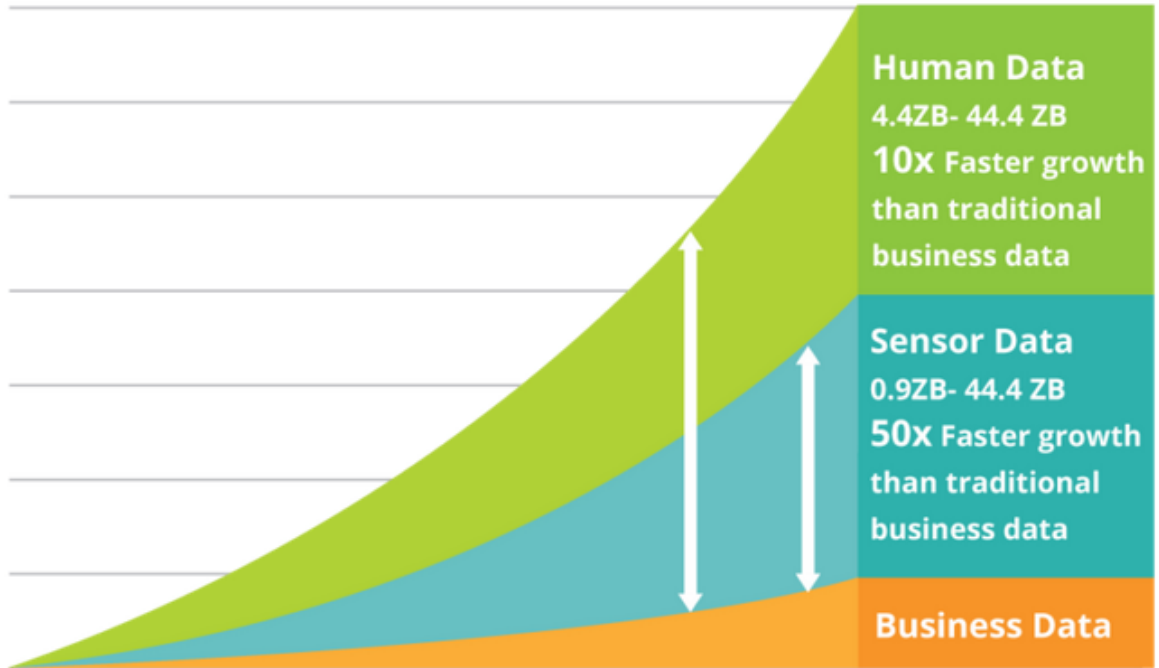


# Automatische verwerking van monitoring data en parameter fitting voor grondverbeteringswerken met PostGIS en Python scripts

Thomas A. Vergote

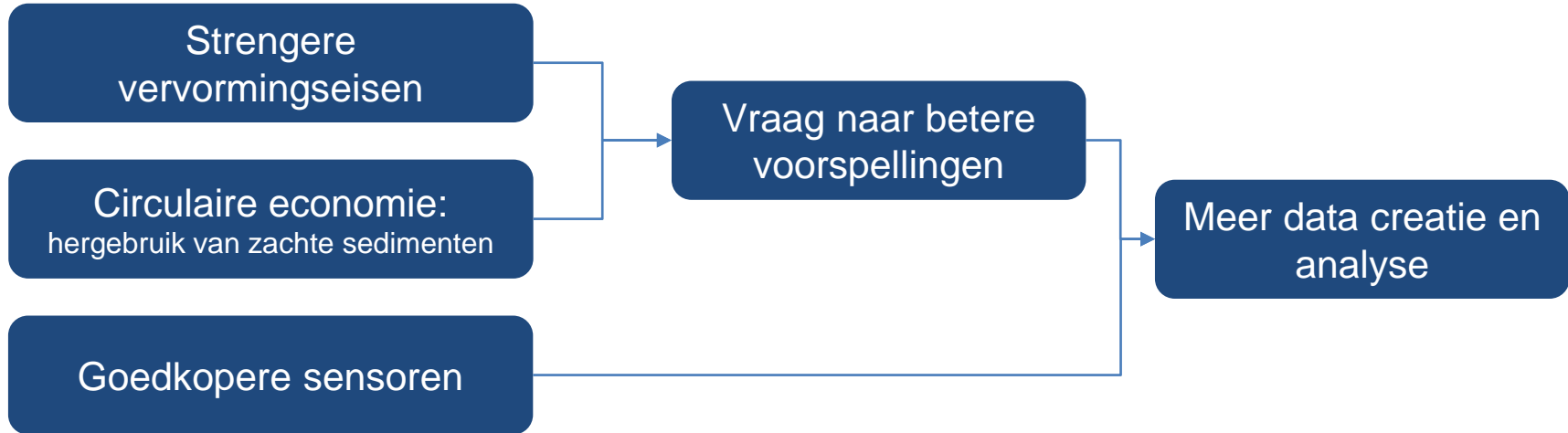


# Data explosie (in landwinning?)



- ▶ (real-time) monitoring data
- ▶ operationele feedback

# Data explosie in landwinning



- ▶ Hoe kunnen we al die data managen?

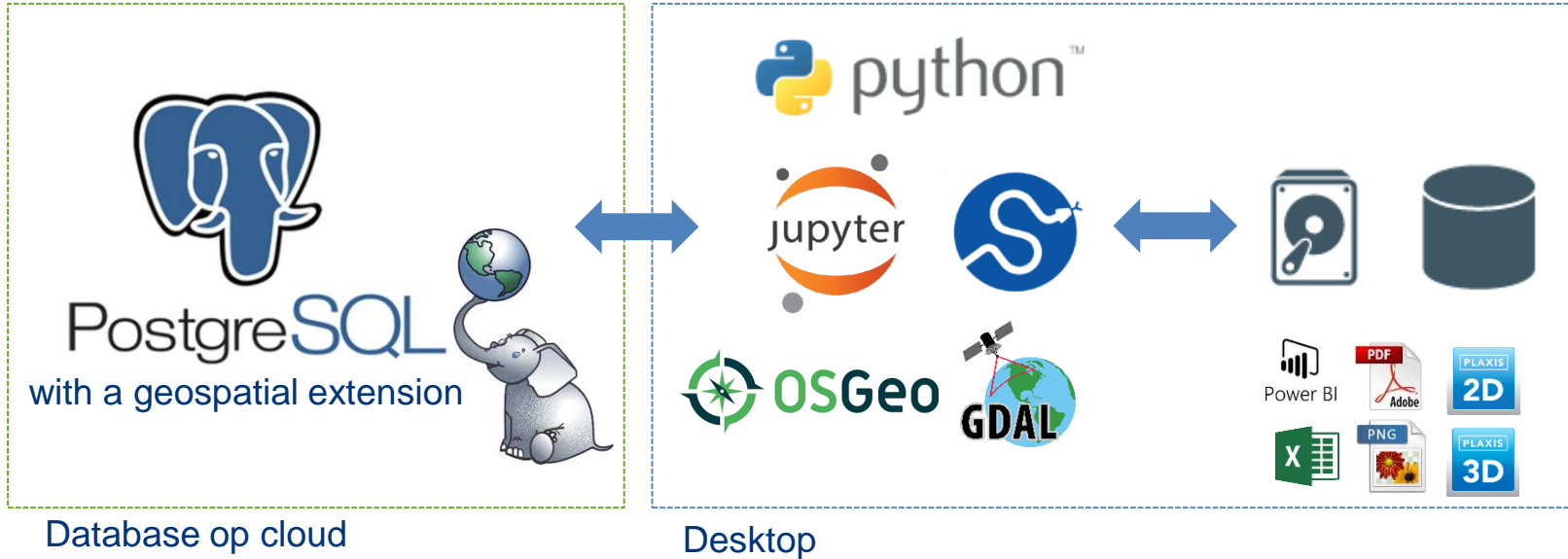
# Case study: landwinning in Singapore

- ▶ 20M TEU/jaar capaciteit
- ▶ 414ha landwinning
- ▶ +/- 26m ophoging met gebaggerde specie (silt en klei)
- ▶ Grondverbetering ter beperking van residuele zetting tot 40mm over 60 jaar
- ▶ > 200 boringen, > 2000 monsters + labotesten
- ▶ > 5000 sonderingen (land en mariene)
- ▶ > 400 instrumentatie clusters (extensometers, piezometers, ...)
  - ➔ >10,000 meetpunten over de diepte
- ▶ > 1500 zettingsbakens
- ▶ Wekelijkse topografische data over 5 jaar
- ▶ > 1.5e6 verticale drainpunten (operationele feedback)
- ▶ Real-time GPS logging van kritische operaties
- ▶ ...

## Hoe linken we alle types data?

- ▶ Traditioneel gebruik van data:
  - Visuele evaluatie door ingenieur
  - Selectie van ontwerpparameters op basis van wolk van metingen
  - Kwaliteitscontrole per punt
  - Opslag in een server met een goede mappenstructuur
  
- Data wordt vaak niet aan elkaar gelinkt op grote schaal
  
- Veel repetitief werk

# PostGIS + Python framework



Alle data gestructureerd  
in 1 database

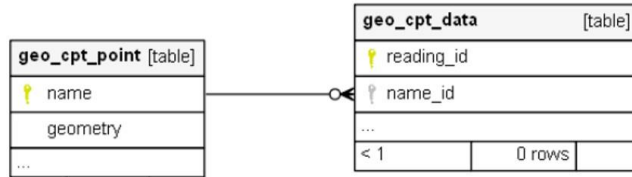
Globale link via  
locatie → **GIS**

APIs: **data** ↔ **scripts**

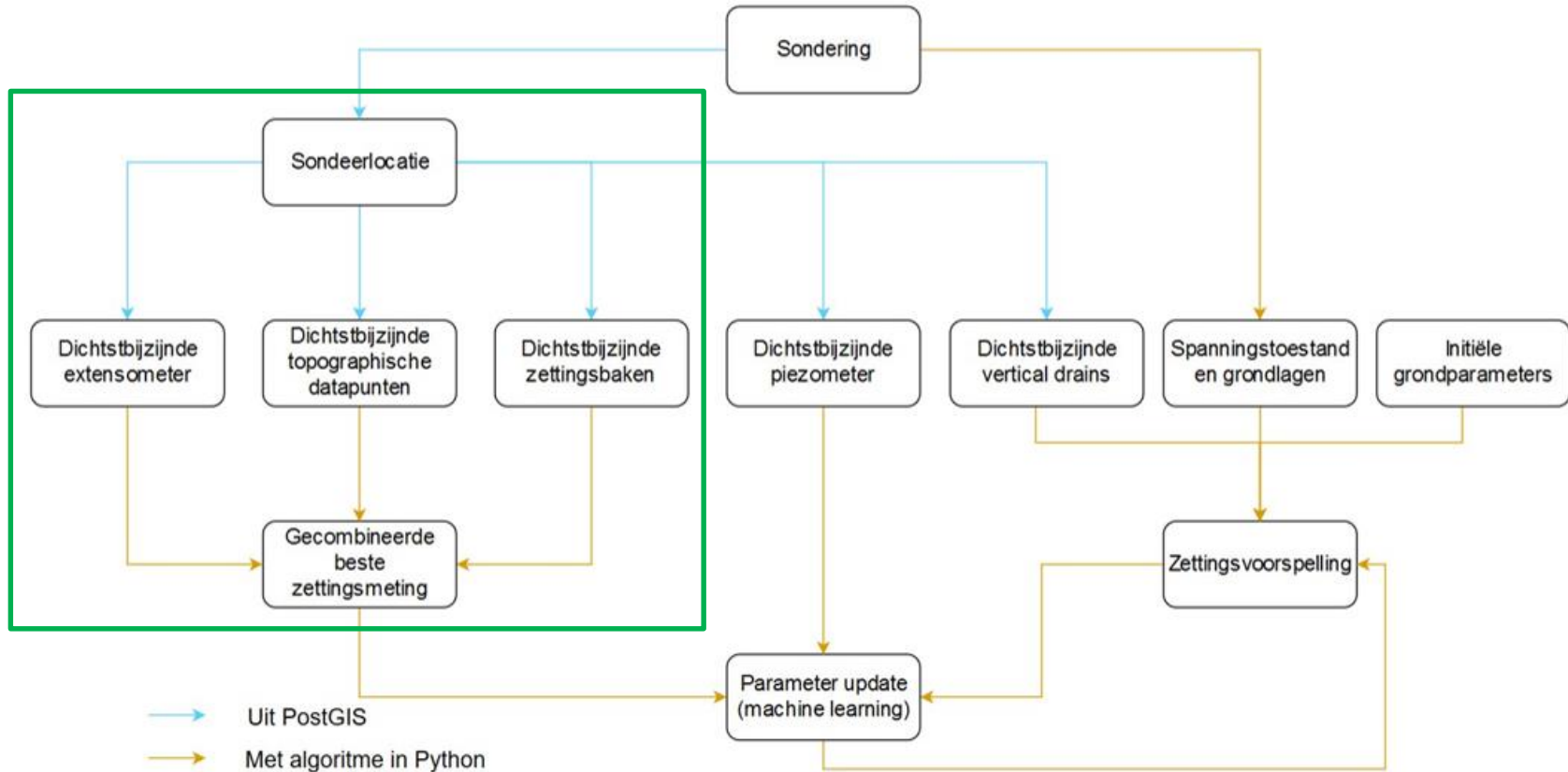


# PostGIS + Python framework

- ▶ Simpele structuur met twee tabellen voor sonderingen of monitoring
- ▶ Complexere structuur voor vergelijken van samendrukkingsproeven en classificatieproeven



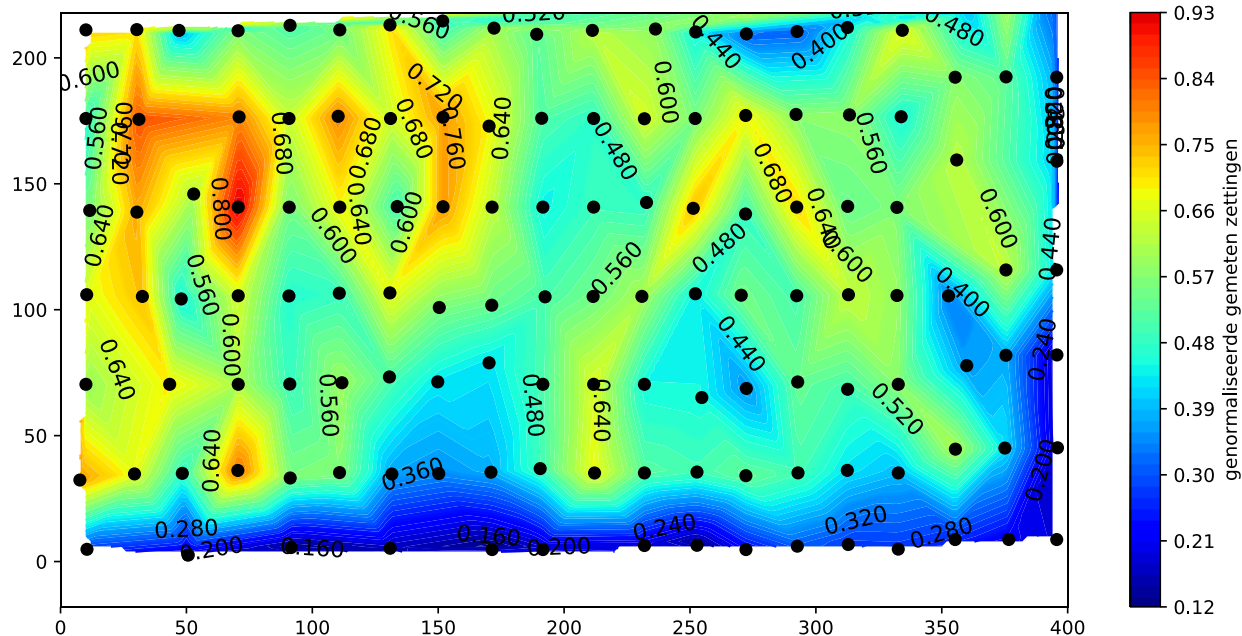
# Toepassing: zettingsmonitoring en -voorspelling





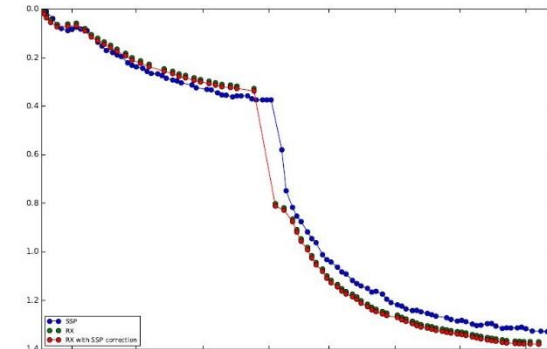
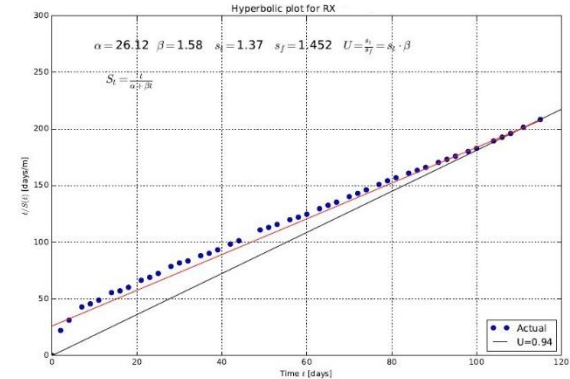
# Toepassing: zettingsmonitoring en -voorspelling

- ▶ Meten van zettingen: zettingsbakens, extensometers en drone surveys
  - Met betrouwbaarheidsevaluatie en automatische correctie

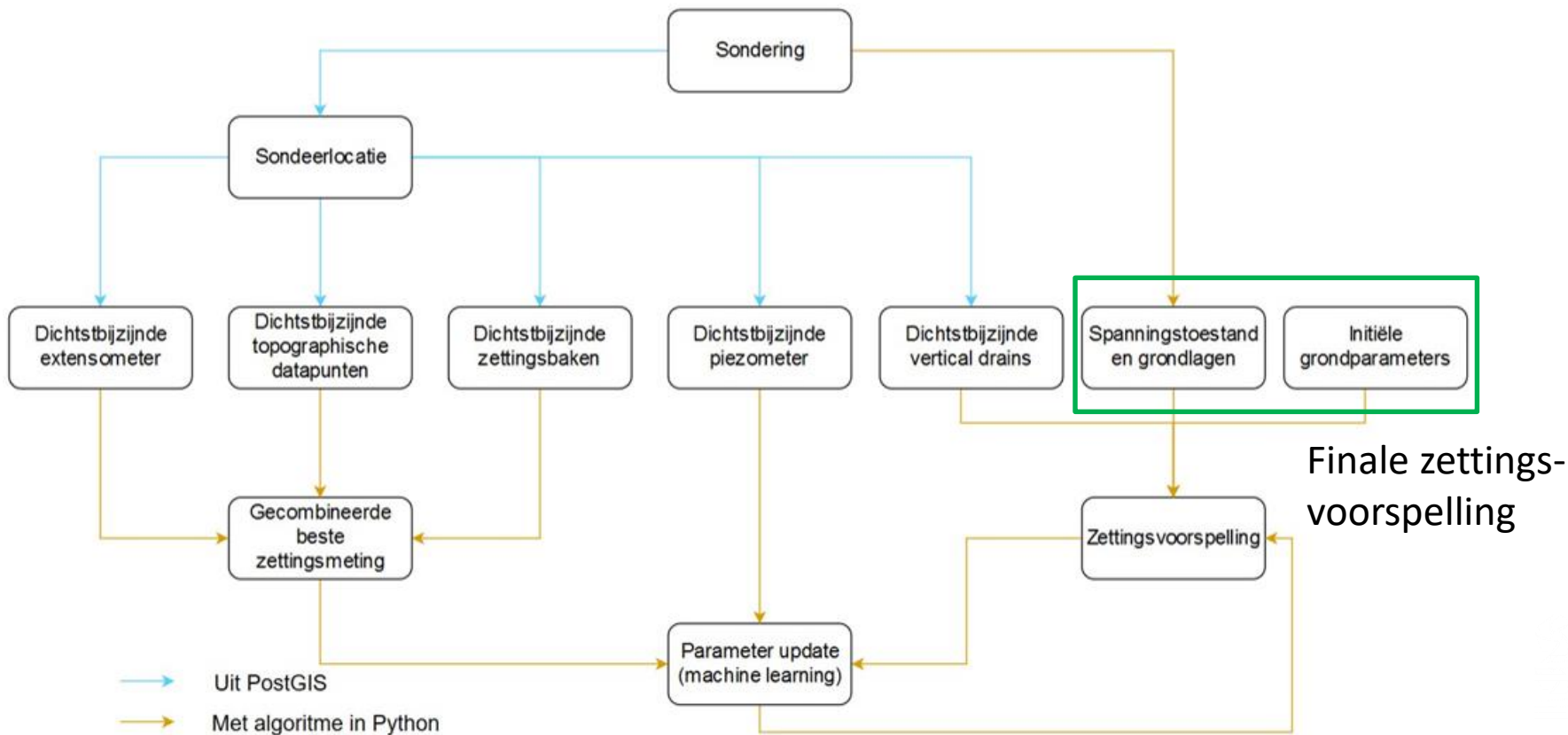


# Toepassing: zettingsmonitoring en -voorspelling

- ▶ Bepalen van consolidatiegraad: automatisatie van Asaoka en Hyperbolische evaluaties
  - Wekelijkse update
  - Evaluatie afhankelijk van:
    - Zettingsbakens
    - Extensometers
    - Voorbelastingsgeschiedenis (topografie)
  - Eindproduct: consolidatiegraad voor alle locaties



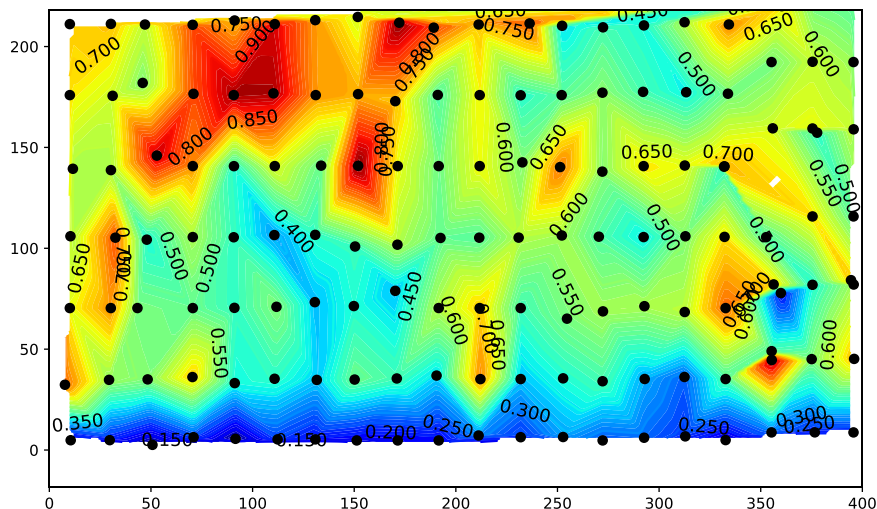
# Toepassing: zettingsmonitoring en -voorspelling



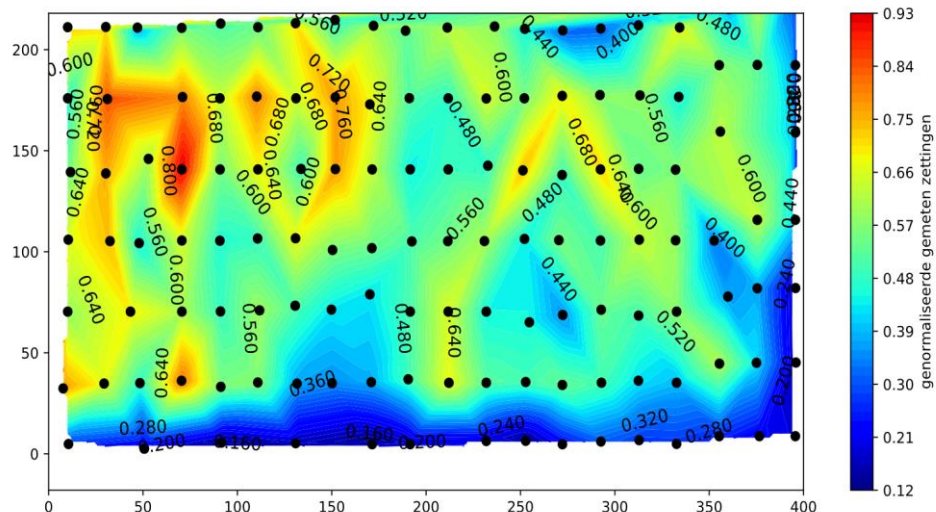
# Toepassing: zettingsmonitoring en -voorspelling

- Voorspellen van finale zettingen op basis van sonderingen
  - Sondering voor grondprofiel en spanningstoestand
  - Topografie voor voorbelasting
  - Labotesten voor samendrukbaarheidsparameters

## Globale voorspelling (voorspelling niet gecalibreerd)

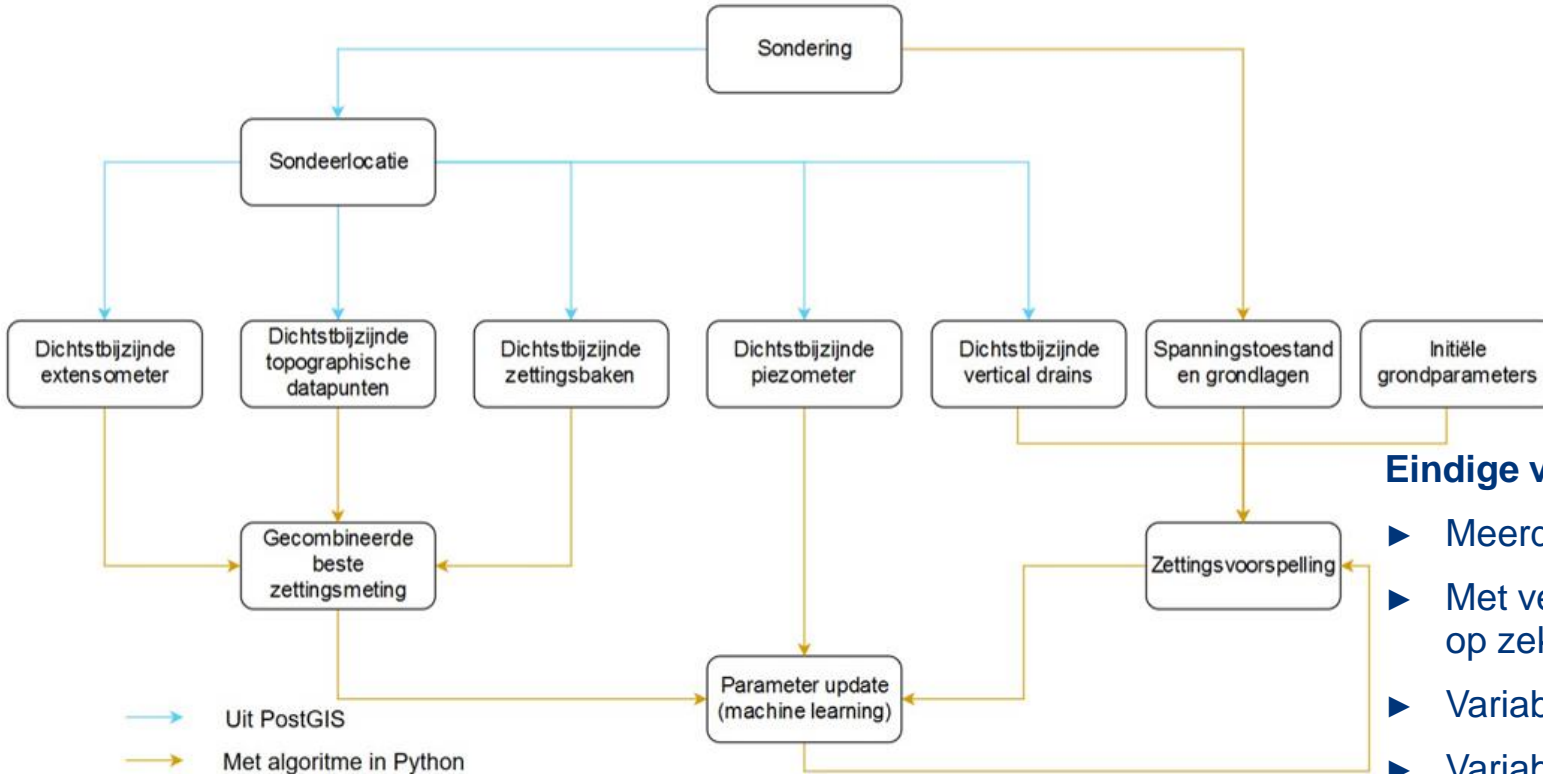


## Metingen



# Toepassing: zettingsmonitoring en -voorspelling

- Terugrekenen van zettingen **over de tijd** en bijwerken van zettingsvoorspellingen



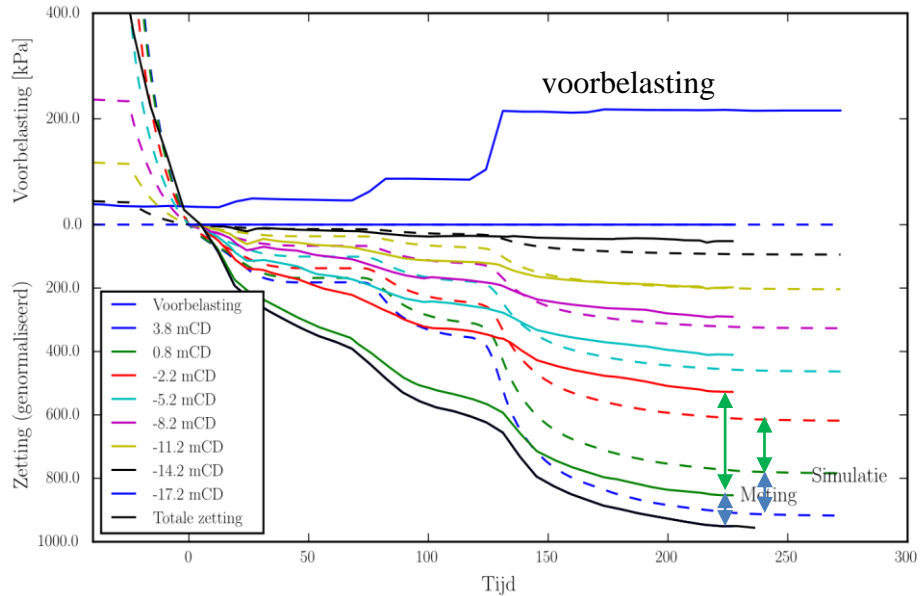
## Eindige verschil methode

- Meerdere lagen
- Met verticale drains tot op zeker diepte
- Variabele bovenbelasting
- Variabele waterniveau

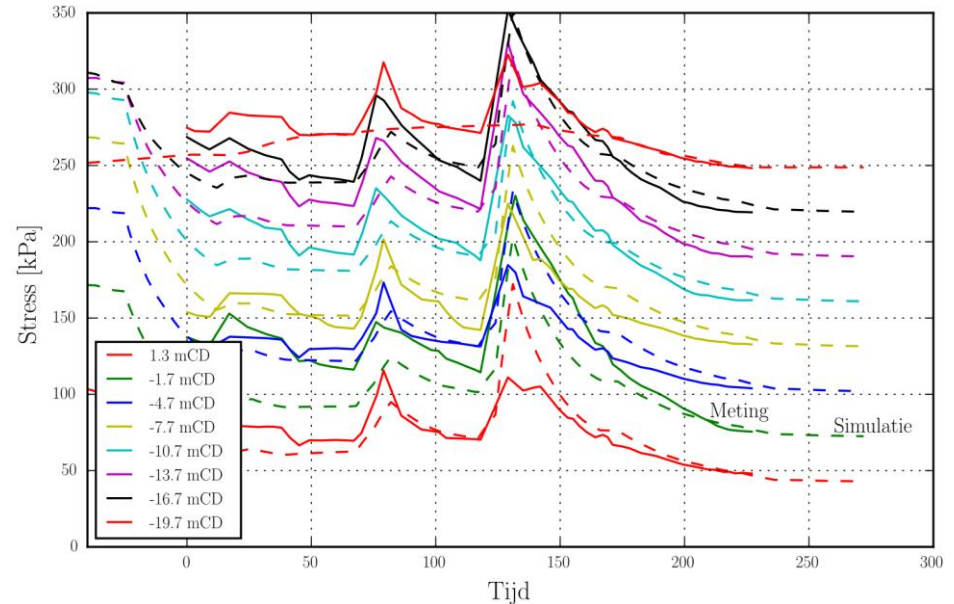
# Toepassing: zettingsmonitoring en -voorspelling

- Terugrekenen van zettingen over de tijd en bijwerken van zettingsvoorspellingen

## Extensometer (voorspelling niet gecalibreerd)

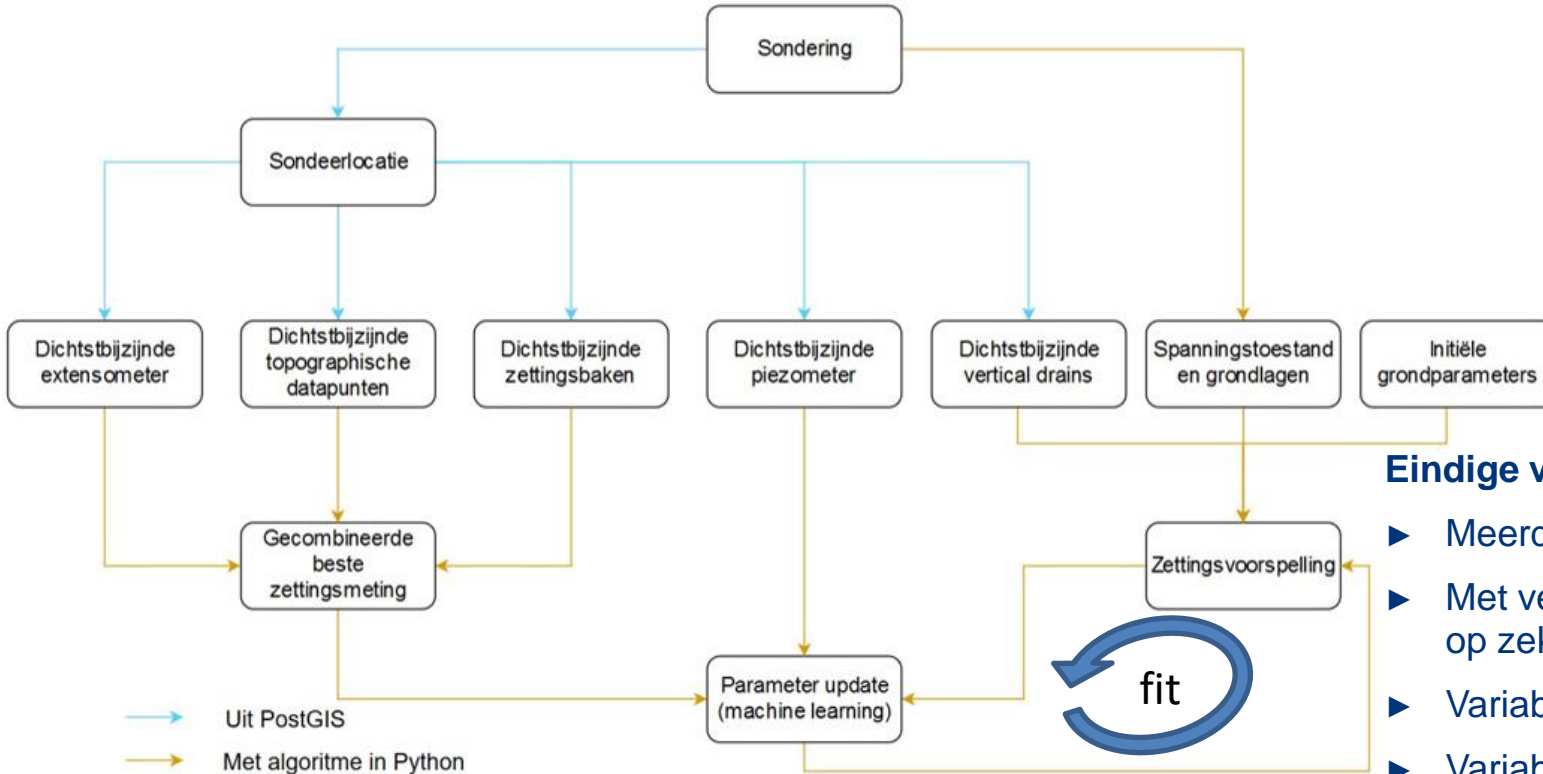


## Piezometer (voorspelling niet gecalibreerd)



# Toepassing: zettingsmonitoring en -voorspelling

- Terugrekenen van zettingen **over de tijd** en bijwerken van zettingsvoorspellingen



## Eindige verschil methode

- Meerdere lagen
- Met verticale drains tot op zeker diepte
- Variabele bovenbelasting
- Variabele waterniveau

# Toepassing: zettingsmonitoring en -voorspelling

- ▶ Terugrekenen van zettingen over de tijd en bijwerken van zettingsvoorspellingen

$$g(x) = \underbrace{a[u]}_{\text{Gewicht}} \cdot \underbrace{\sum}_{\text{Model}} \underbrace{(f(x)[u] - y[u])^2}_{\text{Metingen}} + a[S] \cdot \underbrace{\sum}_{\text{Zettingen}} (f(x)[S] - y[S])^2$$

Parameters

Waterspanningen

Zettingen

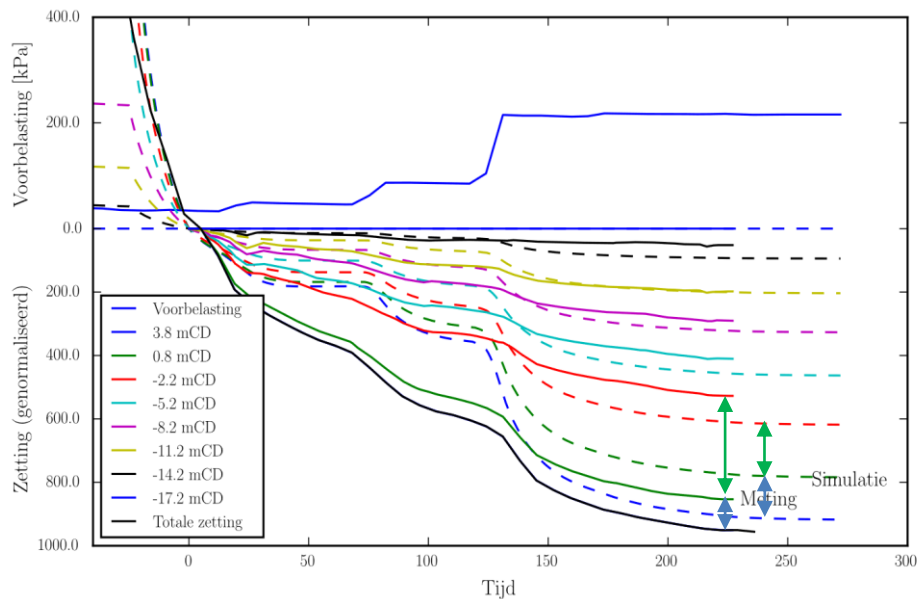
- ▶  $C_c$  (for all layers)
- ▶  $C_v$  (for all layers)
- ▶  $OCR$



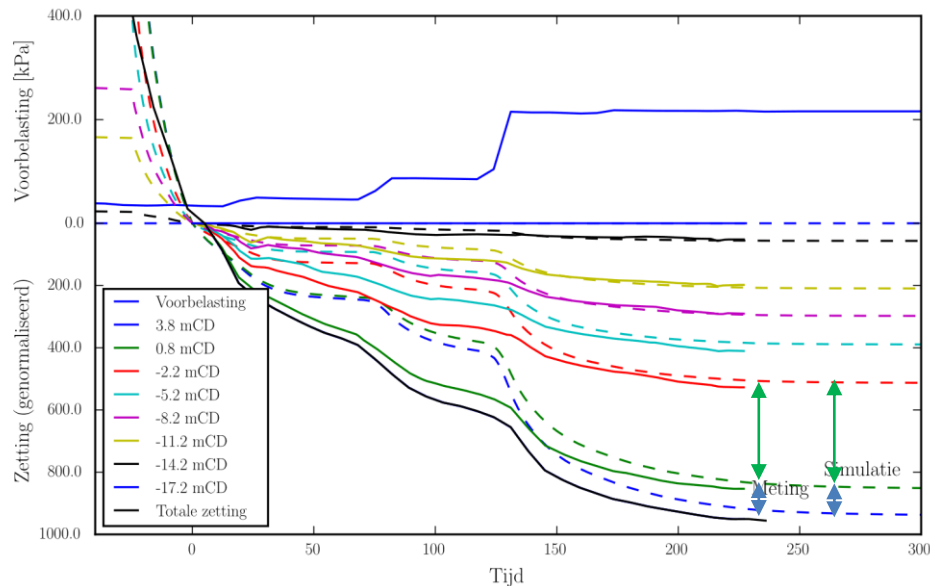
# Toepassing: zettingsmonitoring en -voorspelling

- Terugrekenen van zettingen over de tijd en bijwerken van zettingsvoorspellingen

## Extensometer (voorspelling niet gecalibreerd)



## Extensometer (voorspelling gecalibreerd)



## Conclusies

- ▶ Het PostGIS-python framework laat geïntegreerde data-opslag en verwerking toe
- ▶ Moderne geotechniek:
  - grondmechanische basis (physics-based model) + data-gestuurde evaluatie
- ▶ Dankzij integratie van grondonderzoek, monitoring en operationele feedback kunnen grondvervormingen automatisch worden geëvalueerd
  - continue update van voorspellingen op basis van nieuwe metingen