

## HOOFDSTUK 2: Bepaling volgens de Open-Endmethode

### 2.1 Voorbereiding

#### 2.1.1 Benodigd materiaal

- spade;
- meter (rol- of plooiometer, lengte tot minstens de meetdiepte);
- thermometer;
- minstens 10 l compacteerbaar, vochtig grondmateriaal, bv. zandleem tot klei; de vochttoestand is zodanig dat met de vuist geen water uit het materiaal kan geperst worden;
- lange zware staaf (bv. 1 m lente, 5 cm diameter) om grond te compacteren;

Ofwel meetset voor de Open-End-methode met de BDB-uitrusting:

- o chronometer
- o werkvlak, tafel, met 4 planken of tegels om onder de tafelpoten te plaatsen
- o statief met opgebouwde uitrusting (maatcilinders, kranen op een kraanblok, buisverbindingen)
- o waterreservoir van 35 liter met kraan
- o waterreserve van minstens 30 liter;
- o PVC- of PP-buizen (meetcilinders) met binnendiameter ca. 10 à 11 cm en van verschillende lengtes
- o dispositief met vlotter, afsluiter, en aansluitslang

Ofwel meetset voor de Open-End-methode met de OR-uitrusting:

- o portable of PC met seriële aansluiting;
- o stroomvoorziening (batterij van 12 V of voedingseenheid op basis van 220 V);
- o waterreservoir van minstens 20 liter;
- o waterfilter en waterpomp;
- o meetcilinder voorzien van sensor;
- o verbindingen tussen reservoir, pomp en meetcilinder;
- o elektronische sturingseenheid met bekabeling voor stroomvoorziening, monitoring van de sensor, aansturing van de pompeenheid, dataprocessing en verbinding met een portable PC;

En verder

- Ofwel formulier KSATOE BDBF (BDB\O&S\FORMULIER\KSATOE\KSATOE BDBF)
- Ofwel formulier KSATOE ORF (BDB\O&S\FORMULIER\KSATOE\KSATOE ORF);

En verder

- indien nodig: formulier INLPROF (BDB\O&S\FORMULIER\PROFIEL\INLPROF);
- veldboek of opdrachtformulier met ligging van de site, figuur van de plattegrond, geplande meetlocatie(s), geplande diepte,...; deze worden verstrekt door de projectverantwoordelijke.

### **2.1.2 Bepaling van de meetlocatie**

De put voor de bepaling wordt aangelegd in de referentiezone. Afwijkingen van de standaard vooropgestelde meetlocatie worden steeds, met motivatie vermeld op het formulier.

### **2.1.3 Bepaling van de putdiepte**

De uitvoering gebeurt volgens de vermelde diepte(s) op het formulier. De put is minstens 10 cm diep.

Indien relevant: de bodem van de put moet normaliter gelijk zijn aan de diepte van de toekomstig aan te leggen infiltratievoorziening.

Wanneer de putdiepte niet vermeld staat op het opdrachtformulier, wordt deze als volgt bepaald:

1. Er wordt een **profielbeschrijving** uitgevoerd volgens het werkvoorschrift PROFIEL (BDB\O&S\WV\PROFIEL). Het profiel wordt elementair beschreven en genoteerd op het formulier INLPROF: diepte en aard van het bodemmateriaal van elke verschillende bodemlaag (van...tot...cm onder maaiveld).
2. Vervolgens wordt de diepte van de put bepaald aan de hand van de volgende richtlijn: de aan te leggen waterkolom moet op een homogene bodemlaag liggen die homogeen blijft tot minstens 0,3 m onder de bodem van de put.
3. Indien de grondwatertafel zich op minder dan 30 cm onder de bodem van de put bevindt, kan de meting niet uitgevoerd worden.

Noteer of schets de meetplaats op het formulier.

### **2.1.4 Aantal putten (herhalingen)**

Voor een zelfde referentiezone moet de meting gebeuren in minstens 3 putten. Afwijkingen van het aantal putten of herhalingen worden vermeld in het proefveldboek of op het formulier.

## **2.2 Uitvoering**

Er worden 2 uitvoeringswijzen van de methode beschreven: uitvoering met de BDB-uitrusting, of uitvoering met de OR-uitrusting. Beide hebben een identieke technische en wetenschappelijke grondslag.

De uitvoering met de BDB-uitrusting betreft een volledig manuele methode. In de uitvoering met de OR-uitrusting wordt de meting elektronisch geautomatiseerd.

De keuze voor een van beide uitvoeringswijzen is vooraf aangegeven op het formulier en/of opgegeven door de opdrachtgever.

#### **VOORBEREIDING:**

1. Graaf met de spade een put tot de geplande meetdiepte. Op de meetdiepte heeft de put een diameter van grofweg 30 cm. De bodem van de put vormt het meetvlak. Draag er zorg voor dat het meetvlak niet wordt versmeerd of vergraven. Noteer de diepte van het meetvlak op het formulier.

2. Noteer op het formulier, onder opmerkingen, de vochttoestand van de bodem indien deze nat of zeer nat is.
3. Meet de temperatuur van de bodem gedurende minstens 1 minuut tot op 1 °C nauwkeurig: neem hiertoe ca. 0,5 l vers opgegraven grond vanop de diepte boven het meetvlak, en steek de sonde hierin en druk deze grond aan. Noteer de temperatuur op het formulier. Ingeval meerdere metingen op eenzelfde dag worden uitgevoerd, dienen de temperatuurmetingen slechts eenmaal te gebeuren.

### **2.2.1 UITVOERING MET DE BDB-UITRUSTING**

#### **SPECIFIEKE VOORBEREIDING:**

4. Plaats het statief op het werkvlak of de tafel. Ga aan de hand van de waterpas na of het statief in een grove benadering horizontaal staat: de luchtbel mag niet volledig doorlopen in de pas. Dit is voornamelijk belangrijk op hellend terrein.
5. Plaats het reservoir op de voorziene ruimte op het statief, met de rode kraan aan de zijde van de reeds aanwezige rode kraan. Verbind de buizen tussen beide kranen. Sluit beide kranen. Zie na dat alle zwarte kranen gesloten zijn.
6. Vul het reservoir met minstens 20 tot meer dan 30 liter water.
7. Maak een grove schatting op basis van expertkennis of de bodem zeer of weinig doorlatend is. Kies op deze basis een PP- of PVCbuis (de meetcilinder):
  - Standaard wordt een lange buis (ca. 1 m) gebruikt.
  - In geval de bodem als zeer doorlatend wordt ingeschat, plaats dan een kortere buis.Duid op het formulier aan of een PP of PVC-buis werd gekozen. Meet de lengte (Hc) van de gekozen buis op een halve cm nauwkeurig en noteer deze op het formulier. Deze buis vormt de meetcilinder. De meetcilinder kan een snijdende en een niet-snijdende zijde hebben.
8. Schuif het dispositief voorzichtig volledig over de meetcilinder, gebeurlijk langs de niet snijdende zijde, tot dwarsverbindingen verder schuiven verhinderen. Draag er hierbij zorg voor dat de spanveren correct over de meetcilinder glijden. Plaats de meetcilinder met (het snijdende) open einde verticaal op het meetvlak in de put.
9. Giet rondom de basis aan de buitenzijde van de meetcilinder de vochtige compacteerbare grond, tot op ca. 20 cm hoogte boven het meetvlak. Compacteer deze grond geleidelijk en volledig rondom de meetcilinder, uit te voeren door herhaalde slagen met de lange staaf. Draag er evenwel zorg voor dat de meetcilinder niet wordt geraakt of niet wordt verplaatst. Het aanbrengen en compacteren van deze grond kan in 2 maal gebeuren, bv. indien dit op grotere diepte moet gebeuren en er minder zicht is op de correcte uitvoering. Vul daarboven verder aan met de oorspronkelijke grond, met nog een 10 à 20 cm hoogte. Compacteer ook deze grond. Deze handelingen zorgen ervoor dat de meetcilinder stabiel staat, en dat er slechts een verwaarloosbare hoeveelheid water via het meetvlak opwaarts buiten de cilinder kan infiltreren.

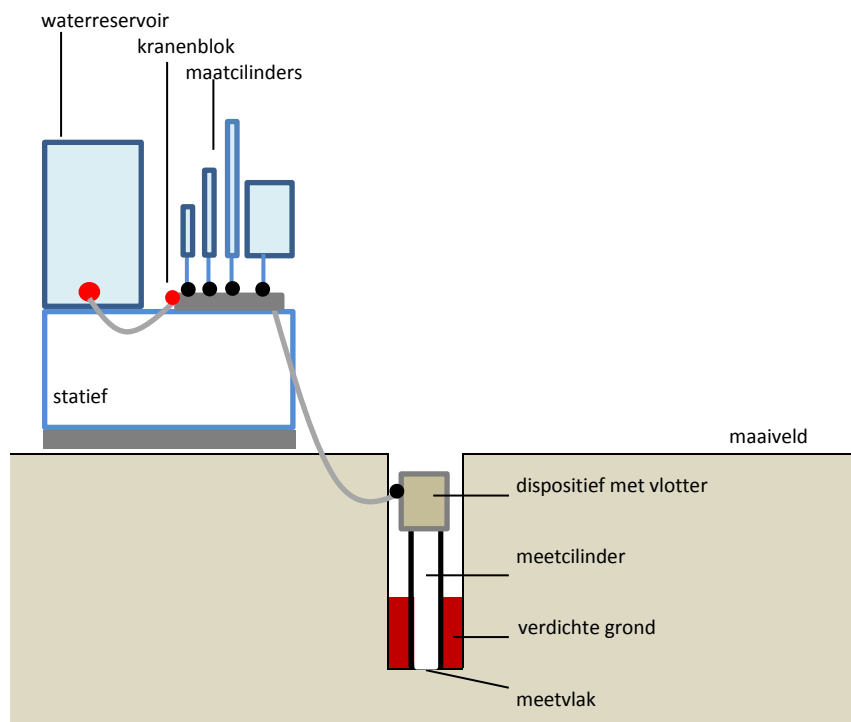


Foto 1: Geïnstalleerde meetcilinder met opgeschoven dispositief en aangesloten aanvoerslang.



Foto 2: Tafel met statief, kranenblok waterreservoir, meetcilinders en aanvoerslang.

Figuur 1: Proefopstelling, schematisch



10. Giet ca. 250 ml grint in de meetcilinder. Zorg ervoor dat geen grint ligt op de vlotter of op het mechanisme van het dispositief.
11. Sluit de zwarte kraan van het dispositief. Koppel de buisaansluiting van de kraan van het dispositief aan op de lange aanvoerslang vanuit het statief.
12. Meet de temperatuur van het water in het reservoir tot op 1 °C nauwkeurig en noteer deze op het formulier. Dit dient enkel te gebeuren bij de eerste meting op een zelfde dag.

#### VERZADIGING:

13. Start de verzadigingsprocedure op: open de beide rode kranen op het statief en daarna de zwarte kraan aan het dispositief. Noteer dit starttijdstip op het formulier. Nu wordt de meetcilinder geleidelijk gevuld met water. Wanneer de cilinder volledig is gevuld met water, legt de vlotter de wateraanvoer stil. Water infiltreert in de bodem, en het waterpeil daalt in de cilinder tot de vlotter de aanvoer weer opent. De cilinder wordt weer volledig gevuld, enz..
  - Ga na of de vlotter vrij kan bewegen en de wand van de cilinder niet raakt.
  - Meet de afstand (Hv) tussen het waterpeil en de top van de meetcilinder op een halve cm nauwkeurig, en noteer deze op het formulier.
14. Tijdens deze periode worden de zwarte kranen op de kranenblok één voor één geopend tot de maatcilinders maximaal tot aan de hoogste maataanduiding worden gevuld. Sluit dan de overeenkomstige kraan. Indien een hoge doorlatendheid verwacht wordt kunnen eventueel de grootste maatcilinders met de hand nog worden bijgevuld tot boven de hoogste maatstreep.
15. De verzadigingsperiode wordt minstens 20 minuten aangehouden. Mogelijk moet het waterreservoir worden aangevuld.
16. Controleer tijdens deze periode ook voor alle zekerheid dat vanaf de rode kraan op de kranenblok tot aan het dispositief geen enkel lekverlies optreedt.

#### METING:

17. Noteer op het formulier het tijdstip wanneer de verzadigingsperiode wordt beëindigd.
18. Bij hevige regenval en bijlage doorlatendheid, kan het dispositief voorzichtig worden afgedekt, bv. met een omgekeerde emmer.
19. Neem de chronometer. Sluit de rode kraan van de kranenblok en open onmiddellijk één van de zwarte kranen op de kranenblok. Kies een aanvoer van een kleine maatcilinder voor lage verwachte doorlatendheid, een grote maatcilinder voor hoge verwachte doorlatendheid. Onmiddellijk zal het peil in de gekozen maatcilinder beginnen dalen: deze cilinder voedt nu de meetcilinder op het meetvlak. Schat in dat de totale meettijd van de maatcilinder niet lager zal liggen dan enkele minuten. Indien dat wel het geval zou zijn, sluit dan de zwarte kraan van deze cilinder, en open de kraan van een grotere maatcilinder. Er mag m.a.w. overgeschakeld worden tussen maatcilinders vóór het eigenlijke meettraject start. Het uiteindelijke meettraject moet wel met dezelfde maatcilinder in het gemeten tijdsverloop worden uitgevoerd.

20. Start de meting, het meettraject. Noteer het volume in de maatcilinder en start terzelfdertijd de chronometer. Het volume wordt afgelezen tot op de maatstreep, en eventueel tot op helft van de maatstreep. Noteer op geregelde tijdstippen de verlopen tijd en het overeenkomstige volume in de maatcilinder op het formulier.
- Het verdient aanbeveling om de notitie van het volume uit te voeren op vaste tijdsintervals, bv. elke 10 sec. of elke 30 sec., of elke 5 minuten. Kies het tijdsinterval in functie van de verwachte totale meetduur.
  - Tracht minstens 10 tot 20 maal tijd en volume te noteren.
  - De totale meetduur ligt normaliter tussen enkele minuten en 20 minuten. Uitzonderlijk in zeer weinig doorlatende gronden kan de meetduur 1 uur bedragen.
  - Controleer tijdens de meting of het geïnfiltreerde volume per zelfde tijdsinterval bij benadering hetzelfde blijft. Indien dit niet het geval is, dan moet de verzadigingshandeling hernomen worden met bijkomend 10 minuten. Pas in dat geval het tijdstip aan van einde van verzadiging op het formulier. Start erna terug de meting.
21. Kijk tijdens de meting na of het vlottersysteem correct functioneert, of er, eventueel met tussenpauzes, water wordt aangevoerd, of het waterpeil bij benadering hetzelfde blijft, of de vlotter vrij kan bewegen en de meetcilinder niet raakt.
22. Zelden komt een zeer lage hydraulische conductiviteit (Ksat) voor, soms buiten het praktische meetbereik van deze uitrusting:
- Indien binnen een tijdsinterval van 1 uur minder dan 10 ml wordt genoteerd, staak dan de meting, en noteer dan dit en het geïnfiltreerde volume per verlopen tijd op het formulier. De doorlatendheid is dan zeer laag.
  - Indien het waterpeil nooit de vlotter bereikt, is de doorlatendheid zeer groot. Meet dan binnen 1 minuut minstens 3 maal de afstand (Hvd) tussen het waterpeil en de top van de buis, op 1 cm nauwkeurig. Indien deze afstand vrijwel constant blijft (niet systematisch daalt of stijgt, op 2 cm nauwkeurig), noteer dan de gemiddelde waarde (Hvd), en meet de tijd waarover 1 liter wordt geïnfiltreerd. Dit gebeurt vanzelfsprekend door aflezing op één van de grootste maatcilinders.

EINDE:

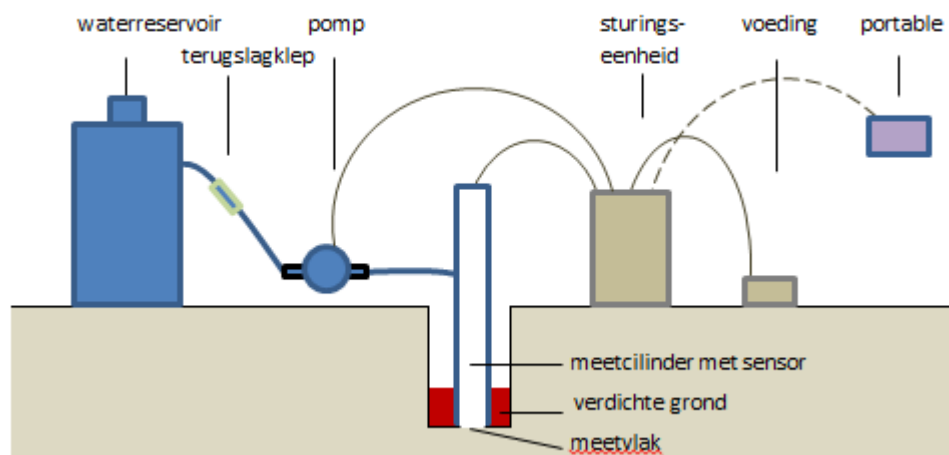
23. Noteer het tijdstip van het einde van de meting op het formulier. Sluit alle kranen.
24. Na de meting wordt het dispositief voorzichtig van de meetcilinder geschoven en terzijde – niet op de grond, wel bv. in een emmer – gelegd. Zorg ervoor dat geen grond of slijk in het dispositief of in de verbindingen en leidingen terecht komt.
25. De meetcilinder wordt uit de testput getrokken en gereinigd.
26. Vervolgens kan een meting in een andere put worden opgestart, ofwel: zie Afwerking en nazorg.

## 2.2.2 UITVOERING MET DE OR-UITRUSTING

ALGEMEEN: zorg ervoor dat elektrische componenten (sturingseenheid, pomp, voeding, stekkers en contacten) en binnenzijde van de waterdarmen steeds vrij blijven van slijk, water, regen.

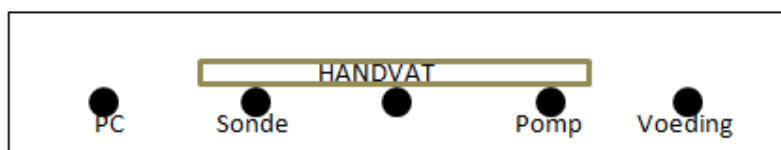
SPECIFIEKE VOORBEREIDING:

3. Plaats de meetcilinder met het open einde in de put centraal op het meetvlak.
4. Giet rondom de basis van de meetcilinder de vochtige compacteerbare grond, tot op ca. 10 hoogte boven het meetvlak. Compacteer deze grond geleidelijk en volledig rondom de meetcilinder, uit te voeren door herhaalde slagen met de lange staaf. Draag er evenwel zorg voor dat de meetcilinder niet wordt geraakt of niet wordt verplaatst. Het aanbrengen en compacteren van deze grond kan in 2 maal gebeuren, bv. indien dit op grotere diepte moet gebeuren en er minder zicht is op de correcte uitvoering. Deze handelingen zorgen ervoor dat de meetcilinder stabiel staat, en dat er slechts een verwaarloosbare hoeveelheid water via het meetvlak opwaarts buiten de cilinder kan infiltreren.
5. De waterleidingen worden aangesloten volgens het schema. De leiding met terugslagklep wordt aangesloten tussen het waterreservoir en de pomp; de stromingsrichting is richting pomp. Let bij de aansluitingen op de stromingsrichting, aangeduid aan de verbindingen met de pomp.



6. De elektrische leidingen worden aangesloten op de sturingseenheid volgens het schema, m.u.v. de portable: deze wordt in geen geval nu reeds aangekoppeld ! Elke aansluiting op de sturingseenheid is uniek; omwisseling is niet mogelijk.

Bovenaanzicht  
sturingseenheid;  
aansluitingen:



## VERZADIGING

7. Meet de temperatuur van het gebruikte water tot op 1 °C nauwkeurig en noteer deze op het formulier.
8. Start de hele procedure op: open de voorklep van de sturingseenheid en activeer de eenheid met de hoofdschakelaar. Noteer dit starttijdstip op het formulier. Vanaf dit tijdstip verlopen de volgende meetprocedures volledig automatisch, aangestuurd door de sturingseenheid. Er dient enkel genoteerd te worden en zorg voor gedragen worden dat het waterreservoir voldoende gevuld blijft zodat de pomp nooit lucht aanzuigt.
9. Onmiddellijk start de pomp en wordt de meetcilinder geleidelijk gevuld met water. Wanneer de cilinder volledig is gevuld met water, legt de sensor de pomp automatisch stil. Water infiltreert in de bodem, en het waterpeil daalt in de cilinder tot de sensor de pomp weer doet aanslaan. De cilinder wordt weer volledig gevuld, enz.. Cyclisch wordt zo eenzelfde klein volume water toegevoegd aan de cilinder. De bodem onder het meetvlak wordt verzadigd met water. Voor de verzadigingsperiode voorziet de sturingseenheid standaard 600 seconden (of 10 minuten). Volg de tijdsaanduiding op de display van de sturingseenheid. Vervolgens start de sturingseenheid met het meten van de cyclustijd, dit is de tijd tussen het cyclisch aanslaan van de pomp. De display van de sturingseenheid geeft dan weer (bv.):

Cyclusnummer	Cyclusduur (seconden)	Voedingsspanning (V)
P. 03	83 s	11,8 V
5,1 E-4		5,1 E-4
Gemiddelde hydraulische conductiviteit (m/s)		Actuele hydraulische conductiviteit (m/s)

In dit werkvoorschrift wordt de verzadigingsperiode verlengd, na de standaard voorziene periode van 600 seconden, als volgt:

- ofwel wordt de verzadigingsperiode verlengd met 10 minuten, tot een maximum van 20 minuten verlopen sinds het starttijdstip. Ondertussen worden op de display van de sturingseenheid reeds cycli weergegeven;
- ofwel worden 20 cycli uitgevoerd in minder dan 20 minuten tijd sinds het starttijdstip (dit laat vermoeden dat de bodem zeer doorlatend is), en wordt op het formulier het tijdstip genoteerd wanneer de 20<sup>ste</sup> cyclus werd bereikt.

Noteer op het formulier welk van beide werd opgevolgd door aan te vinken ingeval 20 minuten werd bereikt, of door het tijdstip aan te geven waarop de 20 cyclus werd bereikt. Noteer tijdens deze verzadigingsperiode op het formulier indicatief ook enkele cyclusgegevens: cyclusnummer, duur, gemiddelde hydraulische conductiviteit, actuele hydraulische conductiviteit.

Controleer dat de voedingsspanning minstens 11 V bedraagt. Zo niet moet de batterij opgeladen of vervangen worden.



#### METING:

10. Na 20 minuten of na 20 cycli verzadigen, worden systematisch de gegevens gevolgd op de display:

Volg de evolutie van de gemiddelde en de actuele hydraulische conductiviteit. Indien deze niet meer verschillen dan twee eenheden na de weergegeven komma (0,2), mag gestopt worden met de metingen. Dit gebeurt normaliter binnen maximaal 10 cycli in deze meetfase.

Noteer tijdens deze meetfase op het formulier cyclusgegevens van minstens de laatste cycli: cyclusnummer, duur, gemiddelde hydraulische conductiviteit, actuele hydraulische conductiviteit.

Ingeval de cyclusduur aanzienlijk toeneemt (bv. met een factor 5 à 10), dan duidt dit op een zeer lage hydraulische conductiviteit, soms buiten het meetbereik van deze uitrusting. Indien een cyclusduur van 1 uur (3600 s) wordt bereikt, staak dan de meting, en noteer dit op het formulier. Zorg er steeds voor dat het waterreservoir voldoende gevuld blijft zodat de pomp nooit lucht aanzuigt.

#### EINDE:

11. Koppel de seriële verbinding aan de PC/portable. Start een programma zoals Hyperterminal of Putty.

Het is mogelijk de data uit te lezen uit de sturingseenheid via commando's:

Transfer ; Capture text (en geef naam aan het bestand) ; A

Transfer ; Capture tekst ; Stop

Daarna of in elk geval: maak het geheugen van de sturingseenheid leeg via het commando: I

De sturingseenheid mag uitgeschakeld worden of is nu klaar voor een nieuwe meetprocedure.

12. Na de meting(en) worden de elektrische aansluitingen en waterleidingen voorzichtig afgekoppeld, en wordt de uitrusting verwijderd en gereinigd met een vochtige doek. Zorg ervoor dat geen grondresten in de verbindingen en leidingen terecht komt.

### 2.3 Afwerking en nazorg

De op het formulier gevraagde inlichtingen dienen volledig ingevuld te worden.

Putten worden opgevuld, en het maaiveld wordt verzorgd achtergelaten.

### 2.4 Opmerkingen

De uitvoering van het werkvoorschrift kan afwijken van de hierboven standaard vooropgestelde werkwijze. Dit wordt aangegeven in het formulier door de projectverantwoordelijke.