



# Veðurstofa Íslands Greinargerð

Jón Gunnar Egilsson

## Yfirferð og endurskoðun á

*Snjóflóðavarnir - Súðavík*

*Frumathugun á varnarvirkjum og kostnaði þeirra*

*Hnit hf 69-100-SK-01 Árni Jónsson September 1995*

## fyrir Almannavarnir ríkisins

VÍ-G95005-ÚR02  
Reykjavík  
september 1995

## 1. Inngangur

Að beiðni Guðjóns Petersens tók undirritaður að sér að starfa með starfshópi til endurskoðunnar fyrir Almannaþing ríkisins á skýrslunni *“Snjóflóðavarnir - Súðavík, Frumathugun á varnarvirkjum og kostnaði þeirra.”*, sem unnin var fyrir Súðavíkurhrepp af verkfræðistofunni Hnit. Starfshópurinn skipuðu þeir Gunnar Torfason og Leifur Benediktsson. Verkefnið var lagt fyrir að morgni 20. september og því skyldi lokið fyrir 29. september.

Hlutverk undirritaðs var fyrst og fremst að endurskoða og meta fyrirkomulag og varnargildi þeirra varnarvirkja sem fjallað er um í skýrslunni, en starfshópurinn skyldi auk þess yfirfara aðra þætti hennar, svo sem kostnaðartölur, bæði hvað varðar byggingu varnarvirkja sem og við uppkaup og/eða flutning fasteigna.

## 2. Almennt um skýrsluna

Almennt virðist skýrslan vera vel unnin og ágætlega fram sett. Hún ber þess þó greinileg merki að skýrsluhöfundur var ekki ætlaður mikill tími til verksins og þar kemur einnig fram að hér á landi er ekki mikil reynsla af hönnun varnarvirkja gegn snjóflóðum. Þessi tvö stóru vandamál leysti höfundurinn á þann hátt að leggja áherslu á að hér er einungis um frumathugun að ræða, en ekki endanlega hönnun varnarvirkjana, og með því að leita til Norges Geotekniske Institutt (NGI) varðandi faglega ráðgjöf við tæknilegar útfærslur.

Eftir að hafa lesið skýrsluna og metið það sem þar kemur fram, telur undirritaður að hún gefi rétta mynd af umfangi þeirra varnarmannvirkja sem þarf til að verja byggðina í Súðavík, samkvæmt gildandi forsendum. Varðandi nokkur atriði er hægt að gera athugasemdir og koma með spurningar, en þau frávik verða öll að teljast innan þeirra marka sem höfundur setur sjálfur um nákvæmni niðurstaðna sinna.

## 3. Niðurstöður

Ekki eru gerðar athugasemdir við útreiknaðar stærðir varnarmannvirkja, né heldur við þá hönnunarhraða sem notaðir eru við útreikningana, með þeim fyrirvara að hér er einvörðungu um frumathugun að ræða, sem einungis gefur rétta mynd af stærðargráðu varnarvirkjana, en ekki endanlega hönnun þeirra.

Nokkrar minni athugasemdir eru þó gerðar við einstök atriði í skýrslunni og varðandi vinnubrögð við gerð hennar, en engin þeirra er þess eðlis að hún hafi afgerandi áhrif á niðurstöðurnar.

# Nánari umfjöllun

## 4. Varnargildi mannvirkjana

Eins og að framan greinir þá er ekki til staðar hér á landi mikil reynsla í hönnun og byggingu snjóflóðavarnarvirkja, og á sú fullyrðing ekki síður við um þann sem þetta skrifar en aðra þá sem að þessu vinna. Endurskoðunin hefur því fyrst og fremst byggst á því að bera niðurstöðurnar saman við það sem almennt er verið að gera erlendis, samkvæmt skrifuðum heimildum þar um. Tími til endurskoðunarinnar reyndist of naumur til að hægt væri að skoða öll smáatriði gaumgæfilega, koma með aðrar úthugs- aðar tillögur að varnarvirkjum, og/eða leita til erlendra sérfræðinga varðandi ráðgjöf um einstök atriði.

Í skýrslunni er tekið fram að varnarvirkin sem þar eru sýnd veiti ekki 100% öryggi gegn snjóflóðum og tekur undirritaður undir þá fullyrðingu. Öryggi varnarvirkja ræðst því af hve stórum snjóflóðum þau geta varist, en stærðardreifing snjóflóða fellur að ferli náttúrulegrar dreifingar. Samkvæmt þeim ferli nálgast tíðni einstakra snjóflóða úr ákveðnum ferli núllið eftir því sem flóðin verða stærri, en nær því marki þó aldrei. Því er ekki hægt að hanna mannvirki sem veita 100% vörn gegn snjóflóðum á öllum tímum, en slíka virkni er hægt að nálgast verulega með réttum og markvissum vinnubrögðum og er varnarvirkjum beitt sem fullnægjandi vörn gegn snjóflóðum víða í heiminum í dag.

Þetta sama vandamál, það er að meta mestu hugsanlegu stærð snjóflóðs í viðkomandi farvegi, er einnig til staðar þegar unnið er hættumat vegna snjóflóða og þar er lausnin sú að finna mestu “reikningslegu skriðlengd” út frá gefnum forsendum, sögulegum og/eða reikningslegum, samkvæmt ákvæðum reglugerðar þar um. Sama aðferð er í rauninni notuð við hönnun varnarvirkja, því þar gefur hönnuðurinn sér ákveðið “hönnunarsnjóflóð” og miðar stærð og varnargildi mannvirkja við það að verjast slíku flóði. Stærð og hraði hönnunarflóðsins er þannig ráðandi um nauðsynlega stærð varnarvirkja. Ekki er finna neinar forsendur eða viðmiðanir varðandi hönnun varnarvirkja í íslenskum reglugerðum, enda hefur spurningunni um “ásættanlega áhættu” í rauninni aldrei verið svarað hér á landi.

Höfundurinn skýrslunnar velur hönnunarsnjóflóðin að hluta til eftir niðurstöðum gildandi hættumats fyrir Súðavík, útgefnu í ágúst 1995, en að hluta til notar hann hraða hönnunarsnjóflóðs samkvæmt eigin skilgreiningum. NGI notar alfarið eigin skilgreiningar á hraða hönnunarsnjóflóða í útreikningum sínum. Á þessum hröðum er nokkur munur og sést hann á töflu í fylgiskjali 1.

Í skýrslunni er byggðin í Súðavík varin með fjórum gerðum varnarvirkja; leiðigörðum, þvergörðum, keilum og snjósofnunargrindum, auk þess sem minnst er á möguleika netvirkja í upptökum snjóflóðana.

## 4.1 Leiðigarðar

Nauðsynleg hæð leiðigarða er almennt gefin sem  $H = h_s + h_a + h_v$   
þar sem:

$h_s$  = áætluð þykkt snævar við leiðigarðinn

$h_a$  = áætluð þykkt hönnunarsnjóflóðsins

$h_v$  = nauðsynleg lyftihæð

$$h_v = (v \cdot \sin\theta)^2 / 2g$$

þar sem:

$v$  = hraði hönnunarflóðs við garðsrót

$\theta$  = hornið sem leiðigarður myndar við stefnu  
snjóflóðsins

$g$  = þyngdarhröðun jarðar

Nauðsynleg hæð leiðigarðs vex mjög með auknum hraða snjóflóðsins og því hve þvert hann liggur á flóðstefnuna. Til að mæta þessu eru garðarnir hafðir eins neðarlega í ferlinum og við verður komið (til að lækka hönnunarhraðann) og í öðru lagi er það almennt viðurkennt að hornið á milli garðs og ferils flóðsins megi ekki vera stærra en  $30^\circ$ , og æskilegt að það sé minna en  $20^\circ$ .

Í skýrslunni virðist þessari jöfnu vera beitt við ákvörðun á hæð leiðgarðana, út frá gefnum hönnunarsnjóflóðum, og er ekki gerð önnur athugasemd við þá útreikninga en sú að hornið sem flóð í ferli 5c myndar við garð G1 er nokkuð hátt fyrir leiðigarð að vera.

## 4.2 Þvergarðar

Nauðsynleg hæð þvergarða er almennt gefin sem  $H = h_s + h_a + h_v$   
þar sem:

$h_s$  = áætluð þykkt snævar við þvergarðinn

$h_a$  = áætluð þykkt hönnunarsnjóflóðsins

$h_v$  = nauðsynleg lyftihæð

$$h_v = v^2 / 2g$$

þar sem:

$v$  = hraði hönnunarflóðs við garðsrót

$g$  = þyngdarhröðun jarðar

$h_v$  er svonefnd teorísk lyftihæð, en með tilraunum við raunverulegar aðstæður (m.a. tilraunir norðmanna við Ryggfönn) hefur verið sýnt framá að þessi jafna gefur í flestum tilfellum of mikla hæð á þvergarða. Ástæðan er sú að ekki er tekið neitt tillit til viðnámsþáttar innan snjóflóðsins, en gildi hans eykst mjög þegar snjóflóð hægir á sér. Af þessum sökum er stuðullinn neðan striks í mörgum tilfellum hafður stærri en 2, jafnvel allt að 3,2.

Eins og með leiðigarðana vex nauðsynleg hæð þvergarða mjög með auknum hraða hönnunarsnjóflóðsins og er því æskilegast að þeir séu eins neðarlega í snjóflóðaferlinum og mögulegt er.

Í skýrslunni virðist ofangreindri jöfnu vera beitt við útreikningana á hæð þvergarðana, út frá gefnum hröðum hönnunarsnjóflóða, og er ekki gerð athugasemd við þá reikninga.

### 4.3 Keilur/keilugarðar

Ekki eru til neinar beinar reikniaðferðir til að ákvarða hæð og stærðir snjóflóða-keila, eins og Karstein Lied kemur réttilega inná í bréfi sínu (18.09.'95), en þess í stað virðast menn byggja hönnun þeirra á reynslu sinni. Því er ekki hægt að gagnrýna þær niðurstöður varðandi keilur sem birtast í skýrslunni á fræðilegum grundvelli, en reynsla undirritaðs af störfum NGI að snjóflóðamálum er þannig að ég dreg ekki í efa tillögur starfsmanna NGI í þessum efnum.

(ATH: Karstein Lied nefnir þó að tími til þessa verks hafi verið of stuttur og því hugsanlegt að stærðarákvörðunin líði eitthvað fyrir það.)

Með tilvísun til þess sem sagt er hér að ofan eru ekki gerðar neinar athugasemdir við staðsetningu og stærðir keilugarða.

### 4.4 Snjósöfnunargrindur

Skýrsluhöfundur telur rétt að nota snjósöfnunargrindur á aðsópssvæði snjóflóðafarveganna uppi á fjallinu, til að binda þar snjó sem berst að með vindi. Jafnframt bendir hann á að lítið sé vitað um raunverulegar veðuráðstæður þar uppi. Leggur höfundur til að grindurnar verði 4,5 metrar á hæð, sem er nálægt þeirri mestu hæð sem almennt er notuð (hæðin takmarkast af vindálagi á grindurnar), en með þeirri hæð fæst mest rýmd að baki grindana fyrir foksnjóinn. Staðsetning grindana er í góðu samræmi við það mynstur sem talið er að sé á skafrenningi á toppi fjallsins.

Ekki eru gerðar athugasemdir við hönnun snjósöfnunargrindana í skýrslunni, en tekið undir með höfundi um að þessum hluta varnana er alls ekki ætlað að standa einum og sér, heldur eiga grindurnar að samtvinnast varnarmannvirkjum í úthlaupssvæðum snjóflóðana. Þetta er í samræmi við 9. gr. reglugerðar um hættumat vegna snjóflóða og nýtingu hættusvæða.

### 4.5 Netvirki

Í skýrslunni er fjallað um netvirki á upptakasvæðum snjóflóða, og með nokkrum rökum er fallið frá því að nota þau í Súðavíkurlíðinni. Helstu óvissuþættirnir eru; virkni og möguleikar netvirkjana í þröngum giljum, skemmdir á þeim vegna grjóthruns, vandamál við grundun þeirra á íslenskum fjöllum og kostnaðurinn við uppsetningu þeirra. Undirritaður er í flestu sammála skýrsluhöfundi hvað netvirki í Súðavík varðar, en telur ekki réttlætanlegt annað en að leitað verði til okkur fróðari manna áður en þessi möguleiki er endanlega afskrifaður.

## 5. Athugasemdir

Undirritaður vill koma með fjórar athugasemdir varðandi innihald skýrslunnar og vinnuáferðir við gerð hennar. Engin þessara athugasemda er þó það alvarlegs eðlis að hún hafi afgerandi áhrif á lokaniðurstöður skýrslunnar.

Í skýrslunni kemur hvergi fram hvaða reikniáferðum og forsendum höfundur beitir við útreikninga sína á stærð og varnargildum varnarvirkjana. Var því nokkrum vandkvæðum bundið að endurskoða útreikninga og ákvarðanir, og þar af leiðandi niðurstöðurnar. Þessar forsendur og reikniáferðir hefðu því þurft að fylgja, annaðhvort í skýrslunni sjálfri eða í greinargerð með henni.

Vera má að skýring þess að þetta er ekki birt í, eða með, skýrslunni sé sú hve skamman tíma höfundurinn fékk til verksins og frágang þess, og varla verður það á hann skrifað.

Í skýrslunni kemur hvergi fram hvaða hönnunarhraða höfundurinn notar, en hann getur þess einungis að hann noti ekki allsstaðar þá hraða sem lesa má út úr gildandi hættumati fyrir Súðavík (útgefnu í ágúst 1995). Hljóta því að vakna spurningar um það hvers vegna niðurstöður hættumatsins voru ekki notaðar sem forsendur fyrir útreikninga á stærð varnarvirkjana.

Ekki er hægt að gagnrýna það að höfundur noti þá hraða hönnunarsnjóflóða sem hann telur að gefi réttasta mynd af álaginu á varnarvirkin, en eðlilegt verður að teljast að gerð sé grein fyrir þeim í skýrslunni (eða í greinargerð með henni), og þá ítarlega rökstutt hvers vegna vikið er frá gögnum úr gildandi hættumati. Krafa um slíkan rökstuðning er í samræmi við ákvæði varðandi notkun mismunandi reiknilíkana í 4. gr. reglugerðar um hættumat vegna snjóflóða.

Í skýrslunni kemur á nokkrum stöðum fram að með varnarvirkjum megi breyta rauðum hættusvæðum yfir í gul. Þessi fullyrðing er ekki í samræmi við 8. gr. reglugerðar um hættumat vegna snjóflóða og nýtingu hættusvæða, þar sem skýrt er kveðið á um að varin svæði skuli halda upprunalegum grunnlit sínum, en auðkennast með svartri yfirstrikun. Slík svæði má nýta fyrir byggð, að fengnu samþykki Almannavarna ríkisins.

Í athugunum sínum og tillögum bendir Karsten Lied á nauðsyn þess að grafa út svæðið á milli neðri enda G2/G6 og G3, til að rýma til fyrir snjóflóðum sem geta runnið í gegnum þrengslin. Við skoðun aðstæðna virðist þetta sjálfsögð ráðstöfun og tiltölulega auðveld í framkvæmd, en hún kemur hvergi fram á teikningum höfundar.

## 6. Ábendingar

Við lestur og yfirferð skýrslunnar var ekki hjá því komist að ýmsar hugmyndir vöknudu varðandi vinnu við snjóflóðavarnarvirki. Þeirra helstu verður getið hér, en athygli vakin á því að þetta er almenns eðlis og beinist ekki að vinnubrögðum í Súðavík sérstaklega.

## 6.1 Mikilvægi tíma til hönnunar varnarvirkja

Eins og áður hefur verið bent á þá er skýrslan einungis frumathugun, sem unnin var á mjög skömmum tíma miðað við umfang verksins og það sama gildir um endurskoðunina. Allir aðilar sem komið hafa nálægt þessu máli eru sammála um að tíminn sem gefin var til þessa verks, athugunnar og endurskoðunnar, hafi verið of stuttur og að niðurstöðurnar lífi trúlega nokkuð fyrir það.

Það er því augljóst að endanleg hönnun mannvirkja af þessari stærðargráðu mun taka langan tíma ef vel á að vinna hana, og rétt að hafa það strax í huga við mat á valkostum og við gerð verkáætlana.

## 6.2 Mikilvægi mælinga, athugana og rannsókna

Í skýrslunni minnst höfundur á nauðsyn ýmissa rannsókna, athugana og mælinga áður en af frekari hönnun varnarvirkjana geti orðið, og það sama kemur fram í bréfi frá NGI (25.08.'95). Á þetta við um veður, snjó og jarðtæknileg atriði. Þessu er undirritaður sammála og bendir á í því sambandi að þetta atriði er rétt að hafa strax í huga varðandi aðra staði á landinu. Í sumum tilfellum þarf mörg ár til að framkvæma nægar rannsóknir og of seint að hefja þær þegar komið er á hönnunarstig viðkomandi varnarvirkja.

Nú þegar ætti því að hefja nauðsynlegar rannsóknir og mælingar á aðstæðum ofan þeirra þéttbýlissvæða sem búa við snjóflóðahættu, þannig að niðurstöður liggi fyrir þegar frumathuganir og hönnun varnarvirkja hefjast. Með þessu fyrirkomulagi má bæta hönnunina mikið og ef til vill losna við hluta af þeirri tímapressu sem komið hefur upp varðandi Súðavík.

## 6.3 Mikilvægi erlendra ráðgjafar

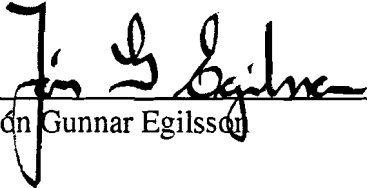
Eins og minnst hefur verið á hér að ofan þá er lítil reynsla komin á hönnun og gerð varnarvirkja til að verjast snjóflóðum hér á landi. Er því ómetanlegt að geta leitað samstarfs í smíðju manna með reynslu á þessu sviði, eins og starfsmanna NGI í þessu tilfelli, því án þeirrar aðstoðar hefði hönnun þessara mannvirkja að öllum líkindum orðið erfiðari og ónákvæmari.

Gott dæmi um nytsemi samstarfs er þvergarðurinn G2. Ef notuð hefði verið “teoritísk lyftihæð” samkvæmt almennum handbókum hefði hann getað orðið allt að 38 metra hár. Með niðurstöðum úr tilraunum og reynslu af hönnun varnarvirkja gátu höfundur og starfsmenn NGI lækkað garðinn niður í 15 metra, með því að nota keilugarða og taka viðnámsþátt snjóflóðsins inn í hæðarútreikningana. Við þetta lækkaði rúmmál garðsins (á lengdareiningu) um tæp 85%, en kostnaður við gerð garða er í nokkuð beinu hlutfalli við rúmmál hans (ATH: Hér þarf á móti að draga frá kostnað við gerð keilugarðana.), og svipað gildir um umhverfisáhrif hans.

Það er því augljóst að hægt er að auka öryggi hönnunar, og þar með að spara umtalsverðar fjárhæðir við byggingu snjóflóðavarnarvirkja, með samstarfi við erlenda snjóflóðaráðgjafa, en slíkt lengir hönnunartímann óhjákvæmilega eitthvað og þarf að gera ráð fyrir því í verkáætlun.

Í þessu sambandi þarf líka að taka það fram að ekki er víst að hægt sé að fylgja erlendum forsendum við gerð varnarvirkja hér á landi í einu og öllu, sökum þess að ýmsar aðstæður hér eru mjög sérstakar. Því er mikilvægt að gerðar séu ákveðnar grunnrannsóknir á snjóflóðum hér á landi, til að finna íslenskar forsendur sem nýtast við gerð hættumata vegna snjóflóða og varnarvirkja. Er gott til þess að hugsa að nú þegar sé kominn vísir að slíkum rannsóknum á vegum Almannavarna, ofanflóðanefndar og Veðurstofunnar.

Reykjavík 29. september 1995

  
Jón Gunnar Egilsson

Fylgiskjal 1. Hönnunarsnjóflóð - hraðar. Samanburður



# Hönnunarsnjóflóð - hraðar

## Samanburður

		Hraði Hnit m/s	Hraði NGI m/s	Hraði VST m/s
<b>G1</b>	án keila með keilum	30-35	30	32.8-26.9
<b>G2 (efst)</b>		40	35	37.6
<b>G2 (þverg.)</b>	án keila með keilum	26	26	27.4
<b>G3</b>		40	35	36-39
<b>G4</b>	án keila með keilum	21	18 10	19.9
<b>G6</b>		40	35	37.6
<b>G7</b>	án keila með keilum	18 14		18-19.7
<b>G8</b>				