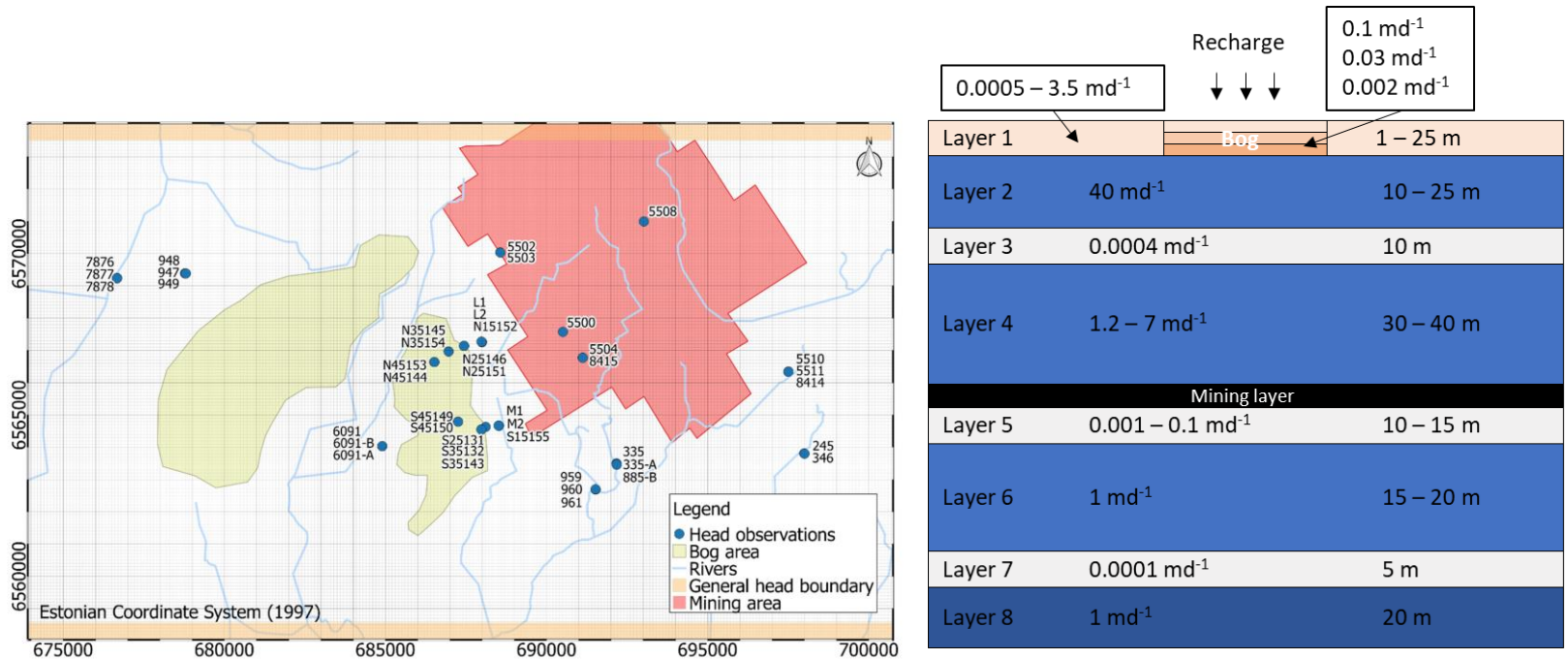
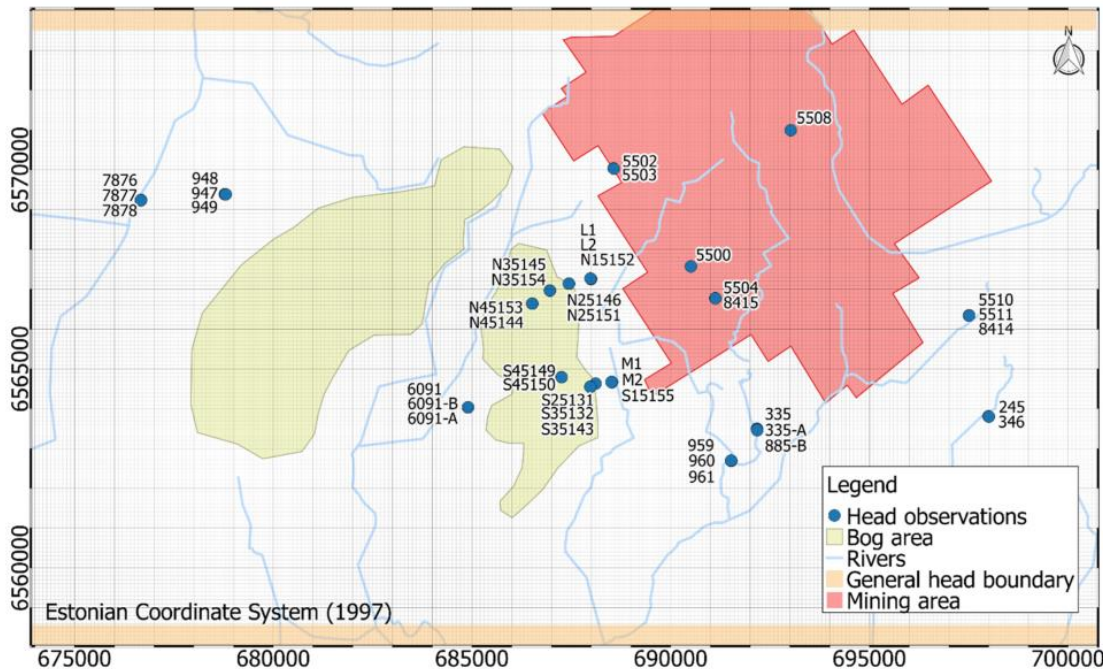


# Tegevused Selisoo mudeliga



Tallinn, 23.08.2017

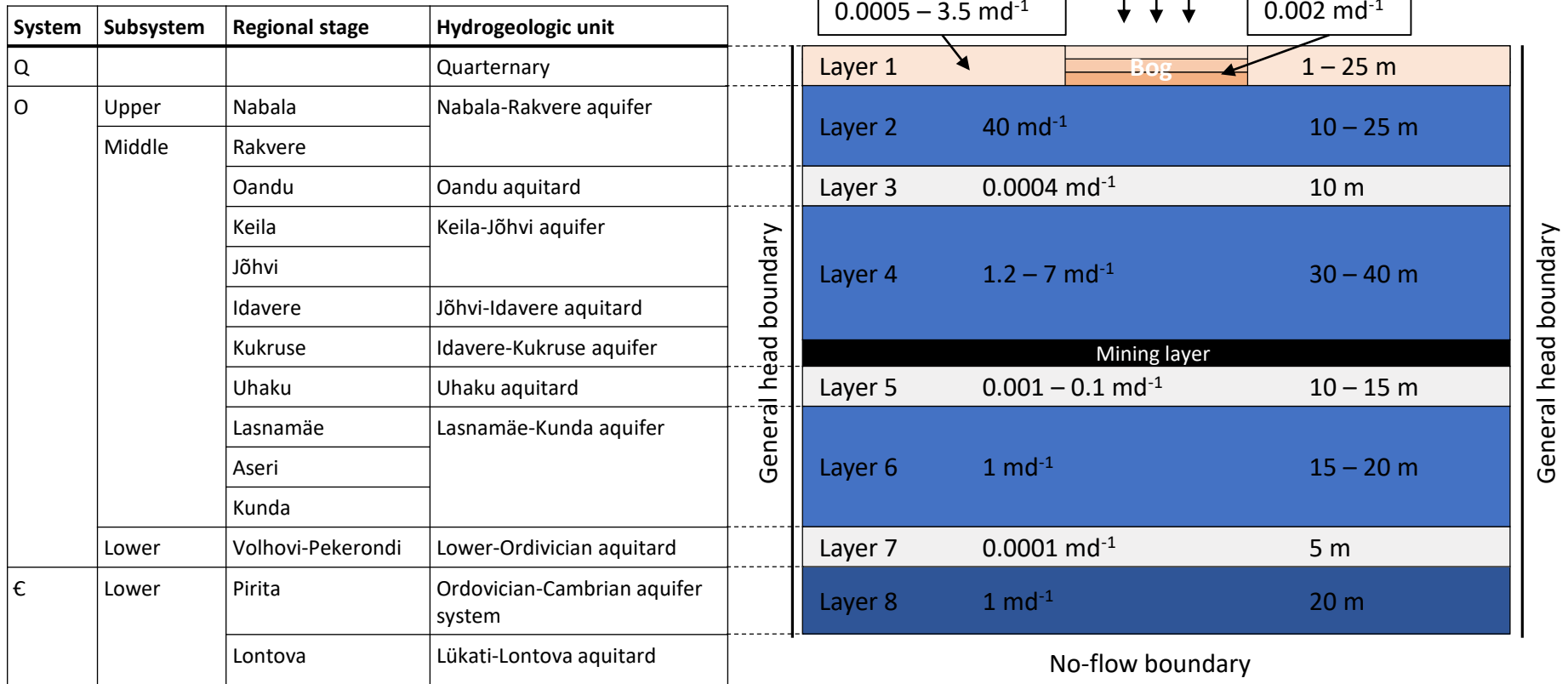
## Selisoo mudel - kontsept



## Põhjavee mudel baseerub MODFLOW-2005

- 3D
- statsionaarne
- 270 tulpa, 161 ridas, 10 kihti koos alamkihtidega
- Raku suurus: 100 x 100 m
- 7 modflow moodulit: CHD, LPF, RCH, GHB, RIV, DRN, SFR2

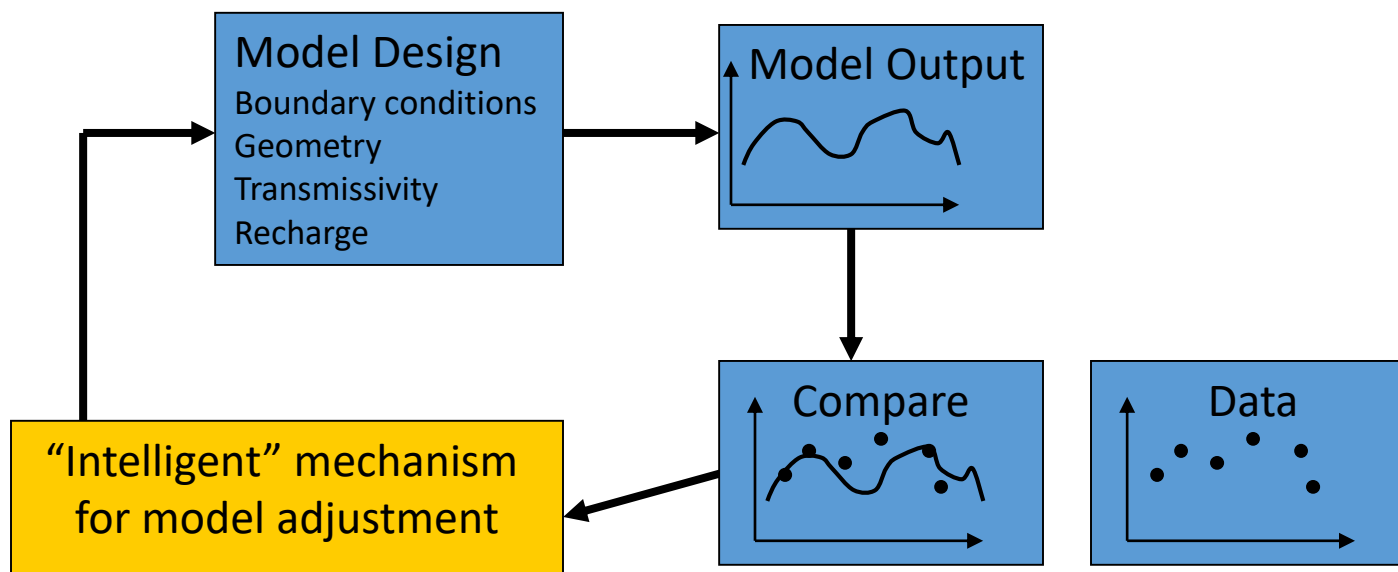
## Selisoo mudel - kontsept



after Perens et al. (2001)

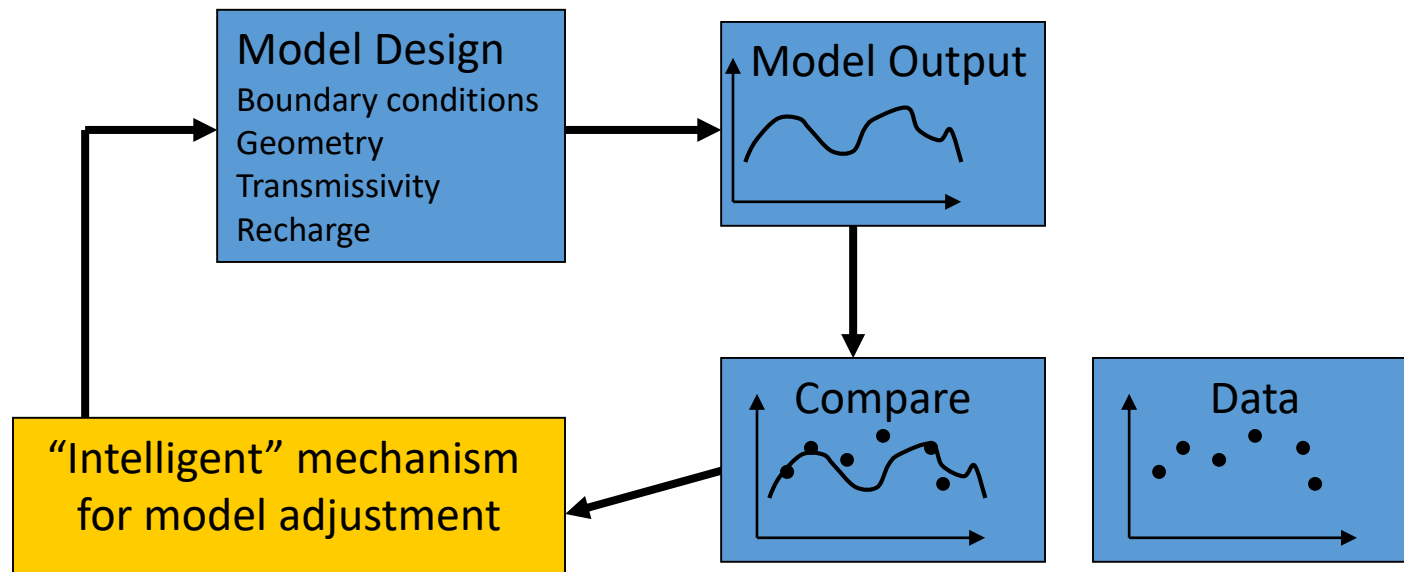
## Mudeli parameetrite kalibreerimine

Katse-eksituse meetod



## Mudeli parameetrite kalibreerimine

Katse-eksituse meetod



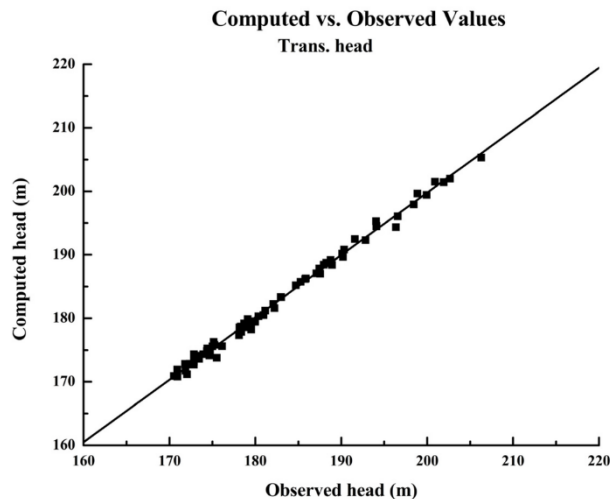
+



+

Ucode/Pest/Freewat/Modelmate....

## Manuaalse ja automaatse kalibreerimise erinevus



Manuaalse kalibreerimise tulemuseks on regressioonikõver, vastavust kirjeldav koefitsient ning vea suurus

*„It can be seen that there was a good match between the observed and calculated head values. The mean error was 0.547 m and the root mean squared error (RMSE) was 0.66 m. The difference of the highest and the lowest water level was over 60 m so the discrepancy was reasonable.“*

Shuwei Qiu, Xiujuan Liang, Changlai Xiao, He Huang, Zhang Fang and Fengchao. 2015. **Numerical Simulation of Groundwater Flow in a River Valley Basin in Jilin Urban Area, China**. *Water*, 7(10), 5768-5787; doi:10.3390/w7105768, <http://www.mdpi.com/2073-4441/7/10/5768>

## Manuaalse ja automaatse kalibreerimise erinevus

Automaatne kalibreerimine võimaldab saada oluliselt rohkem infot mudeli usaldusväärsuse kohta:

1. Millised parameetrid on vaatlusandmetega tõendatud;
2. Kas osad parameetrid ei ole sõltuvuses üksikust mõõtmisest;
3. Millised parameetrid on olulised prognooside ning stsenaariumite koostamisel;
4. Millist lisainfot peaks veel koguma, et saada mudelit usaldusväärsemaks;
5. Milline kontseptuaalne mudel töötab kõige paremini;

## Manuaalse ja automaatse kalibreerimise erinevus

Automaatne kalibreerimine võimaldab saada oluliselt rohkem infot mudeli usaldusväärsuse kohta:

1. Millised parameetrid on vaatlusandmetega tõendatud;
2. Kas osad parameetrid ei ole sõltuvuses üksikust mõõtmisest;
3. Millised parameetrid on olulised prognooside ning stsenaariumite koostamisel;
4. Millist lisainfot peaks veel koguma, et saada mudelit usaldusväärsemaks;
5. Milline kontseptuaalne mudel töötab kõige paremini;

**Kõik need küsimused peaks olema kommenteeritud ühes korralikus mudeli aruandes.**



## Selisoo mudel – 7 alternatiivset mudelit

CHD	CHD + high HK/VK	CHD + incr. RCH	DRN	DRN + high HK/VK	DRN + incr. RCH	Not simulated
Kaevandus - CHD, CHD rõhk võrdub kaevanduse põhjaga	sama mis CHD, lisaks on kaevanduse alal HK ja VK $1000 \text{ md}^{-1}$	sama mis CHD, lisaks on kaevanduse alal suurem RCH võrreldes muuga: $0.0008 \text{ md}^{-1}$ ~300 mm/a	Kaevandus – DRN, DRN põhja juhtivus $100 \text{ m}^2\text{d}^{-1}$ , DRN tase võrdub kaevanduse põhjaga	sama mis DRN, lisaks on kaevanduse alal HK ja VK $1000 \text{ md}^{-1}$	sama mis DRN, lisaks on kaevanduse alal suurem RCH võrreldes muuga: $0.0008 \text{ md}^{-1}$ ~300 mm/a	Looduslik seisund ilma kaevanduseta

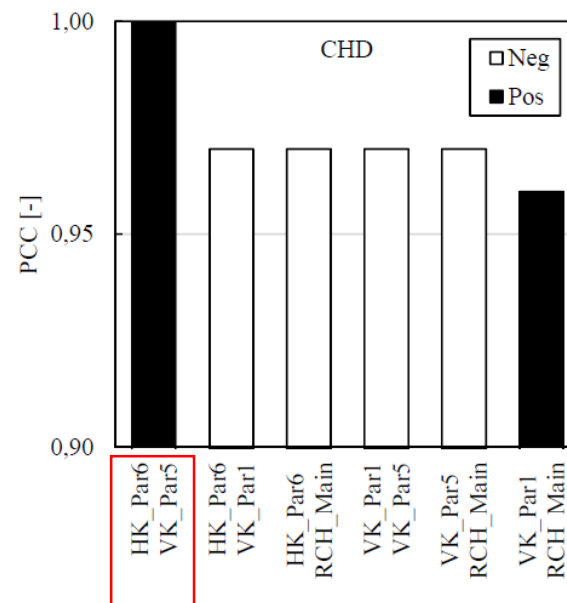
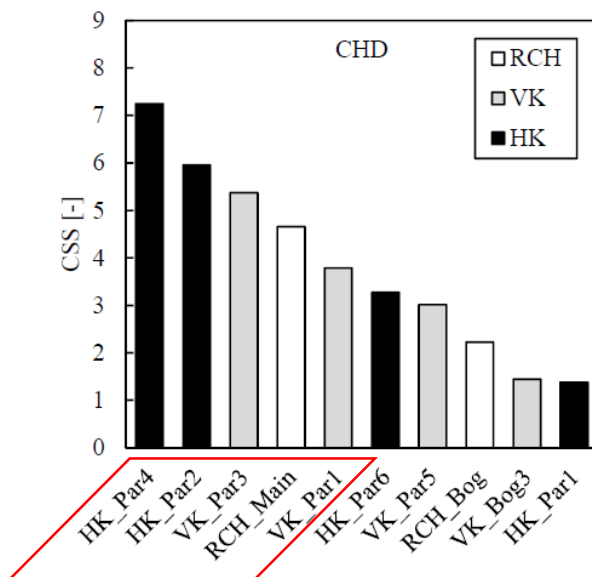
## Selisoo mudel – alternatiivsed mudelid

	Count							
	Parameter						Observation	
	HK	VK	RCH	GHB	SFR	DRN	Head	Flow
CHD	11	11	3	1	1	0	43	1
CHD + high HK/VK	12	12	3	1	1	0	43	1
CHD + incr. RCH	11	11	4	1	1	0	43	1
DRN	11	11	3	1	1	1	43	1
DRN + high HK/VK	12	12	3	1	1	1	43	1
DRN + incr. RCH	11	11	4	1	1	1	43	1
Not simulated	11	11	3	1	1	0	43	0

# Kui usaldusväärne on loodud mudel?

## Selisoo mudel – parameetrite tundlikkus

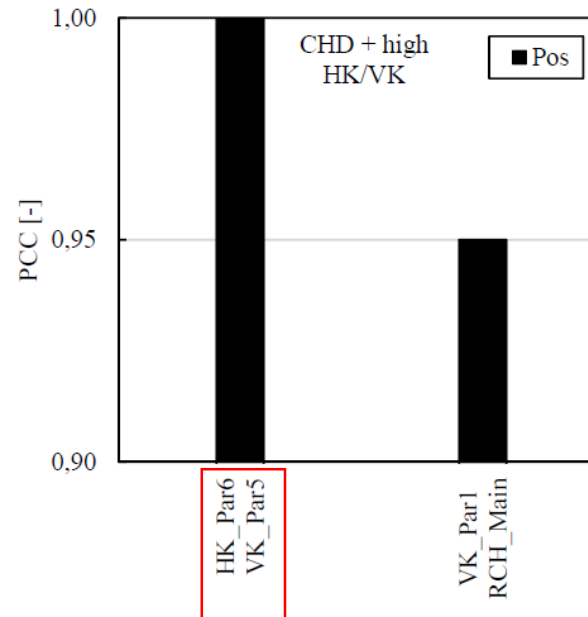
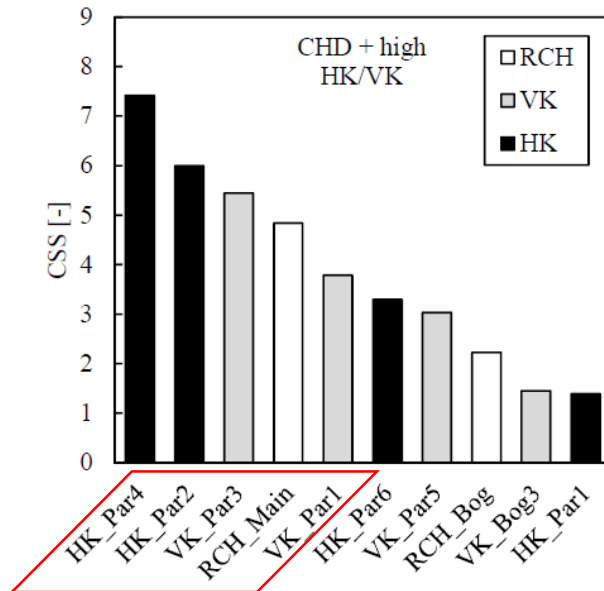
CHD	CHD + high HK/VK	CHD + incr. RCH	DRN	DRN + high HK/VK	DRN + incr. RCH	Not simulated
Kaevandus - CHD, CHD rõhk võrdub kaevanduse põhjaga	sama mis CHD, lisaks on kaevanduse alal HK ja VK 1000 md <sup>-1</sup>	sama mis CHD, lisaks on kaevanduse alal suurem RCH võrreldes muuga: 0.0008 md <sup>-1</sup> ~300 mm/a	Kaevandus – DRN, DRN põhja juhtivus 100 m <sup>2</sup> d <sup>-1</sup> , DRN tase võrdub kaevanduse põhjaga	sama mis DRN, lisaks on kaevanduse alal HK ja VK 1000 md <sup>-1</sup>	sama mis DRN, lisaks on kaevanduse alal suurem RCH võrreldes muuga: 0.0008 md <sup>-1</sup> ~300 mm/a	Looduslik seisund ilma kaevanduseta



# Kui usaldusväärne on loodud mudel?

## Selisoo mudel – parameetrite tundlikkus

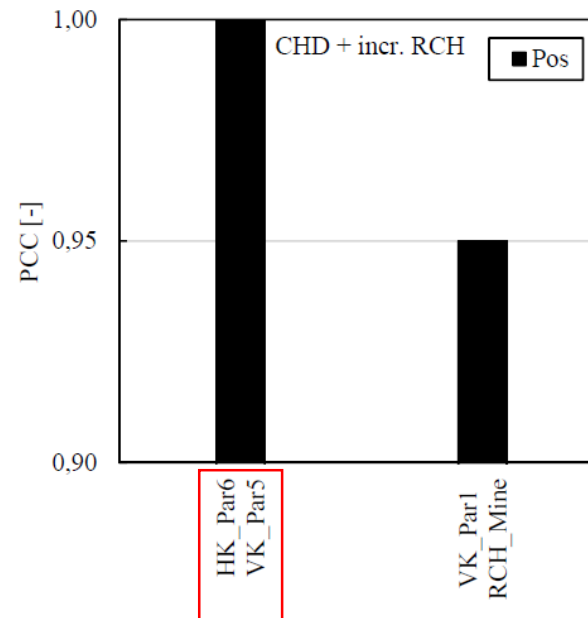
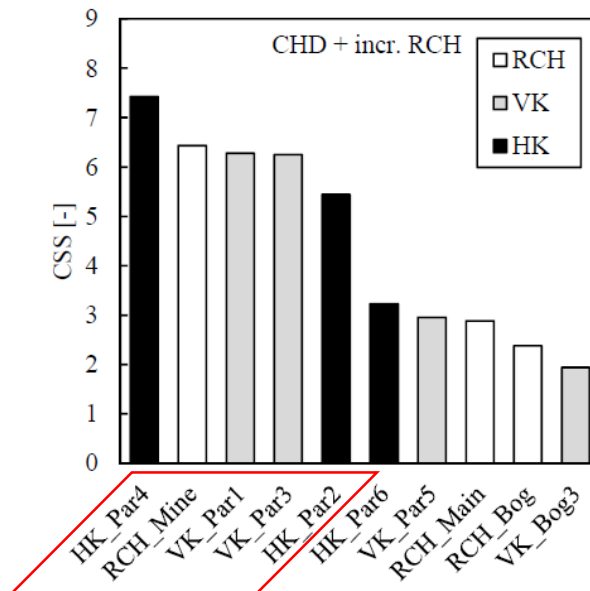
CHD	CHD + high HK/VK	CHD + incr. RCH	DRN	DRN + high HK/VK	DRN + incr. RCH	Not simulated
Kaevandus - CHD, CHD rõhk võrdub kaevanduse põhjaga	sama mis CHD, lisaks on kaevanduse alal HK ja VK 1000 md <sup>-1</sup>	sama mis CHD, lisaks on kaevanduse alal suurem RCH võrreldes muuga: 0.0008 md <sup>-1</sup> ~300 mm/a	Kaevandus – DRN, DRN põhja juhtivus 100 m <sup>2</sup> d <sup>-1</sup> , DRN tase võrdub kaevanduse põhjaga	sama mis DRN, lisaks on kaevanduse alal HK ja VK 1000 md <sup>-1</sup>	sama mis DRN, lisaks on kaevanduse alal suurem RCH võrreldes muuga: 0.0008 md <sup>-1</sup> ~300 mm/a	Looduslik seisund ilma kaevanduseta



# Kui usaldusväärne on loodud mudel?

## Selisoo mudel – parameetrite tundlikkus

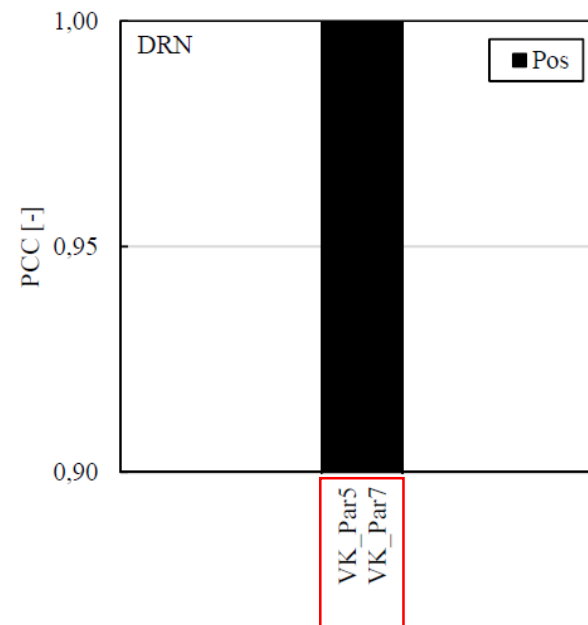
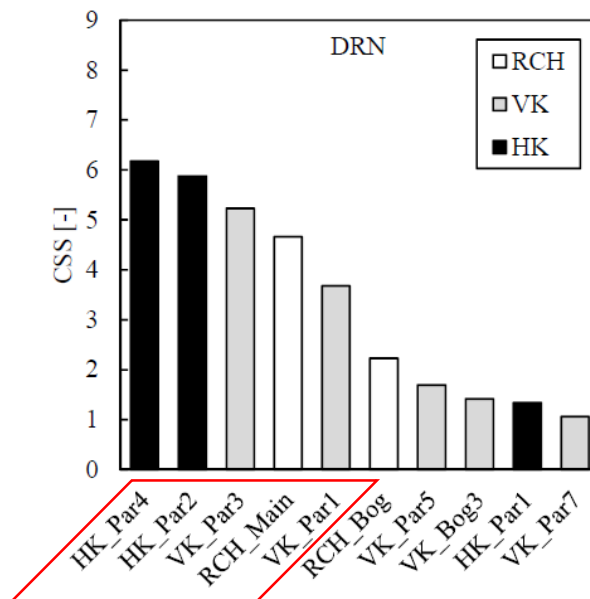
CHD	CHD + high HK/VK	CHD + incr. RCH	DRN	DRN + high HK/VK	DRN + incr. RCH	Not simulated
Kaevandus - CHD, CHD rõhk võrdub kaevanduse põhjaga	sama mis CHD, lisaks on kaevanduse alal HK ja VK 1000 md <sup>-1</sup>	sama mis CHD, lisaks on kaevanduse alal suurem RCH võrreldes muuga: 0.0008 md <sup>-1</sup> ~300 mm/a	Kaevandus – DRN, DRN põhja juhtivus 100 m <sup>2</sup> d <sup>-1</sup> , DRN tase võrdub kaevanduse põhjaga	sama mis DRN, lisaks on kaevanduse alal HK ja VK 1000 md <sup>-1</sup>	sama mis DRN, lisaks on kaevanduse alal suurem RCH võrreldes muuga: 0.0008 md <sup>-1</sup> ~300 mm/a	Looduslik seisund ilma kaevanduseta



# Kui usaldusväärne on loodud mudel?

## Selisoo mudel – parameetrite tundlikkus

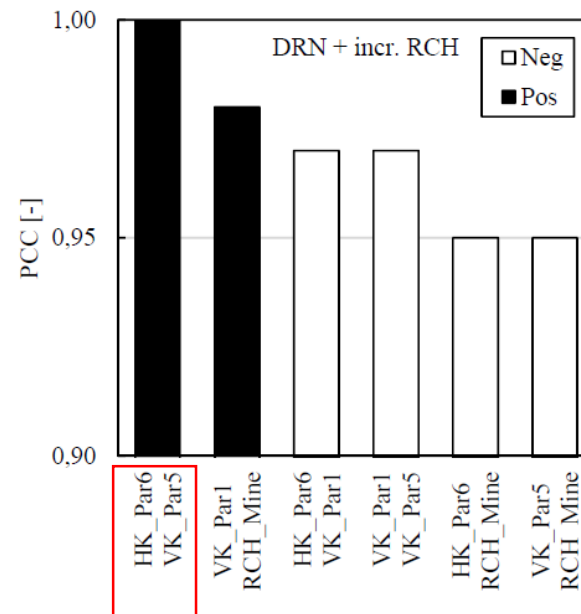
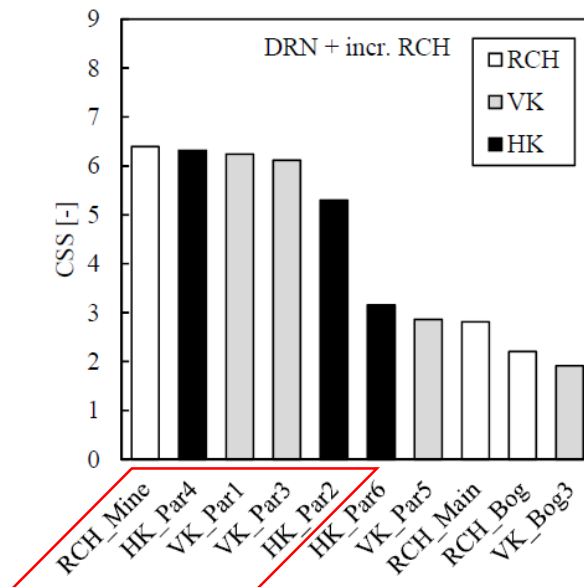
CHD	CHD + high HK/VK	CHD + incr. RCH	DRN	DRN + high HK/VK	DRN + incr. RCH	Not simulated
Kaevandus - CHD, CHD rõhk võrdub kaevanduse põhjaga	sama mis CHD, lisaks on kaevanduse alal HK ja VK 1000 md <sup>-1</sup>	sama mis CHD, lisaks on kaevanduse alal suurem RCH võrreldes muuga: 0.0008 md <sup>-1</sup> ~300 mm/a	Kaevandus – DRN, DRN põhja juhtivus 100 m <sup>2</sup> d <sup>-1</sup> , DRN tase võrdub kaevanduse põhjaga	sama mis DRN, lisaks on kaevanduse alal HK ja VK 1000 md <sup>-1</sup>	sama mis DRN, lisaks on kaevanduse alal suurem RCH võrreldes muuga: 0.0008 md <sup>-1</sup> ~300 mm/a	Looduslik seisund ilma kaevanduseta



# Kui usaldusväärne on loodud mudel?

## Selisoo mudel – parameetrite tundlikkus

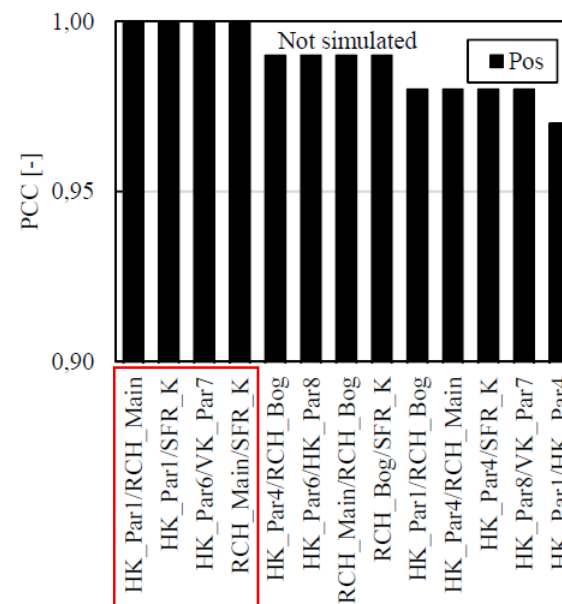
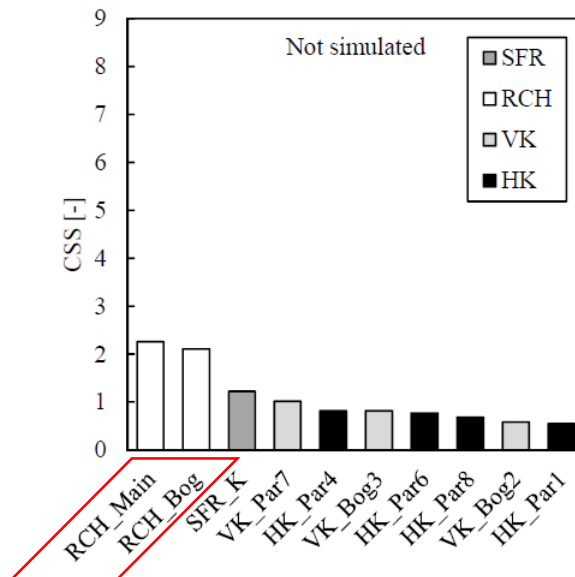
CHD	CHD + high HK/VK	CHD + incr. RCH	DRN	DRN + high HK/VK	DRN + incr. RCH	Not simulated
Kaevandus - CHD, CHD rõhk võrdub kaevanduse põhjaga	sama mis CHD, lisaks on kaevanduse alal HK ja VK 1000 md <sup>-1</sup>	sama mis CHD, lisaks on kaevanduse alal suurem RCH võrreldes muuga: 0.0008 md <sup>-1</sup> ~300 mm/a	Kaevandus – DRN, DRN põhja juhtivus 100 m <sup>2</sup> d <sup>-1</sup> , DRN tase võrdub kaevanduse põhjaga	sama mis DRN, lisaks on kaevanduse alal HK ja VK 1000 md <sup>-1</sup>	sama mis DRN, lisaks on kaevanduse alal suurem RCH võrreldes muuga: 0.0008 md <sup>-1</sup> ~300 mm/a	Looduslik seisund ilma kaevanduseta



# Kui usaldusväärne on loodud mudel?

## Selisoo mudel – parameetrite tundlikkus

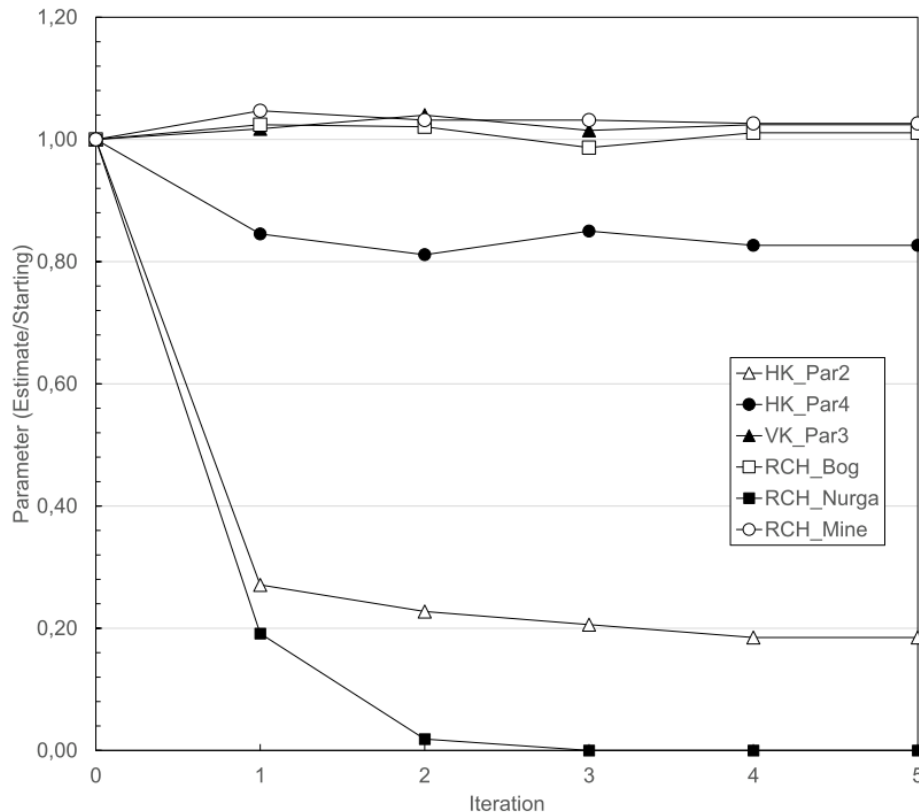
CHD	CHD + high HK/VK	CHD + incr. RCH	DRN	DRN + high HK/VK	DRN + incr. RCH	Not simulated
Kaevandus - CHD, CHD rõhk võrdub kaevanduse põhjaga	sama mis CHD, lisaks on kaevanduse alal HK ja VK 1000 md <sup>-1</sup>	sama mis CHD, lisaks on kaevanduse alal suurem RCH võrreldes muuga: 0.0008 md <sup>-1</sup> ~300 mm/a	Kaevandus – DRN, DRN põhja juhtivus 100 m <sup>2</sup> d <sup>-1</sup> , DRN tase võrdub kaevanduse põhjaga	sama mis DRN, lisaks on kaevanduse alal HK ja VK 1000 md <sup>-1</sup>	sama mis DRN, lisaks on kaevanduse alal suurem RCH võrreldes muuga: 0.0008 md <sup>-1</sup> ~300 mm/a	Looduslik seisund ilma kaevanduseta





# Kui usaldusväärne on loodud mudel?

## Selisoo mudel – kalibreerimine



### Iteratsioonidega protsess

Modifitseeritud Gauss-Newton  
mittelineaarne regressioon

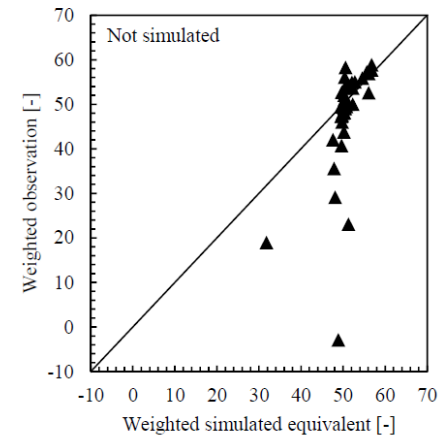
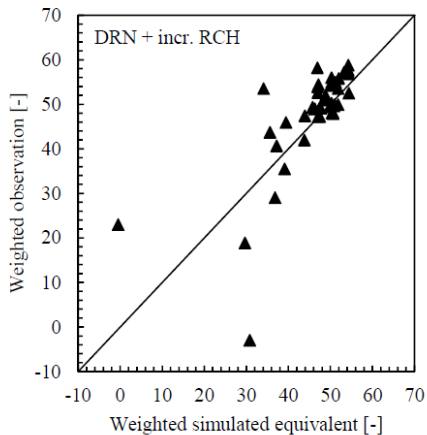
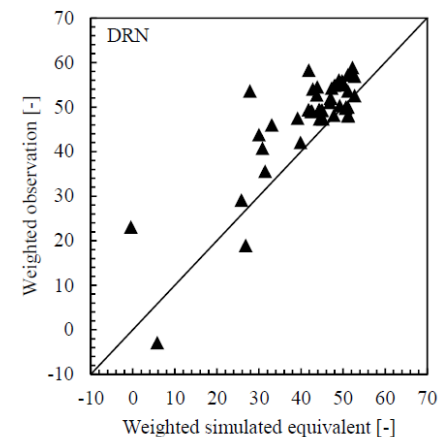
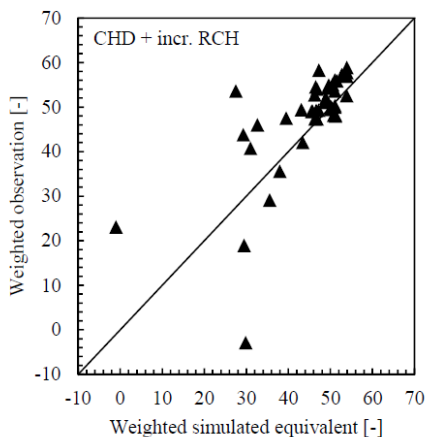
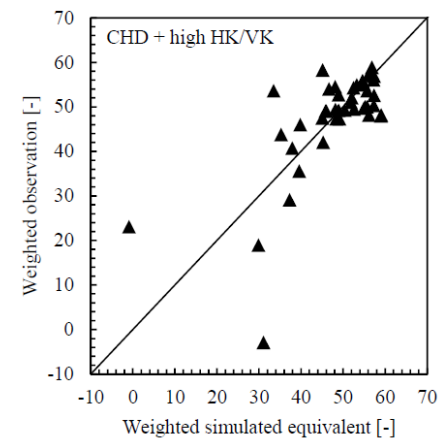
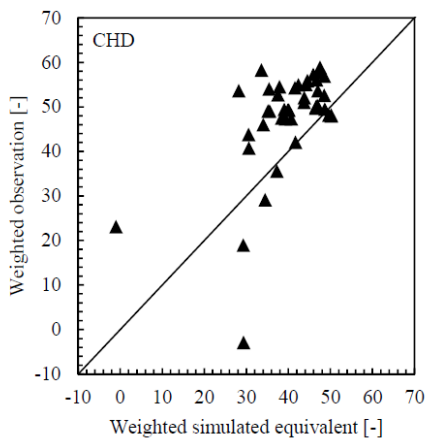
Closure criteria of 0.01:

- Parameetrite muutus
- Vaatlus- ja mudeldamise tulemuste muutus (SSWR - sum of squared weighted residuals)



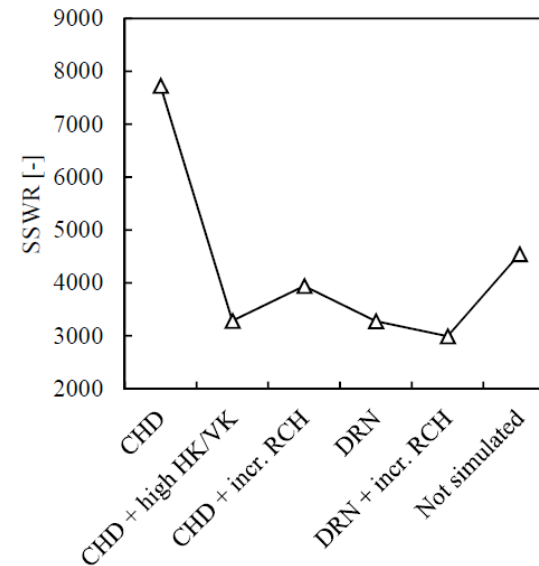
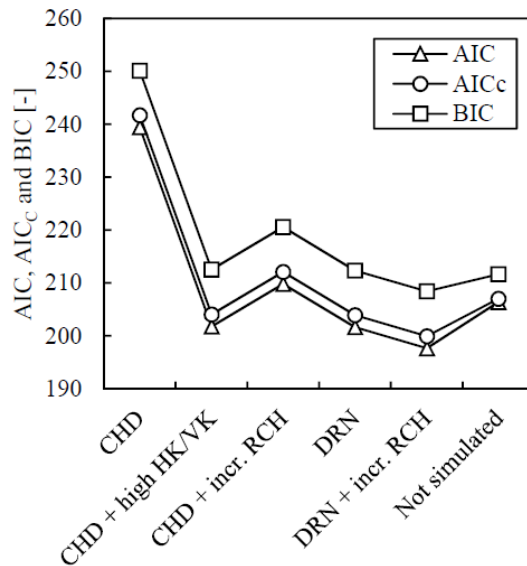
# Kui usaldusväärne or Selisoo mudel

Vaatlustulemused  
vers.  
mudeli tulemused



# Kui usaldusväärne on loodud mudel?

## Selisoo mudel



$$AIC(b') = S'(b') + NP \times 2$$

$$AIC_c(b') = S'(b') + NP \times 2 + \frac{2 \times NP \times (NP + 1)}{NOBS - NP - 1}$$

$$BIC(b') = S'(b') + NP \times \ln(NOBS)$$

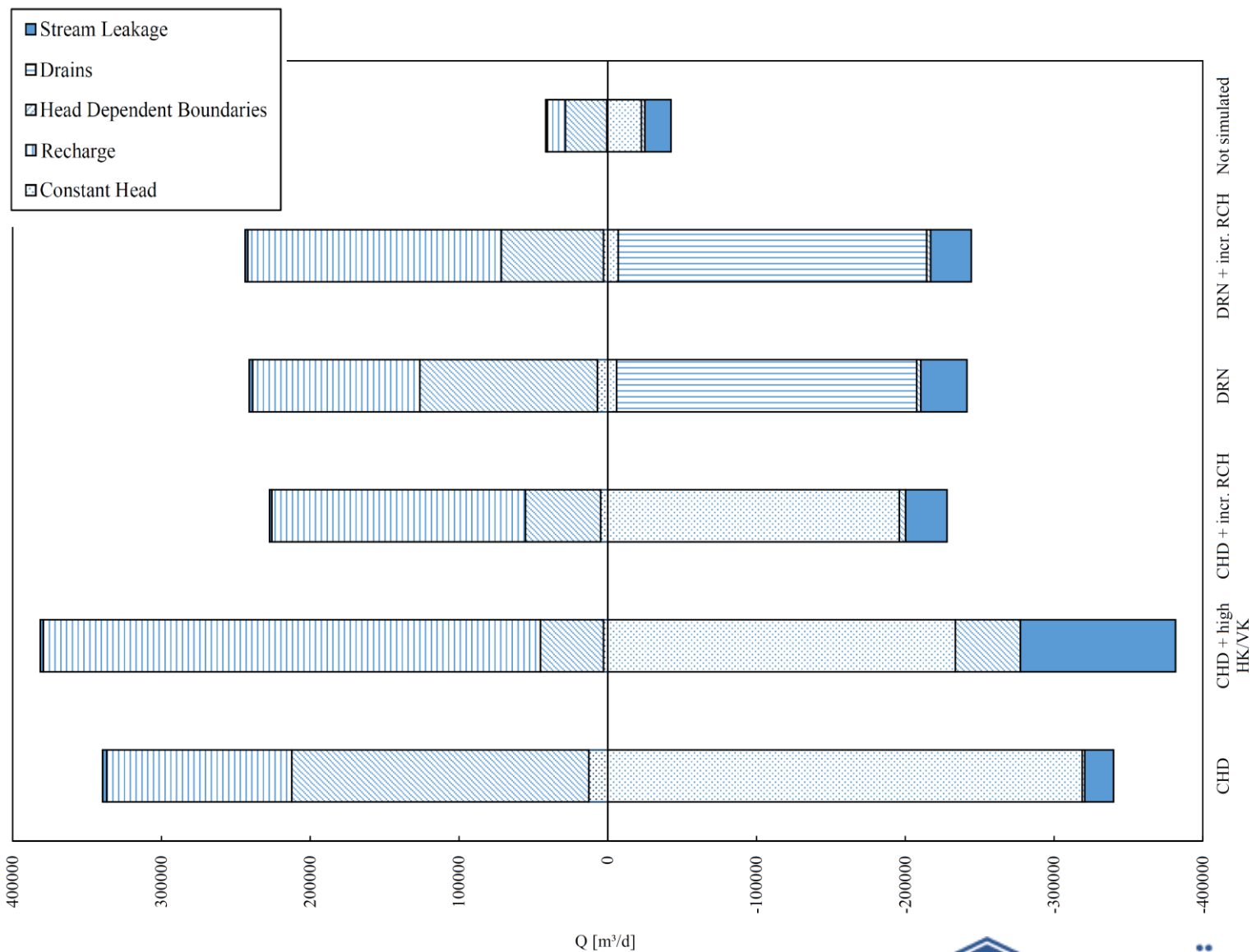
$$S(\underline{b}) = \sum_{i=1}^{ND} \omega_i [y_i - y'_i(\underline{b})]^2 + \sum_{p=1}^{NPR} \omega_p [P_p - P'_p(\underline{b})]^2$$

# Kui usaldusväärne on loodud mudel?

## Selisoo mudel

Väljavool kaevandusse erinevate mudelite puhul.  
Vaatluse andmeteks oli võetud 230 000 m<sup>3</sup>/d

	Weighted simulated value [m <sup>3</sup> /d]	Residual [m <sup>3</sup> /d]	Weighted residual [-]
CHD	-313833	83833	36.45
CHD + high HK/VK	-222325	-7675	-3.34
CHD + incr. RCH	-275254	45254	19.68
DRN	-229212	-788	-0.34
DRN + incr. RCH	-261823	31823	13.84
Not simulated	—	—	—



## Täna kuulamast!

**Kontakt:**

Argo Jõelet  
Andres Marandi  
Marko Kohv  
Maile Polikarpus

argo.joeleht@ut.ee  
[andres.marandi@ut.ee](mailto:andres.marandi@ut.ee)  
marko.kohv@ut.ee  
maile.polikarpus@ut.ee