

BIS Nederland Symposium 9 februari 2012

Van een diversiteit aan data naar een 3D-kaart van
de bodem

Dennis Walvoort, e.a.



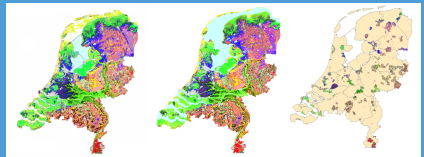
Wat zit in het Bodemkundig InformatieSysteem?

■ vlakgegevens

- bodemkaart 1:250000
- bodemkaart 1:50000
- bodemkaart 1:10000

■ puntgegevens

- profielbeschrijvingen
- bodemfysica
- bodemchemie
- ...



Wat is de informatiebehoefte?

Vaak geen *puntgegevens* maar *vlakgegevens*.
Bijvoorbeeld thematische bodemkaarten:

- koolstofvoorraad;
- lutumgehalte ('klei');
- zuurneutraliserende vermogen;
- uitspoelingsgevoeligheid voor nutriënten;
- fosfaatbindendvermogen;
- waterbergendvermogen;
- . . .

Wat is de informatiebehoefte?

Vaak geen *puntgegevens* maar *vlakgegevens*. Bijvoorbeeld thematische bodemkaarten.



■ zitten *niet* in BIS

Wat is de informatiebehoefte?

Vaak geen *puntgegevens* maar *vlakgegevens*. Bijvoorbeeld thematische bodemkaarten.



- zitten *niet* in BIS
- zijn mogelijk al wel eens vervaardigd o.b.v. BIS (*ad-hoc*)

Wat is de informatiebehoefte?

Vaak geen *puntgegevens* maar *vlakgegevens*. Bijvoorbeeld thematische bodemkaarten.



- zitten *niet* in BIS
- zijn mogelijk al wel eens vervaardigd o.b.v. BIS (*ad-hoc*)
- maar zijn waarschijnlijk niet specifiek genoeg.

Voorbeeld (fictief): kaart van organische stof

kaarteigenschap	'beschikbaar'	gevraagd
dekking (extent)	Nederland	Deel Noord-Limburg
resolutie horizontaal	$250 \times 250 \text{ m}^2$	$50 \times 50 \text{ m}^2$
resolutie vertikaal	variabel	ploeglaag
ouderdom gegevens	?	laatste 10 jaar
nauwkeurigheid	onbekend	bekend én gemaximaliseerd
documentatie	beperkt	volledig

Voorbeeld (fictief): kaart van organische stof

kaarteigenschap	'beschikbaar'	gevraagd
dekking (extent)	Nederland	Deel Noord-Limburg
resolutie horizontaal	$250 \times 250 \text{ m}^2$	$50 \times 50 \text{ m}^2$
resolutie vertikaal	variabel	ploeglaag
ouderdom gegevens	?	laatste 10 jaar
nauwkeurigheid	onbekend	bekend én gemaximaliseerd
documentatie	beperkt	volledig



– mismatch tussen beschikbare en gevraagde informatie

Voorbeeld (fictief): kaart van organische stof

kaarteigenschap	'beschikbaar'	gevraagd
dekking (extent)	Nederland	Deel Noord-Limburg
resolutie horizontaal	$250 \times 250 \text{ m}^2$	$50 \times 50 \text{ m}^2$
resolutie vertikaal	variabel	ploeglaag
ouderdom gegevens	?	laatste 10 jaar
nauwkeurigheid	onbekend	bekend én gemaximaliseerd
documentatie	beperkt	volledig



- mismatch tussen beschikbare en gevraagde informatie
- maar er wordt gewerkt aan een oplossing ...

Doel van het deltaBIS-project

Ontwikkelen van een systeem dat:

- puntgegevens in BIS omzet naar *vlakinformatie* (kaarten)
- de *nauwkeurigheid* van de kaarten kwantificeert
- de *reproduceerbaarheid* van de kaarten garandeert

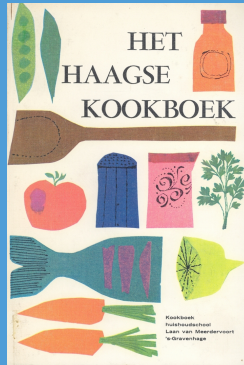
Een kijkje in de keuken: van ingrediënten naar gerecht

■ ingrediënten



Een kijkje in de keuken: van ingrediënten naar gerecht

- ingrediënten
- kookboek



Een kijkje in de keuken: van ingrediënten naar gerecht

- ingrediënten
- kookboek
- recept

Citroenbiscotti

door John Campbell, uit 'Koken als een topkok'

Ingrediënten:
250 g boter / 2 el boter
200 g suiker
2 eieren
200 g bloem
1 el bakpoeder
400 g suiker
150 g pecanooten
150 g amandelen



De oven voorverwarmen op 150°C.

Smelt 250 g boter in een pannetje en voeg de geraspte citroenschil en het geraspte sap toe. Doe de eieren, citroenschil en de suiker in een kom en klop alles iets luchtig. Zef het bakpoeder en het cakemeel boven het roeromroer en roer dit met een bakspaan er doorheen. Voeg de fijngesneden pecanooten en amandelen toe. Roer het citroenmengsel er goed door.

Verdeel het deeg in draads en knede er broden in de vorm van ciabatta's van. Leg de broden op een bakplaat die bedekt is met vetvrij bakpapier en bak ze in 40 minuten goudbruin. Niet te lang bakken, want dan worden ze te hard om later in plakken te snijden. Verwijder de broden uit de oven en laat op een rooster afkoelen.

De biscottibroden kunnen nu afgekoeld per stuk verpakt worden en maximaal drie weken in de diepvries worden bewaard. De dag waarop ze gebruikt gaan worden, eerst ontdooien alvorens in plakken te snijden.

Verwarm de oven voor op 180°C.

Snijdt elk biscottibrood in twee plakken. Leg deze op een met bakpapier bedekte bakplaat en bak 2 tot 3 minuten totdat de biscotti goudbruin zijn. Haal ze uit de oven en laat op een rooster afkoelen. Bewaar de biscotti tot gebruik (maximaal 24 uur) in een luchtdicht doosje.



Een kijkje in de keuken: van ingrediënten naar gerecht

- ingrediënten
- kookboek
- recept
- keukengerief



Een kijkje in de keuken: van ingrediënten naar gerecht

- ingrediënten
- kookboek
- recept
- keukengerief
- experts



Een kijkje in de keuken: van ingrediënten naar gerecht

- ingrediënten
- kookboek
- recept
- keukengerief
- experts
- amateurs



Een kijkje in de keuken: van ingrediënten naar gerecht

- ingrediënten
- kookboek
- recept
- keukengerief
- experts
- amateurs
- gerecht



Een kijkje in de keuken: van ingrediënten naar gerecht

- ingrediënten
- kookboek
- recept
- keukengerief
- experts
- amateurs
- gerecht
- kwaliteitskeuring



Een kijkje in de keuken: van data naar kaart

- ingrediënten: gegevens in BIS



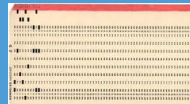
Een kijkje in de keuken: van data naar kaart

- ingrediënten: gegevens in BIS
- kookboek: blauwdrukken voor kaarten



Een kijkje in de keuken: van data naar kaart

- ingrediënten: gegevens in BIS
- kookboek: blauwdrukken voor kaarten
- recept: specifieke blauwdruk (algoritme)



Een kijkje in de keuken: van data naar kaart

- ingrediënten: gegevens in BIS
- kookboek: blauwdrukken voor kaarten
- recept: specifieke blauwdruk (algoritme)
- keukengerief: programmeertalen, softwarebibliotheken



Een kijkje in de keuken: van data naar kaart

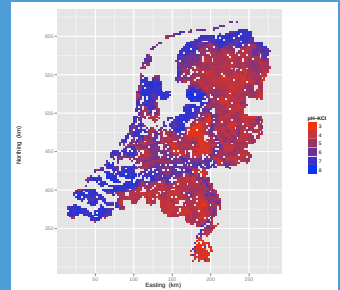
- ingrediënten: gegevens in BIS
- kookboek: blauwdrukken voor kaarten
- recept: specifieke blauwdruk (algoritme)
- keukengerief: programmeertalen, softwarebibliotheken
- experts: bodemkundigen, geo-informatici, statistici, ...



Wiebe Weling
voorzitter 'De Friesche Elf Steden'

Een kijkje in de keuken: van data naar kaart

- ingrediënten: gegevens in BIS
- kookboek: blauwdrukken voor kaarten
- recept: specifieke blauwdruk (algoritme)
- keukengerief: programmeertalen, softwarebibliotheken
- experts: bodemkundigen, geo-informatici, statistic, ...
- gerecht: kaart + betrouwbaarheid



Een kijkje in de keuken: van data naar kaart

- ingrediënten: gegevens in BIS
- kookboek: blauwdrukken voor kaarten
- recept: specifieke blauwdruk (algoritme)
- keukengerief: programmeertalen, softwarebibliotheken
- experts: bodemkundigen, geo-informatici, statistic, ...
- gerecht: kaart + betrouwbaarheid
- kwaliteitskeuring: validatie



Eigenschappen van het systeem

- recepten worden opgeslagen i.p.v. kaarten
 - minder opslagcapaciteit (goedkoper!)
 - kaarten kunnen efficiënter worden geactualiseerd

Eigenschappen van het systeem

- recepten worden opgeslagen i.p.v. kaarten
 - minder opslagcapaciteit (goedkoper!)
 - kaarten kunnen efficiënter worden geactualiseerd
- recepten kunnen worden aangepast
 - andere geografische uitsnede
 - andere periode
 - andere bodemeigenschap
 - andere resolutie (aggregatie)
 - andere methodiek
 - ...

Eigenschappen van het systeem

- recepten worden opgeslagen i.p.v. kaarten
 - minder opslagcapaciteit (goedkoper!)
 - kaarten kunnen efficiënter worden geactualiseerd
- recepten kunnen worden aangepast
 - andere geografische uitsnede
 - andere periode
 - andere bodemeigenschap
 - andere resolutie (aggregatie)
 - andere methodiek
 - ...
- reproduceerbaarheid ('*backtracking*')
 - vastlegging procedure om kaart te vervaardigen
 - vastlegging tussenresultaten
 - vastlegging aannames e.d.
 - ...

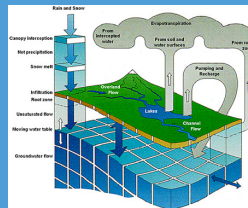
Resultaten van een sessie

- één of meerdere kaarten
- nauwkeurigheid van de kaart
- rapportage
 - beschrijving van de kaart
 - overzicht van aannames
 - beschrijving van beschikbare data
 - tussenresultaten
 - validatieresultaten

‘Vervaardiging van een 3D-bodemkaart’

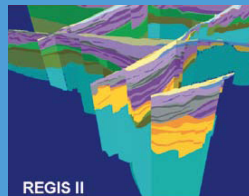
Probleem

- Hydrologische modellen hebben gedetailleerde geohydrologische informatie nodig



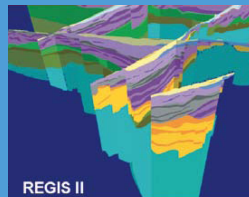
Probleem

- Hydrologische modellen hebben gedetailleerde geohydrologische informatie nodig
- Belangrijke bron: REGIS
'REgionale Geohydrologische Informatie Systeem'



Probleem

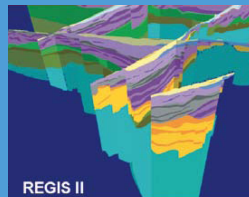
- Hydrologische modellen hebben gedetailleerde geohydrologische informatie nodig
- Belangrijke bron: REGIS
'REgionale Geohydrologische Informatie Systeem'
- REGIS geeft te weinig detail voor de bovenste twee meters



Doelstellingen

Ontwikkelen van een gedetailleerd 3-D model van de bovengrond ter verfijning van REGIS

- resolutie: $25 \times 25 \times 0.25 \text{ m}^3$
- o.m. *textuurfracties*, gehalte aan organische stof



Aandachtspunten

- textuurgegevens: klassen én fracties

Aandachtspunten

- textuurgegevens: klassen én fracties
- textuurfracties: lastig datatype (composities)

Aandachtspunten

- textuurgegevens: klassen én fracties
- textuurfracties: lastig datatype (composities)
- hoe kwantificeren we de betrouwbaarheid van de kaart?

Aandachtspunten

- textuurgegevens: klassen én fracties
- textuurfracties: lastig datatype (composities)
- hoe kwantificeren we de betrouwbaarheid van de kaart?
- hoe combineren we gegevens uit verschillende bronnen?

Aandachtspunten

- textuurgegevens: klassen én fracties
- textuurfracties: lastig datatype (composities)
- hoe kwantificeren we de betrouwbaarheid van de kaart?
- hoe combineren we gegevens uit verschillende bronnen?
- hoe maken we 3D-kaarten?

Studiegebied

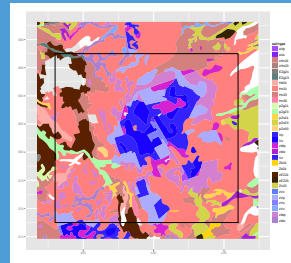


■ Deurnsche Peel / Maria Peel



Studiegebied

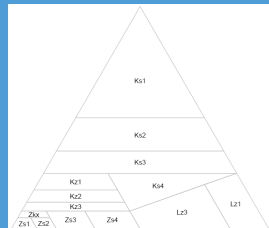
- Deurnsche Peel / Maria Peel
- Zandgronden met in het centrum veen



Beschikbare gegevens

■ Textuurklassen REGIS

- klei, kleiig zand, zandige klei
- fijn zand, grof zand
- ...



Beschikbare gegevens

■ Textuurklassen REGIS

- klei, kleiig zand, zandige klei
- fijn zand, grof zand
- ...

■ Textuurpercentages BIS

- 5% lutum (kleideeltjes), 10% leem
- laboratorium bepalingen
- veldschattingen



Beschikbare gegevens

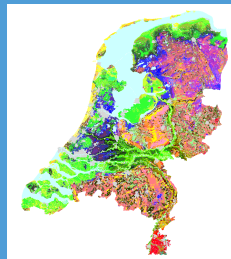
■ *Textuurklassen* REGIS

- klei, kleiig zand, zandige klei
- fijn zand, grof zand
- ...

■ *Textuurpercentages* BIS

- 5% lutum (kleideeltjes), 10% leem
- laboratorium bepalingen
- veldschattingen

■ Bodemkaart schaal 1:50,000



Beschikbare gegevens

■ *Textuurklassen* REGIS

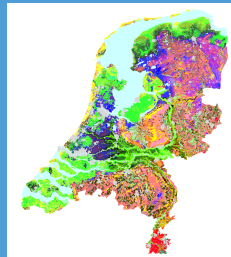
- klei, kleiig zand, zandige klei
- fijn zand, grof zand
- ...

■ *Textuurpercentages* BIS

- 5% lutum (kleideeltjes), 10% leem
- laboratorium bepalingen
- veldschattingen

■ Bodemkaart schaal 1:50,000

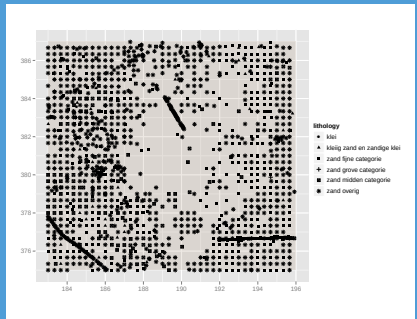
NB: Gegevens verschillen sterk in betrouwbaarheid!



Waarnemingslokaties



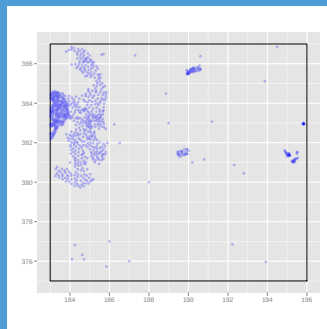
■ *Textuurklassen* REGIS (ca. 2000 profielen)



Waarnemingslokaties



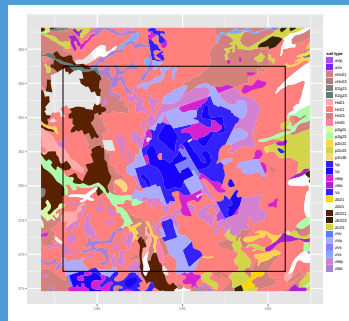
- *Textuurklassen* REGIS
(ca. 2000 profielen)
- *Textuurpercentages* BIS
(ca. 800 profielen)



Waarnemingslokaties



- *Textuurklassen* REGIS
(ca. 2000 profielen)
- *Textuurpercentages* BIS
(ca. 800 profielen)
- Bodemkaart 1:50,000
(bijna vlakdekkend)



Aanpak

1. Harmoniseren van gegevens

- textuurindeling REGIS en BIS verschillen
- omzetten van *textuurklassen* naar *textuurfracties*

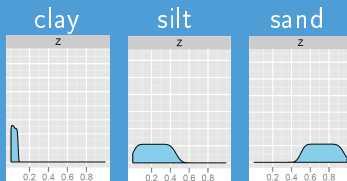
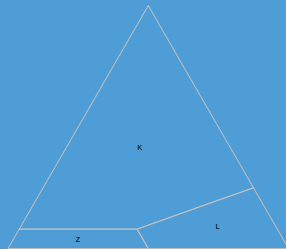
2. Kwantificering datakwaliteit

- laboratoriumgegevens zijn betrouwbaarder dan veldschattingen
- *textuurfracties* geven meer informatie dan *textuurklassen*

3. Slim combineren van textuurgegevens tot een 3D-kaart

Van textuurklassen naar -fracties: een voorbeeld

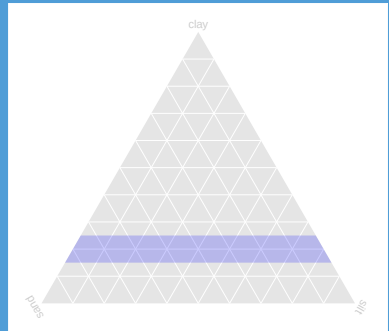
- Textuurklasse 'Z'
(alle soorten zand)
- Alle punten in polygoon 'Z'
komen in aanmerking



Kwantificering datakwaliteit

■ Stel dat

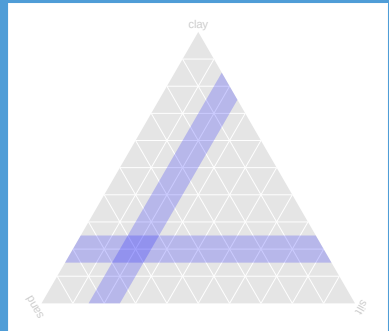
- lutum = 20%
- silt = 20%
- zand = 60%
- 'onzekerheid' is 10%



Kwantificering datakwaliteit

■ Stel dat

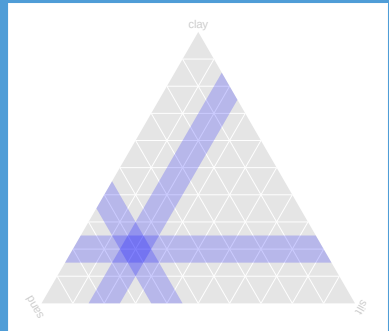
- lutum = 20%
- silt = 20%
- zand = 60%
- 'onzekerheid' is 10%



Kwantificering datakwaliteit

■ Stel dat

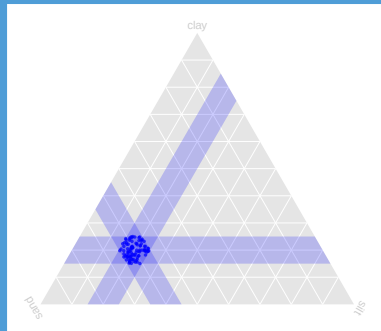
- lutum = 20%
- silt = 20%
- zand = 60%
- 'onzekerheid' is 10%



Kwantificering datakwaliteit

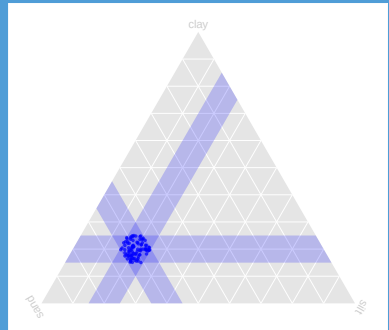
■ Stel dat

- lutum = 20%
- silt = 20%
- zand = 60%
- 'onzekerheid' is 10%



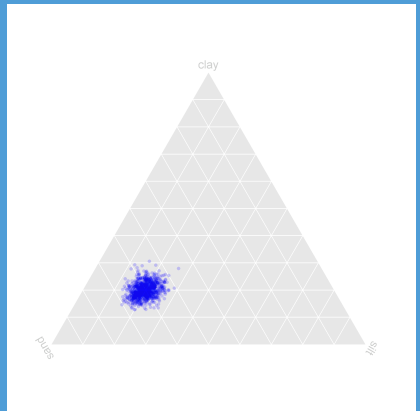
Kwantificering datakwaliteit

- Stel dat
 - lutum = 20%
 - silt = 20%
 - zand = 60%
 - 'onzekerheid' is 10%
- uniforme verdeling is niet waarschijnlijk



Kwantificering datakwaliteit

- Stel dat
 - lutum = 20%
 - silt = 20%
 - zand = 60%
 - 'onzekerheid' is 10%
- uniforme verdeling is niet waarschijnlijk
- daarom speciale verdeling (Dir)



Kwantificering datakwaliteit bij incomplete gegevens

■ Stel dat

- lutum = 60%
- silt = ??? %
- zand = ??? %



Kwantificering datakwaliteit bij incomplete gegevens

■ Stel dat

- lutum = 60%
- silt = ??? %
- zand = ??? %

■ Textuurpercentages

- zitten ergens op de lijn
- liggen meest waarschijnlijk bij band van bestaande textuurgegevens



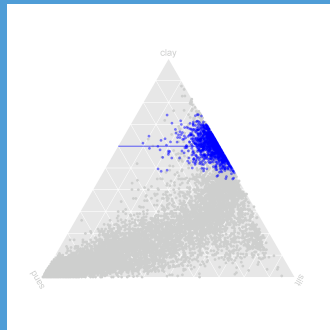
Kwantificering datakwaliteit bij incomplete gegevens

■ Stel dat

- lutum = 60%
- silt = ??? %
- zand = ??? %

■ Textuurpercentages

- zitten ergens op de lijn
- liggen meest waarschijnlijk bij band van bestaande textuurgegevens



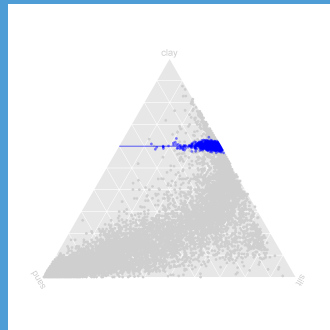
Kwantificering datakwaliteit bij incomplete gegevens

■ Stel dat

- lutum = 60%
- silt = ??? %
- zand = ??? %

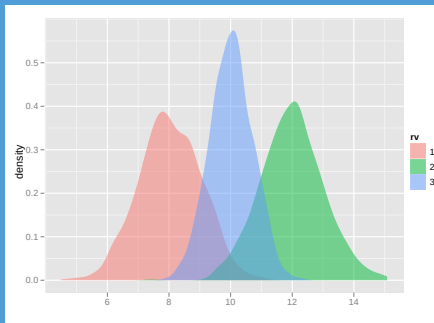
■ Textuurpercentages

- zitten ergens op de lijn
- liggen meest waarschijnlijk bij band van bestaande textuurgegevens



Aanpak (samenvattend)

1. Gegevens zijn geharmoniseerd
2. Datakwaliteit is gekwantificeerd
3. Rest: slim combineren van textuurgegevens tot een 3D-kaart



Resultaten: Rapportage

A three dimensional soil model by combining data from
multiple sources

Dennis Walvoort e.a.

February 8, 2012

Resultaten: Rapportage

Chapter 2

Preprocessing of data sources

2.1 Introduction

The purpose of this section is to harmonize the different data sources:

- Soil map of the Netherlands scale 1 : 50000;
- Boundaries of geological formations in DGM (Digital Geological Model maintained by TNO);
- Profile data residing in RIS (Soil Information System of the Netherlands);
- Profile data residing in the REGIS database (Regional Geohydrological Information System, maintained by TNO).

2.2 Available data sets

In this section, all available data sets will be loaded.

2.2.1 Study area

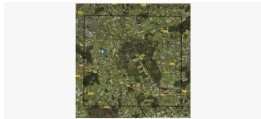
A vector map representing the boundary of the study area is needed to select relevant observations from the database and to create a simulation grid. In addition, it will be useful for visualization purposes.

```
map_boundary_studiesarea <- readDBI(  
  dbm = file.path(DATA_PATH, "mapge"),  
  layer = "boundary_studiesarea",  
  verbose = FALSE  
)  
projecting(map_boundary_studiesarea) <- CRS("+proj=utm")
```

A vector map of the Netherlands comes in handy as a reference map.

```
map_boundary_nl <- readDBI(  
  dbm = file.path(DATA_PATH, "mapge"),  
  layer = "NL",
```

Resultaten: Rapportage



2.2.2 Simulation nodes

The aim is to simulate realisations of soil properties at the nodes of a three dimensional grid. The grid cells of this grid are called voxels. The following structure holds the horizontal and vertical discretisation of the study area.

```
boundingbox <- bbox(map_boundary_vector)
discretisation <- list(
  x1 = seq(
    from = boundingbox["x", "min"],
    to = boundingbox["x", "max"],
    by = RESOLUTION_PLANE
  ),
  x2 = seq(
    from = boundingbox["y", "min"],
    to = boundingbox["y", "max"],
    by = RESOLUTION_PLANE
  ),
  z1 = seq(
    from = -0.8 * RESOLUTION_DEPTH,
    to = 0.0 * RESOLUTION_DEPTH,
    by = RESOLUTION_DEPTH
  )
)
```

Discretisation of the study area

It can be expanded to a `data.frame` containing the centres of the voxels by calling the `expand_grid` function.

2.2.3 Soil map scale 1:50 000

An important source of information is the soil map of the Netherlands, scale 1:50 000. This map consolidates expert knowledge of many experienced soil surveyors. It provides spatial patterns of soil variables in relation to landscape characteristics (e.g. geology, geomorphology, hydrology, vegetation, and human impact).

```
soil <- readRDS(
  file.path(DIR, "soil", "soil.rds"),
  as.is = TRUE, as.data.frame = FALSE
)
```


Resultaten: Rapportage



2.2.2 Simulation nodes

The aim is to simulate realizations of soil properties at the nodes of a three dimensional grid. The grid cells of this grid are called voxels. The following structure holds the vertical discretization of the study area:

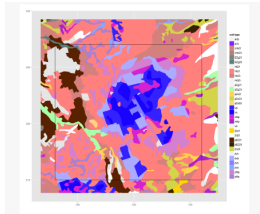
```
boundingBox <- bbox(map_boundary_studyarea)
discretization <- list(
  s1 = seq(
    from = boundingBox["x", "min"],
    to = boundingBox["x", "max"],
    by = RESOLUTION_PLANE
  ),
  s2 = seq(
    from = boundingBox["y", "min"],
    to = boundingBox["y", "max"],
    by = RESOLUTION_PLANE
  ),
  s3 = seq(
    from = boundingBox["z", "min"],
    to = boundingBox["z", "max"],
    by = RESOLUTION_PLANE
  )
)
```

Resultaten: Rapportage

```
}  
indb1 <- (grsp[features = "V1", s = sBORSTH_RIB])  
map_soil_s1 <- s[indb1,]
```

The soil map of the Netherlands has been clipped to the extent of the study area and is given below:

```
s <- readRST(  
  db = file.path(DATA_DIR, "soil"),  
  layer = "soil_gisdata",  
  verbose = FALSE  
)  
indb1 <- (grsp[features = "V1", s = sBORSTH_RIB])  
map_soil_studyarea <- s[indb1,]
```



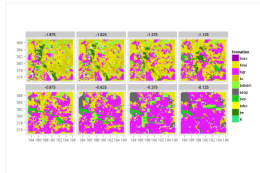
The center and south western parts of the area are dominated by peat soils. The majority of soils are sandy.

2.2.4 Geological formations

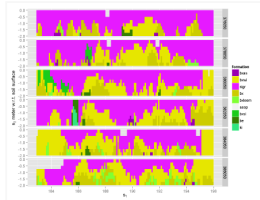
The boundaries of geological formations have been provided by TNO. These formations may serve as strata. In this section, the boundaries will be read and converted to voms.

The boundaries provided by TNO should be stacked (starting at the soil surface) to create

Resultaten: Rapportage



Several East-West running transects are given in the figure below.



Resultaten: Rapportage

```
## 1 2206 F79 190450 464600 1963 0.00 -0.30 LUTUM.M 4.0
## 2 2206 F79 190450 464600 1963 -0.10 -0.38 LUTUM.M 0.0
## 3 2206 F79 190450 464600 1963 -0.10 -0.34 LUTUM.M 0.0
## 4 2206 F79 190450 464600 1963 -0.46 -0.70 LUTUM.M 1.5
## 5 2206 F79 190450 464600 1963 -0.70 -2.80 LUTUM.M 1.0
## 6 2206 F79 190450 464600 1963 -0.24 -0.40 LUTUM.M 2.5
```

A total of 1236222 records have been retrieved. First, geological codes not in [100,700] have to be removed (see Jos Cate et al., 1995):

```
id <- which(!d$property == "100,700")
id <- id[!(d$value[id] %in% c(100:700, "character"))]
value[d$value[id]]
```

```
##
##      0      1      5     20     75     95
## 266619      1     10      1      7      2
```

```
d <- d[id,]
```

Summary statistics of LUTUM.M, LUTUM.M, on MELO.M are given below:

	property	Min.	1st Qs.	Median	Mean	3rd Qs.	Max.
1	LUTUM.M	0.10	10.00	25.70	30.20	70.50	102.00
2	LUTUM.M	0.00	3.20	7.00	14.70	21.00	87.50
3	MELO.M	65.00	110.00	145.00	163.00	170.00	965.00

Note that some LUTUM values are greater than the physical upper bound of 100. These may be due to typos and are hard to correct. Therefore, these records will be removed.

```
id <- which(d$property == "LUTUM")
id <- id[which(c(d$median[id], "median") > 100)]
d[id,]
```

```
##      id source earing parking pair      top bottom property value
## 13188 1229 F98 161720 428600 1960 0.00 -0.20 LUTUM.M 102
## 13189 1229 F98 161720 428600 1960 -0.26 -0.50 LUTUM.M 101
## 13670 1147 F98 160660 460600 1962 -1.20 -1.40 LUTUM.M 101
## 14070 1040 F98 143910 446075 1963 -0.45 -0.75 LUTUM.M 101
## 15062 2044 F98 133560 473110 1960 -0.40 -0.80 LUTUM.M 101
```

```
d <- d[id,]
```

Next, the remaining 1239577 records should be corrected and stored in `bia.nl`:

```
# add type field
d$type <- ifelse(d$property == "100", s = d$property, "lab", "field")
# points can now be removed
d$property <- sub(d$pattern == ".M", replacement = "", x = d$property)
# return RSE to CSE
d$property <- sub(d$pattern == "RSE", replacement = "CSE", s = d$property)
```

Finally, the results will be stored in `bia.nl`

Resultaten: Rapportage

```
id <- id[!(d$value[id] %in% as(100:700, "character"))]  
table(d$value[id])
```

```
##  
##      0      1      5     20     21     66  
## 296619      1     10      1      7      2
```

```
d <- d[-id,]
```

Summary statistics of `LEEM_M`, `LUTUM_M`, en `M50_M` are given below:

	property	Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
1	LEEM_M	0.10	10.60	25.70	39.20	70.30	102.00
2	LUTUM_M	0.00	3.30	7.00	14.70	21.90	87.50
3	M50_M	65.00	110.00	145.00	143.00	170.00	865.00

Note that some `LEEM_M` values are greater than the physical upper bound of 100. These



Resultaten: Rapportage

```
requirement(1/3*(chiclay + silh + sand - 1) < 1.5e-3, so.in > TRUE))
data.frame(
  u1 = 0.5 * clay + silh,
  u2 = 0.5 * sqrt(2) * clay
)
}

s2r <-
function(u1, u2) {
  if (missing(u2)) {
    u1 <- as.data.frame(u1)
    # u1 is assumed to be a data.frame
    u2 <- u1$u2
    u1 <- u1$u1
  }
  clay <- 2 + u2 / sqrt(2)
  silh <- u1 - 0.5 * clay
  sand <- 1 - clay - silh
  data.frame(clay, silh, sand)
}
```

Apart from the `s2r`-function and its inverse, a function will be defined for plotting ternary diagrams (not shown). This function will be used to illustrate and visually check the procedures in the next sections.

Complete textural compositions

If a composition is complete, i.e., all components clay, silh, and sand are available, and the composition can be visualized as a point on the simplex. However, if the composition is affected with uncertainty its exact position on the simplex is unknown. At least two solutions are available

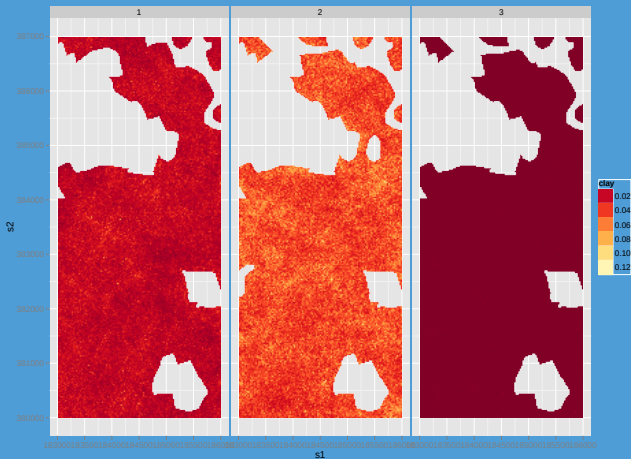
1. sampling from a hexagonal polygon with equal probability.
2. sampling from a parametric distribution on the simplex

The hexagonal sampling polygon can be constructed as follows. Suppose we want to create the sampling polygon for composition (0.2, 0.2, 0.6). Furthermore, assume that the uncertainty about each component can be represented by a symmetric interval of size 0.1. Then the hexagonal sampling polygon is at the intersection of these rectangular bands.

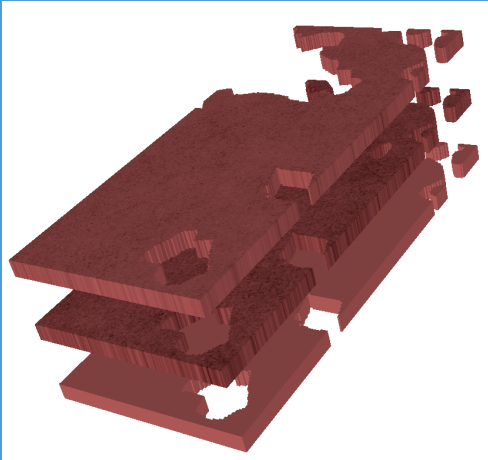


Next, a function will be defined to sample this hexagonal area:

Resultaten: 3D-kaart van bodemtextuur



Resultaten: 3D-kaart van bodemtextuur (lutumgehalte)



Conclusies en ervaringen

deltaBIS raamwerk:

- verbetert de *reproduceerbaarheid* van onderzoeksresultaten
- bevordert *hergebruik* van eerder ontwikkelde methodieken
- vereenvoudigt *opsporen van fouten*
- verbetert *communicatie* (rapportage)