



ÞRÓUN ÍSLENSKA BERMUGARÐSINS

kynning á bókinni

Design and Construction of Berm Breakwaters

Sigurdur Sigurdarson - Icelandic Road and Coastal Administration

IceBreak Consulting Engineers

Jentsje van der Meer - Van der Meer Consulting

UNESCO-IHE



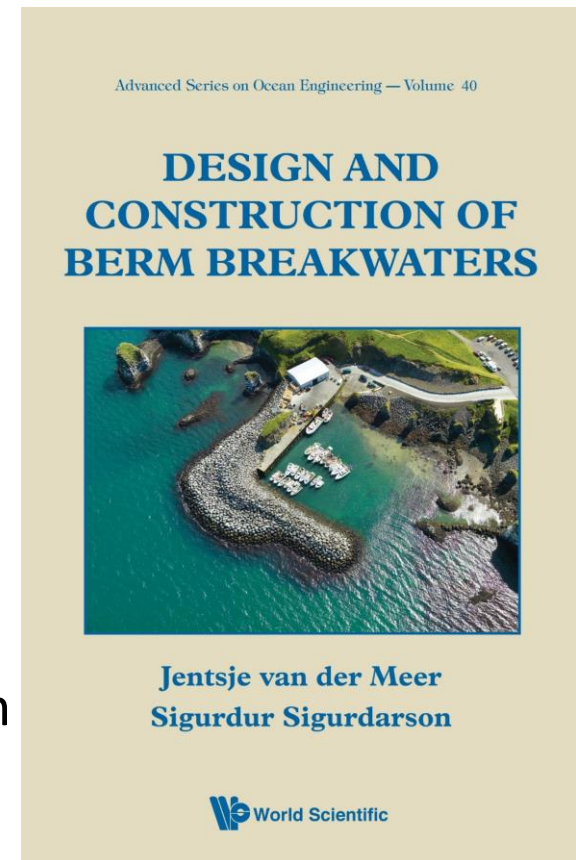
IceBreak Consulting Engineers
Coastal and Harbour Engineering Consultancy

Van der Meer Consulting B.V.
COASTAL ENGINEERING CONSULTANCY & RESEARCH



Efni

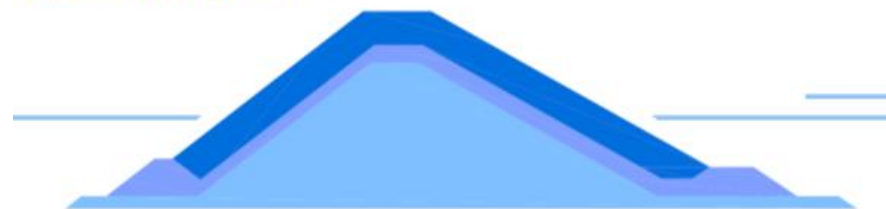
- Þróun aðferða við brimvarnir
- Uppruni bermugarða
- Fyrstu bermugarðarnir á Íslandi
- Þróun erlendis
- Stóru bermugarðarnir um aldamótin
- Líkantilraunir með bermugarða
 - Verkefni í Ástralíu og Sri Lanka
- Bók um bermugarða - hönnunarleiðbeiningum



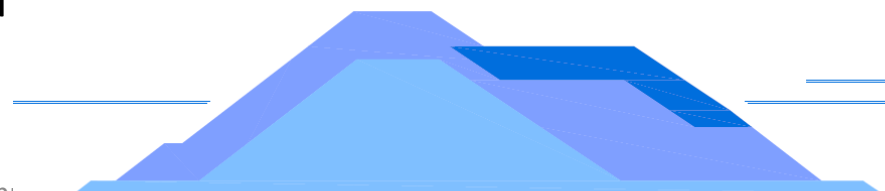
Hefðbundnir brimvarnargarðar

- Hönnun hefðbundinna garða:
- 2 lög af grjóti eða steypum einingum
- Flái 1:1,5 til 1:3
- Tvær aðferðir mest notaðar – Hudson og van der Meer
- Aðferð Hudson byggir á líkantilraunum reglulegar öldur
 - Ölduhæð, flái, eðlisþyngd grjóts/steyptra eininga og sjávar
 - Reynslustuðull, tekur tillit til öldu, forms, skemmda, óvissu
- Aðferð van der Meer byggir á líkantilraunum með óreglulegar öldur
 - Tvær líkingar, steypiöldur (plunging) og súgöldur (surging)
 - Ölduhæð, flái, eðlisþyngd grjóts/steyptra eininga og sjávar
 - Sveiflutíma öldu, gleypni, skemmda, fjölda alda
 - Lágmarksstöðugleiki við ákv sveiflutíma

CONVENTIONAL BREAKWATER

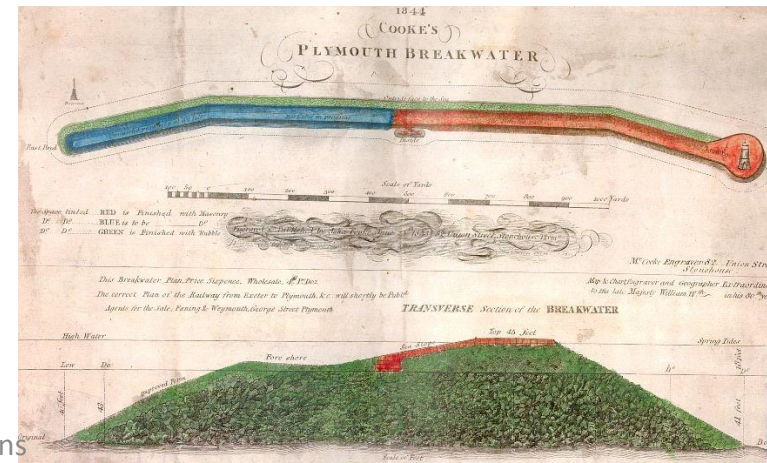
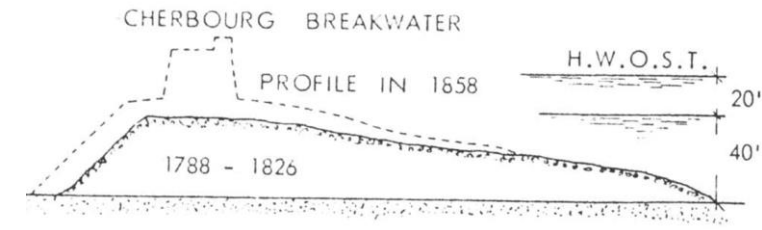


BERM BREAKWATER



Þróun aðferða við brimvarnir – rætur bermugarðsins

- 1970-1985, Hugmyndir um jafnvægis fláa, S-flá, og mikilvægi holrýmis og gleypni – Per Bruun
- 19. aldar brimvarnargarðar –
 - Cherbourg, Frakklandi, 1788-1858, >6 Mm³
 - Plymouth, Englandi, 1812-1848, >3,5 Mt
 - Port Elliot, Suður Ástralíu, um 1850
- “einfaldlega byggður úr granít gróti, 2-7 tonn, sem var unnið úr nærliggjandi höfða og velt í sjóin”
- Þegar garðarnir “þroskuðust” með ölduáraun þá myndaðist S- flái á framhliðinni



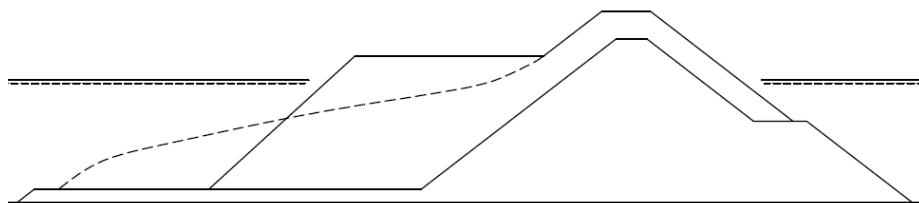
Þróun aðferða við brimvarnir – rætur bermugarðsins

- Í Ástralíu voru reyndar framsæknar hugmyndir sem voru undarfarar bermu garða
 - Garður byggður úr afgangsgrjóti, Grassy, King Island kjarnagrjóti ýtt út, öldur forma, síðan varið m grjóti
 - Viðgerð á Rosslyn Bay brimvarnargarði, 1976, notað grjót sem var til staðar - með hámarks holrýmd
 - Hay Point tug harbour, mikið magn af 3-7 tonna grjóti, öldunni leyft að umraða og mynda S-fláa
 - Hugmyndin um “Mass Armoured breakwater” – upphaflega ekki stöðugur – með nægjanlegu magni af grjóti umformaðist garðurinn í stöðugan fláa
 - Mikilvægi holrýmis og gleypni viðurkennd
- Upp úr 1980 kynntu Baird og Hall “berm breakwater” fyrir verk í Alaska, Kanada, Íslandi

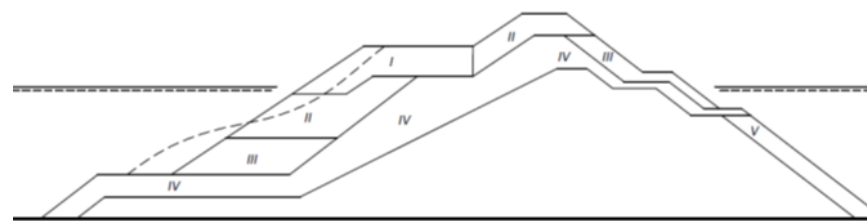


Þróun bermugarða erlendis

- Doktorsverkefni Van der Meer, 1983-88, hefðbundnir stöðugir garðar yfir í grjót og malarstrendur
- Lýst með stöðugleikatölunni $H_0 = H_s / \Delta D_{n50}$
 - Lágt $H_0 \sim$ stöðug brimvörn, hátt $H_0 \sim$ steinar á hreyfingu
- Á ICCE ráðstefnunni 1984 fyrsta kynning Van der Meer og jafnframt kynnrir Baird grein um bermugarða
- Van der Meer gerir tilraunir með „dynamic stable“ bermugarða, $H_0=3,8$ til 6, einn grjótflokkur
- Workshop í Ottawa 1987 og evrópsk rannsóknarverkefni
 - Dynamic stable, berman byggð með einum grjótflokki
 - Formbreyting, „reshaping“, á bermunni var leyfð
- En það voru ekki byggðir margir garðar

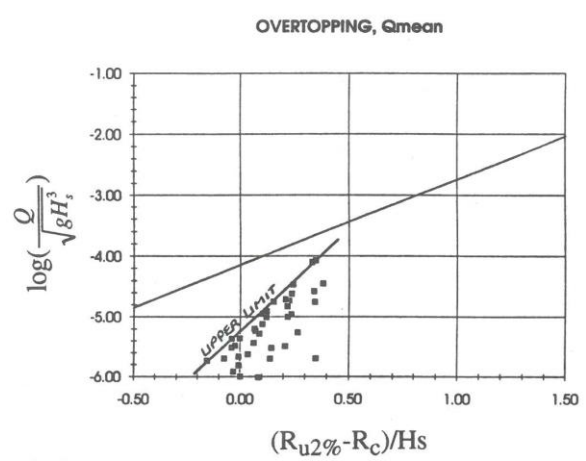
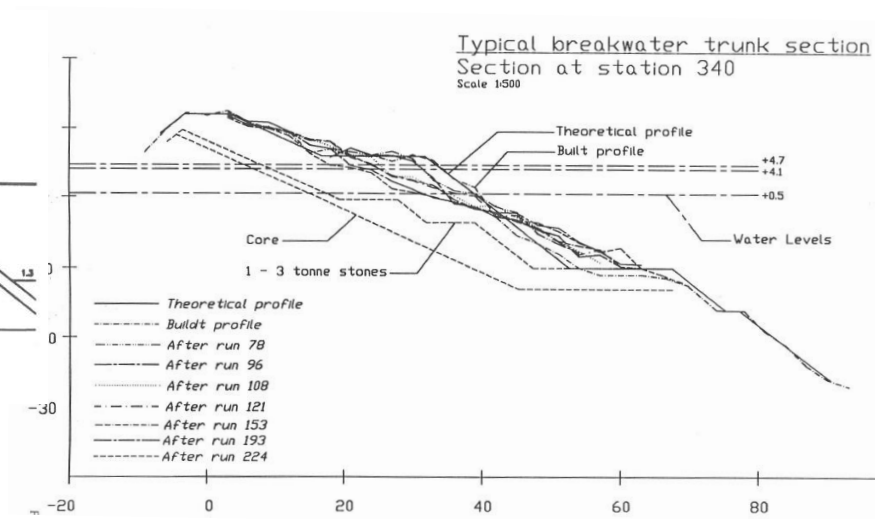
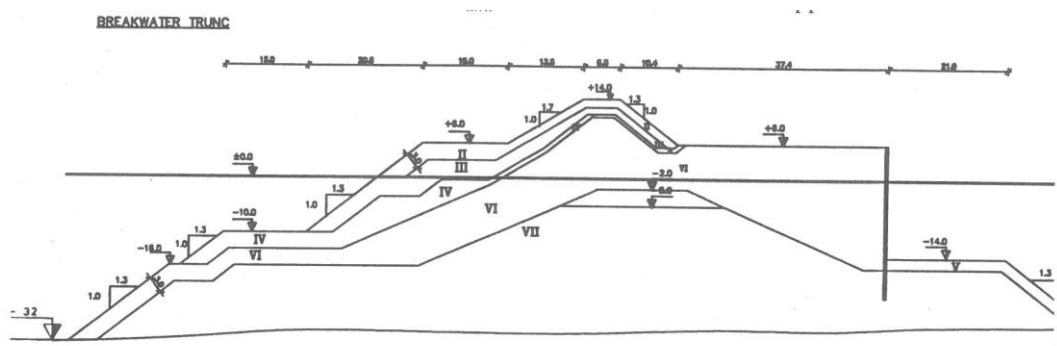


Upprunalegi bermugarðurinn



Íslenski bermugarðurinn

Hönnun bermugarðs fyrir Keilisnes – 1992-1993



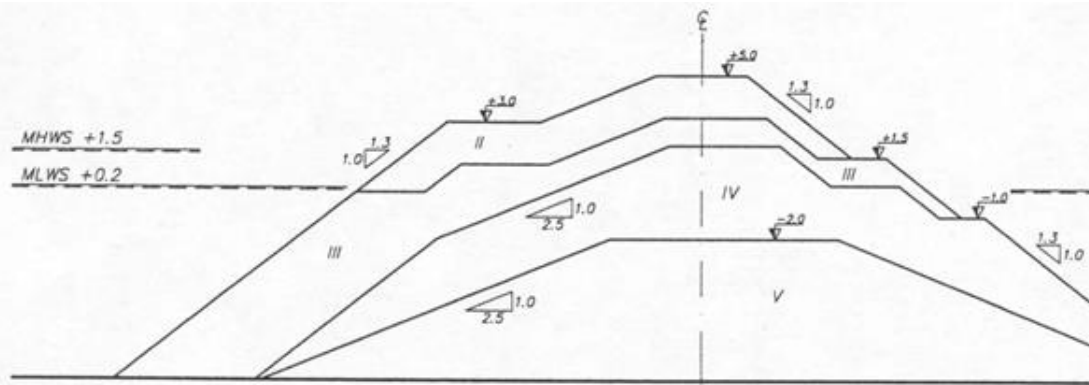
LEGEND:

- Rv 2% = Runup above water level with $\leq 2\%$ probability of exceedance.
- Rc = Crest freeboard.
- Hs = Significant wave height.
- Q = Mean overtopping discharge.



Bermugarðurin á Dalvík – 1994-1995

- Hönnunardala $H_s=2,5$ m, $T_p=8$ s
- Grjót II $H_0=1,5$ og grjót III $H_0=2,2$

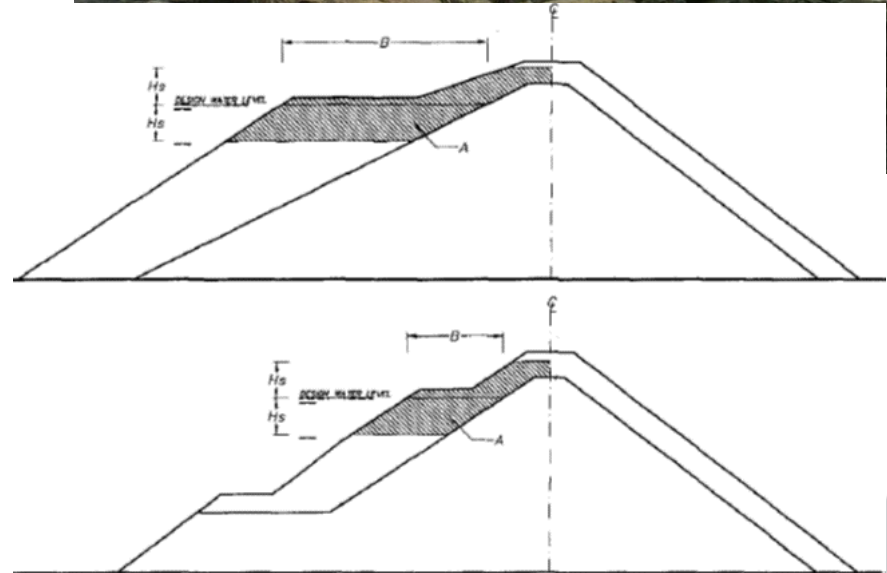
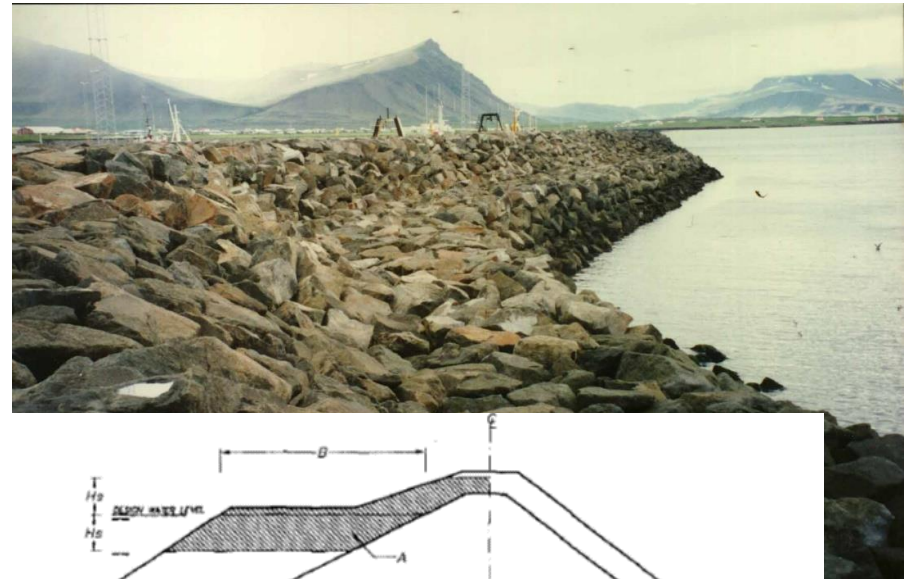


Heildarþykkt á grjótkápu í stað bermubreiddar

- Bolungarvík 1993



- Akarnes 1991



Bermugarðar hafa þróast í tvær áttir

• Formbreytilegir bermugarðar

- Einn eða tveir grjótflokkar
- Einsleit berma
- Víður stærðarflokkur
- Lítið holrými og lítil gleypni
- Formbreytilegur
- Mikil formbreyting

- Efnismiklir garðar

▪ Formstöðugir bermugarðar

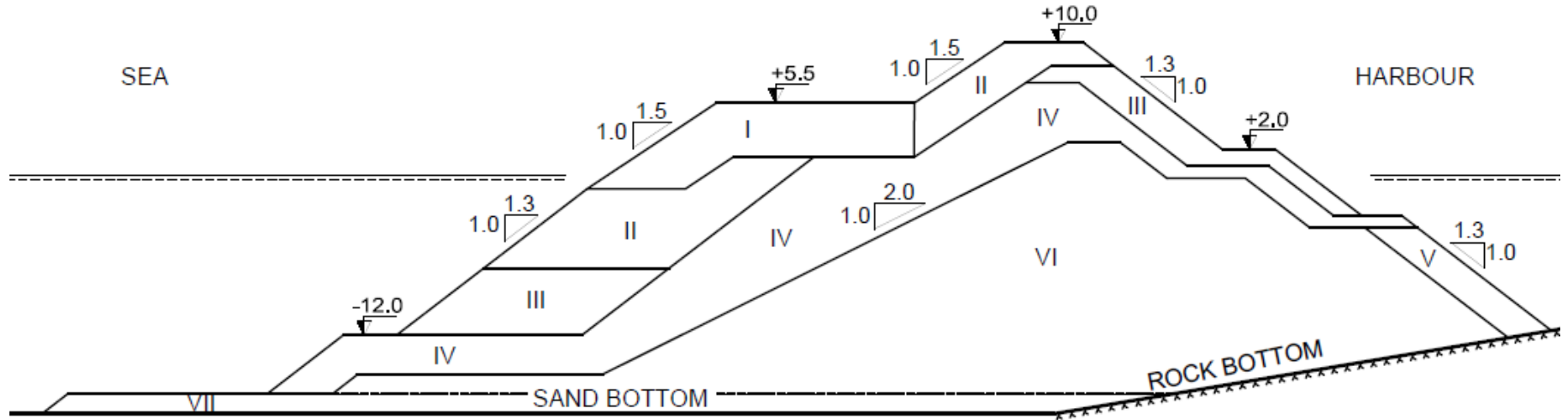
- Nokkrir grjótflokkar
- Berma úr stærðarflokkuðu grjóti
- Þröngur stærðarflokkur
- Mikið holrými og mikil gleypni
- Formstöðugur
- Lítil formbreyting:
 - Leggur garðs $< 2 * D_{n50}$
 - Endi garðs $< 3 * D_{n50}$
- Efnislitlir garðar
- Möguleiki á betri nýtingu námu

Stóru bermugarðarnir upp úr aldamótunum

- Sirevåg, N 2000-2001 $H_s=7,0$ m 20-30 tonn
- Húsavík 2001-2002 $H_s=6,8$ m 16-30 tonn
- Grindaík 2001-2002 $H_s=5,1$ m 15-30 tonn
- Hammerfest, N 2002-2003 $H_s=7,5$ m 20-35 tonn
- Vopnafjörður 2003-2004 $H_s=5,0$ m 8-28 tonn
- Þorlákshöfn 2004-2005 $H_s=5,5$ m 8-25 tonn
- Landeyjahöfn 2008-2010 $H_s=6,1$ m 12-30 tonn
- Helguvík, þverg. 2008-2010 $H_s=5,0$ m 15-25 tonn



Sirevåg bermugarðurinn í Noregi – 2000-2001



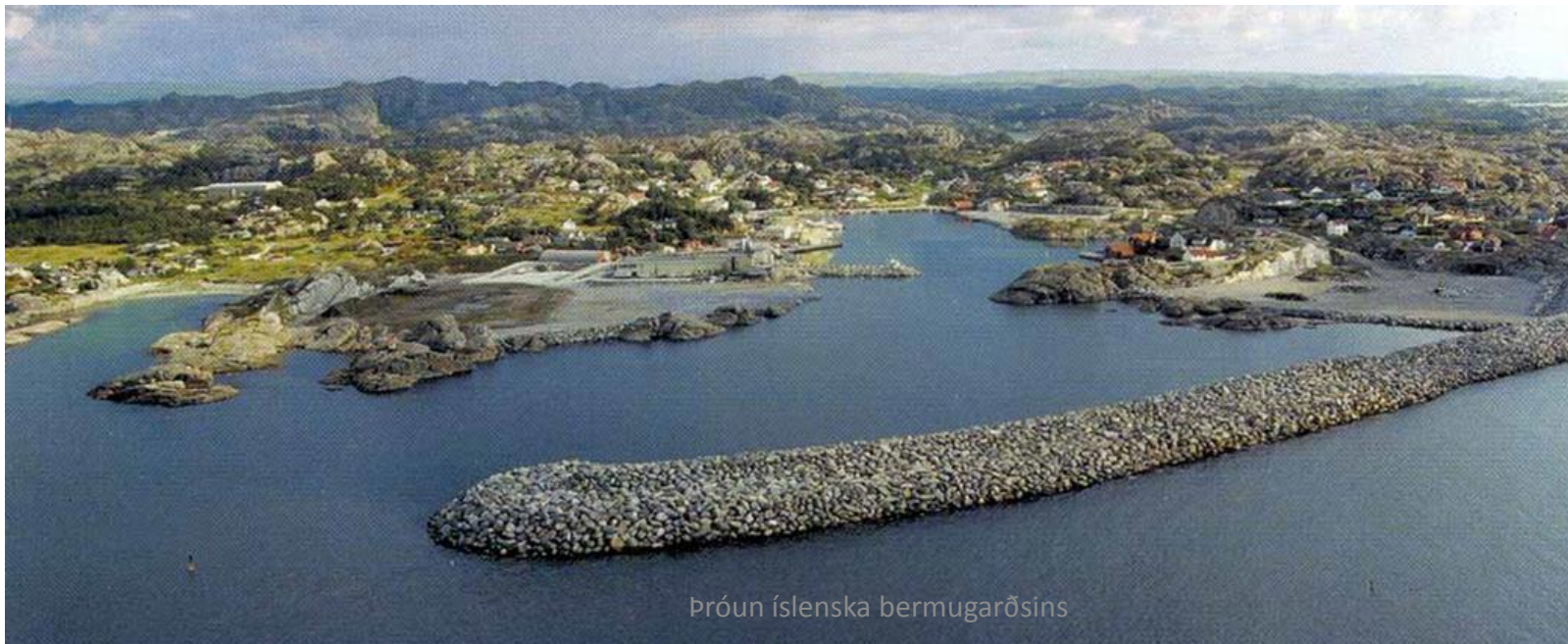
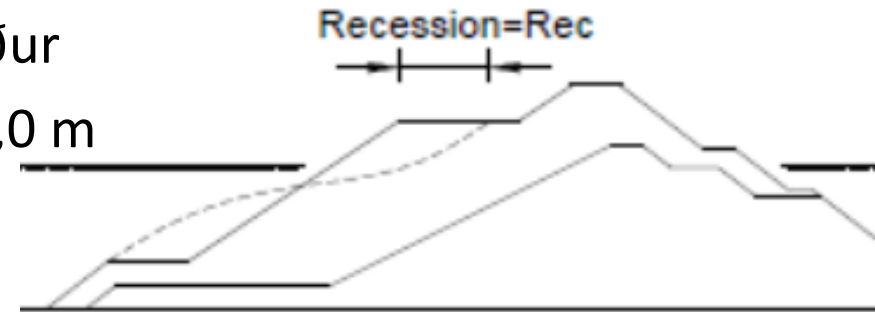
Hönnunarálda $H_s = 7.0$ m, $T_p = 14.2$ s

Stone classes	$W_{min} - W_{max}$ (tonnes)	Expected quarry yield
I	20 - 30	6%
II	10 - 20	10%
III	4 - 10	14%
IV	1 - 4	20%



Sirevåg bermugarðurinn í Noregi

- Hönnunarforsendur:
- Byggður sem formstöðugur bermugarður
- Hannaður fyrir 100-ára ölduhæð, $H_s=7,0$ m
 - Rof á bermu á garði minna en $2 \cdot D_{n50}$
 - Rof á bermu á haus minna en $3 \cdot D_{n50}$
- Á að standast 1000-ára ölduhæð, $H_s=7,7$ m, án “total damage”



Sirevåg bermugarðurinn í Noregi



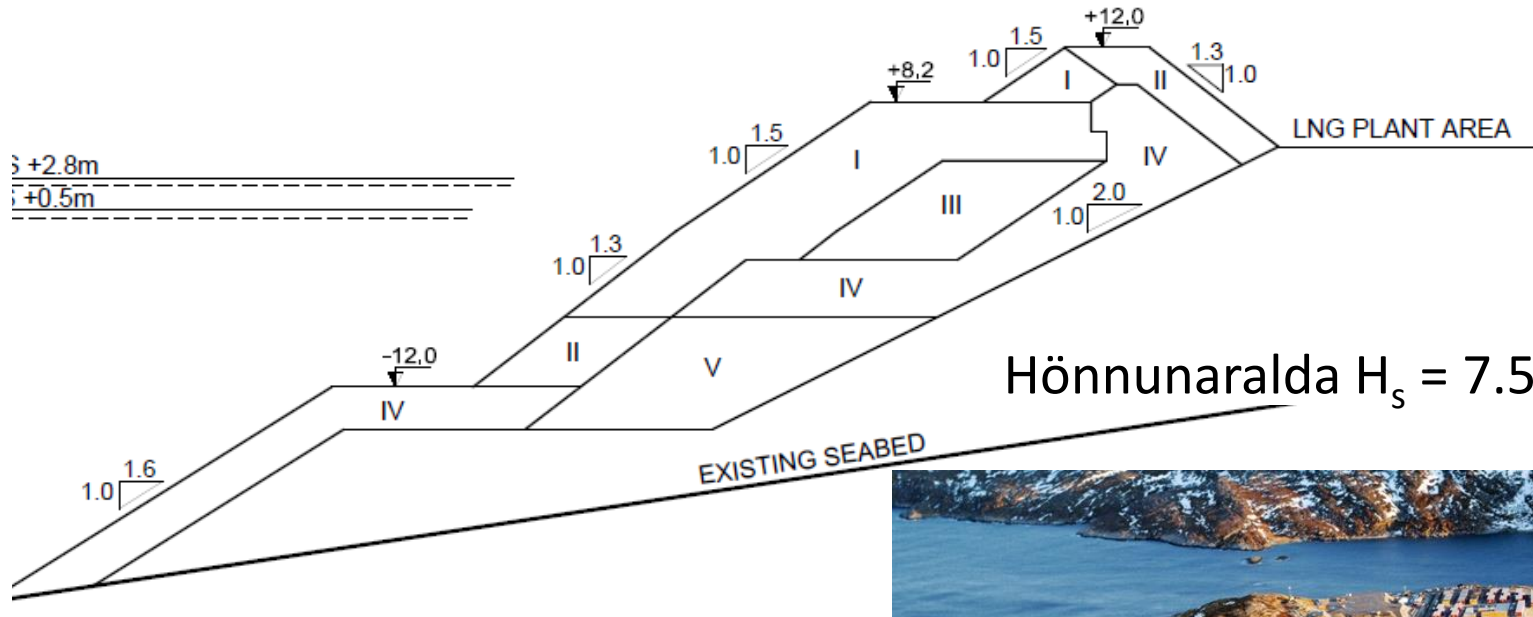
Sirevåg – álag á garðinn frá byggingu

- Hönnunarálda, 100 ára e.k.t. $H_s=7,0$ m
- . 1000 ára e.k.t. $H_s=7,7$ m
- Janúar 2002 – $H_s > 6,8$ til 7,5m í 3 klst
- . $H_{s\max} = 7,9$ m í 30 mín
- Janúar 2003 – $H_s = 6,2$ m
- Janúar 2005 – H_s upp undir 7,7 m – stormurinn „Inga“
- Janúar 2015 – $H_s = 7,0$ m
- Eftir byggingu fór fljótlega að bera á umformun, sem jókst með hverjum storminum, fram til 2015 innan hönnunarforsenda
- Sumarið 2016 var bætt grjóti í enda garðs



Hammerfest bermugarður – 2002-2003

10.0 28.1 8.0 5.7 6.0



Hönnunarárlda $H_s = 7.5 \text{ m}$, $T_p = 15.5 \text{ s}$



Stone class	$W_{\min} - W_{\max}$ (tonnes)	Expected quarry yield
I	20 – 35	3.5%
II	10 – 20	4.5%
III	4 - 10	6.5%
IV	1.5 - 4	7.5%
V	0.3 - 1	9.0%

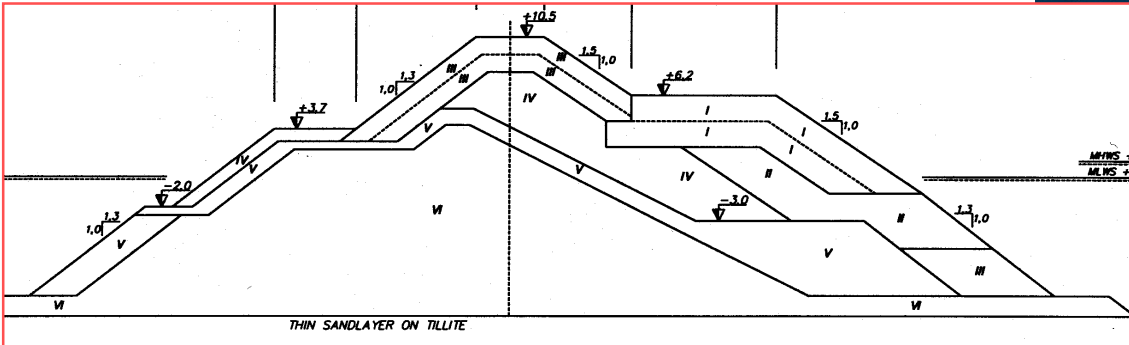
Hammerfest bermugardur



Húsavík Bökugarður – 2001-2002



- Hönnunarláda $H_s = 6.8 \text{ m}$, $T_p = 15.5 \text{ s}$



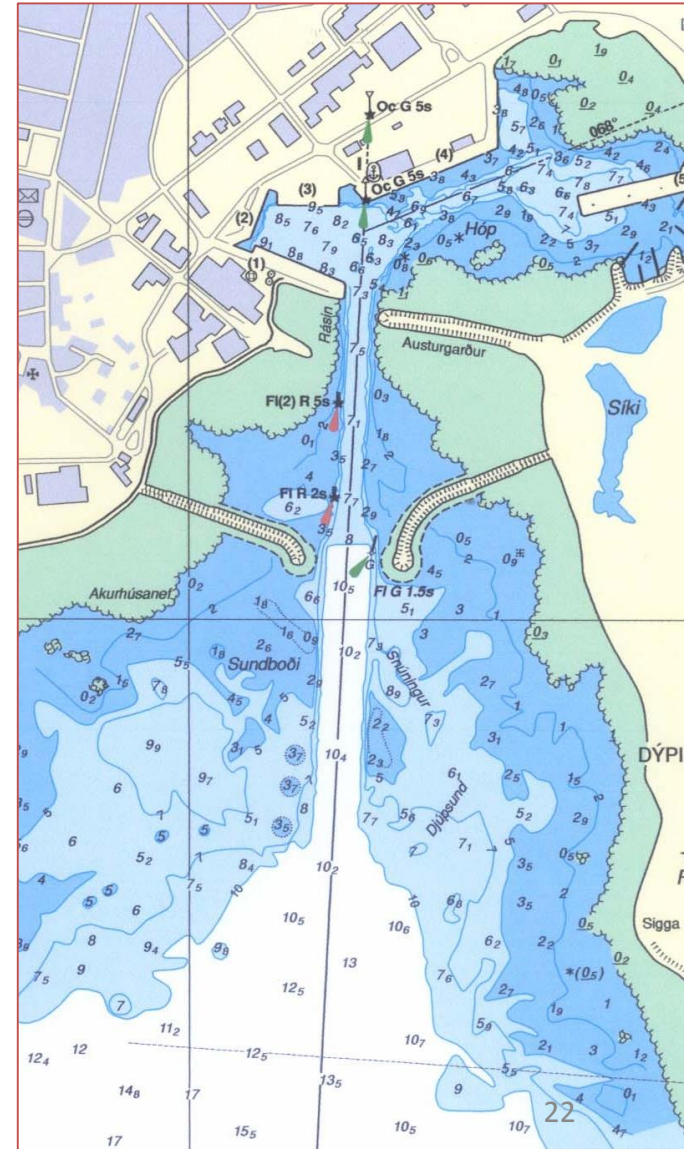
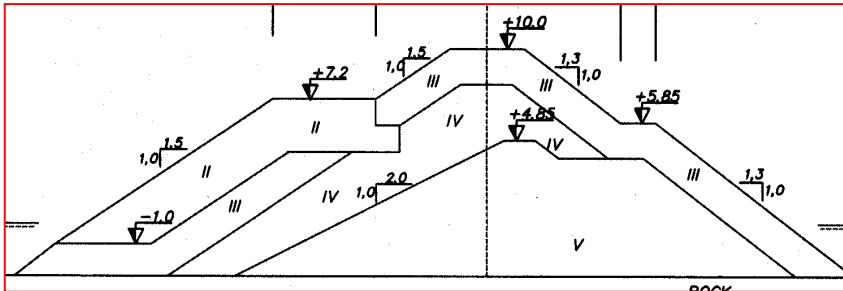
Stone class	$W_{\min}-W_{\max}$ (tonnes)	Expected quarry yield
I	16 – 30	5%
II	10 – 16	5%
III	4 - 10	9%
IV	1 - 4	14%
V	0.3 - 1	12%

Húsavík Bökugarður stormurinn 25. október 2008



Grindavík bermugardar – 2001-2002

- Design wave height $H_s = 5.1$ m



Brimvarnargarðar Landeyjahöfn – 2008-2010



© Gummi 2015

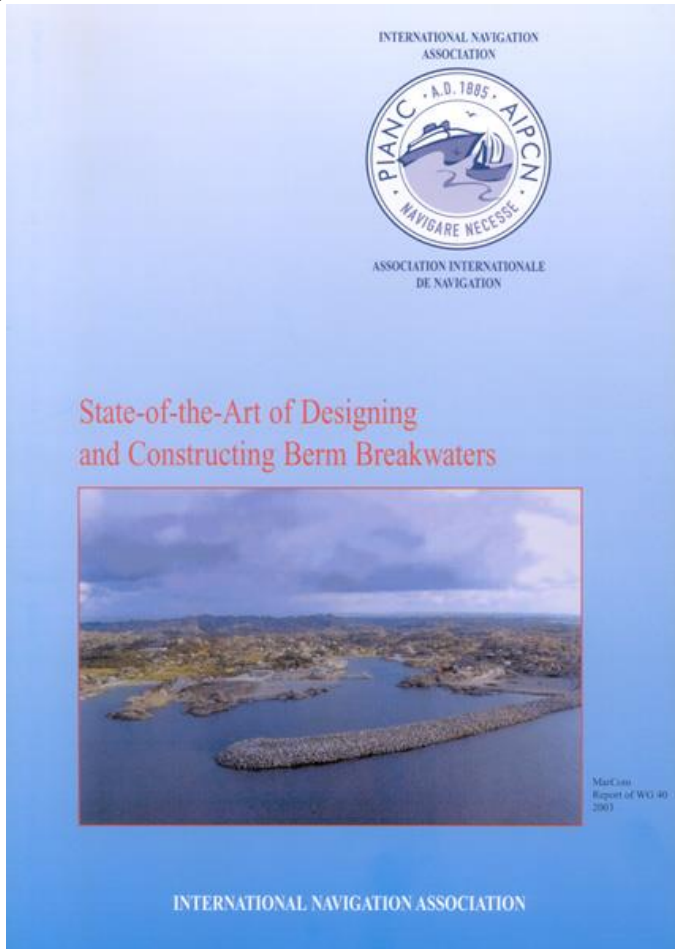


Erlent samstarf um rannsóknir á bermgörðum



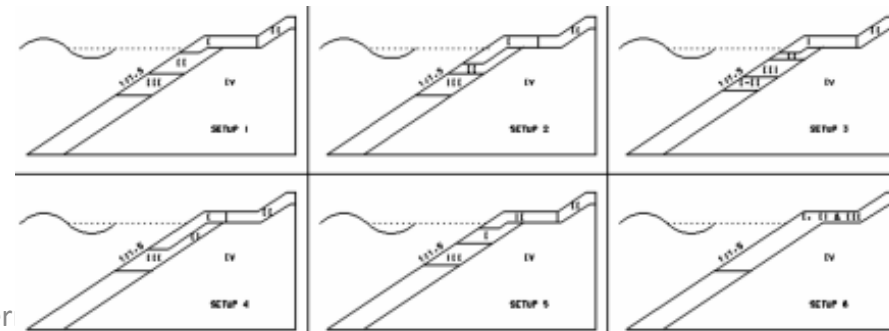
Faculty of Civil Engineering and Geosciences
Department of Hydraulic Engineering

Stability of Icelandic type Berm Breakwaters



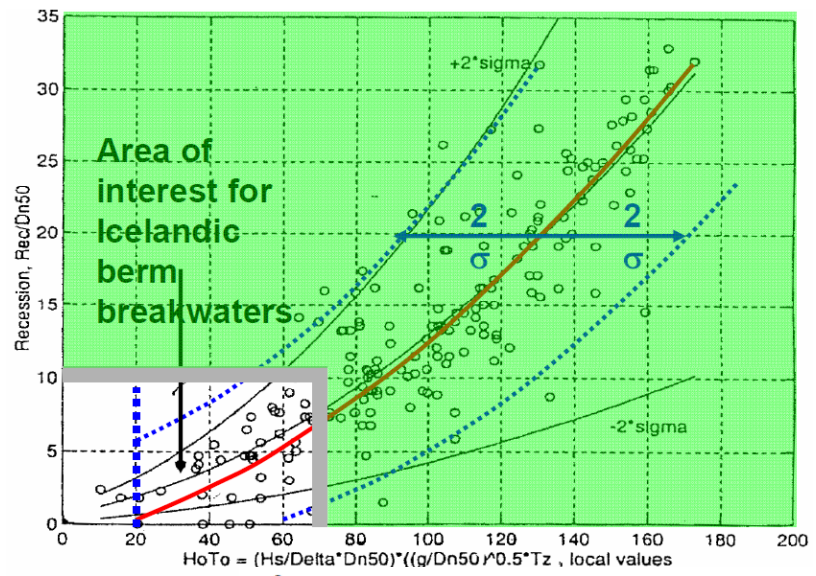
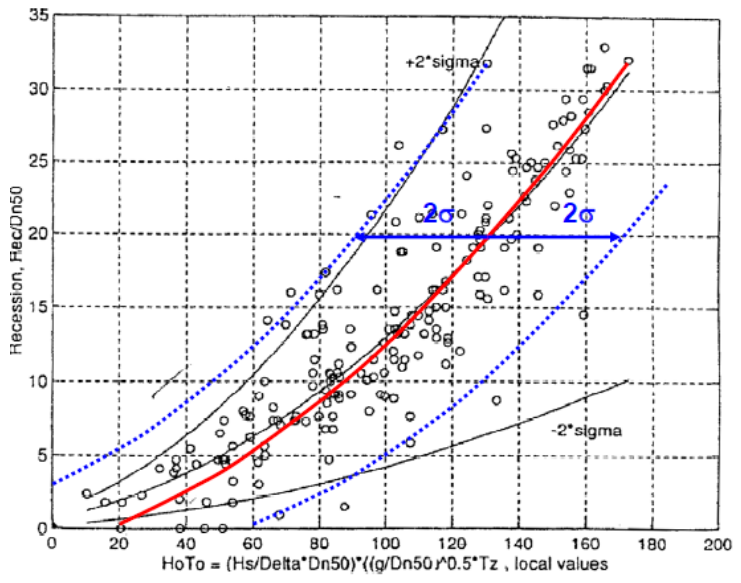
Pétur Ingi Sveinbjörnsson

MSc Thesis



Samstarf við van der Meer um íslenska bermugarðinn

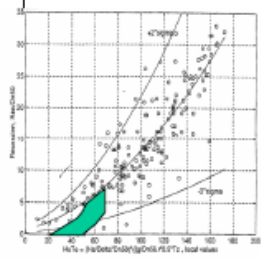
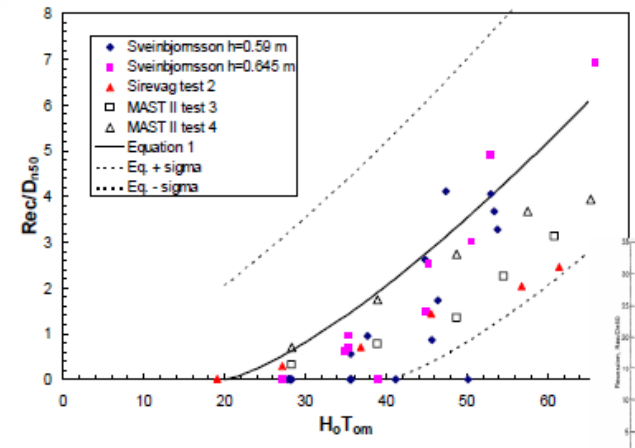
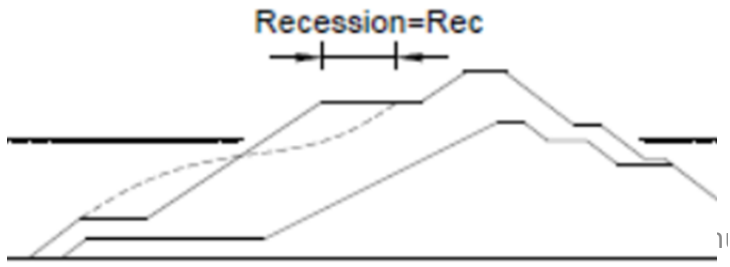
- Niðurstöður líkantilrauna víðs vegar frá – Rec sem fall af H_0T_0



$$Rec/D_{n50} = 0.037 (H_0T_{om} - S_C)^{1.34}$$

$$Rec/D_{n50} = 0 \text{ for } H_0T_{om} < S_C$$

$$\text{With } \mu(S_C) = 20 \text{ and } s(S_C) = 20$$



Oakajee verkefnið í Vestur Ástralíu 2008-2011

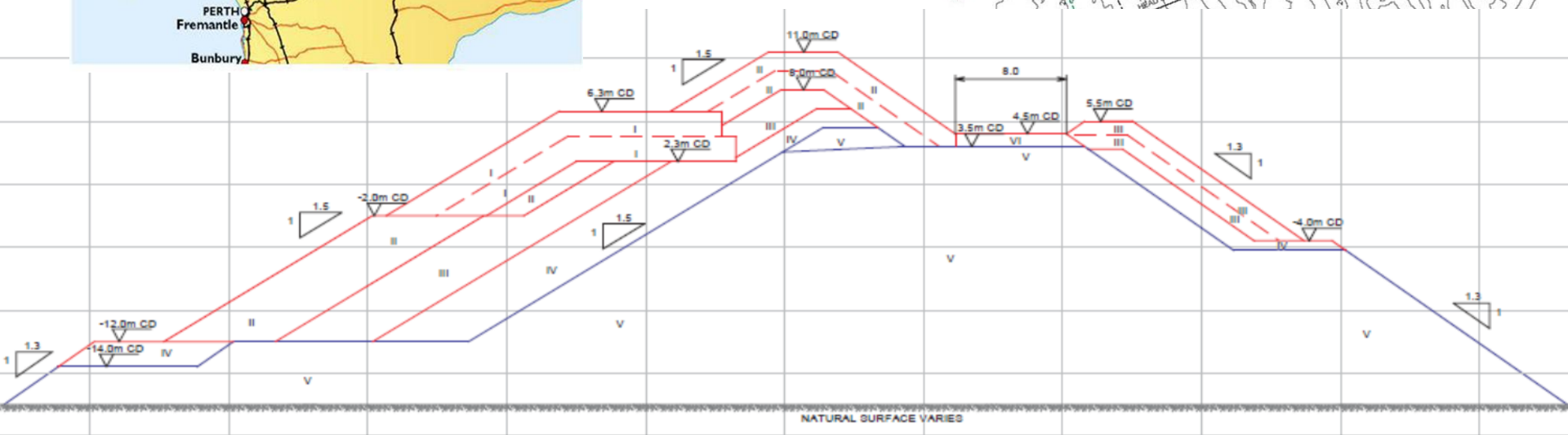
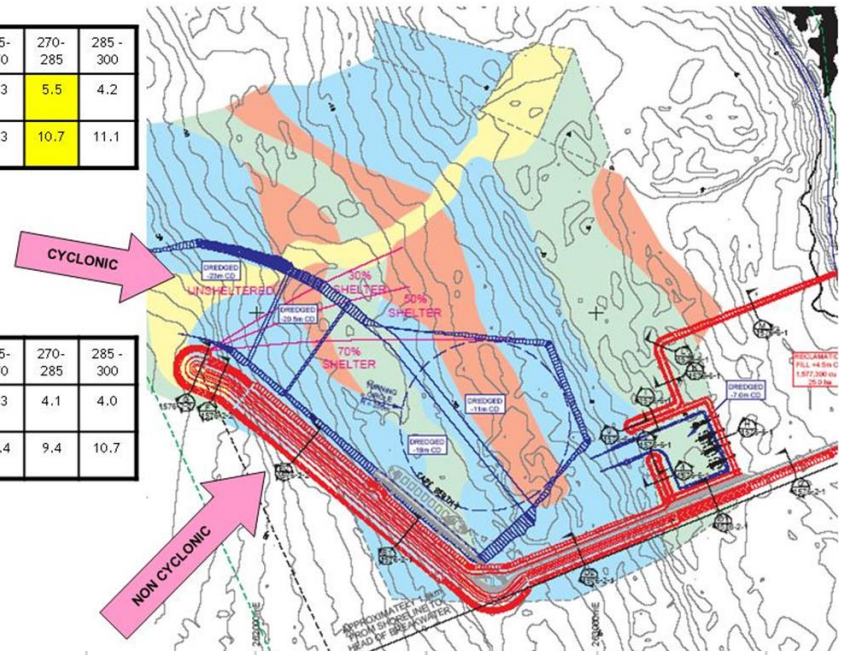


Cyclonic Waves

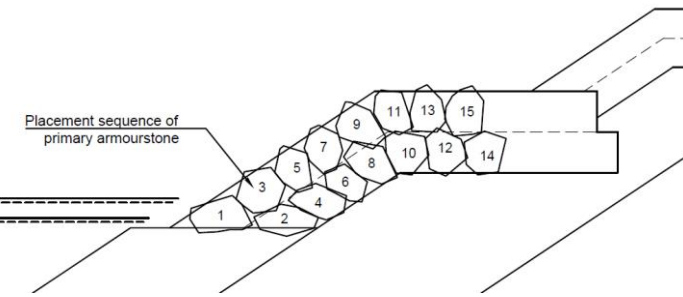
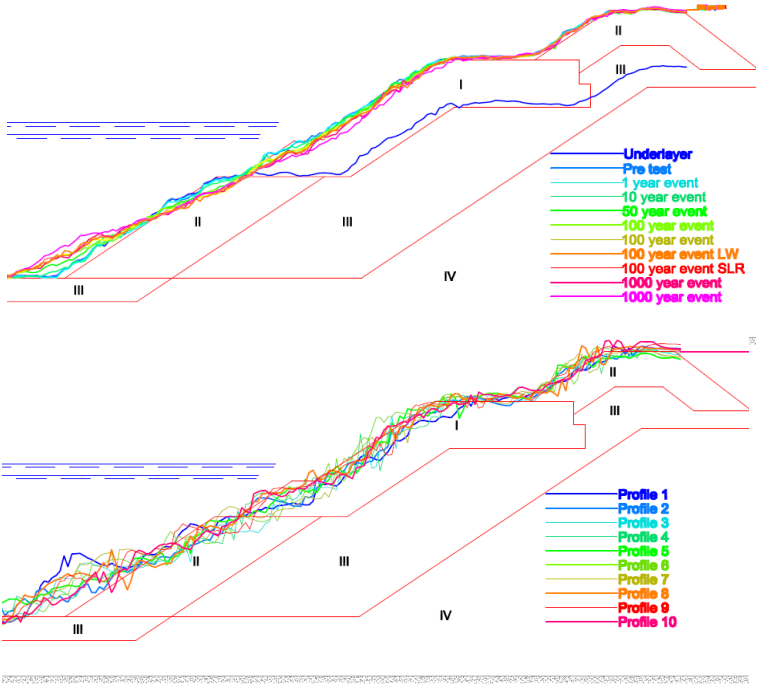
Direction	225-240	240-255	255-270	270-285	285-300
Hs (m)	4.0	4.4	4.3	5.5	4.2
Tp (s)	7.2	8.4	8.3	10.7	11.1

Non Cyclonic Waves

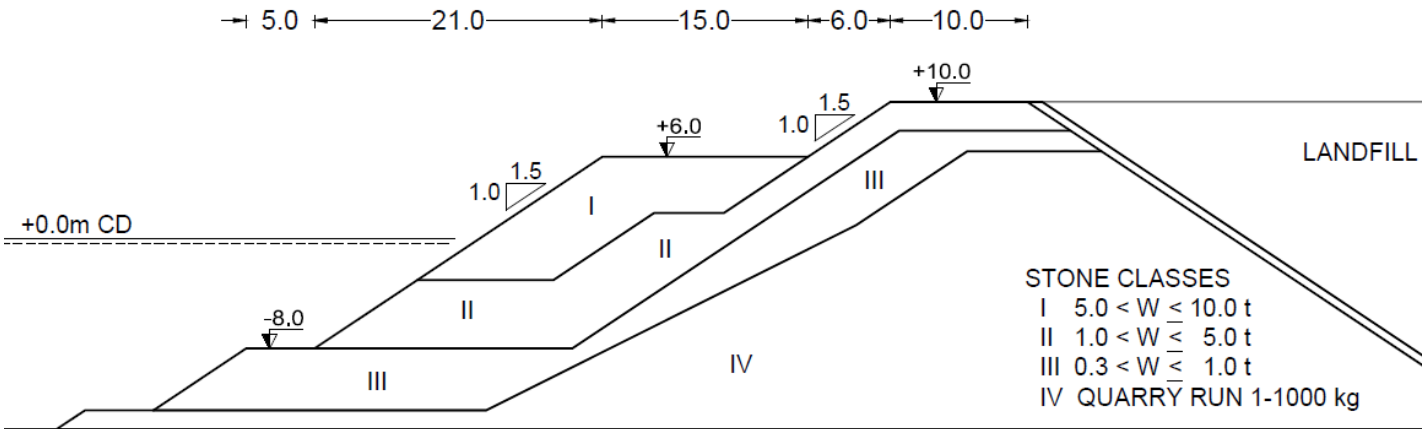
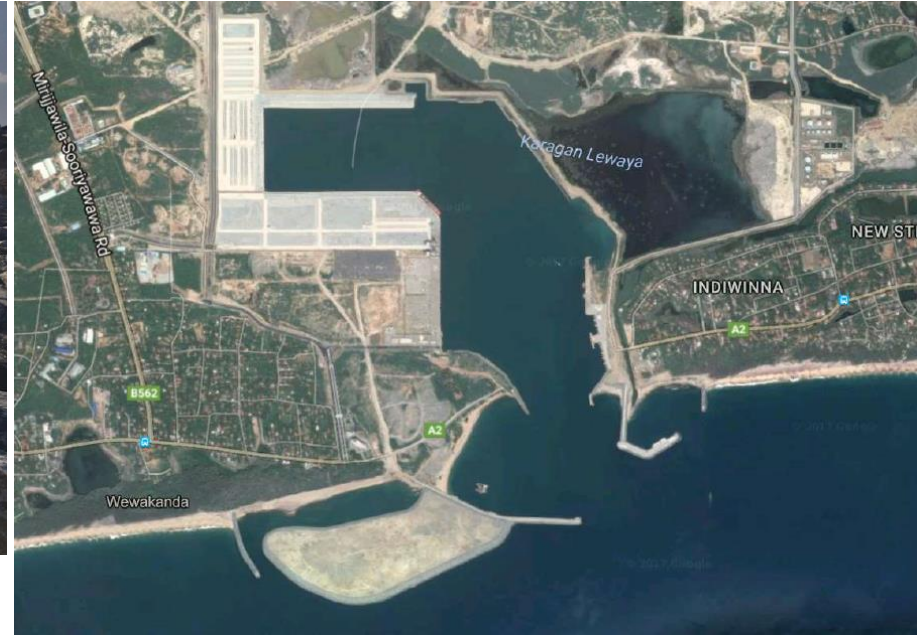
Direction	225-240	240-255	255-270	270-285	285-300
Hs (m)	5.1	4.6	4.3	4.1	4.0
Tp (s)	15.9	14.6	16.4	9.4	10.7



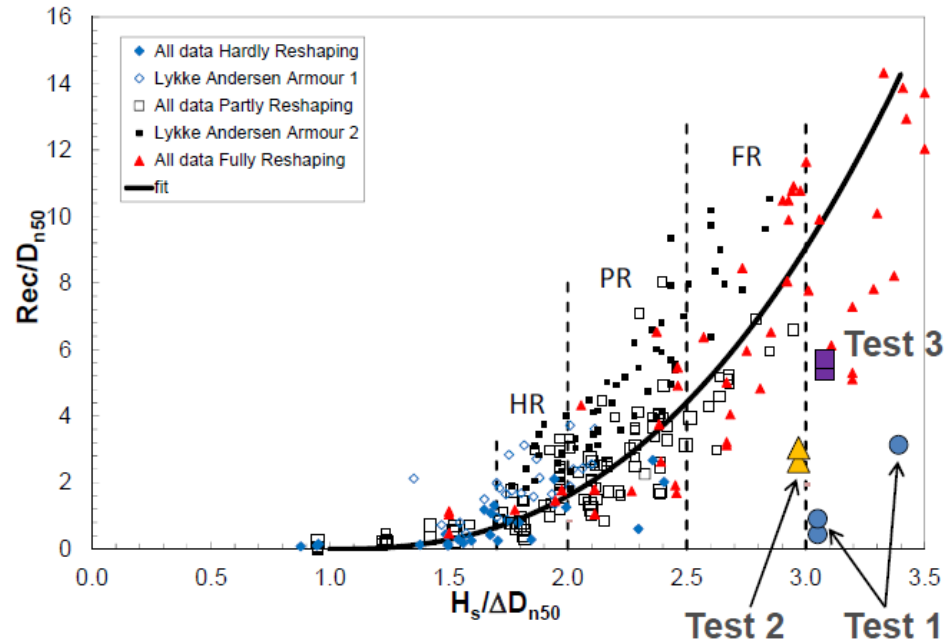
Oakajee – líkantilraunir hjá HR Wallingford 2010



Hambantota tilbúin eyja, Sri Lanka – 2013-2014



Hambantota brimvörn – líkantilraunir Tianjing, Kína 2013

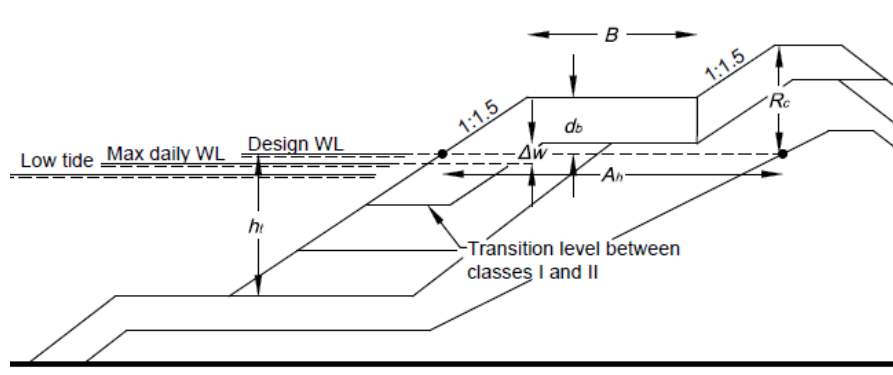


Undirbúningur fyrir bók - ráðstefnugreinar – 2012-2017

- New classification of berm breakwaters
 - Sigurdarson and Van der Meer, 2012, Proc. 33rd Int. Conf. Coastal Engineering
- Recession, wave overtopping and reflection
 - Sigurdarson and Van der Meer, 2013, Proc. Coasts, Marine Structures and Breakwaters
- Geometrical design of the cross-section
 - Van der Meer and Sigurdarson, 2014, Proc. 34th Int. Conf. Coastal Engineering
- Application of geometrical design rules
 - Sigurdarson et al., 2014, Proc. 34th Int. Conf. Coastal Engineering
- Quarries and rock grading
 - Sigurdarson and Van der Meer, 2015, Proc. Conf. Coastal Structures
- Designing berm breakwaters for different wave heights and different quarry yield
 - Sigurdarson and Van der Meer, 2016, Proc. 35th Int. Conf. Coastal Engineering
- Armourstone for Berm Breakwaters
 - Sigurdarson and Van der Meer, 2017, Proc. Coasts, Marine Structures and Breakwaters

Nýútkomin bók um bermugarða – 2016

Hönnunarleiðbeiningar fyrir bermugarða



Samstarfsmenn

- Hönnun og bygging brimvarnargarða er hópvinna sem margir koma að:
 - Gísli Viggósson, kom með bermugarðinn til Íslands
 - Ómar Bjarki Smáráson, sá um grjótnámsrannsóknir í áraraðir
 - Sigtryggur Benediktsson, Kristján Helgason, Jóhannes Sverrisson umsjón með byggingu grjótgarða
 - Sigurður Áss Grétarsson, hönnunarrýni
 - Gestur Gunnarsson, líkantilraunir af fyrstu bermugörðunum
 - Verktakar, Ásgeir Loftsson, Ístak/LNS Saga/Munck
 - Suðurverk, Ræktunarsambandið,
 - Tækjamenn, Kristinn hjá Suðuverki, listamaður í röðun á grjóti
 - Sprengimeistara
 - Hafnarstjórar

Takk fyrir áheyrnina

