

# Mæling á stöðugleika sjálfútleggjandi steinsteypu með Rheometer-4SCC



Nýsköpunarmiðstöð  
Íslands

**Jón Elvar Wallevik: ICI Rheocenter, Innovation  
Center Iceland, [jon.w@innovation.is](mailto:jon.w@innovation.is)**



# Stuðnings- og samstarfsaðilar:



**HÁSKÓLINN Í REYKJAVÍK**  
REYKJAVÍK UNIVERSITY



**NORCEM**  
HEIDELBERGCEMENT Group



**SINTEF**



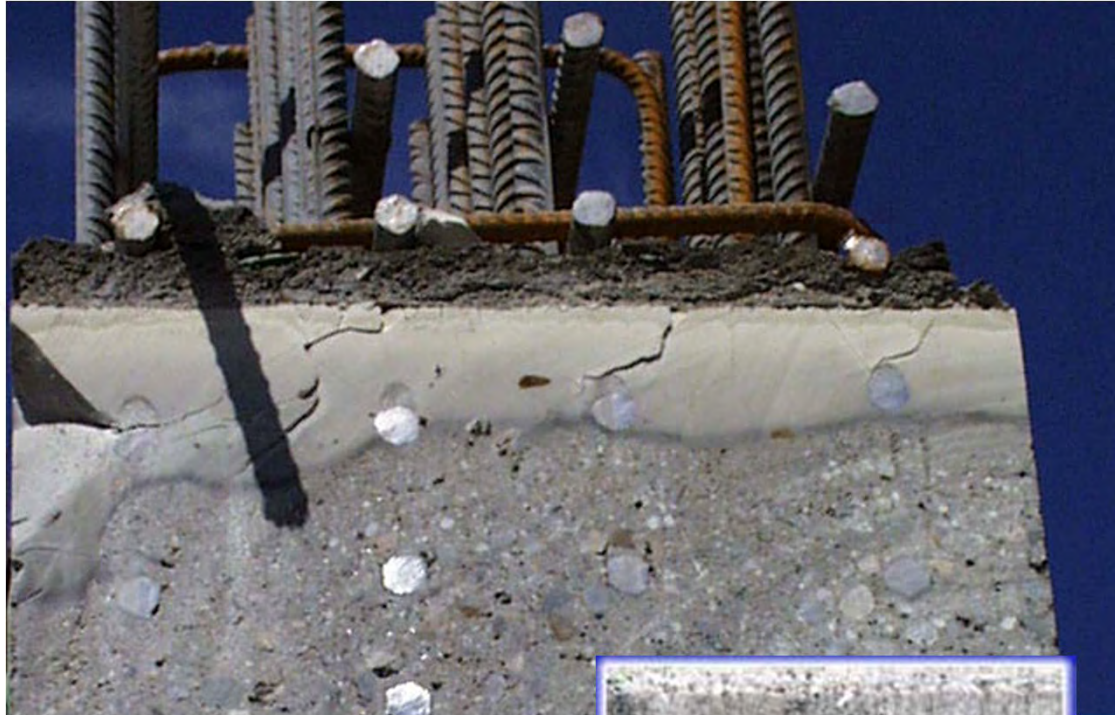
**Innovation Center  
Iceland**

# Venjuleg steypa (vinstri) og sjálfútleggjandi steinsteypa (hægri)





# Aðskilnaður steypu



# Aðskilnaður steypu

ÍST EN 206-1:2000, kafli 5.2 "Grunnkröfur fyrir samsetningu steypu" bls.22

- "Steypa sem aðskilst í framleiðslu eða niðurlögn er ónýt".
- **Aðskilnaður**
  - sést oft þegar að grófkorna fylliefni hafa safnast á botninn
  - steypuhreiður við botninn
- **Yfirleitt er auðvelt að meta aðskilnaðarhættuna ef óstöðugleikinn er mikill**
  - einfaldlega gert með múrskeið og athugað gróflega fylliefnamagnið við botninn
- **Vandinn er meiri þegar óstöðugleikinn er ekki greinilegur en er þó til staðar**

# Pekktar mæliaðferðir á stöðugleika

[Ref: P. J. M. Bartos, M. Sonebi, and A. K. Tamimi (editors). *Workability and Rheology of Fresh Concrete: Compendium of Tests; Report of RILEM Technical Committee TC 145-WSM, Workability of Special Concrete Mixes. RILEM Publications S.A.R.L., Cachan Cedex, France, 2002.*]

- *Segregation test (Penetration apparatus)*
- *Settlement column segregation test*
- *Surface settlement test*
- *Wet sieving stability (segregation) test*  
(einnig: sieve segregation resistance test).
  - Mælt með þessu í "*The European Guidelines for Self Compacting Concrete*", Annex B: Test Methods, AnnexPart B4: Testing fresh concrete. pp.57-59.



*Wet sieving  
stability  
(segregation)  
test*



# *Settlement column segregation test*





# Þekktar mæliaðferðir á stöðugleika

- Tækin eru yfirleitt fyrirferðarmikil í uppsetningu
  - mikil vinna og tímafrekt að gera mælingar með þeim
    - ✓ T.d. fyrirferðarmikil sigtun á ferskri steypu, hreinsun og þar á eftir skolun tækja. Ein slík mæling getur tekið frá ca. 20 mín upp í eina klukkustund (með hreinsun).

# Hugmyndir sem “geta ekki klikkað”

- Höfundur hefur tekið þátt í athugun á öðrum mæliaðferðum
  - Mjög góðar hugmyndir
  - Aðferðir og hugmyndir sem áttu ekki að geta klikkað
    - ✓ ... en hafa ekki virkað
- Mæling á stöðugleika steypu er mjög erfitt viðfangsefni

# Mæling á stöðugleika steinsteypu með Rheometer-4SCC

## Markmið:

- Einfaldari í notkun
- Sneggri mælingar (2 mín)
- Betra tæki

## Aðskilnaðurinn er þvingaður

- Upphafleg hugmynd var að tíminn sem aðskilnaðurinn tekur hugsaður sem mælikvarði á stöðugleika steypunnar



# Rheometer-4SCC







Innovation Center  
Iceland





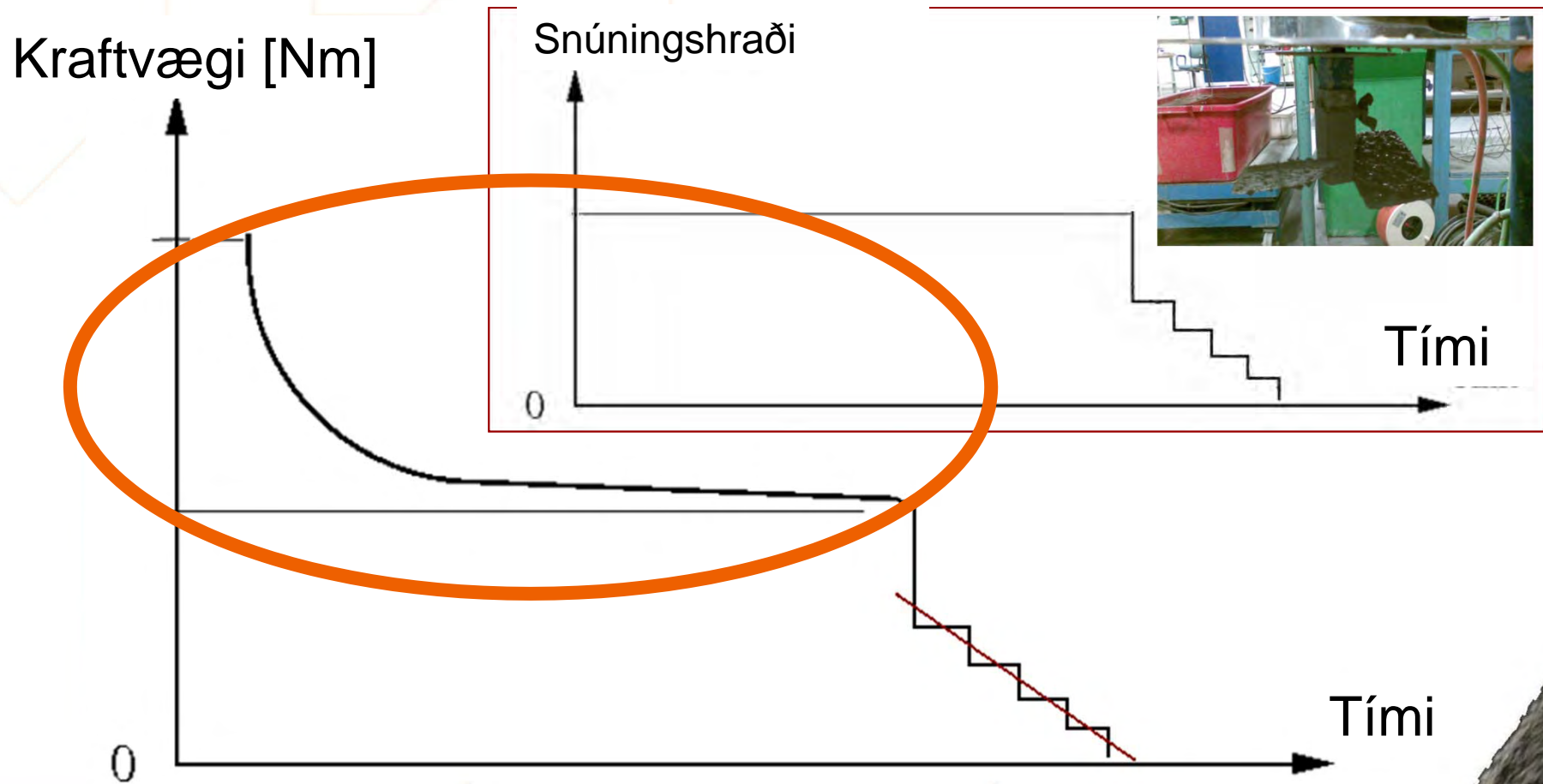
# Aðskilnaðarstig = RSI (*Rheological segregation index*)

**RSI = 0** => Enginn aðskilnaður (e. *zero segregation*)

**RSI = 0,5** => Á mörkum þess að vera nægjanlega stöðug steypa (RSI > 0,5 er ónýt steinsteypa)

**RSI = 1** => augljóslega ónýt steinsteypa

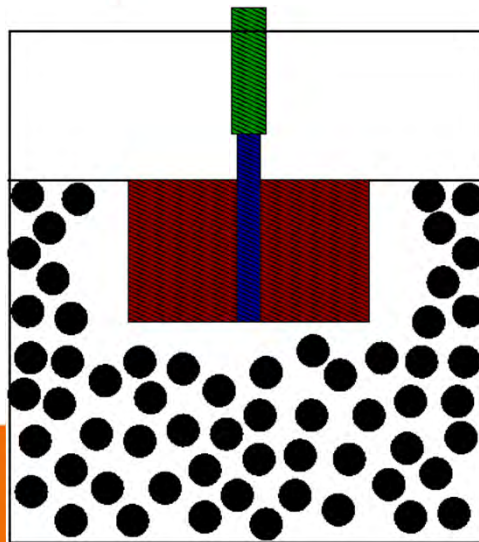
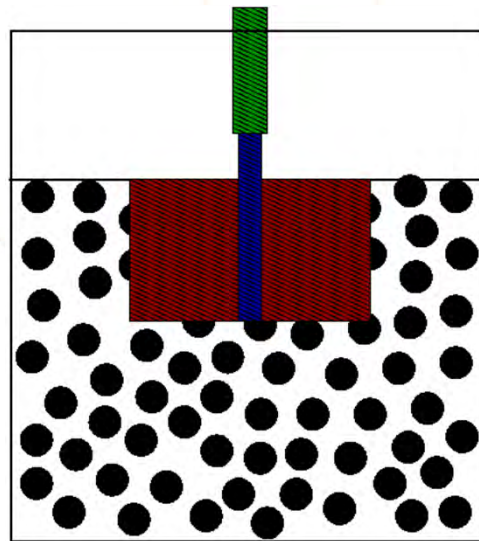
# Mæliuppsetning fyrir Rheometer-4SCC



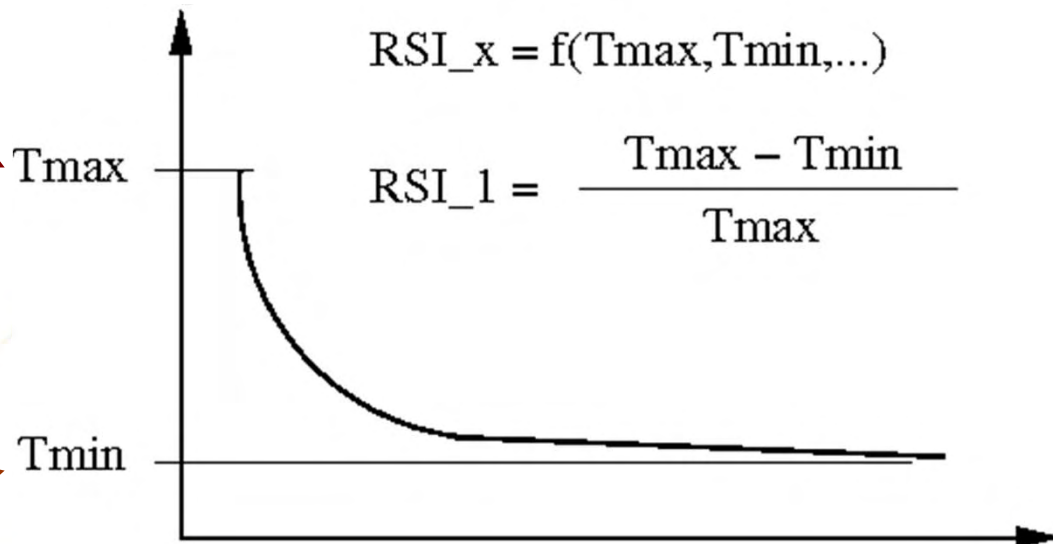


# Fyrsta hugmyndin um RSI fall – RSI\_1

Gildi RSI\_1 fallsins fer frá 0, þegar  $T_{max} = T_{min}$ , til 1 þegar  $T_{min} = 0$ .



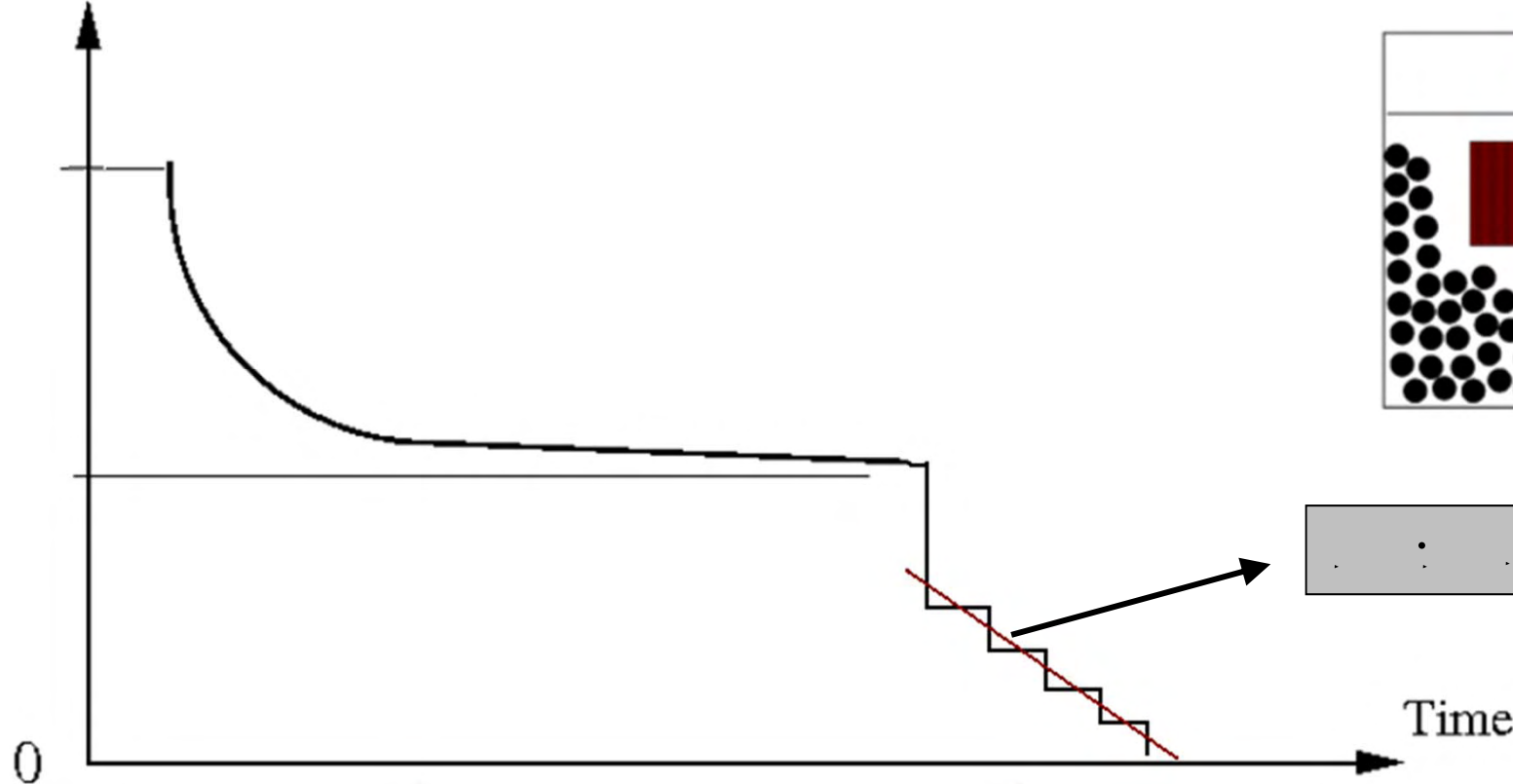
Kraftvægi [Nm]



Tími



Torque

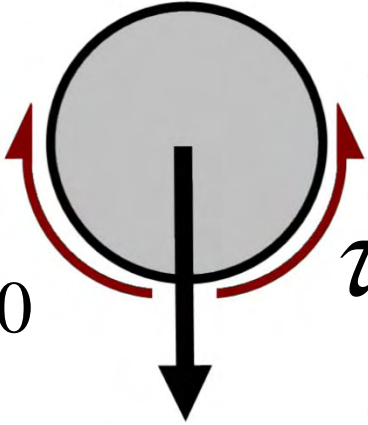


$$RSI = \frac{\alpha}{\sqrt{H \cdot f_{av} + G}} - \beta$$

$$\alpha = 12.0$$
$$\beta = 0.25$$

$$f_{av} = (0.5 + 0.4 + 0.3 + 0.2 + 0.1) / 5$$

$$\text{RSI} = \frac{\alpha}{\sqrt{H \cdot f_{av} + G}} - \beta$$



A diagram of a gray sphere with a black outline. A thick black arrow points vertically downwards from the center of the sphere. Two red curved arrows, one on the left and one on the right, indicate a counter-clockwise rotation around a vertical axis passing through the center of the sphere.

$$\tau = \mu \cdot \dot{\gamma} + \tau_0 \quad \tau = \mu \cdot \dot{\gamma} + \tau_0$$
$$(\rho_t - \rho_m) \cdot V \cdot g$$



# Næsta stig

## 🌳 Uppsetning er til sölu

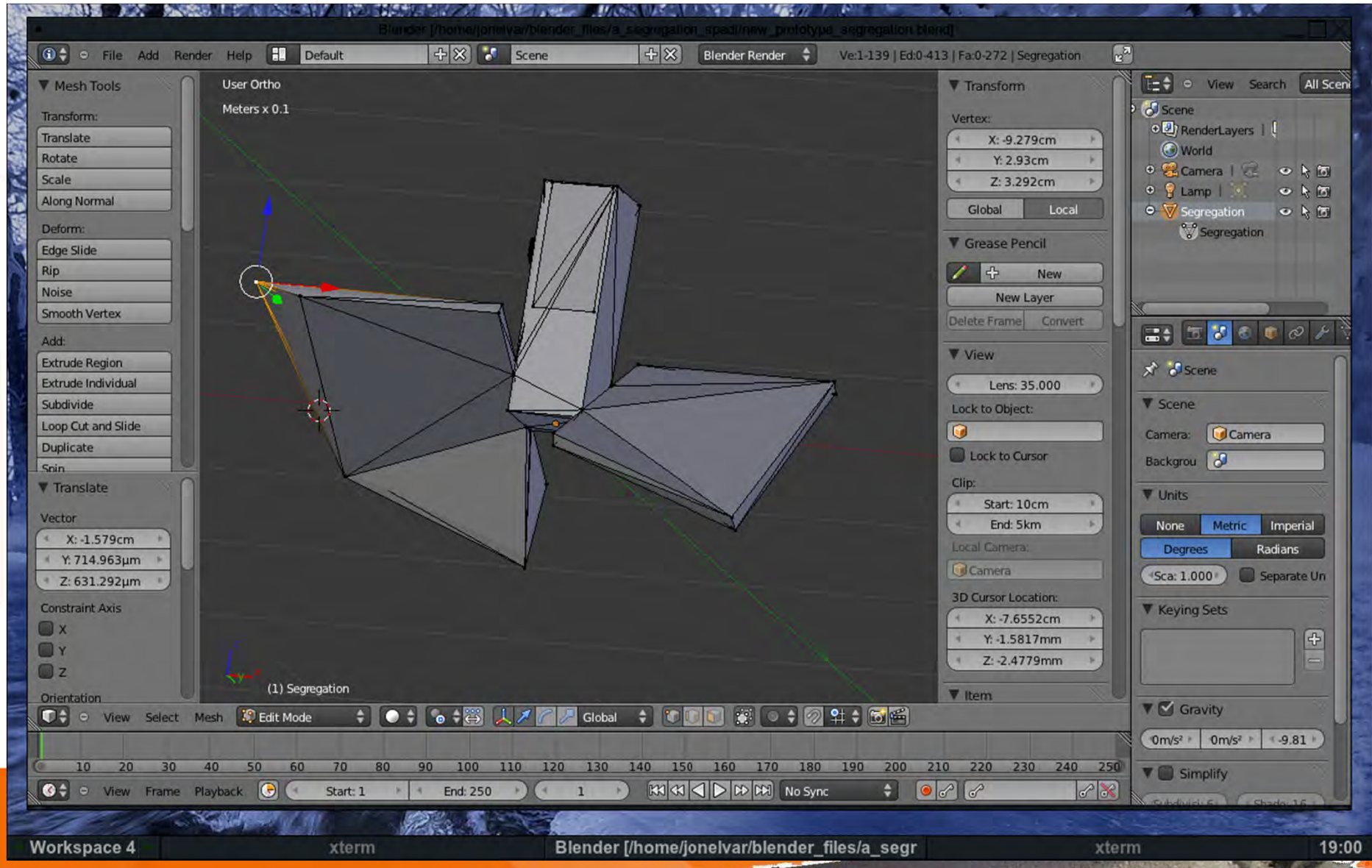
- Höfum fengið fyrirspurn um sölu á einingunni (með reikniforriti)
- Selt sem “prototype” til stuðnings- og samstarfsaðila
  - ✓ Markmið er að fá ábendingar frá notendum þessa tæki um hvað mætti betur bæta

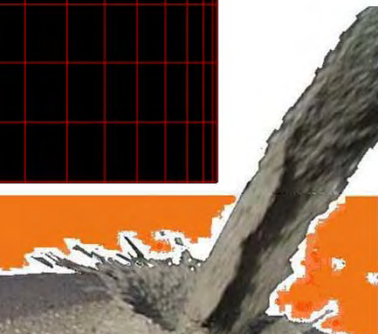
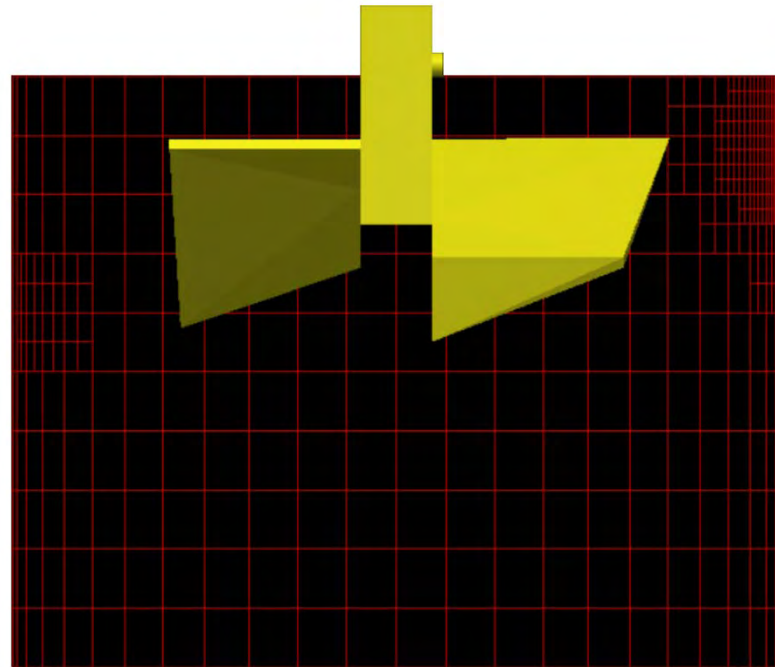
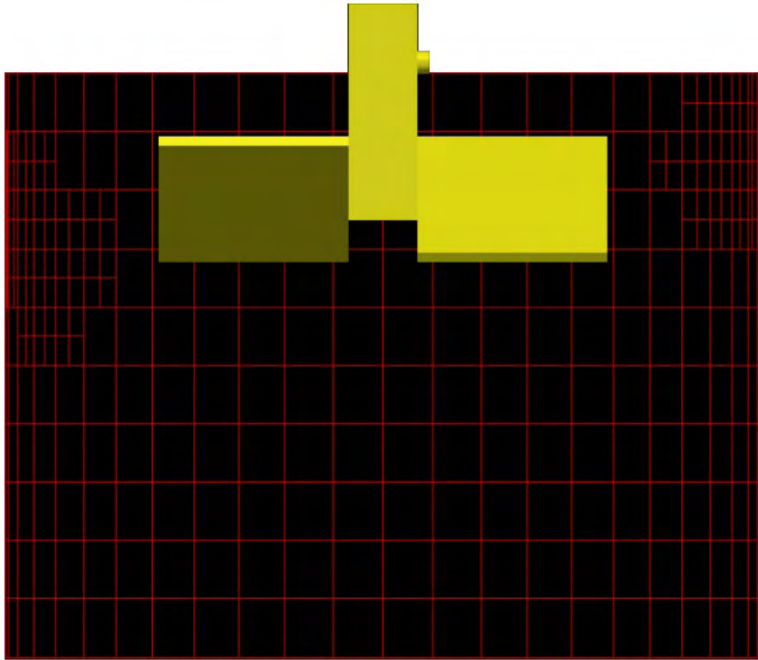
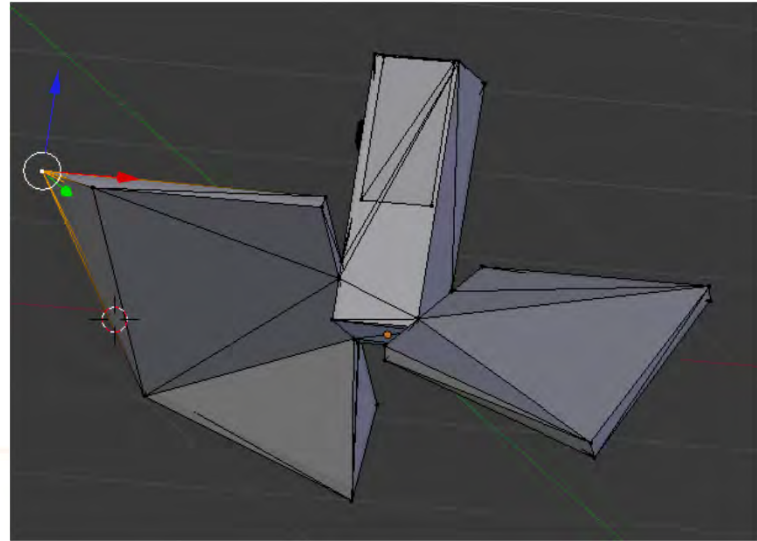
## 🌳 Notkun reiknilegra straumfræða (CFD)

- ✓ CFD forrit: OpenFOAM
- Hönnun á nýrri tegund af vispu



# Reiknileg straumfræði (CFD)







# Examining streamlines relative to “stationary” impeller system (rotating coordinates)

