

Deelrapport 1. Meetgegevens en kentallen  
verzadigde doorlatendheid, versie 1.0

# TopIntegraal, het boor- en meetprogramma van de ondiepe ondergrond van Nederland

TNO 2023 R10561 – 11 april 2024

## TopIntegraal, het boor- en meetprogramma van de ondiepe ondergrond van Nederland

### Deelrapport 1. Meetgegevens en kentallen verzadigde doorlatendheid, versie 1.0

Auteurs	Jelle Buma, Eppie de Heer, Stefanie Bus, Ronald Harting, Wim Booltink
Rubricering rapport	TNO Public
Titel	TNO Public
Rapporttekst	TNO Public
Aantal pagina's	64 (excl. voor- en achterblad)
Aantal bijlagen	0
Opdrachtgever	TNO Geologische Dienst Nederland (TNO-GDN)
Programmanaam	TopIntegraal
Projectnaam	GIP 2024 Ondiepe kartering
Projectnummer	060.59188/01.08

#### Alle rechten voorbehouden

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

© 2024 TNO

# Inhoudsopgave

Inhoudsopgave .....	3
1 Inleiding .....	4
1.1 Boor- en meetprogramma 'TopIntegraal' .....	4
1.2 Publicatie meetgegevens .....	6
1.3 Leeswijzer .....	6
2 Bepalingsmethoden doorlatendheid (lab) .....	7
2.1 Begrippen .....	7
2.2 Aangepaste oedometer .....	8
2.3 Triaxiaalcel .....	9
2.4 Open permeameter .....	9
2.5 Normen en richtlijnen .....	10
3 Kwaliteitsbeoordeling .....	12
3.1 Overzicht kwaliteitsbeoordeling .....	12
3.2 Controle op lekkage .....	13
3.3 Controle van het meetverloop .....	14
3.4 Controle van het monster .....	20
3.5 Controle op overige bijzonderheden .....	21
3.6 Controle op uitschieters .....	22
4 Resultaten .....	23
4.1 Boringen .....	23
4.2 Aantallen monsters .....	23
4.3 Toelichting tabel met meetgegevens .....	24
4.4 Kentallen doorlatendheid .....	31
4.5 Bijzonderheden .....	33
4.6 Aandachtspunten bij het gebruik .....	36
5 Samenvatting .....	39
6 Instructies voor citatie .....	40
7 Dankwoord .....	41
8 Referenties .....	42
9 Ondertekening .....	44
Bijlage A: Metagegevens TopIntegraal-boringen .....	45

# 1 Inleiding

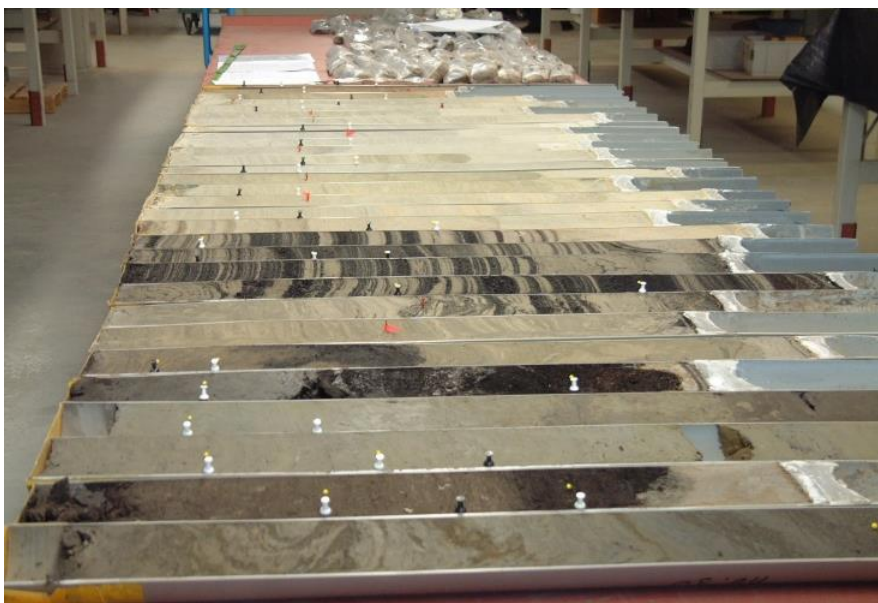
## 1.1 Boor- en meetprogramma ‘TopIntegraal’

TNO –Geologische Dienst Nederland (TNO-GDN) voert sinds 2006 het boor- en meetprogramma ‘TopIntegraal’ uit om de bovenste 30 à 50 m (het “topstelsel”) van de Nederlandse ondergrond te karakteriseren met kenmerkende fysische en chemische parameters. Steekboringen worden zodanig verspreid over Nederland uitgevoerd dat een representatieve dataset van lithostratigrafische, lithofacies en lithologische (lithoklasse) eenheden verkregen wordt. Daartoe is Nederland onderverdeeld in 7 hoofdgebieden (zie Figuur 1.1) en 27 subgebieden (Vermooten et al., 2005). Op het moment van afronding van dit rapport is TopIntegraal afgerond voor het kustgebied van West-Nederland (hoofdgebied 1), Noord-Nederland (hoofdgebied 5), en Noord-Brabant en Noord- en Midden-Limburg (hoofdgebied 4). Momenteel (eind 2023) worden de in het zuidelijk deel van het Rivierengebied (hoofdgebied 2) uitgevoerde boringen verwerkt.

De boringen worden gedetailleerd beschreven en geïnterpreteerd voor wat betreft lithostratigrafische, lithofacies- en lithologische kenmerken. Vervolgens worden de kernen bemonsterd voor lithologische, geochemische en hydrologische analyses (Figuur 1.2). Het streven is om voor elke combinatie van lithostratigrafie, lithofacies en lithoklasse zoveel monsters te analyseren dat beschrijvende statistieken bepaald kunnen worden. Daarbij worden de monsters voor lithologie en geochemie uit de ene kernhelft gehaald, en de monsters voor doorlatendheid uit exact hetzelfde interval in de andere kernhelft. Het resultaat is een unieke dataset van geologisch geïnterpreteerde monsters met gepaarde lithologische, geochemische en hydrologische meetgegevens.



Figuur 1.1: De zeven TopIntegraal-hoofdgebieden (Vermooten et al., 2005).



Figuur 1.2: Steekern met geselecteerde bemonsteringstrajecten in de beschrijfruimte van TNO-GDN.

## 1.2 Publicatie meetgegevens

De TopIntegraal-dataset wordt vanaf eind 2023 gefaseerd beschikbaar gesteld. Voor wat betreft de hydrologische eigenschappen ligt de prioriteit bij het beschikbaar stellen van meetgegevens van de verzadigde waterdoorlatendheid (hierna: doorlatendheid).

## 1.3 Leeswijzer

Dit rapport begeleidt de publicatie van TopIntegraal-doorlatendheidsgegevens, hierna aangeduid als TopIntegraal DL-dataset.

Achtereenvolgens zullen worden beschreven:

- de toegepaste bepalingmethoden (hoofdstuk 2);
- de kwaliteitsbeoordeling van de doorlatendheidsgegevens (hoofdstuk 3);
- een beschrijving van de dataset (hoofdstuk 4);
- een samenvatting (hoofdstuk 5).

## 2 Bepalingsmethoden doorlatendheid (lab)

### 2.1 Begrippen

#### 2.1.1 Constant head en falling head methoden

De gangbare methoden om doorlatendheden aan grondmonsters te bepalen kunnen worden onderverdeeld in twee hoofdtypen, namelijk een in de tijd constant stijghoogteverschil (constant head) en een in de tijd afnemend stijghoogteverschil (falling head).

Bij constant head bepalingmethoden wordt een in de tijd constant stijghoogteverschil aangebracht aan weerszijden van een grondmonster, en wordt het volume doorgestroomd water een aantal malen geregistreerd (zie Figuur 2.1). Met behulp van de wet van Darcy kan vervolgens de doorlatendheid bepaald worden uit het opgelegde stijghoogteverschil en het volume doorgestroomd water per tijdseenheid.

Darcy:

$$V = K \cdot A \cdot (h/L) \cdot t$$

$$K = V \cdot L / (A \cdot h \cdot t)$$

$V$  = volumestroom [ $L^3$ ]

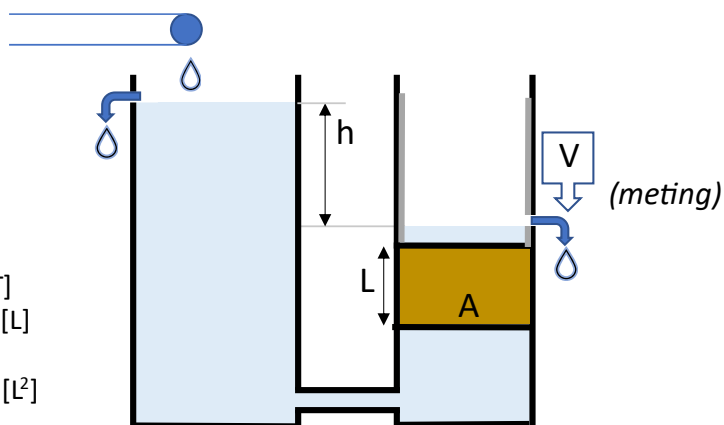
$K$  = doorlatendheid [ $L/T$ ]

$h$  = stijghoogteverschil [ $L$ ]

$L$  = monsterhoogte [ $L$ ]

$A$  = oppervlak monster [ $L^2$ ]

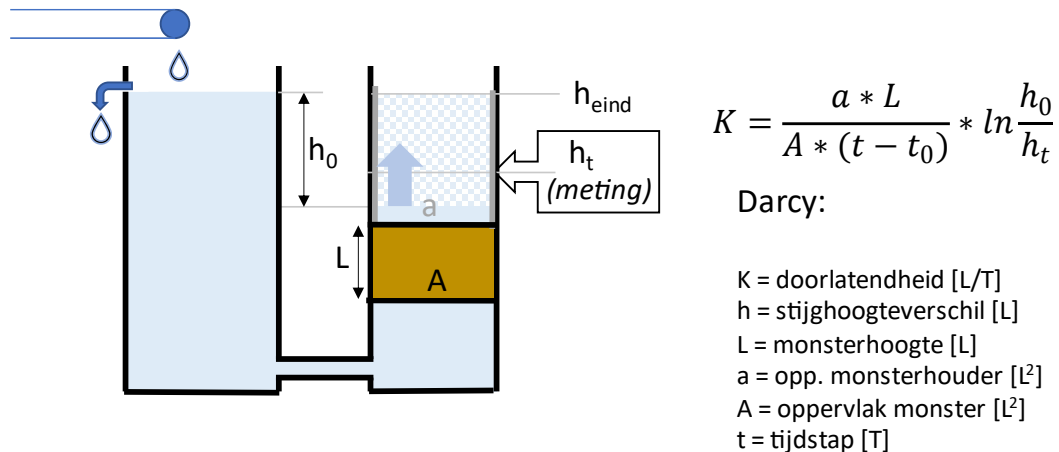
$t$  = tijdstap [ $T$ ]



**Figuur 2.1:** Sterk vereenvoudigde weergave van een constant head meetopstelling.

Bij falling head bepalingmethoden wordt een initieel stijghoogteverschil aangebracht aan weerszijden van een grondmonster. Dit stijghoogteverschil neemt geleidelijk af naar nul als gevolg van doorstroming van het monster. Door het stijghoogteverschil als functie van het tijdsverloop te registreren, wordt een tijdreeks gegenereerd op basis waarvan ook weer met behulp van de wet van Darcy de doorlatendheid bepaald kan worden, zie Figuur 2.2. In de opstelling zoals weergegeven in Figuur 2.2 wordt het stijghoogteverschil gecreëerd door aan de rechterkant het peil te verlagen, waarna dit weer geleidelijk stijgt tot het verschil genivelleerd is. Eigenlijk is “rising head” hiervoor een betere benaming, maar de term falling head is meer ingeburgerd en wordt daarom verder ook voor deze rising head variant

gebruikt. In de “echte” falling head variant wordt het stijghoogteverschil gecreëerd door aan de linkerkant het peil te verhogen, waarna dit weer geleidelijk daalt tot het verschil genivelleerd is.



**Figuur 2.2:** Sterk vereenvoudigde weergave van een falling head meetopstelling. NB: De weergegeven vergelijking is vereenvoudigd doordat de verdampingsterm is weggelaten; zie paragraaf 3.3.4 voor een toelichting.

## 2.1.2 Cohesieve en niet-cohesieve monsters

In het kader van TopIntegraal worden drie verschillende methoden gehanteerd voor de bepaling van de doorlatendheid, te weten de aangepaste oedometer, de triaxiaalcel en de open permeameter. De eerste twee methoden hebben betrekking op cohesieve, ofwel kleiige, lemige en venige monsters, en de derde methode op niet-cohesieve, ofwel zandige of fijngrindige monsters.

## 2.1.3 Afmetingen monsters

Alle hierna beschreven bepalingsmethoden worden toegepast op ongeroerde grondmonsters, met volumes variërend van tussen 40 en 200 cm<sup>3</sup>.

## 2.2 Aangepaste oedometer

Homogene, cohesieve monsters worden gemeten met een aangepaste oedometer in een falling head opstelling (hierna ook wel aangeduid als *AOE*, zie Figuur 2.3) volgens de “echte” falling head variant (zie paragraaf 2.1.1 voor toelichting). In het [informatiemodel van de BRO-catalogus Booronderzoek, Geologische boormonsterbeschrijving en boormonsteranalyse](#) betreft het de bepalingsmethode met de waarde *fallingHead*. Op de monsters wordt een bovenbelasting aangebracht die de in situ grondspanning op de oorspronkelijke diepte van het monster zo goed mogelijk benadert. Deze grondspanning wordt berekend op basis van de boorbeschrijving en kentallen voor volumiek gewicht per hoofdlithologie.





Figuur 2.3: Laboratoriumopstelling voor doorlatendheidsmetingen in een aangepaste oedometer.

## 2.3 Triaxiaalcel

Heterogene cohesieve monsters worden gemeten in een triaxiaalcel in een zgn. constant head opstelling (hierna ook wel aangeduid als *TriAx*). Op de monsters wordt een alzijdige belasting aangebracht die de in situ grondspanning op de oorspronkelijke diepte van het monster zo goed mogelijk benadert. Deze bepalingmethode is nog niet opgenomen in de genoemde BRO-catalogus.

## 2.4 Open permeameter

Niet-cohesieve monsters worden gemeten met een open permeameter die geschikt is voor zowel constant head als falling head metingen (De Wit, 1963; Royal Eijkelpark, 2022). In het [informatiemodel van de BRO-catalogus Booronderzoek. Geologische boormonsterbeschrijving en boormonsteranalyse](#) betreft het de bepalingmethode met de waarde *fallingHeadOnvoldoendeCohesief*. De permeameter berust op de in paragraaf 2.1.1 beschreven 'rising head' variant van het falling head principe: de permeameter is een bak gevuld met water, in de bak staan de monsters in houders, en het stijghoogteverschil wordt gecreëerd door het waterniveau boven het monster c.q. in de monsterhouder te verlagen.

Anders dan in de aangepaste oedometer en de triaxiaalcel wordt geen alzijdige of bovenbelasting aangebracht op de monsters. De invloed die dit kan hebben op de gemeten doorlatendheid komt aan de orde in paragraaf 4.5.2. In TopIntegraal zijn voor wat betreft de metingen in de open permeameter twee perioden te onderscheiden:

- Tot eind 2008 werd standaard de constant head methode gebruikt, alleen bij verwachte lage doorlatendheden werd overgeschakeld op de falling head methode. Monsters uit deze periode worden aangeduid met de bepalingmethode *CH*.
- Vanaf eind 2008 werd ook bij hoge doorlatendheden de falling head methode gebruikt. Monsters uit deze periode worden aangeduid met de bepalingmethode *FH*.
- Aanleiding voor de omschakeling naar falling head waren problemen met het constant houden van het debiet door de monsters in de constant head opstelling. In 2011 is de permeameter voorzien van twee afstandslasers, waarbij drijvende kunststof laserreflectoren in zowel het monster als daarbuiten worden geplaatst (Figuur 2.4). Dit maakte het mogelijk om hoogfrequent en nauwkeurig een snel afnemend stijghoogteverschil te meten. Dit geeft vooral een meerwaarde bij goed doorlatende monsters met een korte meetduur in de orde van enkele minuten. Een bijkomend voordeel van deze automatiseringsslag is dat de metingen minder afhankelijk van de operator en daardoor beter reproduceerbaar worden.



**Figuur 2.4:** Open permeameter in een falling head opstelling met meetbrug en afstandslasers. De witte oppervlakken in en naast de monsterhouders zijn kunststof laserreflectoren die op het water drijven. Met behulp van deze reflectoren wordt het stijghoogteverschil over het monster gemeten door de twee afstandslasers.

## 2.5 Normen en richtlijnen

De bemonstering en preparatie van cohesieve monsters en aansluitende doorlatendheidsbepalingen (AOE en TriAx) worden uitbesteed aan een extern geotechnisch laboratorium, en voldoen aan de Europese norm (voorheen richtlijn) CEN ISO/TS 17892-11 versie 2019, respectievelijk voor de bepalingmethoden ‘oedometer ring permeameter’ en ‘flexible wall permeameter’.

De bemonstering, monsterpreparatie en aansluitend doorlatendheidsmetingen volgens de bepalingmethode FH worden uitgevoerd in het geologisch laboratorium van TNO-GDN in Utrecht. De bepalingmethode is vergelijkbaar met een ‘cylindrical permeameter’ zoals die wordt beschreven in de Europese norm CEN ISO/TS 17892-11 versie 2019. Er wordt van deze norm afgeweken op de volgende punten:

1. Aan de onderzijde van het monster wordt een metalen gaasje aangebracht in plaats van een poreuze schijf, vervolgens wordt het monster op een poreuze onderzetter geplaatst (dubbelfilter). Dit is inherent aan het ontwerp van de gebruikte permeameter;
2. De monsterhouder is aan de boven- en onderzijde open, het monster staat daardoor in open verbinding met de atmosfeer. Dit is inherent aan het ontwerp van de gebruikte permeameter. De open verbinding met de atmosfeer noodzaakt tot het corrigeren van de gemeten doorlatendheid voor verdamping. De toegepaste correctieprocedure wordt beschreven in paragraaf 3.3.4;
3. Vanaf eind 2008 wordt bij verwachte hoge doorlatendheden een falling head opstelling inclusief lasers gebruikt in plaats van een constant head opstelling (zie paragraaf 2.4)
4. Grote delen (>8,3 mm) zoals grind en schelpen in (grof)zandige monsters zijn geen aanleiding om een meetresultaat af te keuren (zie paragrafen 3.4.1 en 4.5.4).

De bepalingmethode CH werd uitgevoerd door het toenmalige Geolab Utrecht, een samenwerking tussen de Universiteit Utrecht en TNO (vanaf 2008 Deltares). Voor CH gelden de bovenstaande punten 1 en 4 ten aanzien van het voldoen aan de toen geldende Europese richtlijn CEN ISO/TS 17892-11, versie 2004.

In CEN ISO/TS 17892-11 versie 2019 wordt voorgeschreven dat een monster, na bepaling van de doorlatendheid, moet worden opengesneden zodat interne structuren of heterogeniteiten kunnen worden geregistreerd. De door TNO-GDN gehanteerde bemonsterings- en controleprocedures voldoen hier ruimschoots aan en gaan nog verder. Ten eerste vindt de keuze van de bemonsteringstrajecten vooraf plaats op basis van een gedetailleerde beschrijving van een over de gehele lengte opengesneden steekkern. Juist steekkernen bevatten veel informatie over interne structuren en inhomogeniteiten. Ten tweede wordt een monster na doorlatendheidsbepaling nat gewogen, in de oven gedroogd (24 uur bij 105 graden Celsius) en vervolgens gezeefd. Bijzonderheden in de vorm van houtresten, plantenwortels, schelpfragmenten of grinddelen die niet voldoen aan de in de norm genoemde maximaal toelaatbare diameter worden zodoende altijd opgemerkt. Bij uitbesteding van de doorlatendheidsbepalingen aan een extern laboratorium wordt daarom naast een rapportage van de berekende doorlatendheid en tijdreeksen van de onderliggende, in de norm gespecificeerde meetvariabelen, altijd gevraagd om teruggave van het monster, zodat de zieving op grote deeltjes als nacontrole door TNO-GDN uitgevoerd kan worden.

## 3 Kwaliteitsbeoordeling

### 3.1 Overzicht kwaliteitsbeoordeling

Alle monsters waarvoor een doorlatendheid is bepaald, ondergaan een kwaliteitscontrole. Deze bestaat uit de volgende onderdelen:

Tijdens of direct na de meting:

- Controle op lekkage;
- Controle van het meetverloop;

Na de laatste meting:

- Controle van het monster;
- Controle op overige bijzonderheden;

Periodiek, na het beschikbaar komen van gepaarde lithologische gegevens:

- Controle op uitschieters in relatie tot de gemeten lithologie.

In de gepubliceerde tabel zijn alleen goedgekeurde monsters (met één van de codes OK\*) opgenomen. De in de tabel weergegeven beoordelingen worden nader beschreven in de hiernavolgende paragrafen.

Tabel 3.1. Samenvatting van de codes zoals gehanteerd in de beoordelingssystematiek voor meetwaarden van de doorlatendheid. De grijze codes komen niet voor in de gepubliceerde tabel met doorlatendheidsgegevens.

Beoordelingscode	Toelichting
OK	goedgekeurd zonder opmerkingen
OK(B)	doorlatendheid is bepaald voor een andere belasting dan de terreinspanning
OK(G)	geen monstercontrole uitgevoerd, maar aanwezigheid delen > 8,3 mm niet waarschijnlijk op basis van korrelgroottegegevens en boorbeschrijving (/boorfoto's)
OK(GD)	niet-cohesief monster dat goedgekeurd is ondanks de aanwezigheid van delen groter dan 8,3 mm diameter
OK(N)	doorlatendheidwaarde valt buiten toepassingsgebied van destijds geldende norm NEN 5123 (versie 2002), maar kon goed worden gereproduceerd
OK(V)	niet-cohesief falling head monster zonder duplometing maar met consistent meetverloop binnen de enige beschikbare meting
OK(Z)	monster vertoont geringe verticale vervormingen na doorlatendheidsbepaling (opbolling, depressies, putjes, deukjes, gaatjes e.d.).
Onzeker(V)	meetwaarde niet goed genoeg reproduceerbaar

Onzeker(G)	grote delen aanwezig in het monster (> 8,3 mm)
Onzeker(W)	aanwezigheid plantenwortels > 3,3 mm lang (AOE) of 15 mm lang (CH, FH, TriAx)
Onzeker(U)	De gemeten doorlatendheid wijkt teveel af van wat wordt verwacht, gelet op de lithologie van het monster
Afgekeurd	verloren of afgekeurd, monsterpreparatie of meting is mislukt door bv. lekkage of bezwijken

## 3.2 Controle op lekkage

Lekkage is het optreden van kortsluitstroming door of langs het monster. De meest voorkomende aanwijzing voor lekkage is het meten van onrealistisch hoge doorlatendheden, bijvoorbeeld 20 m/d bij een kleilig monster of 200 m/d bij een fijnzandig monster met siltige bijmenging. Het al dan niet beoordelen als onrealistisch gebeurt op basis van expertkennis, en hangt af van de gemeten doorlatendheid in relatie tot de beschreven lithologie van het monster. Soms kan lekkage worden verholpen door het monster opnieuw te prepareren of door de monsterhouder met rubberen afsluitring vaster op de monsterring te draaien. Als dit niet leidt tot realistische meetresultaten, wordt het monster afgekeurd. Andere aanwijzingen voor lekkage zijn plantenwortels, graafgangen of andere holle ruimten in (de lengterichting van) het monster, sleepsporen langs de monsterringwand of het gedeeltelijk wegvloeien van sediment uit de monsterring. Bij een aantal monsters is na de doorlatendheidsmeting een doorstroomproef met kleurstof uitgevoerd, en bleek in sommige gevallen dat er preferente stroming langs de wand van de monsterring plaatsvond. Deze verschijnselen kunnen pas na het uitbouwen van het monster uit de meetopstelling worden vastgesteld en leiden dan tot afkeuring.

Het afkeuren van monsters als gevolg van lekkage gebeurt zelden en betreft circa 0,5% van het totaal aantal monsters, voornamelijk in de beginperiode van de metingen. Nog eens 0,5% van de monsters zijn in een later stadium als onzeker beoordeeld omdat de gemeten doorlatendheid een te hoge uitschieter is in het licht van de gemeten korrelgrootteverdeling (zie paragraaf 3.6).

Bij alle meetmethoden wordt de monsterpreparatie zorgvuldig uitgevoerd en is de kans op verstoring klein. Om verstoring te minimaliseren wordt voor het uitnemen van verticaal georiënteerde niet-cohesieve monsters een trekbeugel gelijkmatig in het monster gedrukt in de lengterichting van de boorkern. Voor horizontaal georiënteerde monsters, loodrecht op de kern, gebeurt dit met een hefboom (Figuur 3.1).

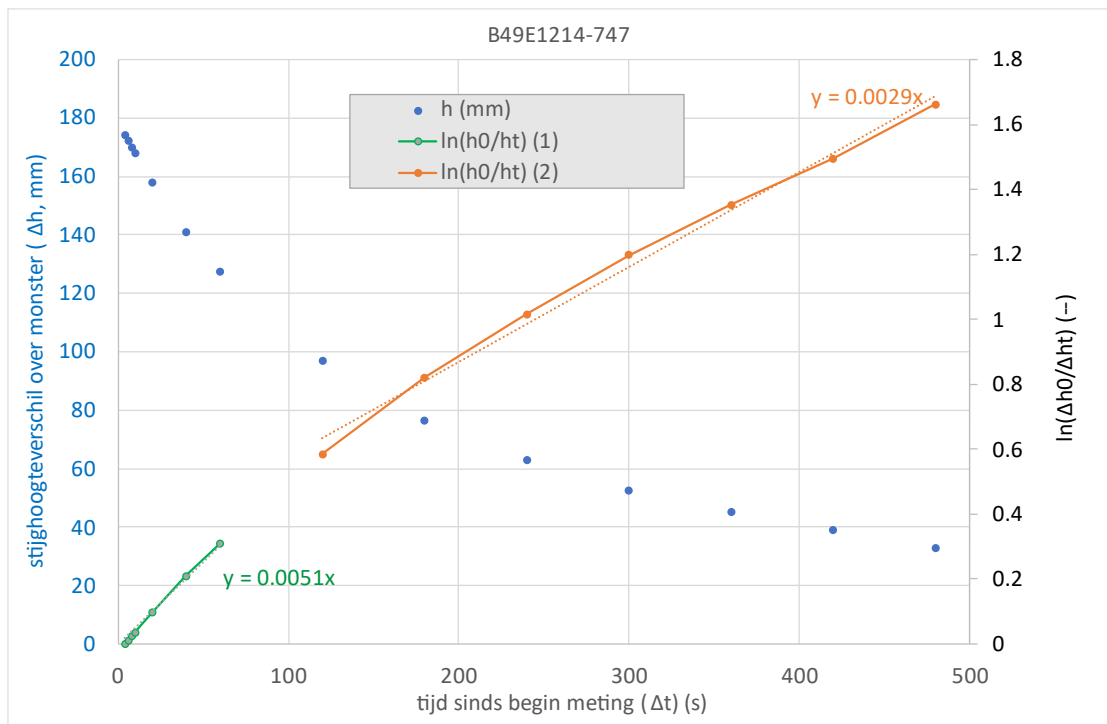


**Figuur 3.1:** Uitname van niet-cohesieve monsters uit een steekern. Links: trekbeugel, voor bepaling van de verticale doorlatendheid. Rechts: hefboom, voor bepaling van de horizontale doorlatendheid.

## 3.3 Controle van het meetverloop

### 3.3.1 Aangepaste oedometer

Een meting in de aangepaste oedometer wordt meestal één keer uitgevoerd, vanwege de vaak lage doorlatendheden en lange doorlooptijden. Zoals beschreven in paragraaf 2.1.1 resulteert de falling head proef in een tijdreeks van een afnemend stijghoogteverschil over het monster ( $h$ ). De berekening van de doorlatendheid berust vervolgens op een lineair verband tussen de verstreken tijd  $t$  en de grootte  $\ln(h_0/h_t)$ , zie Figuur 3.2. Het komt daarbij soms voor dat de meetwaarden in de eindfase van de meting gaan afwijken van dit lineaire verband. Op een dergelijk ‘verloop’ tijdens een meting wordt gecontroleerd door de richtingscoëfficiënt op basis van de eerste helft van de meetwaarden te vergelijken met de richtingscoëfficiënt op basis van de tweede helft van de meetwaarden, zie Figuur 3.2. Is het verschil meer dan 20%, dan wordt de meting onherroepelijk afgekeurd. Bij een verschil tussen 10% en 20% wordt het monster als onzeker beoordeeld. Het volgens de norm minimaal vereiste aantal bruikbare waarnemingen per meting is vijf. Bij vier bruikbare waarnemingen in een verder goed verlopen meting wordt de meting echter ook goedgekeurd.



**Figuur 3.2:** Voorbeeld van een verlopende meting. De richtingscoëfficiënt door de eerste zeven meetwaarden verschilt teveel van de richtingscoëfficiënt door de laatste zeven meetwaarden, en de meting wordt daarom afgekeurd.

### 3.3.2 Triaxiaal opstelling

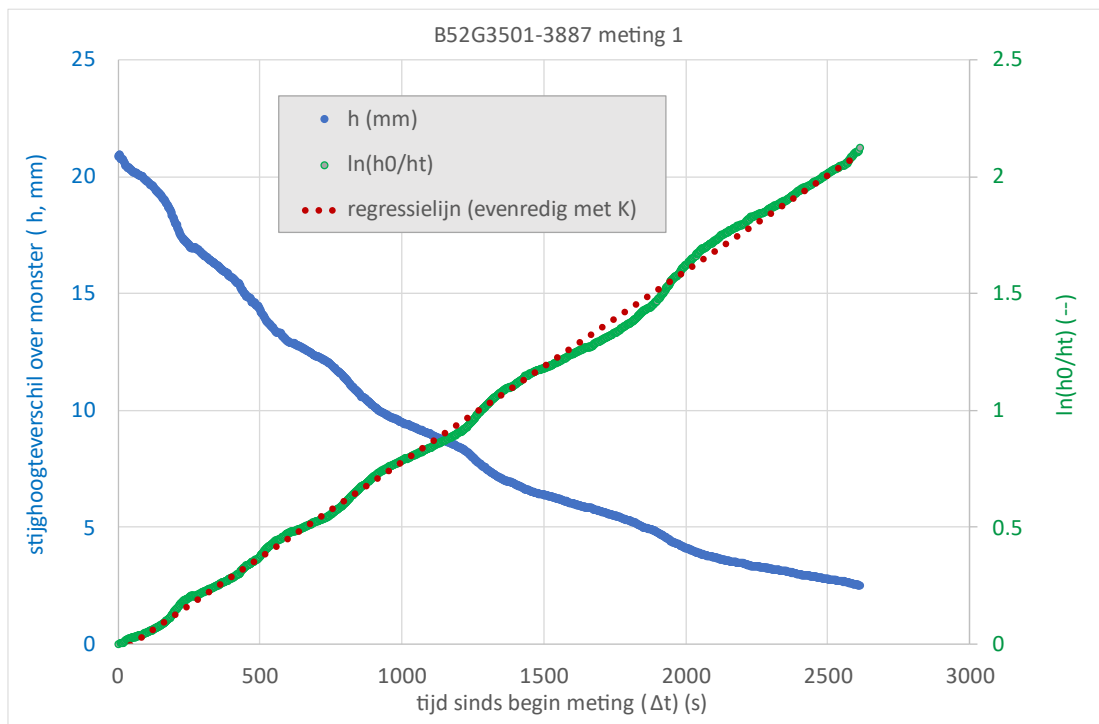
Tijdens de constant head doorlatendheidsmeting in de triaxiaal opstelling wordt het debiet een aantal malen gemeten, en op basis van de daaruit af te leiden doorlatendheidswaarden kan een standaardafwijking worden berekend. Hiertoe wordt door het externe laboratorium een tijdsinterval uit het proefverloop geselecteerd op basis van visuele inspectie. Na ontvangst van de meetresultaten wordt door TNO-GDN de variatiecoëfficiënt berekend, i.e. het quotiënt van de gemiddelde doorlatendheid en de standaardafwijking in het geselecteerde interval. Uit visuele controles van de gerapporteerde tijd-debiet grafieken blijkt dat een variatiecoëfficiënt van 0,5 of meer meestal kwalitatief gerelateerd kan worden aan een onregelmatig, verlopend of verstoord meetverloop. Monsters waarvoor een variatiecoëfficiënt van minimaal 0,5 wordt berekend, worden daarom als onzeker beoordeeld.

### 3.3.3 Open permeameter

Een doorlatendheidsbepaling in de open permeameter wordt meestal meerdere keren uitgevoerd, vanwege de relatief hoge doorlatendheden en korte doorlooptijden die dit mogelijk maken. Als de eerste en tweede doorlatendheidsmeting minder dan 10% van elkaar afwijken, wordt het gemiddelde van beide berekend als definitieve doorlatendheidswaarde. Zo niet, dan volgt een derde meting. Als dit derde meetresultaat minder dan 10% afwijkt van

het eerste of het tweede resultaat, wordt het gemiddelde van die twee resultaten gebruikt. Als het derde meetresultaat meer dan 10% maar minder dan 20% afwijkt van zowel het eerste als het tweede resultaat, leidt dit tot een beoordeling ‘onzeker’. Zijn alle onderlinge afwijkingen meer dan 20%, dan wordt het monster onherroepelijk afgekeurd.

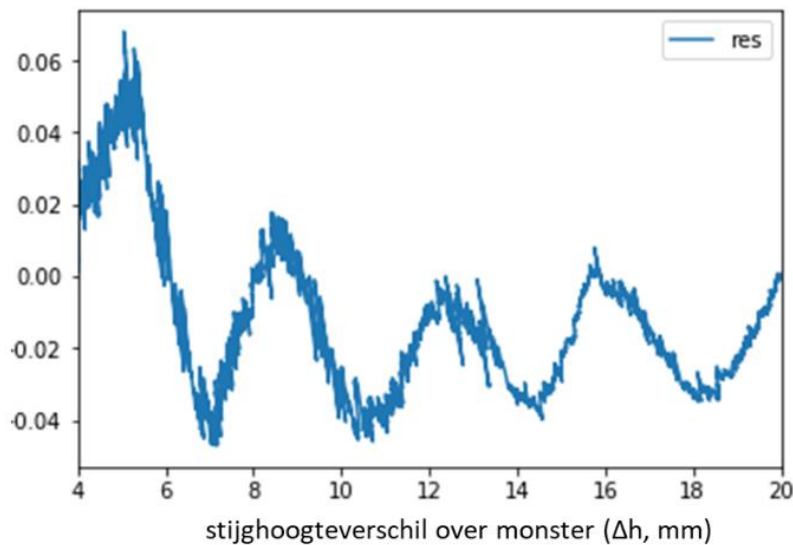
Zoals eerder beschreven wordt in de falling head opstelling de doorlatendheid afgeleid uit een lineair verband tussen de verstreken tijd  $t$  en de grootte  $\ln(h_0/h_t)$ , waarbij  $h$  het afnemende stijghoogteverschil over het monster is. Aan het begin van de meting wordt een  $h_0$  gecreëerd van 20 à 25 mm en dit neemt af naar 0 mm. De ervaring met de hoogfrequente laser-meetreeksen heeft geleerd dat bij  $h$  lager dan 6 à 7 mm er over het algemeen steeds grotere en grilligere fluctuaties optreden. Dit is te zien in Figuur 3.3 maar blijkt vooral uit figuur 3.4. Daarom wordt bij voorkeur het meetinterval gebruikt waarbij  $20 \text{ mm} > h > 8 \text{ mm}$ , het interval waarin meestal drie hele golflengten aan fluctuatie optreden<sup>7</sup>. Bij sommige oudere monsters die nog handmatig werden gemeten is het aantal waarnemingen in dit interval minder dan 5. In die gevallen wordt het meetinterval aangepast om het vereiste aantal metingen te krijgen. Ook bij monsters met veel bijmenging van lutum en/of silt worden de intervalgrenzen soms aangepast om de doorlooptijd te beperken.



**Figuur 3.3:** Voorbeeld van een meting in de open permeameter, falling head opstelling. K staat voor doorlatendheid. Als gevolg van de hoge meetfrequentie (0,5 tot 1 Hz) verworden de weergegeven datapunten tot lijnen.

<sup>7</sup> De vermoedelijke oorzaak van de fluctuaties, die bij alle metingen vergelijkbaar zijn, is een wisselwerking tussen het stijgende waterniveau en het drijvend vermogen (c.q. gewicht) van de kunststof laserreflectoren. Dit is echter tot nu toe niet nader onderzocht.





**Figuur 3.4:** Residuen op regressielijnen zoals in Figuur 3.3 weergegeven, als functie van het stijghoogteverschil  $\Delta h$ .

Een groot aantal ( $n=280$ ) falling head monsters uit de periode vlak na de overschakeling op lasermetingen is maar één keer gemeten. Er kan dan ook alleen worden beoordeeld op de consistentie van het stijghoogteverloop van die ene meting, conform de in paragraaf 3.3.1 beschreven procedure. Het blijkt echter dat een consistent stijghoogteverloop van een afzonderlijke meting geen goede graadmeter is voor een goede reproduceerbaarheid met een duplo-meting. Van de wel twee of drie keer gemeten monsters die zijn afgekeurd of als onzeker beoordeeld, blijken de afzonderlijke metingen in circa tweederde van de gevallen alsnog een consistent meetverloop te hebben. Geen verloop in een afzonderlijke meting betekent dus niet automatisch een goed reproduceerbare duplo-meting. Daarom is de beoordeling van enkelvoudig gemeten monsters als volgt:

- Een niet-consistent meetverloop, vastgesteld conform de procedure in paragraaf 3.3.1, leidt tot een beoordeling ‘onzeker’;
- Een consistent meetverloop, vastgesteld conform de procedure in paragraaf 3.3.1, leidt tot een beoordeling OK(V) (V=verloop). De beoordeling OK(V) in plaats van OK maakt het mogelijk om deze monsters als aparte populatie te behandelen bij gebruik van de meetgegevens, bijvoorbeeld door ze minder gewicht te geven.

Constant head monsters waarvan de doorlatendheid lager is dan 0,0864 m/d vallen buiten het toepassingsgebied voor constant head proeven, zoals vermeld in de toenmalige Nederlandse norm NEN 5123 (versie 2002). Als de meetwaarde wel goed gereproduceerd kon worden in een tweede of derde meting, hebben deze monsters een beoordeling OK(N) gekregen (N = Norm). In de voor CH-monsters destijds relevante richtlijn CEN ISO/TS 17892-11 v 2004 wordt overigens geen toepassingsgebied met onder- of bovengrenzen meer gedefinieerd.

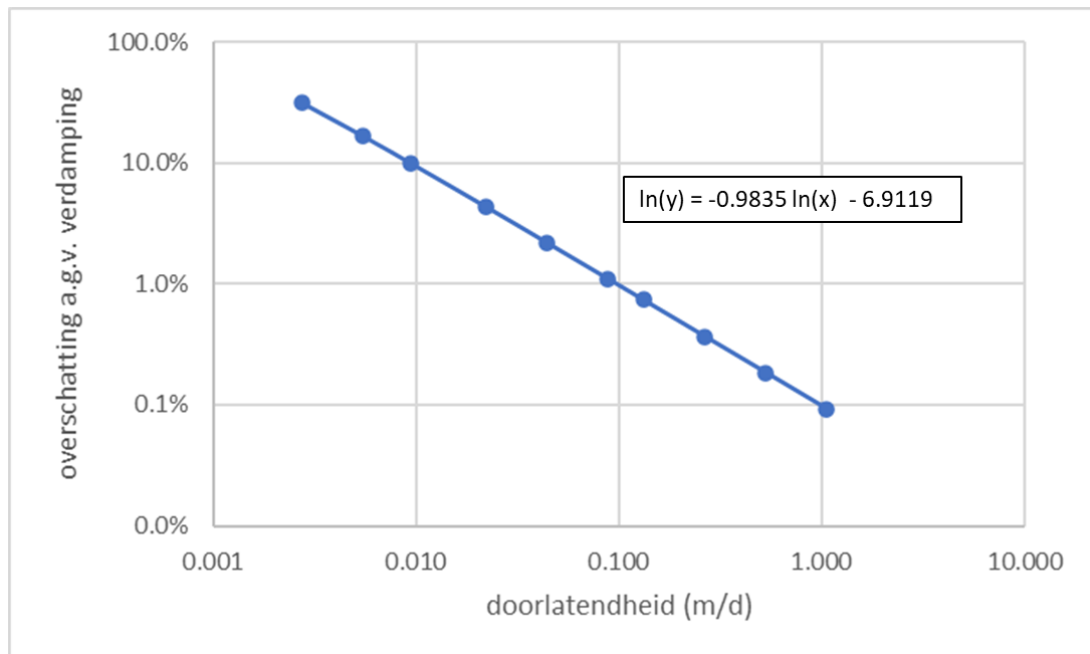
### 3.3.4 Invloed verdamping

In de opstellingen voor cohesieve monsters (AOE, TriAx) is de diameter van de stijgbuis zo klein dat verdamping hieruit mag worden verwaarloosd. De verdamping vanuit de

monsterhouder is beperkt door de lage temperatuur (10 °C). Zonodig wordt na de verzadigings/consolidatieperiode water aan de monsterhouder toegevoegd. Als de proef erg lang duurt, wordt er een cellofaantje rond de monsterhouder bevestigd.

In de handleiding bij de open permeameter (FH, CH) wordt een verdampingsterm toegevoegd aan de Darcy-vergelijking voor de falling head opstelling (Royal Eijkelpark, 2022). Daarin wordt gecorrigeerd met een verdampingsfactor met een literatuurwaarde van 0,864 mm per dag.

De in dit rapport beschreven meetresultaten zijn gecorrigeerd voor verdamping met een alternatieve methode. Daarbij is gebruik gemaakt van eigen metingen aan de verdamping in de meetruimte, en is ook het verschil in verdamping vanuit de monsterhouder en vanuit de permeameter in acht genomen. In 2023 is tweemaal een meting uitgevoerd om de verdamping in de permeameter-opstelling in beeld te brengen. Dit is gedaan met twee monsters die ondoorlatend waren gemaakt door de monsterringen te vullen met boetseerlei. Elke meting werd gestart met gelijke waterniveaus in en buiten het monster, en vervolgens werd de daling van beide niveaus met de twee lasers gemonitord. Doordat de monsters ondoorlatend waren gemaakt, mag worden verondersteld dat deze daling volledig voor rekening kwam van verdamping, zonder invloed van stroming door de monsters om het ontstane stijghoogteverschil te nivelleren. Tijdens de eerste meting (2 t/m 13 maart) verdampte er vanuit de permeameterbak in 11 dagen 1,7 tot 2,5 mm méér dan uit de twee monsters. Tijdens de tweede meting (5 t/m 23 juni) verdampte er vanuit de permeameter in 18 dagen 2,2 tot 2,3 mm méér dan uit de twee monsters. Dit betekent dat als gevolg van verdampingsverschillen tijdens een doorlatendheidsproef een relatieve daling van het waterpeil in de permeameter optreedt van 0,12 – 0,23 mm per dag ten opzichte van het waterpeil boven het monster. Met andere woorden: de doorlatendheid wordt iets overschat, en deze overschatting is groter naarmate de meting langer duurt. Deze invloed is gekwantificeerd met behulp van een synthetische, volgens een natuurlijke logaritme afnemende meetreeks en uitgaande van een verdampingsverschil van 0,2 mm per dag. Het resultaat is weergegeven in Figuur 3.5 en tabel 4.1. Het blijkt dat bij gemeten doorlatendheden vanaf 0,02 m/d de overschatting, c.q. toe te passen correctiefactor, klein is, en vanaf 0,5 m/d verwaarloosbaar. Bij doorlatendheden kleiner dan 0,02 m/d neemt de overschatting snel toe. Tot nu toe betreft dit circa 100 monsters. Bij waarden kleiner dan 0,002 m/d wordt de correctiefactor zo groot (minder dan een factor 0,5), dat ook de onzekerheid rondom de correctie te groot wordt. Falling head permeametermonsters met een gemeten doorlatendheid kleiner dan 0,002 m/d worden daarom als onzeker beoordeeld. Tot nu toe betreft dit acht monsters. In de gepubliceerde tabel zijn alle doorlatendheden van FH-monsters gecorrigeerd volgens de in Figuur 3.5 weergegeven regressievergelijking.



**Figuur 3.5:** Overschatting van de gemeten doorlatendheid als gevolg van verschillen in verdamping vanuit het monster vs. vanuit de permeameter.

Tabel 3.1 Toe te passen correctiefactoren bij verschillende orden van grootten van meetwaarden.

k (m/d)	afwijking c.q. correctiefactor	kcorr_E (m/d)
10.0	0.9999	10.0
1.0	0.9990	1.0
0.50	0.9980	0.50
0.100	0.9904	0.099
0.050	0.9810	0.049
0.020	0.9533	0.019
0.0100	0.9077	0.0091
0.0050	0.8175	0.0041
0.00200	0.5506	0.00110
0.00100	0.1114	0.00011

## 3.4 Controle van het monster

### 3.4.1 Grind, schelpen, hout en concreties ('grote delen')

Na de doorlatendheidsbepaling worden de monsters achtereenvolgens nat gewogen, gedroogd, droog gewogen, en gezeefd. De zeving heeft tot doel om de monsters te controleren op 'grote' delen: grind, schelpfragmenten, hout- en bruinkoolresten en van nature in het monster aanwezige concreties. Volgens NEN-EN-ISO 17862-11 (2019) mogen er geen fragmenten met een diameter groter dan 1/6 deel van de monsterdiameter in het monster voorkomen. De gedachte hierachter is dat dergelijke grote delen de doorstroming kunnen belemmeren (vooral bij zandige monsters) of de doorlatendheidsmeting op een andere manier kunnen beïnvloeden, bijvoorbeeld door voorkeursstroming langs de randen van zo'n fragment (vooral bij kleiige monsters). Het gaat hierbij om de middelste diameter van het deeltje. In alle meetprocedures worden monsterringen met een diameter van 50 mm toegepast, zodat bij een deeltjesdiameter vanaf 8,3 mm het monster als onzeker zou moeten worden beoordeeld. Bij cohesieve monsters (AOE en TriAx) wordt dit ook daadwerkelijk toegepast, maar niet-cohesieve monsters (FH en CH) met grote delen worden wel goedgekeurd. Op basis van een analogie met barrièrewerking in watervoerende pakketten door ondergrondse structuren zoals tunnels en damwanden wordt vermoed dat pas bij een blokkade van ca. 2/3 deel van een watervoerende doorsnede beïnvloeding van de grondwaterstroming begint plaats te vinden (zie bv. Janssen, 2001). Om 2/3 deel van de monsterdoorsnede (19,63 cm<sup>2</sup>) te blokkeren moeten de grootste en middelste diameter van een fragment beide minimaal 36 mm zijn. Zulke grote fragmenten zijn nog nooit aangetroffen in een niet-cohesief TopIntegraal-monster. Delen groter dan 8,3 mm in niet-cohesieve monsters worden dan ook niet beschouwd als aanleiding voor een onzekere beoordeling of afkeuring. Een aanvullend argument tegen het afkeuren van dergelijke monsters is dat het niet meenemen daarvan juist kan leiden tot niet-representatieve waarschijnlijkheidsverdelingen van de doorlatendheid. Het gaat namelijk vaak om de grofste en/of grindrijkste monsters in een populatie, met relatief hoge doorlatendheden. Dit wordt geïllustreerd in paragraaf 4.5.4.

Overigens wordt wel onderkend dat er een grote schaalessprong zit tussen een grindfragment in een grondmonster en een tunnel of damwand in een watervoerend pakket. Daarom worden de, ondanks de aanwezigheid van grote delen goedgekeurde niet-cohesieve monsters wel voorzien van een specifiek herkenbare beoordeling OK(GD).

### 3.4.2 Plantenwortels

Wanneer plantenwortels worden aangetroffen, wordt het monster als onzeker beoordeeld. Plantenwortels kunnen voorkeursstroming veroorzaken en daardoor aanleiding geven tot een gemeten doorlatendheid die niet representatief is voor de lithologie van het monster. Het oordeel wordt gegeven bij wortellengten van respectievelijk minimaal 3,3 mm (AOE-monsters, 1/6<sup>e</sup> deel van de monsterhoogte) en 15 mm (overige monstertypen). Bij AOE-monsters is de monsterhoogte (2 cm) kleiner dan de monsterdiameter en daardoor leidend in de beoordeling. Bij de overige monsters is het criterium niet 8,3 mm maar 15 mm om te voorkomen dat ook houtrestjes tot 15 mm lang maar met een middelste diameter < 8,3mm

leiden tot een onzekere beoordeling. Dit laatste criterium is gebaseerd op de ervaring met de uitgevoerde monstercontroles.

### 3.4.3 Kleine vervormingen

Bij constatering van kleine (1 à 2 mm) en goed visueel te begrenzen depressies, putjes, deukjes, gaatjes etc. aan de top of basis van het monster, volgt geen afkeuring. Het monster wordt goedgekeurd met een opmerking 'OK(Z)', waarin de Z verwijst naar verticale vervorming (z-waarde). Het betreft dusdanig kleine vervormingen dat die geen aanleiding zijn voor afkeuring.

### 3.4.4 Monsters zonder monstercontrole

De procedure voor systematische monstercontrole werd pas in 2007 ingevoerd. Eerdere monsters zijn recentelijk alsnog volgens een alternatieve procedure beoordeeld op de aanwezigheid van grote delen, met behulp van meetgegevens van de korrelgrootteverdeling, de boorbeschrijving en eventueel (bij cohesieve monsters) een beschrijving van het uit de kern gezaagde monsterblok waaruit het monster is geprepareerd. De gehanteerde criteria voor goedkeuring zijn:

- Gemeten grindfractie < 1%, of grindfractie >1% en in de boorbeschrijving geen matig grof of grof grind (fijn grind mag wel)
- In boorbeschrijving of monsterblok geen hele schelpen (ook geen 'spoor')
- In boorbeschrijving of monsterblok geen schelpresten ('spoor' mag wel)
- In boorbeschrijving of monsterblok geen sterke doorworteling

Monsters waarbij niet aan één van deze criteria wordt voldaan, zijn vervolgens op basis van expertkennis beoordeeld met behulp van de hoge resolutie boorfoto's die standaard worden gemaakt van de boorkernen. Deze laatste stap heeft geleid tot een extra beoordelingstype, namelijk OK(G) (G=grote delen): waarschijnlijk geen grote delen aanwezig.

## 3.5 Controle op overige bijzonderheden

### 3.5.1 Belasting

Voor een klein aantal cohesieve monsters is door TNO een toe te passen belasting opgegeven die bij controle niet representatief bleek voor de in situ terreinspanning, die wordt bepaald door de begravingdiepte en het gewicht van het bovenliggende sediment. Dit betekent dat de doorlatendheid is bepaald voor een andere belasting dan de terreinspanning. Deze monsters hebben een beoordeling 'OK(B)' gekregen (B van Belasting). Zie overigens ook paragraaf 4.6.2 voor het gebruik van de doorlatendheidsgegevens in relatie tot de toegepaste belasting en begravingdiepte.

## 3.6 Controle op uitschieters

Na het beschikbaar komen van de aan de doorlatendheidsmonsters gepaarde lithologische meetresultaten (korrelgrootteverdeling, gemeten hoofdlithologie, bijmengingen, zandmediaan, spreiding), wordt beoordeeld of de gemeten doorlatendheden plausibel zijn in het licht van die resultaten. Ook de oriëntatie van de gemeten doorlatendheid (horizontaal, Kh of verticaal, Kv) wordt meegenomen in de beoordeling. Uitschieters die vanuit de genoemde lithologische kenmerken moeilijk of niet verklaarbaar zijn worden op deze manier geïdentificeerd, en als onzeker beoordeeld of afgekeurd.

De beoordeling op uitschieters gebeurt op basis van expertkennis. Vanwege het vrij grote aantal kenmerken in de beoordeling worden geen vaste criteria gehanteerd. Als leidend principe geldt dat er terughoudend wordt omgegaan met het afkeuren van uitschieters. Dit geldt in het bijzonder als het uitschieters naar beneden betreft, omdat lekkage daar geen rol kan spelen. Uitschieters kunnen de werkelijke doorlatendheid van het monster weergeven en de doorlatendheidsverdeling van een gegeven populatie identiteit verlenen. Bij uitschieters naar boven kan lekkage wel een rol spelen, voor zover deze niet bij eerdere controles is geconstateerd. Als het gaat om afwijkingen van een orde van grootte of meer ten opzichte van wat verwacht wordt voor de betreffende lithologie, volgt meestal afkeuring. Bij twijfel volgt een beoordeling als onzeker ('Onzeker(U)', U van uitschieter). Nadere analyse of uitbreiding van de betreffende monsterpopulatie met het beschikbaar komen van nieuwe meetresultaten moet in die gevallen leiden tot een definitieve beoordeling.

## 4 Resultaten

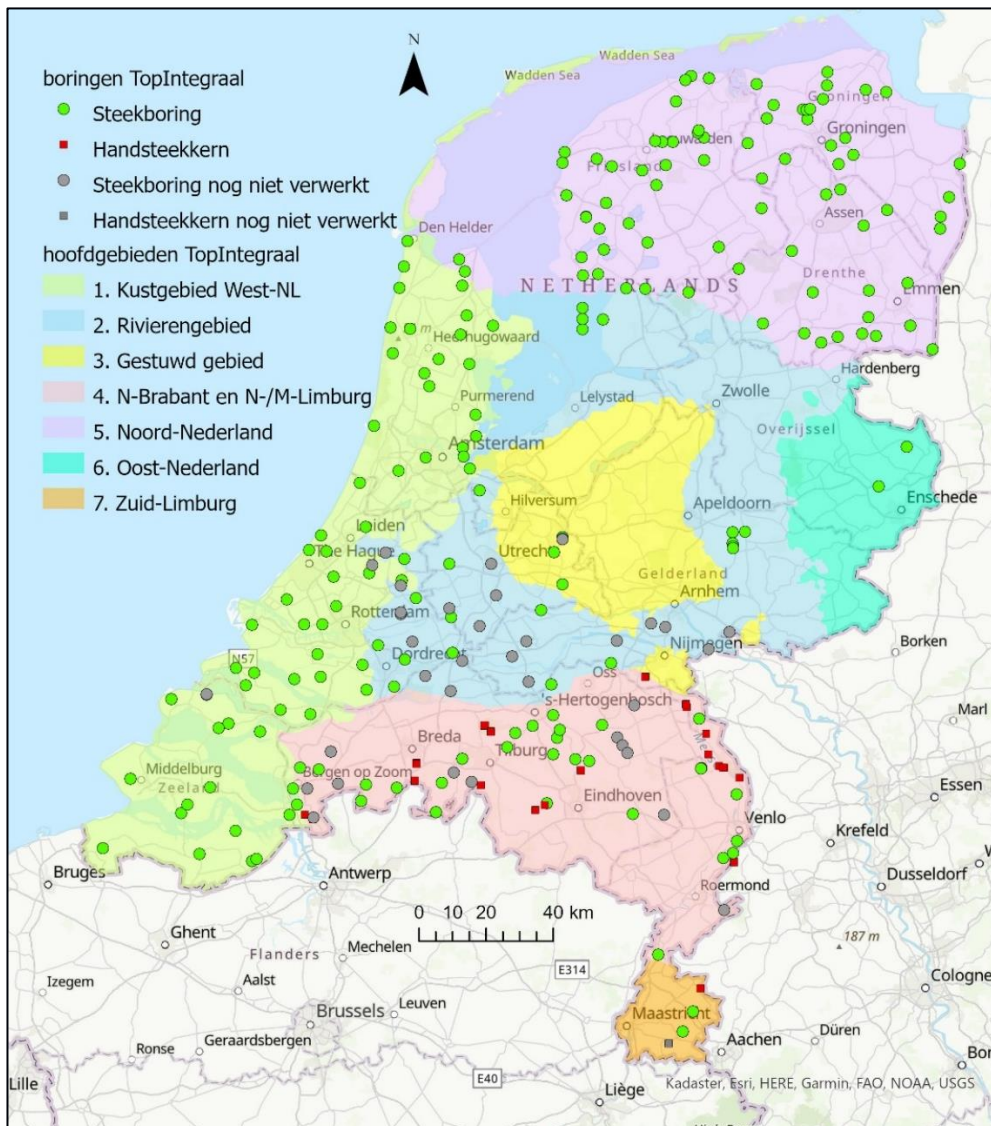
### 4.1 Boringen

De TopIntegraal DL-dataset bevat meetresultaten van 197 steekboorlocaties en 17 handsteekkerndlocaties, zie Figuur 4.1. De steekboringen hebben einddiepten variërend van 16 tot 80 meter beneden maaiveld, de handsteekkernden zijn afkomstig uit groevewanden en beekoevers, met een maximale steeklengte van 0,35 m. De metagegevens van deze boringen zijn opgenomen in Bijlage A..

### 4.2 Aantallen monsters

De totale DL-dataset bevat de meetgegevens van 5834 monsters, waarvan er 4621 (79%) gepubliceerd worden bij dit rapport. De afvallers zijn:

- Monsters die zijn genomen in het kader van detailonderzoek of vergelijkend onderzoek en daardoor minder geschikt voor karakterisatie en parameterisatie (169).
- Monsters die een afgekeurd of onzeker meetresultaat hebben (919), de meeste hiervan (ruim 800) vanwege het ontbreken van (het vereiste aantal) meetresultaten, lekkage of een (sterk) verlopende meting. Minder vaak zien we onzekere beoordelingen door grote delen in kleimonsters (31), plantenwortels (62) en uitschieters (16);
- Monsters waarvan de doorlatendheidsmeting wel is goedgekeurd, maar waarvan de lithologische meetgegevens ontbreken (125). De doorlatendheidswaarde kan daardoor niet gerelateerd worden aan lithologische kenmerken.



Figuur 4.1: TopIntegraal boorlocaties. NB Er zijn meestal meerdere handsteekkernen gestoken op één locatie.

### 4.3 Toelichting tabel met meetgegevens

De doorlatendheidsgegevens van de 4618 voor deze publicatie goedgekeurde monsters worden beschikbaar gesteld als csv-tabel. Deze tabel is te benaderen en downloaden via Grondwatertools, het online grondwaterportaal van TNO Geologische Dienst Nederland: [Doorlatendheden | Grondwatertools](https://www.grondwatertools.nl/doorlatendheden) (<https://www.grondwatertools.nl/doorlatendheden>).

Onderstaand volgt een beschrijving van de monsterkenmerken in de TopIntegraal DL-dataset. Behalve de metagegevens van elk monster en de doorlatendheidsgegevens zijn ook de belangrijkste lithologische kenmerken opgenomen in de tabel, om analyses van eventuele verbanden tussen lithologie en doorlatendheid mogelijk te maken.



#### NITG\_NR

De code van de boring waaruit het monster afkomstig is.

#### Boring\_Naam

Topografische aanduiding van de boorlocatie.

#### X\_Boring

RD-X-coördinaat (EPSG 7415: Geprojecteerd coördinatensysteem *Amersfoort / RD New*) van de boring, in meters.

#### Y\_Boring

RD-X-coördinaat (EPSG 7415: Geprojecteerd coördinatensysteem *Amersfoort / RD New*) van de boring, in meters.

#### Bor\_Maaiveld\_mNAP

Maaiveldhoogte ter plaatse van de boring, in meters t.o.v. NAP.

#### Bovendiepte\_m

Diepte van de bovenkant van het monster in meters beneden maaiveld.

#### Onderdiepte\_m

Diepte van de onderkant van het monster in meters beneden maaiveld.

#### LocDepth\_ID

Unieke identificatiecode van het monster, bestaande uit een combinatie van het NITG-nummer en de oorspronkelijk geplande bovendiepte van het monster, in centimeters beneden maaiveld. Meestal is de daadwerkelijke monsterdiepte gelijk aan de geplande diepte, maar soms is bij de monsternamen enkele cm's uitgeweken, bijvoorbeeld omdat de te bemonsteren kernhelte storende delen bleek te bevatten.

#### Lithostratigrafische\_eenheid

Code voor de lithostratigrafische eenheid waarbinnen het monster valt. Lithostratigrafie is het indelen van sedimenten en gesteenten op basis van overeenkomstige lithologische eigenschappen en stratigrafische positie. Lithologische eigenschappen van een eenheid zijn bijvoorbeeld de overheersende grond- of gesteentesoort, korrelgrootteverdeling, bijmengsels, grindsamenstelling, schelpeninhoud en kleur. Onder de stratigrafische positie van een eenheid wordt de ruimtelijke positie verstaan in relatie tot andere eenheden. De basiseenheid van een lithostratigrafische indeling is de formatie, die onderverdeeld kan zijn in laagpakketten en/of lagen. De in Nederland onderscheiden lithostratigrafische eenheden (Westerhoff et al., 2003) zijn formeel beschreven in de Stratigrafische Nomenclator van de Ondiepe Ondergrond van Nederland (TNO, 2021; [www.dinoloket.nl/stratigrafische-nomenclator](http://www.dinoloket.nl/stratigrafische-nomenclator) of [www.broloket.nl/stratigrafische-nomenclator](http://www.broloket.nl/stratigrafische-nomenclator)). Let op: in de huidige Nomenclator worden bijna alle in de TopIntegraal-gegevensverzameling voorkomende codes voor lithostratigrafische eenheden voorafgegaan door NU, een aanduiding voor de Boven Noordzee Groep. Uitzonderingen zijn monsters uit de formaties van Rupel (RU) en Dongen (DO), die tot de Midden- resp. Onder Noordzee Groep behoren en in de Nomenclator worden voorafgegaan door NM resp. NL. In dit rapport zijn deze voorvoegsels achterwege gelaten.

#### Lithofaciescode

Binnen een lithostratigrafische eenheid kunnen verschillende *lithofacies* voorkomen. Een lithofacies is een morfologische karakterisering van sediment op basis van lithologische en structurele kenmerken in een boorinterval. Op het hoogste niveau worden de volgende facies

onderscheiden: eolisch, fluviatiel, glaciaal, marien, organogeen, en overige milieus. De huidige indeling in lithofacies is weergegeven in Tabel 4.1. Voor meer uitleg over lithofacies wordt verwezen naar Schokker en Weerts (2004).

#### Gestuwd

Aanduiding of het sediment waaruit het monster afkomstig is, gestuwd is tijdens de laatste landijsbedekking in het Saalien.

#### Heterogeniteit

De heterogeniteit van een monster kan van grote invloed zijn op de horizontale of verticale doorlatendheid. De mate van heterogeniteit kan niet worden afgeleid uit korrelgrootteverdeling, zandmediaan, lithologie of lithoklasse, maar is alleen te bepalen door zorgvuldige bestudering van kernen uit een steekboring. De mate van heterogeniteit speelt ook een belangrijke rol bij de vaststelling van de lithofaciescode. De meest voorkomende vormen van heterogeniteit op de schaal van een monster zijn kleinschalige gelaagdheid, vooral bij kustnabije en fluviatiele afzettingen, en cryo- en bioturbatie.

#### Lutumpercentage gemeten

Het door middel van laserdiffractie gemeten massapercentage lutumdeeltjes ( $< 8 \mu\text{m}$ ) in het monster zonder kalk, organische stof en de grindfractie ( $> 2000 \mu\text{m}$ ). Deze bepalingsmethode is in lijn met NEN ISO 13320 (2009).

#### Siltpercentage gemeten

Het door middel van laserdiffractie gemeten massapercentage siltdeeltjes ( $8 - 63 \mu\text{m}$ ) in het monster zonder kalk, organische stof en de grindfractie ( $> 2000 \mu\text{m}$ ). Deze bepalingsmethode is in lijn met NEN ISO 13320 (2009).

#### Zandpercentage gemeten

Het door middel van laserdiffractie gemeten massapercentage zanddeeltjes ( $63 - 2000 \mu\text{m}$ ) in het monster zonder kalk, organische stof en de grindfractie ( $> 2000 \mu\text{m}$ ). Deze bepalingsmethode is in lijn met NEN ISO 13320 (2009).

#### Grindpercentage gemeten

Het door middel van zeping bepaalde massapercentage van de grindfractie ( $> 2000 \mu\text{m}$ ) in het monster.

Tabel 4.1 Lithofacieseenheden en hun belangrijkste kenmerken (gebaseerd op Schokker en Weerts, 2004, sindsdien aangepast).

Lithofaciescode	DINO beschrijving	Lithologie	Overige kenmerken
<b>Eolisch</b>			
FEZDZ	eolisch, dekzand	zand (105-300)	goede sortering, homogeen of horizontaal gelaagd, fijne detritus, vegetatiehorizons/bodemlagen en doorworteling
FEZVE	eolisch, dekzand (verspoeld)	siltig zand (105-300), zandige leem	cm-gelaagdheid, adhesieribbels, fijne detritus, vegetatiehorizons/bodemlagen en doorworteling
FEKLO	eolisch, löss	leem, zandige leem	goede sortering, ingeschakelde bodems
FEKVE	eolisch, löss (verspoeld)	zandige leem, siltig zand	mm/cm-gelaagdheid, adhesieribbels
FEZKD	eolisch, kustduin	zand (105-300)	goede sortering, scheefgelaagd, schelphoudend (kleine schelpen/schelpfragmenten/schelpgruis), ingeschakelde bodems
FEZLD	eolisch, landduin	zand (105-300)	goede sortering, scheefgelaagd, fijn verdeeld organisch materiaal, ingeschakelde bodems
FEZRD	eolisch, rivierduin	zand (150-850)	heterogeen, grindsnoertjes
FEG	eolisch, deflatieniveau	fijn grind	
<b>Fluviatiel</b>			
FFKMA	fluviatiel, kom (massief)	klei, zandige klei, humeuze klei	massief
FFKLA	fluviatiel, meer/restgeul (gelaagd)	klei, zandige klei, humeuze klei	cm-gelaagdheid, dunne zand en/of veenlaagjes
FFL	fluviatiel, oever/crevasse	zand (63-300), siltig zand, zandige leem	heterogeen, cm-gelaagdheid
FFZ	fluviatiel, geul (zandig)	zand (210-850)	heterogeen, fining-up, lag deposit
FFG	fluviatiel, geul (grindig)	grindig zand, zandig grind, grind	>= ~5% grind
<b>Glaciaal (incl. glaciolacustrien &amp; glaciomarien)</b>			
FGDLA	glaciaal, diamict (gelaagd)	klei, zandige klei, kleilig zand	slecht gesorteerd, gelaagdheid, aanwezigheid grind

Lithofaciescode	DINO beschrijving	Lithologie	Overige kenmerken
FGDMA	glaciaal, diamict (massief)	klei, zandige klei, kleiig zand	slecht gesorteerd, massief, aanwezigheid grind
FGDRE	glaciaal, residu	grind	aanwezigheid grof zand, diamictresten
FGK	glaciaal, bekken (fijn, massief)	klei, siltige klei, leem, zandige leem	cm-gelaagdheid
FGL	glaciaal, bekken/sandr/kame (fijn, gelaagd)	zand (63-210), siltig zand	cm-gelaagdheid
FGZ	glaciaal, esker/sandr/pradolina (zandig)	zand (150-850)	bont grof zand, aanwezigheid grind, cm-gelaagdheid
FGLUB	glaciaal, smeltwateruitbraak (fijn)	zand (63-210)	glauconiet, klimmende ribbels, homogeen
FGZUB	glaciaal, smeltwateruitbraak (grof)	zand (210-1000)	glauconiet, homogeen
<b>Marien, kustnabij &amp; estuarien</b>			
FMLKW	marien, kwelder/schor/hoogwad	kleiig zand, zandige klei	vegetatiehorizonten, bioturbatie, doorworteling
FMKLG	marien, lagune/verdrinkingskleien	klei, humeuze klei	gyttjalaagjes, massief, doorworteling
FMLGP	marien, getijdeplaat/wadplaat/slik/lagwad	zand (63-210), kleiig zand, zandige klei, klei	cm-gelaagdheid, vegetatiehorizonten, bioturbatie, schelpensoorten: Cerastoderma, Macoma, Scrobicularia, Hydrobia
FMLGG	marien, getijdegeul/wadgeul/estuarium	zand (105-600), kleiig zand, zandige klei	fining-up, lag deposit, Linsen en Flaser, getijdebundels
FMKOD	marien, overstromingsdek	klei (soms zandig), leem of zand (63-210mu)	homogeen, zand kan kleine schelpen of schelpfragmenten bevatten, scherp (mogelijk erosief) contact met onderliggend sediment
FMZKU	marien, kustnabij/strand/vooroever	zand (105-300)	goede sortering, bioturbatie, schelpensoorten: Donax, Spisula
FMS	marien, schelpencrag/rif	schelpen, schelprijk zand	>= ~15% schelpen
FMKSH	marien, shelf (fijn, massief)	klei, siltige klei	glauconiet, massief
FMLSH	marien, shelf (fijn, gelaagd)	zand, zandige en siltige klei, kleiig zand	zandige insluitingen, schelpen of schelpfragmenten, bioturbatie, glauconiet

Lithofaciescode	DINO beschrijving	Lithologie	Overige kenmerken
FMZSH	marien, shelf (zandig)	siltig zand (105-210), kleilig zand	goed gesorteerd, kalkrijk, schelpen of schelpfragmenten, bioturbatie, glauconiet
<b>Organogeen</b>			
FOB	organogeen, moeras (bruinkool)	bruinkool	houtresten, stronken
FOM	organogeen, meer/restgeul	gyttja, detritus	zeer heterogeen met sterke cm-gelaagdheid, zandige laagjes
FOVAM	organogeen, moeras (amorf)	amorf veen	geen herkenbare plantenresten, compact
FOVEU	organogeen, moeras (eutroof)	veen, kleilig veen	eutrofe plantensoorten (b.v. els, riet)
FOVME	organogeen, moeras (mesotroof)	veen, kleilig veen	mesotrofe planten (b.v. zegge)
FOVOL	organogeen, moeras (oligotroof)	veen	oligotrofe planten (b.v. veenmos)
<b>Overige milieus</b>			
FXP	overig, precipitaat	moeraskalk, siderietgyttja, ijzeroer	
FHL	overig, hellingafzetting (fijn)	leem, zandige leem	slechte sortering, bodems en/of organisch-rijke lagen, dm-gelaagdheid
FHZ	overig, hellingafzetting (grof)	zand (105-2000)	slechte sortering, bodems en/of organisch-rijke lagen, dm-gelaagdheid
FRZS	overig, oplossingsresidu (zandsteen)	zand en zandsteen (105-420)	zandsteenfragmenten
FRKKS	overig, oplossingsresidu (kalksteen)	vuursteen, klei, kleilig zand	niet-opgeloste kalksteenfragmenten

Organisch stofpercentage gemeten

Het door middel van gloeiverlies(TGA)-analyse bepaalde massapercentage organische stof in het monster zonder de grindfractie (> 2000 µm). De bepalingmethode is in lijn met NEN-EN-ISO 14688-2 (2019).

Zandmediaan (µm) gemeten

De uit de lithologische metingen afgeleide mediane korrelgrootte van de zandfractie, in µm.

Spreiding zandfractie gemeten

De spreiding van de korrelgrootte in de zandfractie, uitgedrukt als D60/D10, respectievelijk de 60- en 10-percentielen van de korrelgrootteverdeling.

Hoofdlithologie gemeten

De uit de lithologische metingen afgeleide code voor de hoofdlithologie van het monster conform NEN5104.

Grondsoort gemeten

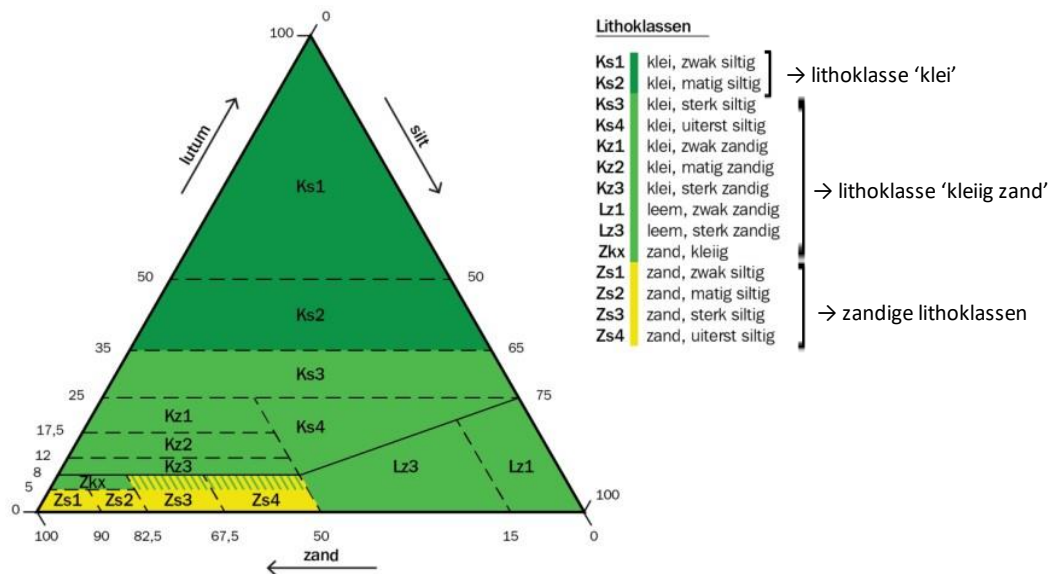
De uit de lithologische metingen afgeleide grondsoort. De grondsoort is gebaseerd op hoofdlithologie en bijmengingen conform NEN5104, maar aanvullend daarop wordt voor de hoofdlithologie zand onderscheid gemaakt op basis van de zandmediaanklasse, ook conform NEN5104.

Lithoklasse gemeten

De uit de voorgaande attributen afgeleide code voor de zgn. lithoklasse van het monster. De lithoklassen-indeling is ontwikkeld ten behoeve van de ondergrondmodellen van TNO-GDN (Vernes en Van Doorn, 2005). De indeling is gebaseerd op de eerder beschreven kenmerken hoofdlithologie, bijmengingspercentages klei, silt en zand, en de zandmediaan. De in TopIntegraal gehanteerde indeling is de indeling die ten behoeve van GeoTOP is overgenomen uit REGIS II (Stafleu e.a., 2012) met uitzondering van de alleen in GeoTOP gebruikte lithoklasse ‘antropogeen’. Sindsdien is de lithoklassen-indeling binnen REGIS II v2.2 overigens sterk uitgebreid (Hummelman e.a., 2019). De hier gehanteerde indeling en de relatie tussen zandige of kleiige lithoklasse en de percentages zand, lutum en silt zijn in respectievelijk Tabel 4.2 en Figuur 4.2 weergegeven.

Tabel 4.2. Indeling in lithoklassen zoals gehanteerd in TopIntegraal. Deze indeling is gelijk aan de door Stafleu e.a. (2012) voor GeoTOP gehanteerde indeling, met uitzondering van de lithoklasse antropogeen.

lithoklasse	code	Korrelgrootte (zandmediaan)
organisch materiaal (veen)	v (voorheen ook o)	--
klei	k	--
kleilig zand, zandige klei en leem	kz	--
fijn zand	zf	≥ 63 µm en ≤ 150 µm
midden zand	zm	≥ 150 µm en ≤ 300 µm
grof zand	zg	≥ 300 µm en ≤ 2000 µm
grind	g	≥ 2000 µm
schelpen	she (voorheen sch)	--



**Figuur 4.2:** Relatie tussen percentages zand, silt en lutum en zandige en kleiige lithoklassen (op basis van Hummelman e.a., 2019 en NEN5104). De codes Ks1, Ks2 etc. zijn grondsoorten.

Bepalingsmethode

De methode waarmee de doorlatendheid is bepaald, zoals beschreven in hoofdstuk 2. Dit attribuut kan de waarde AOE, TriAx, FH of CH hebben.

Doorlatendheid orientatie

Oriëntatie van de gemeten doorlatendheid, horizontaal (hor) of verticaal (ver).

K (m/d 10C)

Doorlatendheidsresultaat in meters per dag, omgerekend naar een temperatuur van 10°C en afgerond op twee significante cijfers.

Kwaliteit monster

Beoordeling van de kwaliteit van de berekende doorlatendheid van het monster, conform de in hoofdstuk 3 beschreven systematiek.

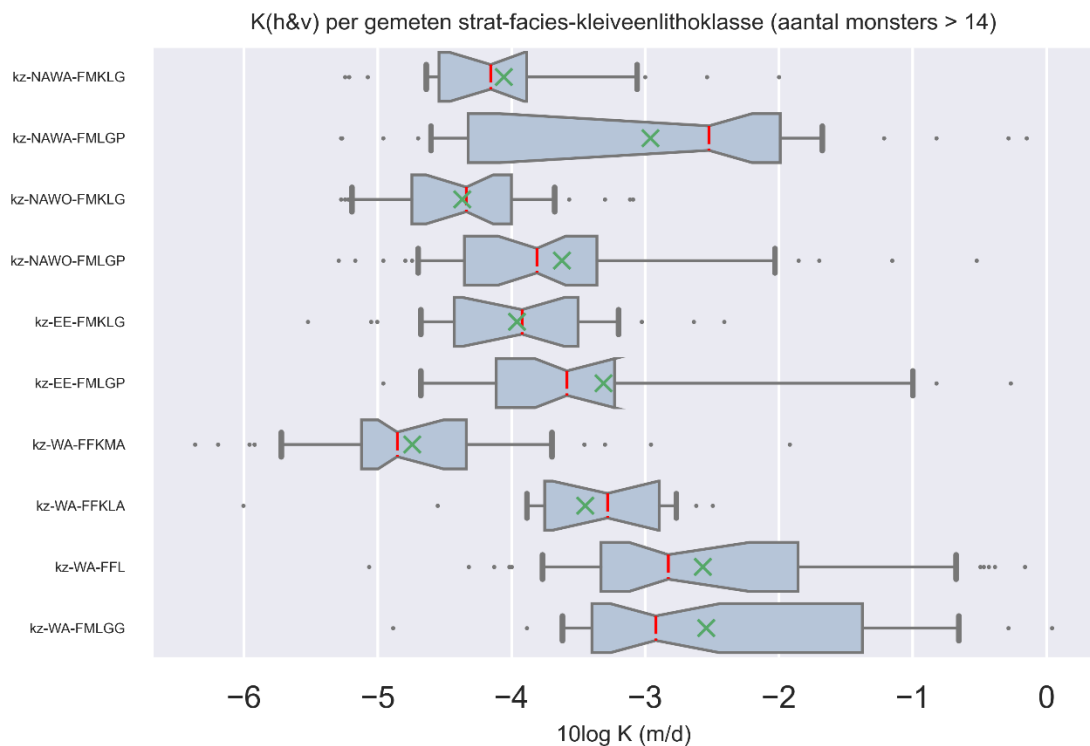
## 4.4 Kentallen doorlatendheid

De doorlatendheidsgegevens van de 4618 voor deze publicatie goedgekeurde monsters worden beschikbaar gesteld als csv-tabel. Verder zijn de resultaten samengevat in kentallen (p10, p25, p50, p75 en p90) per gemeten lithoklasse, gemeten grondsoort, strat-lithoklasse, (combinatie van lithostratigrafische eenheid en gemeten lithoklasse) en strat-facies-lithoklasse (combinatie van strat-lithoklasse en lithofaciescode). De indeling in strat-lithoklasse vormt de basis voor de kartering en parametrisatie van de ondergrondmodellen REGIS II en GeoTOP van TNO-GDN. De kentallen zijn berekend voor populaties met minimaal 15 monsters.

De kentallen zijn beschikbaar gesteld in csv-tabellen en gevisualiseerd in box-whiskerplots (png-bestanden) voor horizontale doorlatendheid (Kh), verticale doorlatendheid (Kv) en alle resultaten (Kh&v) gezamenlijk. Er zijn aparte png-bestanden voor de kleiige en venige

lithoklassen en voor de zandige lithoklassen. Voor de kleiige en venige lithoklassen zijn de boxplots alleen voor Kv beschikbaar. Doordat een minimum vereist aantal van 15 monsters wordt gehanteerd voor weergave in een boxplot, kan het voorkomen dat een populatie wel zichtbaar is in het Kh&v-boxplot, maar niet in de Kh- en Kv-boxplots. Dit is bijvoorbeeld het geval bij de grondsoort ZUFs3, bestaande uit 13 monsters met een gemeten Kh en 13 monsters met een gemeten Kv.

Een voorbeeld is gegeven in Figuur 4.3. Hieruit blijkt dat binnen strat-lithoklassen nog een behoorlijke variatie in doorlatendheid aanwezig kan zijn. Deze variatie is deels regionaal verklaarbaar, bijvoorbeeld binnen de strat-lithoklasse kz-WA komt de mariene lithofacies FMLGG (getijdegeul) alleen in het westen van het verbreidingsgebied van de Formatie van Waalre voor. Voor andere strat-lithoklassen, bijvoorbeeld de kleinschalige fluviatiele afzettingen in de Formatie van Boxtel (niet in Figuur 4.3 weergegeven), zou een aanvullende regionale indeling (naar hoofdgebieden, zie Figuur 1.1) mogelijk nog meer variatie verklaren. De aantallen monsters zijn echter (nog) te klein voor zo'n nog verdergaande indeling.



**Figuur 4.3:** Box-whiskerplot doorlatendheden per strat-facies-lithoklasse, voor de lithoklassen klei, kleiig zand en veen. De boxen geven de 25- en 75-percentielen weer, de whiskers de 10- en 90-percentielen. De rode lijn is de mediane waarde van de populatie, het groene kruis het rekenkundig gemiddelde.



## 4.5 Bijzonderheden

### 4.5.1 Afwijkende monsterdiepte

Voor 64 monsters is een extra controle uitgevoerd op de exacte monsterdiepte. In de meeste gevallen ging het om verschuivingen tussen geplande en actuele monsterdiepte van enkele centimeters. Deze verschuivingen zijn soms nodig om een goed geprepareerd proefstuk te verkrijgen. Dergelijke kleine verschuivingen hebben weinig invloed op de betrouwbaarheid waarmee de gemeten doorlatendheid kan worden gerelateerd aan de korrelgrootteverdeling van het gepaarde monster, dat afkomstig is van dezelfde diepte uit de tegenoverliggende kernhelft. In enkele gevallen zijn de afwijkingen groter (5-10 cm). Bij die monsters is vastgesteld dat de daadwerkelijke uitnamediepte in hetzelfde beschreven boorinterval valt als de opgegeven diepte, en dat dit interval homogeen is. Er is daarbij ook gekeken naar de hoge resolutie foto's die standaard worden gemaakt van TopIntegraalboorprofielen. Uiteindelijk bleek de nacontrole voor geen van de monsters aanleiding om deze af te keuren.

### 4.5.2 Invloed luchtbelvorming

In een open permeameter staan de monsters in contact met lucht. Het water in de permeameter wordt ververs met ontlucht water. Het zuurstofgehalte in de permeameter wordt eenmaal per maand gemeten, en de verzadigingsgraad varieert dan tussen 89 en 97 %, afhankelijk van de luchtdruk, temperatuur en mate van verversing in de voorafgaande periode. De herverzadiging van de monsters met water vindt voorafgaand plaats in speciaal daarvoor gemaakte monsterbakken die niet luchtdicht zijn maar wel afgedekt worden met nauwsluitende deksels. Ook deze bakken worden langzaam gevoed met ontlucht water, door middel van een peristaltische pomp op een zeer laag toerental. De gemeten verzadigingsgraad in de herverzadigingsreservoirs schommelt tussen 60 en 80% en is daarmee lager dan de verzadigingsgraad in de permeameter. De inschatting is dat deze mate van luchtverzadiging, bij de vrij constante klimaatomstandigheden in de meetruimte, niet leidt tot een risico op de vorming van luchtbellen die het meetresultaat merkbaar kunnen beïnvloeden. In het verleden werd soms geconstateerd dat een luchtbel ingesloten kon raken in het dubbelfilter waar de monsterringen op geplaatst worden. Dit was aanleiding om de monsters schuin geplaatst te herverzadigen en ook bij het overzetten naar de permeameter schuin in het water te laten zakken. Luchtbelvorming wordt sindsdien niet meer waargenomen.

### 4.5.3 Stijghoogteverschil tijdens proeven

In de huidige norm wordt een aanbeveling gedaan voor het tijdens een doorlatendheidsmeting te hanteren maximale stijghoogteverschil (zie: ISO 17892-11v2019, Table 1). Gekozen is om het stijghoogteverschil niet conform deze aanbeveling te beoordelen, om de volgende redenen:

- De hydraulische gradiënt bij FH-proeven is nooit hoger dan 0,5 en is daarmee altijd in lijn met de aanbeveling in de norm;
- Het laboratorium dat de AOE- en TriAx-proeven uitvoert hanteert een ander, praktisch criterium voor het stijghoogteverschil, namelijk dat de doorlooptijd van de meting niet te

lang mag worden. Ons inziens is dit verdedigbaar, temeer omdat het in de norm een aanbeveling betreft en geen eis. Bovendien kan per definitie niet optimaal rekening worden gehouden met de aanbeveling, omdat de doorlatendheid nog niet bekend is op het moment dat het stijghoogteverschil gekozen moet worden.

### 4.5.4 Niet-cohesieve monsters met grote delen

Om het effect van het niet meenemen van niet-cohesieve monsters met grote delen te bepalen, zijn kentallen van de DL-dataset met en zonder deze monsters vergeleken. Het betreft in totaal 124 monsters, zoals te verwachten voornamelijk in de lithoklasse grof zand (zg). De kentallen blijken voor de meeste strat-lithoklassen niet of nauwelijks te verschillen. Bij één strat-lithoklasse (zg-EE) vallen de kentallen iets lager uit doordat er één monster met grote delen en een relatief lage doorlatendheid blijkt. Dit monster is afkomstig uit een lithofacies (FMS, schelpencrag of rif) waarin relatief veel bijmenging van lutum en silt in de monsters voorkomt. Dit verklaart waarschijnlijk de lagere kentallen. Een invloed van belemmering van de stroming tijdens de proef door de aanwezigheid van schelpen (de grootste is 13 x 10 mm ofwel 7% van de doorstroomde doorsnede) is niet waarschijnlijk. Bij vier strat-lithoklassen vallen de kentallen duidelijk hoger uit (zie tabel 4.3):

- EE-kz: de hogere doorlatendheidskentallen worden veroorzaakt door twee monsters met hoge zandpercentages die nog net in de lithoklasse kz vallen (grondsoort Kz3);
- KR-zg, DRSC-zg en ST-zg: de hogere doorlatendheidskentallen worden veroorzaakt door grindige monsters die daardoor (veel) grover zijn dan de zandige monsters zonder grote delen. Bijvoorbeeld in het geval van DRSC: 638 µm versus 433 µm.

Uit het bovenstaande kan worden geconcludeerd dat het niet-meenemen van niet-cohesieve monsters met grote delen tot een grotere vertekening in de kentallen kan leiden dan het wel meenemen van die monsters. Zoals uitgelegd in paragraaf 3.4.1 worden niet-cohesieve monsters met grote delen daarom wel goedgekeurd, zij het met een specifiek herkenbare beoordeling OK(GD).

Toch zullen de lithoklassen grof zand en in mindere mate midden zand voorlopig toch nog een vertekening naar lagere doorlatendheden blijven houden. In het grindrijke, grovere deel van deze lithologieën is relatief weinig bemonsterd, omdat daarbij in het verleden al rekening werd gehouden met de geldende richtlijnen.

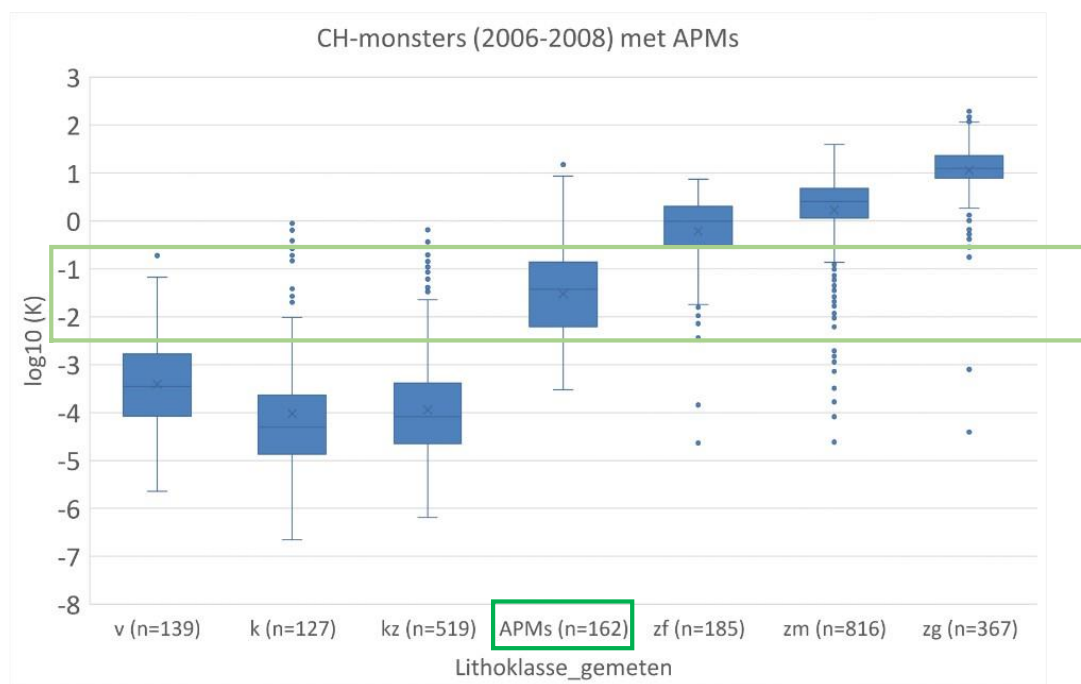
Tabel 4.3. Kentallen doorlatendheid van de vier strat-lithoklasse combinaties waar de verschillen met en zonder monsters met grote delen het grootst zijn (p50 > 10%).

exclusief zandige monsters met grote delen									
Strat-litho	n_obs	K (m/d 10C), p10	K (m/d 10C), p25	K (m/d 10C), p50	K (m/d 10C), p75	K (m/d 10C), p90			
zg-EE	25	0.79	7.6	14	22	28			
kz-EE	73	0.000024	0.000065	0.00026	0.0012	0.024			
zg-KR	121	8.9	12	19	33	48			
zg-DRSC	36	2.4	6.6	14	27	64			
zg-ST	89	7.6	13	18	25	34			
inclusief zandige monsters met grote delen							verschil met/zonder grote delen		
Strat-litho	n_obs	K (m/d 10C), p10	K (m/d 10C), p25	K (m/d 10C), p50	K (m/d 10C), p75	K (m/d 10C), p90	verschil p50	verschil p90	
zg-EE	26	0.64	5.5	13	22	28	-7%	0%	
kz-EE	75	0.000025	0.000068	0.00031	0.0016	0.041	18%	52%	
zg-KR	161	8.9	13	22	40	60	15%	22%	
zg-DRSC	47	2.5	7.8	20	51	97	35%	41%	
zg-ST	104	8.8	13	20	27	37	11%	8%	

### 4.5.5 Afwijkende permeametermonsters

Bij 162 CH-permeametermonsters uit de periode 2006-2008 is de gemeten doorlatendheid erg laag, en/of bleek een aanzienlijke bijmenging van lutum en/of silt uit de lithologische metingen. Deze afwijkende permeameter monsters (APMs) zijn aanvankelijk als onzeker beoordeeld, in de veronderstelling dat randeffecten doorslaggevend zouden zijn voor het meetresultaat. De APMs behoren overwegend tot de gemeten lithoklasse kleilig zand (kz, 55%), fijn zand (zf, 19%) en midden zand (zm, 19%). Bij ongeveer driekwart van deze monsters is Kv gemeten, bij het resterende kwart Kh.

Uit een recente karakterisatie van doorlatendheden op basis van lithoklasse is gebleken dat APMs een leemte in de doorlatendheidswaarden uit de periode 2006-2008 opvullen, ruwweg in het doorlatendheidsbereik van 0,001 tot 0,1 m/d (Figuur 4.4). Ook bleek dat de gemeten lithologische samenstelling van APMs gedomineerd wordt door de grondsoorten Zs3, Lz3 en Kz3. Daarmee ligt de lithologische samenstelling van APMs in tussen die van AOE-monsters met lithoklasse kz (gedomineerd door Ks3, Ks4 en Lz1) en niet-afwijkende permeametermonsters (gedomineerd door Zs1). Zie Figuur 4.2 voor een grafische duiding van de genoemde grondsoorten.



**Figuur 4.4:** Box-Whiskerplot van de doorlatendheidsverdeling van CH-monsters, inclusief afwijkende permeametermonsters (APMs). De boxen geven de 25- en 75-percentielen weer.

Op basis hiervan wordt geconcludeerd dat de gemeten doorlatendheden van de afwijkende permeametermonsters geologisch plausibel zijn, en niet langer als onzeker zullen worden beoordeeld.

## 4.6 Aandachtspunten bij het gebruik

### 4.6.1 Schaalniveau

De gepubliceerde doorlatendheidsgegevens gelden voor het schaalniveau van een grondmonster (zie paragraaf 2.1.3). De waarden kunnen daarom niet één op één worden toegepast in de geohydrologische parametrisatie van een ondergrond- of grondwatermodel. Voor de vertaling naar parameterwaarden in modelstudies is een opschalingsprocedure nodig. Voor een uitgebreide beschrijving van de opschalingsprocedures in REGIS II en GeoTOP wordt verwezen naar respectievelijk Hummelman et al. (2019), Vernes en Van Doorn (2005), en Stafleu en Gunnink (2016).

### 4.6.2 Invloed monsterdiepte

#### Cohesieve monsters

De doorlatendheidsbepalingen aan cohesieve monsters worden uitgevoerd onder een van boven (AOE) of alzijdig opgelegde belasting (TriAx). De bepaling kan worden uitgevoerd bij een enkele of meerdere belastingen. De bepalingen ten behoeve van TopIntegraal worden uit het oogpunt van kostenbeheersing uitgevoerd bij één enkele belasting, die zo goed mogelijk aansluit bij de begravingsdiepte in de veldsituatie. Elke doorlatendheidswaarde in de DL-dataset is dan ook primair gekoppeld aan de bijbehorende monsterdiepte.

In de hydraulische parametrisaties van GeoTOP en REGIS II is tot nu toe geen onderscheid gemaakt naar monsterdiepte c.q. begravingsdiepte bij de toekenning van doorlatendheden, met uitzondering van het Hollandveen van de Formatie van Nieuwkoop (NIHO) in GeoTOP-Zeeland. Vanwege een verwachte relatie tussen diepteligging c.q. consolidatie en doorlatendheid is bij de parametrisatie van GeoTOP Zeeland aan NIHO een lagere doorlatendheid toegekend bij een begravingsdiepte groter dan 10 m (Stafleu en Gunnink, 2016).

Van Leer e.a. (2023) vonden een duidelijk effect van monsterdiepte op de doorlatendheid van kleiige monsters; na lithostratigrafische eenheid en kleipercentage bleek het de derde belangrijkste invloed. Ook proefresultaten door Deltares bij drie steeds toenemende belastingen op hetzelfde monster laten een afnemende doorlatendheid zien, met een factor 1,5 tot 3 (Van Essen, 2022). Dit blijkt uit een inventarisatie op basis van 20 monsters, overigens niet afkomstig uit TopIntegraal, genomen op diepten van 2 tot 6 meter onder maaiveld.

Om de doorlatendheden te kunnen toepassen voor elk willekeurig dieptebereik zou idealiter teruggerekend moeten worden naar een referentiespanning, gebaseerd op een representatieve verzameling monsters waaraan bij verschillende belastingen de doorlatendheid is gemeten. Zo'n verzameling is voorlopig niet beschikbaar. Een mogelijk alternatief is om de random forest benadering zoals beschreven in Van Leer e.a. (2023) toe te passen, maar daarvoor zijn ook gegevens over een groot aantal andere monsterkenmerken nodig.

### Niet-cohesieve monsters

Bij het steken van boorkernen in zandige lagen treedt bijna altijd enige verstoring op, in de zin van een toe- of afname van de verdichtingsgraad. Dit is het gevolg van de relatief hoge doorlatendheid, waardoor een verandering in spanning of opgelegde vervorming vrijwel instantaan een verandering van korrelstapelning en daarmee porositeit tot gevolg heeft. Uit proefresultaten bij drie achtereenvolgens toenemende, realistisch veronderstelde verdichtingsniveaus op hetzelfde monster blijkt dat de gemeten doorlatendheid toeneemt met 10 tot 70%. Dit blijkt uit een inventarisatie van Deltares op basis van 12 kunstmatig opgebouwde zandmonsters (Van Essen, 2022). Het verdichtingsniveau werd na elke meting verhoogd door op de zijwand van de cilinder te tikken waarin het monster zich bevond.

Omdat niet bekend is wat de oorspronkelijke in-situ dichtheid van het sediment was, moeten de geconstateerde verschillen bij hoge en lage verdichtingsniveaus worden beschouwd als bandbreedte rond de gemeten doorlatendheidswaarde. Daarbij moet wel worden opgemerkt dat de verdichtingsgraad ook in situ zal veranderen op het moment dat het sediment wordt blootgesteld aan ingrepen waarbij water wordt onttrokken aan, of geïnjecteerd in de ondergrond.

## 4.6.3 Ondervertegenwoordiging hoge doorlatendheden

Zoals al aangegeven in paragraaf 4.5.4 zijn doorlatendheden van grof zand, en in mindere mate midden zand, vooral beschikbaar in het grind-armere, fijnere deel van deze lithologieën. Dit is een gevolg van de gestelde eis aan de maximaal toelaatbare deeltjesgrootte in een monster (zie paragraaf 3.4.1). In het grindrijke, grovere deel van deze lithologieën zijn relatief weinig monsters beschikbaar, omdat in het verleden al bij het bemonsteren rekening werd gehouden met de geldende richtlijnen en normen. Daardoor vertonen deze lithoklassen als geheel een vertekening naar lagere doorlatendheden. Aan monsters met veel matig grof en grof grind is überhaupt nog niet gemeten. Er is wel een groot aantal geroerde monsters uit dergelijke intervallen in de TopIntegraal-boringen bewaard, met het idee om hier op een andere manier de doorlatendheid op te bepalen. De minimaal vereiste dikte van deze intervallen is 25 cm (in de praktijk meestal 35-40 cm) om voldoende materiaal ter beschikking te hebben voor een representatieve doorlatendheidsmeting en bepaling van de korrelgrootteverdeling.

## 4.6.4 Geschatte vs. gemeten lithologie

De bij dit rapport gepubliceerde lithologische monsterkenmerken zijn gebaseerd op metingen van de korrelgrootteverdeling. In de praktijk wordt meer gewerkt met door de boorbeschrijver geschatte lithologische kenmerken. Voor de TopIntegraal-monsters uit Noord-Nederland is onderzocht of metingen en schattingen van lithoklassen tot verschillende resultaten leiden (Buma et al., 2021). Geconstateerd werd dat in de onderzochte populatie meer fijn zand werd geschat dan werd gemeten, en juist minder matig grof en grof zand. Omdat geschatte lithologie in zekere mate subjectief is en kan verschillen per boorbeschrijver, is gekozen om in deze publicatie alleen de objectief gemeten lithologische kenmerken mee te nemen. Dit is een aandachtspunt als de hier gepubliceerde doorlatendheidsgegevens worden gerelateerd aan lithologische kenmerken uit boorbeschrijvingen.

## 4.6.5 Onzekerheidsmarge

Vanwege de in de voorgaande paragrafen beschreven onzekerheidsbronnen wordt geadviseerd om een onzekerheidsmarge van +/- 30% rond de gepubliceerde doorlatendheden van niet-cohesieve monsters in acht te nemen. Voor cohesieve monsters is het (nog) niet mogelijk om een onzekerheidsmarge te kwantificeren als deze wordt toegepast buiten het dieptebereik waaruit de monsters afkomstig zijn. Wanneer de doorlatendheidswaarde wordt gebruikt voor bijvoorbeeld opschaling in het dieptebereik waar het betreffende monster uit afkomstig is, is de inschatting dat de onzekerheidsmarge maximaal 30% is.

## 5 Samenvatting

In het kader van het boor- en meetprogramma 'TopIntegraal' van TNO-GDN zijn sinds 2006 bijna 6000 doorlatendheids(DL-)proeven uitgevoerd op monsters uit de ondergrond van met name Noord- en West-Nederland, Noord-Brabant en Noord- en Midden-Limburg. Van 4618 hiervan (79%) worden de meetgegevens van de doorlatendheid gepubliceerd met dit rapport. De overige 21% van de monsters hebben een onbetrouwbaar meetresultaat, kunnen niet worden gekoppeld aan lithologische kenmerken of zijn genomen in het kader van detailonderzoek of vergelijkend onderzoek en daardoor minder geschikt voor karakterisatie en parameterisatie.

De DL-dataset is tot stand gekomen met verschillende bepalingmethoden voor cohesieve, niet-cohesieve, homogene en heterogene monsters met afmetingen van 40 tot 200 ml uit steekernen. Deze methoden worden beschreven in hoofdstuk 2. Alle resultaten hebben op uniforme wijze een kwaliteitsbeoordeling ondergaan, welke wordt beschreven in hoofdstuk 3 van dit rapport. Daarbij is primair beoordeeld op meetverloop, bijzonderheden in het monster (grote delen zoals grind, schelpen en plantenwortels) en plausibiliteit van de meetwaarde in het licht van gemeten lithologische kenmerken.

De doorlatendheidsgegevens van de 4618 monsters worden ter beschikking gesteld als csv-bestand. In deze tabel is aan elke doorlatendheidswaarde een groot aantal monsterkenmerken worden gekoppeld met betrekking tot metagegevens, lithologische kenmerken, lithostratigrafie, afzettingsmilieu (lithofaciescode) en kwaliteitsbeoordeling. Daarnaast wordt een groot aantal tabellen ter beschikking gesteld met kentallen voor doorlatendheid (csv-format) en bijbehorende visualisaties in de vorm van Box-Whiskerplots (png-format). Bij de bepaling van de kentallen is onderscheid gemaakt naar gemeten grondsoort (NEN5104), lithoklasse, strat-lithoklasse, (combinatie van lithostratigrafische eenheid en gemeten lithoklasse) en strat-facies-lithoklasse (combinatie van strat-lithoklasse en lithofaciescode).

De doorlatendheidsbepalingen en kwaliteitsbeoordeling zijn grotendeels volgens de geldende richtlijnen uitgevoerd (CEN ISO 17892-11v2019, 2019 en voorgangers). Er wordt gemotiveerd afgeweken op twee punten: (1) vanaf eind 2008 wordt bij verwachte hoge doorlatendheden een falling head opstelling inclusief lasers gebruikt in plaats van een constant head opstelling, en (2) grote delen (>8,3 mm) zoals grind en schelpen in (grof)zandige monsters zijn geen aanleiding om een meetresultaat af te keuren, maar krijgen wel een specifiek herkenbare beoordeling OK(GD).

De belangrijkste aandachtspunten bij gebruik van de DL-dataset zijn (1) het schaalniveau namelijk monsters van 40 tot 200 ml; voor de vertaling naar parameterwaarden in modelstudies is een opschalingsprocedure nodig, (2) het feit dat de doorlatendheden niet zijn genormaliseerd naar een referentiebelasting of -verdichting, en (3) ondervertegenwoordiging c.q. afwezigheid van monsters met veel matig grof en grof grind met (zeer) hoge doorlatendheden.

## 6 Instructies voor citatie

Dit rapport moet als volgt worden geciteerd:

Buma, J.T., E. de Heer, S.A.R. Bus, R. Harting & W. Booltink, 2024. TopIntegraal, het boor- en meetprogramma van de ondiepe ondergrond van Nederland. Deelrapport 1. Meetgegevens en kentallen verzadigde doorlatendheid, versie 1.0. TNO-rapport TNO 2023 R10561.

De bij dit rapport gepubliceerde meetgegevens moeten als volgt worden geciteerd:

TNO Geologische Dienst Nederland (2024). Boor- en meetprogramma TopIntegraal, publicatie meetgegevens van de verzadigde waterdoorlatendheid, versie 1.0, 11 april 2024.



# 7 Dankwoord

Aan de opbouw van de TopIntegraal database is door een groot aantal personen bijgedragen. Behalve de auteurs van dit rapport zijn dat geweest:

- Pieter van der Klugt, Hennie Mensink en Nico Janssen, boorbeschrijvers;
- Romée Kars, Tamara van de Ven, Jenny Hettelaar, Anuska Kaliar, Chris Heerema en Jelte Stam, nacontrole van de monsters.
- Harry van Essen, Deltares, advisering over en uitvoering van de doorlatendheidsproeven van cohesieve monsters (AOE en TriAx).

## 8 Referenties

Buma, J.T., S.A.R. Bus, R. Harting en W.J. Zaadnoordijk, 2021. Karakterisering van de doorlatendheid van de ondiepe ondergrond van Noord-Nederland. TNO-rapport TNO 2021 R10310, 63 pp.

CEN ISO 17892-11v2019, 2019. Geotechnical investigation and testing - Laboratory testing of soil - Part 11: Permeability tests (ISO 17892-11:2019). Koninklijk Nederlands Normalisatie-instituut, Delft, 36pp.

Essen, H. van, 2022. Achtergrond doorlatendheidsmetingen. Briefrapport Deltares, kenmerk 11207257-002-GEO-0004.

Gibert, O., Hernández, M., Vilanova, E., & Cornellà, O. (2014). Guidelining protocol for soil-column experiments assessing fate and transport of trace organics. Demeau, 3(D.12.3(a)), 54.

Hummelman, J., D. Maljers, A. Menkovic, R. Reindersma, R. Vernes en J. Stafleu, 2019. Totstandkomingsdocument Hydrogeologisch Model (REGIS II). TNO-rapport R11654.

Iglewicz, B. en D.C. Hoaglin, 1993. How to detect and handle outliers. In: Mykytka, E.F. (ed.), The ASQC Basic References in Quality Control: Statistical Techniques, Volume 16, 85 pp.

Janssen, G.J.M., 2001. Barrièrewerking van ondergrondse bouwdelen. Geotechniek 2001, special Geotechniekdag, p45.

Leer, M. van, W.J. Zaadnoordijk, A. Zech, J. Buma, R. Harting, M.F.P. Bierkens & J. Griffioen, 2023. Dominant factors determining the hydraulic conductivity of sedimentary aquitards: A random forest approach. *Journal of Hydrology* 627 (2023), <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.130468>.

NEN 5123, 2002. Geotechniek - Laboratoriumbepaling van de waterdoorlatendheid van grond met behulp van de "Constant-head" methode. Koninklijk Nederlands Normalisatie-instituut, Delft, 21 pp.

Royal Eijkelkamp, 2022. Laboratory permeameters. User manual M-0912E, [m-0902e-permeameter.pdf \(royaleijkelkamp.com\)](https://www.royaleijkelkamp.com/m-0902e-permeameter.pdf)

Stafleu, J., D. Maljers, F.S. Busschers, J.L. Gunnink, J. Schokker, R.M. Dambrink, H.J. Hummelman en M.L. Schijf, 2012. GeoTop modellering. TNO-rapport 2012 R10991, 216 pp.

Stafleu, J. en J.L. Gunnink, 2016. Hydraulische parameterisering van GeoTop Zeeland. TNO-rapport 2016 R11068, 74 pp.

Tavenas, F., P. LeBlond, P. Jean & S. Leroueil, 1983. The permeability of natural soft clays. Part I: Methods of laboratory measurement. Canadian Geotechnical Journal, 1983 vol. 20(4), pp. 629-660.

Vermooten, J.S.A., L. Vasak, J. Griffioen, G.T. Klaver, R.W. Vernes en H.J.T. Weerts, 2005. Afbakening van het topsysteem voor de kartering van de reactiviteit van de Nederlandse ondergrond. TNO-rapport NITG 05-121-A, 83 pp.

Vernes, R.W. en Th.H.M. van Doorn, 2005. Van gidslaag naar hydrogeologische eenheid. Toelichting op de totstandkoming van de dataverzameling REGIS II. TNO-rapport NITG 05-038-B, 69 pp.

Wit, K.E. de, 1963. Meting van de doorlatendheid in ongeroerde monsters. Rapport 17. ICW, Wageningen.

# 9 Ondertekening

Naam en ondertekening 2<sup>e</sup> lezer

Dr. C.V. Hockin

Ondertekening

Autorisatie vrijgave

Drs. J.T. Buma  
Auteur

Drs. D. Maljers  
Research Manager

# Bijlage A: Metagegevens TopIntegraal-boringen

Boring_ID	Boring_Nr	Boring_Naam	Type_Boring_Verwerkt	Orientatie	Maaiveld (mNAP)	Einddiepte (m)	X_Boring	Y_Boring
30032	B02D0095	Wierum	Steekboring verwerkt	Verticaal	0,98	17,00	195446	600960
30036	B02G0449	Ljussens (Nes)	Steekboring verwerkt	Verticaal	0,7	13,00	200712	600326
30048	B03D0074	Usquert	Steekboring verwerkt	Verticaal	0,89	30,00	235975	602129
30082	B05D0365	Harlingen-Lange Lijnbaan	Steekboring verwerkt	Verticaal	4,21	30,00	157739	578248
30086	B05D0366	Harlingen-Zeehoeve	Steekboring verwerkt	Verticaal	0,46	30,00	157002	575140
30087	B05G0834	Lutjelollum	Steekboring verwerkt	Verticaal	0,04	30,00	167238	576363
30034	B06B0245	Ternaard	Steekboring verwerkt	Verticaal	0,46	15,00	193633	599837
30033	B06B0246	Lichtaard	Steekboring verwerkt	Verticaal	-0,1	13,00	190920	593471
30172	B06C0369	Tytsjerk	Steekboring verwerkt	Verticaal	0,7	15,00	189931	581340
30007	B06C0370	Leeuwarden	Steekboring verwerkt	Verticaal	-0,82	13,00	186734	581361
30002	B06C0372	Lekkum	Steekboring verwerkt	Verticaal	-0,16	10,00	184640	581600
30005	B06D0545	Twijzelerheide	Steekboring verwerkt	Verticaal	1,64	13,00	199290	582662

Boring_ID	Boring_Nr	Boring_Naam	Type_Boring_Verwerkt	Orientatie	Maaiveld (mNAP)	Einddiepte (m)	X_Boring	Y_Boring
30173	B06D0548	Kuikhorne	Steekboring verwerkt	Verticaal	0,32	16,00	197380	584148
30006	B06D0549	Zwaagwesteinde	Steekboring verwerkt	Verticaal	0,3	16,00	197722	584817
30004	B06D0550	Eastermar	Steekboring verwerkt	Verticaal	-0,8	16,00	199202	575872
30052	B06F0160	Oldehove	Steekboring verwerkt	Verticaal	1,6	40,00	219959	592314
30042	B06F0161	Kommerzijl	Steekboring verwerkt	Verticaal	1,54	14,00	217973	588378
30051	B06F0162	Vierhuizen	Steekboring verwerkt	Verticaal	1,85	30,00	214882	598625
30040	B06H0208	Doezum	Steekboring verwerkt	Verticaal	0,68	10,00	212276	580904
30045	B07A0150	Garnwerd	Steekboring verwerkt	Verticaal	1,47	30,00	228655	590965
30056	B07A0151	Adorp	Steekboring verwerkt	Verticaal	0,9	30,00	229967	588109
30050	B07A0152	Groot Wetsinge-Oude Diepje	Steekboring verwerkt	Verticaal	1,28	30,00	229734	590922
30041	B07B0142	Onderdendam	Steekboring verwerkt	Verticaal	0,39	14,00	234616	594079
30061	B07B0143	Groot Wetsinge-Karspelweg	Steekboring verwerkt	Verticaal	0,25	30,00	230796	591175
30106	B07B1114	Stitswerd	Steekboring verwerkt	Verticaal	-0,4	30,00	235856	598221
30013	B07C0299	Nietap	Steekboring verwerkt	Verticaal	-0,23	9,00	223449	576355
30057	B07D0567	Groningen-Winschoterweg	Steekboring verwerkt	Verticaal	-0,3	30,00	237109	580271
30047	B07E0102	Zeerijp	Steekboring verwerkt	Verticaal	0,4	30,00	247359	596820
30046	B07F0336	Holwierde	Steekboring verwerkt	Verticaal	-0,57	30,00	253489	596227

Boring_ID	Boring_Nr	Boring_Naam	Type_Boring_Verwerkt	Orientatie	Maaiveld (mNAP)	Einddiepte (m)	X_Boring	Y_Boring
30037	B07G0324	Foxhol	Steekboring verwerkt	Verticaal	-0,82	17,00	243631	577491
30068	B07G0326	Harkstede	Steekboring verwerkt	Verticaal	-1,8	30,00	241300	582567
30149	B09D0644	Den Helder	Steekboring verwerkt	Verticaal	2,84	33,00	110963	551814
30078	B10B0991	Wons 1	Steekboring verwerkt	Verticaal	-0,16	23,00	158230	565366
30084	B10B0992	Wons 2	Steekboring verwerkt	Verticaal	-0,16	31,00	158230	565366
30043	B10F0203	Tirns	Steekboring verwerkt	Verticaal	-0,52	17,00	170065	563167
30044	B10F0204	Winsum	Steekboring verwerkt	Verticaal	0,39	15,00	171848	574094
30074	B10G1235	Heech	Steekboring verwerkt	Verticaal	-1,13	30,00	168133	555477
30077	B10G1236	Greonterp 1	Steekboring verwerkt	Verticaal	-1,53	13,00	164063	559041
30083	B10G1237	Greonterp 2 (Blauwhuis)	Steekboring verwerkt	Verticaal	-1,5	30,50	164035	558892
30076	B10H1539	Uitwellingerga	Steekboring verwerkt	Verticaal	-0,86	30,00	176769	557124
30001	B11A0776	Warten	Steekboring verwerkt	Verticaal	-0,39	16,00	187798	574409
30003	B11A0777	Wijtgaard	Steekboring verwerkt	Verticaal	0,2	13,00	180835	572853
30079	B11A2233	Grouw	Steekboring verwerkt	Verticaal	-0,97	30,00	185021	568538
30025	B11C0394	Scharsterbrug	Steekboring verwerkt	Verticaal	0,71	30,00	182456	551352
30009	B11F0304	Leek	Steekboring verwerkt	Verticaal	4,64	15,00	216531	570505
30010	B11G0253	Oldeberkoop	Steekboring verwerkt	Verticaal	1,95	30,00	203602	550072

Boring_ID	Boring_Nr	Boring_Naam	Type_Boring_Verwerkt	Orientatie	Maaiveld (mNAP)	Einddiepte (m)	X_Boring	Y_Boring
30020	B11H0367	Haule	Steekboring verwerkt	Verticaal	7,15	30,00	216397	561521
30038	B12B0373	Onnen	Steekboring verwerkt	Verticaal	0,88	15,00	239373	574649
30054	B12B0374	Tynaarlo	Steekboring verwerkt	Verticaal	5,04	15,00	239848	567190
30053	B12B0375	Vries	Steekboring verwerkt	Verticaal	6,5	13,00	235560	565674
30012	B12G0226	Gieten	Steekboring verwerkt	Verticaal	18,75	15,00	246693	556468
30055	B12H0201	Gieterveen	Steekboring verwerkt	Verticaal	3,53	16,00	253733	561112
30021	B13B0137	Veelerveen	Steekboring verwerkt	Verticaal	2,19	15,00	272178	564954
30039	B13B0138	Nieuweschans 1	Steekboring verwerkt	Verticaal	-0,61	11,00	275429	574898
30023	B13C0361	Bourtange	Steekboring verwerkt	Verticaal	6,35	30,00	269551	555489
30058	B13C0362	Vlagtwedde	Steekboring verwerkt	Verticaal	3,64	30,00	269634	559077
30150	B14A0089	Callantsog	Steekboring verwerkt	Verticaal	3,01	35,00	108537	537841
30151	B14A0090	Julianadorp	Steekboring verwerkt	Verticaal	1,1	34,00	109835	544197
30152	B14C0315	Groet	Steekboring verwerkt	Verticaal	9,4	36,00	105919	526089
30153	B14D0573	Warmenhuizen	Steekboring verwerkt	Verticaal	-1,43	34,00	111643	525580
30080	B14E0920	Hippolytushoef	Steekboring verwerkt	Verticaal	0,45	30,00	126245	546279
30154	B14E0924	Wieringerwerf-Schelpenbolweg	Steekboring verwerkt	Verticaal	-2,75	37,00	127957	542794
30155	B14E0952	Slootdorp	Steekboring verwerkt	Verticaal	-3,71	30,00	127254	538480



Boring_ID	Boring_Nr	Boring_Naam	Type_Boring_Verwerkt	Orientatie	Maaiveld (mNAP)	Einddiepte (m)	X_Boring	Y_Boring
30156	B14G0973	Middenmeer	Steekboring verwerkt	Verticaal	-2,43	35,00	128553	529557
30158	B14H0808	Oostwoud	Steekboring verwerkt	Verticaal	-1,92	35,00	136370	526597
30017	B15E0267	Nijemirdum	Steekboring verwerkt	Verticaal	3,1	10,00	167735	541957
30073	B15E1339	Rijs	Steekboring verwerkt	Verticaal	0,38	30,00	163176	541576
30075	B15E1340	Oudega	Steekboring verwerkt	Verticaal	-1,73	32,00	162789	546929
30081	B15E1342	Ypecolsga	Steekboring verwerkt	Verticaal	-0,6	30,00	169406	549252
30186	B15F1501	Rutten	Steekboring verwerkt	Verticaal	-3,62	25,00	175986	537656
30183	B15G0211	Espel	Steekboring verwerkt	Verticaal	-3,98	52,00	169094	528440
30187	B15G0212	IJsselmeer 1	Steekboring verwerkt	Verticaal	-5,38	35,00	163007	525550
30188	B15G0213	IJsselmeer 2	Steekboring verwerkt	Verticaal	-5	36,00	162994	528494
30189	B15G0214	IJsselmeer 3	Steekboring verwerkt	Verticaal	-4,95	36,00	162996	531917
30072	B16A1292	Bantega	Steekboring verwerkt	Verticaal	0,04	25,00	181789	537618
30011	B16D0189	Oldemarkt	Steekboring verwerkt	Verticaal	2,53	30,00	194625	536482
30024	B16E0293	Vledderveen	Steekboring verwerkt	Verticaal	6,61	30,00	209634	543530
30071	B16H1412	Ruinerwold	Steekboring verwerkt	Verticaal	2,51	30,00	216796	527164
30014	B17A0278	Smilde	Steekboring verwerkt	Verticaal	12,41	15,00	225445	548896
30059	B17D0206	Wijster	Steekboring verwerkt	Verticaal	14,95	31,00	231588	536504

Boring_ID	Boring_Nr	Boring_Naam	Type_Boring_Verwerkt	Orientatie	Maaiveld (mNAP)	Einddiepte (m)	X_Boring	Y_Boring
30062	B17F0171	Weerdinge	Steekboring verwerkt	Verticaal	11,5	30,00	259900	539262
30018	B17G0273	Schoonoord	Steekboring verwerkt	Verticaal	19	13,00	248387	537065
30049	B17G0274	Wachtum	Steekboring verwerkt	Verticaal	13,46	13,00	248157	529133
30027	B18C0215	Erica-Tweede Boerwijk	Steekboring verwerkt	Verticaal	17,72	30,00	260658	526551
30159	B19A1149	Bergen	Steekboring verwerkt	Verticaal	-0,35	32,00	106557	518305
30162	B19D1329	Graft	Steekboring verwerkt	Verticaal	-1,89	34,00	117407	508512
30161	B19D1338	Schermer	Steekboring verwerkt	Verticaal	-3,54	36,00	115952	512351
30163	B19E1129	Scharwoude	Steekboring verwerkt	Verticaal	-2,55	32,00	129341	515151
30164	B19E1130	Ursem 1	Steekboring verwerkt	Verticaal	-2,97	36,00	120224	516636
30180	B19E1132	Ursem 2	Steekboring verwerkt	Verticaal	-2,97	40,00	120223	516635
30165	B19E1133	Spanbroek-De Graafweg 2	Steekboring verwerkt	Verticaal	-1,03	33,00	126638	523939
30166	B19H0864	Edam	Steekboring verwerkt	Verticaal	-1,37	41,00	131173	500081
30026	B22A0373	Hoogeveen	Steekboring verwerkt	Verticaal	11,53	30,00	229131	524236
30016	B22B0305	Elim	Steekboring verwerkt	Verticaal	11,3	13,00	234192	521524
30070	B22B0766	Nieuwlande	Steekboring verwerkt	Verticaal	12,07	30,00	239103	523180
30063	B22E0314	Dalen	Steekboring verwerkt	Verticaal	12,91	30,00	246406	524158
30019	B22F0636	Dalerveen	Steekboring verwerkt	Verticaal	10,5	12,00	250424	523569

Boring_ID	Boring_Nr	Boring_Naam	Type_Boring_Verwerkt	Orientatie	Maaiveld (mNAP)	Einddiepte (m)	X_Boring	Y_Boring
30022	B23A0455	Nieuw Schoonebeek	Steekboring verwerkt	Verticaal	16,57	30,00	267261	519484
30130	B24H1281	De Zilk	Steekboring verwerkt	Verticaal	4,36	30,00	96716	479787
30167	B25A3025	IJmuiden	Steekboring verwerkt	Verticaal	4,73	30,00	101001	496696
30168	B25C1116	Vijfhuizen	Steekboring verwerkt	Verticaal	-4,09	35,00	108204	483359
30169	B25D1220	Slotermeer	Steekboring verwerkt	Verticaal	0,51	36,00	116335	487291
30174	B25E1030	Zunderdorp	Steekboring verwerkt	Verticaal	-1,36	16,00	127368	490163
30170	B25E2098	Durgerdam	Steekboring verwerkt	Verticaal	-1,25	38,00	127575	487588
30175	B25F0334	Zuiderwoude	Steekboring verwerkt	Verticaal	-1,26	7,00	131312	493634
30171	B25G2090	Diemen	Steekboring verwerkt	Verticaal	0,24	34,00	129451	483918
30190	B25H2570	Nigtevecht-Klompweg	Steekboring verwerkt	Verticaal	-0,51	24,00	132431	477478
30107	B28F1326	Ootmarsum	Steekboring verwerkt	Verticaal	20,68	26,00	259643	490519
30108	B28H1720	Hengelo	Steekboring verwerkt	Verticaal	16,75	29,00	251320	478613
30181	B30E1024	Wassenaarse Slag	Steekboring verwerkt	Verticaal	11,71	40,00	85189	464076
30140	B30F3811	Oud Ade	Steekboring verwerkt	Verticaal	-1,96	30,00	98394	466584
30129	B30G4682	Wassenaar	Steekboring verwerkt	Verticaal	-1,4	25,00	86795	459338
30182	B30G4694	Scheveningen	Steekboring verwerkt	Verticaal	7,45	40,00	81647	459741
30225	B30G4695	Nootdorp	Steekboring verwerkt	Verticaal	-3,82	41,00	88858	451792

Boring_ID	Boring_Nr	Boring_Naam	Type_Boring_Verwerkt	Orientatie	Maaiveld (mNAP)	Einddiepte (m)	X_Boring	Y_Boring
30141	B30H2817	Moerkapelle	Steekboring verwerkt	Verticaal	-4,23	30,00	99471	452750
30137	B31C1241	Reeuwijk	Steekboring verwerkt	Verticaal	-1,96	35,00	109164	450650
30148	B31C1294	Bodegraven	Steekboring verwerkt	Verticaal	-0,94	42,00	109991	457014
30185	B31G2055	Woerden	Steekboring verwerkt	Verticaal	-1,23	70,00	123399	455579
30184	B32B2092	Amersfoort-Hogeweg	Steekboring verwerkt	Verticaal	4,58	40,00	157127	463605
30338	B32D1455	Den Treek 2	Steekboring verwerkt	Verticaal	7	53,50	154501	459086
30064	B33E0459	Voorst	Steekboring verwerkt	Verticaal	7,09	14,00	207787	465019
30065	B33F0280	Eefde	Steekboring verwerkt	Verticaal	8,15	15,00	211414	465186
30060	B33G0448	Tonden	Steekboring verwerkt	Verticaal	4,3	14,00	207774	461657
30066	B33G0449	Voorstonden-De Voortweg	Steekboring verwerkt	Verticaal	7,49	15,00	207939	460704
30067	B33G0450	Voorstonden-Windheugelstraat	Steekboring verwerkt	Verticaal	8,64	13,00	207857	460247
30142	B37B3764	Naaldwijk	Steekboring verwerkt	Verticaal	-0,4	30,00	74947	445031
30109	B37C1677	Oostvoorne	Steekboring verwerkt	Verticaal	2,29	30,00	64564	437434
30110	B37E3412	Vlaardingen	Steekboring verwerkt	Verticaal	-2,3	34,00	80127	437527
30111	B37E3413	Schiedam	Steekboring verwerkt	Verticaal	-1,96	33,00	85530	437565
30134	B37E3433	Berkel en Rodenrijs	Steekboring verwerkt	Verticaal	-4,07	35,00	89634	443045
30133	B37G2415	Spijkensisse	Steekboring verwerkt	Verticaal	-0,77	30,00	84153	428652

Boring_ID	Boring_Nr	Boring_Naam	Type_Boring_Verwerkt	Orientatie	Maaiveld (mNAP)	Einddiepte (m)	X_Boring	Y_Boring
30136	B37H2505	Puttershoek	Steekboring verwerkt	Verticaal	-0,83	30,00	97521	425485
30145	B38B2162	Haastrecht	Steekboring verwerkt	Verticaal	-1,04	39,00	113379	445313
30144	B38C3262	Ridderkerk	Steekboring verwerkt	Verticaal	0,26	34,00	102086	431264
30143	B38D4316	Sliedrecht	Steekboring verwerkt	Verticaal	-1,58	35,00	110077	427086
30146	B38E1627	Tienhoven	Steekboring verwerkt	Verticaal	0,7	33,00	123903	439604
30147	B38G2112	Schelluinen	Steekboring verwerkt	Verticaal	-0,59	35,00	124336	429036
30069	B39B1379	Leersum	Steekboring verwerkt	Verticaal	7,67	13,00	157111	449512
30227	B39B1585	Wijk bij Duurstede 2	Steekboring verwerkt	Verticaal	4,39	40,00	150675	441833
30204	B39H3462	Batenburg	Steekboring verwerkt	Verticaal	8,17	45,00	171566	425974
30112	B42E0748	Haamstede	Steekboring verwerkt	Verticaal	4,39	30,00	40542	415291
30113	B42F1000	Stellendam	Steekboring verwerkt	Verticaal	0,93	30,00	59772	424486
30114	B42H1083	Nieuwerkerk	Steekboring verwerkt	Verticaal	-1,27	28,30	57536	407934
30115	B42H1084	Zierikzee	Steekboring verwerkt	Verticaal	0,96	30,00	54615	406660
30179	B43A1061	Melissant-Halsweg	Steekboring verwerkt	Verticaal	1,26	36,00	65283	423113
30178	B43A1062	Melissant-Gorsingenpad	Steekboring verwerkt	Verticaal	1,13	38,00	62735	419385
30116	B43B0660	Oudendijk	Steekboring verwerkt	Verticaal	1,4	40,00	77250	421197
30117	B43C1640	Anna Jacobapolder-Zuidweg	Steekboring verwerkt	Verticaal	1,33	30,00	66972	405565

Boring_ID	Boring_Nr	Boring_Naam	Type_Boring_Verwerkt	Orientatie	Maaiveld (mNAP)	Einddiepte (m)	X_Boring	Y_Boring
30139	B43D0970	Oude Tonge	Steekboring verwerkt	Verticaal	-0,08	32,00	73037	412083
30132	B43E1166	Zuidzijde	Steekboring verwerkt	Verticaal	-0,43	38,00	85077	421911
30135	B43F1127	Strijen 2	Steekboring verwerkt	Verticaal	-0,27	25,00	98744	418000
30138	B43G1172	Ooltgensplaat	Steekboring verwerkt	Verticaal	-0,39	20,00	81943	410720
30118	B44A1215	Dordrecht	Steekboring verwerkt	Verticaal	0,75	30,00	106896	418992
30278	B44H0957	Loonse en Drunense Duinen 1	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	15,145	0,33	133924.6	407456.9
30279	B44H0958	Loonse en Drunense Duinen 2	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	11,942	0,33	133879.8	407387.8
30280	B44H0959	Loonse en Drunense Duinen 3	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	14,284	0,33	133728.5	407344.5
30281	B44H0960	Loonse en Drunense Duinen 4	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	7,482	0,33	134023.7	407390.8
30282	B44H0961	Loonse en Drunense Duinen 5	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	11,031	0,34	135647.1	405521.9
30283	B44H0962	Loonse en Drunense Duinen 6	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	8,167	0,33	135695.8	405659.3
30284	B44H0963	Loonse en Drunense Duinen 7	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	12,945	0,33	135788.9	405518
30217	B45B1606	't Wild	Steekboring verwerkt	Verticaal	3,69	34,00	153692	419650
30090	B45C0953	Helvoirt	Steekboring verwerkt	Verticaal	6,06	24,00	143024	405198
30096	B45C0954	Vught	Steekboring verwerkt	Verticaal	5,48	24,00	148238	407329
30092	B45C0955	Oisterwijk	Steekboring verwerkt	Verticaal	9,69	16,00	140652	400902
30089	B45D1167	Schijndel-Bundershoeve	Steekboring verwerkt	Verticaal	7,01	29,00	155525	403717

Boring_ID	Boring_Nr	Boring_Naam	Type_Boring_Verwerkt	Orientatie	Maaiveld (mNAP)	Einddiepte (m)	X_Boring	Y_Boring
30098	B45D1168	Berlicum 1	Steekboring verwerkt	Verticaal	4,1	30,00	154331	410514
30119	B45D1182	Berlicum 2	Steekboring verwerkt	Verticaal	4,1	18,00	154331	410515
30356	B45D1352	Schijndel-Lieseind	Steekboring verwerkt	Verticaal	5,988	30,00	156325	406061
30355	B45G1154	Uden-Beemdenweg	Steekboring verwerkt	Verticaal	9,622		168875	407547
30330	B46A2182	Overasselt 1	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	9,974	0,33	181828.1	422007.3
30331	B46A2183	Overasselt 2	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	9,865	0,33	181828.5	422007.4
30332	B46A2184	Overasselt 3	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	12,602	0,25	181712.8	421854.8
30307	B46B1309	Oeffelt 1	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	10,493	0,25	194035.9	412890.4
30308	B46B1310	Oeffelt 2	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	10,51	0,25	194038.5	412890.2
30309	B46B1311	Oeffelt 3	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	9,812	0,30	193839.4	413736.4
30310	B46B1312	Oeffelt 4	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	9,791	0,25	193839.2	413735.5
30311	B46B1313	Oeffelt 5	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	10,152	0,23	193816.2	413759.4
30312	B46B1314	Oeffelt 6	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	10,096	0,25	193855.5	413634.2
30313	B46B1315	Oeffelt 7	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	10,091	0,17	193855.6	413633
30333	B46D1721	Afferden	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	18,181	0,33	199885	404910.7
30361	B46D1723	Heijen	Steekboring verwerkt	Verticaal	15,012		197778	409454
30105	B48A1190	Middelburg	Steekboring verwerkt	Verticaal	-0,35	30,00	28363	391479

Boring_ID	Boring_Nr	Boring_Naam	Type_Boring_Verwerkt	Orientatie	Maaiveld (mNAP)	Einddiepte (m)	X_Boring	Y_Boring
30120	B48F1292	Goes	Steekboring verwerkt	Verticaal	0,43	30,00	52144	388965
30121	B48G1100	Driewegen	Steekboring verwerkt	Verticaal	0,35	30,00	43563	381282
30122	B48G1101	Ovezande	Steekboring verwerkt	Verticaal	0,54	30,00	45355	383792
30123	B48H1246	Kloosterzande	Steekboring verwerkt	Verticaal	1,91	35,00	59665	375961
30100	B49B1839	Halsteren	Steekboring verwerkt	Verticaal	2,25	31,00	78965	394863
30124	B49B1840	Bergen op Zoom-Markiezaatsmeer	Steekboring verwerkt	Verticaal	1,75	30,00	76814	388556
30101	B49D1931	Woensdrecht-Hogerwaardpolder	Steekboring verwerkt	Verticaal	1,1	30,00	77955	383757
30102	B49D1932	Reimerswaal	Steekboring verwerkt	Verticaal	1,5	25,00	75807	380706
30099	B49E1214	Heerle	Steekboring verwerkt	Verticaal	3,68	31,00	84482	394346
30093	B49F1423	Schijf	Steekboring verwerkt	Verticaal	5,92	30,00	98546	389809
30255	B49G1133	Boudewijn Groeve 1 (hor)	Handsteekkern verwerkt	Horizontaal	21,919	0,09	82697.1	379432.7
30256	B49G1134	Boudewijn Groeve 1 (ver)	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	22,758	0,33	82696.64	379432.7
30257	B49G1135	Boudewijn Groeve 2	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	24,634	0,25	82705.52	379437.6
30258	B49G1136	Boudewijn Groeve 3	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	23,723	0,25	82707.41	379436
30259	B49G1137	De Bunt 1	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	13,445	0,25	80321.35	380805
30260	B49G1138	De Bunt 2	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	12,963	0,25	80324.04	380803.2
30094	B49H0205	Achtmaal	Steekboring verwerkt	Verticaal	11,87	30,00	97040	384842



Boring_ID	Boring_Nr	Boring_Naam	Type_Boring_Verwerkt	Orientatie	Maaiveld (mNAP)	Einddiepte (m)	X_Boring	Y_Boring
30091	B50A1023	Oekel	Steekboring verwerkt	Verticaal	9,7	32,00	107655	388880
30317	B50B1322	Galder 1	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	3,475	0,25	113005.3	390899.2
30318	B50B1323	Galder 2	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	3,675	0,33	113078.1	390921.1
30319	B50B1324	Galder 3	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	3,713	0,25	113058.7	390996.3
30320	B50B1325	Ulvenhout 1	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	3,082	0,33	113593.3	396002.7
30321	B50B1326	Ulvenhout 2	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	2,969	0,33	113592.5	395999.8
30322	B50B1327	Ulvenhout 3	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	2,417	0,33	113600	396034
30323	B50B1328	Ulvenhout 4	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	2,84	0,33	113600.9	396027.8
30324	B50B1329	Ulvenhout 5	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	1,631	0,25	113587.5	396233.9
30325	B50B1330	Ulvenhout 6	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	1,451	0,25	113561.4	396072.5
30326	B50B1331	Ulvenhout 7	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	1,235	0,25	113561.8	396073.5
30327	B50B1332	Ulvenhout 8	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	2,338	0,18	113568.8	395977.1
30097	B50D0230	Baarle-Nassau	Steekboring verwerkt	Verticaal	19,7	30,00	119428	381616
30095	B50E1173	Chaam-Putvenweg	Steekboring verwerkt	Verticaal	17,61	32,00	121091	390338
30351	B50E1403	Oude Leij	Steekboring verwerkt	Verticaal	9,197	80,00	127174	397490
30328	B50F1597	Gorp 1	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	14,688	0,25	132748.6	389599.8
30329	B50F1598	Gorp 2	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	14,774	0,25	132767.5	389597.3

Boring_ID	Boring_Nr	Boring_Naam	Type_Boring_Verwerkt	Orientatie	Maaiveld (mNAP)	Einddiepte (m)	X_Boring	Y_Boring
30357	B51B1904	Liempde	Steekboring verwerkt	Verticaal	8,462	35,00	154338	398850
30285	B51C2075	Groeve Vessem 1	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	22,354	0,25	148971.3	382177.2
30286	B51C2076	Groeve Vessem 2	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	22,505	0,25	148971.5	382177.5
30287	B51C2077	Groeve Vessem 3	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	21,633	0,21	148971.1	382175.6
30288	B51C2078	Groeve Vessem 4	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	22,378	0,33	148971.7	382178.1
30088	B51D1850	Wintelre-Akkerweg	Steekboring verwerkt	Verticaal	20,65	30,00	152373	384165
30261	B51D2835	Wintelre 1	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	20,101	0,25	151807.1	383656.6
30262	B51D2836	Wintelre 2	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	19,711	0,24	151806.9	383656.7
30263	B51D2837	Wintelre 3	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	19,063	0,23	151801.5	383656.7
30015	B51E0322	Sint-Oedenrode-Kerkdijk	Steekboring verwerkt	Verticaal	10,05	32,00	160930	397403
30008	B51E0323	Sint Oedenrode-Spierkesweg	Steekboring verwerkt	Verticaal	12,01	30,00	165017	396863
30264	B51E1939	Vresselse Akker 1	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	11,076	0,33	162523.8	393924.4
30265	B51E1940	Vresselse Akker 2	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	10,439	0,25	162518.6	393929.2
30266	B51E1941	Vresselse Akker 3	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	10,103	0,25	162518.5	393929
30267	B51E1942	Vresselse Akker 4	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	12,696	0,25	162562.7	394043.5
30085	B51H1824	Asten	Steekboring verwerkt	Verticaal	22,7	22,00	178059	381038
30104	B52B1744	Oostrum-Rosmolenweg	Steekboring verwerkt	Verticaal	22,3	21,70	198431	394680

Boring_ID	Boring_Nr	Boring_Naam	Type_Boring_Verwerkt	Orientatie	Maaiveld (mNAP)	Einddiepte (m)	X_Boring	Y_Boring
30103	B52B1745	Oostrum-Ooster Thienweg	Steekboring verwerkt	Verticaal	22,7	25,00	198295	394503
30304	B52E3900	Aijen 1	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	12,395	0,33	200508.5	398760.5
30305	B52E3901	Aijen 2	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	12,668	0,33	200507.1	398760
30306	B52E3902	Aijen 3	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	12,701	0,33	200511.4	398781.6
30314	B52E3903	Wanssum 1	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	12,278	0,25	203689.1	395311.5
30315	B52E3904	Wanssum 2	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	13,911	0,33	205198.3	394829.5
30316	B52E3905	Wanssum 3	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	12,274	0,24	204811.4	394895.6
30334	B52E3906	Hamert 1	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	29,223	0,33	209815	391844.1
30335	B52E3907	Hamert 2	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	29,148	0,33	209815	391844
30336	B52E3908	Hamert 3	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	29,186	0,33	209815	391844
30421	B52G3501	Lottum	Steekboring verwerkt	Verticaal	20,7	40,00	208879	386820
30125	B54A0476	Oostburg-Nieuwstraat	Steekboring verwerkt	Verticaal	0,85	27,00	20127	370765
30126	B54E0865	Terneuzen-Brondijk	Steekboring verwerkt	Verticaal	1,69	22,00	48928	369033
30127	B55A0839	Hulst-Kijkuitstraat	Steekboring verwerkt	Verticaal	1,38	30,00	64668	366980
30128	B55A0840	Hulst-Statenboomweg	Steekboring verwerkt	Verticaal	1,56	30,00	65975	367643
30228	B58E1650	Groeve Hoher Stall 1.1	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	43,183	0,14	208168.9	366605.3
30229	B58E1651	Groeve Hoher Stall 1.2	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	43,215	0,12	208166.7	366608.2

Boring_ID	Boring_Nr	Boring_Naam	Type_Boring_Verwerkt	Orientatie	Maaiveld (mNAP)	Einddiepte (m)	X_Boring	Y_Boring
30230	B58E1652	Groeve Hoher Stall 1.3	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	43,122	0,14	208166.4	366612.1
30231	B58E1653	Groeve Hoher Stall 2.1	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	44,987	0,34	208156.3	366629.9
30232	B58E1654	Groeve Hoher Stall 2.2	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	44,747	0,31	208159.6	366631.1
30233	B58E1655	Groeve Hoher Stall 2.3	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	44,967	0,32	208154.7	366629.3
30234	B58E1656	Groeve Hoher Stall 2.4	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	45,282	0,33	208158	366630.7
30235	B58E1657	Groeve Hoher Stall 3.1	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	45,077	0,23	208167.4	366628.1
30236	B58E1658	Groeve Hoher Stall 3.2	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	44,99	0,17	208170.9	366625
30237	B58E1659	Groeve Hoher Stall 4.1	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	44,619	0,20	208188.1	366580.6
30238	B58E1660	Groeve Hoher Stall 4.2	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	44,831	0,24	208190.3	366567.9
30239	B58E1661	Groeve Hoher Stall 5.1	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	45,528	0,15	208189	366589.2
30240	B58E1662	Groeve Hoher Stall 5.2	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	45,785	0,15	208176.3	366596.5
30243	B58E1665	Groeve Hoher Stall 7.1	Handsteekkern verwerkt	Horizontaal	38,503	0,09	208092	366696
30244	B58E1666	Groeve Hoher Stall 7.2	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	39,876	0,33	208086.3	366710.1
30247	B58E1669	Groeve Hoher Stall 8.1	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	36,577	0,14	208076	366702.1
30248	B58E1670	Groeve Hoher Stall 8.2	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	32,761	0,18	208078.6	366689.2
30249	B58E1671	Groeve Hoher Stall 8.3	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	33,225	0,18	208068.6	366683.9
30250	B58E1672	Groeve Hoher Stall 9.1	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	49,658	0,18	208163.3	366742.9

Boring_ID	Boring_Nr	Boring_Naam	Type_Boring_Verwerkt	Orientatie	Maaiveld (mNAP)	Einddiepte (m)	X_Boring	Y_Boring
30251	B58E1673	Groeve Hoher Stall 9.2	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	49,014	0,33	208157.1	366739.9
30254	B58E1676	Groeve Hoher Stall 10.1	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	52,333	0,33	208207.5	366626.5
30360	B58E1763	Belfeld-Reuverweg	Steekboring verwerkt	Verticaal	24,043		204928	367961
30400	B58E1764	Belfeld-Groeve Maalbeek	Steekboring verwerkt	Verticaal	37,33	22,00	207820	369382
30401	B58E1765	Tegelen-Groeve Russel Tiglia Egypte	Steekboring verwerkt	Verticaal	26,74	15,00	209071	372919
30035	B60A1785	Buchten	Steekboring verwerkt	Verticaal	32,4	0,00	185560	339150
30268	B60D3230	Hendrik Groeve 1	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	71,899	0,11	198213	329050.1
30269	B60D3231	Hendrik Groeve 2	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	72,732	0,22	198231.1	329055.5
30270	B60D3232	Hendrik Groeve 2.2	Handsteekkern verwerkt	Onbekend	73,732	0,50	198231.1	329055.5
30271	B60D3233	Hendrik Groeve 3	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	81,626	0,33	198211.5	329019.3
30272	B60D3234	Hendrik Groeve 4	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	80,895	0,33	198208.8	329020
30273	B60D3235	Hendrik Groeve 5	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	85,681	0,25	198189.9	329015.6
30274	B60D3236	Hendrik Groeve 6	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	86,336	0,33	198194.1	329013.5
30275	B60D3237	Hendrik Groeve 7	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	87,771	0,23	198164.5	329042.6
30276	B60D3238	Hendrik Groeve 8	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	89,571	0,24	198161.8	329043
30277	B60D3239	Hendrik Groeve 9	Handsteekkern verwerkt	Verticaal	88,688	0,23	198165.1	329044.7
30362	B62B4547	Eys-01	Steekboring verwerkt	Verticaal	191,5	182,00	192939	316128

Boring_ID	Boring_Nr	Boring_Naam	Type_Boring_Verwerkt	Orientatie	Maaiveld (mNAP)	Einddiepte (m)	X_Boring	Y_Boring
30341	B62B4556	Heerlen	Steekboring verwerkt	Verticaal	104,9	58,50	195895	322125
30191	B31C1337	Alphen aan de Rijn	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	-1,68	39,00	104353	458870
30429	B31C2194	Hazerswoude-Dorp	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	-4,245		100445	455192
30432	B31H3353	Utrecht-Mineurslaan	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	2,35	150,00	135900	455569
30342	B32B2417	Amersfoort-Driftakkerweg 1	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	1,63	40,00	157111	462997
30343	B32B2418	Amersfoort-Driftakkerweg 2	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	1,56	60,00	157022	462927
30195	B38A2574	Berkenwoude	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	-1,55	30,00	108919	440537
30427	B38A2757	Berkenwoude-Benedenheulsegweg	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	-1,865		108960	441151
30431	B38A2758	Gouda	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	-1,638		108935	449020
30428	B38D4950	Bleskensgraaf-Geerweg	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	-1,829		112346	432430
30430	B38E2484	Cabauw-KNMI station	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	-0,714		123392	442347
30197	B38F2354	Tull en 't Waal	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	1,53	42,00	137256	446130
30198	B38G2399	Gorinchem	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	1,82	30,00	127223	426627
30199	B38H2391	Middelkoop	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	1,24	40,00	132380	437052
30202	B39C2793	Haaften	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	1,56	41,00	142143	427942
30201	B39C2794	Deil	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	2,79	35,00	146372	432483
30205	B39H3491	Deest	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	6,59	33,00	173276	432677

Boring_ID	Boring_Nr	Boring_Naam	Type_Boring_Verwerkt	Orientatie	Maaiveld (mNAP)	Einddiepte (m)	X_Boring	Y_Boring
30206	B40A2170	Elst-2e Weteringsewal	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	8,15	34,00	183431	437818
30208	B40C3543	Elst-Ambtman	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	8,94	33,00	187673	436790
30211	B40G1202	Millingen aan de Rijn	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	11,77	24,00	200518	430070
30212	B40G1203	Babberich	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	12,88	34,00	206828	435272
30434	B42F1258	Brouwershaven 1	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	-1,55	30,50	51135	416641
30435	B42F1261	Brouwershaven 2	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	-0,96	30,50	51012	416691
30436	B42F1263	Brouwershaven 3	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	-1,51	40,00	51135	416640
30437	B42F1264	Brouwershaven 4	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	-0,95	42,00	51013	416692
30213	B44B0718	Werkendam	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	0,88	40,00	116158	422106
30214	B44E1092	Dussen	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	0,22	38,00	123789	417698
30216	B45A2532	Velddriel	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	1,82	40,00	147003	420423
30347	B45F1064	Langenboom	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	17,38	30,00	178370	413351
30423	B45H0506	Boekel-Grimmekamp	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	13,991	51,20	173330	403831
30424	B45H0507	Boekel-Helfrichstraat	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	17,223	47,00	174949	401398
30337	B49E1446	Bergen op Zoom-Lievensberg	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	11,6	180,00	81068	388570
30433	B49E1470	Kruisland	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal		250,00	88110	399559
30426	B49F1600	Nispen-Everlandje	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	5,34	15,50	90201	390035

Boring_ID	Boring_Nr	Boring_Naam	Type_Boring_Verwerkt	Orientatie	Maaiveld (mNAP)	Einddiepte (m)	X_Boring	Y_Boring
30348	B49G1179	Ossendrecht	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	19,931	50,00	82870	379945
30339	B50E1392	Gilze-Pompstation Gilzerbaan	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal		175,00	124704	393335
30422	B50F1705	Regte Heide	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	20,3		129956	390552
30425	B51F1962	Handel	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	17,8	61,00	176478	399159
30359	B52C2133	Liessel	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	28,92	30,00	187253	380811
30346	B58G0425	Herkenbosch	Steekboring nog niet verwerkt	Verticaal	44,648	60,00	205239	352319
30402	B62A3319	Gulpen 1	Handsteekkern nog niet verwerkt	Verticaal	125,965	0,35	188716.8	312648.5
30403	B62A3320	Gulpen 2	Handsteekkern nog niet verwerkt	Verticaal	125,948	0,35	188717.5	312649.3
30404	B62A3321	Gulpen 3	Handsteekkern nog niet verwerkt	Verticaal	125,942	0,35	188716.1	312648.1
30405	B62A3322	Gulpen 4	Handsteekkern nog niet verwerkt	Verticaal	125,955	0,35	188716.1	312647.6
30406	B62A3323	Gulpen 5	Handsteekkern nog niet verwerkt	Verticaal	125,977	0,35	188718	312649.9
30407	B62A3324	Gulpen 6	Handsteekkern nog niet verwerkt	Verticaal	126,036	0,35	188709.1	312652.4
30408	B62A3325	Gulpen 7	Handsteekkern nog niet verwerkt	Verticaal	125,996	0,27	188706.7	312648.8
30409	B62A3326	Gulpen 8	Handsteekkern nog niet verwerkt	Verticaal	125,968	0,35	188711.8	312646.1
30410	B62A3327	Gulpen 9	Handsteekkern nog niet verwerkt	Verticaal	125,948	0,35	188708.4	312643.9
30411	B62A3328	Gulpen 10	Handsteekkern nog niet verwerkt	Verticaal	126,969	0,35	188701.7	312626.1
30412	B62A3329	Gulpen 11	Handsteekkern nog niet verwerkt	Verticaal	126,965	0,35	188700.5	312626.7



Boring_ID	Boring_Nr	Boring_Naam	Type_Boring_Verwerkt	Orientatie	Maaiveld (mNAP)	Einddiepte (m)	X_Boring	Y_Boring
30413	B62A3330	Gulpen 12	Handsteekkern nog niet verwerkt	Verticaal	126,978	0,35	188702.6	312626.7
30414	B62A3331	Gulpen 13	Handsteekkern nog niet verwerkt	Verticaal	126,95	0,35	188703.8	312628.6
30415	B62A3332	Gulpen 14	Handsteekkern nog niet verwerkt	Verticaal	126,962	0,35	188704.6	312629.9
30416	B62A3333	Gulpen 15	Handsteekkern nog niet verwerkt	Verticaal	130,499	0,35	188673.2	312620.4
30417	B62A3334	Gulpen 16	Handsteekkern nog niet verwerkt	Verticaal	131,407	0,35	188674.4	312620
30418	B62A3335	Gulpen 17	Handsteekkern nog niet verwerkt	Verticaal	131,372	0,35	188674.4	312619.8
30419	B62A3336	Gulpen 18	Handsteekkern nog niet verwerkt	Verticaal	131,358	0,35	188674.5	312619.6
30420	B62A3337	Gulpen 19	Handsteekkern nog niet verwerkt	Verticaal	131,352	0,35	188674.7	312619.5

Energy & Materials Transition

Princetonlaan 6  
3584 CB Utrecht  
[www.tno.nl](http://www.tno.nl)

**TNO** innovation  
for life