn, 2. júní 1934, sem mældist 6,2 og eftirskjálftar hans. Síðasti skjálftinn á listanum er þrem vikum eftir aðalskjálftann.
- Í 30 til 40 km fjarlægð er aðeins einn atburður sem á upptök yst í Aðaldal árið 1944.
- Í 40 til 50 km fjarlægð frá Dysnesi eru 10 skjálftar á umræddu tímabili. 4 þeirra tilheyra hrinu sem var úti af Fljótum 28. júní 1947. Fimm þeirra eiga upptök við Skjálfanda og dreifast yfir tímabilið. Loks virðist einn kippur hafa átt upptök á Skagafirði.
- Í 50 til 60 km fjarlægð eru 3 skjálftar sem sennileg koma af Reykjaheiði.
- Í 60 til 70 km fjarlægð eru fjórir skjálftar á tímabilinu, þrjú þeirra eiga upptök norður af Eyjafirði og einn við Þeistareykjabungu.
- Í 70 til 80 km fjarlægð eru 14 skjálftar, 8 þeirra eru af Skagafjarðarsvæðinu, hinir 6 dreifast um Norðurland.
- Í 80 til 90 km fjarlægð frá Dysnesi er megnið af skjálftunum af tveim svæðum. Annarsvegar er það Skagafjarðarsvæðið, en á þessu fjarlægðarbili varð Skagafjarðarskjálftinn 1963 og flestir eftirskjálftar hans, 15 skjálftar. 18 skjálftar í þessari fjarlægð eiga síðan upptök austan Grímseyjar.
- Í 90 til 100 km fjarlægð eru skjálftar annars vegar af Skagafjarðarsvæðinu og hins vegar af Öxarfjarðarsvæðinu.

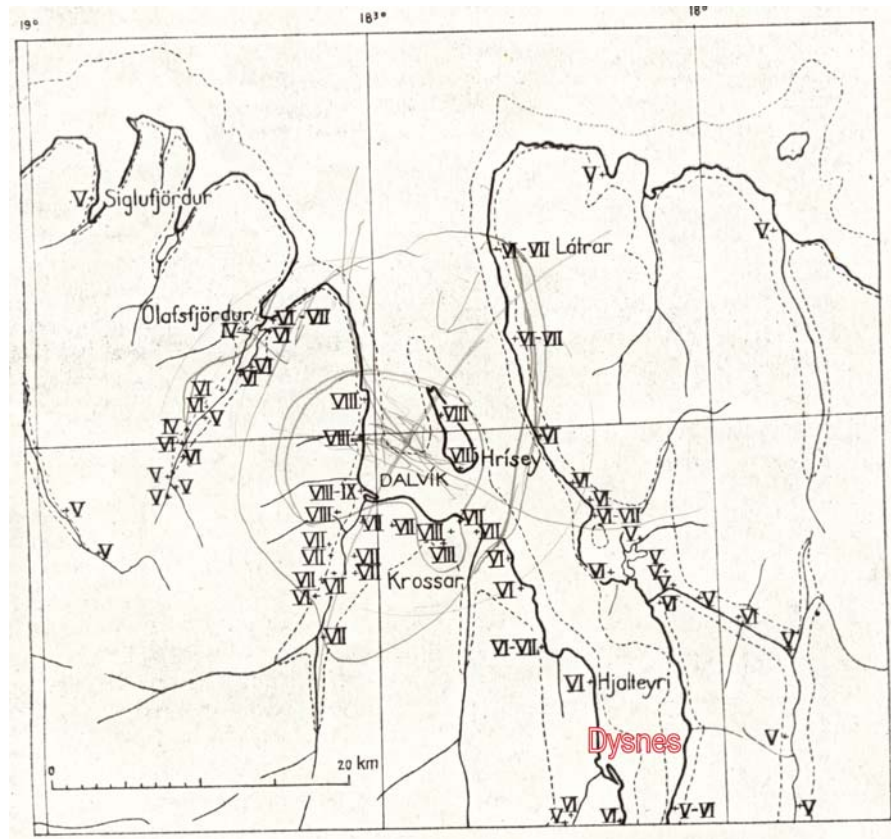
Af þessari samantekt er það ljóst að það svæði sem mest áhrif hefur á Dysnesi er Dalvíkursvæðið. Í töflu 3-2 er yfirlit um sögulega skjálfta ásamt reiknuðum áhrifum og hröðun á Dysnesi.

Ár	Lengd	Breidd	Stærð	Fjarlægð	Áhrif	Hröðun
Year	Longitude	Latitude	Magnitude	Distance	Intensity	Acceleration
				[km]	[MM]	[% af g]
1755	-17.6	66.1	7.0	43	6.8	5.88
1838	-18.8	66.3	6.5	61	5.7	2.04
1872	-17.4	66.1	6.5	45	6.1	3.17
1872	-17.9	66.2	6.5	40	6.3	3.85
1885	-16.9	66.1	6.3	67	4.3	0.58
1910	-17.3	66.4	7.0	78	6.0	2.45
1934	-18.5	66.0	6.2	25	6.5	5.51
1963	-19.6	66.3	7.0	83	5.8	2.21
1976	-16.6	66.2	6.2	87	4.8	0.85

Tafla 3-2. Fjarlægð stórskjálfta frá Dysnesi ásamt reiknuðum áhrifum og hröðun.
Table 3-2 Estimated location and magnitude of large earthquakes on the northern coast of Iceland since 1755, together with calculated intensities and accelerations at Dysnes.

Áhrifin eru reiknuð áhrif. Þau falla vel að upplýsingum um hvernig skjálftarnir 1976 og 1963 fundust, en eru heldur hærri en reynslan frá 1934 gefur til kynna (mynd 3-3).⁵ Hröðunin er reiknuð samkvæmt meðaltalsdvínun. Ekki liggja fyrir mælingar á neinum þessara skjálfta á Dysnesi. Mest reiknuð hröðun á Dysnesi er 5,9% af g og byggir það á áætlaðri stærð skjálftans á Skjálfanda 1755, en reiknuð hröðun vegna Dalvíkurskjálftans er 5,5% af g. Einnig er ljóst að það skjálftasvæði sem Dalvíkurskjálftinn á upptök sín á teygir sig suður fyrir upptök þess skjálfta.

⁵ Sigurður Þórarinnsson (1937) Das Dalvik-Beben in Nordisland. Geogr. Ann. Stockh. 19: 232-277.



Mynd 3-3. Áhrif Dalvíkurskjálftans næst upptökum sýnd á Mercallikvarða. (Sigurður Þórarinnsson 1937).

Figure 3-3. The intensity of the magnitude 6.2 earthquake at Dalvík in the year 1934. The intensities are similar to the Modified Mercalli scale.

Á kortinu sem fylgir EUROCODE 8 er staðurinn við neðri jaðar 20% svæðisins en tölurnar sem liggja að baki kortinu gefa til kynna að mesta líkleg hröðun á 500 ára bili sé 22% af g, sem samsvarar því að 10% líkur eru á þessari hröðun á á 50 ára tímabili.

Þekktar jarðskjálftasprungur eru ekki á svæðinu. Hinsvegar er stutt í næsta jarðskjálftasvæði, Dalvíkursvæðið, eða u.þ.b. 15 km. Gert er ráð fyrir að skjálftar þar geti orðið allt að 6,5 á Richterkvarða sem valdið geta umtalsverðri hröðun á svæðinu.

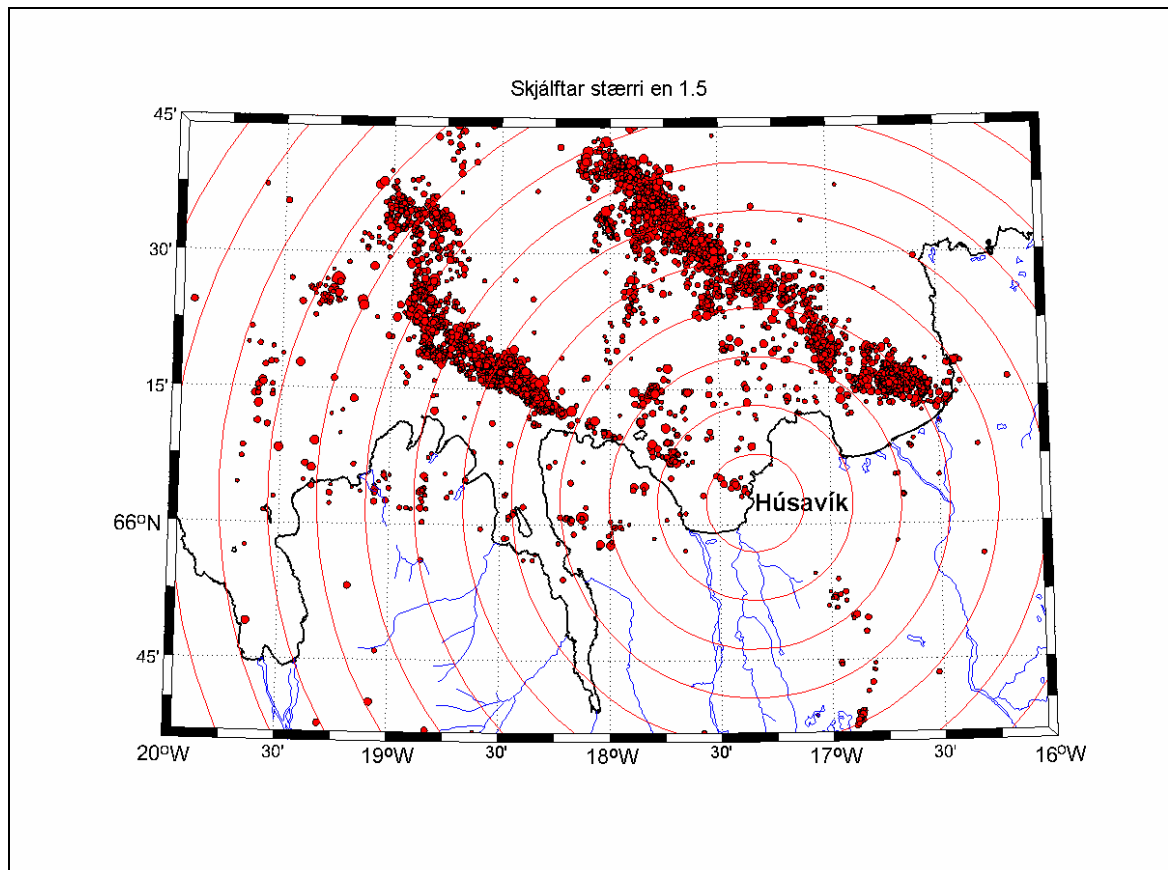
4. Húsavíkurlóðirnar

Hér verður fyrst fjallað almennt um Húsavíkursvæðið en í lokin gerð grein fyrir jarðskjálftahættu á mögulegum lóðum: Héðinsvík, Bakkakrók og Gvendarbás.

Lóðirnar við Húsavík eru að því leyti frábrugðnar þeim stöðum sem fjallað hefur verið um að þær eru í næsta nágrenni við virkt jarðskjálftamísgengi, Húsavíkur-Flateyjarmísgengið. Á síðustu öldum hafa orðið skjálftar á þessum sprungum sem valdið hafa tjóni á svæðinu umhverfis Húsavík.

Mæld skjálftavirkni

Áður en vikið verður nánar að Húsavíkur-Flateyjarmísgenginu og sérstökum áhrifum þess á svæðinu er rétt að gera grein fyrir mældri virkni m.t.t. Húsavíkur með sama hætti og gert hefur verið fyrir hin svæðin.

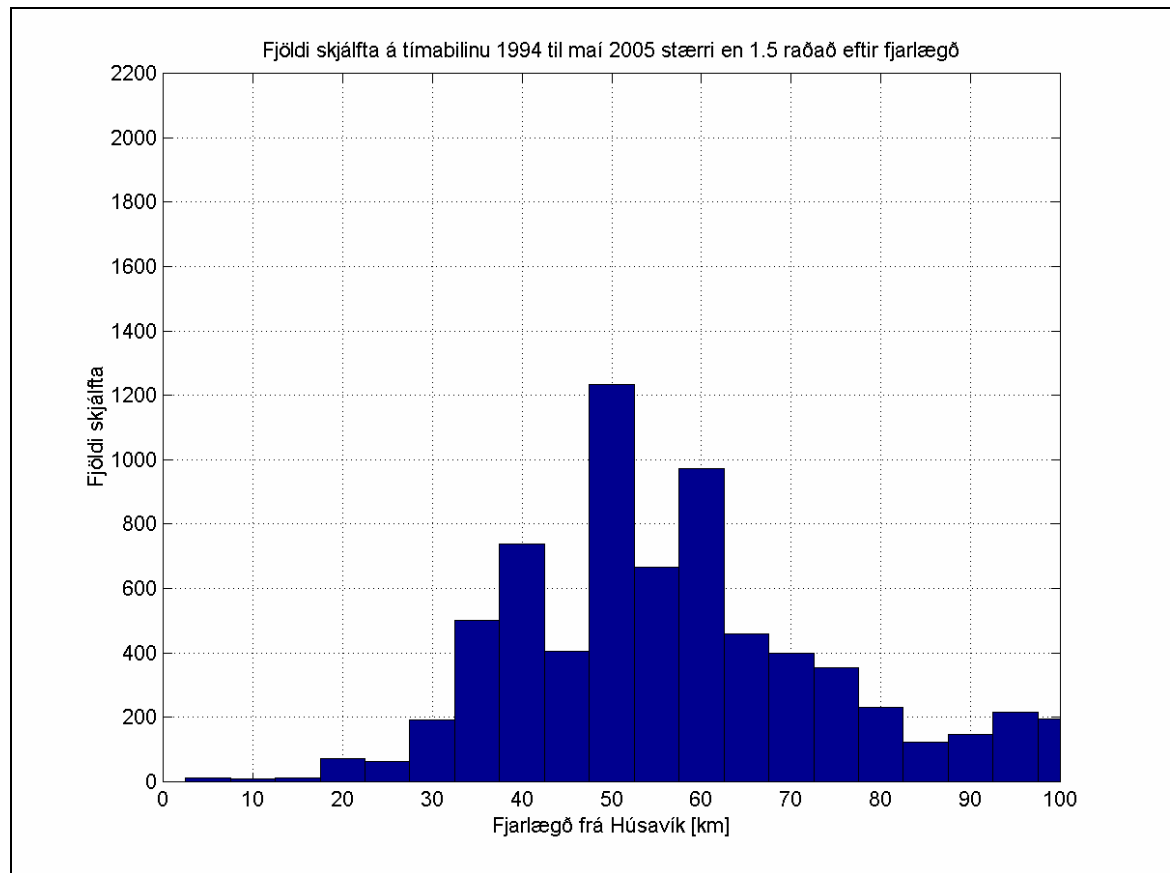


Mynd 4-1. Afstaða jarðskjálfta stærri en 1,5 til Húsavíkur á árunum 1994-2005.

Figure 4-1. Earthquakes over 1.5 on the Richter scale since 1994. The concentric circles show the distance from Húsavík in 10 km intervals.

Á mynd 4-1 er sýnd afstaða Húsavíkur til helstu jarðskjálftasvæðanna fyrir Norðurlandi og eins og í fyrri köflum eru dregnir sammiðja hringir með 10 km millibili til að sýna

fjarlægð frá Húsavík. Á mynd 4-2 er síðan sýnt hvernig fjöldi skjálfta stærri eða jafnt og 1,5 dreifist með fjarlægð þaðan.



Mynd 4-2. Dreifing skjálfta frá 1994 til 2005 eftir fjarlægð frá Húsavík.

Figure 4-2. Number of earthquakes over 1.5 on the Richter scale between 1994 and 2005 as a function of distance from Húsavík in kilometres.

Myndir 4-1 og 4-2 sýna að innan við 20 km fjarlægð frá Húsavík er lítil virkni, en hún vex verulega eftir það. Þegar fyrra tímabilið frá 1926 til 1973 er skoðað, kemur virkni nær Húsavík sterkar inn í myndina þannig að skjálftar í innan við 20 km fjarlægð frá Húsavík verða á þessu tímabili ríflega 10% skjálfta stærri en 4,0 á meðan þetta hlutfall er hverfandi á árunum 1994 til 2005 fyrir skjálfta stærri en 1,5.

Fjarlægð [km]	Stærðarbil (Richterkvarði)						Alls
	4,0-4,5	4,6-5,0	5,1-5,5	5,6-6,0	6,1-6,5	6,6-7,0	
0 - 10	2	1	0	2	0	0	5
10 - 20	1	1	0	0	0	0	2
20 - 30	2	0	1	0	0	0	3
30 - 40	0	0	0	0	0	0	0
40 - 50	1	1	0	0	0	0	2
50 - 60	19	15	3	0	1	0	38
60 - 70	2	2	0	0	0	0	4
70 - 80	1	3	2	0	0	0	6
80 - 90	0	2	1	2	0	0	5
90 - 100	2						2
Alls	30	25	7	4	1	0	67

Tafla 4-1. Skjálftum 4 eða stærri deilt í stærðarbil og eftir fjarlægð frá Húsavík.

Table 4-1. Earthquakes from 1926 to 1973 categorised according to size on the Richter scale and distance from Húsavík in kilometres.

Upptakasvæði skjálftanna í töflu 4 eru eftirfarandi:

- Í 0 til 10 km fjarlægð frá Húsavík eru 5 þekktir skjálftar sem náðu stærðinni 4 á Richterkvarða. Þeir stærstu urðu 4. og 6. febrúar 1944 og var stærð þeirra 5,6 og 5,7. Áhrif þeirra beggja voru metin VI á Mercalliskala á Húsavík. Upptök skjálftanna voru á Skjálfanda, skammt undan landi við Húsavík. 22. ágúst sama ár fannst skjálfti sem einnig hafði áhrifin VI á Húsavík en stærð hans var 4,6 á Richterkvarða. Á áunum 1972 og 1973 urðu skjálftar af stærðinni 4,3 og 4,0 nálægt Húsavík. Þeir fundust báðir á Húsavík og höfðu áhrifin IV.
- Í 10 til 20 km fjarlægð mældust 2 skjálftar á tímabilinu. Árið 1927 varð skjálfti af stærðinni 4,1 á Reykjaheiði og 1958 skjálfti af stærðinni 4,6 miðja vegu milli Húsavíkur og Flateyjar.
- Í 20 til 30 km fjarlægð mældust 3 skjálftar stærri en 4. Stærstir voru 2 kippir þann 4. janúar 1940 af stærðinni 4,5 og 5,2. Upptökin virðast hafa verið á Skjálfanda og mestu áhrif á Húsavík voru VI.
- Í 30 til 40 km fjarlægð frá Húsavík mældist enginn skjálfti á tímabilinu 1926 til 1973.
- Í 40 til 50 km fjarlægð mældust 2 skjálftar á tímabilinu. Þeir voru báðir aðfaranótt 30. júlí 1968. Stærð þeirra mældist 4,2 og 4,7 og upptökin voru ríflega 40 km norður af Húsavík og áhrif stærri skjálftans þar IV-V.
- Í 50 til 60 km fjarlægð mældust 38 skjálftar á tímabilinu. Stærstur þeirra var Dalvíkurskjálftinn 2. júní 1934 sem mældist 6,2 á Richterkvarða. Auk þess lenda á þessu fjarlægðarbili 8 eftirskjálftar hans á stærðarbili 4,5 til 5,1. Aðrir skjálftar sem mældust á þessu fjarlægðarbili eiga upptök víða fyrir Norðurlandi, en þeir öflugustu voru austur af Grímsey.
- Í 60 til 70 km fjarlægð mældust 4 skjálftar á tímabilinu. Áttu þeir allir upptök út af Eyjafirði og var sá stærsti 4,7 á Richterkvarða.
- Í 70 til 80 km fjarlægð mældust 6 skjálftar. Fimm þeirra áttu upptök sín nálægt Siglufirði eða við austanverðan Skagafjörð, þar af tilheyra 4 hrinu sem varð 26. júní 1947.
- Í 80 til 100 km fjarlægð mældust 7 skjálftar sem áttu upptök norður af landinu.

Eins og þessi samantekt ber með sér er almenn jarðskjálftavirkni nálægt Húsavík nokkur, þó á umræddum tímabilum hafi ekki orðið skaðaskjálfti á svæðinu. Í töflu 4-2 eru dregnar saman upplýsingar um þekkta stórskjálfta fyrir Norðurlandi og áhrif þeirra á Húsavík.

Ár	Lengd	Breidd	Stærð	Fjarlægð	Áhrif	Hröðun
Year	Longitude	Latitude	Magnitude	Distance	Intensity	Acceleration
				[km]	[MM]	[% af g]
1755	-17.6	66.1	7.0	< 5	> 8	>50
1838	-18.8	66.3	6.5	72	5.5	1.59
1872	-17.4	66.1	6.5	< 5	> 8	> 50
1872	-17.9	66.2	6.5	25	6.7	7.70
1885	-16.9	66.1	6.3	21	6.7	8.06
1910	-17.3	66.4	7.0	40	6.9	6.60
1934	-18.5	66.0	6.2	53	5.6	1.81
1963	-19.6	66.3	7.0	106	5.4	1.55
1976	-16.6	66.2	6.2	41	5.9	2.67

Tafla 4-2. Fjarlægð stórskjálfta frá Húsavík ásamt reiknuðum áhrifum og hröðun.
Table 4-2. Estimated location and magnitude of large earthquakes on the northern coast of Iceland since 1755, together with calculated intensities and accelerations at Húsavík.

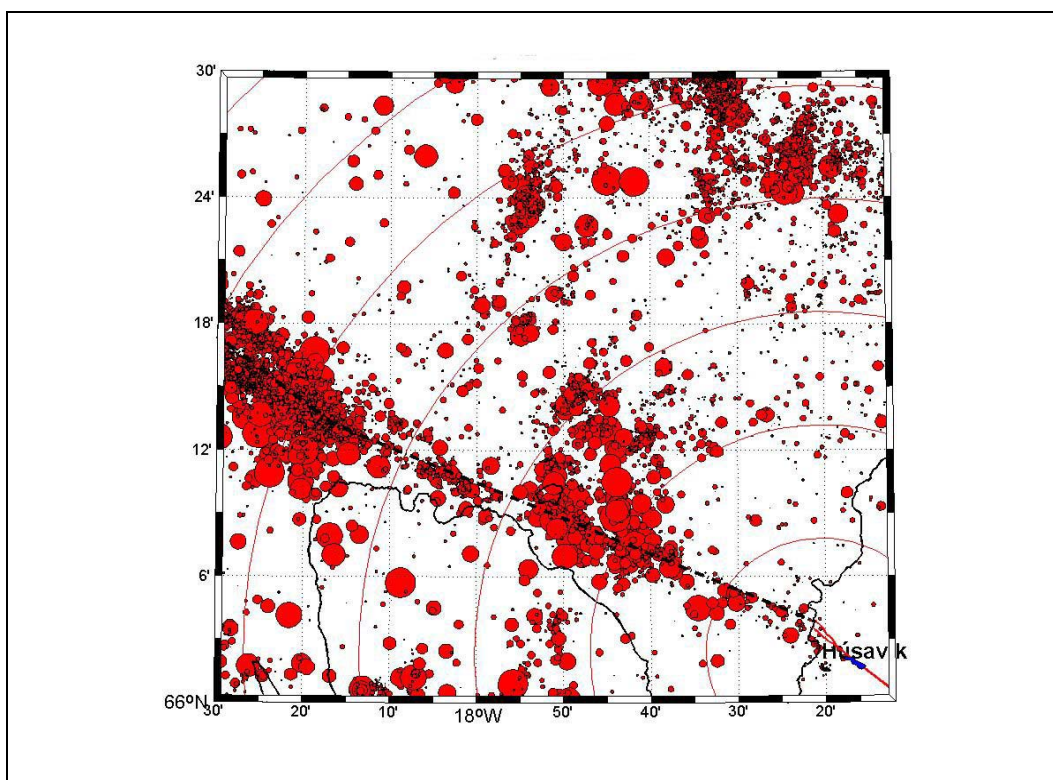
Hér skera tveir jarðskjálftar sig greinilega úr. Það eru skjálftarnir 1755 og sá fyrri af tveim stórskjálftum þann 18. apríl 1872. Skjálftarnir 1872 áttu báðir upptök sín á Húsvíkurflateyjarmisgenginu og olli sá fyrri verulegu tjóni á Húsavík. Ekki er ljóst hve mikið tjón varð á Húsavík í seinni skjálftanum, en hann átti upptök vestar á misgenginu og megináhrifin urðu í Flatey, á Flateyjardal og í Fjörðum. Aðrir skjálftar sem nefndir eru í töflunni og þar taldir með áhrif yfir VI eru skjálftarnir 1885 sem átti upptök í Kelduhverfi og skjálftinn 1910 sem talinn er eiga upptök 25 km norður af Tjörnesi. Þessir skjálftar ollu ekki tjóni á byggingum á Húsavík. Jarðskjálftinn 1867, sem olli nokkrum skemmdum á Húsavík, er ekki talinn hér með, þar sem stærð hans er talin undir 6.

Fyrir 1700 er aðeins einn skjálfti þekktur sem sennilega hefur valdið miklu tjóni á svæðinu, en það er jarðskjálfti 1260 sem annálar segja frá sem jarðskjálfta „hinum mikla” við Flatey þetta ár.

Húsavíkur-Flateyjarmisgengið

Skjálftavirknin á Tjörnesi í nágrenni Húsavíkur ræðst fyrst og fremst af legu Húsavíkur-Flateyjarmisgengisins um sunnanvert nesið og eiga þeir jarðskjálftar sem mestu máli skipta fyrir svæðið upptök á þessu misgengi. Misgengið nær allt frá Þeistareykjasprungusveimnum í austri þar til það gengur inn í gliðnunarsvæði Kolbeinseyjarhryggarins út af Tröllaskaga.

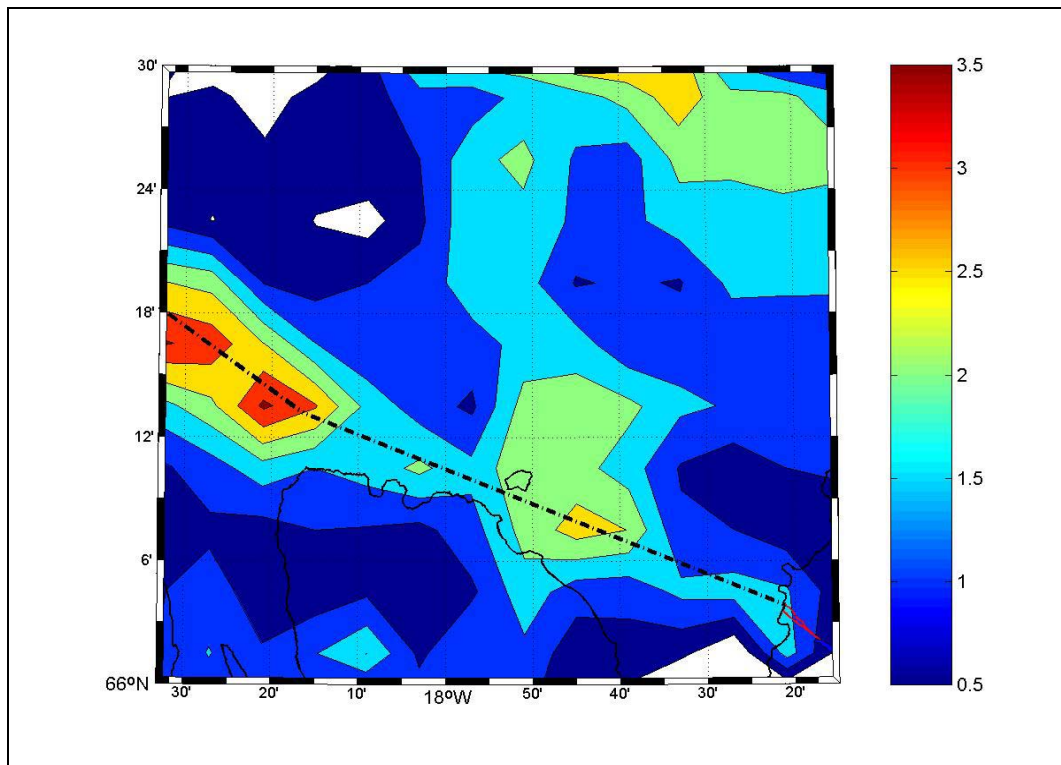
Á Tjörnesi liggur misgengið á mörkum ólíkra jarðlaga; að norðan er blágrýti, en að sunnan hraun sem runnið hafa á hlýskeiðum og jökulruðningur. Aldursmunur þessara jarðlaga skiptir milljónum ára. Frá sjó liggur misgengið í átt að Húsavíkurfjalli og síðan sunnan við það í suðausturstefnu. Við Botnsvatn sést að á misgenginu hafa orðið miklar lóðréttar hreyfingar en þar er hæðarmunur misgengisbarmanna um 200 m. Þar sem misgengið kemur á land er sprungusvæði sem er rúmlega 500 m breitt næst sjó.⁶



Mynd 4-3. Skjálftar á Flateyjar-Húsavíkurmisgenginu stærri en 0 frá 1994.
Figure 4-3. Earthquakes since 1994 on the Flatey-Húsavík fault with a size ≥ 0 on the Richter scale.

⁶ Kristján Sæmundsson (1974). Evolution of the axial rifting zone in northern Iceland and the Tjörnes fracture zone. Bulletin of the Geological Society of America 85, 495-504.

Ágúst Guðmundsson (1993). On the structure and formation of fracture zones. Terra Nova 5, 215-224.



Mynd 4-4. Lógaritmi af fjölda skjálfta stærri en 0 frá 1994.

Figure 4-4. Logarithm of the number of earthquakes ≥ 0 on the Richter scale.

Alls er sá hluti misgengisins þar sem við væntum stórra jarðskjálfta um 90 km á lengd. Út frá dýptardreifingu jarðskjálfta hefur þykkt brotgjörnu skorpunnar verið áætluð 10 km.⁷

Á myndum 4-3 og 4-4 er sýnd dreifing skjálfta, stærri en 0, á Skjálfanda og fyrir Flateyjarskaga í rúm 10 ár. Mynd 4-3 sýnir staðsetningu og gefur hugmynd um stærð einstakra skjálfta. Mynd 4-4 sýnir lógaritmann af fjölda skjálfta á hverja 25 km². Megindrættir þessarar myndar eru stöðugir, þ.e. hún breytist lítið þó styttri tímabil séu skoðuð.

Athygli vekur þegar horft er á þessar myndir hve lítið er af skjálftum á eystri hluta Húsavíkur-Flateyjarmisgengisins. Þetta ásamt niðurstöðum úr GPS-mælingum sem gerðar hafa verið á svæðinu bendir til þess að misgengið sé læst, þ.e. á því sé engin eða lítil hreyfing.⁸ Ef við horfum aðeins á þann hluta svæðisins þar sem virkni hefur verið lítil og gerum ráð fyrir að þeir sögulegu tjónaskjálftar sem við þekkjum hafi átt upptök sín þar, þá er það mat sem gert hefur verið á stærðum gömlu skjálftanna í góðu samræmi við það skjálftavægi sem ætla má að byggst hafi upp á þessum hluta misgengisins. Á sama hátt

⁷ Sigurður Th. Rögnvaldsson, Ágúst Guðmundsson og Ragnar Slunga (1998). Seismotectonic analysis of the Tjörnes fracture zone, an active transform fault in North Iceland. *J. Geophys. Res.* 103, 30,117-30,129.

⁸ Jouanne, F., T. Villemin o.fl. (1999). Seismic risk at the rift-transform junction in North Iceland. *Geophys. Res. Lett.* 26, 3689-3692.

virðist að eftir 130 ára þögn sé þarna upphlaðið vægi sem svari skjálfta af stærðinni 7 eins og varð 1755. Einnig er mögulegt að svæðið létti á sér með fleiri og minni skjálftum eins og á árunum 1867 og 1872.

Einnig má hugsa sér þann möguleika að þungamiðja jarðskjálftavirkinnar flytjist á milli svæða á Tjörnesbrotabeltinu. Þannig var mikil virkni á Flateyjar-Húsavíkurmisgenginu á 18. og 19 öld, en tiltölulega lítil á 20. öld. Á 20. öldinni voru hinsvegar öflugir skjálftar bæði á austasta og vestasta svæðinu. Engar heimildir eru um skjálfta sem hægt er að tengja Flateyjar-Húsavíkurmisgenginu í tæp 500 ár eða frá 1260 til 1755. Þó rétt sé að hafa þennan möguleika í huga hefur hann ekki áhrif á tölfræðilegt mat á hættu.

Tjónaskjálftar á misgenginu

Af sögulegum skjálftum má með nokkurri vissu rekja skjálftana 1260, 1868 og 1872 til þessa misgengis. Skjálftinn 1838 virðist eiga upptök nálægt því. Um stærð eða staðsetningu skjálftans 1260 verður lítið ráðið af heimildum.

1755 Öflugur skjálfti sem fannst vel vestur í Húnavatnssýslu olli miklu tjóni á Tjörnesi, í Flatey og á Flateyjarskaga. Skemmdir á húsum urðu a.m.k. vestur á Látraströnd. Tjón á húsum og yfirborðsrask varð á Húsavík.

Stærð skjálftans er áætluð $7,0 \pm 0,1$. Staðsetningin er áætluð á Skjálfanda milli Flateyjar og Húsavíkur á $66,1^\circ\text{N}$ og $17,6^\circ\text{V}$.

1867 Skjálftinn fannst víða en áhrif hans voru mest á Húsavík þar sem urðu nokkrar skemmdir. Miðað við það litla sem vitað um áhrif skjálftans á fjarlægari stöðum má ætla að stærð hans hafi verið $5,5 \pm 0,5$. Upptök hafa verið skammt frá Húsavík og eru hér áætluð á $66,04^\circ\text{N}$ og $17,3^\circ\text{V}$.

1872 Skjálftahrina sem stóð í nokkra daga. Tveir skjálftar með klukkutíma millibili ollu miklu tjóni, sá fyrri á Húsavík og nágrenni, en sá síðari í Flatey og á Flateyjarskaga. Stærð skjálftans við Húsavík er áætluð $6,5 \pm 0,5$ og staðsetning nálægt $66,06^\circ\text{N}$ og $17,4^\circ\text{V}$. Stærð skjálftans við Flatey er áætluð $6,5 \pm 0,5$ og staðsetning nálægt $66,15^\circ\text{N}$ og $17,9^\circ\text{V}$.

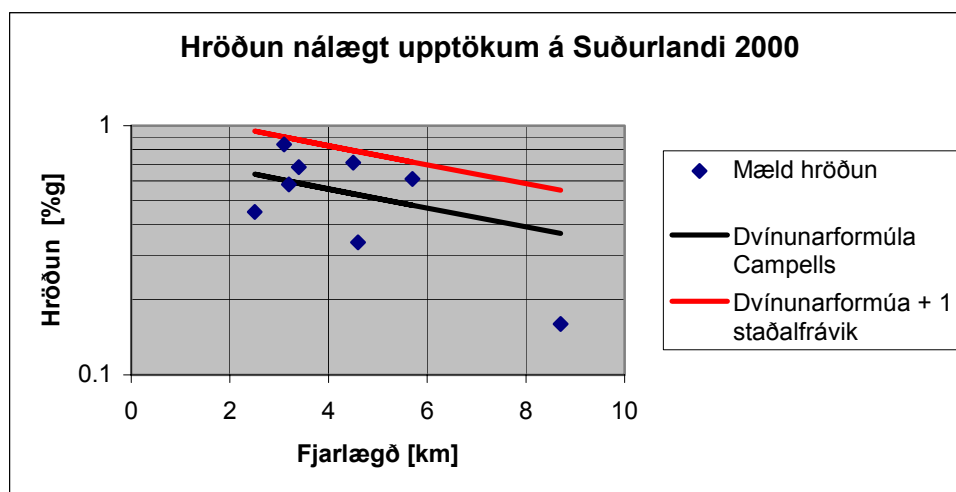
Hröðun nærri misgenginu

Sú stærð sem mestu skiptir varðandi hönnun mannvirkja er hröðun. Hröðunin er háð fjarlægð frá upptökum og stærð skjálfta. Líkan sem fellur vel að íslenskum hröðunarmælingum lýsir dvínun hröðunar þannig:

$$\log_{10}A = 0,4840M - 1,4988\log_{10}R - 2,1640 + 0,309n \quad (\text{þar sem } R > 5)$$

A er lárétt hröðun, skjálfta af stærðinni M í fjarlægðinni R frá upptökum. Hröðunin er reiknuð sem hlutfall af g (þyngdarhröðun við yfirborð jarðar). R er gefið í km. n er fjöldi þeirra staðalfrávika sem bætt er við⁹. Þetta líkan var notað þegar hröðunarkortið á mynd 1-4 var gert.

Formúlan gildir ekki í næsta nágrenni við upptök skjálftans. Þegar R minnkar vex $-\log R$ mjög þannig að formúlan gefur mun hærri gildi en mælingar segja til um. Það er einnig þekkt að þegar nær dregur upptökum minnka áhrif stærðarinnar þannig að í upptökum verður hröðun nánast óháð stærð. Þannig hefur hröðun við upptök skjálfta í Japan efri mörk sem eru 0,63g óháð stærð skjálftans.¹⁰ Svipaða niðurstöðu er að finna hjá Campell (1997). Þar er hröðun við upptök (fjarlægð 2 km) lauslega tengd stærð eða hleypur á bilinu 0,60g til 0,70g fyrir skjálfta á stærðarbilinu 5,5 til 7,1. Staðalfrávik fyrir hröðunina í þessari fjarlægð er 0,30g. Ofangreindar tölur miða við að skjálftinn sé sniðgengisskjálfti en að hröðunin sé mæld á mjúku bergi.¹¹ Ef farið er nær upptökum en 2 km má búast við að önnur atriði en hröðun fari að skipta máli svo sem sprungumyndum sem gjarnan verður á jöðrum misgengisins.



Mynd 4-5. *Samanburður mældrar hröðunar í Suðurlandsskjálftum 2000 við dvínunarformúlu Campells.*

Figure 4-5. *Measured acceleration versus distance from the epicentres of the magnitude 6.5 earthquakes that occurred in southern Iceland in June 2000. The results are plotted against the attenuation formula from Campell⁶, which is used in this study.*

⁹ Páll Halldórsson og Björn Ingi Sveinsson (2003). Dvínun hröðunnar á Íslandi. Greinargerð Veðurstofu Íslands 03025.

¹⁰ Fukushima, Y. og T. Tanaka (1990). A new attenuation relation for peak horizontal acceleration of strong earthquake ground motion in Japan. Bull. Seism. Soc. Am. 80, 757-783.

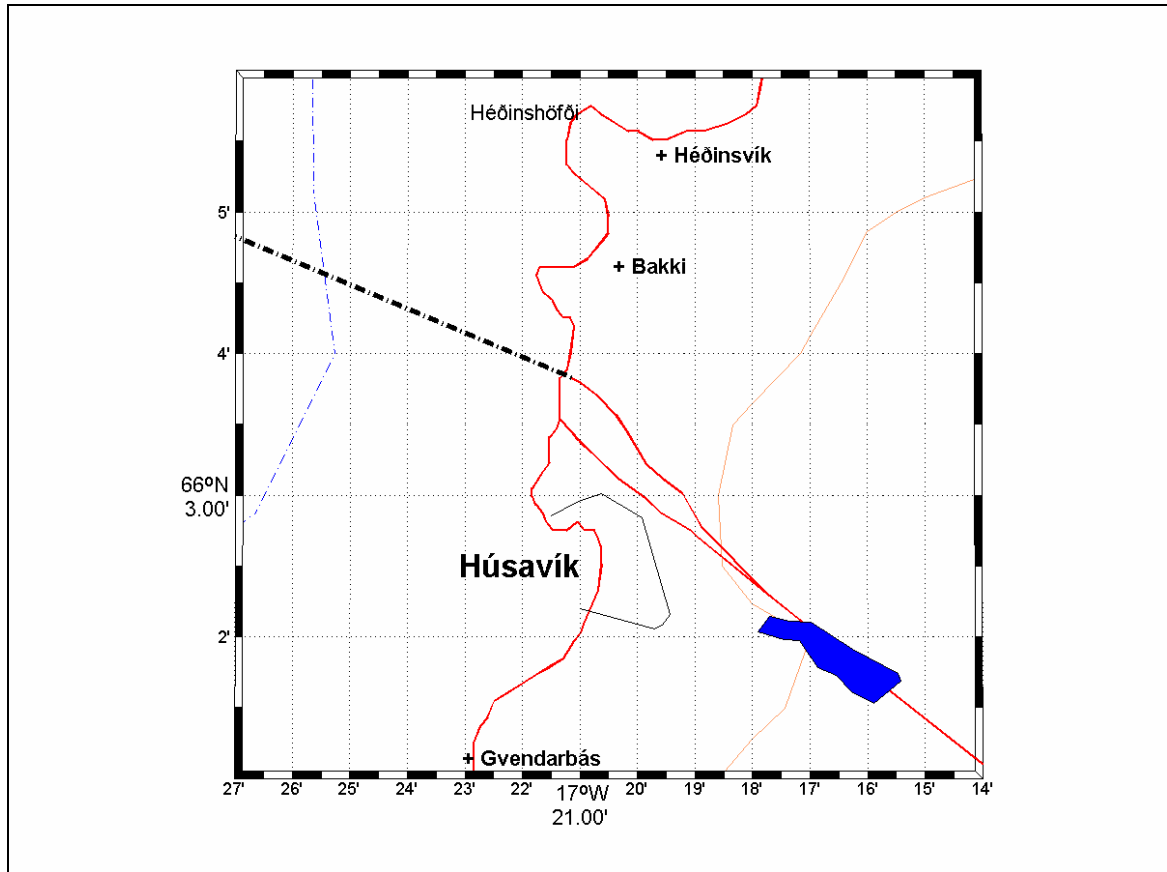
¹¹ Campell, K.W. (1997). Empirical near-source attenuation for horizontal and vertical components of peak ground acceleration, peak ground velocity, and pseudo-absolute acceleration response spectra. Seism. Res. Lett. 68 (1), 154-179.

Fáar mælingar eru til hér á landi á hröðun nærri upptökum stórra skjálfta. Í jarðskjálftunum 17. og 21. júní 2000, sem báðir voru af stærðinni 6,5 (M_w), mældist hröðun á 8 stöðum í minna en 10 km fjarlægð frá upptökum. Á þessu fjarlægðarbili hleypur hröðunin á bilinu 0.15g til 0.84g.¹² Ef hröðun í þeim er borin saman við dvínunarformúlu Campells sést að hún á við um hreyfingu þeirra nálægt upptökum (mynd 4-5).

Möguleg hröðun á mögulegum verksmiðjulóðum

Til skoðunar eru 3 mögulegar verksmiðjulóðir við Húsavík. Á mynd 4-6 er sýnd afstaða þeirra til misgengisins. Þeir punktar sem sýndir eru fyrir hverja lóð gefa til kynna við hvað er miðað þegar reiknuð er fjarlægð frá lóðunum að misgengissvæðinu. Miðað er við stystu fjarlægð lóðanna frá misgenginu eins og það er teiknað á myndinni. Vegna nálægðar lóðanna við Húsavíkur-Flateyjarmisgengið (< 5 km) eru skjálftar sem verða á þeim hluta misgengisins sem næstur er Tjörnesi ráðandi um áhrifin á umræddum lóðum. Á 500 árum er stærsti líklegi skjálfti á þessum hluta misgengisins 6,5–7,0 á Richterkvarða.

¹² Ragnar Sigbjörnsson, Jónas Þór Snæbjörnsson, Símon Ólafsson, Bjarni Bessason, Gunnar I. Baldvinsson og Óðinn Þórarinsson (2000). Jarðskjálftar á Suðurlandi 17. og 21. júní 2000. Rannsóknamiðstöð í jarðskjálftaverkfræði, skýrsla nr. 00001, Selfoss.



Mynd 4-6. Afstaða mögulegra verksmiðjulóða til misgengisins. + merkir þann stað sem miðað er við þegar fundin er fjarlægð að misgenginu.
Figure 4-6. The 3 possible sites and the earthquake fault.

- **Gvendarbás:** Notuð staðsetning: 66,02°N og 17,38°V. Fjarlægð frá sprungusvæðunum eru tæpir 4 km sem jafngildir því að hröðun af völdum skjálfta á bilinu 6,5 til 7 yrði líklega 55-60% af g.
- **Bakki:** Notuð staðsetning: 66,08°N og 17,34°V. Fjarlægð frá sprungusvæðunum er um 2,5 km. Það jafngildir því að hröðun af völdum skjálfta á stærðarbilinu 6,5 til 7 yrði líklega 64-66% af g.
- **Héðinsvík:** Notuð staðsetning: 66,09°N og 17,33°V. Fjarlægð frá sprungusvæðunum er um 3,6 km. Skjálftar af stærðarbilinu 6,5 til 7 myndu þá valda hröðun sem er nálægt 57-61% af g.

Gera má ráð fyrir að á hverjum 500 árum verði jarðskjálfti sem eigi upptök sín á misgenginu nálægt Húsavík og nái stærðinni 7 á Richter kvarða. Í slíkum skjálfta fer hröðunin í eða yfir 60% af g á öllum lóðunum. Á hröðunarkortinu sem sýnt er á mynd 1-4 lenda allar lóðirnar inni á 40% svæðinu. Það merkir einfaldlega að mest lárétt hröðun þar á hverjum 500 árum er þar metin 40% af g eða meiri. Í EUROCODE 8 var ekki talin ástæða til að sundurgreina hærra gildi.

Þegar þessar hröðunartölur eru skoðaðar verður að hafa í huga að gert er ráð fyrir samskonar berggrunni á öllum stöðunum. Jafnframt er ljóst að á Tjörnesi liggur Húsavíkur-Flateyjarmisengið á mörkum ólíkra jarðlaga. Þannig getur jarðskjálftasvörun í Gvendarbás verið önnur en í Héðinsvík, þó fjarlægð þessara staða frá misgenginu sé svipuð.

Þó reiknað sé með að stórir skjálftar eigi upptök sín á þessu misgengi, eins og það er teiknað á myndinni, verður að hafa í huga að á Tjörnesi er mikið um sprungur og misgengi sem hreyfingar geta orðið á. Einnig geta slíkar sprungur gengið til í jarðskjálftum og magnað þannig áhrifin staðbundið. Einnig er mikilvægt að kanna sérstaklega mögulegar sprungur og misgengi á og í nágrenni fyrirhugaðra verksmiðjulóða. Slík rannsókn krefst sérstakrar vettvangsskoðunar sem liggur utan marka þessarar samantektar.

5. Niðurstöður

Hér á eftir eru dregnar saman niðurstöður um þá 3 staði og samtals 5 lóðir sem skoðaðar hafa verið að framan. Það sem horft er sérstaklega til er: Nálægð við líkleg jarðskjálftasvæði, mestu þekktar hreyfingar miðað við það tímabil sem sögulegar heimildir ná til og loks mesta líkleg hröðun á 500 ára tímabili. Ekki er hér gerð sérstaklega grein fyrir heimildum, enda er það gert þar sem fjallað er nánar um þessa staði hér að framan.

Kolkuós

Staðsetning sem notuð er: 65,82°N og 19,37°V. Undirstaða er eldri en 8,5 milljón ára, en skammt suður af Kolkuósi taka við berglög 3,5 til 8,5 milljón ára gömul. Engin þekkt misgengi eða jarðskjálftasprungur eru á svæðinu. Næstu líklegu upptakasvæði skjálfta ≥ 6 eru í 30 til 40 km fjarlægð á utanverðum Tröllaskaga. Mestu jarðskjálftaáhrif sem þekkt eru á staðnum urðu í Skagafjarðarskjálftanum 1963. Stærð hans var 7 á Richterkvarða og fjarlægð 54 km frá Kolkuósi. Áhrif hans þar voru metin VI á Mercallikvarða. Reiknuð áhrif voru 6,5 og reiknuð hröðun 4,2% af g. En Dalvíkurskjálftinn sem var nær, eða í 44 km fjarlægð, stærð hans 6,2 og gefur 2,4% af g í reiknaða hröðun. Á hröðunarkortinu (mynd 1-4) er staðurinn á mörkum 10% og 15% svæðanna. Ef litið er til þeirra talna sem liggja að baki kortinu er mesta líkleg hröðun á 500 ára bili 13% af g, sem samsvarar því að 10% líkur eru á þessari hröðun á 50 árum.

Dysnes

Staðsetning sem notuð er: 65,81°N og 18,19°V. Undirstaðan eru 8,5 til 10 milljón ára gömul berglög. Engin þekkt misgengi eða jarðskjálftasprungur eru á svæðinu. Næstu líkleg svæði sem geta gefið af sér skjálfta ≥ 6 eru í u.þ.b. 15 km fjarlægð. Mestu jarðskjálftaáhrif sem þekkt eru af svæðinu við Dysnes eru áætluð áhrif og hröðun skjálfta með upptök á Skjálfanda 1755, stærð ≈ 7 . Reiknuð áhrif skjálftans á Dysnesi eru 6,8 og hröðun 5,8% af g. Það eykur á óvissu þessara talna að auk stærðarinnar er fjarlægðin háð nokkurri óvissu. Á síðustu öld olli Dalvíkurskjálftinn 1934 mestum áhrifum við Dysnes, stærð hans var 6,2 og fjarlægð 25 km. Reiknuð áhrif skjálftans voru 6,5 og hröðun 5,5% af g. Á hröðunarkortinu (mynd 1-4) er staðurinn við neðri jaðar 20% svæðisins en tölurnar sem liggja að baki kortinu gefa til kynna að mesta líkleg hröðun á 500 ára bili sé 22% af g, sem samsvarar því að 10% líkur eru á þessari hröðun á 50 ára tímabili.

Húsavíkurlóðirnar: Gvendarbás, Bakkakrókur og Héðinsvík

Skjálftavirknin á Tjörnesi í nágrenni Húsavíkur ræðst fyrst og fremst af legu Húsavíkur-Flateyjarmisgengisins um sunnanvert nesið og eiga þeir jarðskjálftar sem mestu máli skipta fyrir þær lóðir sem hér eru til athugunar upptök á þessu misgengi.

Á Tjörnesi liggur misgengið á mörkum ólíkra jarðlaga; að norðan er blágrýti en að sunnan hraun sem runnið hafa á hlýskeyðum og jökulruðningur. Aldursmunur þessara jarðlaga skiptir milljónum ára. Þær lóðir sem hér eru til skoðunar eru innan 5 kílómetra frá misgenginu. Stærsti skjálfti sem þekktur er á þessu misgengi varð 11. september 1755, og er áætluð stærð ≈ 7 . Upptök voru á sprungu sem nær út á Skjálfanda og mikil hreyfing varð á henni á landi við Húsavík. Þann 18. apríl 1872 áttu tveir skjálftar upptök á misgenginu. Stærð beggja var $\approx 6,5$, átti annar upptök við kaupstaðinn og olli þar miklu yfirborðsraski en hinn nær Flatey. Gera má ráð fyrir að í stærsta skjálftanum hafi áhrifin farið yfir 60% af g á öllum lóðunum. Á hröðunarkortinu (mynd 1-4) lenda allar lóðirnar inni á 40% svæðinu. Það merkir einfaldlega að lárétt hröðun þar er 40% eða meiri. Í EUROCODE 8 var ekki talin ástaða til að sundurgreina hærri gildi.

Gvendarbás: Notuð staðsetning $66,02^{\circ}\text{N}$ og $17,38^{\circ}\text{V}$. Fjarlægð frá sprungusvæðunum er um 4 km sem jafngildir því að hröðun af völdum skjálfta á bilinu 6,5 til 7 yrði 55-60% af g.

Bakki: Notuð staðsetning $66,08^{\circ}\text{N}$ og $17,34^{\circ}\text{V}$. Fjarlægð frá sprungusvæðunum er um 2,5 km. Það jafngildir því að hröðun af völdum skjálfta á stærðarbilinu 6,5 til 7 yrði 64-66% af g.

Héðinsvík: Notuð staðsetning $66,09^{\circ}\text{N}$ og $17,33^{\circ}\text{V}$. Fjarlægð frá sprungusvæðunum er um 3,6 km. Skjálftar af stærðarbilinu 6,5 til 7 myndu þá valda hröðun sem er nálægt 57-61% af g.

Um allar þessar lóðir, en þó sérstaklega þær sem eru norðan Húsavíkur, gildir að mikilvægt er að nálægar sprungur og misgengi verði könnuð nánar, til að ganga úr skugga um að ekki leynist mögulegar jarðskjálftasprungur norðan við þær sem nú eru þekktar. Helstu niðurstöður eru að lokum dregnar saman í töflu 5-1.

Staður	Næsta jarðskjálfta-svæði	Mesta líkleg hröðun á 500 árum	Mest þekkt áhrif
	[km]	[%g]	[MM]
Kolkuós	30-40	13	VI
Dysnes	15	22	VI
Gvendarbás	4	55-60	≥VIII
Bakki	2.5	64-66	
Héðinsvík	3.6	57-61	

Summary

This report summarises the conclusions of research on five possible sites. For each site, three types of analysis were undertaken: (i) the significance of nearby earthquake activity; (ii) the effects of large, historical earthquakes; and (iii) the probable peak ground acceleration over a period of 500 years.

Kolkuós

This site is located at 65.82° north by 19.37° west. Kolkuós is situated on bedrock aged at least 8.5 million years. But immediately south of Kolkuós, the bedrock is 3.5 to 8.5 million years old. There are no known earthquake faults in the vicinity of Kolkuós. The nearest source for an earthquake greater than six on the Richter scale is located 30 to 40 km from Kolkuós on the northern part of Tröllaskaga. The strongest earthquake in this region took place in 1963; it had a magnitude of seven on the Richter scale and the epicentre was located about 54 km from Kolkuós. At Kolkuós, the felt intensity of this earthquake was VI on the modified Mercalli scale. However, intensity calculations yield 6.5 on the modified Mercalli scale, with a corresponding peak ground acceleration of 4.2% g. During the 1934 Dalvík earthquake, which registered 6.2 on the Richter scale and occurred 44 km from Kolkuós, the calculated acceleration peak at Kolkuós was 2.4% g. The acceleration map in Figure 1-4 shows that the zone of 50% g acceleration is at the edge of Kolkuós. By studying the data in Figure 1-4, the likely peak acceleration over a 500-year-period is 13% g. This equates to a 10% probability of the same ground acceleration occurring every 50 years at Kolkuós.

Dysnes

Dysnes is located at 65.81° north by 18.19° east. Bedrock in this region is 8.5 to 10 million years old. There are no known earthquake faults near to Dysnes. The closest region capable of producing earthquakes greater than six on the Richter scale is located about 15 km from Dysnes. In 1755, an earthquake struck in Skjálfanda with an estimated magnitude of seven on the Richter scale. The epicentre of this earthquake was located about 43 km from Dysnes, and it is likely that this event was felt strongly in Dysnes. The calculated intensity of the 1755 earthquake in Dysnes is 6.8 on the modified Mercalli scale and the calculated acceleration is 5.8% g. During the last century, the 1934 Dalvík earthquake produced the highest felt intensity in Dysnes. The magnitude of this

earthquake was 6.2 on the Richter scale and it occurred at a distance of 25 km from Dysnes. Within Dysnes, the calculated intensity of the 1934 earthquake was 6.5 on the modified Mercalli scale and the calculated acceleration was 5.5% g. Figure 1-4 shows that the 20% acceleration zone is near to Dysnes. The statistics underlying the acceleration map suggest that the probable peak acceleration during a 500-year-period is 22% g; this estimate translates to a 10% probability of the same ground acceleration occurring every 50 years.

Húsavík sites: Gvendarbás, Bakkakrókur and Héðinsvík

Earthquake activity at Tjörnes and Húsavík is due to the presence of the Húsavík-Flatey fault, which crosses the area. The fault lies on the boundary between two types of extrusive bedrock, and the age difference between these rocks is at least two million years. The three study sites are all located within 5 km of the Húsavík-Flatey fault. The largest known earthquake on this fault took place in 1755 and its estimated magnitude is seven on the Richter scale. The source fracture for this earthquake was located on the Skjálfanda, and the earthquake caused strong ground motion in Húsavík. In 1872, two large earthquakes occurred on the Húsavík-Flatey fault. One earthquake was sourced near to Húsavík, where ground motion caused damage to building and surface rupturing. The other earthquake struck near to Flatey. It is possible that the 1755 earthquake produced ground acceleration that peaked at 60% g at all three sites. Figure 1-4 shows that the calculated zone of 40% g lies near to Gvendarbás, Bakkakrókur and Héðinsvík. This is because there is no distinction between acceleration greater than 40% g.

Gvendarbás is located at 66.02° north by 17.38° west at a distance of 4 km from the Húsavík-Flatey fault. An earthquake on the fault with a magnitude between 6.5 and 7 on the Richter scale would result in a maximum ground acceleration of 55-60% g in Gvendarbás.

Bakki is located at 66.08° north by 17.34° west and the site is located 2.5 km from the Húsavík-Flatey fault. A nearby earthquake of 6.5 to 7 on the Richter scale could cause ground acceleration to peak between 64 and 66% g in Bakki.

Héðinsvík is located at 66.09° north by 17.33° west at distance of 3.6 km from the Húsavík-Flatey fault. In the event of a nearby earthquake of between 6.5 and 7 on the Richter scale, the peak ground acceleration in Héðinsvík would range from 57 to 61% g.

At Gvendarbás, Bakkakrókur and Héðinsvík, and especially at sites located north of Húsavík, it is necessary to investigate whether large-scale discontinuities exist in the bedrock. Such features might host the fault for the next large earthquake.

The following table summarises the main results of this study.

Site	Nearest earthquake zone	Likely acceleration over a 500-year-period	Highest felt intensity
	[km]	[%g]	[MM]
Kolkuós	30-40	13	VI
Dysnes	15	22	VI
Gvendarbás	4	55-60	≥VIII
Bakki	2.5	64-66	
Héðinsvík	3.6	57-61	

Viðauki

Leiðbeiningar til að meta
STYRKLEIKA JARÐSKJÁLFTA Í STIGUM
(Modified Mercalli Intensity Scale of 1931)

I

Jarðskjálftinn finnst ekki en hans verður vart á mælitækjum.

II

Fáir finna jarðskjálftann, og aðeins þeir, sem liggja vakandi þar sem fullkomin kyrrð er.

III

Finnst greinilega innan húss, sérstaklega á efri hæðum húsa, en mörgum kemur ekki jarðskjálfti í hug.

Titringur líkt og þegar bíll ekur fram hjá. Hægt að meta tímann sem hræringin varir.

IV

Að degi til verða flestir, sem innan húss eru, jarðskjálftans varir, en fáir sem staddir eru úti. Að nóttu til vakna sumir við hræringuna. Hreyfing sést á ýmsum hlutum, t.d. opinni hurð eða glugga, ljósakrónum o.s.frv. Hrikir í timburhúsum. Líkist því að þungur bíll rekist á húsið.

V

Næstum allir finna jarðskjálftann; margir vakna. Diskar og gluggarúður geta brotnað og óstöðugir hlutir velta um koll, tré og háar stengur sjást stundum hreyfast. Pendúklukkur geta stansað.

VI

Allir finna jarðskjálftann og margir verða skelkaðir og hlaupa út úr húsum. Þung húsgögn geta hreyfst úr stað. Einstaka sinnum springur múrhúðun af veggjum og reykháfar geta skemmst. Lítið tjón.

VII

Allir flýja út úr húsum. Mjög lítið tjón á vel byggðum húsum. Talsverðar skemmdir á illa byggðum húsum. Finnst af fólki sem ekur í bíl.

VIII

Litlar skemmdir á best gerðum húsum, talsverðar á venjulegum byggingum og miklar á illa gerðum húsum. Finnst af fólki sem ekur í bíl.

IX

Talsverðar eða miklar skemmdir á öllum byggingum og sum hús hrynja til grunna. Jarðleiðslur slitna.

X-XII

Mjög miklar skemmdir á öllum mannvirkjum.