

Opdrachtgever:

Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde

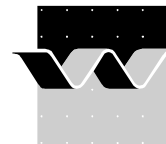
Modelonderzoek duinafslag

Meetverslag kleinschalige gidsproeven

E.M. Coeveld / J.H. de Vroeg

Rapport

Maart 2004



OPDRACHTGEVER: Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde

TITEL: Modelonderzoek duinafslag

SAMENVATTING:

Deze studie heeft als doel inzicht te krijgen in de invloed van de golfperiode op de mate van duinafslag. Daartoe is kleinschalig, fysisch modelonderzoek uitgevoerd. De resultaten van dit onderzoek zijn in het voorliggende meetverslag gerapporteerd. Opgemerkt wordt dat dit meetverslag zich beperkt tot een beschrijving van het proevenprogramma, van de meetmethodes en van de resultaten op modelschaal. In een vervolgonderzoek dienen de resultaten nader geanalyseerd te worden.

Er zijn zeven proeven (inclusief een extra herhalingsproef) uitgevoerd in de Scheldegoot van WL | Delft Hydraulics met twee verschillende diepteschaal. Er zijn profiel-, stroomsnelheids-, sedimentconcentratie- en golfhoogtemetingen uitgevoerd. Tevens zijn de korrelverdeling en de valsnelheid van verschillende sedimentmonsters bepaald.

De belangrijkste constatering in dit onderzoek is, dat de proef met de grootste piek-golfperiode het grootste duinafslagvolume vertoont. Bij de proeven uitgevoerd met een diepteschaal $n_d = 30$, neemt de piek-golfperiode toe met 42 % van $T_p = 10.0$ s (prototype) tot $T_p = 14.2$ s en het duinafslagvolume met ongeveer 25 %. Bij de proeven uitgevoerd met een diepteschaal $n_d = 40$, neemt de piek-golfperiode toe met ongeveer 34 % van $T_p = 14.2$ s tot $T_p = 19.0$ s en het duinafslagvolume met ongeveer 18 %.

De resultaten van de proeven zijn in het voorliggende rapport op modelschaal weergegeven en beschreven. Om de verdere analyse van de resultaten te vergemakkelijken is een CD met de resultaten bijgesloten bij dit rapport.

REFERENTIES: DWW-2429
Projectnaam: Pt en E/S en B

VER.	AUTEUR	DATUM	OPMERK.	REVIEW	GOEDKEURING
0	Coeveld / De Vroeg	30-01-04		L.C. Van Rijn	W.M.K. Tilmans
1	Coeveld / De Vroeg	29-03-04		L.C. Van Rijn	W.M.K. Tilmans

PROJECTNUMMER H4265

TREFWOORDEN: Kustverdediging, duinafslag, duinerosie, fysisch modelonderzoek

AANTAL BLADZIJDEN 18 (tekst)

VERTROUWELIJK JA, tot (datum) NEESTATUS: VOORLOPIG CONCEPT DEFINITIEF

Inhoud

Lijst van Tabellen

Lijst van Figuren

Lijst van Symbolen

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding en achtergrond	1
1.2	Doel	2
1.3	Leeswijzer	2
1.4	Totstandkoming	2
2	Opzet van het model	3
2.1	Model	3
2.2	Proevenprogramma	4
2.3	Meetmethode	5
2.3.1	Profiel	5
2.3.2	Golfconditie en waterstand	5
2.3.3	Stroomsnelheid	6
2.3.4	Sedimentconcentratie	7
2.3.5	Korrelverdeling	8
2.3.6	Temperatuur	8
2.3.7	Valsnelheid	8
3	Meetresultaten	9
3.1	Profielvervorming en afslagvolumes	9
3.2	Golfconditie en waterstand	12
3.3	Stroomsnelheid	13
3.4	Sedimentconcentratie	14

3.5	Korrelverdeling.....	16
3.6	Temperatuur.....	16
3.7	Valsnelheid.....	16
4	Conclusies	18

Literatuur

Tabellen

Figuren

Bijlage A: Berekend golfhoogteverloop

Bijlage B: Sedimentbalans

Bijlage C: Meetprogramma

Lijst van Tabellen

Tabel 2.1	Overzicht proevenprogramma met <u>gewenste</u> golfcondities en waterstand
Tabel 2.2	Locatie (m) ten opzichte van het golfschot waarop golfhoogtemetingen zijn uitgevoerd (*GHM = golfhoogtemeter)
Tabel 2.3	Locatie (m) ten opzichte van het golfschot waarop snelheids- en concentratiemetingen zijn uitgevoerd
Tabel 2.4	Gemiddelde verhouding γ in de gebruikte maatscilinders
Tabel 3.1	Volume van de afgestoken ‘overhang’ (m^3/m^1) aan het einde van een proef
Tabel 3.2	Duinafslag (m^3/m^1) boven stormvloedpeil na elk tijdvak en procentuele toename van duinafslag
Tabel 3.3	Gerealiseerde golfcondities
Tabel 3.4	Gemeten snelheden
Tabel 3.5	Vergelijkbare snelheidsmetingen van onderhavig onderzoek met WL Delft Hydraulics (1985)
Tabel 3.6	Overzicht van figuren waarin de resultaten van de sedimentconcentratiemetingen verwerkt zijn
Tabel 3.7	Vergelijkbare concentratiemetingen van onderhavig onderzoek met WL Delft Hydraulics (1985)
Tabel 3.8	Korrelverdeling van de sedimentmonsters
Tabel 3.9	Gemeten temperaturen

Lijst van Figuren

- Figuur 2.1 Meetlocaties voor golfhoogte, snelheden en concentraties voor de proeven T01, T02, T02a en T03
- Figuur 2.2 Meetlocaties voor golfhoogte, snelheden en concentraties voor de proeven T11, T12 en T13
- Figuur 2.3 Afzuigapparaat concentratiemetingen
- Figuur 3.1 Dwarsprofielen hele goot, T01
- Figuur 3.2 Dwarsprofielen nabij duin, T01
- Figuur 3.3 Dwarsprofielen hele goot, T02
- Figuur 3.4 Dwarsprofielen nabij duin, T02
- Figuur 3.5 Dwarsprofielen hele goot, T03
- Figuur 3.6 Dwarsprofielen nabij duin, T03
- Figuur 3.7 Dwarsprofielen hele goot, T11
- Figuur 3.8 Dwarsprofielen nabij duin, T11
- Figuur 3.9 Dwarsprofielen hele goot, T12
- Figuur 3.10 Dwarsprofielen nabij duin, T12
- Figuur 3.11 Dwarsprofielen hele goot, T13
- Figuur 3.12 Dwarsprofielen nabij duin, T13
- Figuur 3.13 Dwarsprofielen hele goot, T02a
- Figuur 3.14 Dwarsprofielen nabij duin, T02a
- Figuur 3.15 Gemeten en gewenste dwarsprofielen bij aanvang proef, A-serie
- Figuur 3.16 Gemeten en gewenste dwarsprofielen bij aanvang proef, B-serie
- Figuur 3.17 Overhangend duin in proef T03
- Figuur 3.18 Dwarsprofielen hele goot, T02 en T02a
- Figuur 3.19 Dwarsprofielen nabij duin, T02 en T02a
- Figuur 3.20 Dwarsprofielen nabij duin, A-serie
- Figuur 3.21 Dwarsprofielen nabij duin, B-serie
- Figuur 3.22 Duinafslagvolume als functie van piek-golfperiode T_p
- Figuur 3.23 Duinafslagvolume als functie van de proefduur
- Figuur 3.24 Golfhoogteverloop nabij teen
- Figuur 3.25 Overschrijdingspercentage van de golfhoogte en energiedichtheidsspectrum voor GHM 1, 2 en 3
- Figuur 3.26 Overschrijdingspercentage van de golfhoogte en energiedichtheidsspectrum voor GHM 4, 5 en 6

Figuur 3.27	Snelheidsmetingen Scheldegoot, 39.13 m, T01
Figuur 3.28	Snelheidsmetingen Scheldegoot, 40.52 m, T01
Figuur 3.29	Snelheidsmetingen Scheldegoot, 41.91 m, T01
Figuur 3.30	Snelheidsmetingen Scheldegoot, 43.30 m, T01
Figuur 3.31	Snelheidsmetingen Scheldegoot, 40.18 m, T12
Figuur 3.32	Snelheidsmetingen Scheldegoot, 41.22 m, T12
Figuur 3.33	Snelheidsmetingen Scheldegoot, 42.26 m, T12
Figuur 3.34	Concentratietingen Scheldegoot, 39.13 m, T01
Figuur 3.35	Concentratietingen Scheldegoot, 40.52 m, T01
Figuur 3.36	Concentratietingen Scheldegoot, 41.91 m, T01
Figuur 3.37	Concentratietingen Scheldegoot, 43.30 m, T01
Figuur 3.38	Concentratietingen Scheldegoot, 39.13 m, T02/T02a
Figuur 3.39	Concentratietingen Scheldegoot, 40.52 m, T02/T02a
Figuur 3.40	Concentratietingen Scheldegoot, 41.91 m, T02/T02a
Figuur 3.41	Concentratietingen Scheldegoot, 39.13 m, T03
Figuur 3.42	Concentratietingen Scheldegoot, 40.52 m, T03
Figuur 3.43	Concentratietingen Scheldegoot, 41.91 m, T03
Figuur 3.44	Concentratietingen Scheldegoot, 43.30 m, T03
Figuur 3.45	Concentratietingen Scheldegoot, 40.18 m, T11
Figuur 3.46	Concentratietingen Scheldegoot, 41.22 m, T11
Figuur 3.47	Concentratietingen Scheldegoot, 42.26 m, T11
Figuur 3.48	Concentratietingen Scheldegoot, 40.18 m, T12
Figuur 3.49	Concentratietingen Scheldegoot, 41.22 m, T12
Figuur 3.50	Concentratietingen Scheldegoot, 42.26 m, T12
Figuur 3.51	Concentratietingen Scheldegoot, 40.18 m, T13
Figuur 3.52	Concentratietingen Scheldegoot, 41.22 m, T13
Figuur 3.53	Concentratietingen Scheldegoot, 42.26 m, T13
Figuur 3.54	Concentratietingen Scheldegoot, 43.30 m, T02a
Figuur 3.55	Zeefkrommen sedimentmonsters, T01
Figuur 3.56	Zeefkrommen sedimentmonsters, T02
Figuur 3.57	Zeefkrommen sedimentmonsters, T03
Figuur 3.58	Zeefkrommen sedimentmonsters, T11
Figuur 3.59	Zeefkrommen sedimentmonsters, T12
Figuur 3.60	Zeefkrommen sedimentmonsters, T13

Figuur 3.61 Valsnelheidsmetingen Scheldegoot

Lijst van Symbolen

Symbol	Eenheid	Betekenis
c	g/l	Sedimentconcentratie
d	m	Waterdiepte
D_{10}, D_{50}, D_{90}	m	Korrel diameters onderschreden door respectievelijk 10 %, 50 % en 90 % van massa van sedimentmonster
D_r	m	Constante ter bepaling sedimentconcentratie
H_{m0}	m	Significante golfhoogte gebaseerd op golfspectrum
H_s	m	Significante golfhoogte
n_d	-	Schaalfactor voor de diepte
n_l	-	Schaalfactor voor de lengte
T_p	s	Piek-golfperiode
u_{gem}	m/s	Tijdsgemiddelde snelheid
u_{max}, u_{min}	m/s	Maximale en minimale snelheid
u_{stdev}	m/s	Standaard deviatie van de snelheid
$V_{mengsel}$	l	Totaal volume van afgezogen sediment-watmengsel
V_{sed}	cm ³	Nat volume van sediment
β	-	Vangstcorrectiefactor
γ	g/cm ³	Verhouding tussen droge massa van sediment en nat volume van sediment

I Inleiding

I.1 Aanleiding en achtergrond

Bij de beoordeling van de veiligheid van de duinenkust wordt thans gebruik gemaakt van een rekenmodel dat voor de vastgestelde ontwerpomstandigheden de mate van duinafslag bepaalt. De kern van dit rekenmodel wordt gevormd door het zogenaamde DUROS rekenmodel (TAW, 1984).

Het rekenmodel maakt gebruik van bepaalde rekenwaarden voor de maatgevende hydraulische condities. Deze waarden zijn vastgelegd in het zogenaamde randvoorwaardenboek (RWS, 2002). Momenteel wordt als maatgevende golfperiode, uitgedrukt in de vorm van een piek-golfperiode, de waarde $T_p = 12.0$ s gebruikt voor de Waddenkust en de Hollandse kust en voor de Zuid-Hollandse kust en Zeeuwse eilanden de waarde $T_p = 8.0$ s. Op basis van de beschikbare informatie toentertijd en het verwachte bereik van de golfperiodes aan de Nederlands kusten ($T_p \leq 12.0$ s) werd tijdens de ontwikkeling van het DUROS-rekenmodel de vorm van het afslagprofiel verondersteld onafhankelijk te zijn van de golfperiode.

Volgens de huidige inzichten moet er tijdens ontwerpomstandigheden rekening gehouden worden met een veel langere golfperiode dan tot nu toe het geval was. De toename varieert tussen de 30 % (in het zuiden) en 50 % (in het noorden) ten opzichte van de thans gebruikte 12.0 s. Uit een recent uitgevoerd verkennend onderzoek (Steetzel, 2002) blijkt, dat de golfperiode wellicht toch invloed heeft op de vorm van het afslagprofiel. De hoeveelheid afslag zou met 30 % tot 50 % toe kunnen nemen. Echter, de gehanteerde methodes om deze berekening uit te voeren zijn toegepast in een gebied waar geen validatiemateriaal voorhanden is.

De Dienst Weg- en Waterbouwkunde heeft WL | Delft Hydraulics opdracht gegeven (ref: DWW-2429, dd 24-11-2003) om kleinschalig, fysisch modelonderzoek uit te voeren zoals beschreven in de offerte (ref: MCI02174/H4265/HdV, dd 22-10-2003) om data te genereren ten behoeve van het verbeteren van het toetsingsinstrument voor de beoordeling van duinen als waterkering. Dit onderzoek (projectnaam "Pt en E/S en B") past in het onderdeel "Duinafslag" van het deelproject 4 "Faalmechanismen" van het project "Sterkte en Belasting op de Waterkeringen". Het doel van het onderdeel "Duinafslag" is ten eerste het genereren en ten tweede het analyseren van data ten behoeve van het valideren en (waar gewenst) verbeteren van de duinafslagmodellering en daarmee het toetsingsinstrument voor de beoordeling van duinen als waterkering. Daarbij is de aandacht primair gericht op de invloed van de golfperiode op de mate van duinafslag.

1.2 Doel

Deze studie heeft als doel inzicht te krijgen in de invloed van de golfperiode op de mate van duinafslag. Daartoe is kleinschalig, fysisch modelonderzoek uitgevoerd. De resultaten van dit onderzoek zijn in het voorliggende meetverslag gerapporteerd. Opgemerkt wordt dat dit meetverslag zich beperkt tot een beschrijving van het proevenprogramma, van de meetmethodes en van de resultaten op modelschaal. In een vervolgonderzoek dienen de resultaten nader geanalyseerd te worden. Er is getracht wat betreft de opzet en de uitvoering van onderhavig onderzoek zoveel mogelijk aan te sluiten op het eerder uitgevoerde onderzoek naar duinafslag (WL | Delft Hydraulics, 1982 en WL | Delft Hydraulics, 1985).

1.3 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 is de opzet van het model beschreven en is het proevenprogramma weergegeven en toegelicht. Bovendien zijn de gehanteerde meetmethodes om de gewenste parameters te bepalen in dit hoofdstuk beschreven. In Hoofdstuk 3 zijn de resultaten van de proeven weergegeven en beknopt toegelicht. De conclusies ten aanzien van het onderzoek komen in Hoofdstuk 4 aan bod.

Om de verdere analyse van de resultaten van het onderzoek te vergemakkelijken, is een CD met de resultaten bijgesloten. Voor de naamgeving van een groot deel van de databestanden is gebruik gemaakt van bepaalde karaktercombinaties. De betekenis van deze karaktercombinaties is terug te vinden in Bijlage C. Tevens is op de CD een digitale versie van onderhavig rapport te vinden.

1.4 Totstandkoming

Het modelonderzoek in de Scheldegoet vond plaats vanaf half november 2003 tot eind december 2003. De bij de proeven betrokken modelassistenten waren J.J. Molenaar, P.A. Pasterkamp en T.J. Ammerlaan. C. den Heijer, student aan de Technische Universiteit, was als stagiaire bij het onderzoek betrokken en hield zich voornamelijk bezig met de sedimentconcentratiemetingen en de uitwerking daarvan. De projectleiding lag in handen van Ir. J.H. de Vroeg. De projectingenieur was Ir. E.M. Coeveld. De twee laatstgenoemden zijn ook verantwoordelijk voor de rapportage. De interne kwaliteitscontrole werd uitgevoerd door Prof. Dr. Ir. L.C. van Rijn.

2 Opzet van het model

In dit hoofdstuk is de opzet van het model beschreven en komt het proevenprogramma aan bod. Tevens is toegelicht welke meetmethodes toegepast zijn.

2.1 Model

De proeven zijn uitgevoerd in de Scheldegoet van WL | Delft Hydraulics. Vanaf de middenstand van het golfschot heeft deze goot een lengte van ongeveer 50 m; de beschikbare lengte voor de inbouw van het kustprofiel is ongeveer 45 m. De breedte van de goot is 1 m en de hoogte is 1.2 m. De goot beschikt over een golfmachine waarmee zowel regelmatige, als onregelmatige golven opgewekt kunnen worden. Afhankelijk van de waterdiepte kunnen er golven opgewekt worden met een frequentie van 0.01 Hz tot 2 Hz met een maximum significante golfhoogte van 0.29 m. De golfmachine is uitgerust met 'online' Active Reflection Compensation (ARC). Dat wil zeggen dat gereflecteerde golven die naar de golfmachine lopen gemeten worden en dat de golfmachine zijn bewegingen zodanig aanpast dat hij deze gereflecteerde golven compenseert. Op deze manier worden deze golven niet nogmaals gereflecteerd en verstoren ze het gewenste golfveld niet. Daarnaast houdt de software die het golfschot aanstuurt rekening met tweede orde effecten van de eerste hogere en de eerste lagere harmonische componenten van het golfveld.

Het toegepaste sediment in het model is Asserzand met een diameter van ongeveer $D_{50} \approx 90 \mu\text{m}$. Het sediment is geleverd door zandhandel Trip-Popken B.V. te Assen. De zeefkrommen van het sediment zijn toegelicht in Paragraaf 3.5.

De schaalkeuze is gebaseerd op het proevenprogramma (Steetzel en Van de Graaff, 2003) en op de wens om zo goed mogelijk aan te sluiten op de proeven van WL | Delft Hydraulics (1982 en 1985). Toentertijd bleek de kleinst mogelijk schaalfactor $n_d = 30$ te zijn. De maximale golfperiode die toen toegepast is, is $T_p = 12.0$ s. In het huidige onderzoek sluit een aantal proeven aan op de proeven die toen uitgevoerd zijn. Hiervoor is een schaalfactor van $n_d = 30$ toegepast. Voor de samentrekking van het profiel is een factor van 1.68 toegepast (net als bij de proeven in WL | Delft Hydraulics (1982 en 1985)). Deze factor is de verhouding tussen de horizontale lengteschaal n_l en de verticale diepteschaal n_d ($n_l / n_d = 1.68$). De samentrekking zorgt voor een versteiling van het profiel. Het bijbehorende kustprofiel op modelschaal is weergegeven in Figuur 2.1. Bij elke knik in het profiel is de afstand tot het golfschot en de hoogte ten opzichte van de bodem weergegeven.

Aangezien bij de huidige proeven periodes tot $T_p = 19.0$ s toegepast zijn, is het wegens beperkingen van de golfmachine noodzakelijk gebleken een aantal proeven uit te voeren met een grotere schaalfactor van $n_d = 40$ gecombineerd met dezelfde waterstand in het model bij het golfschot als bij schaal $n_d = 30$. Ook bij de diepteschaal $n_d = 40$ is voor de samentrekking van het profiel een factor van 1.68 toegepast. Het voorland is op een ander punt afgekapt als bij de A-serie. Het bijbehorende kustprofiel op modelschaal is weergegeven in Figuur 2.2. Bij elke knik in het profiel is de afstand tot het golfschot en de hoogte ten opzichte van de bodem weergegeven.

2.2 Proevenprogramma

Het proevenprogramma voor dit onderzoek is gedefinieerd door Steetzel en Van de Graaff (2003). Er is onderscheid gemaakt in een A- en een B-serie. De A-serie is uitgevoerd met diepteschaal $n_d = 30$ en de B-serie is uitgevoerd met diepteschaal $n_d = 40$, zie Tabel 2.1.

In de A-serie is aangesloten op de bestaande data uit WL | Delft Hydraulics (1982 en 1985). Dit gebeurt met de proeven T01 en T03 waar de periodes in prototype respectievelijk $T_p = 12.0$ s en $T_p = 10.0$ s bedragen. Tevens is in deze serie proef T02 uitgevoerd met een periode van $T_p = 14.2$ s. Naast het proevenprogramma zoals beschreven in Steetzel en Van de Graaff (2003) en zoals overeengekomen in het contract (ref: DWW-2429, dd 24-11-2003), is door WL | Delft Hydraulics besloten een extra proef uit te voeren, proef T02a. Doordat tussen de proeven door het neergeslagen slib van het profiel afgespoten is, is het sediment gedurende de proeven steeds 'schoner' geworden. Met behulp van proef T02a is gekeken of de mate van gespoeldheid van het sediment effect had op de mate van duinafslag. Proef T02a is uitgevoerd met dezelfde golfcondities als proef T02.

Met de B-serie is beoogd een completer beeld te krijgen van de effecten van de golfperiode op de mate van duinafslag. Daartoe zijn de proeven T12 en T13 uitgevoerd met periodes van respectievelijk $T_p = 19.0$ s en $T_p = 16.4$ s. Om aan te sluiten op de A-serie is proef T11 uitgevoerd met een periode van $T_p = 14.2$ s.

De hiervoor genoemde golfperiodes gelden op diep water. Bij elke proef geldt op diep water dezelfde golfhoogte van $H_{s0} = 9.0$ m in prototype. Zoals in Paragraaf 2.1 beschreven is, geldt bij elke proef dezelfde waterdiepte in het model bij het golfschot, namelijk 0.70 m. Bij de proeven T11, T12 en T13 levert dit nagenoeg diepwatercondities op aan de teen van het kustprofiel ($(H_s / d) \approx 0.3$, waarin d (m) de waterdiepte is). Voor de proeven T01, T02, T02a en T03 is er bij de teen van het kustprofiel geen sprake meer van diep water. De golfhoogte op diep water dient daartoe omgerekend te worden naar een golfhoogte die geldt in de goot bij een waterdiepte van 0.70 m bij het golfschot. Deze berekeningen zijn uitgevoerd door Alkyon Hydraulic Consultancy & Research te Emmeloord. Het berekende verloop van de golfhoogte is weergegeven in Bijlage A. In Tabel 2.1 is het overzicht van de proeven gegeven met daarbij de gewenste golfcondities op diep water en nabij het golfschot. Aangezien op voorhand werd voorzien dat de gewenste golfhoogte bij het golfschot in enkele gevallen wellicht niet gehaald zou worden in de A-serie, is in de afregelprocedure niet alleen gekeken naar de gewenste golfhoogte bij het golfschot, maar vooral naar de gewenste golfhoogte op de locatie met een waterdiepte van 10 m (prototype). Daartoe is op die locatie golfhoogtemeter 5 (GHM 5) geïnstalleerd, zie ook Tabel 2.1.

De totale proefduur bij de proeven T01, T02, T03 en T11 is 6 uur en bij de proeven T12 en T13 is de proefduur 3 uur. De proefduur sluit aan op de proefduur toegepast in WL | Delft Hydraulics (1982 en 1985), zoals in Steetzel en Van de Graaff (2003) beschreven is. De proefduur is opgesplitst in de volgende tijdvakken:

- A. 0 tot 0.1 uur
- B. 0.1 tot 0.3 uur
- C. 0.3 tot 1 uur
- D. 1 tot 3 uur
- E. (3 tot 6 uur)

Bij de herhalingsproef T02a is de proefduur ook 6 uur. Echter, deze proef is opgesplitst in 2 tijdvakken van beide 3 uur.

2.3 Meetmethode

Het volgende is gemeten:

- Het profiel
- De golfconditie en waterstand
- De stroomsnelheid van het water
- De sedimentconcentratie
- De korrelverdeling van het sediment
- De temperatuur van het water
- De valsnelheid van het sediment

In deze paragraaf is toegelicht welke meetmethodes toegepast zijn in het onderzoek. Tevens is aangegeven welke resultaten van de metingen weergegeven zijn.

In Bijlage C is voor elke proef een overzicht gegeven van de tijdstippen en - indien van toepassing - de locaties waarop de profielen, de golfhoogtes, de stroomsnelheden en de sedimentconcentraties gemeten zijn.

2.3.1 Profiel

Het profiel is gemeten aan het begin van een proef en na elk tijdvak. Er is gemeten met amfibische profielvolgers van het type PV-11. De profielvolger rijdt met een wielkje met een diameter van 40 mm met maximaal 0.2 m/s over de bodem. Een wielkje met deze diameter kan de verwachte bodemribbels goed volgen. De gevoeligheid van de PV-11 is 0.2 mm. Er zijn drie profielvolgers naast elkaar geplaatst. Eén rijdt over de gootas en de andere twee rijden aan weerszijden op 25 cm uit de gootas. De rijrichting van de profielvolgers is van het duin naar het golfschot, oftewel van boven naar beneden.

De keuze van de bemonsteringsfrequentie van de profielvolgers werd sterk bepaald door het meetsysteem. Het meetsysteem kan maximaal 15,000 meetpunten opslaan, dat wil zeggen maximaal 5,000 per profielvolger. Dat heeft tot gevolg gehad dat niet over het hele profiel hetzelfde bemonsteringsinterval toegepast is. In het gebied rond het duin is een grotere nauwkeurigheid gewenst dan dicht bij het golfschot. Van 48.00 tot 33.00 m van het golfschot is een stapgrootte van 0.5 cm toegepast en van 33.00 tot 3.00 m een stapgrootte van 2 cm.

2.3.2 Golfconditie en waterstand

De golfhoogte en periode zijn gemeten gedurende elk tijdvak. Er is gemeten met golfhoogtemeters van het weerstandstype. De nauwkeurigheid van de golfhoogtemeters bedraagt +/- 2.5 mm (+/- 0.5 % van het meetbereik van 0.5 m). De toegepaste bemonsteringsfrequentie bij de golfhoogtemetingen bedroeg 25 Hz.

Er is op een drietal locaties gemeten nabij het golfschot en op drie locaties dichterbij het duin. Voor de proeven T01, T02, T02a en T03 is dit weergegeven in Tabel 2.2 en in Figuur 2.1. Voor de proeven T11, T12 en T13 is dit weergegeven in Tabel 2.2 en in Figuur 2.2. De drie golfhoogtemeters dichterbij het duin zijn in de proeven T11, T12 en T13 op dezelfde waterdiepte in prototype geïnstalleerd, als bij de proeven T01, T02, T02a en T03. Bij de proeven T01, T02 en T03 is de aansturing van het golfschot afgeregeld op de gewenste golfhoogte op de locatie waar golfhoogtemeter 5 geïnstalleerd is. Bij proef T02a is precies dezelfde aansturing toegepast als bij proef T02. Bij de proeven T11, T12 en T13 is de golfhoogte afgeregeld op de golfhoogtemeters nabij het golfschot.

Met de drie golfhoogtemeters nabij het golfschot zijn de karakteristieken van de inkomende golven bepaald door de gereflecteerde golven uit het gemeten signaal te filteren.

De waterstand is voor aanvang van elke proef met een peilnaald afgeregeld. Het toegepaste golfspectrum is het Pierson-Moskowitz spectrum. Dit spectrum is ook toegepast in de proeven in WL | Delft Hydraulics (1982 en 1985).

2.3.3 Stroomsnelheid

De stroomsnelheid van het water is gemeten gedurende de proeven. Er is gemeten met twee elektromagnetische snelheidsmeters van het type P-EMS 30 die in hoogte verstelbaar zijn. De nauwkeurigheid van de P-EMS 30 bedraagt +/- 0.01 m/s +/- 1 % van de gemeten waarde. De toegepaste bemonsteringsfrequentie bij de snelheidsmetingen bedroeg 25 Hz.

Er is telkens op twee locaties tegelijkertijd gemeten. Eerst is op 2 cm boven de bodem gemeten. Deze afstand is bepaald met een peilstok en geldt ten opzichte van de onderkant van de sensor van de snelheidsmeter. (De onderkant van de peilstok bestond uit een voetje van ongeveer 4 bij 4 cm.) Na 10 minuten is de eerste meting beëindigd en zijn de snelheidsmeters omhoog verplaatst tot net onder het golfdal, waarna de tweede meting gestart is. Na afloop van de tweede meting zijn de hoogtes van de snelheidsmeters ten opzichte van de bodem bepaald en vastgelegd. De snelheidsmeters zijn vervolgens op de helft van deze hoogte ingesteld. Na de derde meting is nogmaals de hoogte ten opzichte van de bodem bepaald en vastgelegd. Zo is per locatie op drie hoogtes boven de bodem de snelheid gemeten.

Met een meetduur van 10 minuten zijn er afhankelijk van de golfperiode ongeveer 200 tot 340 golven gepasseerd. Dat aantal is groot genoeg om een betrouwbaar inzicht in de snelheid te krijgen.

Er is gemeten op vier locaties ten opzichte van het golfschot. Het zijn dezelfde locaties als waar de sedimentconcentraties gemeten zijn. Ook de tijdstippen waarop gemeten is, komen overeen met de tijdstippen waarop de sedimentconcentraties gemeten zijn. In Figuur 2.1, Figuur 2.2 en Tabel 2.3 zijn de vier locaties te zien waar de snelheden gemeten zijn. Op de vier locaties geldt in de proeven T11, T12 en T13 dezelfde waterdiepte in prototype, als op de vier locaties bij de proeven T01, T02, T02a en T03.

2.3.4 Sedimentconcentratie

Om de sedimentconcentratie te meten is de methode toegepast die gebruik maakt van dwarse afzuiging. Op basis van een afgezogen hoeveelheid sediment-waermengsel en het natte volume van het bezonken sediment is met behulp van ijkfactoren de sedimentconcentratie bepaald.

Door buisjes met een binnendiameter van 3 mm is een sediment-waermengsel afgezogen met een intreesnelheid van circa 1.5 m/s in een richting loodrecht op het orbitaalvlak. In Figuur 2.3 is het gedeelte van het afzuigapparaat dat in het water hangt schematisch weergegeven. Afhankelijk van de momentane locale waterdiepte is zo op maximaal acht posities in de verticaal tegelijkertijd afgezogen. Er is per positie steeds 5.0 liter mengsel afgezogen wat bij genoemde intreesnelheid ongeveer 8 minuten in beslag nam. Het natte volume van het sediment in het afgezogen sediment-waermengsel is bepaald door het mengsel te laten bezinken in maatcilinders. Er zijn maatcilinders gebruikt met verschillende diameters, afhankelijk van de verwachte hoeveelheid sediment in het sediment-waermengsel. Na bezinking is de hoogte van de kolom sediment af te lezen en om te rekenen naar een volume.

De sedimentconcentratie is bepaald met behulp van de volgende formule:

$$c = \frac{\beta \gamma V_{sed}}{V_{mengsel}} \quad (2.1)$$

waarin c (g/l) de sedimentconcentratie is, β (-) de vangstcorrectiefactor, γ (g/cm³) de verhouding tussen de droge massa van het sediment en het nat volume van het sediment V_{sed} (cm³) en $V_{mengsel}$ (l) het totale volume van het afgezogen sediment-waermengsel (= 5.0 l).

Wanneer de intreesnelheid groter is dan 3 maal de stroomsnelheid, dan is de vangstcorrectiefactor vast te stellen met de volgende relatie met de korreldiameter (Bosman *et al.*, 1987):

$$\beta = 1 + \frac{1}{3} \arctan \left(\frac{D_{50}}{D_r} \right) \quad (2.2)$$

waarin D_r (m) een constante is. (De arctan-functie dient in radialen gelezen te worden.) Bosman *et al.* (1987) stellen voor een waarde van 90 μ m voor D_r te gebruiken. Het in het model toegepaste Asserzand met een D_{50} van ongeveer 93 μ m levert een vangstcorrectiefactor van $\beta = 1.27$.

De verhouding γ tussen de droge massa van het sediment en het nat volume van het sediment is bepaald door een deel (150 in totaal) van de monsters te drogen en te wegen. Het blijkt dat voor verschillende maatcilinders verschillende verhoudingen γ gelden. Tabel 2.4 geeft de vastgestelde gemiddelde verhoudingen weer per maatcilinder. Het is belangrijk op te merken, dat de factoren in Tabel 2.4 bepaald zijn voor sediment-waermengsels die na het ingieten in de maatcilinders niet verdicht zijn.

De sedimentconcentraties zijn gemeten op dezelfde vier locaties als waar de snelheden gemeten zijn. In Figuur 2.1, Figuur 2.2 en Tabel 2.3 zijn de vier locaties te zien waar de sedimentconcentraties gemeten zijn. Op de vier locaties geldt in de proeven T11, T12 en T13 dezelfde waterdiepte in prototype, als op de vier locaties bij de proeven T01, T02, T02a en T03.

2.3.5 Korrelverdeling

Bij elke proef met uitzondering van de extra proef T02a zijn sedimentmonsters genomen uit het bodemmateriaal op 35.00 m, 41.00 m, 43.00 m en 45.00 m vanaf het golfschot. De sedimentmonsters zijn genomen vóór de proef, na 3 uur modeltijd en na 6 uur modeltijd, mits de proef na 3 uur nog niet beëindigd was.

2.3.6 Temperatuur

De temperatuur van het water is gemeten met een temperatuursensor gedurende elk tijdvak vlakbij het golfschot.

2.3.7 Valsnelheid

De valsnelheid van het sediment is gemeten van een deel van de sedimentmonsters die genomen zijn ten behoeve van de bepaling van de zeefkrommen, zie Paragraaf 2.3.5. Het is van belang dat de temperatuur van het water waarin de valsnelheid gemeten wordt, zo goed mogelijk overeenkomt met de temperatuur van het water gedurende de proeven. Op basis hiervan is een aantal sedimentmonsters geselecteerd. Er is gebruik gemaakt van de VAT-methode ('Visual Accumulation Tube'), zoals beschreven in Van Rijn (1993). De onnauwkeurigheid van de met deze methode bepaalde valsnelheidsverdeling bedraagt ongeveer 10 % voor deeltjes met een diameter van 50 tot 500 μm .

3 Meetresultaten

In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de metingen weergegeven en kort toegelicht. Alle meetresultaten zijn weergegeven op dezelfde schaal als ze in het model gemeten zijn. Bovendien is waar mogelijk een beknopte vergelijking gemaakt met de resultaten van de proeven in WL | Delft Hydraulics (1982 en 1985). De toegepaste meetmethodes zijn reeds beschreven in Paragraaf 2.3.

3.1 Profielvorming en afslagvolumes

Als resultaat van de profielmetingen is het gemiddelde van de 3 profielvolgers weergegeven in de Figuren 3.1 tot en met 3.14. Strikt genomen representeert niet elke profielvolger dezelfde breedte. Van elke proef is een figuur waarin de profielen na elk tijdvak weergegeven zijn over de gehele goot en een figuur met de profielen nabij het duin. In de Figuren 3.15 en 3.16 is het gewenste en gerealiseerde dwarsprofiel bij aanvang van elke proef weergegeven. Over het algemeen komen deze goed overeen. In sommige proeven is er op een aantal locaties een afwijking van maximaal ongeveer 1.5 cm.

In het begin van elke proef vond eerst een versteiling van het talud van het duin plaats. Vervolgens vertoonde het duinfront per tijdvak een teruggang. Het sediment wat uit het duin kwam, sloeg neer in het gebied voor het duin. Dat resulteerde daar in een verhoging van het profiel, welke elk tijdvak toenam in hoogte. In het gebied rond het duinfront is bij veel proeven een niet-uniformiteit in dwarsrichting geconstateerd. Dichtbij de gootwanden vertoonde het duinfront een grotere teruggang dan in het midden van de goot.

Bij sommige proeven ontstonden in het profiel een soort (lage) banken. In proef T01 waren duidelijk twee banken zichtbaar tussen de 15 en 35 m ten opzichte van het golfschot. In de resultaten in WL | Delft Hydraulics (1985) zijn deze banken bij sommige proeven ook terug te zien, maar wel minder duidelijk. Bovendien hebben ze andere lengtes en ontstonden ze op andere locaties. Er is geen duidelijk aanwijsbare oorzaak voor het verschil te vinden. Een mogelijke oorzaak zou kunnen liggen in een verschillende aansturing van het golfschot. De resultaten in WL | Delft Hydraulics (1985) komen uit modelonderzoek waarbij het golfschot aangestuurd is zonder rekening te houden met tweede orde effecten. Hierdoor kan een stoorgolf of een serie stoorgolven ontstaan, die het profiel wellicht beïnvloedt. De aansturing van het golfschot in onderhavig onderzoek houdt wel rekening met tweede orde effecten, waardoor die stoorgolf niet kan ontstaan. Ook is bij het modelonderzoek in WL | Delft Hydraulics (1985) geen actieve reflectie compensatie toegepast.

Bij alle proeven ontstaat bij de tijdvakken A, B en soms ook bij tijdvak C een ‘overhangend duin’. Twee representatieve voorbeelden zijn te zien op foto’s in Figuur 3.17. De overhang liep in enkele gevallen op tot wel 10 cm, maar was meestal minder. Uit een studie naar de invloed van grondmechanische aspecten tijdens duinafslag en uit visuele waarnemingen tijdens modelproeven in de Deltagoot (WL | Delft Hydraulics, 1984) is reeds vastgesteld, dat ‘schijnbare cohesie’ als gevolg van capillaire spanningen een stabiliserend effect heeft op het afschuiven van schollen sediment van het duin. Aangezien het sediment toegepast in het onderzoek in de Deltagoot een grotere diameter heeft dan het Asserzand toegepast in

onderhavig onderzoek, zal dit stabiliserende effect in onderhavig onderzoek waarschijnlijk groter zijn. Tevens is beweerd in WL | Delft Hydraulics (1984), dat de omvang en het verloop in de tijd van de duinafslag, evenals de profielvorming onder water volledig beheerst worden door het sedimentopnemende vermogen van de tot het duin en de duinvoet reikende golven en de hydraulische morfologische aspecten. De meer grondmechanische aspecten zijn alleen van belang voor de vorm van het duinprofiel boven water. In WL | Delft Hydraulics (1984) is geconcludeerd, dat de grondmechanische processen nauwelijks of geen invloed uitoefenen op de belangrijkste proefuitkomsten, te weten de omvang van de duinafslag.

Aangezien de profielvolgers van het duin naar het golfschot rijden en slechts in verticale richting meten, is de overhang niet terug te zien in de Figuren 3.1 tot en met 3.14. Op het moment dat een profielvolger het meest zeewaartse punt van de overhang bereikt heeft, zakt de volger tot er weer grond onder het wielje van de volger is. In de Figuren 3.1 tot en met 3.14 resulteert dit in een haast verticale lijn op die locatie. In de laatste tijdvakken (D en E) is in veel mindere mate sprake van een overhang. Het tijdelijk ontstaan van een overhang beïnvloedt dus met name de profielmetingen na de eerste tijdvakken (A t/m C). Om een indicatie te krijgen van het volume van het overhangende duin, is aan het eind van enkele proeven de overhang afgestoken en is van het afgestoken sediment het volume bepaald, zie Tabel 3.1. Na de volumebepaling van het afgestoken sediment is het sediment verwijderd uit de goot en is er nog een profielmeting uitgevoerd.

Na afloop van elke proef is het water uit de goot gepompt en is het slib wat zich op de bodem had afgezet zoveel mogelijk weggespoeld. Vooral bij de proeven T11, T12 en T13 is hier veel aandacht aan besteed. Hierdoor is het sediment gedurende de proeven steeds minder slib gaan bevatten. Dit was terug te zien in de verminderde troebelheid van het water en bij het aflezen van de maatcilinders. Om te kijken of dit schoonspoelen effect heeft op de mate van duinafslag, is proef T02 herhaald. De naam van deze herhalingsproef is T02a. Bij deze herhalingsproef zijn profielmetingen uitgevoerd, evenals sedimentconcentratie metingen, snelheidsmetingen en golfhoogtemetingen. In de Figuren 3.18 en 3.19 zijn de profielen van proef T02 en proef T02a over elkaar heen weergegeven. Op basis van die figuren is geconcludeerd, dat de mate van gespoeldheid van het sediment geen significante invloed heeft op de mate van duinafslag.

Alle proeven in ogenschouw nemend kan gesteld worden, dat de teruggang van het duinfront na afloop van een proef groter is naarmate de golfperiode groter is. Van de proeven T01, T02 en T03 is bij proef T02 de grootste golfperiode toegepast en is de teruggang van het duinfront ook het grootst, zie Figuur 3.20. Van de proeven T11, T12 en T13 is bij proef T12 de grootste golfperiode toegepast en is de teruggang van het duinfront ook het grootst, zie Figuur 3.21.

Proef T01 kan vergeleken worden met de proeven T04 en T15 tot en met T20 in WL | Delft Hydraulics (1985). Bij de proeven T04 en T15 tot en met T20 is de teruggang van het duinfront telkens ongeveer 1.1 m in 6 uur modeltijd. In proef T01 is die teruggang ongeveer 1 m. De aansluiting van de proeven in onderhavig onderzoek op de proeven in WL | Delft Hydraulics (1985) blijkt redelijk goed te zijn in het geval van de teruggang van het duinfront.

De duinafslagvolumes na elk tijdvak zijn weergegeven in Tabel 3.2. Het betreft hier het volume afgeslagen sediment boven de stilwaterlijn op stormvloedpeil. Deze volumes zijn direct afgeleid uit de profielmetingen. Hiertoe zijn de verschillen tussen een profielmeting aan het eind van een tijdvak en aan het begin van een proef boven de stilwaterlijn gekubeerd. Bij een aantal proeven is aan het eind van de proef, nadat het ‘overhangend duin’ afgestoken en uit de goot verwijderd was, nog een profielmeting uitgevoerd. Wanneer dat het geval was, is op basis van die extra profielmeting ook het duinafslagvolume bepaald. Bij dit volume is het afgestoken sediment dus niet meegerekend. In Tabel 3.2 is dit volume tussen haakjes weergegeven. In de laatste kolom van Tabel 3.2 is de procentuele toename van het duinafslagvolume weergegeven ten opzichte van de proef met de kleinste piek-golfperiode in die serie. Deze toename is gebaseerd op het duinafslagvolume dat volgt uit de eerste meting aan het eind van een proef. Bij de proeven T01, T02, T02a en T03 gaat het om de toename ten opzichte van proef T03 (na 6 uur modeltijd). Bij de proeven T11, T12 en T13 gaat het om de toename ten opzichte van proef T11 (na 3 uur modeltijd). In Figuur 3.22 is het duinafslagvolume uitgezet tegen de piek-golfperiode T_p . In Figuur 3.23 is het duinafslagvolume uitgezet tegen de proefduur. Hieruit valt op te maken, dat het duinafslagvolume gedurende de eerste tijdvakken het snelst groeit. In deze figuur is ook het duinafslagvolume na de extra profielmeting weergegeven bij die proeven waar daar sprake van was. Voor proef T02 is op basis van de foto's een schatting gemaakt van de bijdrage van de overhang op het afslagvolume na elk tijdvak om een indicatie te krijgen van de maximale invloed van die overhang.

Zowel uit Tabel 3.2 als uit Figuur 3.22 volgt een consistent verband tussen afslagvolume en golfperiode. Naarmate de golfperiode groter wordt, neemt het afslagvolume toe. Bij de proeven in de A-serie (met diepteschaal $n_d = 30$) neemt de piek-golfperiode toe met ongeveer 42 % en het duinafslagvolume met ongeveer 25 %. Bij de proeven in de B-serie (met diepteschaal $n_d = 40$) neemt de piek-golfperiode toe met ongeveer 34 % en het duinafslagvolume met ongeveer 18 %.

Het eindresultaat bij proef T02a is ongeveer $0.010 \text{ m}^3/\text{m}^1$ (= 10 liter/ m^1) groter dan het volume bepaald bij proef T02, ondanks dat de profielen redelijk over elkaar heen lijken te liggen, zie Figuren 3.18 en 3.19. Wanneer er in iets meer detail naar beide profielen gekeken wordt, blijkt dat de duintop bij proef T02a over een deel 0.5 à 1 cm hoger lag dan bij proef T02. Dit zou bij kunnen dragen aan het verschil in volume.

Proef T01 kan vergeleken worden met de proeven T04 en T15 tot en met T20 in WL | Delft Hydraulics (1985). De afslagvolumes bij die proeven zijn terug te vinden in Tabel 1 in WL | Delft Hydraulics (1985). Bij die proeven was het afslagvolume na 3 uur gemiddeld $0.3216 \text{ m}^3/\text{m}^1$ en na 6 uur gemiddeld $0.3621 \text{ m}^3/\text{m}^1$. De standaardafwijking van het afslagvolume bedroeg na 3 uur $0.0071 \text{ m}^3/\text{m}^1$ en na 6 uur $0.0069 \text{ m}^3/\text{m}^1$. Het afslagvolume gebaseerd op de gemeten profielverandering na 6 uur is in onderhavig onderzoek minder dan ongeveer 10 % groter dan de volumes in WL | Delft Hydraulics (1985), terwijl het afslagvolume gebaseerd op de gemeten profielverandering na 3 uur ongeveer 10 % kleiner is. De aansluiting op de oude proeven is derhalve redelijk goed te noemen als het gaat om duinafslagvolumes.

Naast de duinafslagvolumes boven stormvloedpeil is ook gekeken naar de sedimentbalans over de hele goot. In elke proef blijkt er netto sediment bij te komen. Het volume hiervan varieert tussen $0.050 \text{ m}^3/\text{m}^1$ en $0.120 \text{ m}^3/\text{m}^1$. Op de mogelijke oorzaken van deze toename

en op de gevolgen voor de gepresenteerde duinafslagvolumes wordt in Bijlage B verder ingegaan.

3.2 Golfconditie en waterstand

In Tabel 3.3 zijn de gemeten golfhoogte en golfperiode weergegeven voor elke proef. In de eerste kolom staat de proefnaam, gevolgd door een letter die het tijdvak aanduidt, zie Paragraaf 2.2. In de tweede tot en met de vijftiende kolom staan de resultaten van de golfhoogtemetingen. Voor de significante golfhoogte is H_{m0} gebruikt uit een analyse van het energiedichtheidsspectrum van de golven. Voor de golfperiode is de periode gebruikt behorend bij de grootste energie in het energiedichtheidsspectrum, dat is de piek-golfperiode T_p . In Tabel 2.2 staat aangegeven welke golfhoogtemeter op welke locatie is geïnstalleerd in welke proef.

Zoals in Paragraaf 2.3.2 reeds opgemerkt is, is uit de gemeten signalen door golfhoogtemeters één, twee en drie het gereflecteerde golfsignaal gefilterd. Van deze drie golfhoogtemeters zijn zowel het gefilterde signaal, als de afzonderlijke signalen weergegeven in Tabel 3.3. De afzonderlijke resultaten van deze golfhoogtemeters laten over het algemeen een iets grotere golfhoogte zien.

Bij de proeven T01, T02 en T03 is de aansturing van het golfschot afgeregeld op de gewenste golfhoogte op de locatie waar golfhoogtemeter 5 (GHM 5) geïnstalleerd is. Bij de proeven T11, T12 en T13 is de aansturing van het golfschot afgeregeld op de gewenste golfhoogte in de 3 golfhoogtemeters nabij het golfschot. In Tabel 3.3 is te zien dat de gemeten golfcondities redelijk overeenkomen met de gewenste golfcondities, zoals ze voorgeschreven zijn in het proevenprogramma (Tabel 2.1).

In Bijlage A is in twee figuren het berekende golfhoogteverloop weergegeven, zoals beschreven in Paragraaf 2.2. In deze figuren zijn de tijdens tijdvak B gemeten golfhoogtes ingetekend met een plusteken. Bij de proeven T01, T02 en T03 ligt de gemeten golfhoogte tussen 5 m en 25 m vanaf het golfschot onder de berekende golfhoogte. Nabij het duin ligt de gemeten golfhoogte dicht bij de berekende golfhoogte en is soms iets hoger. De gemeten golfhoogte dichtbij het golfschot bij proef T02a komt goed overeen met de berekende golfhoogte. Figuur 3.24 toont de gemeten golfhoogtes van de afzonderlijke metingen van golfhoogtemeters 1, 2 en 3 rond de teen van het dwarsprofiel voor de proeven T02 en T02a. De afname in gemeten golfhoogte is in dat gebied groter dan de afname in berekende golfhoogte. Bij de proeven T11, T12 en T13 tonen de gemeten golfhoogtes en de berekende golfhoogtes boven het hele profiel een goede overeenkomst. Uit Bijlage A kan worden geconcludeerd dat het berekende en gemeten golfhoogteverloop rond de teen van het profiel verschilt, waarschijnlijk door het breken van grote golven in de goot, maar dat dicht bij het duin berekende en gemeten golfhoogtes redelijk overeenkomen.

Uit Tabel 3.3 blijkt, dat de golfhoogte geregistreerd door golfhoogtemeters vijf en zes over het algemeen afneemt gedurende de proef. Een mogelijke oorzaak hiervan is de afnemende waterdiepte in die punten. In de golfhoogtemeters dicht bij het golfschot is deze trend minder sterk aanwezig of helemaal afwezig.

Uit Tabel 3.3 blijkt tevens, dat de periode T_p geregistreerd door de golfhoogtemeters vier, vijf en zes soms afwijkende waarden oplevert vergeleken met de periode uit golfhoogtemeters één, twee en drie. Zoals in Paragraaf 2.3.2 beschreven is, is de periode T_p de periode in het energiedichtheidsspectrum met de grootste energie. Wanneer er veel golven breken op het ondiepe voorland verandert het spectrum van vorm en kan de piekgolfperiode veranderen. In de Figuren 3.25 en 3.26 is het spectrum in alle golfhoogtemeters weergegeven voor proef T12D. (In de Figuren 3.25 en 3.26 zijn de golfhoogtemeters aangeduid met WHM01 tot en met WHM06.)

In het tijdvak D in proef T01 en in tijdvak C in proef T02 bleek dat de golfmachine niet kon voldoen aan het gestuurde signaal. Hierdoor sloeg de golfmachine af. Na kleine aanpassingen aan het stuursignaal zijn deze proeven voortgezet. Hieruit blijkt dat de capaciteiten van de golfmachine in deze gevallen maximaal benut zijn.

De waterstand is bij elke proef zodanig afgeregeld, dat de waterdiepte bij het golfshot telkens 0.70 m bedroeg.

3.3 Stroomsnelheid

Uit de metingen zijn de volgende stroomsnelheden afgeleid:

- De minimale snelheid u_{min} (m/s), gedefinieerd als de meest negatieve waarde (zeewaarts)
- De maximale snelheid u_{max} (m/s), gedefinieerd als de meest positieve waarde (landwaarts)
- De tijdsgemiddelde snelheid u_{gem} (m/s): $\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m u_j$ (voor m samples)
- De standaard deviatie van de snelheid u_{stdev} (m/s): $u_{stdev} = \sqrt{\frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m (u_j - u_{gem})^2}$, als maat voor de orbitaalsnelheid

In Tabel 3.4 zijn deze resultaten verzameld. Tevens zijn de geregistreerde hoogtes in de tabel opgenomen.

Bij de uitvoering van de snelheidsmetingen is ernaar gestreefd om tijdens de verschillende proeven zoveel mogelijk op dezelfde tijdstippen op dezelfde locaties te meten. Echter, doordat de vermindering van de waterstand nabij het duin bij de ene proef sneller tot stand kwam dan bij de andere proef, moest soms van dit streven worden afgeweken. Wanneer er op een locatie op een gegeven moment te weinig water stond, kon daar geen meting meer uitgevoerd worden en is er uitgeweken naar een andere locatie.

Uit de tabel valt onder andere op te maken, dat de tijdsgemiddelde snelheid in alle meetpunten voor alle proeven zeewaarts gericht is. In de Figuren 3.27 tot en met 3.33 is de gemiddelde snelheid uitgezet tegen de hoogte ten opzichte van de bodem voor de proeven T01 en T12. Het is belangrijk hierbij op te merken dat de gemiddelde snelheid net boven de bodem als eerste bepaald is, de gemiddelde snelheid net onder het golfdal als tweede en de gemiddelde snelheid halverwege de waterkolom als laatste (zie Paragraaf 2.3.3). Tussen het

begin van de eerste meting en het eind van de derde meting zit dus ruim 30 minuten. Het tijdstip dat bij lijnen in de figuren vermeld is, is het begintijdstip van de meting net boven de bodem weergegeven in uren, minuten en seconden (bijvoorbeeld: 2:07:00 komt overeen met 2 uur, 7 minuten en 0 seconden).

Enkele snelheidsmetingen van proef T01 kunnen vergeleken worden met metingen in WL | Delft Hydraulics (1985). Echter, het aantal snelheidsmetingen dat vergeleken kan worden, is beperkt door verschillen in meetlocaties, hoogtes en tijdstippen. In de proeven in WL | Delft Hydraulics (1985) ligt de kruin van het initiële profiel op 46.20 m van het golfschot. Bij proef T01 in onderhavig onderzoek ligt de kruin op 45.20 m van het golfschot. Er dient dus 1 m bij de locatie van proef T01 te worden opgeteld om een vergelijkbare locatie met de proeven in WL | Delft Hydraulics (1985) te vinden.

De resulterende snelheden en de gemiddelde snelheden zouden met elkaar vergeleken kunnen worden. Echter, in onderhavig onderzoek blijkt de gemiddelde snelheid te allen tijde zeewaarts gericht te zijn, terwijl in WL | Delft Hydraulics (1985) de resulterende snelheid ook regelmatig landwaarts gericht is. Waarschijnlijk komt de in WL | Delft Hydraulics (1985) gehanteerde definitie voor de resulterende snelheid, niet overeen met de gemiddelde snelheid in onderhavig onderzoek. Het grote verschil in meetduur (ongeveer 2.5 minuut in WL | Delft Hydraulics (1985), tegenover 10 minuten in onderhavig onderzoek) heeft waarschijnlijk invloed op de resulterende snelheid en de tijdsgemiddelde snelheid.

Ook de standaarddeviaties van de snelheden zouden met elkaar vergeleken kunnen worden. In Tabel 3.5 zijn die metingen die vergeleken kunnen worden verzameld. De standaarddeviatie van de snelheid in proef T01 is telkens iets kleiner, dan in de vergelijkbare proeven in WL | Delft Hydraulics (1985). Mogelijke oorzaken voor de geconstateerde verschillen zijn:

- De snelheidsmetingen zijn toentertijd uitgevoerd met behulp van een akoestische zandtransportmeter, terwijl voor onderhavig onderzoek gebruik is gemaakt van elektromagnetische snelheidsmeters.
- De meetduur was toentertijd ongeveer 2.5 minuut, terwijl in onderhavig onderzoek telkens 10 minuten gemeten is, wat geresulteerd heeft in meer meetgegevens per meting. In 10 minuten is de waterdiepte waarschijnlijk meer veranderd, dan in 2.5 minuut. Die verandering heeft invloed op de snelheid.

3.4 Sedimentconcentratie

In de Figuren 3.34 tot en met 3.54 zijn de sedimentconcentraties weergegeven. De sedimentconcentratie metingen zijn uitgezet in grafieken met een enkellogaritmische schaalverdeling. De concentraties die in een proef op dezelfde locatie gemeten zijn, zijn in één grafiek verzameld. De meetpunten zijn onderling verbonden met rechte lijnen. Het tijdstip dat bij de lijnen in de figuren vermeld is, is het begintijdstip van de meting weergegeven in uren, minuten en seconden (bijvoorbeeld: 2:07:00 komt overeen met 2 uur, 7 minuten en 0 seconden). In Tabel 3.6 is een overzicht gegeven van alle figuren.

Tijdens de proeven zoog de pomp die leidde naar de tweede afzuigbuis vanaf de bodem soms lucht aan en viel daardoor uit. Voordat de pomp weer sediment-watermengsel vanuit

de Scheldegoot naar de emmer transporteerde, moest er eerst water in de andere richting gepompt worden om de slangen te vullen. Bij metingen waar dit meer dan één keer voorkwam, bleek het resultaat laag uit te vallen ten opzichte van de metingen in de andere afzuigbuizen. Wanneer er meer dan één keer teruggepompt moest worden, is het resultaat niet meegenomen en ook dus niet weergegeven in de figuren. Dit is het geval in de Figuren 3.36, 3.40, 3.43, 3.47, 3.50 en 3.53.

Bij de uitvoering van de sedimentconcentratiemetingen is ernaar gestreefd om tijdens de verschillende proeven zoveel mogelijk op dezelfde tijdstippen op dezelfde locaties te meten. Echter, doordat de vermindering van de waterstand nabij het duin bij de ene proef sneller tot stand kwam dan bij de andere proef, moest soms van dit streven worden afgeweken. Wanneer er op een locatie op een gegeven moment te weinig water stond, kon daar geen meting meer uitgevoerd worden en is er uitgeweken naar een andere locatie.

Uit de figuren valt het volgende op te maken:

- Het aantal meetpunten in de verticaal is kleiner naarmate de locatie dichterbij het duin ligt. Dit hangt samen met de afnemende waterdiepte in de richting van het duin.
- De gemeten sedimentconcentraties zijn hoger, naarmate de meetlocatie dichterbij het duin ligt.
- De vorm van de sedimentconcentratiecurves blijkt op de verschillende meetlocaties redelijk in overeenstemming te zijn met de vorm van de curves in WL | Delft Hydraulics (1985). De concentratiecurves op de locaties dichterbij het duin hebben ongeveer de vorm van een rechte lijn in een grafiek met een enkellogaritmische schaalverdeling, zie bijvoorbeeld Figuur 3.37. Verder van het duin af vertonen de concentratiecurves juist een mooie kromming in een dergelijke grafiek, zie bijvoorbeeld Figuren 3.34.
- Het tijdstip waarop de metingen zijn uitgevoerd lijkt vrijwel geen invloed te hebben op de hoeveelheid sediment. Dat wil zeggen dat metingen die op dezelfde locatie zijn uitgevoerd, maar op een ander tijdstip vrijwel dezelfde resultaten geven.

Enkele concentratiemetingen van proef T01 kunnen vergeleken worden met metingen in WL | Delft Hydraulics (1985). Het aantal metingen dat vergeleken kan worden is beperkt, aangezien er in de meeste gevallen op verschillende tijdstippen en/of locaties gemeten is.

Zoals in Paragraaf 3.3 beschreven is, dient 1 m bij de locatie van proef T01 opgeteld te worden om een vergelijkbare locatie met de proeven in WL | Delft Hydraulics (1985) te vinden. Er zijn geen metingen die in locatie en tijdstip exact overeenkomen. Om toch enigszins te kunnen vergelijken is er gezocht naar enkele metingen die in locatie en tijdstip zo dicht mogelijk bij elkaar liggen. In Tabel 3.7 zijn de vergelijkbare metingen weergegeven. De relatieve verschillen tussen de concentraties zijn in alle gevallen over de verticaal redelijk constant. Om die reden is het mogelijk om de verschillen tussen de gemeten sedimentconcentraties in beide proeven uit te drukken met één factor, zoals in Tabel 3.7 is aangegeven.

Uit de tabel blijkt dat de sedimentconcentratie gemeten in proef T01 in onderhavig onderzoek maximaal 2 keer groter is, dan in de vergelijkbare proeven in WL | Delft Hydraulics (1985) en soms gelijk is aan de proeven in WL | Delft Hydraulics (1985). Voor de vergeleken proeven kan gesteld worden, dat het verschil in sedimentconcentraties tussen

de vergelijkbare proeven gering is. Mogelijke oorzaken voor de geconstateerde verschillen zijn:

- De meetlocaties liggen bij proef T01 in onderhavig onderzoek dichter bij het duin. Bij het onderling vergelijken van alle metingen in onderhavig onderzoek is naar voren gekomen, dat hoe dichter bij het duin gemeten is, hoe hoger de sedimentconcentraties zijn.
- De tijdstippen waarop gemeten is komen niet overeen. Uit onderhavig onderzoek is geen duidelijke invloed geconstateerd van het tijdstip van meten op de sedimentconcentratie.
- Er zijn zeer waarschijnlijk andere factoren toegepast bij de bepaling van de sedimentconcentratie op basis van de afgezogen hoeveelheid sediment-watmengsel. In Paragraaf 2.3.4 is beschreven welke factoren in onderhavig onderzoek toegepast zijn. In WL | Delft Hydraulics (1985) is dit niet beschreven.
- De meetduur verschilt bij de vergeleken proeven. De meetduur in proef T01 in onderhavig onderzoek is 3 tot 4 keer groter, dan in de proeven in WL | Delft Hydraulics (1985). Bij een grotere meetduur wordt er over meer golven gemiddeld, zodat een betrouwbaarder resultaat wordt verkregen.
- De temperatuur verschilt enigszins bij de vergeleken proeven, zie Tabel 3.9. Bij proef T01 in onderhavig onderzoek varieert de temperatuur van 15.5 °C tot 16.3 °C. In WL | Delft Hydraulics (1985) varieert de temperatuur bij proef T19 van 12.2 °C tot 13.2 °C, bij proef T16 van 14.6 °C tot 15.7 °C en bij proef T17 van 13.5 °C tot 15.7 °C.

3.5 Korrelverdeling

In Tabel 3.8 is voor elk sedimentmonster uit het bodemmateriaal de D_{10} , de D_{50} en de D_{90} weergegeven. In de Figuren 3.55 tot en met 3.60 zijn de zeefkrommen weergegeven. De gemiddelde waarde en de standaard deviatie van de D_{50} zijn respectievelijk 93 μm en 6 μm .

Zowel uit de tabel als uit de figuren blijkt geen duidelijke invloed van het tijdstip of de locatie waar een sedimentmonster genomen is op de korrelverdeling.

In WL | Delft Hydraulics (1982) zijn de korrelgroottes weergegeven van de sedimentmonsters uit het bodemmateriaal die voor en na elke proef op een tiental locaties genomen werden. Er zijn toentertijd geen significante verschillen vastgesteld in D_{50} voor en na een proef. De gemiddelde waarde van de D_{50} bedroeg ongeveer 105 μm .

3.6 Temperatuur

De gemeten temperaturen zijn weergegeven in Tabel 3.9. Deze varieert van 13.0 °C in proef T11 tot 16.3 °C in proef T01.

3.7 Valsnelheid

Uit 4 sedimentmonsters uit het bodemmateriaal is sediment gehaald om 7 valsnelheidsverdelingen te bepalen:

- Er zijn 2 verdelingen bepaald op basis van het monster dat genomen is bij proef T01 op 35 m van het golfschot voor aanvang van de proef.
- Er zijn 2 verdelingen bepaald op basis van het monster dat genomen is bij proef T01 op 35 m van het golfschot na 3 uur modeltijd.
- Er is 1 verdeling bepaald op basis van het monster dat genomen is bij proef T01 op 35 m van het golfschot na 6 uur modeltijd.
- Er zijn 2 verdelingen bepaald op basis van het monster dat genomen is bij proef T02 op 41 m van het golfschot voor aanvang van de proef.

In Figuur 3.61 zijn deze valsnelheidsverdelingen verzameld. De temperatuur van het water tijdens de valsnelheidsmetingen bedroeg ongeveer 15.5 °C.

4 Conclusies

Deze studie heeft als doel inzicht te krijgen in de invloed van de golfperiode op de mate van duinafslag. Daartoe is kleinschalig, fysisch modelonderzoek uitgevoerd. De resultaten van dit onderzoek zijn in het voorliggende meetverslag gerapporteerd. Dit meetverslag beperkt zich tot een beschrijving van het proevenprogramma, van de meetmethodes en van de resultaten op modelschaal. In een vervolgonderzoek dienen de resultaten nader geanalyseerd te worden.

Er zijn zeven proeven (inclusief een extra herhalingsproef) uitgevoerd in de Scheldegoot van WL | Delft Hydraulics met twee verschillende diepteschaalen. Er zijn profiel-, stroomsnelheids-, sedimentconcentratie- en golfhoogtemetingen uitgevoerd. Tevens zijn de korrelverdeling en de valsnelheid van verschillende sedimentmonsters bepaald.

De resultaten van deze metingen zijn op modelschaal weergegeven en beknopt toegelicht in voorliggend meetverslag. Om de verdere analyse van de resultaten te vergemakkelijken is een CD met de resultaten bijgesloten bij dit rapport.

In het proevenprogramma is voorzien in een proef met dezelfde golfcondities als de proeven die beschreven zijn in WL | Delft Hydraulics (1982 en 1985). Het duinafslagvolume in deze proef wijkt ongeveer 10 % af van de duinafslagvolumes in vergelijkbare proeven in WL | Delft Hydraulics (1982 en 1985). De resultaten van de sedimentconcentratiemetingen verschillen maximaal een factor 2.

Zowel bij de 4 proeven uitgevoerd in de serie met een diepteschaal $n_d = 30$, als bij de 3 proeven in de serie met een diepteschaal $n_d = 40$ is het volgende geconstateerd:

- De proef met de grootste piek-golfperiode, vertoont de grootste teruggang van het duinfront. De proef met de kleinste piek-golfperiode, vertoont de kleinste teruggang van het duinfront. (Zie Figuur 3.1 tot en met Figuur 3.14.)
- De proef met de grootste piek-golfperiode, vertoont het grootste duinafslagvolume. Bij de proeven uitgevoerd met een diepteschaal $n_d = 30$, neemt de piek-golfperiode toe met 42 % van $T_p = 10.0$ s (prototype) tot $T_p = 14.2$ s en het duinafslagvolume met ongeveer 25 %. Bij de proeven uitgevoerd met een diepteschaal $n_d = 40$, neemt de piek-golfperiode toe met ongeveer 34 % van $T_p = 14.2$ s tot $T_p = 19.0$ s en het duinafslagvolume met ongeveer 18 %. (Zie Tabel 3.2 en Figuur 3.22)

Literatuur

Bosman, J.J., E.T.J.M. van der Velden en C.H. Hulsbergen (1987), *Sediment concentration measurement by transverse suction*. Journal of Coastal Engineering, Vol. 11, pp. 353-370.

Rijkswaterstaat / RWS (2002), *Hydraulische randvoorwaarden voor primaire waterkeringen*.

Rijn, L.C. van (1993), *Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal seas*. Aqua Publications, Amsterdam.

Steetzel, H.J. (2002), *Effect van zwaardere golfcondities op duinenkust. Verkenning effect grotere golfhoogte en langere golfperiode op mate duinafslag en veiligheid duinenkust*. Alkyon Rapport nr A963R1.

Steetzel, H.J. en J. van de Graaff (2003), *Modelonderzoek duinafslag, Definitie proevenprogramma*. Alkyon Rapport nr A1112R1.

Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen / TAW (1984), *Leidraad voor de beoordeling van de veiligheid van duinen als waterkering*.

WL | Delft Hydraulics (1982), *Systematisch onderzoek naar kenmerkende factoren voor duinafslag*. Rapport nr 1819 deel I.

WL | Delft Hydraulics (1984), *Schaalserie duinafslag, proeven op grote schaal in de Deltagoot*. Rapport nr 1263 deel IIIa.

WL | Delft Hydraulics (1985), *Dwarstransportproces tijdens duinafslag*. Rapport nr 1263 deel V.

Tabellen

Proef	Prototype		Model						
	diep water		schaal	waterdiepte ¹	diep water		nabij golfschot		GHM 5
	T_p (s)	H_{m0} (m)	n_d (-)	(m)	T_p (s)	H_{m0} (m)	T_p (s)	H_{m0} (m)	H_{m0} (m)
T01	12.0	9.00	30	0.700	2.19	0.300	2.19	0.280	0.186
T02	14.2	9.00			2.59	0.300	2.59	0.290	0.199
T02a	14.2	9.00			2.59	0.300	2.59	0.290	0.199
T03	10.0	9.00			1.83	0.300	1.83	0.255	0.170
T11	14.2	9.00	40	0.700	2.25	0.225	2.25	0.225	0.149
T12	19.0	9.00			3.00	0.225	3.00	0.225	0.163
T13	16.4	9.00			2.59	0.225	2.59	0.225	0.157

Tabel 2.1 Overzicht proevenprogramma met gewenste golfcondities en waterstand (¹ Nabij golfschot.)

Proef	Locatie (m) ten opzichte van golfschot					
	*GHM 1	GHM 2	GHM 3	GHM 4	GHM 5	GHM 6
T01, T02 en T03	8.70	9.39	9.85	21.28	31.99	37.63
T02a	2.09	3.00	3.61	21.28	31.99	37.63
T11, T12 en T13	2.09	3.00	3.61	26.79	34.82	39.02

Tabel 2.2 Locatie (m) ten opzichte van het golfschot waarop golfhoogtemetingen zijn uitgevoerd (*GHM = golfhoogtemeter)

Proef	Locatie (m) ten opzichte van golfschot			
	1	2	3	4
T01, T02, T02a en T03	39.13	40.52	41.91	43.30
T11, T12 en T13	40.18	41.22	42.26	43.30

Tabel 2.3 Locatie (m) ten opzichte van het golfschot waarop snelheids- en concentratiemetingen zijn uitgevoerd

Maatcilinder	Inwendige diameter (cm)	γ (g/cm ³)
1	2.58	1.23
2	1.60	1.26
3	1.60	1.26
4	1.01	1.36
5	0.80	1.37

Tabel 2.4 Gemiddelde verhouding γ in de gebruikte maatcilinders

Proef	Afgestoken overhang (m ³ /m ¹)
T01	-
T02	-
T02a	0.015
T03	0.006
T11	0.005
T12	0.002
T13	0.005

Tabel 3.1 Volume van de afgestoken 'overhang' (m³/m¹) aan het einde van een proef

Proef	T_p (s) ¹	Duinafslag (m ³ /m ¹)					Toename (%)
		na 0.10 uur	na 0.30 uur	na 1.00 uur	na 3.00 uur	na 6.00 uur	
T03	1.83	0.031	0.048	0.149	0.246	0.337 (0.347)	0.0
T01	2.19	0.034	0.061	0.171	0.289	0.394 (-)	16.9
T02	2.59	0.033	0.061	0.193	0.328	0.419 (-)	24.3
T02a	2.59	-	-	-	0.358	0.431 (0.452)	27.8
T11	2.25	0.039	0.062	0.108	0.166	0.221 (0.229)	0.0
T13	2.59	0.035	0.054	0.126	0.185 (0.190)	-	11.4
T12	3.00	0.034	0.051	0.127	0.196 (0.198)	-	18.1

Tabel 3.2 Duinafslag (m³/m¹) boven stormvloedpeil na elk tijdvak en procentuele toename van duinafslag ten opzichte van proef met kleinste piek-golfperiode in die serie na 6 uur bij proeven T01, T02, T02a en T03 en na 3 uur bij proeven T11, T12 en T13 (Tussen haken is het volume weergegeven op basis van de extra profielmeting na het afsteken van het overhangende duin. ¹ Op diep water.)

Proef	GHM 1,2,3		GHM 1		GHM 2		GHM 3		GHM 4		GHM 5		GHM 6	
	T_p (s)	H_{m0} (m)	T_p (s)	H_{m0} (m)	T_p (s)	H_{m0} (m)	T_p (s)	H_{m0} (m)	T_p (s)	H_{m0} (m)	T_p (s)	H_{m0} (m)	T_p (s)	H_{m0} (m)
T01A	2.16	0.241	2.18	0.246	2.11	0.245	2.14	0.242	2.52	0.222	2.62	0.192	2.59	0.176
T01B	2.35	0.242	2.33	0.245	2.35	0.244	2.33	0.245	2.50	0.223	2.65	0.193	2.61	0.171
T01C	2.26	0.240	2.25	0.243	2.26	0.241	2.25	0.240	2.42	0.217	2.53	0.186	2.58	0.165
T01D ¹	2.30	0.240	2.28	0.244	2.29	0.241	2.30	0.241	2.43	0.217	2.57	0.185	2.62	0.164
T01E	2.25	0.241	2.24	0.245	2.24	0.242	2.24	0.241	2.39	0.215	2.55	0.183	2.61	0.163
T02A	2.79	0.254	3.01	0.258	2.88	0.261	2.84	0.263	2.99	0.233	2.98	0.208	3.07	0.173
T02B	2.67	0.260	2.73	0.266	2.74	0.262	2.77	0.258	2.90	0.230	3.01	0.202	3.69	0.174
T02C ²	2.66	0.259	2.66	0.264	2.63	0.259	2.64	0.257	2.78	0.227	2.94	0.197	3.69	0.171
T02D	2.67	0.260	2.66	0.264	2.67	0.259	2.68	0.257	2.75	0.228	2.95	0.194	3.36	0.167
T02E	2.67	0.260	2.67	0.263	2.65	0.260	2.66	0.258	2.75	0.225	2.96	0.190	3.22	0.164
T02aA ³	2.65	0.277	2.64	0.283	2.64	0.281	2.65	0.281	2.76	0.226	2.95	0.195	3.32	0.166
T02aB ³	2.66	0.270	2.65	0.276	2.66	0.274	2.68	0.274	2.77	0.222	3.05	0.190	4.06	0.162
T03A	1.88	0.212	1.76	0.215	1.92	0.213	1.91	0.221	1.93	0.200	2.21	0.187	2.34	0.166
T03B	1.83	0.210	1.82	0.213	1.81	0.213	1.82	0.212	2.03	0.197	2.14	0.179	2.24	0.162
T03C	1.84	0.211	1.80	0.214	1.81	0.213	1.83	0.212	2.02	0.193	2.06	0.173	2.10	0.157
T03D	1.88	0.210	1.85	0.213	1.86	0.212	1.87	0.211	1.97	0.193	2.07	0.171	2.11	0.156
T03E	1.87	0.211	1.85	0.214	1.86	0.212	1.87	0.212	1.97	0.193	2.07	0.168	2.11	0.156
T11A	2.30	0.228	2.30	0.230	2.29	0.236	2.32	0.238	2.47	0.189	2.81	0.160	9.32	0.139
T11B	2.18	0.223	2.17	0.227	2.18	0.227	2.18	0.228	2.59	0.179	2.53	0.154	4.65	0.133
T11C	2.23	0.220	2.22	0.223	2.21	0.223	2.23	0.223	2.56	0.177	2.53	0.148	3.22	0.129
T11D	2.21	0.218	2.20	0.221	2.21	0.220	2.21	0.221	2.54	0.173	2.51	0.144	3.17	0.126
T11E	2.22	0.218	2.22	0.221	2.22	0.220	2.22	0.220	2.52	0.170	2.54	0.142	3.05	0.127
T12A	2.81	0.235	2.82	0.240	2.81	0.242	2.80	0.244	2.91	0.194	12.12	0.164	9.27	0.141
T12B	2.90	0.226	2.90	0.231	2.89	0.229	2.89	0.230	3.29	0.187	4.08	0.153	9.08	0.130
T12C	2.94	0.224	2.94	0.227	2.93	0.228	2.94	0.229	3.26	0.182	3.84	0.150	9.65	0.127
T12D	2.94	0.223	2.92	0.226	2.93	0.226	2.96	0.227	3.19	0.180	3.58	0.147	10.04	0.127
T13A	2.56	0.235	2.55	0.246	2.57	0.237	2.57	0.241	2.69	0.189	8.02	0.159	9.65	0.145
T13B	2.63	0.227	2.62	0.232	2.62	0.230	2.63	0.230	2.89	0.184	3.47	0.153	9.50	0.136
T13C	2.55	0.224	2.56	0.228	2.55	0.227	2.54	0.227	2.82	0.181	2.87	0.148	9.70	0.131
T13D	2.58	0.222	2.58	0.225	2.57	0.226	2.57	0.225	2.82	0.179	2.81	0.146	9.95	0.129

Tabel 3.3 Gerealiseerde golfcondities (¹ Na 47 minuten in tijdvak D kon de golfmachine niet voldoen aan het gestuurde signaal en sloeg af. De machine is opnieuw opgestart met een aangepast stuursignaal. De golfcondities zijn gebaseerd op de eerste 47 minuten. ² Na 34 minuten in tijdvak C kon de golfmachine niet voldoen aan het gestuurde signaal en sloeg af. De machine is opnieuw opgestart met een aangepast stuursignaal. De golfcondities zijn gebaseerd op de eerste 34 minuten. ³ Bij proef T02a is sprake van slechts 2 tijdvakken van 3 uur elk.)

Proef	Tijdstip (h:mm)	Locatie (m) tov golfschot	Hoogte (m) tov bodem	u_{min} (m/s)	u_{max} (m/s)	u_{stdev} (m/s)	u_{gem} (m/s)
T01B	0:07	39.13	0.020	-0.673	0.579	0.204	-0.061
T01B	0:07	40.52	0.020	-0.693	0.849	0.211	-0.076
T01C	0:19	39.13	0.160	-0.594	0.681	0.206	-0.044
T01C	0:19	40.52	0.135	-0.666	0.721	0.214	-0.053
T01C	0:31	39.13	0.090	-0.495	0.561	0.195	-0.058
T01C	0:31	40.52	0.085	-0.599	0.590	0.205	-0.060
T01D	1:01	40.52	0.020	-0.683	0.645	0.211	-0.070
T01D	1:01	41.91	0.020	-0.717	0.905	0.235	-0.080
T01D	1:13	40.52	0.135	-0.664	0.670	0.212	-0.043
T01D	1:13	41.91	0.070	-0.756	0.692	0.229	-0.077
T01D	1:25	40.52	0.070	-0.523	0.640	0.206	-0.066
T01D	1:25	41.91	0.040	-0.704	0.766	0.221	-0.084
T01D ¹	1:43	41.91	0.020	-0.857	0.689	0.224	-0.069
T01D ¹	1:43	43.30	0.020	-0.666	1.111	0.223	-0.080
T01D	1:55	41.91	0.060	-0.709	0.821	0.228	-0.079
T01D	1:55	43.30	0.020	-0.820	1.159	0.232	-0.080
T01D	2:07	41.91	0.035	-1.250	0.673	0.228	-0.095
T01D	2:07	43.30	0.015	-0.769	0.987	0.222	-0.084
T01D	2:25	40.52	0.020	-0.520	0.595	0.217	-0.067
T01D	2:25	39.13	0.020	-0.476	0.756	0.193	-0.041
T01D	2:37	40.52	0.125	-0.717	0.721	0.211	-0.055
T01D	2:37	39.13	0.155	-0.510	0.589	0.198	-0.035
T01D	2:49	40.52	0.070	-0.571	0.595	0.207	-0.082
T01D	2:49	39.13	0.080	-0.518	0.638	0.200	-0.053
T01E	3:01	41.91	0.020	-0.675	0.706	0.223	-0.085
T01E	3:01	40.52	0.020	-0.739	0.638	0.216	-0.067
T01E	3:13	41.91	0.050	-1.031	0.640	0.219	-0.088

Tabel 3.4 Gemeten snelheden (¹ Na 34 minuten in tijdvak D kon de golfmachine niet voldoen aan het gestuurde signaal en sloeg af. De machine is opnieuw opgestart met een aangepast stuursignaal. De snelheden zijn gebaseerd op de eerste 6 minuten van deze snelheidsmeting. ² Bij proef T02a is sprake van slechts 2 tijdvakken van 3 uur elk.)

Vervolg Tabel 3.4

Proef	Tijdstip (h:mm)	Locatie (m) tov golfshot	Hoogte (m) tov bodem	u_{min} (m/s)	u_{max} (m/s)	u_{stdev} (m/s)	u_{gem} (m/s)
T01E	3:13	40.52	0.105	-0.579	0.616	0.220	-0.061
T01E	3:25	41.91	0.035	-0.701	0.618	0.210	-0.089
T01E	3:25	40.52	0.065	-0.573	0.640	0.210	-0.069
T01E	4:13	39.13	0.020	-0.587	0.583	0.205	-0.068
T01E	4:13	41.91	0.020	-0.632	0.626	0.205	-0.073
T01E	4:25	39.13	0.135	-0.491	0.607	0.204	-0.051
T01E	4:25	41.91	0.065	-0.638	0.826	0.197	-0.081
T01E	4:37	39.13	0.080	-0.562	0.614	0.202	-0.069
T01E	4:37	41.91	0.040	-0.864	0.784	0.210	-0.081
T01E	5:25	40.52	0.020	-0.621	0.968	0.215	-0.078
T01E	5:25	39.13	0.020	-0.521	0.585	0.209	-0.050
T01E	5:37	40.52	0.105	-0.704	0.815	0.208	-0.067
T01E	5:37	39.13	0.135	-0.577	0.656	0.205	-0.042
T01E	5:49	40.52	0.070	-0.638	0.617	0.207	-0.081
T01E	5:49	39.13	0.080	-0.559	0.648	0.203	-0.067
T02B	0:07	39.13	0.020	-0.593	0.634	0.200	-0.087
T02B	0:07	40.52	0.020	-0.726	0.677	0.213	-0.066
T02C	0:19	39.13	0.155	-0.571	0.726	0.205	-0.069
T02C	0:19	40.52	0.135	-0.722	0.902	0.215	-0.024
T02C	0:31	39.13	0.090	-0.671	0.574	0.199	-0.080
T02C	0:31	40.52	0.070	-0.760	0.777	0.209	-0.053
T02D	1:01	40.52	0.020	-1.079	0.728	0.217	-0.085
T02D	1:01	41.91	0.020	-0.962	0.841	0.252	-0.078
T02D	1:13	40.52	0.145	-0.649	0.701	0.217	-0.067
T02D	1:13	41.91	0.055	-0.855	0.816	0.257	-0.071
T02D	1:25	40.52	0.075	-0.643	0.671	0.212	-0.084
T02D	1:25	41.91	0.035	-0.920	0.904	0.257	-0.077
T02D	1:43	39.13	0.020	-0.620	0.625	0.210	-0.076
T02D	1:43	40.52	0.020	-0.524	0.654	0.213	-0.055
T02D	1:55	39.13	0.160	-0.566	0.677	0.204	-0.063
T02D	1:55	40.52	0.120	-0.560	0.940	0.218	-0.033

Vervolg Tabel 3.4

Proef	Tijdstip (h:mm)	Locatie (m) tov golfshot	Hoogte (m) tov bodem	u_{min} (m/s)	u_{max} (m/s)	u_{stdev} (m/s)	u_{gem} (m/s)
T02D	2:07	39.13	0.095	-0.599	0.721	0.203	-0.083
T02D	2:07	40.52	0.075	-0.590	0.752	0.213	-0.060
T02D	2:25	40.52	0.020	-0.844	0.953	0.218	-0.080
T02D	2:25	39.13	0.020	-0.581	0.650	0.203	-0.050
T02D	2:37	40.52	0.125	-0.623	0.782	0.224	-0.065
T02D	2:37	39.13	0.160	-0.528	0.741	0.200	-0.037
T02D	2:49	40.52	0.075	-0.648	0.692	0.221	-0.074
T02D	2:49	39.13	0.090	-0.568	0.687	0.205	-0.045
T02E	3:01	39.13	0.020	-0.543	0.771	0.204	-0.056
T02E	3:01	41.91	0.020	-0.997	1.216	0.273	-0.095
T02E	3:13	39.13	0.155	-0.548	0.655	0.210	-0.054
T02E	3:13	41.91	0.040	-1.013	0.825	0.264	-0.092
T02E	3:25	39.13	0.080	-0.561	0.648	0.201	-0.058
T02E	3:25	41.91	0.025	-0.984	0.877	0.279	-0.104
T02E	4:13	41.91	0.020	-0.929	1.191	0.278	-0.099
T02E	4:13	40.52	0.020	-0.584	0.750	0.221	-0.067
T02E	4:25	41.91	0.035	-0.893	1.185	0.274	-0.103
T02E	4:25	40.52	0.115	-0.604	0.761	0.218	-0.056
T02E	4:37	41.91	0.030	-1.037	0.846	0.278	-0.103
T02E	4:37	40.52	0.060	-0.731	0.706	0.215	-0.070
T02E	5:25	40.52	0.020	-0.650	0.644	0.221	-0.062
T02E	5:25	39.13	0.020	-0.577	0.610	0.206	-0.057
T02E	5:37	40.52	0.115	-0.788	0.770	0.225	-0.052
T02E	5:37	39.13	0.155	-0.540	0.745	0.206	-0.048
T02E	5:49	40.52	0.050	-0.656	0.678	0.219	-0.060
T02E	5:49	39.13	0.090	-0.590	0.604	0.206	-0.062
T02aA ²	0:07	39.13	0.020	-0.584	0.664	0.203	-0.068
T02aA	0:07	40.52	0.020	-0.749	0.662	0.214	-0.071
T02aA	0:19	39.13	0.180	-0.522	0.753	0.209	-0.045
T02aA	0:19	40.52	0.135	-0.659	0.760	0.215	-0.044
T02aA	0:31	39.13	0.095	-0.567	0.676	0.197	-0.072
T02aA	0:31	40.52	0.070	-0.609	0.723	0.211	-0.067

Vervolg Tabel 3.4

Proef	Tijdstip (h:mm)	Locatie (m) tov golfschot	Hoogte (m) tov bodem	u_{min} (m/s)	u_{max} (m/s)	u_{stdev} (m/s)	u_{gem} (m/s)
T02aA	1:01	40.52	0.020	-0.621	0.750	0.217	-0.075
T02aA	1:01	41.91	0.020	-0.819	1.170	0.250	-0.081
T02aA	1:13	40.52	0.125	-0.658	0.671	0.218	-0.054
T02aA	1:13	41.91	0.055	-0.803	0.861	0.247	-0.087
T02aA	1:25	40.52	0.072	-0.639	0.625	0.212	-0.070
T02aA	1:25	41.91	0.030	-0.891	0.748	0.251	-0.090
T02aA	1:43	41.91	0.020	-0.924	0.770	0.243	-0.085
T02aA	1:43	43.30	0.020	-1.008	0.787	0.249	-0.096
T02aA	1:55	41.91	0.050	-0.962	0.864	0.267	-0.096
T02aA	1:55	43.30	0.015	-1.068	0.817	0.259	-0.107
T02aA	2:07	41.91	0.030	-1.003	0.869	0.264	-0.100
T02aA	2:07	43.30	0.015	-0.896	0.915	0.255	-0.107
T02aA	2:25	40.52	0.020	-0.645	0.648	0.214	-0.074
T02aA	2:25	39.13	0.020	-0.697	0.599	0.204	-0.067
T02aA	2:37	40.52	0.120	-0.581	0.786	0.224	-0.068
T02aA	2:37	39.13	0.160	-0.548	0.725	0.208	-0.058
T02aA	2:49	40.52	0.065	-0.582	0.651	0.216	-0.076
T02aA	2:49	39.13	0.085	-0.540	0.607	0.197	-0.071
T02aB ²	3:01	41.91	0.020	-0.962	0.881	0.272	-0.096
T02aB	3:01	40.52	0.020	-0.767	0.694	0.229	-0.065
T02aB	3:13	41.91	0.045	-0.936	0.865	0.265	-0.096
T02aB	3:13	40.52	0.105	-0.802	0.815	0.227	-0.055
T02aB	3:25	41.91	0.035	-0.958	1.012	0.271	-0.096
T02aB	3:25	40.52	0.060	-0.695	0.838	0.227	-0.064
T02aB	4:13	43.30	0.020	-0.877	0.827	0.257	-0.091
T02aB	4:13	41.91	0.020	-0.913	0.995	0.250	-0.092
T02aB	4:25	43.30	0.020	-0.879	0.894	0.266	-0.095
T02aB	4:25	41.91	0.035	-0.911	0.865	0.273	-0.089
T02aB	4:37	43.30	0.020	-0.859	0.826	0.258	-0.091
T02aB	4:37	41.91	0.030	-0.924	0.887	0.260	-0.092
T02aB	5:25	40.52	0.020	-0.860	0.802	0.235	-0.068
T02aB	5:25	39.13	0.020	-0.618	0.690	0.205	-0.045

Vervolg Tabel 3.4

Proef	Tijdstip (h:mm)	Locatie (m) tov golfschot	Hoogte (m) tov bodem	u_{min} (m/s)	u_{max} (m/s)	u_{stdev} (m/s)	u_{gem} (m/s)
T02aB	5:37	40.52	0.105	-0.789	0.784	0.239	-0.063
T02aB	5:37	39.13	0.150	-0.668	0.734	0.212	-0.043
T02aB	5:49	40.52	0.057	-0.925	0.679	0.234	-0.070
T02aB	5:49	39.13	0.085	-0.626	0.672	0.206	-0.044
T03B	0:07	39.13	0.020	-0.515	0.510	0.189	-0.047
T03B	0:07	40.52	0.020	-0.592	0.932	0.204	-0.060
T03C	0:19	39.13	0.170	-0.499	0.584	0.199	-0.034
T03C	0:19	40.52	0.135	-0.529	0.634	0.205	-0.040
T03C	0:31	39.13	0.095	-0.473	0.447	0.180	-0.043
T03C	0:31	40.52	0.075	-0.515	0.520	0.193	-0.055
T03D	1:01	40.52	0.020	-0.609	0.533	0.203	-0.050
T03D	1:01	41.91	0.020	-0.639	0.578	0.208	-0.075
T03D	1:13	40.52	0.125	-0.516	0.642	0.202	-0.042
T03D	1:13	41.91	0.075	-0.695	0.916	0.194	-0.062
T03D	1:25	40.52	0.065	-0.594	0.571	0.199	-0.055
T03D	1:25	41.91	0.050	-0.993	0.612	0.199	-0.070
T03D	1:43	41.91	0.020	-1.483	0.880	0.206	-0.065
T03D	1:43	43.30	0.020	-0.726	0.650	0.203	-0.079
T03D	1:55	41.91	0.065	-0.650	0.694	0.195	-0.065
T03D	1:55	43.30	0.025	-0.755	0.759	0.199	-0.075
T03D	2:07	41.91	0.040	-0.643	0.645	0.199	-0.070
T03D	2:07	43.30	0.020	-0.795	0.690	0.201	-0.065
T03D	2:25	40.52	0.020	-0.539	0.574	0.204	-0.056
T03D	2:25	39.13	0.020	-0.559	0.849	0.189	-0.049
T03D	2:37	40.52	0.105	-0.500	0.576	0.207	-0.052
T03D	2:37	39.13	0.150	-0.440	0.500	0.196	-0.043
T03D	2:49	40.52	0.050	-0.604	0.571	0.207	-0.059
T03D	2:49	39.13	0.080	-0.557	0.472	0.189	-0.061
T03E	3:01	41.91	0.020	-0.610	0.571	0.192	-0.078
T03E	3:01	40.52	0.020	-0.513	0.688	0.208	-0.059

Vervolg Tabel 3.4

Proef	Tijdstip (h:mm)	Locatie (m) tov golfshot	Hoogte (m) tov bodem	u_{min} (m/s)	u_{max} (m/s)	u_{stdev} (m/s)	u_{gem} (m/s)
T03E	3:13	41.91	0.060	-0.601	0.596	0.181	-0.068
T03E	3:13	40.52	0.100	-0.603	0.607	0.198	-0.055
T03E	3:25	41.91	0.035	-0.507	0.682	0.179	-0.071
T03E	3:25	40.52	0.060	-0.590	0.566	0.199	-0.072
T03E	4:13	39.13	0.020	-0.478	0.515	0.202	-0.050
T03E	4:13	41.91	0.020	-0.577	0.568	0.173	-0.075
T03E	4:25	39.13	0.125	-0.480	0.546	0.202	-0.047
T03E	4:25	41.91	0.085	-0.557	0.566	0.167	-0.056
T03E	4:37	39.13	0.070	-0.577	0.527	0.197	-0.059
T03E	4:37	41.91	0.050	-0.596	0.556	0.167	-0.073
T03E	5:25	40.52	0.020	-0.549	0.572	0.189	-0.063
T03E	5:25	39.13	0.020	-0.549	0.632	0.201	-0.056
T03E	5:37	40.52	0.100	-0.614	0.648	0.181	-0.060
T03E	5:37	39.13	0.120	-0.566	0.649	0.198	-0.049
T03E	5:49	40.52	0.055	-0.583	0.607	0.185	-0.065
T03E	5:49	39.13	0.070	-0.578	0.538	0.199	-0.066
T11B	0:07	40.18	0.020	-0.611	0.527	0.176	-0.056
T11B	0:07	41.22	0.020	-0.621	0.546	0.190	-0.061
T11C	0:19	40.18	0.165	-0.539	0.633	0.184	-0.030
T11C	0:19	41.22	0.100	-0.620	0.662	0.190	-0.026
T11C	0:31	40.18	0.090	-0.551	0.594	0.174	-0.041
T11C	0:31	41.22	0.060	-0.524	0.570	0.177	-0.045
T11D	1:01	41.22	0.020	-0.622	0.570	0.191	-0.059
T11D	1:01	42.26	0.020	-0.621	0.721	0.214	-0.060
T11D	1:13	41.22	0.105	-0.557	0.627	0.185	-0.030
T11D	1:13	42.26	0.065	-0.690	0.731	0.196	-0.042
T11D	1:25	41.22	0.060	-0.556	0.644	0.180	-0.047
T11D	1:25	42.26	0.033	-0.656	0.649	0.202	-0.061
T11D	1:43	42.26	0.020	-0.744	0.689	0.197	-0.055
T11D	1:43	41.22	0.020	-0.531	0.567	0.180	-0.045
T11D	1:55	42.26	0.060	-0.693	0.655	0.203	-0.059

Vervolg Tabel 3.4

Proef	Tijdstip (h:mm)	Locatie (m) tov golfschot	Hoogte (m) tov bodem	u_{min} (m/s)	u_{max} (m/s)	u_{stdev} (m/s)	u_{gem} (m/s)
T11D	1:55	41.22	0.094	-0.560	0.683	0.183	-0.032
T11D	2:07	42.26	0.040	-0.660	0.698	0.208	-0.063
T11D	2:07	41.22	0.055	-0.595	0.634	0.189	-0.047
T11D	2:25	41.22	0.020	-0.474	0.676	0.183	-0.053
T11D	2:25	40.18	0.020	-0.465	0.589	0.179	-0.046
T11D	2:37	41.22	0.115	-0.588	0.769	0.197	-0.043
T11D	2:37	40.18	0.110	-0.588	0.638	0.185	-0.032
T11D	2:49	41.22	0.065	-0.618	0.562	0.180	-0.054
T11D	2:49	40.18	0.060	-0.533	0.561	0.177	-0.041
T11E	3:01	42.26	0.020	-0.681	0.655	0.210	-0.059
T11E	3:01	41.22	0.020	-0.593	0.566	0.195	-0.053
T11E	3:13	42.26	0.060	-0.639	0.698	0.193	-0.048
T11E	3:13	41.22	0.095	-0.579	0.595	0.181	-0.031
T11E	3:25	42.26	0.040	-0.595	0.668	0.197	-0.058
T11E	3:25	41.22	0.055	-0.579	0.631	0.182	-0.046
T11E	4:13	40.18	0.020	-0.561	0.538	0.183	-0.049
T11E	4:13	42.26	0.020	-0.650	0.643	0.185	-0.058
T11E	4:25	40.18	0.118	-0.633	0.621	0.184	-0.040
T11E	4:25	42.26	0.070	-0.617	0.645	0.187	-0.034
T11E	4:37	40.18	0.065	-0.576	0.567	0.183	-0.053
T11E	4:37	42.26	0.043	-0.639	0.598	0.185	-0.056
T11E	5:25	41.22	0.020	-0.647	0.618	0.183	-0.055
T11E	5:25	40.18	0.020	-0.496	0.570	0.180	-0.048
T11E	5:37	41.22	0.095	-0.658	0.665	0.191	-0.043
T11E	5:37	40.18	0.110	-0.548	0.714	0.184	-0.028
T11E	5:49	41.22	0.055	-0.563	0.665	0.183	-0.056
T11E	5:49	40.18	0.063	-0.587	0.629	0.180	-0.045
T12B	0:07	40.18	0.020	-0.643	0.553	0.187	-0.065
T12B	0:07	41.22	0.020	-0.684	0.576	0.188	-0.062
T12C	0:19	40.18	0.130	-0.653	0.791	0.189	-0.034
T12C	0:19	41.22	0.110	-0.627	0.675	0.187	-0.020

Vervolg Tabel 3.4

Proef	Tijdstip (h:mm)	Locatie (m) tov golfschot	Hoogte (m) tov bodem	u_{min} (m/s)	u_{max} (m/s)	u_{stdev} (m/s)	u_{gem} (m/s)
T12C	0:31	40.18	0.070	-0.556	0.681	0.178	-0.055
T12C	0:31	41.22	0.063	-0.588	0.601	0.182	-0.047
T12D	1:01	41.22	0.020	-0.612	0.637	0.189	-0.060
T12D	1:01	42.26	0.020	-1.123	0.784	0.232	-0.064
T12D	1:13	41.22	0.110	-0.610	0.814	0.187	-0.035
T12D	1:13	42.26	0.045	-0.709	0.853	0.226	-0.057
T12D	1:25	41.22	0.065	-0.542	0.651	0.183	-0.053
T12D	1:25	42.26	0.035	-0.758	0.752	0.232	-0.061
T12D	1:43	42.26	0.020	-0.681	0.879	0.222	-0.067
T12D	1:43	41.22	0.020	-0.505	0.628	0.184	-0.052
T12D	1:55	42.26	0.045	-0.723	0.844	0.232	-0.062
T12D	1:55	41.22	0.105	-0.523	0.658	0.183	-0.030
T12D	2:07	42.26	0.030	-0.808	0.687	0.222	-0.073
T12D	2:07	41.22	0.060	-0.584	0.767	0.179	-0.044
T12D	2:25	41.22	0.020	-0.568	0.601	0.187	-0.057
T12D	2:25	40.18	0.020	-0.570	0.719	0.185	-0.049
T12D	2:37	41.22	0.100	-0.565	0.679	0.194	-0.040
T12D	2:37	40.18	0.120	-0.537	0.722	0.184	-0.020
T12D	2:49	41.22	0.055	-0.556	0.621	0.186	-0.053
T12D	2:49	40.18	0.060	-0.600	0.644	0.183	-0.048
T13B	0:07	40.18	0.020	-0.705	0.676	0.294	-0.064
T13B	0:07	41.22	0.020	-0.606	0.710	0.203	-0.062
T13C	0:19	40.18	0.120	-0.581	0.885	0.197	-0.039
T13C	0:19	41.22	0.090	-0.572	0.770	0.197	-0.028
T13C	0:31	40.18	0.065	-0.574	0.573	0.180	-0.054
T13C	0:31	41.22	0.050	-0.559	0.647	0.187	-0.050
T13D	1:01	41.22	0.020	-0.629	0.739	0.196	-0.041
T13D	1:01	42.26	0.020	-0.704	0.750	0.215	-0.057
T13D	1:13	41.22	0.090	-0.572	0.631	0.190	-0.029
T13D	1:13	42.26	0.055	-0.731	0.781	0.210	-0.046

Vervolg Tabel 3.4

Proef	Tijdstip (h:mm)	Locatie (m) tov golfschot	Hoogte (m) tov bodem	u_{min} (m/s)	u_{max} (m/s)	u_{stdev} (m/s)	u_{gem} (m/s)
T13D	1:25	41.22	0.055	-0.621	0.651	0.193	-0.044
T13D	1:25	42.26	0.035	-0.770	0.706	0.214	-0.056
T13D	1:43	42.26	0.020	-0.712	0.745	0.204	-0.047
T13D	1:43	41.22	0.020	-0.661	0.649	0.188	-0.053
T13D	1:55	42.26	0.060	-0.682	0.877	0.208	-0.045
T13D	1:55	41.22	0.090	-0.551	0.677	0.191	-0.027
T13D	2:07	42.26	0.035	-0.706	0.946	0.212	-0.057
T13D	2:07	41.22	0.055	-0.647	0.700	0.192	-0.053
T13D	2:25	41.22	0.020	-0.647	0.692	0.196	-0.044
T13D	2:25	40.18	0.020	-0.522	0.640	0.181	-0.048
T13D	2:37	41.22	0.090	-0.645	0.788	0.205	-0.028
T13D	2:37	40.18	0.115	-0.643	0.737	0.191	-0.026
T13D	2:49	41.22	0.070	-0.659	0.670	0.187	-0.043
T13D	2:49	40.18	0.050	-0.639	0.562	0.183	-0.045

Onderhavig onderzoek, proef T01				WL Delft Hydraulics (1985) ¹ , proef T16				Verschil factor
Locatie (m) tov golfschot	Begintijdstip (h:mm)	Hoogte (m) tov bodem	u_{stdev} (m/s)	Locatie (m) tov golfschot	Begintijdstip (h:mm)	Hoogte (m) tov bodem	u_{stdev} (m/s)	
41.91	1:01	0.020	0.235	42.87	1:01	0.033	0.267	0.9
	1:13	0.070	0.229		1:13	0.066	0.255	0.9
	1:43	0.020	0.224		1:43	0.033	0.289	0.8

Tabel 3.5 Vergelijkbare snelheidsmetingen van onderhavig onderzoek met metingen in WL | Delft Hydraulics (1985) (¹ Tabel 3 in WL | Delft Hydraulics (1985))

Proef	Locatie (m) t.o.v. golfschot	Begintijdstip (h:mm)	Figuur nr (-)
T01	39.13	2:25	3.27
		2:37	
		5:25	
		5:37	
	40.52	0:07	3.28
		0:19	
		3:01	
		3:13	
	41.91	1:01	3.29
		1:13	
		4:13	
		4:25	
43.30	1:43	3.30	
	1:55		
T02/T02a	39.13	2:25	3.31
		2:37	
		5:25	
		5:37	
	40.52	0:07	3.32
		0:19	
		1:43	
		1:55	
		4:13	
		4:25	
	41.91	1:01	3.33
		1:13	
3:01			
3:13			

Tabel 3.6 Overzicht van figuren waarin de resultaten van de sedimentconcentratiemetingen verwerkt zijn

Vervolg Tabel 3.6

Proef	Locatie (m) t.o.v. golfshot	Begintijdstip (h:mm)	Figuur nr (-)
T03	39.13	2:25	3.34
		2:37	
		5:25	
		5:37	
	40.52	0:07	3.35
		0:19	
		3:01	
		3:13	
	41.91	1:01	3.36
		1:13	
		4:13	
		4:25	
43.30	1:43	3.37	
	1:55		
T11	40.18	2:25	3.38
		2:37	
		5:25	
		5:37	
	41.22	0:07	3.39
		0:19	
		1:43	
		1:55	
		3:01	
		3:13	
	42.26	1:01	3.40
		1:13	
4:13			
4:25			

Vervolg Tabel 3.6

Proef	Locatie (m) t.o.v. golfshot	Begintijdstip (h:mm)	Figuur nr (-)
T12	40.18	2:25	3.41
		2:37	
	41.22	0:07	3.42
		0:19	
		1:43	
		1:55	
	42.26	1:01	3.43
		1:13	
T13	40.18	2:25	3.44
		2:37	
	41.22	0:07	3.45
		0:19	
		1:43	
		1:55	
	42.26	1:01	3.46
		1:13	
T02a	43.30	1:43	3.47

Onderhavig onderzoek, proef T01			WL Delft Hydraulics (1985)				Verschilfactor
Locatie (m) t.o.v. golfschot	Fig. nr.	Begintijdstip (h:mm)	Locatie (m) t.o.v. golfschot	Fig. nr. ¹	Proef ¹	Begintijdstip (h:mm)	
40.52	3.28	0:07	41.20	33	T19	0:09	2.0
		0:19				0:21	1.5
41.91	3.29	1:01	42.87	18	T16	1:02	1.0
		1:13				1:13	1.3
43.30	3.30	1:43	44.30	23	T17	1:31	1.3

Tabel 3.7 Vergelijkbare concentratiemetingen van onderhavig onderzoek met metingen in WL | Delft Hydraulics (1985) (¹ In WL | Delft Hydraulics (1985))

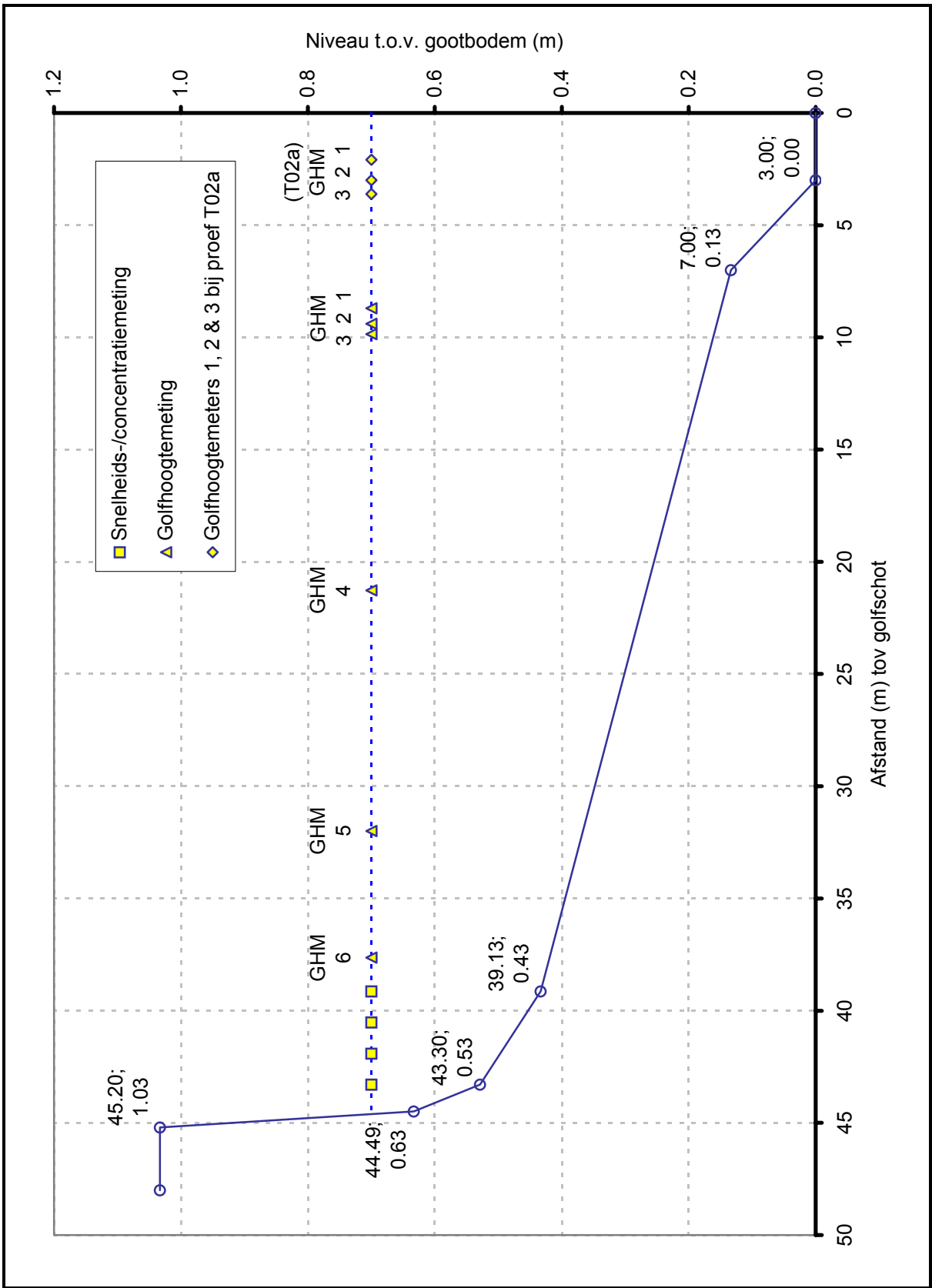
Proef T01	Na 0:00 uur			Na 3:00 uur			Na 6:00 uur		
Locatie (m) tov golfschot	D_{10} (μm)	D_{50} (μm)	D_{90} (μm)	D_{10} (μm)	D_{50} (μm)	D_{90} (μm)	D_{10} (μm)	D_{50} (μm)	D_{90} (μm)
35.00	51	82	115	59	86	118	58	87	121
41.00	60	86	117	69	94	121	73	102	122
43.00	61	89	119	69	96	121	68	94	121
45.00	59	88	120	61	89	119	62	88	120
Proef T02	Na 0:00 uur			Na 3:00 uur			Na 6:00 uur		
35.00	57	84	118	64	87	119	61	88	120
41.00	66	91	121	68	90	121	73	100	124
43.00	63	91	123	70	99	124	73	103	124
45.00	63	91	122	65	95	122	64	94	124
Proef T03	Na 0:00 uur			Na 3:00 uur			Na 6:00 uur		
35.00	61	88	119	66	89	121	61	88	125
41.00	65	87	119	71	92	121	75	99	124
43.00	65	89	121	75	108	123	70	96	122
45.00	60	89	123	64	93	122	63	89	120
Proef T11	Na 0:00 uur			Na 3:00 uur			Na 6:00 uur		
35.00	60	89	121	67	96	129	59	88	120
41.00	65	95	122	73	106	123	71	101	122
43.00	64	94	121	72	102	123	68	93	121
45.00	70	98	122	62	90	122	63	93	148
Proef T12	Na 0:00 uur			Na 3:00 uur			-		
35.00	61	88	121	61	91	121	-	-	-
41.00	69	96	122	66	91	120	-	-	-
43.00	76	109	123	68	95	122	-	-	-
45.00	65	95	124	64	90	122	-	-	-
Proef T13	Na 0:00 uur			Na 3:00 uur			-		
35.00	68	98	124	63	87	117	-	-	-
41.00	66	89	121	67	92	119	-	-	-
43.00	65	94	121	74	100	123	-	-	-
45.00	65	92	121	66	95	122	-	-	-

Tabel 3.8 Korrelverdeling van de sedimentmonsters

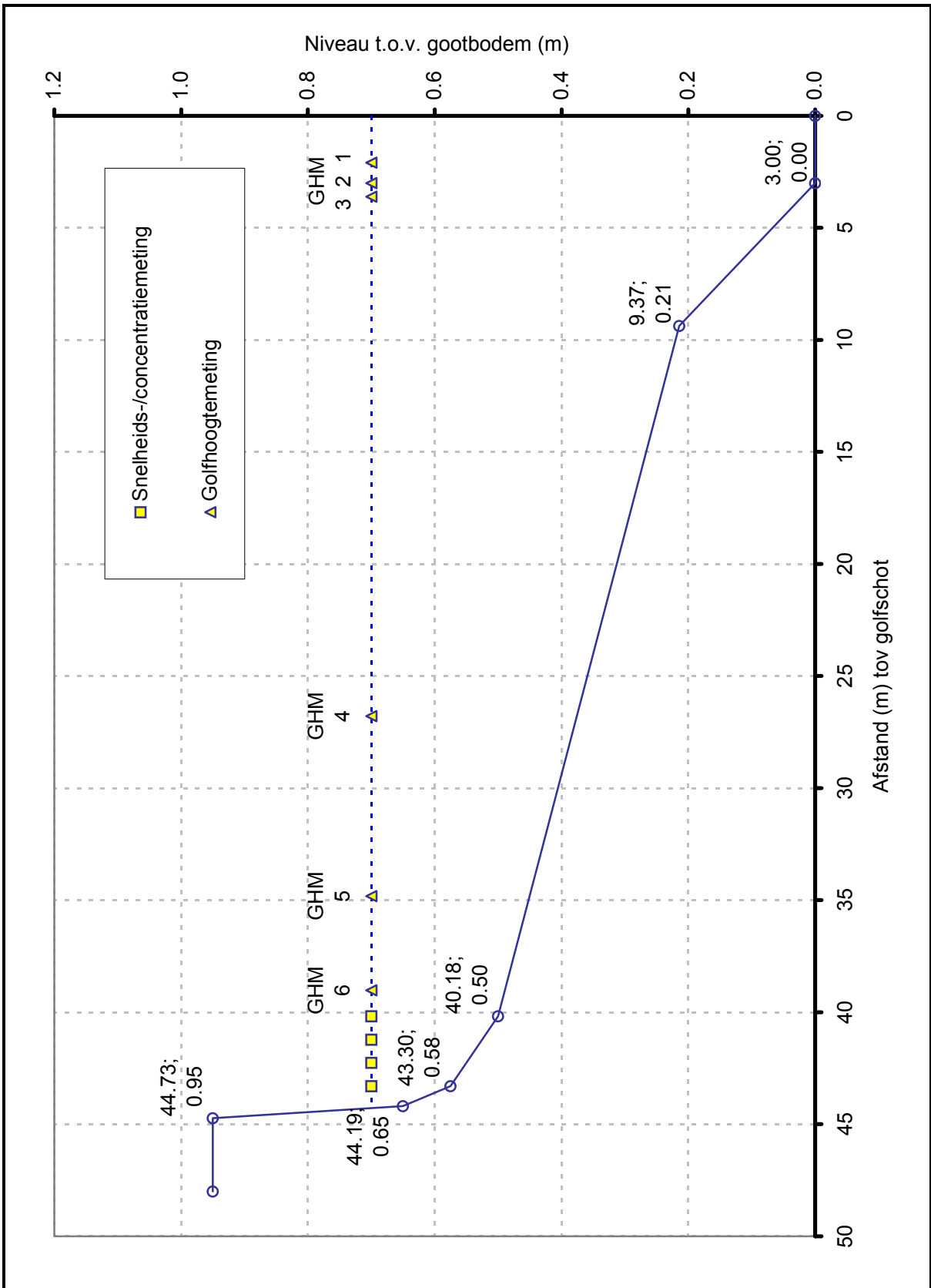
Proef	Temperatuur (°C)
T01A	15.5
T01B	15.5
T01C	16.0
T01D	16.0
T01E	16.3
T02A	15.9
T02B	15.9
T02C	15.9
T02D	15.9
T02E	16.1
T02aA ¹	14.3
T02aB ¹	14.4
T03A	15.9
T03B	15.9
T03C	15.9
T03D	15.9
T03E	15.1
T11A	13.0
T11B	13.1
T11C	13.0
T11D	14.5
T11E	14.8
T12A	13.6
T12B	14.2
T12C	14.2
T12D	14.3
T13A	13.8
T13B	13.9
T13C	14.0
T13D	14.1

Tabel 3.9 Gemeten temperaturen (¹ Bij proef T02a is sprake van slechts 2 tijdvakken van 3 uur elk.)

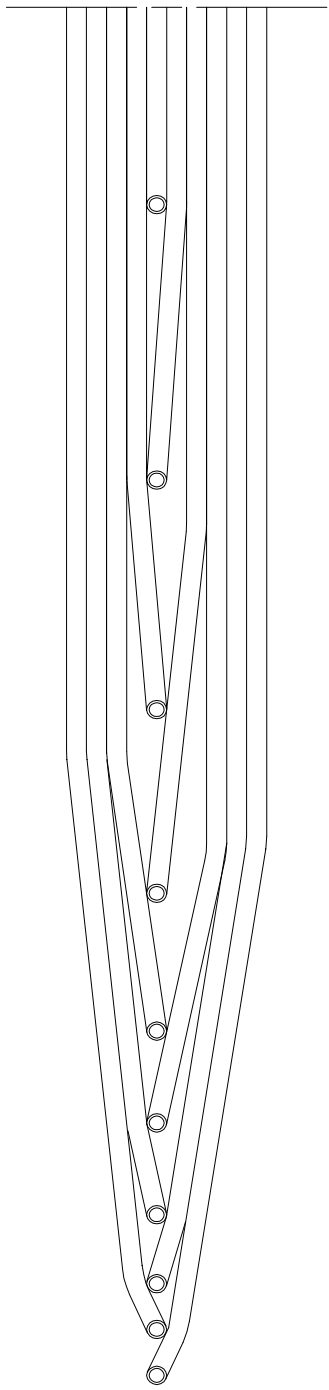
Figuren



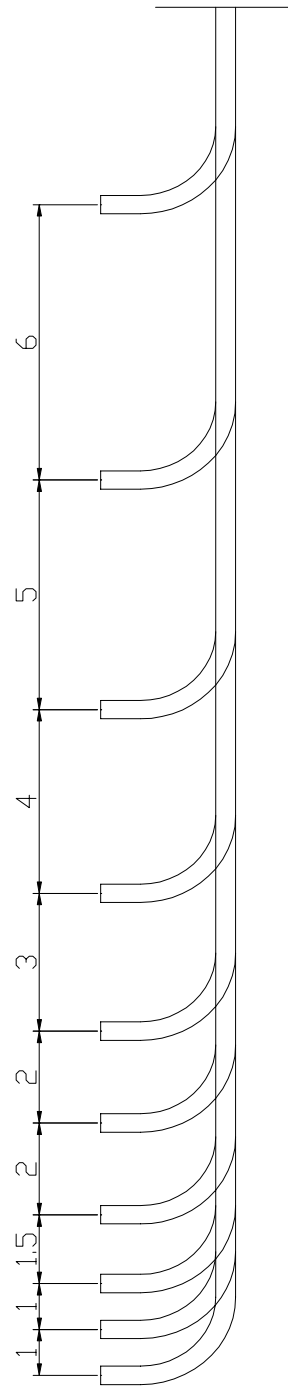
Meetlocaties voor golfhoogte, snelheden en concentraties
voor de proeven T01, T02, T02a en T03



Meetlocaties voor golfhoogte, snelheden en concentraties voor de proeven T11, T12 en T13		
	WL Delft Hydraulics	H4265 FIG. 2.2



10
9
8
7
6
5
4
3
2
1



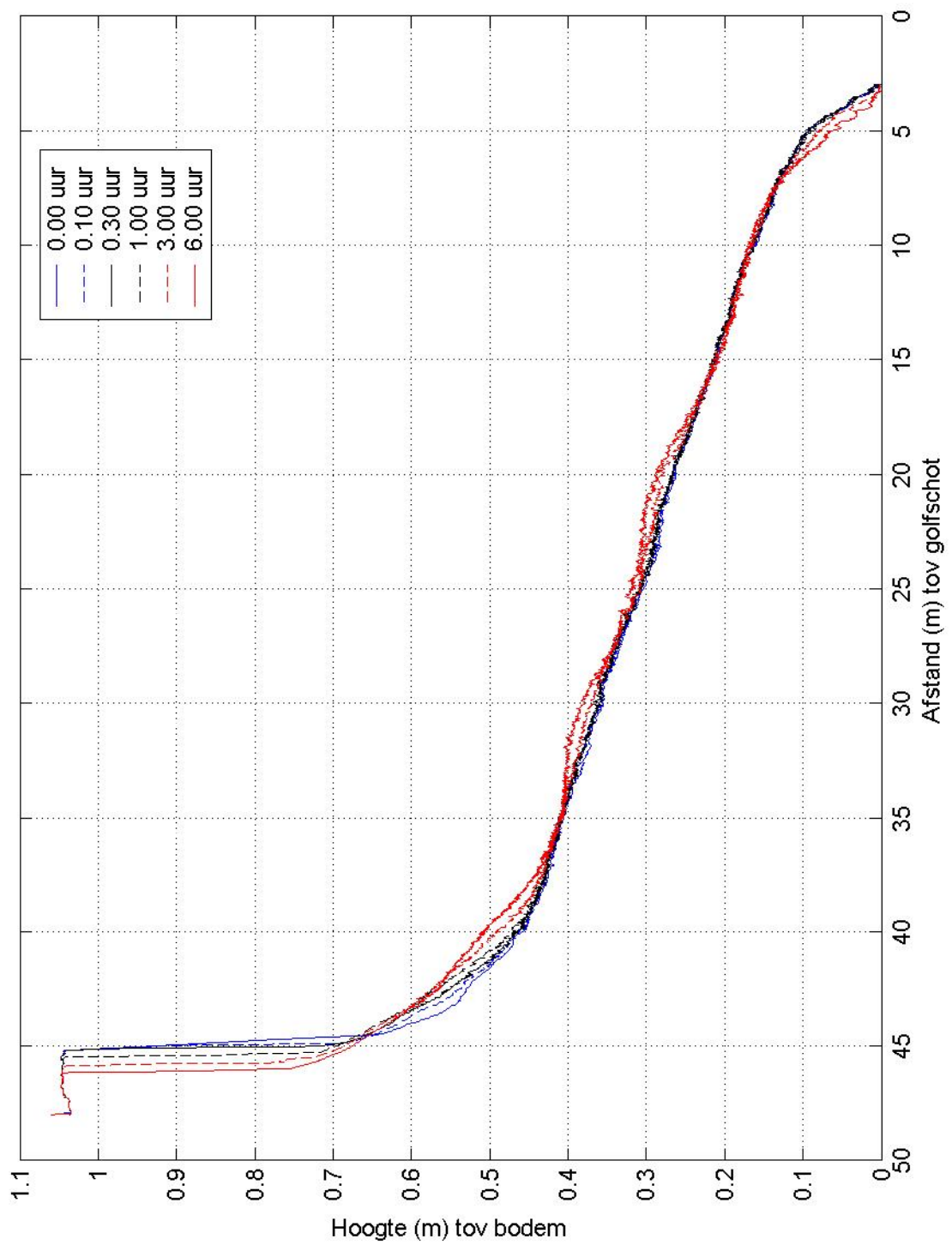
Afzuigapparaat concentratiemetingen

maten in cm

WL | Delft Hydraulics

H4265

FIG. 2.3



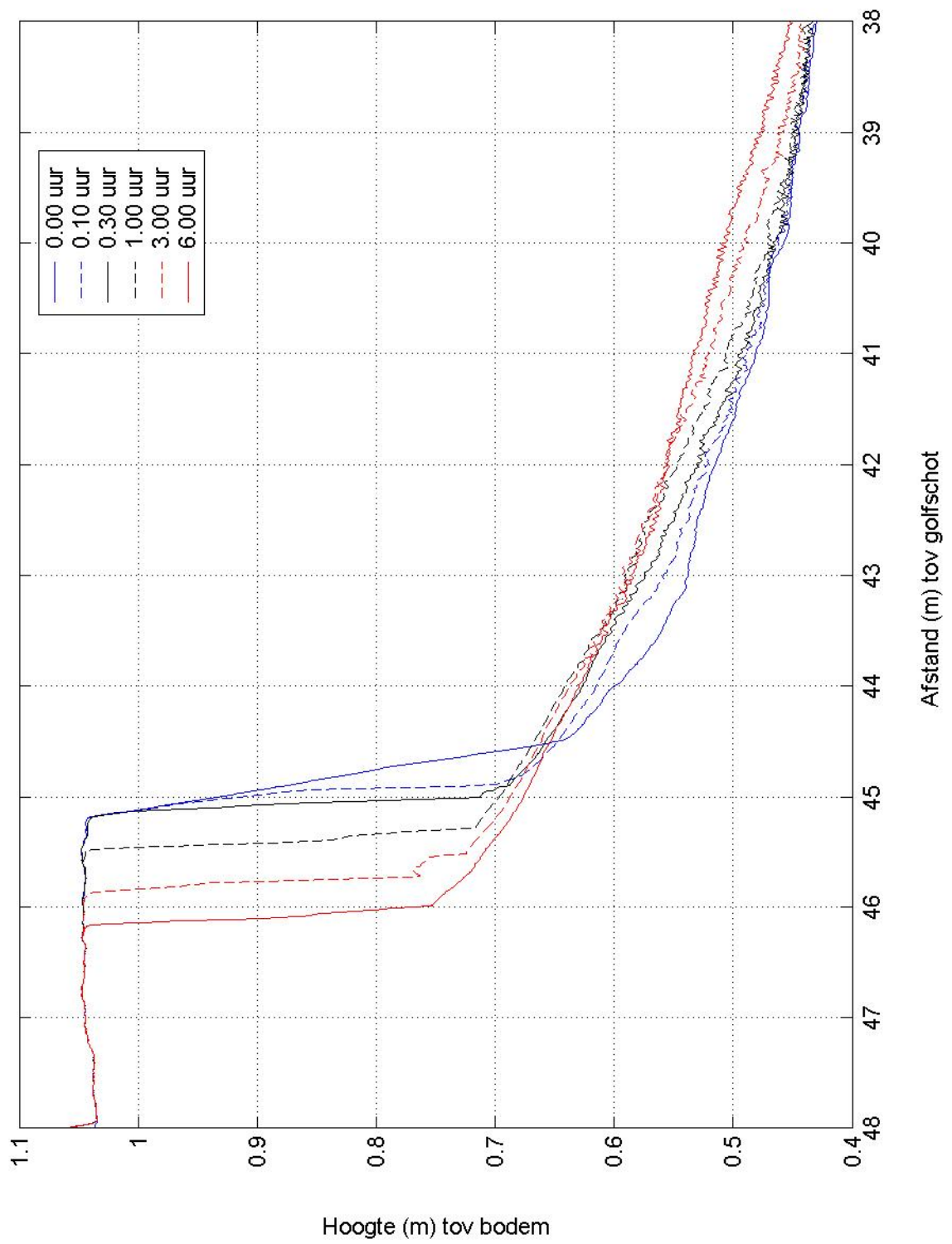
Dwarsprofielen hele goot

T01

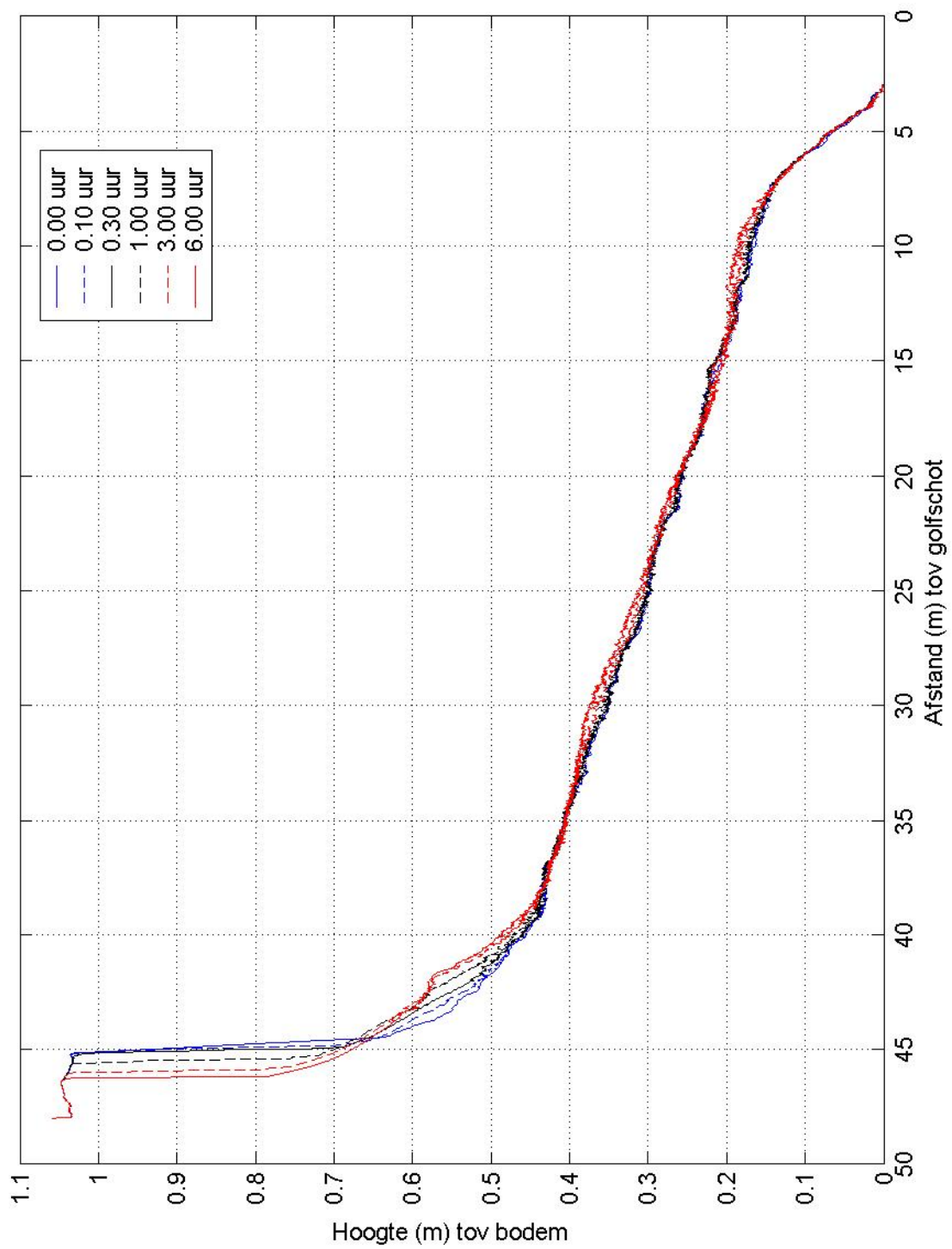
WL | DELFT HYDRAULICS

H4265

Fig. 3.1



Dwarsprofielen nabij duin		T01
WL DELFT HYDRAULICS	H4265	Fig. 3.2



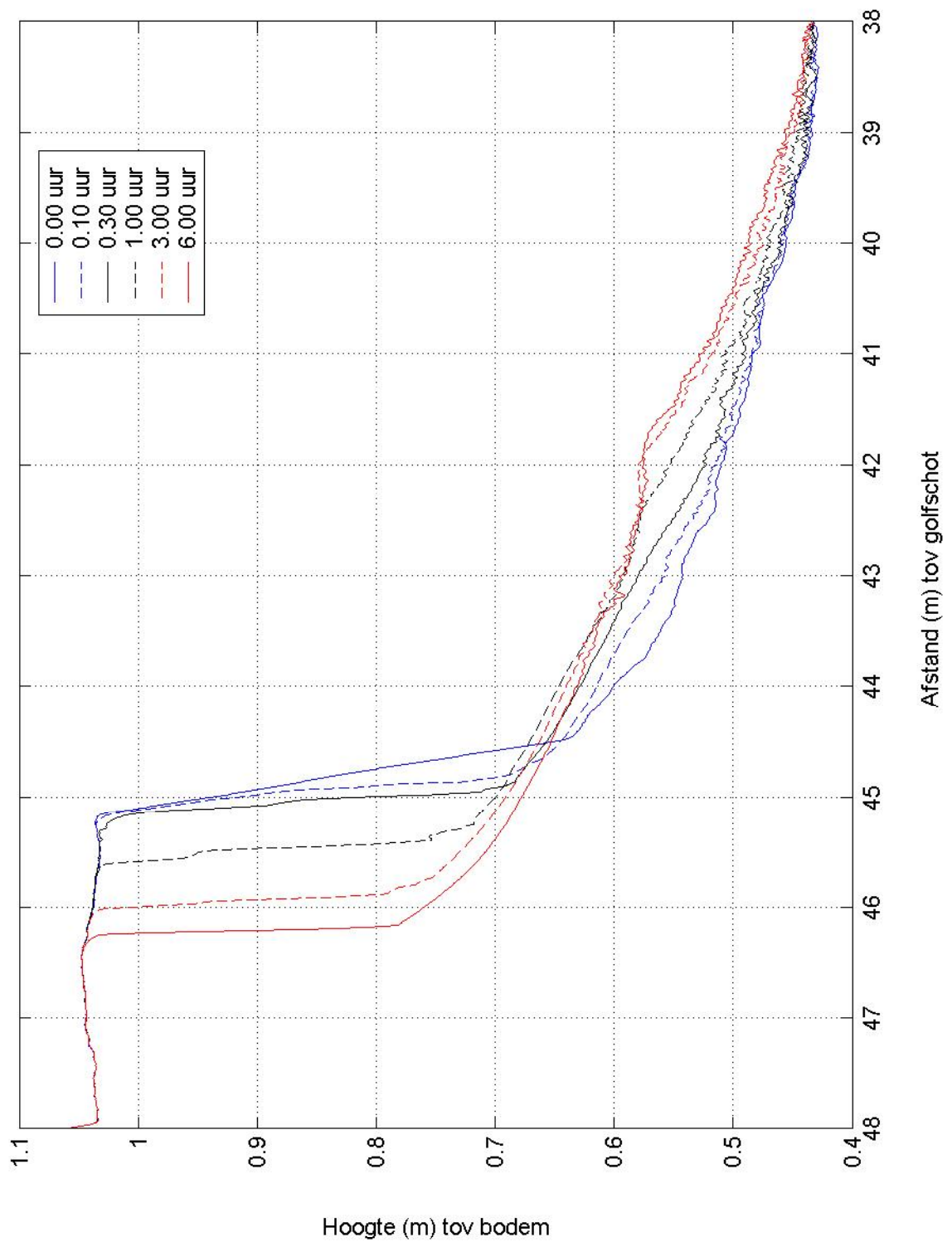
Dwarsprofielen hele goot

T02

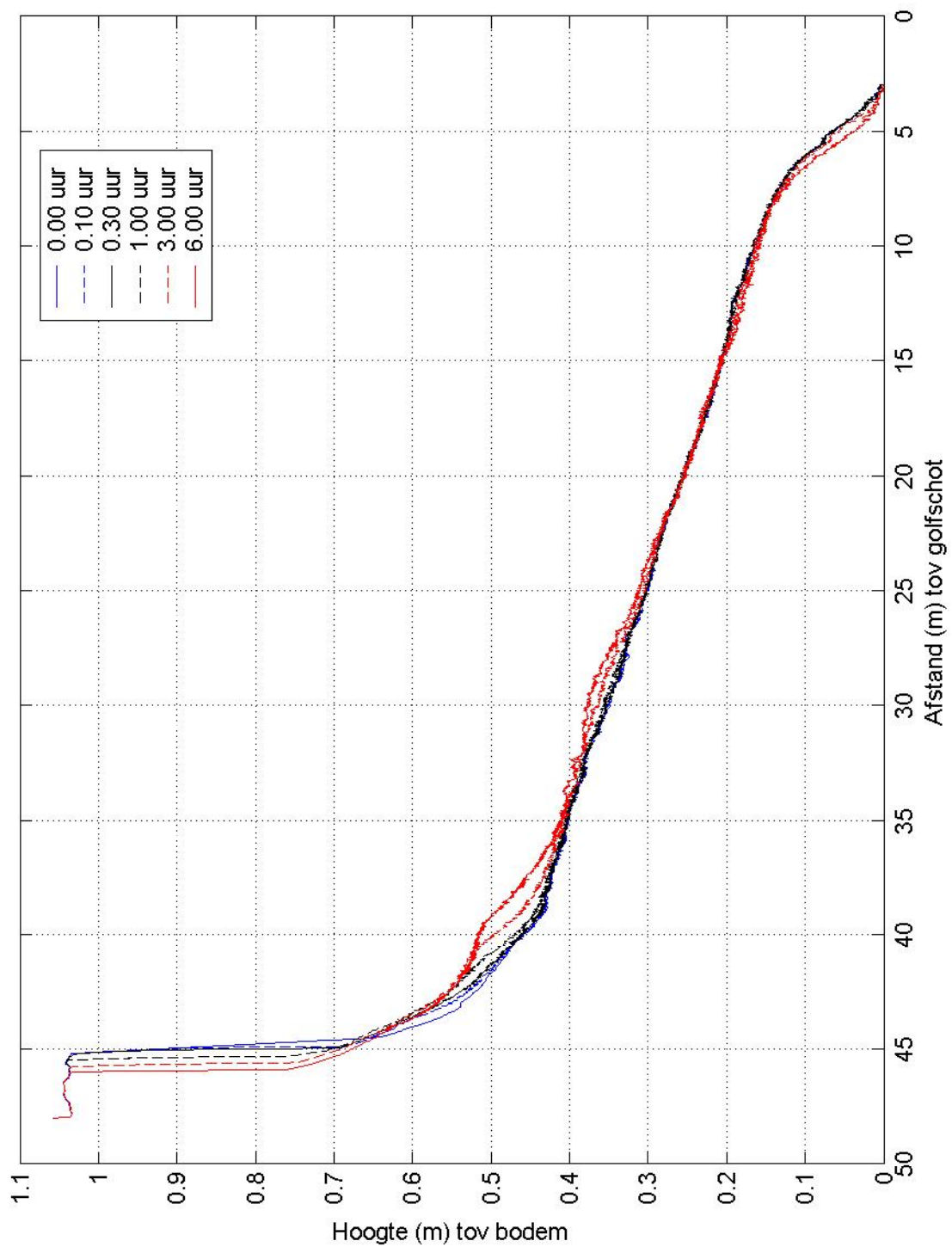
WL | DELFT HYDRAULICS

H4265

Fig. 3.3



Dwarsprofielen nabij duin		T02
WL DELFT HYDRAULICS	H4265	Fig. 3.4



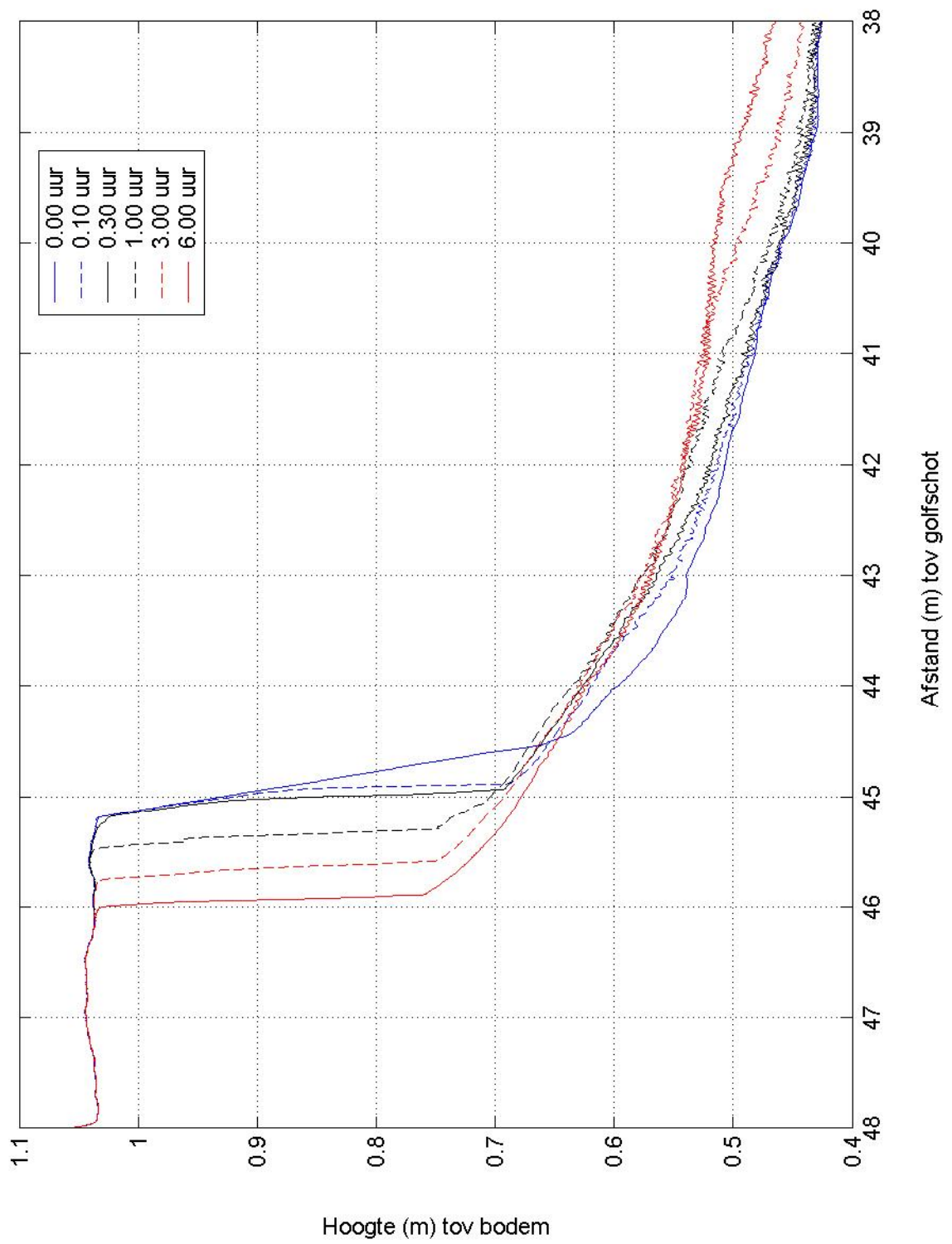
Dwarsprofielen hele goot

T03

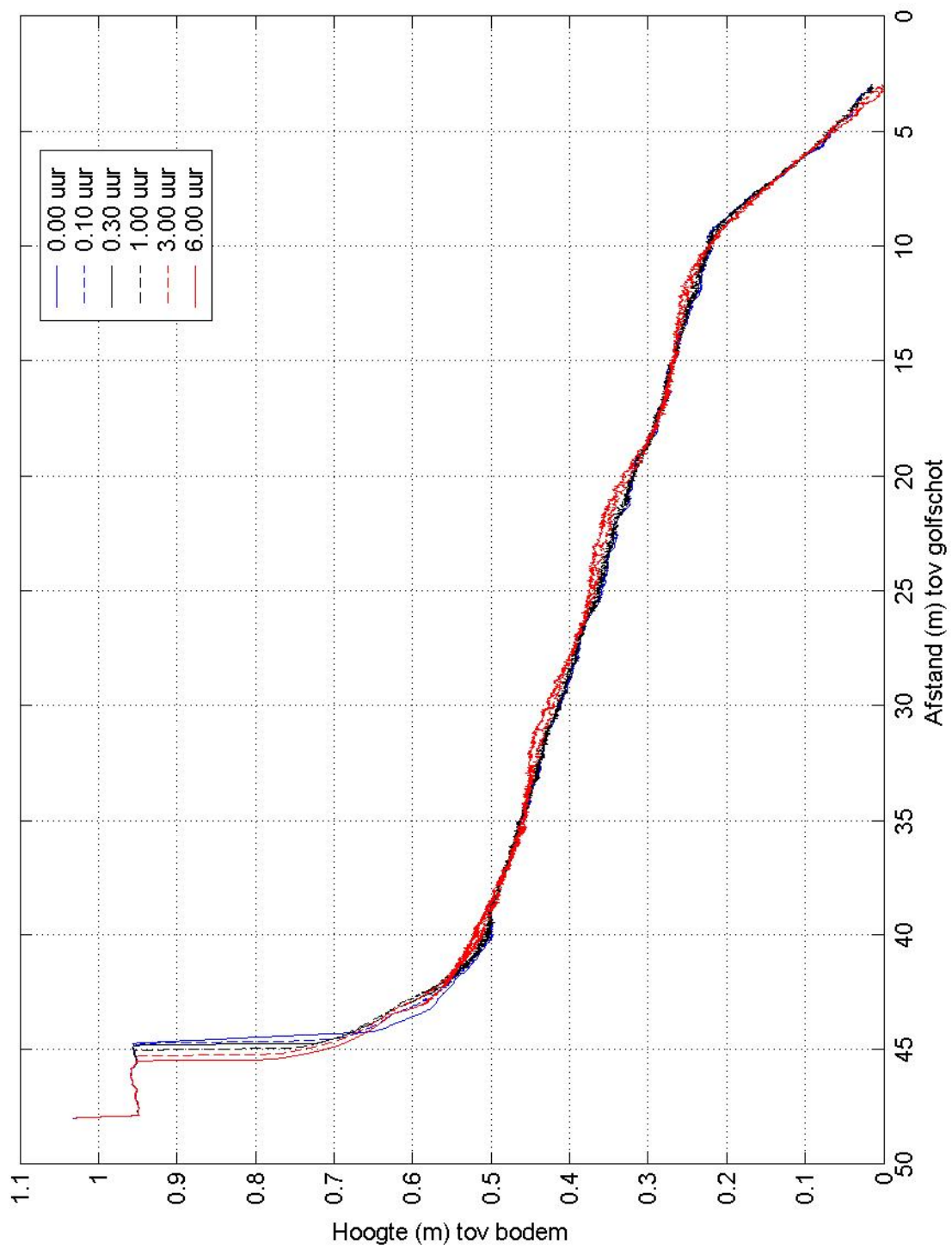
WL | DELFT HYDRAULICS

H4265

Fig. 3.5



Dwarsprofielen nabij duin		T03
	WL DELFT HYDRAULICS	H4265



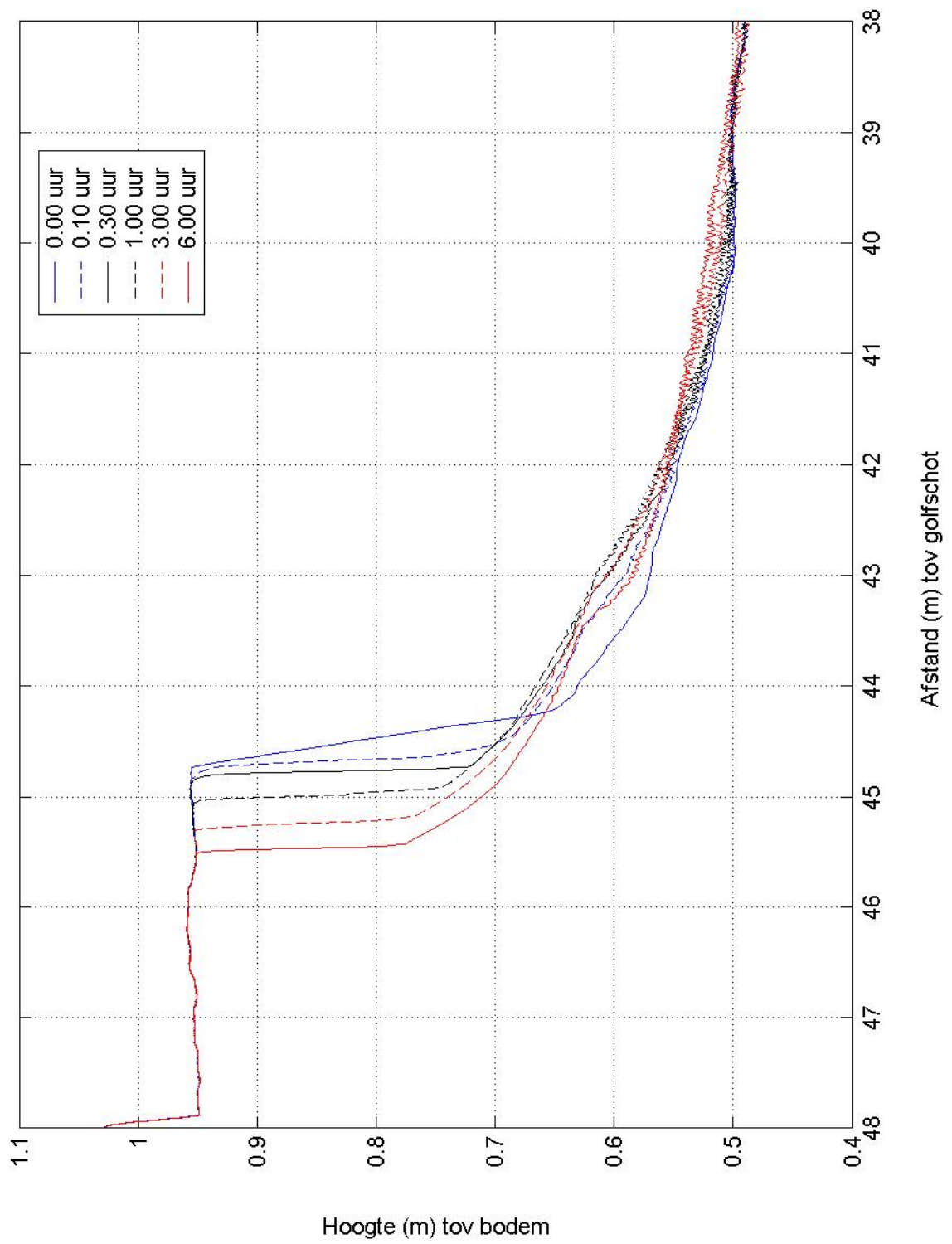
Dwarsprofielen hele goot

T11

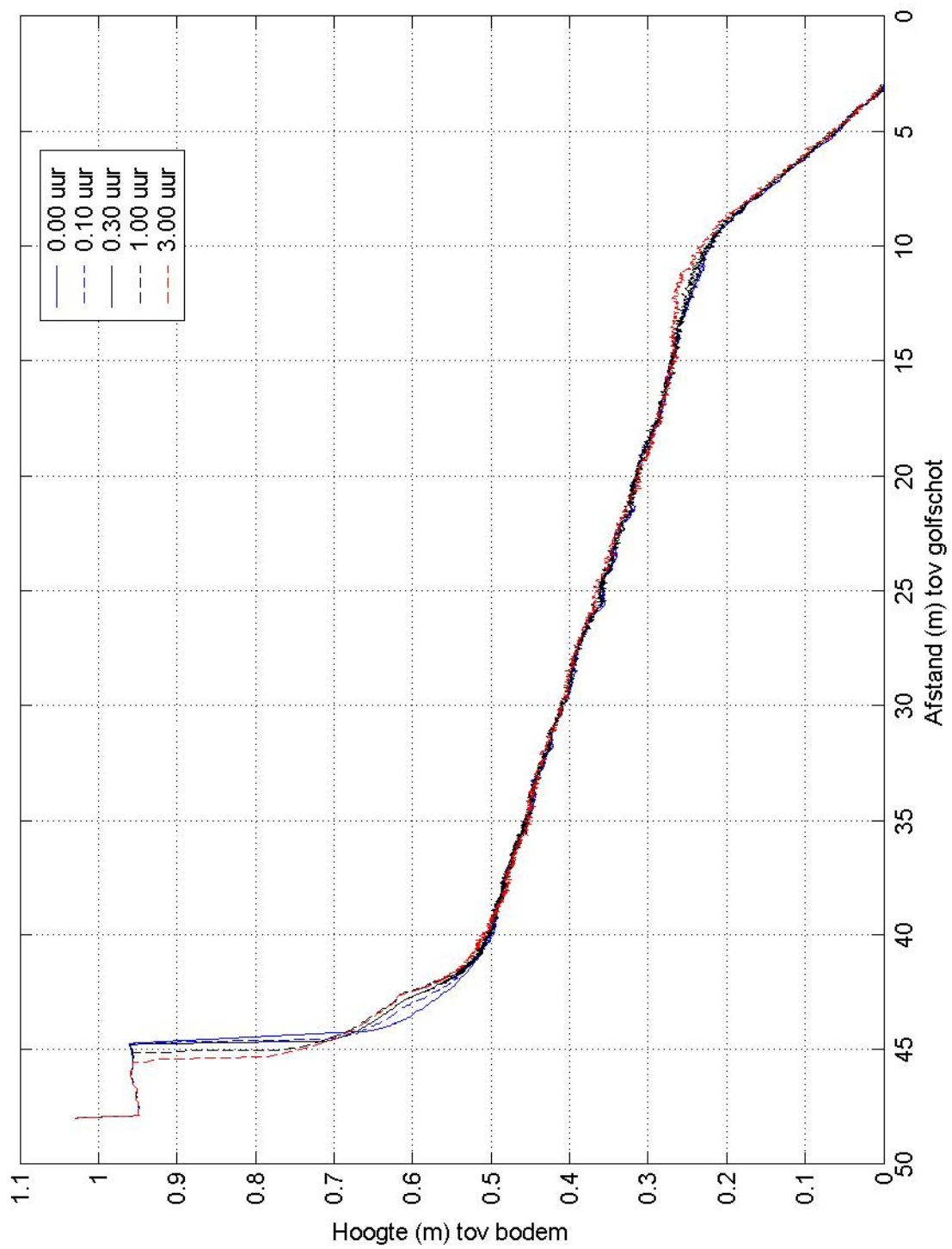
WL | DELFT HYDRAULICS

H4265

Fig. 3.7



Dwarsprofielen nabij duin		T11
	WL DELFT HYDRAULICS	H4265



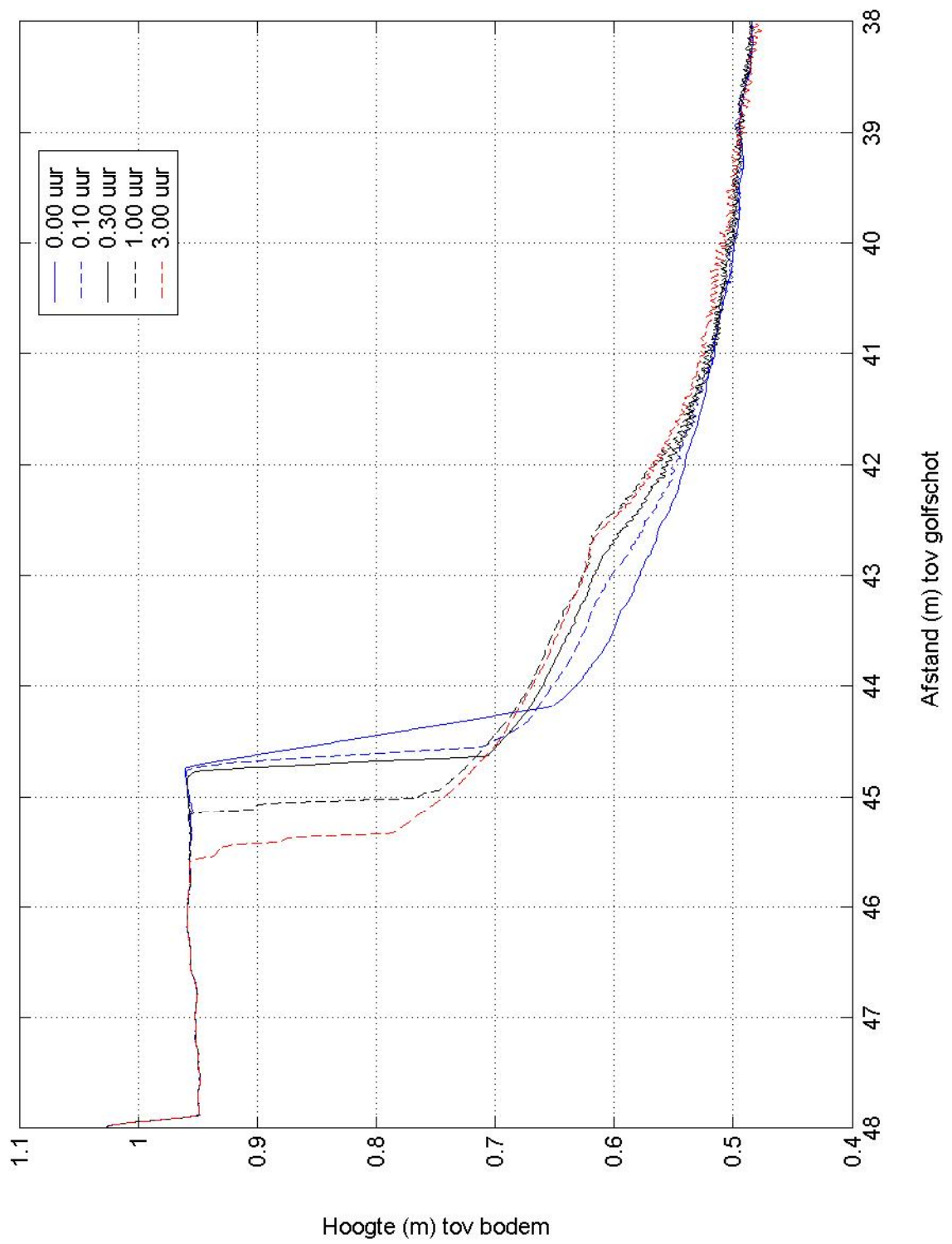
Dwarsprofielen hele goot

T12

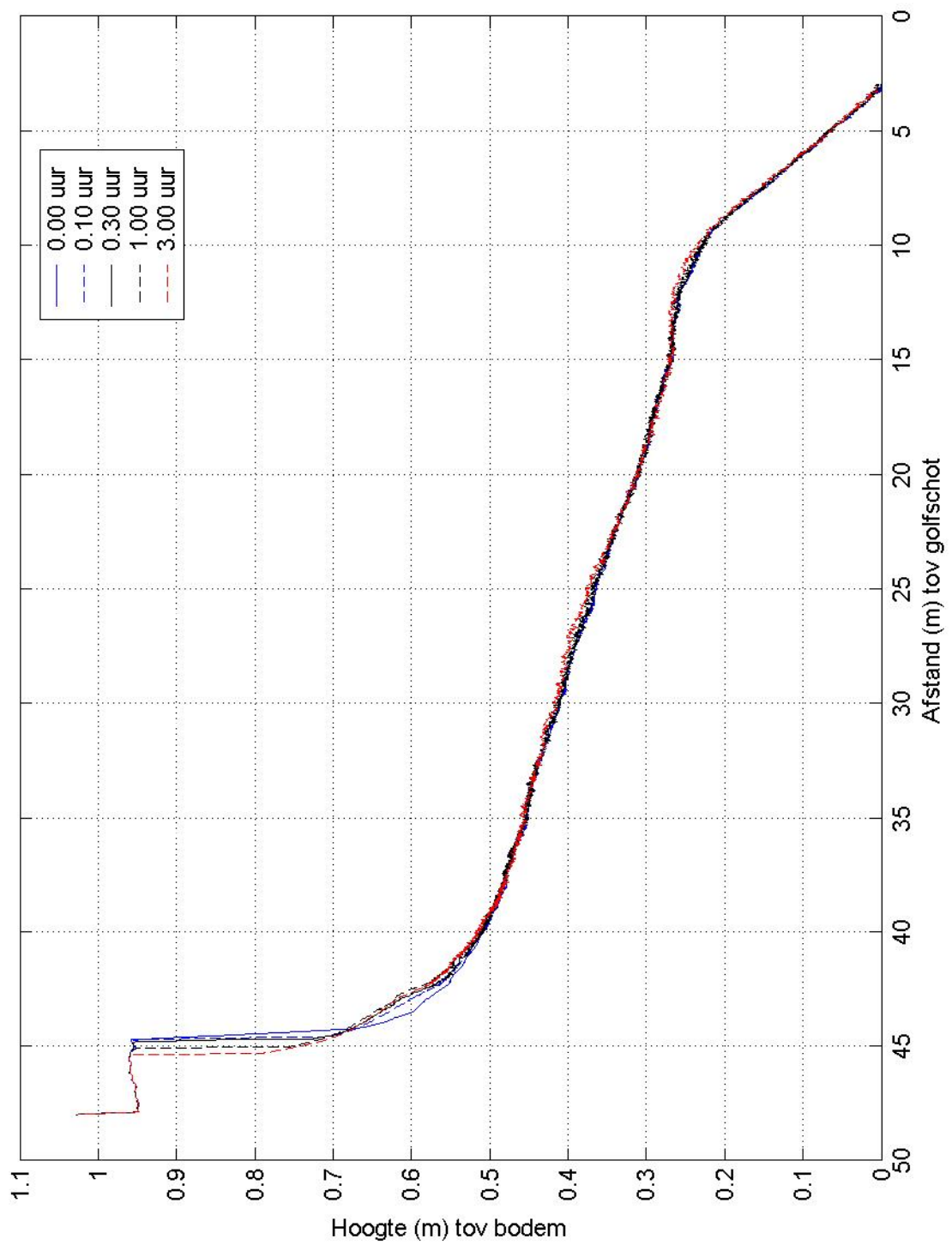
WL | DELFT HYDRAULICS

H4265

Fig. 3.9



Dwarsprofielen nabij duin		T12
WL DELFT HYDRAULICS	H4265	Fig. 3.10



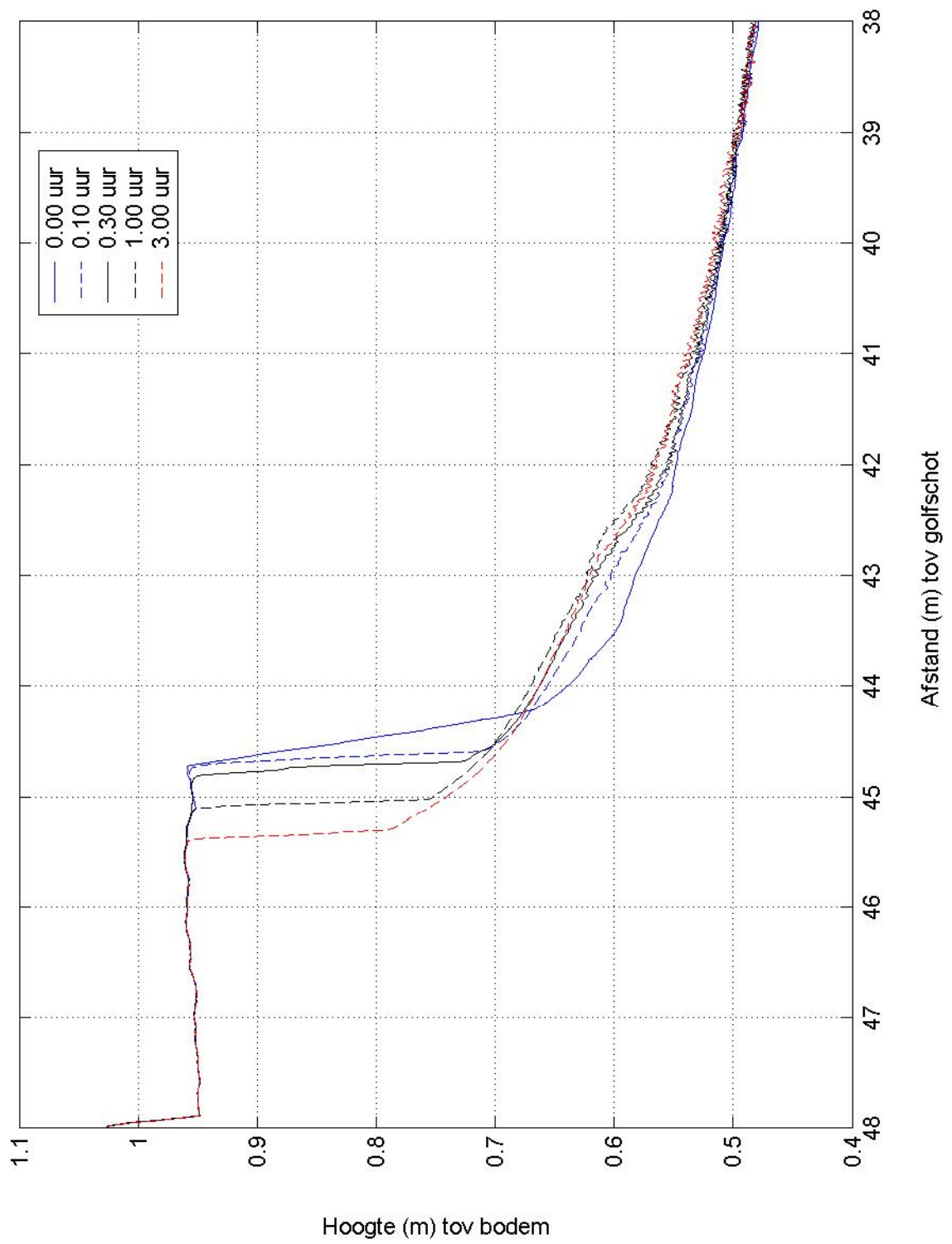
Dwarsprofielen hele goot

T13

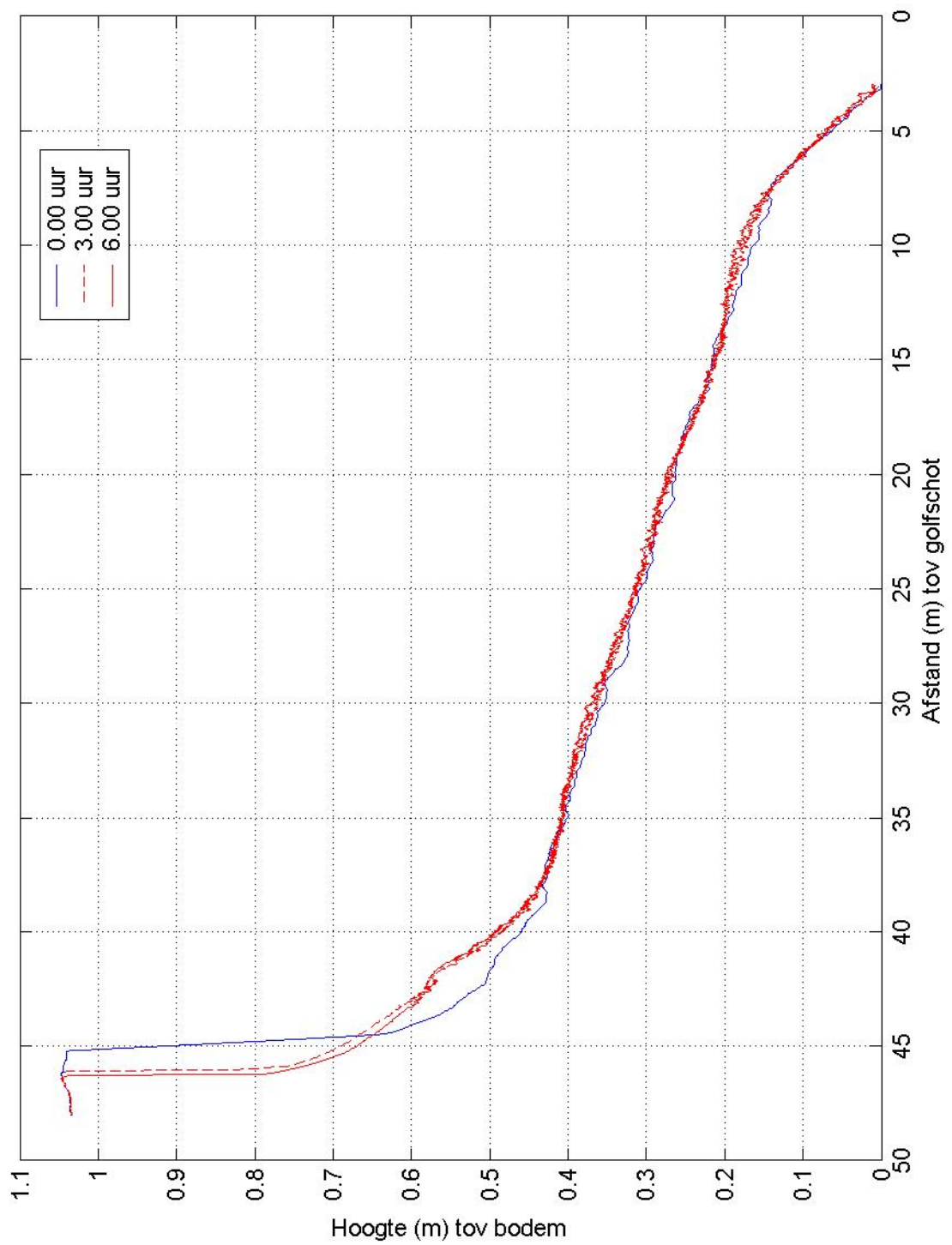
WL | DELFT HYDRAULICS

H4265

Fig. 3.11



Dwarsprofielen nabij duin		T13
WL DELFT HYDRAULICS	H4265	Fig. 3.12



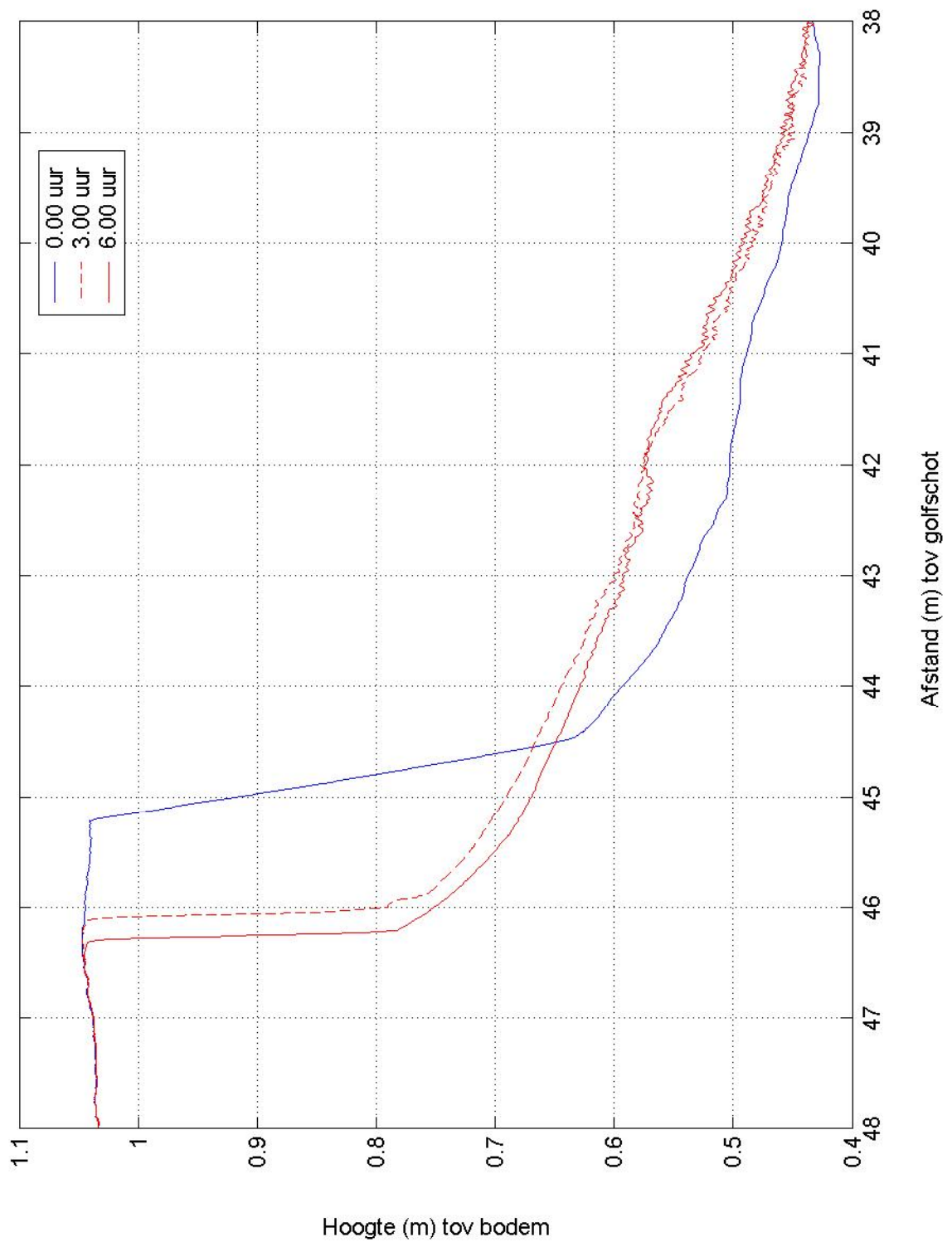
Dwarsprofielen hele goot

T02a

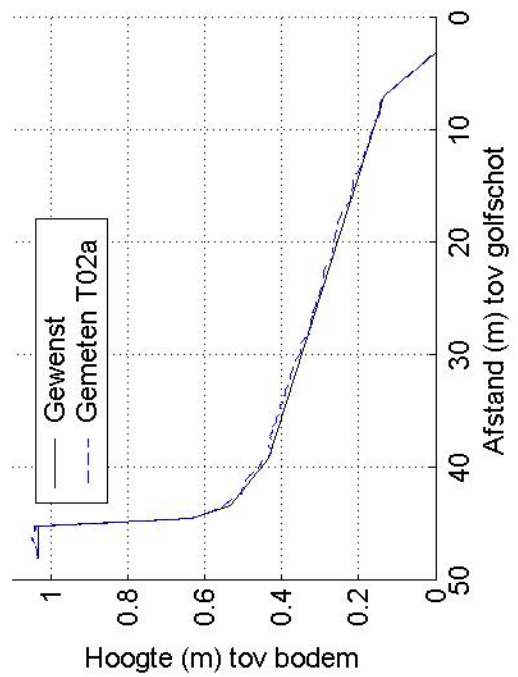
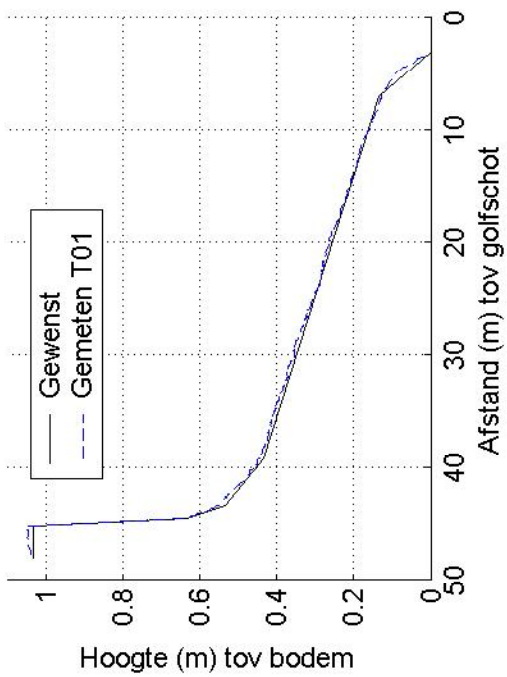
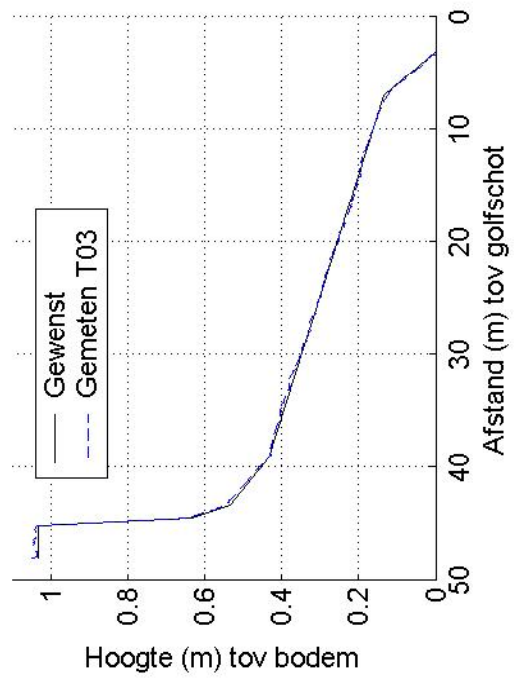
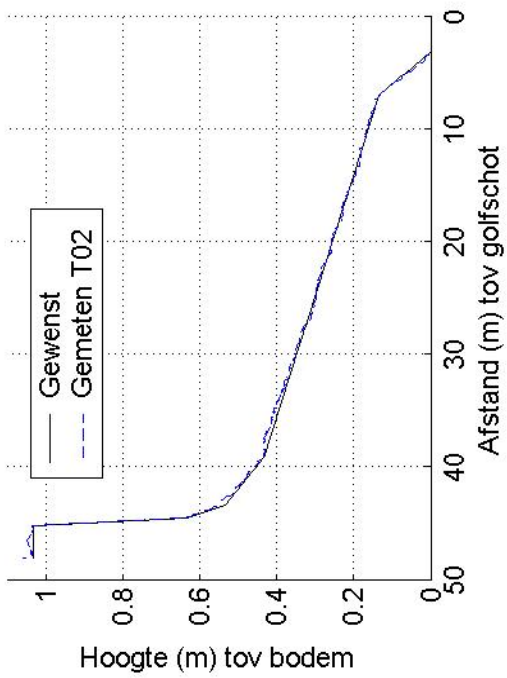
WL | DELFT HYDRAULICS

H4265

Fig. 3.13

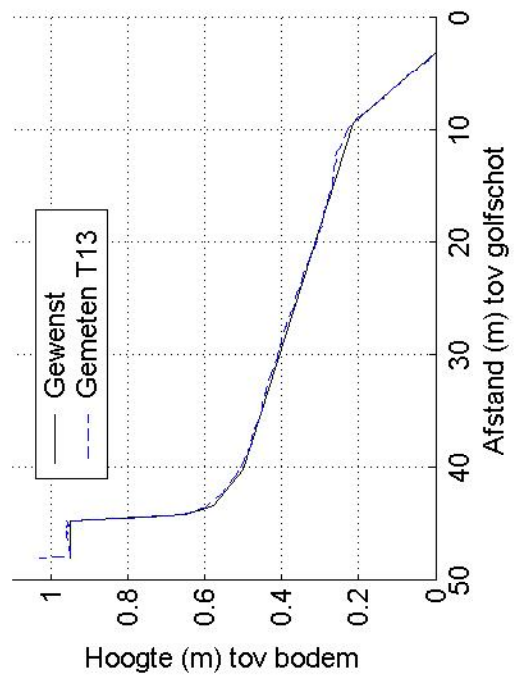
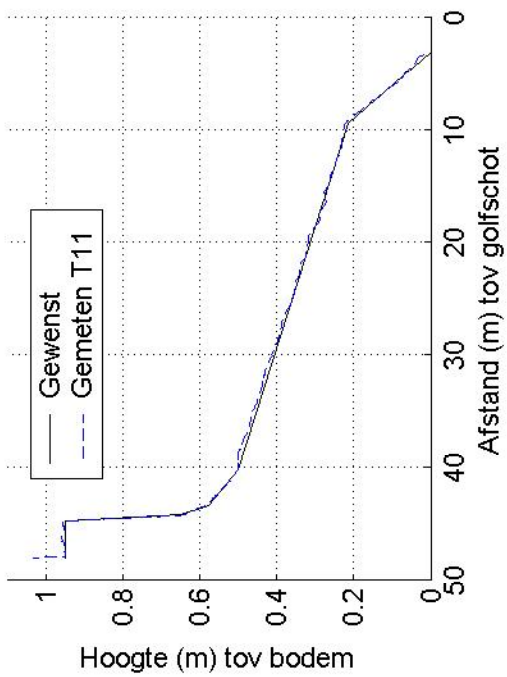
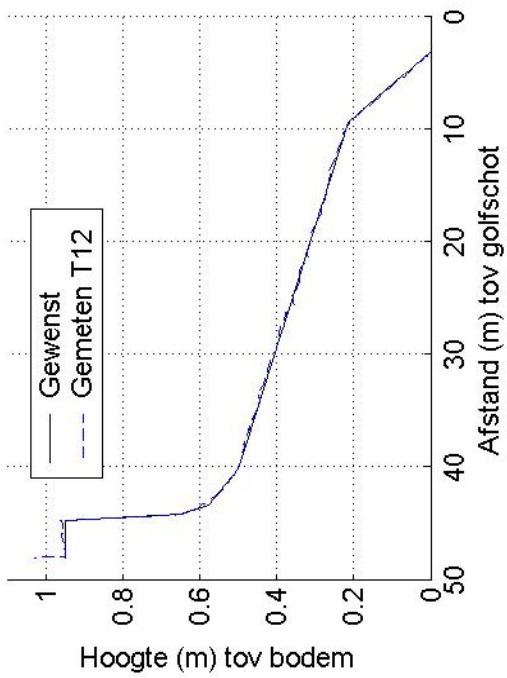


Dwarsprofielen nabij duin		T02a
WL DELFT HYDRAULICS	H4265	Fig. 3.14



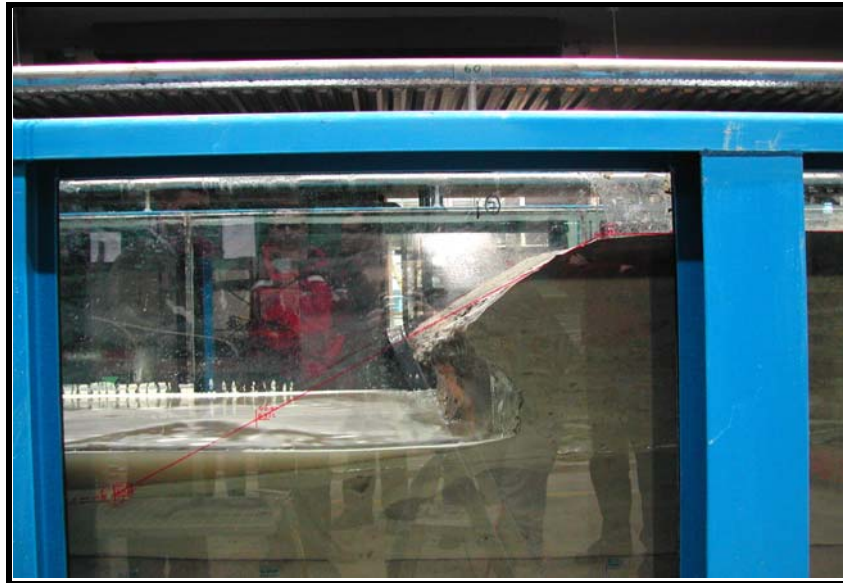
Gemeten en gewenste dwarsprofielen bij aanvang proef

A-serie



Gemeten en gewenste dwarsprofielen bij aanvang proef

B-serie

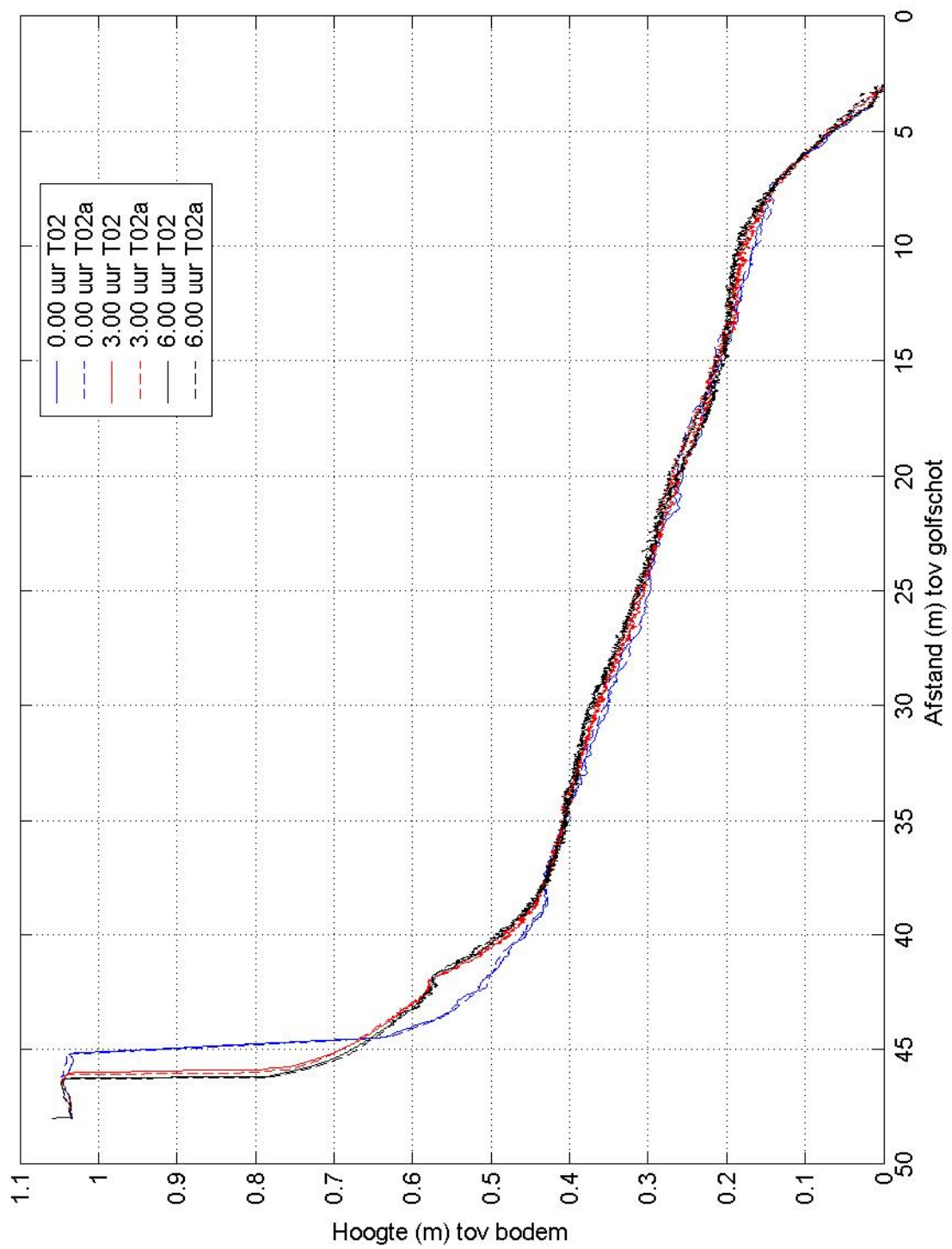


Duinprofiel na T03A



Duinprofiel na T03E

Overhangend duin in proef T03



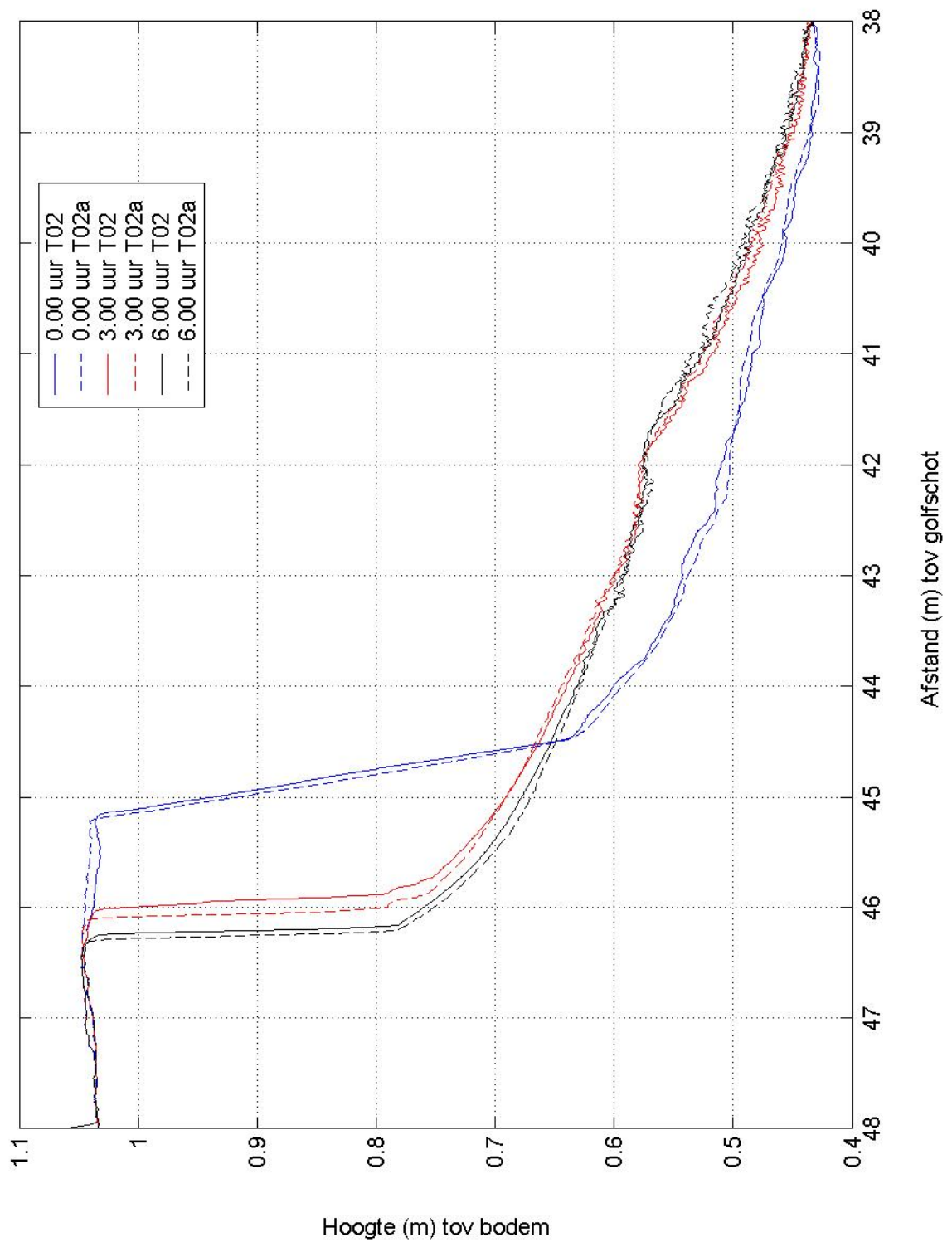
Dwarsprofielen hele goot

T02 & T02a

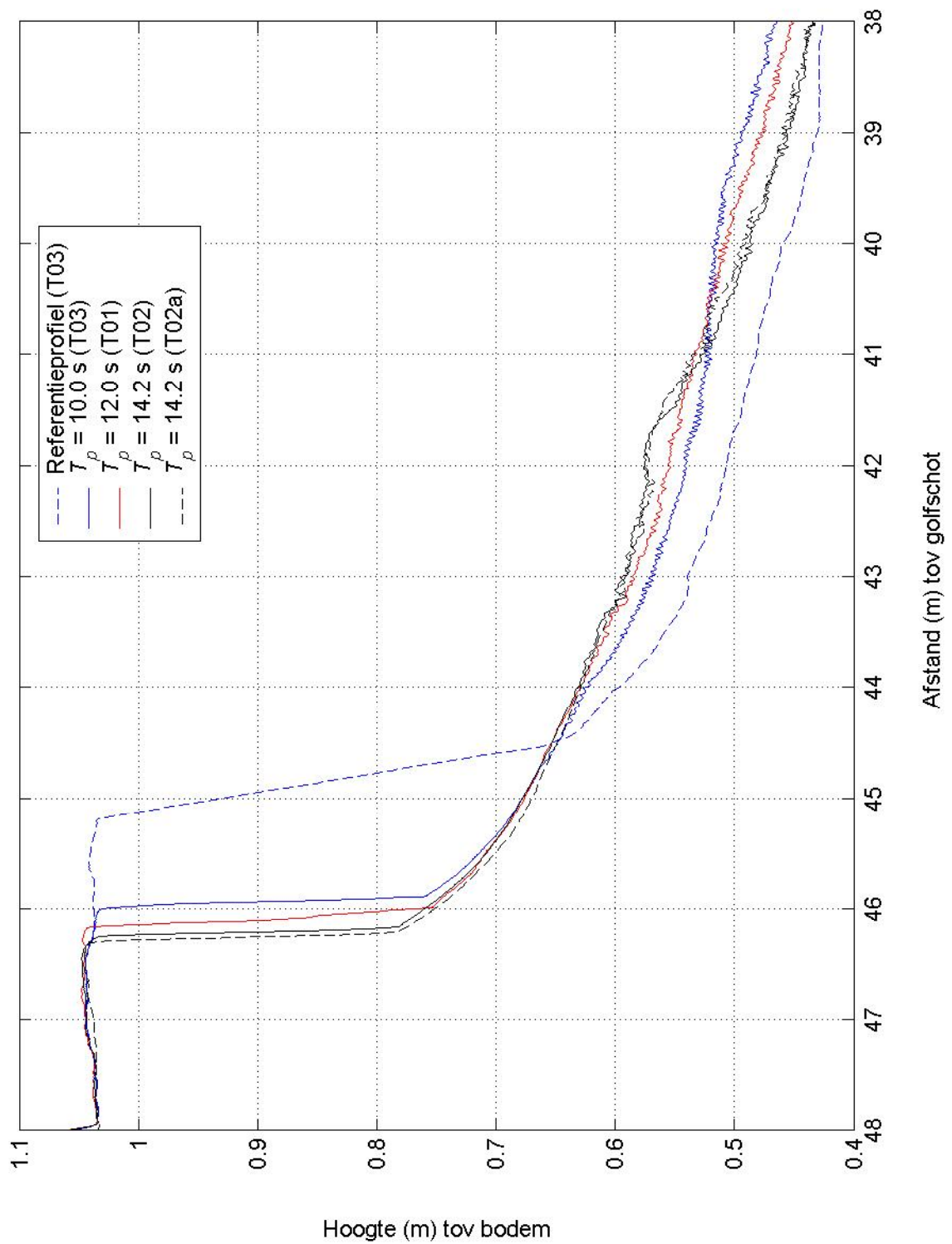
WL | DELFT HYDRAULICS

H4265

Fig. 3.18

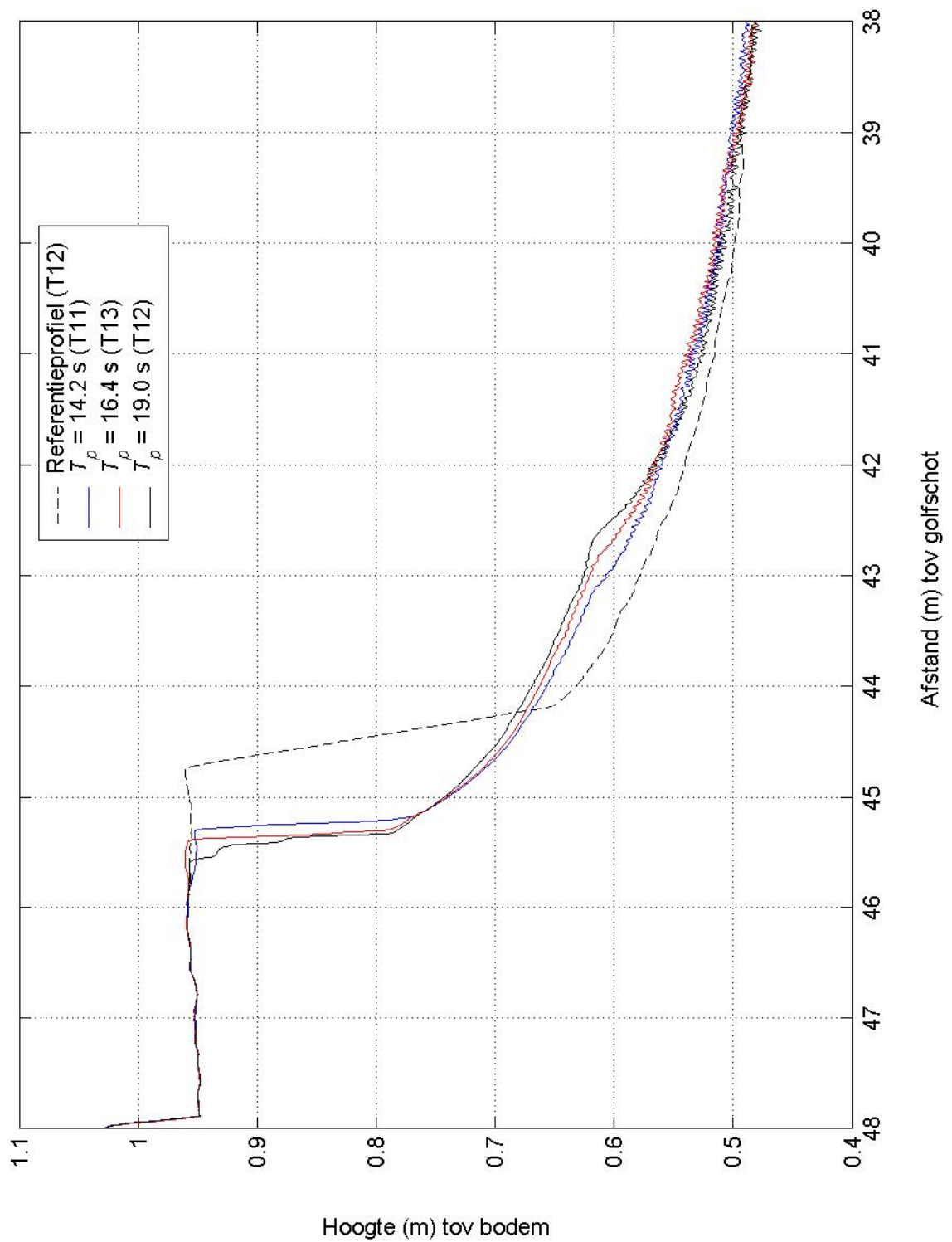


Dwarsprofielen nabij duin		T02 & T02a
WL DELFT HYDRAULICS	H4265	Fig. 3.19



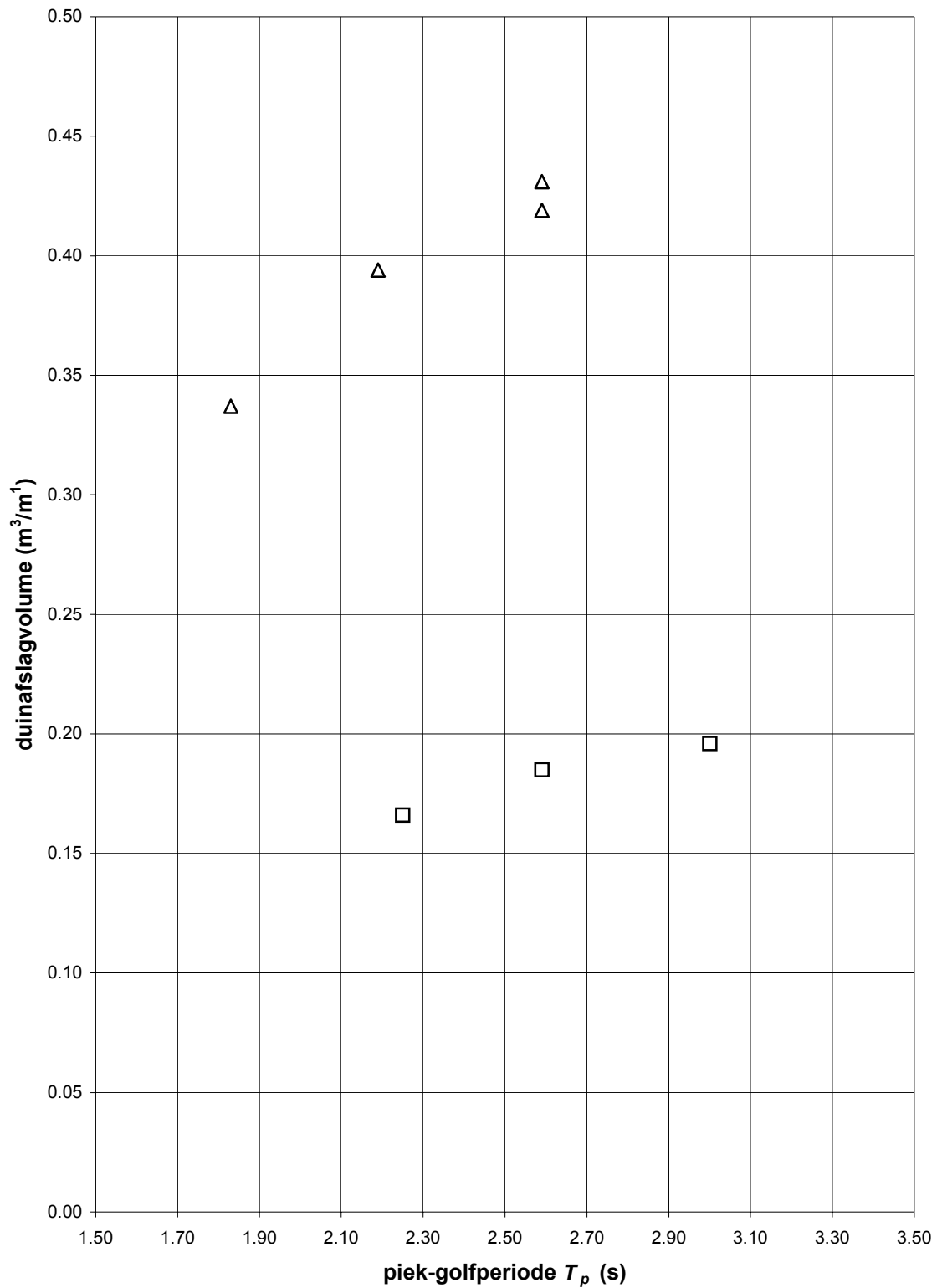
Dwarsprofielen nabij duin

A-serie



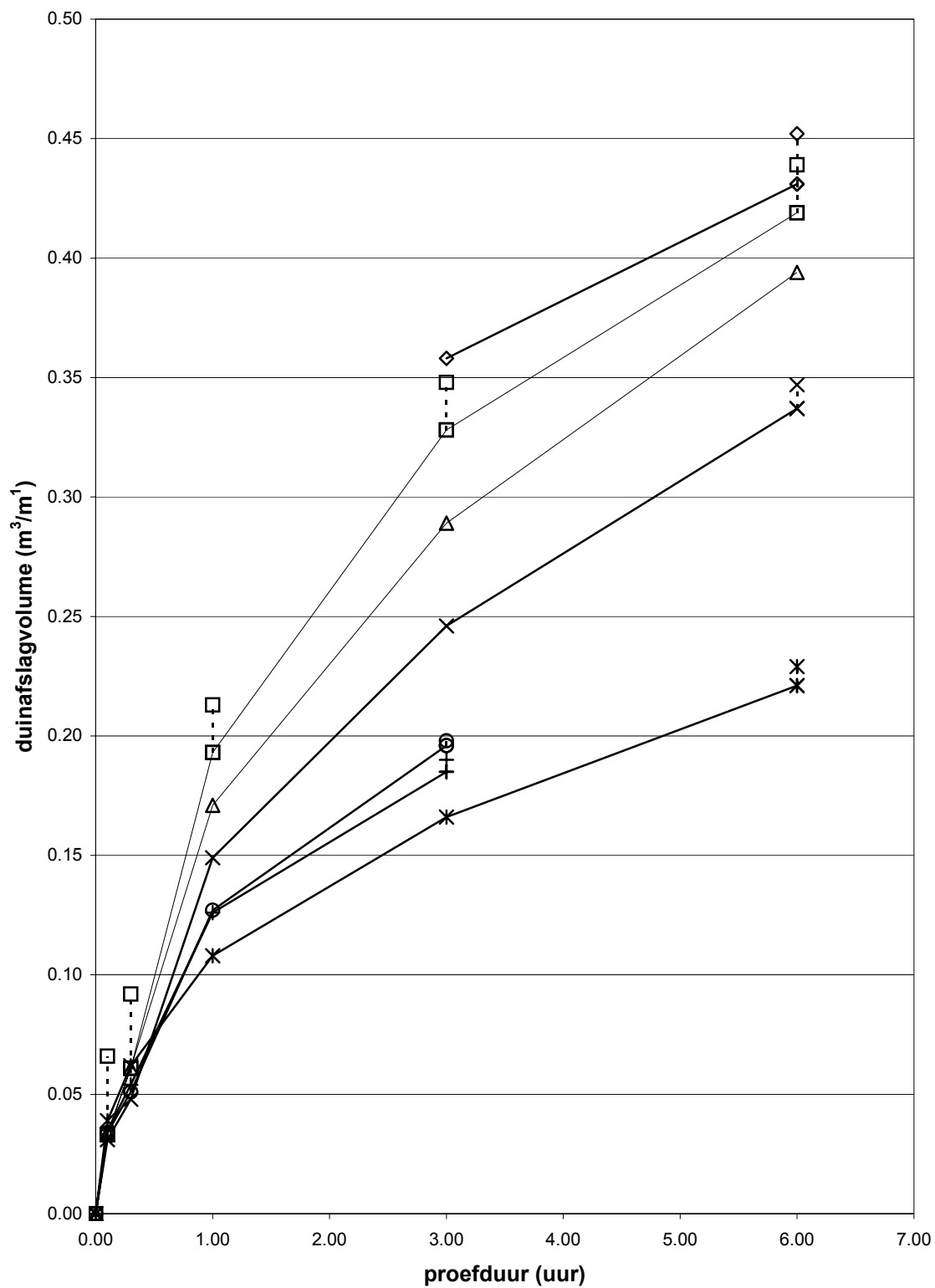
Dwarsprofielen nabij duin

B-serie



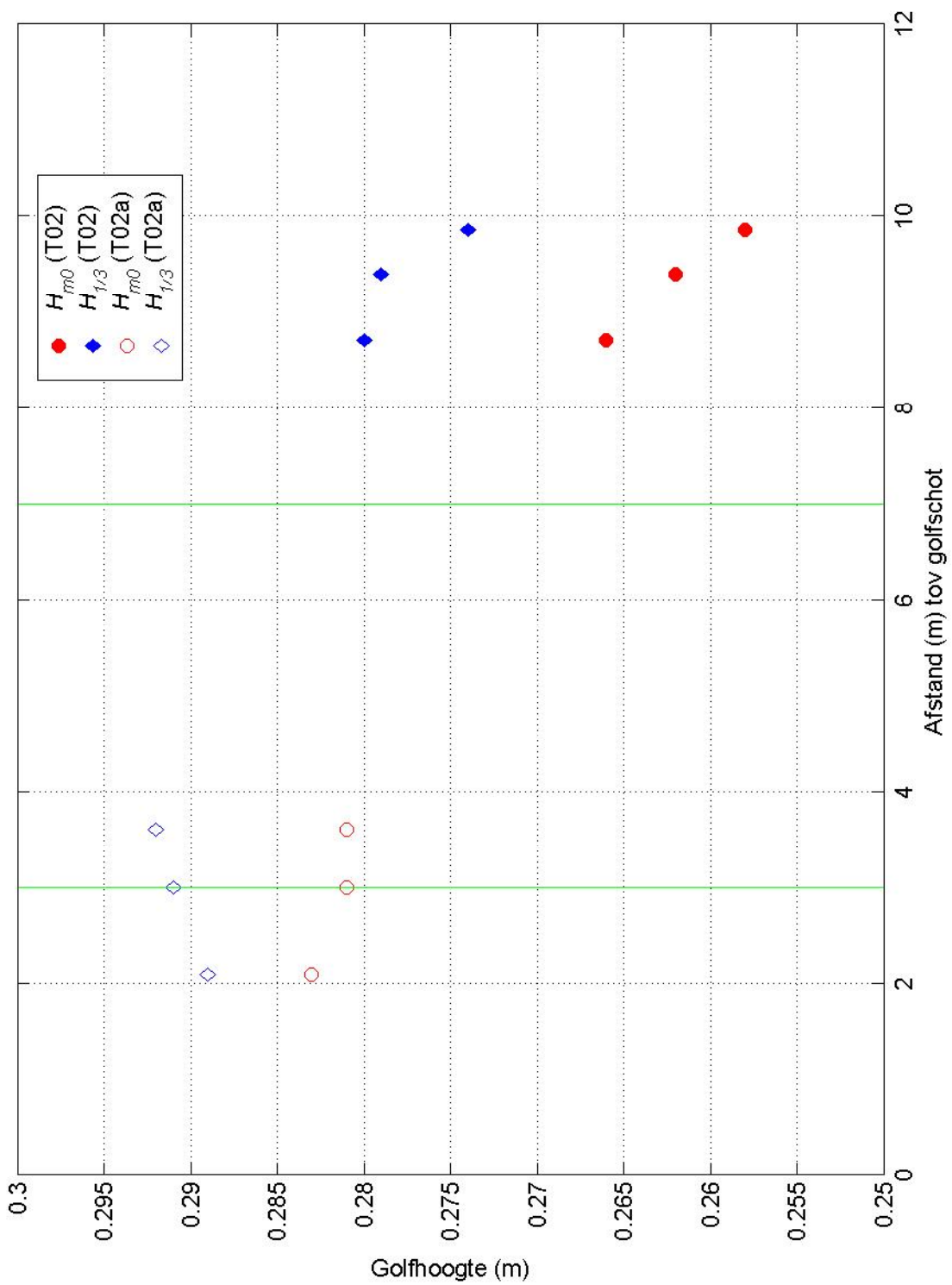
△ A-serie, nd = 30 □ B-serie, nd = 40

Duinafslagvolumes als functie van piek-golfperiode T_p



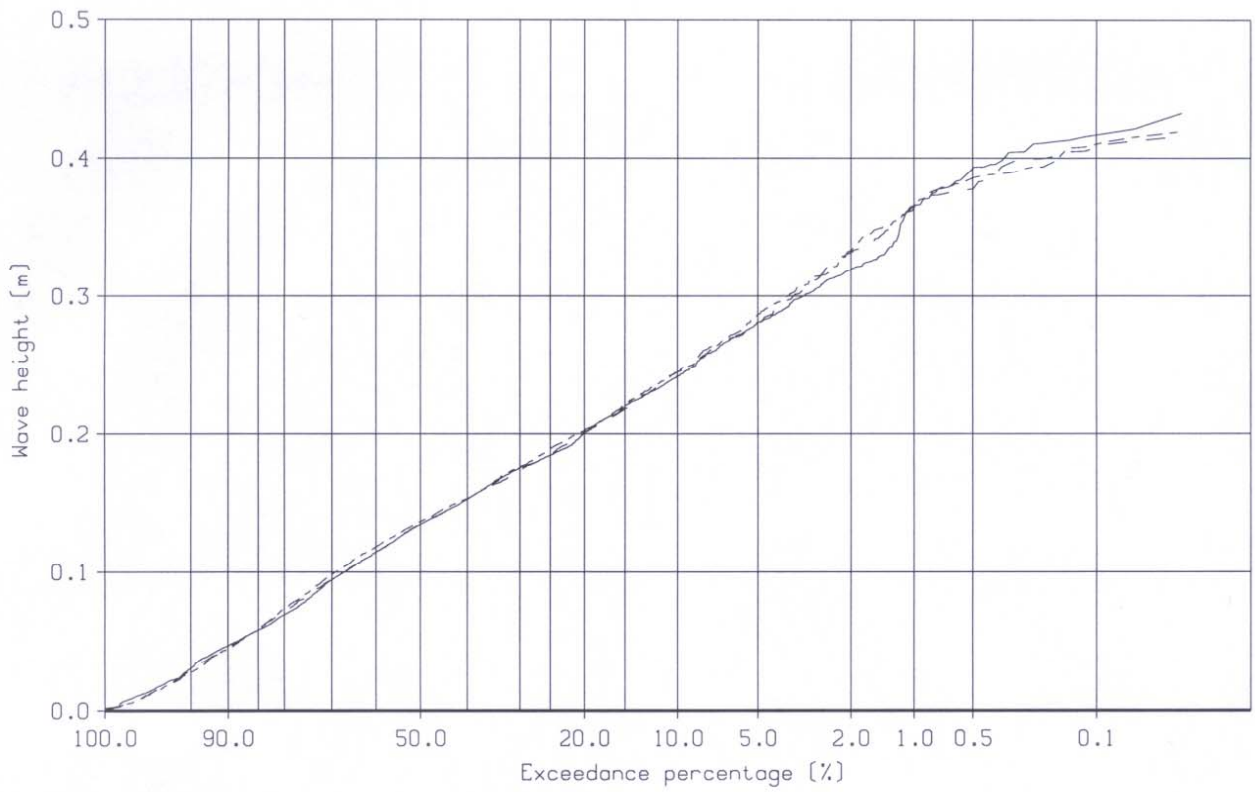
—△— T01 —□— T02 —◇— T02a —×— T03 —*— T11 —○— T12 —+— T13

Duinafslagvolumes als functie van de proefduur

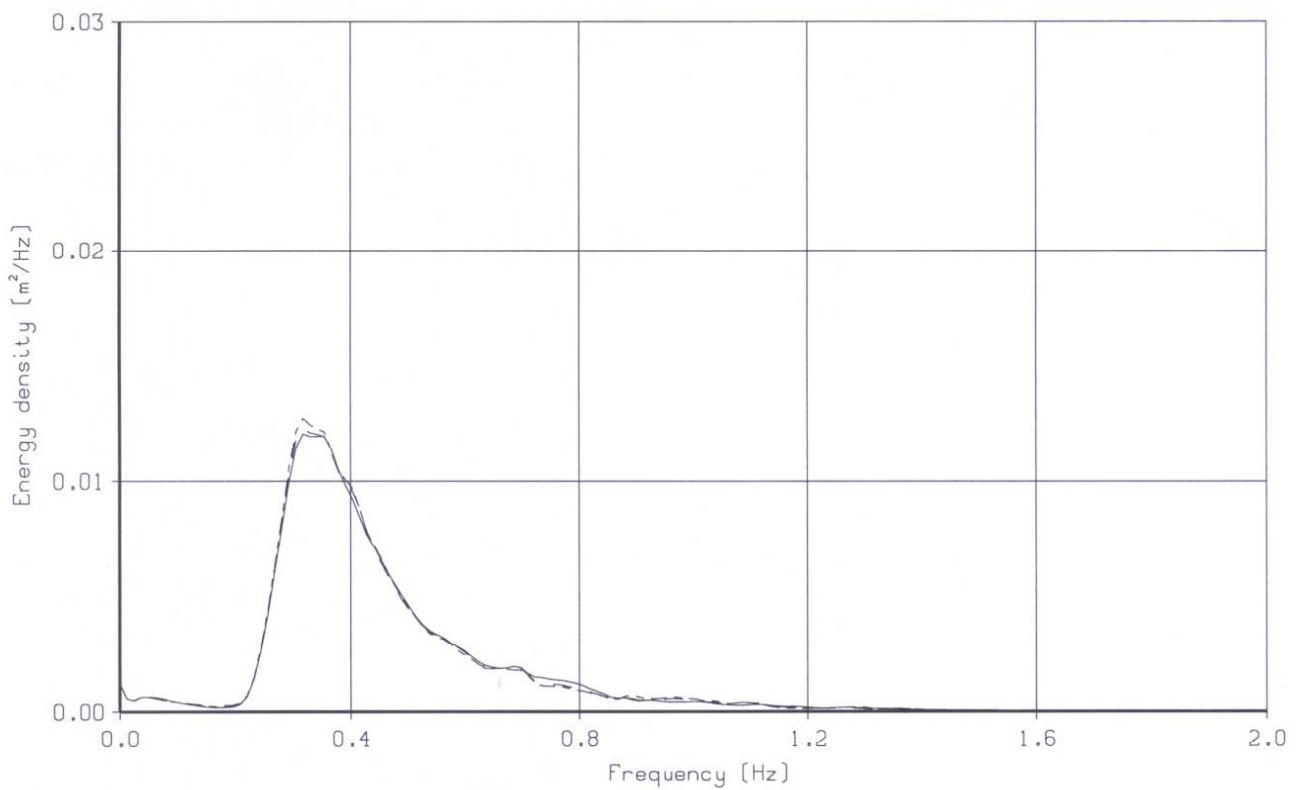


Golfhoogteverloop nabij teen

T02 & T02a



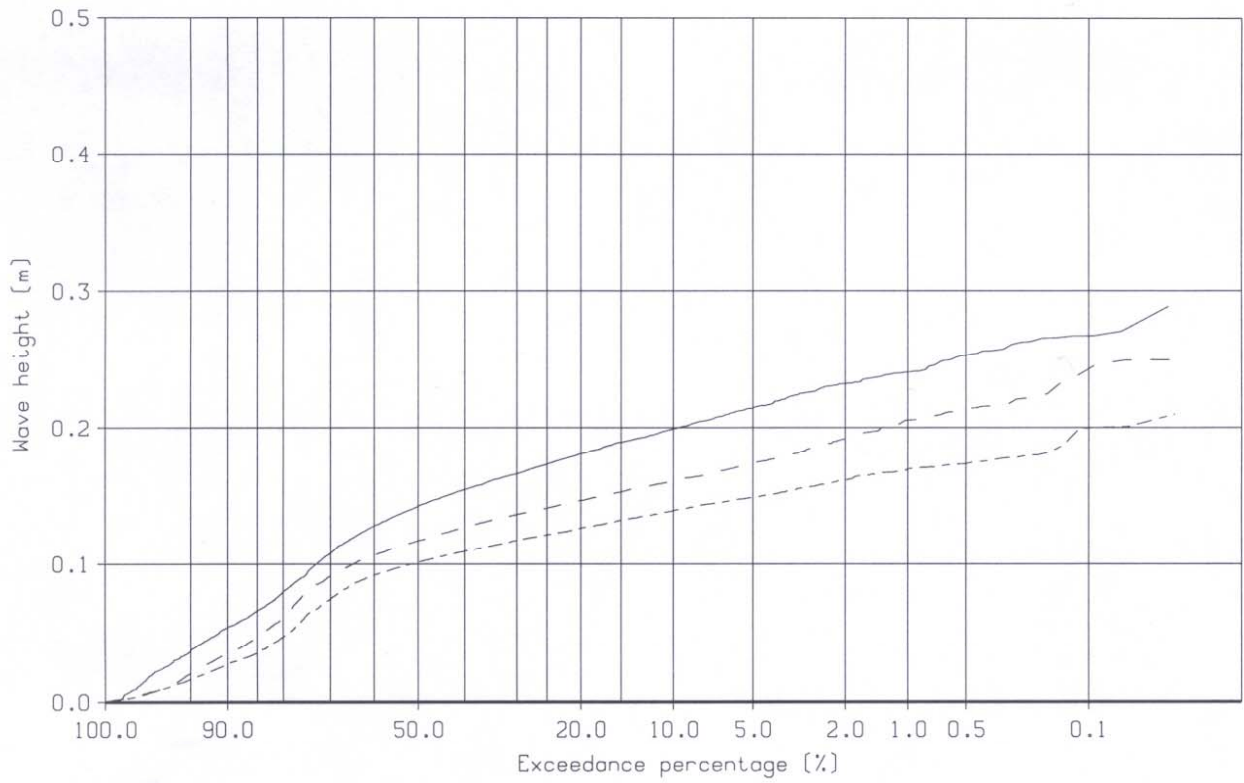
- WHM01
- - - WHM02
- - - WHM03



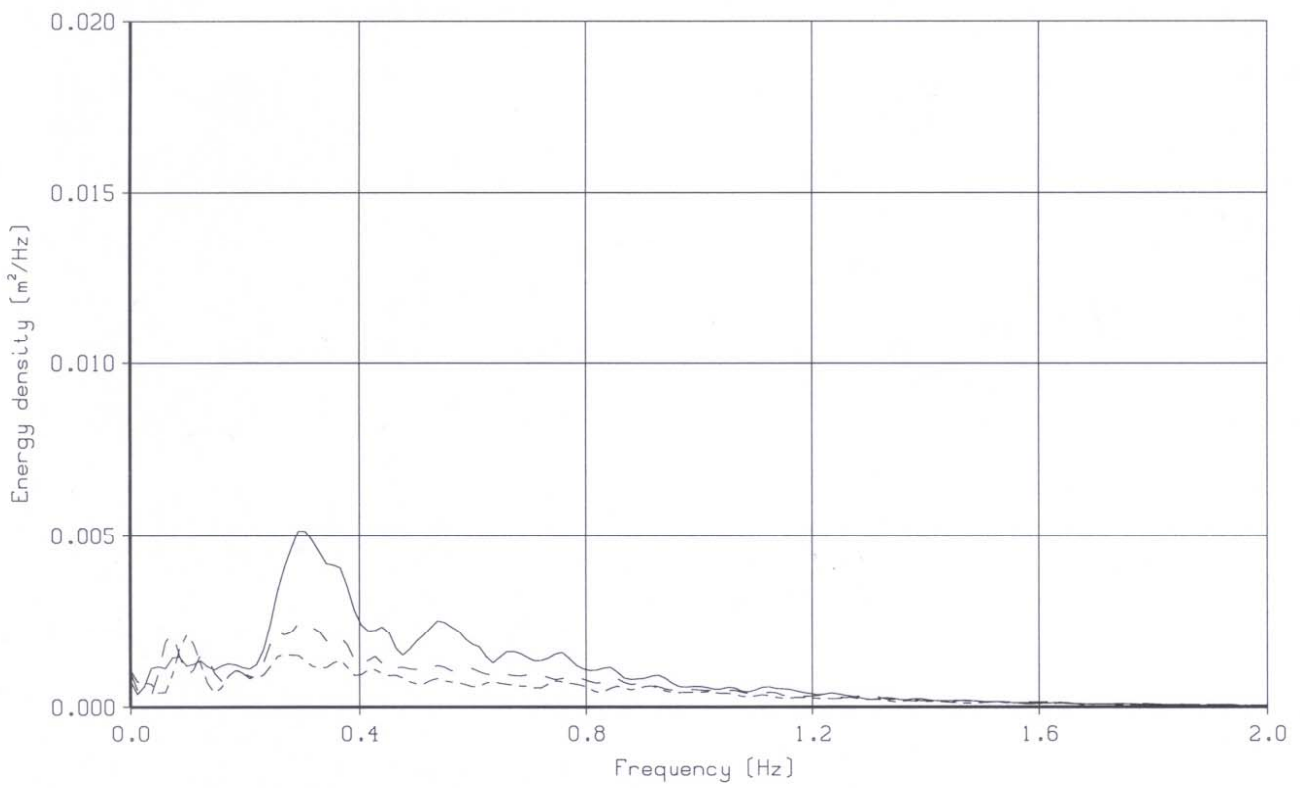
overschrijdingspercentage van de golfhoogte en energiedichtheidsspectrum voor GHM 1 2 en 3

#t12d

Nabij golfschot



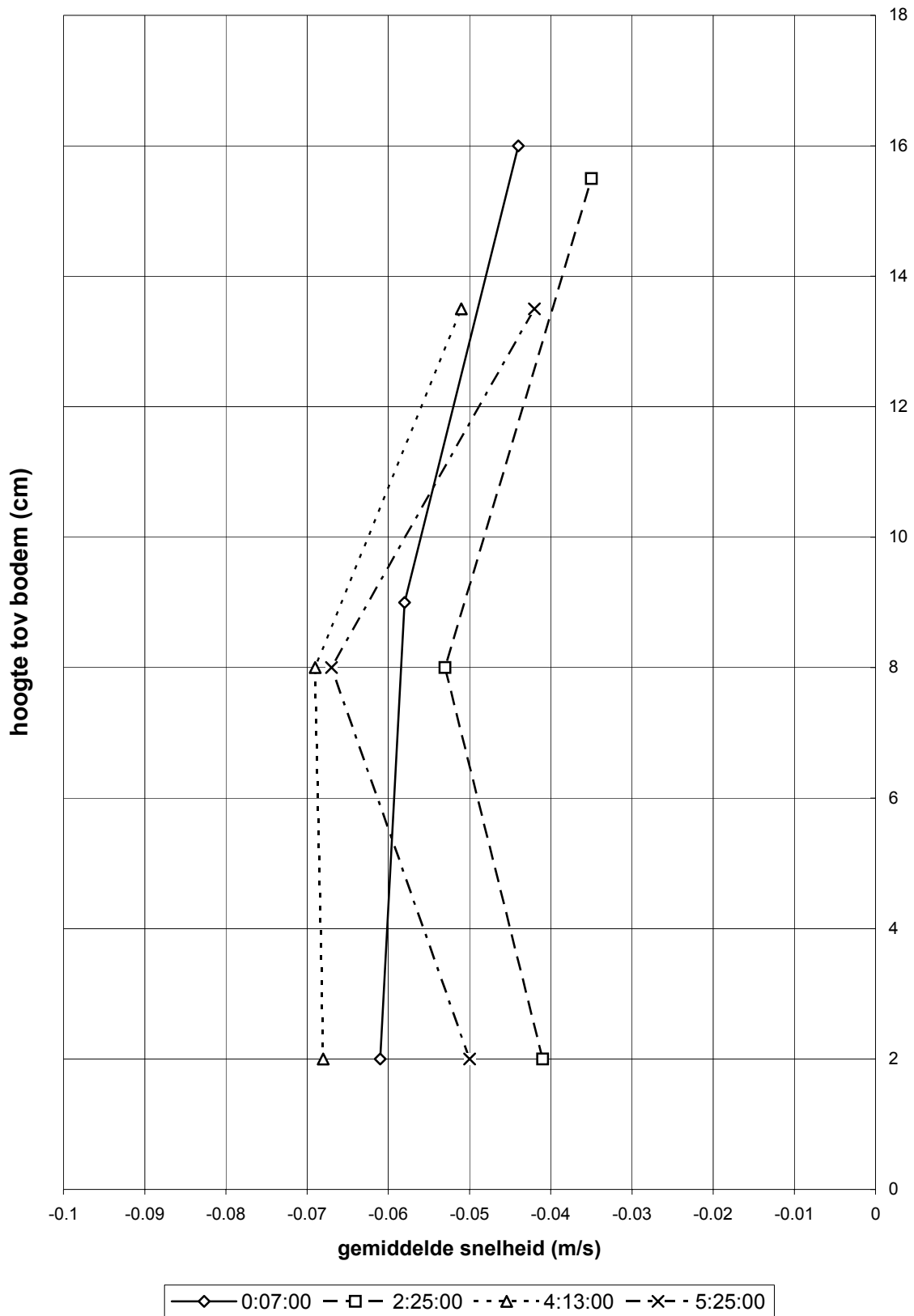
— WHM04
 - - - WHM05
 - · - WHM06



overschrijdingspercentages van de golfhoogte en energiedichtheidsspectrum voor GHM 4 5 en 6

#t12d

Boven profiel



Snelheidsmetingen Scheldegoot

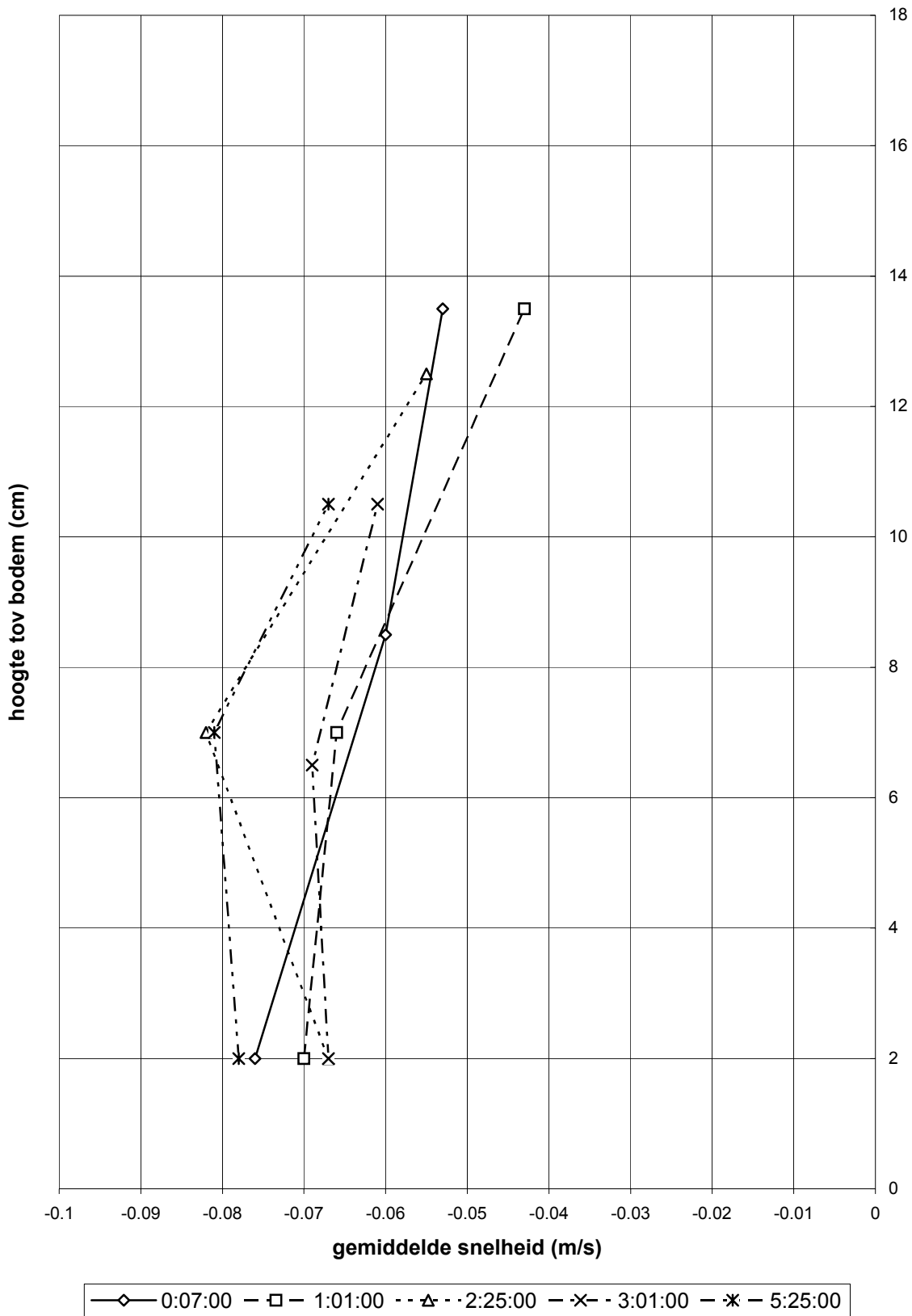
39.13 m

T01

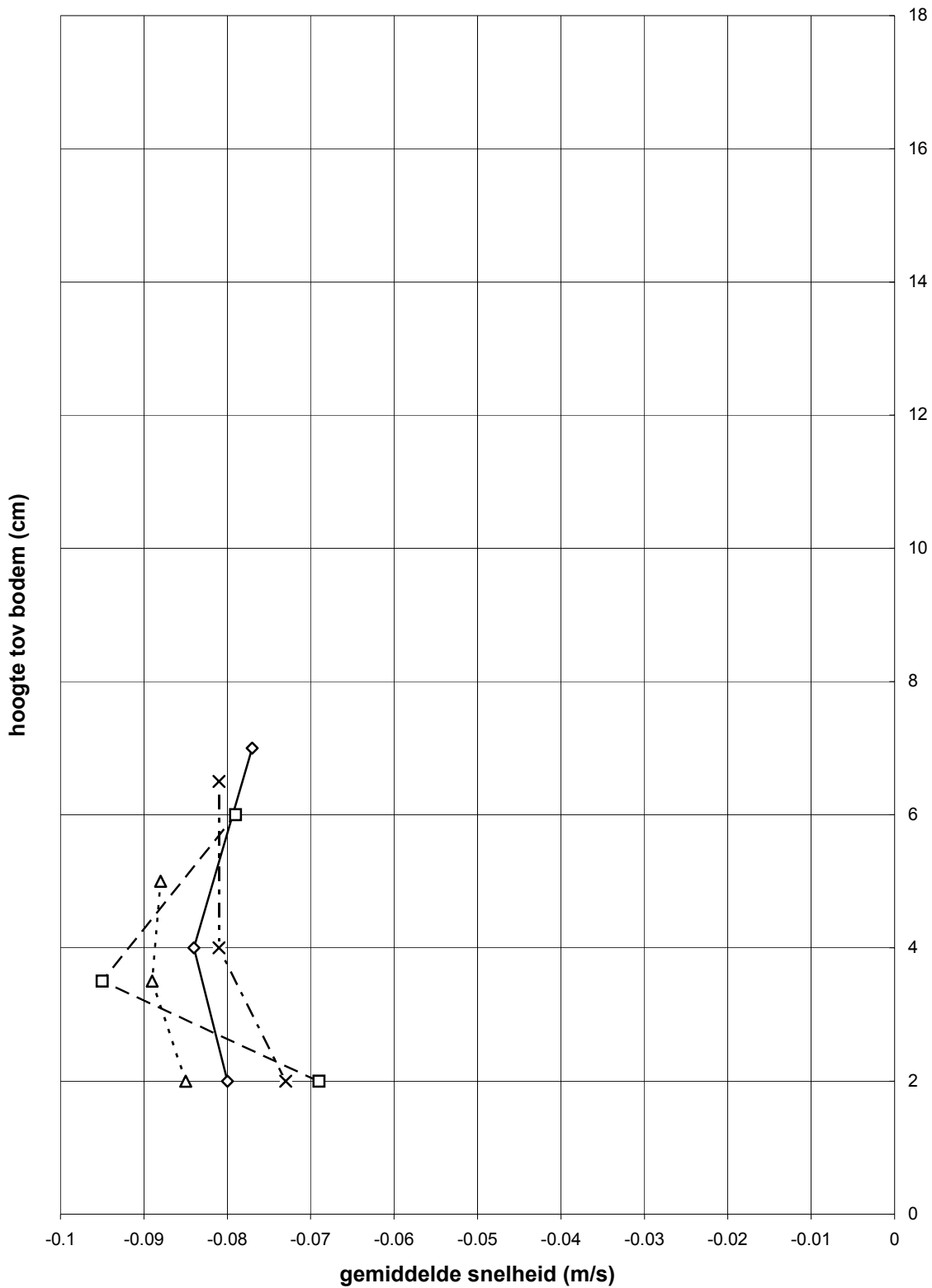
WL | Delft Hydraulics

H4265

FIG. 3.27



Snelheidsmetingen Scheldegoot	40.52 m	T01
WL Delft Hydraulics	H4265	FIG. 3.28



Snelheidsmetingen Scheldegoot

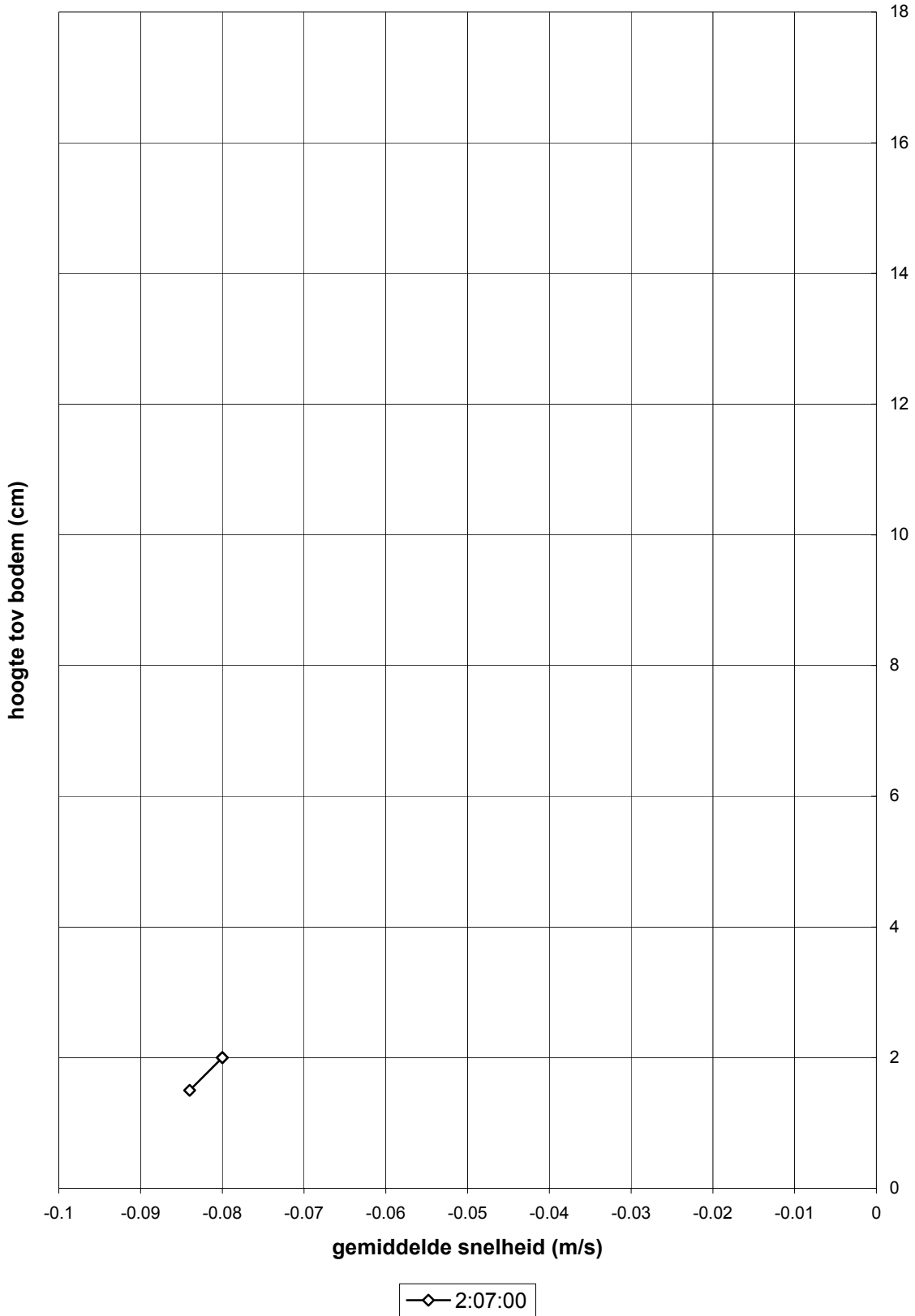
41.91 m

T01

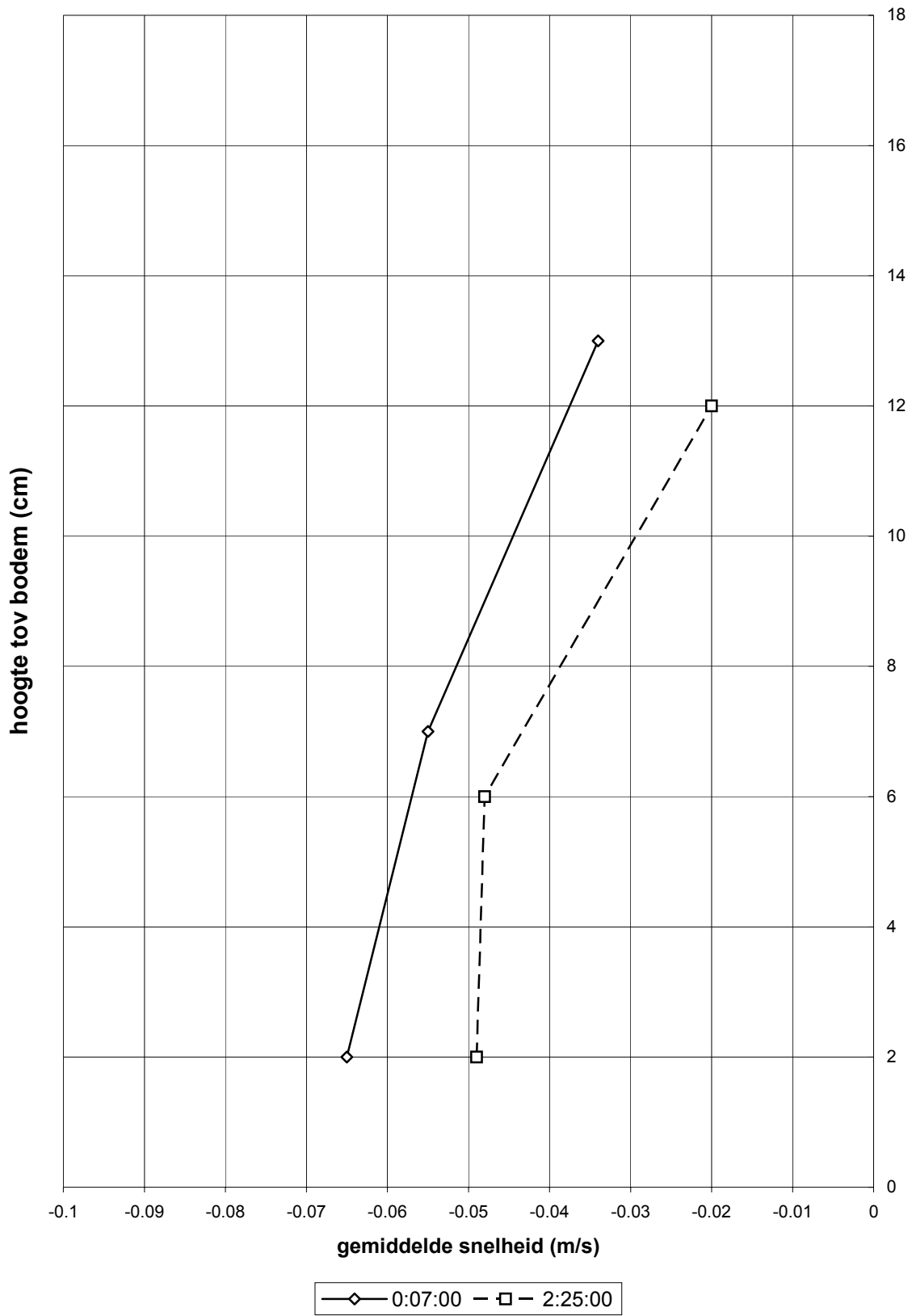
WL | Delft Hydraulics

H4265

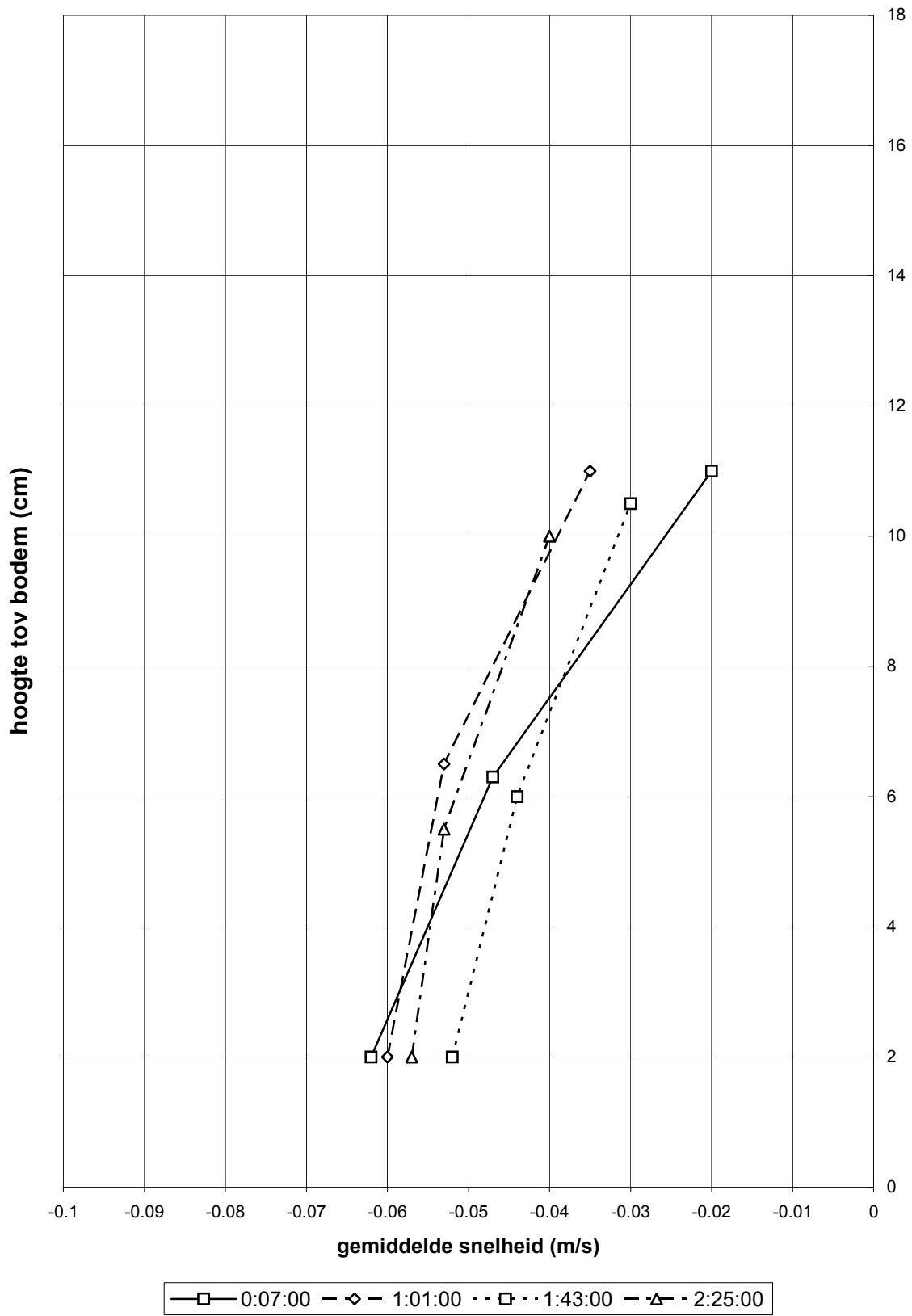
FIG. 3.29



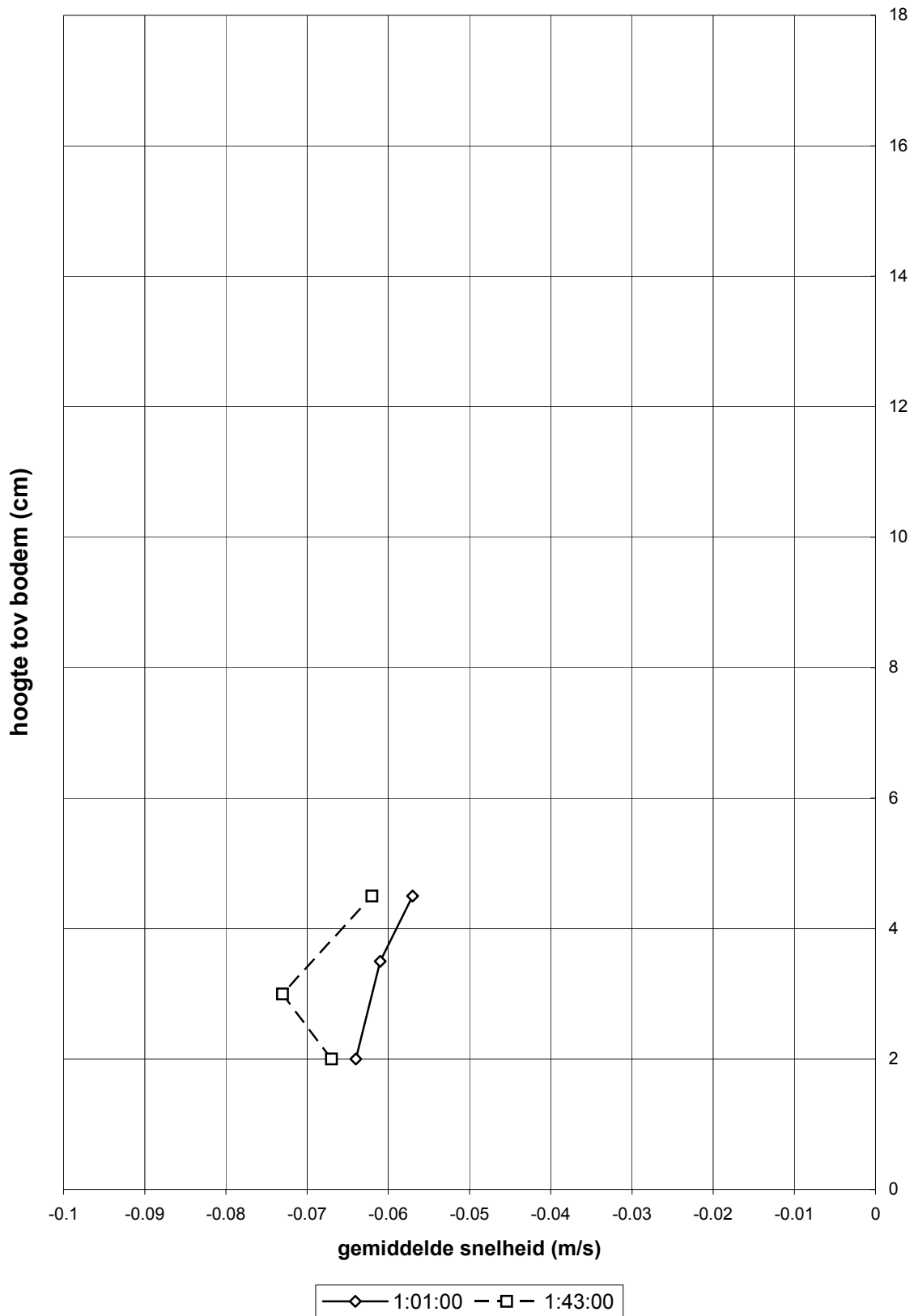
Snelheidsmetingen Scheldegoot	43.30 m	T01
WL Delft Hydraulics	H4265	FIG. 3.30



Snelheidsmetingen Scheldegoot	40.18 m	T12
WL Delft Hydraulics	H4265	FIG. 3.31



Snelheidsmetingen Scheldegoot	41.22 m	T12
WL Delft Hydraulics	H4265	FIG. 3.32



Snelheidsmetingen Scheldegoot

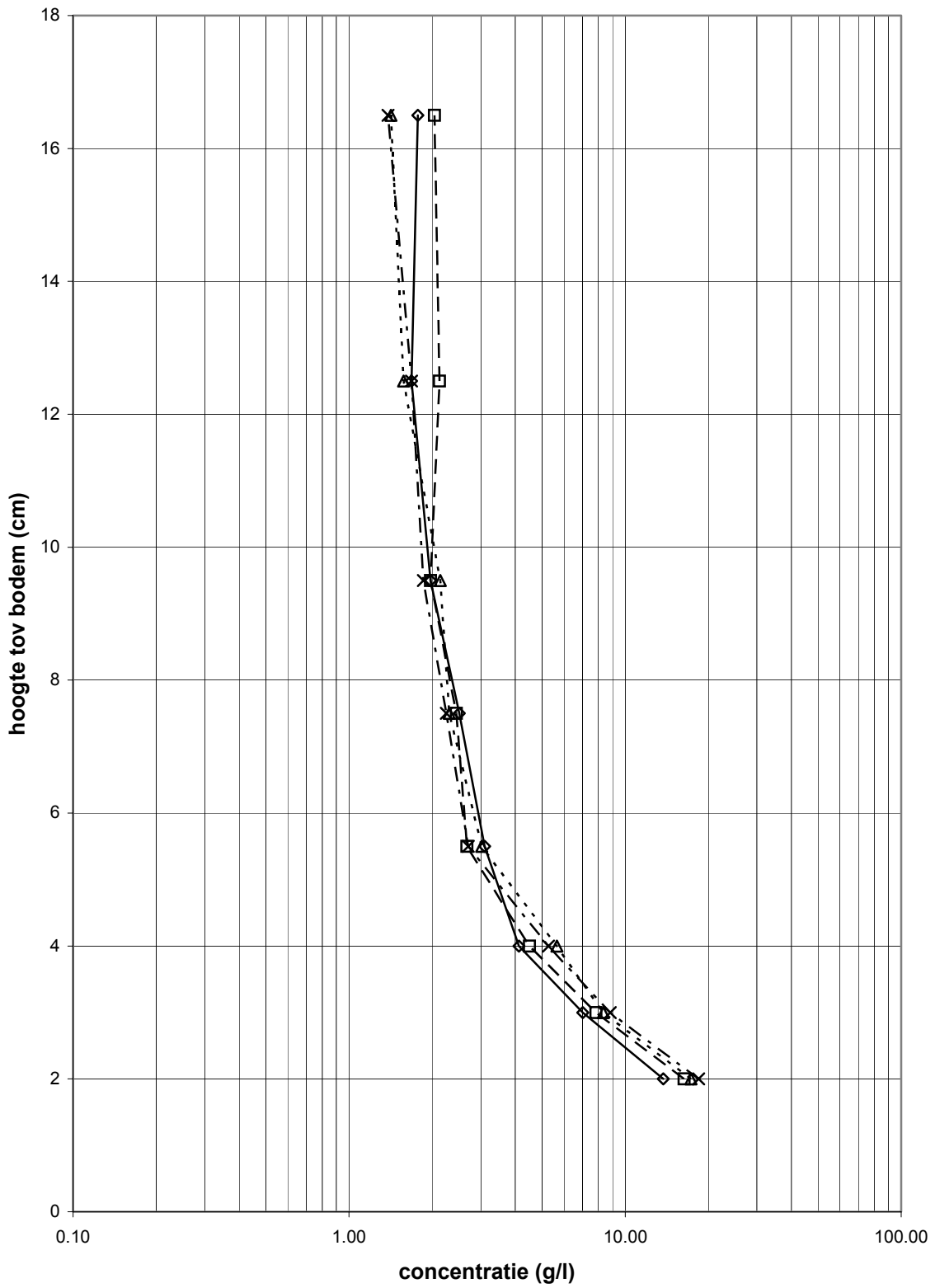
42.26 m

T12

WL | Delft Hydraulics

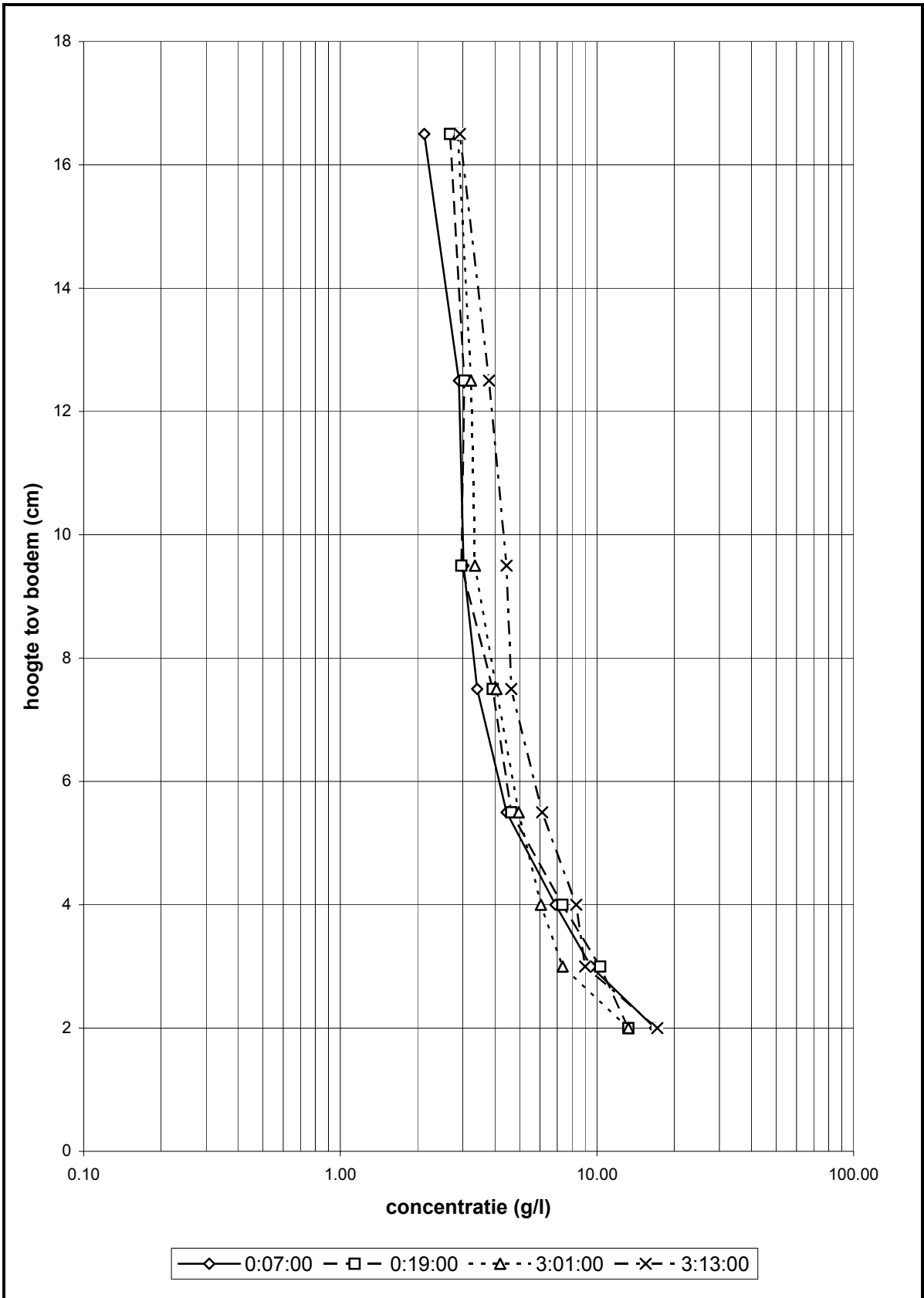
H4265

FIG. 3.33

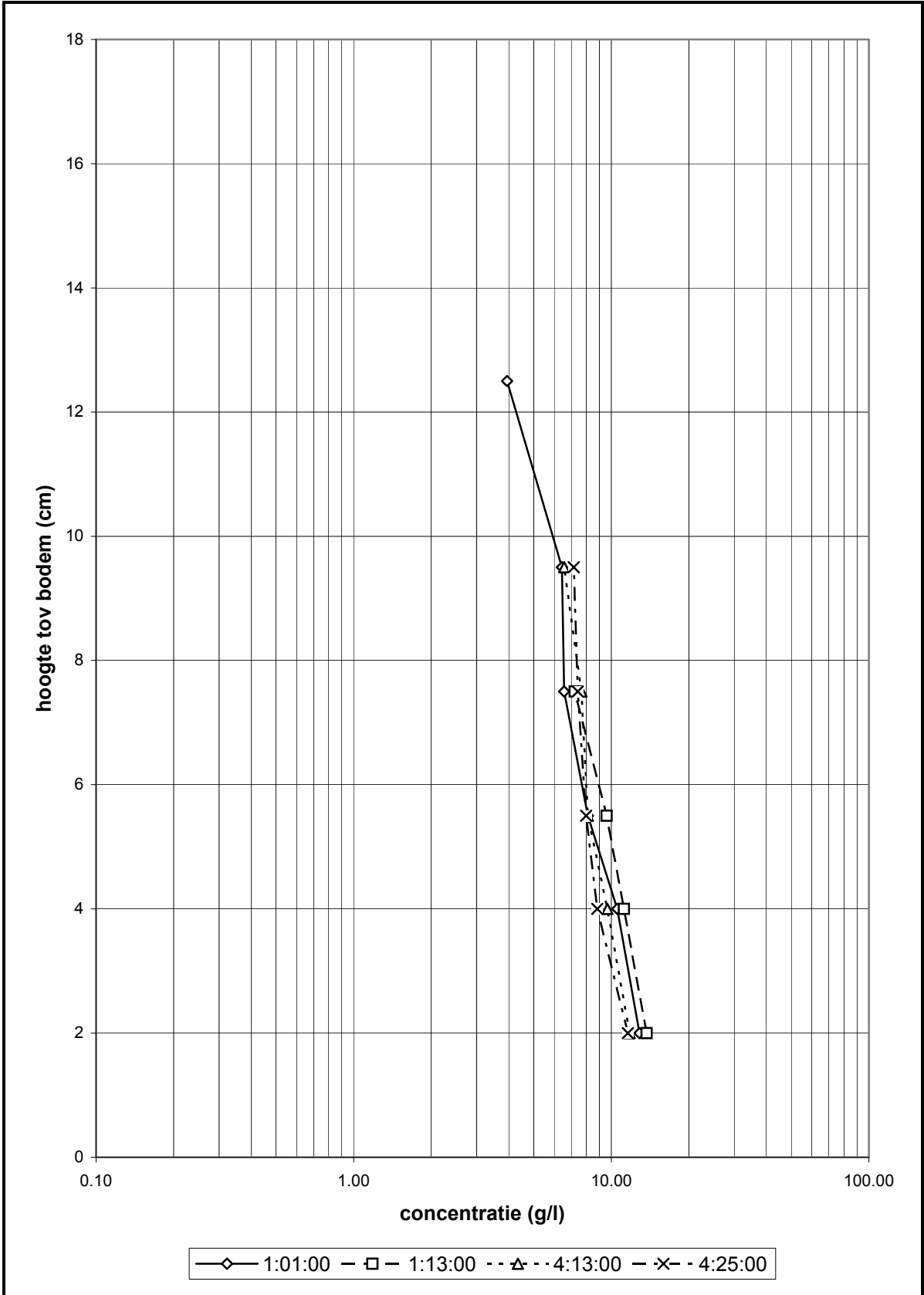


—◇— 2:25:00 —■— 2:37:00 - -△- - 5:25:00 - -×- - 5:37:00

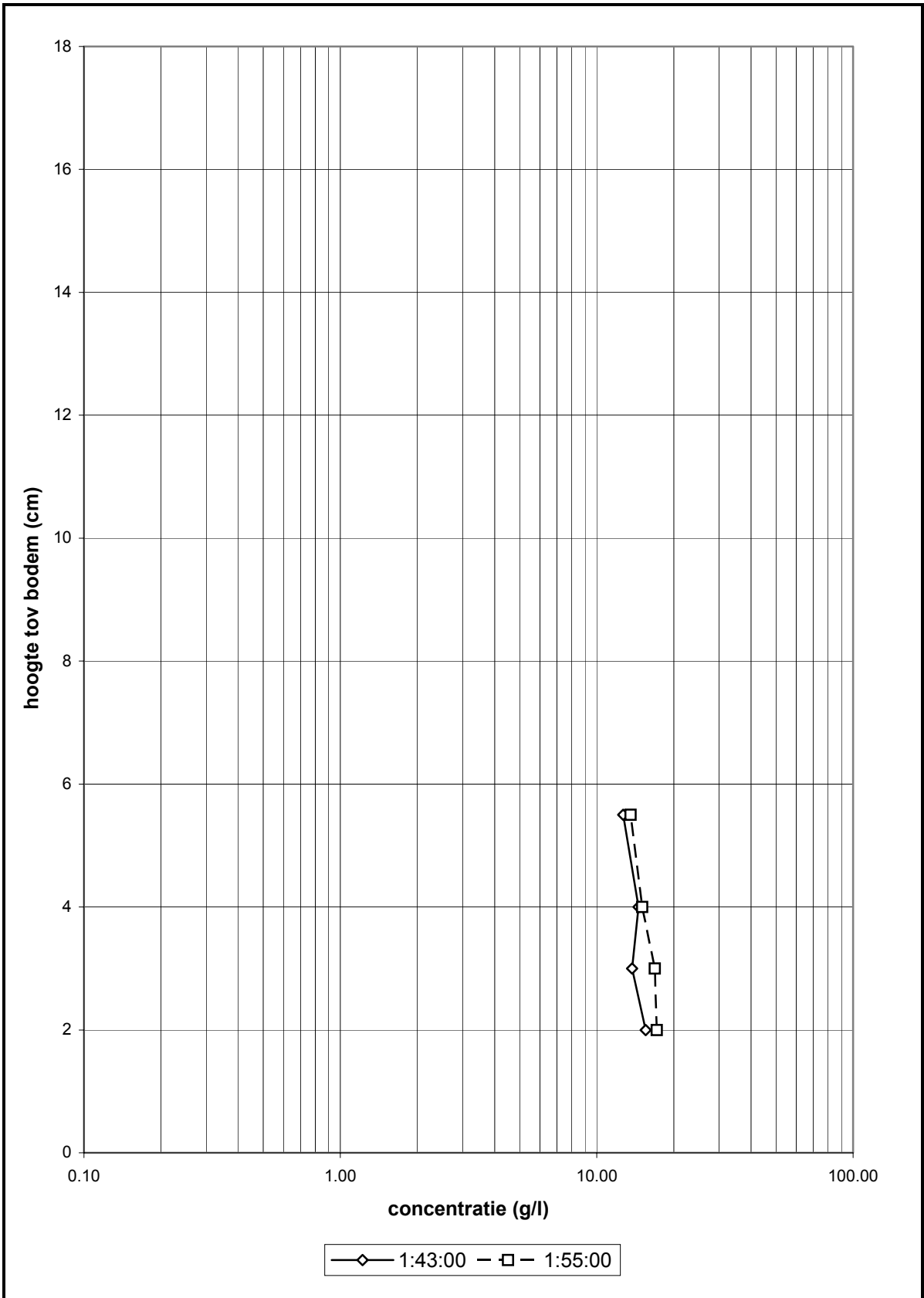
Concentratiemetingen Scheldegoot	39.13 m	T01
WL Delft Hydraulics	H4265	FIG. 3.34



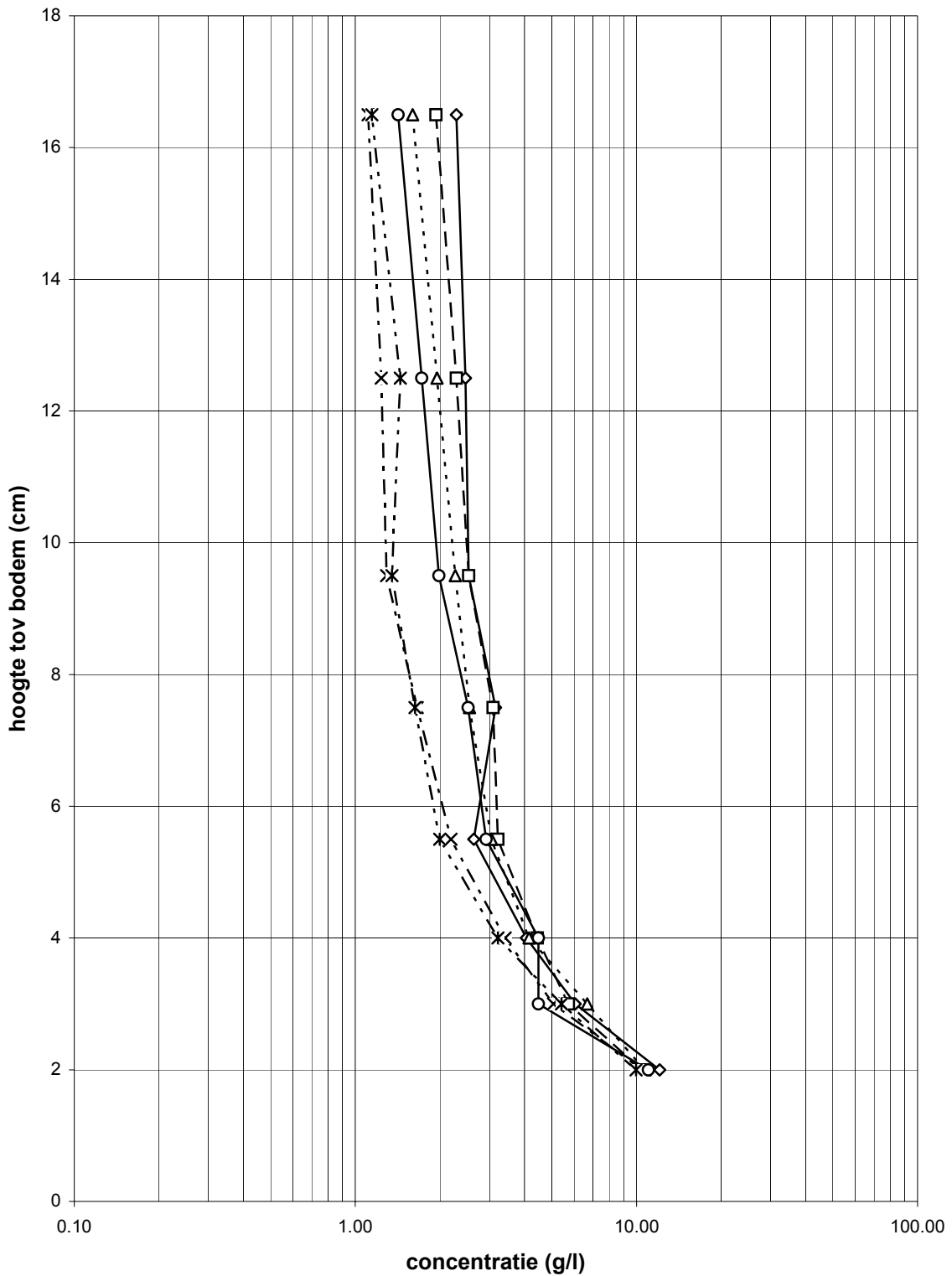
Concentratiemetingen Scheldegoot	40.52 m	T01
WL Delft Hydraulics	H4265	FIG. 3.35



Concentratiemetingen Scheldegoot	41.91 m	T01
WL Delft Hydraulics	H4265	FIG. 3.36



Concentratiemetingen Scheldegoot	43.30 m	T01
WL Delft Hydraulics	H4265	FIG. 3.37



Concentratiemetingen Scheldegoot

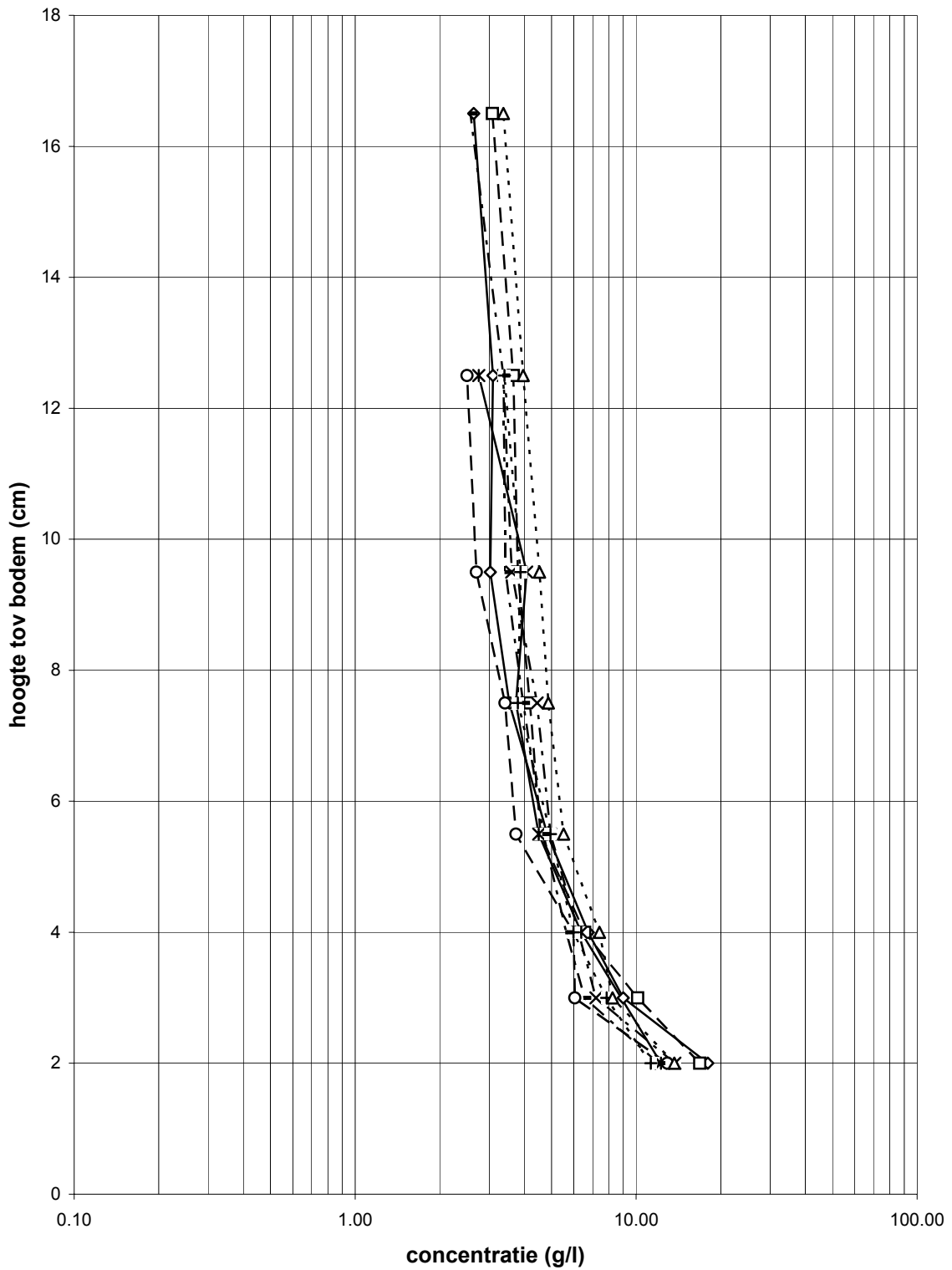
39.13 m

T02/T02a

WL | Delft Hydraulics

H4265

FIG. 3.38



—◇— 0:07:00	- □ - 0:19:00	- × - 1:43:00	- * - 1:55:00
- ○ - 4:13:00	- + - 4:25:00	- △ - T02a 0:07:00	- ▽ - T02a 3:01:00

Concentratiemetingen Scheldegoot

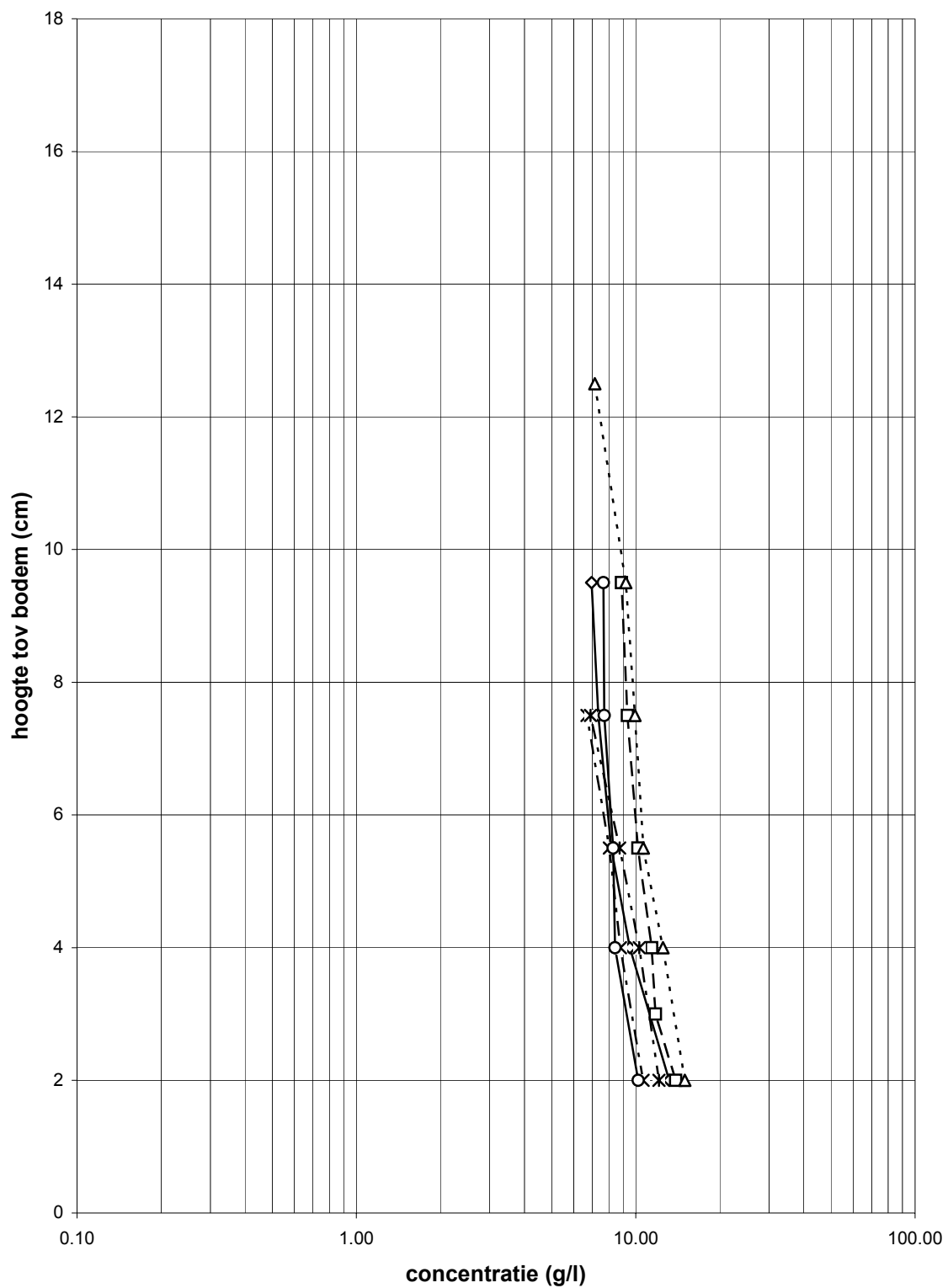
40.52 m

T02/T02a

WL | Delft Hydraulics

H4265

FIG. 3.39



—◇— 1:01:00	-□- 1:13:00	--△-- T02a 1:01:00
-x- 3:01:00	-* - 3:13:00	—○— T02a 4:13:00

Concentratiemetingen Scheldegoot

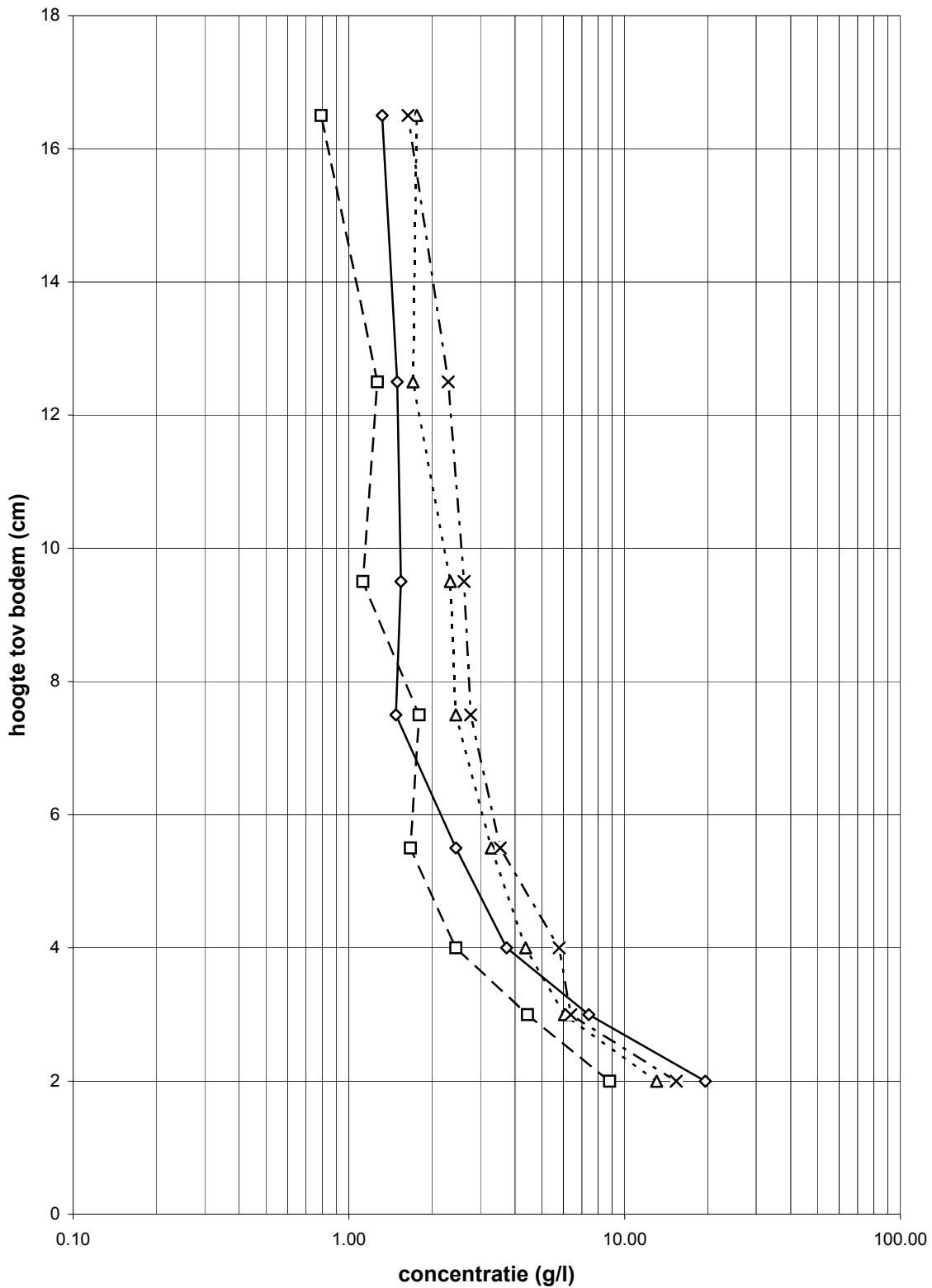
41.91 m

T02/T02a

WL | Delft Hydraulics

H4265

FIG. 3.40



—◇— 2:25:00 —□— 2:37:00 - -△- - 5:25:00 - -×- - 5:37:00

Concentratiemetingen Scheldegoet

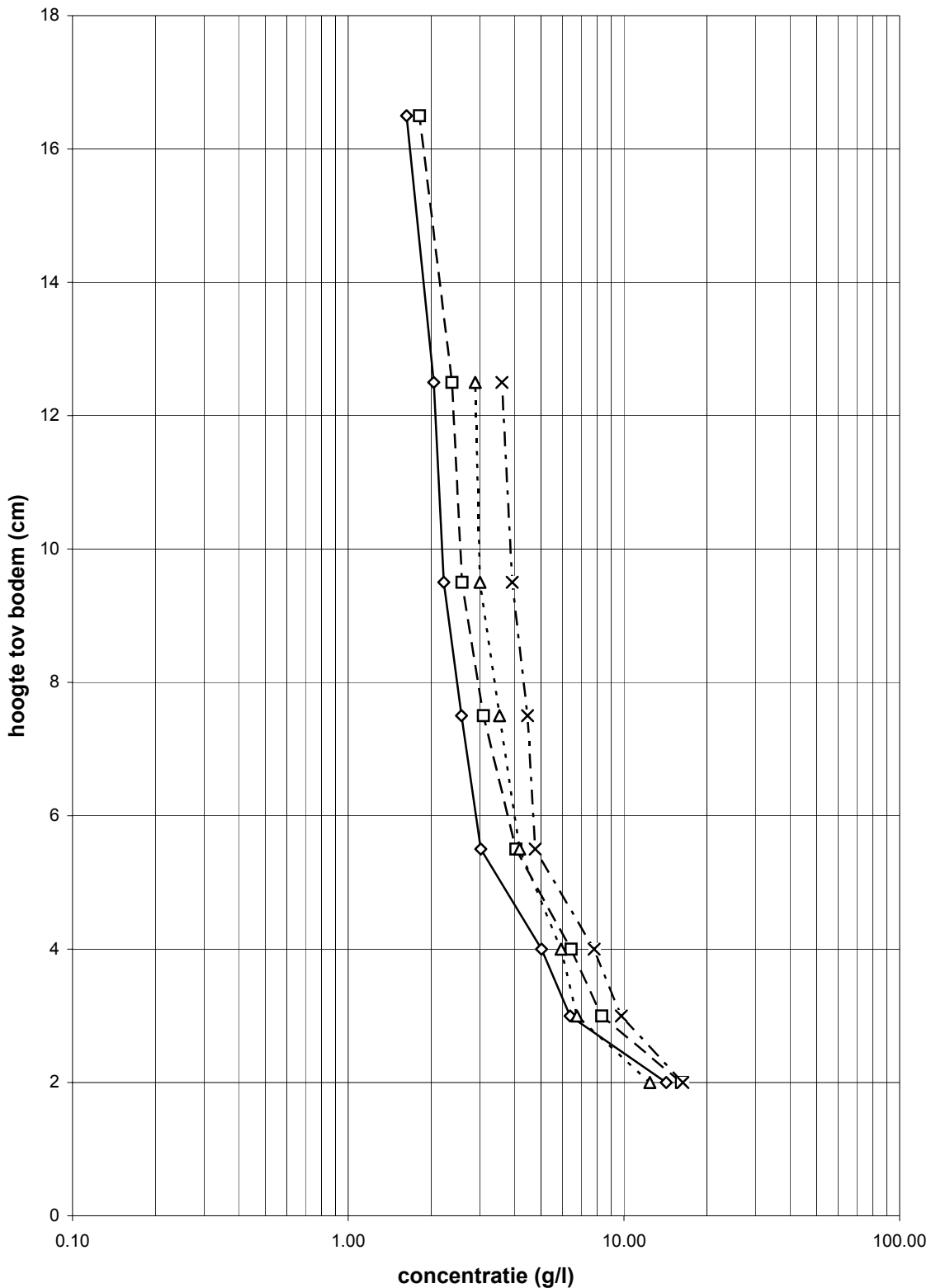
39.13 m

T03

WL | Delft Hydraulics

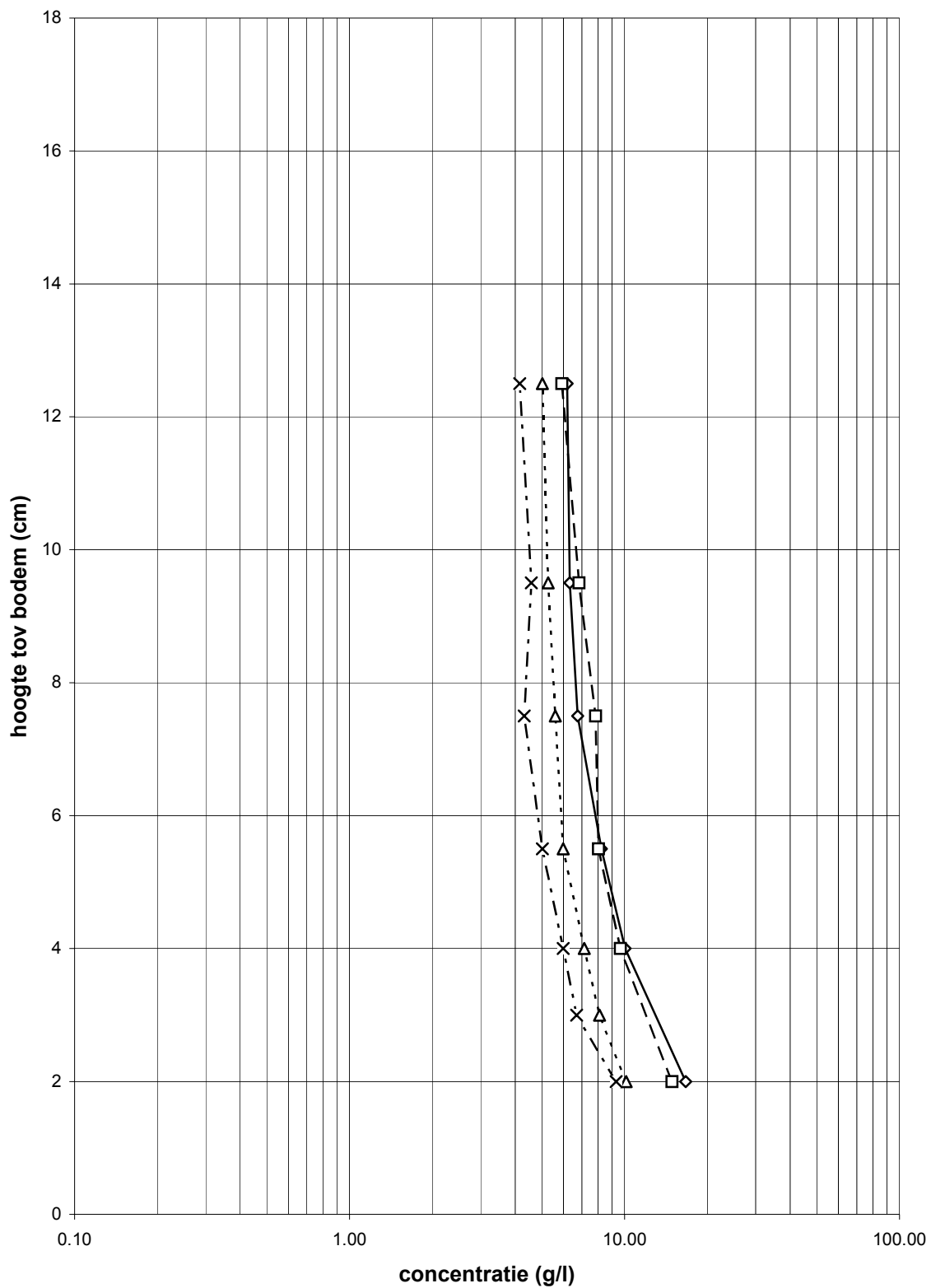
H4265

FIG. 3.41



—◇— 0:07:00 —□— 0:19:00 - -△- - 3:01:00 - ×- - 3:13:00

Concentratiemetingen Scheldegoot	40.52 m	T03
WL Delft Hydraulics	H4265	FIG. 3.42



—◇— 1:01:00 —□— 1:13:00 - -△- - 4:13:00 - ×- - 4:25:00

Concentratiemetingen Scheldegoot

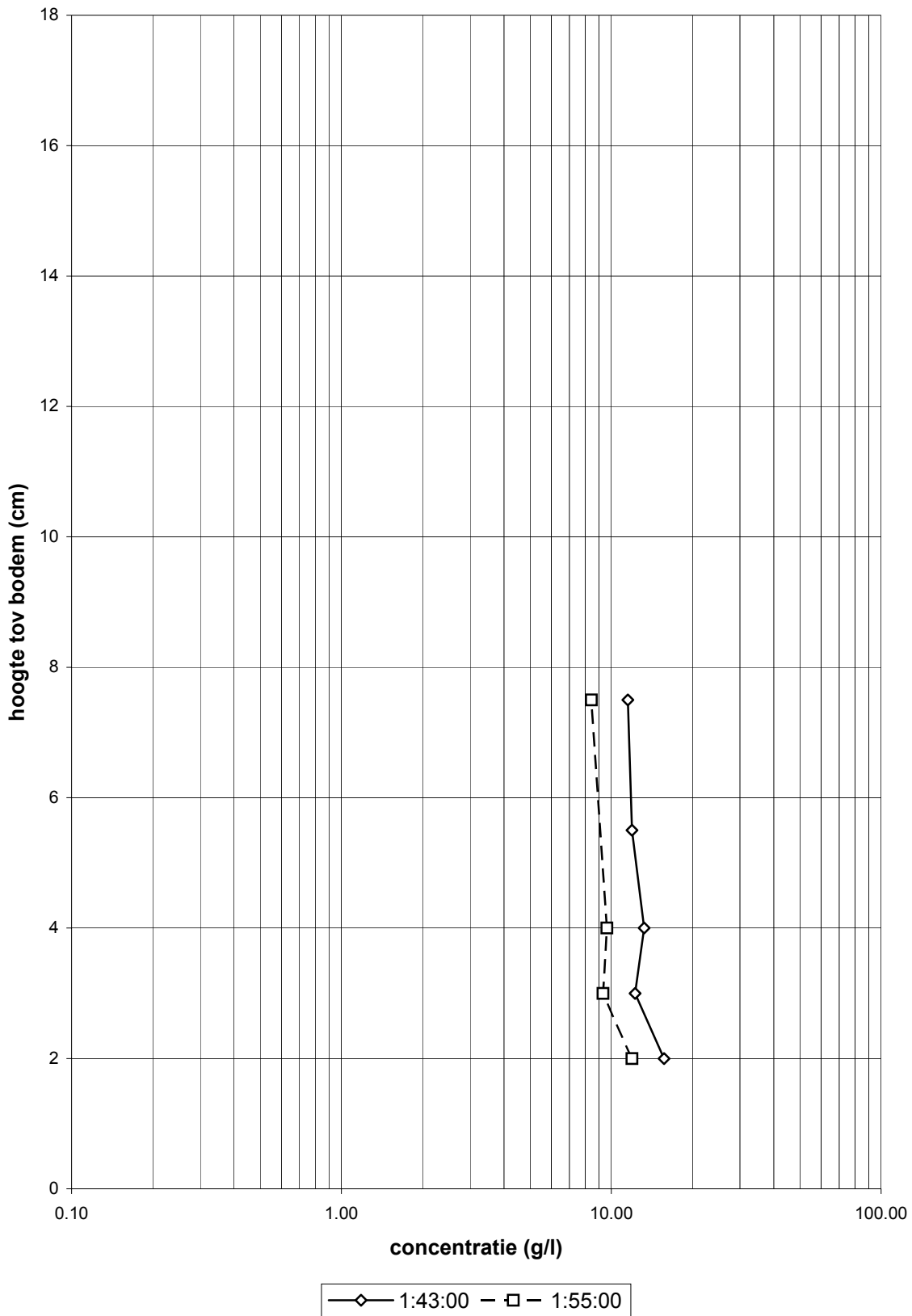
41.91 m

T03

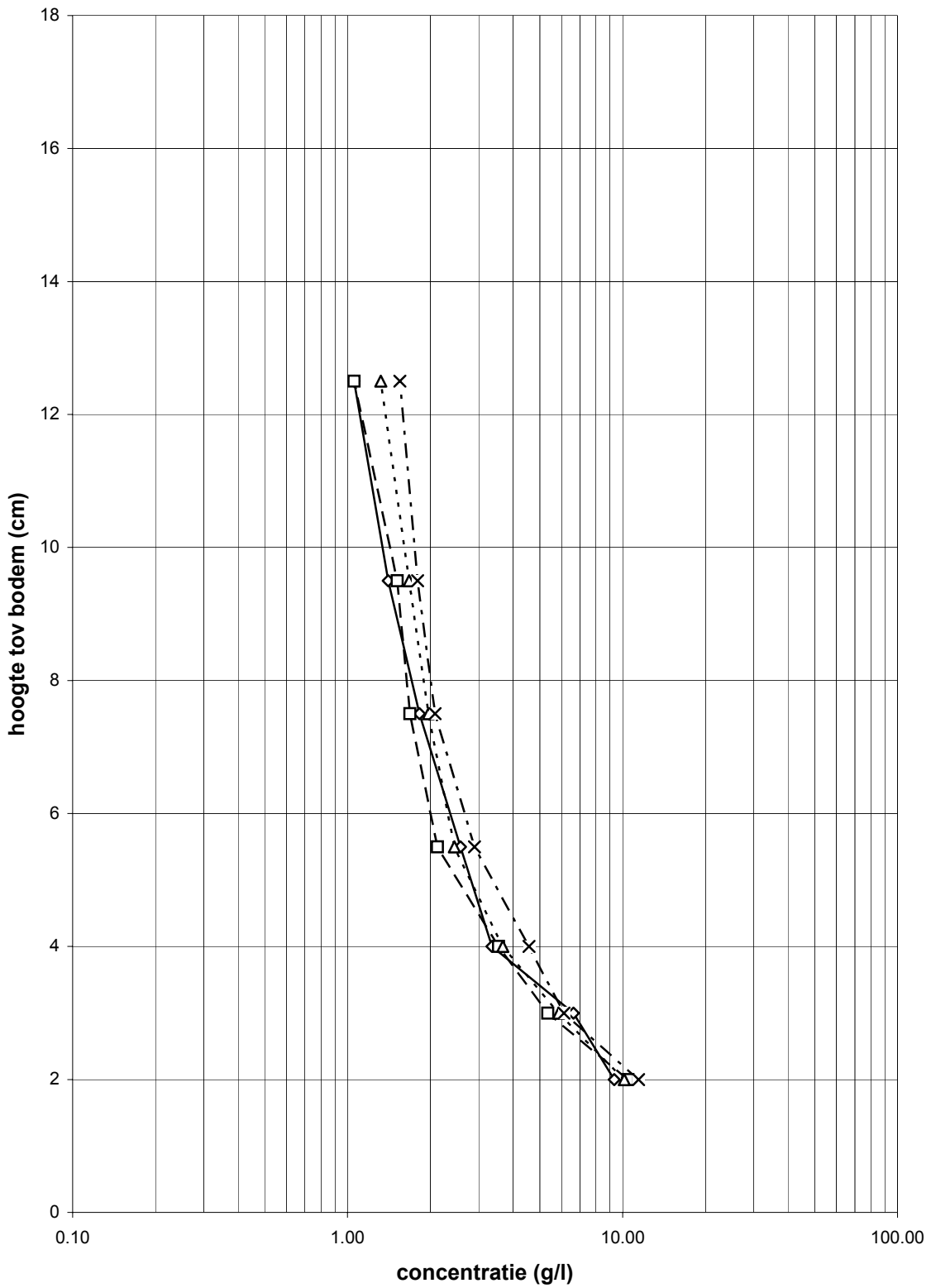
WL | Delft Hydraulics

H4265

FIG. 3.43



Concentratiemetingen Scheldegoot	43.30 m	T03
WL Delft Hydraulics	H4265	FIG. 3.44



—◇— 2:25:00 —□— 2:37:00 - -△- - 5:25:00 - ·-·- 5:37:00

Concentratiemetingen Scheldegoot

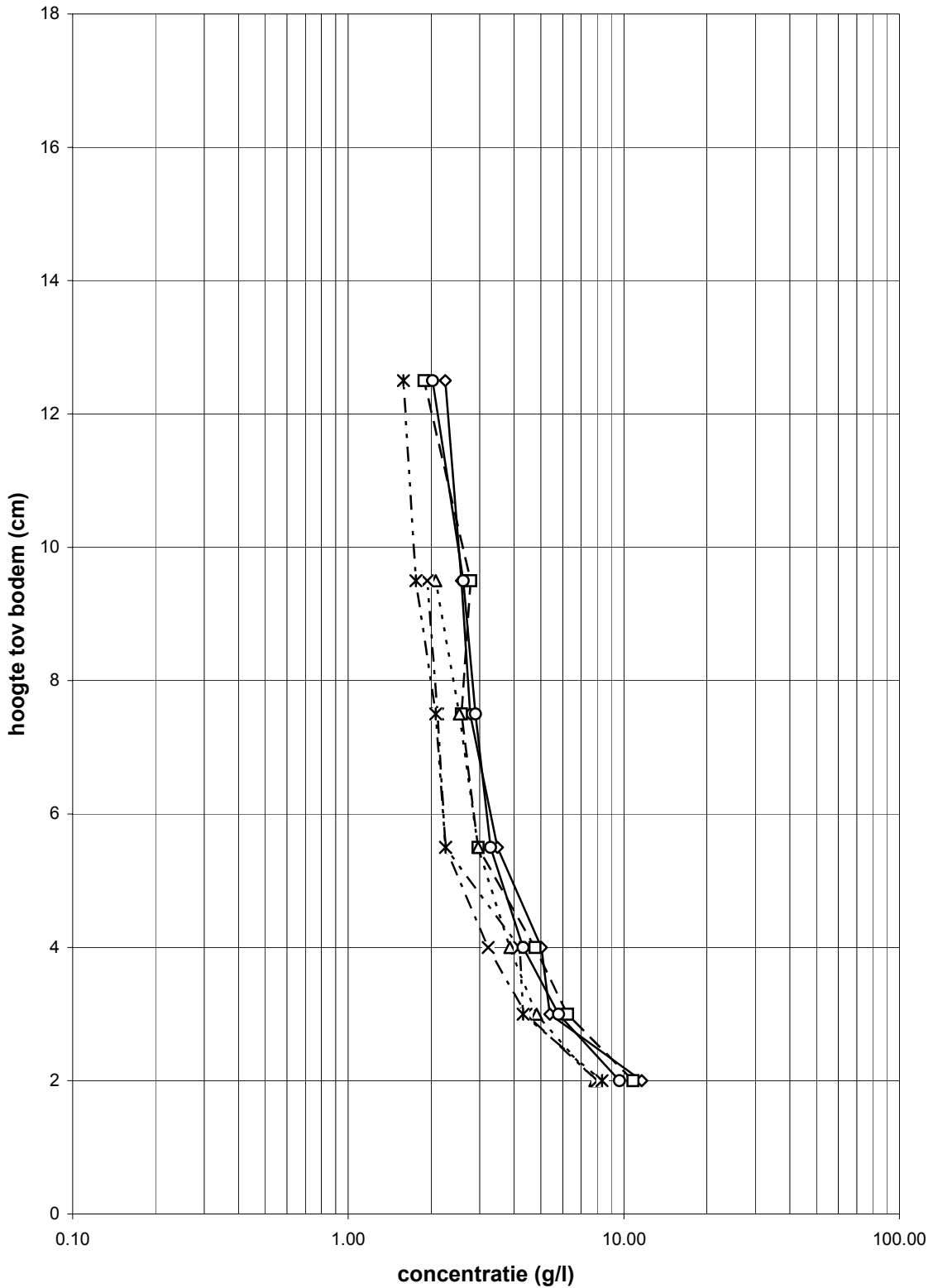
40.18 m

T11

WL | Delft Hydraulics

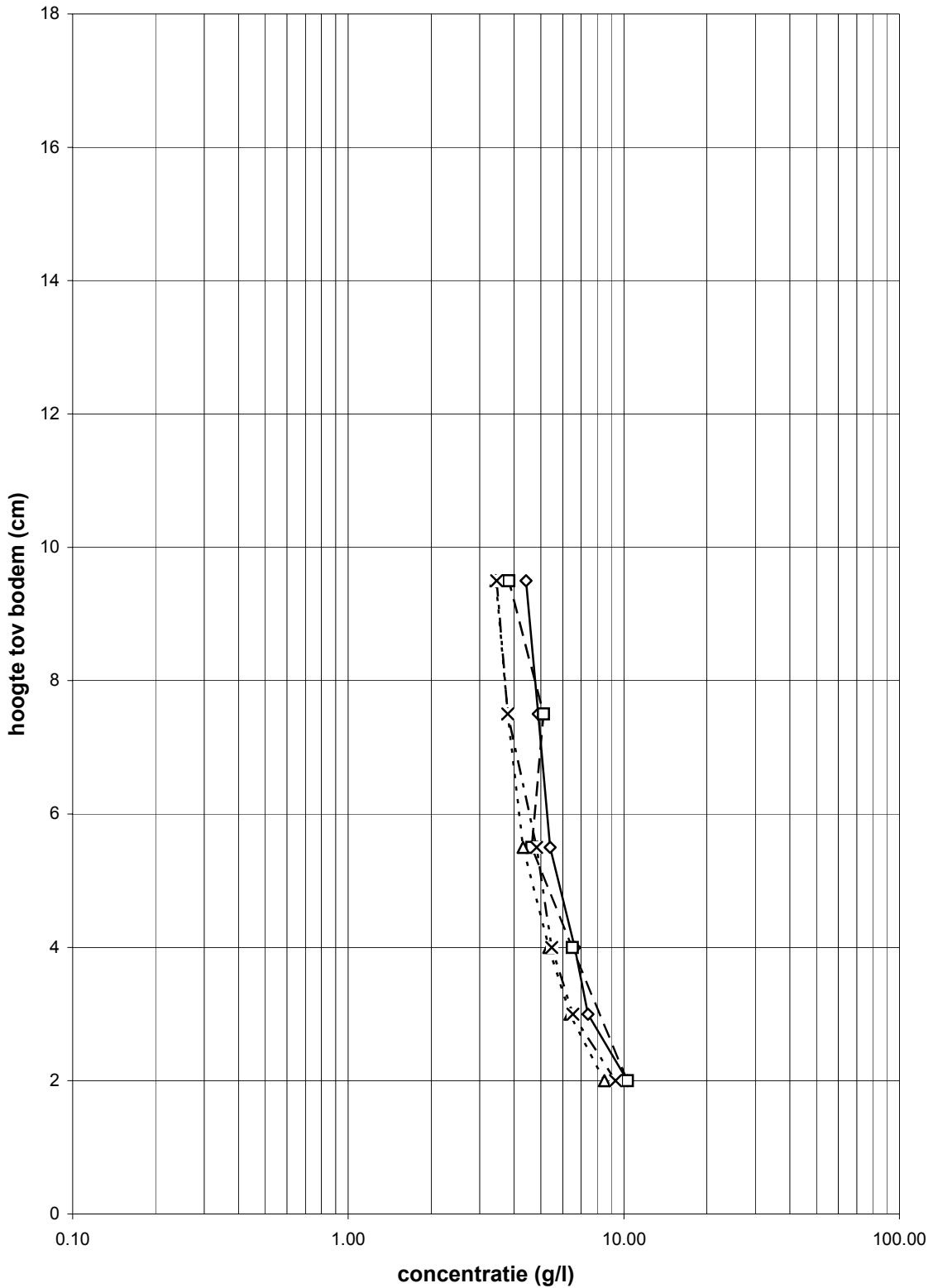
H4265

FIG. 3.45



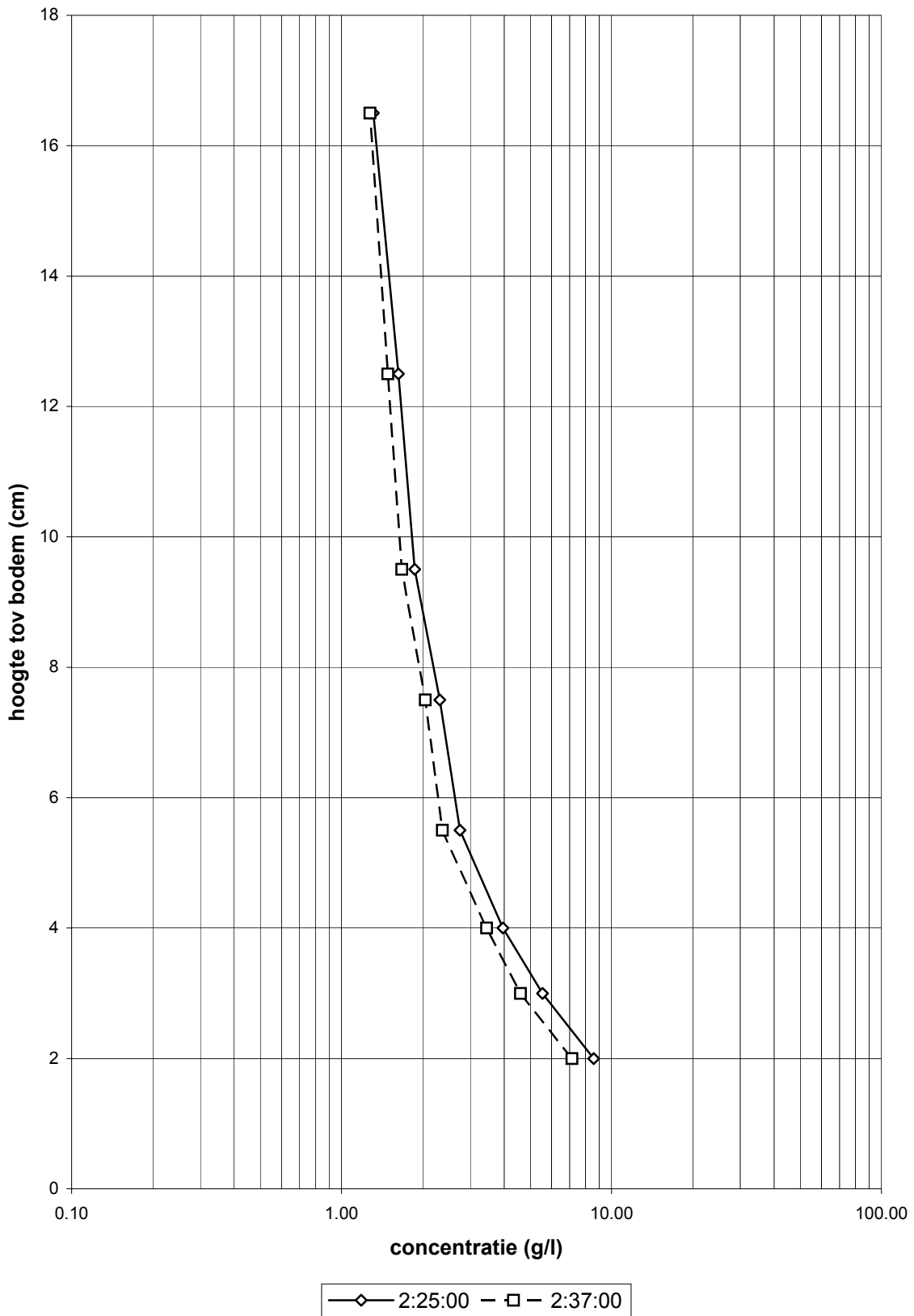
—◇— 0:07:00 —□— 0:19:00 —△— 1:43:00 —×— 1:55:00 —*— 3:01:00 —○— 3:13:00

Concentratiemetingen Scheldegoot	41.22 m	T11
WL Delft Hydraulics	H4265	FIG. 3.46

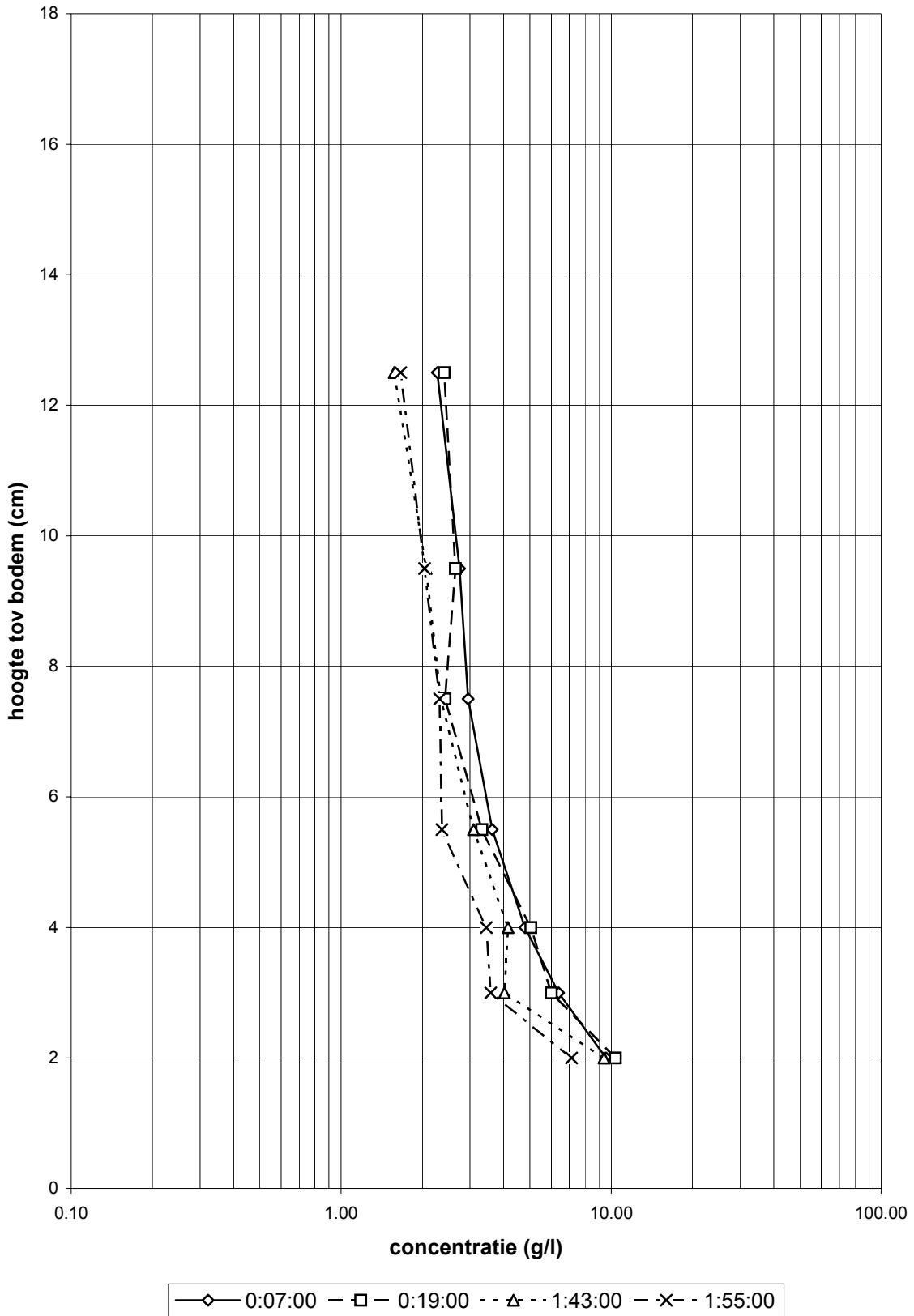


—◇— 1:01:00 —□— 1:13:00 - -△- - 4:13:00 - -×- - 4:25:00

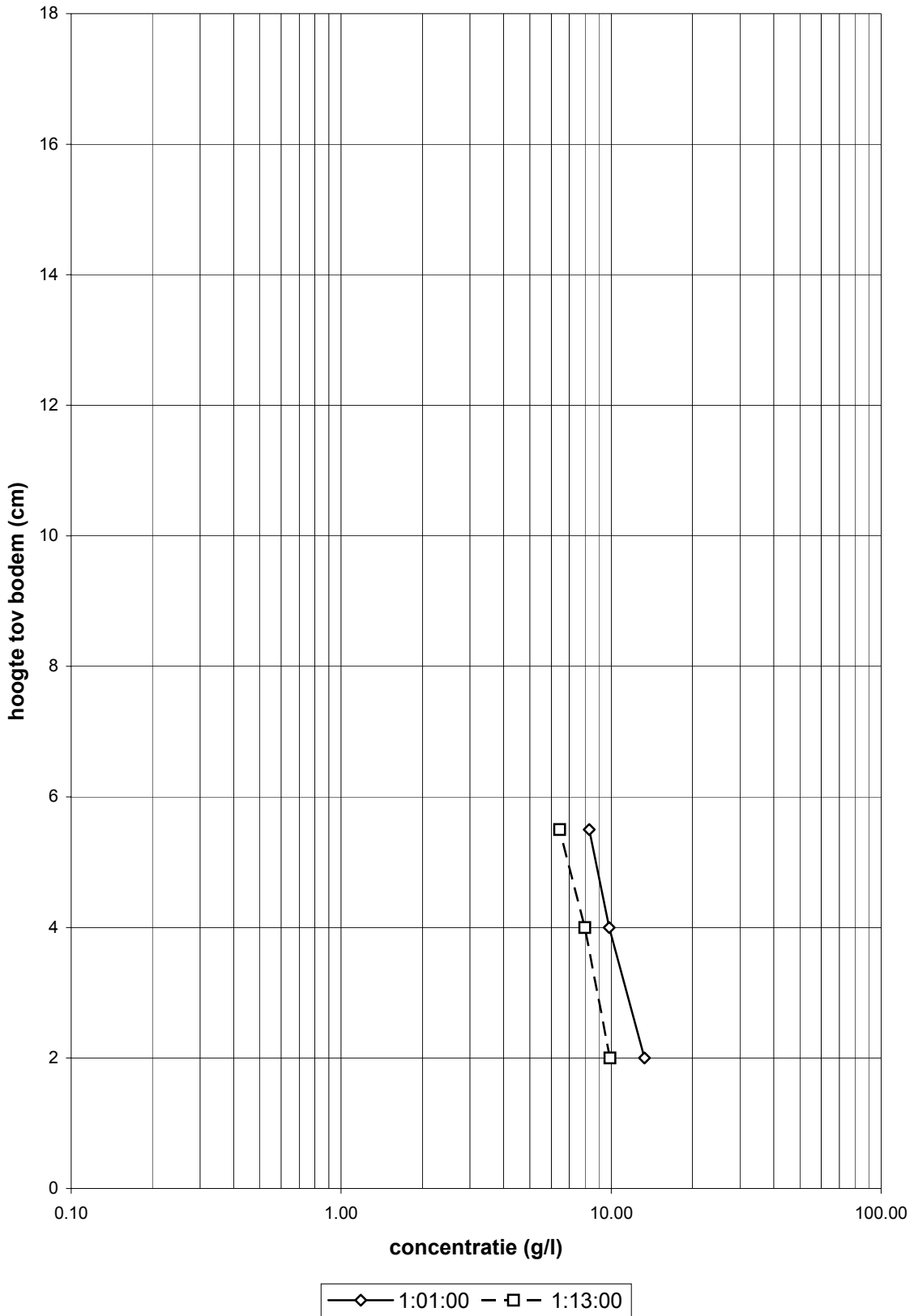
Concentratiemetingen Scheldegoot	42.26 m	T11
WL Delft Hydraulics	H4265	FIG. 3.47



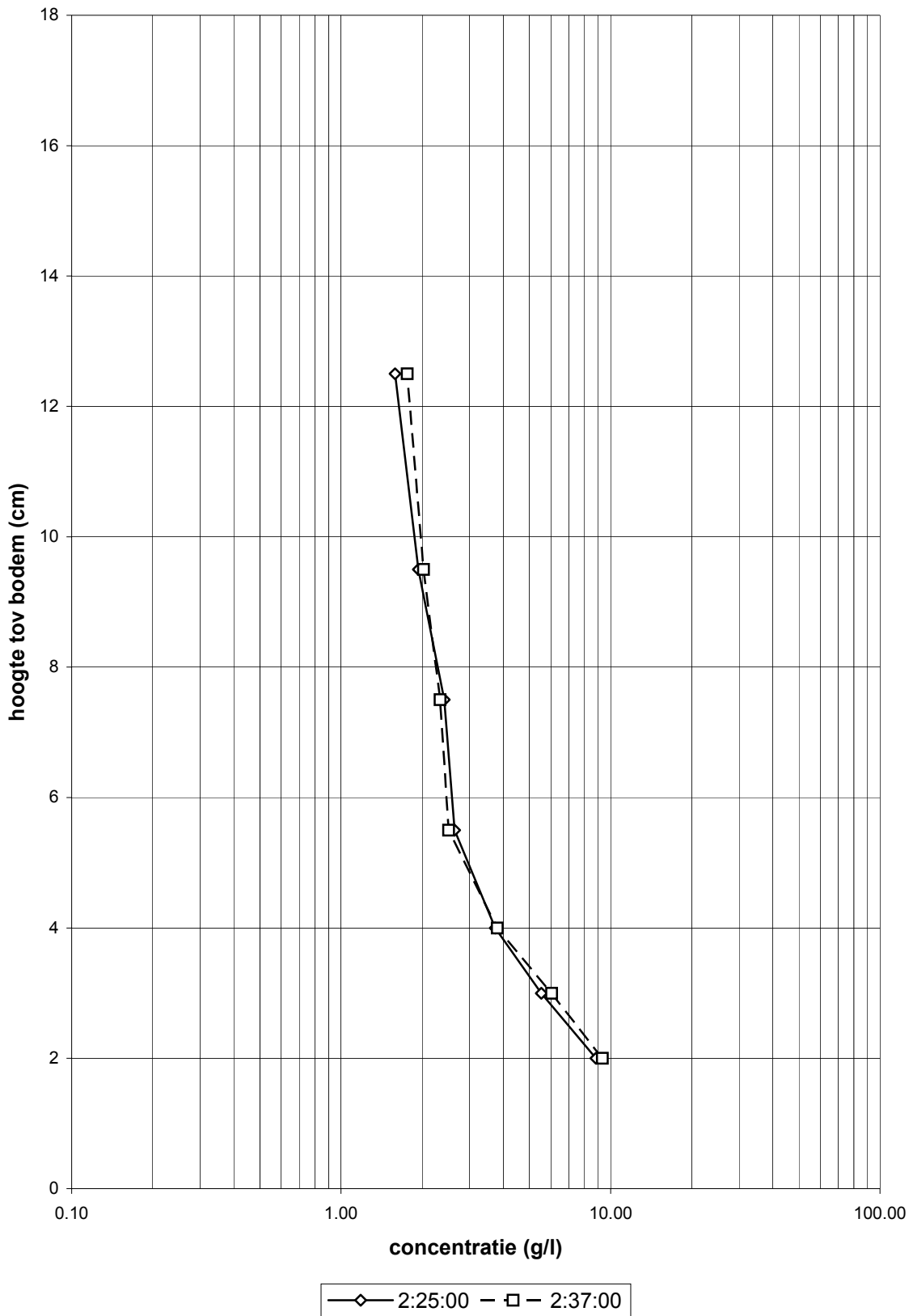
Concentratiemetingen Scheldegoot	40.18 m	T12
WL Delft Hydraulics	H4265	FIG. 3.48



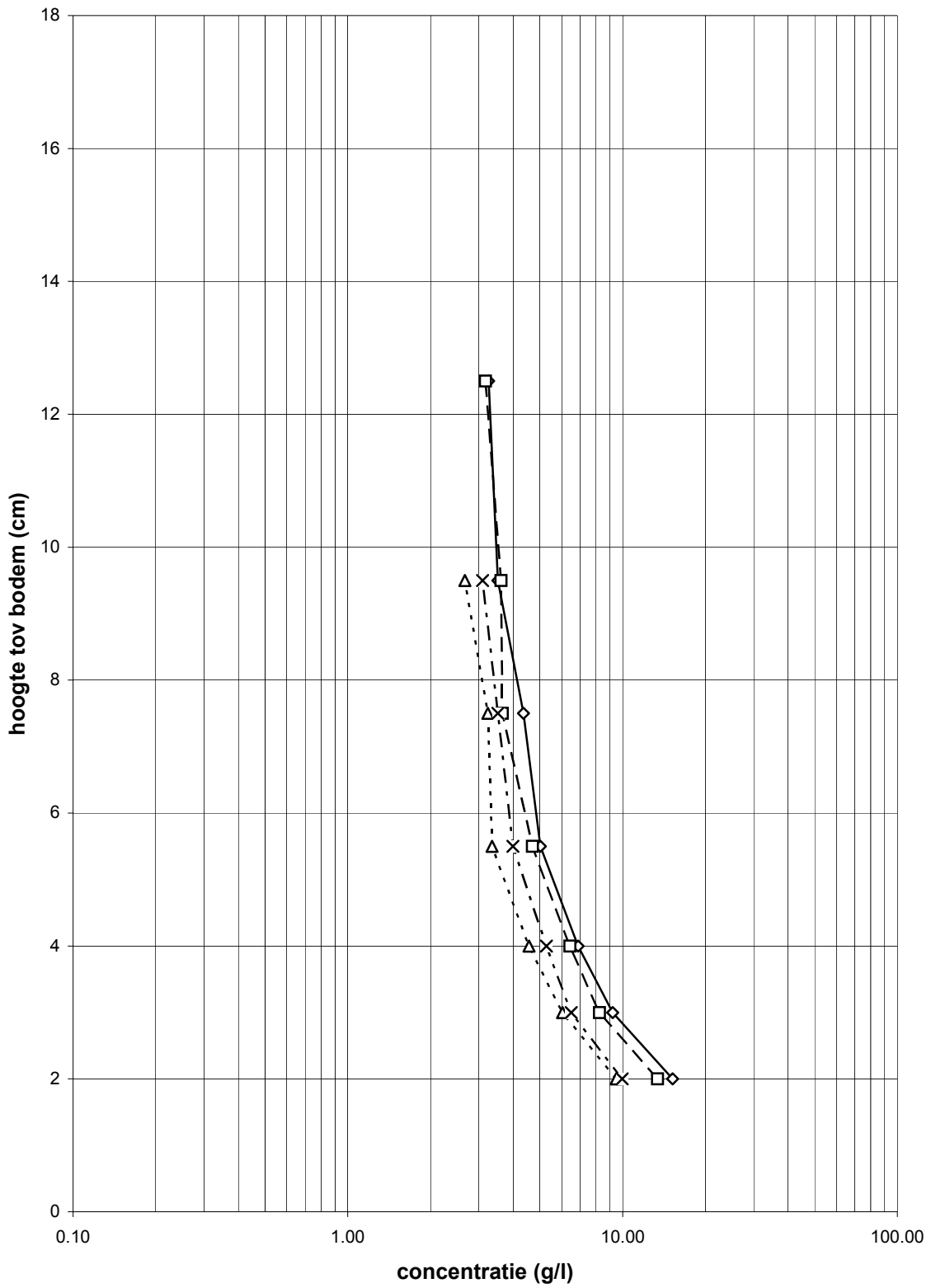
Concentratiemetingen Scheldegoot	41.22 m	T12
WL Delft Hydraulics	H4265	FIG. 3.49



Concentratiemetingen Scheldegoot	42.26 m	T12
WL Delft Hydraulics	H4265	FIG. 3.50



Concentratiemetingen Scheldegoet	40.18 m	T13
WL Delft Hydraulics	H4265	FIG. 3.51



—◇— 0:07:00 —□— 0:19:00 - -△- - 1:43:00 - ×- - 1:55:00

Concentratiemetingen Scheldegoot

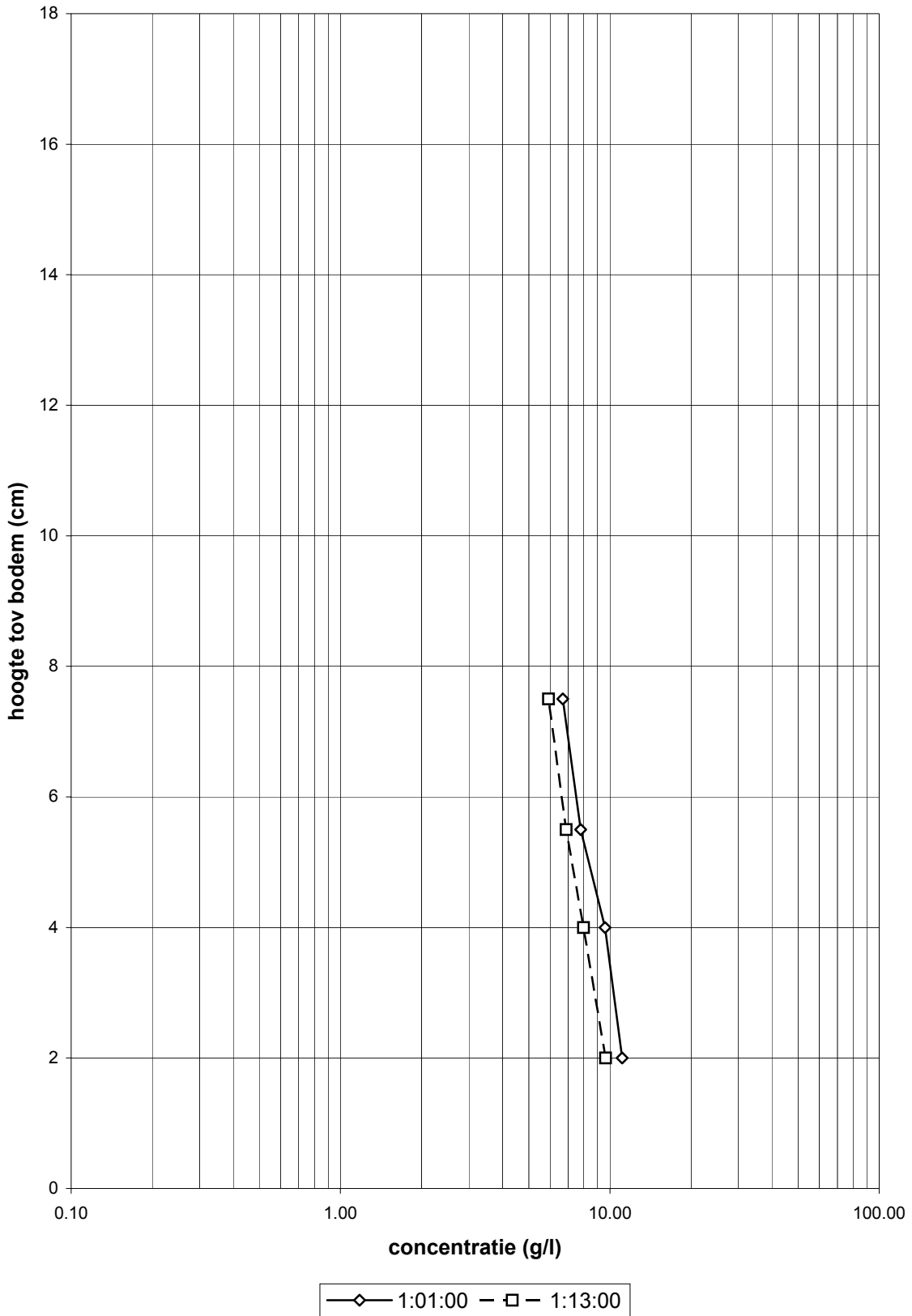
41.22 m

T13

WL | Delft Hydraulics

H4265

FIG. 3.52



Concentratiemetingen Scheldegoet

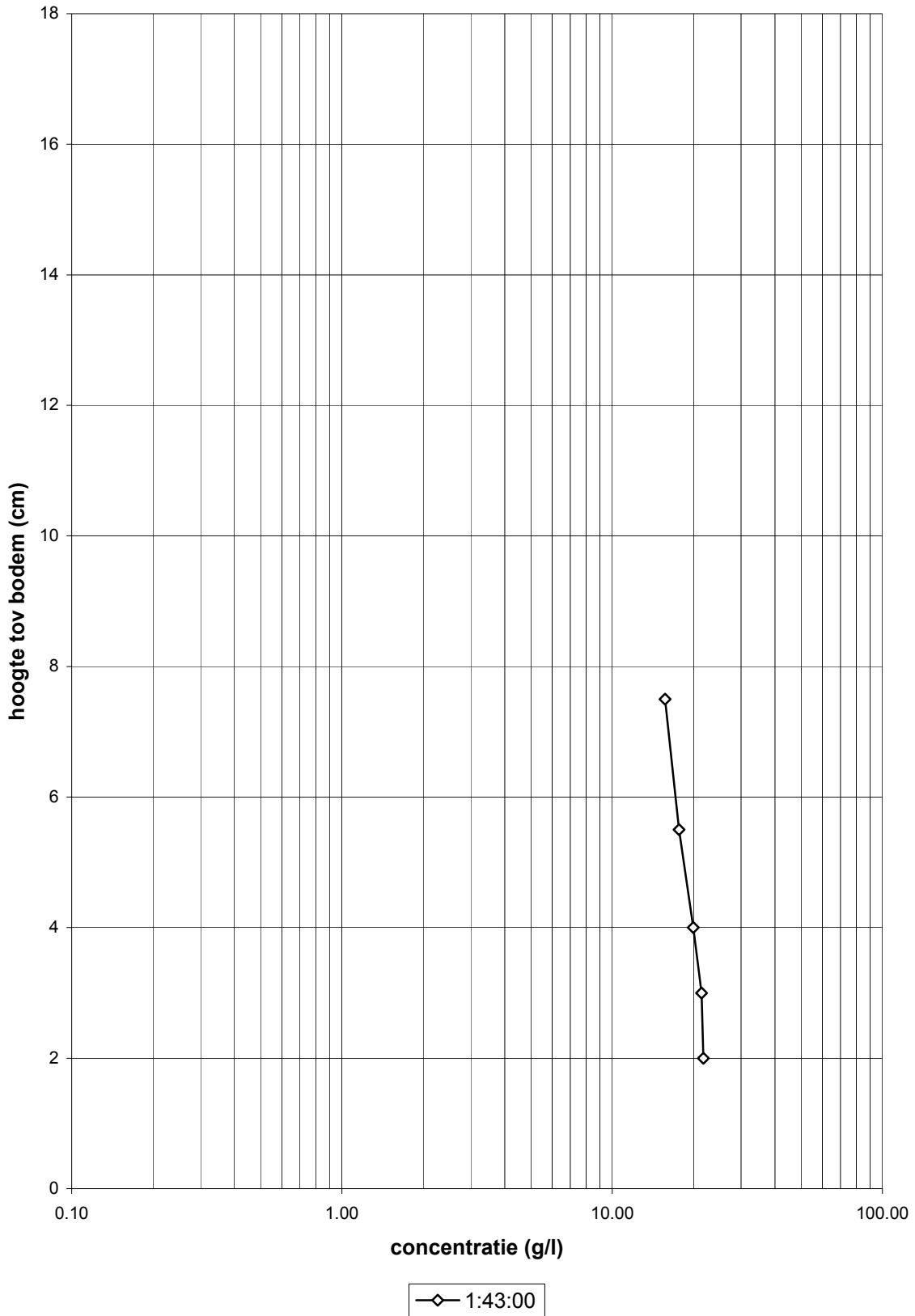
42.26 m

T13

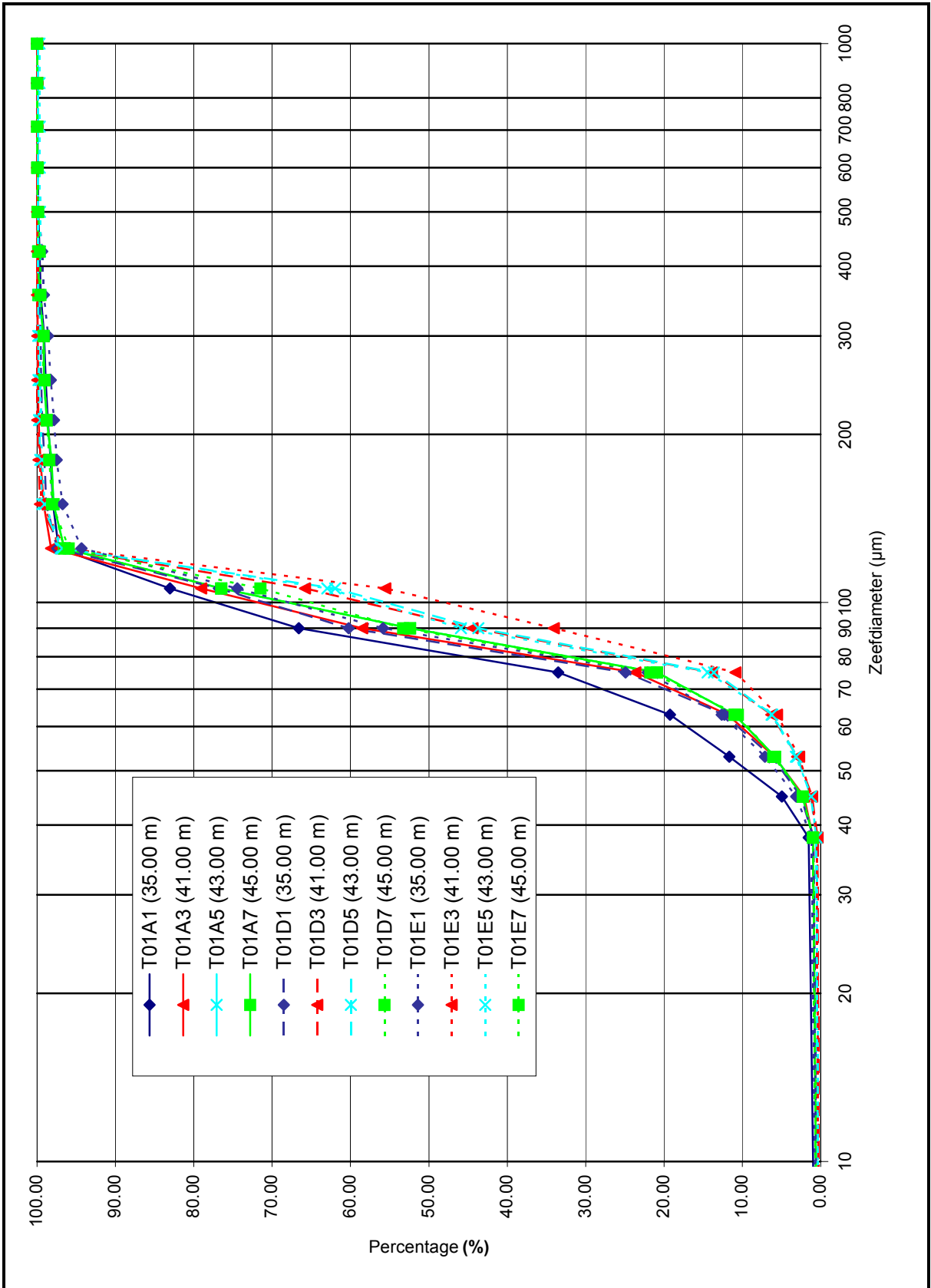
WL | Delft Hydraulics

H4265

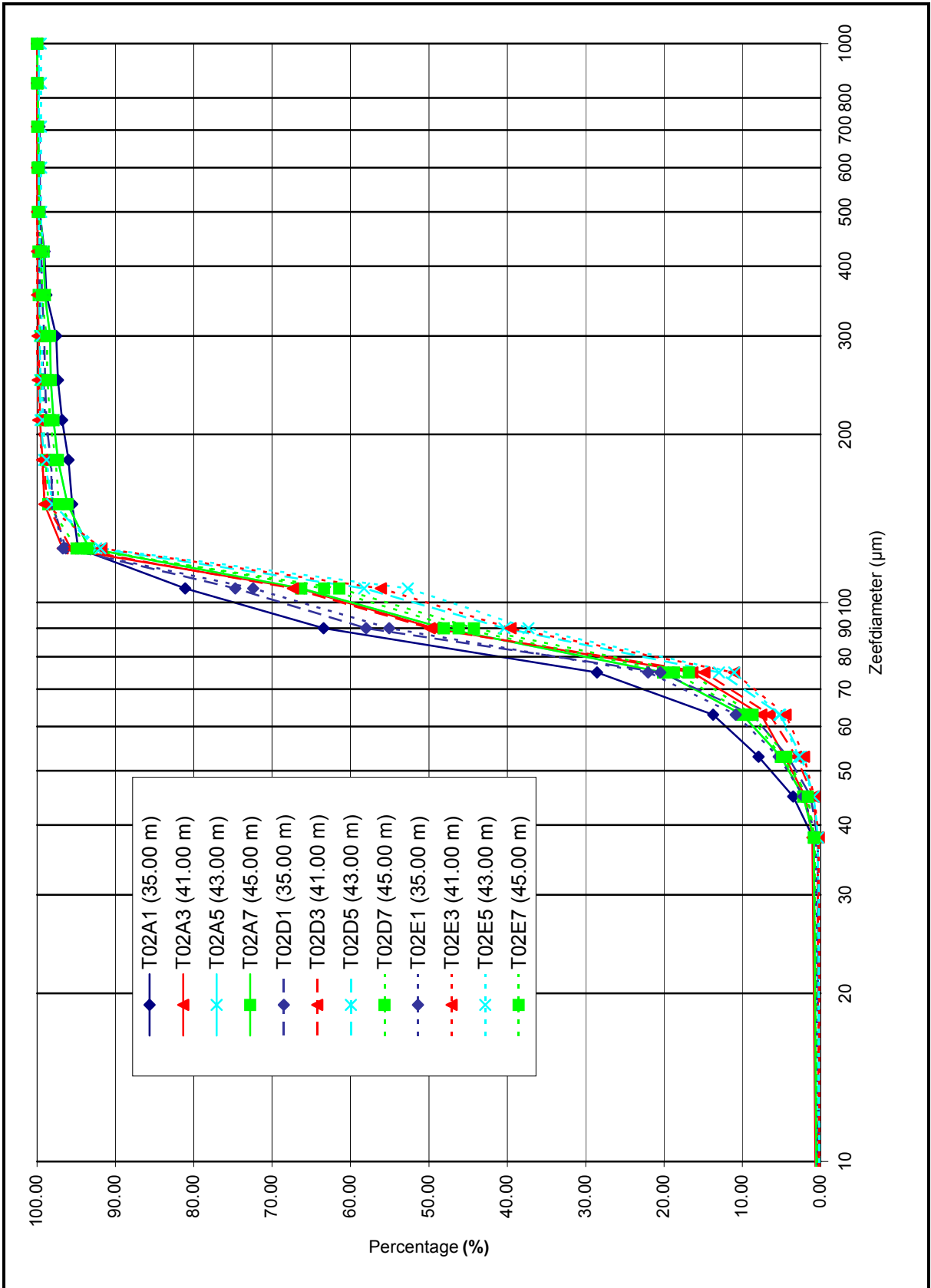
FIG. 3.53



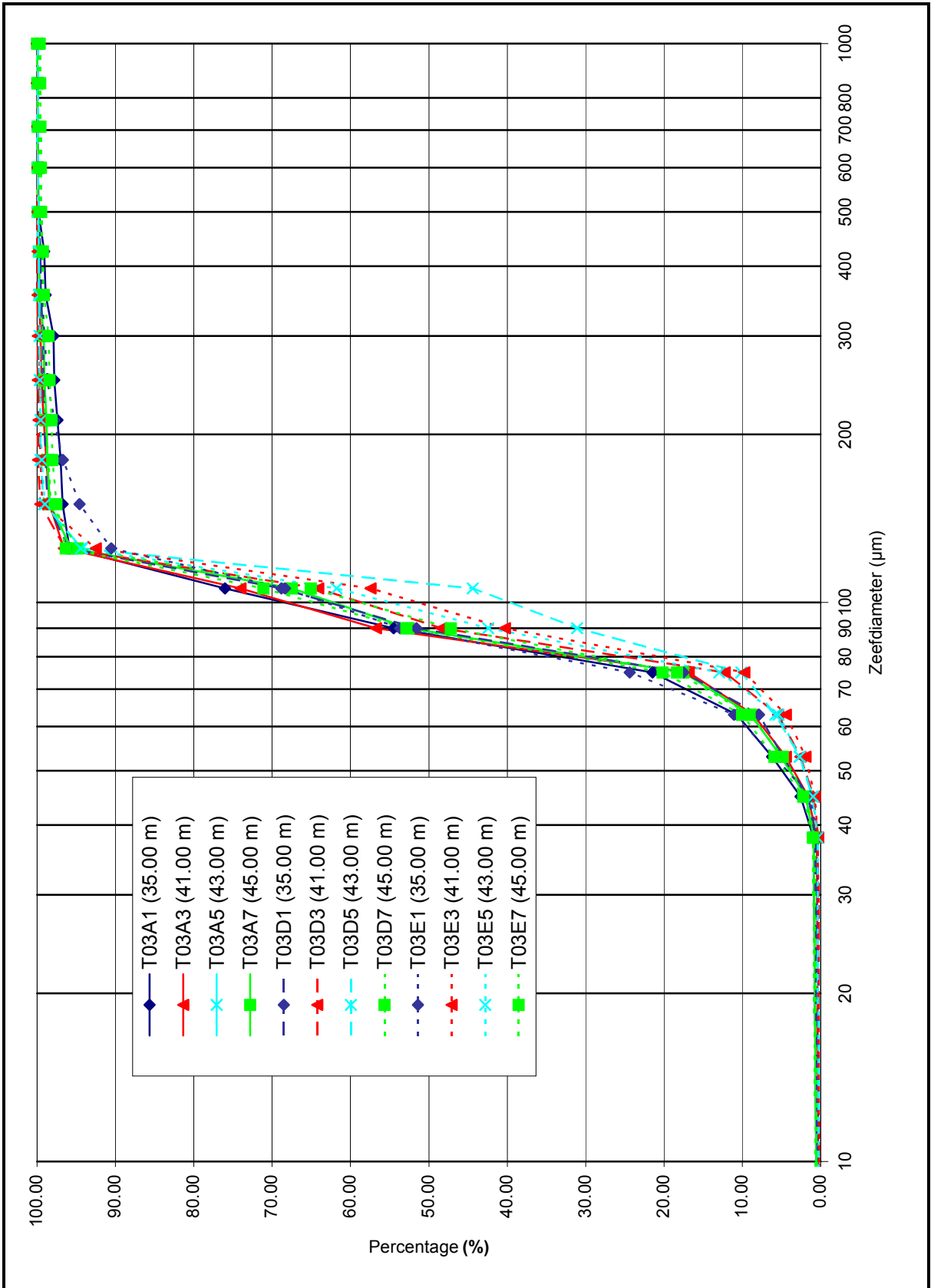
Concentratiemetingen Scheldegoot	43.30 m	T02a
WL Delft Hydraulics	H4265	FIG. 3.54



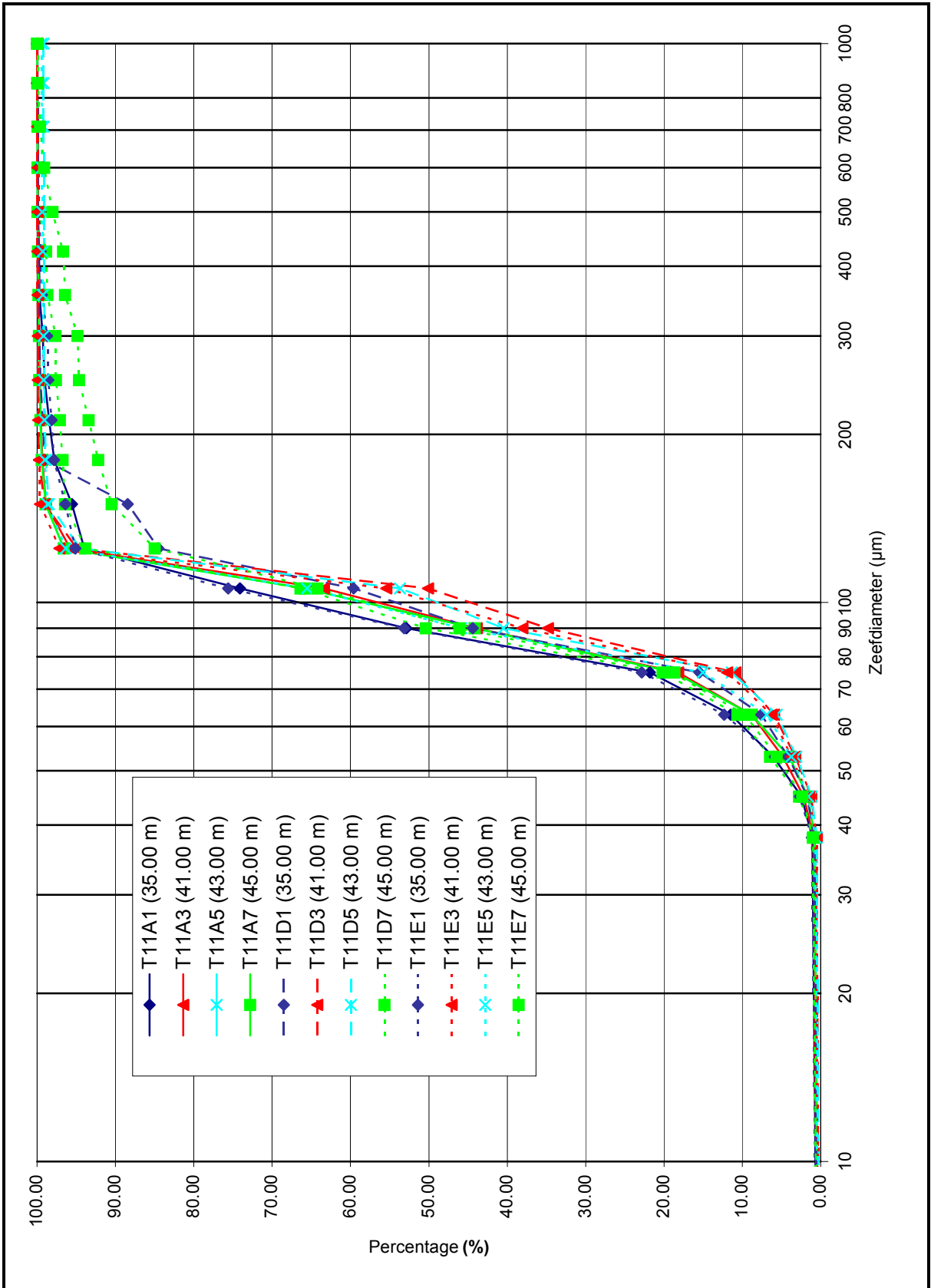
Zeefkrommen sedimentmonsters		T01
WL Delft Hydraulics	H4265	FIG. 3.55



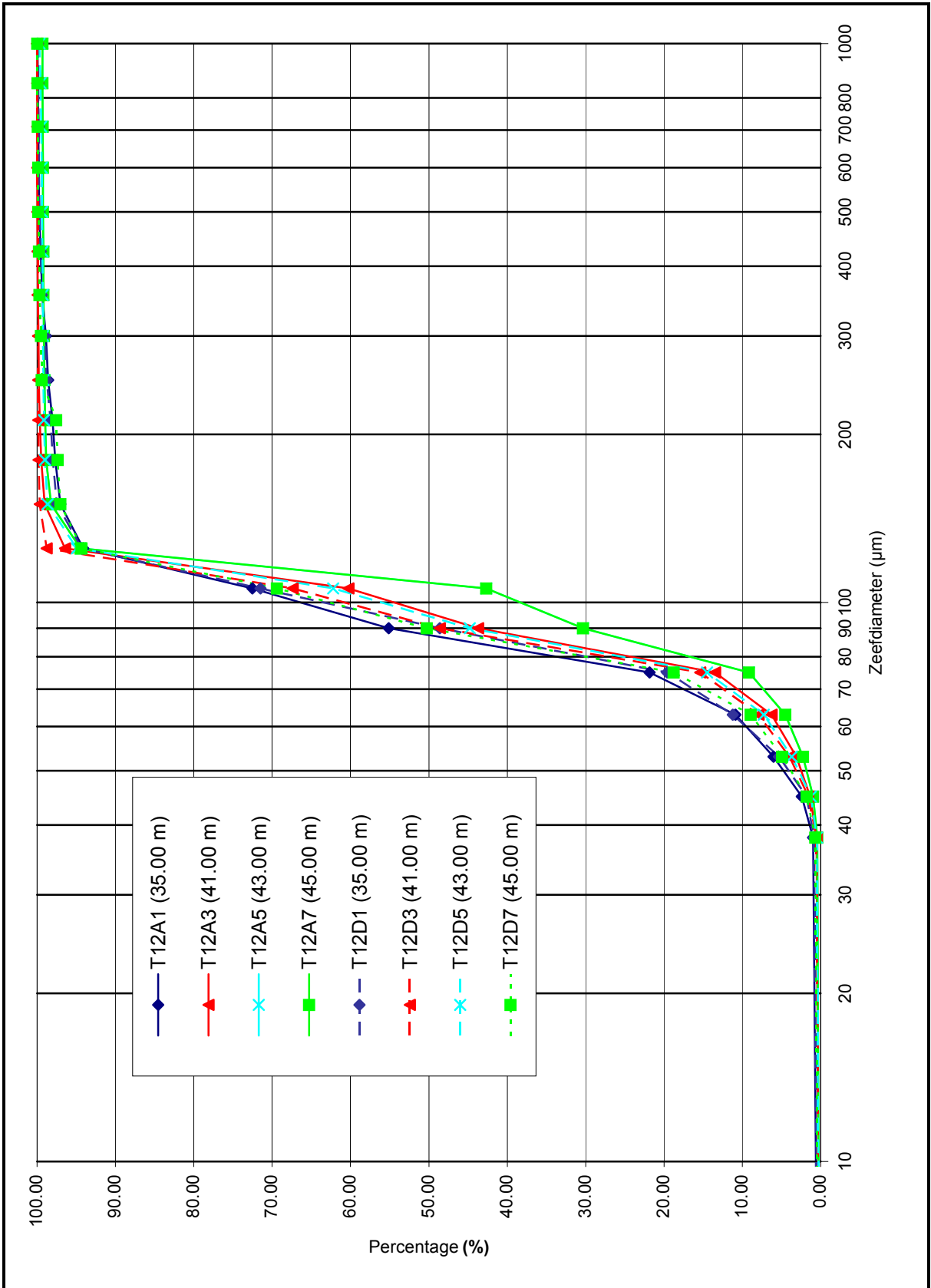
Zeefkrommen sedimentmonsters		T02
WL Delft Hydraulics	H4265	FIG. 3.56



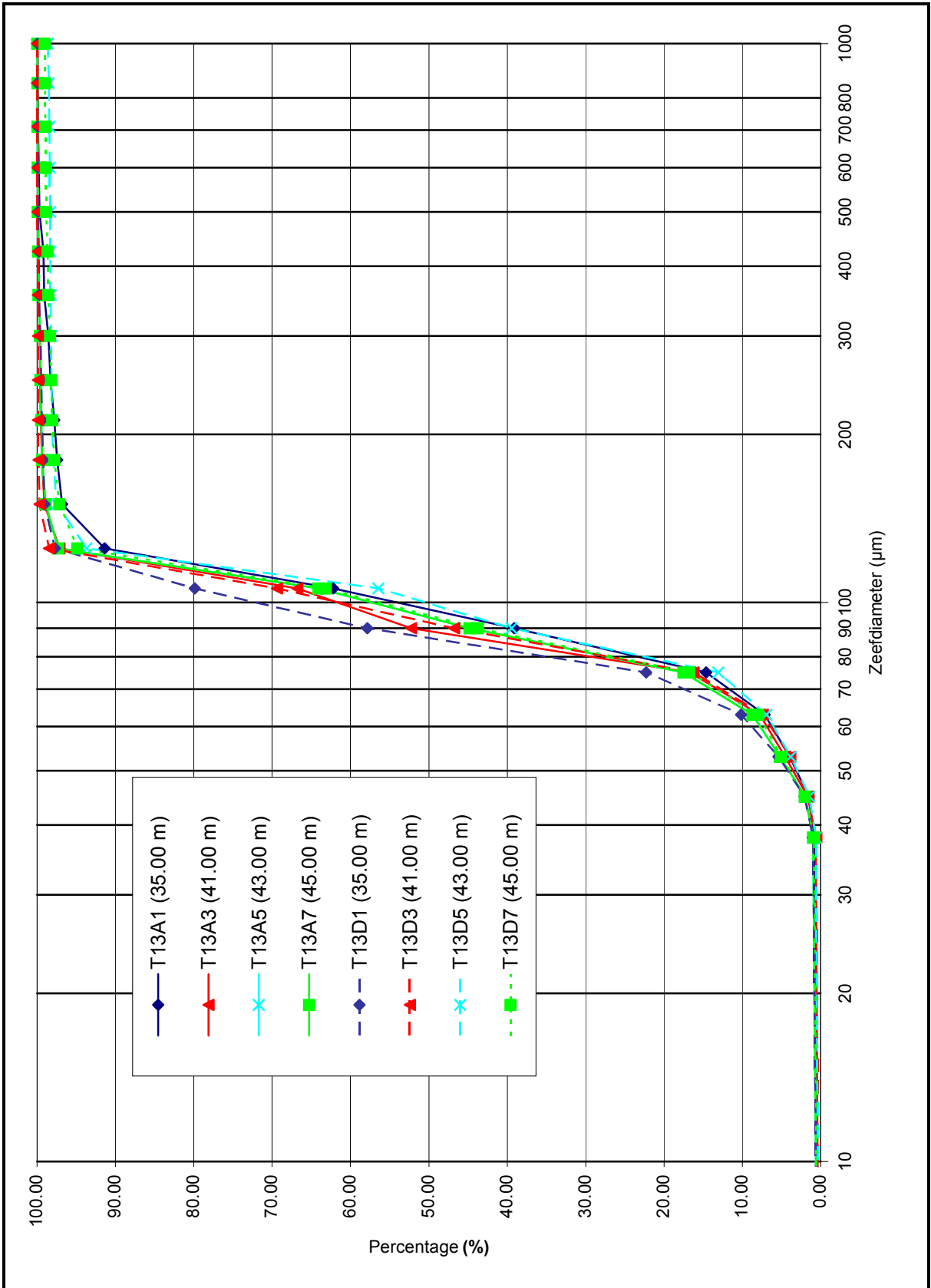
Zeefkrommen sedimentmonsters		T03
	WL Delft Hydraulics	H4265



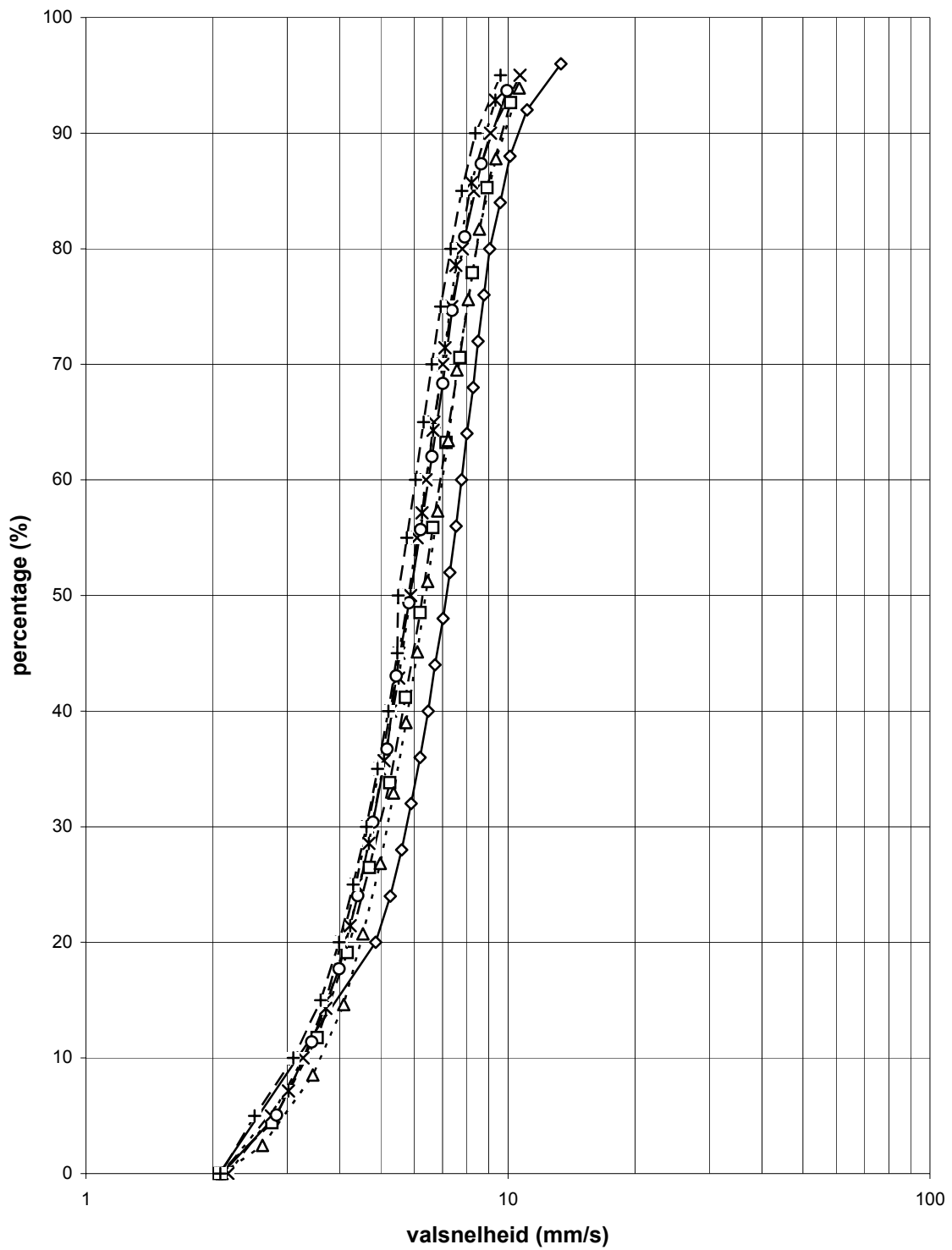
Zeefkrommen sedimentmonsters		T11
WL Delft Hydraulics	H4265	FIG. 3.58



Zeefkrommen sedimentmonsters		T12
WL Delft Hydraulics	H4265	FIG. 3.59



Zeefkrommen sedimentmonsters		T13
WL Delft Hydraulics	H4265	FIG. 3.60



—◇— T01A1a (35.00 m) —□— T01A1b (35.00 m) - - △ - - T01D1a (35.00 m)
 - × - T01D1b (35.00 m) - * - T01E1 (35.00 m) —○— T02A3a (41.00 m)
 - + - T02A3b (41.00 m)

Valsnelheidsmetingen Scheldegoot

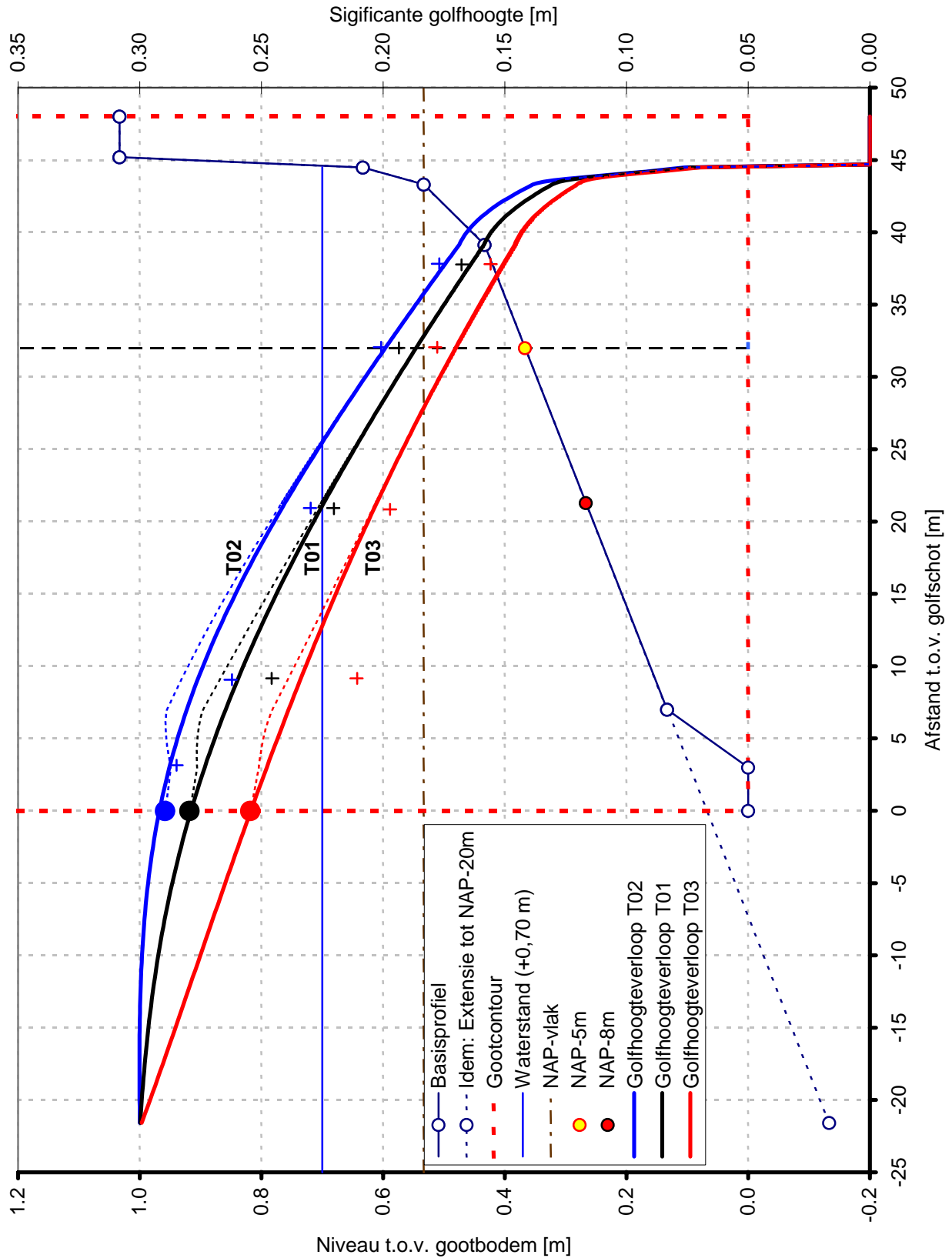
temp: 15.5 °C

WL | Delft Hydraulics

H4265

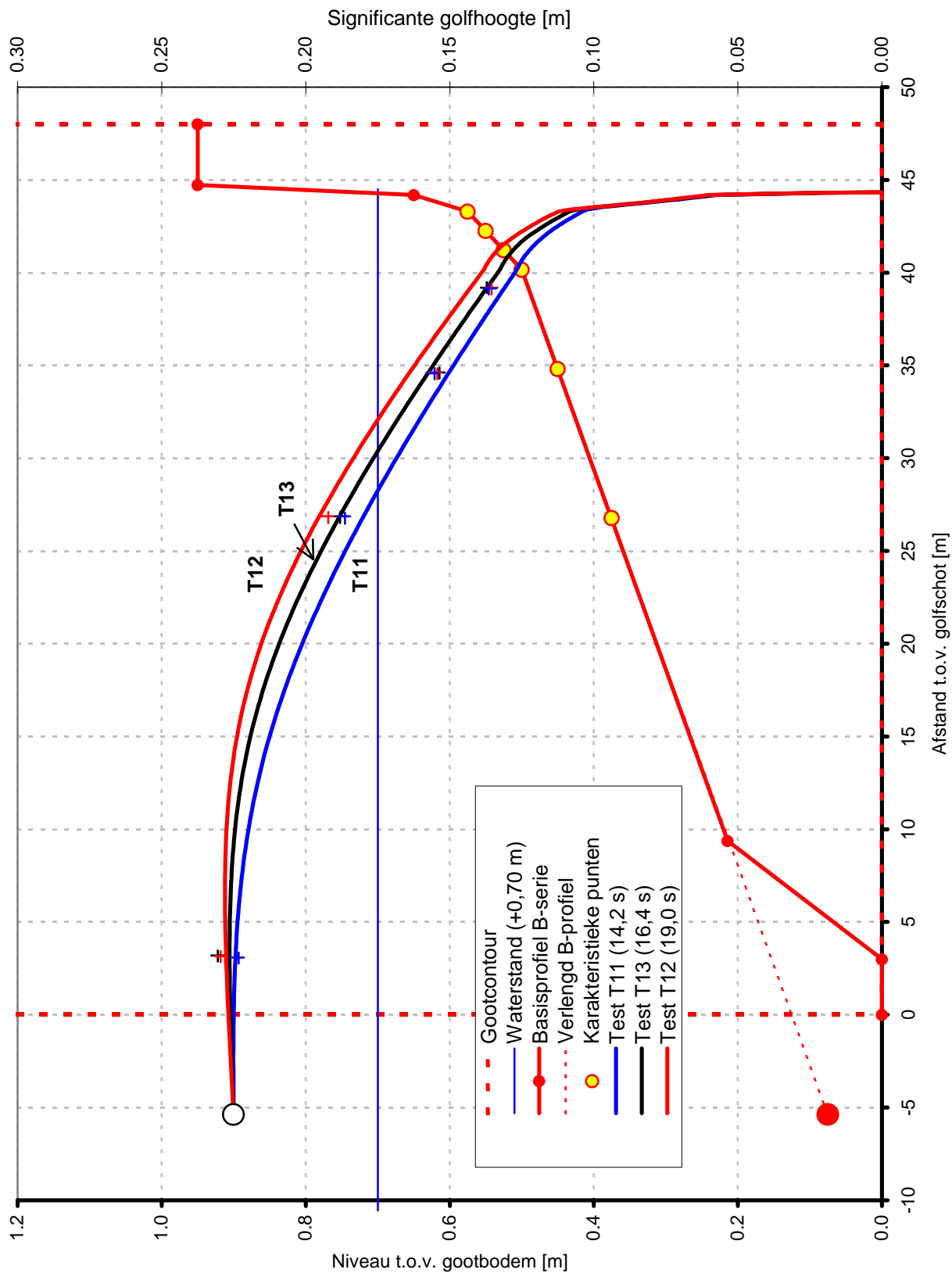
FIG 3.61

Bijlage A: Golfhoogteverloop



Hydraulische randvoorwaarden A-serie
 Golfhoogteverloop over verlengd basisprofiel

DUROSTA T01/03



Hydraulische randvoorwaarden B-serie
 Golfhoogteverloop over verlengd basisprofiel

DUROSTA T11/13

Bijlage B: Sedimentbalans

B Sedimentbalans

Naast de duinafslagvolumes boven stormvloedpeil is ook gekeken naar de sedimentbalans over de hele goot. In de Figuren B.1 tot en met B.7 achterin deze bijlage is voor elke proef het verloop van de cumulatieve volumeverschillen over de hele goot weergegeven. Het volumeverschil is het verschil in volume wat ontstaat door een hoogte in een profielmeting te verminderen met de hoogte in dezelfde bemonsteringslocatie in het beginprofiel en vervolgens te vermenigvuldigen met de representatieve breedte in die bemonsteringslocatie. De cumulatieve volumeverschillen worden verkregen door de volumeverschillen bij elkaar op te tellen, in dit geval vanaf het duin zeewaarts. Een negatief volumeverschil op een bepaalde afstand ten opzichte van het golfschot betekent dat er tussen het duin en dat punt netto sediment afgeslagen is. Een positief volumeverschil duidt op een netto aanzanding tussen het duin en dat punt.

De sedimentbalans over de hele goot is 'sluitend', wanneer de waarde van het cumulatieve volumeverschil in het punt het dichtst bij het golfschot 0 is. De verwachting is dat de sedimentbalans nooit exact sluitend zal zijn. Immers, een relatief kleine, structurele afwijking van 0.5 mm over 40 m levert al een volumeverschil van $0.02 \text{ m}^3/\text{m}^1$.

In de Figuren B.3 tot en met B.7 is ook het volumeverschil op basis van de meting ná het afsteken van het 'overhangend duin' weergegeven. In die figuren is een heel kleine verschuiving van de lijn in de richting van het duin te zien. Het afgestoken sediment is immers uit de goot verwijderd. Uit de figuren valt op te maken dat de invloed van het 'overhangend duin' op de totale sedimentbalans zeer gering is. Op basis van de figuren kan verder nog het volgende geconstateerd worden:

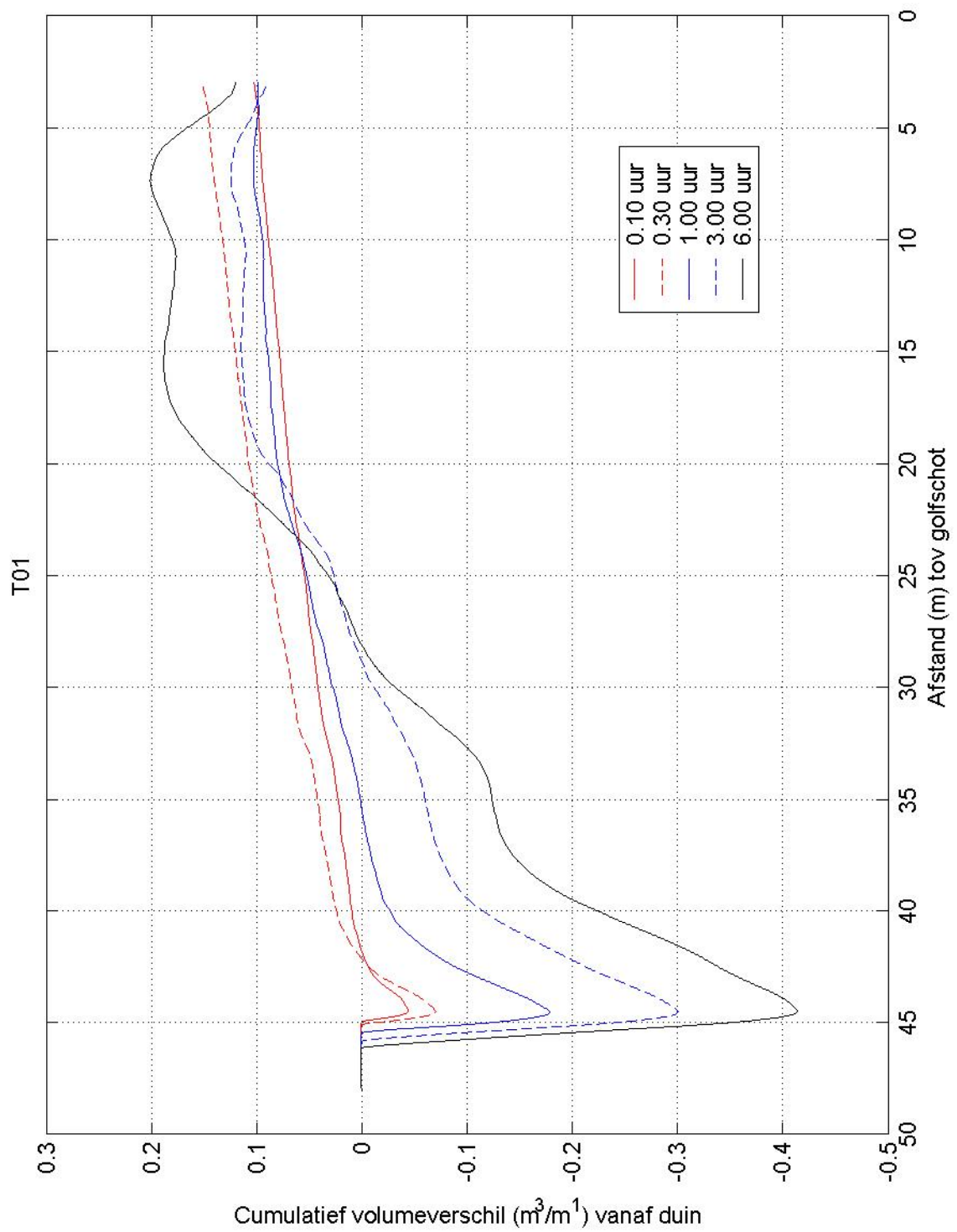
- In elke proef lijkt er netto sediment bij te komen. Het volume van het netto overschot aan sediment aan het eind van een proef (op basis van de profielmeting vóór het afsteken van het 'overhangend duin') varieert ongeveer tussen $0.05 \text{ m}^3/\text{m}^1$ en $0.120 \text{ m}^3/\text{m}^1$ bij de proeven T01, T02, T02a en T03. Bij de proeven T11, T12 en T13 bedraagt dit volume ongeveer $0.070 \text{ m}^3/\text{m}^1$.
- In de eerste twee tijdvakken neemt het cumulatieve volumeverschil tussen 40 m en 3 m vanaf het golfschot lineair toe. In de latere tijdvakken is deze toename duidelijk niet-lineair.
- Het volume van het netto overschot aan sediment aan het eind van een proef is na de eerste 2 tijdvakken vaak al bereikt. In sommige gevallen neemt de aanzanding in de laatste tijdvakken weer wat af.
- Wanneer twee profielmetingen zijn uitgevoerd na een proef (vóór en ná het afsteken van het 'overhangend duin') levert de tweede meting altijd een kleiner volume netto overschot aan sediment op.

Mogelijke oorzaken van het netto overschot aan sediment zijn:

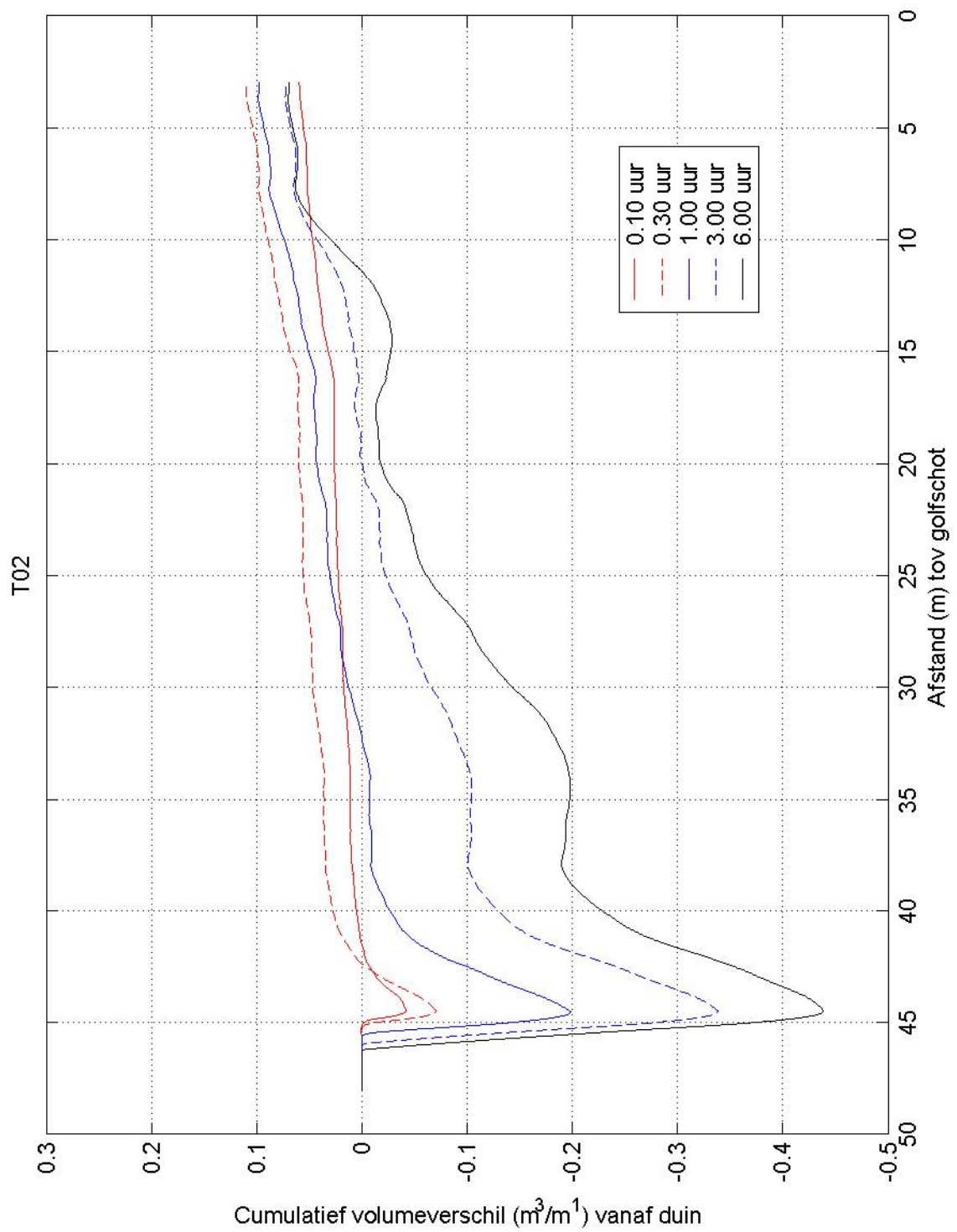
- In het gebied van 33 m tot 3 m ten opzichte van het golfschot is om de 0.02 m bemonsterd. Dit bemonsteringsinterval zou te grof kunnen zijn om de in dat gebied aanwezige bodemribbels nauwkeurig te kunnen weergeven. Het is nog niet duidelijk of dit het geconstateerde, netto overschot aan sediment verkleint of vergroot.

- Wellicht verschilt de porositeit van het sediment dat aan het begin van een proef op de ribbellose bodem ligt van de porositeit van het sediment dat (al na 0.10 uur modeltijd) in de vorm van ribbels op de bodem ligt. Wanneer de porositeit van het sediment in de ribbels groter is dan de porositeit van het sediment in de vlakke bodem aan het begin van een proef, dan zal er een netto overschot aan sediment gemeten worden.
- Een grote niet-uniformiteit in dwarsrichting zou ook kunnen leiden tot een sedimentbalans die niet sluitend is. Er zou in de gemeten raaien bij de ene meting minder sediment aanwezig kunnen zijn dan tussen de gemeten raaien, terwijl in de volgende meting juist het tegenovergestelde het geval is. In het gebied rond het duinfront is bij veel proeven een niet-uniformiteit in dwarsrichting geconstateerd. Dichtbij de gootwanden vertoonde het duinfront een grotere teruggang dan in het midden van de goot.

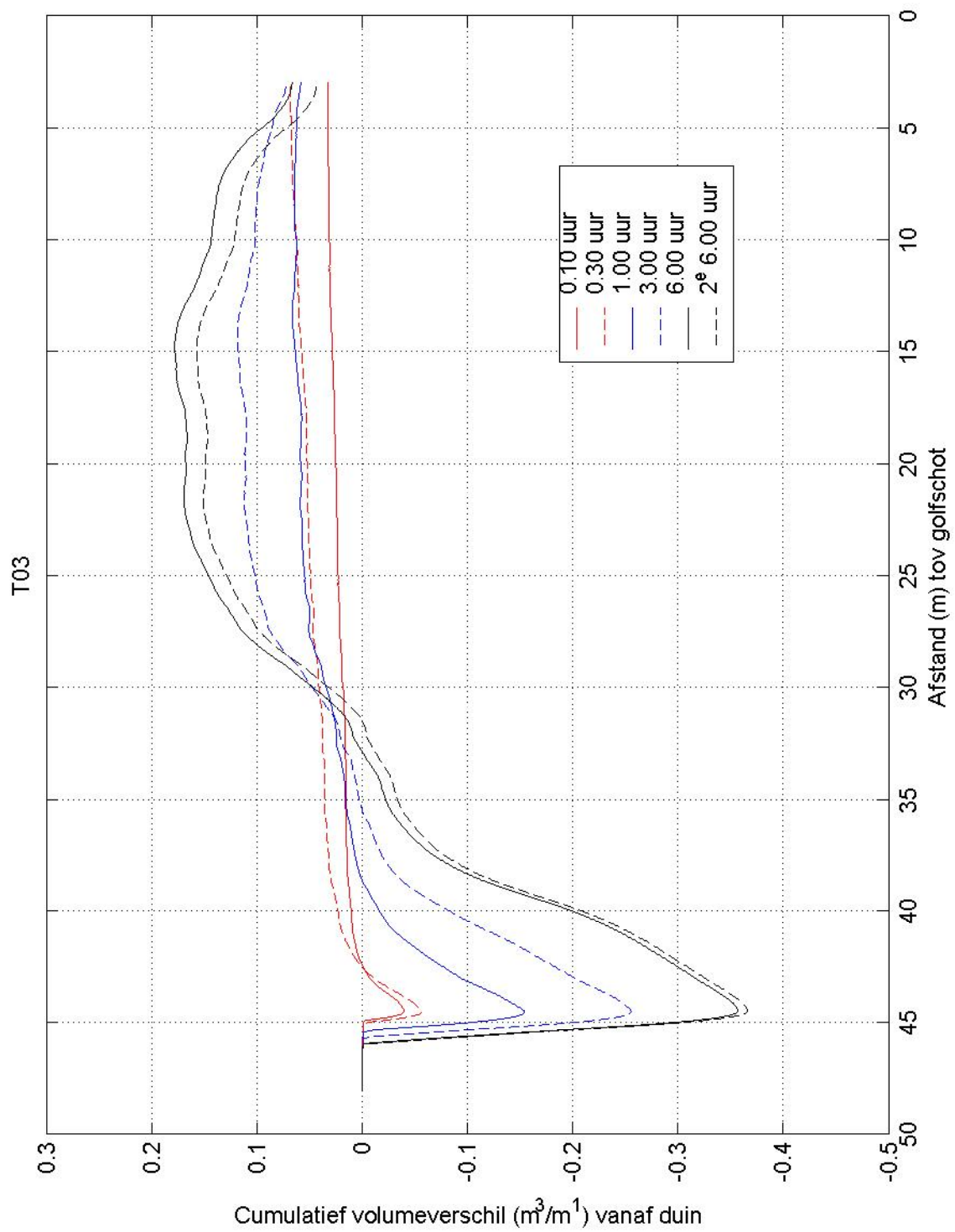
De precieze oorzaak van het netto overschot aan sediment dat bij alle proeven significant aanwezig is, is nog niet bekend. Dat betekent niet direct dat de duinafslagvolumes zoals ze gepresenteerd zijn in Tabel 3.2 heel onnauwkeurig en/of niet geldig zijn. Immers, in dat gebied is een relatief klein bemonsteringsinterval van 0.005 m toegepast. Bovendien is in dat gebied nauwelijks sprake van ribbelforming. De niet-uniformiteit van het profiel in dwarsrichting speelt daar weer wel een rol. Zeker op het punt waar het sediment in brokken afslaat.



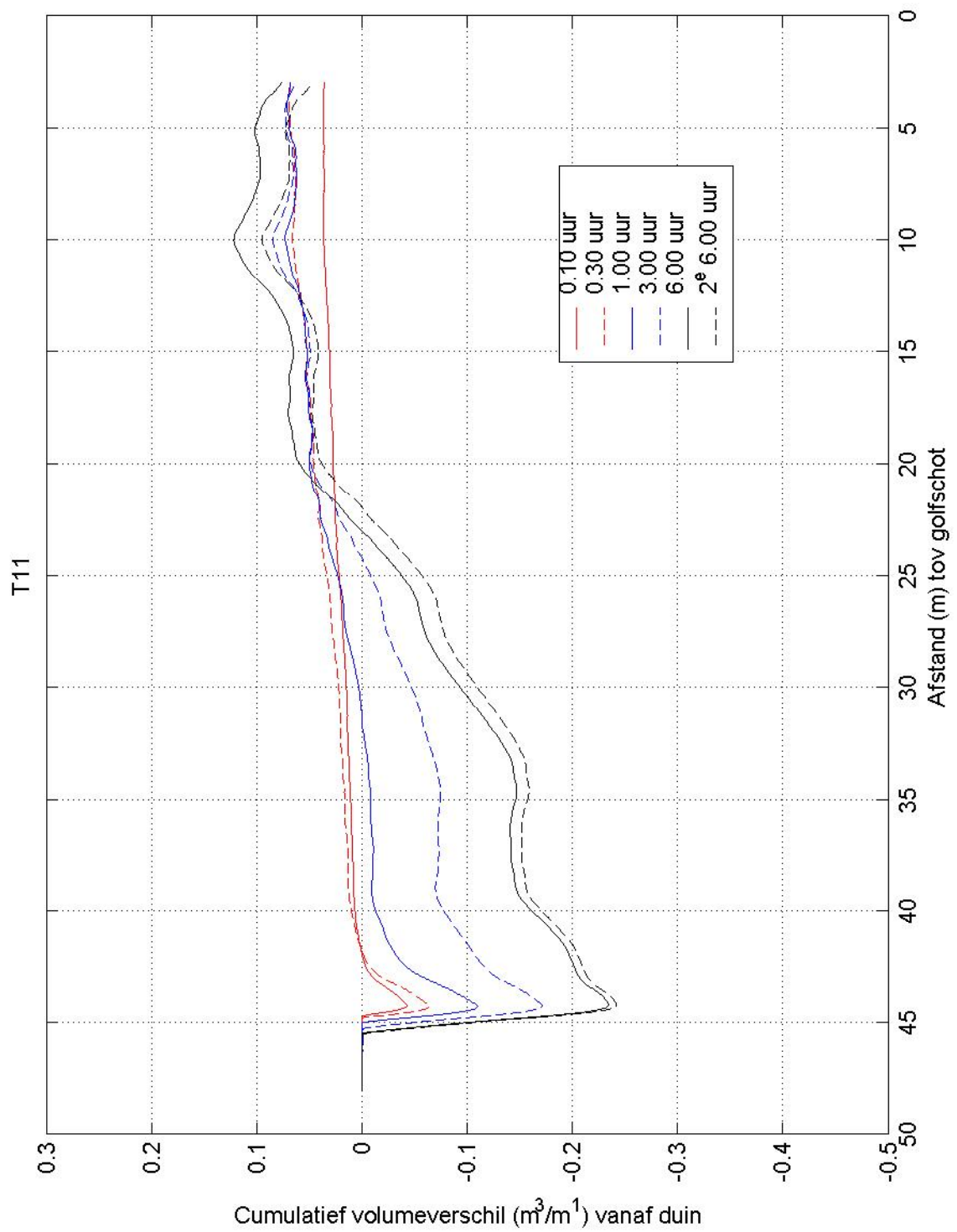
Cumulatief volumeverschil		T01
WL DELFT HYDRAULICS	H4265	FIG. B.1



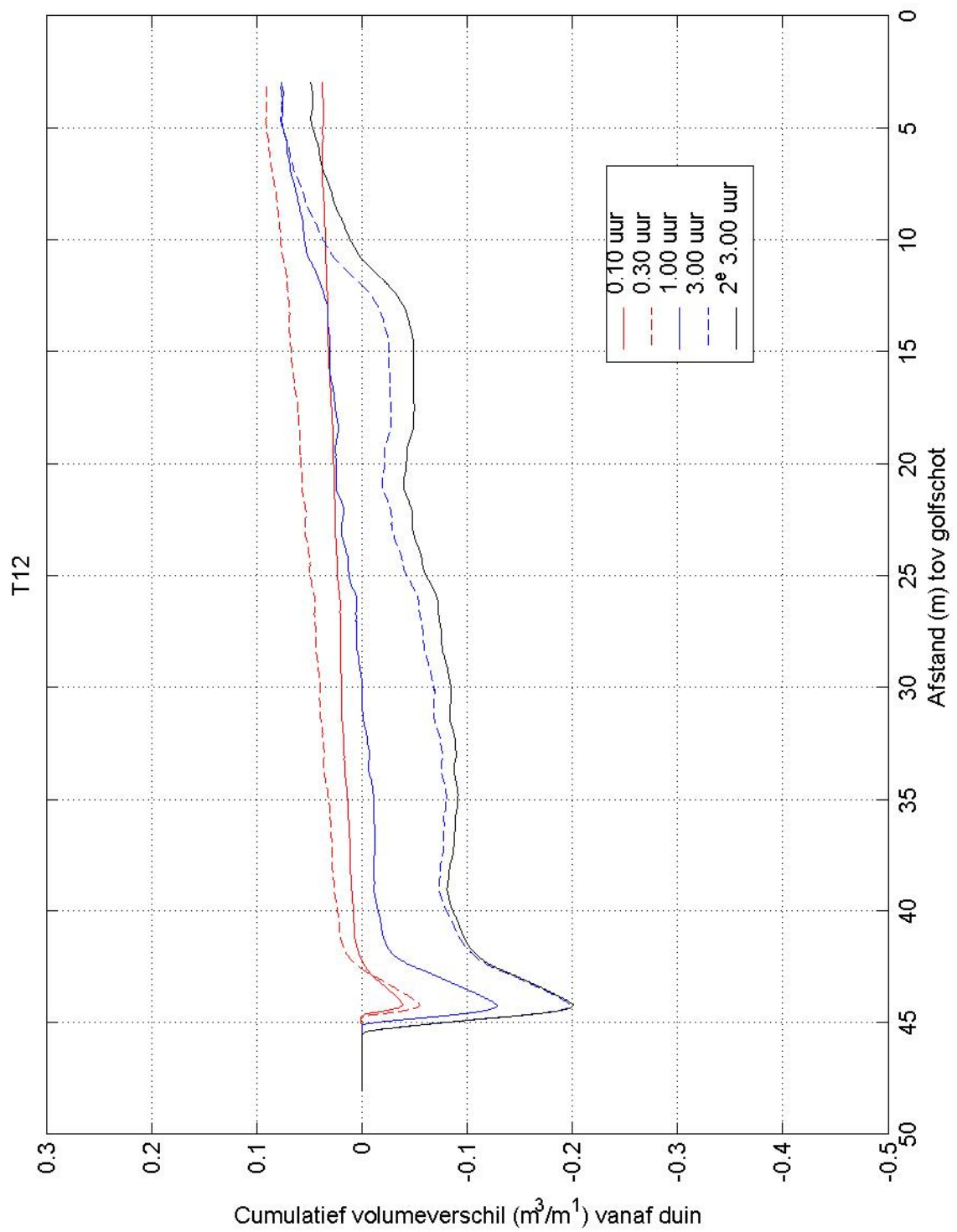
Cumulatief volumeverschil		T02
WL DELFT HYDRAULICS	H4265	FIG. B.2



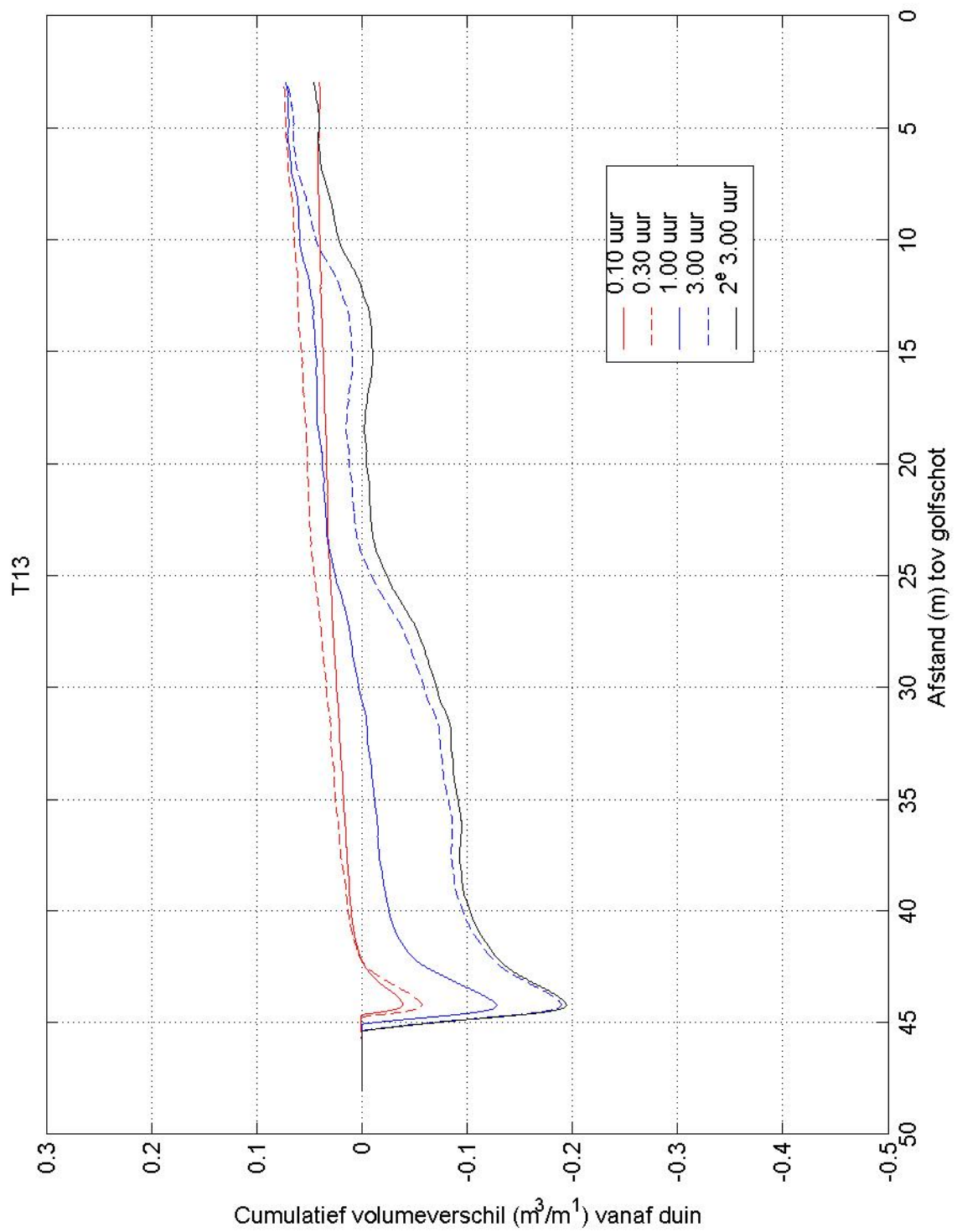
Cumulatief volumeverschil		T03
WL DELFT HYDRAULICS	H4265	FIG. B.3



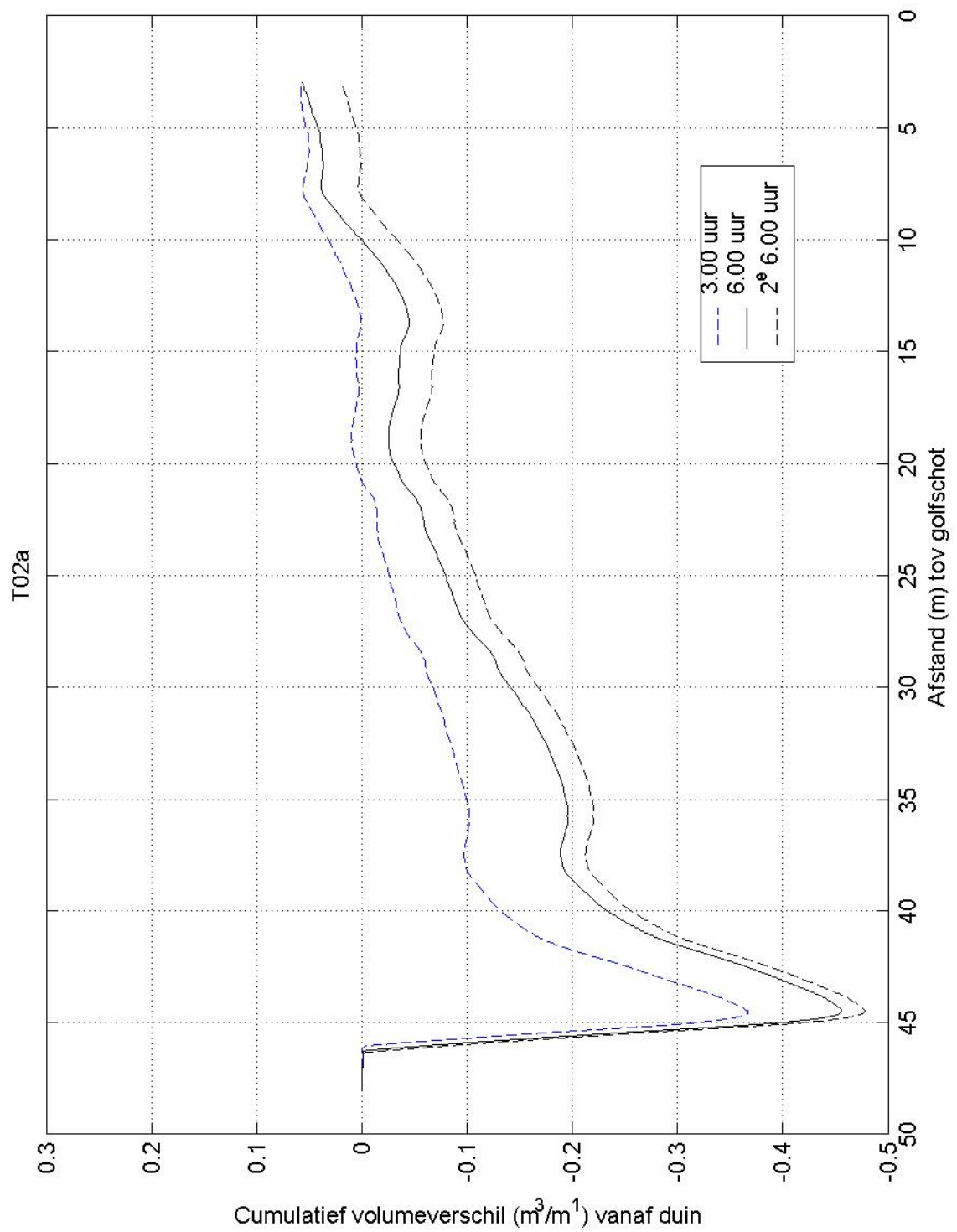
Cumulatief volumeverschil		T11
WL DELFT HYDRAULICS	H4265	FIG. B.4



Cumulatief volumeverschil		T12
WL DELFT HYDRAULICS	H4265	FIG. B.5



Cumulatief volumeverschil		T13
WL DELFT HYDRAULICS	H4265	FIG. B.6



Cumulatief volumeverschil		T02a
WL DELFT HYDRAULICS	H4265	FIG. B.7

Bijlage C: Meetprogramma

C Meetprogramma

In de tabellen op de volgende bladzijden is voor elke proef het meetprogramma weergegeven volgens welke de profielen, de golfhoogtes, de stroomsnelheden en de sedimentconcentraties gemeten zijn. Hierin zijn de tijdstippen en - indien van toepassing - de locaties aangeduid met een bepaalde karaktercombinatie. Deze karaktercombinaties zijn ook gebruikt bij de naamgeving van een groot deel van de bestanden waarin de data staan op de meegeleverde CD. De betekenis van de karakters is weergegeven in de twee onderstaande tabellen.

Meting	Karakter			
	1,2,3	4	5	6
Profiel	Proefnummer	Tijdvak	V(oor) / N(a)	Z (in geval van 2 ^e meting)
Golfhoogte	Proefnummer	Tijdvak		
Sedimentconcentratie	Proefnummer	Tijdvak	Locatie afzuig-apparaat	1 ^e / 2 ^e meting
Stroomsnelheid	Proefnummer	Tijdvak	Locatie EMS 1	Locatie EMS 2

Hoogte	Locatie EMS 1, EMS 2 en afzuigapparaat (m) t.o.v. golfschot							
	T01, T02, T02a, T03				T11, T12, T13			
	39.13	40.52	41.91	43.30	40.18	41.22	42.26	43.30
Net onder golfdal	A	D	G	K	A	D	G	K
Halverwege waterkolom	B	E	H	L	B	E	H	L
2 cm boven bodem	C	F	J	M	C	F	J	M

Proef T01

Tijdvak	Tijdstip (h,min)	Profiel Meting	GHM Meting	Concentratie			Snelheid				
				Meting	Begintijdstip (h,min)	Eindtijdstip (h,min)	Meting	Begintijdstip (h,min)	Eindtijdstip (h,min)		
A	0h00	T01AV									
			T01A								
		T01AN									
B	0h06		T01B		T01BF	0h07	0h17	T01BCF	0h07	0h17	
		T01BN									
C	1h00		T01C		T01CF	0h19	0h29	T01CAD	0h19	0h29	
		T01CN									
D			T01D	T01DJ1	1h01	1h11	T01DFJ	1h01	1h11		
		T01DJ2		1h13	1h23	T01DDG	1h13	1h23			
						T01DEH	1h25	1h35			
						T01DJM	1h43	1h53			
		T01DM1		1h55	2h05	T01DGK	1h55	2h05			
		T01DM2		2h07	2h17	T01DHL	2h07	2h17			
		T01DC1		2h25	2h35	T01DFC	2h25	2h35			
		T01DC2		2h37	2h47	T01DDA	2h37	2h47			
						T01DEB	2h49	2h59			
E	3h00	T01DN									
			T01EF1	3h01	3h11	T01EJF	3h01	3h11			
			T01EF2	3h13	3h23	T01EGD	3h13	3h23			
						T01EHE	3h25	3h35			
			T01EJ1	4h13	4h23	T01ECJ	4h13	4h23			
			T01EJ2	4h25	4h35	T01EAG	4h25	4h35			
						T01EBH	4h37	4h47			
			T01EC1	5h25	5h35	T01EFC	5h25	5h35			
			T01EC2	5h37	5h47	T01EDA	5h37	5h47			
						T01EEB	5h49	5h59			
	6h00	T01EN									

Proef T03

Tijdvak	Tijdstip (h, min)	Profiel Meting	GHM Meting	Concentratie			Snelheid				
				Meting	Begintijdstip (h, min)	Eindtijdstip (h, min)	Meting	Begintijdstip (h, min)	Eindtijdstip (h, min)		
A	0h00	T03AV									
	0h06	T03AN	T03A								
	0h18	T03BN	T03B	T03BF	0h07	0h17	T03BCF	0h07	0h17		
C			T03C	T03CF	0h19	0h29	T03CAD	0h19	0h29		
							T03CBE	0h31	0h41		
	1h00	T03CN									
D			T03D	T03DJ1	1h01	1h11	T03DFJ	1h01	1h11		
				T03DJ2	1h13	1h23	T03DDG	1h13	1h23		
				T03DM1	1h43	1h53	T03DEH	1h25	1h35		
				T03DM2	1h55	2h05	T03DJM	1h43	1h53		
							T03DGK	1h55	2h05		
							T03DHL	2h07	2h17		
							T03DFC	2h25	2h35		
							T03DDA	2h37	2h47		
							T03DEB	2h49	2h59		
		3h00		T03DN							
E			T03E	T03EF1	3h01	3h11	T03EJF	3h01	3h11		
				T03EF2	3h13	3h23	T03EGD	3h13	3h23		
							T03EHE	3h25	3h35		
				T03EJ1	4h13	4h23	T03ECJ	4h13	4h23		
				T03EJ2	4h25	4h35	T03EAG	4h25	4h35		
							T03EBH	4h37	4h47		
				T03EC1	5h25	5h35	T03EFC	5h25	5h35		
				T03EC2	5h37	5h47	T03EDA	5h37	5h47		
		6h00		T03EN							
		6h00		T03ENZ							

Proef T11

Tijdvak	Tijdstip (h, min)	Profiel Meting	GHM Meting	Concentratie			Snelheid				
				Meting	Begintijdstip (h, min)	Eindtijdstip (h, min)	Meting	Begintijdstip (h, min)	Eindtijdstip (h, min)		
A	0h00	T11AV									
			T11A								
	0h06	T11AN									
B	0h18	T11BN		T11BF	0h07	0h17	T11BCF	0h07	0h17		
			T11C	T11CF	0h19	0h29	T11CAD	0h19	0h29		
C	1h00	T11CN					T11CBE	0h31	0h41		
D				T11DJ1	1h01	1h11	T11DFJ	1h01	1h11		
				T11DJ2	1h13	1h23	T11DDG	1h13	1h23		
							T11DEH	1h25	1h35		
				T11DF1	1h43	1h53	T11DJF	1h43	1h53		
				T11DF2	1h55	2h05	T11DGD	1h55	2h05		
							T11DHE	2h07	2h17		
				T11DC1	2h25	2h35	T11DFC	2h25	2h35		
				T11DC2	2h37	2h47	T11DDA	2h37	2h47		
							T11DEB	2h49	2h59		
		3h00	T11DN								
					T11EF1	3h01	3h11	T11EJF	3h01	3h11	
	E				T11EF2	3h13	3h23	T11EGD	3h13	3h23	
							T11EHE	3h25	3h35		
				T11EJ1	4h13	4h23	T11ECJ	4h13	4h23		
				T11EJ2	4h25	4h35	T11EAG	4h25	4h35		
							T11EBH	4h37	4h47		
				T11EC1	5h25	5h35	T11EFC	5h25	5h35		
				T11EC2	5h37	5h47	T11EDA	5h37	5h47		
		6h00	T11EN								
		6h00	T11ENZ								
								T11EEB	5h49	5h59	

