



## SNJÓFLÓÐAVARNIR Á SEYÐISFIRÐI

Aldan og Bakkahverfi – annar áfangi

Frumathugun

29.05.2018





## SKÝRSLA – UPPLÝSINGABLAÐ

### SKJALALYKILL

2370-023-SKY-001-V01

### SKÝRSLUNÚMÉR / SÍÐUFJÖLDI

01 / 102

### VERKEFNISSTJÓRI – FULLTRÚI VERKKAUPA

Hafsteinn Pálsson

### VERKEFNISSTJÓRI – EFLA

Hugrún Hjálmarsdóttir

### LYKILORD

Seyðisfjörður, snjóflóðavarnir, Bjólfur, varnargarðar, hættumat, frumathugun.

### STAÐA SKÝRSLU

- Í vinnslu  
 Drög til yfirlestrar  
 Lokið

### DREIFING

- Opn  
 Dreifing með leyfi verkkaupa  
 Trúnaðarmál

### TITIL SKÝRSLU

Snjóflóðavarnir á Seyðisfirði, Aldan og Bakkahverfi – annar áfangi, frumathugun

### VERKHEITI

Bjólfur – Frumathugun

### VERKKAUPI

Seyðisfjarðarkauptaður/Ofanflóðasjóður

### HÖFUNDAR

Sigurjón Hauksson, Kristín Martha Hákonardóttir, Eiður Páll Birgisson

### ÚTDRÁTTUR

Til athugunar er byggðin í Bakkahverfi, Firði og á Öldunni út að Ránargötu 4.

Samkvæmt gildandi hættumati (2002) eru á athugunarsvæðinu 60 íbúðarhús (með 84 íbúðum) á hættusvæði (CBA) þar af eru 11 íbúðarhúsanna (með 30 íbúðum) á C-svæði. Önnur hús á hættusvæði eru 19 talsins, þar af eru 6 atvinnuhús á hafnarsvæðinu.

Mannskæðasta snjóflóð sem vitað er um hér á landi féll á Ölduna á Seyðisfirði 18. febrúar 1885. Árið 1986 stöðvaðist snjóflóð úr Fálkagili um 100 m frá Gömlublokk í Bakkahverfi. Ekki er vitað til þess að snjóflóð hafi fallið á landnámsbæinn Fjörð.

Lagt er til að byggðir verði þrjár varnargarðar: Bakkagarður 535 m langur og 13 m hár leiðigarður, Fjarðargarður 245 m langur og 10 m hár þvergarður og Öldugarður 300 m langur og 17-20 m hár leiðigarður. Rúmmál garðanna er áætlað 415 þúsund rúmmetrar. Gert er ráð fyrir að allir garðarnir verði snarbrattir flóðmegin og yfirborðið grásteind brynja samskonar og á gördunum á Brún en byggðarmegin verði garðarnir vaxnir grasi. Dregið verður úr sjónrænum áhrifum garðanna með því að fella þá að landslagi eins og kostur er. Lagðir verða göngustigar eftir garðkrónum og um garðsvæðið.

Drög að hættumatslínunum að teknu tilliti til garðanna eru sett fram í skýrslunni. Samkvæmt þeim verða íbúðarhúsin sem áður voru á hættusvæði C öll á hættusvæði A.

Áætlaður byggingarkostnaður garðanna þriggja er metinn um 1.800 MISK og framreiknaður byggingarkostnaður garðanna á Brún um 700 MISK, samtals um 2.500 MISK.

Verðmæti íbúðarhúsanna 60 sem varin verða er 2.505 MISK skv. brunabótamati (830 MISK m.v. fasteignamat) og verðmæti annarra húsa (að húsunum 6 á hafnarsvæðinu fráöldum) 551 MISK skv. brunabótamati (141 MISK m.v. fasteignamat), samtals 3.056 MISK (971 MSK).



#### ÚTGÁFUSAGA

NR.	HÖFUNDUR	DAGS.	RÝNT	DAGS.	SAMÞYKKT	DAGS.
01	Hugrún Hjálmarsdóttir Sigurjón Hauksson Kristín Marta Hákonard. Eiður Páll Birgisson  Lýsing	29.05.18	Hafsteinn Pálsson Tómas Sigurðsson		Hugrún Hjálmarsd.	
02	Höfundur útgáfu  Lýsing		Nafn rýnis		Nafn samþykktaraðila	

## SAMANTEKT

Til athugunar er byggðin í Bakkahverfi, Firði og á Öldunni út að Ránargötu 4.

Samkvæmt gildandi hættumati (2002) eru á athugunarsvæðinu 60 íbúðarhús (með 84 íbúðum) á hættusvæði (CBA) þar af eru 11 íbúðarhúsanna (með 30 íbúðum) á C-svæði. Önnur hús á hættusvæði eru 19 talsins; þar af eru 6 atvinnuhús á hafnarsvæðinu.

Skráð snjóflóð með flóðtungu neðan Brúnar eru um 20 talsins og snjóflóð með tungu ofan Brúnar eru tíð en þeim var lítill gaumur gefinn fyrr en eftir frumathugunina 1998. Mannskæðasta snjóflóð sem vitað er um hér á landi féll á Ölduna á Seyðisfirði 18. febrúar 1885. Þá létust tuttugu og fjórir. Árið 1986 stöðvaðist snjóflóð úr Fálkagili um 100 frá Gömlublokk í Bakkahverfi. Ekki er vitað til þess að snjóflóð hafi fallið á landnámsbæinn Fjörð.

Lagt er til að byggðir verði þrjár varnargarðar:

Bakkagarður: 535 m langur og 13 m hár leiðigarður, Fjarðargarður: 245 m langur og 10 m hár þvergarður og Öldugarður: 300 m langur og 17-20 m hár leiðigarður.

	Bakkagarður	Fjarðargarður	Öldugarður	Samtals
Lárétt lengd garðkrónu (m)	535	245	300	1.080
Mesti langhalli garðs (%)	35	5	25	
Lóðrétt hæð garðs (í þversniði) (m)	13	10	17-20	
Fyllingarmagn (þús. m <sup>3</sup> )	213	57	145	397
Flatarmál veggbrýnju (m <sup>2</sup> )	5.200	1.950	4.900	12.050

Gert er ráð fyrir að allir garðarnir verði mjög brattir flóðmegin og yfirborðið grásteind brynja samskonar og á görðunum á Brún en byggðarmegin verði garðarnir vaxnir grasi.

Dregið verður úr sjónrænum áhrifum garðanna með því að fella þá að landslagi eins og kostur er. Lagðir verða göngustígar eftir garðkrónum og um garðsvæðið. Stígarnir munu tengjast núverandi stíganeti bæjarins á nokkrum stöðum og þannig auka fjölbreytni gönguleiða í bænum. Göngustígar, með þægilegum bratta, munu liggja upp á alla garðana á endum þeirra þar sem útsýni er gott. Auk útsýnisstaða á endum garðanna er gert ráð fyrir áningarstöðum á tveimur stöðum, við Gilsbakka og við norður enda Fjarðargarðs.

Drög að hættumatslínum að teknu tilliti til garðanna eru sett fram í skýrslunni. Samkvæmt þeim verða íbúðarhúsin sem áður voru á hættusvæði C öll á hættusvæði A (staðaráhætta minni en 0,3 af 10.000 á ári). Hætta minnkar í 2 atvinnuhúsanna á hafnarsvæðinu en í 3 þeirra en verður hætta meiri en nú er.

Áætlaður byggingarkostnaður garðanna þriggja er metinn um 1.800 MISK og framreiknaður byggingarkostnaður garðanna á Brún um 700 MISK; samtals um 2.500 MISK.

Verðmæti íbúðarhúsanna 60 sem varin verða er 2.505 MISK skv. brunabótamati (830 MISK m.v. fasteingamat) og verðmæti annarra húsa (að húsunum 6 á hafnarsvæðinu frátöldum) 551 MISK skv. brunabótamati (141 MISK m.v. fasteignamat); samtals 3.056 MISK (971 MSK).

## EFNISYFIRLIT

SAMANTEKT	5
1 INNGANGUR	14
2 STAÐHÆTTIR OG OFANFLÓÐ	16
2.1 Byggð	16
2.2 Land	16
2.3 Veður	18
2.4 Snjósöfnun og snjóflóðafarvegir	18
2.5 Ofanflóðasaga	19
2.6 Hættumat	21
3 FYRRI HUGMYNDIR AÐ VÖRNUM OG BYGGING VARNARVIRKJA	22
3.1 Aðgerðir í kjölfar snjóflóðanna í Neskaupstað 1974	22
3.2 Hugmyndir að varnargörðum 1992	22
3.3 Aðgerðir í kjölfar snjóflóðanna í Súðavík og á Flateyri 1995	23
3.4 Hugmyndir um umfangsmikla varnargarða 1998	23
3.5 Bygging varnargarða á Brún 2003	24
4 FORSENDUR	25
4.1 Skriðlengd hönnunarsnjóflóðs og áhætta	25
4.2 Kennistærðir hönnunarsnjóflóðs	27
4.2.1 Bakkagarður	27
4.2.2 Fjarðargarður	28
4.2.3 Öldugarður	28
4.2.4 Flóð ofan Brúnar	29
5 TILLÖGUR AÐ VÖRNUM	31
5.1 Upptakastoðvirki	31
5.1.1 Kálfabotn, upptakasvæði nr. 15	31
5.1.2 Upptakasvæði nr. 13 og 14	31
5.2 Varnargarðar	31
5.2.1 Almenn	32
5.2.2 Bakkagarður	32
5.2.3 Fjarðargarður	35
5.2.4 Öldugarður	37
5.3 Tæknileg útfærsla varna	39
5.3.1 Bakkagarður	42
5.3.2 Fjarðargarður	42
5.3.3 Öldugarður	42
5.4 Snjósöfnun við varnir	43
5.4.1 Bakkagarður	43
5.4.2 Fjarðargarður	44
5.4.3 Öldugarður	45
5.4.4 Almenn	46
5.5 Jarðtæknilegar aðstæður	46

5.5.1	Garðsvæði	46
5.5.2	Efnisnám	48
<b>5.6</b>	<b>Mannvirki</b>	<b>50</b>
5.6.1	Lagnir	50
5.6.2	Frárennsli og grunnvatn	50
5.6.3	Vegir	53
<b>6</b>	<b>LANDMÓTUN OG SKIPULAG</b>	<b>54</b>
6.1.1	Markmið	54
6.1.2	Hönnun garða	54
6.1.3	Ásýnd á varnarmannvirki úr umhverfinu	56
6.1.4	Göngustígar og áningarstaðir	58
6.1.5	Flóðrás og vatnsfarvegir	59
6.1.6	Uppgræðsla og trjárækt	60
<b>7</b>	<b>VERÐMÆTI EIGNA</b>	<b>61</b>
7.1	Eignir í íbúðarhverfum	61
7.2	Eignir á hafnarsvæði	63
<b>8</b>	<b>KOSTNAÐARMAT VARNA</b>	<b>65</b>
<b>9</b>	<b>TVÍVÍÐAR LÍKANKEYRSLUR, RAMMS</b>	<b>66</b>
9.1	Fyrirvari	66
9.2	Uppsetning	66
9.3	Niðurstöður	66
9.3.1	Upptakasvæði nr. 13	66
9.3.2	Upptakasvæði nr. 14	69
9.3.3	Upptakasvæði nr. 15	71
9.3.4	Upptakasvæði nr. 2	76
9.3.5	Upptakasvæði nr. 3	81
<b>10</b>	<b>ÖRYGGI NEÐAN VARNA</b>	<b>84</b>
10.1	Endurskoðað hættumat	84
<b>11</b>	<b>VIRKNI VARNA</b>	<b>92</b>
<b>12</b>	<b>HEIMILDASKRÁ</b>	<b>93</b>
<b>VIÐAUKI A SAMANBURÐUR Á REIKNILÍKÖNUM, LANDLÍKÖNUM OG LÍKANSTUÐLUM</b>		<b>97</b>
<b>VIÐAUKI B JÖRÐIN FJÖRÐUR</b>		<b>98</b>
<b>VIÐAUKI C RÆSI</b>		<b>100</b>



## MYNDASKRÁ

Forsíðumynd Bjólfur, ljósmyndari Jón Kristinn Helgason.

Mynd 2-1	Bjólfur örnefni (mynd: Þorsteinn Sæmundsson)	17
Mynd 5-1	Bakkagarður. 1 m hæðarlínur í flóðrásir og varnargarð. Vídd efsta hluta flóðrásar við garð er 30 m en 180 m neðst.	33
Mynd 5-2	Bakkagarður. 1 m hæðarlínur í flóðrásir og varnargarð. Niðurstöður úr flóðhermun á hönnunarflóði, sem sýnir mesta flóðþrýsting í farvegi, án varnargarðs, er lögð yfir teikninguna. Náðar er fjallað um líkanreikningana í kafla 9.3.1 „Upptakasvæði nr. 13“.	34
Mynd 5-3	Fjarðargarður. 1 m hæðarlínur í skeringu ofan garðs og varnargarð.	36
Mynd 5-4	Fjarðargarður. 1 m hæðarlínur í skeringu ofan garðs og varnargarð.	37
Mynd 5-5	Öldugarður. 1 m hæðarlínur í skeringu ofan garðs og varnargarð.	38
Mynd 5-6	Öldugarður. 1 m hæðarlínur í skeringu ofan garðs og varnargarð.	39
Mynd 5-7	Kennisnið í varnargarða	41
Mynd 5-8	Yfirlitsmynd af Seyðisfirði	43
Mynd 5-9	Rauðar örvar sýna ANA átt sem gæti valdið hengjum á flóðhlið garðs.	44
Mynd 5-10	Hengjur í flóðhlið leiðigarða á Siglufirði í mars 2013.	44
Mynd 5-11	Rauðar örvar sýna ANA átt sem gæti valdið hengjum á flóðhlið garðs.	45
Mynd 5-12	Rauðar örvar sýna ANA átt sem blæs nokkurn vegin samsíða varnargarðinum.	46
Mynd 5-13	Könnunargryfjur á garðsvæði	47
Mynd 5-14	Mögulegar efnisnámur og fjarlægð frá framkvæmdasvæði.	48
Mynd 5-15	Gryfja D3, grafin 6. desember 2016.	49
Mynd 5-16	Skagi og garðsvæði	49
Mynd 5-17	Farvegir og breytingar á farvegum	51
Mynd 5-18	Gryfjur	52
Mynd 5-19	Aðkomuleiðir og athafnasvæði	53
Mynd 6-1	Ásýnd á varnarsvæðið úr lofti	54
Mynd 6-2	Ásýnd á Öldugarð frá Ránargötu	55
Mynd 6-3	Ásýnd á Varnargarða úr lofti	55
Mynd 6-4	Ásýnd á Öldugarð frá Ránargötu	56
Mynd 6-5	Ásýnd á Bakkagarð frá Vesturvegi	57
Mynd 6-6	Ásýnd á varnargarða frá Skólavegi	57
Mynd 6-7	Ásýnd á Fjarðargarð frá Firði nr. 7	58
Mynd 6-8	Ásýnd á framkvæmdarsvæði úr lofti	59
Mynd 6-9	Yfirlitsmynd með skýringum	60
Mynd 7-1	Staðsetning húsa miðað við hættumatslínur í staðfestu hættumati (2002)	61
Mynd 9-1	Horft niður Fálkagil við efsta hluta gilsins.	67
Mynd 9-2	Mesta flóðdýpt í hönnunarflóði úr upptakasvæði nr. 13 ofan Bakkahverfis, án varna.	68
Mynd 9-3	Mesta flóðdýpt í hönnunarflóði úr upptakasvæði nr. 13 ofan Bakkahverfis, án varna (til vinstri) og með fyrirhuguðum leiðigarði og flóðrennu/skeringu (til hægri).	68
Mynd 9-4	Mesti þrýstingur í hönnunarflóði úr upptakasvæði nr. 13 ofan Bakkahverfis, án varna (til vinstri) og með fyrirhuguðum leiðigarði og flóðrennu/skeringu (til hægri).	69
Mynd 9-5	Mesta flóðdýpt í hönnunarflóði úr upptakasvæði nr. 14 ofan Fjarðar, án varna.	70

Mynd 9-6	Mesta flóðdýpt í flóði úr upptakasvæði nr. 14 ofan Fjarðar, án varna (til vinstri) og með fyrirhuguðum þvergarði (til hægri).	70
Mynd 9-7	Mesta flóðdýpt í flóði úr upptakasvæði nr. 14 ofan Fjarðar, án varna (til vinstri) og með fyrirhuguðum þvergarði (til hægri).	71
Mynd 9-8	Mesta flóðdýpt í hönnunarflóði úr upptakasvæði nr. 15 ofan Öldu, án varna.	72
Mynd 9-9	Mesta flóðdýpt í flóði úr upptakasvæði nr. 15 ofan Öldu, án varna (til vinstri) og með fyrirhuguðum leiðigarði (til hægri).	73
Mynd 9-10	Mesti flóðþrýstingur í hönnunarflóði úr upptakasvæði nr. 15 ofan Öldu, án varna (til vinstri) og með fyrirhuguðum leiðigarði (til hægri).	74
Mynd 9-11	Mesta flóðdýpt í minna flóði úr upptakasvæði nr. 15 ofan Öldu, án varna (til vinstri) og með fyrirhuguðum leiðigarði (til hægri).	75
Mynd 9-12	Mesti flóðþrýstingur í minna flóði úr upptakasvæði nr. 15 ofan Öldu, án varna (til vinstri) og með fyrirhuguðum leiðigarði (til hægri).	76
Mynd 9-13	Mesta flóðdýpt í stóru flóði úr upptakasvæði nr. 2 ofan Brúnar án varnargarða á Brún.	77
Mynd 9-14	Mesta flóðdýpt í flóði úr upptakasvæði nr. 2 ofan Brúnar, án varna á Brún (til vinstri) og með núverandi görðum á Brún (til hægri).	78
Mynd 9-15	Mesta flóðdýpt í flóði úr upptakasvæði nr. 2 ofan Brúnar með varnargörðum á Brún en án varna neðan Brúnar (vinstri) og með fyrirhuguðum vörnum neðan Brúnar (til hægri).	79
Mynd 9-16	Mesti flóðþrýstingur í flóði úr upptakasvæði nr. 2 ofan Brúnar, án varnargarða á Brún (til vinstri) og með varnargarði á Brún (til hægri).	80
Mynd 9-17	Mesti flóðþrýstingur í flóði úr upptakasvæði nr. 2 ofan Brúnar, með varnargörðum á Brún en án fyrirhugaðra garða neðan Brúnar (til vinstri) og með fyrirhuguðum görðum neðan Brúnar (til hægri).	81
Mynd 9-18	Mesta flóðdýpt í flóði úr upptakasvæði nr. 3 ofan Brúnar, án varna á Brún (til vinstri) og með núverandi görðum á Brún (til hægri).	82
Mynd 9-19	Mesti flóðþrýstingur í flóði úr upptakasvæði nr. 2 ofan Brúnar, án varnargarða á Brún (til vinstri) og með varnargarði á Brún (til hægri).	83
Mynd 10-1	Loftmynd tekin sumarið 2015 af varnargörðum a Brún og skafli	85
Mynd 10-2	Mynd til vinstri sýnir útlínur flóðanna 21. febrúar 1999 (bláar og grænar línur) og 26. október 1995 (rauðar línur). Innfellda myndin sýnir ummerki flóðsins frá 1999 á leiðigarðinum. Rúmmál flóðtungu var metið 130 þús. m <sup>3</sup> . Áætlaðar útlínur vesturhluta flóðsins ef garðurinn hefði ekki verið til staðar eru sýndar með brotinni blárrí línu. Úr grein í Náttúrufræðingnum (Tómas Jóhannesson o.fl., 1999) Teikning: GÓI/Mbl. Mynd til hægri sýnir hámarksdýpt í flóði hermdu í RAMMS líkani með sömu úthlaups lengd og flóðið frá 1999. Snjódypt í upptökum var valin 4 m og rúmmál flóðs 260 þús. m <sup>3</sup>	86
Mynd 10-3	Útlínur þekktra snjóflóða og jafnáhættulínur (strikaðar línur eru tillögur að teknu tilliti til varnargarða á Brún)	88

## TÖFLUSKRÁ

Tafla 2-1	Yfirlit snjóflóða. _____	19
Tafla 4-1	Endurkomutími og staðaráhætta vegna snjóflóða við gildandi jafnáhættulínur A0, BA og CB. _____	25
Tafla 4-2	Einvíð rennislstig snjóflóða við jafnáhættulínur A0, BA og CB, neðan upptakasvæða nr. 13, 14 og 15, m.v. gildandi hættumat og tillögu að legu jafnáhættulína að teknu tilliti til garða á Brún. _____	25
Tafla 4-3	Einvíð rennislstig, mat á endurkomutíma og staðaráhættu við efstu íbúðarhús _____	26
Tafla 4-4	Mat á hraða og stefnu hönnunarsnjóflóðs við varnargarða úr upptakasvæðum neðan Brúnar, án tillits til fyrirhugaðra skeringa við garða. _____	29
Tafla 4-5	Mat á hraða og stefnu snjóflóðs við fyrirhugaða varnargarða úr upptakasvæðum ofan Brúnar, án tillits til þvergarðs á Brún og skeringa við garðinn. _____	29
Tafla 5-1	Bakkagarður. Hönnunarstærðir m.v. hönnunarflóð sem skilgreint er í töflu 4-4. _____	35
Tafla 5-2	Fjarðargarður. Hönnunarstærðir m.v. hönnunarflóð sem skilgreint er í töflu 4-4. _____	37
Tafla 5-3	Öldugarður. Hönnunarstærðir m.v. hönnunarflóð sem skilgreint er í töflu 4-4. _____	39
Tafla 5-4	Helstu stærðir garða. _____	40
Tafla 7-1	Fjöldi húsa og fjöldi íbúða á hættusvæðum _____	62
Tafla 7-2	Íbúðarhús og fjöldi íbúða á hættusvæðum eftir staðsetningu _____	62
Tafla 7-3	Önnur hús á hættusvæðum eftir staðsetningu _____	63
Tafla 7-4	Verðmat eigna sem varin eru gegn ofanflóðum _____	63
Tafla 7-5	Verðmat eigna á hafnarsvæði sem Öldugarður hefur áhrif á _____	63
Tafla 8-1	Kostnaður við uppbyggingu varna _____	65
Tafla 9-1	Viðnámsstuðlar í RAMMS líkankeyrslum _____	66
Tafla 10-1	Tillaga að hliðrun jafnáhættulína m.v. gildandi hættumat og tillögu að hættumati að teknu tilliti til varnargarða á Brún _____	85

## TEIKNINGASKRÁ

Númer	Lýsing	
2370-023-001	Seyðisförður	Yfirlit
2370-023-002	Seyðisförður	Yfirlitsmynd
2370-023-003	Seyðisförður	Aðkoma og aðstaða
2370-023-004	Snjóflóðafarvegir og upptakasvæði	Niðurstöður einvöðra líkana
2370-023-005	Þekkt ofanflóð fram til 2016 og samþykktar hættumatslínur	
2370-023-006	Tölfræði ofanflóða	Árlegar líkur á snjóflóðum
2370-023-007	Niðurstöður tvívöðra líkanreikninga. Upptakasvæði neðan Brúnar	SAMOS keyrsla nr. 3
2370-023-008	Niðurstöður tvívöðra líkanreikninga. Upptakasvæði nr. 13	samosAT keyrsla, úthlaupslengd tvívitt r15
2370-023-009	Niðurstöður tvívöðra líkanreikninga. Upptakasvæði nr. 13 og 15	RAMMS keyrsla
2370-023-010	Niðurstöður tvívöðra líkanreikninga. Upptakasvæði nr. 14	RAMMS keyrsla
2370-023-011	Niðurstöður tvívöðra líkanreikninga. Upptakasvæði ofan Brúnar	SAMOS keyrsla nr. 4, án garðs á Brún
2370-023-012	Niðurstöður tvívöðra líkanreikninga. Upptakasvæði nr. 2	Ramms keyrsla án garðs á Brún
2370-023-013	Hönnunarfloð	Skríðlengd, flóðstefna og hraði við varnir
2370-023-014	Grunnmynd varnargarða	Yfirlit
2370-023-015	Grunnmynd	Bakkagarður St: 0 til 370
2370-023-016	Grunnmynd	Bakkagarður St: 240 til 600
2370-023-017	Grunnmynd	Fjarðargarður
2370-023-018	Grunnmynd	Öldugarður
2370-023-019	Lang- og kennisnið	Bakkagarður St: 0 til 340
2370-023-020	Lang- og kennisnið	Bakkagarður St: 260 til 600
2370-023-021	Lang- og kennisnið	Fjarðargarður
2370-023-022	Lang- og kennisnið	Öldugarður
2370-023-023	Snið	Almennt kennisnið í varnargarð
2370-023-024	Snið	Bakkagarður St. 40 til 180
2370-023-025	Snið	Bakkagarður St. 200 til 320
2370-023-026	Snið	Bakkagarður St. 340 til 520
2370-023-027	Snið	Fjarðargarður
2370-023-028	Snið	Öldugarður St. 60 til 220
2370-023-029	Snið	Öldugarður St. 240 til 340
2370-023-030	Grunnmynd varnargarða	Vatnsfarvegir
2370-023-031	Jarðtækniathugarnir	Könnunargryfjur

Númer	Lýsing	
2370-023-032	Svæði sem garðar verja	
2370-023-033	Tillaga að endurskoðuðu hættumati	
17084_F-101	Yfirborðsfrágangur, frumdrög	Yfirlitsmynd
17084_F-102	Yfirborðsfrágangur, frumdrög	Öldugarður
17084_F-103	Yfirborðsfrágangur, frumdrög	Fjarðargarður
17084_F-104	Yfirborðsfrágangur, frumdrög	Bakkagarður

## 1 INNGANGUR

Í júlí 1997 réð Seyðisfjarðarkaupstaður Verkfræðistofu Austurlands (VA) og Norges gotekniske institutt (NGI) sem ráðgjafa frumathugunar snjóflóðavarna undir Bjólfi. Fyrir VA vann Sigurjón Hauksson að verkinu en fyrir NGI Karstein Lied og Ulrik Domaas. Aðrir ráðgjafar voru Reynir Vilhjálmsson hjá Landslagsarkitektum sf, Ágúst Guðmundsson hjá Jarðfræðistofu ÁGVST ehf og Jón Skúlason hjá Almennu verkfræðistofunni hf.

Skýrsla var gefin út í október 1998. Lagt var til að byggður yrði þvegarður á Brún, þrír varnargarðar undir Bjólfi og upptakastoðvirki í Kálfabotni.

Ekki varð af byggingu varnarvirkjana.

Í desember 2001 hófu VA og NGI frumathugun sem beindist að því hvort heppilegt væri að byggja garð á Brún án þess að ákveðið væri um frekari byggingu varnarvirkja.

Skýrsla var gefin út í mars 2003. Lagt var til að auk þvegarðsins á Brún yrði þar einnig byggður þar leiðigarður.

Garðarnir voru byggðir 2003-2005.

Sumarið 2014 sameinuðust VA verkfræðistofan Efla hf og um líkt leyti var hafist handa við framhald frumathugana snjóflóðavarna undir Bjólfi. Ýmislegt hafði breyst frá frumathuguninni 1998: byggðir garðar á Brún, fleiri snjóflóð fallið, þekking aukist á snjóflóðavörnum o.fl.

Fyrir Eflu vann sem fyrr Sigurjón Hauksson að verkinu en Hugrún Hjálmarsdóttir var verkefnisstjóri. Í apríl 2016 kom að verkinu Kristín Martha Hákonardóttir frá verkfræðistofunni Verkís hf. Snemma árs 2017 bættist Eiður Páll Birgisson frá Landslagi ehf í hópinn.

Verkið hefur notið yfirlits og ábendinga Tómasar Jóhannessonar hjá Veðurstofu Íslands.

Til athugunar er byggðin í Bakkahverfi, Firði og á Öldunni út að Ránargötu 4.

Skráð snjóflóð með flóðtungu neðan Brúnar eru um 20 talsins og snjóflóð með tungu ofan Brúnar eru tíð en þeim var lítil gaumur gefinn fyrr en eftir frumathugunina 1998. Mannskæðasta snjóflóð sem

## 1 INNGANGUR

vitað er um hér á landi féll á Ölduna á Seyðisfirði 18. febrúar 1885. Þá létust tuttugu og fjórir. Árið 1986 stöðvaðist snjóflóð úr Fálkagili um 100 frá Gömlublokk í Bakkahverfi.

Veðurstofan vann hættumat fyrir Seyðisfjörð og var það staðfest 2002. Einungis hafa verið unnin drög að hættumati þar sem tekið er tillit til öryggisbótar varnargarðanna á Brún. Samkvæmt hættumatinu frá 2002 eru 11 íbúðarhús (30 íbúðareignir) á hættusvæði C (staðaráhætta meiri en 3 af 10.000 á ári). Sveitarfélagi ber skylda til að kaupa upp eða verja hús sem eru á hættusvæði C.

Hér er lagt til að byggðir verði 3 varnargarðar:

Bakkagarður: 535 m langur og 13 m hár leiðigarður, Fjarðargarður: 245 m langur og 10 m hár þvergarður og Öldugarður: 300 m langur og 17-20 m hár leiðigarður.

Gert er ráð fyrir að allir garðarnir séu mjög brattir flóðmegin og yfirborðið grasteind brynja samskonar og á görðunum á Brún en byggðarmegin verði garðarnir vaxnir grasi.

Dregið er úr sjónrænum áhrifum garðanna með því að fella þá að landslagi eins og kostur er. Lagðir verða göngustígar eftir garðkrónum og um garðsvæðið.

Búið er við að eftir byggingu garðanna verði íbúðarhúsin sem áður voru á hættusvæðum B og C öll á hættusvæði A (staðaráhætta minni en 1 af 10.000 á ári). Almennur kynningarfundur var haldinn á Seyðisfirði 28. nóvember 2017. Fyrr á árinu voru haldnir tveir stöðufundir með bæjarstjórn eða hluta hennar og hönnunarteymi, fulltrúum Ofanflóðasjóðs (Hafsteini Pálssyni) og Veðurstofu Íslands (Tómasi Jóhannessyni), fyrst 3. febrúar 2017 og síðar 9. júní 2017.

## 2 STAÐHÆTTIR OG OFANFLÓÐ

### 2.1 Byggð

Í Landnámu er þess getið að Bjólfur fóstbróðir Loðmundar hins gamla hafi numið Seyðisfjörð og búið þar til æviloka. Talið er að bær Bjólfs hafi staðið þar sem nú er Fjörður. Um miðja nítjándu öld hófst verslun fyrir alvöru á Seyðisfirði. Upp úr 1870 tók þéttbýli að myndast við verslunarstaðina og tengdist þéttbýlismyndunin að mestu síldveiðum Norðmanna. Innan marka núverandi þéttbýlis var byggðin mest á Fjarðaröldu (Öldu) og á Búðareyri sunnan fjarðar. Utan þess voru tvö þéttbýlissvæði utar í firðinum, Vestdalseyri og Eyrar, sem bæði eru nú í eyði. Aldan varð þegar nær dró aldamótunum miðstöð stjórnsýslu og þjónustu. Nýjustu íbúðarhverfin eru Bakkahverfi og hverfið undir Botnahlíð, sunnan fjarðar, en þau eru að mestu byggð á áttunda og níunda áratug tuttugustu aldar. Mest öll atvinnustarfsemi í bænum er utan við íbúðarbyggðina, bæði sunnan og norðan fjarðar. Eftir að höfnin var flutt suður fyrir fjörðinn árið 2003 er umfang atvinnustarfsemi norðan fjarðarins lítið miðað við það sem áður var. (Kristján Ágústsson 2002, Hættumatsnefnd Seyðisfjarðar 2002)

### 2.2 Land

Seyðisfjörður er um 15 km langur með meginstefnu VSV–ANA og skerst inn í blágrýtismyndun Austurlands. Innsti hluti hans sveigir mjög til suðurs um Strandartind og stendur kaupstaðurinn fyrir botni fjarðarins. Tvö stór fjöll, Bjólfur og Strandartindur, eru áberandi í bæjarmyndinni. Þau eru dæmigerð fyrir fjöll úr lagskiptu basalti þar sem skiptast á hamrabelti úr hraunlögum og hjallar og stallar á milli.





MYND 2-1 Bjölfur örnefni (mynd: Þorsteinn Sæmundsson)

Bjölfur rís norðan og norðvestan fjarðarins. Hlíðar hans eru fremur einsleitir hið neðra, gil fremur grunn flest og nokkur hamrabelti sem rekja má eftir endilangri hlíðinni. Utan við Bjölf er Vestdalur, allstór dalur með A–V-læga stefnu.

Eggin á Bjölfu sem skilur að Vestdal og Seyðisfjörð heitir Röð efst, þá Öxl og neðst endar hún á allvíðum hjalla í 160 m hæð, Hrutahjalla. Undir henni eru Nautabás, lítil vík, og nokkru innar er Fornistekkur. Nokkuð er af lausum jarðefnum í hlíðinni. Gilin sem skerast í setið eru víð en ekki ýkja djúp. Tvö eru nafngreind, Djúpagil og Fornastekkgil. Innan við Fornastekk heitir fjallshlíðin Flatafjall en Raðarflug eru klettabelti ofan við Flatafjall og undir Röð. Jarðvegur er lítill og gil mjög grunn nema undir neðsta klettabeltinu, Neðstuklettum. Flatafjall nær inn að Króarhrygg sem er melhryggur upp af Bræðraborg. Á hlíðinni frá Króarhrygg inn að Fálkagil er allþykkur jarðvegur og giljum svipar til giljanna ofan við Nautabás. Hér fyrir ofan er stallurinn undir Bjölfstindi. Brún hans er nefnd Brún (Bjölfbrún, Býhólsbrún). Á stallinum eru hólar og kvosir og innarlega á honum er Haugur. Brúin er í um 650 m hæð, og er stallurinn um um 200 m breiður. Neðan við Brún er grunn skál sem heitir Kálfabotn og fram úr henni er gil sem heitir Hlaupsgjá. Fálkagil og Jókugil eru ofan við innsta hluta byggðarinnar. Þau eru allstór og djúp, einkum Jókugil, og sneiða hlíðina inn og niður. Innan við Jókugil er hlíðin aftur fremur einsleit með grunnum giljum. Þar undir er breiður hryggur sem liggur fram dalinn og niður undir veg, Skagi. Rekja má nokkur klettabelti eftir hlíðum Bjólfs. Þau stærstu heita Neðstuklettur, Presthamrar og efst er Langaklettabelti. Inn frá Kálfabotni miðjum liggur klettabelti og ofan þess er Efri-Kálfabotnshjalli og neðan þess Neðri-Kálfabotnshjalli. (Kristján Ágústsson 2002, Hættumat 2011 drög)

### 2.3 Veður

Snjóflóð á Seyðisfirði falla í langflestum tilvikum í kjölfar jafnrar eða mikillar úrkomu. Stór hluti flóðanna fellur eftir hlýndi en nokkur hluti eftir að kólnar í veðri. Algengust eru snjóflóð í norðaustanátt en á síðari árum eru nokkur flóð skráð í kjölfar suðlægra átta og stafar það væntanlega af bættri skráningu flóða.

### 2.4 Snjósöfnun og snjóflóðafarvegir

Ofan Brúnar eru stór upptakasvæði á hæðarbilinu 700–750 til 850–950 m y.s. þar sem snjóflóð eru tíð. Mikil snjósöfnun er í þessi upptakasvæði og á stallinn neðan þeirra.

Neðan Brúnar er fjallshlíðin víðast opin eða kúpt en þó eru þar nokkrar fremur grunnar hvíltir sem hafa tilhneigingu til þess að safna meiri snjó en annars staðar. Stærst þessara hvílfra er Kálfabotn í 500–640 m hæð þar sem snjódypt í snjóþungum veturnum hefur mælst 5–8 m (Tómas Jóhannesson, 2001) og 100 ára snjódypt er talin geta verið 1,7 falt meiri eða 9–14 m (Þorsteinn Arnalds o.fl., 200). Veðurstofa Íslands hefur afmarkað upptakasvæði ofan byggðar og fylgst með snjósöfnun í þau. Upptakasvæðin má sjá á teikningu nr. 2370-023-004. Helstu niðurstöður þeirra athugana eru að snjósöfnun í hlíðina þar sem hún er opin er að jafnaði ekki yfir 2–3 m og 100 ára snjódypt gæti verið 1,5–2 sinnum meiri, eða 3–6 m (Þorsteinn Arnalds o.fl., 2002).

Hlíðar Bjólfsins neðan og utan Brúnar eru opnar og án verulegra gilja eða hryggja neðan upptakasvæðanna. Sunnan Brúnar eru hins vegar Jóku- og Fálkagil í 200–400 m y.s. Þau hafa tilhneigingu til þess að beina snjóflóðum í ákveðna stefnu, einkum Jókugil sem ætla má að jafnvel hraðfara snjóflóð flæði ekki upp úr.

Úthlaupssvæði snjóflóða undir hlíðum Bjólfs eru opin og að mestu án gilja eða hryggja sem áhrif hafa á hraða eða stefnu snjóflóða. Snjóflóð hafa því tilhneigingu til þess að breiða úr sér eftir að niður á jafnsléttu er komið. Þó er svolítill hryggur ofan við landnámsbæinn Fjörð sem talið er að hafi bjargað bæjarhúsunum þegar mannskaðasnjóflóðið 1885 féll niður með bænum (Firði) á báða vegu. (Tómas Jóhannesson og Eiríkur Gíslason 2011). Endurskoðun á ofanflóðahættumati fyrir Seyðisfjörð eftir byggingu varnargarða á Brún í Bjólfi).

## 2.5 Ofanflóðasaga

Í töflunni eru flóð flokkuð eftir því hvar flóðtungan stöðvaðist. Á teikningu nr. 2370-023-005 sást útlínur þekktra ofanflóða fram til 2016.

**TAFLA 2-1** Yfirlit snjóflóða. Rennslisstig (r) eru mælikvarði á skriðlengd snjóflóða og skýringu á stærð snjóflóða má sjá á vef Veðurstofunnar og hjá Sven Þ. Sigurðssyni o.fl. (1997).

númer	dagsetning	stærð	r	lýsing
<b>Flóðtunga ofan Brúnar (einungis skriðlengstu flóð) - Aldan</b>				
4116	2.1.2001	2	13,8	Snjóflóð féll úr Bjölfstindi fremri og stöðvaðist á Brún.
4117	6.1.2001	3,5	14,8	Þurrt flekahlaup. Snjóflóð féll úr Bjölfstindi fremri. Það stöðvaðist á Brún beint upp af Kálfabotni.
4142	5-9.4.2006	3,5	>14,8	Þurrt flekahlaup. Allstórt snjóflóð féll úr Bjölfinum og að hluta yfir varnargarðinn.
4156	9.2.2008	4	14,3	Þurrt flekahlaup. Flóð í Bjölfstindi sem stöðvast við varnargarðinn.
<b>Flóðtunga neðan Kálfabotns (nánast öll skráð flóð) - Aldan</b>				
4004	13.1.1882	4	>14,4	Hrina krapaflóða í Bjölf. Eitt þeirra féll á Hótelid og skemmdi það. A.m.k. 2 lentu í flóðinu en sluppu ómeiddir.
4005	13.1.1882	4	>14,1	Hrina krapaflóða í Bjölf. Eitt þeirra féll á Baldurshaga (eldri) og stórskemmdi hann. 5 manns lentu í flóðinu og af þeim létust 2 börn.
4009	18.2.1885	5	>14,4	Þurrt flekahlaup. Eitt mesta snjóflóðaslýs á Íslandi. Talið að 75-80 manns hafi lent í flóðinu. Af þeim létust 24. 16-17 íbúðarhús skemmdust auk geymsluskúra og báta. Hlíð Bjólfs frá Liverpool og inn fyrir Jókugil hljóp. Staðestning flóðtunga er óviss.
4014	31.1.1894	4	>14,4	Þurrt flekahlaup. Snjóflóð féll í í sjó fram á svipuðum slóðum og stóra flóðið 1885.
4022	21.2.1904		12,8	Krapaflóð féll úr Hlaupgjá á sama svæði og flóðin sem féllu 1882 og 1885.
4074	1.2.1988	2	9,3	Þurrt flekahlaup. Lítið flóð féll úr Hlaupgjá.
4137	13.2.2002	2		Þurrt flekahlaup úr Kálfabotni og niður Hlaupgjá. Flóðið fór aðeins niðurfyrir Neðstukletta en olli ekki skemmdum. Nokkur smáflóð féllu utan við þetta flóð.
4167	12.3.2008	1		Neðri hlíð Bjólfs var þakin snjóflóðaspýjum sem áttu upptök í um 400 m hæð og stöðvuðust nærri klettabeltinu sem er í um 200 m hæð.
<b>Flóðtunga neðan Fálkagils (nánast öll skráð flóð) - Bakkar</b>				
4009	18.2.1885	5	>14,4	Sjá lýsingu þessa flóðs hér að ofan.
4111	um 1900		um 15	<i>Frásagnir óljósar og gætu átt við flóðið 1885. Flóðið er ekki teiknað á kort.</i>
4072	22.1.1986	2	8,6	Þurrt lausasnjóflóð féll í Fálkagil og stöðvaðist um 100 m frá íbúðarblokk.
4124	4.3.2001	2	8,2	Þurrt lausasnjóflóð Fálkagili og stöðvaðist í um 120 m hæð.
4168	12.3.2008	1		Snjóflóð féll úr Fálkagili og annað úr klettinum utan við. Þau stöðvuðust bæði á slakkanum í um 130 m hæð.
51927	18.1.2014	1		Vott flekahlaup féll milli Fálkagils og Jókugils.

Á nyrðri hluta svæðisins (Aldan) eru skráð mun fleiri snjóflóð en á syðri hlutanum (Bakkar). Ástæður þessa munar eru að snjóflóðavirkni er meiri á nyrðri hlutanum og líklega einnig að byggð er eldri á nyrðri hlutanum og snjóflóð því betur skráð þar en á suðurhlutanum.

Nær öll skráðu flóðin eru þurr eða blaut snjóflóð og sennilega er ekkert flóðanna kófhlaup. Í tveimur flóðanna varð mannskaði. Tvö börn fórust í krapaflóði í janúar 1882 og tuttugu og fjórir fórust í flóðinu sem féll 18. febrúar 1885.

#### **Bakkar**

Skráðar eru heimildir um nokkur snjóflóð á þessu svæði, þar á meðal óljósar heimildir um snjóflóð sem kann að hafa fallið niður á svæðið þar sem nú er Bakkahverfi (flóð nr. 4111 í gagnagrunni VÍ).

#### **Fjörður**

Ekki eru til heimildir um einstök flóð á þessu svæði. Engar sagnir eru um að snjóflóð hafi fallið á Fjörð í þau rúmlega þúsund ár sem þar hefur verið búið.

#### **Aldan**

Einhver mestu og mannskæðustu snjóflóð á Íslandi hafa fallið á þessu svæði. Kröftug, vot flóð og krapaflóð hafa fallið þar auk þurra flóða. (KÁ 2002)

Eftir að farið var að fylgjast betur með snjóflóðum úr efri hluta Bjólfsins á síðari árum hafa mörg flóð niður á Brún verið skráð, þ.á.m. þurrt snjóflóð í apríl 2006 sem féll yfir nýja varnargarðinn á nokkrum kafla og kastaði köggldreif niður yfir Kálfabotn.

## 2.6 Hættumat

Hættumat fyrir Seyðisfjörð var staðfest af umhverfisráðherra af 5. júlí 2002 og sést á teikningu nr. 2370-023-005. Helstu niðurstöður þess á því svæði sem hér er fjallað um eru:

### Aldan

Áhætta á Öldunni var reiknuð miðað við að tíðni snjóflóða á svæðinu væri um 5 flóð á öld í rennslisstigi 13, sem er sambærileg tíðni flóða og í hverju gili í Neskaupstað. Meirihluti áhættu á svæðinu er talinn vera vegna snjóflóða sem upptök eiga í Bjólfstindi. Hluti byggðar á svæðinu er innan hættusvæðis C og byggðin stendur öll á hættusvæðum. (Hættumatsnefnd Seyðisfjarðar 2002)

### Fjörður og Bakkar

Við Fjörð og Bakkahverfi er talin vera minni hætta vegna snjóflóða en þar fyrir utan. Stóra flóðið 1885 mun hafa náð frá Jókugili til Hlaupgjár og hefur því fallið á svæðið, sem var óbyggt innan Fjarðar. Jafnvel er talað um að flóðið hafi náð yfir Fjarðará innan Fjarðar. Svæðið er að mestu utan meginstraums flóða úr Bjólfstindi. Á neðri upptaksvæðum er snjósöfnun einnig ólíklegri en í Kálfabotni. Auk þess veita Jóku- og Fálkagil hverfinu nokkra vernd. Nokkur hús eru á hættusvæði C en nær allt svæðið er innan skilgreindra hættusvæða. (Hættumatsnefnd Seyðisfjarðar 2002)

Veðurstofan mat áhrif af byggingu garða á Brún 2003 og eru þær niðurstöður í minnisblaði frá 2002 og drögum að hættumati frá 2011. Þetta hættumat hefur ekki verið staðfest. Í drögnum segir:

Varnargarðar á Brún í Bjólfi draga úr líkum á því að snjóflóð úr Bjólfstindi steypist fram af stallinum í miðju fjallinu, hleypi af stað snjó úr hlíðinni neðan Brúnar og stöðvist ekki fyrr en niðri á jafnsléttu. Garðarnir hafa hins vegar ekki áhrif á snjóflóðahættu af völdum flóða sem eiga upptök neðar í hlíðinni, þ.m.t. í Kálfabotni. Óraunhæft er að stöðva stærstu snjóflóð sem geta átt upptök í Bjólfstindi með þvergarði á Brún. Varnargarðarnir draga mest úr áhættu af völdum snjóflóða sem eru nokkru stærri en þarf til þess að ná fram af Brún fyrir tilkomu garðanna en hafa lítil áhrif á hættu af völdum stærstu flóða. Með tilkomu garðanna færast C-línur í hættumati fyrir Seyðisfjörð víðast 40–80 m nær fjallinu, B-línur minna og A-lína sem afmarkar hættusvæðið með minnstri áhættu er ekki færð frá hættumatinu 2002. (Tómas Jóhannesson og Eiríkur Gíslason 2011). Endurskoðun á ofanflóðahættumati fyrir Seyðisfjörð eftir byggingu varnargarða á Brún í Bjólfi).

### 3 FYRRI HUGMYNDIR AÐ VÖRNUM OG BYGGING VARNARVIRKJA

#### 3.1 Aðgerðir í kjölfar snjóflóðanna í Neskaupstað 1974

Hættumat og varnarvirki fyrir byggðina á Seyðisfirði hafa verið til umfjöllunar síðan mannskaðasnjóflóðin í Neskaupstað í desember 1974 opnuðu augu manna fyrir því að snjóflóðahætta væri víða yfirvofandi í sjávarbyggðum hér á landi. Fyrir þann tíma höfðu ýmsir aðilar safnað upplýsingum um snjóflóð og önnur ofanflóð og slys og tjón af þeirra völdum en raunhæf áform um viðbúnað eða varnaraðgerðir voru ekki rædd að neinu marki.

Árið 1975 leituðu íslensk stjórnvöld til Svissnesku snjóflóðastofnunarinnar í Davos, Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung, SLF, um ráðgjöf um snjóflóðahættu. Forstjóri stofnunarinnar, M. R. de Quervain kom til Íslands að tilhlutan Almannavarna, kannaði aðstæður í Neskaupstað, á Seyðisfirði og Siglufirði og ritaði skýrslu um snjóflóðahættu og hugsanlegar varnaraðgerðir. De Quervain var á þessum tíma einn helsti snjóflóðasérfræðingur heims og var m.a. forstjóri SLF um þrjátíu ára skeið, frá 1950 til 1980. Á Seyðisfirði kannaði de Quervain snjóflóðaaðstæður við Nautabás, þar sem fiskvinnslustöð Hafsíldar og Vestdalsmjöl voru staðsett, við fjarðarbotninn og í Bakkahverfi, þar sem ný byggð var tekin að rísa. Hann taldi yfirvofandi snjóflóðahættu við Nautabás og að einnig þyrfti að hafa áhyggjur af snjóflóðahættu í Bakkahverfi og í farvegi snjóflóðsins 1885 á Eyrinni. De Quervain lagði til að hugað yrði að ýmsum aðgerðum og varnarvirkjum, m.a. að sprengja niður snjóflóð, stöðva umferð um hættusvæði, birta viðvaranir, byggja leiðigarða og snjóstöfnunargrindur, kanna aðstæður fyrir stoðvirki úr stáli í hlíðinni o.fl. Á svipuðum tíma starfaði nefnd á vegum bæjarstjórnar Neskaupstaðar að rannsóknum á snjóflóðahættu og úttekt á snjóflóðavörnum og skilaði hún ítarlegu álitni í október 1976. Ekki varð þó úr umtalsverðum aðgerðum í framhaldi af ráðgjöf de Quervains eða snjóflóðanefndar Neskaupstaðar hvorki á Seyðisfirði, í Neskaupstað eða annars staðar.

#### 3.2 Hugmyndir að varnargörðum 1992

Seyðisfjarðarkaupstaður lét kanna möguleika á vörnum fyrir hafnarsvæðið og Ölduna snemma á tíunda áratug síðustu aldar og tengdust tillögurnar vinnu við hættmat vegna snjóflóða sem fram fór á sama tíma. Þorsteinn Jóhannesson, verkfræðingur á Siglufirði, reiknaði hraða snjóflóða, með líkani sem hann

hafði þróað, og kannaði aðstæður til þess að koma fyrir leiðigörðum. Ekki varð þó úr framkvæmdum fremur en fyrir tillögur de Quervains tæpum tveimur áratugum áður.

#### **3.3 Aðgerðir í kjölfar snjóflóðanna í Súðavík og á Flateyri 1995**

Mannskæð snjóflóð í Súðavík og á Flateyri árið 1995 gerbreyttu afstöðu stjórnvalda og þjóðarinnar til snjóflóðahættu og var hafist handa við hættumat, viðbúnaðaráætlanir og umfangsmikla uppbyggingu snjóflóðavarna víða um land í kjölfar flóðanna. Rýmingaráætlun fyrir Seyðisfjörð var gerð árið 1996 og endurskoðuð 1997, snjóflóðahætta var rannsökuð af sérfræðingum Veðurstofu Íslands og Háskóla Íslands í samvinnu við Norsku jarðtæknistofnunina, NGI, og Austurrísku snjóflóðastofnunina, WLVI. Varnarkostir fyrir Seyðisfjörð og marga aðra staði landsins voru kannaðir af sérfræðingum Veðurstofu Íslands í samvinnu við NGI og Svissnesku snjóflóðastofnunina, SLF, og rituð yfirlitsskýrsla um þörf fyrir snjóflóðavarnarvirki á Íslandi árið 1996. Ofanflóðahættumat fyrir Seyðisfjörð var svo gefið út árið 2002 og staðfest af ráðherra eins og lög mæla fyrir um.

#### **3.4 Hugmyndir um umfangsmikla varnargarða 1998**

Vinna við undirbúning snjóflóðavarna á Seyðisfirði í framhaldi af hættumati og öðrum aðgerðum í kjölfar flóðanna í Súðavík og á Flateyri hófst í ársbyrjun 1997 og var frumathugun fyrir byggðina norðan Fjarðarár lögð fram 1998 af Verkfræðistofu Austurlands (VA) og Norsku jarðtæknistofnuninni (NGI). Fram fóru ýmsar undirbúningsathuganir varðandi tillögurnar, m.a. könnun á jarðfræðilegum aðstæðum og mat á umhverfisáhrifum.

Í frumathuguninni (1998) var gert ráð fyrir umfangsmiklum vörnum á láglendi þar sem byggðir yrðu þrjár leiði- og þvergarðar undir Bjólfi mjög nærri byggðinni. Samanlögð lengd hinna fyrirhuguðu garða var yfir kílómetri, hæðin 12-25 m og rúmmál fyllinga yfir milljón rúmmetrar. Einnig yrði byggður um 300 m langur og 20 m hár þvergarður á Brún í um 650 m hæð yfir sjó í Bjólfi og lögð var fram tillaga um að e.t.v. mætti reisa um 1000 m af stoðvirkjum í Kálfabotni ef bæjarstjórn vildi tryggja öryggi á gamla hafnarsvæðinu. Stoðvirkin yrðu þó aðeins reist ef frekari rannsóknir á grundunaraðstæðum og snjósöfnun sýndu að það væri tæknilega raunhæft. Farfuglaheimilið var eina íbúðarhúsið sem þurfti að víkja.

Heimamenn og bæjarstjórn Seyðisfjarðar fjölluðu um þessa tillögu og var ekki fallist á hana vegna þess rasks og breytinga á umhverfi í grennd við byggðina sem hún fól í sér. Tillagan um varnargarð á Brún fól ekki í sér slík vandamál og var ákveðið að kanna nánar snjóflóðaaðstæður ofarlega í Bjólfi og athuga hvort garðurinn á Brún og stoðvirkin í Kálfabotni gætu komið til greina sem fyrstu skref í varnaraðgerðum þó ljóst væri að garðurinn gæti ekki tryggt viðunandi öryggi í byggðinni einn og sér eða með stoðvirkjunum. Ofanflóðanefnd féllst á að fara þessa leið og voru í framhaldinu gerðar nánari rannsóknir til þess að kanna hvort hún væri fýsileg. Meðal annars var gerð úttekt á því hvort stoðvirki í Kálfabotni kæmu til greina sem þáttur í vörnum fyrir byggðina undir Bjólfi. Niðurstaða þeirrar athugunar var að grundunaraðstæður í Kálfabotni væru of erfiðar til þess að reisa þar stoðvirki, að hætta væri á að snjóflóð úr Bjölfstindi færi fram af Brún og eyðilegði stoðvirki þar fyrir neðan jafnvel þó reistur væri varnargarður á Brún og að mikil snjósöfnun (allt að 10 m) myndi færa 5 m há stoðvirki á kaf. Því:

1. Kæmu þau ekki í veg fyrir upptök snjóflóða, þó þau drægju úr stærð þeirra.
2. Gæti þungi snævar í upptakasvæðinu skemmt stoðvirkin<sup>1</sup>.

### 3.5 Bygging varnargarða á Brún 2003

Í frumathugun VA og NGI árið 2003 fyrir varnargarð á Brún var komist að þeirri niðurstöðu að varnargarður á þessum stað drægi það mikið úr snjóflóðahættu í byggðinni að réttlætanlegt væri að reisa hann þrátt fyrir að hann væri ekki fullnægjandi sem vörn fyrir alla byggðina. Í framhaldinu var svo reistur 380 m langur þvergarður utarlega á Brúninni og 170 m langur leiðigarður vestast á henni til þess að halda að flóðum sem ella gætu farið fram hjá þvergarðinum. Garðarnir voru hannaðir m.t.t. snjóflóðatækni af NGI og Verkfræðistofu Austurlands, m.t.t. jarð- og verktækni af Verkfræðistofu Sigurðar Thoroddsen og reistir af Íslenskum aðalverktökum á árunum 2003 til 2005. Þeir eru alls 20 m háir með 10 m háu þverhníptu stáli efst en neðstu 10 m eru með jarðvegshalla. Í tengslum við undirbúning þessara framkvæmda voru umhverfisáhrif varnargarðanna könnuð og fram fór sérstök athugun í reiknilíkani á áhrifum garðanna á snjósofnun í næsta nágrenni (Peter Gauer og Karstein Lied, 2002).

Árið 2002 var lögð vegslóð frá Seyðisfjarðarvegi á milli Stafa og út á Brún.

Drög að endurskoðun hættumats neðan garðanna hafa verið lögð fram (2011) en hafa ekki enn verið kynnt íbúum eða staðfest af ráðherra.

---

<sup>1</sup> Vísbendingar eru þó um að stoðvirki standist slíkan þunga (sbr. tilraunir með net og grindur í Grindagili á Siglufirði)



## 4 FORSENDUR

### 4.1 Skriðlengd hönnunarsnjóflóðs og áhætta

Við hönnun ofanflóðavarna er miðað við þær öryggiskröfur sem settar eru fram í 22. grein reglugerðar nr. 505/2000 og breytingu á henni í 11. grein reglugerðar nr. 495/2007. Þar segir að við hönnun varnarskrifa skuli leitast við að auka öryggi þannig að eftir byggingu þeirra sé staðaráhætta fólks neðan þeirra sem næst ásættanlegri áhættu eða minni og aldrei meiri en 3,0 af 10 000 á ári. Áhætta í íbúðarhúsum telst ásættanleg ef hún er minni en 0,3 af 10 000 á ári.

Í töflu 4-1 er samantekt á endurkomutímum og staðaráhættu við jafnáhættulínur hættumats (Hættumatsnefnd Seyðisfjarðarkaupstaðar, 2002) og í töflu 4-2 eru einvið rennslisstig við jafnáhættulínur hættumats í farvegum neðan upptakasvæða nr. 13, 14 og 15.

**TAFLA 4-1** Endurkomutími og staðaráhætta vegna snjóflóða við gildandi jafnáhættulínur A0, BA og CB. Innan hornklofa er endurkomutími skv. tíðnigreiningu Veðurstofu Íslands, sem sýnd er á teikningu nr. 2370-023-006.

Jafnáhættulína	Endurkomutími [skv. tíðnigr.] (ár)	Áhætta (ár <sup>-1</sup> )
A0	1 000–10 000 [>3 000]	0,3 / 10 0000
BA	300–3 000 [2 500-3 000]	1 / 10 000
CB	100–1 000 [um 800]	3 / 10 000

**TAFLA 4-2** Einvið rennslisstig snjóflóða við jafnáhættulínur A0, BA og CB, neðan upptakasvæða nr. 13, 14 og 15, m.v. gildandi hættumat og tillögu að legu jafnáhættulína að teknu tilliti til garða á Brún.

Jafnáhættulína	Rennslisstig, r					
	Upptakasvæði nr. 13		Upptakasvæði nr. 14		Upptakasvæði nr. 15	
	Gildandi	M. garði á Brún	Gildandi	M. garði á Brún	Gildandi	M. garði á Brún
A0	15,8	15,8	15,5	15,5	16,8-17	16,8-17
BA	14,7	14,2-14,7	14,8	14,5	16,2-16,5	16-16,5
CB	13,6	12,6	14	13	15,7-16	15,5-15,9

Mat á staðaráhættu í efstu húsum á svæðinu er í töflu 4-3. Matið byggir á tíðni snjóflóða á svæðinu síðustu 100 ár, eins og sjá má á teikningu nr. 2370-023-006 og lýst er í greinargerð hættumatsnefndar Seyðisfjarðar með hættumatskort (Hættumatsnefnd Seyðisfjarðarkaupstaðar, 2002). Enn fremur er byggt á annars vegar samþykktu hættumati fyrir svæðið (Þorsteinn Arnalds o.fl., 2002) og hins vegar ósamþykktu tillögu Veðurstofu Íslands að endurskoðuðu hættumati með tilkomu garðs á Brún (2011). Gert er ráð fyrir að áhætta vaxi á sama hátt upp og niður í byggðinni út frá jafnáhættulínu CB í hættumati.

**TAFLA 4-3** Einvíð rennissstig, mat á endurkomutíma og staðaráhættu við efstu íbúðarhús

Staður	Einvíð rennissstig, r	Endurkomutími (ár)	Staðaráhætta án garðs á Brún (á ári)	Staðaráhætta með garðs á Brún (á ári)
Dalbakki 1-11	14-15	um 3000	1 / 10 000	1-0,8 / 10 00
Gilsbakki 1	12	um 100	10 / 10 000	5 / 10 000
Hamrabakki 8-12	13	um 300	5 / 10 000	2 / 10 000
Fjörður 7	13,5	um 300	3 / 10 000	2 / 10 000
Fjörður 3, 6, 4 og 4b	um 13	300-100	5-10 / 10 000	2,5-3 / 10 000
Öldugata 4b, c, d, e	um 15	30-10	30 / 10 000	10-30 / 10 00

Leiðigarðarnir munu standa í og ofan brekkufótar en þvergarður um 130 m neðan brekkufótar. Íbúðarhús neðan þvergarðs standa í 50-70 m fjarlægð frá flóðhlið garðsins og efsta hús í Bakkahverfi í 75 m fjarlægð frá flóðhlið leiðigarðs. Efstu íbúðarhús á Öldu standa fjær garðinum eða í 170-190 m fjarlægð frá flóðhlið leiðigarðsins. Efstu iðnaðarhús standa hins vegar mjög nálægt garðinum, þ.m.t. slökkvistöðin í 65 m fjarlægð frá flóðhlið leiðigarðsins.

Almennt hefur verið miðað við að endurkomutími hönnunarsnjóflóðs fyrir:

- Þvergarða sé um 2 500-3 000 ár, þar sem garðar standa í brekkufæti og stutt er í íbúðarhús neðan þeirra (innan við 100 m). Slíkt er í samræmi við hönnun stórra snjóflóðavarnargarða í Neskaupstað (Verkís, 2015) og neðan Kubba á Ísafirði (Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen, 2005), sem standa nærri byggð en þó í brekkufæti.
  - Við Fjörð er endurkomutími snjóflóða við gildandi jafnáhættulínu BA metinn 3000 ár (sjá teikningar nr. 2370-023-005 og 006). Að teknu tilliti til garða á Brún svarar það til staðsetningar á endurskoðaðri jafnáhættulínu BA í rennissstigi um r14,5 (sjá teikningu nr. 2370-023-004).
  - Flóðhlið garðsins er rúmlega 100 m neðan brekkufótar og flóð breiðast líklega út á Réttarhólnum. Aðstæður eru því að þessu leyti hagstæðari en neðan Kubba á Ísafirði og neðan varnargarða í Neskaupstað og því réttlæt看legt að draga lítillga úr kröfum um endurkomutíma hönnunarflóða, miðað við þá garða.
- Leiðigarða sé um 2000 ár, þar sem stutt er í íbúðarhús neðan þeirra. Slíkt er í samræmi við hönnun stórs snjóflóðavarnarfleygs á Patreksfirði (Verkís, 2016).
  - Í Bakkahverfi er endurkomutími snjóflóða um 40 m ofan gildandi jafnáhættulínu BA metinn 2000 ár (sjá teikningar nr. 2370-023-005 og 006), eða í rennissstigi um r14,5,

um 40 m ofan endurskoðaðrar jafnáhættulínu BA, að teknu tilliti til garða á Brún, (sjá teikningu nr. 2370-023-004).

- Við Öldu er endurkomutími snjóflóða við gildandi jafnáhættulínu BA metinn 2000 ár. Að teknu tilliti til garða á Brún svarar það til rennslisstigs um r16,3.

Miðað við þær forsendur er talið að staðaráhætta í öllum íbúðarhúsum neðanvert varnarvirkjanna verði undir 1 af 10 000 á ári.

#### 4.2 Kennistærðir hönnunarsnjóflóðs

Við mat á hraða hönnunarsnjóflóða ofan við fyrirhugaða varnargarða, var tekið tillit til reiknaðs hraða skv. einvíðum og tvívíðum reiknilíkönunum. Stuðst var við:

- Einvítt líkan: Rennslisstig og  $\alpha$ - $\beta$  líkan, sjá teikningu nr. 2370-023-004 (Tómas Jóhannesson (1998a, 1998b); Sven Sigurðsson o.fl., 1997)).
- Austurríska snjóflóðalíkanið SAMOS (2,5 vítt), sjá teikningar nr. 2370-023-007 og 011 (Leah Tracy og Tómas Jóhannesson, 2003).
- Endurskoðaða útgáfu SAMOS, samosAT (2,5 vítt), sjá teikningu nr. 2370-023-008 og umfjöllun í Viðauka A.1 „SAMOS keyrslur fyrir upptakasvæði ofan Fálkagils í Bjólfi, Seyðisfirði“.
- Svissneska líkanið RAMMS (2,5 vítt), sjá teikningar nr. 2370-023-009, 010 og 012 og kafla 9 „Tvívíðar líkankeyrslur, RAMMS“ og í Viðauka A.2 „Líkankeyrslur í RAMMS úr upptakasvæðum nr. 1, 2, 3, 4 og 5 ofan Brúnar og 13, 14 og 15, neðan Brúnar“.

Lagt er til að jaðar snjóflóðs í líkönunum miðist við 0-10 kPa jafnþrýstilínu. Úthlaupslengd hönnunarflóðs úr upptakasvæðunum er sýnd á teikningu nr. 2370-023-013.

Í töflu 4-4 er flóðhraði og flóðstefna hönnunarflóðs með tiltekna flóðlengd (úthlaupslengd). Niðurstöður úr mismunandi reiknilíkönunum eru sýndar (SAMOS, samosAT og RAMMS). Tillaga að hönnunarflóðhraða sem byggir á meðaltali úr líkönunum þremur eða eftir atvikum tveimur er sett fram. Tekið er tillit til áhrifa fyrirhugaðra skeringa á stefnu og flóðþykkt hönnunarflóðs.

##### 4.2.1 Bakkagarður

**Úthlaupslengd hönnunarflóðs og endurkomutími:** Úthlaupslengd hönnunarflóðs er valin við rennslisstig r14,5. Endurkomutími er metinn um 2000 ár.

**Stefna og hraði hönnunarflóðs:** Nokkur munur er á niðurstöðum reiknilíkananna með tilliti til flóðhraða og flóðstefnu. Við efsta hluta Bakkagarðs byggir hönnunarflóðhraði og -stefna á meðaltali líkankeyrsla úr samosAT líkani og RAMMS líkani en ekki niðurstöðum úr SAMOS líkani, þar sem Fálkagil kom út á ófullnægjandi hátt í landlíkani sem notað var í SAMOS keyrslum. Ýtarlegar er fjallað um þetta í minnisblaði Veðurstofu Íslands í viðauka A.1 „SAMOS keyrslur fyrir upptakasvæði ofan Fálkagils í Bjólfi, Seyðisfirði“ og í kafla 9.3.1 „Upptakasvæði nr. 13“. Engu að síður er lagt til að nota niðurstöður úr SAMOS líkani við efsta hluta Bakkagarðs til þess að meta áhrif varnargarðsins gagnvart flóðum sem gætu fallið við aftakaaðstæður, þar sem Fálkagil nánast fyllist af snjó, en miða við lítið eitt mildara leiðihorn (22° í stað 24°) en í niðurstöðum líkankeyrsla.

**Þykkt hönnunarflóðs og Froude tala:** Froude tala hönnunarflóða reiknast um 6 sem er tiltölulega lág Froude tala í stórum snjóflóðum. Ástæða þess er að þykkt flóða getur orðið mikil gílinu. Við efsta hluta garðs reiknast hún hins vegar 13, sem er mjög hátt. Ástæða þess er sú að gert er ráð fyrir að flóðstraumur geti skotist yfir Fálkagil á miklum hraða, við óvenju mikla snjósöfnun (aftakaaðstæður).

#### 4.2.2 Fjarðargarður

**Úthlaupslengd hönnunarflóðs og endurkomutími:** Hér hefur verið ákveðið að miða við að úthlaupslengd hönnunarsnjóflóðs við Fjörð miðist við rennslisstig r14 (við Ránargötu). Endurkomutími flóðsins er metinn 1000-2500 ár, en flóð eru ekki þekkt úr upptakasvæðinu og mat á endurkomutíma því óvísst. Hins vegar hefur Fjarðarbærinn staðið í um 1000 ár. Til þess að ná þeirri úthlaupslengd í líkankeyrslum með RAMMS líkani þurfti 4 m snjóþýpt í upptökum eða sömu snjóþýpt og í Kálfabotni (sjá teikningu nr. 2370-023-010 og umfjöllun í kafla 9.3.2 „Upptakasvæði nr. 14“). Flóð í stærri líkankeyrslu í SAMOS líkani stöðvast við og ofan við Ránargötu (sjá teikningar nr. 2370-023-007 og 011). Leiða má að því líkum að mest hættu skapist á svæðinu vegna snjóflóða með upptök ofan Brúnar úr upptakasvæði nr. 2 sem kastist yfir varnargarð á Brún. Flóðið gæti tekið upp snjó úr upptakasvæði nr. 14, sem almennt er mun snjóléttara en upptakasvæðið norðan þess (Þorsteinn Arnalds o.fl., 2002).

**Stefna hönnunarflóðs:** Stefna flóða úr upptakasvæði nr. 14 er vel skilgreind, þar sem hlíðin neðan upptakasvæðisins er einsleit.

**Hraði hönnunarflóðs:** Hraði útreiknaðs hönnunarflóðs sé sambærilegur í SAMOS og Ramms líkönum.

**Þykkt hönnunarflóðs og Froude tala:** Gert er ráð fyrir að tekið sé að hægja á hönnunarflóði þegar það skellur á varnargarði, um 100 m neðan brekkufótar og þar með þykkna, þar sem einungis er búist við litlum til meðalstórum flóðum úr upptakasvæðinu. Froude tala flóðs reiknast um 5 við varnargarðinn.

#### 4.2.3 Öldugarður

**Úthlaupslengd hönnunarflóðs og endurkomutími:** Úthlaupslengd hönnunarflóðs er valin við rennslisstig r16,3. Endurkomutími flóðsins er metinn um 2 000 ár.

**Stefna og hraði hönnunarflóðs:** Stefna og hraði flóða úr Kálfabotni er vel skilgreindur og ber líkönum saman.

**Þykkt hönnunarflóðs og Froude tala:** Við mat á þykkt hönnunarflóðs ofan Öldu var tekið tillit til líkanreikninga úr SAMOS og RAMMS líkönum á reiknineti með 10 m möskvastærð (sjá Viðauka A.2 „Líkankeyrslur í RAMMS úr upptakasvæðum nr. 1, 2, 3, 4 og 5 ofan Brúnar og 13, 14 og 15, neðan Brúnar“). Líkanreikningar á 5 m reiknineti benda til allt að 5 m flóðþýptar við varnargarð. Hins vegar er líklegt að gilskorningur vestan Hlaupgjár geti fyllst af snjó og því líklegt að við aftaka snjóaðstæður sé hlíðin nokkuð einsleit og flóðþykkt svipuð og í stórum flóðum niður einsleitar hlíðar, eins og á Flateyri. Þar nam flóðþýpt um 2 m við hús sem flóðið skall á. Líkanreikningar á reiknineti með 10 m möskvastærð benda til allt að 3,5 m snjóþýptar við varnargarð. Hér er gert ráð fyrir að flóðþykkt sé 2,5 m og Froude tala snjóflóðs reiknast um 10, sem talið er eiga við stór snjóflóð sem falla niður opnar hlíðar.

**TAFLA 4-4** Mat á hraða og stefnu hönnunarsnjóflóðs við varnargarða úr upptakasvæðum neðan Brúnar, án tillits til fyrirhugaðra skeringa við garða. Val á hönnunargildum tekur hins vegar tillit til stefnubreytingar flóða vegna skeringarrása. Gert er ráð fyrir 2,5 m snjódýpt á jörðu við Fjörð og Öldu en 3 snjódýpt við Bakka vegna óhagstæðrar stefnu garðsins við ríkjandi vindáttir að vetrarlagi, sérstaklega efst í skeringarrás (sjá kafla 5.4 „Snjósöfnun við varnir“)

Upptakasvæði nr.	Flóðlengd (rennslisst.)	Endurkomutími (ár)	Leiðihorn (°)				
			SAMOS	samosAT	RAMMS	Meðaltal	Hönnun
13: Bakkar, neðan miðju	r14,5	2000	24	35	16	25	18
13: Bakkar, ofan miðju	r14,5	2000	(24)	20	16	18	18
13: Bakkar, efst	r14,5	2000	(24)	20	24	22	22
14: Fjörður	r14	1000-2500	90	-	90	90	90
15: Alda	r16,3	2000	25	-	25	25	25

Upptakasvæði nr.	Flóðhraði (m/s)					Flóðþykkt (m)	Fr
	SAMOS	samosAT	RAMMS	Meðaltal	Hönnun		
13: Bakkar, neðan miðju	32	20	26	26	26	2,0	6
13: Bakkar, ofan miðju	(35)	15	26	20	20	1,5	5
13: Bakkar, efst	(42)	13	18	15	42	1,0	13
14: Fjörður	17	-	13	15	15	1,0	5
15: Alda	46	-	50	48	48	2,5	10

#### 4.2.4 Flóð ofan Brúnar

**Úthlaups lengd hönnunarflóðs og endurkomutími:** Ekki hefur verið lagt mat á tíðni flóða sem kastast geti yfir varnargarða á Brún. En líkankeyslur benda til þess að flóð úr upptakasvæðinu, sem kastast yfir varnargarðinn renni styttra en hönnunarflóð úr neðri upptakasvæðum, sjá umfjöllun í kafla 9.3.4 „Upptakasvæði nr. 2“ og kafla 9.3.5 „Upptakasvæði nr. 3“. Hins vegar geta flóð sem kastast yfir varnargarð á Brún sett af stað flóð úr neðri upptakasvæðum og aukið lítillega við flóðmassa.

**Stefna og hraði hönnunarflóðs:** Stefna og flóðhraði úr líkanhermun á flóðum ofan Brúnar, án varnargarðs á Brún (upptakasvæði nr. 2) er í töflu 4-5. Lítil munur er á þeirri stefnu og stefnu meginflóðstrauma úr upptakasvæðum neðan Brúnar. Niðurstöður hermana gefa hvorki tilefni til þess að hækka hönnunarflóðhraða við varnargarðana né breyta leiðihorni.

**Þykkt hönnunarflóðs:** Niðurstöður hermana gefa ekki tilefni til þess að auka þykkt hönnunarflóðs.

**TAFLA 4-5** Mat á hraða og stefnu snjóflóðs við fyrirhugaða varnargarða úr upptakasvæðum ofan Brúnar, án tillits til þvergarðs á Brún og skeringa við garðinn. Gert er ráð fyrir 2,5 m snjódýpt á jörðu við Fjörð og Öldu en 3 snjódýpt við Bakka

vegna óhagstæðrar stefnu garðsins við ríkjandi vindáttir að vetrarlagi, sérstaklega efst í skeringarrás (sjá kafla 5.4 „Snjó söfnun við varnir“)

Upptakasvæði nr.	Flóðlengd í líkankeyrslu	Leiðihorn (°)				
		SAMOS	samosAT	RAMMS	Meðaltal	Hönnun
<b>2: Bakkar, neðan miðju</b>	r14,5	27	-	37	32	<b>18</b>
<b>2: Fjörður, án varna á Brún</b>	r14	90	-	90	90	90
<b>2: Fjörður, með vörnum á Brún</b>	-	-	-	90	90	90
<b>2: Alda</b>	um r14,5	22	-	25	-	<b>25</b>

Upptakasvæði nr.	Flóðlengd í líkankeyrslu	Flóðhraði (m/s)				
		SAMOS	samosAT	RAMMS	Meðaltal	Hönnun
<b>2: Bakkar, neðan miðju</b>	r14,5	27	-	26	27	<b>26</b>
<b>2: Fjörður, án varna á Brún</b>	r14	16	-	18	17	15
<b>2: Fjörður, með vörnum á Brún</b>	-	-	-	10	10	15
<b>2: Alda</b>	um r14,5	32	-	33	33	<b>48</b>

## 5 TILLÖGUR AÐ VÖRNUM

### 5.1 Upptakastoðvirki

Ef mögulegt er að koma fyrir stoðvirkjum á upptakasvæðum er það ákjósanlegt. Þau auka stöðugleika snjóþekjunnar og ættu þannig að koma í veg fyrir að snjóflóð fari af stað úr upptakasvæðum. Ekki er lögð til uppsetning stoðvirkja á upptakasvæðunum neðan Brúnar. Upptakasvæði eins og þau eru skilgreind hjá Veðurstofu Íslands má sjá á meðfylgjandi teikningum, t.d. nr. 2370-023-005.

#### 5.1.1 Kálfabotn, upptakasvæði nr. 15

Í fyrri tillögum að varnarmannvirkjum fyrir svæðið var ekki talið mögulegt að reisa stoðvirki í Kálfabotni vegna mikillar snjóþýptar í upptakasvæðinu og erfiðra jarðtæknilegra aðstæðna, sjá umfjöllun í kafla 3.4 „Hugmyndir um umfangsmikla varnargarða 1998“. Auk þess er ekki mælt með því að reisa upptakastoðvirki á svæðum sem snjóflóð geta fallið á. Þar sem búast má við að stór snjóflóð geti kastast yfir varnargarðinn á Brún mælir það einnig gegn því að upptakastoðvirki verði reist á svæðinu.

#### 5.1.2 Upptakasvæði nr. 13 og 14

Í fyrri varnartillögum fyrir svæðið var ekki lagt til að reisa stoðvirki á upptakasvæðunum. Upptakastoðvirki gætu hentað betur en í Kálfabotni m.t.t. snjóþýptar og jarðtæknilegra aðstæðna, hins vegar má búast við að flóð geti kastast yfir varnargarðinn á Brún, sem mælir gegn því að upptakastoðvirki verði reist á svæðinu.

### 5.2 Varnargarðar

Bygging leiðigarða er ákjósanlegasti varnarkostur gagnvart ofanflóðum, hvort sem skoðuð eru snjótæknileg atriði eða kostnaður. Á svæðinu neðan Brúnar er möguleiki á að koma fyrir leiðigörðum sem leiða flóð framhjá byggð til sjávar eða niður á óbyggt flatlendi. Snjóflóð úr þekktum upptakasvæðum ofan Bakkahverfis og Öldu beinast frá byggð með leiðigörðunum. Leiðigarðarnir ná upp í brött klettabelti en ná þó ekki saman, þar sem:

- Kapp er lagt á að garðarnir myndi milt horn við líklega stefnu flóða úr upptakasvæðunum, þannig að halda megi hæð garðanna í lágmarki.
- Ekki er mögulegt að teygja garða hærra upp í fjallshlíðina vegna bratta hennar.

Því er lagt til að byggður verði þvergarður á milli þeirra, ofan Fjarðar. Engin flóð eru skráð á svæðinu. Upptakasvæði ofan þvergarðsins er lítið og opið og búist við umtalsvert minni snjóöfnun í svæðið en upptakasvæðið norðan þess (Kálfabotn).

### 5.2.1 Almennt

Kannaður var möguleiki á að reisa tvo leiðigarða, annan, um 500 m langan, ofan Bakkahverfis, Bakkagarð og hinn um 300 m langan ofan Öldu og hafnarsvæðis, Öldugarð ásamt þvergarði á milli garðanna, Fjarðargarði, sjá teikningu nr. 2370-023-002. Hönnun Öldugarðs miðar við að stór flóð úr Kálfabotni beinist út í sjó. Áætlað rúmmál flóða er um og yfir 100 þús. m<sup>3</sup>. Ofan Bakkahverfis stýrast meðalstór flóð inn fyrir hverfið til suðurs út að Fjarðará. Rúmmál þeirra er undir 100 þús. m<sup>3</sup>. Þvergarður milli garðanna ver Fjarðarhús. Hönnun miðast við að lítil til meðalstór snjóflóð úr tiltölulega litlu og opnu upptakasvæði neðan Brúnar stöðvist á garðinum. Áætlað flóðarúmmál undir 50 þús. m<sup>3</sup>.

Fjarðargarður stendur ofan efstu húsa í Firði í um 16 m hæð y.s. Bakkagarður stendur í 14-130 m hæð yfir sjó, sunnan byggðar og Öldugarður í 6-65 m hæð yfir sjó, norðan byggðar.

Kannaður var möguleiki á að verja hafnarsvæðið samhliða íbúðabyggð á Öldu en fallið var frá því þar sem slíkur garður hefði orðið nokkurs konar þvergarður og hæð hans óviðráðanleg (yfir 60 m svo varnargildi yrði sambærilegt við þann leiðigarð sem hér er lagt til að reisa).

Stærðarákvörðun garðsins er samkvæmt samevrópskum viðmiðunarreglum (Tómas Jóhannesson o.fl., 2009). Helstu inntaksstærðir eru dýpt snjóflóðs,  $h_1$ , dýpt snjóhulu á jörðu,  $h_s$ , hraði snjóflóðs,  $u_1$  og orkutapsstuðull við varnargarð,  $k$ . Afleiddar stærðir eru þá Froude tala flóðs,  $Fr$ , þykkt straumstökks,  $h_2$ , nauðsynleg garðhæð svo flóð skipti um rennslisástand,  $H_{cr}$ , og sú hæð að viðbætti þykkt flóðsins,  $H_{cr} + h_{cr}$ . Nauðsynleg hönnunarhæð garðs er  $H_d$ .

Vegna plássleysis neðan snjóflóðafarvega á svæðinu er gengið út frá bröttum görðum (flóðhlið 75°) þar sem orkutapsstuðull  $k = 0,75$ .

Helstu hönnunarstærðir eru settar fram í næstu undirköflum. Hraða, stefnu og úthlaups lengd hönnunarflóðs, sem hæð viðkomandi garðshluta miðast við, má sjá á teikningu nr. 2370-023-013.

### 5.2.2 Bakkagarður

Lagt er til að reistur verði um 13 m hár leiðigarður ofan Bakkahverfis (lóðrétt hæð). Hæðarákvörðun garðs miðast við:

- Myndun straumstökks ofan hans.
- Að hönnunarflóð streymi ekki yfir garðinn.

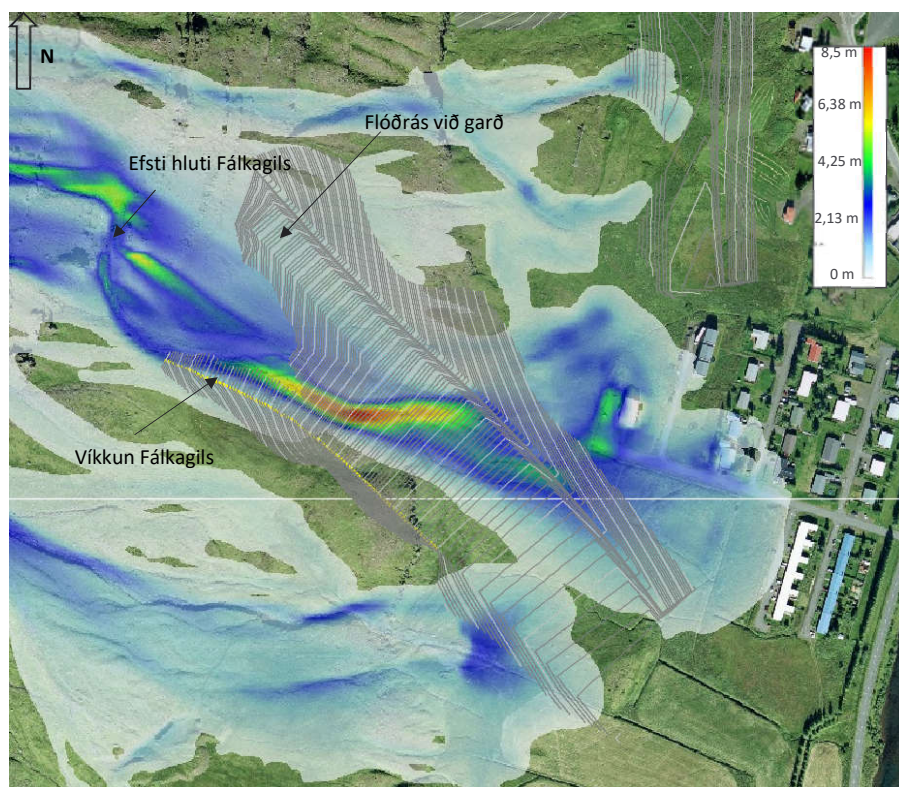
Leiðigarðinum er valinn staður þannig að leiðihorn garðs við hönnunarflóð verði sem mildast. Þannig má halda hæð hans í lágmarki.



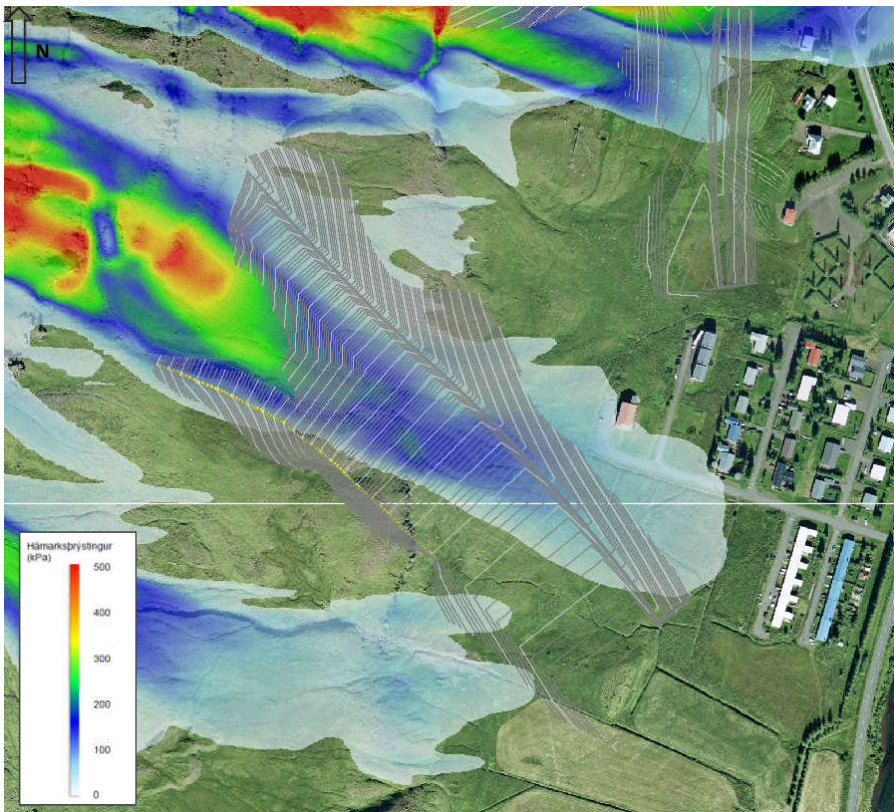
## 5 TILLÖGUR AÐ VÖRNUM

Hluti af flóðvörnunum felst í myndun um 30 m víðrar flóðrásar/skeringarrásar samsíða garðinum og víkkun Fálkagils til suðurs, sjá mynd 5-1 og mynd 5-2. Lagt er til að:

- Flóðrás sé víð við efsta hluta garðs, þar sem garðurinn mætir klettum, til þess að tryggja virkni efsta garðshlutans í viðvarandi ANA-skafrenningi, sjá umfjöllun í kafla 5.4 „Snjósöfnun við varnir“.
- Hluti Fálkagils verði víkkaður til þess að sá hluti snjóflóðs sem streymir eftir gilinu beinist ekki að Bakkagarði, þar sem gilið opnast. Þannig er búist við tveimur flóðstraumum við varnirnar. Öðrum úr Fálkagili og hinum samsíða leiðigarðinum, sjá teikningu nr. 2370-023-013.
- Halli skeringarrásar (þvert út frá garði) sé frá garðinum eða láréttur, svo þykkur flóðstraumur úr Fálkagili beinist ekki að garðinum.



**MYND 5-1** Bakkagarður. 1 m hæðarlínur í flóðrásir og varnargarð. Vídd efsta hluta flóðrásar við garð er 30 m en 180 m neðst. Fálkagil er víkkað og opnað til suðurs (gular línur sýna nýjan gilsbotn). Niðurstöður úr flóðhermun á hönnunarflóði, sem sýnir mestu flóðdýpt í farvegi, án varnargarðs, er lögð yfir teikninguna til þess að sýna hvernig flóð streymir niður Fálkagil. Nánar er fjallað um líkanreikningana í kafla 9.3.1 „Upptakasvæði nr. 13“.



Mynd 5-2 Bakkagarður. 1 m hæðarlínur í flóðrásir og varnargarð. Niðurstöður úr flóðhermun á hönnunarflóði, sem sýnir mesta flóðþrýsting í farvegi, án varnargarðs, er lögð yfir teikninguna. Nánar er fjallað um líkanreikningana í kafla 9.3.1 „Upptakasvæði nr. 13“.

Helstu hönnunarstærðir eru í töflu 5-1. Hæðarákvörðun garðs miðast við myndun straumstöcks flóðmegin garðs. Í hönnunarflóði reiknast straumstökk við varnargarðinn undir um 10° horni við efra garðshluta og miðju garðs, eins og sjá má á teikningu nr. 2370-023-013. Það afmarkar áhrifasvæði garðsins á hönnunarsnjóflóð og þar með lágmarksvídd skeringarrásar. Vídd flóðstraums við neðra garðsenda reiknast um 50 m en gæti orðið minni, þar sem flóðstraumur er ekki samfelldur að garði, niður með garðinum. Neðsti hluti flóðrásar, neðan Fálkagils verður um 100 m víður, til þess að tryggja að flóðstraumur úr Fálkagili haldi stefnu frá flóðstraumi við Bakkagarð á úthlaupsvæði flóðsins.

Staðsetning á efra garðsenda miðast við að hluti hönnunarflóðs geti kastast yfir efsta hluta Fálkagils án þess að kastast yfir garðinn, sjá umfjöllun í kafla 9.3.1 „Upptakasvæði nr. 13“. Því er um 200 m fjarlægð (lárétt) milli gilsins og efsta hluta garðsins.

Staðsetning á neðra garðsenda miðast við að snjóflóð geti breiðst út um 30° frá garðsstefnu út frá endanum. Blaut og hægfara flóð geta tekið krappari beygjur við garðsenda.

**TAFLA 5-1** Bakkagarður. Hönnunarstærðir m.v. hönnunarflóð sem skilgreint er í töflu 4-4. Halli skeringarrásar þvert út frá garði er láréttur. Snjódypt ofan við þvergarðinn er valin  $h_s = 3$  m. Allar hæðir eru þvert á skeringarrás (ekki lóðréttar)

Leiðigarður	$u_1$ (m s <sup>-1</sup> )	$h_1$ (m)	$Fr$ (-)	$\gamma$ (°)	$H_{cr}+h_s$ (m)	$H_{cr}+h_{cr}+h_s$ (m)	$h_2+h_s$ (m)	$H_d$ (m)
Efsti hluti, st. 60	35	1,0	11	22	5,5	8,1	9,6	10,1
Efsti hluti, st. 100	42	1,5	11	22	6,5	10,4	12,8	12,6
Ofan miðju	20	1,5	5	18	3,5	4,3	7,1	12,8
Neðan miðju	26	2,0	6	18	3,1	6,1	9,9	13,0

### 5.2.3 Fjarðargarður

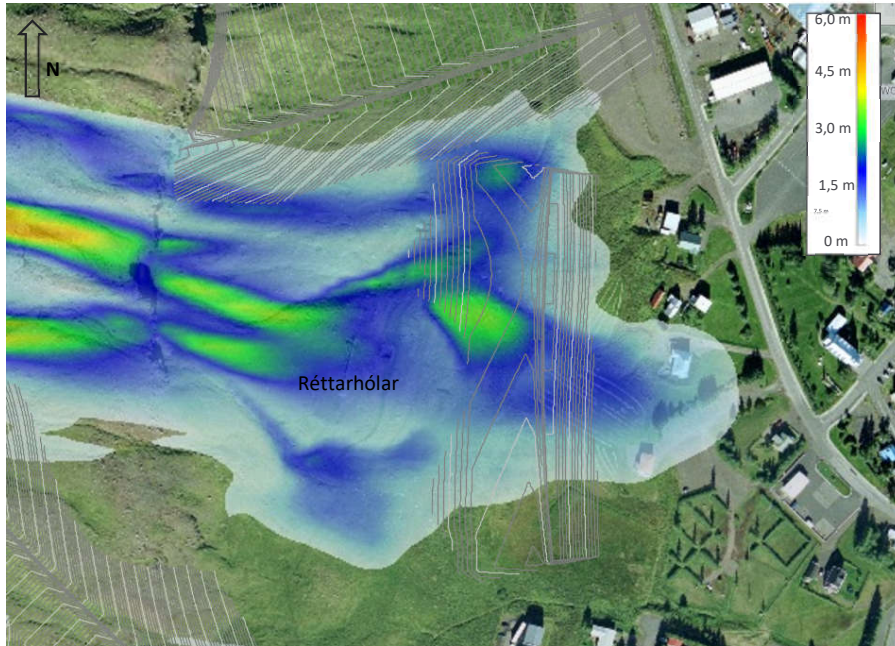
Lagt er til að reistur verði um 10 m hár þvergarður ofan Fjarðar. Helstu hönnunarstærðir eru í töflu 5-2.

Hæðarákvörðun garðs miðast við:

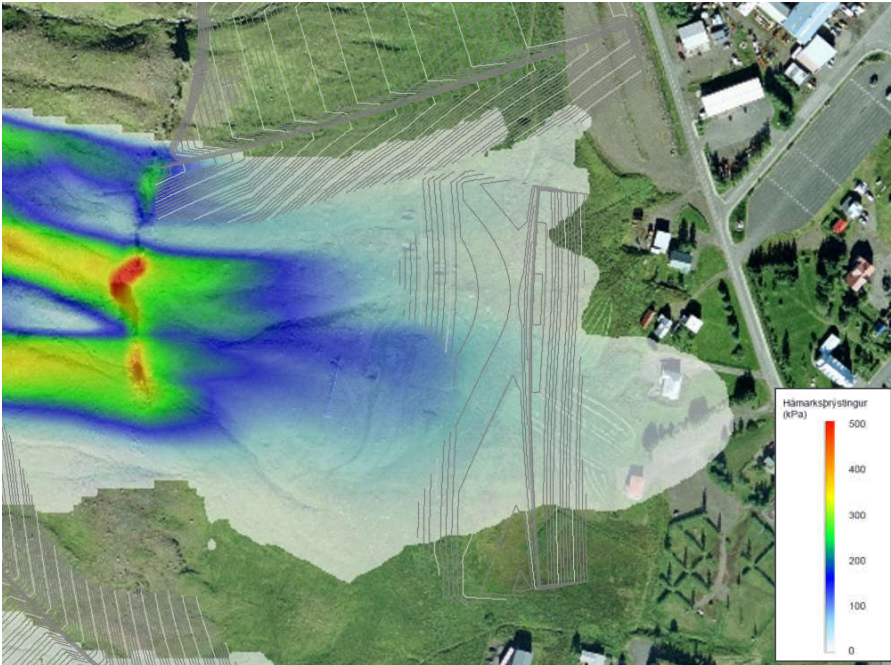
- Myndun straumstökkis ofan garðs.
- Flóð stöðvist ofan garðs.

Þvergarðurinn er staðsettur tiltölulega nálægt húsum svo unnt sé að móta um 40 m víða, nokkuð lárétta (hámarkshalli um 10°) skeringarrás ofan garðsins, án þess að hún teygist upp fyrir Réttarhóla, þar sem hóllinn er talinn hafa jákvæð áhrif á útbreiðslu flóðs ofan garðsins, sjá mynd 5-3 og mynd 5-4. Landhalli er kominn niður fyrir 10° um 100 m ofan varnargarðs og flest snjóflóð tekin að bremsast á því svæði.

Staðsetning garðsenda miðast við 10° horn frá flóðstefnu frá garðsendum niður í byggð (sjá teikn. 2370-023-013).



**MYND 5-3** Fjarðargarður. 1 m hæðarlínur í skeringu ofan garðs og varnargarð. Vídd skeringar ofan garðs er 40 m upp frá garði. Skeringin hefur ekki áhrif á lögun Réttarhóla. Halli Réttarhóla er undir 10°. Úthlaupssvæði snjóflóða hefst því um 100 m ofan flóðhliðar varnargarðs. Niðurstöður úr flóðhermun á hönnunarflóði, sem sýnir mestu flóðdýpt í farvegi án varnargarða er lögð yfir teikninguna til þess að sýna hvernig flóðstraumur dreifist um Réttarhóla. Nánar er fjallað um líkanreikningana í kafla 9.3.2 "Upptakasvæði nr. 14".



**MYND 5-4** Fjarðargarður. 1 m hæðarlínur í skeringu ofan garðs og varnargarð. Niðurstöður úr flóðhermun á hönnunarflóði, sem sýnir mestu flóðþrýsting í farvegi án varnargarða er lögð yfir teikninguna til þess að sýna hvernig flóðstraumur dreifist um Réttarhóla. Nánar er fjallað um líkanreikningana í kafla 9.3.2 "Uptakasvæði nr. 14".

**TAFLA 5-2** Fjarðargarður. Hönnunarstærðir m.v. hönnunarflóð sem skilgreint er í töflu 4-4. Halli skeringarrásar þvert upp frá garði er undir  $10^\circ$ . Snjódypt ofan við þvergarðinn er valin  $h_s = 2,5$  m. Allar hæðir eru þvert á skeringarrás (ekki lóðréttar).

Þvergarður	$u_1$ ( $\text{m s}^{-1}$ )	$h_1$ (m)	$Fr$ (-)	$H_{c_1}+h_s$ (m)	$H_{c_2}+h_{c_1}+h_s$ (m)	$h_2+h_s$ (m)	$H_d$ (m)
Miðja	15	1,0	5	6,7	9,3	9,3	10,0

#### 5.2.4 Öldugarður

Lagt er til að reistur verði um 20 m hár leiðigarður ofan hafnar og Öldu. Hæð leiðigarðsins miðast við:

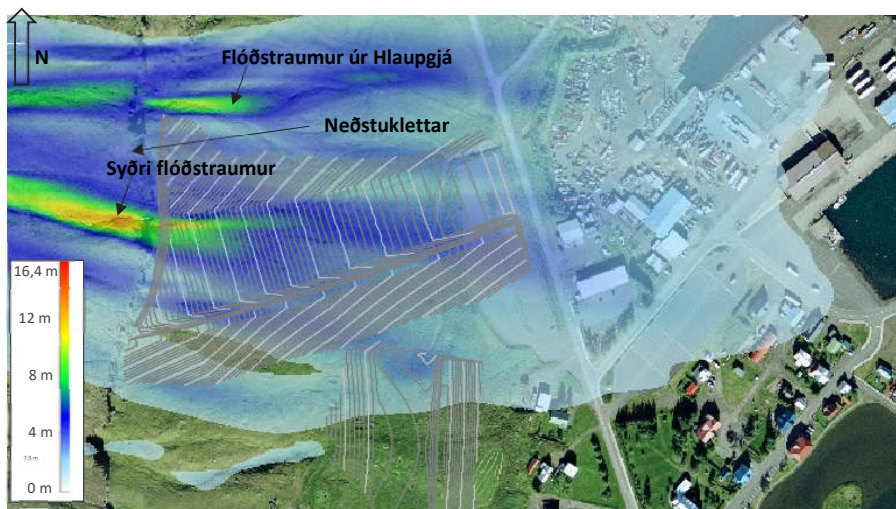
- Myndun straumstökks ofan garðs.
- Að hönnunarflóð beinist frá íbúðarhúsum, án þess að yfir hann flæði.

Leiðigarðurinn er staðsettur þannig að leiðihorn garðs verði sem mildast. Þannig má halda hæð hans í lágmarki og/eða að samaskapi auka varnaráhrif garðs af tiltekinni hæð. Hæðarlega garðsins miðast við

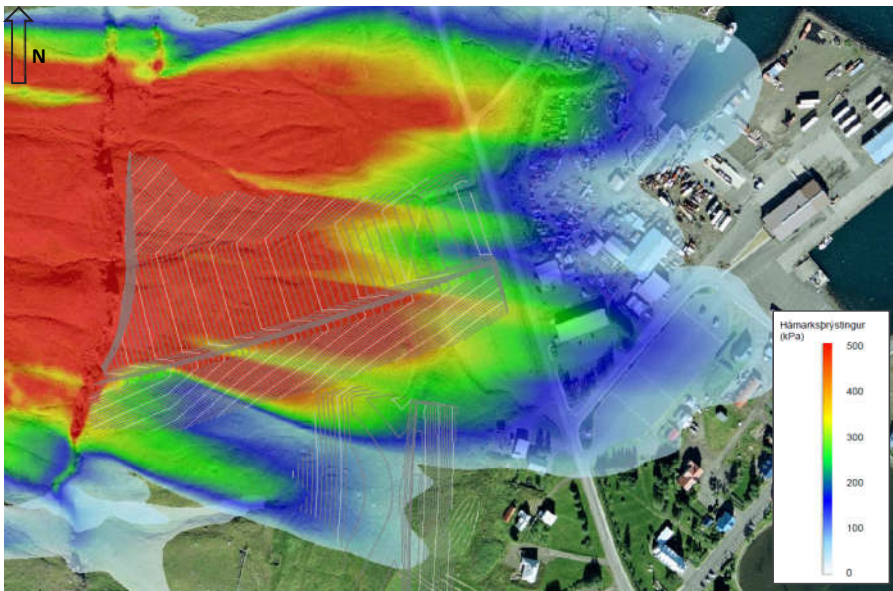
að virkni efsta hluta garðsins gagnvart snjóflóðum sé góð, þar sem flóð kastast yfir Neðstukletta, sjá mynd 5-3. Til þess að tryggja virkni er garðurinn ekki grafinn niður efst við klettana, sjá teikningu nr. 2370-023-022.

Helstu hönnunarstærðir eru í töflu 5-3. Reiknað straumstökk myndar  $\beta=5^\circ$  horn við miðjan garð, sjá teikningu nr. 2370-023-013. Það afmarkar áhrifsvæði garðsins á hönnunarsnjóflóð. Vídd flóðstraums neðst við garð reiknast um 20 m, sem er þannig lágmarksvídd skeringarrásar þar. Hér er hins vegar ekki lagt til að skeringarrásin verði þrengd neðarlega við garðinn, þar sem búast má við stórum snjóflóðum niður farveginn, sem fyllt geta út í skeringarrásina. Þrenging rásarinnar gæti beint flóðstraumi til suðurs, sem ekki er æskilegt, sjá mynd 9-9 í kafla 9 „Tvívíðar líkankeyrslur, RAMMS“. Halli skeringarrásar þvert út frá garði láréttur til þess að lágmarka nauðsynlega hæð garðsins. Skeringarrásin er hönnuð um 75 m víð efst við kletta, til þess að tryggja að snjóflóð lendi í rásinni beint neðan hamranna.

Neðri endi garðsins er staðsettur þ.a. snjóflóð geti breiðst út um  $15^\circ$  frá ótruflaðri flóðstefnu og allt að  $30^\circ$  frá garðsstefnu út frá enda hans. Blaut og hægfara flóð geta tekið krappari beygjur við garðsendann.



**MYND 5-5** Öldugarður. 1 m hæðarlínur í skeringu ofan garðs og varnargarð. Vídd skeringar er 75 m þvert út frá garði. Niðurstöður úr flóðhermun á hönnunarfloði í Ramms líkani, sem sýnir mestu flóðdýpt í farvegi er lögð yfir teikninguna til þess að sýna hvernig syðri flóðstraumur lendir í skeringarrás. Nánar er fjallað um líkanreikningana í kafla 9.3.3 „Uptakavæði nr. 15“.



Mynd 5-6 Öldugarður. 1 m hæðarlínur í skeringu ofan garðs og varnargarð. Niðurstöður úr flóðhermun á hönnunarflóði í Ramms líkani, sem sýnir mestu flóðþrýsting í farvegi er lögð yfir teikninguna. Nánar er fjallað um líkanreikningana í kafla 9.3.3 „Upptakasvæði nr. 15“.

TAFLA 5-3 Öldugarður. Hönnunarstærðir m.v. hönnunarflóð sem skilgreint er í töflu 4-4. Halli skeringarrásar þvert út frá garði er láréttur. Snjódypt ofan við garðinn er valin  $h_s = 2,5$  m. Allar hæðir eru þvert á skeringarrás (ekki lóðréttar)

Leiðigarður	$u_1$ ( $m\ s^{-1}$ )	$h_1$ (m)	$Fr$ (-)	$\gamma$ (°)	$H_{cr}+h_s$ (m)	$H_{cr}+h_{cr}+h_s$ (m)	$h_2+h_s$ (m)	$H_d$ (m)
Miðja	48	2,5	10	25	8,7	15,1	19,1	19,7

### 5.3 Tæknileg útfærsla varna

#### Almennt

Helstu stærðir garðanna má sjá í töflu 5-4 og yfirlitsmynd garðanna má sjá á teikningu 2370-023-008.

**TAFLA 5-4** Helstu stærðir garða. Halli er annað hvort táknaður: lóðrétt:lárétt eða lóðrétt/lárétt (%).

	Bakkagarður	Fjarðargarður	Öldugarður	Samtals
Lárétt lengd garðkrónu (m)	535	245	300	1.080
Lárétt lengd garðs í fullri hæð (m)	455	245	250	950
Mesti langhalli garðs (%)	35	5	25	
Botnbreidd flóðrásar (m)	30-115	40	54-75	
Lóðrétt hæð garðs (í þversniði) (m)	13,0	10,0	17,0-20,0	
- þar af fótur	3,0	2,5	3,0	
- þar af veggur	10,0	7,5	14,0-17,0	
Breidd garðkrónu (m)	5,0	5,0	5,0	
Þversniðshalli skeringar	1:3,0	1:3,5	1:3,0	
Þversniðshalli flóðrásar (%)	0	0	5	
Þversnishalli fótur	1:1,5	1:1,5	1:1,5	
Þversniðshalli veggjar	4:1	4:1	4:1	
Þversniðshalli bakfláa garðs	1:2,0	1:2,0	1:2,0	
Mesti halli bakfláa garðs	1:1,6	1:2,0	1:1,8	
Skeringarmagn (þús. m <sup>3</sup> )	389	30	103	522
- þar af klöpp (lauslega áætluð)	140 <sup>(1)</sup>	0	10 <sup>(3)</sup>	150
- þar af laus skering	249 <sup>(2)</sup>	30	93	372
Fyllingarmagn (þús. m <sup>3</sup> )	213	57	145	397
- þar af púði og veggur	60	17	45	122
- þar af fláafleygur	153	40	100	293
Massajafnvægi (þús. m <sup>3</sup> )	176	-27	-42	107
Flatarmál veggbrýnju (m <sup>2</sup> )	5.200	1.950	4.900	12.050
Flatarmál garðsvæðis (þús. m <sup>2</sup> )	96	26	42	164

(1) Dýpi á klöpp áætlað 5 m  
(2) Þar af 50 þúsund rúmmetrar ónýtanlegir úr neðstu 120 m garðs (20 þúsund undan púða og 30 þúsund úr flóðrás)  
(3) Dýpi á klöpp áætlað 7 m

Jarðefni sem við sögu koma:

#### úr skeringu

- lífrænt efni sem nýtt verður til uppgræðslu
- ónothæft mýrarefni
- allgott skriðuefni sem nota má í allbratta fláa (1:1,5)
- lélegt skriðuefni sem nota má í almennar fyllingar



- ónothæft skriðufni
- unnið klapparefni í púða og vegg

úr námu

- unnið klapparefni í púða og vegg
- efni í vinnuvegi og ýmislegt tilfallandi

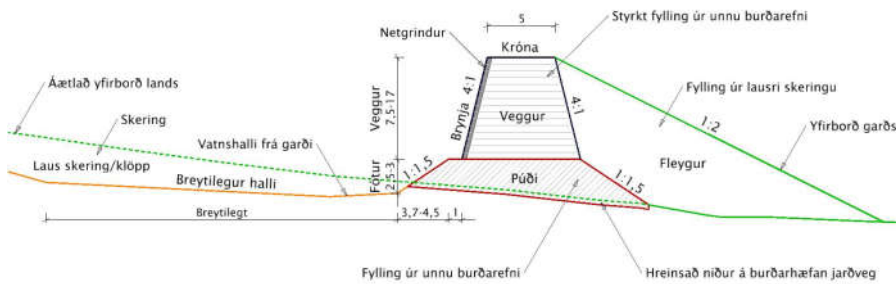
Lífrænt efni verður fjarlægt undan gördum og notað til uppgræðslu garða og raskaðs svæðis. Athuga þarf hvort það sama eigi við um skeringarsvæði.

Uppgröftur úr skeringarrásam, flóðmegin varnargarða, verður nýttur við uppbyggingu þeirra. Land verður mótað þannig að snjósöfnun verði sem minnst í skeringarrásam og við garða.

Allir garðarnir verða með brattri flóðhlið. Veggurinn verður byggður úr styrktri fyllingu. Jarðvegsstyrkingarkerfið verður úr stáli (TerraTrel kerfi frá Reinforced Earth), því sama og garðurinn á Brún. Jarðvegsstyrking veggjarins er úr rifflluðum stálrenningum (flatjárn) og garðbrynjan verður gerð af C-laga netgrindum úr galvanhúðuðu stáli.

Við þá byggingu þarf mikið af hreinu og burðargóðu efni sem beinast liggur við að vinna úr klöpp.

Unna burðarefnið þarf að nota í vegginn og einnig í púða undir hann að burðarhæfum jarðvegi. Veggjarefnið sem næst er netgrindunum þarf að vera sér unnið. Púðarefnið þarf ekki að vera eins gott og veggjarefnið en sá hluti sem fer í garðfótinn þarf að vera góður.



**MYND 5-7** Kennisnið í varnargarða

Um þriðjungur fyllingarefnis garðanna er unnið burðarefni í vegg og púða. Í Stekkjarhnaus sér í klöpp og má búast við að töluvert burðarefni fái úr skeringum Bakkagarðs. Við áætlun klapparmagns var gert ráð fyrir að við Bakkagarð sé dýpi á klöpp að jafnaði 5 m og 7 m við Öldugarð. Fékkst þá klapparmagnið 140 þúsund rúmmetrar frá Bakkagarði og 10 þúsund rúmmetrar frá Öldugarði en áætlað er að það þurfi 122 þúsund rúmmetra í púða og vegg allra garðanna.

Mikil óvissa er í mati á klapparmagni og gæti þurft að vinna klöpp í námunni á Skaga.

Skriðuefnið er fínefnaríkt og rakaviðkvæmt og þornar seint því er vinna með það erfið eða jafnvel óhugsandi í votviðri.

Skeringar Bakka- og Öldugarðs ganga alveg upp að klettum og þarf að gæta þess þegar til verksins kemur að unnið sé með varúð og af smekkvísi frekar en í blindri hlýðni við mælitæki.

Beinast liggur við að byrja á víkkun Fálkagils samhliða því að byggja Öldugarð, þá Fjarðargarð og að síðustu Bakkagarð. Einnig kæmi til greina að byggja Öldu- og Fjarðargarð samtímis.

### 5.3.1 Bakkagarður

Helstu stærðir garðsins má sjá í töflu 5-4 og teikningar af garðinum eru númer 2370-023-015, 016, 019, 020, 024, 025 og 026.

Í gryfju 8 sem er undir neðri enda garðsins var 5 m þykkur mýrarjarðvegur. Þennan mýrarjarðveg þarf að fjarlægja undan púða. Áætlað magn er 20 þúsund rúmmetrar og er ef til vill hægt að nýta efnið til landmótunar. Flóðrásin í neðri hluta garðsins er skorin niður í allt að 6 m dýpt við skeringarkverkina. Áætlað er að við þessa skeringu fái 30 þúsund rúmmetrar efnis sem er ef til vill einnig hægt að nýta til landmótunar.

Mesti halli bakfláa Bakkagarðs er 1:1,6, á hæðabilinu 70-110 m y.s. Það er ansi bratt og við verkhönnun þarf að meta hvort rétt sé að grípa til einhverra ráðstafana, til dæmis lengja fláann og þannig draga úr halla eða sérvelja efni í hann þ.a. tryggt sé að uppgræðsla muni ganga vel. Aðgerðirnar þarf að vinna í samráði við landslagsarkitekt og frumhönnuði garðsins.

Gert er ráð fyrir því að efni í púða og vegg komi úr skeringarsvæðinu.

Á sniðum er þversniðshalli flóðrásar teiknaður 0%. Á verkhönnunarstigi verða vatnsrásir staðsettar í flóðrásum í samráði við landslagsarkitekta og minniháttar lagfæringar á halla flóðrásar gerðar.

### 5.3.2 Fjarðargarður

Helstu stærðir garðsins má sjá í töflu 5-4 og teikningar af garðinum eru númer 2370-023-017, 021 og 027.

Get er ráð fyrir að efni í púða og vegg komi úr skeringarsvæði Bakkagarðs (Stekkjarnhausi).

Gert er ráð fyrir því að vatnsrás sé 5 m frá fótarkverk.

### 5.3.3 Öldugarður

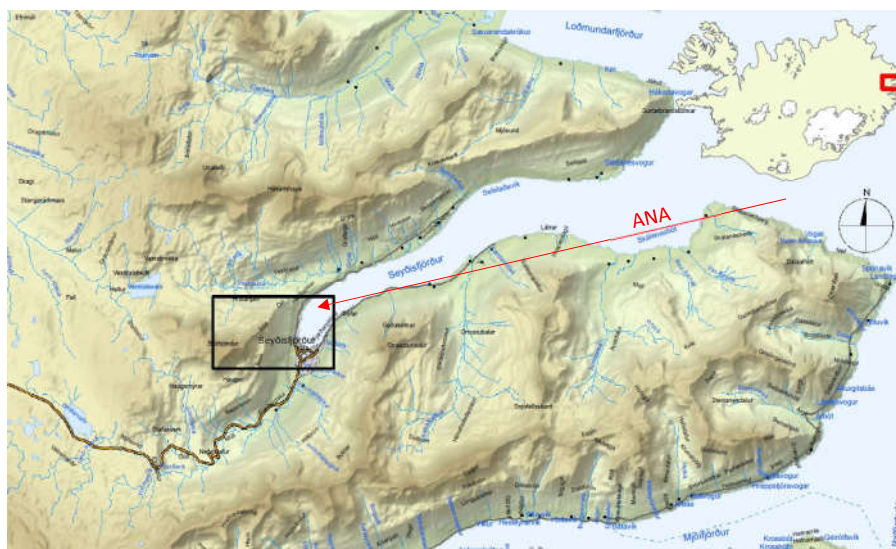
Helstu stærðir garðsins má sjá í töflu 5-4 og teikningar af garðinum eru númer 2370-023-018, 022, 028 og 029.

Búast má við því að einhver klöpp verði í skeringu garðsins en gert er ráð fyrir að mest af efni í púða og vegg komi úr skeringarsvæði Bakkagarðs (Stekkjarnhausi).

Á sniðum er þversniðshalli flóðrásar teiknaður 0%. Á verkhönnunarstigi verða vatnslásir staðsettar í flóðrásum í samráði við landslagsarkitekta og minniháttar lagfæringar á halla flóðrásar gerðar.

#### 5.4 Snjósöfnun við varnir

Austan og norðaustanáttir eru algengastar á Seyðisfirði að vetrarlagi og eru örlítið norðanstæðari en að sumarlagi. Mestur vindhraði fylgir oftast austnorðaustanáttum, sjá mynd 5-8.



MYND 5-8 Yfirlitsmynd af Seyðisfirði

Algengustu vindáttir á Fjarðarheiði og Gagnheiði að vetrarlagi við hitastig undir 1°C eru norðan og norðnorðaustan áttir. Búast má við meiri snjó á láglandi á Seyðisfirði en á Dalatanga eða í Neskaupstað (Þorsteinn Arnalds o.fl., 2002).

Í snjóflóðahrinunni 1885 hafði verið viðvarandi ANA átt. Í aðdraganda flóðanna sem féllu 1995 blés hins vegar úr norðri og vestri.

##### 5.4.1 Bakkagarður

Bakkagarður snýr nokkurn veginn í NV-SA, sjá mynd 5-9. ANA átt gæti valdið hengjumyndun út frá toppi garðsins, flóðmegin en ekki er búist við aukinni snjósöfnun í byggð. Slík hengjumyndun er ekki talin hafa áhrif á virkni garðsins gagnvart snjóflóðum, nema hugsanlega allra efst. Líklegra að hún leiði til hengjumyndunar út frá garðstoppi, sjá mynd 5-10.

Við hönnun garðsins er gert ráð fyrir 3 m djúpum snjó á jörðu í flóðrásinni. Til þess að draga úr líkum á mikilli snjósöfnun efst í flóðrás, undir klettabelti, er skeringarrásin hönnuð eins víð og talið var framkvæmdarlega mögulegt.



**MYND 5-9** Rauðar örvar sýna ANA átt sem gæti valdið hengjum á flóðhlið garðs.

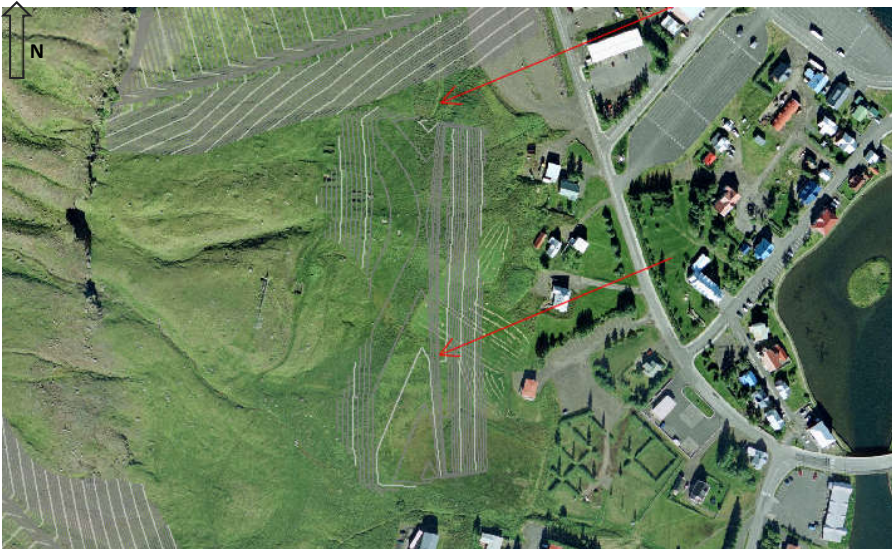


**MYND 5-10** Hengjur í flóðhlið leiðigarða á Siglufirði í mars 2013. Ljósmynd: Gestur Hansson

#### 5.4.2 Fjarðargarður

Fjarðargarður snýr í N-S, sjá mynd 5-10. Því gæti orðið snjósófnun flóðmegin við garðinn. Líklega í formi hengjmyndunar út frá garðstoppi. Slík hengjmyndun er ekki talin hafa áhrif á virkni garðsins gagnvart snjóflóðum, heldur er líklegra að hún leiði til hengjmyndunar út frá garðstoppi og flóðhlið garðs verði brattari, eins og fyrir segir (sjá mynd 5-5). Við hönnun garðsins er gert ráð fyrir 2,5 m djúpum snjó á jörðu í skeringarrásinni.

Ólíklegt er talið að aukin snjósöfnun verði í byggð með tilkomu garðsins. Í hönnun er gert ráð fyrir bili milli Öldugarðs og Fjarðargarðs til þess að skeringarrás við norðurenda garðsins fyllist ekki af snjó í skafrenningi. Hugsanlega sér vindstrengur upp með Öldugarði um að hreinsa snjó úr norðanverðri skeringarrás Fjarðargarðs. **Nauðsynlegt er að fylgjast kerfisbundið með snjósöfnun á þessu svæði.**

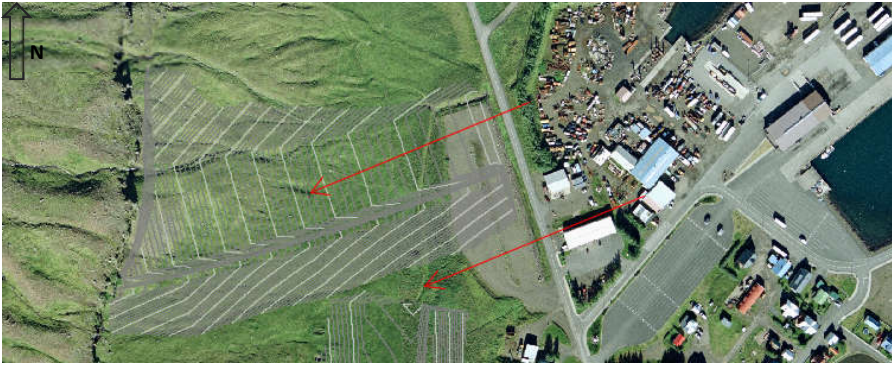


**MYND 5-11** Rauðar örvar sýna ANA átt sem gæti valdið hengjum á flóðhlið garðs.

### 5.4.3 Öldugarður

Öldugarður snýr nokkurn veginn í ANA-VSV og liggur því nokkuð samsíða þeim vindáttum sem stýra skafrenningi á svæðinu, sjá mynd 5-12. Því er ekki búist við að skafrenningur hafi áhrif á virkni garðsins.

Við hönnun garðsins er gert ráð fyrir 2,5 m djúpum snjó á jörðu í flóðrásinni. Ekki er búist við að snjósöfnun í byggð breytist með tilkomu garðsins.



**MYND 5-12** Rauðar örvar sýna ANA átt sem blæs nokkurn vegin samsíða varnargarðinum.

#### 5.4.4 Almennt

Æskilegt er að kerfisbundið verði fylgst með skaflamyndun, út frá fyrirhuguðum varnargörðum og í flóðrásum. Mikil snjósöfnun í flóðrásum gæti dregið úr varnargildi mannvirkjanna.

### 5.5 Jarðtæknilegar aðstæður

Árin 1997 og 1998 voru framkvæmdar töluverðar jarðtæknirannsóknir samhliða frumathuguninni sem þá var unnin.

Unnin var jarðfræðiskýrslan Snjóflóðavarnir á Seyðisfirði - Bjólfur frumathugun - Jarðfræðiathuganir 1997 (Ágúst Guðmundsson 1998).

Efnisrannsóknunum er lýst í skýrslunni Rannsókn númer H97/1130 (Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins 1998) og í skýrslu frá Almennu verkfræðistofunni Snjóflóðavarnir á Seyðisfirði - Bjólfur frumathugun - Athugun á lausum jarðlögum (Jón Skúlason 1998).

Síðar hefur bæst við minnisblaðið:

Jarðvegskönnun 6. desember 2016 (Efla 2016).

Vegna byggingar garða á Brún voru grafnar gryfjur á Brún, sýni tekin og þau rannsökuð. Þessara rannsókna verður ekki getið hér en vísað til skýrslunnar Jarðtæknirannsóknir vegna garðs á Brún (2000).

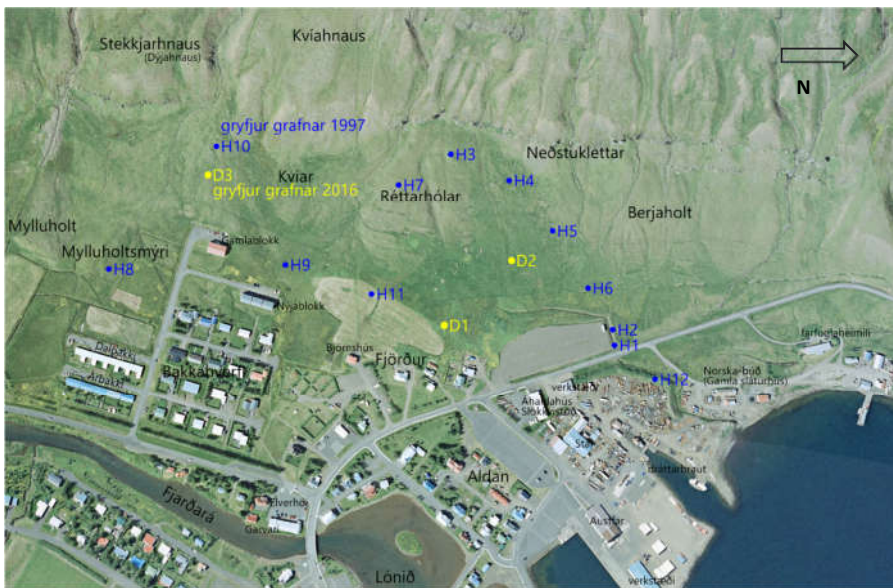
#### 5.5.1 Garðsvæði

Sumarið 1997 voru grafnar 12 gryfjur (H1-H12) í skriðuna neðan og norðan Fálkagils og tekin sýni úr flestum gryfjunum. Af jarðsniðum sést að efnið í skriðunni er svipað í efstu gryfjunum og niður frá Berjaholtinu að Ránargötu. Er efnið siltrík blanda af sandi og möl. Ekki varð vart við grunnvatn í

## 5 TILLÖGUR AÐ VÖRNUM

gryfjunum sem voru 4,5 til 5 metrar á dýpt. Rétt ofan byggðarinnar í gryfjum 8, 9 og 11 verður skriðan blautari og í gryfju 8 er um 5 metra þykk mýri. Á þessu svæði mældist grunnvatn á 3 til 4 metra dýpi þegar gryfjurnar voru grafnar. Í gryfju 12 neðan Ránargötu eru 4 metrnir blanda af silti, sandi og mól sem sennilega er gömul fylling. Neðst í gryfjunni er sandur sem gæti verið upphaflegur sjávarbotn (Jón Skúlason 1998). Hvergi var komið niður á klöpp í gryfjunum.

Gryfjurnar eru merktar á mynd 5-13 og teikningu 2370-023-031.



MYND 5-13 Könnunargryfjur á garðsvæði

Tekin voru þrjú sýni úr flestum gryfjunum.

Á rannsóknarstofu var sýnum lýst og mældur raki og kornadreifing hvers sýnis.

Sýnum var blandað saman og fundin kornarúmþyngd og Atterbergsmörk og framkvæmd þjöppunar-, lektar- og þríasapróf.

Efnið í efstu gryfjunum er með finefni á bilinu 15 til 25% og flokkast mjög frost- og rakaviðkvæmt efni. Raki mældist 30 til 50%. Hvergi var komið niður á klöpp.

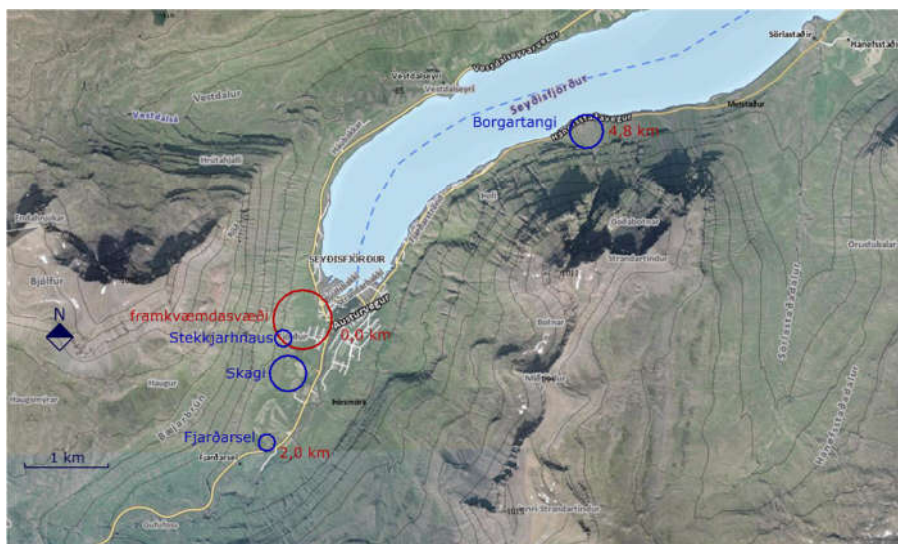
Rannsóknir sýndu að efnið er mjög finefnaríkt, rakaviðkvæmt og þornar mjög seint. Öll vinna með skriðuefnið er erfið og krefst ýtrustu útsjónarsemi frá hendi verktaka. Efnið er óvinnandi ef það er mettað vatni og allar líkur eru til þess að í rigningu verði ekki hægt að vinna með efnið og mjög erfitt verði einnig að fara um fyllinguna. Við hönnun garða úr efninu verður að taka tillit til vatnsþrýstings sem kemur frá byggingu garðanna og þarf að jafnast út til að stæðni garðs sé sem best tryggð (Jón Skúlason 1998).

Í desember 2016 voru grafnar þrjár gryfjur til viðbótar (D1-D3) til að fá fyllri mynd af svæðinu. Gryfjum var lýst og teknar ljósmyndir en ekki framkvæmdar neinar efnisrannsóknir. Gryfjurnar voru allar 5 m djúpar. Í botni gryfju D1 var nokkurt innstreymi vatns en D2 og D3 voru þurrar. Í neðri hluta gryfjanna var grjóthlutfall metið 30 til 50%.

### 5.5.2 Efnisnám

#### Malarnám

Ekki finnast staðir í næsta nágrenni fyrirhugaðra varnargarða er leyfa umtalsverða malartekju (Ágúst Guðmundsson 1998).



MYND 5-14 Mögulegar efnisnámur og fjarlægð frá framkvæmdasvæði.

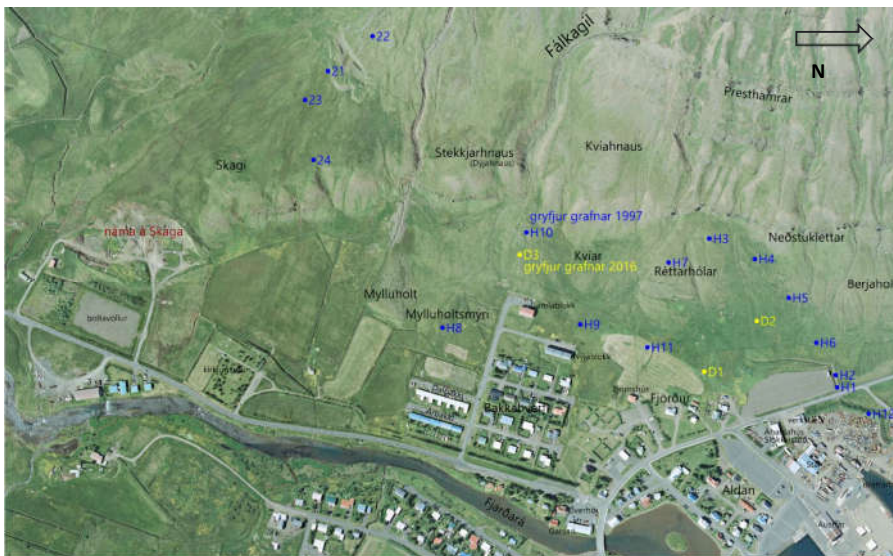
Álitlegt námusvæði fyrir byggingu varnargarða eru í stórum aurkeilum í hlíðum Strandartinds. Borgartangi er stærsta keilan og hefur þar verið tekið töluvert efni. Tekin voru tvö sýni, hvort úr sinni keilunni, þau rannsókuð og voru niðurstöður góðar. Ókostur þessa svæðis er að fjarlægð í námu er allnokkur og flutningsleiðin frá námu yrði gegnum nánast allan bæinn á Seyðisfirði.



## 5 TILLÖGUR AÐ VÖRNUM



MYND 5-15 Gryfja D3, grafin 6. desember 2016.



MYND 5-16 Skagi og garðsvæði

Grafnar voru 4 gryfjur (21-24) ofarlega á Skaga, neðan Jókugils, sjá 2370-023-031. Gryfjurnar voru 4,2 til 4,5 m djúpar og kom ekki fram grunnvatn í þeim þegar þær voru grafnar. Efnið í neðri gryfjunum tveimur var mestan part mýrarjarðvegur. Efnið í efri gryfjunum var fínefnarík blanda af sandi og mól. Tekin voru tvö sýni úr hvorri efri gryfjanna. Á rannsóknarstofu var sýnum lýst og mældur raki og kornadreifing hvers sýnis. Fínefnið var 10 til 20% og er efnið því mjög frost- og rakaviðkvæmt. Raki mældist 10 til 35%. Á milli gryfja 21 og 22 hefur verið tekið eitthvað af mól. Að öllum líkindum liggur beinna við að taka efni í malarnámunni neðar á Skaga.

Malarnáma er á Skaga ofan boltavallar. Þar hefur verið tekið töluvert efni og hentar náman vel en efni úr námunni hefur ekki verið rannsakað.

Malarnám er mögulegt við Fjarðarsel en magnið er lítið og svæðið viðkvæmt.

### Grjótnám

Í Neðstuklettum eru mjög þykk hraunlög úr þóleiftbasalti. Efsta basaltlagið myndi henta vel til grjótnáms þar sem aðgengi að því er sumstaðar gott, svo sem hjá námunni við Skaga. Bergið er stórstuðlað þóleiit, nokkuð áberandi straumflögótt við yfirborð og vel slípað niður af jökli (Ágúst Guðmundsson 1998).

Efsta basaltlagið er einnig í Stekkjarhnaus, í jaðri garðsvæðisins.

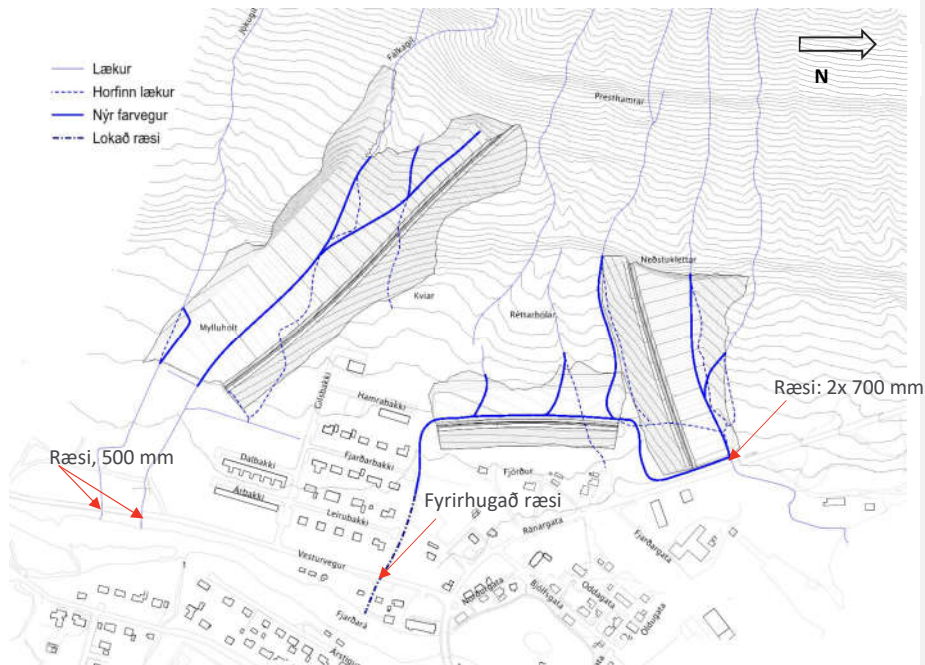
## 5.6 Mannvirki

### 5.6.1 Lagnir

Á framkvæmdasvæðinu eru engar lagnir á víðavangi nema gömul vatnsveita frá Skaga en hún er löngu aflögð og þarf ekki að taka tillit til hennar. Einu lagnirnar sem spillast eru raflagnir á húsbílastæðinu sem lendir að miklum hluta undir Öldugarði.

### 5.6.2 Frárennsli og grunnvatn

Hönnun frárennsli rása miðast við að koma vatni af garðsvæðum út í sjó eða Fjarðará. Við val á stærðum ræsa á verkhönnunarstigi garða skal miða stærðir ræsa og rofvarnir farvega við a.m.k. 100 ára úrkomuflóð og bæta ofan á 10% auknu álagi vegna hlýnunar jarðar, eða betra mati. Nota skal handbók fyrir hönnunarflóð á Íslandi við mat á stærð slíkra flóða (Jónas Elíasson, 2014 vinnueintak) og nýjustu M5 kort fyrir viðkomandi landshluta. Í sumum tilvikum getur þurft að yfirfara þau kort með hliðsjón af staðsetningu úrkomumæla.



MYND 5-17 Farvegir og breytingar á farvegum

### Bakkagarður

Ekki verða miklar breytingar á framrás vatns við byggingu varnargarðsins. Vatn verður eins og áður leitt um skurð um 90 m fyrir innan raðhúsin að Dal- og Árbakka undir Vesturveg um ræsi í Fjarðará. Vatnið mun eiga auðveldari framrás í skeringunni við garðinn en það á í brekkunni í dag. Því má búast við að afrennsli að ræsinu geti aukist og að rýmka þurfi skurðinn og stækka ræsið en það er 500 mm steinræsi. Annað 500 mm steinræsi er um 150 m fyrir innan raðhúsin (Jókugil) en sennilega hentar sá staður ekki eins vel.

### Fjarðargarður

Fjarðargarður hallar niður til beggja enda og mun því vatn frá honum renna bæði til norðurs og suðurs. Ekki eru augljósir farvegir vatns ofan við Fjarðargarðinn og því líklegt að vatnsstreymi sé ekki mikið. Til suðurs færi vatnið í skurð/skorning sem er rétt utan við húsin í Fjarðarbakka. Líklegt er að vatnsmagn um skurðinn aukist. Leggja þarf nýja lokaða lögn frá Fjarðarbakka og niður í Fjarðará. Til norðurs færi vatnið niður að Ránargötu og þaðan til norðurs fyrir Öldugarð og sameinaðist þar frárennsli hans.

### Öldugarður

Ekki verða miklar breytingar á framrás vatns við byggingu varnargarðsins. Vatn verður eins og áður leitt að ræsi í gegnum Ránargötu. Ræsið er 2 stk. 700 mm stálhólkar og rennur frá því um farveg til sjávar.

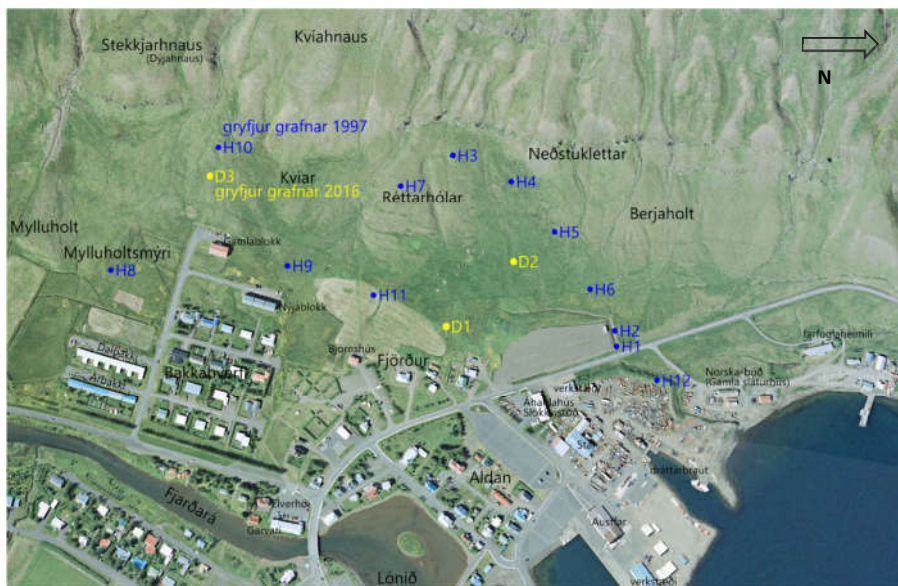
Vatnið mun eiga auðveldari framrás í skeringunni við garðinn en það á í brekkunni í dag og því þarf hugsanlega að stækka ræsið í gegnum veginn. Farvegurinn neðan Ránargötu er greiður og utan íbúðabygðar.

### Grunnvatn

Sumarið 1997 voru grafnar 12 gryfjur á garðsvæðinu (H1-H12). Efri gryfjur voru þurrar en í gryfjum rétt ofan byggðarinnar (gryfjum H8, H9 og H11) mældist grunnvatn á 3 til 4 metra dýpi. Og í gryfju H1 niður undir Ránargötu mældist dýpið 3 metrar. Í desember 2016 voru grafnar 3 gryfjur (D1-D3) og var grunnvatn í einni þeirra (D1) á tæplega 5 m dýpi.

Verk- og tækjamenn segja grunnt á vatn á svæðinu og streymi mikið.

Skeringar neðri hluta Bakka- og Öldugarðs verða ábyggilega að einhverju leyti neðan núverandi grunnvatnsborðs og ef til vill einnig einhver hluti skeringa Fjarðargarðs.



MYND 5-18 Gryfjur

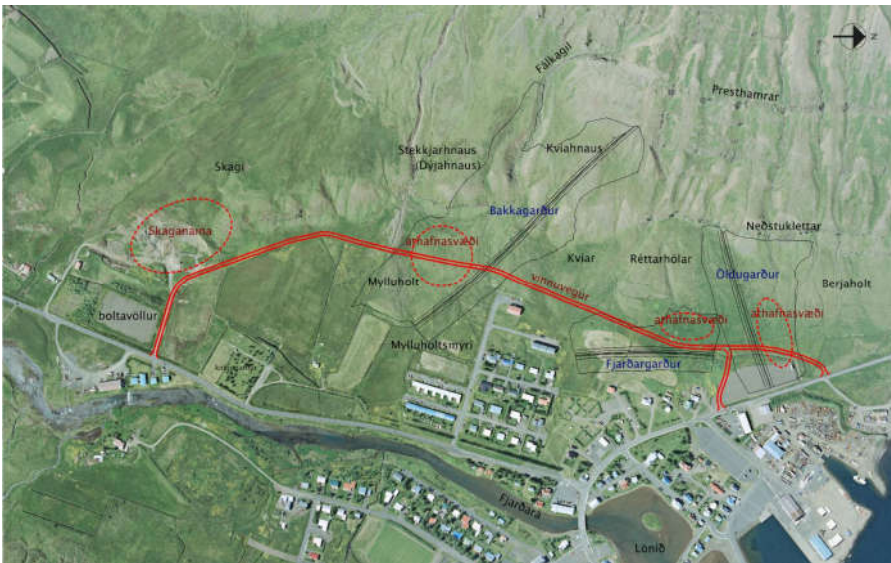
Dýpsta skering Bakkagarðs er um 40 m (í Stekkjarhnausi) og dýpsta skering Öldugarðs um 12 m og má búast við grunnvatni í skeringum efri hluta beggja garðanna.

Við verkið þarf að bregðast við grunnvatni, þar sem það skýtur upp kollinum.

5.6.3 Vegir

Gert er ráð fyrir því að lagður verði vegur frá Skaganámu og fylgi bæjargirðingu að Ránargötu og sennilega þarf að styrkja núverandi veg frá Vesturvegi að Skaganámu. Vegurinn verður almennur vinnuvegur og til efnisflutninga frá Skaganámu en óvíst er hve miklir þeir flutningar verða.

Tryggja þarf aðkomu að gördunum eftir að byggingarframkvæmdum er lokið.



MYND 5-19 Aðkomuleiðir og athafnasvæði

## 6 LANDMÓTUN OG SKIPULAG

### 6.1.1 Markmið

Meginmarkmiðið með mótvægisáðgerðum er að draga úr neikvæðum sjónrænum áhrifum sem óhjákvæmilega hljóta af tilkomu varnargarðanna. Þetta er m.a. gert með aðlögun garða að núverandi landslagi og byggð, vönduðum frágangi og mótun garðanna þannig að útlit þeirra verði sem best, uppgræðslu og skógrækt í og við röskuð svæði og með því að nýta breytt umhverfi fyrir ný tækifæri til upplifunar og útivistar.



MYND 6-1 Ásýnd á varnarsvæðið úr lofti

### 6.1.2 Hönnun garða

Allir varnargarðarnir þrír eru byggðir upp á sama hátt. Hliðar sem snúa að flóðrásum eru gerðar úr netgrindum fylltum með unnu bergi sem kemur úr skeringum í framkvæmdinni. Hliðar sem snúa frá flóðrásum eru með fláfleygum, halli 1:2, og verða þær græddar upp með grassáningu þannig að góð binding fái á jarðveginn og garðarnir falli betur inn í umhverfið. Mikilvægt er að frágangur við enda varnargarða sé vandaður. Neðri endum Öldugarðs og Bakkagarðs ásamt endum Fjarðargarðs verðu gefið ákveðið form. Þar verður einnig leið upp á garðana og útsýnisstaður afmarkaður með girðingu. Toppur garðanna er 5m breiður og verður gönguleið eftir garðtöppum allra garðanna. Garðarnir eru aðlagðir að landslaginu eins og kostur er og garðkrónum gefin lítillega sveigð form til þess að milda ásýnd á garðana.



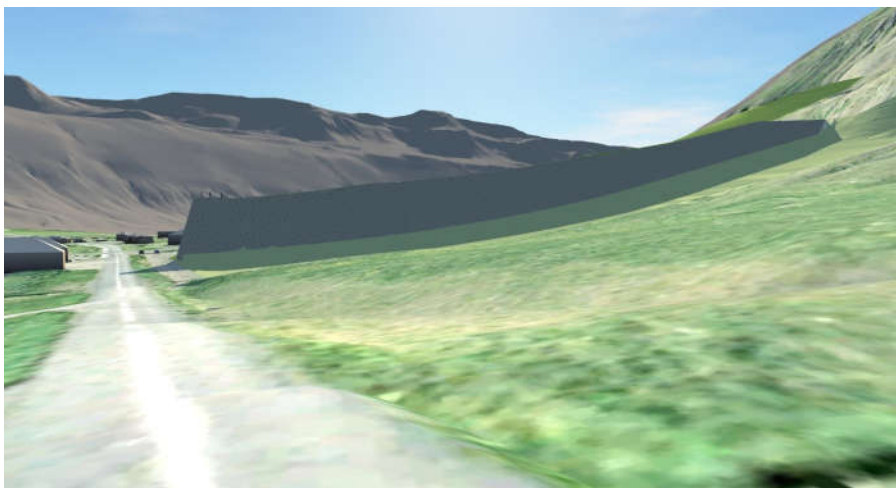
MYND 6-2 Ásýnd á Öldugarð frá Ránargötu



MYND 6-3 Ásýnd á Varnargarða úr lofti

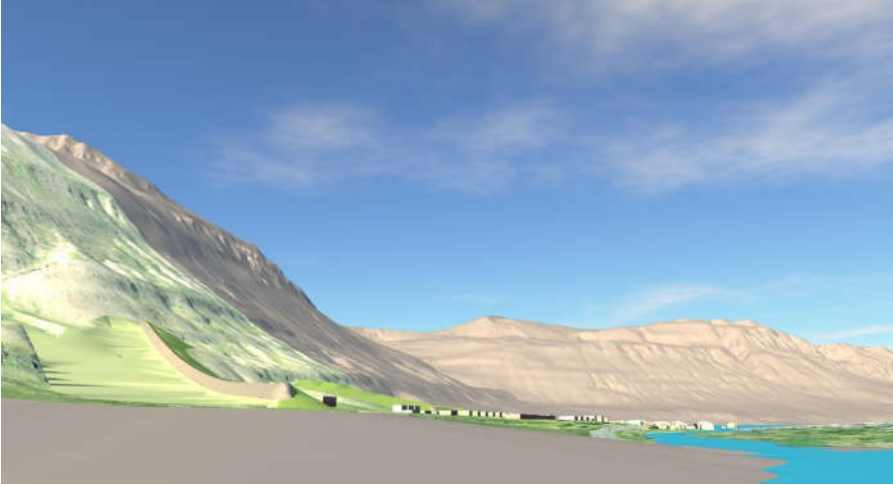
### 6.1.3 Ásýnd á varnarmannvirki úr umhverfinu

Varnargarðarnir verða umhverfismótandi og áberandi í byggðinni, einkum fyrir vesturhluta bæjarins. Öldugarður myndar áberandi vegg séð úr norðri (sjá mynd 6-4) og Bakkagarður verður mjög áberandi séð úr suðri (sjá mynd 6-5) einkum vegna þess að veggirnir, sem gerðir eru úr netkölfum, snúa í þessar áttir. Séð frá byggðinni verða garðarnir einnig nokkuð áberandi en þó ber að geta þess að fláflýgar garðanna snúa að byggðinni þannig að garðarnir falla betur inn í fjallshlíðina séð úr byggð (sjá mynd 6-6). Fjarðargarður er nokkuð nálægt íbúðarhúsum við Fjörð 1-7. Minnsta fjarlægð frá Firði nr. 7 að göngustíg neðan garðsins u.þ.b. 21m. Fjarlægð frá Firði 1-6 að göngustíg neðan garðsins er á bilinu 36-53 m. Séð frá húsum við Fjörð mun Fjarðargarður byrgja sýn á Neðstukletta en hlíðin þar fyrir ofan mun verða sýnileg eftir sem áður (sjá mynd 6-7).

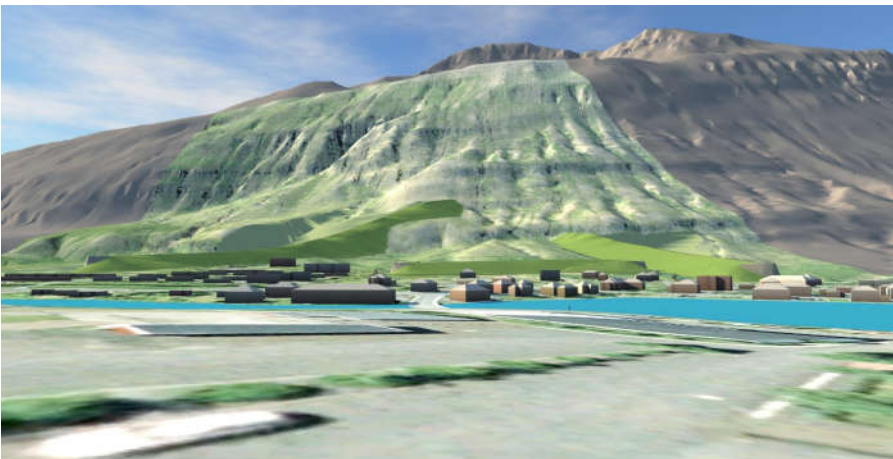


**MYND 6-4** Ásýnd á Öldugarð frá Ránargötu





MYND 6-5 Ásýnd á Bakkagarð frá Vesturvegi



MYND 6-6 Ásýnd á varnargarða frá Skólavegi

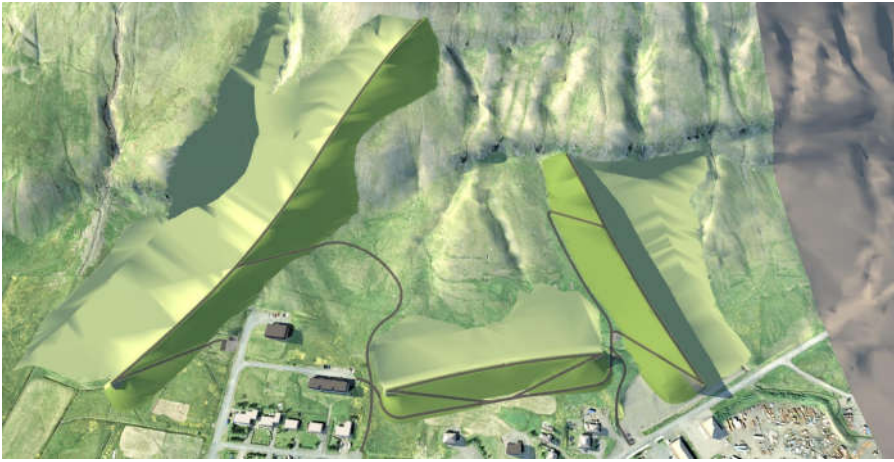


**MYND 6-7** Ásýnd á Fjarðargarð frá Firði nr. 7

#### 6.1.4 Göngustígar og áningarstaðir

Lagt verður nýtt göngustígakerfi um varnarsvæðið. Stígarnir munu tengjast núverandi stíganeti bæjarins á nokkrum stöðum og þannig auka fjölbreytni gönguleiða í bænum. Göngustígar, með þægilegum bratta, munu liggja upp á alla garðana á endum þeirra þar sem útsýni er gott. Á Bakkagarði og Öldugarði verða óformlegar gönguleiðir eftir garðtoppunum upp í fjall og einnig verða stígtengingar ofar í hlíðinni sem mynda hringleið um garðana. Á Fjarðagarði verður göngustígur eftir endilöngum toppnum hluti af hringleið um garðinn. Stefnt er að því að hægt verði að nota hluta vinnuvega á framkvæmdartíma sem framtíðar göngustíga.

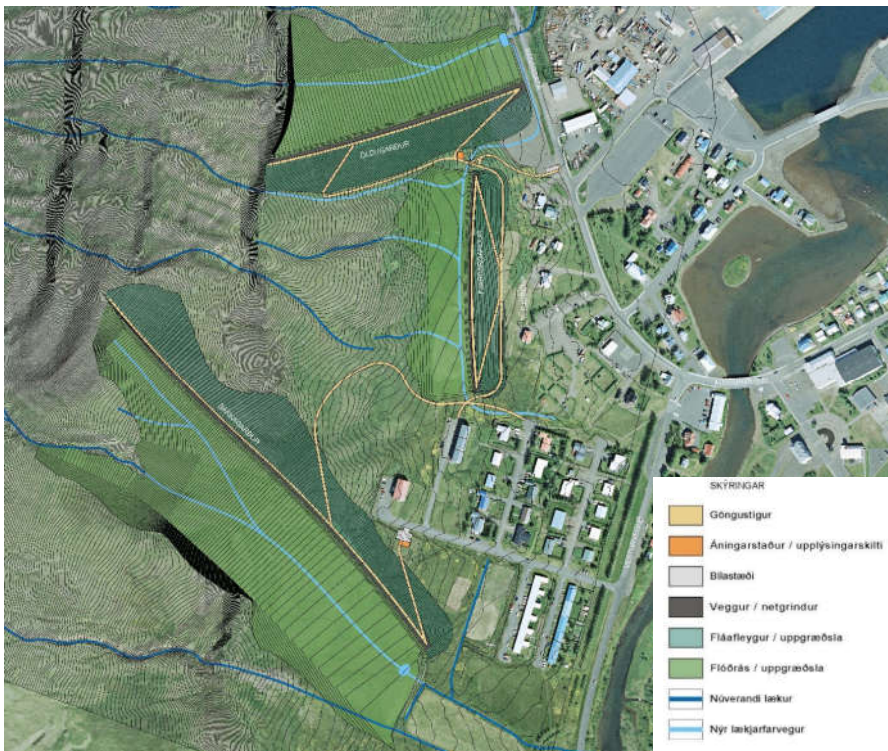
Auk útsýnisstaða á endum garðanna er gert ráð fyrir áningarstöðum á tveimur stöðum, við Gilsbakka og við norður enda Fjarðargarðs. Á dvalarsvæðunum verða upplýsingarskilti um framkvæmdina fyrir ferða- og útivistarfólk, auk aðstöðu til að tilla sér niður. Gert er ráð fyrir nýjum bílastæðum í tengslum við áningarstað við Gilsbakka og við Austurveg.



MYND 6-8 Ásýnd á framkvæmdarsvæði úr lofti

#### 6.1.5 Flóðrás og vatnsfarvegir

Ofan við Fjarðargarð mun vera rennandi vatn frá núverandi lækjum og a.m.k. tímabundið úr skeringu ofan við garðinn. Gerður verður nýr farvegur frá norðurenda Fjarðargarðs, meðfram Öldugarði, að núverandi farvegi meðfram Austurvegi. Vatn sem leitar til suðurs ofan við Fjarðargarð verður leitt í ræsi út í Fjarðará. Núverandi lækir norðan Öldugarðs munu finna sér nýja farvegi í skeringunni norðan við garðinn. Gert er ráð fyrir lítilli tjörn ofan við ræsið undir Austurveg, til hreinsunar þannig að minni framburður berist út í Fjörðinn. Sunnan Bakkagarðs verða til nýir lækjarfarvegir í skeringunni sunnan garðsins gert er ráð fyrir lítilli tjörn við enda skeringarinnar þannig að minni framburður berist út í Fjarðará.



**MYND 6-9** Yfirlitsmynd með skýringum

### 6.1.6 Uppgræðsla og trjárækt

Nauðsynlegt er að binda jarðvegsfirborð með gróðri, bæði vegna útlits og eins til að koma í veg fyrir landeyðingu og moldrok. Sjóflóðavarnargarðarnir, með sínum bröttu fláum og miklu hæð, þarfnast sérstakrar meðferðar til að unnt verði að klæða þá gróðri. Því er reiknað með að gera ræktunaráætlun til lengri tíma til að græða upp varnargarðana. Röskuð svæði verða ræktuð upp, með grassáningu og áburðargjöf, eftir því sem framkvæmdum miðar áfram eins og kostur er til þess að hefta jarðvegsfok. Notaðar verða fræ- og áburðarblöndur sem gefist hafa vel í öðrum varnarframkvæmdum. Með tímanum mun staðargróður verða meira og meira áberandi á uppgræðslusvæðum og því munu mannvirkin falla betur og betur inn í landslagið með tímanum.

Á útvöldum stöðum, t.d. við áningarstaði, verða gróðursett tré og runnagróður til skjóls og yndisauka. Einnig verða gróðursettar skógræktarplöntur á markvissum stöðum til að milda ásýnd á mannvirkin og til að auka fjölbreytni og gæði útivistarsvæða umhverfis garðanna. Við tegundaval verður tekið mið af staðargróðri og ræktunarreynslu sem áunnist hefur í fyrri varnarframkvæmdum. Mælt er með að gert verði nánara skipulag og trjáræktaráætlun fyrir allt umhverfi snjóvarnargarðanna.

## 7 VERÐMÆTI EIGNA

### 7.1 Eignir í íbúðarhverfum



MYND 7-1 Staðsetning húsa miðað við hættumatslínur í staðfestu hættumati (2002)

Fyrirhugaðir varnargarðar munu verja 60 íbúðarhús með 84 íbúðum sem standa innan hættusvæða C, B og A eins og sést á töflu 7-1. Íbúðirnar eru í Bakkahverfi, við Fjörð og á Öldunni.

Á Öldunni eru að auki 9 önnur hús á hættusvæði C, B og A sem varnargarðarnir munu verja. Það eru m.a. kirkjan, safnaðarheimilið, skrifstofur, atvinnuhúsnæði, gistihús og veitingahús.

**TAFLA 7-1** Fjöldi húsa og fjöldi íbúða á hættusvæðum

	Fjöldi eigna				Fjöldi húsa			
	C	B	A	CBA	C	B	A	CBA
Íbúðarhús	30	24	30	84	11	20	29	60
Önnur hús	3	5	5	13	3	5	5	13
Samtals	33	29	35	97	14	25	34	73

**TAFLA 7-2** Íbúðarhús og fjöldi íbúða á hættusvæðum eftir staðsetningu

	Fjöldi eigna			Fjöldi húsa		
	C	B	A	C	B	A
Árbakki			5			5
Bjólfsgrata		5	1		4	1
Dalbakki			6			6
Fjarðarbakki		10			10	
Fjörður	7			6		
Gílsbakki	8			1		
Hamrabakki	12			1		
Leirubakki			9			9
Norðurgata			5			4
Oddagata	3	1		3	1	
Ránargata		1			1	
Vesturvegur			2			2
Öldugata		7	2		4	2
Samtals	30	24	30	11	20	29
heild			84			60

TAFLA 7-3 Önnur hús á hættusvæðum eftir staðsetningu

	Fjöldi húsa		
	C	B	A
Bjólfgata		2	1
Leirubakki			1
Norðurgata			2
Oddagata	2	1	
Ránargata		2	
Öldugata	1		1
samtals	3	5	5
heild			13

Heildarverðmæti eigna innan núverandi hættusvæða C, B og A sem garðarnir verja er 972 MISK m.v. fasteignamat. Brunabótamat sömu eigna er 3.057 MISK. Verðmat húseigna er byggt á fasteignamati sem gefið var út hjá Fasteignamati ríkisins í júní 2017 og tók gildi 31. desember 2017. Verðmatið gildir fyrir árið 2018.

TAFLA 7-4 Verðmat eigna sem varin eru gegn ofanflóðum

	Fasteignamat (Heildarmat)				Brunabótamat			
	C	B	A	CBA	C	B	A	CBA
Íbúðarhús	220	251	359	830	733	719	1.053	2.505
Önnur hús	11	80	50	141	38	312	201	551
Samtals	230	331	409	971	771	1.031	1.254	3.057

## 7.2 Eignir á hafnarsvæði

Öldugarður hefur áhrif á staðaráhættu 6 húsa á hafnarsvæðinu.

TAFLA 7-5 Verðmat eigna á hafnarsvæði sem Öldugarður hefur áhrif á

Heimilisfang	Notkun	Byggingarár	Fasteignamat	Brunabótamat
Fjarðargata 1	Iðnaðarhús	1948	47	192
Fjarðargata 8	Afgreiðsla, tollskoðun o.fl.	1985	19	65
Fjarðargata 10	Netaverkstæði	1977	29	92
Ránargata 2	Iðnaðarhús, áhaldahús	1977	26	77
Ránargata 2A	Bilaverkstæði	1992	12	53
Ránargata 2C	Spilskýli	1992	7	7
samtals			140	486

Í grein 10.1.4 er gerð grein fyrir því hvernig staðaráhættan breytist.



## 8 KOSTNAÐARMAT VARNA

Kostnaður við uppbyggingu varna er settur fram í töflu **Error! Reference source not found.** Kostnaðarmatið er byggt á uppfærðum kostnaðaráætlunum fyrir sambærilegar framkvæmdir. Einingarverð hafa verið uppfærð miðað við byggingarvísitölu á **verðlag** í maí 2018. Um er að ræða heildarkostnað byggingar garða sem samanstendur af verktakakostnaði, kostnaði við hönnun, eftirlit og umsjón og einnig ófyrirséður kostnaður.

Kostnaður við endanlega landmótun svæðisins hefur verið metinn gróflaga út frá sambærilegum verkum en kann að breytast við frekari hönnun.

Fyrirvari er á magntölum sem kunna að breytast við endanlega hönnun garðanna.

Heildarfyllingarmagn er áætlað 415 þús. m<sup>3</sup> og heildarskeringarmagn 522 þús. m<sup>3</sup> því þarf að koma rúmlega 100 þús. m<sup>3</sup> skeringarefnis í annað, til dæmis aukna landmótun. Gera má ráð fyrir því að 50 þús. m<sup>3</sup> skeringar neðsta hluta Bakkagarðs sé lélegt til fyllingar.

Við mat á klapparhluta skeringar er gert ráð fyrir að við Bakkagarð sé dýpi á klöpp að jafnaði 5 m en við Ödugarð sé það 7 m. Rúmlega þriðjungur skeringa er talinn vera í klöpp.

**TAFLA 8-1** Kostnaður við uppbyggingu varna

Garðar	Kostnaður (MISK)
Brattir jarðvegsgarðar neðan Brúnar	1.800
Garðar á Brún	730
<b>Heild</b>	<b>2.530</b>

Heildarkostnaður við varnargarðana er metinn um 1.800 MISK, þar af er rúmlega helmingur kostnaðar vegna Bakkagarðs. Í kostnaðaráætlun er óvissa um magn klapparskeringa og staðsetningu haugsetningarsvæðis fyrir um 100 þús. m<sup>3</sup> af lausu efni. Einnig eru aðstæður við uppbyggingu leiðigarða eru vandasamar vegna bratta og klettabelta.

## 9 TVÍVÍÐAR LÍKANKEYRSLUR, RAMMS

Svissneska líkanið RAMMS (e. rapid mass movement simulation) var notað til þess að herma snjóflóð úr upptakasvæðum ofan og neðan Brúnar og meta þykkt, hraða og stefnu flóðstrauma ofan varnarvirkja. Jafnframt var horft til reikninganna við mat á áhrifum leiðigarðanna tveggja á þurr hraðfara snjóflóð.

### 9.1 Fyrirvari

Hafa ber í huga að tvívíðir líkanreikningar sem þessir eru í besta falli ónákvæmir. Líkanið nær að herma straumstökk í árekstri við fyrirstöður en ekki er innbyggt orkutap í árekstri við brattar fyrirstöður. Því hentar líkanið ekki til þess að nota alfarið við hæðarákvörðun garða. Hins vegar hermir líkanið flóðstefnu og dýpt á sannfærandi hátt í landslagi þar sem fyrirstöður eru ekki þverar.

### 9.2 Uppsetning

Eðlismassi flóða var festur  $300 \text{ kg/m}^3$  og sjálfgefnir viðnámsstuðlar notaðir, sjá töflu 9-1. Ekki var gert ráð fyrir upptöku snævar neðan upptakasvæða. Úthlaupslengd flóða var stillt af með snjódýpt á skilgreindum upptakasvæðum Ví (rúmmáli flóðs). Möskvastærð reiknins var  $5 \times 5 \text{ m}$ . Reikninetið var útbúið upp úr hæðarlínulíkani sem lýst er í viðauka A.1 „SAMOS keyrslur fyrir upptakasvæði ofan Fálkagils í Bjólfi, Seyðisfirði“. Greining á áhrifum mismunandi möskvastærðar og krappa á feril og úthlaupslengdir flóða úr upptakasvæðunum eru í Viðauka A.2 „Líkankeyrslur í RAMMS úr upptakasvæðum nr. 1, 2, 3, 4 og 5 ofan Brúnar og 13, 14 og 15, neðan Brúnar“. Val á viðmiðunarflóðum fyrir hönnun varna tekur mið af þeim líkankeyrslum.

TAFLA 9-1 Viðnámsstuðlar í RAMMS líkankeyrslum

Stærð flóðs	Samloðun, C (Pa)	Viðnám við undirlag $\mu$	Hraðaháð viðnám $\xi \text{ (m/s}^2\text{)}$
Stórt, þurrt flóð, $V > 60 \text{ þús.m}^3$	0	0,19	2000
Meðalstórt, þurrt flóð, $60 \text{ þús.m}^3 > V > 25 \text{ þús.m}^3$	0	0,23	1750

### 9.3 Niðurstöður

#### 9.3.1 Upptakasvæði nr. 13

Hönnunarflóð úr upptakasvæði nr. 13 var keyrt í líkaninu. Úthlaupslengd flóðsins svarar til um 2000 ára endurkomutíma, eins og fjallað er um í kafla 4.1 „Skriðlengd hönnunarsnjóflóðs og áhætta“. Flóðdýpt í upptökum var valin 1,5 m og rúmmál flóðs um  $95 \text{ þús. m}^3$ .

Á fyrstu stigum hönnunar voru bornar saman líkankeyrslur úr mismunandi reiknilíkönum (SAMOS, samosAT og RAMMS, sjá teikningar 2370-023-007, 008 og 009), sem öll byggja á svipuðum eðlisfræðilegum nálgunum. Breyting á stefnu flóða úr upptakasvæði nr. 13, við Fálkagil, var greind, sjá minnisblöð í Viðauka A.1 og A.2. Helstu niðurstöður þess samanburðar eru:

## 9 TVÍVÍÐAR LÍKANKEYRSLUR, RAMMS

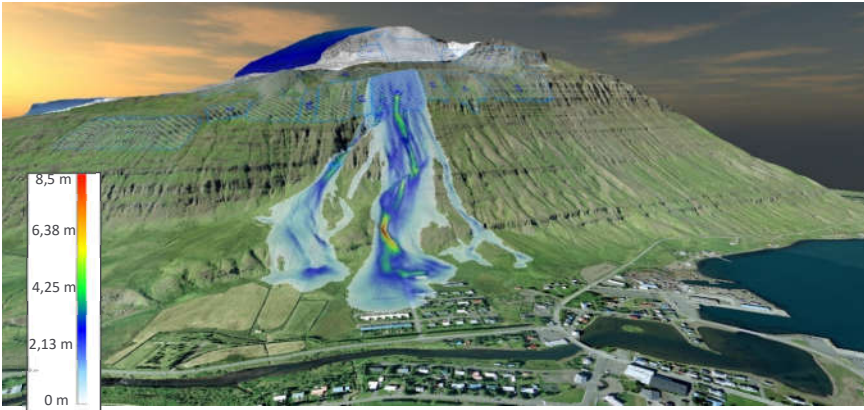
- Eldri útreikningar með SAMOS líkani eru á reiknineti með 10 m möskvastærð, sem búið er til upp úr grófum hæðarlínum (sjá teikningu 2370-023-007). Útreikningarnir eru taldir vanmeta stefnubreytingu snjóflóðs í árekstri við efsta hluta Fálkagils, þar sem gilið flest nánast út í reikninetinu. Talið er líklegt að áhrif gilsins verði svipuð keyrslum í samosAT og RAMMS útreikningum á reiknineti með 5x5 m möskvastærð unnu upp úr nákvæmari hæðalínum.
- Fínna reikninet (t.d. með 2x2 m möskvastærð) er talið ofmeta áhrif gilsins, þar sem búast má við að snjór dragi úr ójöfnum í landi þegar flóð fellur.
- Áhrif krappa á flóðstefnu í Ramms keyrslum eru ekki afgerandi.

Við það að flóð skelli á Fálkagili má búast við því að stefna flóðsins breytist (svipað og líkanreikningar benda til) og flóðið kastist yfir gilbarminn, sjá mynd 9-1. Áhrif Fálkagils á stefnu kastbogens eykst eftir því sem gilið hækkar til suðurs. Ekkert af líkönunum getur hermt slíkan kastboga, en hluti hönnunar felst í að tryggja að flóðkastið lendi ofan fyrirhugaðs leiðigarðs en ekki neðan garðsins, eins og lýst er í kafla 5.2.2 „Bakkagarður“.

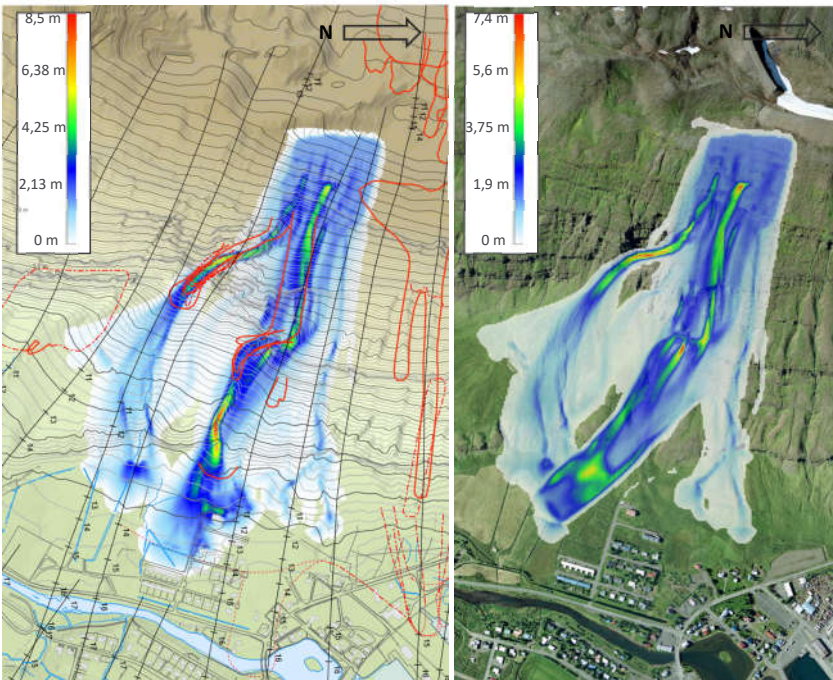


**MYND 9-1** Horft niður Fálkagil við efsta hluta gilsins. Ljósmynd Kristín Martha Hákonardóttir, tekin í júní 2016. Lengst til vinstri á myndinni er gilbarmurinn sem snjóflóð gætu kastast yfir.

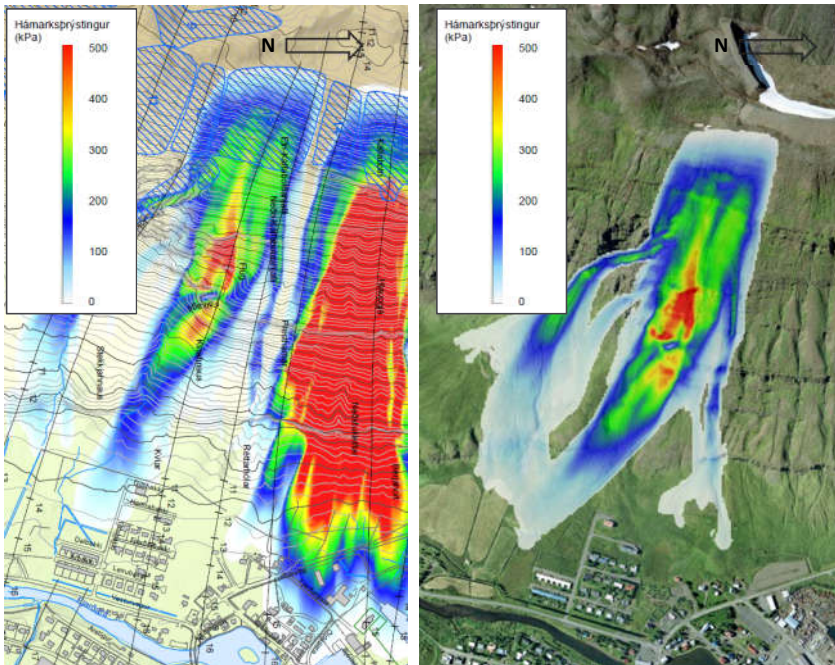
Á mynd 9-2, mynd 9-3, og mynd 9-4 má sjá niðurstöður RAMMS líkankeyrsla á hönnunarflóði með og án fyrirhugaðs leiðigarðs ofan Bakkahverfis. Á mynd 9.2 má sjá hvernig snjóflóð flæðir að hluta til yfir Fálkagil og hluti flóðs streymir eftir farvegi Fálkagils í þykkum flóðstraumi. Á mynd 9-3 má sjá áhrif þess að vikka/opna neðsta hluta gilsins. Flóðstraumur í Fálkagili rennur í stefnu flóðrásar og beinist frá varnargarði og byggð.



**MYND 9-2** Mesta flóðdýpt í hönnunarflóði úr upptakasvæði nr. 13 ofan Bakkahverfis, án varna. Upptakadýpt var 1,5 m og endurkomutími metinn um 2000 ár.



**MYND 9-3** Mesta flóðdýpt í hönnunarflóði úr upptakasvæði nr. 13 ofan Bakkahverfis, án varna (til vinstri) og með fyrirhuguðum leiðigarði og flóðrennu/skeringu (til hægri). Upptakadýpt var 1,5 m, rúmmál flóðs um 95 þús. m<sup>3</sup> og endurkomutími metinn um 2000 ár. Útlínur þekktra snjóflóða úr upptakasvæðinu eru sýndar sem rauðar línur á mynd til vinstri. Athugið að ekki er sami kvarði á myndunum



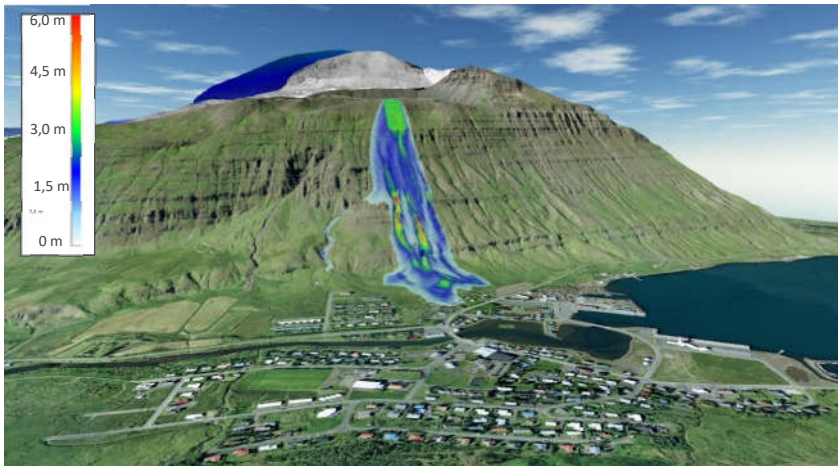
**MYND 9-4** Mesti þrýstingur í hönnunarflóði úr upptakasvæði nr. 13 ofan Bakkahverfis, án varna (til vinstri) og með fyrirhuguðum leiðigarði og flóðrennu/skeringu (til hægri). Upptakadýpt var 1,5 m, rúmmál flóðs um 95 þús. m<sup>3</sup> og endurkomutími metinn um 2000 ár.

### 9.3.2 Upptakasvæði nr. 14

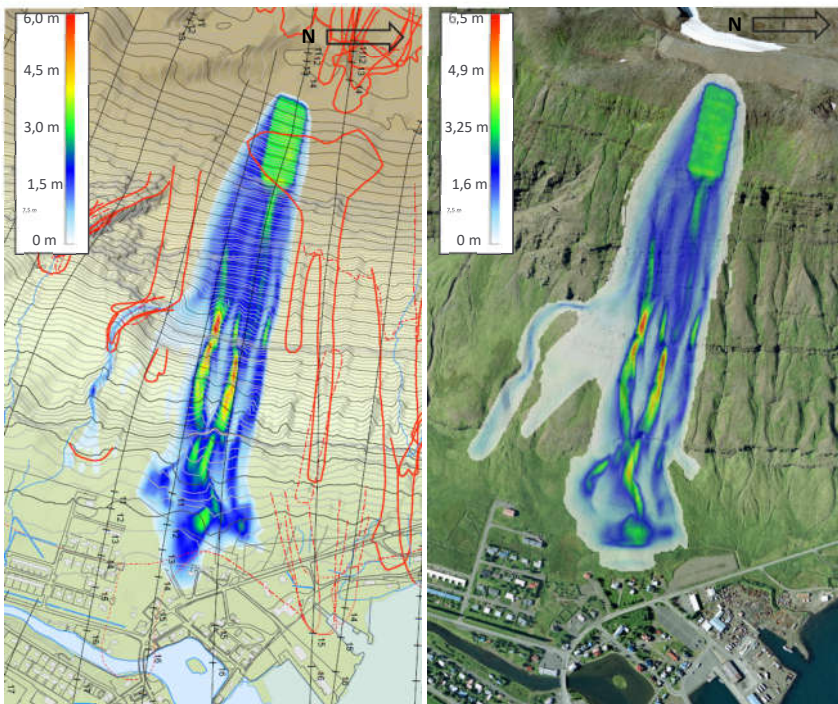
Flóð úr upptakasvæði nr. 14 var keyrt í líkaninu. Úthlaups lengd flóðsins er talin svara til 1000-2500 ára endurkomutíma, eins og fjallað er um í kafla 4.1 „Skriðlengd hönnunarsnjóflóðs og áhætta“. Flóðdýpt í upptökum var valin 3 m og rúmmál flóðs um 59 þús. m<sup>3</sup>. Rúmmál flóðsins er mun meira en telja má líklegt um flóð úr upptakasvæðinu en þetta snjómagnt þurfti til að koma snjóflóðum niður að jafnáhættulínu B.

Samanburð á hámarksþrýstingi í líkankeyrslum úr tveimur mismunandi reiknilíkönum má sjá á teikningum nr. 2370-023-007 og 2370-023-010 (SAMOS og RAMMS). Reiknilíkönin sýna áþekka hegðun og svipaðan flóðhraða við efstu hús, fyrir sambærilega úthlaups lengd.

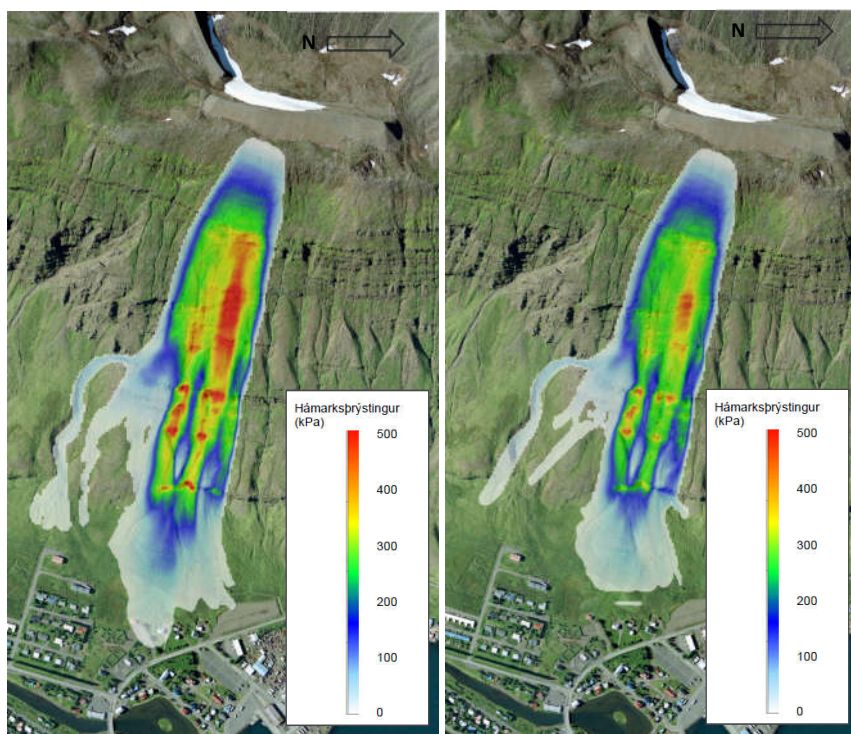
Á mynd 9-5, mynd 9-6 og mynd 9-7 má sjá niðurstöður RAMMS líkankeyrsla fyrir hönnunarflóð með og án fyrirhugaðs þvergarðs ofan Fjarðar. Snjóflóðið leitar í skorninga í hliðinni og breiðist út við Réttarhól. Mestur flóðþungi beinist að svæðinu milli Fjarðar nr. 7 og 3.



**MYND 9-5** Mesta flóddýpt í hönnunarflóði úr upptakasvæði nr. 14 ofan Fjarðar, án varna. Upptakadýpt var 3 m og endurkomutími áætlaður 1000-3000 ár.



**MYND 9-6** Mesta flóddýpt í flóði úr upptakasvæði nr. 14 ofan Fjarðar, án varna (til vinstri) og með fyrirhuguðum þvergarði (til hægri). Upptakadýpt var 3 m, rúmmál flóðs um 59 þús. m<sup>3</sup> og endurkomutími metinn 1000-2500 ár. Flóð eru ekki þekkt úr upptakasvæðinu. Útlínur þekktra snjóflóða úr upptakasvæðinu er sýndar með rauðum línunum á mynd til vinstri, til samanburðar. Athugið að ekki er sami kvarði á myndunum



**MYND 9-7** Mesta flóðdýpt í flóði úr upptakasvæði nr. 14 ofan Fjarðar, án varna (til vinstri) og með fyrirhuguðum þveggarði (til hægri). Upptakadýpt var 3 m, rúmmál flóðs um 59 þús. m<sup>3</sup> og endurkomutími metinn um 1000-3000 ár.. Athugið að ekki er sami kvarði á myndunum

### 9.3.3 Upptakasvæði nr. 15

Flóð úr upptakasvæði nr. 15, Kálfabotni var keyrt í líkaninu. Úthlaupslengd flóðsins svarar til um 2000 ára endurkomutíma, eins og fjallað er um í kafla 4.1 „Skriflengd hönnunarsnjóflóðs og áhætta“. Flóðdýpt í upptökum var valin 4 m og rúmmál flóðs um 185 þús. m<sup>3</sup>, sem samræmist þeirri miklu snjóflóðdýpt sem mælst hefur á upptakasvæðinu yfir 7 m, lóðréttir (Þorsteinn Arnalds o.fl., 2002).

Stefna og hraði snjóflóða úr Kálfabotni er vel ákvarðaður ef bornar eru saman líkankeyrslur í SAMOS líkani og í RAMMS líkani, sjá teikningar nr. 2370-023-007 og 009. Flóðin streyma eftir tveimur gilskorningum í hlíðinni, Hlaupgjá nefnist austari skorningurinn, sem er mun virkari, ef marka má snjóflóðasöguna. Flóðin halda miklum hraða niður fyrir neðsta klettabelti (um 50 m/s). Líklega sýna útreikningarnir of mikla flóðdýpt í gjánum en ekki er gert ráð fyrir snjó á jörðu í líkanreikningum, sem draga mun úr virkri dýpt gilskorninganna og þar með flóðdýpt. Við hönnun Öldugarðs er gert ráð fyrir að hönnunarflóð sé 2,5 m þykkt, með hliðsjón af t.d. snjóflóðinu úr Skollahvilft á Flateyri sem féll 1995. Flóðdýpt í þéttum kjarna flóðsins var metin um 2 m út frá ummerkjum á húsum á Eyrinni (heimild xxx).

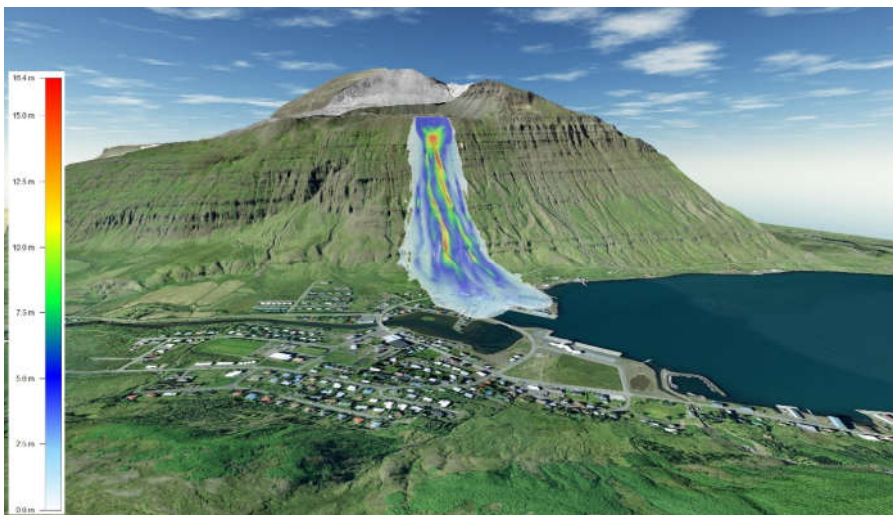
Commented [HH1]: Kristín - Heimild

Í næstu undirköflum er fjallað um líkankeyrslur í RAMMS líkaninu fyrir misstór snjóflóð, með og án fyrirhugaðs leiðigarðs.

#### 9.3.3.1 Hönnunarflóð

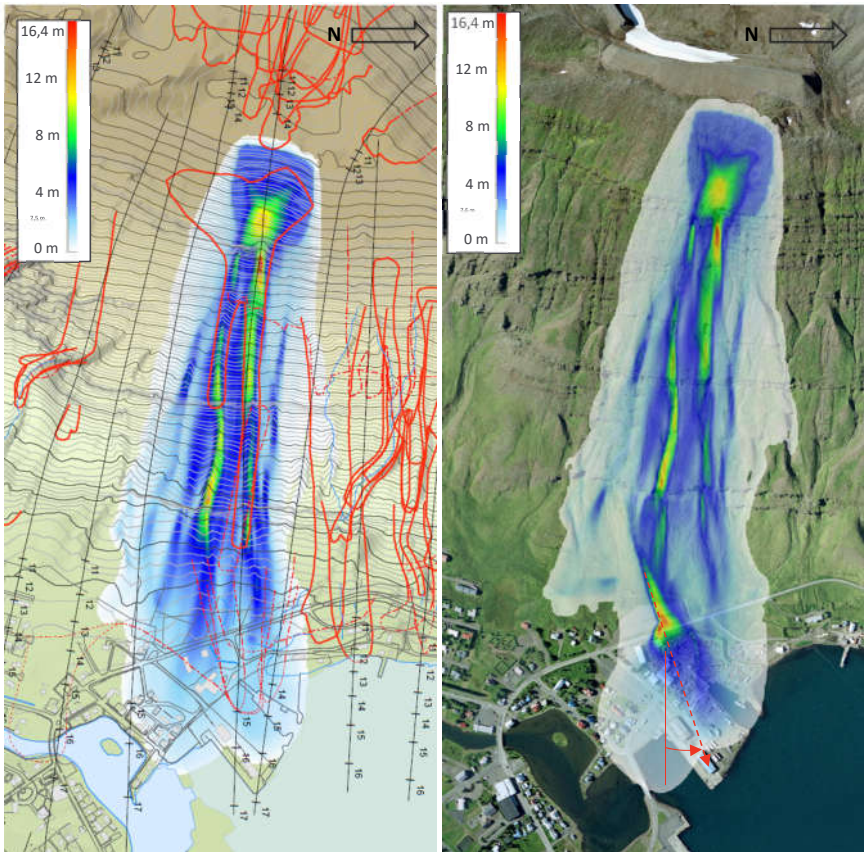
Á mynd 9-8 og mynd 9-9 má sjá mestu flóðdýpt í hönnunarflóði með og án varnargarðs. Flóðið skvettist lítillega yfir neðsta hluta garðs í líkanreikningunum. Ekki er talin ástæða til þess að hækka varnargarðinn vegna þessa, þar sem líkanið er talið ofmeta flóðdýpt í gilskorningum í hlíðinni. Megin flóðstraumur beinist frá byggð, í stefnu garðs, að odda hafnarinnar.

Á mynd 9-10 má sjá hámarksflóðþrýsting í hönnunarflóði með og án varnargarðs. Talið er að reiknilíkanið dreifi flóði neðan neðri enda varnargarðsins of mikið til suðurs, m.a. vegna þess að flóðmassinn hefur enga samloðun í keyrslunum. Talið er líklegra að hámarksþrýstingur stefni samsíða varnargarði neðan garðsins og að flóðtungu lengist í átt að húsinu við hafnarendann (Fjarðargötu 10), eins og sýnt er með örvum á mynd 9-9 og mynd 9-10. Slíkt samræmist betur niðurstöðum smáskalatilrauna og útlínum snjóflóðs sem féll á varnargarðinn á Flateyri árið 1999, sjá mynd 10-2.

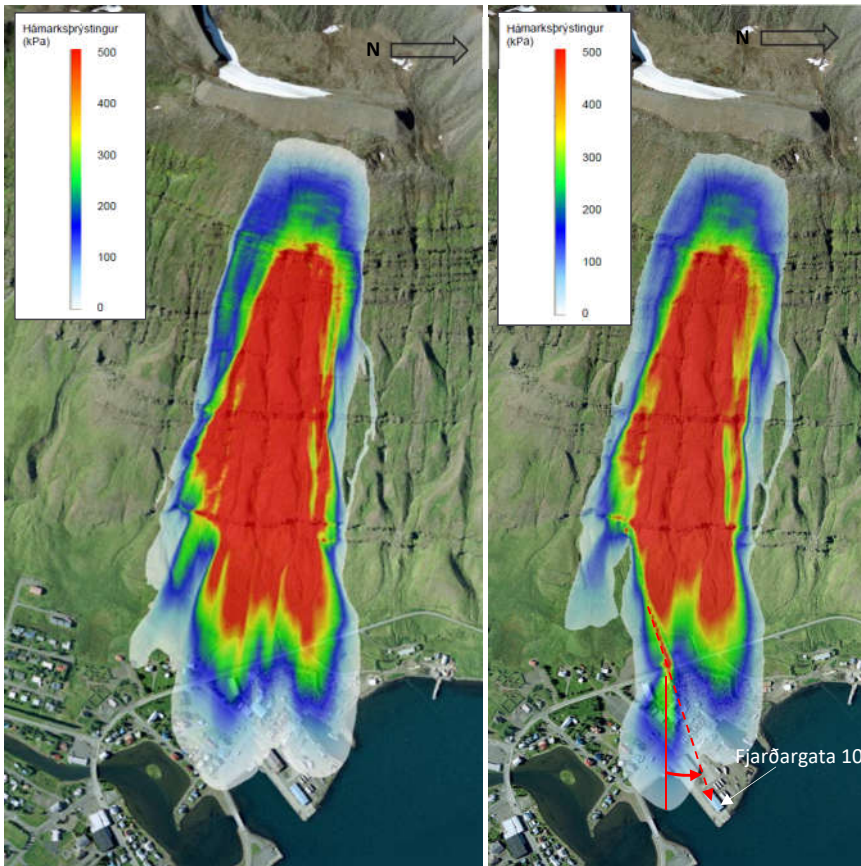


**MYND 9-8** Mesta flóðdýpt í hönnunarflóði úr upptakasvæði nr. 15 ofan Öldu, án varna. Upptakadýpt var 4 m og endurkomutími flóðsins áætlaður um 2000 ár.





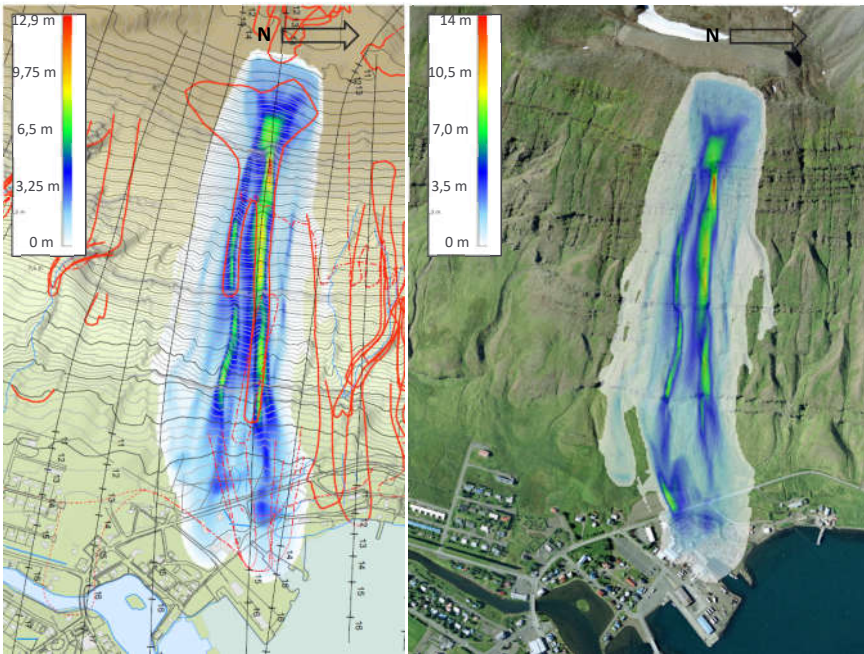
**MYND 9-9** Mesta flóðdýpt í flóði úr upptakasvæði nr. 15 ofan Öldu, án varna (til vinstri) og með fyrirhuguðum leiðigarði (til hægri). Upptakadýpt var 4 m, rúmmál flóðs um 185 þús. m<sup>3</sup> og endurkomutími metinn um 2000 ár. Útlínur þekktra snjóflóða úr upptakasvæðinu er sýndar sem rauðar línur á mynd til vinstri, til samanburðar.



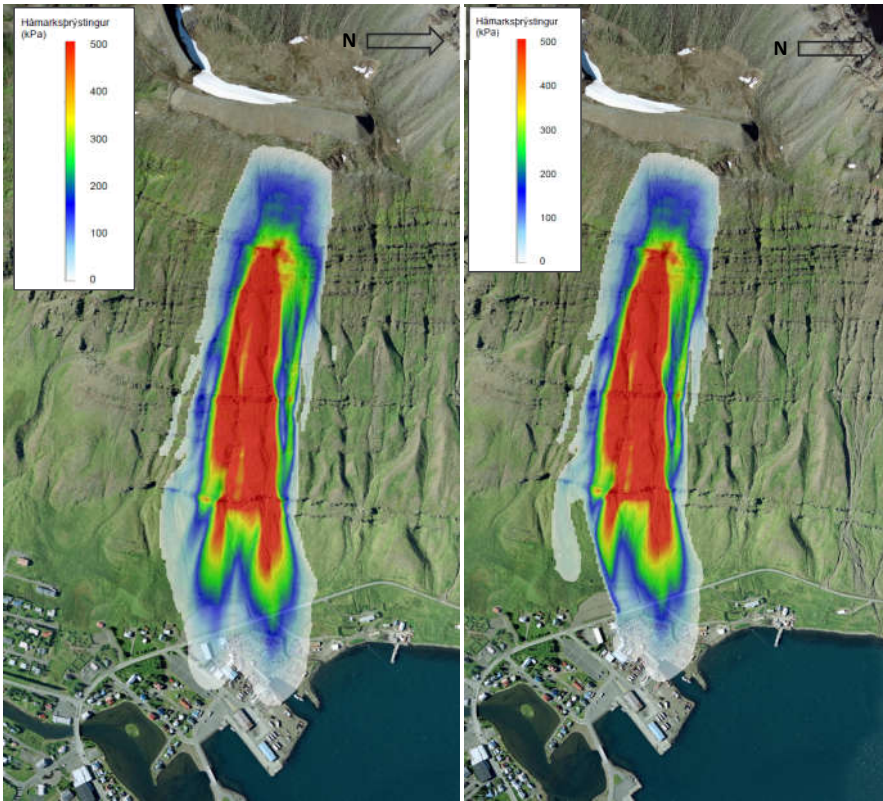
**MYND 9-10** Mesti flóðþrýstingur í hönnunarflóði úr upptakasvæði nr. 15 ofan Öldu, án varna (til vinstri) og með fyrirhuguðum leiðigarði (til hægri). Upptakadýpt var 4 m, rúmmál flóðs um 185 þús. m<sup>3</sup> og endurkomutími metinn um 2000 ár.

### 9.3.3.2 Minna flóð

Á mynd 9-11 og mynd 9-12 má sjá mestu flóðdýpt og mesta flóðþrýsting í snjóflóði sem er sambærilegt að stærð við stærstu þekktu flóð úr Kálfabotni, með og án varnargarðs. Snjóflóðið beinist alfarið frá byggð og hús á hafnarsvæðinu eru alveg varin eða í umtalsverðu vari frá flóðinu, sem annars hefði lent á þeim (þar á meðal áhaldahúsi/slökkvistöðinni).



**MYND 9-11** Mesta flóðdýpt í minna flóði úr upptakasvæði nr. 15 ofan Öldu, án varna (til vinstri) og með fyrirhuguðum leiðigarði (til hægri). Upptakadýpt var 2 m, rúmmál flóðs um 95 þús. m<sup>3</sup>. Útlínur þekktra snjóflóða úr upptakasvæðinu er sýndar sem rauðar línur á mynd til vinstri, til samanburðar.



**MYND 9-12** Mesti flóðþrýstingur í minna flóði úr upptakasvæði nr. 15 ofan Öldu, án varna (til vinstri) og með fyrirhuguðum leiðigarði (til hægri). Upptakadýpt var 2 m, rúmmál flóðs um 95 þús. m<sup>3</sup>.

#### 9.3.4 Upptakasvæði nr. 2

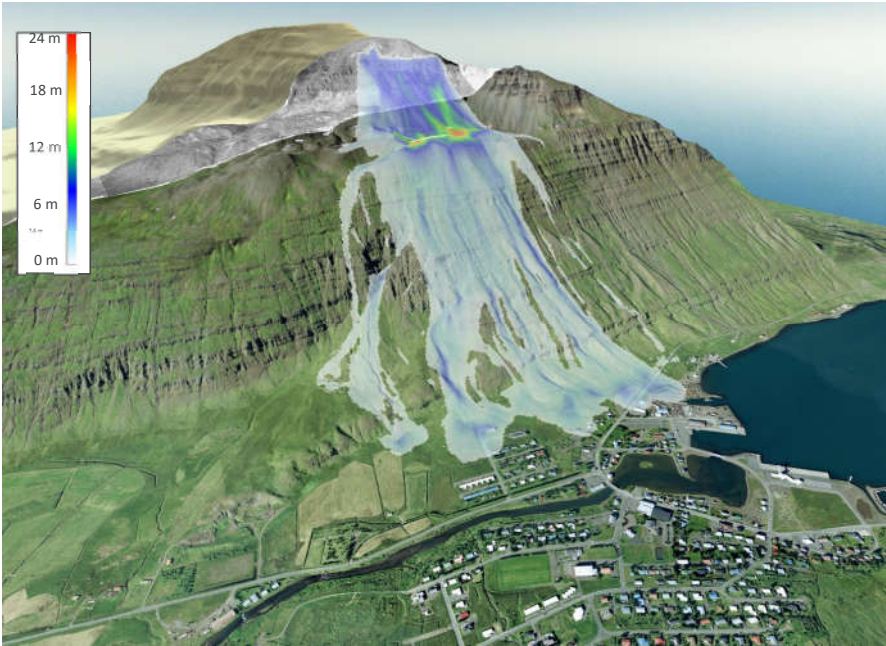
Tilgangur með hermun flóða úr upptakasvæðinu var aðallega að ákvarða stefnur flóða úr upptakasvæðum ofan Brúnar með tilliti til staðsetningar fyrirhugaðra varnargarða. Úthlaupslengd flóðsins svarar ekki til tiltekins endurkomutíma en þekkt flóð hafa runnið lengra en flóðið sem hér er hermt. Flóðdýpt í upptökum var valin 4 m eins og flóðdýpt í Kálfabotni og rúmmál flóðs var um 400 þús. m<sup>3</sup>).

Stefna og hraði snjóflóða úr upptakasvæðinu er vel ákvarðaður ef bornar eru saman líkankeyrslur í SAMOS líkani og í RAMMS líkani, sjá teikningu nr. 2370-023-011 og 012. Stefna flóða og mesti flóðhraði er í stærstu dráttum sá sami og flóða úr upptakasvæðum nr. 12, 13 og 14 og var því ekki talin þörf á að breyta legu garðanna sérstaklega m.t.t. hermunarinnar (sjá nánar í kafla 4.2 Kennistærðir hönnunarflóðs).

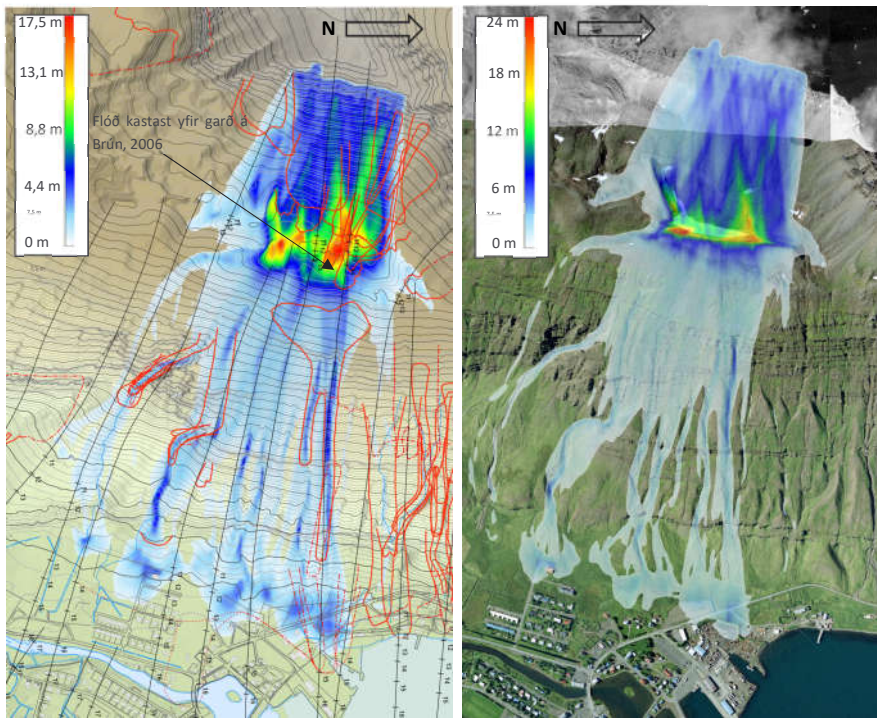
Á mynd 9-13, mynd 9-14, mynd 9-15, mynd 9-16 og mynd 9-17 má sjá niðurstöður RAMMS líkankeyrsla á flóðum úr upptakasvæðinu án nokkurra garða, með garði á Brún en án varna neðan Brúnar og loks

## 9 TVÍVÍÐAR LÍKANKEYRSLUR, RAMMS

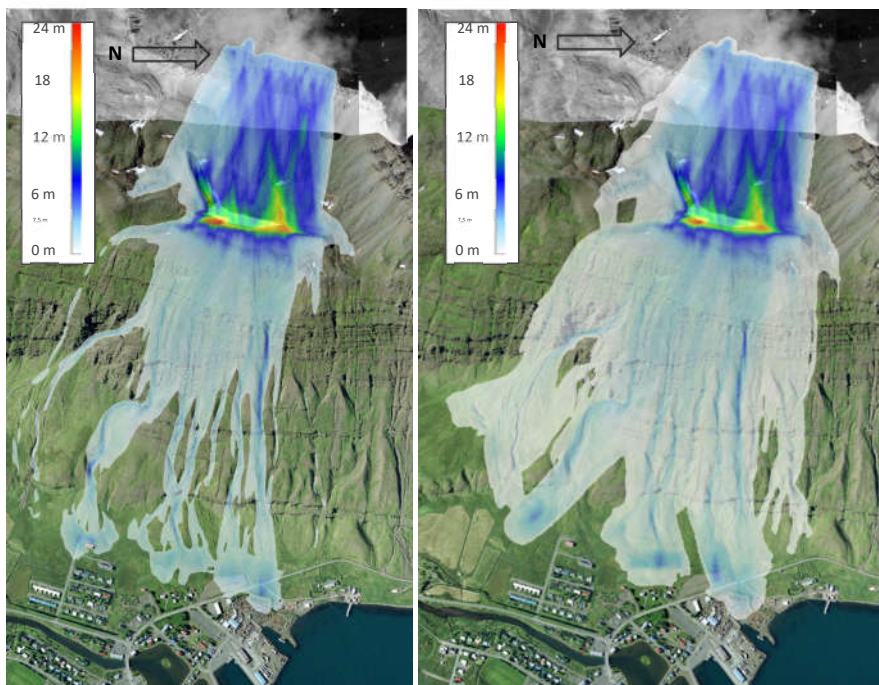
með garði á Brún og fyrirhuguðum görðum neðan Brúnar. Hæðarlínulíkan með vörnum á Brún var unnið upp úr loftmyndinni sem sést á myndum í kaflanum. Reiknilíkan byggt á hæðarlínunum inniheldur því skafllinn ofan suðurhluta garðsins á Brún. Þar með er tekið nokkuð tillit til áhrifa skaflsins á flóð sem lenda á þvergarðinum.



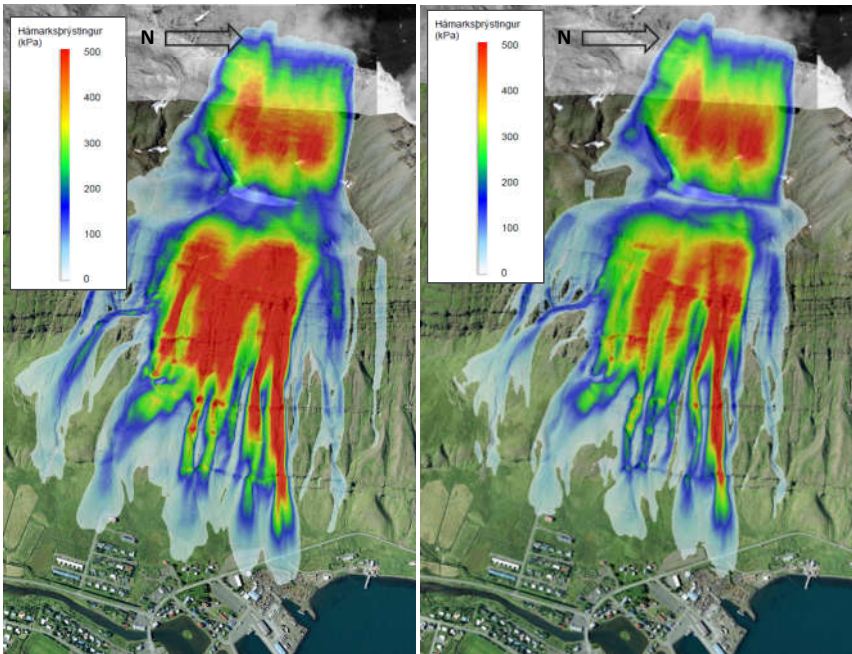
**MYND 9-13** Mesta flóðdýpt í stóru flóði úr upptaksvæði nr. 2 ofan Brúnar án varnargarða á Brún. Upptakadýpt var 4 m og rúmmál flóðs um 400 þús. m<sup>3</sup>.



**MYND 9-14** Mesta flóddýpt í flóði úr upptakasvæði nr. 2 ofan Brúnar, án varna á Brún (til vinstri) og með núverandi gördum á Brún (til hægri). Upptakadýpt var 4 m, rúmmál flóðs um 400 þús. m<sup>3</sup>. Útlínur þekktra snjóflóða úr upptakasvæðinu er sýndar sem rauðar línur á mynd til vinstri, til samanburðar. Athugið að ekki er sami kvarði á myndunum

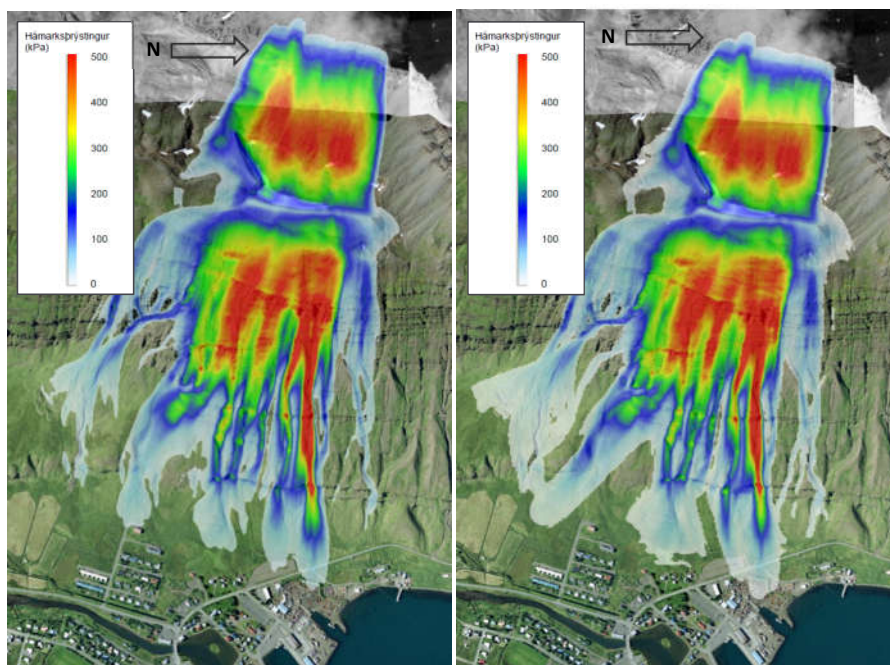


**MYND 9-15** Mesta flóddýpt í flóði úr upptakasvæði nr. 2 ofan Brúnar með varnargörðum á Brún en án varna neðan Brúnar (vinstri) og með fyrirhuguðum vörnum neðan Brúnar (til hægri). Upptakadýpt var 4 m, rúmmál flóðs um 400 þús. m<sup>3</sup>.



**MYND 9-16** Mesti flóðþrýstingur í flóði úr upptakasvæði nr. 2 ofan Brúnar, án varnargarða á Brún (til vinstri) og með varnargarði á Brún (til hægri). Upptakadýpt var 4 m, rúmmál flóðs um 400 þús. m<sup>3</sup>.





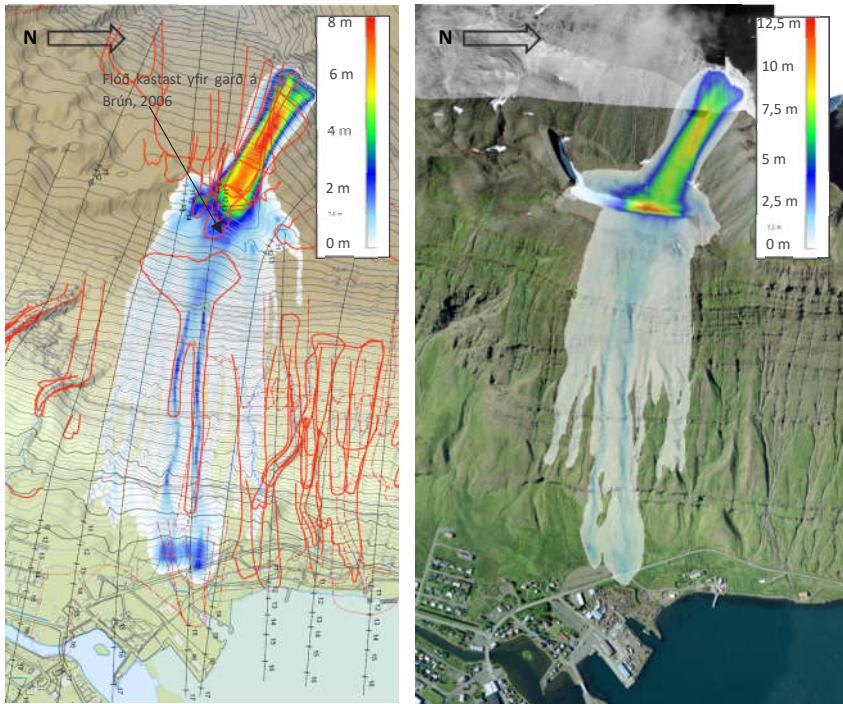
**MYND 9-17** Mesti flóðþryggingur í flóði úr upptakasvæði nr. 2 ofan Brúnar, með varnargörðum á Brún en án fyrirhugaðra garða neðan Brúnar (til vinstri) og með fyrirhuguðum görðum neðan Brúnar (til hægri). Upptakadýpt var 4 m, rúmmál flóðs um 400 þús. m<sup>3</sup>.

### 9.3.5 Upptakasvæði nr. 3

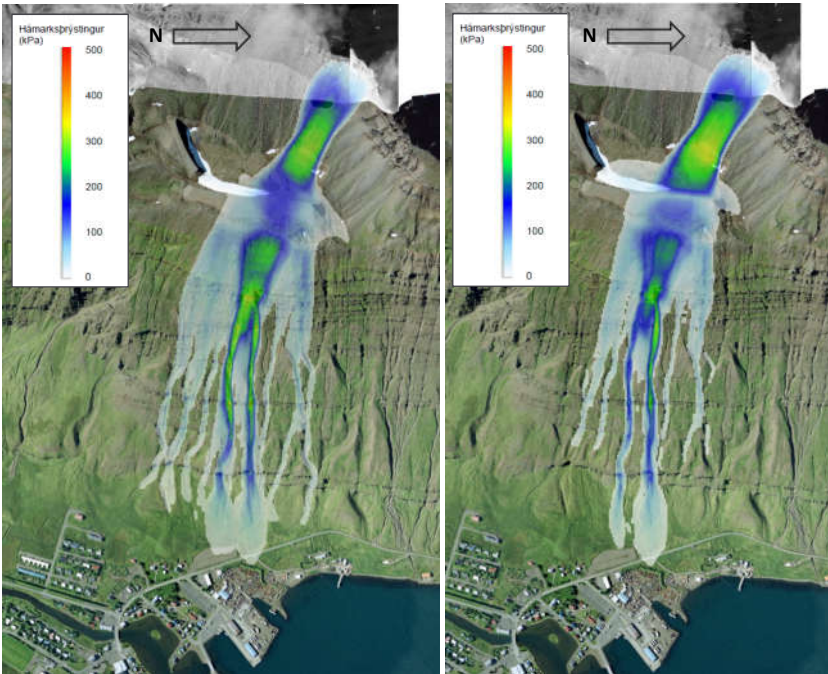
Tilgangur með líkanhermun flóða úr upptakasvæðinu var aðallega að ákvarða stefnu flóða úr upptakasvæðinu með tilliti til staðsetningar fyrirhugaðra varnargarða. Úthlaupslengd flóðsins svarar ekki til tiltekins endurkomutíma en þekkt flóð hafa runnið lengra en flóðið sem hér er keyrt. Flóddýpt í upptökum var valin 4 m eins og flóddýpt í Kálfabotni og í upptakasvæði nr. 2, í kafla 9.3.3 og rúmmál flóðs var um 90 þús. m<sup>3</sup>.

Stefna og hraði snjóflóða úr upptakasvæðinu er vel ákvarðaður. Stökkvi flóðin yfir þvergarðinn á Brún lenda þau í Kálfabotni og gætu komið af stað flóði úr því upptakasvæði. Ekki var mögulegt að herma slíkt í líkaninu en vísað í líkanreikninga úr upptakasvæði nr. 15. Flóðin leita í gjlskorningana tvo neðan Kálfabotns.

Á mynd 9-18 og mynd 9-19 má sjá niðurstöður RAMMS líkankeyrsla á flóðum úr upptakasvæðinu án garða á Brún og með gröðum á Brún. Eitt snjóflóð hefur kastast yfir norðurhluta þvergarðsins á Brún og voru upptök þess líklega úr upptakasvæði nr. 3, sjá mynd 9-18 og teikningu nr. 2370-023-005. Á þeim stað má einnig búast við mestu álagi á garðinn frá flóðum úr upptakasvæði nr. 2 (bæði flóðhraða og flóddýpt), sjá mynd 9-14 og mynd 9-15.



**MYND 9-18** Mesta flóðdýpt í flóði úr upptakasvæði nr. 3 ofan Brúnar, án varna á Brún (til vinstri) og með núverandi gördum á Brún (til hægri). Upptakadýpt var 4 m, rúmmál flóðs um 90 þús. m<sup>3</sup>. Útlínur þekktra snjóflóða úr upptakasvæðinu er sýndar sem rauðar línur á mynd til vinstri, til samanburðar. Athugið að ekki er sami kvarði á myndunum



**MYND 9-19** Mesti flóðþrýstingur í flóði úr upptakasvæði nr. 2 ofan Brúnar, án varnargarða á Brún (til vinstri) og með varnargarði á Brún (til hægri). Upptakadýpt var 4 m, rúmmál flóðs um 90 þús. m<sup>3</sup>.

## 10 ÖRYGGI NEÐAN VARNA

### 10.1 Endurskoðað hættumat

Tillaga að endurskoðuðum jafnáhættulínum að teknu tilliti til fyrirhugaðra varnarkirkja ofan Bakkahverfis, Fjarðar og Öldu, er á teikningu 2370-023-033, ásamt samþykktum hættumatslínum án varnarkirkja. Svæði sem varið er í hönnunarflóði má sjá á teikningu 2370-023-032. Tillagan er í samræmi við 22. grein reglugerðar nr. 505/2000 og breytingu á henni í 11. grein reglugerðar nr. 495/2007. Þar segir að við hönnun varnarkirkja skuli leitast við að auka öryggi þannig að eftir byggingu þeirra sé staðaráhætta fólks neðan þeirra aldrei meiri en 3,0 af 10 000 á ári. Græn skygging á teikningu nr. 2370-023-032 sýnir svæði ofan hættumatslínu A0 undir Fjarðar- og Öldugörðum þar sem lagst er gegn þéttingu íbúðabyggðar. Nýting þessara svæða undir atvinnustarfsemi er hins vegar heimil skv. hættumatsreglugerð.

Áhrif þvergarða á áhættu í byggð, eru m.a. metin með hliðsjón af einfaldri orkuhliðrun fyrir punktmassa. Lárétt stytting skriðlengdar vegna tilkomu varna fæst skv.

$$\frac{\lambda H_v}{\mu - \tan \theta}, \quad (1)$$

þar sem  $H_v$  er garðhæð að frádreginni snjóhulu á jörðu ( $H_v = H_d - h_s$ ),  $\lambda$  er stuðull sem svarar til hlutfallslegrar lækkunar á hreyfiorku í árekstri flóðs við garð. Viðmiðunargildi á stuðlinum er  $\lambda = 2$  fyrir bratta garða.  $\mu$  er viðnámsstuðull við botn sem svarar til Coulomb núningssuðuls og  $\theta$  er landhalli (hér er  $\mu = 0,25-0,3$  valið á úthlaupssvæðinu, eins og gert var á svæðunum við Klif, Sigtún og Urðargötu á Patreksfirði, og telst það hér núningssuðull).

Hönnun leiðigarða og þvergarða á svæðinu miðast við hæstu garða sem talið var mögulegt að koma fyrir ofan byggðar með góðu móti. Varnargarðar á Brún auka á öryggi varnargarðanna enn frekar og má sjá tillögu að jafnáhættulínum að teknu tilliti til varnargarða á Brún á teikningu 2370-023-005. Skaflamyndun ofan suðurhluta þvergarðsins er hins vegar áhyggjuefni og rýrir varnargildi garðsins, sjá mynd 10-1. Nauðsynlegt er að fylgjast náið með þróun þessa skafis. Með tilkomu varnargarðanna neðan Brúnar flyst jafnáhættulína BA upp fyrir efstu íbúðarhús neðan Bjólfs og staðaráhætta þar verður um 1 af 10 000 á ári.



Mynd 10-1 Loftmynd tekin sumarið 2015 af varnargörðum á Brún og skafli

Í töflu 10-1 er samantekt á færslu jafnáhættulína án varnargarða á Brún og að teknu tilliti til garða á Brún.

**TAFLA 10-1** Tillaga að hliðrun jafnáhættulína m.v. gildandi hættumat og tillögu að hættumati að teknu tilliti til varnargarða á Brún

	Hliðrun jafnáhættulínu CB (m)		Hliðrun jafnáhættulínu BA (m)		Færsla jafnáhættulínu A0 (m)	
	Nei	Já	Nei	Já	Nei	Já
<b>Er tekið tillit til garðs á Brún?</b>	Nei	Já	Nei	Já	Nei	Já
<b>Bakkagarður, 13 m leiðigarður, <math>\gamma=18^\circ</math></b>	0-140	0-95	0-170	0-140	0-100	0-100
<b>Fjarðargarður, 10 m þvergarður</b>	30-70	10-20	90-130	55-95	0-60	0-60
<b>Öldugarður, 17-20 m leiðigarður, <math>\gamma=25^\circ</math></b>	0-175	0-150	0-150	0-140	0-75	0-75

### 10.1.1 Bakkagarður

Bakkagarður ver Bakkahverfi á Seyðisfirði gegn snjóflóðum úr upptakasvæði nr. 13, neðan Brúnar og úr upptakasvæði nr. 2 ofan Brúnar. Stefna garðsins m.v. hönnunarflóð er mild og talið er að virkni garðsins sé því góð gagnvart öllum stærðum snjóflóða. Helsta óvissa í hönnun garðsins felst í stefnubreytingu flóðs við efsta hluta Fálkagils, sé gilið nær fullt af snjó. Virkni garðsins gagnvart stærstu flóðum við aftakaafstæður gæti því verið verri en gagnvart minni og meðalstórum flóðum en engu að síður góð.

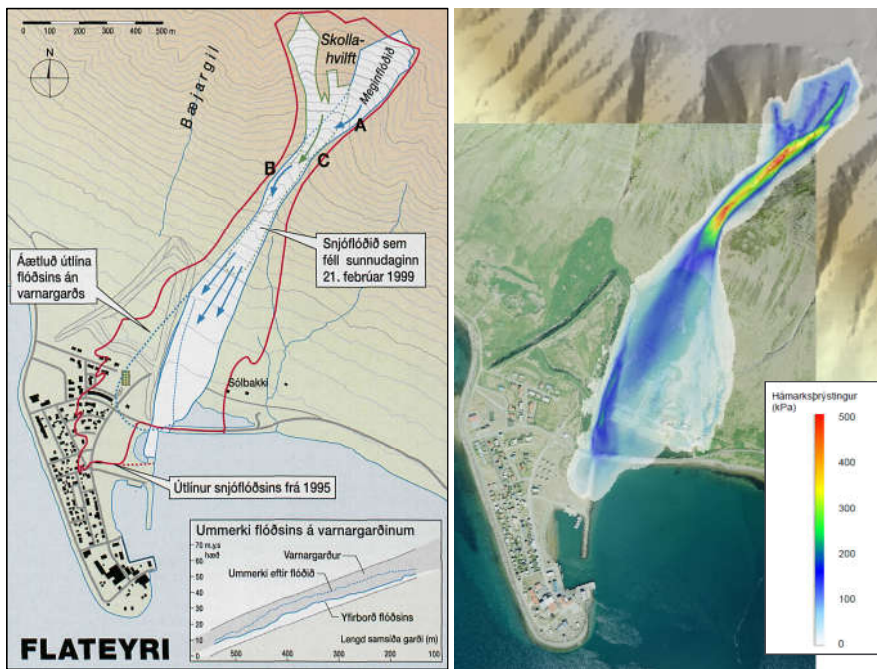
Staðsetning jafnáhættulínu CB fylgir garðsfláa, þar sem hönnunarflóð beinist frá byggð.

Staðsetning jafnáhættulínu BA er um 30 m neðan jafnáhættulínu CB, ofan byggðar. Mesta hliðrun jafnáhættulínu BA nemur 170 m ef tilliti er ekki tekið til garða á Brún en 140 m að teknu tilliti til garða á Brún.

Lagt er til að jafnáhættulína A0 hliðrist að hámarki upp að núverandi jafnáhættulínu BA, til þess að minna á áhættu eins og hún var fyrir tilkomu varna.

Út frá garðsenda er ráðgert að flóðstraumur geti víkkað um 30° frá garðsstefnu, næst garðinum, þar sem flóðið er þykkt við garðinn. Útreiknuð víkkun flóðs við garðinn nemur 17° og Froude tala flóðstraums samsíða garðinum reiknast  $Fr_2 = 3$ .

Neðan varnargarðs má búast við að flóðstraumur lengist með tilkomu garðsins vegna aukins skriðþunga samsíða garði. Lagt er til að jafnáhættulína CB teygist um 100 m niður fyrir núverandi jafnáhættulínu CB ofan Bakkahverfis, þar sem skriðþungi flóðs í stefnu garðs,  $h_2u_2$  verður margfaldur skriðþungi ótruflaðs flóðs,  $h_1u_1$  ( $h_2u_2 = 240 \text{ m}^2/\text{s}$  en  $h_1u_1 = 50 \text{ m}^2/\text{s}$ ). Slíkt er í samræmi við útlínur snjóflóðs sem féll á leiðigarðinn á Flateyri í febrúar 1999, sjá útlínur flóðsins á mynd 10-2. Flóðtunga neðan garðs lengdist um rúmlega 100 m í stefnu garðsins, frá því sem talið er að flóðtungan hefði orðið án garðs.

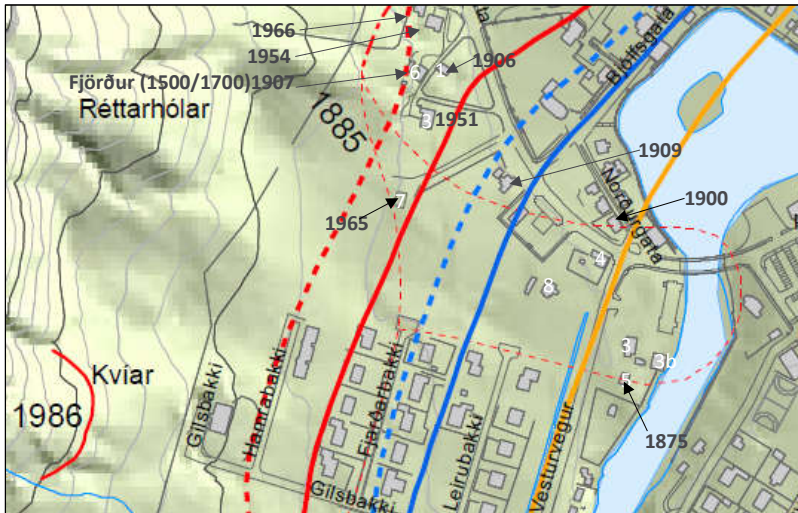


**MYND 10-2** Mynd til vinstri sýnir útlínur flóðanna 21. febrúar 1999 (bláar og grænar línur) og 26. október 1995 (rauðar línur). Innfellda myndin sýnir ummerki flóðsins frá 1999 á leiðigarðinum. Rúmmál flóðtunga var metið 130 þús. m<sup>3</sup>. Áætlaðar útlínur vesturhluta flóðsins ef garðurinn hefði ekki verið til staðar eru sýndar með brotinni blárru línu. Úr grein í Náttúrufræðingnum (Tómas Jóhannesson o.fl., 1999) Teikning: GÓI/Mbl. Mynd til hægri sýnir hámarksdýpt í flóði hermdu í RAMMS líkani með sömu úthlaupslengd og flóðið frá 1999. Snjódypt í upptökum var valin 4 m og rúmmál flóðs 260 þús. m<sup>3</sup>

**10.1.2 Svæðið milli Bakkagarðs og Fjarðargarðs**

Autt svæði í byggð, milli Bakkahverfis og Fjarðar er varið af görðum á Brún, suðurhluta Fjarðargarðs og efsta hluta Bakkagarðs þar sem hann er 10-13 m hár. Hugsanlegt upptakasvæði snjóflóða neðan Brúnar sem gætu náð inn á svæðið eru úr nyrsta hluta upptakasvæðis nr. 13 og úr upptakasvæði nr. 2 ofan Brúnar. Líkanhermanir benda til þess að svæðið sé í náttúrlegu vari fyrir snjóflóðum úr upptakasvæðinu, sérstaklega vegna lögunar efsta hluta Fálkagils (sjá umfjöllun í kafla 4.1 „Skriðlengd hönnunarsnjóflóðs og áhætta“). Hins vegar er dregin óviss útlína snjóflóðs frá 1885 á þessu svæði, allt niður í Fjarðará. Tillaga að endurskoðuðum jafnáhættulínum CB og BA tekur ekki tillit til óvissrar útlínu snjóflóðsins frá 1885 á þessum stað, frekar en núverandi hættumatslínur, þar sem:

- Nýjar snjóflóðahermanir unnar í tengslum við frumathugun benda til þess að líklegra sé að flóðið hafi náð niður í Fjarðará sunnar, við Bakkahverfi (sjá umfjöllun í kafla 9.3.1 „Upptakasvæði nr. 13“).
- Ekki hefur fundist snjóflóðsframborið grjót á svæðinu, sem bendir til þess að ekki hafi farið endurtekin snjóflóð um svæðið (Jón Kristinn Helgason og Árni Hjartarson, 2018).
- Hús voru reist á svæðinu 15-25 árum eftir flóðið, eins og fram kemur í snjóflóðasögu Seyðisfjarðar (Kristján Ágústsson o.fl., 2002) sjá mynd 10-3. Þau standa við:
  - Vesturveg 8, byggt árið 1908,
  - Vesturveg 3b, byggt árið 1901,
  - Vesturveg 3, byggt árið 1907,
  - Vesturveg 4, byggt árið 1904,
  - Norðurgötu 3, byggt árið 1900.
- Húsið við Vesturveg 5 var byggt fyrir flóðið eða 1875.



**MYND 10-3** Útlínur þekkra snjóflóða og jafnáhættulínur (strikaðar línur eru tillögur að teknu tilliti til varnargarða á Brún)

Lagt er til að jafnáhættulínur CB og BA tengist mjúklega milli Fjarðargarðs og Bakkagarðs og hliðrist upp sem því nemur. Hins vegar er lagt til að jafnáhættulína A0 hliðrist ekki á svæðinu, vegna óvissu um flóðtungu frá 1885.

Eindregið er lagst gegn því að íbúðabyggð rísi milli Ránargötu og Bakkahverfis, vegna þess:

- Að varnargarðar á svæðinu voru ekki hannaðir sérstaklega fyrir svæðið, þar sem ekki er byggð efst á svæðinu.
- Vafa sem ríkir um flóðtungu snjóflóðsins frá 1885.

Slíkt samræmist 15. gr. reglugerðar nr. 505 frá 2000, þar sem segir:

*„Óheimilt er að skipuleggja íbúðabyggð, frístundabyggð eða svæði fyrir atvinnustarfsemi á áður óbyggðum svæðum nema tryggt sé að áhætta fólks m.t.t. ofanflóða verði ásættanlega, sbr. 11. gr.“* Reglugerð nr. 505/2000

Í 11. gr. kemur fram að áhætta fólks í:

- Íbúðarhúsum telst ásættanleg séu hús utan skilgreindra hættusvæða (neðan jafnáhættulínu A0).
- Atvinnuhúsnæði þar sem unnið er að staðaldri telst áhætta ásættanleg milla BA og A0 lína hættumats.

Sjá ennfremur 21. gr. um nýtingu svæða neðan varnarvirkja:

*„Á svæðum þar sem öryggi fólks gagnvart ofanflóðum er aukið með varnarvirkjum samkvæmt endurskoðuðu hættumati er heimilt að þetta byggð og endurnýja mannvirki, sbr. 19. gr. Þrátt fyrir að varnir séu hannaðar og reistar með það í huga að öryggi fólks neðan þeirra sé ásættanlegt ber*



*sveitarstjórn að leitast við að stýra skipulagsgerð og þróun byggðar með tilliti til ofanflóðahættu.*“ Reglugerð nr. 505/2000

Svæði þar sem lagst er gegn þéttingu íbúðabyggðar er sýnt með grænni skyggingu á korti 2370-023-032. Eins og að framan er nefnt er nýting þessara svæða undir atvinnustarfsemi heimil skv. hættumatsreglugerð.

### 10.1.3 Fjarðargarðurur

Norðan Bakkagarðs stendur Fjarðargarðurur. Hann nær bæði inn fyrir Bakkagarð og Öldugarð, þ.a. flóð úr upptakasvæðum ofan og neðan Brúnar ættu alltaf að lenda á einhverjum garðanna. Almenn er meiri óvissa um virkni þvergarða en leiðigarða, vegna óvissu um hraða hönnunarflóðs og stærri flóða.

Ef virkni garðsins er reiknuð út frá jöfnu (1)<sup>2</sup> nemur stytting skriðlengdar punktmassasnjóflóðs 75–105 m. Niðurstaða úr jöfnu (1) er næm fyrir mati á núningsstuðlum og landhalla og ber því ekki að taka bókstaflega.

Staðsetning jafnánhættulínu CB fylgir garðsfláa, þar sem hönnunarflóð stöðvast ofan garðsins.

Lagt er til að jafnánhættulína BA hliðrist upp fyrir byggð, um 100 m m.v. gildandi hættumatslínur en um 70 m m.v. tillögu að jafnánhættulínum að teknu tilliti til garða á Brún.

Vegna óvissu um virkni þvergarðanna ofan og neðan Brúnar gagnvart stærstu flóðum og þróunar skafis ofan þvergarðs á Brún er ekki lögð til hliðrun á jafnánhættulínu A0, nema nyrst, þar sem áhrifa Öldugarðs gætir.

Eindregið er lagst gegn því að efsti hluti byggðar neðan garðsins verði þéttur, vegna óvissu um farveg snjóflóðsins frá 1885 og takmarkaðs varnargildis Fjarðargarðs og þvergarðs á Brún gagnvart slíku flóði. Svæðið er afmarkað með grænni skyggingu á korti 2370-023-032. Eins og að framan er nefnt er nýting þessara svæða undir atvinnustarfsemi heimil skv. hættumatsreglugerð.

### 10.1.4 Öldugarðurur

#### 10.1.4.1 Aldan, íbúðabyggð

Norðan Fjarðargarðs stendur Öldugarðurur. Hann ver byggð næst höfninni á Seyðisfirði fyrir snjóflóðum úr Kálfabotni og upptakasvæðum ofan Brúnar. Stefna snjóflóða úr Kálfabotni er eindregin og hönnun garðs miðast við sem mildast leiðihorn, þ.a. íbúðarhús séu varin, án tillits til hafnarsvæðis. Hornið telst ágætt með tilliti til leiðivirkni en ekki jafn hagstætt og horn Bakkagarðs við snjóflóð.

Staðsetning jafnánhættulínu CB fylgir garðsfláa, þar sem hönnunarflóð beinist frá byggð. Gert er ráð fyrir að hraði flóðs sé samsíða leiðigarðinum, neðstu 100 m garðsins. Þar er flóðstraumur 19 m þykkur en garðurinn lækkar úr 20 m niður í 17 m við götu. Þar með getur orðið yfirstreymi yfir neðstu 30 m

<sup>2</sup> Fyrir 10 m háan, brattan varnargarð er  $H_v = 7,5$  m. Landhalla neðan garðsins er um 6°, efst í byggðinni.

garðsins, þar sem hann er lægri en 19 m. Yfirstreymið reiknast nánast samsíða garðinum og er ekki talið rýra varnargildi garðsins. Hliðrun jafnáhættulínu CB nemur um

Staðsetning jafnáhættulínu BA er um 70 m neðan jafnáhættulínu CB, ofan byggðar. Hliðrun jafnáhættulínu BA nemur um 150 m ef tilliti er ekki tekið til garða á Brún en um 130 m að teknu tilliti til garða á Brún.

Lagt er til að jafnáhættulína A0 hliðrist einungis upp um 75 m, að núverandi jafnáhættulínu BA, til þess að minna á áhættu eins og hún var fyrir tilkomu varna.

Út frá garðsenda er ráðgert að flóðstraumur geti víkkað um  $30^\circ$  frá garðsstefnu<sup>3</sup>, næst garðinum, þar sem flóðið er þykkt við garðinn, en að meginflóðstraumur ferðist samsíða garði. Útreiknuð víkkun flóðs neðan garðsenda er þó mun minni, eða  $6^\circ$  og Froude tala flóðstraums samsíða garðinum reiknast  $Fr_2 = 3,5$ .

Eindregið er lagst gegn því að íbúðarhúsabyggð þróist upp fyrir þá byggð sem þegar er á svæðinu, vegna óvissu sem alltaf er til staðar við hönnun varnargarða. Svæðið mætti hins vegar nýta áfram undir atvinnustarfsemi, og samræmist það 15. gr. og 21. gr. reglugerðar nr. 505 frá 2000. Svæðið er afmarkað með grænni skyggingu á korti 2370-023-032.

#### 10.1.4.2 Hafnarsvæðið, iðnaðarstarfsemi

Snjóflóðavarnirnar sem hér eru lagðar til eru miðaðar við að verja íbúðahverfið innan hafnarsvæðisins en ekki atvinnusvæði hafnarinnar. Er þetta í samræmi við stefnumörkun stjórnvalda og Ofanflóðasjóðs um að reisa snjóflóðavarnir fyrst og fremst til þess að verja íbúðabyggð. Áhætta undir megin snjóflóðafarveginum í og við höfnina breytist með tilkomu fyrirhugaðs varnargarðs og aukinn flóðþungi færast til norðurs yfir á mitt hafnarsvæðið.

Neðan varnargarðs má búast við að flóðstraumur lengjist með tilkomu garðsins vegna aukins skriðþunga samsíða garði. Lagt er til að jafnáhættulína CB teygist um 100 m niður fyrir núverandi jafnáhættulínu, þar sem skriðþungi flóðs í stefnu garðs,  $h_2u_2$  verður margfaldur skriðþungi flóðsins,  $h_1u_1$  ( $h_2u_2 = 800 \text{ m}^2/\text{s}$  en  $h_1u_1 = 120 \text{ m}^2/\text{s}$ ). Lenging um 100 m miðast við útlínur snjóflóðs úr Skollahvilft sem lenti á leiðigarðinum á Flateyri árið 1999, sjá mynd 10-2.

Áhætta eykst í byggingum við:

- Fjarðargötu 10. Byggingin færast af hættusvæði B inn á hættusvæði C.
- Fjarðargötu 8. Byggingin verður áfram á hættusvæði C en færast frá því að vera um 25 m ofan jafnáhættulínu C yfir í að verða um 125 m ofan jafnáhættulínu C.
- Ránargata 2c. Byggingin verður áfram á hættusvæði C en færast frá því að vera um 150 m ofan jafnáhættulínu C yfir í að verða um 275 m ofan jafnáhættulínu C.

Áhætta minnkar í byggingum við:

- Ránargötu 2 (Áhaldahús). Byggingin færast af hættusvæði C yfir á hættusvæði B og telst varið gegn flóðum af svipaðri stærð og stærstu flóð sem fallið hafa niður á hafnarsvæðið.

<sup>3</sup> Sem svarar til  $5^\circ$  víkkunar frá flóðstefnu hönnunarflóðs án garðs

## 10 ÖRYGGI NEÐAN VARNA

- Fjarðargötu 1. Byggingin færast af hættusvæði C yfir á mörk hættusvæða B og C.
- Ránargötu 2b. Byggingin er áfram á hættusvæði C en færast frá því að vera um 200 m ofan jafnánhættulínu C yfir í að verða um 25 m ofan jafnánhættulínunnar.

Ljóst er að slyshætta og hætta á eignatjóni stafar af stóru snjóflóði sem fallið getur niður á hafnarsvæðið. Uppfæra þarf rýmingaráætlun fyrir Seyðisfjörð eftir tilkomu varnarvirkjanna og mun öryggi fólks á hafnarsvæðinu áfram byggja á rýmingarviðbúnaði eftir að varnir hafa verið reistar.

## 11 VIRKNI VARNA

Við hönnun varnargarða er ekki tekið tillit til þess möguleika að tvö snjóflóð lendi á þeim með stuttu millibili. Ef snjóflóð staðnæmist við garðana þannig að virk hæð þeirra minnki er hætt á að annað flóð geti átt greiða leið yfir þá. Í slíku tilfalli þarf að grípa til sérstakra ráðstafana til þess að tryggja öryggi íbúa neðan varnanna og líklegt að beita þurfi rýmingu neðan varna ef snjóflóðahætta kemur upp við þessar aðstæður.

Hönnun varnargarða, sér í lagi snjóflóðavarnargarða, er ávallt talsverðri óvissu háð. Sú óvissa stafar m.a. af því að tilraunaniðurstöður og niðurstöður úr einfölduðum reiknilíkönunum eru yfirfærðar á náttúruleg snjóflóð og varnarvirki í fullri stærð. Sér í lagi þar sem fá snjóflóð hafa fallið á varnargarða og þannig sannreynt þær hönnunarforsendur sem notaðar eru. Þær hönnunarforsendur sem hér eru notaðar eru hins vegar byggðar á bestu fáanlegu þekkingu og öryggiskröfur hér á landi eru með þeim allra ströngustu í heimi. Því teljum við að óvissa hvað varðar öryggi varnarvirkjanna sé eins lítil og kostur er á.

## 12 HEIMILDASKRÁ

Alþingi (1997). *Lög um varnir gegn snjóflóðum og skriðuföllum*. Reykjavík. Stjtið. A, nr. 49/1997.

Ágúst Guðmundsson (1998). *Snjóflóðavarnir á Seyðisfirði - Bjólfur frumathugun - Jarðfræðiathuganir 1997*. Reykjavík. ÁGVST.

Bjarki Borgþórsson og Ólafur Örn Pétursson (2009). *Fornleifaskráning Seyðisfjarðar*. Unnin vegna aðalskipulags Seyðisfjarðarkaupstaðar 2009 – 2029. Seyðisfirði, haust 2009.

Esther H. Jensen og Thomas Sönsner (2002). *Process Oriented Landslide Hazard Assessment for the South Side of Seyðisfjörður*. Reykjavík. Veðurstofa Íslands. Greinargerð 02003.

Gauer, Peter; Lied, Karstein (2002). *Seyðisfjörður; Wind-field and snowdrift assessment at Brún*. NGI. Report 20021036-1

Halldór G Pétursson og Þorsteinn Sæmundsson (1997). *Saga skriðufalla á Seyðisfirði, 1882-1997*. Reykjavík. Veðurstofa Íslands. Greinargerð G98024-ÚR19.

Harpa Grímsdóttir (1997). *Byggingarár húsa á Seyðisfirði*. Reykjavík. Veðurstofa Íslands. Greinargerð VÍ-G97016-ÚR12.

Hestnes, E (1997). *Slushflow hazard - where, why and when? 25 years of experience with slushflow consulting and research*. NGI. Report 582000-15.

Hættumatsnefnd Seyðisfjarðarkaupstaðar (2002). *Mat á hættu vegna ofanflóða á Seyðisfirði - Greinargerð með tillögu að hættumatskorti*.

Hönnun (2002). *Snjóflóðavarnir á Seyðisfirði - Bjólfssvæði - Mat á umhverfisáhrifum - Matskýrsla*

Hönnun og ráðgjöf (1999). *Snjóflóðavarnir á Seyðisfirði - Bjólfssvæði - Frummat á umhverfisáhrifum*.

Jón Skúlason (1998). *Snjóflóðavarnir á Seyðisfirði - Bjólfur frumathugun - Athugun á lausum jarðlögum*. Reykjavík. Almenna verkfræðistofan.

Jónas Elíasson (2014 vinnueintak). *Handbók fyrir hönnunarflóð á Íslandi*.

Jón Kristinn Helgason og Árni Hjartarson (2018). *Jarðlagakönnun í Bakkahverfi á Seyðisfirði dagana 14.-15. September 2017*. Greinargerð Veðurstofu Íslands nr. JKH/AH/2018-01. Janúar 2018.

Karstein Lied og Ulrik Domaas (1997). *Seyðisfjörður. Assessment of natural hazard zones*. NGI. Report 974080-1.

Karstein Lied, Sigurjón Hauksson og Ulrik Domaas (1998). *Assessment of snow avalanche hazard and defence structures in Bjölfur area*. Egilsstaðir. VA og NGI.

Karstein Lied, Sigurjón Hauksson og Ulrik Domaas (1998). *Snjóflóðavarnir á Seyðisfirði, Bjölfur - frumathugun - Útdráttur skýrslunnar Assessment of snow avalanche hazard and defence structures in Bjölfur area*. Egilsstaðir. VA og NGI.

Karstein Lied og Sigurjón Hauksson (2002). *Snjóflóðavarnir á Seyðisfirði - Aldan og Bakkahverfi - Frumathugun - Áfangaskýrsla*. Egilsstaðir. VA og NGI.

Karstein Lied og Sigurjón Hauksson (2003). *Snjóflóðavarnir á Seyðisfirði - Aldan og Bakkahverfi - Frumathugun*. Egilsstaðir. VA og NGI.

Kristín Martha Hákonardóttir, Tómas Jóhannesson, Felix Tiefenbacher (SLF) og Martin Kern (SLF) (2001). *A laboratory study of the retarding effect of breaking mounds in 3, 6 and 9 m long chutes*. Reykjavík. Veðurstofa Íslands. Report 01007.

Kristján Ágústsson (2002). *Snjóflóðasaga Seyðisfjarðar*. Reykjavík. Veðurstofa Íslands. Greinargerð 02009.

Kristján Jónasson, Sven P. Sigurðsson og Þorsteinn Arnalds (1999). *Estimation of Avalanche Risk*. Reykjavík. Veðurstofa Íslands. VÍ-R99001-ÚR01.

Lied, Karstein; Moe, Arne; Kristensen, Krister; Issler, Dieter (2002). *Snow Avalanche Research Programme SIP-6; Ryggfonn. Full scale avalanche test site and the effect of the catching dam*. NGI. Report 581200-35.

Margreth, S (2002). *Seyðisfjörður, Iceland. Conditions for supporting structures in the Kálfabotn area*. Davos. SLF. Report G2001.28.

McClung, D.; Schaerer, P (1993). *The Avalanche Handbook*. Seattle, Washington. The Mountaineers.

Perla, R., Cheng, T.T. & McClung D.M (1980). *A two parameter model of snow avalanche motion*. Journal of Glaciology, Vol. 26, No. 94, pp. 201-223.

Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins (1998). *Rannsókn númer H97/1130*.

Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins (1999). *Rannsókn númer H99/1053*.

Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins (2000). *Rannsókn númer H00/116*.

Reynir Vilhjálmsson (1998). "Snjóflóðavarnir á Seyðisfirði - Bjölfur frumathugun - Skipulag umhverfis". Viðauki C í: Karstein Lied, Sigurjón Hauksson og Ulrik Domaas. 1998. Assessment of snow avalanche hazard and defence structures in Bjölfur area. Egilsstaðir. VA og NGI.

Sauermoser, S (1997). *Hazard zone plan. Seyðisfjörður north*. Austria. Austrian Foresttechnical Service in Torrent and Avalanche Control (WLV).

Sigrún Karlsdóttir (2002). *Veður í aðdraganda snjóflóðahrina á Seyðisfirði*. Reykjavík. Veðurstofa Íslands. Greinargerð 02006.

Snjóflóðavarnir Ví (1996). *Ásættanleg áhætta og endurkomutími snjóflóða*. Reykjavík. Veðurstofa Íslands. Minnisblað.

Sven Sigurðsson, Kristján Jónasson og Þorsteinn Arnalds (1997). *Transferring Avalanches Between Paths*. Í: „25 years of snow avalanche research“. Útgáfa nr. 203, Erik Hestnes, ritstj., bls. 259–263, NGI, Ósló.

Tómas Jóhannesson, Karstein Lied, Stefan Margreth og Frode Sandersen (1996). *Þörf fyrir snjóflóðavarnarvirki á Íslandi*. Reykjavík. Veðurstofa Íslands. Greinargerð VÍ-R96003-ÚR02.

Tómas Jóhannesson (1998a). *A topographical model for Icelandic avalanches*. Skýrsla Veðurstofu Íslands, nr. VÍ-G98003-ÚR03. Reykjavík, 1998.

Tómas Jóhannesson (1998b). *Icelandic avalanche runout models compared with topographic models used in other countries*. Í: „25 years of snow avalanche research.“ Útgáfa nr. 203, Erik Hestnes, ritstj., bls. 43–52, NGI, Ósló.

Tómas Jóhannesson, Oddur Pétursson, Jón Gunnar Egilsson og Gunnar Guðni Tómasson (1999). *Snjóflóðið á Flateyri 21. febrúar 1999 og áhrif varnargarða ofan byggðarinnar*. Náttúrufræðingurinn 69. árgangur 1999-2000, bls. 3-10.

Tómas Jóhannesson (2001). *Snow depth measurements in Kálfabotn í Seyðisfjörður and Drangagil in Neskaupstaður 1997-2001*. Reykjavík. Veðurstofa Íslands. Internal report TóJ-2001/07.

Tómas Jóhannesson (2002). *Snow depth measurements on and near the shelf at Brún in Seyðisfjörður 1997-2001*. Reykjavík. Veðurstofa Íslands. Internal report TóJ-2002/02.

Tómas Jóhannesson, Þorsteinn Arnalds and Lrah Tracy (2002). *Results of the 2D avalanche model SAMOS for Seyðisfjörður*. Reykjavík. Veðurstofa Íslands. Greinargerð 02008.

Tómas Jóhannesson og Kristján Ágústsson (2002). *Hættumat vegna aurskriðna, grjóthruns, krapaflóða og aurblandinna vatns- og krapaflóða í bröttum farvegum*. Reykjavík. Veðurstofa Íslands. Minnisblað TóJ/Kri-2002/01.

Tómas Jóhannesson (2002). *Áhrif varnargarðs í 650 m h.y.s á Brún í Bjólfi á Seyðisfirði á legu hættumatslína*. Reykjavík. Veðurstofa Íslands. Minnisblað ÚR-TóJ-2002-03.

Tómas Jóhannesson og Eiríkur Gíslason (2011). *Endurskoðun á ofanflóðahættumati fyrir Seyðisfjörð eftir byggingu varnargarða á Brún í Bjólfi – Greinargerð með hættumatskorti DRÖG*. Reykjavík. Veðurstofa Íslands. Skýrsla VÍ 2011-003.

Umhverfisráðuneytið (1997). *Verklagsreglur - Um stuðning Ofanflóðasjóðs við framkvæmdir sem ætlað er að tryggja öryggi íbúa gagnvart ofanflóðum*. Reykjavík.

Umhverfisráðuneytið (1998). *Varðar ýmsar almennar forsendur vegna frumathugunar og hönnunar snjóflóðavarna* (bréf). Reykjavík. Tilvísun 95030176.

Umhverfisráðuneytið (2000). *Reglugerð um hættumat vegna ofanflóða, flokkun og nýtingu hættusvæða og gerð bráðabirgðahættumats*. Reykjavík. Stjtið. B, nr. 505/2000.

Veðurstofa Íslands og Háskóli Íslands (1996). *Greinargerð um snjóflóðaaðstæður vegna rýmingarkorts fyrir Seyðisfjörð*. Reykjavík. Veðurstofa Íslands. Greinargerð VÍ-G96010-ÚR10.

Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen (2005). *Snjóflóðavarnir á Ísafirði. Holtahverfi neðan Kubba*. Skýrsla unnin fyrir Ísafjarðarbæ, verknr. 2004.10.02. Reykjavík, apríl 2005.

Verkís (2015). *Snjóflóðavarnir í Fjarðabyggð. Urðarbotn og Sniðgil í Neskaupstað. Frumathugun*. Skýrsla unnin fyrir Fjarðabyggð, nr. 07116001-0050. Reykjavík, júní 2015.

Verkís (2016). *Ofanflóðavarnir í Vesturbyggð. Hólar og Mýrar á Patreksfirði. Frumathugun*. Skýrsla unnin fyrir Vesturbyggð, nr. 06159006-0533. Reykjavík, desember 2016.

Zwinger, T., A. Kluwick and P. Sampl (2003). *Simulation of Dry-Snow Avalanche Flow over Natural Terrain*. In Hutter, K. and N.Kirchner, ed. *Dynamic Response of Granular and Porous Materials under Large and Catastrophic Deformations*, Lecture Notes in Applied and Computational Mechanics., Springer, Heidelberg, 11, 161-194.

Þorsteinn Arnalds (2001). *Tilraunahættumat fyrir Seyðisfjörð - Yfirlit norðurhlíðar*. Reykjavík. Veðurstofa Íslands. Greinargerð VÍ-ÚR03.

Þorsteinn Arnalds, Siegfried Sauer Moser, Tómas Jóhannesson og Esther H. Jensen (2002). *Hazard zoning for Seyðisfjörður*. Reykjavík. Veðurstofa Íslands. Greinargerð 02010.

Þorsteinn Sæmundsson og Halldór Pétursson (1999). *Mat á aurskriðu- og grjóthrunshættu við Seyðisfjarðarkaupstað*. Reykjavík. Veðurstofa Íslands. Greinargerð VÍ-G99025-ÚR15.



**VIÐAUKI A SAMANBURÐUR Á REIKNILÍKÖNUM, LANDLÍKÖNUM OG LÍKANSTUÐLUM**

**A.1** SAMOS keyrslur fyrir upptakasvæði ofan Fálkagils í Bjólfi, Seyðisfirði

**A.2** Líkankeyrslur í RAMMS úr upptakasvæðum nr. 1, 2, 3, 4 og 5 ofan Brúnar og 13, 14 og 15, neðan Brúnar

## VIÐAUKI B JÖRÐIN FJÖRÐUR

Upplýsingar um jörðina Fjörð úr fornleifaskráningu Seyðisfjarðar (Bjarki Borgbórsson og Ólafur Örn Pétursson, 2009).



Mynd 25. Fjarðarbær um aldamótin 1900. Einnig sést Brekka nær og Gestbær fjær.

### Fjörður

Fyrir utan stutta klauðu í Landnámu er lítið til af heimildum um jörðina Fjörð og er hennar ekki getið aftur fyrr en árið 1522 í fornbréfum. Var hún þá í býttum manna á milli upp á Fljótsdalshéraði.<sup>45</sup> Eru svo aftur engar heimildir beint tengdar jörðinni, fyrr en manntöl og kirkjubækur rekja meira og minna samfellda búsetu ýmissa ótengdra aðila. Í þessum samtíningi má oft sjá að fleiri en einn bóndi er skráður í búskap samtímis á jörðinni á árunum 1703 til 1900.<sup>46</sup> Líkt og áður hefur verið tæpt á í skýrslunni eru landamerki jarðarinnar nokkuð á reiki bæði að norðanverður, inn til lands og loks einnig út að sunnanverðu.<sup>47</sup> Má því til stuðnings nefna að engin þinglýst mörk eru til fyrir jörðina árið 1904 þegar hún er keypt af kaupstaðnum.<sup>48</sup> Upp úr 1800 koma systkini frá Straumi í Hróarstungu, Helga og Ólafur fram, sem saman áttu Fjarðarsel og Fjörð þ.e. allt núverandi bæjarlandið utan Vestdals. Í þessu samhengi öllu má nefna að ekki eru til heimildir um búsetu í Fjarðarseli fyrr en 1734.<sup>49</sup> Telja má með nokkuri vissu að Fjörður hafi verið ein jörð með seli inni í landi sem seinna varð að Fjarðarselsbænum upp úr 1700. Árið 1904 kaupir kaupstaðurinn jörðina Fjörð, verður hún þá hluti bæjarlandsins ásamt Vestdal og landi Fjarðarsels sem þá var orðin mun víðfemara en Fjarðarlandið sjálft. Á Fjarðartorfunni og í nágrenni hennar eru ein fimm hús en þrjú af þeim eru byggð á seinni helmingi 20. aldarinnar en þau tvö elstu sem standa eru frá byrjun 20. aldar. Útséð er með að byggt verði meira á svæðinu vegna ofanflóðahættu og því verða líklega ekki miklar breytingar né rask á núverandi byggð í fyrirsjáanlegri framtíð.

<sup>45</sup> Hjalti Þórisson. Hortf af Bæjarbrún. Bls 12.

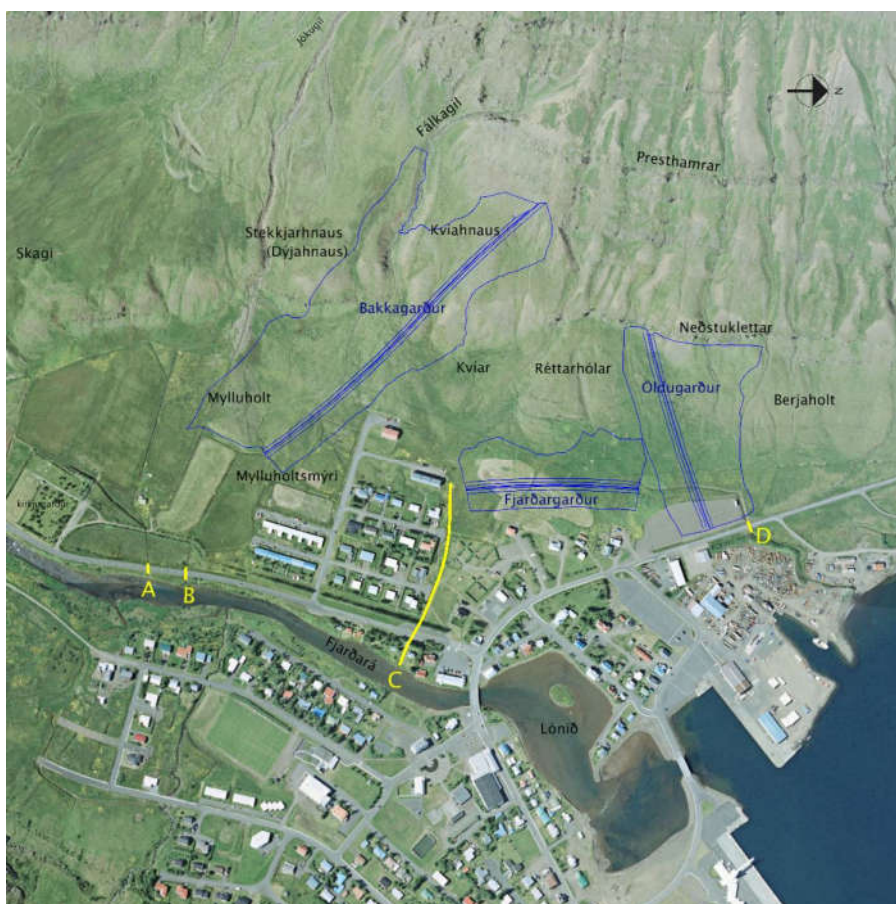
<sup>46</sup> Hjálmar Vilhjálmsson. Bændatal í Seyðisfjarðarhreppi. Bls 103.

<sup>47</sup> Hjálmar Vilhjálmsson. Bændatal í Seyðisfjarðarhreppi. Bls 103.

<sup>48</sup> Hjalti Þórisson. Hortf af Bæjarbrún. Bls 13.

<sup>49</sup> Hjálmar Vilhjálmsson. Bændatal í Seyðisfjarðarhreppi. Bls 113.

VIÐAUKI C RÆSI





A efri endi – 500 mm steinrör.



A neðri endi.



B efri endi – 500 mm steinrör.



B neðri endi.



C efri endi – tunnumix – steinrör undir götu.



C neðri endi – 500 mm plaströr.



D efri endi – 750 mm stálrör.



D neðri endi.