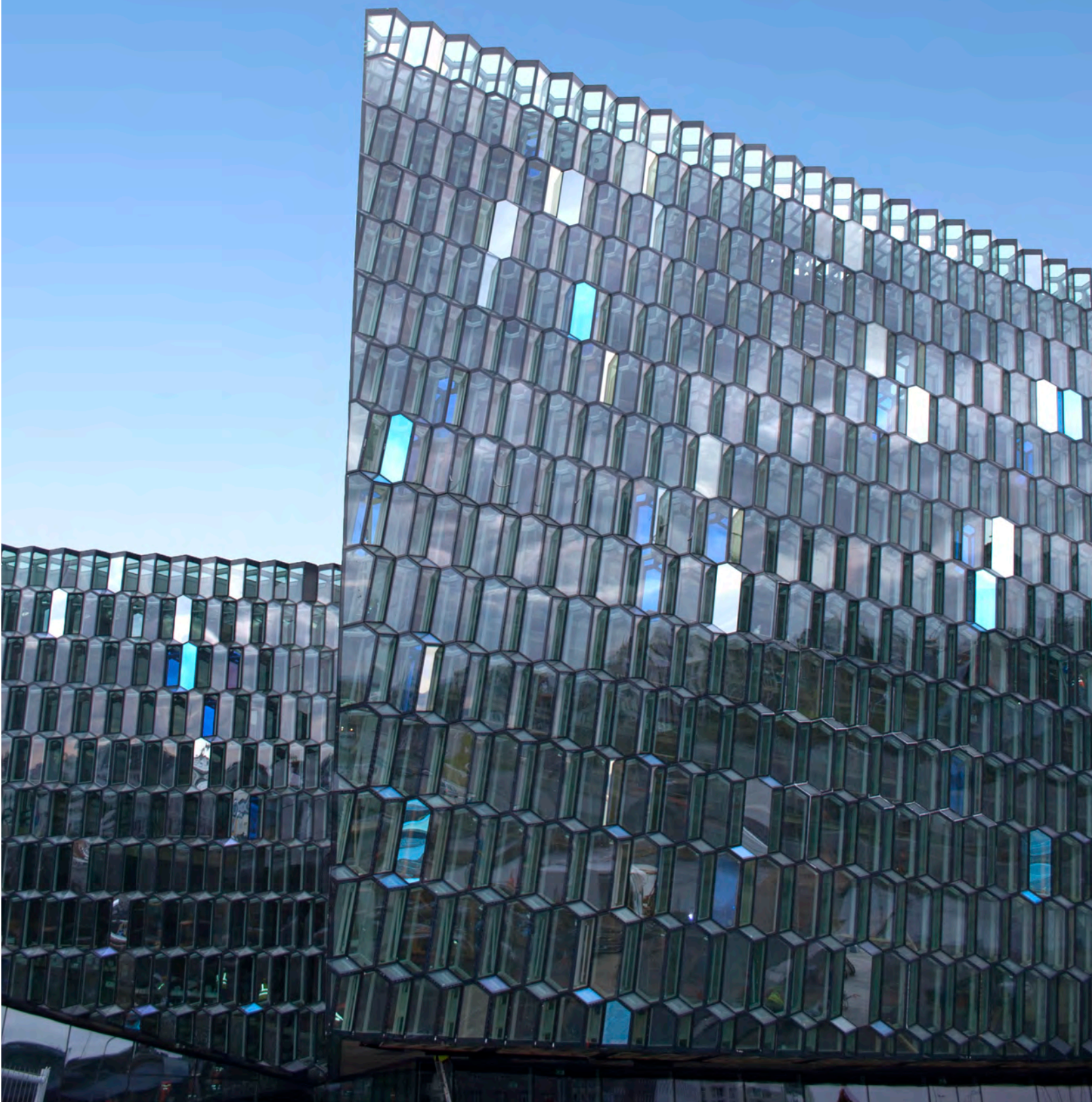


# TÆKNIVÍSIR

BLAÐ BYGGINGARTÆKNIFRÆÐINEMA

34. árgangur 2011





Í Háskólanum í Reykjavík leggjum við áherslu á að miðla þekkingu í greinum þar sem helstu tækifæri framtíðarinnar liggja. Nám við tækni- og verkfræðideild HR er metnaðarfullt og gerir miklar kröfur til nemenda og kennara. Auk áherslu á gæði náms og kennslu er lögð áhersla á frumkvæði nemenda, virka þátttöku og sjálfstæð vinnubrögð. HR er stærsti tækniháskóli landsins og útskrifar tvo af hverjum þremur sem ljúka tækninámi á háskólastigi.

- PhD í verk- og tæknivísindum

#### BYGGINGARSVIÐ

- MSc í byggingarverkfræði
  - Framkvæmdastjórnun
  - Mannvirkjahönnun
  - Steinsteyputækni
  - Umferð og skipulag
- MSc í framkvæmdastjórnun
- MSc í skipulagsfræðum og samgöngum

#### HEILBRIGÐISSVIÐ

- MEd í heilsuþjálfun og kennslu
- MSc í íþróttavísindum og þjálfun
- MSc í heilbrigðisverkfræði
- MSc í lífupplýsingafræðum

#### VÉLA- OG RAFMAGNSSVIÐ

- MSc í rafmagnsverkfræði
- MSc í vélaverkfræði
- MSc í orkuverkfræði (í samstarfi við REYST)

#### FJÁRMÁLA- OG REKSTRARSVIÐ

- MSc í ákvarðanaverkfræði
- MSc í fjármálaverkfræði
- MSc í rekstrarverkfræði

UMSÓKNARFRESTIR ERU TIL **15. APRÍL OG 5. JÚNÍ**



**HÁSKÓLINN Í REYKJAVÍK**  
SAMAN LÁTUM VIÐ HJÓLIN SNÚAST

# MEISTARA- OG DOKTORSNÁM VIÐ TÆKNI- OG VERKFRÆÐIDEILD

Kynntu þér námið á [www.hr.is/tvd](http://www.hr.is/tvd)

# Settu sjálfan þig í forgang

- tryggðu öryggi fjölskyldunnar

Sjúkrasjóður tryggir 90% af heildarlaunum í veikindum og slysum

Styrkir til sjúkrabjálfunar, líkamsræktar, gleraugnakaupa ofl.

Öflug endurmenntun og fjölbreyttir fræðslustyrkir

30 glæsileg sumarhús víða um land

Hús á Flórída og íbúð á Spáni, tilboðsferðir til sólarlanda

Tilboð á hótलगistingu, útilegu- og veiðikortum



**FIT**  
FÉLAG IÐN- OG  
TÆKNIGREINA





**Fyrsta röð frá vinstri:** Guðni Þorberg Svavarsson, Örvar Jónsson, Jón Helgi Helgason, Hrannar Ólafsson, Guðjón Kjartansson, Sigurður Rúnar Birgisson, Stefán Elfar Garðarsson.

**Önnur röð frá vinstri:** Vigdís Lúðvíksdóttir, Örn Arnarson, Sigurður Andrés Þorvarðarson, Heimir Þór Gíslason, Andri Gunnarsson, Baldvin Árnason.

**Þriðja röð frá vinstri:** Birgitta Rán Ásgeirsdóttir, Jóhann Viðir Númason, Guðmundur Birgir Guðmundsson, Ragnhildur Ósk Valtýsdóttir, Elfar Steinn Karlsson, Kristján Ingi Arnarsson, Guðmundur Ingi Guðmundsson, Sigurður Valur Guðmundsson, Auður Guðmundsdóttir.

**Fjórtða röð frá vinstri:** Oliver Claxton, Þórður Karl Gunnarsson, Kristján Ingi Gunnlaugsson, Aron Örn Karlsson, Þorgils Magnússon, Árni Snær Kristjánsson, Sonur Árna: Jóhann Grétar Árnason.

## Ritstjórapistill

Nú lítur 34. tölublað Tæknivísis dagsins ljós eftir mikla undirbúningsvinnu. Blaðið hefur ávallt verið gefið út af lokaársnemum í byggingartæknifræði hvort sem þeir hófu nám í Tækniskólanum, Tækniháskólanum eða nú í Háskólanum í Reykjavík. Þetta nám er ákaflega hagnýtt og eru kennararnir margir leiðandi á sínu sviði á atvinnumarkaðnum. Við sem hófum nám haustið 2008 vorum mörg líkt og árið áður, enda atvinnuhorfur góðar í þessum geira á þeim tíma. Þrátt fyrir hrun á byggingarmarkaði var nær

ekkert brottfall úr námi. Með jákvæðni að leiðarljósi endurmat hver fyrir sig framtíð sína varðandi námsframvindu og atvinnumöguleika.

Blaðið var fyrst gefið út árið 1978 og hefur tilgangur með gerð þess verið sá sami frá upphafi og er hann tvískiptur. Í fyrsta lagi að afla fjár til útskriftarferðar þriðjaársnema og ekki síst að miðla upplýsingum og umræðum í byggingageiranum. Í blaðinu er margar spennandi greinar og reyndum við að fá sem flestar greinar frá nemendum,

sem kláruðu annað hvort síðasta sumar eða nú um áramótin, unnar úr lokaverkefnum sínum. Við viljum þakka þeim sem auglýstu í blaðinu og eins þeim sem skrifuðu í það greinar kærlega fyrir sitt framlag. Einnig viljum við þakka þeim Vigdís Lúðvíksdóttur og Rannveigu Haraldsdóttur fyrir þeirra framlag við gerð blaðsins og síðast en ekki síst Oliver Claxton fyrir umbrot.

fyrir hönd útskriftarhópsins,  
Jón Helgi Helgason  
Kristján Ingi Arnarsson



PEKING



METNAÐUR



ÁREIÐANLEIKI

Almenna verkfræðistofan • Fellsmúli 26 • Sími 580 8100 • av@almenna.is • www.almenna.is

## Tæknivísir 2011

### Ritstjórar:

Jón Helgi Helgason  
Kristján Ingi Arnarsson

### Ferðanefnd:

Auður Guðmundsdóttir  
Birgitta Rán Ásgeirsdóttir  
Guðni Þorberg Svavarsson  
Sigurður Rúnar Birgisson

### Ábyrgðarmenn:

Lokaársmemar í  
byggingartæknifræði  
við Háskólann í Reykjavík

### Útgefandi:

Lokaársmemar í  
byggingartæknifræði  
við Háskólann í Reykjavík

### Upplag:

4500 eintök

### Dreifing:

Félagar í  
Tæknifræðingafélagi  
Íslands,  
Verkfræðingafélagi  
Íslands og  
Arkitektafélagi Íslands.  
Byggingafræðingar og  
byggingaiðnfræðingar.  
Sveitarfélög, bókasöfn,  
auglýsendur,  
nemar og kennarar í  
byggingartæknifræði  
við Háskólann í Reykjavík.

### Forsíðumynd:

Oliver Claxton

### Umbrot:

Oliver Claxton

## Efnisyfirlit

Ritstjórastíll	4
Áhrif hækkunar sjávar á fráveitukerfi	6
Háskólinn í Reykjavík varðar Menntavegin	10
Samanburður á viðhaldspörf steinsteyptra húsa á höfuðborgarsvæðinu	14
Þegar strengir Hörpunnar brustu	18
Hönnun lífdísilverksmiðju á Hvolsvelli.	30
Lokaverkefni í Byggingartæknifræði.	30
Flutningsgeta ræsa ákvörðuð út frá rennismælingum	34
Nýir þolhönnunarstaðlar.	36
Ferilskráin	37
Hugleiðingar um jarðskjálftaálag á byggingar	41



**Veljum íslenskt!**

**Bákameistarinn**

Austurveri • Glæsibæ • Húsgagnahöllinni • Mjódd • Smáratorgi • Suðurveri

# Áhrif hækkunar sjávar á fráveitukerfi



## Grétar Mar Hreggviðsson.

Byggingartæknifræðingur  
B.Sc. frá Háskólanum í  
Reykjavík 2010.

Stundar meistaranám  
í byggingarverkfræði,  
með áherslu á umferð og  
skipulag, við Háskólann í  
Reykjavík.

Haustið 2010 vann undirritaður lokaverkefni í byggingartæknifræði við Háskólann í Reykjavík sem fólst í að skoða helstu spár um loftslagsbreytingar og sjávarborðshækkun, skoða áhrif hækkunar sjávar á fráveitukerfi í Reykjavík og benda á mögulegar leiðir til úrbóta. Verkefnið var unnið í samvinnu við Orkuveitu Reykjavíkur og leiðbeinandi var Brynjólfur Björnsson sviðsstjóri veitna hjá Verkfræðistofunni Mannviti. Í þessari grein verður gerð stuttlega grein fyrir verkefninu og niðurstöðum þess.

Árið 2010 var eitt af þremur hlýjustu árum frá upphafi mælinga, og síðastliðinn áratugur var jafnframt sá hlýjasti frá upphafi. Raunar hafa síðustu 34 árin verið yfir hitameðaltali 20. aldarinnar samkvæmt Bandarísku loftrannsóknarstofnuninni (NOAA). Afleiðingar loftslagsbreytinga og hnattrænnar hlýnunar er meðal annars hækkun sjávarborðs vegna bráðnunar jökla og varmaþenslu sjávar.

Fráveitukerfi eru meðal þeirra mannvirkja sem hvað fyrst verða fyrir áhrifum hækkunar sjávar. Samkvæmt einföldum rennslisfræðilögmálum gildir að í lögn sem liggur út í sjó gætir sömu sjávarfalla og í fjörunni og vatnshæðin í lögninni er því ávallt sú sama og sjávarýfirborðið. Samt er það svo að á Íslandi hefur svölitið verið undir hælenn lagt hvort fráveitukerfi sem liggja út í sjó hafi verið hönnuð með tiltekna sjávarhæð í huga, hvað þá að við hönnun hafi verið tekið tillit til



**Mynd 1:** Eiðsgrandi að morgni 10. febrúar 2008. Þennan morgun mældist sjávarhæð við Miðbakkann 2,44 m (4,27 í kerfi Sjómælinga).

**Mynd:** Gunnar Sigmundsson

væntanlegra sjávarstöðubreytinga af völdum hnattrænnar hlýnunar.

Við hönnun mannvirkja í og við sjó þarf að taka tillit til margra þátta, s.s. gerðar mannvirkis, sjávarstöðu, öldustefnu og fleira. Einnig þarf að taka mið af líftíma mannvirkis, líftími hafnarmannvirkja er til að mynda yfirleitt miðaður við 40-50 ár, sem gerir það að verkum að tekið er tillit til langtímabreytinga á sjávarstöðu við hönnun þeirra. Líftími kjallara undir húsi er gjarnan áætlaður um 100 ár, en getur verið hundruðir ára fyrir stærri byggingar. Þegar líftími mannvirkja er 100 ár eða meiri þarf að taka fullt tillit til væntanlegra sjávarstöðubreytinga við hönnun þeirra.

## Bakgrunnur verkefnis

Milliríkjanefnd um loftslagsbreytingar (The Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) nefnist vísindaráð sem stofnað var árið 1988 af Umhverfisstofnun Sameinuðu Þjóðanna (UNEP) og Alþjóðaveðurfræðistofnuninni (WMO). IPCC gefur út ástandsskýrslur sem innihalda samantekt á nýlegum rannsóknum á loftslagsbreytingum. Í fjórðu og nýjustu ástandsskýrslunni, Fourth Assessment Report (AR4) og gefin var út árið 2007 segir m.a. að frá upphafi iðnbýltingar (um 1750) hafi hlýnað á jörðinni, og á síðustu 100 árum hafi hlýnun við yfirborð jarðar verið rúmlega 0,7°C. Það er niðurstaða skýrslunnar að mjög

líklegt sé að meðalhiti jarðar hafi á síðari hluta 20. aldar verið hærri en á nokkru öðru 50 ára tímabili síðustu 500 árin og líklega sá hæsti í a.m.k. 1300 ár.

Í kjölfar útgáfu þessarar skýrslu skipaði Umhverfisstofnun Íslands vísindanefnd um loftslagsbreytingar sem skipaði skýrslu árið 2008 um líkleg áhrif hnattrænna loftslagsbreytinga á Íslandi. Þar kemur m.a. fram að hlýnun á Íslandi nemur rúmlega 0,7°C á öld frá því að samfelldar mælingar hófust snemma á 19. öld og að sjávarýfirborð í Reykjavík hefur hækkað. Mælingar á sjávarborði í Reykjavík hafa farið fram frá árinu 1951, Siglingastofnun Íslands hefur unnið úr þessum gögnum, og eru niðurstöður þessara athugana að sjávarborð fór hækkanði um 3,6 mm á ári á tímabilinu 1956 til 2007, en frá árinu 1997 til 2007 hækkaði sjávarborð um 5,5 mm á ári. Landsig er nokkurt á suðvestur-horninu; 2-4 mm á ári í Reykjavík og allt að 8 mm á ári yst á Reykjanesi. Þegar tekið hefur verið tillit til landsigs og hitabreytinga fylgir hækkan í Reykjavík til lengri tíma litið meðaltalshækkun heimshafanna, en samkvæmt IPCC er hnattræn hækkan sjávarborðs frá því um 1870 u.þ.b. 0,2 m, og frá 1961 til 2003 hækkaði yfirborð sjávar að meðaltali um 1,8 mm á ári.

Samkvæmt niðurstöðum IPCC verður hnattræn sjávarýfirborðshækkun líklega á bilinu 0,2 til 0,6 m á öldinni, en jafnframt er tekið fram að ekki sé hægt að útiloka enn meiri hækkan. Hækkan sjávarstöðu getur því orðið verulegt vandamál á



# Arion banki

strandsvæðum og lágsvæðum sem liggja að sjó. Ef landsigs gætir í ofanálag gæti staðan orðið enn verri.

### Almennt um fráveitukerfi

Meginhlutverk fráveitukerfa er að flytja fráveituvatn, bæði skólþ og ofanvatn, frá uppsprettu að viðtaka þannig að heilsu almennings stafi ekki hætta af. Einnig er hlutverk fráveitunnar að vernda almenning gegn sjúkdómum og flóðum, vernda grunnvatn undir bæjum o.fl. Mikilvægt er að varnir gegn flóðum í þéttbýlisstöðum séu tryggar og rétt hannaðar og lagnir séu ekki of litlar. Íbúarnir greiða fráveitugjöld og ætlast til þess að fráveitukerfin virki án þess að þurfa að óttast veðrabrigði.

Hönnun fráveitukerfis byggir m.a. á áætluðu afrennsli landsvæðis við tiltekna rigningu og landhæð. Þótt magn úrkomu milli ára geti verið breytilegt hefur verið litið svo á að sögulegar regnmælingar gefi nokkuð áreiðanlegt mat á úrkomu í framtíðinni og afrennsli yfir líftíma kerfisins. Af því gefnu að kerfinu hafi verið haldið vel við megi því gefa sér að kerfið uppfylli hönnunarforsendur út líftíma sinn.

Rannsóknir í loftslagsfræðum gefa hins vegar tilefni til að velja fyrir sér hvort hönnunarforsendur skilgreindar út frá sögulegum gögnum eigi við í framtíðinni.

Við hönnun fráveitukerfa við sjávarsíðuna er að ýmsu að huga; áhrif sjávarfalla, lítill landhalli og há grunnvatnsstaða. Hraði í sjálfrennislögnum, og þá hversu mikið lögnin getur flutt, ákvarðast að mestu af hæðarmismun; því meiri hæðarmunur því meiri flutningsgeta. Strandsvæði eru jafnan láglend og því viðkvæm fyrir sjávarflóðum. Há sjávarstaðar getur minnkað hæðarmuninn (fallhæðina) í lagnakerfinu og því hægt á rennsli lagnanna. Það leiðir til að flutningsgeta kerfanna minnkar sem getur valdið því að kerfið yfirfyllist og vatn flæði upp á yfirborð. Hækkun sjávar veldur jafnframt hækkun á grunnvatnsstöðu sem aftur eykur innrennsli í fráveitukerfi því hækkun á grunnvatnsstöðu leiðir til þess að minna af úrkomunni sígur niður í jarðveginn.

Þetta orsakar jafnframt minna grunnvatnsstreymi því vatnið sem áður seig niður í jarðveginn rennur í fráveitukerfið. Sýnt var fram á verulega fylgni milli hækkunar grunnvatnsstöðu og aukins afrennslis í rannsókn sem gerð var árið 1990 í Cape Cod í Massachusetts í Bandaríkjunum. Samkvæmt þeirri rannsókn olli 10

cm hækkun grunnvatnsstöðu 70% aukningu á afrennsli og 20% minnkun á grunnvatnsstreymi. (Nuttle og Portnoy, 1990)

Upp úr miðjum sjöunda áratug síðustu aldar var farið að notast við tölvulíkön til að herma vatnasvæði og greina magn og eiginleika (gæði) ofanvatns. Síðan þá hafa mjög mörg kerfi verið þróuð, líkön sem byggja á allt frá einföldum formúlum til flókinnra straumfræðilegra útreikninga.

Ferillinn er í stuttu máli þannig að landsvæðinu er skipt í afrennslissvæði og hvert svæði fær ákveðinn afrennslisstuðul. Regnskúr með tiltekin úrkomustyrk eða endurkomutíma er „látin falla“ á svæðið og líkanið reiknar út vatnsmagnið sem skilar sér í fráveitukerfið. Þetta vatnsmagn er svo notað til að herma lagnakerfið; hvernig lagnakerfið bregst við, hvort einhvers staðar flæði upp úr kerfinu o.s.frv. Þrátt fyrir mikla gagnsemi slíkra hermílikana og hægræði sem af þeim hlýst gerir enn sem komið er Orkuveita Reykjavíkur eitt veitufyrirtæki kröfu til hönnuða að hönnun kerfa fylgi niðurstöður hermílikans þar sem lagnakerfið er keyrt miðað við skilgreindar hönnunarforsendur

### Hönnunarforsendur OR

Fyrir nokkrum árum setti Orkuveita Reykjavíkur fram leiðbeiningar um hvernig útfæra skyldi hönnunarforsendur þær er OR setur, og er í þeim fjallað um skólþ, ofanvatn og bakvatn hitaveitu. Í leiðbeiningunum segir að ofanvatnskerfi sem hönnuð eru fyrir OR skuli uppfylla eftirfarandi skilyrði, nema annað sé sérstaklega ákveðið:

- ◆ Við skúr með 5 ára edur-kmutíma skal almenna reglan vera að lagnir séu ekki undir þrýstingi og hvergi í kerfinu má vatnsyfirborð (hydraulic grade line) ná yfirborði lands.
- ◆ Við skúr með 10 ára edur-kmutíma má vatnsyfirborð (hydraulic grade line) hvergi ná yfirborði lands, nema að öruggt sé að flóðavatn valdi ekki tjóni og rennsli til viðtaka sé tryggt.

Á miðbæjarsvæðum eða svæðum sem búast má við umtalsverðu eignatjóni ef flæðir upp á yfirborð skal nota hærri endurkomutíma, eins og fram kemur í leiðbeiningum.

### Framkvæmd verkefnis

Markmið verkefnisins var að skoða áhrif hækkunar sjávarborðs á fráveitukerfi (ofanvatnskerfi) í Reykjavík. Tekið var fyrir hverfi við Eiðsgrandann, lagnakerfið

sett upp í hermílikani (Mike Urban) og líkanið keyrt miðað við tilteknar forsendur varðandi sjávarhæð og úrkomu. Fundin voru hámarks sjávarhæða sem kerfið þolir við tiltekna úrkomu áður en byrjar að flæða upp á yfirborð. Þessi þolmörk kerfisins voru svo borin saman við spár um hnattræna hækkun sjávar vegna loftslagsbreytinga og reynt að meta hvernig kerfið (eða sambærilegt kerfi) væri í stakk búið til að mæta hækkandi sjávarborði.

Hverfið við Eiðsgrandann er eitt þeirra svæða sem liggja lægst í Reykjavík en landhæð er þar víðast hvar um 4-5 metra yfir sjávarmáli. Í stærstum hluta hverfisins er tvöfalt fráveitukerfi, þ.e. skólþ er leitt um hreinsistöðina í Ánanaustum og þaðan dælt út í sjó en ofanvatn er leitt út í sjó. Allar sveiflur í sjávarhæð hafa því áhrif á regnvatnskerfið, enda eru botnkótar neðstu brunna kerfisins neðan sjávarmáls (meðalsjávarhæðar) og því liggur sjór í þeim hluta kerfisins stóran hluta ársins. Hermílikan af lagnakerfinu var sett upp í hermunarforritinu Mike Urban út frá upplýsingum úr landupplýsingakerfi Orkuveitunnar (LUKOR) um staðsetningar, hæðarkóta, lagnastærðir o.fl. Afrennslissvæði voru skilgreind út frá kortum og viðeigandi afrennslisstuðlar reiknaðir út. Úrkoma var skilgreind út frá hinni svokölluðu 1M5 aðferð og regnskúrir útfærðar sem svokallaðir Chicago toppar.

Fyrst var skoðað hvernig kerfið stæði gagnvart hönnunarforsendum Orkuveitunnar. Keyrt var bæði með og án tillits til sjávarhæðar, og jafnframt fyrir 5 og 10 ára regn, líkt og kveðið er á um í hönnunarforsendum. Að því loknu voru fundnar úr þær hámarkssjávarhæðir sem kerfið þolir þegar regnskúrir falla/stendur yfir með tiltekinn endurkomutíma -.

Þegar hinar krítísku sjávarhæðir lágu fyrir voru þær bornar saman við mæld gildi sjávarhæðar frá sjávarhæðarmæli við Miðbakkann í Reykjavík. Gögnin, sem voru fengin frá Siglingastofnun Íslands, eru 10 mínútna gildi og spanna u.þ.b. 13 ára tímabil, frá 1996 til 2010. Reiknað var út hlutfall þess tíma sem sjávarhæðin hefur mælst yfir þeim krítísku sjávarhæðum sem fengust úr líkaninu.

Við keyrslur hermílikansins kom í ljós umtalsverð tregða við tiltekinn lagnalegg í kerfinu og var ákveðið að skoða áhrif þess að stækka hann. Því var þvermál þessarar tilteknu lagnar aukið og líkanið keyrt aftur miðað við sömu forsendur um úrkomu og

áður og fundnar krítískar sjávarhæðir eftir breytingu.

### Niðurstöður

Í ljósi þess að umrætt fráveitukerfi var lagt löngu fyrir tíma hönnunarforsendna Orkuveitunnar þótti áhugavert að skoða hvort þær væru uppfylltar. Niðurstaðan er því sú að kerfið uppfyllir fyllilega skilyrði hönnunarforsenda OR varðandi regnskúr með 10 ára endurkomutíma. Hins vegar er skilyrðið um engan þrýsting í lögnum við regnskúr með 5 ára endurkomutíma ekki uppfyllt og er það að mestu vegna áðurnefnds lagnaleggs. Raunar þolir þessi tiltekni lagnaleggur einungis úrkomu sem nemur regnskúr með 2 ára endurkomutíma en við það úrkomumagn fer að myndast þrýstingur í lögnum. Þetta veldur tregðu upp eftir kerfinu ofan leggsins.

Eins og áður hefur verið vikið að var tilgangurinn að finna mestu sjávarhæð sem kerfið þolir við tilteknar aðstæður, þ.e. þegar regnskúr með tiltekinn endurkomutíma (úrkomustyrk) fellur samhliða ákveðinni sjávarstöðu. Niðurstöður úr hermílikani eru samkvæmt töflu 1, þar sem jafnframt kemur fram hlutfall þess tíma sem sjávarhæðin er yfir þessum krítísku mörkum.

Endurkomutími skúra	Mesta sjávarhæð	% tíma sjávarhæðar yfir mörkum
1 mán.	3,63 (5,45)	0,00%
1 árs	3,43 (5,25)	0,00%
2 ára	3,04 (4,86)	0,00%
3 ára	2,88 (4,70)	0,02%
4 ára	2,54 (4,36)	0,45%
5 ára	2,41 (4,23)	1,01%
10 ára	1,78 (3,60)	10,23%

**Tafla 1:** Sjávarhæðir sem kerfið þolir, áður en flæðir upp úr því, við mismunandi endurkomutíma regnskúra, ásamt hlutfalli tímans sem sjávarhæðin hefur mælst hærrí. Tölur úr hæðarkerfi Sjómælinga Íslands innan sviga til glöggvunar.

Tölurnar sýna að við regnskúr með ofangreindan endurkomutíma má búast við flóðum upp úr kerfinu þegar sjávarhæðin fer yfir viðeigandi mörk. Í þriðja dálkinum kemur hlutfall þess tíma sem sjávarhæðin er yfir áður nefndum mörkum.

Meðalstórstraumsflóð í Reykjavík er 2,18 metrar. Samkvæmt þessu getur skúr með 5 ára endurkomutíma valdið flóðum upp úr kerfinu við sjávarstöðu sem er líðlega 0,2 metrum umfram meðalstórstraumsflóð, við u.þ.b. 0,35 metra umfram meðalstórstraumsflóð getur 4 ára skúrin farið að valda flóðum, við 0,7 metra umfram getur 3 ára skúrin valdið flóðum

o.s.frv. Samkvæmt þessu getur 10 ára skúrin nú þegar valdið flóðum upp úr kerfinu falli hún saman við meðalstórstraumsflóð. IPCC notast við svokallaðar sviðsmyndir til að lýsa tiltekinni atburðarrás varðandi aukningu gróðurhúsalofttegunda, breytingar á landnotkun, mannfjöldapróun o.s.frv. Niðurstöður hermunar voru skoðaðar út frá þremur þessara sviðsmynda; B<sub>1</sub>, A<sub>1</sub>B og A<sub>1</sub>F<sub>1</sub>. Fyrir hverja sviðsmynd er miðað við efri mörk þeirrar sjávarborðshækkunar sem reiknað er með. Samkvæmt skýrslu vísindanefndar má gera ráð fyrir 0,2-0,4 m landsigi í Reykjavík út öldina, sem eykur áhrif hækkunar enn frekar. Niðurstöðurnar má því setja fram samkvæmt töflu 2:

Endurkomutími skúra	Núverandi staða		Sviðsmynd B1 2°C hnattræn hlýnun allt að 0,38 m hækkun		Sviðsmynd A1B 3°C hnattræn hlýnun allt að 0,48 m hækkun		Sviðsmynd A1F1 4°C hnattræn hlýnun allt að 0,59 m hækkun	
	Mesta sjávarhæð	Hlutfall tíma	Mesta sjávarhæð	Hlutfall tíma	Mesta sjávarhæð	Hlutfall tíma	Mesta sjávarhæð	Hlutfall tíma
1 mán.	3,63	0,0%	2,95	0,0%	2,85	0,0%	2,74	0,1%
1 ár	3,43	0,0%	2,75	0,1%	2,65	0,2%	2,54	0,4%
2 ár	3,04	0,0%	2,36	1,3%	2,26	2,1%	2,15	3,3%
3 ár	2,88	0,0%	2,20	2,7%	2,10	4,0%	1,99	5,8%
4 ár	2,54	0,4%	1,86	8,4%	1,76	10,7%	1,65	13,4%
5 ár	2,41	1,0%	1,73	11,4%	1,63	14,0%	1,52	17,0%
10 ár	1,78	10,2%	1,10	30,6%	1,00	33,8%	0,89	37,2%

**Tafla 2:** Niðurstöður hermílikans settar fram, annars vegar miðað við núverandi stöðu og hins vegar miðað við þrjár sviðsmyndir IPCC um hnattræna hlýnun og þá hækkun sem af henni hlýst. Jafnframt tekið tillit til landsigs, 3mm/ári út öldina.

Úr þessari stóru og miklu töflu má lesa að við núverandi aðstæður er sjávarhæðin 1% tímans yfir þeim mörkum sem veldur flóði upp úr kerfinu standi yfir regnskúr með 5 ára endurkomutíma samhliða. Ef miðað er við 3°C hnattræna hlýnun er sama hlutfall orðið 14%.

Eins og áður hefur verið vikið að reyndist vera umtalsverð tregða í kerfinu við tiltekinn lagnalegg í kerfinu. Téð lög er um 75 m löng og er staðsett nokkuð inni í landi og er þvermál hennar 250 mm. Í nánast öllum tilvikum reyndist rennslið í lögnum undir þrýstingi ( $Q_{max}/Q_f > 1$ ), þ.e. lögnin flytur meira en full lög af þessari stærð getur flutt með sjálfrennsli. Því var ákveðið að stækka þessa einu lög í 400 mm, keyra líkanið aftur og skoða áhrif þess á kerfið í heild og þol kerfisins gagnvart sjávarborðshækkun.

Hermílikanið var keyrt aftur fyrir sömu úrkomutilvik og áður og niðurstaðan af því var m.a. sú að vatnshæð í brunni ofan lagnarinnar lækkaði um allt að 1,5 m og tregðan í kerfinu minnkaði verulega. Það markverðasta við þessa niðurstöðu er að eftir breytingu þolir kerfið um 0,6 m hærrí sjávarstöðu miðað við 5 ára skúri og um 0,76 m hærrí sjávarstöðu miðað við 10 ára skúr. Niðurstöður úr hermílikani eftir breytingu á kerfi á má sjá í töflu 3, ásamt hlutfalli tíma yfir mörkum samkvæmt mæligögnum Siglingastofnunar um sjávarhæð.

Endurkomutími skúra	Mesta sjávarhæð	% tíma sjávarhæðar yfir mörkum
	[m]	[%]
1 mán.	3,63 (5,45)	0,00%
1 árs	3,43 (5,25)	0,00%
2 ára	3,21 (5,03)	0,00%
3 ára	3,08 (4,90)	0,00%
4 ára	3,05 (4,87)	0,00%
5 ára	3,00 (4,82)	0,00%
10 ára	2,54 (4,36)	0,45%

**Tafla 3:** Sjávarhæðir sem kerfið þolir eftir breytingu, áður en flæðir upp úr því, við mismunandi endurkomutíma regnskúra, ásamt hlutfalli tíma yfir mörkum. Tölur úr hæðarkerfi Sjómælinga Íslands innan sviga til glöggvunar

### Túlkun niðurstaðna

Af framansögðu verður að teljast nokkuð ljóst að hækkun sjávarborðs

á næstu áratugum er ekki bara áróður lopapeysuklæddra umhverfissinna heldur mál sem þarf að skoða af fullri alvöru án þess að pólitík eða peningahagsmunir stjórni þar för. Það er ekki markmið þessa verkefnis að taka afstöðu með eða á móti, eða um hver möguleg hækkun kunni að verða, heldur einungis að benda á alvarleika málsins og nauðsyn þess að málið sé skoðað ofan í kjölinn.

Fyrsta niðurstaðan sem vert er að velta fyrir sér er að m.v. óbreytt landsig, 2-4 mm á ári mun tíðni flóða í fráveitukerfi sem þessu aukast allverulega án nokkurra breytinga á sjávarhæð. Jafnvel þó landsigið verði í lægri kantinum (2 mm/ári) þá verður meðalstórstraumsflóðið í lok aldarinnar komið yfir þau mörk sem kerfið þolir



samhliða regnskúr með 5 ára endurkomutíma eingöngu vegna landsigs. Ef landsigið verður í efri mörkunum (4 mm/ári) þá verður hæsta stjarnfræðilega flóð í lok aldarinnar u.þ.b. jafnt flóði með 25 ára endurkomutíma í dag. Hæsta stjarnfræðilega flóð, sem í dag er 2,80 m, hefur mælst ríflega þrisvar á ári að meðaltali síðustu þrettán ár sbr. mæligögn frá Siglingastofnun.

Við núverandi aðstæður er sjávarhæðin 1% tímans yfir þeim mörkum sem kerfið þolir við regnskúr með 5 ára endurkomutíma, og 10% tímans yfir þeim mörkum við skúr með 10 ára endurkomutíma. Líklegasta hlýnun á Íslandi samkvæmt skýrslu vísindanefndar er 1,4-2,4 °C á öldinni. Við þá hækkun er hlutfallið fyrir 5 ára skúrina orðið á bilinu 4-6%, og fyrir 10 ára skúrina 18-22%. Ef landsigi er bætt við gæti hlutfall tímans farið í 13-14% fyrir 5 ára skúrina og 33-34% fyrir 10 ára skúrina. Við líklegustu hækkun sjávar og meðallandsig (3 mm/ári) hefur því hlutfall tímans yfir mörkum 5 ára skúrarinnar allt að fjórtánfaldast og ríflega þrefaldast fyrir mörk 10 ára skúrarinnar.

Áður hefur verið vikið að því að hugsanlega muni hönnunarforsendur dagsins í dag ekki eiga við þegar líða tekur á öldina. Samkvæmt IPCC gæti úrkoma aukist um allt að 20% á öldinni. Ef það er sett í samhengi við það sem hér er til skoðunar þá mun regnskúr sem í dag hefur 2 ára endurkomutíma jafngilda skúr með 5 ára endurkomutíma árið 2100, 4 ára skúrin mun jafngilda 10 ára skúr og 5 ára skúrin mun jafngilda 15 ára skúr. Það er því ljóst að þær hönnunarforsendur fyrir regnvatnslagnir sem unnið er eftir í dag munu ekki eiga við árið 2100 ef þessar spár ganga eftir. ■

#### Heimildir:

1. Grétar Mar Hreggviðsson (2010). Áhrif hækkunar sjávar á fráveitukerfi. Lokaverkefni í byggingartæknifræði við Háskólann í Reykjavík Sótt af <http://hdl.handle.net/1946/7701>
2. Halldór Björnsson (2009). Er loftslag að breytast? Sótt 19. september 2010 af <http://www.vedur.is/loftslag/loftslagsbreytingar/breytast>
3. Halldór Björnsson, Árný E. Sveinbjörnsdóttir, Anna K. Danielsdóttir, Árni Snorrason, Bjarni D. Sigurðsson, Einar Sveinbjörnsson, Gísli Viggósson, Jóhann Sigurjónsson, Snorri Baldursson, Sólveig Þorvaldsdóttir og Trausti Jónsson. (2008). Hnatrænar loftslagsbreytingar og áhrif þeirra á Íslandi – Skýrsla vísindanefndar um loftslagsbreytingar. Umhverfissráðuneytið.
4. IPCC (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (ritstj.). Cambridge University Press.
5. IPCC (2010). <http://www.ipcc.ch/organization/organization.shtml> sótt 20. mars 2011.
6. Jónas Elíasson og Sigvaldi Thordarson (1996). Vatnafræðilegar forsendur fráveituhönnunar Verkfræðistofnun Háskóla Íslands - Vatnaverkefni Skýrsla nr. 6-961002, Reykjavík 1996.
7. OR (2008). Leiðbeiningar um hönnunarrennsli skólps og ofanvatns, Orkuveita Reykjavíkur, maí 2008.



## 5 ár á ævintýra-slóðum Asíu

Frá árinu 2006 höfum við greitt götur hundruða Íslendinga í margvíslegum ferðum og í fjölbreyttum erindagjörðum um lendur Asíu.

Flestir farþegar okkar ferðast eftir klæðskerasaumaðri áætlun, sérsniðinni með tilliti til tíma, fjárhags og áhugasviði hvers og eins.

Útskriftarferðir, margra mánaða „bakpokareisur“, djúpvitrar menningar- og náttúruskoðanir, lauffléttir strand- og dekurdagar, íburðarmiklar brúðkaupsferðir eða hvernig ferð sem þig langar í.



Ferðaskrifstofan Oriental ehf.  
[www.oriental.is](http://www.oriental.is)  
[oriental@oriental.is](mailto:oriental@oriental.is)  
Sími 514 14 99



# SAMSKIP

# Byggingartæknifræði

## Háskólinn í Reykjavík varðar Menntavegin



### Fjóla Guðrún Sigtryggsdóttir.

Sviðsstjóri byggingarsviðs tækni- og verkfræðideildar Háskólans í Reykjavík.

Sérhæfð í burðarvirki og jarðtækni með áherslu á jarðskjálftaverkfræði.

Byggingartæknifræði er kennd við sívaxandi og öfluga tækni- og verkfræðideild Háskólans í Reykjavík. Deildin byggir á áratuga starfsemi Tækniháskóla Íslands (áður Tækniskóli Íslands) og á byggingartæknifræðin þar lengsta sögu tæknifræðigreina á Íslandi en nú, árið 2011, eru 40 ár síðan fyrstu byggingartæknifræðingarnir útskrifuðust úr íslenskum tækniskóla.

Faglegri starfsemi tækni- og verkfræðideildar er skipt í fjögur svið og er BSc-nám í byggingartæknifræði innan svokallaðs byggingarsviðs. Á byggingarsviði er einnig í boði BSc-nám í byggingafræði sem byggt er ofan á diplómanám í byggingariðnfræði. Meistaránám á byggingarsviði hefur vaxið og dafnað síðustu ár og má nú velja um annars vegar MSc-nám í framkvæmdastjórnun eða skipulagsfræði og samgöngum; og hins vegar MSc-nám í byggingarverkfræði á fjórum sérhæfingarsviðum: framkvæmdastjórnun, steinsteyputækni, mannvirkjahönnun eða umferð og skipulagi. Margir tæknifræðingar hafa kosið meistaránám við sinn gamla skóla og útskrifast með meistaragráðu þaðan,

flestir í byggingarverkfræði. Í dag eru skráðir um 230 nemendur á byggingarsviði, þar af um 66 í byggingartæknifræði, 28 í byggingarfræði, 72 í byggingariðnfræði og um 64 í meistaránámi. Margir meistaránemar á byggingarsviði TVD eru byggingartæknifræðingar.

Í byrjun árs 2010 flutti Háskólinn í Reykjavík í nýtt og glæsilegt húsnæði við Menntaveg 1 í Nauthólsvík.

Húsnæðið er bjart, opið og tæknilega vel búið. Út frá miðrymi byggingarinnar, Sólinni, ganga álmur sem sækja nöfn sín í sólkerfið og reikistjörnur þess. Tækni- og verkfræðideild skólans er í Venus.

Rannsóknarstofa byggingarsviðs er á fyrstu hæð í Venus, á sömu hæð og við aðliggjandi ganga eru kennslustofur byggingartæknifræðinema. Rannsóknir hafa eflst mjög innan byggingarsviðsins með tilkomu meistaránámsins og er öllu jöfnu líflegt á rannsóknarstofunni, sem er í umsjón Eypórs R. Þórhallssonar, dósents og námsbrautarstjóra MSc-náms í mannvirkjahönnun.

Rannsóknarstofan er sem segull á byggingartæknifræðinema og eru yfirleitt einhverjir þeirra mættir af áhuganum einum



Í rannsóknarstofu byggingarsviðs. Brotþressan Grettir sterki, tilbúin í átök.

saman þegar eitthvað er þar um að vera; svo sem þegar biti er steypdur eða brotþol burðareiningar kannað. Rannsóknarstofan er einnig nýtt við hagnýta kennslu í byggingartæknifræði, bæði almenna kennslu en einnig í lokaverkefnum nemenda. Það segir sig sjálft að styrkur er að hafa rannsóknarstofu og rannsóknir innan háskólabyggingarinnar í svo mikilli nálægð við nemendur.

Byggingartæknifræði við Háskólann í Reykjavík byggir sem áður segir á langri reynslu og traustum grunni en þróun námsefnis hefur jafnan fylgt því sem efst er á baugi án þess þó að misst sé sjónar á megináherslunum, sem eru hönnun burðarvirkja, framkvæmdir og lagnir. Námið er 7 annir (3,5 ár) og þá síðustu vinna nemendur lokaverkefni sín. Lokaverkefnið er flest unnin í nánnum tengslum við atvinnulífið með starfandi verk- og tæknifræðinga sem leiðbeinendur í verkefnum.

Efni lokaverkefnanna er afar fjölbreytt og endurspeglar vítt starfssvið byggingartæknifræðingsins. Flestir nemendur blómstra þegar komið er að þessum hluta námsins og njóta þess að velja sér efni innan áhugasviðsins og sinna því svo til eingöngu í 12-15 vikur. Mikill áhugi er nær undantekningalaust augljós drifkraftur verkefnisvinnunnar. Afraksturinn er oft á tíðum eftirtektarverður og gildir þá einu hvort um sé að ræða rannsókn á



Vinningshópur byggingartæknifræðinema í bitabroti 2011 ásamt steypum bita sem hefur fengið að finna ærlega fyrir krafti í köggjum Grettis sterka. Nemendur hönnuðu, steypu og brutu bita og báru mælingar saman við reiknuð gildi.



Eiríkur rauði (brotpressa) tekur á steyptri súlu umvafinni basaltrefjamottum - nemendur og kennarar fylgjast með rannsókn meistaranema í byggingarverkfræði.

byggingarsviði eða hefðbundið efni: hagnýtt framkvæmda- og hönnunarverkefni. Greinar í þessu blaði eftir nýútskrifaða byggingartæknifræðinga eru til vitnis um þetta sem og um fjölbreytni verkefnanna. Afar ánægjulegt er að nemendur í byggingartæknifræði geti leitað í lokaverkefni samnemenda sinna um áhugavert og fræðandi efni í blaðið.

Byggingartæknifræðinemar þeir sem gefa út þetta blað eru í stórum árgangi. Þeir hófu flestir nám haustið 2008 og væntingar þeirra um störf í byggingariðnaði hafa

eflaust verið eitthvað betri en nú er útlit fyrir í allra nánustu framtíð. Enginn vafi er þó á að þeir standa traustum fótum á þeirri menntun sem þeir hafa aflað sér og hún mun nýtast þeim í hverju því sem þeir taka sér fyrir hendur þegar þeir standa klárir með starfsheitið byggingartæknifræðingur að vopni innan tíðar.

Áfram verður byggt á Íslandi auk þess sem viðhalda þarf þeim mannvirkjum sem fyrir eru. Byggingariðnaðurinn mun taka við sér. Byggingartæknifræði er og verður sterk menntun til framtíðar. ■




## GIFS&MÚRVERK

Flotgólf ehf. býr yfir vel þjálfuðum starfsmönnum, besta fánlega búnaði til múrframkvæmda og rekstraraðilar þess eru frumkvöðlar í vélvæðingu í múrverki. Verslaðu við fagmenn - það margborgar sig!

Plötusteypa  
Flotlögn á íbúðarhúsnæði og  
iðnaðarhúsnæði  
Svalagólf og bílageymslur  
Flotun á einangrun  
Gólf fyrir geislahitun  
Epoxí gólf  
Viðgerðir á gömlum gólfum  
Steining  
Gifssteinar  
Flisalagnir  
Gifsmúrverk  
Alhliða múrverk



www.flotgolf.is

# Guðbrandur

félagbyggingataekniþraedinema

*Sokkur brot úr félagslífnum*



**Guðbrandur þakkar eftirtöldum  
fyrir góðar mótökur í vetur.**

Límtrésverksmiðjan Flúðum  
Verfræðistofa Suðurlands  
Set  
Efla

Almenna Verfræðistofan  
Jáverk  
TFÍ  
ÍAV

**TUBORG**  
LIQUID SOUNDTRACK

# VIÐ BREYTUM VILJA Í VERK



ÍAV er alhliða verktakafyrirtæki á sviði bygginga-, mannvirkja- og jarðvinnuframkvæmda.

Áralöng reynsla og þekking gerir fyrirtækinu kleift að takast á við hvaða framkvæmdir sem er.

Hjá ÍAV starfar hópur sérfræðinga sem hefur þekkingu og reynslu á öllum stigum verklegra framkvæmda.

ÍAV fasteignaðjónusta veitir ráðgjöf um allt sem við kemur fasteignum.

Fyrirtækið sér um endurbætur á fasteignum ásamt því að veita alhliða umsjón með rekstri fasteigna.

*Frumkvæði, færni og fagmennska í rúmlega hálfa öld*



ÍAV hf. | ÍAV Fasteignaðjónusta ehf. | ÍAV Námur ehf. | ÍAV Þjónusta ehf.

Höfðabakki 9 | 110 Reykjavík | sími 530 - 4200 | [www.iav.is](http://www.iav.is)

# Samanburður á viðhaldspörf steinsteypra húsa á höfuðborgarsvæðinu



**Andri Þór Arinbjörnsson**

Sveinspróf í málaraiðn frá Iðnskólanum í Reykjavík, Frumgreinapróf frá Háskólanum í Reykjavík, Byggingartæknifræðingur B.Sc.

M.Sc. nemi í byggingarverkfræði við Háskólann í Reykjavík.

- ◆ Steining
- ◆ Múrhúð
- ◆ Sjónsteypa
- ◆ Hraun
- ◆ Hús byggð fyrir 1951
- ◆ Hús byggð frá 1951-1965
- ◆ Hús byggð frá 1966-1980
- ◆ Hús byggð frá 1981-1995

Á Íslandi er áraun á útveggi húsa sökum veðurfars mikil og nauðsynlegt er að vanda val á gerð yfirborðs útveggja til að húsbygging sé sem hagkvæmust. Lokaverkefni greinarhöfundar í byggingartæknifræði við Háskólann í Reykjavík fjallar um algengar gerðir útveggja og ber þær saman m.t.t. viðhaldskostnaðar. Leiðbeinandi var Guðni Örn Jónsson, byggingartæknifræðingur hjá Eflu hf, verkfræðistofu.

Í verkefninu voru notuð gömul vinnugögn úr viðhaldsverkefnum á íbúðarhúsnæði sem Efla hf. hefur haft umsjón með síðastliðin ár. Valin voru 32 hús á höfuðborgarsvæðinu, með ólíka gerð yfirborðs útveggja og á misjöfnum aldri þar sem lágu fyrir upplýsingar um magn viðgerða og þau borin saman m.t.t. viðhaldskostnaðar.

Markmiðið var að fá hugmynd um hvernig viðhaldskostnaður er breytilegur eftir mismunandi yfirborðsfrágangi útveggja og hvernig hafa megi áhrif á viðhaldskostnað við hönnun nýrra húsa í ljósi niðurstaðna. Einnig að meta almennt ástand húsa í dag og hvaða viðhaldsverkefni verða aðkallandi í náninni framtíð.

Húsin sem voru til skoðunar voru flokkuð annars vegar eftir gerð yfirborðs og hinsvegar eftir byggingarári. Þau voru flokkuð á eftirfarandi hátt:

- ◆ Þvottur/hreinsun
- ◆ Vatnshallar
- ◆ Kantar
- ◆ Sprungur
- ◆ Járn
- ◆ Ryðpunktur
- ◆ Endursteypa
- ◆ Viðgerðir á fleti
- ◆ Yfirborðsmeðhöndlun

Einungis var til skoðunar viðhald útveggja og því ekki fjallað um glugga, þök, svalir og þess háttar. Magntölum við þá verkþætti sem snúa beint að viðhaldi útveggja var safnað saman og þær flokkaðar þannig að þær gætu gefið góðan samanburð á ólíku húsnæði. Hver verkþáttur fékk einingarverð sem miðar við verðlag í nóvember 2010 og byggja þau á reynslutölum frá Eflu hf. Ekki var tekið tillit til kostnaðar vegna verkpalla, vörslu, aðstöðusköpunar né rekstur vinnusvæðis.

Til skoðunar voru yfir 80 verkþættir með ólíkum verklýsingum og einingarverði. Til að auðvelda raunhæfan samanburð voru þeir flokkaðir á eftirfarandi hátt:

Magn og kostnaður við framkvæmd þessara verkþátta var síðan borinn saman og reynt að meta kosti og galla við hverja tegund yfirborðsfrágangs m.t.t. endingar og viðgerðarkostnaðar.

Samanburður leiddi m.a. í ljós að miðað við yfirborð er viðhaldskostnaður á fermeter útveggja með múrhúð,

hraunhúð og sjónsteypu áþekkur, þó svo að skemmdir séu ekki sams konar. Múrhúð og hraunun þarfnast viðhalds sem er kostnaðarsamt en hlífir óneitanlega járnþöngu. Samanburður sýnir að viðhaldspörf sjónsteypra húsa er minni en viðhaldspörf húsa með múrhúð eða hraunáferð, sé litið framhjá viðgerðum vegna ryðgaðs steypustyrktarjárns, en þess háttar viðgerðir eru mjög algengar á sjónsteyptum húsum.

Meðalkostnaður við viðhaldsaðgerðir á útveggjum, kr/m<sup>2</sup>



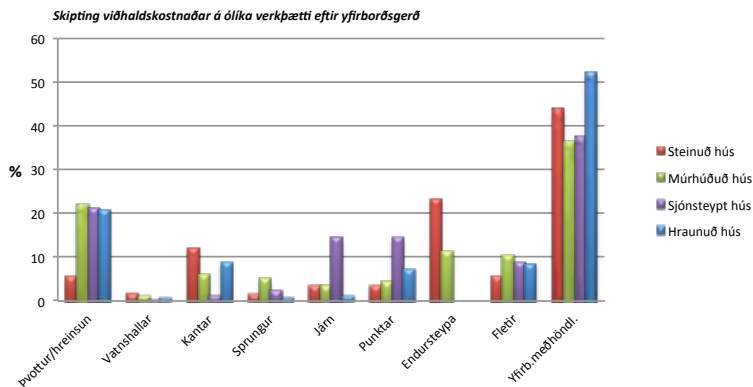
Einnig kemur í ljós að viðhaldskostnaður á fermeter veggflata múrhúðaðra-, hraunaðra- og sjónsteypra húsa er u.þ.b. 40% af viðhaldskostnaði steinaðra húsa. Að öllu jöfnu komu steinuð hús í viðhald 40 – 60 ár eftir byggingu þeirra. Því er ekki til staðar reynsla af steinuðum húsum sem eru að koma í viðhald í annað sinn. Hús með máluðu yfirborði þurfa aftur á viðhaldi að halda á 8 – 12 ára fresti og er því teiningin augljóslega góður kostur m.t.t. viðhaldskostnaðar sé til lengri tíma litið.

Árlegur meðkostnaður vegna viðhalds útveggja m.v. endurkomutíma, kr/m<sup>2</sup>



Ryðskemmdir í gömlu húsnæði stafa m.a. af því að þegar steypan eldist kolsýrist hún, fyrst á yfirborði og síðan lengra inn í þversnið veggjarins. Þegar kolsýring steypunnar hefur náð inn að járnum missir hún eiginleika sinn til að verja þau gegn ryðskemmdum. Á sjónsteyptum húsum er algengt að of lítill steypuhula sé yfir járnum því að sú aukna efnisþykkt sem fæst með húðun yfirborðs er ekki til staðar. Við





# Gólfhitakerfi

Ekkert brot ekkert flöt

flooré  
GÓLFHITI

Skemmuvegur 10 (blá gata) • 200 Kópavogur  
Sími 567 1330 • Fax 567 1345 • www.hringas.is

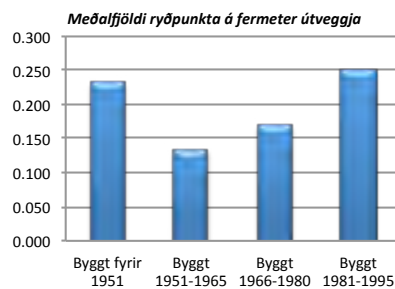
Hringas ehf.

athugun kom þó í ljós veruleg aukning á magni ryðpunkta í nýrri húsum og reyndist hún ekki einungis bundin við sjónsteypt húsnæði. Ætla má að það skýrist af því að nú er í ríkari mæli farið að nota mun meira járn í útveggi húsa en áður tíðkaðist. Járnbundnir útveggir urðu algengir eftir 1970 en fram að því voru veggir yfirleitt ekki járnþentir nema í marglyftum og háum húsum. Járngrindur eru ýmist einfaldar eða tvöfaldar og algengt er að notað sé K10 með möskvastærð 200 – 250 mm, sem sprungubending.

Það þýðir að í flestum nýrri húsum eru u.þ.b. 8 lengdarmetrar af járn í hverjum fermeter útveggja og þegar þau járn fara að sprengja utan af sér steypu er ljóst að kostnaður við viðgerðir verður umtalsverður. Mat mitt er að sú lágmarkssteypuhula sem kveðið er á um í stöðlum sé of lítil fyrir steinsteypt hús á höfuðborgarsvæðinu, að ábótavant sé að kröfur hafi verið uppfylltar eða að frágangur á mótatengjum og bindivir hafi ekki verið nægilega vandaður.

Viðhald húsa er stór kostnaðarliður í rekstri húsbýgginga. Sífellt koma fram nýjar lausnir í byggingu og frágangi útveggja og kallar það á nýjar úrlausnir í viðhaldi húsa. Íslendingar þekja vel hversu kostnaðarsamir gallar í

hönnun húsa eða byggingarefni geta orðið, sbr. tímabil, þar sem steypa var ekki veðrunarþolin og/eða alkalívirik. Þeir hafa fjárfest mikið í steinsteyptu húsnæði og því er afar mikilvægt að meta reglulega ástand þess, helstu hættur og nýta öll tækifæri, þekkingu og reynslu síðustu aldar - til að auka á hagkvæmni við nýbyggingu húsa. Því er mikilvægt að húseigendur séu ávallt vakandi yfir ásigkomulagi bygginga og þeim vandamálum sem upp geta komið.



Húsbyggjendur eru, síðustu áratugi, í ríkari mæli en áður verktakar og byggja til að selja öðrum aðilum. Það hefur leitt til þess að hús hafa verið byggð á sem ódýrastan og hagkvæmasta hátt til að arðsemi byggingaraðila verði sem mestur. Við slíkar aðstæður eykst hættu á innbyggðum göllum í húsnæði og viðhaldskostnaður verður

meiri, þegar til lengri tíma er litið. Einnig vill brenna við að lítið sé hugað að endingu sökum þess að kostnaður vegna viðhalds mun ekki lenda á sama aðila og byggir.

Eftir bankahrún hafa tugir eða hundruð byggingarverktaka lent í greiðsluferfiðleikum og gjaldþroti. Íbúðalánasjóður og bankastofnanir hafa leyst til sín þúsundir íbúða, fullkláraðar, hálfbyggðar og heilar blokkir í byggingu. Borið hefur á því að þessar íbúðir hafa verið illa byggðar og miklar kvartanir komið fram hjá leigutökum íbúða við þessar lánastofnanir og þeir krafist lagfæringa sem byggingaraðilar skelltu skollaeyrum við. Margir þessara byggingaraðila eru í dag ekki að byggja ný hús heldur fremur að vinna fyrir lánastofnanir við lagfæringu á þessum húsum. Því er brýnt að huga vel að gæðaeftirliti og vakta vel endingu húsa þar sem beitt hefur verið nýstárlegum byggingaraðferðum til að unnt sé að hafa áhrif á óeðlilega hrörnun áður en komið er í óefni. ■

◆ Hægt er að nálgast ritgerðina í heild sinni á vefsíðunni [www.skemman.is](http://www.skemman.is)

Pro-Ark Teiknistofa

MAKING MODERN LIVING POSSIBLE



**Danfoss stjórnbúnaður fyrir hitakerfið**  
Ofnhitastillar • Gólfhitastýringar • Þrýstistillar  
Hitastillar • Mótorlokar • Stjórnstöðvar  
Varmaskiptar soðnir og boltaðir  
Úrval tengigrinda á lager

*Danfoss*

Danfoss stjórnbúnaður fyrir hitakerfi fæst í öllum helstu lagnaverslunum landsins  
Danfoss hf. • Skútuvogi 6 • 104 Reykjavík • Sími: 510 4100 • vefang: [www.danfoss.is](http://www.danfoss.is)

# Velferð á grunni

## Þekkingar og vísinda



Mannvit er með um 400 starfsmenn sem sinna fjölbreyttum og krefjandi verkefnum hér á landi og erlendis. Fyrirtækið er leiðandi í tækniráðgjöf á Íslandi og stefnir á öfluga starfsemi á alþjóðamarkaði. Mannvit leggur áherslu á fyrsta flokks starfsumhverfi þar sem saman fer reynsla, nýsköpun, framsýni og símenntun. Markmið Mannvits er velferð á grunni þekkingar og vísinda en viðhorfum til verkefna og viðskiptavina verður best lýst með gildum fyrirtækisins: **Traust, vísýni, þekking og gleði.**

Mannvit er metnaðarfullur og skemmtilegur vinnustaður þar sem framtíð fyrirtækisins byggir á starfsfólki sem valið er vegna hæfni, metnaðar og persónueinkenna.



**MANNVIT**





Verkís hefur viðurkenningu Vinnueftirlitsins sem ráðgjafa- og þjónustuaðili á sviði öryggis- og heilbrigðis á vinnustöðum.



## Við stuðlum að öruggari framtíð

Verkís sér um alhliða ráðgjöf í öryggis-, umhverfis- og gæðamálum. Við sjáum um yfirferð ferla m.t.t. öryggis matvæla, greiningu áhættupátta og fyrirbyggjandi aðgerða.

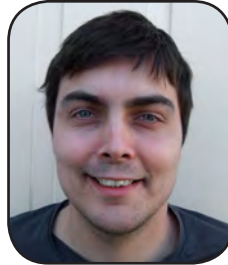
# Þegar strengir Hörpunnar brustu



## Ríkhartður Kristjánsson

Hönnunarstjóri Hörpunnar. Verkefnistjóri ÍAV við gerð glerhjúps Hörpunnar frá janúar 2010.

Dr. -Ing í byggingarverkfræði frá Háskólanum í Darmstadt 1977.



## Pétur Már Ómarsson

Verkefnistjóri ÍAV við gerð glerhjúps Hörpunnar. C.Sc í byggingarverkfræði frá HÍ 2000.



## Sigurður R Ragnarsson

Framkvæmdastjóri Austurhafnarverkefnis ÍAV. M.Sc í byggingarverkfræði frá DTH 1991

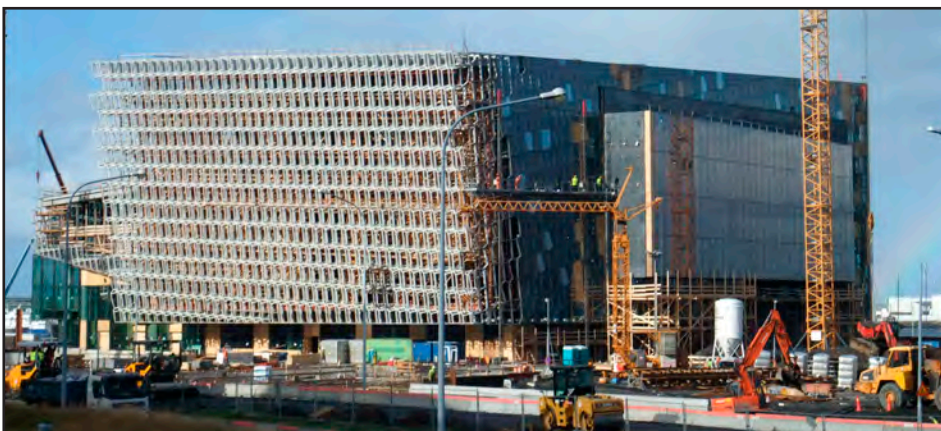
### Formáli

Þessi grein fjallar um vandamál sem komu upp í glerhjúp Hörpunnar á árinu 2010. Það er væntanlega óvanalegt að verktaki skrifi um vandamál sem hann var ábyrgður fyrir og þurfti að lagfæra.

Við teljum engu að síður að margt í meðhöndlun þessa vandamáls og laus þess geti verið lærdómsríkt fyrir aðra hérlendis. Steypt stál í burðarvirkjum hefur orðið algengara eftir að lönd eins og Kína og Indland fóru að framleiða fyrir alþjóðlegan markað.

Grein þessi fjallar um vandamál í stálstepum sem leiddu til þess að ÍAV ákvað án nokkurs utanaðkomandi þrýstings eða afskipta yfirhöfuð að taka niður allan glerhjúpinn sunnan á húsinu og farga honum. Sú ákvörðun var eingöngu byggð á því að öryggi fólks var stefnt í hættu ef verktaki hefði samþykkt glerhjúpinn eins og hann var.

Höfundar greinarinnar hafa ásamt Baldri Reynissyni, húsasmíðameistara, og Sverri Gunnarssyni, gæðaeftirlitsmanni



Mynd 1. Útlitsmynd af Hörpu sem sýnir öll mismunandi form glervirkis

borið hita og þunga af íslenska hlutanum í gerð glervirkisins og stjórnun verksins.

### Inngangur

Þann 9. mars 2006 var undirritaður samningur milli Eignarhaldsfélagsins Portus ehf og Austurhafnar TR um hönnun, byggingu og rekstur tónlistar- og ráðstefnuhúss við Austurbugt

Portus hópurinn réð til sín dönsku arkitektastofuna Henning Larsen Tegnestue A/S (nú Henning Larsen architects, HLA) sem hannar húsið í samvinnu við íslensku arkitektastofuna Batterið ehf sem hafði ábyrgð gagnvart íslenskum byggingaryfirvöldum. Jafnframt var ráðin til verksins danska verkfræðistofan Rambøll A/S til hönnunar á burðarvirkjum og tæknikerfum í samvinnu við Mannvit (áður VGK Hönnun) sem einnig bar ábyrgð gagnvart byggingaryfirvöldum. Auk þessara meginráðgjafa komu að samkeppninni



Mynd 6. verið að sjóða kubba saman í Wuhan

listamaðurinn Ólafur Eliásson sem listrænn hönnuður glerhjúpsins í samvinnu við HLA.

Strax varð ljóst að glerhjúpinn þyrfti sérstakrar ráðgjafar við og voru þýsku ráðgjafarnir ArtEngineering og Ralf Racke ráðnir til verksins.

Það var vorið 2007 að komið var að því að bjóða út glerhjúpinn og ljóst að umfang verksins var með þeim hætti að bjóða þyrfti það út á alþjóðlegum vettvangi. Í maí 2007 var leitað til allra stærstu glerhjúpsframleiðenda í heiminum um að taka þátt í forvali um lokahönnun, framleiðslu og uppsetningu á glerhjúpnum.

Aðeins eitt tilboð barst í verkið og var haustið 2007 gengið frá samningi við Lingyun sem hefur höfuðstöðvar sínar í Wuhan í Kína. Þar sem meirihluti glerhjúpsins er úr stáli þá hafði Lingyun skipasmíðastöð í Wuhan sem undirverktaka sinn á því sviði.

### Uppbygging glerhjúpsins

Í glervirki Hörpu eru þrjú burðarform. Fyrsta burðarformið er hefðbundið form glervirkja með lóðréttum stoðum, ýmist úr stáli eða áli. Engin sérstök vandamál

# Malbik Malbik

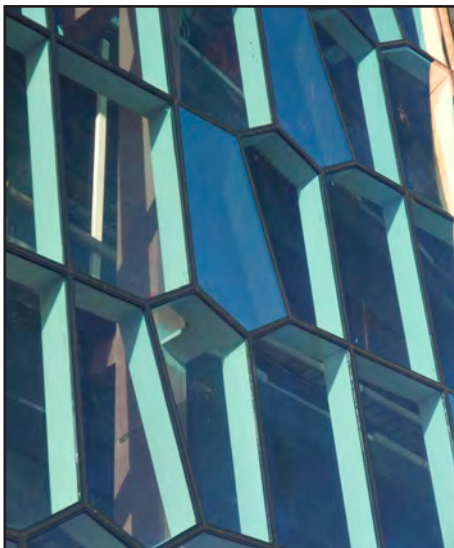
Þarf að malbika nýtt bílaplan?

Eru pollar eða holur í bílaplaninu?

Fagverk reddar því. Fáðu tilboð.

Malbika.is eða Villi í síma 864-1220

**Fagverk**  
verktakar



Mynd 2. Tvívítt form Cut Quasi glervegg

eru tengd þessu formi nema hvað rúður eru mjög stórar.

Annað burðarformið er leitt af hinu þriðja sem fjallað verður um síðar í greininni. Það verður til þegar skorið er á ská í stuðlabergskubbana á suðurhlíðinni. Þetta form er kallað „Cut Quasi Brick“ (CQB) en stuðlabergsveggurinn á suðurhlíðinni er kallaður „Quasi Brick“ (QB). CQB er tvívítt form á meðan QB er þrívítt.



Mynd 3. Stuðlabergsveggurinn á suðurhlíð hússins

Gerðar eru meiri kröfur til nákvæmni í smíði glervirkis en til smíði stáls í burðarkerfi. Hefðbundið álkerfi sem ber rúður leyfir ekki mikil frávik milli glerstærða og burðarkerfis. Möguleikar til aðlögunar ef frávik verða í stálsmiði eru nær engir.

Þriðja burðarformið er svo hinn svonefndi „Quasi Brick“ veggur sem er byggður upp úr kubbum sem eru boltaðir saman á hornunum. Auðvelt er að sjá stuðlabergslíkinguna á myndinni hér að neðan.

Kubbarnir eru ekki afstífaðir horn í horn þannig að kraftarnir verða að berast innan kubbsins með vægjum og skerkröftum með hámarksvægjum í hornunum. Kubboveggirnir þurfa ekki einungis að bera sjálfa sig og glerið heldur bera þeir hluta af þakinu líka.

Á myndinni má sjá teikningu af QB kubbi sem er samsettur úr holprófilum og hornum úr stálsteypu. Í hvern kubb þarf 18 horn sem öll eru mismunandi og 24 stangir úr holprófilum. Við framleiðslu kubbanna voru gerð mót sem forma botn og topp kubbanna, hornin síðan fest í þau og soðin saman við holprófilana. Tilbúin botn/topp stykki voru síðan sett saman í stærra mótí sem stillir af stærð kubbana í hæðina.

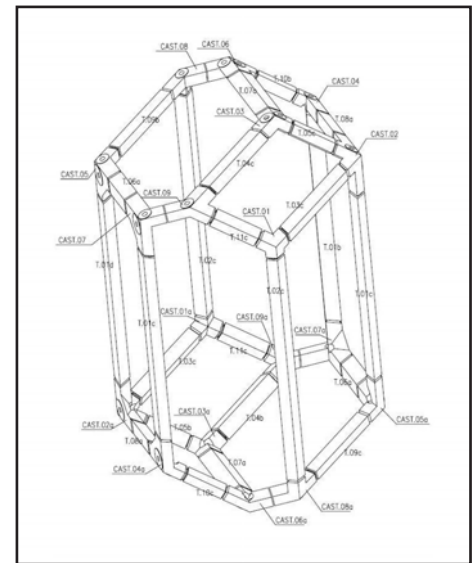
Eins og áður sagði var framleiðslan á stálvirkinu í höndum undirverktaka Lingyun. Þessi framleiðsla hefur reynst mjög flókin og



Mynd 4. Horft upp eftir stuðlabergsveggnum inni í einni kubbaröðinni.

tímabrek en endurframleiðslan fór fram í 6 borgum í Kína og við hana störfuðu um það bil 1.000 manns. Í glerhjúpinu fara rúmlega 1300 tonn af stáli sem soðin eru saman með yfir 100km af suðum og þessu eru gerð skil á tæplega 10.000 teikningum.

Framleiðsluferli hornanna er viðkvæmt og umfangsmikið verk. Alls eru tæplega 18.000 horn notuð í glerhjúpinu og búa þarf til sérstakt sandmót fyrir hvert horn sem steipt er. Fyrst er gerð afsteypa af hverju horni úr vaxi. Við vaxmótið er svo



Mynd 5. Suðurveggurinn er boltaður saman úr einstökum kubbum

*-fyrir þá sem einfaldlega elska  
gott kaffi og ljúffenga snúða*

**Rúbín**  
kaffi

**Págen**  
kanil snúðar





# LANDSNET



**Mynd 7.** Tilbúið horn með boltagötum sýnir greinilega veikingu hornanna sem boltaaðferðin skapar og auðvelt er að ímynda sér spennutoppa við götin. Hornin eru steipt úr stálsteypu

fest trekt, loftunarpípur og holrými fyrir málmblönduna. Þetta vaxstykki er síðan húðað með nokkrum lögum af sandi sem myndar skel utan um vaxið. Skelin er síðan



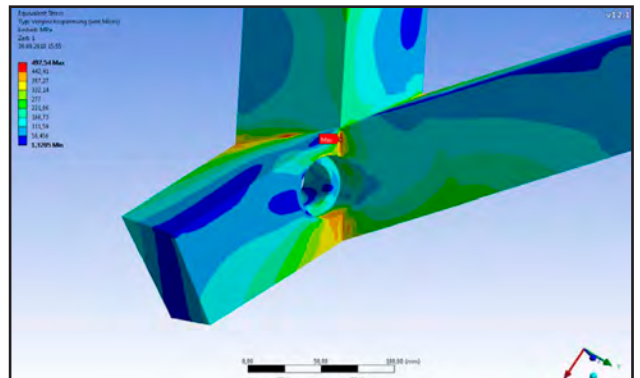
**Mynd 8.** Bræddu stáli hellt í sandmót

bökuð í nokkra klukkutíma, vaxið brætt úr henni, og eftir stendur mót fyrir hornið.

Það flækir málið að kubbarnar eru boltaðir saman í hornunum og boltagötin skapa mjög flókið þrívítt spennuástand.

Það er erfitt að reikna burðareiningar sem þessa með hefðbundnu finite element forriti því spennutopparnir stefna fræðilega á óendanleg gildi í línulegu kerfi. Þar er því nauðsynlegt að grípa til forrita sem hafa ólínulega reiknimöguleika og reikna með plastistum efniseiginleikum. Þessir spennutoppar gera einnig auknar kröfur til eiginleika efnisins hvað seiglu áhrærir.

Um er að ræða svokallað design build verkefni. Arkitektar og listamenn teikna frumteikningar og leiðandi deili en Lingyun teiknar og reiknar öll deili og allt burðarkerfið og er ábyrgt fyrir hönnuninni en ÍAV réði þýsku



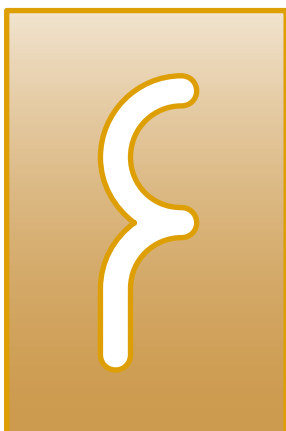
**Mynd 9.** Spennuástand í hornum kubbanna

verkfræðistofuna ArtEngineering til að yfirfara alla útreikninga Lingyun.

Til viðbótar við þetta voru kubbar prófaðir í fullum skala í tækniháskólanum í Wuhan til að bera saman reiknaða stífni kubba við raunverulega hegðun þeirra og brotþol.

Quasi brick veggurinn er reiknaður sem rúmrammi en hornin eru síðan skoðuð með forriti þar sem reiknað er með „solid elements“ og „elasto-plastiskum“ efniseiginleikum.

Þessir spennutoppar í hornunum krefjast mjög góðra efniseiginleika með tilliti til seiglu og það var hér sem framleiðslan í Wuhan brást.



ferill  
VERKFRÆÐISTOFA



## Top N+ ... betra gler.

Einangrunargildi allt að  $U=1.1 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  með gasfyllingu.



Glerverksmiðjan Samverk ehf  
Eyjasandi 2, 850 Hellu  
Víkurbær 6, 203 Kópavogi  
sími: 488 - 9000 fax: 488 - 9001  
www.samverk.is  
samverk@samverk.is

www.vso.is



## RÁÐGJÖF

VSÓ Ráðgjöf hefur starfað frá árinu 1958 og er ein af rótgrónustu verkfræðistofum landsins. Við erum leiðandi á okkar sviði og veitum viðskiptavinum okkar alhliða verkfræðiráðgjöf með það að markmiði að tryggja þeim hagkvæmstu lausnirnar í hverju verkefni fyrir sig.

**VSÓ RÁÐGJÖF**

Borgartúni 20, 105 Reykjavík, sími: 585 9000, heimasíða: www.vso.is

### Þegar strengir Hörpunnar brustu

ÍAV réði stórt fyrirtæki CCIC með alþjóðlega ISO 9001 vottun til að fylgjast með framleiðslunni í Wuhan og víðar í Kína. Á byggingarstað réði hins vegar innra eftirlit ÍAV ríkjum. Í marsmánuði 2010 fann innra eftirlit ÍAV sprungu í einu horni á kubb sem sjá má á mynd 10. ÍAV tók gallaða hornið og setti í rannsókn hjá NMÍ sem gerði rannsókn á efnasamsetningu stálsins í bilaða horninu.

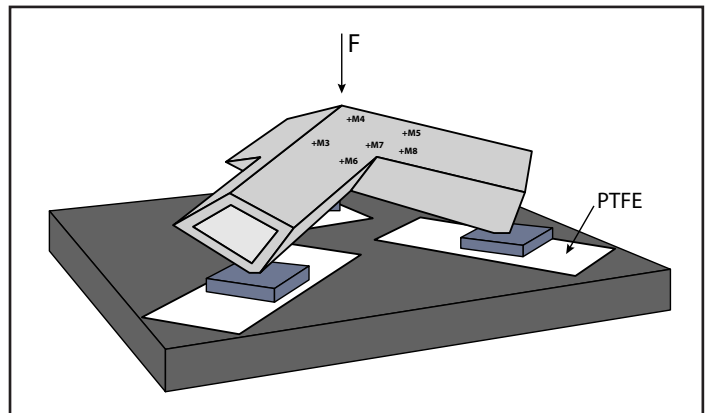


Mynd 10. Kubbar í geymslu og sprunga í horni eins þeirra.

Stálið í hornunum á að vera svokallað  $G_{20}Mn_5$ . Í útboðsgögnum, stöðlum og leiðbeiningarskjölum frá ÍAV er efnasamsetning og aðrir eiginleikar þessa stáls gefin upp. Gefin voru upp gildi fyrir flotspennu  $>360 \text{ Mpa}$ , brotspennu  $500-600 \text{ Mpa}$ , brotlengingu  $>20\%$  og krafa um að Charpy próf við  $-20^\circ\text{C}$  gæfi meira en 27 Joule.

Efnagreining NMÍ sýndi kolefnisinnihald sem var langt yfir settum mörkum og sama átti við um króm. Suðuhæfni stálsins var því dregin í efa og sama átti við um seiglu. ÍAV setti því af stað umfangsmikið rannsóknarþrógramm og hóf náð samstarf við Karlsruhe Intitut of Technology, Materialprüfungsamt í Stuttgart, ArtEngineering í Stuttgart og Gerhard Steidl sem er einn þekktasti sérfræðingur Þýskalands í stálsteypum.

Þýska fyrirtækið TAZ frá München var fengið til að mæla efnasamsetningu í fjölda kubba á staðnum með spectral greiningu með færanlegu mælingartæki og sú rannsókn sýndi fram á mjög mikla dreifingu í efnasamsetningu. Sum horn voru fullkomlega í lagi en önnur langt frá því.



Mynd 11. Prófunaruppsetning horna.

Seinna kom raunar í ljós að efnasamsetningin skipti ekki sköpum fyrir þá galla sem að lokum réði þeirri ákvörðun ÍAV að taka glervirkið á suðurhlið Hörpu niður.

Öll málning er slípuð af prófunarstaðnum og eftir að kubbarnir voru teknir niður og lágu í haug á byggingarsvæðinu ryðguðu þessir staðir eðlilega sem kallaði á miklar umræður í bloggheimum ekki síst meðal arkitekta. Það hefði hins vegar verið brot á öllum náttúrulegum ef horn kubbanna án málningar hefðu ekki ryðgað.

Í Þýskalandi eru oft byggð mannvirki sem fara út fyrir þá staðla sem gilda um samsvarandi mannvirki. Þetta er gífurlega mikilvæg leið til að styðja við framþróun í mannvirkjagerð og koma í veg fyrir að gærdagurinn ráði öllu um framtíðina. Leyfi fyrir slíkum mannvirkjum er þá byggt á prófunum, rannsóknum og afstöðu sérfræðinga í greininni og fellur undir skilgreint samþykktarferli sem heitir „Genehmigung in Einzelfall“.

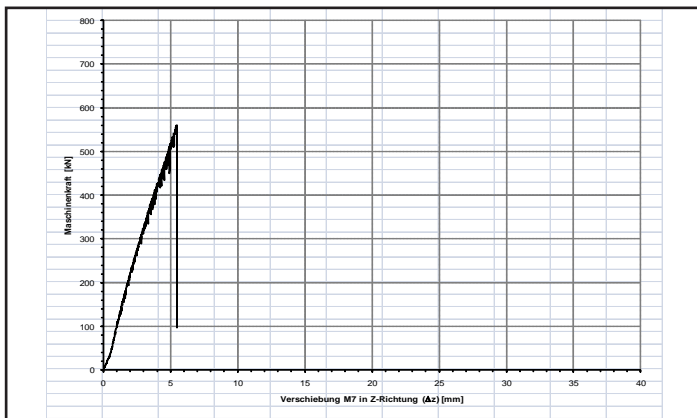


Mynd 14. Brotið horn með seigu broti

ÍAV ákvað að prófa þessa leið og sendi 18 horn með aðliggjandi holstöngum til Karlsruhe þar sem prófa átti hornin í fullum skala. Einnig átti að prófa alla mekaniska eiginleika stálsins í viðkomandi horni.

Skemmst er frá því að segja að öll hornin sem prófuð voru beint sýndu stökka brotheðun. Á mynd 12 má sjá lýsandi dæmi um prófunarlínurit fyrir stökku hornin og á mynd 13 má sjá dæmi um brot í horni. Greinilegt var að brotið var stökkt.

Á sama tíma voru flókin Finite element líkön sett upp þar



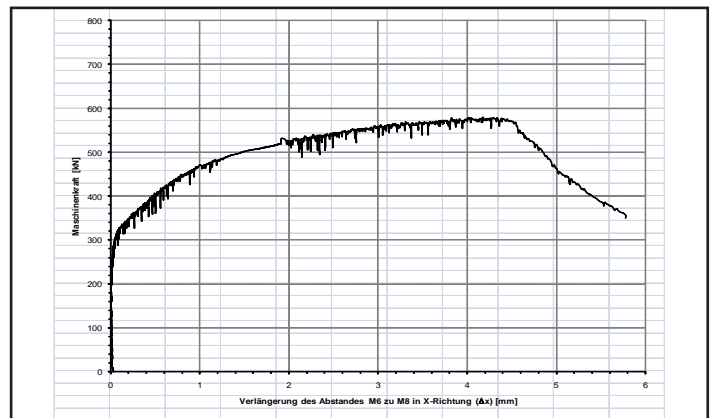
Mynd 12. Brotferill á stökku horni

sem ætlunin var að gera líkindafræðilegar greiningar á öryggi glervirkisins ef einhver horn falla út. Glervirkið er margfalt statistískt óákveðið og hefur því mikið falið öryggi.

Í reiknilíkani glerveggisins geta kubbar og jafnvel heil svæði dottið út án hruns (progressiv collaps).



Mynd 13. Brotið horn



Mynd 15. Brotferill á seigu horni

Hægt er að breyta þessari hegðun með því að hita efnið og kæla á vissan hátt.

Eitt hornið var nú tekið og það hitað upp í 920°C og haldið þannig í 2 klst og það síðan kælt. Þegar þetta horn var prófað kom allt önnur hegðun í ljós eins og myndir 14 og 15 sýna.

Báðar myndirnar sýna nú seiga hegðun og þannig var reiknað með að virkið ætti og myndi haga sér. Vitanlega komu upp spurningar af hverju seigla væri nauðsynleg ef styrkurinn er nægur til að mæta ytra álagi. Styrkurinn var nægur og vel það.

Vandamálið liggur í þvingun og innri spennum sem geta vaknað á ýmsum stigum. Slíkar spennur geta skapast í suðuvinnu við gerð kubbanna, í uppsetningu virkisins eða þegar virkið lagar sig að álagi þar sem það er sett saman með óspennnum boltum. Og það er þessi seigla sem á að tryggja það að eiginspennur fljóti burt áður en brot kemur fram.

Myndin og línuritið hér að ofan sýnir að það er hægt að breyta kritisku eiginleikum stálsins með hitameðhöndlun. Af hverju það var ekki gert fyrir virkið í heild kemur fram á eftir.

Komið hefur fram í viðtölum við íslenska sérfræðinga að efnainnihaldið væri ráðandi í þeim vandamálum sem leiddu til að endurnýja þurfti glervirkið. Svo er hins vegar ekki. Hornin sem voru prófuð sýndu efnainnihald sem var ýmist innan settra marka eða utan. Hornin voru hins vegar öll stökk uns þau voru hitameðhöndluð.

Brotlengingar sýndu sig einnig að vera ekki fullkominn mælikvarði á seiglu. Nokkur horn voru með brotlengingu upp í 12 % en voru engu að síður stökk. Krafan er vissulega hærrí en í huga flestra er stál með 12 % brotlengingu ekki dæmi um stökkt efni. Í hornunum okkar var það hins vegar svo. Orsökinn liggur í þrívíðu spennuástandi í hornunum og spennutoppum í boltagötum. Tilraunirnar sýndu hins vegar að uppfyllti efnið allar kröfur ÍAV urðu hornin líka seig.

Í töflu 1 eru tekin saman nokkrar mæliniðurstöður. Athuga ber að Charpy mælingarnar voru gerðar við herbergishita.

Öll hornin nema horn 9 sýndu stökkt brot í prófun. Ef efnainnihald sýnis nr. 8 og sýnis 9 eru borin saman sést að kolefnisinnihald beggja er líkt og vel innan staðalmarka en brothegðun gerólik. Það sem skipti sköpum var mismunandi hitameðhöndlun.

Sýni nr	Kolefni	Króm	Brotlenging	Charpy
	%	%	%	Joule
3a	0,41	0,47	6,0	8,7
4a	0,35	0,14	10,3	12
8a	0,38	0,2	8,4	10
8	0,17	0,04	11,9	26
9a	0,39	0,19	6,2	10,3
9	0,2	0,13	26,3	80,6
5	0,16	0,04	19,9	14

Tafla 1. Efnagreiningar nokkra sýna og Charpy próf

En af hverju hituðum við þá ekki öll hornin í iuppkomnu virkinu. Í fyrsta lagi er fjöldi horna 18 þúsund. Í öðru lagi er erfitt að ráða við hitann og stýra ferlinu vegna tenginga milli horna og í þriðja lagi kom fram að langsuður holstanganna sem tengja hornin voru margar mjög lélegar.

Við veltum fyrir okkur að prófa suðurvegginn í fullum skala en það er hins vegar erfitt að líkja eftir öllum hugsanlegum

álagstilfellum. Vandamálið liggur heldur ekki í álaginu heldur í þvingunarspennum sem geta myndast af ýmsum ástæðum, svo sem suðum, samteningum í verksmiðju og uppsetningu á staðnum. Þessar þvingunarspennur geta leitt til þess að stálið fer að fljóta undir litlu álagi og stökkt stálið nær ekki að „plastisera“ þvingunarspennurnar í burtu.

Niðurstaða okkar var að við hefðum engan rétt til að taka minnstu áhættu í málinu. Þess vegna ákvað ÍAV að láta taka glervirkið á suðurhlíð Hörpu niður og endurgera hliðina. Undirverktaki ÍAV í verkinu, Lingyun, og undirverktaki þeirra sem smíðaði kubbana samþykktu þessa niðurstöðu og tóku fulla ábyrgð á mistökunum

### Endurgerð suðurhlíðar Hörpunnar.

Í endurframleiðslunni greip nú ÍAV beint inn í eftirlitið í Kína. Við snerum okkur að grunnvandamálunum sem voru stálsteypunar í Kína. Lingyun hafði valið út nokkrar stálsteypur og við tókum þær nú út ásamt samstarfsmönnum okkar í ArtEngineering og háskólanum í Karlsruhe.

Við þurftum ekkert að breyta gæðakröfunum því þær voru fullnægjandi. Við þurftum eingöngu að tryggja að gæðin næðust. Svo við hurfum tilbaka til gamaldags gæða og einbeittum okkur að gæðunum sjálfum og mælingum á þeim en ekki bara gæðakerfunum.

Upprunalegu gæðakröfurnar voru bæði settar fram í stöðlum sem styðjast átti við eins og EN10293; „Steel casting for general engineering use“ en einnig í skjölum sem fjölluðu beint um tilskilin gæði, prófanir og eftirlit eins og í greinargerð ArtEngineering og Gerhard Steidl: „QB-Specification cast pieces and welding“.

Efnisvalið er gefið upp sem skammstöfum og í okkar tilfelli átti að nota G<sub>20</sub>Mn<sub>5</sub>.

Í EN10293 eru gefnar upp kröfur fyrir þessa blöndu til efnasamsetningar, styrks, brotlengingar og seiglu mældrar með Charpy prófi. Í efnagreiningunum horfðum við einkum á kolefnisinnihald C og króm Cr ásamt nokkrum öðrum frumefnum.

Staðallinn setur eftirfarandi mörk

**C:** 0,17% - 0,23%

**Cr:** max 0,30%

Þessi gildi hafa mikil áhrif á suðuhæfni stálsins. Í mælingunum sem gerðar voru á upphaflegu kubbunum var af og frá að þessi gildi næðust og fór kolefnisgildið í nokkrum hornunum langt yfir tilskilin mörk eins og tafla 1 sýnir.

Í greinargerðinni „QB-Specification cast pieces and welding“ voru einnig gefnir upp tilskildir mekanískir eiginleikar sem og kröfur til efnasamsetningar sbr töflu 2 og 3.

Property	Minimum requirements
0,2% proof strenght, Rp0,2	360 N/mm <sup>2</sup>
Tensile strength, Rm	500 N/mm <sup>2</sup>
Elongation, A <sub>5</sub>	20%
Impact charpy-V, Av proof-temp. -20°C	27 Joule

Tafla 2. Skilgreindir mekanískir eiginleikar

Components	limit values/min.-max.
(C) Carbon	max 0,22 %
(Si) Silicium	max 0,60 %
(Mn) Manganese	min 1,00 % max 1,8 %
(P) Phosphorus	max 0,02 %
(S) brimstone	max 0,02 %

Tafla 3. Skilgreind mörk fyrir efnainnihald



VERKFRÆÐISTOFA  
STANLEY'S  
PÁLSSONAR EHF



ARKITEKTAFÉLAG  
ÍSLANDS

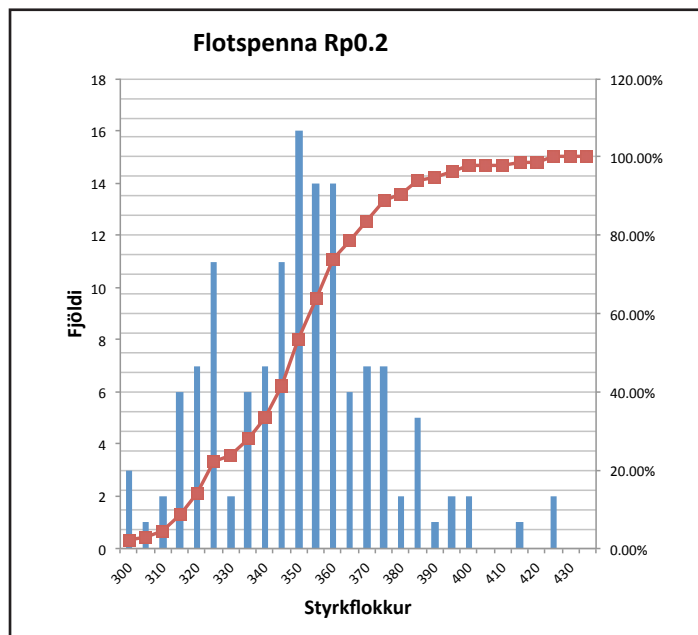


Í skilgreiningum okkar og ArtEngineering á tilskyldum flotstyrk  $R_{p0,2}$  er miðað við 360MPa og við það hafði verið miðað í hönnunarforsendum en í evrópustaðlinum er miðað við  $R_{p0,2} = 300$  MPa. Kínversku stálsteypurnar og raunar flestar evrópskar líka hafna því að tryggja  $R_{p0,2} = 360$  MPa og þurfti því að endurreikna allt virkið og niðurstaðan var að hægt var að samþykkja 300 MPa ef plastisku eiginleikar stálsins væru örugglega tryggðir.

Gerhald Steidl sem er sérfræðiráðgjafi okkar í stálsteypum setti upp framleiðslu- og gæðaprógramm fyrir stálsteypurnar sem þær tóku upp. Þar eru skilgreind framleiðsluferli, hitaferlar sem og prófunartíðni ýmissa staðalprófanna á þeim eiginleikum sem krafist hafði verið frá upphafi.

Í ljós kom að í byrjun áttu nokkrar af verksmiðjunum erfitt með að uppfylla kröfurnar með nægjanlegu öryggi og tvær féllu út. Sveiflurnar í efnainnihaldi tengjast allar efnunum sem notuð eru í bræðsluna en stálbræðslurnar nota allar brotajárn. Á endanum þurfti að nota afklippur úr plötustáli eða vel skilgreint brotajárn. Þessi ábyrga leit Kínverjanna að öryggi í framleiðslu kostaði 6 vikna töf. Við sendum svo okkar aðila sem og þýska sérfræðinga til að fylgjast með og taka út verksmiðjur og framleiðslu. Einnig voru tekin samanburðarsýni. Gerðar eru umfangsmiklar statistískar greiningar til að fylgjast með fraktílildum sem notuð eru við hönnun.

Undirverktaki Lingyun kostaði burt öllum lotum sem sýndu  $R_{p0,2}$  undir 300 MPa. Slíkt veldur því að ekki verður um hreina Gauss normaldreifingu að ræða heldur skekktá (Schiefe Normalverteilung). Á mynd 16 er sýnd dreifing fyrir flotspennu  $R_{p0,2}$  fyrir nokkrar af framleiðslulotum hornanna. Samskonar greining var gerð fyrir brotspennu og brotlengingu og línuritin sýndu að tilskilin gildi náðust.



Mynd 16. Dreifing flotspennu

Charpy mælingarnar sem gefa til kynna seiglu eða orkugleypni stálsins sýndu gildi sem öll lágu yfir tilskyldum kröfum og yfirleitt langt fyrir ofan. Ekki hefur verið sett upp dreifing fyrir seigluþrófið enda er þekkt að það fylgir ekki statistískum dreifingarferlum.

Reynt var að finna samsvörum milli brotlengingar og niðurstaðna Charpy prófsins en engin bein samsvörum virtist vera þar á milli

## AUKIÐ EFTIRLIT – AUKIN GÆÐI



Nýja FLIR ThermoCam hitamyndavélin sér galla í einangrun húsa, getur séð fyrir rafmagnsbilanir og er tilvalin til að sjá skemmdir í pípuflögnum.

- Fylgist með á framkvæmdastigi og finnið faldra galla áður en í öfni er komið.
- Finnið skemmdir í eldri kerfum án þess að þurfa að brjóta niður vegg með margföldum kostnaði.
- Sjáið hitamyndun í háspennumannvirkjum og öðrum rafilögnum sem geta sagt fyrir um bilanir, áður en þær verða.

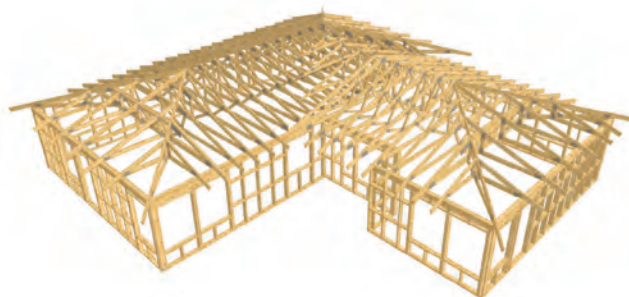


Nýjasta tækni – Aukin hagkvæmni

Ísmar :: Síðumúla 28 :: 108 Reykjavík  
Sími 510 5100 :: ismar@ismar.is

## Smíðum og hönnum

- allar gerðir þaksperra



Notast er við hið magnaða forrit RoofCon sem hannar allar gerðir þaksperra og skilar fullbúnum teikningum til byggingarfulltrúa. Hægt er að nálgast frekari upplýsingar í þaksperrubækling okkar á heimasíðu S.G húsa, [www.sghus.is](http://www.sghus.is) eða hafa samband við sölumann okkar.

SKAPARNIN AUGLÝSINGASTOFA



Austurvegi 69 - 800 Selfossi  
Sími 482 3850 - Fax 482 3851 - [sghus@sghus.is](mailto:sghus@sghus.is)

[www.sghus.is](http://www.sghus.is)



Mynd 17. Kubbapróf í Wuhan

öfugt við það sem menn kannski eiga von á. Að lokum voru gerðar tilraunir á hornum og einum kubbi í fullri stærð. Hornatilaunirnar sýndu að hornin hafa plastiska eiginleika þrátt fyrir mjög skarpa spennutoppa í boltagötunum.

Prófunin á kubb sýndi þol sem var langt yfir reiknuðu gildi og raunar þurfti að hætta tilrauninni þar sem tilraunastofan í háskólanum í Wuhan treysti ekki búnaði sínum í meira álag. Fyrir liggja mjög umfangsmikil gæðagögn sem eru umfangsmeiri en sést hefur hérlendis eins og mynd 19 sýnir. Um 70 manns unnu við gæðaprófanir og skráningu meðan á framleiðslu stóð.

Í gæðaprófunum var einnig horft á nákvæmni í smíði kubbanna en geometrisk frávik höfðu verið vandamál áður. Framleiðslan er nú miklu nákvæmari en áður enda gengur uppsetningin mun hraðar en áður og hefur náðst að vinna upp töluvert af þeim tölum sem langur en nauðsynlegur undirbúningur skapaði.

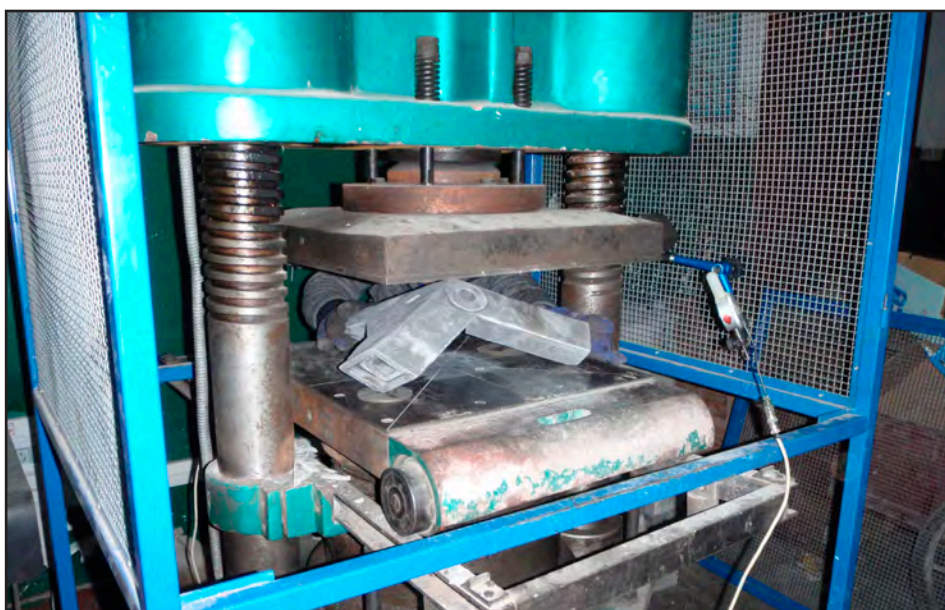
### Lokaorð

Í þessari grein hefur verið fjallað um vandamál sem komu upp í glerhjúp Hörpunnar á árinu 2010 og lýsir vandamálunum og hvernig ÍAV tók á málunum og leysti þau. Höfundar þakka öllum samstarfsaðilum sem hafa komið að lausn málsins ekki síst Herwig Bretis framkvæmdastjóra ArtEngineering í Stuttgart, Gerhard Steidl í Karlsruhe og samstarfsmönnum okkar í kínverska fyrirtækinu Lingyun og þá einkum Zhou Guorong sem stýrði endurgerð glerhjúpsins.

ÍAV þakkar einnig fulltrúum verkkaupa, þeim Torfa Hjartarsyni hjá Portus og Stefáni Hermannssyni og Ásdísi E. Guðmundsdóttur hjá Austurhöfn sem sátu í stýrihóp með ÍAV meðan endurgerðin fór fram. ■

### Heimildir

1. Rikharður Kristjánsson, Sigurður Ragnarsson, Pétur Már Ómarsson, Glerharpan, Árbók TFÍ/VFÍ 2010.
2. KIT, Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine, Prüfbericht 102530, ágúst 2010
3. EN 10293. Steel Casting for General Engineering use
4. ArtEngineering 2008. QB Specification cast pices and welding
5. Artengineering, Design Checking for QB, 2010
6. Gerhard Steidl, Guss in konstruktiven Ingenieurbau.



Mynd 18. Hornapróf í Wuhan



Mynd 19. Gæðagögn



# 620 ný ársverk í Straumsvík

Á næstu árum mun Rio Tinto Alcan fjárfesta fyrir 57 milljarða króna í álverinu í Straumsvík.

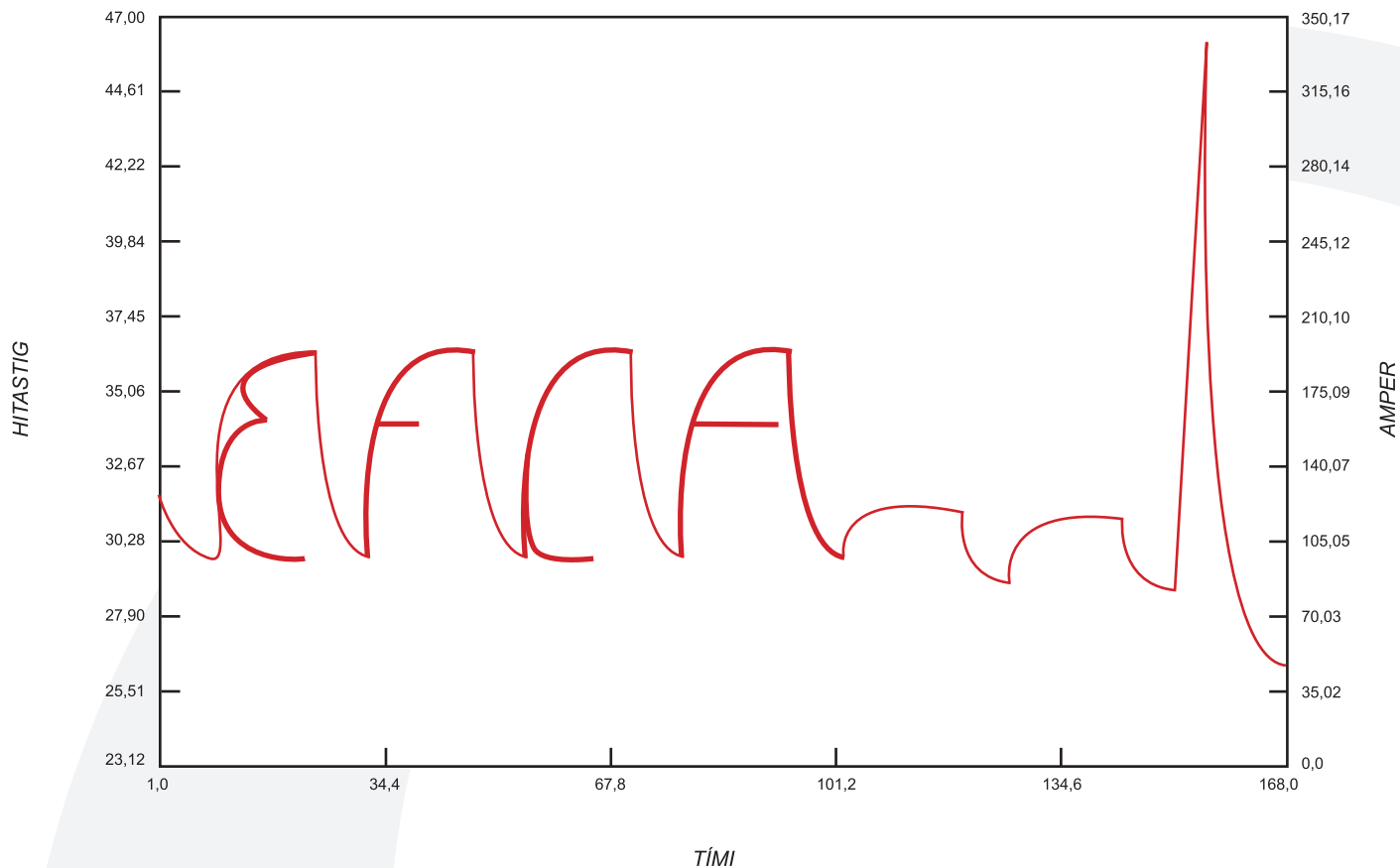
Ráðist hefur verið í tvö stór verkefni. Straumhækkun mun auka afköst kerskálanna og skapa 360 ný störf þegar framkvæmdir standa sem hæst á þessu ári. Breytingar á steypuskála auka verðmæti framleiðslunnar og skapa um 150 ný störf á árinu.

Samanlagt kalla þessi verkefni á 620 ný ársverk á Íslandi.

Rio Tinto Alcan  
Straumsvík  
Pósthólf 244  
222 Hafnarfjörður

Sími 560 7000  
[www.riotintoalcan.is](http://www.riotintoalcan.is)

## Rio Tinto Alcan



# MEÐ PUTTANN Á PÚLSINUM

Efla er alhliða verkfræði- og ráðgjafarfirmiræki sem veitir vandaða þjónustu á öllum helstu sviðum verkfræði og tækni. Við lítum á öll verkefni sem tækifæri til þess að stuðla að framförum og efla samfélagið. Með þessu hugarfari munum við ná langt saman.



EFLA - Reykjavík  
 EFLA - Reykjanesbær  
 EFLA - Austurland  
 Verkfræðistofa Suðurlands  
 Verkfræðistofa Norðurlands  
 Dótturfélög erlendis

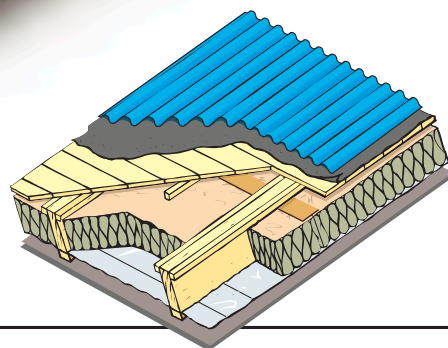
EFLA hf. • Höfðabakki 9 • 110 Reykjavík • Sími 412 6000 • [www.efla.is](http://www.efla.is)

EKKI DÆLA  
PENINGUM  
ÚT Í LOFTIÐ!

ÞAKULL  
Steinullarplötur með ófástri vindvörn

220 mm

BREYTTAR KRÖFUR  
NÝ ÞYKKT!  
220 mm



SKOÐIÐ NÝJA  
ÞAKULLARBÆKLINGINN Á  
[WWW.STEINULL.IS](http://WWW.STEINULL.IS)

Gildistaka ÍST 66:2008 og breyting á byggingarreglugerð frá 7. okt 2008, þar sem krafist er að útreikningur U-gilda byggingarluta skal gerður í samræmi við ÍST EN ISO 6946 og ÍST 66, krefst aukinnar einangrunar í byggingarluta.

Fyrir uppgið hönnunargildi á þakull (þéttull) frá Steinull hf sem er  $0,037 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  og fyrir dæmigert létt þak, einangrað milli sperra er nauðsynleg einangrunarþykkt á milli sperra 220 mm af þakull (þéttull), sem gefur U-gildi  $0,19 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .



STEINULL HF

Sauðárkróki • Sími 455 3000 • [steinull@steinull.is](mailto:steinull@steinull.is) • [www.steinull.is](http://www.steinull.is)

Söluskriststofa og ráðgjafþjónusta Nethyl 2 C • Sími 567 4716 • Gsm 862 6342

# Hönnun lífdísilverksmiðju á Hvolsvelli. Lokaverkefni í Byggingartæknifræði.



## Ármann Halldórsson

Byggingarfulltrúi og forstöðumaður tæknisviðs í Vesturbyggð og tálknafjarðarhreppi.

B.Sc. í Byggingartæknifræði með sérsvið í framkvæmda og lagnasviði frá Háskólanum í Reykjavík.

Framleiðsla á lífdísilolíu (bíodísill) og fódurmjöli úr repjufræjum er enn á tilraunastigi á Íslandi. Ég vissi strax að ég myndi tengja lokaverkefni mitt í byggingartæknifræði við það verkefni sem ég fékk að fylgjast með og taka örlítinn þátt í þegar ég starfaði hjá Siglingastofnun Íslands sumarið 2009. Þar starfaði ég aðallega sem líkanasmiður, en það starf fékk ég í gegnum bekkjarfélaga minn.

Þar voru Ólafur Eggertsson bóndi á Þorvaldseyri og Jón Bernóðsson verkfræðingur og kennari minn við Háskólann í Reykjavík að gera tilraunir með pressun á repjufræjum til olíu- og fódurmjölsgerðar. Jón sá áhuga minn á þessu og dró mig inn í þetta að því leiti að ég fékk að setja í gang fyrir framan alþjóð skipamótor sem fyrstur allra á Íslandi gekk fyrir íslenskum repjulífdísil, eftir það var ekki aftur snúið.

Um veturinn gerði ég ásamt þremur öðrum viðskiptaáætlun um framleiðslu og sölu á repjulífdísil og dýrafóðri í áfanga sem heitir Rekstur, stjórnun og nýsköpun, kennt af Páli Kr. Pálssyni. Við gerð viðskiptaáætlunarinnar frétti ég að fyrirtækið N1 ætti autt iðnaðarhúsnæði á Hvolsvelli sem gæti mögulega nýst



Féðgarnir skelltu sér í heimsókn til Danmerkur að skoða lífdísilverksmiðju sem framleiðir vörur til Íslands.

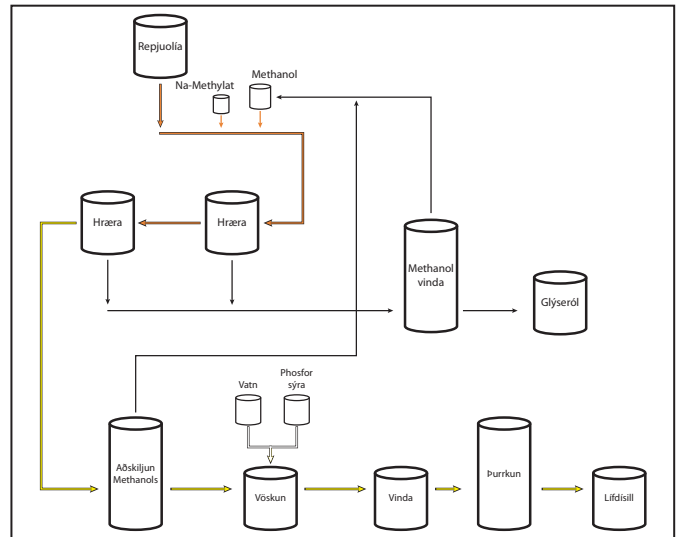
sem lífdísil- og fódurmjölsverksmiðja. Ég ákvað að hamra á járníð á meðan það var heitt og nota reynslu mína og kunnáttu til að hanna verksmiðjuna.

Ég vill nota tækifærið og þakka Jóni Bernóðssyni verkfræðingi hjá siglingastofnun fyrir dyggan stuðning og handleiðslu við gerð verkefnisins.

Við hönnun á lífdísilverksmiðju þurfa þættir hennar að vinna rétt saman til þess að vinnsla hennar nýtist sem best. En fyrst þarf að ákveða stærð verksmiðjunnar og framleiðslugetu. Í ritgerðinni var ákveðið að leggja fram þrjár hönnunartillögur að verksmiðjum og er framleiðslugeta þeirra eftirfarandi:

<p><b>Verksmiðjutillaga 1</b></p> <p>Framleiðir 1.000 tonn af repjuolíu og 2.000 tonn af hrati á ári</p>
<p><b>Verksmiðjutillaga 2</b></p> <p>Framleiðir 4.000 tonn af repjuolíu og 8.000 tonn af hrati á ári</p>
<p><b>Verksmiðjutillaga 3</b></p> <p>Framleiðir 8.000 tonn af repjuolíu og 16.000 tonn af hrati á ári</p>

Allar verksmiðjutillögurnar hafa sameiginlegan útgangspunkt sem er húsnæðið sem fer undir framleiðsluna. Húsnæðið sem er ræðir er autt iðnaðarhúsnæði á Hvolsvelli. Gerð verður gein fyrir ástandi hússins, útveggjum, gluggum, hurðum, þaki, og settar verða fram viðgerða- og breytingatillögur. Greinargerðin er unnin með tilliti til þess að í húsnæðinu verði starfrækt lífdísilverksmiðja. Úttekt á húsnæðinu og nauðsynlegum nýbyggingum er að finna í kafla 1 í ritgerðinni. um húsnæði. Einnig var tekin fyrir hönnun á brunavörnum,



Framleiðsluferlið

lögnum og loftræsing. Inn í þessa þætti vefst svo framleiðsluferlið svo ekki er hjá því komist að fjalla eitthvað um tækin sem eru hjarta framleiðslunnar. Þá spilar reynsluleysi höfundar gagnvart vélum og hvað þá fræpressum stóran þátt.

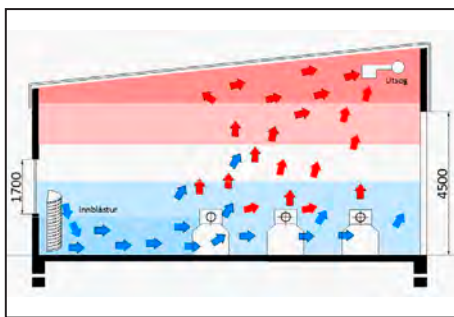
Auðveldasta leiðin til að leysa úr því var að leggja land undir fót og hitta reynslubolta í þessum málum sem staðsettir er í Þýskalandi og Danmörku. Í Þýskalandi er framleiðsla og neysla á repju afurðum mest í Evrópu (European Commission of statistics(1), 2010). Fjallað verður um pressutæki í sér kafla.

Ein hindrun við gerð þessarar ritgerðar var að lagnateikningarnar brunnu í skjalasafni Selfossar fyrir nokkrum árum og var erfitt að gera nokkuð í lagnahönnun án þess að láta mynda lagnir. Einu þættir vatnslagnahönnunar sem unnið verður með er lausn á heitavatnspörf fyrir ferli í framleiðslunni sem heitir vöskun.

### Loftræsing

Við hönnun á loftræsikerfi þarf að vita hvaða gagni hún gegnir. Hér verður fjallað um kerfi sem stjórnar hita, raka og loftgæðum.

Byrjað verður á því að finna loftmagnspörfina með tilliti til þæginda, heilsu og kæliþarfar á varma sem myndast frá starfsemi inni í húsi og sól sem skín inn um gler. Einnig þarf



Loftræsing í vélarsal

að hafa til hliðsjónar hvaða rými er verið að loftræsa en eins og áður segir eru skrifstofur, salerni, rannsóknarstofa, vélasalur og dísilframleiðsla í byggingunni. Milli þessara rýma er mismunandi þægindahitastig sem fundið er í töflu í töflum í Ventilation stábi.

### Slökkvikerfi

Yfirtendrun á sér stað þegar hiti í reyklaginu er milli 500-600°C og þegar henni er náð brennur allt rýmið og engu hægt að bjarga - hvorki mannlífum né tækjum. Ein

forsenda þess að vera með slökkvikerfi er að brunaálagið í eldmatnum í rýminu sé það mikið að yfirtendrun geti átt sér stað. Opstuðull segir til um aðstreymi Súrefnis inn í rýmið. Næst er reiknað brunaálag þ.e.a.s sá eldmatur sem er í hverju rými fyrir sig.

Í verksmiðjutillögu 1 er reiknað brunaafi í hólfi 1.2 = 69 MW og í hólfi 1.3 er það 57 MW. Hættan á yfirtendrun í brunahólfi fer eftir krittisku afli brunans þ.e. það afl sem þarf til að yfirtendrun myndist. Í verksmiðjutillögu 1 er krittist afl í hólfi 1.2 = 65 MW og í hólfi 1.3 er það 44 MW. Niðurstaðan er sú að brunaálagið er meira en krittiska aflið og er möguleiki á yfirtendrun ef eldur breiðist út, þar með er forsenda fyrir slökkvikerfi orðin að veruleika.

### Fræpressur

Heimsóttir voru framleiðendur fræpressa í Neuss og Mönchengladbach í Þýskalandi.

Valdar voru 2 mjög ólíkar verksmiðjur til að skoða þ.e.a.s IBGMonforts í Mönchengladbach sem framleiðir aðallega litlar sjálfvirkar vélar og svo Reinartz verksmiðjuna í Neuss sem er sérhæfir sig í stærri iðnaðarvélum.

Miklu fleiri framleiðendur eru til en eins og gefur að skilja var ekki hægt að heimsækja alla. En út frá þeim heimsóknnum sem farið var í gafst skilningur á hvernig pressurnar virka og hægt var að vinna út frá bæklingum og heimasíðum annarra framleiðanda. Því næst eru valdar vélar fyrir hverja útgáfu af verksmiðjunni fyrir sig. Allar vélar sem valdar eru skila hratinu út með 6-8 % rakainnihaldi og er hratið þá tilbúið sem dýrafóður (Hagerfeld, 2010), (Egon Keller GMBH & co.KG, Á.á), (Reinartz, á.á). ■

◆ Hægt er að nálgast ritgerðina í heild sinni á vefsíðunni [www.skemman.is](http://www.skemman.is)



Mynd fengin af heimasíðu IBG



Mynd fengin af heimasíðu Kek



Mynd frá heimsókninni til Reinartz

### Verksmiðjutillaga 1

**Framleiðandi:** IBG Monforts

**Tegund pressu:** K240V

**Afl:** 4 x 3 KW

**Framleiðslugeta:** 360 kg/klst.

**Lýsing:** 4 mótorar knýja 16 pressur í stálrekka með sjálfvirkum matara

**Verð án síu:** 11.400.000 kr.

**Pláss:** l = 1,76 m, b = 2,55, h = 1,5 m

**Kostir:** Margar litlar vélar og litil áhætta ef ein bilar, sjálfvirkur matari tengdur við stjórnstöð sem sparar vinnuaf. Þessi stærð hentar vel í þetta rými og framleiðsluþörf.

**Ókostir:** Litil framleiðslugeta miðað við pláss og býður ekki upp á mikla stækkun í framtíðinni án þess að bæta við húsnæði.

(IBG Monforts Oekotec GmbH & Co. KG, 2010)

### Verksmiðjutillaga 2

**Framleiðandi:** Egon Keller GMBH & CO. KG

**Tegund pressu:** p0500

**Afl:** 22 kW

**Framleiðslugeta:** 500 kg/klst.

**Lýsing:** Iðnaðarpressa

**Verð án síu:** 10.000.000 kr

**Pláss:** l = 3,61 m, b = 1,4 m, h = 1,91 m

**Uppsetning:** 3 pressur

**Kostir:** Frekar mikil framleiðslugeta miðað við pláss, mögulega hægt að koma fyrir 3 stk. og framleiða 4.000 tonn af repjuolíu á ári.

**Ókostir:** Fáar vélar, ef ein bilar hægist mikið á framleiðslu

(Egon Keller GMBH & co. KG, Á.á)

### Verksmiðjutillaga 3

**Framleiðandi:** Reinartz

**Tegund pressu:** AP 15

**Afl:** 45 kw

**Framleiðslugeta:** 1000 kg/Klst.

**Lýsing:** Iðnaðar snigilpressa 240V

**Verð án síu:** 22.000.000 kr

**Pláss:** l = 4,8m, b = 1,2, h = 1,7 m

**Uppsetning:** 3 pressur (sjá teikningar)

**Kostir:** Mikil framleiðslugeta miðað við pláss og verð. Auðveldlega hægt að koma fyrir þremur stykkjum og ná framleiðslu upp í 8.000 tonn af repjuolíu á ári. Hratið kemur út með lágu rakainnihaldi (7-8%)

**Ókostir:** Fáar vélar, ef ein bilar hægist mikið á framleiðslu.

(Reinartz, á.á)

**Orkuveita Reykjavíkur**



## ÞJÓNUSTUFYRIRTÆKI FYRIR MÁLM- OG BYGGINGARIÐNAÐ



- Framleiðsluvörur, ljósastaurar, vegrið o.fl.
- Smíðastál, svart og sand blásið og grunnað
- Ryðfrítt stál
- Plast
- Ál
- Boltar, rær og aðrar festingarvörur
- Hesta- og girðingarvörur
- Verkfæri og vinnufatnaður
- Zinkhúðun
- Alfa Laval búnaður fyrir matvælaíðnað

Damstahl



Ferro Zink hf. • [www.ferrozink.is](http://www.ferrozink.is) • [ferrozink@ferrozink.is](mailto:ferrozink@ferrozink.is)  
 Árstíg 6 • 600 Akureyri • sími 460 1500  
 Álhelli 12-14 • 221 Hafnarfjörður • sími 533 5700

## Stálgrindarhús frá Weckman Steel



### Fjöldi stærða og gerða í boði

Verðdæmi:

Stærð 11,3 x 21,5 m.

Verð kr. 5.900.000,- með virðisaukaskatti

Stærð 14,3 x 29,9

Verð kr. 9.480.000,- með virðisaukaskatti

#### Pak- og veggjastál

0,5 mm galv. Verð kr. 1.600 m<sup>2</sup>

0,6 mm galv. Verð kr. 1.980 m<sup>2</sup>

0,45 mm lítað Verð kr. 1.690 m<sup>2</sup>

0,5 mm lítað Verð kr. 2.100 m<sup>2</sup>

Stallað / lítað Verð kr. 2.400 m<sup>2</sup>



**H. Hauksson ehf**

Víkurbær 5 • Sími 588-1130 • Fax 588-1131

saeplast

## Til liðs við náttúruna



Rotprær



Vatnstankar



Brunnar og framlengingar



Óliu- og fituskiljur



Sandföng

Saeplastvörur fást í byggingavörverslunum um land allt

PROMENS

PROMENS DALVÍK • GUNNARSBRAUT 12 • 620 DALVÍK • SÍMI: 460 5000 • FAX: 460 5001 • [www.promens.is](http://www.promens.is)



# LÍFEYRISJÓÐUR VERKFRÆÐINGA

Engjateigi 9, 105 Reykjavík | Sími: 575 1000, fax: 575 1001 | Vefsíða: [www.lifsverk.is](http://www.lifsverk.is) | Netfang: [liftverk@liftverk.is](mailto:liftverk@liftverk.is)

## Lífeyrissjóður er:

- sparnaður til elliáranna
- trygging gegn áföllum

## Réttindaöflun vel yfir lágmarki

Samþykktir Lífeyrissjóðs verkfræðinga kveða á um réttinda öflun sem er langt yfir lágmarkskröfum laga um starfsemi lífeyrissjóða:

	Lifsverk	Lágmark laga
Ellilífeyrir	71%	56%
Makalífeyrir	5 ár, 60%	2 ár, 50%
Örorkulífeyrir	Við 40% örorku	Við 50% örorku
Barnalífeyrir	Til 19 ára aldurs	Til 18 ára aldurs

## Sérstaða Lífeyrissjóðs verkfræðinga:

- Aldurstengt réttindakerfi
- Sjóðfélagalyðræði
- Lágir lánavextir (3,7%)
- Sjóður háskólamenntaðra
- Lág örorkutíðni
- Góð laun

## Inngönguskilyrði

Sjóðfélagar þurfa að hafa lokið 90 eininga BSc háskólaprófi í verkfræði eða öðrum raungreinum, meistaraþáttu, doktorsþáttu eða samsvarandi háskólagráðu í hvaða grein sem er. Þetta á m.a. við um verkfræðinga, tæknifræðinga, lögfræðinga, lækna, tannlækna, sjúkraþjálfara ofl. Hægt er að sækja um aðild að sjóðnum á vefsíðu sjóðsins eða á eyðublaðum á skrifstofu sjóðsins.



[www.lifsverk.is](http://www.lifsverk.is)



## Tæknifræðingafélag Íslands

### Ert þú ungfélagi?

**Nemendur í tæknifræði geta orðið ungfélagar í Tæknifræðingafélagi Íslands.**

**Ungfélagaaðild er ókeypis en hún veitir aðgang að þjónustu félagsins.**

**Upplýsingar og umsóknareyðublöð eru á [tfi.is](http://tfi.is)**

Kjarakannanir • Kjarasamningar • Ráðgjöf • Lögfræðiaðstoð • Ráðningarsamningar  
Samstarf við menntastofnanir • Endurmenntun • Námskeið • Útgáfa • Umsagnir um starfsheiti og löggildingar • Fyrirlestrar • Umræðufundir • Tengslanet • Innlent samstarf • Alþjóðlegt samstarf

Tæknifræðingafélag Íslands—Engjateigur 9—105 Reykjavík—[www.tfi.is](http://www.tfi.is)

# Fráveitukerfi Flutningsgeta ræsa ákvörðuð út frá rennslismælingum



**Birgir Tómas Arnar**

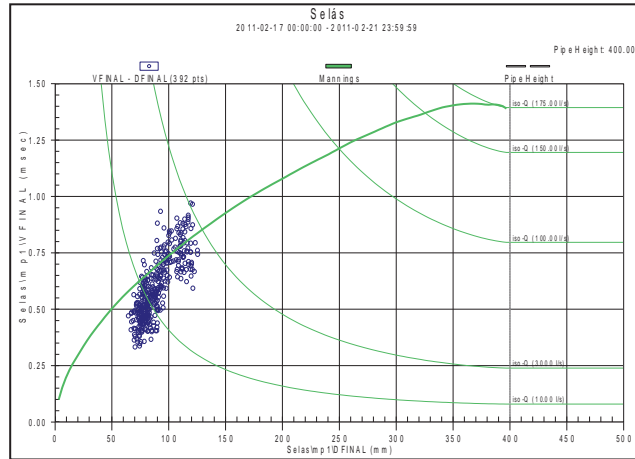
Byggingartæknifræðingur frá TÍ 1992

Vann á hafnarsviði Siglingastofnunar Íslands til 2004. Hefur starfað frá 2004 á Umhverfis- og samgöngusviði Verkis við fráveitumál

Oft standa hönnuðir fráveitukerfa frammi fyrir því að þurfa að tengja ný ræsi inn á eldri og öfugt, og er þá hönnunarvatnsmagni, hvort sem er ofnavatn eða skólþ, bætt við það vatnsmagn sem áætlað er að eldra ræsið flytji. Til að meta flutningsgetu þessara eldri ræsa er fundið út frá teikningum hvert innanmálið er, ásamt langhalla og efnisgerð. Með flutningsgetu er hér átt við þegar vatnsborðið í ræsinu nemur við hvirfil þess.

Notuð eru þrýstifallslínurit eða tölvuforrit sem byggð eru á empirískum jöfnum sem styðjast við ákveðin hrýfistuðul ( $n$ ), sem er mælikvarði á mótstöðu milli rennslis og rörveggs, til að meta flutningsgetuna. Hægt er að ákvarða flutningsgetuna þegar langhalla ræsisins og innanmál þess eru þekkt. Þetta eru fjóltegar og oft á tíðum fullnægjandi aðferðir en hafa þarf ákveðin fyrirvara á þeim eins og verður lýst hér nánar. Önnur aðferð er að meta flutningsgetuna út frá rennslismælingum. Þetta er nákvæm aðferð, en hefur í för með sér aukna vinnu og aukin kostnað.

Hættan við að nota þrýstifallslínurit eða forrit beint er að ekki er víst að raunhrýfið í ræsinu samsvari því hrýfisgildi  $n$  sem línuritið er teiknað fyrir eða því sem er slegið inn í forritið. Þar fyrir utan geta gamlar lagnir hafa sigið í tímans rás þannig að langhallinn er ekki sá sami og teikningar segja til um eða að ræsið hefur einhverja hluta vegna verið lagt með öðrum halla en upphaflega stóð til. Í sumum tilfellum er innanmál ekki það sama og teikningar fyrirskrifa. Innanmál ræsisins er mælt nákvæmlega í rennslismælingunni, enda mikilvægt að forrita mælinn með sem nákvæmasta gildi svo að magnútreikningar verði réttir.



**Mynd 1.** Dreifirit sem sýnir mæld gildi á hraða og dýpi í 400 mm skólplögn. Hraðagildi eru á y-ás og gildi á dýpi eru á x-ás. Bláu punktarnir eru mælipunkturar sem Manning kúrfan fer í gegnum og endar við hvirfil ræsisins við 400 mm brotnu línuna. Sveigðu línurnar frá vinstri til hægri eru jafnrennslislinur, eftsta línan hefur gildið  $Q=175$  l/sek sem er flutningsgeta ræsisins.

Með forritinu Profile sem er notað við úrvinnslu rennslismælinga frá ADS Environmental Services er hægt að skoða þennan þátt nákvæmlega og eins getur forritið metið gæði þeirra gagna sem viðkomandi rennslismælir sendir frá sér, þar sem sambandið milli hraða og dýpis í ræsi við óheft rennsliskilyrði er nokkuð vel þekkt.

Jafna sem lýsir þessu sambandi er kennd við Manning:

$$v = s^{1/2} / n \cdot R^{2/3}$$

$v$  = vatnshraðinn í ræsinu (m/sek)  
 $s$  = langhalla ræsis (mm/m)  
 $n$  = hrýfistuðull (einingarlaus), venjulega á bilinu 0.013-0.015 fyrir steinsteypt ræsi  
 $R$  = hýdrólískur rásradius ( $A/P$ ) (m) þar sem  $P$  er lengd bogans sem rennslíð þekur (e. wetted perimeter)  
 $A$  = þverskuðarflatarmál rennslis í ræsinu ( $m^2$ )

Með mælingum á rennslis í ræsi eru fengin gildi á hraða og dýpi sem teiknuð eru inn á dreifirit (e. scattergraph) og getur forritið teiknað upp svokallaða Manning kúrfu fyrir ræsið inn á grafið ásamt jafnrennslislinum (Iso Q) til að hægt sé að ákvarða flutningsgetu þess. Ef mælipunkturarnir liggja í hnapp á og sem næst kúrfunni er rennslíð í ræsinu að fylgja fræðunum, þ.e. að hraðinn eykst með vaxandi dýpi. Eins er hægt að segja það með vissu að gögnin frá viðkomandi mæli

séu marktæk (í ákveðnum tilfellum geta punktarnir vikið töluvert frá kúrfunni þó að mælirinn sé að senda góð gögn frá sér, t.d. í óeðlilegum tilfellum þegar um bakrennslis (e. surcharge) í ræsinu er að ræða).

Mælt var rennslis í 400 mm steinsteyptu ræsi með 8 ‰ langhalla og sjást niðurstöðurnar hér á meðfylgjandi dreifiriti. Ræsið flytur skólþ frá íbúðarhverfi.

Samkvæmt mælingunum er flutningsgeta þessa ræsis um 175 sekúndulítrar. Kúrfan gildir einungis fyrir þetta ræsi, ekki er hægt að heimfæra hana á önnur ræsi. Slíkar mælingar á alltaf að leggja til grundvallar hönnunarvinnu þegar verið er að hanna ný kerfi sem tengjast inn á gömul kerfi eða öfugt, og við stærðarákvörðun á dælu- og hreinsistöðvum, sé því viðkomið. ■

**Heimildir:**

1. Profile Software User's Guide, ADS Environmental Services, 2010
2. Modifying Manning's equation for flow rate estimates,
3. Lanfear & Coll, Water and Wastewater, 1978

**GLERSKÁLINN**  
 Einangrunargler  
[www.glerskalinn.is](http://www.glerskalinn.is)  
 Sími. 557 5580 Smíðjuvegi 42



### Í ÞÍNUM HÖNDUM

Náttúran er villt og lýtur eigin lögmálum. Það er því á okkar ábyrgð hvernig við umgöngumst hana. Láttum þau áhrif sem við höfum á umhverfi okkar vera til hins betra.

Sigaretustubbar eru mörg ár eða áratugi að eyðast í náttúrunni og hafa þar að auki fundist í maga fugla, fiska og sjávarspendýra.

VÍNBUÐIN



**VERKFRÆÐISTOFA  
SUÐURLANDS EHF**



**BLIKKSMIÐURINN**  
PEKKING - FÆRNI - ÞJÓNUSTA

**bóksala stúdenta**

Háskóli Íslands Háskólatorgi S. 570 0777 · Háskólinn í Reykjavík Sólenni Nauthólsvík S. 599 6469 boksalaboksala.is

www.boksala.is

## Íslenskur hreinlætispappír og hreinlætisvörur

Skoðið úrvalið á [www.papco.is](http://www.papco.is)

**papco**



[www.papco.is](http://www.papco.is)

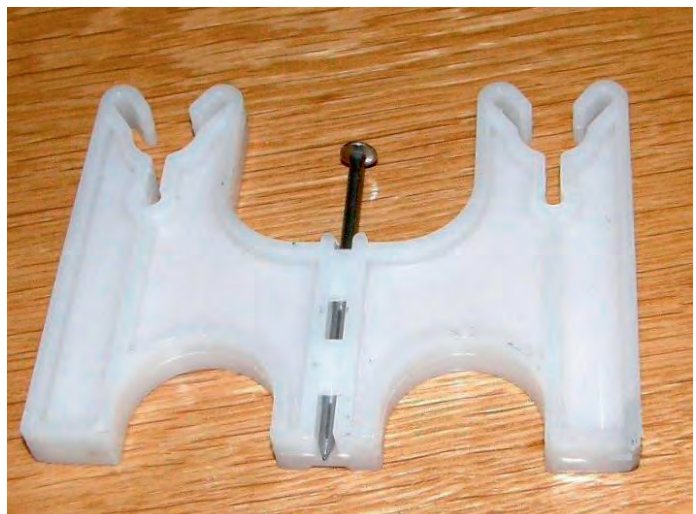


**PLASTIÐJAN BJARG  
IÐJULUNDUR**

Furuvöllum 1 • 600 Akureyri • sími 461 4606 • fax 461 2995 • <http://plastidjan.hlutverk.is>

Raflagnaefnið frá PBI er löngu landsþekkt fyrir mikil gæði. Framleiðum loftadósir með 16 og 20 mm stútum í fjórum dýptum. Framleiðum rofadósir með 16 og 20 mm stútum. Hægt er að fá framlengingu á loftadósirnar og rofadósirnar. Framleiðum einnig allar stærðir af hólkum og beygjum.

Framleiðum stóla til að festa 12 mm steypstyrktarjárn í glugga og hurðarkarma. →



# Nýir þolhönnunarstaðlar.



## Guðbrandur Steinþórsson

Cand. Polyt.,  
byggingarverkfræði  
DTH 1972.

Verkfræðingur hjá Hönnun  
hf. 1972 til 1980.

Lektor og dósent við  
Tækniháskóla Íslands,  
síðar Háskólann í  
Reykjavík frá 2002.

Um nokkur ár hafa verið í gildi forstaðlar en þjóðarskjöl (National Application Documents) tóku gildi árið 2002. Við gerð lokaútgáfu þolhönnunarstaðlanna var horfið frá þeirri aðferð að hvert aðildarland semdi þessi svokölluðu þjóðarskjöl, en farin sú leið að í hverju landi yrði saminn svokallaður þjóðarviðauki (National Annex) sem þá er hluti viðkomandi staðals, og í hverju landi notast staðallinn með umræddum þjóðarviðauka. Nú er lokið vinnu við að semja þá þjóðarviðauka sem til þarf að unnt sé að taka Evrópustaðlana formlega í notkun hérlendis. Þeir af þolhönnunarstöðlunum sem hér verður geint frá eru þeir sem fjalla um álag ög öryggi. Þetta eru EN-1990, sem er grunnskjalið, og hlutar EN-1991, sem felur í sér ákvörðun álagsgilda.

### EN-1990

EN-1990 fjallar um öryggiskröfur. Ein breyting frá ENV forstaðlinum, hefur orðið sem máli skiptir. Þetta er að nú gefur staðallinn svigrúm til mismunandi öryggiskrafna eftir eðli byggingar og afleiðingum brots. Þetta kemur fram í því að hönnuðir geta gert greinarmun á hlutöryggisstuðlum eftir því hvernig bygging flokkast, eftir afleiðingum brots o. þ. h. Hér er aðeins vakin athygli á þessari breytingu, en þeir sem nota staðlana þurfa til að geta nýtt þá að skoða þau ákvæði sem um þetta gilda.

### EN-1991

Staðallinn EN-1991 fjallar um ákvörðun álags. Við venjulega hönnun hér á landi eru einkum þrjú hlutar hans sem verða í daglegri notkun, það eru EN-1991-1-1 um ákvörðun eiginþyngda og notálags, EN-1991-1-3 sem fjallar um ákvörðun snjóálags og EN-1991-1-4 um vindálag. Hér verður aðeins rétt dregið á helstu

atriði sem eru með öðrum hætti en var í forstöðlunum. Breyting á EN-1991-1-1 frá ENV-útgáfunni er helst sú að við ákvörðun notálags sem fyrirskrifað er í byggingum er gefið bil þannig að hönnuður getur valið gildi innan viðkomandi bils. Reyndar er mælt með því að nota tiltekið gildi fyrir hvern álagsflokk, og er því fylgt í íslenska þjóðarviðaukanum.

### Snjólag

Staðallinn EN-1991-1-3, snjóálag, hefur tekið lítills háttar breytingum. Til að átta sig á þeirri breytingu þarf að líta til þjóðarskjalsins sem gefið var út með forstaðlinum árið 2002. Þetta snýr að svokölluðum affoksstuðli sem er ætlað að endurspeglar það hlutfall snjóþunga sem verður eftir á þaki, og skilar þá álagi á það,

Í íslenska þjóðarskjalinu var gefið eitt gildi, sem var 0,6. Í EN-staðlinum er ákvörðun affoksstuðulsins formgerð frekar en var í forstaðlinum, og gefin mismunandi gildi eftir því hvort bygging er í skjóli, og þá að hversu miklu leyti.

Affoksstuullinn getur legið á bilinu 0,8 ("Windswept") til 1,2 þegar búast má við að snjór safnist fyrir umfram það sem snjóálag á jörð gefur beint tilefni til. Við samningu íslenska þjóðarviðaukans var notuð heimild til afbrigðis, með því að innleiða flokk sem á máli staðalsins kallast "Very Windswept", með affoksstuðlinum 0,6, og er ætlað að endurspeglar aðstæður sem koma fyrir á vissum landsvæðum.

EN-staðallinn leggur það hins vegar á herðar hönnuðar og byggingayfirvalda á hverjum stað að fastsetja nánar hvernig þessi flokkun er túlkuð. Reynsla af notkun staðalsins mun leiða í ljós hvernig hönnuðir og byggingayfirvöld eiga eftir að túlka staðallinn að þessu leyti.



### Vindálag

Um vindálag gildir EN-1991-1-4. Staðaltextinn er lítilllega breyttur og er breytingin í þá átt að gera skjalið notendavænna en það var.

- ◆ Hryfisflokkar eru nú 5 í staða 4. Haldið er flokkunum I, II, III og IV eins og þeir voru skilgreindir í forstaðlinum, en bætt við flokki sem hefur verið merktur 0. Flokkur 0 er opið haf eða stór stöðuvötn og næsta nágrenni við strönd.
- ◆ Ekki er lengur leyft að hvert aðildarland skilgreini eigin hryfisflokk, heldur verður að flokka hvert svæði í einhvern þeirra hryfisflokka sem staðallinn tilgreinir.
- ◆ Reiknigangur við ákvörðun vindþrýstings er lítilllega breyttur, þó þannig að ekki er nein grundvallarbreyting á ferðinni, enda væri slíkt ekki í samræmi við þau náttúrulögmál sem ráða.
- ◆ Innra vindálag bygginga ákvarðast með lítið eitt öðrum hætti en gert var samkvæmt forstaðlinum. Breytingin tekur af óvissu sem gat komið upp um hvernig ákveða skyldi þrýstistuðla. Breytingin felur í sér nokkra einföldun.

Þær breytingar sem hér voru nefndar skipta máli fyrir notkun staðalsins hérlendis. Í fyrsta lagi afnám "Íslandsflokksins" í þjóðarskjalinu frá 2002, sem þýðir að hönnuðir þurfa að ákveða hryfisflokk á því svæði sem byggingin á að rísa, og sú ákvörðun er ekki frjáls, heldur verður að velja hryfisflokk samkvæmt leiðbeiningum staðalsins. Greinarhöfundur metur það svo að öll strandlengjan, allt að 2 km frá fjöruborði skuli reikna miðað við flokk 0, láglendi í flestum landshlutum, a. m. k. það sem er utan þéttbýlis, falli í flokk I og venjuleg íbúðabyggð í flokk II. Hryfisflokkar III og IV koma vart fyrir hérlendis.

Það sem greint var frá hér að framan er aðeins mjög stutt umfjöllun um það helsta sem breyttist við tilkomu nýja staðlasettsins. Hér var aðeins rætt um þá staðla sem fjalla um álag á byggingar, ekki reyndar um ákvörðun jarðskjálftaálags né um efnisstaðlana. Þeir sem fást við burðarvirkjahönnun munu þurfa að kynna sér hina breyttu staðla til að þeir nýtist eins og til er stofnað. ■

# Ferilskráin

## Nokkrir nemendur á lokaári spurðir spjörunum úr.



### Andri Gunnarsson

**Fæðingardagur:** 17. mars 1988

**Starfsreynsla:** Trésmiðjan Akur, Norðurál, verktaki fyrir Rúdolf B Jósefsson.

**Menntun:** Sveinspróf í húsasmíði og Tæknistúdent frá Fjölbrautarskóla Vesturlands. Vinnuvélaréttindi á flokka I og J. Er að klára B.Sc. nám í Byggingartæknifræði af burðarvirkjasviði.

**Frekara nám:** Ég stefni á meira nám í framtíðinni, en þar heillar mastersnám í verkfræði mest.

**Draumastarfið:** Burðarþolshönnuður

**Netfang:** andrigun08@ru.is



### Baldvin Árnason

**Fæðingardagur:** 19. janúar 1978

**Starfsreynsla:** Smiður hjá SG húsum, tækniteknari hjá Verkfræðistofu Árborgar

**Menntun:** Sveins- og stúdentspróf frá Fjölbrautaskóla Suðurlands. Er að klára B.Sc. nám í Byggingartæknifræði af burðarvirkjasviði.

**Frekara nám:** Stefni á mastersnám eftir 1-2 ár nema eitthvað annað spennandi dúkki upp.

**Draumastarfið:** Það væri gott að komst í þægilega innivinnu ; )

**Netfang:** baldvin08@ru.is



### Jón Helgi Helgason

**Fæðingardagur:** 30. janúar 1984

**Starfsreynsla:** Nýja Kaffibrennslan. Flest sveitastörf og almenn byggingarvinna, Rafvikjun hjá Klói ehf.

**Menntun:** Stúdentspróf frá Verkmenntaskólanum á Akureyri með málmíðn og vélstjórn að baki, flest öll Vinnuvéla- sem og kennsluréttindi og

meirapróf BE CE DE. Er að klára B.Sc. nám í Byggingartæknifræði af Framkvæmda- og lagnasviði

**Frekara nám:** Ég hef áhuga á frekara námi í verkfræði.

**Draumastarfið:** Hanna vegi og skipuleggja vegakerfi, snjóhönnun vega.

**Netfang:** jonhh08@ru.is



### Ragnhildur Ósk Valtýsdóttir

**Fæðingardagur:** 11. apríl 1987

**Menntun:** Stúdent af náttúrufræðibraut, Dönski videregående skole, Noregi. Er að klára B.Sc. nám í Byggingartæknifræði.

**Frekara nám:** Stefni á mastersnám eftir nokkur ár

**Draumastarfið:** Byggingastjóri

**Netfang:** ragnhildurv07@ru.is



### Sigurður Rúnar Birgisson

**Fæðingardagur:** 24. júlí 1986.

**Starfsreynsla:** Unnið við múrverk sem sumarvinnu árin 2001-2009.

**Menntun:** Sveinspróf í múriðn frá Iðnskólanum í Reykjavík. Raungreinadeildarpróf af frumgreinadeild Háskólans í Reykjavík. Er að klára B.Sc. nám í Byggingartæknifræði af burðarvirkjasviði.

**Frekara nám:** Stefni á M.Sc. í mannvirkjahönnun eða framkvæmdastjórnun.

**Draumastarfið:** Starf hjá metnaðarfullu fyrirtæki við hönnun, eftirlit eða stjórnun framkvæmda.

**Netfang:** sigurdurr06@ru.is

# Ferilskráin

## Nokkrir nemendur á lokaári spurðir spjörunum úr.



### Árni Snær Kristjánsson

**Fæðingardagur:** 4. september 1984

**Starfsreynsla:** Unnið í 4 ár við húsasmíðar hjá Feðgum ehf.

**Menntun:** Sveinspróf í húsasmíði, stúdentspróf frá Fjölbrautarskólanum í Garðabæ og er að klára B.Sc. í Byggingartæknifræði.

**Frekara nám:** Stefni á MSc í Umferð og skipulagi við Háskólann í Reykjavík.

**Draumastarfið:** Ætli maður þurfi ekki að prufa sig áfram innan geirans og þá með tíð og tíma ætti það að koma betur í ljós.

**Netfang:** arnik08@ru.is



### Heimir Þór Gíslason

**Fæðingardagur:** 31. ágúst 1964

**Starfsreynsla:** Starfað sjálfstætt sem smiður auk starfa hjá byggingaverktökum við ýmsa smíðavinnu.

**Menntun:** Sveinsprófi í húsasmíði frá Iðnskólanum í Reykjavík, Meistaránám frá Iðnskólanum í Reykjavík. Raungreinastúdent frá Háskólanum í Reykjavík. Er að klára B.Sc.

nám í Byggingartæknifræði af framkvæmda- og lagnasviði.

**Frekara nám:** Ekki ákveðið

**Draumastarfið:** Vinna við umsjón eða rekstur fasteigna og eða eftirlit með framkvæmdum.

**Netfang:** heimir07@ru.is



### Örvar Jónsson

**Fæðingardagur:** 27. maí 1988

**Starfsreynsla:** Jón málarí ehf., JT Málun ehf.

**Menntun:** Stúdent af náttúrufræðibraut, Flensborg. Er að klára B.Sc. nám í Byggingartæknifræði á burðarvirkjasviði.

**Frekara nám:** Stefni á M.Sc. nám í Mannvirkjahönnun

**Draumastarfið:** Burðarþolshönnun hjá verkfræðistofu.

**Netfang:** orvarj08@ru.is



### Rannveig Haraldsdóttir

**Fæðingardagur:** 25. ágúst 1987

**Starfsreynsla:** Laxá Veiðihús Blöndu, Hamrahlíð Guesthouse, TNT-hraðflutningar, Tjaldsvæði Húsavíkur o.fl.

**Menntun:** Lauk grunnskólaprófi frá Borgarhólsskóla á Húsavík. Lauk stúdentsprófi af náttúrufræði/ stærðfræðibraut frá Kvennaskólanum í

Reykjavík. Er að klára byggingartæknifræði við Háskólann í Reykjavík.

**Frekara nám:** Stefni á master í Byggingarverkfræði við Háskólann í Reykjavík.

**Netfang:** rannveigh08@ru.is



### Jóhann Víðir Númason

**Fæðingardagur:** 2. nóvember 1968

**Starfsreynsla:** Smiður hjá Eykt, ÁHÁ og sjálfstætt sem smiður.

**Menntun:** Sveinspróf frá FB, Stúdentspróf frá HR. Er að klára nám í byggingartæknifræði af framkvæmda- og lagnasviði.

**Frekara nám:** Ekki í bráð.

**Draumastarfið:** Er að hanna og hafa eftirlit með lögnum.

**Netfang:** johannn06@ru.is



### **Elfar Steinn Karlsson**

**Fæðingardagur:** 3. desember 1983

**Starfsreynsla:** Mælingamaður hjá KNH, Jarðvélum og ÍAV. Útgerðarmaður og sjómennska.

**Menntun:** Stúdentspróf af félagsfræðibraut Ì Flensborg, Raungreinadeildarpróf af Frumgreinasviði Háskólans Ì Reykjavík. Ýmiss mælinganámskeið.

Er að klára B.Sc. í Byggingartæknifræði af framkvæmda- og lagnasviði.

**Frekara nám:** Ekki fyrirhugað Ì bili.

**Netfang:** elfar07@ru.is



### **Kristján Ingi Gunnlaugsson**

**Fæðingardagur:** 25. mars 1980

**Starfsreynsla:** Sveitafélagið Ölfus, Fagus ehf., GKS trésmiðja, Vodafone og Sendibllar Reykjavíkur.

**Menntun:** Tók hluta af vélstjóranámi við Vélskóla Íslands (Fjoltækniskólinn í dag). Lauk þar rúmlega 1. stigi af fjórum. Frumgreinapróf frá HR. Er að ljúka B.Sc.

námi í byggingartæknifræði á burðarvirkjasviði.

**Frekara nám:** Ætla mér að ljúka meistaranámi síðar meir, en stefni á að ná mér fyrst í starfsreynslu.

**Draumastarfið:** Kljást við hönnunarverkefni af ýmsum flækjustigum

**Netfang:** kristjanig06@ru.is



### **Birgitta Rán Ásgeirsdóttir**

**Fæðingardagur:** 19. júlí 1987

**Starfsreynsla:** Vann hjá Íslandspósti sem bréffberi og bílstjóri og vinn sem verkamaður hjá Norðuráli

**Menntun:** Stúdentspróf frá Fjölbrautaskóla Vesturlands af viðskiptafræðibraut með stærðfræði kjörsviði, tók einnig hraðnámskeið af frumgreinasviði til undirbúnings fyrir byggingartæknifræði.

Er að klára Bs.c í byggingartæknifræði af framkvæmda og lagnasviði í Háskólanum í Reykjavík

**Frekara nám:** Stefni á frekara nám í framtíðinni en verkfræðin heillar

**Draumastarfið:** Vinna hjá metnaðarfullu fyrirtæki við stjórnun eða að vinna við hönnun á vegum og lögnum.

**Netfang:** birgitta08@ru.is



### **Kristján Ingi Arnarsson**

**Fæðingardagur:** 9. október 1988

**Starfsreynsla:** Véla- og verkamannastörf hjá BÖB vinnuvélum og Vegagerðinni

**Menntun:** Stúdent af náttúrufræðibraut, FVA 2007. Er að klára byggingartæknifræði á framkvæmda og lagnasviði

**Frekara nám:** Hef áhuga á að fara í framhaldsnám úti

**Draumastarfið:** Lagna- og veghönnun, eftirlit og stjórnun

**Netfang:** kristjania08@ru.is



### **Auður Guðmundsdóttir**

**Fæðingardagur:** 3. september 1982

**Starfsreynsla:** Þjónustufulltrúi hjá Mótus frá hausti 2007 til dagsins í dag. Söngkona í Sumaróperu Reykjavíkur sumarið 2007. Fangavörður og verkstjóri með vinnuflokk á Litla Hrauni sumurin 2004,2005 og 2006.

**Menntun:** Stúdentspróf af Náttúrufræðideild frá F.Su. 8.stig í einsöng frá Tónlistaskóla Árnassýslu auk 1 árs til B.Muc gráðu við

LHÍ. Er að klára byggingartæknifræði af burðarvirkjasviði.

**Frekara nám:** Stefni á mastersnám erlendis í framtíðinni, en langar að byggja upp einhverjar starfsreynslu áður.

**Draumastarfið:** Stjórnunar-, hönnunar-eða rannsóknarstarf á burðarvirkjasviði eða í vega- og gatnagerð.

**Netfang:** audur08@ru.is



# Ístak brúar bilið





# Hugleiðingar um jarðskjálftaálág á byggingar



**Hannes Gardarsson**

Byggingarteknifræðingur  
B.Sc. frá Háskólanum í  
Reykjavík 2011.

Stundar M.Sc. nám í  
Mannvirkjahönnun/  
Byggingarverkfræði við HR.

## Suðurlandskjálftar

Tveir öflugir jarðskjálftar urðu á Suðurlandsundirlendinu sumarið 2000. Sá fyrri, af stærðinni 6,5 Mw, varð þjóðhátíðardaginn 17. júní kl. 15:40 með upptök nærri Skammbeinsstöðum í Holtum í Rangárvallasýslu.

Mesta lárétta yfirborðshröðun sem mældist í jarðskjálftanum var 64% af þyngdarhröðun jarðar [1]. Seinni jarðskjálftinn, af stærðinni 6,4 Mw, varð þann 21. júní kl. 00:51. Upptök hans voru skammt sunnan Hestfjalls í Árnassýslu [2]. Mældist hæsta lárétta yfirborðshröðun í honum um 84% af g.

Þann 29. maí 2008 kl. 15:45 varð sterkur jarðskjálfti í Ölfusi. Upptökin voru á milli Hveragerðis og Selfoss, á sprungu sem liggur frá norðri til suðurs. Stærð hans var metin 6,3 Mw. Í jarðskjálftanum mældist hröðun á yfirborði jarðar mjög há og fór umtalsvert hærra en gert er ráð fyrir í gildandi staðli [3]. Þessi mikla hröðun olli verulegri áraun á húsbýggingar og hlaust af verulegt tjón.

Jarðskjálftarnir í júní 2000 voru metnir heldur stærri en engu að síður var mæld hröðun í jarðskjálftanum 2008 síst minni [3]. Ummerki eru um það að næst upptökunum hafi lóðrétt hröðun farið yfir þyngdarhröðun jarðar [4]. Hveragerðisbær er sá þéttbýlisstaður sem stendur næst upptökunum. Er þar þéttriðið net hröðunarmæla og mældust hágildi lárétrar hröðunar yfir 0,85g á nokkrum þeirra. Hágildi lóðétrar hröðunar mældust svipuð þeim láréttu. Á Selfossi, sem er aðeins lengra frá upptökunum, mældist lárétta hröðunin hæst 0,54g og lóðrétt hröðunin nánast sú sama [3].

## Jarðskjálftastaðlar

Fyrstu lögformlegu staðalkröfur um að hanna bæri húsakost á Íslandi með hliðsjón af því álagi sem þau geta orðið fyrir við jarðskjálfta, voru settar fram í ÍST 13 sem tók gildi árið 1976. Minniháttar breytingar voru gerðar á staðlinum árið 1989. Eurocode 8 forstaðallinn tók svo gildi árið 2003 og með honum tekin upp önnur aðferðafræði en í ÍST 13. Þegar þetta er skrifað er þessi staðall í gildi.

Til að bera saman kröfur þessara staðla þarf að miða við ákveðna húsgerð. Hér er valið að skoða tveggja hæða veggjabyggingu á því svæði þar sem gert er ráð fyrir mestu jarðskjálftaálági samkvæmt stöðlunum. Húsið er að Eyravegi 29 á Selfossi.

Í töflu 1 er tekið saman lárétt álag á Eyravegi 29 sem reiknast fyrir þá staðla sem gilt hafa ásamt væntanlegum gildum úr Eurocode 8 miðað við fyrirliggjandi drög að þjóðarskjölum. Álagið er sett fram sem hlutfall af þyngd mannvirkisins.

Staðall	Álag	Breyting
	Hlutfall af þyngd mannv.	hlutfall
ÍST13 1976	0,22	1
ÍST13 1989	0,21	0,95
ENV 1998	0,53	2,41
EN 1998	0,63	2,86

Tafla 1. Breytingar á lárétu álagi sem reikna þarf hús að Eyravegi 29 á Selfossi fyrir eftir stöðlum

Það jarðskjálftaálág sem reikna þurfti Eyravegi 29 fyrir þegar húsið var hannað og byggt, þ.e. um 1980, er einungis um 40% af því álagi sem reikna þurfti með ef húsið væri hannað í dag (2011).

Ekki er hægt að heimfæra þessar tölur beint á önnur mannvirki því stuðlar geta verið mismunandi. Þó gefa þær vísbendingu um það sem búast má við að gildi fyrir önnur hús. Rétt er að nefna að við samanburð á hönnun út frá reiknuðu álagi þarf einnig að taka tillit til mismunar á efnistuðlum milli staðlanna svo og mismunandi álagsfléttum.

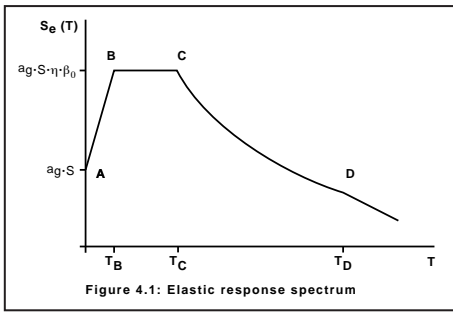
## Eiginsveiflutími byggingar

Einn af mikilvægum kennistærðum við útreikninga á jarðskjálftaálági samkvæmt EC-8 eru eiginsveiflutímar mannvirkisins. Til þess eru nokkrar leiðir, bæði fræðilegar og eins hefur verið stuðst við einfaldar reynslujöfnur. Í þessu tilfelli er gert ráð fyrir að líta megi á viðfangsefnið sem einmassa kerfi og því ekki þörf á að skoða flóknar fræðilegar jöfnur. Gerðar voru hröðunarmælingar á húsinu til að fá samanburð og má sjá niðurstöðurnar í töflu 2.

Mældur eiginsveiflutími	Reiknaður eiginsveiflutími	Reiknaður eiginsveiflutími	Reiknaður eiginsveiflutími
	$2 \cdot \pi(m/k)^{1/2}$	$C \cdot H^{3/4}$	$2 \cdot d^{1/2}$
[s]	[s]	[s]	[s]
Langstefna	0,1	0,12	0,07
Þverstefna	0,1	0,12	0,04

Tafla 2. Samanburður á mældum og reiknuðum eiginsveiflutímum

Við nánari skoðun kemur í ljós að það hefur engin áhrif á niðurstöður álagsákvörðunar, fyrir jarðskjálftaálág á húsið, hver aðferðanna var notuð. Þá er reyndar gengið út frá því að þó svo að eiginsveiflutíminn reiknist milli o og TB, samanber mynd 1, í óskemmdu húsi, þá muni eiginsveiflutíminn lengjast ef burðarvirkið springur og skemmist.

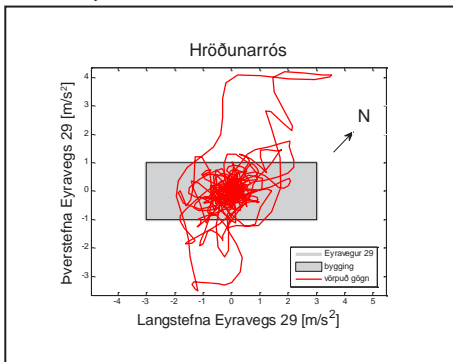


Mynd 1. Lögum elastíska svörunarrófsins og hönnunarrófsins [5]

Því er það niðurstaðan við ákvörðun jarðskjálftaálags á hús af því tagi sem hér er fjallað um að alla jafna sé notuð sú jafna hönnunarrófsins sem gildir fyrir eiginsveiflutíma milli  $T_B$  og  $T_C$ . Þar með er ekki talin knýjandi þörf fyrir nákvæma útreikninga á eiginsveiflutíma fyrir hús af þessu tagi ef byggt er á aðferðum EC-8.

### Kraftadreifing

Útreikningar á stífni bygginga og einstakra byggingahluta mótast af því reiknilíkani sem notað er. Er því mikilvægt að vanda vel til uppsetningar á reiknilíkönunum fyrir byggingar þannig að þau nálgj veruleikann eins og kostur er. Reiknilíkanið skiptir láréttu álagi niður á einstaka burðarveggi hússins og er þá hægt að meta hvaða veggir þurfa sérstakrar skoðunar við. Í dag er algengast að styðjast við forrit sem byggja á einingaraðferðinni (e: finite element method), svo sem SAP 2000, ANSYS o.fl. Í þessu verkefni var húsinu skipt upp í einingar sem innfærðar voru í uppsett Excel-skjal.



Mynd 2. Hróðun jarðskjálftans 2008, mældri í Ráðhúsi Árborgar, varpað í stefnu Eyravegs 29 Selfossi.

### Álag og álagspól byggingar

Hafið er yfir vafa að húsið sem hér er fjallað um varð fyrir umtalsverðri áraun í jarðskjálftanum 2008. Til að meta þá áraun var leitað fanga hjá Rannsóknarmiðstöð Háskóla Íslands í jarðskjálftaverkfræði sem er staðsett á Selfossi. Rekur hún all þéttriðið net hröðunarmæla um allt Suðurland og meðal mælistöðva er Ráðhús Árborgar. Ráðhúsið stendur örstutt frá Eyravegi 29 og því talið mögulegt að heimfæra þær tímaraðir sem þar mældist yfir á höfuðstefnu Eyravegs 29. Þetta leiddi í ljós að hágildi hröðunar í þverstefnu hússins hefur verið um 42% af þyngdarhröðun jarðar á meðan hágildið í langstefnuna hefur verið 36% (Mynd 2).

Til að meta það álag sem veggir hússins fengu á sig í skjálftanum voru þessi hröðunarhálgildi sett inn í hönnunarróf gildandi staðals í stað grunnhröðunargildis.

Við útreikninga á poli helstu burðarveggja gagnvart láréttum krafti var notast við hefðbundnar aðferðir fyrir skerþol og vægisþol bentrar steinsteypu. Til að nálgast raunþol veggjanna var hlutstuðlum fyrir steypu og stál sleppt ásamt því að nota meðalgildi í stað kennigilda.

Fyrir þá fjóra veggi sem sérstaklega voru skoðaðir fengust þær niðurstöður sem getur að líta í töflu 3.

Veggur	Staðal styrkur	Þol án efnisstuðla	Hlutfall af staðalstyrk	Álag ÍST13 1976	Hlutfall af staðalstyrk	Álag ENV 1998	Hlutfall af staðalstyrk	$\alpha$ 2008	Álag 2008	Hlutfall af staðalstyrk
nr.	[kN]	[kN]		[kN]		[kN]			[kN]	
5	248	276	1,11	364	1,47	877	3,54	0,36	789	3,18
10	231	259	1,12	155	0,67	374	1,62	0,36	337	1,46
26	371	414	1,12	75	0,2	181	0,49	0,42	190	0,51
30	178	199	1,12	168	0,94	405	2,28	0,42	425	2,39

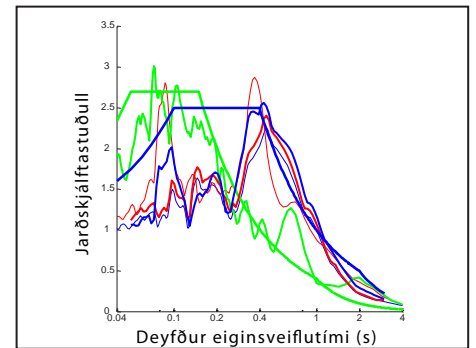
Tafla 3. Samanburður á styrk, með og án efnisstuðla, og álagi reiknuðu skv. ÍST 13, ENV 1998 og ENV 1998 með mældri hröðun í jarðskjálftanum 29. maí 2008

Við samanburðinn sést að álagið reiknaðist meira en þolið fyrir þrjá af fjórum veggjunum. Einnig reiknaðist álagið meira en staðalálagið fyrir tvo veggi af fjórum þar sem hröðunin í þverstefnu hússins mældist hærri en grunnhröðunin samkvæmt þjóðarskjali með ENV 1998.

### Niðurstöður og ályktanir

Þrátt fyrir framangreindar niðurstöður er það staðreynd að húsið stendur enn ósprungið og óskemmt samkvæmt bestu manna yfirsýn. Því voru farnar ýmsar leiðir til þess að leita hugsanlegra skýringa. Nærtækast var að nota melda yfirborðshróðun til þess að ákvarða jarðskjálftasvörunarróf (sjá mynd 3).

Af myndinni má draga þá ályktun að mögnunarstuðullinn ( $\beta_0$ ) sé aðeins um 1,5, miðað við 5% deyfingarhlutfall, en ekki 2,5 eins og staðallinn gerir ráð fyrir. Þetta hefur það í för með sér að raunverulegt álag hefur vart verið meira en 60% af reikningslegu hönnunarálagi ef miðað er við sama grunnigildi. Þessu til viðbótar ber að hafa í huga að útreikningarnir byggja



Mynd 3. Svörunarróf hröðunar ákvarðað út frá mældum gildum í kjallara Ráðhúsi Árborgar, varpað úr upphaflegu hnitakerfi í nýtt hnitakerfi með snúning um 54°. Grannar línur tákna róf svarandi til stefnu Ráðhússins en sverar línur stefnu Eyravegs 29, blátt tákna langstefnu, rautt tákna þverstefnu og grænt lóðréttu stefnu. Þá eru einnig sýnd stöðluð svörunarróf Eurocode 8 og er blátt fyrir lárétt og grænt fyrir lóðrétt. Svörunarrófin miðast við 5% deyfingarhlutfall.

### Urð og Grjót ehf

Vesturás 58, 110 Reykjavík  
Sími: 660 - 0040  
fax: 587 - 6555

Netfang: urdoggrjot@urdoggrjot.is



# HNIT

## VERKFRÆÐISTOFA

Háaleitisbraut 58-60 • 108 Reykjavík • S: 570 0500 • www.hnit.is

á línulegu álagslíkani. Slíkt líkan getur átt við húsið ef undirstaðan er föst; hins vegar, ef undirstaðan er eftirgefanleg þarf að taka tillit til þess. Þar sem húsið hvílir á malarþúða má gera ráð fyrir því að hegðun hans sé ólínuleg við mikið álag. Hægt er að taka tillit til þess á einfaldaðan hátt með því að gera ráð fyrir að eiginsveiflutími lengist og deyfing vaxi með vaxandi hröðun. Það leiðir til lækkunar álags. Áhrif deyfingar eru sett fram í töflu 4.

Af þessu virðist mega draga þá ályktun að sú áraun sem jarðskjálftinn orsakaði hafi ekki farið yfir „raunþol“ byggingarinnar ef gert er ráð fyrir því að deyfing vegna undirstöðu hafi verið það mikil að reikningslegt deyfingarhlutfall hafi verið a.m.k. 15% og að eiginsveiflutími hafi ekki orðið lengri en sem nemur 0,3 s eða þar um bil. Enn fremur, þá bendir þessi niðurstaða til þess að raunveruleg áraun vegna jarðskjálftans hafi verið miklu minni en nýjustu staðlar gera ráð fyrir, a.m.k. fyrir hús sem eru af áþekkri gerð og húsið að Eyrarvegi 29 og eru grunduð með sambærilegum hætti.

#### Heimildir:

1. Ragnar Sigbjörnsson, Jónas Þór Snæbjörnsson, Símon Ólafsson, Bjarni Bessason, Gunnar I. Baldvinsson og Óðinn Þórarinnsson. (2000). Jarðskjálftar á Suðurlandi 17. og 21. júní 2000. Selfoss: Rannsóknarmiðstöð í jarðskjálftaverkfræði, Verkfræðistofnun Háskóla Íslands, skýrsla nr. 00001.
2. R[agnar] Sigbjörnsson, S[ímon] Ólafsson og J[ónas] Þ[ór] Snæbjörnsson. (2007). Macroseismic effects related to strong ground motion: a study of the South Iceland earthquakes in June 2000. Bulletin of Earthquake Engineering, 5 (4), 591-608.
3. Ragnar Sigbjörnsson, Benedikt Halldórsson, Símon Ólafsson, Jónas Þór Snæbjörnsson og Sally M. Higgins. (2009). Jarðskjálfti í Ölfusi 29. maí 2008. Upp í vindinn, 28, 12-17.
4. R[agnar] Sigbjörnsson, J[ónas] Þ[ór] Th. Snæbjörnsson, S. M. Higgins, B[enedikt] Halldórsson og S[ímon] Ólafsson. (2009). A note on the Mw 6.3 earthquake in Iceland on 29 May 2008 at 15:45 UTC. Bulletin of Earthquake Engineering, 7 (1), 113-126.
5. Comite Europeen de Normalisation. (1995). FS ENV 1998 1-1: 1994. Eurocode 8: Design provisions for earthquake resistance of structures - Part 1-1: General rules - Seismic and general requirements for structures. Staðlaráð Íslands.

Greinin er unnin uppúr B.Sc. ritgerð höfundar sem finna má á slóðinni:

<http://hdl.handle.net/1946/7699>.

Veggur	Áætlað raunþol	Álag 2008 ( $\beta_0 = 1,5$ )					
		$\xi = 5\%$	$\xi = 6\%$	$\xi = 8\%$	$\xi = 10\%$	$\xi = 12\%$	$\xi = 15\%$
nr.	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
5	303	474	443	396	362	335	303
10	285	202	189	169	154	143	129
26	455	114	106	95	87	80	73
30	220	255	239	213	195	180	163

Tafla 4. Samanburður á styrk ,reiknuðum út frá meðalgildum og álags með lækkað gildi á  $\beta_0$  og hækkandi gildi á deyfingu.

**KÓPAL Glitra**

# Lyktarlaus

**Erlendur Eiríksson málarí:**  
„Einfaldlega besta málningin sem ég hef notað.“



Landsvirkjun

**Kópal** Glitra þekur betur, ýrist sama og ekkert og er svo til lyktarlaus. Spurðu um **KÓPAL**.





# GRUNNNÁM

## VIÐ TÆKNI- OG VERKFRÆÐIDEILD

Í Háskólanum í Reykjavík leggjum við áherslu á að miðla þekkingu í greinum þar sem helstu tækifæri framtíðarinnar liggja. Nám við tækni- og verkfræðideild HR er metnaðarfullt og gerir miklar kröfur til nemenda og kennara. Auk áherslu á gæði náms og kennslu er lögð áhersla á frumkvæði nemenda, virka þátttöku og sjálfstæð vinnubrögð. HR er stærsti tækniháskóli landsins og útskrifar tvo af hverjum þremur sem ljúka tækninámi á háskólastigi.

### BSc Í VERKFRÆÐI

- Fjármálaverkfræði
- Hátækniverkfræði
- Heilbrigðisverkfræði
- Hugbúnaðarverkfræði
- Rekstrarverkfræði
- Vélaverkfræði

### BSc Í TÆKNIFRÆÐI

- Byggingartæknifræði
- Iðnaðartæknifræði
- Rafmagnstæknifræði
- Vél- og orkutæknifræði

### BSc Í ÍPRÓTTAFRÆÐI

### BSc Í BYGGINGAFRÆÐI

### DIPLÓMANÁM Í IÐNFRÆÐI

- Byggingariðnfræði
- Rafiðnfræði
- Rekstrariðnfræði
- Véliðnfræði

UMSÓKNARFRESTUR ER TIL **5. JÚNÍ**



HÁSKÓLINN Í REYKJAVÍK  
SAMAN LÁTUM VIÐ HJÓLIN SNÚAST

Kynntu þér námið á [www.hr.is/tvd](http://www.hr.is/tvd)