

**Optimalisatie
Dijkontwerp-
Heterogeniteitsaspect
en Ondergrond
Case Dijkambacht -
Schematisatie ondergrond**

Projectnummer
CO 72025

Versie
4 Definitief

Opgesteld in opdracht van
Delft Cluster
Postbus 69
2600 AB Delft



Postbus 69
NL-2600 AB Delft
Stieltjesweg 2
NL-2628 CK Delft

Telefoon (015) 269 35
00
Telefax (015) 261 08
21
info@geodelft.nl
www.geodelft.nl

Postbank 234342
Bank MeesPierson NV
rek.nr. 25.92.35.911
KvK S41146461 Delft

Rapportnummer
15

Datum
september 2001

Versie
4 Definitief

Aantal pagina's
41

Type rapport
Studie

Titel / subtitel
Optimalisatie Dijkontwerp-
Heterogeniteitsaspecten Ondergrond / Case
Dijkambacht - Schematisatie ondergrond

Projectnaam
Optimalisatie dijkontwerp

Projectleider(s)
drs. Gerard A.M. Kruse

Projectbegeleider(s)
ir. E.O.F. Calle

Overige leden projectteam

Samenvatting rapport
Verbetering van de thans veel gebruikte werkwijze met geotechnische profielen is nodig, met name aangezien in die profielen mogelijke, maar niet in waarnemingen aangetroffen grondopbouw niet tot uitdrukking komt en de geometrie van de verschillende eenheden in de grond niet gerepresenteerd wordt. Dit rapport betreft mogelijkheden voor verbetering van de huidige werkwijze. Op basis van grondonderzoek dat in 3 fasen is uitgevoerd zijn voor de 3 opeenvolgende verdichtingen van het grondonderzoek schematisaties van de ondergrond voor een te simuleren dijktracé in een bepaald gebied in Nederland opgesteld. De schematisaties geven de ruimtelijke verdeling van de kans van voorkomen van bepaalde typen grondopbouw langs een te simuleren dijktracé weer. Het onderzoek stuit op problemen met de te gebruiken geologische modellering en de toepasbaar geachte probabilistische modellering. Het blijkt niet mogelijk met de in deze studie toegepaste eenvoudige probabilistische modellering te komen tot voldoende gespecificeerde schattingen van de ruimtelijke verdeling van de kansen van voorkomen van profieltypen in de ondergrond. Het is de verwachting dat met nader onderzoek het maken van zulke specificaties wel mogelijk is. In deze studie worden stochastische schematisatie van de opbouw van de ondergrond opgesteld aan de hand van een op basis van geologische en geotechnische overwegingen beperkt aantal profieltypen. Deze werkwijze is een met relatief eenvoudige middelen uitvoerbare verbetering van de werkwijze met geotechnische profielen

Versie	Datum	Opgesteld door	Paraaf	Gecontroleerd door	Paraaf
1	2001-07-11	Kruse		Calle	
2	2001-09-25	Kruse		Calle	

Inhoudsopgave

1	INLEIDING	1
2	STOCHASTISCHE SCHEMATISATIE GRONDOPBOUW	2
2.1	Algemeen	2
2.2	Grondgegevens	3
2.2.1	Karakteristieken van de opbouw van de ondergrond.	3
2.2.2	Ruimtelijke verdeling en geometrie van de afzettingen in het gebied	4
2.2.3	Gegevens over het de grondopbouw in het te simuleren dijktracé	7
3	STOCHASTISCHE BESCHRIJVING VOORKOMEN VAN ZANDBANEN	9
3.1	Zandbaan tussen 2 waarnemingspunten	9
3.1.1	Opmerkingen	13
3.2	Kans op zand gebaseerd op afstand tot waarnemingspunten	14
3.2.1	De kansverdeling van waarnemingen van dikte van klei in relatie tot afstand tot een zandbaan	14
3.2.2	Ruimtelijke kansverdeling van het voorkomen van een zandlichaam in het gebied	17
3.3	REPRESENTATIE GRONDOPBOUW	18
4	SUBJECTIEVE SCHATTING VAN VOORKOMEN VAN PROFIELTYPEN	21
5	DISCUSSIE	22
6	CONCLUSIES	24
	REFERENTIES	25
Bijlage 1	Locatie van het grondonderzoek	
Bijlage 2	Locaties van de boringen gebruikt voor schattingen van geometrie en ruimtelijke verdeling van de afzettingen	
Bijlage 3	Combinaties van 2 waarnemingen waarvoor de kansen van het voorkomen van grondopbouwprofielen zijn berekend	
Bijlage 4	De berekende kansen van voorkomen van de verschillende profieltypen tussen de aangegeven waarnemingen	
Bijlage 5	Trajecten waarvoor subjectief kansen van profielen zijn geschat	
Bijlage 6	Subjectief geschatte kansen van profieltypen voor trajecten in Bijlage 5 hierboven aangegeven	
Figuren		
Figuur 2.1:	Schets van het voorkomen van een zandbaan in kustmoerasafzettingen. De cumulatieve dikte van de klei in de waarneming hangt samen met de omvang van het zandlichaam en de afstand ervan tot de waarneming.	4
Figuur 2.2		Kans van aan

Figuur 2.3 Dikte van kl
 Figuur 2.4 : De dikte v

Figuur 2.5: De cumulatieve frequentieverdeling van de waarnemingen van kleilaagdikte in de boringen van de gebiedsdatabase. Er zijn relatief weinig waarnemingen voor afstanden minder dan ongeveer 40 m en meer dan ongeveer 150 m, zoals ook de verdeling van de punten in de figuur 2.4 suggereert. 7

Figuur 3.1 Relatieve di
 Figuur 3.2 Cumulatieve
 Figuur 3.3 Relatie tuss
 Figuur 3.4 : Schematisa
 Figuur 3.5 : Grafische

bepaalde combinatie van grondsoorten in de waarnemingen A en B te leiden. Het draaipunt moet binnen het met de dikke lijn omgrensde gebied "TOT" liggen wil de bijbehorende zandbaan in het lijnstuk AB voorkomen. met uitzondering van het niet gearceerde deel midden tussen de waarnemingen. Arceringen 1,2, en 3 betreffen respectievelijk kleizone voor waarneming A, kleizone voor waarneming B en zandzone. Combinaties van arceringen geven aan welke combinatie in de waarnemingen wordt aangetroffen als het draaipunt in dat gebiedje is gelegen. De kans op het aantreffen van een zandbaan bij een bepaalde combinatie van grondsoorten en breedte van kleizone betreft de verhouding van het desbetreffend gearceerde gebiedje tot het totale invloedsgebied gebied TOT naar verhouding tot de kans van aantreffen van zand in het gebied TOT. Voor klei in de boorpunten dient gecorrigeerd te worden voor de "kleizone" buiten de dikke lijn. 13

Figuur 3.6: Schets van d
 H_k en ligt binnen afstand D_z van de zandbaan: 15

Figuur 3.7 : Uit de dat
 afstanden tot zandlichaam minder dan 170 m. 16

Figuur 3.9 : Kans van v

Figuur 3.10: Kans van voorkomen van zandbanen in het gebied tussen 5 - 7.5 m -NAP gebaseerd op fase 1 grondonderzoek, uitgaande van niet conditionele kansen en onafhankelijke waarnemingen 17

Figuur 3.11: Kans van voorkomen van zandbanen in het gebied tussen 5 en 7.5 m -NAP gebaseerd op fase 1 en 2 grondonderzoek, uitgaande van niet conditionele kansen en onafhankelijke waarnemingen. 18

Figuur 3.12: Kans van voorkomen van zandlichamen tussen 5 - 7.5 m -NAP gebaseerd op fase 3 grondonderzoek uitgaande van niet

fase 1 en 2 grondonderzoek, uitgaande van niet conditionele kansen en onafhankelijke waarnemingen.

18

Figuur 3.12: Kans van voorkomen van zandlichamen tussen 5 - 7.5 m -NAP gebaseerd op fase 3 grondonderzoek, uitgaande van niet conditionele kansen en onafhankelijke waarnemingen. De waarnemingen met zand in het diepte-interval veroorzaken gebiedjes met hoge kansen in de zone waarvoor met de gegevens van fase 1 en 2 grondonderzoek en ook de gegevens van fase 1, 2 en 3 onderzoek zonder waarneming van zand een zeer lage kans is berekend.

18

Figuur 3.13

: De geselec

1 INLEIDING

Deze rapportage betreft een onderdeel van de case studie Dijkambacht betreffende probabilistiek in de geotechniek en maakt deel uit van de rapportage daarover. Er wordt daarom hier niet ingegaan op de randvoorwaarden voor het project en op de randvoorwaarden en specificaties van grondonderzoek.

Deze rapportage betreft de werkwijze en resultaten van de stochastische ondergrondschematisatie. De schematisatie is met het oog op de toepassing in het project gericht op het voorkomen van zandlichamen. Indien met grote zekerheid het voorkomen van zand in een dijktracé vastgesteld moet worden zonder gebruik te maken van een of andere vorm van een geologisch model, is het in veel gevallen nodig op een zeer dicht grid waarnemingen zoals boringen en sonderingen te doen. Immers reeds zandlichamen minder dan 15 m breed zijn van invloed op het functioneren van een rivierdijk bij hoogwater. De dikte van zulke zandlichamen bedraagt tenminste 3 m en zulke kleine zandlichamen komen in zeer grillige patronen voor, alswel als individueel zandlichaam op grotere afstand (> 250 m) van grote zandlichamen. Om het grondonderzoek te kunnen beperken (zoals in de courante praktijk reeds is gedaan) is het nodig gebruik te maken van aanvullende informatie over het voorkomen van zandlichamen in de ondergrond. In deze studie is getracht deze informatie op kwantitatieve en semi-kwantitatieve wijze in te zetten en worden stochastische schematisaties opgesteld.

Voor de stochastische ondergrondschematisatie zijn 3 methoden gevolgd. Er zijn 2 methoden gekozen met een kwantitatief statistische onderbouwing gebaseerd op een specifiek model voor het ontstaan van de ondergrond, maar waarin geometrie van de afzettingen en onderlinge afhankelijkheden in beperkte mate zijn opgenomen. De derde methode is gebaseerd op scenario's voor de opbouw van de ondergrond die zijn gebaseerd op karakteristieken van de geometrie van voorkomens van afzettingen in waarnemingen en op niet objectief kwantitatief weer te geven geologische inzichten.

Het geologische model en de daarbij behorende statistieken zijn in hoofdstuk 2 beschreven. In hoofdstuk 3 worden 2 kwantitatieve stochastische technieken besproken en in hoofdstuk 4 de subjectieve schatting van de opbouw van de ondergrond. In hoofdstuk 5 wordt ingegaan op de verworven inzichten en in hoofdstuk 6 zijn de conclusies samengevat.

2 STOCHASTISCHE SCHEMATISATIE GRONDOPBOUW

2.1 Algemeen

Voor het probabilistisch ontwerpen van waterkeringen voor de Dijkambacht case is de ruimtelijke variatie in eigenschappen van de ondergrond van belang. In deze variatie kunnen verschillende detailniveaus onderkend worden. Bijvoorbeeld: het vóórkomen van bepaalde karakteristieke combinaties van sedimenttypen, of het vóórkomen van laagjes zoals die herkenbaar zijn in geotechnische monsters van de courante maten. In deze studie ligt het accent op het vaststellen van de mogelijke aanwezigheid van bepaalde zandlichamen in de ondergrond in het betreffende gebied. Het betreft een eerste benadering voor het stochastisch karakteriseren van de ondergrond ten behoeve van het optimaliseren van het dijkontwerp en het ontwerpproces met inbegrip van het exploreren van de ondergrond daarin.

De ondergrond van het betreffende gebied tot de hier aangehouden diepte van 10 m –NAP, betreft afzettingen van een lagunair kustmoeras en van zogenaamde anastomoserende rivieren (bepaald riviersysteem met veel vertakkingen) die daarin zijn gevormd. De studie is gericht op het voorkomen van de stroombaanzanden in de opbouw van de ondergrond en op de verdeling van klei en veen in de ondergrond.

De stochastische beschrijving van de ondergrond in deze studie is gebaseerd op respectievelijk:

1. een beperkt aantal aannamen over karakteristieken van de opbouw gebaseerd op de wijze waarop de afzettingen tot stand zijn gekomen
2. een kwantitatieve schattingen van een aantal aspecten van de geometrie en ruimtelijke verdeling van de afzettingen in het gebied dat in de case gesimuleerd wordt
3. een aantal metingen in de vorm van sonderingen van opbouw van de ondergrond in het tracé van de gesimuleerde dijk

De stochastische schematisatie van de ondergrond van het te simuleren gebied is gebaseerd op sonderingen in dat gebied. Opgemerkt wordt dat de interpretatie van de sonderingen, met name in het diepteinterval boven het grondwaterniveau problematisch is en invloed heeft op de resultaten van de schematisatie. In deze studie wordt er echter van uitgegaan dat de interpretatie zeker is. In de loop van het onderzoek is echter gebleken dat deze aanname niet terecht is en belangrijke consequenties heeft.

Het te simuleren tracé is ongeveer 1.2 km lang. Voor het evalueren van 3 ontwerp scenario's zijn drie series metingen van de ondergrond in het trace beschikbaar en wel (zie **Fout!**

Verwijzingsbron niet gevonden.):

- schaars grondonderzoek, zoals in een verkennend onderzoek voor dijkverbetering;
- normaal grondonderzoek, zoals beschikbaar voor gewone dijkversterkingsprojecten
- gedetailleerd grondonderzoek, zoals wordt uitgevoerd wanneer er buitengewone omstandigheden bestaan.

Teneinde de kwantitatieve schatting van aspecten van de geometrie en ruimtelijke verdeling van de verschillende soorten afzettingen in het gesimuleerde gebied te kunnen maken, is in deze studie gebruik gemaakt van een bestand van 2140 boringen in een gebied met een voor het project representatieve ondergrond. Het betreft grondonderzoek van de Universiteit van Utrecht, sectie Fysische Geografie, in een gebied van 80 km² in de Krimpenerwaard (zie **Fout!** **Verwijzingsbron niet gevonden.**). Deze gegevens zijn beschikbaar gesteld uitsluitend voor een analyse in dit project.

Teneinde de stochastische beschrijving van de grondopbouw voor de case voor gebruik in geotechnische evaluaties in het project geschikt te maken, is de grondopbouw in de vorm van kansen van vóórkomen van bepaalde typen verticale opeenvolging van bepaalde geotechnisch relevante typen grond beschreven.

2.2 Grondgegevens

Er zijn, zoals hiervoor genoemd 3 typen grondgegevens gebruikt voor de stochastische representatie van de ondergrond voor de case en wel:

1. een beperkt aantal aannamen over karakteristieken van de opbouw gebaseerd op de omstandigheden waaronder en de wijze waarop de afzettingen en de eigenschappen ervan tot stand zijn gekomen
2. een kwantitatieve schattingen van een aantal aspecten van de geometrie en ruimtelijke verdeling van de afzettingen in het gebied dat in de case gesimuleerd wordt
3. een aantal metingen van opbouw van de ondergrond in het tracé van de gesimuleerde dijk (zie **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**).

In het volgende wordt hier nader op ingegaan.

2.2.1 Karakteristieken van de opbouw van de ondergrond.

De ondergrond in het gebied wordt geacht te zijn opgebouwd door bepaalde processen die hieronder worden beschreven. Naast deze processen zijn er in het gebied omstandigheden geweest die afwijken van wat in deze paragraaf wordt beschreven en die invloed hebben op de resultaten van deze studie. Deze afwijkingen betreffen, naar het zich laat aanzien, gevolgen van bedijking; antropogene invloed. Samen met de onzekerheid in interpretatie van de toplagen in sonderingen leiden deze afwijkingen tot onverwachte uitkomsten in de schematisatie van de ondergrond welke in hoofdstuk 5 worden besproken.

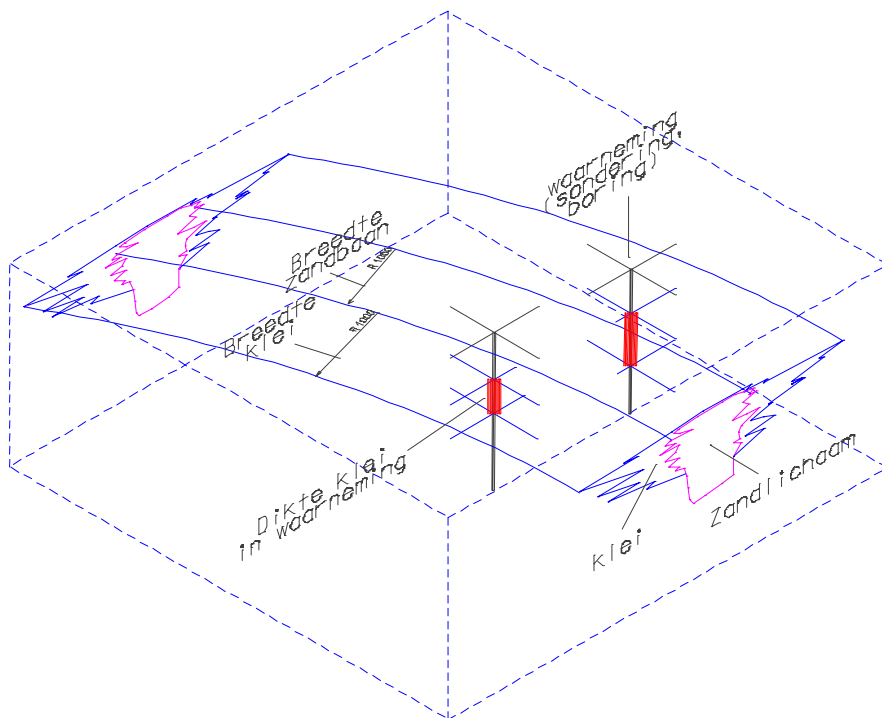
In de ondergrond van het betreffende gebied, tot de hier aangehouden diepte van 10 m –NAP, worden afzettingen van zogenaamde anastomoserende rivieren (in het algemeen: rivieren in een systeem met veel vertakkingen en samenvloeiingen) en van een lagunair kustmoeras, gedomineerd door veen, aangetroffen [Tornquist 1993, Weerts en Berendsen 1995]. De afzettingen worden gekenmerkt door een dominantie van veen, organische klei en klei, met daarin frequent zandlichamen met een breedte van enige meters tot soms meer dan 500 m. Het huidige maaiveld ligt in het merendeel van het gebied op ongeveer 1 – 1.5 m –NAP.

Tijdens de vorming van de ondergrond accumuleerden plantenresten in het gebied door zeer hoge grondwaterstanden, moeras condities, hetgeen tot veen en organische kleipakketten leidde. Plaatselijk werd door rivierarmen zand afgezet en in de omgeving van de rivierarmen werd tijdens hoogwater, door de rivier aangevoerde klei, silt en fijn zand afgezet, hier klastische afzettingen genoemd ter onderscheiding van de ter plaatse ontstane plantenresten. De hoeveelheid klastisch materiaal die werd afgezet bij een hoog water neemt af met toenemende afstand tot de bedding van de rivierarm. De zandlichamen in de ondergrond zijn ontstaan doordat een zandtransporterende rivierarm gedurende een bepaalde tijd globaal dezelfde loop heeft gevolgd; door het slingeren van de rivierloop en het relatief stijgen van de erosiebasis en het hoogwaterpeil, ontstonden er zandbanen in de door veenaccumulatie gedomineerde omgeving. De relatieve diepte van de bedding van de rivierarmen hangt samen met het debiet in de bedding. De beddingen van de wat langer actieve en van de wat grotere rivierlopen hebben al het eventueel aanwezige veen en klei ter plaatse van de zandbanen verwijderd, waardoor het zand van deze lichamen contact maakt met de pleistocene zandondergrond in het gebied. Op het maaiveld rond de rivierloop wordt het fijne klastische materiaal afgezet. Er wordt daardoor klei en fijn zand op een veen-ondergrond afgezet zodra een rivierarm in een gebied is ontstaan (bij anastomoserende rivieren veranderen de lopen relatief vaak van plaats). De dikte van de lagen klastisch materiaal die daarbij ontstaan hangt af van verschillende factoren, met name:

- het gebied, zoals hydrologisch regime, sediment aanvoer, type begroeiing, bodemdalingsnelheid, aard van de directe ondergrond et cetera
- de omvang van de rivierarm en wel: (i) de ligging van de grotere rivierarmen is gemiddeld stabiel en accumulatie van klastisch materiaal in de omgeving blijft daardoor langer doorgaan, (ii) hoge waterstanden in de grotere rivierarmen veroorzaken grotere hydraulische gradiënten in de directe omgeving, beïnvloeden grotere gebieden en voeren meer klastisch materiaal aan dat in de omgeving kan worden afgezet
- de afstand tot de rivierarm, waardoor de hoeveelheid in suspensie vervoert materiaal afneemt.

In dit rapport worden de gebiedsinvloeden voor het bestudeerde gebied gemiddeld constant verondersteld. De belangrijkste invloeden op de dikte van klastische lagen in het veen worden verondersteld hoofdzakelijk af te hangen van (i) de afstand tot de rivierloop, en daarmee de afstand tot het lichaam, en van (ii) de omvang van de rivierloop die zich reflecteert in de breedte van het erdoor gevormde zandlichaam. De Figuur 2.1 geeft een schets van de geometrie van een zandbaan en de daaromheen afgezette klei in de kustmoerasafzetting.

De zandlichamen zijn afgezet in en direct rond de bedding van toenmalige rivierarmen en hebben een smalle langgerekte wat kronkelende geometrie. De zandlichamen van minder dan 10 m breed zijn minder dan 3 m dik en bestaan voor een groot deel uit kleiig zand en zandige klei waardoor de bulkdoorlatendheid voor water ervan beperkt is. Zandlichamen breder dan 25 m waarvan de bovenkant op zo'n 5 m –NAP ligt zijn nagenoeg altijd zo dik dat de basis ervan direct hydraulisch contact maakt met het onder de veen en kleilagen gelegen zandafzettingen uit het Pleistoceen.



Figuur 2.1: Schets van het voorkomen van een zandbaan in kustmoerasafzettingen. De cumulatieve dikte van de klei in de waarneming hangt samen met de omvang van het zandlichaam en de afstand ervan tot de waarneming.

2.2.2 Ruimtelijke verdeling en geometrie van de afzettingen in het gebied

Om de schattingen van de geometrie en ruimtelijke verdeling te objectiveren is in deze studie gebruik gemaakt van een groot bestand van 2140 boringen in een gebied van ongeveer 80 km² met omstandigheden zoals in de te simuleren case. Karakteristieken van het voorkomen van

zand en indicaties voor het voorkomen van zandlichamen in een locatie zijn vastgesteld aan de hand van die gegevens, evenals karakteristieken van het voorkomen van klei in veen.

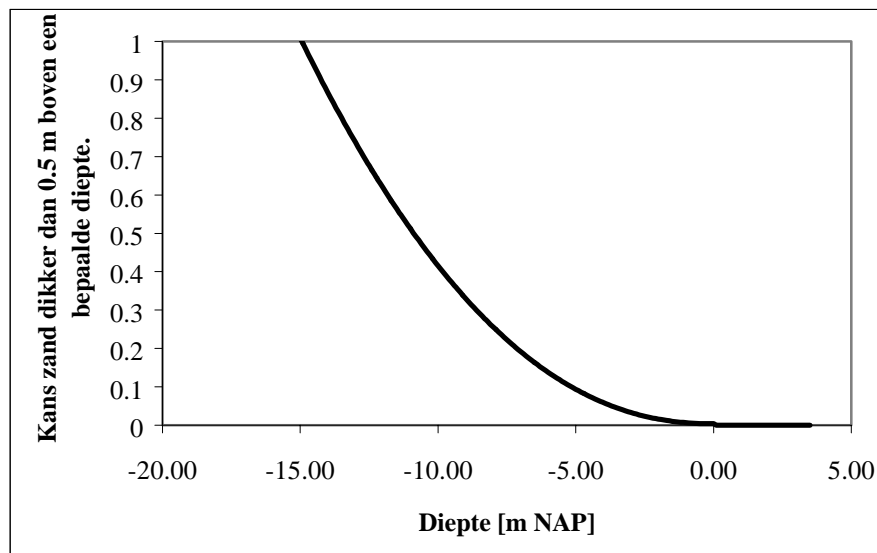
De analyse van de grondgegevens betreft respectievelijk:

- de relatie tussen enerzijds de dikte van klei, silt en kleiig zand (klastisch materiaal) lagen en anderzijds de omvang tot zandlichamen en de kortste afstand tot zandlichamen
- de diepte van het voorkomen van zand in de ondergrond in het gebied
- de kans op het aantreffen van klei in het veen

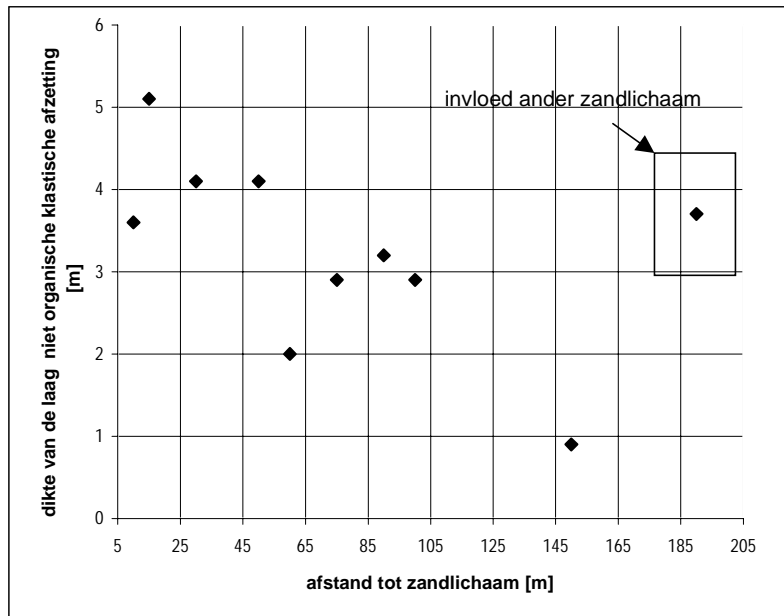
De relatie tussen dikte van de klastisch materiaal lagen en de afstand tot het zandlichaam, respectievelijk de breedte van het zandlichaam, is nagegaan aan de hand van 10 geselecteerde locaties langs zandlichamen waarvan de ligging van de randen ervan voldoende nauwkeurig was vast te stellen. De Figuur 2.3 is een voorbeeld van de waargenomen dikte en de kortste afstand tot een zandlichaam.

De diepte van zandvoorkomens in het gebied is bepaald aan de hand van de diepte van de bovenkant van zandvoorkomens dikker dan 0.5 m in de gegevens van de boringen.

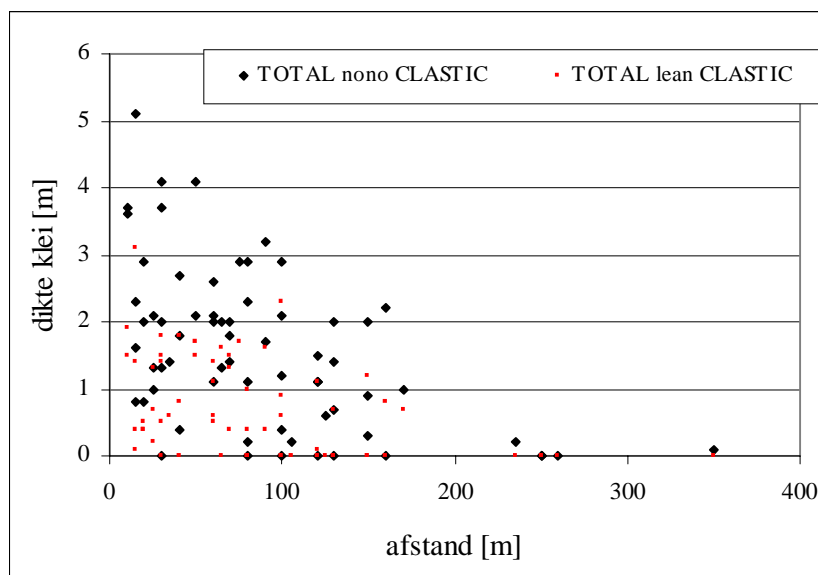
De kans op het aantreffen van klei in veen op een locatie is bepaald aan de hand van boorstaten waarin geen zand in het betreffende diepte-interval voorkomt.



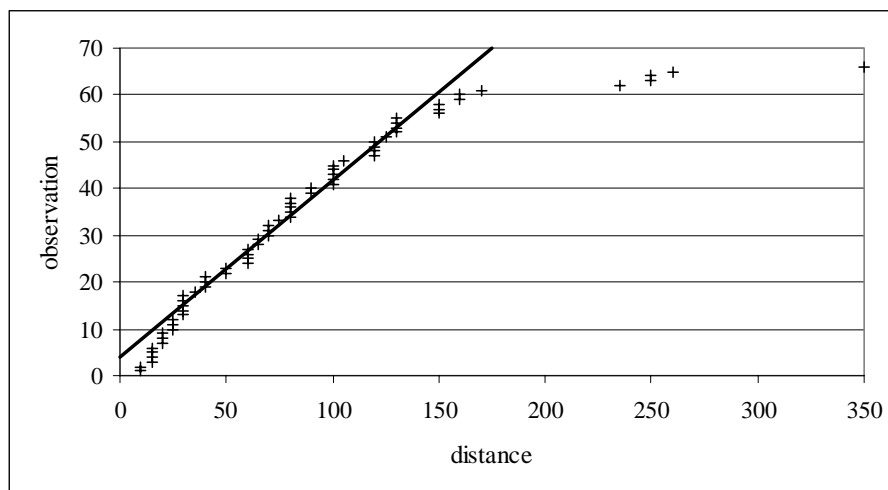
Figuur 2.2 Kans van aantreffen van zandlichaam boven een bepaalde diepte in het gebied



Figuur 2.3 Dikte van klastische afzetting (zonder organisch materiaal) en de afstand tot het gerelateerde zandlichaam. Een afwijkend punt betreft een kleilaag gerelateerd aan een ander zandlichaam.



Figuur 2.4 : De dikte van kleilagen in een boring en de afstand tot een zandbaan zoals bepaald voor 66 waarnemingspunten.



Figuur 2.5: De cumulatieve frequentieverdeling van de waarnemingen van kleilaagdikte in de boringen van de gebiedsdatabase. Er zijn relatief weinig waarnemingen voor afstanden minder dan ongeveer 40 m en meer dan ongeveer 150 m, zoals ook de verdeling van de punten in de figuur 2.4 suggereert.

De cumulatieve frequentieverdeling van beschikbare waarnemingen voor de afstand tot een zandlichaam laat zien (figuur) dat de kansverdeling in het gebied tussen ongeveer 40 m en ongeveer 150 m vlak is, waarvoor de rechte lijn in de cumulatieve verdeling in Figuur 2.5 een referentie is. De ligging van de waarnemingen ten opzichte van deze lijn geeft aan dat er beneden 40 m en boven 150 m relatief minder waarnemingen zijn. Voor afstanden tot de zandbaan groter dan 150 m is de verklaring in de lagere frequentie te zoeken in de problemen om waarnemingen van kleiafzettingen behorend bij één enkel zandlichaam te vinden, welke problemen door de regelmatige aanwezigheid van andere zandlichamen bij grotere afstanden eerder optreden. Voor kortere afstanden is het relatieve tekort aan waarnemingspunten deels het gevolg van de bemonsteringsstrategie in het terrein (veel raaien met grotere onderlinge afstanden en slechts weinig met korte, gedetailleerde, monsterafstanden). De waarnemingen van kleidikte in de directe omgeving van zandbanen wijzen er echter op dat de kans om daar geen of slechts zeer dunne kleilagen te vinden zeer klein is. Gezien deze overwegingen is voorshands de verwachting dat de frequentieverdeling van de waarnemingen van dikte over de afstand vlak is over nagenoeg het gehele afstandsbereik.

2.2.3 Gegevens over het de grondopbouw in het te simuleren dijktracé

Het te simuleren tracé is ongeveer 1.2 km lang. Er zijn een drietal series waarnemingen van de ondergrond in het trace beschikbaar en wel:

- schaars grondonderzoek, bestaand uit 5 sonderingen (conus- en kleefmeting), zoals in een verkennend onderzoek voor dijkverbetering;
- normaal grondonderzoek, bestaand uit 16 extra sonderingen en boringen, totaal 21, zoals beschikbaar voor gewone dijkversterkingsprojecten
- gedetailleerd grondonderzoek, bestaand uit 20 extra sonderingen en boringen, totaal 41, zoals wordt uitgevoerd wanneer er buitengewone omstandigheden bestaan.

In de **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** is de ligging van het grondonderzoek dat is gebruikt weergegeven. De grondonderzoekgegevens zelf zijn opgenomen in de eerdere rapportage [FUGRO 1997]

De interpretatie van de sonderingen in termen van lagen van veen, venige klei, kleiig veen, klei, zand en dergelijke is gebaseerd op lokale kennis van de correlatie tussen grondsoorten en karakteristieken van de patronen in sondeergrafieken. Opgemerkt wordt dat deze interpretatie een niet verwaarloosbare onzekerheid in zich heeft. Vanwege de aard van deze studie is deze onzekerheid niet verder in de beschouwingen betrokken. De onzekerheid in de interpretatie van

de lagen bij en boven de grondwaterspiegel en direct onder het dijklichaam is groot. De onzekerheid in de interpretatie heeft belangrijke consequenties voor de schematisaties van de ondergrond in dit rapport.

De 3 series meetgegevens worden voor 3 ontwerpscenario's gebruikt in deze studie.

3 STOCHASTISCHE BESCHRIJVING VOORKOMEN VAN ZANDBANEN

De stochastische karakterisering van de ondergrond van het te simuleren tracé in deze studie richt zich op het voorkomen van zandlichamen in de ondergrond. In deze studie wordt uitgegaan van een schematisatie van de ondergrond op basis van zogenaamde profieltypen. Profieltypen zijn een geschematiseerde verticale opeenvolging van soorten grond, waarbij de grond tot een beperkt aantal representatief geachte soorten is beperkt. Voor deze studie is op basis van de aard van de ondergrond uitgegaan van 15 profieltypen die in Figuur 3.13 zijn weergegeven. De profieltypen zijn geschematiseerd in lagen van 2.5 m dikte, tot een diepte van 10 m –NAP.

In de paragrafen 3.1 en 3.2 worden 2 methoden voor het stochastisch karakteriseren van het voorkomen van zandlichamen en de resultaten van toepassing ervan besproken. In de paragraaf 3.3 worden de methode van het bepalen van de kansen van voorkomen van de verschillende profieltypen en de resultaten ervan besproken. In hoofdstuk 4 wordt een subjectieve schatting van de kans van voorkomen van de verschillende profieltypen gegeven op basis van onder andere het onderzoek naar de architectuur van de afzettingen en de geometrie van de betrokken eenheden in het gebied (paragraaf 2.2.1).

Voor de wat geologie betreft equivalente homogene regio is de kansverdeling voor het aantreffen in een waarneming van een zandbaan boven een bepaalde diepte in de Figuur 2.2 weergegeven. Deze kansverdeling is gebaseerd op het in paragraaf 2.2 genoemde bestand met boorgegevens.

De kansverdeling van klei en veen of organische klei in de regio is eveneens bepaald uit de verdeling van het voorkomen van deze grondsoorten in de boorstaten in het genoemde bestand met boorgegevens. De verdeling bedraagt ongeveer 30 % klei en 70 % veen voor intervallen waarin geen zand voorkomt en is niet nader naar diepte gedifferentieerd voor deze studie.

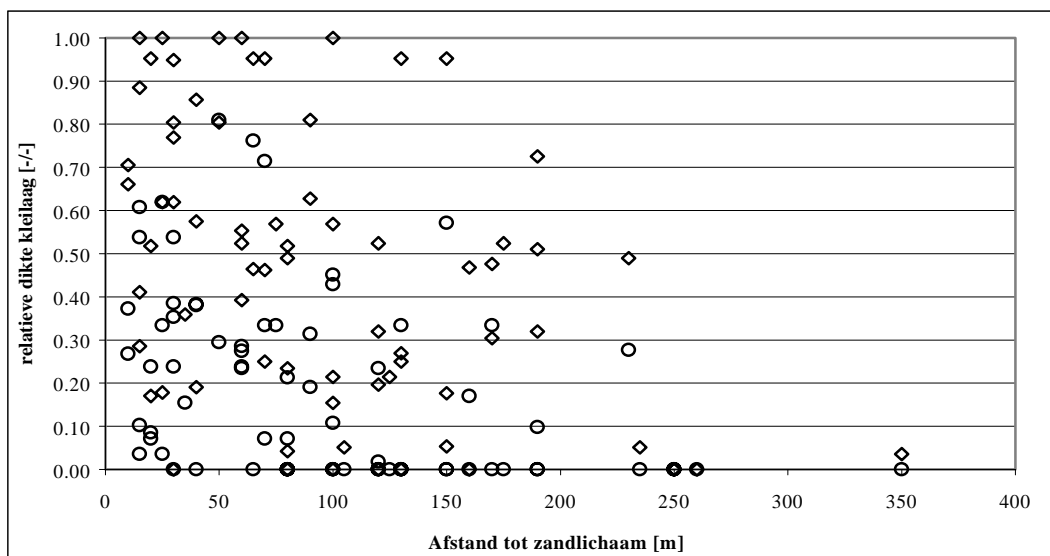
Voor deze studie wordt met name de kans van aanwezigheid van zandlichamen in een bepaald tracé gevraagd. In deze studie wordt aan de hand van 3 methoden de kans van voorkomen van zandbanen nagegaan. De eerste methode betreft de kans van aanwezigheid van een zandbaan tussen telkens 2 waarnemingspunten, analoog aan de weergave van de opbouw van de ondergrond met 2 dimensionale geotechnische profielen waarbij ook tussen paren waarnemingen wordt geïnterpoleerd (paragraaf 3.1). De tweede methode betreft het bepalen van de kans van voorkomen van zand voor punten op een regelmatig dicht grid zoals die kan worden afgeleid uit de informatie in alle waarnemingspunten in de omgeving, zonder, echter, dat de breedte van het zandlichaam, conditionele kansen en onderlinge afhankelijkheid van waarnemingen daarin is verwerkt (paragraaf 3.2). De derde methode is gebaseerd op de globale geometrie van de afzettingen in de ondergrond zoals die subjectief uit de waarnemingen kan worden geschat en op een subjectieve beoordeling van de kansen van voorkomen van bepaalde configuraties van lagen in deeltracés (hoofdstuk 4).

3.1 Zandbaan tussen 2 waarnemingspunten

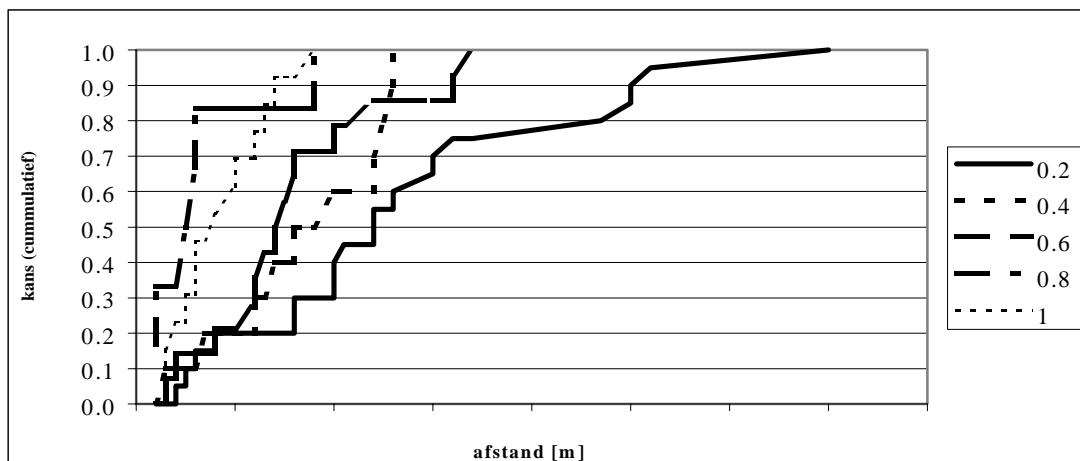
In paragraaf 2.2.1 is het geologisch model voor het voorkomen van zandbanen in een gebied als het te simuleren gebied gegeven en is ingegaan op de relatie tussen het voorkomen van klei in een veenomgeving en de aanwezigheid van zand. Voor een 10-tal gevallen zijn respectievelijk afstand tot een zandlichaam en breedte van het zandlichaam nagegaan. Klastisch materiaalalagen zijn daarbij gedefinieerd als alle in de boorbeschrijvingen aangegeven grondsoorten behalve veen en sterk organische klei en behalve dikke zandlagen. De klastische lagen worden hier verder kleilagen genoemd. De locaties zijn geselecteerd op basis van een voldoende nauwkeurige bepaling van de ligging van de rand van het zandlichaam en een, naar het zich liet

aanzien, eenduidige relatie tussen ontstaan van het zandlichaam en de klastische laag. Figuur 2.3 is een voorbeeld van de afname van de dikte van de kleilaag met de afstand tot het zandlichaam. In de figuur is ook te zien dat er een lokale selectie nodig is om eventuele eenduidige relaties tussen de dikte van een kleilaag en de afstand tot een zandlichaam te kunnen vinden. In de Figuur 3.1 is voor de 10 gevallen de informatie over de relatie van de kleidikte met de afstand tot het zandlichaam verzameld weergegeven.

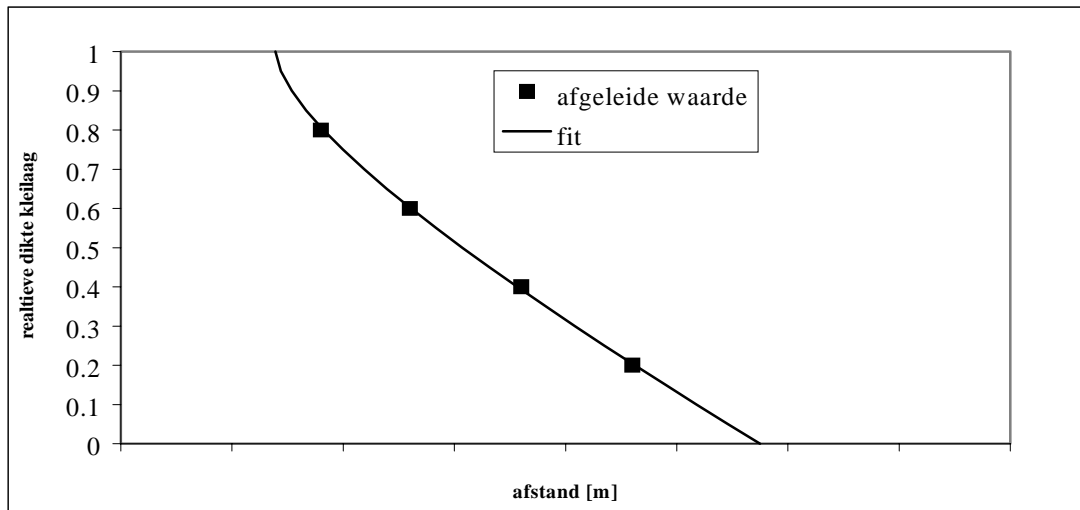
De waarschijnlijkheid van het voorkomen van zandbanen tussen 2 waarnemingspunten in wordt in deze studie bepaald aan de hand van de aanwezigheid en de dikte van kleilagen en zandvoorkomen in de waarnemingspunten. Voor 66 gevallen is de relatie tussen de dikte van kleilagen en de afstand tot de zandbaan vastgesteld aan de hand van onderzoek van de 10 zandbanen (zie Figuur 3.1). Ook de breedte van de zandbaan is daarbij vastgesteld, maar deze informatie is niet in deze studie verwerkt. Aan de hand van de kansverdeling van de afstand tot het zandlichaam voor de aangetroffen dikte van de kleilaag wordt de kans op aantreffen van zand tussen waarnemingen vastgesteld.



Figuur 3.1 Relatieve dikte van de kleilaag en de afstand tot zandlichamen



Figuur 3.2 Cumulatieve kansverdeling van het voorkomen van de relatieve dikte van de kleilaag met de afstand

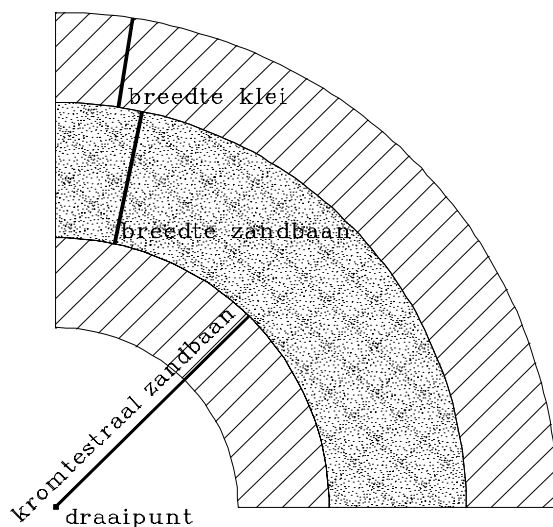


Figuur 3.3 Relatie tussen de relatieve dikte van een kleilaag en de afstand tot een zandlichaam waarbinnen alle waarnemingen vallen.

In de Figuur 3.2 is de kansverdeling voor 5 relatieve diktes van kleilagen weergegeven, waarbij de relatieve dikte in deze studie de dikte van de kleilaag ten opzichte van een pakket van 3 m dikte betreft. De punten zijn homogeen verdeeld in een gebied dat duidelijk begrensd wordt door een maximale afstand die afhangt van de relatieve dikte. De maximale afstand tot de zandbaan, D_{max} , voor de relatieve dikte, HK , van 0 tot 1 kan met een functie worden beschreven welke in Figuur 3.3 wordt weergegeven. De kans van het aantreffen van een zandlichaam binnen een bepaalde afstand D bij een gegeven dikte van klei, HK_i , in de boringen is $D / D_{max\ HK_i}$.

Voor het vaststellen van de kans op het aantreffen van een zandbaan tussen 2 waarnemingspunten is van het volgende uitgegaan.

De zandbaan kan op de schaal van de afstanden tussen 2 waarnemingen niet meer als rechte verondersteld worden, omdat kromming van de baan veel invloed heeft op de combinatie van grondsoorten in de direct omliggende waarnemingen. Er wordt uitgegaan van een zandbaan met een kromtestraal met een homogene kansverdeling tussen ongeveer 0.3 – 30 maal de breedte van de zandbaan. Deze aanname van de kansverdeling is gebaseerd op het op basis van gedetailleerde kartering getekende verloop van zandbanen in de regio.



Figuur 3.4 : Schematisatie van een zandbaan en de geometrieparameters voor de bepaling van de kans van voorkomen tussen 2 waarnemingspunten

Voor deze studie is vanwege de flexibiliteit in de analyse, gebruik gemaakt van spreadsheets voor de kwantitatieve analyse. Met name vanwege de beperkingen van dit gereedschap is de breedte van het zandlichaam als vaste waarde aangenomen, en wel 75 m, zijnde ongeveer de 50^{ste} percentiel van de aan de hand van waarnemingen gemodelleerde verdeling van de breedtes van zandlichamen in de regio.

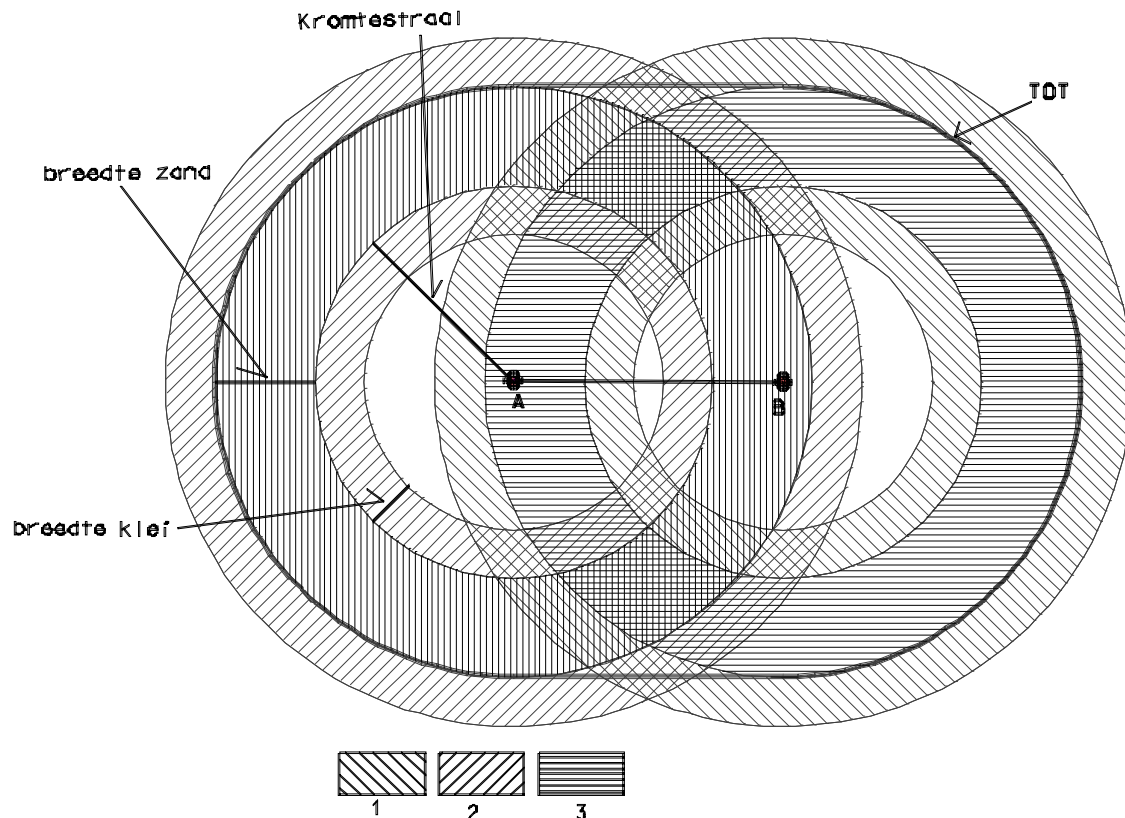
Mede vanwege het gebruik van spreadsheets voor de analyse is ervan uitgegaan dat de waarneming met de sterkste aanwijzing van zand tussen 2 waarnemingen de kans van optreden van zand bepaalde. Indien er in één van de waarnemingen van een paar een zandlaag aanwezig is, wordt daarom de kans van voorkomen van zand op 1 gesteld voor het waarnemingspaar. Ook is de dikste kleilaag, die de hoogste kans voor zand tussen waarnemingsparen met zich meebrengt, maatgevend voor de kans van zandvoorkomen gesteld.

De kansverdeling van het aantreffen van een zandbaan op een bepaalde diepte tussen 2 waarnemingspunten is in eerste instantie gebaseerd op de eventuele aanwezigheid en de dikte van aangetroffen klei en op de eventuele aanwezigheid van zand in één of beide waarnemingen op die diepte. In tweede instantie is de kans gebaseerd op de profielopbouw. Zoals hierboven aangegeven, bestaat er een eenduidige relatie tussen de dikte van een kleilaag in een punt en de kans dat zich binnen een bepaalde afstand een zandbaan bevindt. In de Figuur 3.5 is met "TOT" het gebied aangegeven waarbinnen een draaipunt van een gekromde zandbaan (zie Figuur 3.4) gelegen moet zijn, om een zandbaan tussen of op de waarnemingspunten aan te kunnen treffen. In de schets in Figuur 3.5 is uitgegaan van een bepaalde kromtestraal en een bepaalde breedte van de klei in beide waarnemingen. De grondsoorten die in de beide waarnemingen worden aangetroffen, kunnen dan worden afgeleid uit de ligging van het draaipunt en zijn afhankelijk van de afstanden van het draaipunt tot elk van de waarnemingspunten, zie Figuur 3.5. De combinatie hangt af van de afstand tot de waarnemingspunten in verhouding tot de afstand tussen de waarnemingspunten, de breedte van de kleizone, de breedte van het zandlichaam en de kromtestraal. Met combinaties van arceringen zijn in de Figuur 3.5 voor één situatie grafisch de zones weergegeven die resulteren in de verschillende combinaties van grondsoorten die in 2 waarnemingen aangetroffen worden. De mogelijke combinaties die in de figuur met verschillende arceringen zijn weergegeven zijn: Veen-Veen, Klei-Veen, Klei-Klei, Zand-Veen, Zand-Klei, Zand-Zand, waarbij veen staat voor geen zand en geen klei. Voor de verschillende kromtestralen en breedtes van kleilagen en afstanden tussen waarnemingspunten treden uiteraard verschillende configuraties van oppervlakken voor de combinaties van materialen op. De kans dat er een zandlichaam aanwezig is tussen de waarnemingspunten bij een gegeven combinatie van grondsoorten op een bepaalde diepte is gelijk aan de verhouding tussen het betreffende oppervlak, zoals bijvoorbeeld een bepaald ge-arceerd deel van de Figuur 3.5, en het oppervlak "TOT" in de figuur vermenigvuldigd met de kans dat er een zandlichaam wordt aangetroffen in het gebied "TOT". Deze laatste kans is hierboven reeds beschreven en de kansverdeling is in Figuur 2.2 weergegeven. De kans van het aantreffen van zand tussen de waarnemingspunten is vervolgens bepaald met respectievelijk:

- de kans van aantreffen van zand voor een aantal representatief gekozen kromtestralen
- de kans van aantreffen van zand binnen een bepaalde afstand bij de aangetroffen dikte van klei in de waarneming (bijvoorbeeld: voor 1 m klei in de waarneming bedraagt de kans voor zand binnen 70 m ongeveer 0.5)
- een breedte van de zandbaan van 75 m zoals hiervoor is aangegeven
- de kans van aanwezigheid van een zandbaan op de betreffende diepte in het totale invloedsgebied (TOT in Figuur 3.5)
- als er zand in de waarneming zelf aanwezig is de kans op 1 gesteld.

Voor de 3 grondonderzoekscenario zijn voor alle relevante paren van waarnemingen de kansen van het aanwezig zijn van zandbanen tussen die waarnemingen bepaald voor 4 diepte-intervallen te weten, 0 – 2.5, 2.5 – 5.0, 5.0 – 7.5 en 7.5 – 10 m -NAP. De paren zijn in de **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** aangegeven met een verbindinglijn.

De kansverdeling van klei en veen of organische klei tussen de waarnemingspunten is voor elk diepte-interval bepaald aan de hand van de regionale verdeling van klei en veen of organische klei en de materialen in de waarnemingen in het betreffende diepte-interval.



Figuur 3.5 : Grafische weergave van de zones waarbinnen een draaipunt van een zandbaan met respectievelijk een bepaalde kromtestraal, breedte van de kleizone en breedte van de zandbaan gelegen moet zijn om tot een bepaalde combinatie van grondsoorten in de waarnemingen A en B te leiden. Het draaipunt moet binnen het met de dikke lijn omgrensde gebied "TOT" liggen wil de bijbehorende zandbaan in het lijnstuk AB voorkomen. met uitzondering van het niet gearceerde deel midden tussen de waarnemingen. Arceringen 1,2, en 3 betreffen respectievelijk kleizone voor waarneming A, kleizone voor waarneming B en zandzone. Combinaties van arceringen geven aan welke combinatie in de waarnemingen wordt aangetroffen als het draaipunt in dat gebiedje is gelegen. De kans op het aantreffen van een zandbaan bij een bepaalde combinatie van grondsoorten en breedte van kleizone betreft de verhouding van het desbetreffend gearceerde gebiedje tot het totale invloedsgebied gebied TOT naar verhouding tot de kans van aantreffen van zand in het gebied TOT. Voor klei in de boorpunten dient gecorrigeerd te worden voor de "kleizone" buiten de dikke lijn.

3.1.1 Opmerkingen

Opgemerkt wordt dat met name in het "schrone" scenario de kansen van het voorkomen van zand tussen 2 waarnemingen aanzienlijk is, tot meer dan 10 %, terwijl er in de waarnemingen zelf geen zand is aangetroffen.

Met toename van grondonderzoek wordt in het algemeen de zekerheid waarmee het voorkomen van zand wordt uitgesloten hoger voor de betreffende segmenten. Echter, door de reeds genoemde onvolkomenheid in de interpretatie van de sonderingen ten aanzien van aanwezigheid van klei en de onvolkomenheid van het "geologische" model blijkt deze toegenomen zekerheid in de werkelijke situatie niet terecht. Uit het gedetailleerde grondonderzoek blijkt zand aanwezig in secties waar dat geheel niet verwacht zou worden op basis van "normaal" grondonderzoek. Het is nodig het model aan te vullen met aanvullende

mechanismen, in dit geval met name antropogene invloed (opvulling van een dijkdoorbraak met zand).

De beperking van de breedte van de zandbaan tot 75 m heeft voor de kansen van het voorkomen van zand bij waarnemingsafstanden kleiner dan dat natuurlijk een belangrijke invloed. Immers, bij waarnemingspuntafstanden kleiner dan 75 m is aanwezigheid van zo'n zandbaan met absolute zekerheid aan te tonen dan wel uit te sluiten. Aangezien ongeveer de helft van de lengte aan zandbanen in het gebied smaller is en een groot deel daarvan voldoende lengte en continuïteit heeft om de hydrologische omstandigheden bij de dijk relevant te beïnvloeden, is het voor de praktijk noodzakelijk de breedte van de zandbanen in de analyse te betrekken.

De toegepaste analyse is sterk beperkt door de implementatie in spreadsheets. Het is voor toepassingen noodzakelijk om respectievelijk:

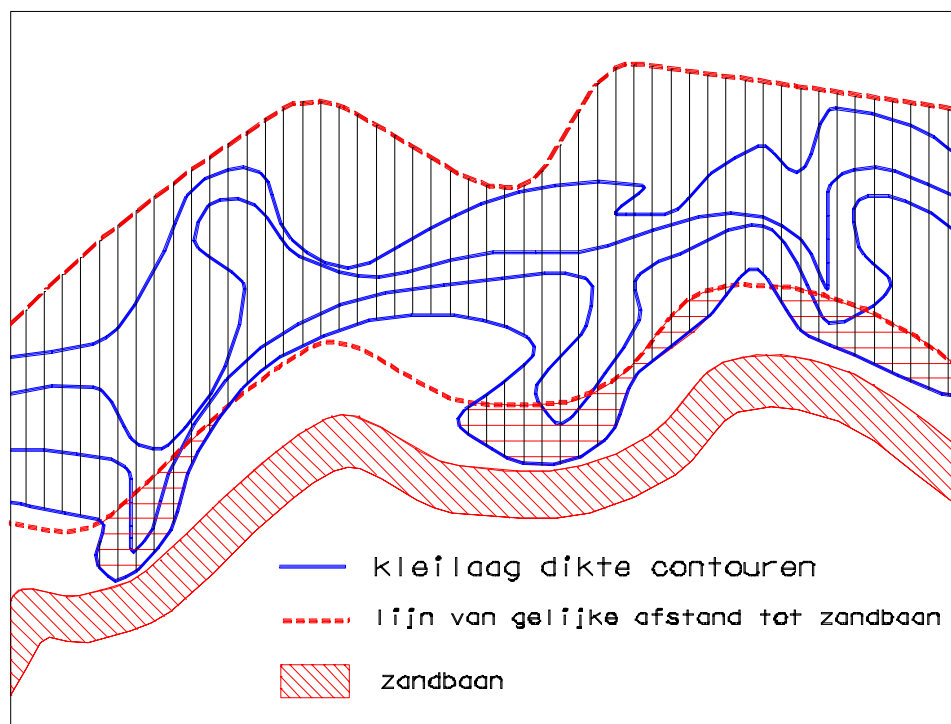
- de breedte van het zandlichaam binnen realistische grenzen te kunnen variëren
- verschillen in dikte van klei in waarnemingen te kunnen betrekken in de bepaling van de kans van voorkomen van zand
- meer dan 2 waarnemingen in de beschouwing voor de lokale kans van aanwezigheid van zand op te nemen. Deze omstandigheid brengt ook met zich mee dat de geometrie van het zandlichaam beter beschreven zou moeten worden dan die van een cirkelboog met een bepaalde breedte.

De methode geeft geen continue beeld van de ruimtelijke variatie in kansen van voorkomen van de verschillende profielen. Indien meer dan 2 punten worden beschouwd zou het mogelijk zijn een meer vlakdekkende weergave van kansen te verkrijgen. Echter, de geometrie van de zandlichamen is zodanig "grillig" dat dan zeker niet kan worden volstaan met de aanname van een gelijkmatige kromming over een bepaalde lengte. In plaats van gelijkmatige kromming zou uitgegaan moeten worden van de mogelijke configuraties van zandlichamen in de ondergrond. Voorshands kan worden gesteld dat slecht met zeer rekenintensieve technieken als "simulated annealing" dit aspect beschouwd kan worden.

3.2 Kans op zand gebaseerd op afstand tot waarnemingspunten

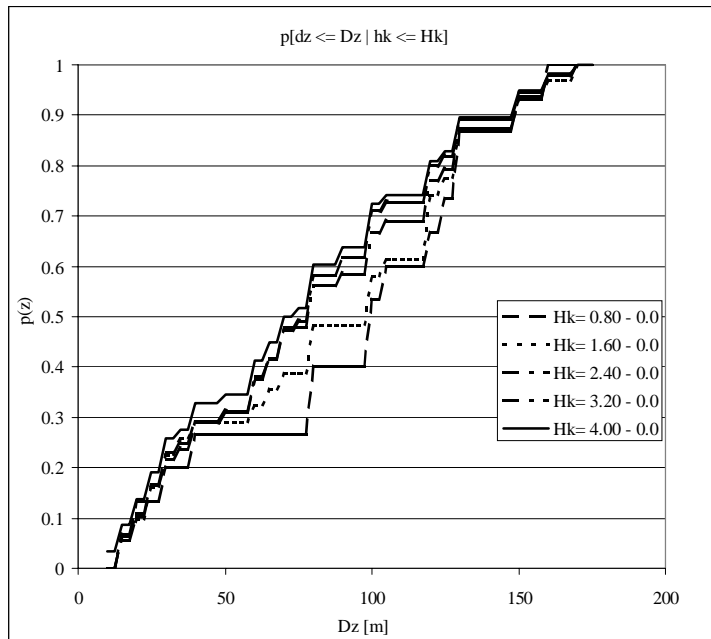
3.2.1 De kansverdeling van waarnemingen van dikte van klei in relatie tot afstand tot een zandbaan

De kans van het aantreffen van zand wordt in deze methode voor punten op een regelmatig grid afgeleid van de dikte van eventuele kleilagen in de waarnemingen en de afstand van die punten tot de betreffende waarnemingen.

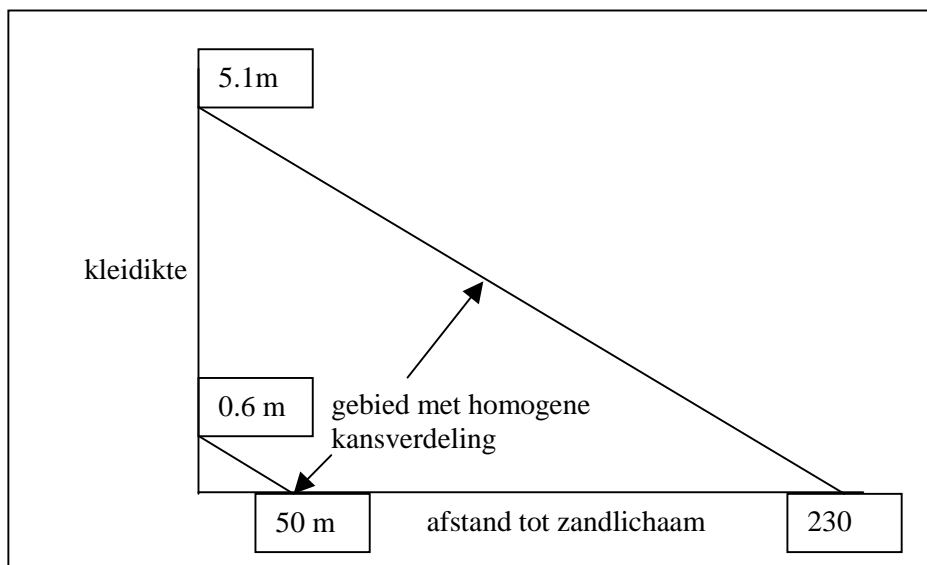


Figuur 3.6: Schets van de verdeling van de dikte van een kleilaag bij een zandbaan. In het gebied met verticale arcering is de dikte minder dan een bepaalde dikte H_k . Het gebied met vierkante arcering heeft een dikte $< H_k$ en ligt binnen afstand D_z van de zandbaan:

In de Figuur 3.6 is een schets gegeven van de verdeling van de dikte van een kleilaag die met een zandbaan is geassocieerd. In die figuur is tevens de zone aangegeven waarin de kleilaag behorend bij het zandlichaam een dikte minder dan een bepaalde waarde, H_k , heeft. In de Figuur 3.7 is voor een aantal kleidiktes, H_k , zoals die in waarnemingen worden aangetroffen, de kans weergegeven van het aantreffen van zand binnen een bepaalde afstand, D_z , tot een zandbaan, als de kleilaagdikte minder is dan H_k . De kansverdeling in Figuur 3.7 is afgeleid van de verdeling in de database voor afstanden minder dan 170 m. De verdeling van de punten in de Figuur 2.4 en de verdeling van de frequentie van waarnemingen in Figuur 2.5 geeft aan dat er tussen ongeveer 50 en 150 m een vlakke kansverdeling bestaat. In de Paragraaf 2.2 is reeds ingegaan op de waarschijnlijke oorzaken van de afwijking van de vlakke verdeling boven 150 m en dat deze afwijking waarschijnlijk niet met afzettingsomstandigheden en dergelijke samenhangt, maar voornamelijk met bemonsteringsaspecten. In het volgende wordt daarom, zoals in Figuur 3.7 is aangegeven, uitgegaan van een homogene kansverdeling van waarnemingen van dikte en afstand in het gebied tussen 0 – 230 m voor de afstand en 0 – 5.1 m voor de kleidikte, begrensd door de lijn van 5.1 m kleidikte op afstand 0 naar 0 m dikte op afstand 230 m. Hiervan wordt een klein gebied onder de lijn van 0.6 m kleidikte en 50 m afstand uitgezonderd (zie Figuur 3.7). In dat gebied zijn geen waarnemingen terwijl uit de frequentieverdeling van de waarnemingen verwacht kan worden dat er in dat gebied waarnemingen zouden moeten liggen indien er in het afzettingmilieu geen omstandigheden waren die waarnemingen in dat gebied uitsluiten (zeer weinig klei op zeer korte afstand van de zandbaan).



Figuur 3.7 : Uit de database afgeleide verdeling van de kans om binnen een bepaalde afstand van een waarneming, zand aan te treffen als de kleidikte minder dan H_k is. Deze verdeling is gebaseerd op de waarnemingen met afstanden tot zandlichaam minder dan 170 m.



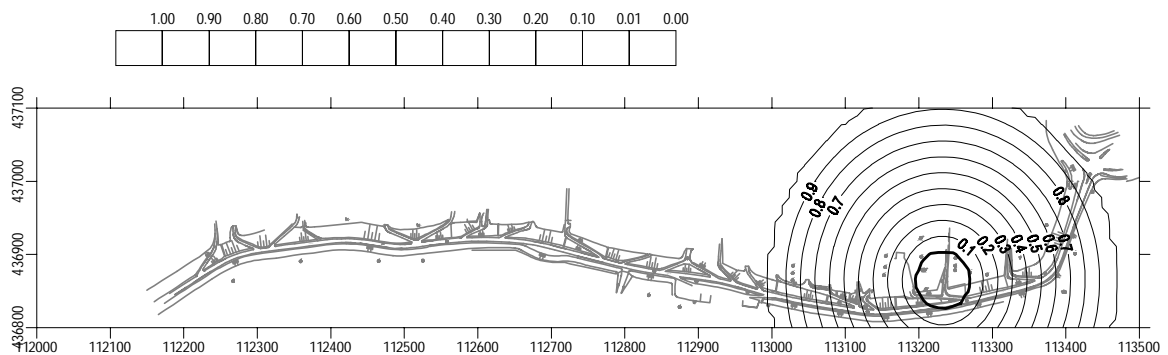
Figuur 3.8 Geschematiseerd gebied waarbinnen de waarnemingen van kleidikte en afstand tot zandbaan vallen.. Binnen het gebied is de

Waar zand in een diepte-interval wordt aangetroffen in de sondering wordt uitgegaan van een ruimtelijke kansverdeling van waarneming van zand gebaseerd op een breedte van het zandlichaam van 75 m (ongeveer de mediane breedte van zandlichamen in het gebied) en van een lineaire afname van de kans van 1 naar 0 over deze afstand tot de waarneming.

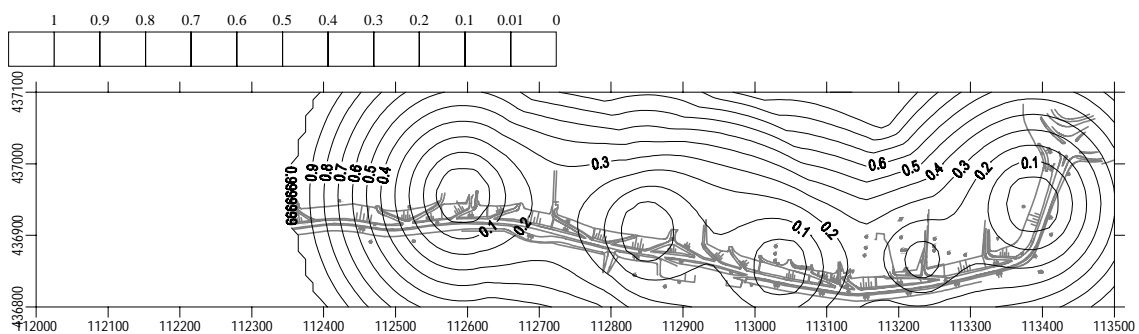
3.2.2 Ruimtelijke kansverdeling van het voorkomen van een zandlichaam in het gebied

Uitgaande van de homogene kansverdeling die in paragraaf 3.2.1 is geschetst, is voor al de waarnemingen (sonderingen) in het gesimuleerde dijkracé de kansverdeling van het aantreffen van zand binnen een bepaalde afstand tot het waarnemingspunt bepaald voor een bepaald diepte-interval. Voor een individuele waarneming resulteert een ruimtelijke verdeling als in de Figuur 3.9.

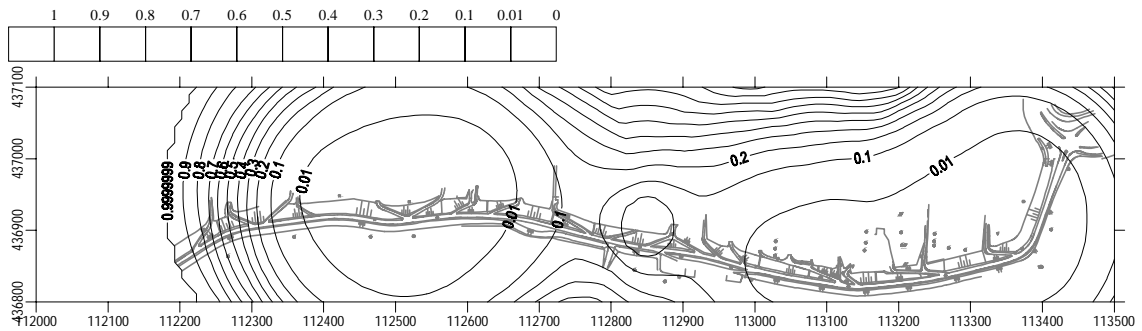
Als een eerste benadering zijn vervolgens al de waarnemingen als onafhankelijke experimenten zonder onderlinge afhankelijkheid behandeld. Voor al de gridpunten is voor al de individuele waarnemingen de kans van voorkomen van zand bepaald, waarbij geen conditionele kansen zijn beschouwd, en zijn die kansen per gridpunt met elkaar vermenigvuldigd. Een en ander resulteert voor de waarnemingspunten uit het fase 1 grondonderzoek in een beeld als in Figuur 3.10, en voor fase 2 onderzoek als in Figuur 3.11.



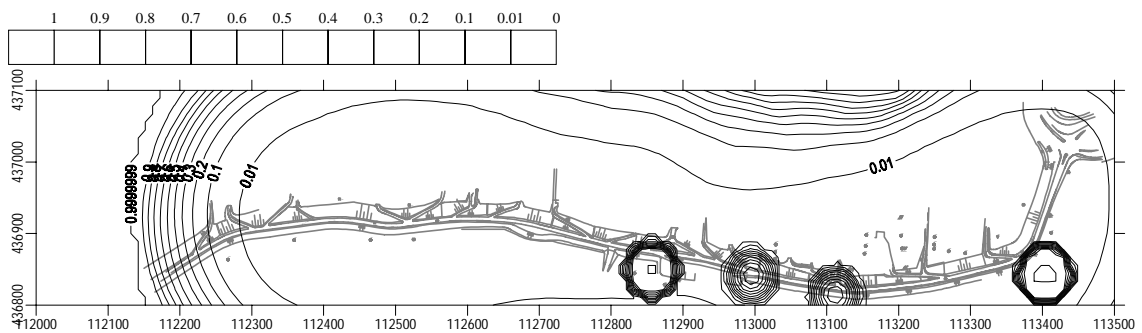
Figuur 3.9 : Kans van voorkomen rond een waarnemingspunt van een zandbaan. De kansverdeling is afhankelijk van de dikte van de in de sondering aangetroffen kleilaag



Figuur 3.10: Kans van voorkomen van zandbanen in het gebied tussen 5 - 7.5 m -NAP gebaseerd op fase 1 grondonderzoek, uitgaande van niet conditionele kansen en onafhankelijke waarnemingen



Figuur 3.11: Kans van voorkomen van zandbanen in het gebied tussen 5 en 7.5 m -NAP gebaseerd op fase 1 en 2 grondonderzoek, uitgaande van niet conditionele kansen en onafhankelijke waarnemingen.



Figuur 3.12: Kans van voorkomen van zandlichamen tussen 5 - 7.5 m -NAP gebaseerd op fase 3 grondonderzoek, uitgaande van niet conditionele kansen en onafhankelijke waarnemingen. De waarnemingen met zand in het diepte-interval veroorzaken gebiedjes met hoge kansen in de zone waarvoor met de gegevens van fase 1 en 2 grondonderzoek en ook de gegevens van fase 1, 2 en 3 onderzoek zonder waarneming van zand een zeer lage kans is berekend.

De hierboven beschreven eerste benadering van de ruimtelijke verdelingen van kansen op zand, waarbij wordt uitgegaan van niet conditionele kansen voor de gridpunten en van onafhankelijke waarnemingen, leidt kennelijk tot een grote onderschatting van de kans van voorkomen van zandlichamen in het gebied. De grove onderschatting blijkt indien de waarnemingen van zand in de sonderingen wordt beschouwd, hetgeen in de Figuur 3.12 naar voren komt. De waarneming van zandlichamen in de sondering treden in het geval van de Figuur 3.12 op in een zone waarvoor de kans van voorkomen van een zandlichaam zeer laag wordt beoordeeld op grond van het voorkomen van klei direct onder het maaiveld.

Voor de het diepte-interval van 0 – 2.5 m -NAP geldt, behalve de onderschatting door de beperkte stochastische modellering, dat de aanwezigheid van klei niet of zeer moeilijk in de sonderingen is terug te vinden en er vaak invloed van menselijk handelen in de toplaag aanwezig is.

De resultaten van de in deze paragraaf beschreven methode zijn vanwege evidente tekortkomingen in de benadering niet verwerkt tot profielen en niet verder beschouwd in de geotechnische analyses. De methode en resultaten ervan zijn opgenomen in dit rapport vanwege de verwachting dat een meer complete beschouwing langs deze lijnen tot relevante resultaten zal leiden voor objectieve optimalisatie.

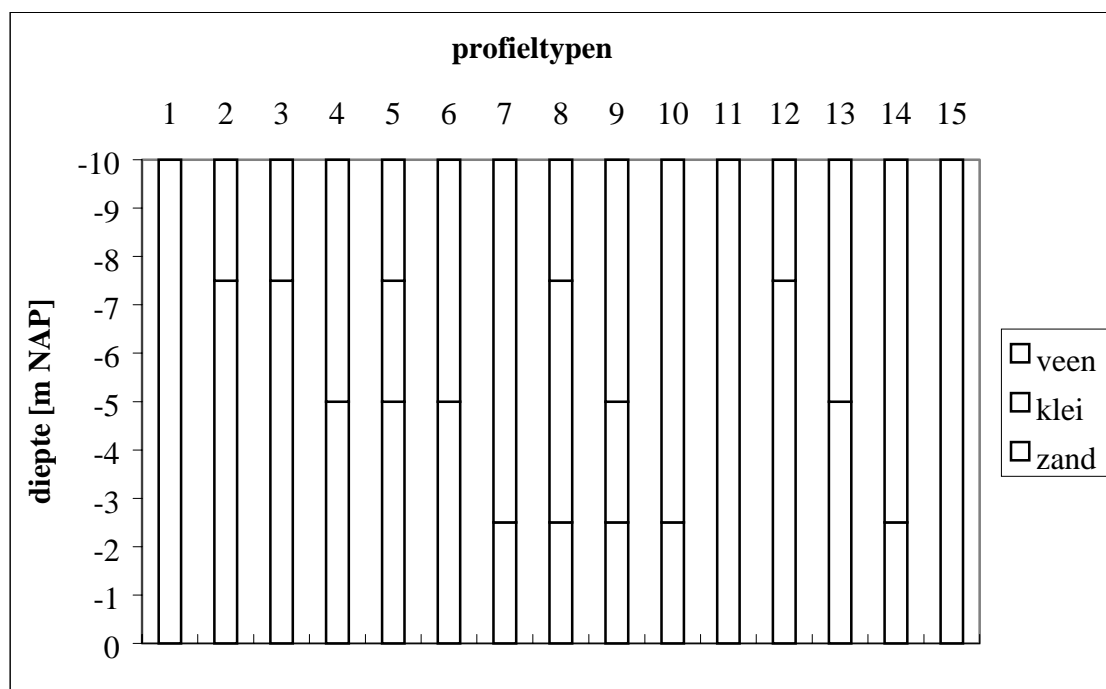
3.3 REPRESENTATIE GRONDOPBOUW

Met voor elk diepte-interval de kansverdeling van veen of organische klei, klei en zand die in paragraaf 3.1 is bepaald, zijn profielen van opbouw van de ondergrond samengesteld met elk een kans van voorkomen tussen steeds 2 waarnemingen. Voor de met de methode van paragraaf 3.2 berekende kansen van voorkomen van de grondsoorten in de diepte-intervallen zijn de kansen van voorkomen van de verschillende profieltypen niet bepaald.

Voor de profielopbouw zijn een aantal regels aangenomen op geologische grondslag en een aantal regels om het aantal profielen te beperken. Deze laatste zijn een combinatie van geologische aannames en praktische geotechnische overwegingen. De regels die bij het opstellen van de alternatieven voor de profielopbouw zijn gehanteerd zijn:

- Beneden een zandvoorkomen wordt geen klei of veen meer geschematiseerd. In verreweg het merendeel van de gevallen waar zand boven klei of veen voorkomt in het gebied betreft dat respectievelijk:
 - dunne weinig continue zandvoorkomens met een sterk beperkte bulkdoorlatendheid vanwege het zeer frequent voorkomen van kleilamina en dergelijke in zulke dunnere zandvoorkomens.
 - de randen van zandafzettingen die in de directe omgeving van de waarneming een veel grotere dikte hebben
 De beperkte dikte van zulke dunne zandinsluitingen beperkt de invloed ervan op het gewicht van de grond en bovendien is er hoger in het profiel een slechts een geringe invloed op de sterkte van de grond.
- Beneden klei wordt geen veen meer geschematiseerd. Deze regel beperkt het aantal mogelijke combinaties van profielopbouw sterk. De regel heeft geotechnische gezien geen effect ten aanzien van opbarsten en piping. De regel heeft zeer beperkte invloed op de stabiliteit voor diepe schuifvlakken omdat er geen invloed is op het gewicht van de grondlagen hoger in het profiel en omdat de invloed ervan op de sterkteparameters betrekkelijk gering is.

Een en ander heeft geresulteerd in 15 alternatieven voor de profielopbouw welke in Figuur 3.13 zijn weergegeven.



Figuur 3.13 : De geselecteerde profieltypen waarvoor de kansen van voorkomen tussen telkens 2 waarnemingen zijn bepaald.

De kans van voorkomen van een profiel is berekend aan de hand van de kansen voor elk diepte-interval van elk van de 3 gehanteerde soorten grond. Voor elk van de diepte-intervallen is de kans op één van de drie grondsoorten 1. De kans van aanwezig zijn van een bepaald profieltype is het product van de kansen van de verschillende soorten grond in de verschillende diepte-intervallen. Hierbij geldt tevens, zie hiervoor, dat boven veen alleen veen voorkomt en de kans op veen in de erboven gelegen lagen dus 1 is, en dat boven klei alleen veen en klei kunnen voorkomen.

In de **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** zijn voor de 3 grondonderzoekscenario's voor de paren waarnemingen de kansen van voorkomen voor de 15 typen grondopbouw gegeven.

4 SUBJECTIEVE SCHATTING VAN VOORKOMEN VAN PROFIELTYPEN

Naast beide hiervoor beschreven schattingen van de kans van voorkomen van zandlichamen op basis van statistieken over de relatie tussen zandvoorkomens en klei in veenomgeving, is er ook een subjectieve schatting van het voorkomen van de verschillende profielen gemaakt. Bij deze subjectieve schatting wordt wel de geometrie van de verschillende afzettingen beschouwd en zijn onzekerheden in de interpretatie van de sondeergegevens worden opgenomen.

De schatting betreft de kans van voorkomen van profielen waarvoor de profielen die in Figuur 3.13 zijn weergegeven model staan. In de schattingen zijn daarom correcties in ligging van laagscheidingen en dergelijke verwerkt. De subjectief geschatte kans voor de modelprofielen betreffen subjectief bepaalde trajecten van het betreffende te simuleren dijktracé. De kansen betreffen de lengte waarover het profiel in het traject geacht wordt voor te kunnen komen. In de **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** zijn de onderscheiden trajecten weergegeven voor de 3 grondonderzoekfasen en in de tabellen in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** zijn de subjectief geschatte kansen van de verschillende profielen voor de verschillende trajecten weergegeven.

Ook bij deze wijze van verwerken van de grondgegevens tot een schematisatie van de ondergrond voor de 3 fasen van dichtheid van grondonderzoek, is er de complicatie van de aanwezigheid van een zandlichaam waarvoor de sonderingen in de directe omgeving geen aanwijzing geven (zie ook paragraaf 3.2.2). In het gedetailleerde grondonderzoek blijkt er een zandlichaam te bestaan dat van directe invloed op het functioneren van de dijk is, maar waarvoor geen aanwijzingen in het voorgaande onderzoek waren. Hierbij moet worden opgemerkt dat, indien een door een terzake deskundige uitgevoerd degelijk terreinonderzoek in de studie betrokken zou zijn geweest, er wel zekere aanwijzingen voor aanwezigheid van het “onverwachte” zandlichaam zouden zijn geweest. In de hier gepresenteerde studie is dergelijk terreinonderzoek niet voorzien geweest.

5 DISCUSSIE

Het is in de geotechniek gebruikelijk om de schematisatie van de grond voor geotechnische beschouwingen te baseren op zogenaamde geotechnische profielen. Deze profielen zijn bijna altijd gebaseerd op sonderingen en boringen en de weergegeven grondeenheden betreffen dan de soorten grond die rechtstreeks in die waarnemingen aanwezig geacht werden. De grondeenheden worden weergegeven voor het diepte-interval waarin ze zijn waargenomen en worden middels geometrische interpolatie tussen waarnemingen geschematiseerd. Uit het grondonderzoek rond het te simuleren dijktracé en uit de analyse van een groot aantal waarnemingen in een databestand van boringen in het betreffende gebied blijkt dat zo'n geotechnisch profiel geen goed aanknopingspunt voor optimalisatie van dijkontwerp kan bieden, zeker niet voor gebieden als het hier bestudeerde gebied. Immers, de variatie in grondopbouw blijkt groter dan de directe waarnemingen aangeven. Ook de benadering van geotechnische beschouwingen uitgaande van de "slechtste" situatie aangetroffen in zo'n geotechnisch profiel is maar matig onderbouwd en zal vaak onjuist blijken. Het is daarom nodig tot een methodiek te komen waarin informatie over de ondergrond van een gebied beter wordt benut en waarin uitspraken over niet met zekerheid bekende zaken als zodanig kunnen worden aangegeven.

In dit onderdeel van het onderzoek naar optimalisatie in dijkontwerp is getracht met objectieve middelen een schematisatie van de ondergrond van een te simuleren dijktracé te maken, gebaseerd op aanwezige informatie zijnde locale waarnemingen (sonderingen en boringen) en statistieken over het voorkomen van zandlichamen en indicatoren voor de aanwezigheid van zandlichamen (relatie tussen kleidikte en afstand tot zandlichaam). Voor het toepassingsgebied van de schematisatie, namelijk dijkontwerp en de daarbij behorende veiligheidsbeschouwingen, is het een voorwaarde dat met een aangegeven zekerheid bepaalde verschijnselen voorkomen of afwezig zijn in een (deel-)gebied. Dit impliceert dat met een toenemende dichtheid van grondonderzoek de zekerheid van aan- of afwezigheid in (deel-) gebieden beter gespecificeerd wordt. De aan het begin van dit onderzoek bestaande verwachting dat met eenvoudige probabilistische beschouwingen zo'n schematisatie gemaakt zou kunnen worden blijkt niet vervuld te kunnen worden. Deels betreft dit onvolkomenheden in het geologisch model, waarin in dit geval de invloed van menselijk handelen op de ondergrond niet is beschouwd, terwijl deze wel een belangrijke component bleek te zijn. Voor een ander deel is de verwachting niet uitgekomen omdat de grootte van de zandlichamen en de daarmee geassocieerde fenomenen in relatie tot de omvang van de te simuleren dijk en in relatie tot de afstanden tussen grondonderzoekpunten vergen dat expliciet met onderlinge afhankelijkheden (ook en met name ruimtelijke relaties) rekening wordt gehouden. Het is echter wel de verwachting echter, dat met beschikbare probabilistische technieken het goed mogelijk is om gegeven bepaalde typen architectuur van de ondergrond en de karakteristieken daarvan, een stochastische schematisatie van de ondergrond te maken ten behoeve van geotechnische beschouwingen.

In deze studie is gebruik gemaakt van een vereenvoudiging van de weergave van opbouw van de ondergrond gebaseerd op een combinatie van geologische en geotechnische overwegingen. De ondergrond is verdeeld in een beperkt aantal diepte-intervallen, zodanig dat de aangetroffen opbouw er voldoende mee kan worden gekarakteriseerd en zodanig dat de eenheden voldoende aansluiten bij het detail benodigd voor de grondmechanische beschouwingen. Deze vereenvoudigingen kunnen ook in de bestaande subjectieve aanpak worden toegepast. Uit de analyse van de architectuur van de ondergrond van het gebied zijn bepaalde karakteristieken voortgekomen waarmee subjectief kansen van het aantreffen van bepaalde typen opbouw aangegeven kunnen worden. Voor elk van de diepte-intervallen kan vervolgens lokaal de kans van aantreffen van een beperkt aantal soorten grond worden geschat. Deze combinatie van gebiedsgebonden vereenvoudigingen maakt het mogelijk om met bestaande middelen enige tekortkomingen van de huidige werkwijze met geotechnische profielen te vermijden. De in

hoofdstuk 4 gebruikte subjectieve schatting maakt al van deze benadering gebruik, zij het dat de kansen van de profieltypen nog niet kwantitatief uit de opeenvolging van geschatte kansen van elk van de diepte-intervallen zijn vastgesteld.

In de huidige praktijk en ook in deze studie worden concepten en modellen toegepast die uitgaan van de onderlinge verbanden tussen de verschillende verschijnselen in de ondergrond (intuïtie, ervaring, geologie). Het is daarvoor nodig dat de verschijnselen als zodanig onderkend kunnen worden met een bepaalde zekerheid, temeer wanneer getracht wordt deze concepten en modellen kwantitatief of semi-kwantitatief in te zetten. De huidige kennis voor het afleiden van de aanwezigheid van de verschijnselen uit sonderingen is weinig specifiek en consistent en dient te worden verbeterd.

6 CONCLUSIES

Op basis van grondonderzoek dat in 3 fasen is uitgevoerd zijn voor de 3 opeenvolgende verdichtingen van het grondonderzoek schematisaties van de ondergrond voor een te simuleren dijktracé in een bepaald gebied in Nederland opgesteld. De schematisaties geven de ruimtelijke verdeling van de kans van voorkomen van bepaalde typen grondopbouw langs een te simuleren dijktracé weer.

Bij het schematiseren van de ondergrond is gebruik gemaakt van een beperkt aantal schematisch opgestelde profieltypen. In die profieltypen zijn op grond van geotechnische en geologische overwegingen een beperkt aantal diepte-intervallen opgenomen en kan er per diepte-interval een beperkt aantal soorten grond voorkomen. Bovendien zijn aan de hand van geologische en geotechnische overwegingen beperkingen in de combinaties van lagen in de profieltypen aangenomen. Een en ander resulteert in 15 profieltypen die in het gebied aangenomen kunnen worden.

Er zijn een 2-tal objectieve kwantitatieve en één subjectieve methode gebruikt om de kans van voorkomen van grondlagen en van profieltypen te bepalen. In de kwantitatieve methoden worden gegevens van statistieken over de relatie tussen kleidikte en nabijheid van zandlichamen toegepast. Deze statistieken zijn gebaseerd op een database van meer dan 2000 boringen in de representatief geachte regio.

Geen van de 3 methoden resulteerde er echter in dat een toename in feitelijke informatie over de ondergrond (meer sonderingen) tot meer zekerheid omtrent de aanwezigheid van ongunstige omstandigheden, in dit geval de aanwezigheid van zandlichamen, leidde.

De kwantitatieve methoden zijn nog onvoldoende ontwikkeld om met voldoende zekerheid de ruimtelijke verdeling van de kans van voorkomen van de 15 profieltypen voor het te simuleren dijktracé vast te stellen. Het is de verwachting echter, dat met beschikbare probabilistische technieken het goed mogelijk is om, gegeven bepaalde typen van architectuur van de ondergrond en kwantitatief weergegeven karakteristieken daarvan, een stochastische schematisatie van de ondergrond te maken ten behoeve van geotechnische beschouwingen.

Uit het grondonderzoek rond het te simuleren dijktracé en uit de analyse van een groot aantal waarnemingen in het betreffende gebied blijkt dat de courante werkwijze met geotechnische profielen geen goed aanknopingspunt voor optimalisatie van dijkontwerp kan bieden. Ook de benadering van geotechnische beschouwingen uitgaande van de "slechtste" situatie aangetroffen in zo'n geotechnisch profiel zal vaak onjuist blijken in een gebied als het hier gesimuleerde. Het is daarom nodig tot een methodiek te komen waarin informatie over de ondergrond van een gebied beter wordt benut en waarin uitspraken over niet met zekerheid bekende zaken als zodanig kunnen worden aangegeven. Onder andere middels de in deze studie gehanteerde wijze van schematiseren van de grondopbouw is het mogelijk om met subjectieve kennis effectief tot onderbouwde schattingen over mogelijke typen profielopbouw te komen met indicaties van kansen van voorkomen daarbij.

Voor het meer kwantitatief inzetten van concepten en modellen over de opbouw van de ondergrond is het nodig de fysieke elementen van die modellen en concepten met meer zekerheid te kunnen identificeren in de ondergrond. Voor de geotechniek is het daarom nodig het verwerken van gegevens van sonderingen te verbeteren, met name de interpretatie van de sondeerpatronen in termen van eenheden in de ondergrond.

REFERENTIES

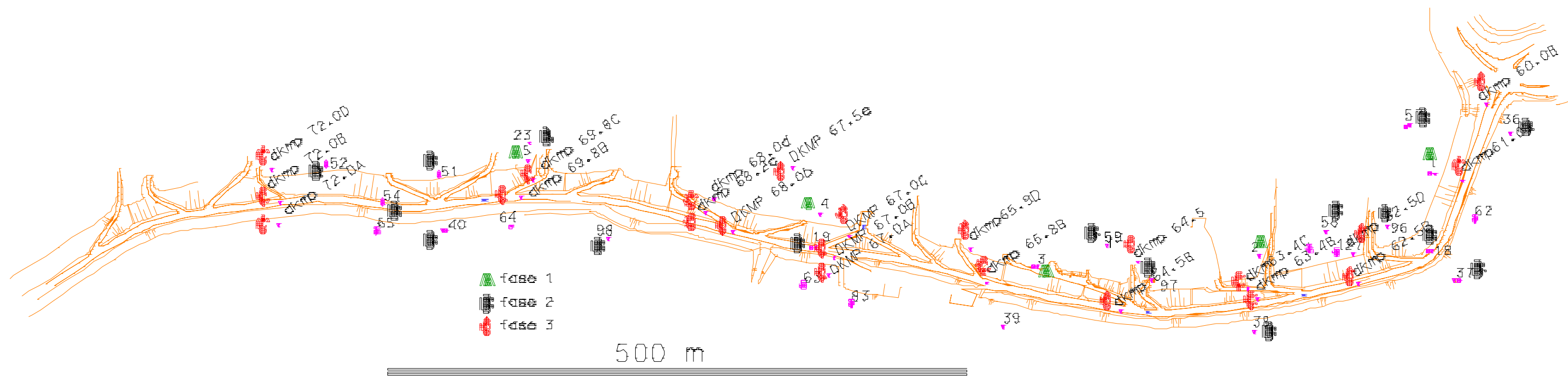
FUGRO 1998: Probabilisme in de Geotechniek: Richtlijn optimaal grondonderzoek, Deelrapport 2, Proba fase AIII. FUGRO rapport K-0003, 23pp.

Törnquist, T.E. 1993: Fluvial sedimentary geology and chronology of the Holocene Rhine-Meuse delta, The Netherlands. Ph.D. thesis Utrecht University, Netherlands Geographical Studies 166, 176 pp.

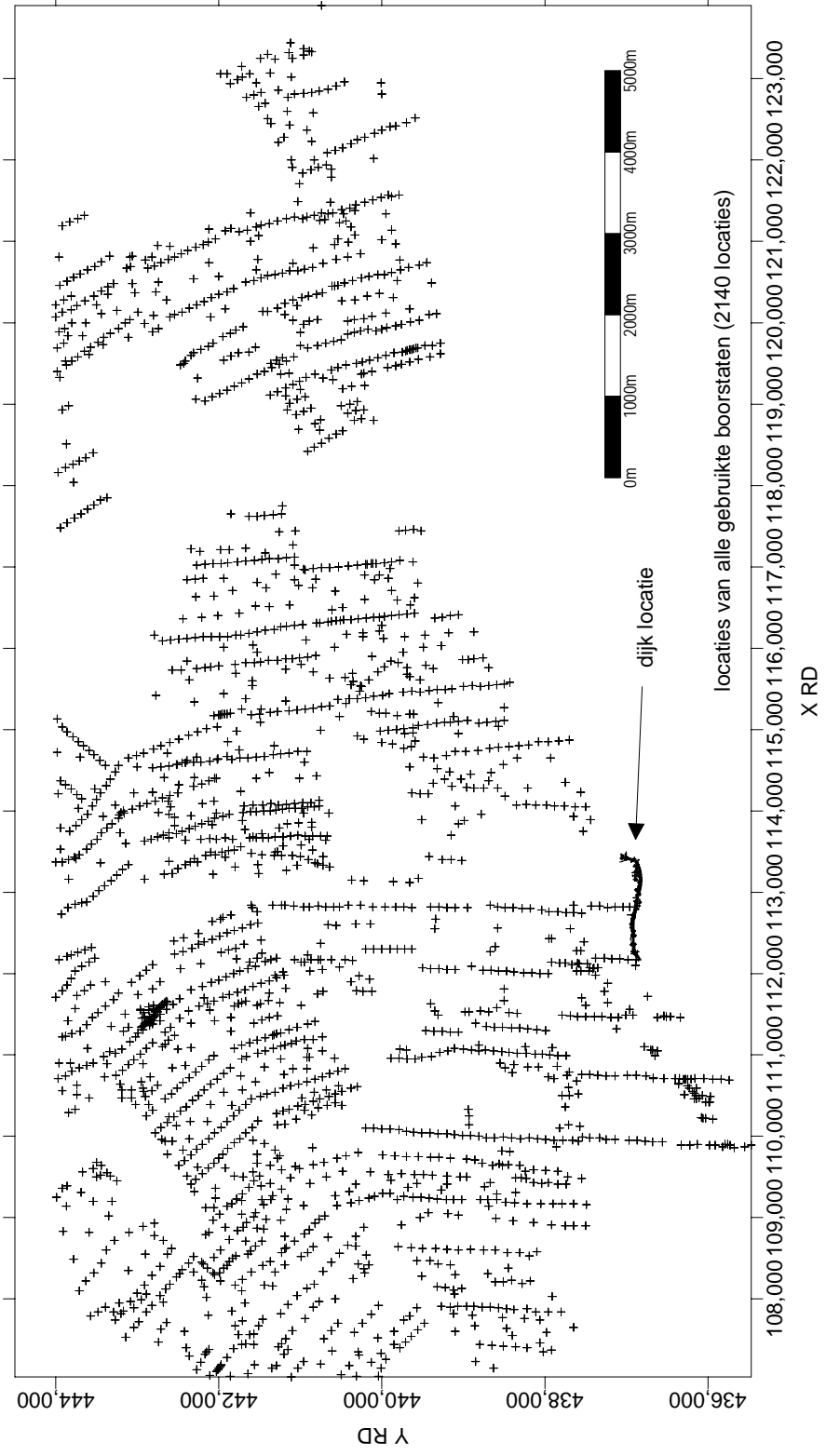
Weerts, H.J.T., H.J.A. Berendsen 1995: Late Weichselian and Holocene fluvial paleogeography of the southern Rhine Meuse delta (The Netherlands). Geologie en Mijnbouw 63, pp. 259-269.

Bijlage 1 Locatie van het grondonderzoek

A, B en C geven de beschikbaarheid van de waarnemingen voor grondonderzoeksfasen respectievelijk 1,2 en 3 aan



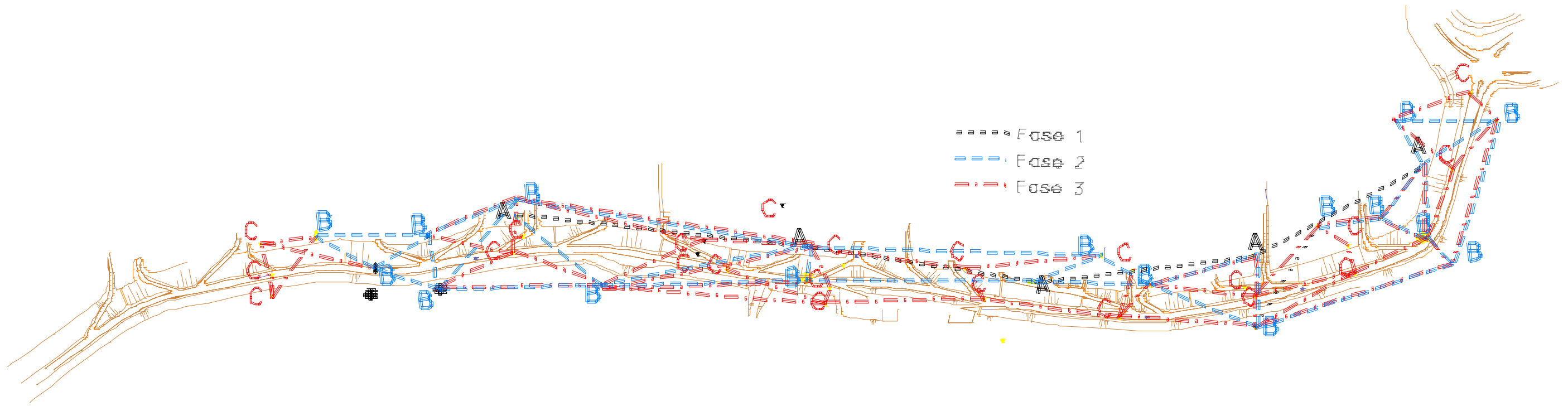
Bijlage 2 Locaties van de boringen gebruikt voor schattingen van geometrie en ruimtelijke verdeling van de afzettingen



-

Bijlage 3 Combinaties van 2 waarnemingen waarvoor de kansen van het voorkomen van grondopbouwprofielen zijn berekend

De combinaties zijn door middel van een lijn aangegeven



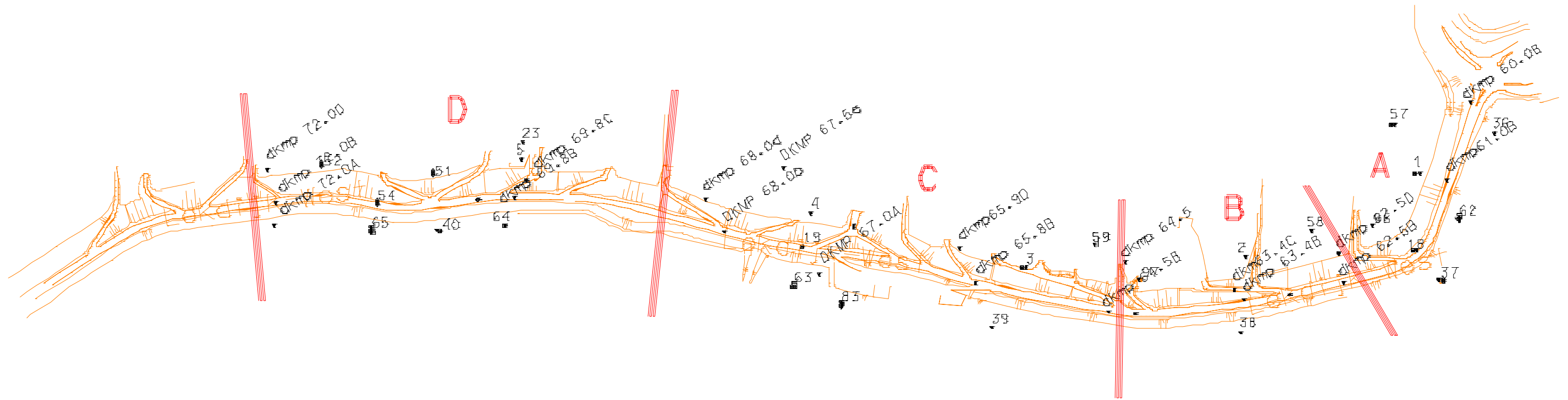
-
Bijlage 4 De berekende kansen van voorkomen van de verschillende profieltypen tussen de aangegeven waarnemingen

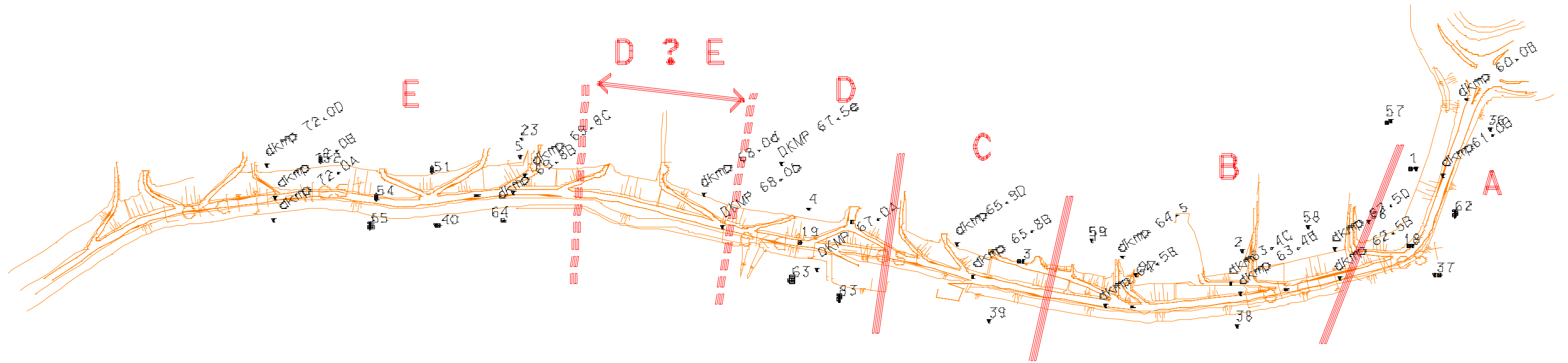
			profiel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
			gebruik																
fase	fase	paar																	
2de																			
	punt a	punt b																	
			kans van																
			voorkomen																
1	1	2	5.81E-10	8.16E-07	1.90E-06	3.19E-04	7.43E-04	2.48E-03	5.04E-03	1.18E-02	6.66E-02	0.00E+00	8.11E-02	1.89E-01	6.19E-01	3.92E-02	0.00E+00		
1	2	3	6.25E-05	6.40E-04	0.00E+00	6.75E-03	4.48E-04	0.00E+00	7.12E-02	4.73E-03	0.00E+00	0.00E+00	7.51E-01	4.99E-02	5.32E-02	5.67E-02	0.00E+00		
1	3	4	1.63E-06	4.39E-05	0.00E+00	1.20E-03	3.08E-05	0.00E+00	3.27E-02	8.40E-04	0.00E+00	0.00E+00	8.94E-01	2.29E-02	2.35E-02	2.41E-02	0.00E+00		
1	4	5	1.70E-04	1.32E-03	0.00E+00	1.06E-02	9.24E-04	0.00E+00	8.56E-02	7.44E-03	0.00E+00	0.00E+00	6.90E-01	6.00E-02	6.52E-02	7.08E-02	0.00E+00		
2	57	36	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		
2	57	1	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.70E-02	6.30E-02	2.10E-01	7.00E-01	0.00E+00		
2	36	1	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		
2	3 36	37	1.25E-08	2.12E-04	0.00E+00	1.00E+00	4.13E-05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		
2	3 1	18	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.10E-03	1.89E-02	6.30E-02	2.10E-01	7.00E-01		
2	3 18	37	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.00E-02	2.10E-01	7.00E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		
2	3 18	96	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.05E-10	9.46E-10	5.36E-09	1.05E-08	2.70E-02	6.30E-02	2.10E-01	7.00E-01	0.00E+00		
2	3 1	96	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.67E-08	3.91E-08	2.21E-07	4.34E-07	2.70E-02	6.30E-02	2.10E-01	7.00E-01	0.00E+00		
2	3 96	58	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.39E-09	1.96E-08	1.11E-07	2.18E-07	2.70E-02	6.30E-02	2.10E-01	7.00E-01	0.00E+00		
2	3 37	38	2.93E-07	3.08E-04	7.19E-04	8.99E-02	2.10E-01	6.99E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		
2	38	58	1.69E-10	7.39E-06	1.72E-05	9.00E-02	2.10E-01	7.00E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		
2	38	2	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.00E-02	2.10E-01	7.00E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		
2	38	97	2.07E-11	5.97E-06	0.00E+00	5.00E-01	1.16E-06	0.00E+00	5.72E-04	4.60E-07	0.00E+00	0.00E+00	4.98E-01	4.00E-04	4.01E-04	4.01E-04	0.00E+00		
2	3 97	2	2.95E-14	7.12E-11	0.00E+00	1.72E-07	4.98E-11	0.00E+00	4.14E-04	1.20E-07	0.00E+00	0.00E+00	9.99E-01	2.90E-04	2.90E-04	2.90E-04	0.00E+00		
2	97	59	5.00E-29	5.95E-22	0.00E+00	7.07E-15	4.16E-22	0.00E+00	8.41E-08	4.95E-15	0.00E+00	0.00E+00	1.00E+00	5.89E-08	5.89E-08	5.89E-08	0.00E+00		
2	97	3	7.21E-07	2.40E-05	0.00E+00	8.08E-04	1.68E-05	0.00E+00	2.72E-02	5.65E-04	0.00E+00	0.00E+00	9.13E-01	1.90E-02	1.94E-02	1.98E-02	0.00E+00		
2	3	59	1.89E-24	1.61E-18	0.00E+00	1.37E-12	1.13E-18	0.00E+00	1.17E-06	9.61E-13	0.00E+00	0.00E+00	1.00E+00	8.20E-07	8.20E-07	8.20E-07	0.00E+00		
2	59	4	1.64E-04	1.29E-03	0.00E+00	1.05E-02	9.00E-04	0.00E+00	8.51E-02	7.32E-03	0.00E+00	0.00E+00	6.92E-01	5.96E-02	6.47E-02	7.03E-02	0.00E+00		
2	3	19	1.01E-06	7.52E-04	0.00E+00	5.00E-01	1.56E-04	0.00E+00	1.59E-02	3.93E-04	0.00E+00	0.00E+00	4.49E-01	1.11E-02	1.14E-02	1.17E-02	0.00E+00		
2	4	19	3.43E-20	2.12E-15	0.00E+00	5.00E-01	1.49E-15	0.00E+00	8.09E-06	9.17E-11	0.00E+00	0.00E+00	5.00E-01	5.67E-06	5.67E-06	5.67E-06	0.00E+00		
2	3 4	23	1.72E-04	1.33E-03	0.00E+00	1.07E-02	9.32E-04	0.00E+00	8.58E-02	7.48E-03	0.00E+00	0.00E+00	6.89E-01	6.01E-02	6.53E-02	7.10E-02	0.00E+00		
2	3 19	98	1.77E-06	5.17E-04	0.00E+00	5.00E-01	1.19E-04	0.00E+00	1.92E-02	5.88E-04	0.00E+00	0.00E+00	4.37E-01	1.34E-02	1.38E-02	1.43E-02	0.00E+00		
2	3 4	98	1.08E-06	2.84E-05	0.00E+00	1.77E-03	1.92E-05	0.00E+00	5.16E-01	5.96E-04	0.00E+00	0.00E+00	4.43E-01	1.22E-02	1.26E-02	1.29E-02	0.00E+00		
2	98	5	4.08E-14	1.05E-10	0.00E+00	5.29E-06	5.90E-11	0.00E+00	5.00E-01	6.44E-07	0.00E+00	0.00E+00	4.99E-01	1.87E-04	1.87E-04	1.87E-04	0.00E+00		
2	3 23	51	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.10E-03	1.89E-02	6.30E-02	2.10E-01	7.00E-01		
2	51	40	2.93E-29	3.98E-22	0.00E+00	5.41E-15	2.79E-22	0.00E+00	7.36E-08	3.79E-15	0.00E+00	0.00E+00	1.00E+00	5.15E-08	5.15E-08	5.15E-08	0.00E+00		
2	3 98	40	4.79E-06	8.13E-05	0.00E+00	1.68E-03	5.69E-05	0.00E+00	5.24E-01	1.01E-03	0.00E+00	0.00E+00	4.19E-01	1.70E-02	1.77E-02	1.84E-02	0.00E+00		
2	40	51	2.93E-29	3.98E-22	0.00E+00	5.41E-15	2.79E-22	0.00E+00	7.36E-08	3.79E-15	0.00E+00	0.00E+00	1.00E+00	5.15E-08	5.15E-08	5.15E-08	0.00E+00		
2	40	23	2.06E-11	9.64E-09	0.00E+00	4.52E-06	6.75E-09	0.00E+00	2.12E-03	3.16E-06	0.00E+00	0.00E+00	9.93E-01	1.48E-03	1.49E-03	1.49E-03	0.00E+00		
2	40	54	9.21E-17	9.40E-13	0.00E+00	9.60E-09	6.58E-13	0.00E+00	9.80E-05	6.72E-09	0.00E+00	0.00E+00	1.00E+00	6.86E-05	6.86E-05	6.86E-05	0.00E+00		
2	54	52	1.31E-25	2.18E-19	0.00E+00	3.62E-13	1.53E-19	0.00E+00	6.02E-07	2.54E-13	0.00E+00	0.00E+00	1.00E+00	4.21E-07	4.21E-07	4.21E-07	0.00E+00		
2	54	51	6.97E-27	2.41E-20	0.00E+00	8.35E-14	1.69E-20	0.00E+00	2.89E-07	5.84E-14	0.00E+00	0.00E+00	1.00E+00	2.02E-07	2.02E-07	2.02E-07	0.00E+00		
2	51	52	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.10E-03	1.89E-02	6.30E-02	2.10E-01	7.00E-01		
3	d60.0b	57	0.00E+00	1.49E-18	3.48E-18	8.75E-13	2.04E-12	0.00E+00	5.12E-07	1.20E-06	0.00E+00	0.00E+00	3.00E-01	7.00E-01	0.00E+00	1.20E-06	0.00E+00		
3	d60.0b	36	0.00E+00	8.11E-15	0.00E+00	5.00E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.27E-05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.00E-01	0.00E+00	0.00E+00	8.86E-06	0.00E+00		
3	d61.0b	57	1.01E-11	4.22E-06	0.00E+00	5.00E-01	8.22E-07	0.00E+00	3.98E-04	2.23E-07	0.00E+00	0.00E+00	4.99E-01	2.79E-04	2.79E-04	2.79E-04	0.00E+00		

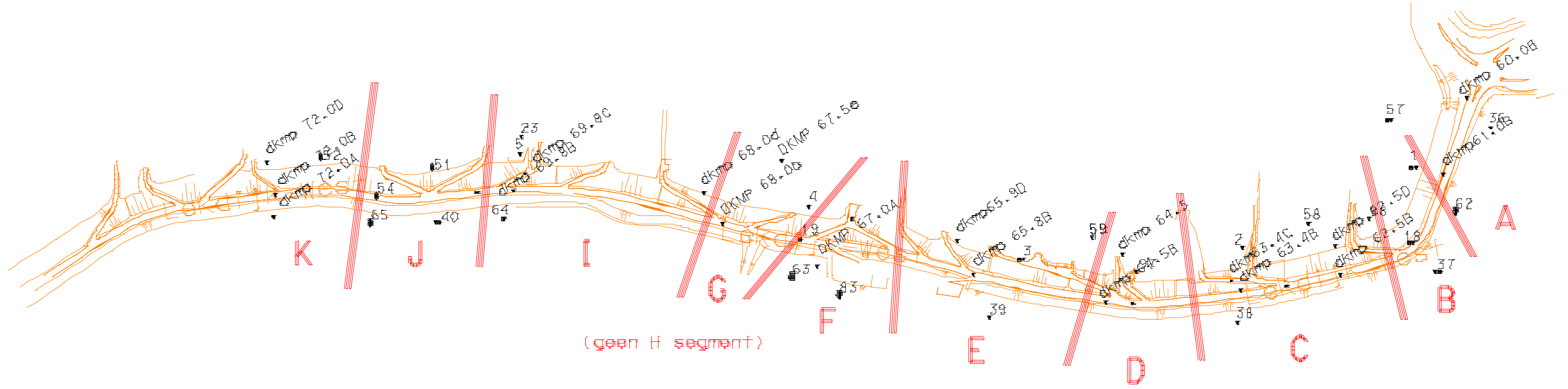
3	d61.0b	36	2.61E-12	1.86E-09	0.00E+00	5.00E-01	1.23E-09	0.00E+00	7.53E-04	7.97E-07	0.00E+00	0.00E+00	4.98E-01	5.27E-04	5.28E-04	5.28E-04	0.00E+00
3	d61.0b	18	1.40E-30	3.41E-23	0.00E+00	5.00E-01	2.39E-23	0.00E+00	2.04E-08	5.85E-16	0.00E+00	0.00E+00	5.00E-01	1.43E-08	1.43E-08	1.43E-08	0.00E+00
3	d62.5b	18	1.01E-23	5.66E-18	0.00E+00	3.18E-12	3.96E-18	0.00E+00	1.78E-06	2.22E-12	0.00E+00	0.00E+00	1.00E+00	1.25E-06	1.25E-06	1.25E-06	0.00E+00
3	d62.5b	38	2.47E-11	6.50E-06	0.00E+00	5.00E-01	1.27E-06	0.00E+00	6.26E-04	5.50E-07	0.00E+00	0.00E+00	4.98E-01	4.38E-04	4.38E-04	4.39E-04	0.00E+00
3	d62.5b	d62.5d	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
3	d62.5b	d63.4b	3.31E-15	4.84E-07	0.00E+00	4.23E-05	1.55E-12	0.00E+00	3.37E-01	9.01E-09	0.00E+00	0.00E+00	6.58E-01	4.20E-05	4.20E-05	2.65E-03	0.00E+00
3	d62.5d	58	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.70E-02	6.30E-02	2.10E-01	7.00E-01	0.00E+00
3	d63.4b	58	1.14E-25	2.87E-17	6.69E-17	1.18E-09	2.76E-09	0.00E+00	1.50E-01	3.50E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.50E-01	3.50E-01	4.16E-10	1.89E-06	0.00E+00
3	d63.4b	38	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.00E-01	7.00E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
3	d63.4b	2	0.00E+00	3.03E-15	7.08E-15	1.11E-10	2.60E-10	0.00E+00	1.50E-01	3.50E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.50E-01	3.50E-01	0.00E+00	9.54E-06	0.00E+00
3	d63.4b	97	5.00E-15	2.05E-11	0.00E+00	2.13E-06	1.20E-11	0.00E+00	5.00E-01	2.55E-07	0.00E+00	0.00E+00	5.00E-01	1.11E-04	1.11E-04	1.11E-04	0.00E+00
3	d64.5b	97	5.00E-01	2.13E-14	0.00E+00	6.11E-10	1.49E-14	0.00E+00	1.75E-05	4.27E-10	0.00E+00	0.00E+00	5.00E-01	1.22E-05	1.22E-05	1.22E-05	0.00E+00
3	d64.5b	38	1.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
3	d64.5b	d64.5d	1.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
3	d64.5b	d65.8b	1.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
3	d65.8b	d65.9d	1.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
3	d65.9d	59	2.16E-19	3.07E-14	7.17E-14	1.22E-09	2.84E-09	9.46E-09	2.62E-05	6.11E-05	3.46E-04	6.78E-04	2.70E-02	6.29E-02	2.10E-01	6.99E-01	0.00E+00
3	d65.9d	4	6.09E-08	3.82E-06	0.00E+00	2.40E-04	2.67E-06	0.00E+00	1.51E-02	1.68E-04	0.00E+00	0.00E+00	9.52E-01	1.06E-02	1.07E-02	1.08E-02	0.00E+00
3	d65.8b	d67.0a	5.00E-01	8.06E-05	0.00E+00	1.40E-03	5.64E-05	0.00E+00	2.42E-02	9.77E-04	0.00E+00	0.00E+00	4.19E-01	1.69E-02	1.76E-02	1.83E-02	0.00E+00
3	d67.0a	d67.0b	3.43E-23	5.00E-01	0.00E+00	4.14E-12	8.34E-18	0.00E+00	1.44E-06	2.90E-12	0.00E+00	0.00E+00	5.00E-01	1.01E-06	1.01E-06	1.01E-06	0.00E+00
3	d67.0a	98	2.35E-04	5.00E-01	0.00E+00	3.29E-03	2.15E-04	0.00E+00	3.52E-02	2.30E-03	0.00E+00	0.00E+00	3.77E-01	2.47E-02	2.63E-02	2.80E-02	0.00E+00
3	d67.0a	d68.0b	5.31E-08	5.00E-01	0.00E+00	3.33E-08	6.02E-12	0.00E+00	1.29E-04	2.33E-08	0.00E+00	0.00E+00	5.00E-01	9.03E-05	9.03E-05	9.04E-05	0.00E+00
3	d67.0b	4	6.53E-19	1.93E-14	0.00E+00	5.00E-01	1.35E-14	0.00E+00	1.69E-05	4.00E-10	0.00E+00	0.00E+00	5.00E-01	1.18E-05	1.18E-05	1.18E-05	0.00E+00
3	d68.0d	4	1.22E-14	3.67E-11	0.00E+00	1.10E-07	2.57E-11	0.00E+00	3.32E-04	7.72E-08	0.00E+00	0.00E+00	9.99E-01	2.32E-04	2.32E-04	2.33E-04	0.00E+00
3	d68.0d	98	2.65E-13	3.85E-10	0.00E+00	8.65E-06	2.32E-10	0.00E+00	5.00E-01	1.13E-06	0.00E+00	0.00E+00	4.99E-01	2.98E-04	2.98E-04	2.98E-04	0.00E+00
3	d68.0d	23	2.81E-12	5.06E-09	1.18E-08	2.54E-06	5.92E-06	1.97E-05	6.91E-04	1.61E-03	9.13E-03	1.79E-02	1.69E-02	3.93E-02	1.31E-01	4.37E-01	3.50E-01
3	d69.8b	98	1.61E-20	1.24E-15	0.00E+00	5.97E-09	8.49E-16	0.00E+00	5.00E-01	6.85E-10	0.00E+00	0.00E+00	5.00E-01	4.69E-06	4.69E-06	4.69E-06	0.00E+00
3	d69.8b	40	3.79E-23	1.53E-17	0.00E+00	6.16E-12	1.07E-17	0.00E+00	2.48E-06	4.31E-12	0.00E+00	0.00E+00	1.00E+00	1.74E-06	1.74E-06	1.74E-06	0.00E+00
3	d69.8b	23	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.10E-03	1.89E-02	6.30E-02	2.10E-01	7.00E-01
3	d69.8b	51	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.10E-03	1.89E-02	6.30E-02	2.10E-01	7.00E-01
3	d72.0a	d72.0b	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.10E-03	1.89E-02	6.30E-02	2.10E-01	7.00E-01
3	d72.0a	52	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.10E-03	1.89E-02	6.30E-02	2.10E-01	7.00E-01
3	d72.0a	d72.0D	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.10E-03	1.89E-02	6.30E-02	2.10E-01	7.00E-01
3	d72.0d	52	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.10E-03	1.89E-02	6.30E-02	2.10E-01	7.00E-01
3	d72.0D	54	5.32E-12	3.50E-09	0.00E+00	2.30E-06	2.45E-09	0.00E+00	1.51E-03	1.61E-06	0.00E+00	0.00E+00	9.95E-01	1.06E-03	1.06E-03	1.06E-03	0.00E+00

-

Bijlage 5 Trajecten waarvoor subjectief kansen van profielen zijn geschat







Bijlage 6 Subjectief geschatte kansen van profieltypen voor trajecten in Bijlage 5 hierboven aangegeven

Fase	segment	profieltype	kans
1	A	13	0.25
1	A	15	0.25
1	B	4	0.20
1	B	7	0.30
1	B	9	0.20
1	B	13	0.30
1	C	2	0.15
1	C	4	0.25
1	C	11	0.60
1	D	4	0.50
1	D	6	0.25
1	D	15	0.25
2	A	11	0.10
2	A	13	0.40
2	A	15	0.50
2	B	7	0.10
2	B	8	0.10
2	B	9	0.40
2	B	10	0.40
2	C	2	0.30
2	C	11	0.70
2	D	2	0.40
2	D	4	0.35
2	D	6	0.05
2	D	11	0.20
2	E	11	0.55
2	E	13	0.15
2	E	15	0.30
3	A	4	0.15
3	A	11	0.35
3	A	12	0.50
3	B	11	0.50
3	B	15	0.50
3	C	3	0.10
3	C	4	0.30
3	C	7	0.30
3	C	9	0.10
3	C	13	0.20
3	D	1	0.90
3	D	4	0.05
3	D	6	0.05
3	E	1	0.90
3	E	4	0.04
3	E	11	0.04
3	E	13	0.02
3	F	1	0.90
3	F	4	0.02
3	F	6	0.02
3	F	11	0.06
3	G	4	0.10
3	G	6	0.10
3	G	11	0.80
3	H	-	-
3	I	10	0.40
3	I	15	0.60
3	J	2	0.25
3	J	11	0.25

—

Fase	segment	profieltype	kans
3	J	15	0.50
3	K	11	0.20
3	K	15	0.80

