

# Hönnun stálpilsbryggju á Íslandi



Baldvin Ingi Hermannsson

BSc í byggingartæknifræði

Leiðbeinendur: Hrafnkell Már Stefánsson og Kjartan Elíasson

Umsjónarkennari: Aldís Ingimarsdóttir

# Markmið

Sýna hvernig stálpilsbryggja er hönnuð. Semsagt hönnun á:

- Stálpili
- Akkeri
- Stagbitum
- Steyptum kanti
- Pollum
- Stigum
- Þybbum

Einnig að öðlast betri þekkingu á burðarþolshönnun og á teikniforritið Civil 3D

# Hafnir

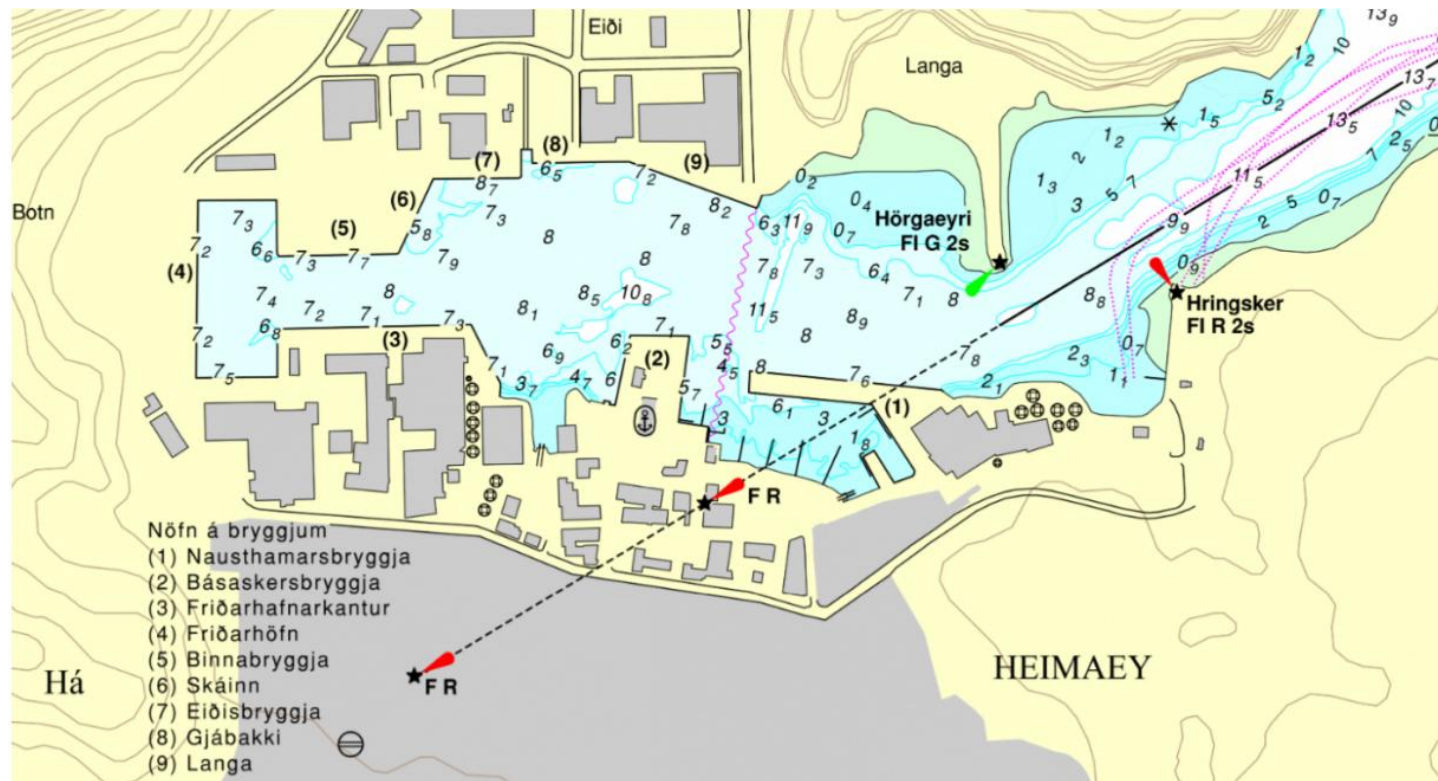
---

- Hafnir og hafnagerð gegna afar mikilvægu hlutverki í atvinnu og samgöngum Íslendinga.
- Mest allur inn- og útflutningur fer um hafnir landsins
- Hafnir hafa þurft að þróast mikið í gegnum árin bæði vegna aukins fjölda og stækkunar á fiskiskipum



# Vestmannaeyjahöfn

- Höfnin í Vestmannaeyjum er ein af stærstu höfnum landsins og gegnir afar mikilvægum hlutverkum á eyjunni.
- Ein af stærstu löndunarhöfnum landsins, með 9,88% löndun alls fisks á Íslandi árið 2023.
- Aðstaða fyrir Herjólf
- Gefið í hafnarframkvæmdir upp úr 1900





# Stálpil

---

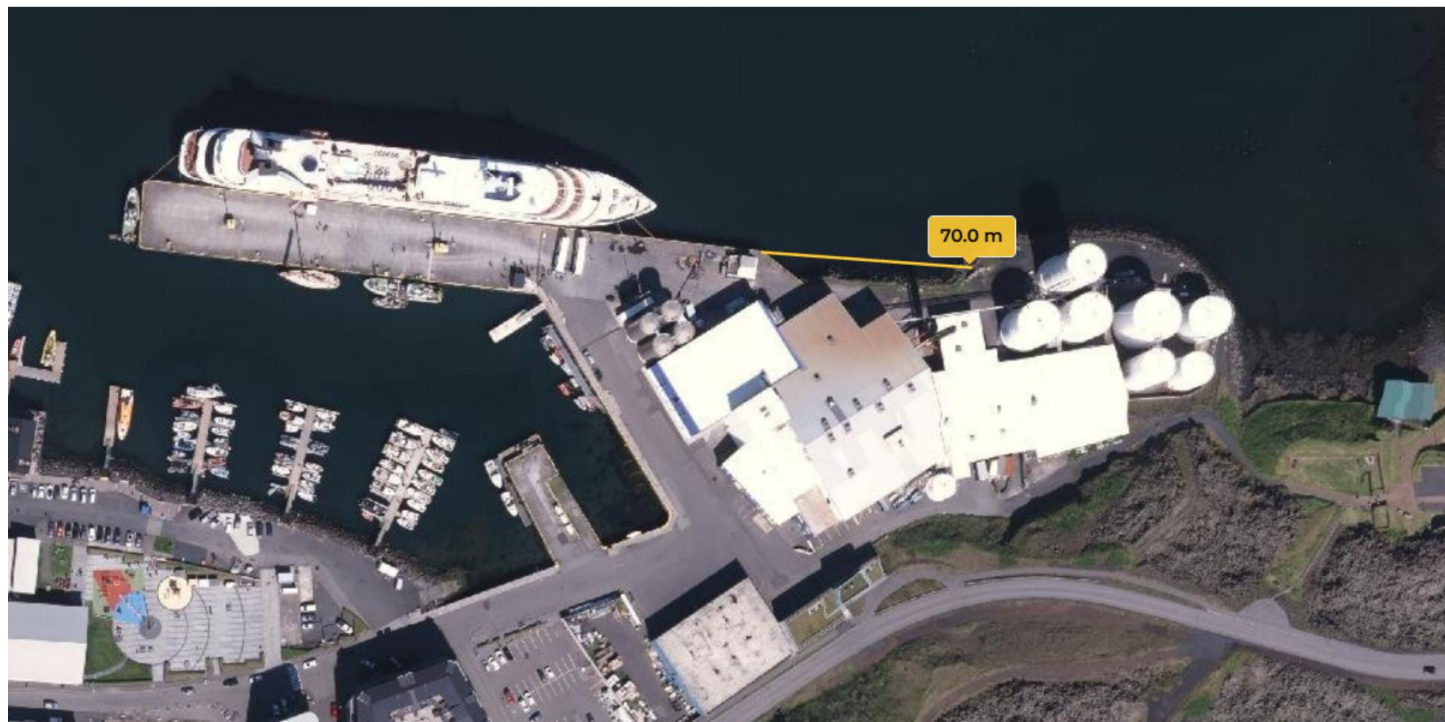
- Langar stálpilötur aðalega í U eða Z prófíl
- Hámarka jafnvægi milli styrks, þyngdar og einfaldleika við rekstur



# Hönnunarforsendur

---

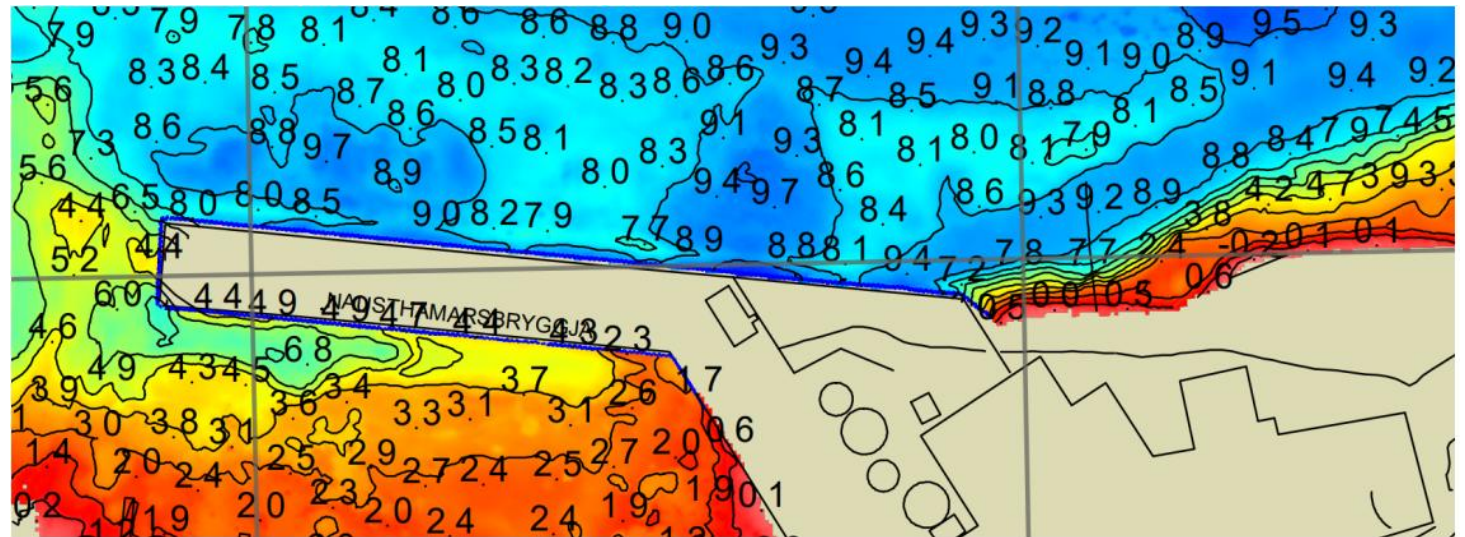
- Staðsett í Vestmannaeyjum
- Lenging Nausthamarsbryggju
- 70 metrar á lengd



# Hönnunarforsendur

---

- Stálpil í hafnarkóta +4,4m
- Dýpi við bryggju –9,0m



# Hönnunarforsendur

---

- 30 kN/m<sup>3</sup> jafndreift álag sett á bryggjuna
- Vel að hafa Böglaberg og sprengdan kjarna
- Sandur/silt á botninum

<b>Efni</b>	<b>Skriðhorn</b>	<b>Rúmþyngd</b>	<b>Vot rúmþyngd</b>
Böglaberg	45	18	21
Sprengdur kjarni	42	20	22
Sandur/silt	38	18	21

# Vatnshæð

- +0,77m valin utan á bryggju.
- Fæ +1,89m

$$\Delta h = 0,30m + 2a$$

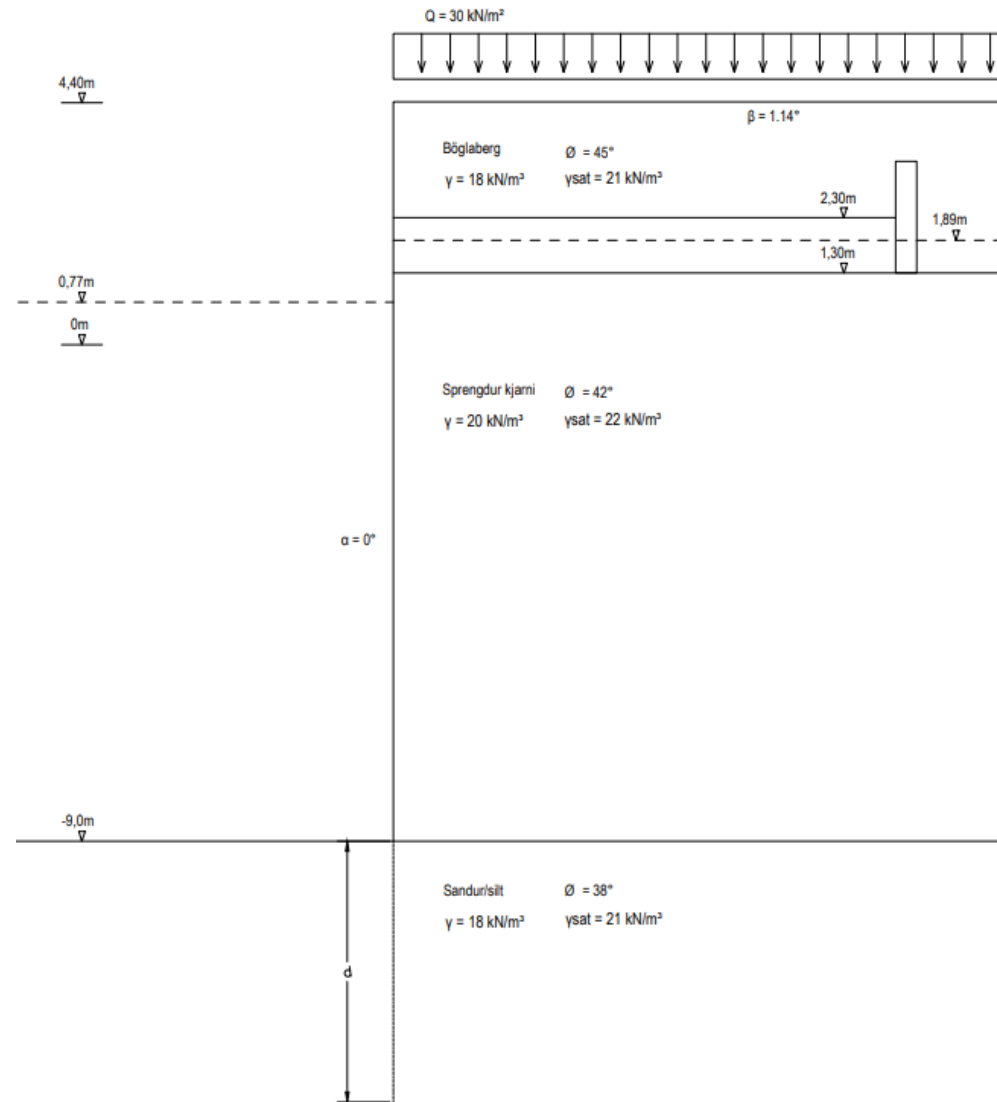
$$2a = MHW - MLW$$



# Hæðarkótar

- +4,40m: Toppur stálpils
- +2,30m: Akkerisstag
- +1,89m: Sjávarhæð bakvið stálpil
- +1,30m: Jarðvegsskipti úr böglabergi í sprengdan kjarna
- +0,77m: Sjávarhæð fyrir framan stálpil
- -9,00m: Sjávarbotn

# Reikningsmynd



# Jarðvegsspenna

---

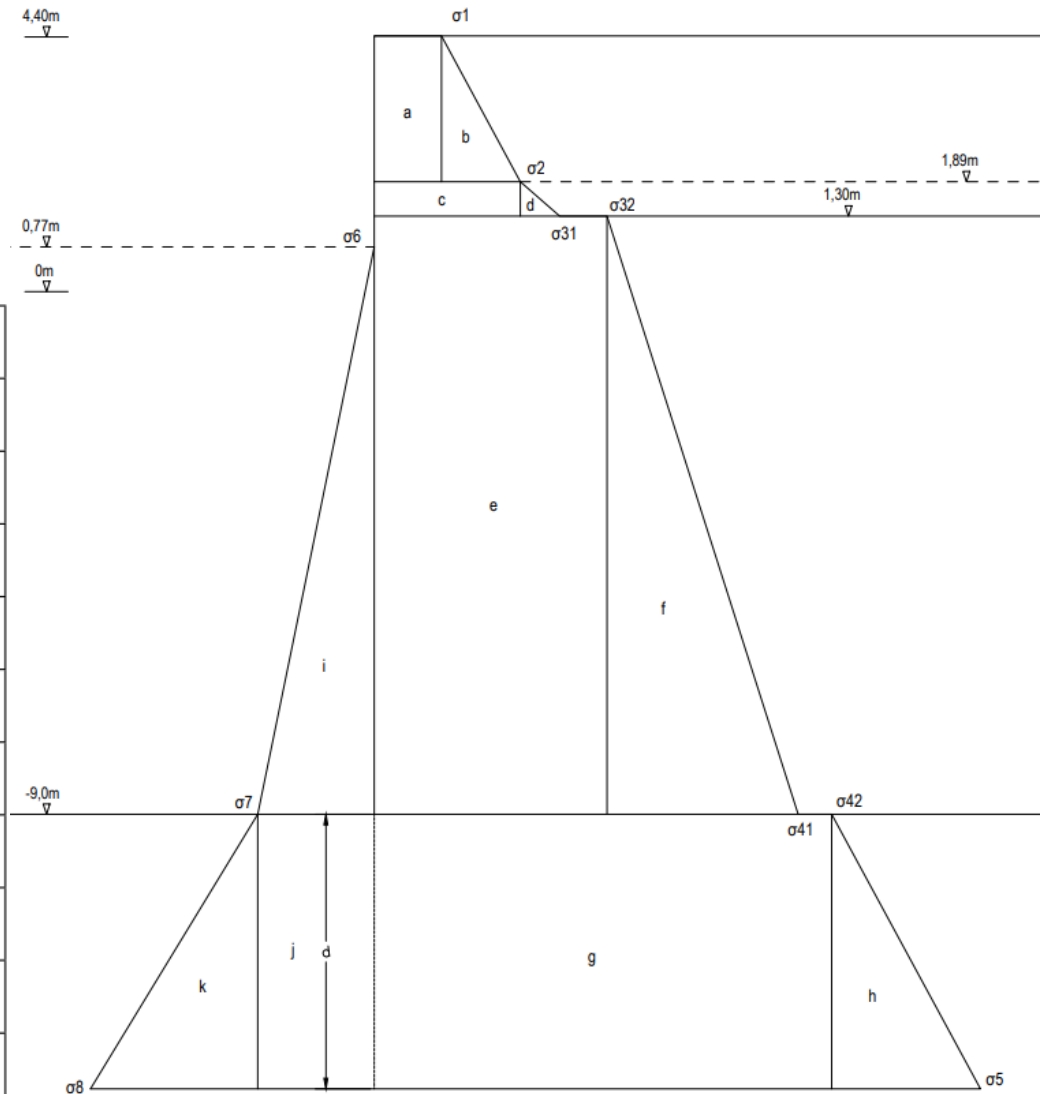
- Nota Design approach 1, combination 2
- Finn hönnunar skerhorn og núningshorn jarðvegs við vegg

Design approach 1		
Factor	Comb 1	Comb 2
$\gamma_G$	1,35	1,0
$\gamma_Q$	1,5	1,3
$\gamma_\phi$	1,0	1,25

Efni	$\phi'k$	$\phi'd$	$\delta$
Böglaberg	45°	38,7°	25,8°
Sprengdur kjarni	42°	35,8°	23,8°
Sandur/silt	38°	32°	21,3°

# Jarðvegsspenna

Nr.	$\sigma_{v,n}$ [kPa]	$u_n$ [kPa]	$\sigma'_{v,n}$ [kPa]
1	39	0	39
2	84,18	0	84,18
31	96,87	5,79	91,08
32	96,87	5,79	91,08
41	323,47	106,83	216,63
42	323,47	106,83	216,63
5	$323,47 + d \cdot 21$	$106,83 + d \cdot 9,81$	$216,64 + d \cdot 11,19$
6	0	0	0
7	0	95,84	-95,84
8	$95,84 + d \cdot 21$	$95,84 + d \cdot 9,81$	$d \cdot 11,19$



# Jarðþrýstingsstuðlar

---

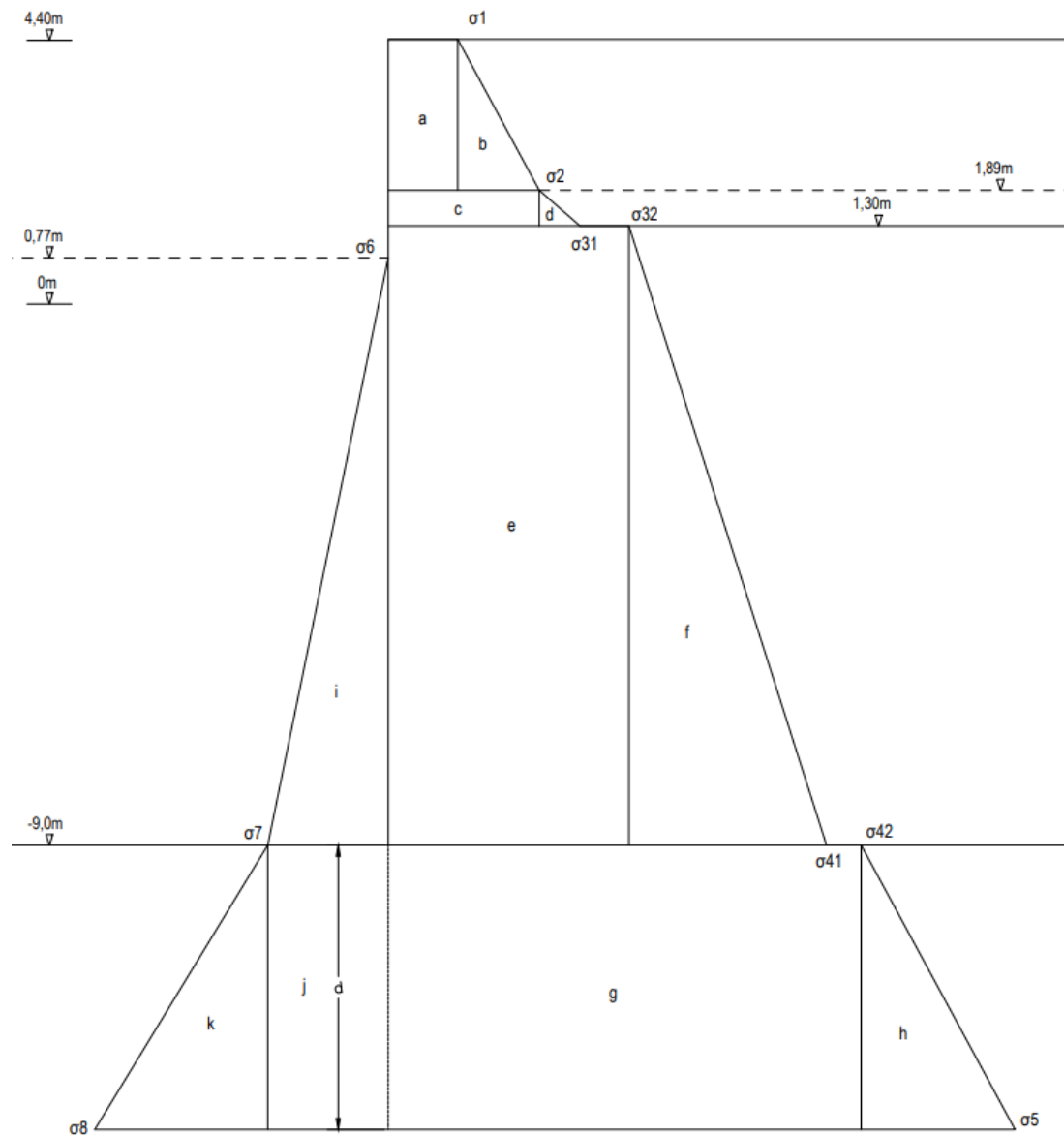
$$K_{agh} = \frac{\cos^2(\phi - \alpha)}{\cos^2\alpha \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta)\sin(\phi - \beta)}{\cos(\alpha - \beta)\cos(\alpha + \delta)}} \right]^2}$$

$$K_p = \tan^2\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)$$

Efni	$K_{agh}$	$K_p$
Böglaberg	0,19	4,33
Sprengdur kjarni	0,22	3,81
Sandur/silt	0,26	3,26

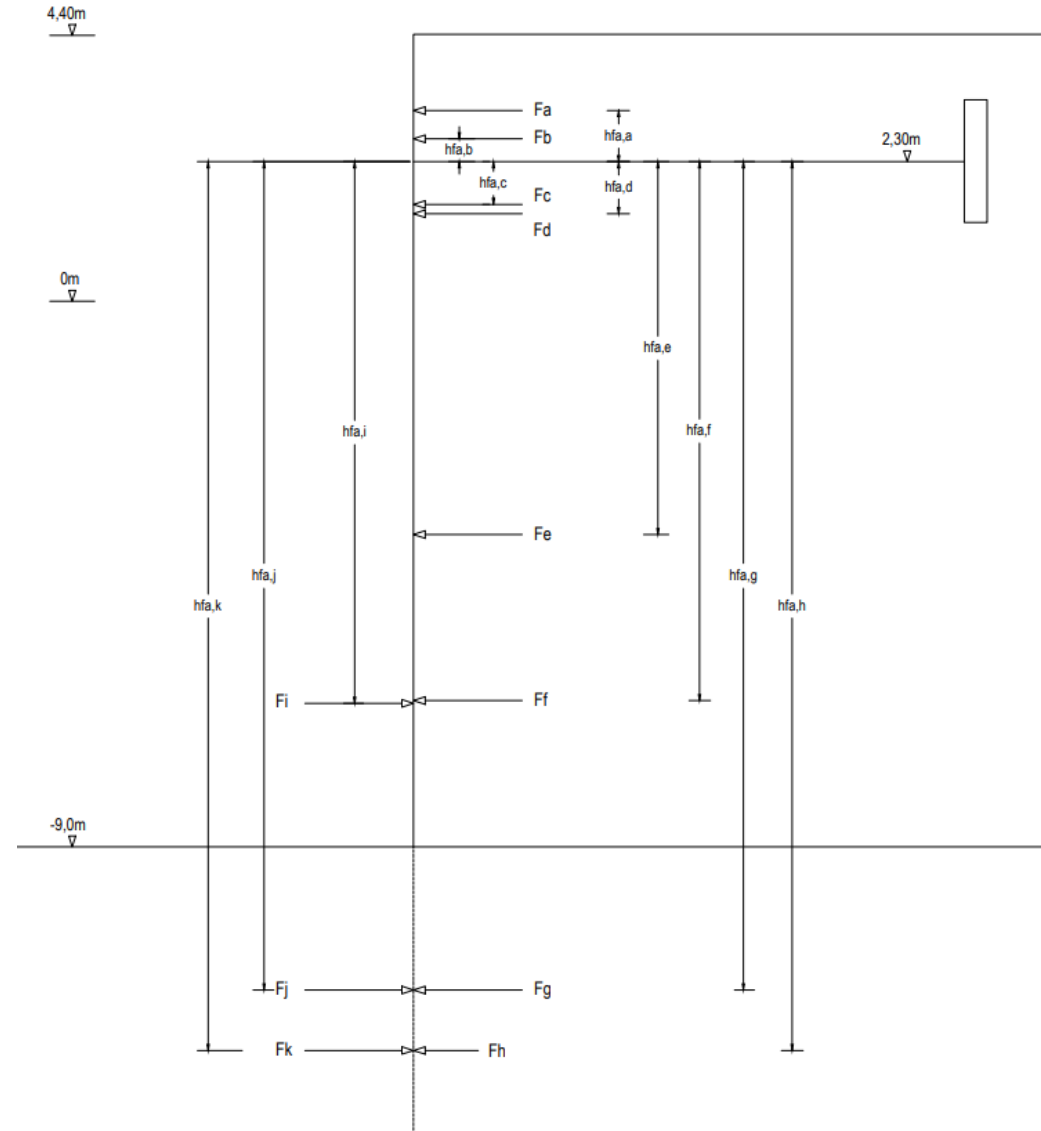
# Jarðvegsspenna með stuðlum

Nr.	$\sigma_{(a/p),n}$ [kPa]	$\sigma_{(a/p)u,n}$ [kPa]
1	7,50	7,50
2	16,18	16,18
31	17,50	23,29
32	19,99	25,77
41	47,54	154,37
42	56,21	163,04
5	$56,33 + d \cdot 2,90$	$163,16 + d \cdot 12,71$
6	0	0
7	0	95,85
8	$d \cdot 36,37$	$95,84 + d \cdot 46,18$



# Krafter og armur

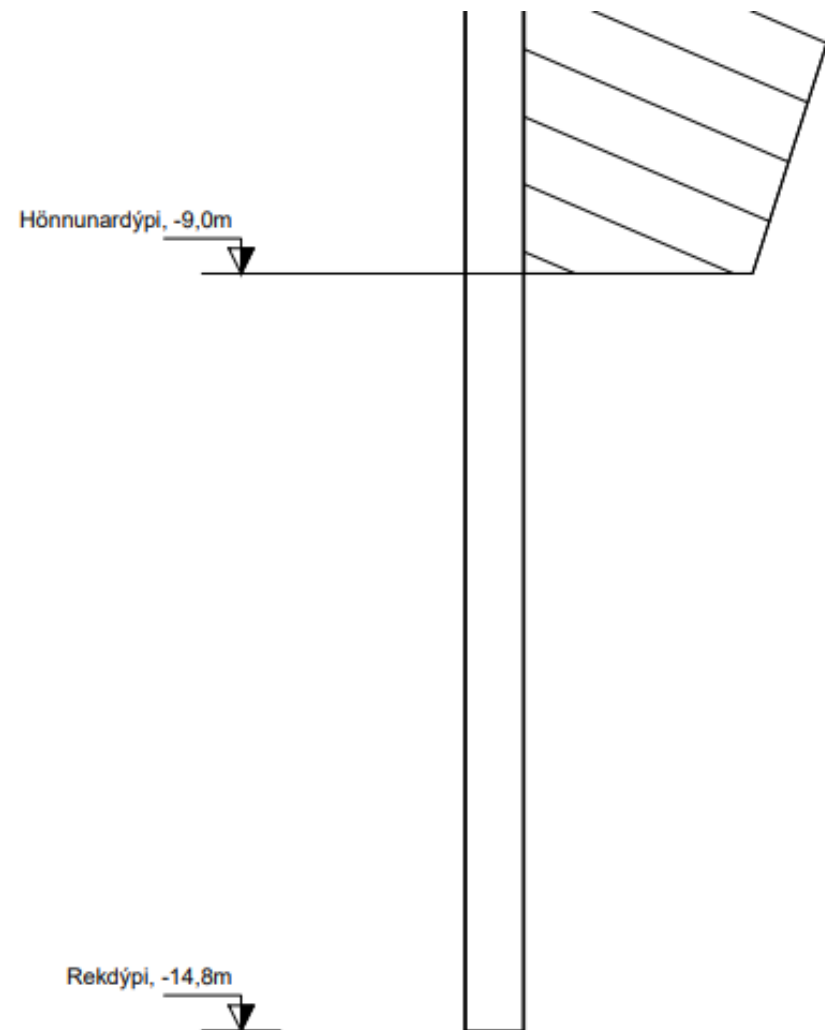
Nr.	F [kN/m]	$h_{Fa}$ [m]
a	18,81	0,85
b	10,90	0,43
c	9,55	-0,71
d	2,10	-0,80
e	265,48	-6,15
f	662,27	-7,87
g	$163,04 \cdot d$	$-11,30 - \frac{d}{2}$
h	$d \cdot 0,06 + d^2 \cdot 6,36$	$-11,30 - d \cdot \frac{2}{3}$
i	468,20	-8,04
j	$95,85 \cdot d$	$-11,30 - \frac{d}{2}$
k	$d^2 \cdot 23,09$	$-11,30 - \frac{d}{2}$



# Rekdýpi

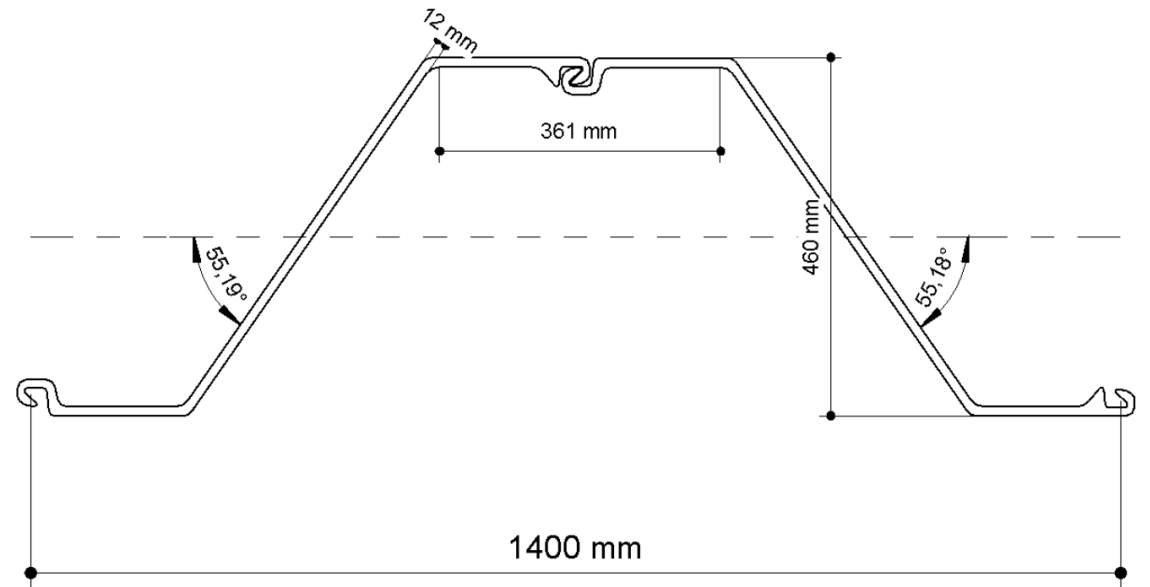
---

- Fáum 5,80m rekdýpi
- Heildarlengd 19,2m



# Tegund stálpils

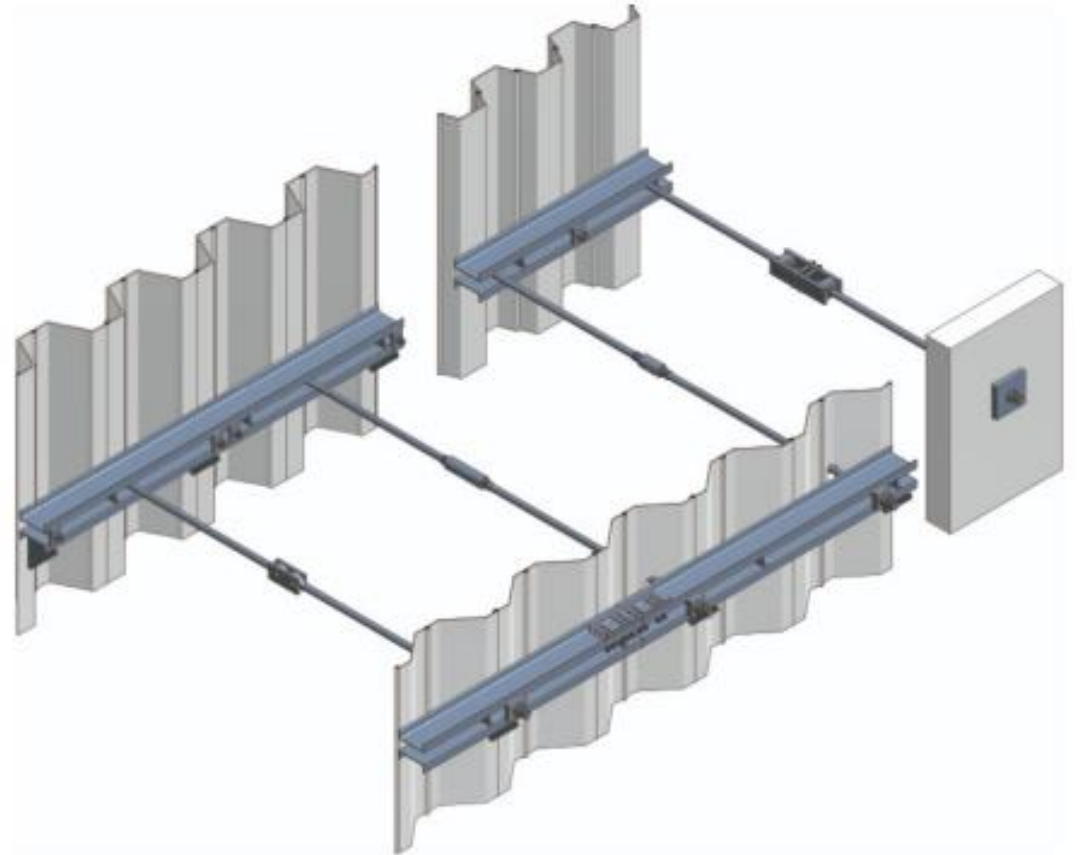
- Notum 974,04kNm/m
- $W=2428\text{cm}^3/\text{m}$
- AZ 26-700 úr S390
- $W=2600\text{cm}^3/\text{m}$



# Akkeri

---

- Steypt akkeri: Þungur steypdur kassi sem settur er fyrir aftan stálpil og er tengdur með akkeris stögum.
- Bakpil: Stálpil sem er rekið fyrir aftan aðal kantinn og tengt með akkeris stögum.
- Tenging við mannvirki: Tengir nýtt stálpil við gamalt stálpil.



# Akkeriskraftur

---

- $F_{Aj} = 324 \text{ kN/m}$

$$F_{Aj} = \sum_{n=a}^h F_n - \sum_{n=i}^k F_n$$

- $F_{As} = 907,20 \text{ kN}$

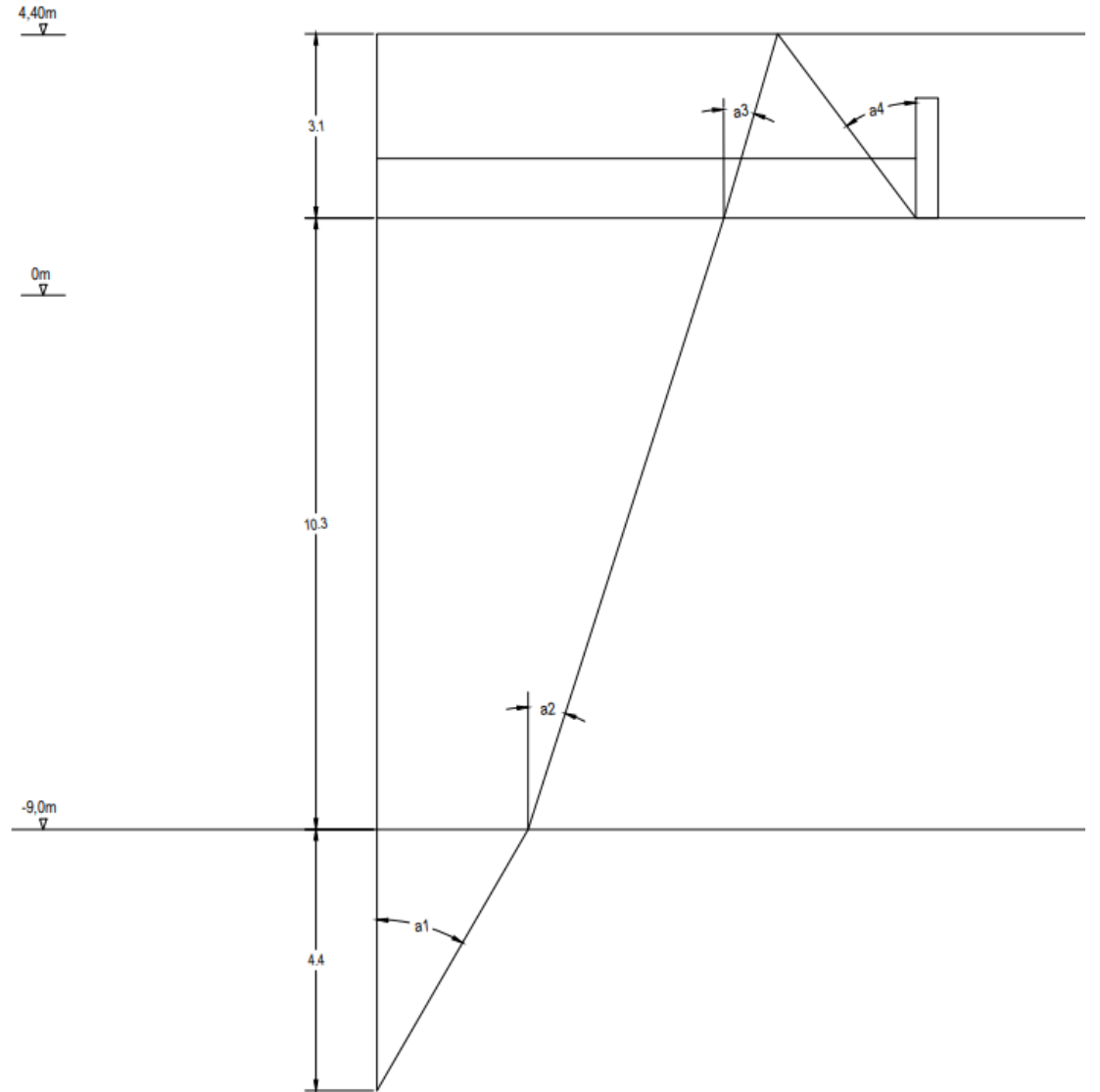
$$F_{As} = F_{Aj} \cdot (c/c)$$

# Lengd akkeris

$$a_n = 45^\circ + \frac{\phi'd}{2} \quad L_A = \sum h_l \cdot \tan(a_n)$$

a1	29°
a2	27,1°
a3	25,7°
a4	64,7°

- Lengd frá stálpili í akkerisstein 15,7m
- Heildarlengd sirka 16,4m



# Lengd akkeris

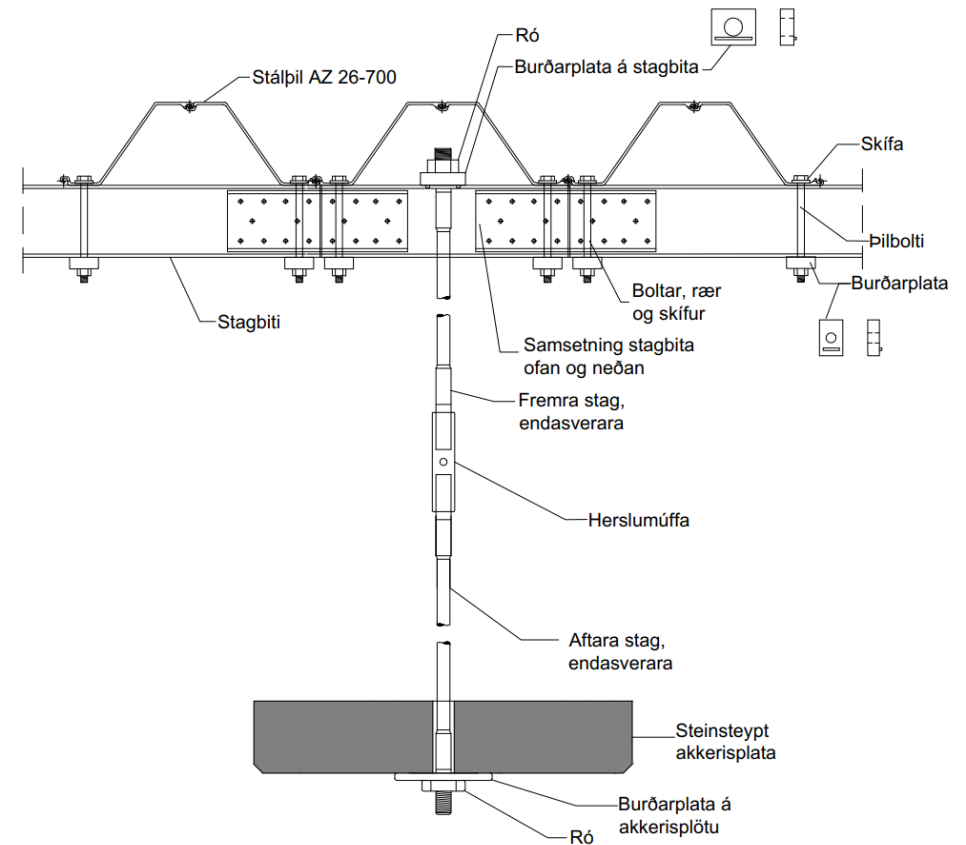
---

- 10.8m í næstu byggingu
- Of nálægt fyrir steyppt akkeri og þyrfti frekar bakpíl
- Ekki reiknað með bakpíli í framhaldi.



# Þvermál stags

- Þvermál stags fundið með  $d = \sqrt{\frac{F_{As} \cdot 4}{f_y \cdot \pi}}$
- Lágmarkspvermál = 57mm
- Veljum 65mm



# Akkerisplata

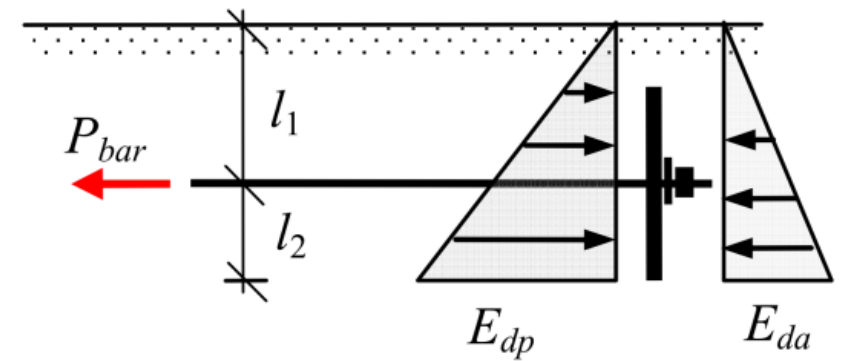
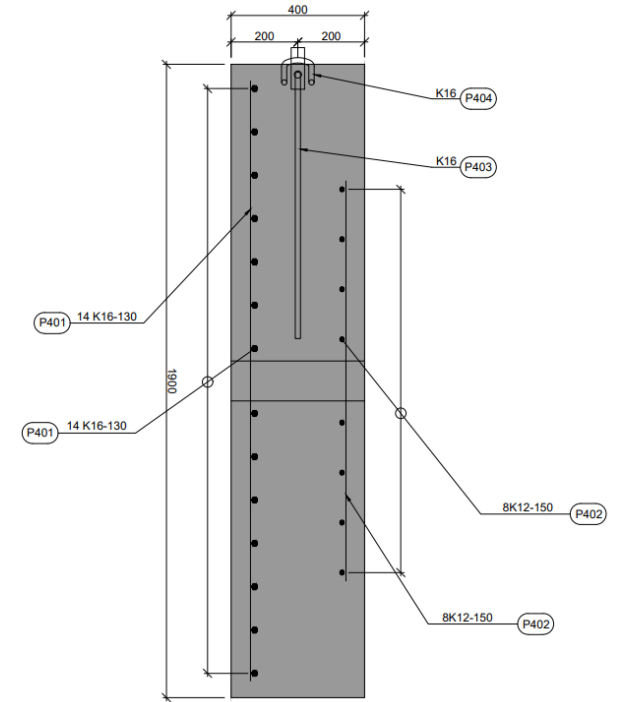
- Vel 1,9m x 1,9m x 0,4m
- Fæ Pbar = 917,46kN
- Járbent með 14 K16 c/c 130 grind og 8 K12 c/c 150 grind
- M30 innsteypt hýfingahulsa

$$E_{ad} = K_a \cdot (l^2 \cdot \gamma)$$

$$E_{ar} = E_{pd} - E_{ad}$$

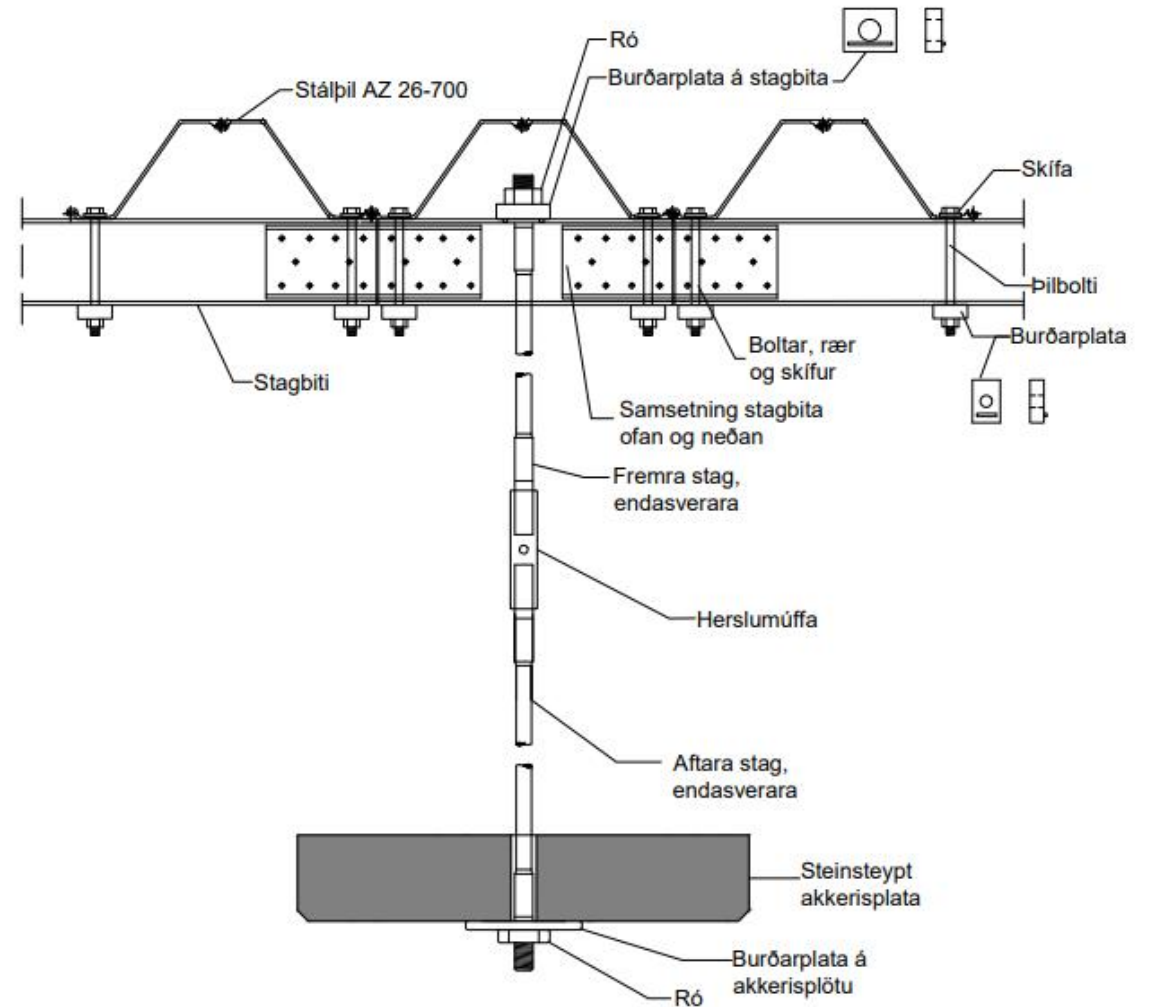
$$E_{pd} = K_p \cdot (l^2 \cdot \gamma)$$

$$P_{ar} = E_{ar} \cdot b$$



# Festingar akkeris

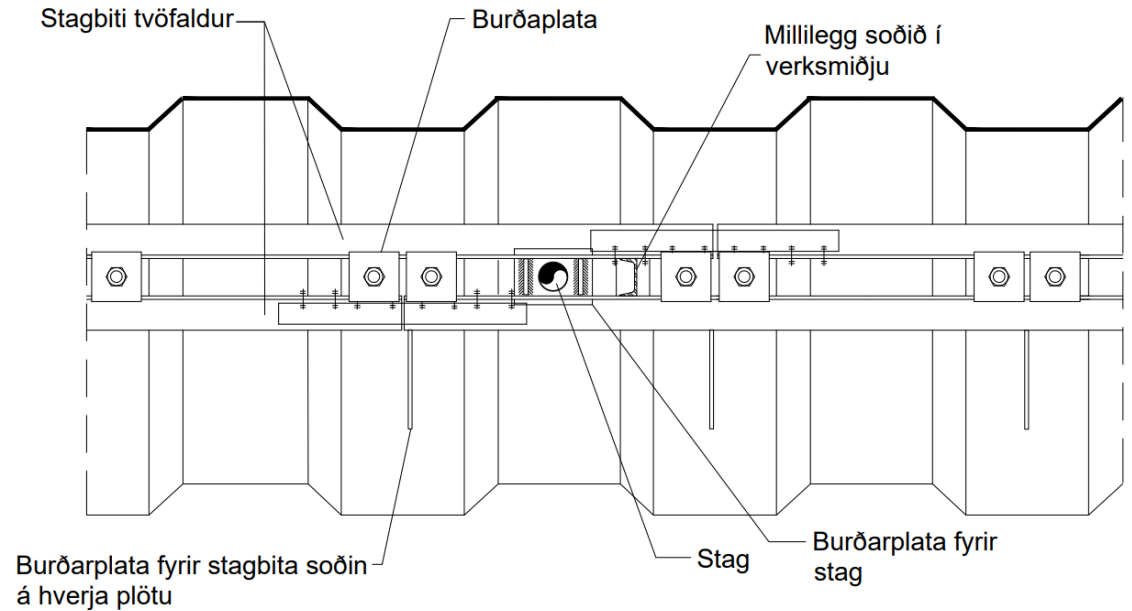
- M76 ró með 220x200mm burðarplötu á stagbita
- M76 ró með 340x340mm burðarplötu á akkersplötu



# Stagbiti

---

- Tengir saman akkerið og stálpilið
- Almennt úr U prófíl
- Yfirleitt tveir stagbitar með bil á milli

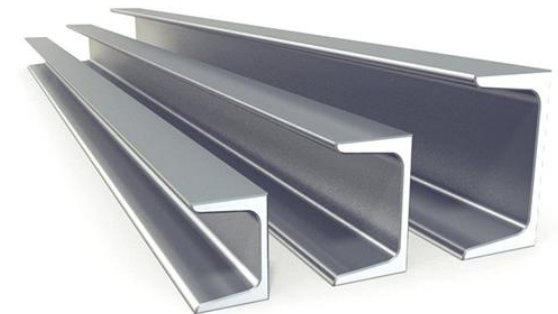


# Tegund stagbita

---

- Beygjuvægi = 254,02kNm
- Mótstöðuvægi =  $716 \cdot 10^3 \text{mm}^3$
- Tveir stagbitar sem gera mótsöðuvægið =  $358 \cdot 10^3 \text{mm}^3$
- Getum notað UNP260 sem hefur  $W=442 \cdot 10^3 \text{mm}^3$

$$M_{max} \approx \frac{1}{10} \cdot F_A \cdot (c/c)^2$$



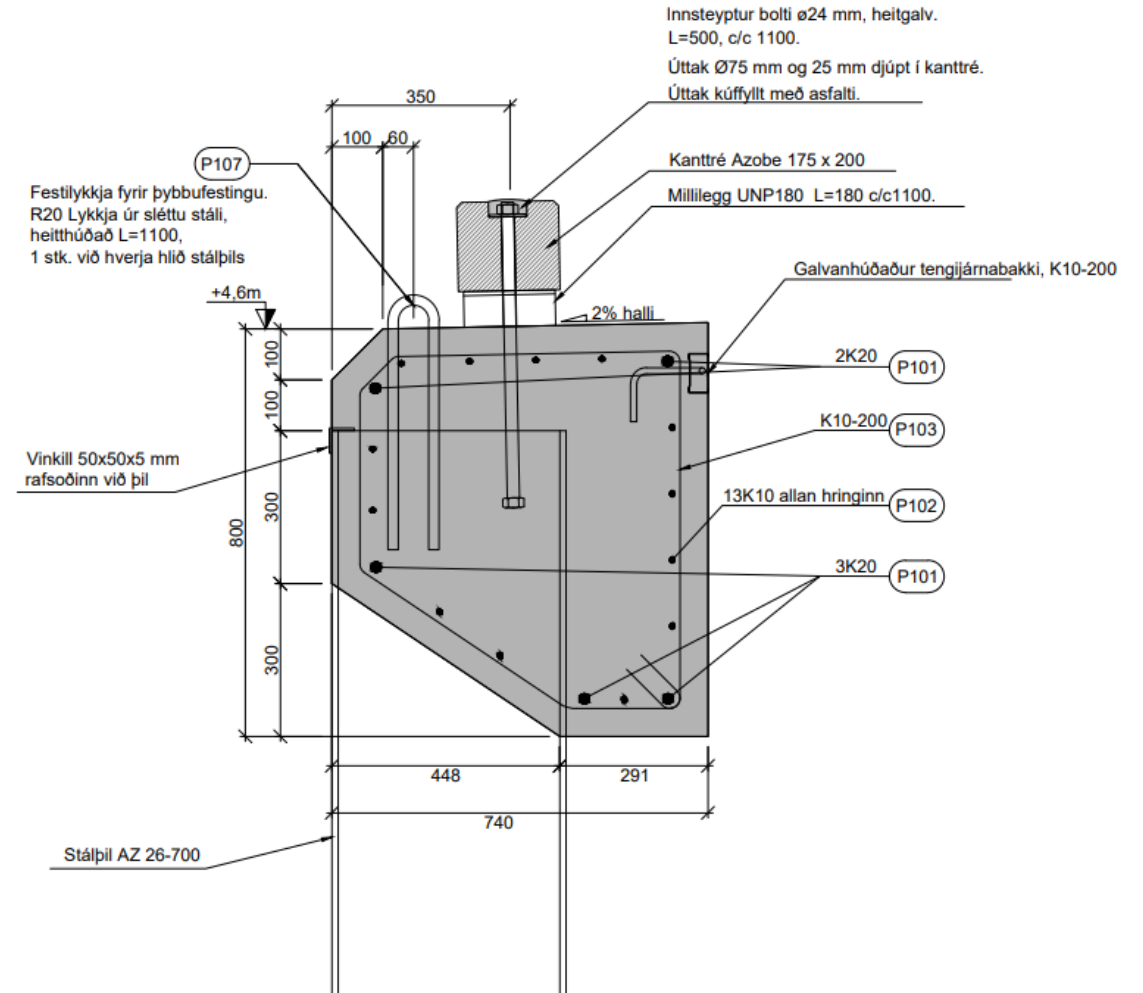
# Festingar stagbita

---

- M52 bolti og ró notuð til að festa stagbitann við stálpilið með 160x180x40mm burðarplötu stagbita megin og 90x140x60mm burðarplötu stálpilsmegin.
- Stagbitarnir eru tengdir saman með 260x200x10mm stálplötu með göt fyrir 6 M22 botla og rær.
- Við aðra hverja stálpilsplötu koma burðarplötur.

# Steyptur kantur

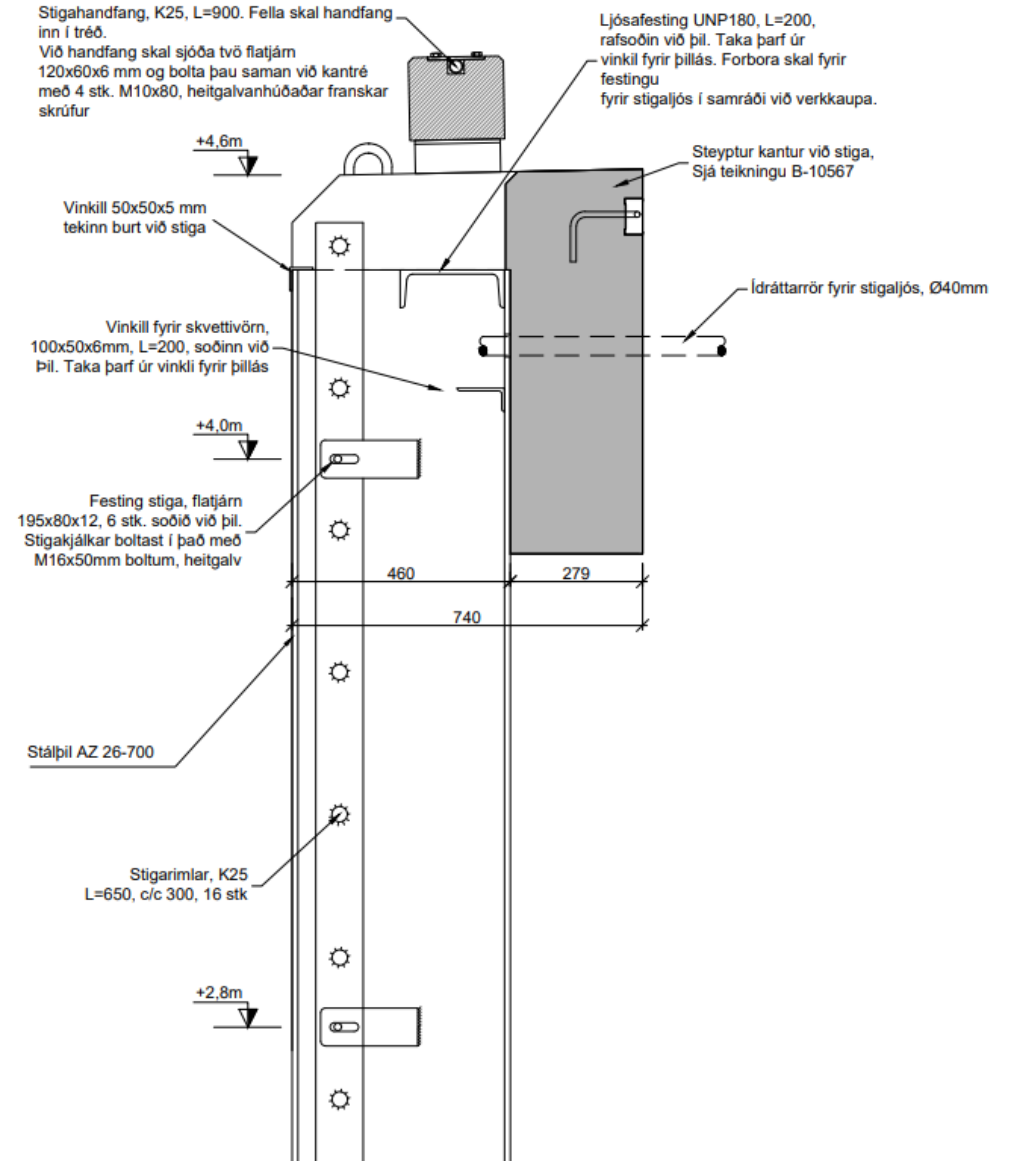
- Tvö þversnið, heill kantur og kantur með stiga.
- Festir stálpilið að ofan og tryggir samfellu í álagsdreifingu.
- Fest er á hann kanntré og þybbur
- Tengir stálpilið við þekjuna





# Stigar

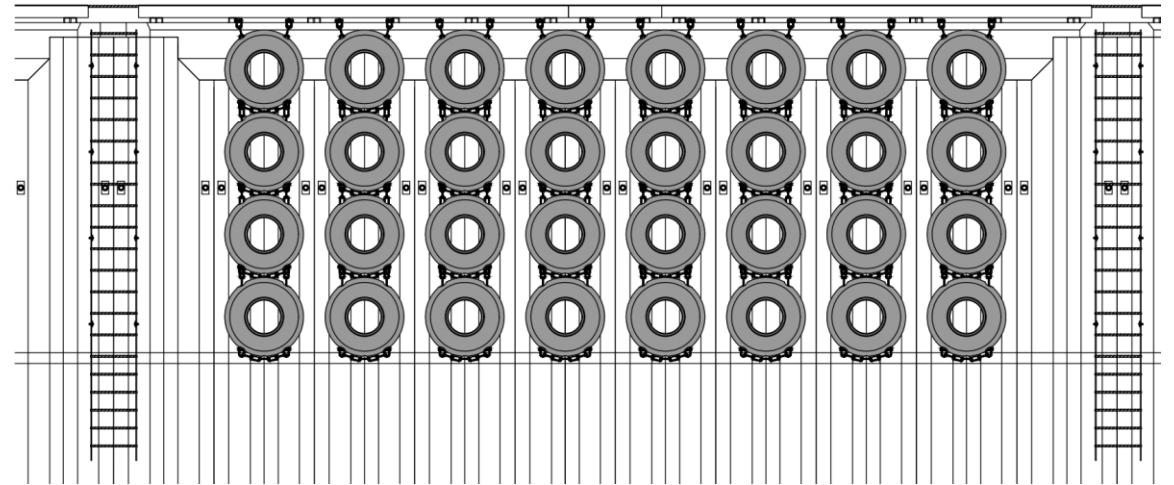
- Ná að minnsta kosti 1,5m niður fyrir stórstraumsfjöru
- Hámarksbil milli stiga er 15m
- Ná frá +4,4m niður í -1,50m og eru því 5,9m á lengd



# Þybbur

---

- Tengiliður milli skips og bryggju
- Gerðar úr gúmmí, lofti eða sérstöku froðuefni
- Breyta höggálagi í gagnálag sem bæði bryggjan og skip þolir
- Á Íslandi er oftast notuð trukka dekk.
- 4 trukkadekk notuð í þessu verkefni



# Lokaorð

---

- Krefjandi en lærdómsríkt verkefni
- Næstum öllum markmiðum náð
- Ekki hafðist að hanna tengingarnar eða kantbitann.