

**Bepaling klemming in
steenzettingen op basis van
VGD-metingen**



Bepaling klemming in steenzettingen op basis van VGD- metingen

Robert 't Hart

1202551-006

Titel

Bepaling klemming in steenzettingen op basis van VGD-metingen

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
RWS Waterdienst	1202551-006	1202551-006-HYE-0020	18+Bijl.

Trefwoorden

Steenzettingen, klemming, valgewichtdeflectiemeting

Samenvatting

In het kader van het project "Advisering steenbekledingen Zeeland 2010" is onderzoek uitgevoerd naar een meetmethode om snel inzicht te krijgen in de mate van klemming in steenzettingen. De mate waarin de stenen in een steenzetting geklemd liggen, is belangrijk voor de stabiliteit van een steenzetting onder golfaanval.



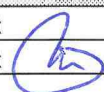
Het onderzoek richt zich op het ontwikkelen van een objectieve meetmethode voor het vaststellen van de mate van klemming. In het verleden is de mate van klemming vastgesteld door middel van trekproeven, waarbij de kracht gemeten wordt die nodig is om een steen een paar centimeter omhoog te trekken uit de steenzetting. Deze methode is echter erg bewerkelijk.

Als alternatief op trekproeven is onderzocht of de klemming bepaald kan worden aan de hand van een valgewichtdeflectiemeting (VGD-meting). Dit is een standaard meettechniek die toegepast wordt in de wegenbouw.

Referenties

Zaaknummer 31037864

Projectleider Waterdienst: A. Bizzarri (tot 1-2-2011), R. Termaat (m.i.v. 1-2-2011).

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1	dec. 2010	Robert 't Hart		M. Klein Breteler		M.R.A. van Gent	
2	febr. 2011	Robert 't Hart		M. Klein Breteler		M.R.A. van Gent	

Inhoud

1 Inleiding	1
2 Uitgevoerde metingen	3
2.1 Trekproeven	4
2.2 Valgewichtdeflectie metingen	5
3 Analyse van de VGD-metingen	9
3.1 Analyse dynamica VGD-meting	9
3.2 Interactie tussen de blokken	11
3.3 Klemmingsindicatoren berekend uit de beschikbare metingen	13
3.4 Conclusies betreffende de interpretatie VGD-metingen	14
4 Conclusies en aanbevelingen	15
5 Referenties	17
Lijst van symbolen	18
Bijlagen	
A Trekproeven	A-1
B Valgewichtdeflectiemetingen (VGD)	B-1
C Interpretatie van scheve trekproeven	C-1

1 Inleiding

In het kader van het project “Advisering steenbekledingen Zeeland 2010” is onderzoek uitgevoerd naar een meetmethode om snel inzicht te krijgen in de mate van klemming in steenzettingen.

Met klemming wordt de interactie tussen de stenen in de steenzetting bedoeld. Dit wordt deels gegenereerd door het feit dat de stenen op een talud liggen, en daardoor enigszins op elkaar rusten. Dat levert een normaalkracht op in het vlak van de steenzetting, die de stenen als het ware tegen elkaar klemt. Anderzijds wordt klemming veroorzaakt door steenslag, zand, biologische activiteit, et cetera in de spleten tussen de stenen.

De mate waarin de stenen in een steenzetting geklemd liggen, is belangrijk voor de stabiliteit van de toplaag onder golfaanval.

Om daadwerkelijk op klemming te kunnen rekenen, is het noodzakelijk dat met enige zekerheid komt vast te staan dat het aantal losse elementen marginaal is. Verondersteld wordt dat problemen met een enkel los element niet tot rampzalige gevolgen leidt als gevolg van reststerkte van de zetting.

Dat betekent dat het niet nodig is alle elementen te beproeven, maar een flink aantal elementen moet wel worden beproefd voordat de vereiste zekerheid bestaat [Coeveld, Klein Breteler 2003].

Het onderzoek richt zich op het ontwikkelen van een objectieve meetmethode voor het vaststellen van de mate van klemming. In het verleden is de mate van klemming vastgesteld door middel van trekproeven, waarbij de kracht gemeten wordt die nodig is om een steen een paar centimeter omhoog te trekken uit de steenzetting. Deze methode is echter erg bewerkelijk. Door de grote spreiding in de mate van klemming, is het noodzakelijk de meting op veel stenen uit te voeren, voordat een goede uitspraak over de klemming kan worden gegeven. Daarom is een eenvoudige/snelle methode gewenst.

Als alternatief op trekproeven is onderzocht of de klemming bepaald kan worden aan de hand van valgewichtdeflectiemetingen (VGD-metingen).

Tijdens een VGD-meting laat men een zwaar gewicht op een steen van de steenzetting vallen, en meet de uitgeoefende kracht en hoeveel deze steen als gevolg daarvan beweegt. Tevens worden de bewegingen van twee naastgelegen stenen gemeten, en enkele stenen op wat grotere afstand. Als er sprake is van een zeer goede klemming, zullen de naastgelegen stenen een relatief grote beweging laten zien.

De VGD-meting is een veelgebruikte meetmethode voor het beoordelen van de kwaliteit van verkeerswegen. De apparatuur is daardoor zodanig uitontwikkeld dat het handig in het gebruik is en er vele metingen per uur uitgevoerd kunnen worden.

Zowel de trekproeven, die als referentie zijn uitgevoerd, als de VGD-metingen zijn uitgevoerd door Breijn. De rapportage van hen is in dit rapport toegevoegd als bijlage A en B. De door Breijn uitgevoerde analyse van de metingen is in het onderhavige rapport verder verfijnd, teneinde tot bruikbare conclusies te komen.

2 Uitgevoerde metingen

Op vijf locaties in Zeeland zijn zowel series trekproeven als series VGD-metingen uitgevoerd. De locaties waren respectievelijk (zie ook Figuur 2.1):

- 1 Oosterdam/Bathpolder: Koperslakblokken
- 2 Oosterdam: Haringmanblokken
- 3 Poortvliet: Hydroblocks
- 4 Scherpenisse: Haringmanblokken
- 5 Grevelingendam: Blokken op hun kant



Figuur 2.1 Locaties van de metingen in Zeeland (bij Hansweert zijn alleen trekproeven uitgevoerd)

Een nadere precisering van de locatie is gegeven aan het eind van bijlage A.

De trekproeven op de koperslakblokken van de Oosterdam (locatie 1) waren al een paar jaar geleden uitgevoerd door Fugro (Schuurmans 2008).

Tijdens de zoektocht naar geschikte locaties zijn ook trekproeven uitgevoerd bij Hansweert op blokken op hun kant. In tegenstelling tot de wensen ten aanzien van het proevenprogramma bleken deze blokken goed geklemd te zijn. Op die locatie zijn geen VGD-metingen uitgevoerd.

2.1 Trekproeven

De trekproeven zijn uitgevoerd met een eenvoudige driepoot waaraan een takel met handbediening is bevestigd, zie Figuur 2.2. Met een boormachine is een gat in een steen geboord, en is een slaganker geplaatst. Daarin is een oog gedraaid waaraan getrokken is. Met behulp van een digitale unster is de grootte van de trekkracht gemeten.



Figuur 2.2 Driepoot met handtakel en digitale unster.

Met behulp van de handtakel werd de trekkracht in stapjes van 50 tot 100 kgf opgevoerd totdat de maximale trekkracht van omstreeks 400 à 450 kgf was bereikt, of totdat de steen een paar centimeter omhoog was gekomen.

De grootte van de trekkracht was afgestemd op de blokken op hun kant. De Hydroblocks waren veel lichter, waardoor naar verhouding tot hun eigengewicht er relatief hard is getrokken.

Bij trekproeven is de kracht waarmee aan elementen wordt getrokken om vast te stellen of er sprake is van "losse blokken" maar tot een beperkt krachtniveau informatief. Als er bijvoorbeeld sprake is van klemming in rijen, dan zal namelijk een wrijvingskracht van 0,5 maal het elementgewicht voldoende zijn om het element waar die kracht op wordt uitgeoefend te laten kantelen. Als dat kantelen daadwerkelijk optreedt, dan treedt er een ander mechanisme in werking: het kantelende element vereist meer ruimte waardoor de rij elementen verder wordt opgespannen. De maximale wrijvingskracht waarbij het element uit de opgespannen rij kan worden getrokken, is niet meer representatief voor de oorspronkelijke normaalkracht in de rij. Daardoor is alleen als een element los komt uit de zetting zonder dat er sprake is van de geometrische effecten, interessant. Uitgaande van een normaalkracht in één richting in de zetting zijn er twee buurelementen die ieder 0,5 maal hun elementgewicht nodig hebben om te kantelen. De maximale trekkracht die nog zeker relevante informatie

oplevert, ligt dus bij ca. twee maal het elementgewicht. Omdat kantelen van buurelementen kan worden verhinderd door klemming in een andere richting, wordt vaak getrokken tot een begrenzing van ca. 3 maal het blokgewicht.

Op de meeste locaties zijn 30 trekproeven uitgevoerd. Op de koperslakblokken van de Oesterdam zijn destijds door Fugro 210 trekproeven uitgevoerd met een maximale trekkracht van 100 kgf. Gezien het vrij geringe gewicht van de koperslakblokken (ca. 35 à 40 kg) is de wat kleinere trekkracht geen bezwaar, omdat het nog steeds duidelijk meer is dan tweemaal het eigengewicht van de blokken.

Bij Scherpenisse zijn slechts 11 trekproeven uitgevoerd omdat toen al overduidelijk was dat deze blokken los lagen. Om met enige zekerheid te kunnen spreken van voldoende klemming waarop bij de beoordeling van de toplaagstabiliteit kan worden gerekend, zijn minimaal 30 metingen met een trekkracht van twee maal het elementgewicht nodig waarbij geen elementen los zijn gekomen uit de zetting.

Tijdens de trekproeven op locatie 2 is helaas niet haaks op het taludoppervlak getrokken, maar bijna verticaal. In bijlage C is aangetoond dat dit geen invloed heeft op de conclusies.

In Tabel 2.1 zijn de belangrijkste resultaten samengevat.

Als criterium voor wel of geen klemming, is uitgegaan van het gebruikelijke criterium voor een beperkte steekproef: geen element waaraan wordt getrokken mag meer dan 1 cm ten opzichte van zijn burens verschuiven bij een trekkracht van een aantal maal het blokgewicht. Opgemerkt moet worden dat er in de zetting van Hydroblocks op de locatie Poortvliet relatief veel elementen iets bewogen, maar het criterium van 1 cm is daar niet gehaald. En aangezien aan alle zettingen met 400 à 450 kgf is getrokken, is er ook nog eens relatief zwaar getrokken aan de hydroblocks in vergelijking met de zettingen met rechthoekige betonblokken.

Voor een uitvoerige beschrijving van de proeven en de resultaten wordt verwezen naar de rapportage van Breijn in bijlage A.

locatie	1 Oesterdam	2 Oesterdam	3 Poortvliet	4 Scherpenisse	5 Grevelingendam	extra Hansweert
type	Koperslak- blokken	Haringman- blokken	Hydroblocks	Haringman- blokken	Blokken op hun kant	Haringman- blokken op hun kant
Toplaag dikte [m]	0,25	0,25	0,40	0,20	0,50	0,50
Lengte [m]	0,30	0,50	0,25	0,50	0,50	0,50
Breedte [m]	0,20	0,50	0,25	0,50	0,20	0,25
Y_{max} [mm]	1,0	0,9	6,2	29,4	11,9	0,4
Geklemd?	ja	ja	ja	nee	nee	ja

Tabel 2.1 Resultaten van de trekproeven (Y_{max} = maximale verplaatsing tijdens de trekproeven)

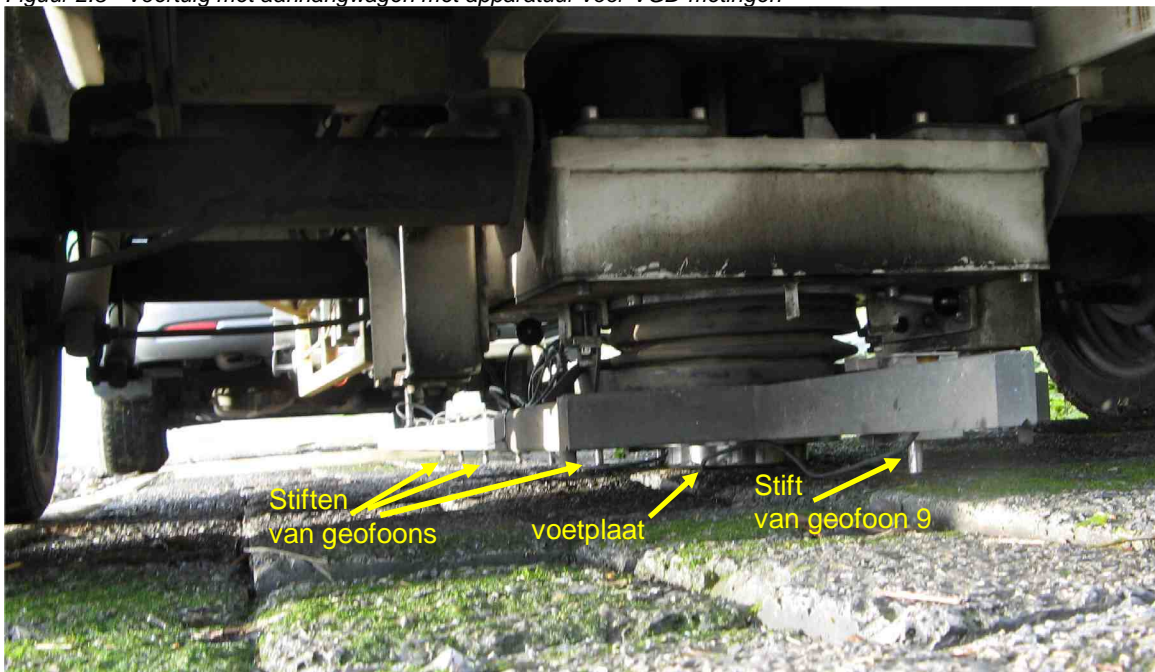
2.2 Valgewichtdeflectie metingen

De VGD-metingen zijn uitgevoerd met de standaardapparatuur die ook gebruikt wordt op wegen, met kleine aanpassingen. De ene aanpassing betreft de voetplaat, die verkleind is tot

een ronde plaat met diameter van 15 cm. De andere aanpassing betreft de locatie van de geofoons waarmee de bewegingen van de stenen zijn gemeten. Er is voor gezorgd dat beide blokken naast het aangestoten blok zijn bemeten en dat geen van de geofoons in een spleet tussen de stenen stond.



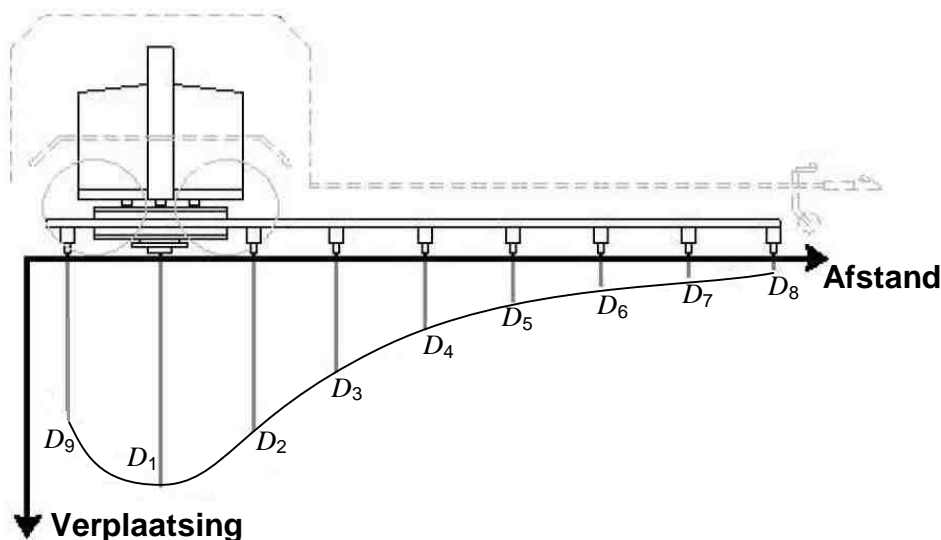
Figuur 2.3 Voertuig met aanhangwagen met apparatuur voor VGD-metingen



Figuur 2.4 Onder de aanhangwagen zijn de voetplaat en de stiften van de geofoons te zien

Figuur 2.3 en Figuur 2.4 geven een indruk van de meetapparatuur. In Figuur 2.5 is het principe van de meting weergegeven: een negental geofoons meten de maximale verplaatsing ten gevolge van een klap door het valgewicht.

Allereerst zijn een aantal testmetingen uitgevoerd op locatie 1 (koperslakblokken op de Oesterdam, goed geklemd) en locatie 4 (Haringmanblokken bij Scherpenisse, slecht geklemd). Deze metingen waren bedoeld om de beste methode en instellingen van de apparatuur te bepalen. Uiteindelijk is gekozen voor het uitvoeren van vier klappen met een valhoogte van 4 cm, zonder extra gewichten. Het vallende gewicht bestaat daardoor uit een slede en voetplaat van 330 kg.



Figuur 2.5 Schematische weergaven van meetapparatuur in combinatie met de gemeten doorbuiging

Vervolgens zijn op deze wijze ongeveer 50 VGD-metingen uitgevoerd op de vijf locaties, waarbij steeds een paar metingen niet bruikbaar bleken te zijn, waardoor 45 à 50 bruikbare metingen resteerden.

De resultaten van de metingen zijn door Breijn gerapporteerd in bijlage B. Aanvankelijk was het idee om de gemeten verplaatsingen onderling vergelijkbaar te maken door gebruik te maken van een V-score. Deze is gebaseerd op het verschil tussen de verplaatsing van het aangestoten blok en de blokken daaromheen, het oppervlak van het blok, de massa van het blok, inclusief valgewicht, en de stijfheid van de ondergrond. Helaas kon de stijfheid van de ondergrond niet bepaald worden uit de metingen, omdat daarvoor de registratietijd te kort was ingesteld.

De V-score is daarom als volgt bepaald:

$$V_0 = \left(D_1 - \frac{D_2 + D_9}{2} \right) \cdot A \cdot M \quad (2.1)$$

Met:

V_0 = V_0 -score (hoe hoger hoe slechter de klemming) [$10^{-3} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{kg}$];

D_1 = maximale verplaatsing van aangestoten steen [μm];

D_2 = maximale verplaatsing van de steen rechts grenzend aan de aangestoten steen [μm];

- D_9 = maximale verplaatsing van de steen links aangrenzend aan de aangestoten steen [μm] (Let op, in de tekst van de rapportage door Breijn (Bijlage B) is het volgnummer 3 i.p.v. 9 gebruikt.);
- A = oppervlak van de steen [m^2]
- M = massa van de steen en valgewicht [kg]

Het idee achter deze score is de aanname dat het verschil tussen de verplaatsing van de aangestoten steen en de naastliggende stenen belangrijk is. In de formule is het verschil tussen de aangestoten steen en het gemiddelde van de twee naastliggende stenen beschouwd als maat voor het al dan niet geklemd zijn. Een groot verschil zou kunnen duiden op een slechte klemming. Maar als het oppervlak van de steen groot is, zal de verplaatsing naar verhouding klein zijn vanwege de invloed van de ondergrond. Daarom is hiervoor gecorrigeerd in de formule. Om vergelijkbare redenen is gecorrigeerd voor de massa van het geheel van valgewicht en steen.

De lineaire relatie tussen de verplaatsingen, het oppervlak en de massa enerzijds en de score anderzijds, is helaas wat te simpel. In het volgende hoofdstuk wordt dit nader beschouwd om te komen tot een betere formule voor de score.

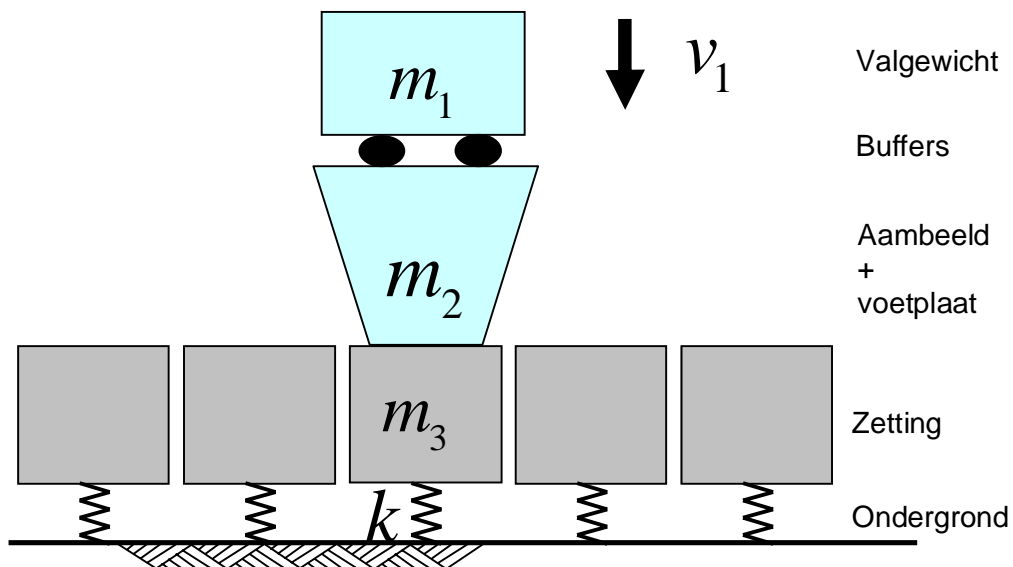
3 Analyse van de VGD-metingen

Om de resultaten van de VGD-metingen (verplaatsingen) beter te kunnen omzetten naar een indicatie voor klemming van de steenzetting zijn in dit hoofdstuk twee methoden afgeleid. Enerzijds wordt een beroep gedaan op wat zeer elementaire dynamica. Op grond waarvan te verwachten trends in de meetdata worden geïdentificeerd. Anderzijds wordt gekeken naar de statica, waarbij meer specifiek gekeken is naar de interactie tussen de toplaagelementen. Uiteindelijk worden de resultaten van beide gecombineerd tot één parameter.

3.1 Analyse dynamica VGD-meting

De meetopstelling en de bekleding waarop deze rust wordt geschematiseerd tot een simpel massa-veer-systeem, zie Figuur 3.1.

Deze schematisatie wordt gebruikt om de vergelijking tussen de verschillende bekledingen te maken. Daarbij wordt vooralsnog aangenomen dat de meetapparatuur altijd dezelfde is en de meting altijd op dezelfde wijze wordt uitgevoerd. De massa's van het valgewicht (m_1) en het aambeeld met voetplaat (m_2) en de valsnelheid v_1 waarmee het valgewicht het aambeeld treft, zijn dus ongeacht de zetting en ondergrond hetzelfde.



Figuur 3.1 Schematisatie Valgewicht-deflectieapparatuur, bekleding en ondergrond

De inkomende impuls P die bij de klap wordt overgedragen is:

$$P = m_1 v_1 \quad (3.1)$$

Waarin: m_1 de massa van het valgewicht [kg];

v_1 de snelheid waarmee het valgewicht op het "aambeeld" terecht komt [m/s].

Deze impuls wordt overgedragen aan aambeeld, voetplaat en blok waarop de voetplaat rust. Bovendien wordt verondersteld dat de buffers tussen valgewicht en aambeeld ervoor zorgen dat de snelheidsverschillen tussen het valgewicht en de in beweging gezette massa worden genivelleerd.

De snelheid van het geheel wordt vervolgens afgeremd door de (veer)stijfheid van de bekleding tot de totale massa geen snelheid meer heeft: het moment van de maximale verplaatsing D_1 . Als wordt verondersteld dat de massa's van valgewicht, aambeeld en voetplaat en steen op het moment van de maximale indrukking onderling niet meer bewegen (dat is slechts een idealisering, benadering van de werkelijkheid), dan is de kinetische energie van het valgewicht omgezet in de indrukking van de veer:

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 = \frac{1}{2} k D_1^2 \quad (3.2)$$

Waarin: k de veerstijfheid van de ondergrond [N/m];
 D_1 de centrale deflectie = verplaatsing [m].

Omwerken van deze vergelijking geeft:

$$m_1 v_1^2 = k D_1^2$$

$$v_1 = D_1 \sqrt{\frac{k}{m_1}} \quad (3.3)$$

Nu is $m_1 v_1$ voor alle metingen hetzelfde, de opgelegde impuls: P [N/s]

$$\frac{P}{m_1} = D_1 \sqrt{\frac{k}{m_1}} \quad (3.4)$$

Omwerken:

$$P = D_1 \sqrt{m_1 k} \quad (3.5)$$

De veerstijfheid (k [N/m]) mag voor het ongeklemd blok grofweg evenredig worden verondersteld met het blokkoppervlak (A [m²]) en de beddingsconstante (S [N/m³]), dus:

$$k \hat{=} AS \quad (3.6)$$

Als indicator voor de klemming kan daarom worden uitgegaan van het product van de centrale deflectie en de wortel uit het product van het grondoppervlak van het blok en de beddingsconstante (P wordt vervangen V_1 -score):

$$V_1 = D_1 \sqrt{m_1 A S} \quad (3.7)$$

Merk op dat de massa van de bekleding en die van het aambeeld en voetplaat, volgens de gehanteerde schematisatie, **niet** relevant is. De veronderstelde relatie in de rapportage van Breijn (Bijlage B) bevat ten onrechte de totale massa van meetapparatuur en blok.

Door de vaste valhoogte en steeds hetzelfde valgewicht is de impuls bij iedere meting dezelfde. Scheefstand op het talud maakt theoretisch wat uit, maar praktisch niet, omdat voor de relevante taludhellingen geldt: $\cos \alpha \approx 1,0$.

Als wordt afgezien van de vorm van het krachtsverloop in de tijd, dan zou het product van krachtniveau en pulsduur een maat voor de impuls moeten zijn: constant. Een stijvere constructie levert een korter durende, maar hogere reactiekracht op. Nu is het gebruikelijk om de gemeten verplaatsingen van de VGD-metingen op één en hetzelfde vak te verscalen naar hetzelfde krachtniveau.

Maar om een goede indicatie voor de klemming te verkrijgen dienen de gemeten verplaatsingen dus **niet** te worden verschaald naar hetzelfde krachtniveau.

3.2 Interactie tussen de blokken

Als de bekleding niet uit losse elementen bestaat, maar de bekleding kent door de interactie tussen de blokken ook nog enige mate van plaatwerking, dan is de veerstijfheid dus groter dan verondersteld is (los blok). Consequentie is dat de centrale verplaatsing D_1 relatief klein is. De volgens vergelijking (3.7) berekende indicator voor klemming heeft bij relatief grote klemming dus een relatief lage waarde.

Binnen een meetserie is de centrale verplaatsing D_1 dus een indicator voor de klemming. Als er binnen een zetting veel variatie in klemming voorkomt, mag worden verwacht dat de centrale verplaatsing D_1 binnen de meetserie een grote spreiding heeft.

De indicator voor de klemming kan worden verbeterd door niet alleen naar de deflectie ter plaatse van de voetplaat te kijken, maar ook naar de verplaatsing van de opnemers ter weerszijden van de voetplaat.

Aangenomen wordt dat de twee zettingen die met zekerheid los waren (HM Scherpenisse, GHM Grevelingendam) representatief zijn voor losse zettingen. De centrale deflectie blijkt gemiddeld 2,68 maal groter dan de som van de deflectie van de naastgelegen stenen. En die waarde is (toevallig?) voor beide zettingen eigenlijk dezelfde: HM Scherpenisse: 2,69; GHM Grevelingendam: 2,68.

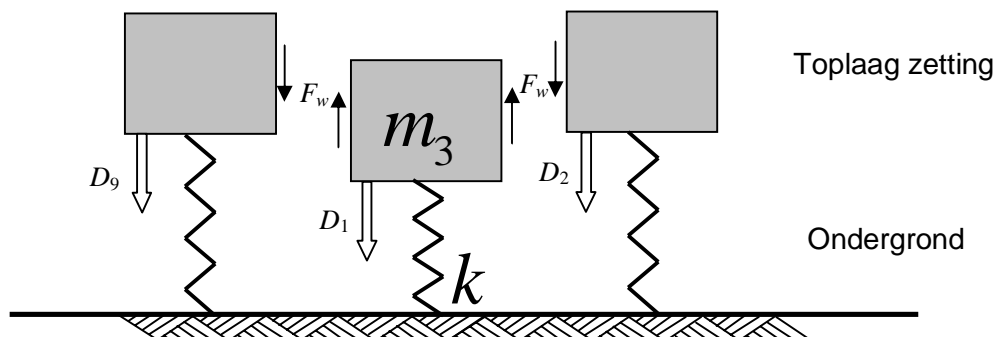
Door nu als kental voor de klemming uit te gaan van:

$$K_k = 2,68(D_2 + D_3) - D_1 \quad (3.8)$$

zou het kental voor de ongeklemde zettingen nihil moeten zijn. Voor geklemde zettingen blijven de verplaatsingen van de naastliggende elementen minder achter bij de centrale verplaatsing. Het kental wordt voor geklemde zettingen daarmee duidelijk positief.

Aldus zijn er twee indicatoren voor klemming, die helaas slecht te combineren zijn tot een enkele, krachtigere indicator.

In een poging beide wijze van aanpak te combineren, is in Figuur 3.2 een detail van Figuur 3.1 wat nader uitgewerkt. Aan de hand van wat evenwichtsbeschouwingen die verre van compleet zijn (het betreft een statisch meervoudig onbepaald systeem), wordt de krachtsinteractie benaderd. Dat veel invloeden verwaarloosd worden, is niet een zodanig groot probleem omdat het slechts om een indicator voor de klemming gaat.



Figuur 3.2 Schematisatie interactie tussen toplaagelementen

Ook de verplaatsing van en de wrijving met de aangrenzende blokken wordt in de beschouwing betrokken. Er is een wrijvingskracht (F_w [N]) met de buurblokken verondersteld. Het product van wrijvingskracht en verschilverplaatsing vormt een (gedissipeerde) energie die in rekening moet worden gebracht.

Als ijkpunt wordt verondersteld dat er weinig tot geen klemming is. De wrijvingskrachten zullen dus klein moeten zijn. Dat betekent dat al bij vrij kleine vervormingen de maximale wrijvingskracht wordt overwonnen. De elastische component wordt daarom verwaarloosd en er wordt alleen de dissipatie in rekening gebracht.

Vergelijking (3.3) wordt aangevuld tot:

$$m_1 v_1^2 = k D_1^2 + 2 F_{w2} \cdot (D_1 - D_2) + 2 F_{w9} \cdot (D_1 - D_9) \quad (3.9)$$

Nu geeft Figuur 3.2 slechts de doorsnede volgens de raai waarin is gemeten. Loodrecht daarop is ook nog een richting waarin krachtsoverdacht zal optreden. Oftewel om daarmee rekening te houden, met de veronderstelling dat de normaalkracht in die richting dezelfde is als in de richting van de meetraai, worden de twee laatste termen nog verdubbeld. (Dit soort aannamen maakt duidelijk dat dit een zeer grofstoffelijke benadering van de werkelijkheid betreft, maar het gaat per slot van rekening slechts om een grofstoffelijke indicator voor de klemming.)

Voorts wordt aangenomen dat de kracht F_w verantwoordelijk is voor de indrukking van de veer onder het buurblok. Dat levert de volgende vergelijking:

$$F_{wi} = k \cdot D_i \quad (3.10)$$

Hiermee kan de wrijvingskracht uit vergelijking (3.9) worden weggewerkt:

$$m_1 v_1^2 = k D_1^2 + 4k \cdot D_2 \cdot (D_1 - D_2) + 4k \cdot D_9 \cdot (D_1 - D_9) \quad (3.11)$$

$$P^2 = m_1 k \cdot D_1^2 \left[1 + 4 \left\{ \left(\frac{D_2}{D_1} + \frac{D_9}{D_1} \right) - \left(\frac{D_2^2}{D_1^2} + \frac{D_9^2}{D_1^2} \right) \right\} \right] \quad (3.12)$$

Gebruik makend van het gegeven uit de metingen dat gemiddeld voor een zetting zonder klemming $D_1 = 2,68(D_2 + D_9)$ komen we tot:

$$P^2 = m_1 k \cdot D_1^2 \left[1 + 4 \left\{ \left(\frac{1}{5.36} + \frac{1}{5.36} \right) - \left(\frac{1}{5.36^2} + \frac{1}{5.36^2} \right) \right\} \right] = 2.21 \cdot m_1 k \cdot D_1^2 \quad (3.13)$$

Dit beschrijft de gemiddelde situatie voor een zetting zonder klemming.

Als we vergelijking (3.11) analyseren, dan blijkt dat deze een maximum heeft voor $D_1/D_i = 0,5$. Dat maximum komt door de negatieve kwadratische termen. Voor dergelijke zeer hoge verhoudingen moet de klemming al erg hoog zijn. Dat de interpretatie wordt gehinderd door de dalende tak is zeer onwaarschijnlijk, maar kan worden uitgesloten door toch ook te letten op de klemmingsindicator K_k gegeven door vergelijking (3.8).

Op grond van vergelijking (3.12) wordt de nieuwe indicator voor de klemming die ook gebruik maakt van de verplaatsingen van de twee stenen grenzend aan de steen waarop wordt geslagen:

$$V = D_1 \sqrt{m_1 A \cdot S} \cdot \left(\sqrt{1 + 4 \left\{ \left(\frac{D_2}{D_1} + \frac{D_9}{D_1} \right) - \left(\frac{D_2^2}{D_1^2} + \frac{D_9^2}{D_1^2} \right) \right\}} \right)^{-1} \quad (3.14)$$

3.3 Klemmingsindicatoren berekend uit de beschikbare metingen

Om na te gaan of de hiervoor afgeleide klemmingsindicatoren resultaten opleveren die ergens op lijken, zijn deze indicatoren berekend voor de metingen uitgevoerd door Breijn.

Uit de metingen kon geen stijfheid worden bepaald. Daardoor kon de indicator voor de klemming die het mogelijk moest maken de metingen op de verschillende bekledingstypen direct met elkaar te kunnen vergelijken, zie vergelijking (3.14), niet worden berekend. Daarom is van vergelijking (3.14) slechts (het gemiddelde van) de wortelterm met de verhoudingen van de centrale verplaatsing en die van de naastliggende elementen berekend. Dit is een dimensieloze parameter die ook al als indicator voor de klemming kan worden opgevat. Zie de Tabel 3.1.

Nb. de reciproque waarde van de wortelterm komt in een grove benadering overeen met $-K_k/D_1$ omdat:

$$\frac{K_k}{D_1} = \frac{2,68(D_2 + D_9) - D_1}{D_1} = -1 \left(1 - 2,68 \left(\frac{D_2}{D_1} + \frac{D_9}{D_1} \right) \right)$$

En:

$$\left(\sqrt{1 + 4 \left\{ \left(\frac{D_2}{D_1} + \frac{D_9}{D_1} \right) - \left(\frac{D_2^2}{D_1^2} + \frac{D_9^2}{D_1^2} \right) \right\}} \right)^{-1} \approx 1 - 2 \left\{ \left(\frac{D_2}{D_1} + \frac{D_9}{D_1} \right) - \left(\frac{D_2^2}{D_1^2} + \frac{D_9^2}{D_1^2} \right) \right\} \approx 1 - 2 \left(\frac{D_2}{D_1} + \frac{D_9}{D_1} \right)$$

De echte blokkenzettingen blijken zich wat betreft de berekende klemmingsindicatoren duidelijk te onderscheiden in geklemde en ongeklemde zettingen. Voor wat betreft het kental

K_k is dat deels natuurlijk het gevolg van het feit dat een deel van de metingen gebruikt zijn om de factor in de vergelijking (3.8) te bepalen.

Locatie (G = geklemd; N = niet-geklemd)	$\sqrt{1+4\left\{\left(\frac{D_2}{D_1}+\frac{D_9}{D_1}\right)-\left(\frac{D_2^2}{D_1^2}+\frac{D_9^2}{D_1^2}\right)\right\}}$	K_k
Oesterdam Haringmanblokken (G)	1,62 (0,10)	171 (173)
Oesterdam Koperslakblokken (G)	1,68 (0,05)	746 (295)
Grevelingendam Gekantelde betonblokken (N)	1,49 (0,11)	2,9 (197)
Scherpenisse Haringmanblokken (N)	1,49 (0,07)	-3,3 (223)
Poortvliet Hydroblocks (G)	1,46 (0,08)	-27 (552)

Tabel 3.1 Gemiddelde (en spreiding) van de indicatoren voor klemming op de onderzochte locaties

De Hydroblocks bleken bij de trekproeven geklemd, ook al zat er zo hier en daar wel beweging in de zuilen. Op grond van de klemmingsindicatoren lijken zij zelfs iets slechter te scoren dan de bekledingen die als niet geklemd zijn aangemerkt. Dit verschil is echter niet significant gezien de spreidingen.

Wat betreft de spreidingen vormt Poortvliet een uitschieter voor K_k . Dat wordt grotendeels veroorzaakt door een drietal metingen (van de 49) waarbij één van de twee buurstenen volgens de metingen een bijna even grote verplaatsing als de centrale verplaatsing te zien geeft.

3.4 Conclusies betreffende de interpretatie VGD-metingen

Om steenzettingen wat betreft klemming te kunnen vergelijken, blijkt de massa van de stenen volgens een eenvoudige dynamicamodellering niet relevant. De stijfheid van de ondergrond en het grondoppervlak van de elementen blijken wel relevant, al is de invloed minder dan eerder verondersteld. De stijfheid dient dus uit de VGD-metingen te worden teruggerekend.

Door niet alleen de centrale deflectie te meten, maar ook verplaatsingen ter weerszijde van de voetplaat, kan een set goede indicatoren voor de klemming worden verkregen.

Omdat een zeer hoge klemming theoretisch tot lage waarden van de klemmingsindicator (V , zie vergelijking (3.14)) kan leiden, wordt aanbevolen om vooralsnog ook een tweede kental (K_k , zie vergelijking (3.8)) te berekenen.

Evaluatie van de beschikbare metingen laat zien dat voor de blokkenzetting de indicatoren onderscheidend lijken te zijn, maar dat de beproefde zuilenzetting van Hydroblocks (locatie 3) een twijfelgeval oplevert. Gezien het feit dat er bij de trekproeven ook daadwerkelijk wel wat kleine bewegingen in de zetting zijn waargenomen, is het resultaat van de VGD-metingen dus eigenlijk wel verklaarbaar.

Waar de drempelwaarden liggen voor het wel of niet goed geklemd zijn, is nog niet met zekerheid te zeggen.

Indien voor toekomstige metingen een ander type VGD-apparatuur wordt ingezet, is een directe vergelijking met voorgaande metingen, uitgaande van de V volgens vergelijking (3.14), alleen mogelijk als deze apparatuur dezelfde impuls levert.

4 Conclusies en aanbevelingen

Om te kunnen beoordelen of VGD-metingen geschikt zijn om de mate van klemming in een steenzetting te kwantificeren, zijn op vijf dijkvakken testmetingen verricht. Als referentie zijn trekproeven uitgevoerd:

1. Oesterdam/Bathpolder: Koperslakblokken
2. Oesterdam: Haringmanblokken
3. Poortvliet: Hydroblocks
4. Scherpenisse: Haringmanblokken
5. Grevelingendam: Blokken op hun kant

In de eerste fase van het onderzoek is aan de hand van metingen op koperslakblokken (locatie 1 op Oesterdam, met goede klemming) en Haringmanblokken (locatie 4 bij Scherpenisse, met slechte klemming) een methodiek ontwikkeld. Geconcludeerd is dat bij het uitvoeren van de VGD-metingen per blok 4 klappen met een valhoogte van 4 cm moeten worden uitgevoerd, zonder extra gewichten. Het vallende gewicht bestaat dan uit een slede en voetplaat van totaal 330 kg.

Vervolgens zijn op 45 à 50 stenen per locatie VGD-metingen uitgevoerd. Voor de analyse van deze metingen zijn in hoofdstuk 3 twee parameters afgeleid:

$$V = D_1 \sqrt{m_1 A S} \cdot \left(\sqrt{1 + 4 \left\{ \left(\frac{D_2}{D_1} + \frac{D_9}{D_1} \right) - \left(\frac{D_2^2}{D_1^2} + \frac{D_9^2}{D_1^2} \right) \right\}} \right)^{-1} \quad (4.1)$$

$$K_k = 2,68(D_2 + D_9) - D_1 \quad (4.2)$$

Met:

V	= score van VGD-meting (hoe hoger, hoe minder geklemd) [$\mu\text{m}\cdot\text{kg/s}$]
K_k	= klemmingparameter (hoe hoger, hoe beter geklemd) [μm]
D_1	= maximale verplaatsing van aangestoten steen [μm]
D_2	= maximale verplaatsing van de ene aangrenzende steen [μm]
D_9	= maximale verplaatsing van de andere aangrenzende steen [μm]
m_1	= massa van het vallende gewicht [kg]
A	= oppervlak van de steen [m^2]
S	= beddingconstante van de ondergrond [Pa/m]

Omdat uit de VGD-metingen het niet mogelijk was om de beddingconstante van de ondergrond te bepalen, als gevolg van de te kort afgestelde meetduur, kan de waarde van V helaas nog niet bepaald worden. Daarom is alleen het deel onder het wortelteken berekend, samen met de waarde van K_k . De resultaten staan in Tabel 3.1.

De resultaten van de metingen en analyse laten nog enkele belangrijke probleempunten zien:

- 1 Op twee dijkvakken zijn de VGD-metingen tweemaal uitgevoerd, wat helaas behoorlijk verschillende resultaten opleverde.
- 2 Op basis van de waarde van V en K_k lijkt de bekleding met Hydroblocks niet goed geklemd te zijn, terwijl tijdens de trekproeven wel een vrij goede klemming is

vastgesteld. Daarbij moet opgemerkt worden dat er wel enige beweging zat in de bekleding tijdens de trekproeven.

- 3 De meting van de verplaatsing tijdens de VGD-metingen is te kort geweest om de beddingconstante van de ondergrond te bepalen.
- 4 Het juiste niveau van drempelwaarden voor de klemmingsparameters, het onderscheid tussen wel of niet goed geklemd, is nog niet concreet te maken

Algemeen kunnen de volgende conclusies en aanbevelingen worden gegeven:

- Voor zuilenzettingen is de beoordeling wel of geen goede klemming nog problematisch.
- Uitvoeren van meer metingen op zuilenzettingen van verschillende typen en ouderdom is noodzakelijk om te komen tot betrouwbare uitspraken over de klemming met behulp van VGD-metingen.
- Het onderzoek geeft concreet zicht op een methode waarmee de mate van klemming van blokkenzettingen kan worden verkend.
- Er mag nog **niet** worden geconcludeerd dat er nu een operationele meetmethode als substituuut voor trekproeven voor handen is. Voordat er sprake is van een operationele meetmethode als substituuut voor trekproeven, is een aanvullende meetcampagne waarbij de nu ontwikkelde principes worden geverifieerd, onontkoombaar.
- De door Breijn al in de conclusies opgenomen suggestie om trekproeven te doen ter verificatie van goede klemming, moet vooralsnog worden onderschreven. De methode zoals die nu beschikbaar is, komt dus eigenlijk neer op een meetmethode die aan kan geven of een zetting slecht is geklemd.
- Pas na evaluatie van een grotere dataset zal een drempelwaarde kunnen worden gegeven voor goede klemming.
- Indien voor toekomstige metingen een ander type VGD-apparatuur wordt ingezet, is een directe vergelijking met voorgaande metingen, uitgaande van de V volgens vergelijking (4.1), alleen mogelijk als deze apparatuur dezelfde impuls levert.

5 Referenties

Schuurmans, V.P.C. (2008)

Trekproeven aan koperslabblokken aan de Oesterdam te Zeeland

Fugro, rapport 1408-0121-000.R02, 4 november 2008

Coeveld, E.M., M. Klein Breteler (2003)

Invloed klemming: statistische analyse trekproeven, Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen, rapport H4134, WL | delft hydraulics, November 2003.

Lijst van symbolen

Symbool	Eenheid	Betekenis
A	grondoppervlak van de steen	[m ²]
D_1	maximale verplaatsing van aangestoten steen	[μm]
D_2	maximale verplaatsing van de steen rechts grenzend aan de aangestoten steen	[μm]
D_9	maximale verplaatsing van de steen links aangrenzend aan de aangestoten steen (Let op, in de tekst van de rapportage door Breijn (Bijlage B) is het volgnummer 3 i.p.v. 9 gebruikt.)	[μm]
F_w	wrijvingskracht tussen de elementen onderling	[N]
F_{w2}	wrijvingskracht tussen het aangestoten blok en het blok rechts daarvan	[N]
F_{w9}	wrijvingskracht tussen het aangestoten blok en het blok links daarvan	[N]
i	teller	[-]
k	veerstijfheid van de ondergrond	[N/m]
K_k	klemmingparameter (hoe hoger, hoe beter geklemd)	[μm]
m_1	massa van het valgewicht	[kg]
m_2	massa van het aanbeeld en de voetplaat	[kg]
m_3	massa van de aangestoten steen	[kg]
M	massa van de steen en valgewicht	[kg]
P	impulsbelasting door vallend gewicht	[N/s]
S	beddingconstante van de ondergrond	[N/m ³]
v_1	snellheid waarmee het valgewicht op het "aanbeeld" terecht komt	[m/s]
v_2	snellheid van de totale massa na de botsing	[m/s]
V	Indicator voor klemming (hoe hoger, hoe minder de klemming)	[μm.kg/s]
V_0	Indicator voor klemming (hoe hoger, hoe minder de klemming)	[10 ⁻³ .m ³ .kg]
V_1	Indicator voor klemming (hoe hoger, hoe minder de klemming)	[μm.kg/s]
Y_{max}	maximale verplaatsing tijdens de trekproeven	[mm]

A Trekproeven

Trekproeven

Oesterdam, Poortvliet, Hansweert,
Grevelingendam & Scherpenisse

Resultaten trekproeven

Uitvoering: 13, 14, 15, 27 & 28 september 2010

Auteur	ing. R.H. van Beuningen
Verificatie	ir. M.M. Willemsen
Autorisatie	ir. G. Akker
Kenmerk	6510622
Datum	3 november 2010
Versie	1.0
Status	Definitief



Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Trekproeven	4
3	Algemene gegevens trekproeven	5
4	Resultaten trekproeven	7
5	Conclusie trekproeven	9

Bijlage 1 Resultaten trekproeven

Bijlage 2 Algemene foto's trekproeven

Bijlage 3 Foto's per steen

Bijlage 4 Locaties en bereikbaarheid

1 Inleiding

In opdracht van Deltares te Delft heeft Breijn trekproeven verricht op vijf verschillende locaties in Zeeland, namelijk: op de Oesterdam, in Poortvliet, in Hansweert, op de Grevelingendam en in Scherpenisse. Het doel van deze trekproeven is om te bepalen of de zetting op deze locaties goed of slecht geklemd is.

Een locatie heeft een goed geklemd zetting als er 30 trekproeven zijn uitgevoerd, waarbij er maximaal één steen een grotere gemiddelde verplaatsing heeft dan 10 mm. Zijn er twee of meer stenen met een grotere gemiddelde verplaatsing dan 10 mm dan is de zetting slecht geklemd.

Opmerkingen:

- Meetnauwkeurigheid van de hoogtes is +- 1,0 mm.
- Bij de trekproeven op de Grevelingendam is proef nummer 10 overgeslagen in verband met het niet werken van de schroefdraad. Hierdoor is er op deze locatie doorgenummerd tot en met 31. Er zijn hier dus 30 trekproeven uitgevoerd.
- In Scherpenisse zijn 10 trekproeven uitgevoerd op de 3^e rij van boven en is een 11^e trekproef als test uitgevoerd op de 3^e rij van onder.
- Bij de trekproeven op de Oesterdam is niet loodrecht op de stenen getrokken, hier is de kracht ongeveer verticaal uitgeoefend. Op de overige vier locaties is wel loodrecht op de steen getrokken.

2 Trekproeven

De trekproeven zijn op elke locatie op één rij stenen uitgevoerd, telkens met een tussenruimte van ongeveer tien stenen. Er is op gelet dat er geen begroeiing in de voegen aanwezig was, zodat er een ongestoorde waarneming gedaan kon worden. Er zijn op elke locatie minimaal tien trekproeven uitgevoerd en maximaal 30. In elke steen waarop een trekproef is uitgevoerd, is een gat geboord precies in het midden van de steen. Hierin is vervolgens een inslaganker geplaatst.

Bij de uitvoering van een trekproef is in dit inslaganker een trekoog gedraaid. Boven de steen is een driepoot geplaatst. De poten hiervan stonden in ieder geval niet op de te beproeven steen of zijn buurstenen. En de driepoot is zo geplaatst dat hij loodrecht boven de steen stond. Aan de driepoot zit een unster bevestigd met daaraan een kettingtakel, die weer aan het trekoog bevestigd wordt.

Tijdens de trekproef wordt loodrecht op de steen (dus niet vertikaal) een kracht uitgeoefend. Deze kracht wordt in de loop van ongeveer een halve minuut in stapjes van ongeveer 70 tot 100 kg verhoogd tot maximaal 400 kg of tot het moment dat de steen meer dan 10 mm omhoog getrokken is. In dat geval wordt de maximaal uitgeoefende kracht genoteerd.

Voorafgaand aan de trekproef wordt op zes punten het hoogte verschil met de buurstenen genoteerd en dit gebeurt ook op het moment dat de maximale kracht wordt uitgeoefend. Op deze manier kan de verplaatsing worden berekend. In het geval dat de steen meer dan 10 mm los is gekomen, wordt ook de hoogte genoteerd na het ontlasten. Zo kan de permanente verplaatsing worden berekend.



Figuur 2.1 Trekproef in uitvoering (Grevelingendam)

3 Algemene gegevens trekproeven

Er zijn trekproeven uitgevoerd op de volgende vijf locaties:

- Oesterdam (13 september 2010)
- Poortvliet (14 september 2010)
- Hansweert (15 september 2010)
- Grevelingendam (27/28 september 2010)
- Scherpenisse (27 september 2010)

In bijlage 4 is te zien waar de exacte locaties zijn en hoe deze bereikbaar zijn.

In onderstaande tabel is te zien op welk type steen de trekproeven zijn uitgevoerd.

Tabel 3.1 Overzicht type stenen per locatie

Nr.	Locatie	Type steen	Lengte (mm)	Breedte (mm)	Hoogte (mm)
1	Oesterdam	Haringmanblok	500	500	250
2	Poortvliet	Hydroblock	250	250	400
3	Hansweert	Haringmanblok gekanteld	500	250	500
4	Grevelingendam	Betonblok gekanteld	500	200	500
5	Scherpenisse	Haringmanblok	500	500	200

Locatie 1: Oesterdam

Op de Oesterdam liggen vijftien rijen Haringmanblokken. Zie figuur 3.2. De trekproeven zijn uitgevoerd op de 4^e rij van onder, vanaf de overgang van de constructie.

Locatie 2: Poortvliet

In Poortvliet liggen 32 rijen Hydroblocks. Zie figuur 3.3. De trekproeven zijn uitgevoerd op de 12^e rij van onder, vanaf de overgang van de constructie.



Figuur 3.2 Overzicht locatie Oesterdam



Figuur 3.3 Overzicht locatie Poortvliet

Locatie 3: Hansweert

In Hansweert liggen op het gehele talud gekantelde Haringmanblokken. Zie figuur 3.4. Door begroeiing is niet exact te bepalen op welke rij de trekproeven zijn uitgevoerd. Vanaf de begroeiing met algen en mos aan de onderzijde zijn de trekproeven op de 12^e rij van onder uitgevoerd.

Locatie 4: Grevelingendam

Op de Grevelingendam zijn de trekproeven uitgevoerd op de 1^e rij stenen van boven van 20 cm breed. Hierboven liggen twaalf rijen stenen van 15 cm breed. Eronder liggen nog negen rijen van 20 cm breed. Zie figuur 3.5.



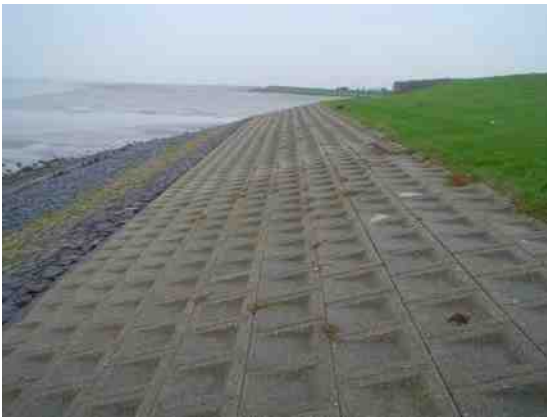
Figuur 3.4 Overzicht locatie Hansweert



Figuur 3.5 Overzicht locatie Grevelingendam

Locatie 5: Scherpenisse

In Scherpenisse liggen in totaal tien rijen met Haringmanblokken. Hieronder ligt een ander type steen. Aan de bovenzijde begint het grastalud. Zie figuur 3.6. De trekproeven zijn uitgevoerd op de 3^e rij van boven.



Figuur 3.6 Overzicht locatie Scherpenisse

4 Resultaten trekproeven

Om de gemiddelde verplaatsingen van de stenen waarop de trekproeven worden uitgevoerd te bepalen, is bij elke trekproef het verschil ten opzichte van de 'buurstenen' op zes punten vooraf en na te trekproef genoteerd. Op alle zes de punten is vervolgens het verschil in hoogte berekend en hiervan is weer het gemiddelde genomen. Op deze manier is voor elke trekproef een gemiddelde verplaatsing berekend. Deze gemiddelde verplaatsingen zijn in onderstaande tabel voor alle trekproeven te zien. In bijlage 1 zijn alle meetgegevens per locatie terug te vinden.

Tabel 4.1 Overzicht gemiddelde verplaatsingen voor alle trekproeven

Meting nummer	Gemiddelde verplaatsing Oosterdam (mm)	Gemiddelde verplaatsing Poortvliet (mm)	Gemiddelde verplaatsing Hansweert (mm)	Gemiddelde verplaatsing Grevelingendam (mm)	Gemiddelde verplaatsing Scherpenisse (mm)
01	0,8	0,9	0,0	0,6	3,4
02	0,5	0,1	0,2	0,3	10,9
03	0,3	-0,8	-0,2	0,1	13,7
04	0,1	1,7	0,0	0,9	27,0
05	-0,2	0,6	0,0	0,8	24,8
06	-0,2	0,9	0,2	8,6	29,4
07	0,3	1,5	-0,3	0,5	24,2
08	-0,1	0,7	-0,5	2,6	20,2
09	-0,5	0,6	0,2	11,9	22,0
10	-0,1	0,5	-0,1	OVERGESLAGEN	28,0
11	0,6	3,3	-0,1	0,0	24,5
12	-0,3	2,7	0,4	1,2	
13	-0,2	0,9	0,1	0,6	
14	0,9	2,0	0,0	0,9	
15	0,3	2,4	-0,2	0,4	
16	0,2	1,6	0,2	0,8	
17	0,1	2,5	0,1	0,3	
18	-0,1	0,8	0,1	0,5	
19	-0,1	1,7	0,4	0,3	
20	-0,4	1,7	-0,3	0,0	
21	-0,5	5,0	0,3	0,3	
22	-0,5	5,4	0,1	0,5	
23	0,1	3,7	0,3	11,5	
24	-0,3	1,8	0,4	0,3	
25	0,3	0,8	0,1	0,3	
26	0,4	5,6	0,3	8,3	
27	-0,6	3,8	-0,1	0,7	
28	0,4	6,2	0,1	-0,1	
29	-0,2	0,7	-0,2	0,7	
30	0,3	2,3	0,4	0,2	
31	-	-	-	9,0	

Verplaatsing
< 1 mm
1.0 - 5.0 mm
5.0 - 10.0 mm
> 10.0 mm

Voor de trekproeven waarbij de gemiddelde verplaatsing hoger dan 10.0 mm is, is ook na ontlasten op de zes punten de hoogte genoteerd om zo de permanente verplaatsing te bepalen.

Dit is het geval voor twee stenen op de Grevelingendam en negen stenen in Scherpenisse.

Tabel 4.2 Overzicht gemiddelde permanente verplaatsing voor alle trekproeven met een gemiddelde verplaatsing groter dan 10.0 mm op de Grevelingendam.

09	11,9
23	11,5

Tabel 4.3 Overzicht gemiddelde permanente verplaatsing voor alle trekproeven met een gemiddelde verplaatsing groter dan 10.0 mm in Scherpenisse.

02	5,1
03	0,1
04	8,0
05	2,3
06	8,2
07	3,7
08	0,1
09	2,3
10	1,4

11	6,1
----	-----

5 Conclusie trekproeven

Oesterdam

Uit de resultaten blijkt dat de waarden voor de gemiddelde verplaatsing allemaal kleiner zijn dan 1,0 mm. Aangezien deze waarden toe te schrijven zijn aan de meetnauwkeurigheid, kan worden geconcludeerd dat de zetting op deze locatie goed geklemd is.

Poortvliet

Uit de resultaten blijkt dat er vier waarden voor de gemiddelde verplaatsing zijn die tussen de 5,0 en 10,0 mm liggen en daarnaast nog veertien waarden die tussen de 1,0 en 5,0 mm liggen. De overige twaalf waarden zijn kleiner dan 1,0 mm. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de zetting van deze locatie goed geklemd genoemd mag worden, aangezien er geen stenen een gemiddelde verplaatsing van meer dan 10,0 mm hebben. Bovendien is het gewicht van de stenen kleiner dan de Haringmanblokken, waardoor er relatief harder getrokken is.

Hansweert

Uit de resultaten blijkt dat de waarden voor de gemiddelde verplaatsing allemaal kleiner zijn dan 1,0 mm. Aangezien deze waarden toe te schrijven zijn aan de meetnauwkeurigheid, kan worden geconcludeerd dat de zetting op deze locatie goed geklemd is.

Grevelingendam

Uit de resultaten blijkt dat er twee waarden voor de gemiddelde verplaatsing zijn, die groter zijn dan 10 mm. Daarnaast zijn er nog drie waarden die tussen de 5,0 en 10,0 mm liggen en twee waarden die tussen 1,0 en 5,0 mm liggen. De overige 23 waarden zijn kleiner dan 1,0 mm. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de zetting van deze locatie slecht geklemd is, aangezien er minimaal twee stenen een gemiddelde verplaatsing van meer dan 10,0 mm hebben.

Scherpenisse

Uit de resultaten blijkt dat er negen waarden voor de gemiddelde verplaatsing zijn die groter zijn dan 10 mm. Daarnaast is er nog één waarde die tussen de 1,0 en 5,0 mm ligt. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de zetting van deze locatie slecht geklemd is, aangezien er minimaal twee stenen een gemiddelde verplaatsing van meer dan 10,0 mm hebben. Daarnaast is lager op het talud op de 3^e rij van onder nog één trekproef (nummer 11) uitgevoerd als test. Ook hier bleek de gemiddelde verplaatsing groter te zijn dan 10 mm.

Eindconclusie

Uiteindelijk kan worden geconcludeerd dat de locaties Oesterdam, Poortvliet en Hansweert een goed geklemd zetting hebben. Hiervan zijn de zettingen op de Oesterdam en Hansweert zeer goed geklemd en is de zetting in Poortvliet goed geklemd. De zettingen op de Grevelingendam en in Scherpenisse zijn slecht geklemd. Hiervan is de zetting in Scherpenisse zeer slecht geklemd en die op de Grevelingendam slecht geklemd.

Tabel 5.1 Eindconclusie

	Klemming
Oesterdam	Zeer goed geklemd
Poortvliet	Goed geklemd
Hansweert	Zeer goed geklemd
Grevelingendam	Slecht geklemd
Scherpenisse	Zeer slecht geklemd

Bijlage 1

Resultaten trekproeven

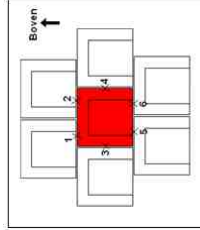
Bijlage 1.1 Resultaten trekproeven Oesterdam

Verplaatsing
< 1 mm
1.0 - 5.0 mm
5.0 - 10.0 mm
> 10.0 mm

Meting nummer	GFS nummer	Behaalde kracht (kg)	Gemiddelde verplaatsing
01	1001	400	0.74
02	1002	400	0.53
03	1003	400	0.33
04	1004	400	0.12
05	1005	400	-0.20
06	1006	400	-0.17
07	1007	400	0.30
08	1008	400	-0.08
09	1009	400	-0.45
10	1010	400	-0.06
11	1011	400	0.58
12	1012	400	-0.30
13	1013	400	-0.23
14	1014	400	0.96
15	1015	400	0.29
16	1016	400	0.16
17	1017	400	0.11
18	1018	400	-0.09
19	1019	400	-0.11
20	1020	400	-0.36
21	1021	400	-0.49
22	1022	400	-0.54
23	1023	400	0.05
24	1024	400	-0.28
25	1025	400	0.33
26	1026	400	0.37
27	1027	400	-0.61
28	1028	400	0.41
29	1029	400	-0.16
30	1030	400	0.32

Meting nummer	GFS nummer	Punt 1		Punt 2		Punt 3		Punt 4		Punt 5		Punt 6							
		voor proef (mm)	verplaatsing (mm)	na proef (mm)	verplaatsing (mm)	voor proef (mm)	na proef (mm)	verplaatsing (mm)	voor proef (mm)	na proef (mm)	verplaatsing (mm)	voor proef (mm)	na proef (mm)	verplaatsing (mm)					
01	1001	-7.11	-8.45	0.66	5.81	7.24	1.43	5.46	0.51	3.85	3.27	-0.58	6.29	6.89	0.60	4.16	5.99	1.83	
02	1002	-13.75	-10.84	2.91	-11.42	-13.44	-2.02	-3.45	-4.40	5.85	7.32	1.47	6.31	5.55	-0.76	9.31	11.84	2.53	
03	1003	-1.05	-2.16	-1.11	-2.30	-2.50	-0.20	-3.21	-0.82	7.14	7.15	0.01	10.06	12.06	2.00	13.42	13.87	0.45	
04	1004	-10.08	-10.10	-0.02	-10.63	-10.28	0.35	-2.34	-2.51	-1.18	-0.86	0.62	6.61	6.09	-0.52	3.25	3.83	0.56	
05	1005	-1.86	-1.75	-0.09	4.82	5.14	0.32	-3.30	-4.95	-1.65	-0.19	-11.21	11.66	0.45	8.96	8.94	-0.02		
06	1006	-7.39	-9.38	-1.99	-6.84	-4.72	2.12	-2.37	-2.76	-11.34	-11.06	0.28	5.64	5.45	-0.19	2.12	1.25	-0.87	
07	1007	-11.37	-11.62	-0.25	-14.54	-14.35	0.19	-2.52	-0.90	1.62	-2.55	1.50	10.22	9.89	-0.33	5.15	4.23	-0.92	
08	1008	4.70	4.79	0.09	-3.66	-2.67	0.99	3.51	2.38	-1.13	2.12	2.32	0.20	15.45	15.07	-0.38	15.47	15.20	-0.27
09	1009	-3.31	-3.00	0.31	-3.49	-4.41	-0.92	-0.95	-0.65	0.30	2.89	1.85	-1.04	-1.42	-2.92	1.62	1.77	0.15	
10	1010	-6.43	-6.02	0.41	-7.36	-8.05	-0.69	-3.17	-2.87	0.30	-6.28	-6.59	-0.31	1.83	1.89	1.60	1.60	0.00	
11	1011	-6.24	-4.99	1.25	-11.11	-11.50	-0.39	3.84	3.85	0.01	1.05	3.70	2.65	2.51	2.68	0.17	3.52	3.31	-0.21
12	1012	2.48	2.94	0.46	1.80	3.45	1.65	-4.83	-6.53	-1.70	-1.66	-1.54	0.12	2.34	1.57	-0.77	8.42	6.85	-1.57
13	1013	-14.84	-16.29	-1.45	-18.55	-19.37	0.18	-5.72	-6.17	-0.45	-6.50	-6.37	0.13	3.85	4.03	0.18	4.62	4.64	0.02
14	1014	-10.30	-8.63	1.67	-12.87	-11.25	1.62	-4.48	-3.80	0.68	-5.55	-5.20	0.35	7.11	7.53	0.42	10.61	11.62	1.01
15	1015	-9.60	-6.64	0.96	-10.87	-11.68	-0.81	-11.02	-10.82	0.20	6.39	5.94	-0.45	3.57	5.16	1.59	11.72	11.95	0.23
16	1016	-2.23	-2.94	-0.71	-3.11	-3.76	-0.65	-2.05	-2.85	-0.80	-5.09	-4.87	0.42	6.61	8.04	1.43	9.88	11.14	1.26
17	1017	-3.60	-3.70	-0.10	-7.85	6.83	10.42	2.63	2.30	-0.33	4.71	5.32	0.61	9.89	10.48	0.59	8.28	8.88	0.30
18	1018	-1.74	-2.24	-0.50	7.85	6.83	10.42	-2.14	-2.34	-0.20	-1.58	-1.34	0.24	6.45	6.74	0.29	10.16	10.84	0.68
19	1019	-3.38	-4.05	-0.67	-4.91	-5.07	-0.16	-2.70	-2.72	-0.02	-1.83	-1.87	-0.04	10.21	9.29	-0.92	10.50	11.66	1.16
20	1020	-9.02	-10.52	-1.50	-8.45	-9.68	-0.23	3.54	2.81	-0.73	2.28	2.82	0.34	9.86	8.71	-1.15	6.43	7.55	1.12
21	1021	-1.64	-2.69	-1.05	-4.42	-4.35	0.07	2.16	2.34	0.18	2.18	2.07	-0.11	4.86	3.64	-1.22	12.88	12.06	-0.82
22	1022	-3.00	-4.10	-1.10	-4.95	-4.79	0.16	1.79	1.09	-0.70	4.22	3.51	-0.71	3.40	3.09	-0.31	4.22	3.65	-0.57
23	1023	-7.42	-6.67	0.75	-8.17	-8.23	-0.06	2.43	1.49	-0.84	1.83	2.89	0.76	6.84	5.69	-0.95	10.98	11.73	0.75
24	1024	-2.08	-1.34	0.74	-1.27	-2.12	-0.85	-1.10	-1.12	-0.02	-1.65	-2.15	-0.30	5.20	4.14	-1.06	4.36	4.28	-0.08
25	1025	-9.38	-8.48	0.90	-11.81	-11.96	-0.05	4.92	4.40	-0.52	-8.19	-8.03	0.16	7.03	7.21	0.18	-2.41	-1.13	1.28
26	1026	-3.24	-2.82	0.42	-2.88	-2.97	-0.09	-4.90	-3.81	1.09	0.88	1.47	0.59	1.66	2.13	0.47	9.57	9.28	-0.29
27	1027	-1.23	-1.51	-0.28	-2.69	-3.13	-0.44	-9.79	-9.76	0.03	-1.54	-3.11	-1.57	-5.40	-5.40	0.00	-6.05	-7.42	-1.37
28	1028	-12.36	-12.44	-0.08	-8.20	-7.10	1.10	-5.50	-5.04	0.46	2.56	3.22	0.66	0.46	1.20	0.74	1.61	1.41	-0.40
29	1029	-11.05	-12.32	-1.27	-11.90	-11.75	0.15	-4.12	-3.29	0.83	4.27	-2.55	1.72	11.81	9.81	-2.00	12.16	11.80	-0.36
30	1030	-8.61	-8.24	0.57	-1.27	-1.09	0.18	-2.74	-2.06	0.68	-3.72	-4.98	-0.36	12.14	12.59	0.45	15.84	16.21	0.37

Nummering punt 1 t/m 6:

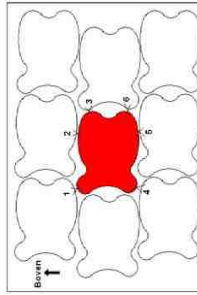


Bijlage 1.2 Resultaten trekproeven Poortvliet

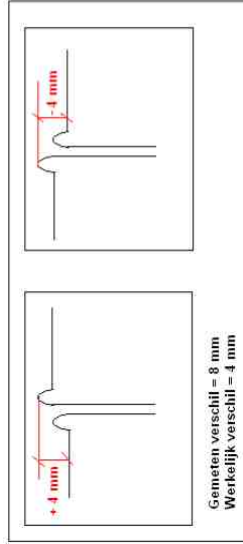
Verplaatsing
< 1 mm
1.0 - 5.0 mm
5.0 - 10.0 mm
> 10.0 mm

Meting nummer	GFS nummer	Punt 1		Punt 2		Punt 3		Punt 4		Punt 5		Punt 6		Behaalde kracht	Gemiddelde verplaatsing				
		voor proef (mm)	na proef (mm)	verplaatsing (mm)	voor proef (mm)	na proef (mm)	verplaatsing (mm)	voor proef (mm)	na proef (mm)	verplaatsing (mm)	voor proef (mm)	na proef (mm)	verplaatsing (mm)			voor proef (mm)	na proef (mm)	verplaatsing (mm)	
01	2001	-13.41	-12.38	1.03	-7.83	-7.6	0.33	1.64	-8.18	-6.52	1.66	-10.7	-8.99	1.71	-4.67	-5.91	-1.24	0.86	
02	2002	-9.44	-9.9	-0.46	-6.65	-6.79	-0.14	8.11	-0.86	-7.54	-6.02	1.52	-6.69	-5.61	1.08	8.54	8.15	-0.39	0.12
03	2003	-9.21	-7.72	1.49	-8.41	-8.72	-0.31	-3.95	-8.65	-4.7	-3.93	-6.27	-6.47	-0.2	-4.39	-5.37	-0.98	-0.75	
04	2004	-11.03	-8.01	3.02	-5.14	-4.88	0.26	-7.18	-6.28	0.9	8.24	7.49	9.01	1.52	5.36	7.01	1.65	1.67	
05	2005	-8.87	-8.26	0.61	-8.37	-7.02	1.35	6.08	6.99	0.97	3.27	2.81	3.17	5.18	10.94	9.47	-1.07	0.57	
06	2006	-9.98	-7.76	2.22	-10.41	-8.78	1.63	-5.08	-5.6	-0.52	-4.15	-3.73	-3.05	0.68	-3.94	-2.3	1.64	0.86	
07	2007	-6.54	-5.38	1.16	-5.59	-5.5	0.09	-4.57	-3.14	1.23	-7.07	-4.98	-4.43	2.2	4.9	7.06	2.16	1.49	
08	2008	-2.3	-2.07	0.23	4.3	5.64	1.34	-7.42	1.89	-1.32	-5.29	-6.61	-4.39	2.24	-4.07	-4.46	-0.39	0.67	
09	2009	-5.67	-5.84	-0.17	-1.55	-1.9	-0.35	-0.78	-7.58	-6.61	0.97	-9.92	-8.51	1.41	4.11	5.03	0.92	0.59	
10	2010	-7.48	-7.99	-0.51	-4.42	-4.69	-0.27	-7.6	-6.79	0.81	-17.1	-15.8	-13.1	0.71	5.03	5.96	0.83	0.50	
11	2011	-4.44	-3.62	0.82	7.2	10.85	3.65	4.95	-7.59	-3.69	3.9	-8.41	-2.48	5.93	2.8	3.38	0.58	3.31	
12	2012	-7.22	-3.33	3.89	7.47	7.85	0.38	-8.01	-5.06	2.95	-13.51	-9.11	-8.18	4.27	-4	-3.76	0.24	2.69	
13	2013	-12.79	-10.55	2.24	-5.24	-5.14	0.1	3.91	5.14	1.23	-15.75	-14.88	-13.39	0.64	8.43	9.28	0.85	0.97	
14	2014	-5.48	-5.08	0.4	4.34	8.78	4.44	5.08	8.01	2.93	-8.16	-5.72	-10.32	1.51	8.21	8.21	0	1.95	
15	2015	-9.03	-8.28	0.75	-5.31	-3.45	1.86	-11.25	-8.03	3.22	-6.27	-6.08	-11.9	-7.5	4.4	-7.5	-5.63	1.97	
16	2016	-6.63	-5.3	1.33	4.43	6.63	2.2	-9.29	-6.85	2.64	-15.55	-13.23	-12.4	0.78	-9.5	-9.31	0.19	1.58	
17	2017	-7.19	-4.02	3.17	-8.63	-8.53	2.1	-3.16	4.55	3.71	4.97	8.05	-3.65	1.3	6.51	7.82	1.31	2.45	
18	2018	-4.79	-4.04	0.75	-2.88	-3.51	-0.63	-0.64	-1.73	0.64	-13.63	-12.6	-14.5	1.57	3.07	4.54	1.47	0.81	
19	2019	-7.44	-5.87	1.57	3.62	5.64	2.02	-10.57	-9.32	1.25	-17.63	-14.48	-15.9	1.84	-8.94	-8.79	0.15	1.66	
20	2020	-16.97	-14.77	2.2	-8.98	-7.34	1.62	-5.51	-3.39	2.12	-10.93	-9.8	-10.74	-8.2	2.54	8.12	8.7	1.70	
21	2021	-1.31	5.6	2.91	-4.21	7.42	7.63	3.29	6.68	3.39	-9.93	5.9	5.83	7.65	9.73	12.42	2.69	5.02	
22	2022	-5.75	5.89	7.64	-5.28	4.88	6.16	-7	-3.97	3.03	-9.18	-2.63	-7.89	6.18	-5.15	-2.34	2.81	5.40	
23	2023	-2.97	6.51	5.48	7.37	9.5	2.13	-7.98	-4.15	3.81	-7.26	-5.12	-9.88	4.42	-6.96	-3.53	3.68		
24	2024	-11.89	-9.25	2.64	-8.48	-8.12	0.36	-10.32	-7.89	2.63	-8.15	-7.33	-10.54	2.06	-9.04	-6.71	2.33	4.00	
25	2025	-11.97	-8.46	3.51	10.44	13.34	2.9	3.7	4.39	0.69	13.78	11.85	13.17	-1.02	6.87	7.23	0.66	0.80	
26	2026	-12.44	-7.42	5.02	-5.74	-4.35	8.09	7.34	15.43	8.09	-12.16	-8.68	-15.18	-8.35	9.5	11.53	2.03	5.59	
27	2027	-17.25	-12.68	4.57	-12.37	-8.63	3.74	-6.24	-3	3.24	-10.28	-4.75	-6.5	5.63	-4.11	4.39	4.5	3.80	
28	2028	-7.11	4.06	7.17	7.8	14.02	6.22	-7.73	3.2	6.83	-12.22	-6.69	-9.92	5.29	-5.78	4.06	5.84	6.16	
29	2029	-22.25	-24.07	-1.82	-10.27	-11.61	-1.34	-8.88	-9.28	-0.4	-17.05	-13.74	-16.76	1.89	-9.25	-6.53	2.72	0.73	
30	2030	-5.35	-5.2	0.15	-4.94	3.02	3.96	-5.89	-4.09	1.8	-9.61	-5.63	-10.55	3.12	-4.16	-3.41	0.75	2.29	

Nummering punt 1 t/m 6



-> Wanneer er sprake is van een overgang van negatief (voor de proef) naar positief (na de proef), is het niet reëel om dit verschil te rekenen. Omdat er aan de randen van de steen steeds een klein opstaand randje zit, waar vanaf gemeten wordt, is er bij zijn overgang steeds 4 mm minder gerekend.



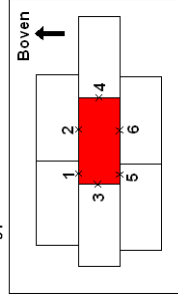
Geneten verschil = 8 mm
Werkelijk verschil = 4 mm

Bijlage 1.3 Resultaten trekproeven Hansweert

Verplaatsing
< 1 mm
1.0 - 5.0 mm
5.0 - 10.0 mm
> 10.0 mm

Meting nummer	GFS nummer	Punt 1 voor proef (mm)	na proef (mm)	verplaatsing (mm)	Punt 2 voor proef (mm)	na proef (mm)	verplaatsing (mm)	Punt 3 voor proef (mm)	na proef (mm)	verplaatsing (mm)	Punt 4 voor proef (mm)	na proef (mm)	verplaatsing (mm)	Punt 5 voor proef (mm)	na proef (mm)	verplaatsing (mm)	Punt 6 voor proef (mm)	na proef (mm)	verplaatsing (mm)	Behaalde kracht	Gemiddelde verplaatsing
01	3001	6.79	6.89	0.20	4.06	4.07	0.01	-5.71	-5.80	-0.09	-1.62	-1.72	-0.10	-7.36	-8.12	-0.76	-8.02	-7.41	0.61	400	-0.02
02	3002	-3.36	-2.61	0.75	3.30	2.86	-0.34	-7.07	-6.98	0.08	3.53	3.48	-0.05	-3.96	-3.38	0.56	-2.84	-2.57	0.27	400	0.18
03	3003	-1.79	-1.72	0.07	-5.15	-5.24	-0.09	-3.57	-3.04	0.53	1.54	1.12	-0.42	-2.88	-4.30	-1.42	-4.88	-4.64	0.24	400	-0.18
04	3004	-4.77	-4.54	0.23	-3.11	-3.02	0.09	2.11	2.80	0.69	-2.14	-3.00	-0.86	-5.89	-6.03	-0.14	-6.89	-6.84	0.05	400	0.01
05	3005	6.66	6.86	0.20	2.84	2.79	-0.05	-3.40	-3.21	0.19	-5.68	-6.46	-0.78	-3.71	-2.94	0.77	-7.50	-7.26	0.24	400	0.02
06	3006	3.40	3.75	0.35	5.42	5.55	0.13	-2.89	-1.98	0.91	-1.66	-2.09	-0.43	-8.81	-8.33	0.48	-6.53	-7.38	-0.85	400	0.15
07	3007	8.70	8.16	-0.54	10.01	9.97	-0.04	-4.68	-5.33	-0.65	-5.39	-6.33	-0.94	-8.77	-8.33	0.44	-9.87	-10.36	-0.39	400	-0.32
08	3008	6.53	5.81	-0.72	7.18	6.83	-0.35	-2.16	-3.23	-1.07	4.79	4.78	-0.01	-5.52	-6.66	-1.14	-7.63	-7.33	0.30	400	-0.50
09	3009	10.63	10.45	-0.18	11.85	11.49	-0.46	2.82	4.43	1.61	-1.53	-1.41	0.12	2.08	2.18	0.10	-1.56	-1.71	-0.15	400	0.17
10	3010	8.75	8.28	-0.47	17.32	16.27	-1.05	-3.67	-3.33	0.34	-2.62	-1.39	1.23	-2.80	-3.56	-0.76	-1.18	-1.26	-0.08	400	-0.13
11	3011	-3.71	-3.77	-0.06	-3.25	-4.00	-0.75	-2.56	-2.32	0.24	2.83	2.83	0.00	-2.54	-2.74	-0.20	-4.04	-4.06	-0.02	400	-0.13
12	3012	13.84	13.85	0.01	14.38	14.30	-0.08	1.43	2.71	1.28	-3.56	-2.84	0.62	-1.68	-1.51	0.17	2.81	3.18	0.27	400	0.38
13	3013	15.96	15.96	-0.32	25.06	25.12	0.06	-3.74	-2.83	0.91	3.93	3.89	-0.04	-2.90	-2.43	0.47	-2.92	-3.37	-0.45	400	0.11
14	3014	7.93	8.45	0.52	-2.23	-2.60	-0.37	1.00	1.33	0.33	3.42	3.14	-0.28	-3.57	-3.25	0.32	2.56	2.24	-0.32	400	0.03
15	3015	4.90	4.29	-0.61	6.53	5.68	-0.85	1.57	1.08	0.49	-1.96	-2.17	-0.21	-7.37	-6.34	1.03	-8.58	-8.48	0.10	400	-0.17
16	3016	6.75	7.26	0.51	4.72	4.78	0.06	0.67	1.25	0.58	1.81	1.70	-0.11	-11.95	-11.22	0.73	-2.82	-3.37	-0.45	400	0.22
17	3017	0.75	1.22	0.47	5.86	6.75	0.89	1.72	2.20	0.48	8.12	6.99	-1.13	-2.78	-2.88	-0.08	-2.83	-2.80	0.03	400	0.13
18	3018	8.57	7.92	-0.65	9.72	9.68	-0.04	-3.33	-2.48	0.85	-1.41	-1.27	0.14	-3.49	-3.86	-0.37	-4.70	-3.96	0.74	400	0.11
19	3019	21.28	21.07	-0.21	20.14	20.87	0.73	2.28	3.50	1.22	3.63	4.34	0.71	-7.55	-7.87	-0.32	-3.79	-3.71	0.08	400	0.40
20	3020	6.72	6.82	0.10	8.82	8.19	-0.63	-4.44	-5.09	-0.65	4.07	3.51	-0.56	-2.08	-1.78	0.31	-3.58	-3.48	-0.10	400	-0.28
21	3021	7.33	7.87	0.34	16.52	16.85	0.33	-3.80	-3.28	0.52	-3.00	-3.20	-0.20	2.03	2.76	0.73	-5.59	-5.46	0.13	400	0.31
22	3022	13.19	13.15	-0.04	12.06	12.10	0.04	2.26	3.04	0.78	5.52	4.90	-0.62	-4.85	-4.89	-0.04	-3.60	-3.27	0.33	400	0.08
23	3023	7.18	7.46	0.28	4.15	4.62	0.47	4.12	4.76	0.64	-3.08	-2.47	0.61	-5.12	-5.73	-0.61	-10.19	-9.89	0.30	400	0.28
24	3024	-3.47	-4.04	-0.57	-6.88	-6.42	0.26	1.96	2.84	0.88	3.04	3.45	0.41	-7.65	-6.93	0.72	-13.21	-12.70	0.51	400	0.37
25	3025	-3.30	-2.53	0.77	4.23	3.58	-0.65	2.70	3.41	0.71	-2.91	-2.81	0.10	-4.03	-4.04	-0.01	-7.60	-7.75	-0.15	400	0.13
26	3026	14.68	15.46	0.78	12.39	12.79	0.40	-3.19	-2.34	0.85	1.21	1.34	0.13	-3.23	-4.01	-0.76	-3.68	-3.16	0.52	400	0.32
27	3027	8.57	9.08	0.51	9.20	8.67	-0.53	-2.64	-2.41	0.23	2.42	2.17	-0.25	-3.31	-3.72	-0.41	-7.22	-7.28	-0.06	400	-0.09
28	3028	1.45	1.99	0.54	4.69	4.84	0.15	3.12	3.26	0.14	-1.74	-1.52	0.22	4.96	4.86	-0.10	2.70	2.13	-0.57	400	0.06
29	3029	3.07	3.02	-0.05	-5.14	-4.52	0.62	3.28	3.73	0.45	2.09	1.57	-0.52	3.44	2.53	-0.91	-3.88	-4.35	-0.47	400	-0.15
30	3030	-1.77	-1.38	0.38	5.49	6.34	0.85	-11.83	-11.79	0.04	6.28	6.75	0.47	-13.85	-12.99	0.86	-6.46	-6.49	-0.03	400	0.43

Nummering punt 1 t/m 6



Bijlage 1.4 Resultaten trekproeven Grevelingendam

Verplaatsing
< 1 mm
1.0 - 5.0 mm
5.0 - 10.0 mm
> 10.0 mm

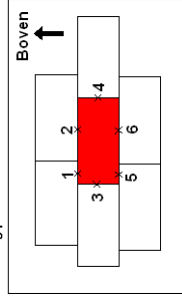
Meting nummer	GFS nummer	Punt 1	Punt 2	Punt 3	Punt 4	Punt 5	Punt 6	Behaalde kracht	Gemiddelde verplaatsing										
01	4001	14.11	15.98	1.87	6.03	3.40	0.54	-3.40	-3.60	-0.20	2.79	2.99	5.38	0.88	-9.40	0.43	400	0.62	
02	4002	1.60	1.85	0.05	6.78	6.81	0.13	-8.85	-8.16	0.69	6.49	6.38	-0.11	-8.12	-7.89	0.43	400	0.27	
03	4003	6.96	6.96	0.00	-4.22	-4.82	-0.60	3.28	3.98	0.70	-1.90	-2.33	-0.43	3.42	3.98	0.56	400	0.09	
04	4004	-1.67	-1.59	0.08	5.92	6.90	0.98	-22.13	-21.01	1.12	9.39	10.85	1.46	-8.04	-5.93	2.11	400	0.90	
05	4005	4.33	5.46	1.13	12.11	13.09	0.98	-7.92	-6.83	1.09	6.10	6.64	-2.94	-3.61	-2.94	0.67	400	0.75	
06	4006	5.73	12.91	7.18	10.21	20.28	10.07	6.35	15.28	8.63	4.43	12.29	7.86	7.06	15.71	8.65	400	8.61	
07	4007	4.32	5.15	0.83	2.38	3.66	1.27	4.63	4.65	0.02	-10.63	-10.93	-0.30	-1.89	-1.47	0.42	400	0.47	
08	4008	14.84	17.62	2.78	16.54	18.54	2.00	3.34	4.75	1.41	-7.22	-4.83	2.59	2.35	5.28	2.93	400	2.64	
09	4009	4.16	14.84	10.68	5.00	16.92	11.92	4.43	16.34	11.91	4.12	15.52	11.40	-5.85	7.47	13.32	310	11.92	
10																			
11	4010	-3.23	-3.88	-0.65	-4.08	-3.65	0.43	-14.35	-13.04	1.31	-4.08	-4.14	-0.06	-6.31	-6.61	-0.30	400	0.02	
12	4011	3.38	5.04	1.65	13.76	14.18	0.42	-9.95	-8.18	1.77	-4.07	-3.13	0.94	-4.82	-3.55	1.27	400	1.24	
13	4012	7.73	8.92	0.89	4.84	4.98	0.12	-1.53	-1.67	-0.14	4.76	5.64	0.88	11.13	12.22	1.09	400	0.62	
14	4013	-11.22	-10.68	0.54	4.82	6.09	1.27	-6.37	-5.68	0.69	-6.10	-5.00	1.10	-4.84	-3.96	0.88	400	0.85	
15	4014	6.32	6.99	0.67	10.27	9.86	-0.41	-1.16	-1.46	-0.30	3.89	4.45	0.56	4.27	5.21	0.94	400	0.36	
16	4015	8.54	10.08	1.54	7.77	8.77	1.00	-4.11	-3.25	0.86	-2.13	-1.78	0.35	-3.12	-2.19	0.83	400	0.81	
17	4016	11.17	12.02	0.85	11.74	12.77	1.03	-7.98	-7.86	0.12	-2.92	-3.47	-0.55	-7.61	-6.56	1.06	400	0.31	
18	4017	5.80	7.74	1.94	-2.78	-1.30	1.48	-10.29	-9.80	0.49	-5.02	-4.82	0.20	9.15	8.36	-0.79	400	0.47	
19	4018	11.72	11.07	-0.65	-5.77	-4.38	1.39	2.05	2.72	0.67	-7.77	-7.40	0.37	3.45	3.95	0.50	400	0.34	
20	4019	15.63	15.56	-0.07	3.75	2.95	-0.80	3.23	3.67	0.44	-6.14	-5.54	0.60	-16.31	-16.54	-0.23	400	0.03	
21	4020	11.71	12.23	0.52	14.30	14.70	0.40	10.85	11.80	0.95	14.71	14.92	0.21	7.69	6.95	-0.74	400	0.34	
22	4021	2.29	2.87	0.56	3.26	3.16	-0.10	1.92	2.82	0.90	-3.40	-3.27	0.13	-7.85	-6.91	0.94	400	0.50	
23	4022	5.93	15.93	10.00	27.24	38.00	10.76	11.33	22.19	10.86	4.65	16.74	12.09	13.28	25.05	11.77	380	11.54	
24	4023	-10.55	-10.65	-0.10	-8.41	-8.51	-0.10	-7.36	-7.41	-0.05	-4.12	-4.12	0.00	-8.49	-5.63	0.86	400	0.31	
25	4024	2.79	3.64	0.85	18.19	17.82	-0.37	-11.92	-10.99	0.93	-13.19	-13.34	-0.15	10.06	9.89	-0.19	400	0.30	
26	4025	-3.73	3.46	7.19	-2.30	6.58	8.88	-7.71	-1.47	6.24	-5.01	3.62	8.63	4.36	5.95	10.33	400	8.28	
27	4026	-11.80	-12.24	-0.44	-4.85	-3.97	0.88	-6.54	-4.89	1.65	6.31	6.85	0.64	-3.97	-3.44	0.53	400	0.67	
28	4027	-7.29	-7.60	-0.31	-2.45	-2.24	0.21	11.62	11.80	0.18	-5.30	-5.16	0.14	12.21	11.58	-0.63	400	-0.05	
29	4028	8.24	8.40	0.16	4.37	4.91	0.54	4.00	5.55	1.55	1.01	2.33	1.32	-10.41	-8.95	1.46	400	0.74	
30	4029	-4.68	-4.52	0.16	6.22	6.28	0.06	-4.42	-3.97	0.45	-4.91	-5.01	-0.10	-12.44	-12.10	0.34	400	0.22	
31	4030	3.64	11.26	7.62	6.09	13.03	6.96	-7.27	3.38	10.66	-2.10	7.94	10.04	-2.43	7.22	9.65	400	8.89	

Permanente verplaatsing

09	4009	10.68	10.00	10.68	5.00	10.83	11.92	4.43	13.16	11.91	4.12	11.28	11.40	-5.85	2.42	13.32	-16.90	11.92
23	4022	8.43	10.00	10.00	27.24	28.90	10.76	11.33	14.48	10.86	4.65	8.98	12.08	13.28	15.88	11.77	10.56	11.54

09	4009	10.68	10.00	10.68	5.00	10.83	11.92	4.43	13.16	11.91	4.12	11.28	11.40	-5.85	2.42	13.32	-16.90	11.92
23	4022	8.43	10.00	10.00	27.24	28.90	10.76	11.33	14.48	10.86	4.65	8.98	12.08	13.28	15.88	11.77	10.56	11.54

Nummering punt 1 t/m 6



Punt 10 is overgeslagen in verband met het niet werken van het schroefdraad van het staganker.

Bijlage 1.5 Resultaten trekproeven Scherpenisse

Behaalde kracht	Gemiddelde verplaatsing	Verplaatsing
400	3.43	< 1 mm
380	10.94	1.0 - 5.0 mm
350	13.70	5.0 - 10.0 mm
200	26.96	> 10.0 mm
150	24.77	> 10.0 mm
150	29.42	> 10.0 mm
180	24.19	> 10.0 mm
200	20.19	> 10.0 mm
350	21.97	> 10.0 mm
150	28.02	> 10.0 mm
350	24.52	> 10.0 mm

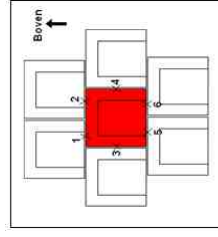
Meting nummer	Punt 1		Punt 2		Punt 3		Punt 4		Punt 5		Punt 6	
	voor proef (mm)	na proef (mm)	voor proef (mm)	na proef (mm)	voor proef (mm)	na proef (mm)	voor proef (mm)	na proef (mm)	voor proef (mm)	na proef (mm)	voor proef (mm)	na proef (mm)
01	-2.93	2.50	5.43	-4.46	1.27	7.45	3.21	6.49	8.75	5.17	3.50	5.43
02	2.85	14.05	11.10	1.50	12.98	11.48	1.69	18.46	10.59	6.73	7.66	17.79
03	1.87	10.16	8.29	1.27	8.08	6.79	2.93	12.05	9.42	-2.94	-3.25	18.19
04	5.31	32.10	26.79	4.19	33.54	29.35	5.95	27.65	30.12	3.35	32.28	24.28
05	4.73	33.90	28.77	4.63	33.50	28.97	-1.96	29.48	22.21	2.27	3.99	22.82
06	2.77	20.74	17.97	4.45	13.96	9.51	7.49	38.00	30.51	-5.71	-3.42	40.00
07	-2.02	27.44	29.46	1.73	28.14	26.41	2.30	17.99	16.84	-2.11	7.01	33.50
08	6.22	26.10	19.88	6.86	25.80	18.84	8.63	27.69	17.89	5.42	7.88	33.34
09	4.60	27.29	22.86	-1.03	26.60	23.63	2.55	26.12	23.57	-3.99	-1.93	15.74
10	8.32	26.18	17.86	4.91	25.08	18.17	5.59	33.21	27.82	-3.48	-1.72	37.00
11	-5.21	20.19	25.40	-10.36	14.44	24.80	-7.85	21.62	12.26	17.41	4.23	30.17
												25.94
												-2.48
												21.59
												24.07

Permanente verplaatsing

Behaalde kracht	Gemiddelde verplaatsing	Verplaatsing
n.v.t.	n.v.t.	< 1 mm
n.v.t.	5.10	1.0 - 5.0 mm
n.v.t.	0.13	5.0 - 10.0 mm
n.v.t.	8.04	> 10.0 mm
n.v.t.	2.28	> 10.0 mm
n.v.t.	8.15	> 10.0 mm
n.v.t.	3.72	> 10.0 mm
n.v.t.	0.13	> 10.0 mm
n.v.t.	2.32	> 10.0 mm
n.v.t.	1.95	> 10.0 mm
n.v.t.	6.08	> 10.0 mm

Meting nummer	Punt 1		Punt 2		Punt 3		Punt 4		Punt 5		Punt 6	
	voor proef (mm)	na proef (mm)	voor proef (mm)	na proef (mm)	voor proef (mm)	na proef (mm)	voor proef (mm)	na proef (mm)	voor proef (mm)	na proef (mm)	voor proef (mm)	na proef (mm)
01	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
02	2.95	5.95	3.00	1.50	5.38	3.88	1.69	6.18	4.48	7.87	6.88	13.27
03	1.87	2.46	0.98	1.27	2.19	0.82	2.93	2.18	-0.75	2.63	-0.11	-2.99
04	5.31	5.89	0.38	4.19	9.19	5.00	5.85	5.57	7.81	3.36	-3.61	17.42
05	4.73	4.70	-0.03	4.63	4.95	0.42	-1.96	-2.25	4.37	2.13	4.90	10.53
06	2.77	5.11	2.34	4.45	6.47	2.02	7.49	15.88	6.39	5.58	-3.42	12.42
07	-2.02	1.29	3.27	1.73	2.89	1.16	2.30	7.58	5.28	-2.11	7.01	10.10
08	6.22	6.02	-0.20	6.86	6.87	0.01	8.63	8.74	4.31	0.41	5.42	8.04
09	4.60	8.43	3.83	-1.03	3.91	4.94	2.55	4.73	-1.90	2.09	-4.50	-1.40
10	8.32	7.81	-0.51	4.91	4.71	-0.20	5.59	7.49	1.98	0.87	2.14	2.75
11	-5.21	5.14	10.35	-10.36	-5.79	4.57	-7.85	-1.74	6.11	2.85	4.21	5.91
												-2.48
												8.39

Nummering punt 1 t/m 6

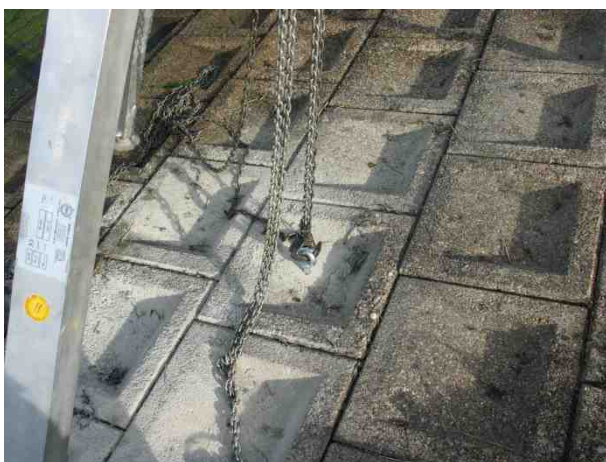


Punten 1 t/m 10 op de 3e rij van boven
 Punt 11 op de 3e rij van onder
 (Totaal 10 rijen)

Bijlage 2

Algemene foto's trekproeven

Bijlage 2.1 Algemene foto's trekproeven Oesterdam





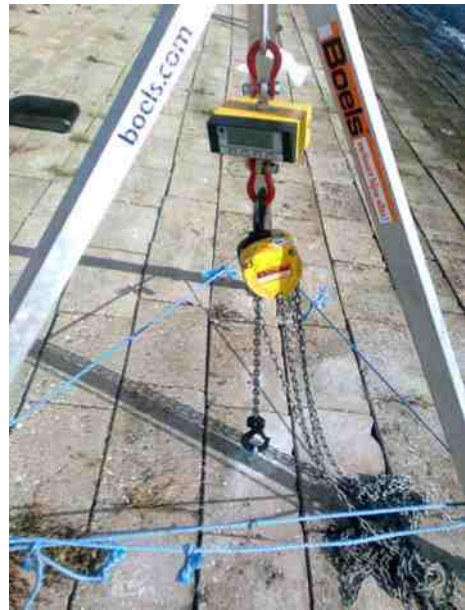
Bijlage 2.2 Algemene foto's trekproeven Poortvliet



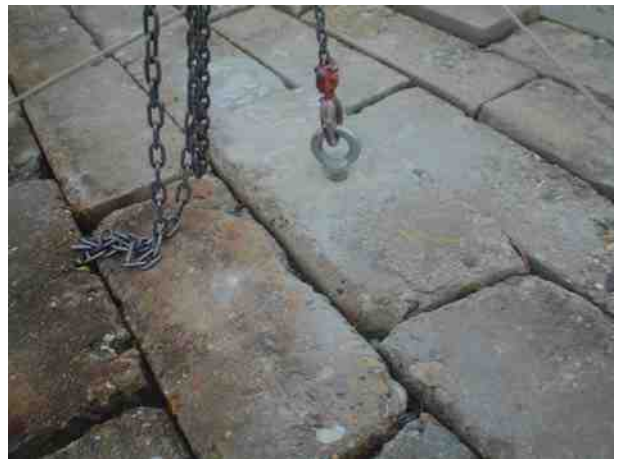


Bijlage 2.3 Algemene foto's trekproeven Hansweert





Bijlage 2.4 Algemene foto's trekproeven Grevelingendam







Bijlage 2.5 Algemene foto's trekproeven Scherpenisse





Bijlage 3

Foto's per steen

Bijlage 3.1 Foto's per steen Grevelingendam







26



27



28



29



30



31



Bijlage 3.2 Foto's per steen Scherpenisse





Bijlage 4 Locaties en bereikbaarheid

Locatie Oesterdam: Oesterdam in Rilland



Locatie Poortvliet: Van der Slikkeweg Poortvliet



Locatie Hansweert: Voorhaven (vanaf Werfdijk) in Hansweert



Locatie Scherpenisse: Gorishoeksedijk in Scherpenisse



Locatie Grevelingendam: Parallelweg in Bruinisse



B Valgewichtdeflectiemetingen (VGD)

Valgewichtdeflectiemeting op dijken

Methode voor de bepaling van de
klemming van steenzettingen

Auteur	ir. M.M. Willemsen
Verificatie	ir. H.J.N.A. Bolk
Autorisatie	ir. G. Akker
Kenmerk	6520622
Datum	30 november 2010
Versie	2.0
Status	Definitief



Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Eerste meetronde	4
2.1	Beschrijving meetmethode	4
2.1.1	<i>Inleiding</i>	4
2.1.2	<i>Apparatuur</i>	5
2.1.3	<i>Meetseries</i>	6
2.2	Analyse van de resultaten	8
2.2.1	<i>Dijkvak 1: koperslakblokken</i>	8
2.2.2	<i>Dijkvak 2: Haringmanblokken</i>	9
2.2.3	<i>Lastoverdracht</i>	10
2.2.4	<i>Repeteertest</i>	10
2.3	Bepaling meet- en classificatiemethode	11
2.3.1	<i>Meetmethode</i>	11
2.3.2	<i>Classificatie methode</i>	12
3	Tweede meetronde	13
3.1	Beschrijving meetmethode	13
3.1.1	<i>Inleiding</i>	13
3.2	Analyse van de resultaten	15
4	Conclusies en aanbevelingen	18
4.1	Conclusies	18
4.2	Aanbevelingen	18

Bijlage 1	: GPS locaties
Bijlage 2	: Resultaten koperslakblokken
Bijlage 3	: Resultaten Haringmanblokken
Bijlage 4	: Vergelijk lastoverdracht
Bijlage 5	: Vergelijk lastherhaling
Bijlage 6	: Voorbeelden verloop deflecties en spanning in 60 ms
Bijlage 7	: Resultaten tweede meetronde

1 Inleiding

De trekproef is momenteel de enige methode om de klemming van steenzettingen op dijken te bepalen maar deze proeven zijn tijdrovend. Daarom is Deltares op zoek naar een snellere methode om de kwaliteit van de klemming vast te stellen. In opdracht van Deltares heeft Breijn een onderzoek uitgevoerd waarbij trekproeven en valgewichtdeflectiemetingen zijn verricht op steenzettingen op diverse dijkvakken in Zeeland. Doel van het onderzoek is het vinden van een meet- en classificatiemethode waarbij valgewichtdeflectiemetingen de kwaliteit van de klemming van de steenzetting in de categorieën 'goed' en 'slecht' kunnen bepalen.

Het onderzoek bestaat uit drie onderdelen: een serie trekproeven, een eerste meetronde met de valgewichtdeflectiemeter om de meest onderscheidende meetmethode te bepalen en een tweede meetronde met de valgewichtdeflectiemeter waarbij met deze meest onderscheidende meetmethode diverse dijkvakken worden ingemeten.

In deze rapportage worden de resultaten van de metingen met de valgewichtdeflectiemeter gerapporteerd. In hoofdstuk 2 wordt de eerste meetronde beschreven (§2.1) en worden de resultaten van deze meetronde geanalyseerd (§2.2). Aan de hand van deze data wordt de keuze voor de meest onderscheidende meet- en classificatiemethode gemaakt (§2.3). In hoofdstuk 3 wordt de tweede meetronde beschreven (§3.1) en worden de resultaten van deze meetronde geanalyseerd (§3.2). Tenslotte zijn in hoofdstuk 4 conclusies en aanbevelingen opgenomen.

De resultaten van de trekproeven zijn opgenomen in een separate rapportage met het kenmerk 6510622-RAP-Resultaten trekproeven-D1.0 d.d. 3 november 2010.

2 Eerste meetronde

2.1 Beschrijving meetmethode

2.1.1 Inleiding

In de eerste meetronde zijn op twee dijkvakken valgewichtdeflectiemetingen verricht. Op het dijkvak Oesterdam zijn koperslakblokken beproefd. Op basis van de uitgevoerde trekproeven (zie de separate rapportage met het kenmerk 6510622-RAP-Resultaten trekproeven-D1.0 d.d. 3 november 2010) is aangenomen dat de klemming hiervan goed is. Op het tweede dijkvak bij Scherpenisse zijn Haringmanblokken beproefd. Hiervan is gebleken middels trekproeven dat de klemming van deze steenzetting als slecht is te beschouwen. In figuur 2-1 is de ligging van de twee dijkvakken in kaart gebracht. De positie van de beproefde blokken zijn in GPS coördinaten opgeslagen en opgenomen in Bijlage 1.



Figuur 2-1: Ligging dijkvakken

Per dijkvak zijn vier series valgewichtdeflectiemetingen verricht. Alvorens op de resultaten van deze series wordt ingegaan, worden de vier series eerst beschreven.

2.1.2 Apparatuur

De valgewichtmetingen zijn uitgevoerd met het valgewicht van Breijn, een PRI 2100 van de fabrikant Grontmij-Carlbro (zie foto 2-1).

Foto 2-1: PRI 2100 valgewicht



Om het valgewicht op dijken te kunnen inzetten, zijn er een aantal aanpassingen gedaan. Zo zijn de geofoonafstanden aangepast (zie § 2.1.3) maar is ook een andere voetplaat gemonteerd met een diameter van 150 mm. Deze kleinere voetplaat was nodig om te voorkomen dat de voetplaat met meerdere stenen tegelijk contact maakt. Voor de metingen op de dijk zijn de buffers onveranderd gebleven (8 stuks met een hardheid van 55 shore). Het vallend gewicht bestaat uit een slede van 108 kg en kan uitgebreid worden met extra gewichten (per twee of een veelvoud hiervan) welke 20 kg per stuk wegen. Het totale gewicht dat statisch op de ondergrond rust, bedraagt 330 kg.

Voor het meten op de Haringmanblokken zijn wigvormige nylon blokken vervaardigd om de hoekverdraaiing van de voetplaat te beperken. Deze nylon 6 blokken kunnen een druksterkte aan van 260 kg/cm².

2.1.3 Meetseries

Er zijn vier verschillende meetseries uitgevoerd waarbij gevarieerd is in valhoogte, gewicht en het aantal klappen. In tabel 2-1 zijn deze vier series weergegeven.

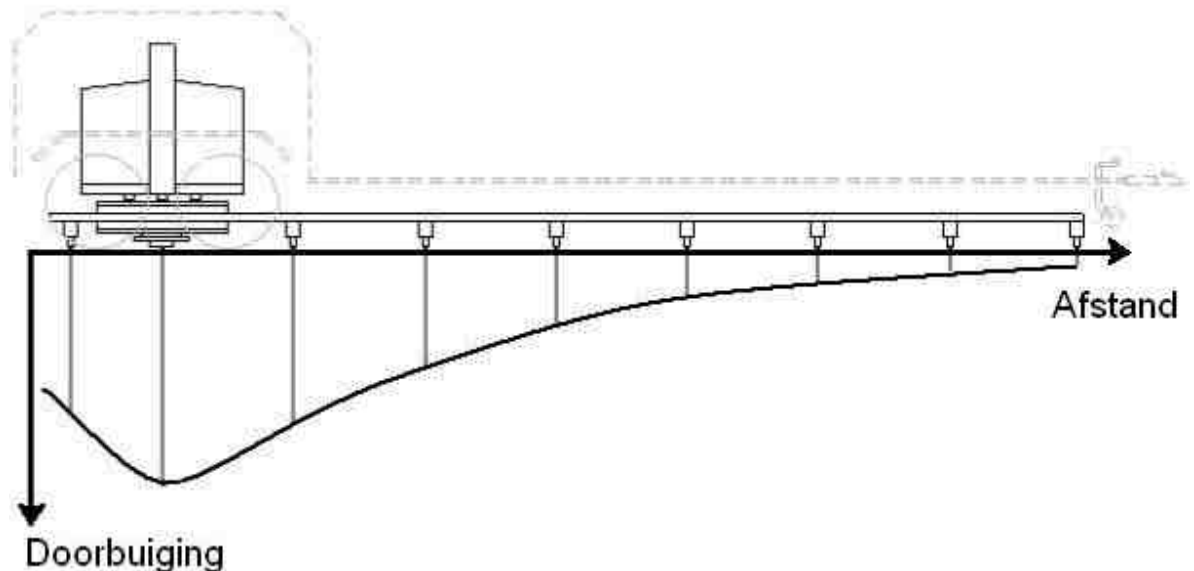
Tabel 2-1: Overzicht meetseries

Serie	Aantal klappen	Valhoogte [mm]	Aantal extra gewichten *
A	4	40	6
B	4	40	0
C	12	40	0
D **	D1	4	0
	D2	3	0
	D3	3	0

* De gewichten hebben een massa van 20 kg per stuk.

** Serie D bestaat uit drie subgroepen met steeds een grotere belasting. De 10 klappen vinden allen plaats op dezelfde steen.

De gefoons, de verplaatsingsopnemers, zijn anders gepositioneerd ten opzichte van de standaard meetconfiguratie voor wegen om zo ook de verplaatsing van de steen direct achter en direct voor de belaste steen te registreren. Dit is schematisch weergegeven in figuur 2-2. Hierin is ook schematisch een deflectiecurve weergegeven waarop de afname van de deflectie te zien is naar mate de gefoon verder weg van het lastcentrum staat. De afstanden tussen de gefoons verschillen per steensoort omdat gepoogd is de gefoons zodanig te positioneren dat er geen gefoons op de voegen tussen twee stenen terecht komen.



Figuur 2-2: Schematische weergave valgewichtdeflectiemeter met deflectiecurve

De belastingen van de vier meetseries zijn kleiner (15-30 kN) dan de belastingen die op wegen gebruikelijk zijn (50 kN en hoger). Reden hiervoor is dat we zo licht mogelijk wilden belasten om te voorkomen dat er schade aan de steenzetting wordt aangericht. Bij de lichtst mogelijke configuratie die met het valgewicht van Breijn mogelijk is (series B, C en D1), werden deflecties gevonden die voldoende groot waren om voldoende onderscheidend vermogen te hebben in de deflecties van

verschillende geofoons. Om het onderlinge vergelijk tussen de verschillende meetseries mogelijk te maken, zijn de deflecties genormeerd naar dezelfde belasting.

De contactspanningen waren echter wel hoger (800-1800 kPa) dan de contactspanningen die op wegen gebruikelijk zijn (700 kPa). Dit komt omdat de belasting verdeeld wordt over een kleiner oppervlak. Zoals namelijk eerder aangegeven, is voor de metingen op de steenzettingen een kleinere voetplaat vervaardigd met een diameter van 150 mm welke klein genoeg is dat deze slechts met één steen contact maakt. De standaard voetplaat met een diameter van 300 mm is hiervoor niet geschikt.

2.2 Analyse van de resultaten

2.2.1 Dijkvak 1: koperslakblokken

De metingen op de koperslakblokken zijn uitgevoerd op 9 september 2010 en 5 oktober 2010, de series A, B en C op de eerste dag en serie D op de tweede dag. Foto's 2-2 en 2-3 geven een globaal beeld van de locatie en de koperslakblokken.

Foto 2-2: Locatie Oesterdam



Foto 2-3: Koperslakblokken



Bij de eerste meetdag op de koperslakblokken kwam naar voren dat vanwege de onvlakheid van de steenzetting niet alle geofoons goed contact maakten met de koperslakblokken. Het is meermaals voorgekomen dat hierom een meting is afgebroken en op de aangrenzende steen herhaald is. Dit kwam ongeveer even vaak voor op meetserie A als op meetserie B (bij serie C zijn alleen de centrumdeflecties beschouwd en serie D vond op een andere dag plaats met aangepaste gefoonpunten). In hoeverre de 'mislukte' meting de resultaten van de meting op de aangrenzende steen beïnvloed hebben, is op dit moment niet te zeggen omdat het aandeel van de afwijkingen in deflecties dat wordt veroorzaakt door de 'mislukte' meting ten opzichte van alle andere parameters die de deflectie bepalen (zoals ondergrond en randverschijnselen) niet is vast te stellen, de inhomogeniteit van de steenzetting is hiervoor te groot.

Na afloop van de eerste dag is gebleken dat de punten van de geofoons beter iets langer konden zijn om ervoor te zorgen dat ze altijd goed contact maken met de stenen. Daarom zijn vóór de metingen van 5 oktober langere gefoonpunten gemaakt en gemonteerd. Alle resultaten van deze series zijn opgenomen in Bijlage 1. In tabel 2-2 worden enkele statistische kengetallen weergegeven. Hierbij zijn de deflecties van serie B, C en D1 genormeerd naar 15 kN zodat een onderling vergelijk mogelijk is. Serie A en D2 zijn naar 25 kN genormeerd voor onderling vergelijk. D3 is naar 30 kN genormeerd.

Tabel 2-2: Statistische kengetallen serie A t/m D op koperslabblokken

	Serie A*	Serie B*	Serie C*	Serie D 1/3*	Serie D 2/3**	Serie D 3/3**
Gemiddelde centrumdeflectie [μm]	858	453	452	561	1111	1408
Standaardafwijking [μm]	119	73	84	101	203	252
Maximum [μm]	1086	561	622	770	1543	1865
Minimum [μm]	642	281	339	439	821	944
85% percentiel [μm]	1005	532	525	659	1304	1651
Variatiecoëfficiënt	14%	16%	19%	18%	18%	18%

* Statistische kengetallen van klap 4.

** Statistische kengetallen van klap 3.

2.2.2 Dijkvak 2: Haringmanblokken

De metingen op de Haringmanblokken zijn uitgevoerd op 5 oktober 2010. Foto's 2-4 en 2-5 geven een globaal beeld van de locatie en de koperslabblokken.

Foto 2-4: Locatie Scherpenisse



Foto 2-5: Haringmanblokken



Alle resultaten van deze series zijn opgenomen in Bijlage 3. In tabel 2-3 worden enkele statistische kengetallen weergegeven. Hierbij zijn de deflecties van serie B, C en D1 genormeerd naar 15 kN zodat een onderling vergelijk mogelijk is. Serie A en D2 zijn naar 25 kN genormeerd voor onderling vergelijk. D3 is naar 30 kN genormeerd.

Tabel 2-3: Statistische kengetallen serie A t/m D op Haringmanblokken

	Serie A*	Serie B*	Serie C*	Serie D 1*	Serie D 2**	Serie D 3**
Gemiddelde centrumdeflectie [μm]	999	835	719	782	1421	1753
Standaardafwijking [μm]	220	136	227	219	287	331
Maximum [μm]	1300	1041	1211	1105	1816	2220
Minimum [μm]	657	551	410	437	952	1184
85% percentiel [μm]	1238	951	891	1040	1711	2065
Variatiecoëfficiënt	22%	16%	32%	28%	20%	19%

* Statistische kengetallen van klap 4.

** Statistische kengetallen van klap 3.

2.2.3 Lastoverdracht

Naast de in hoofdstuk 2 weergegeven statistische kengetallen zijn ook een aantal andere kenmerken nader bekeken. Zo is bijvoorbeeld bij series A, B en D gekeken naar de verschillen in deflecties tussen de belaste steen en de stenen ervoor en erachter. Dit verschil is procentueel uitgedrukt ten opzichte van de deflectie van de belaste steen en geeft de mate van samenhang (klemming) weer. Is de deflectie op de naastgelegen steen hoog, net als de belaste steen, dan volgt een hoog percentage, omdat de naastgelegen steen ook een deel van de belasting draagt: een teken van een goede samenhang. Als de naastgelegen steen een lage deflectie heeft, dan is er weinig lastoverdracht tussen de belaste en de naastgelegen steen: een teken van een slechte samenhang. In het vervolg van dit rapport wordt dit aangeduid als lastoverdracht.

Om te bepalen of er een goede samenhang is, is de lastoverdracht naar de achtergelegen steen opgeteld bij de lastoverdracht naar de voorgelegen steen. Deze sommatie kan een indicatie zijn van de klemming van de steenzetting. Hoe hoger de som, des te beter de klemming. Vanaf welke waarde er sprake is van een slechte klemming is in dit stadium nog erg lastig te zeggen.

De lastoverdracht is nooit 100% omdat de deflectie altijd afloopt naar mate de afstand met het lastcentrum groter wordt, ook in een homogeen materiaal (dus zonder voegen). De lastoverdracht is ook nooit 0% omdat er altijd een deel van de impuls via de onderliggende constructie wordt doorgegeven, dus ook als de stenen volledig los liggen van elkaar zal er toch altijd een deflectie gemeten worden. De verwachting is dat de lastoverdracht tussen twee stenen ergens tussen de 15% en 85% ligt.

In Bijlage 4 zijn grafieken opgenomen van de lastoverdracht met de achter- en voorgelegen steen en de sommatie van beide. Wat hierin opvalt is dat de sommatie van de lastoverdracht van de Haringmanblokken alleen bij serie B 'slechter' is dan die van de koperslakblokken. Bij serie A (zwaardere belasting) is dit slechts gedeeltelijk het geval. Bij serie D is te zien dat de lastoverdracht met elke zwaardere subgroep afneemt. Dit kan veroorzaakt worden door de toenemende klapgrootte maar ook door het feit dat dezelfde steen vaker en zwaarder belast wordt. Hierdoor kan de verbinding tussen de twee stenen, die naast direct steen op steen contact ook uit "verkitting" van het voegmateriaal (zand, begroeiing) bestaat, verloren gaan. De interactie van de stenen is bij een zwaardere klap dan kleiner dan bij een lichtere klap. Dit zou verklaard kunnen worden doordat je bij een zware klap op een gegeven moment de wrijvingsweerstand met de naastgelegen stenen overwint waardoor de deflecties groter worden en de lastoverdracht kleiner.

2.2.4 Repeteertest

Serie C is een test waarbij 12 klappen gegeven worden en vervolgens gekeken wordt of de deflectie op de centrumgeefoon na een paar klappen stabiliseert rond een bepaalde waarde. In theorie zou alleen de eerste klap significant mogen afwijken, alle overige 11 klappen zouden nagenoeg dezelfde deflectie moeten opleveren. Indien er sprake is van een significant afnemende deflectie met elke klap, is er sprake van een verdichtingseffect. In de praktijk blijkt dat er op de Haringmanblokken een sterker dalende trend in de laatste 11 klappen zichtbaar is ten opzichte van de koperslakblokken. Ook is er veel meer spreiding op de Haringmanblokken dan op de koperslakblokken. Om een classificatie te maken is de som berekend van de verschillen tussen klap 1 en 12. Om ook de absolute grootte van de deflectie erbij te betrekken is ook de som van alle 12 klappen bepaald. Vervolgens is het verschil tussen klap 1 en 12 vermenigvuldigd met de som van alle klappen. Dit is geen fysieke grootheid maar hoe lager dit product, hoe groter de kans dat het een goede klemming betreft. Om de invloed van de eerste klap, die altijd significant afwijkt van de andere klappen, buiten beschouwing te laten zijn beide sommaties ook verricht zonder klap 1. De uitwerking van serie C is opgenomen in Bijlage 5.

2.3 Bepaling meet- en classificatiemethode

2.3.1 Meetmethode

Omdat serie B en serie D1 en de eerste 4 klappen van serie C in principe gelijk zijn, staan in tabel 2-4 de kengetallen vermeld waarbij alle meetwaarden van deze series zijn samengevoegd.

Tabel 2-4: Statistische kengetallen serie B, C en D1 samengevoegd

	Koperslakblokken			Haringmanblokken		
	D(1)	D(1)-D(2)	D(1)-D(3)	D(1)	D(1)-D(2)	D(1)-D(3)
Gemiddelde deflectie [μm]	481	241	274	795	577	605
Standaardafwijking [μm]	95	109	96	199	218	217
Maximum [μm]	770	593	566	1211	1021	1059
Minimum [μm]	281	57	115	410	206	206
90% percentiel [μm]	601	360	401	1059	849	896
Variatiecoëfficiënt	20%	45%	35%	25%	38%	36%

Na het analyseren van de data van de eerste meetronde kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Serie A levert, als gekeken wordt naar de lastoverdracht, geen eenduidig beeld dat het vak met de koperslakblokken beter is dan het vak met de Haringmanblokken. Mogelijk is de klapgrootte te hoog. Hierdoor valt methode A af als indicator voor de klemming van de steenzetting.
- Serie B laat als enige serie zien dat de Haringmanblokken slechter ingeklemd zijn dan de koperslakblokken. Het lijkt erop dat de lage klapgrootte hierbij een rol speelt. Methode B wordt het meest geschikt geacht als indicator voor de klemming van de steenzetting.
- Serie C levert geen goed onderscheid tussen de diverse bekledingen en zegt bovendien niets over de lastoverdracht tussen naast elkaar liggende stenen. Daarnaast duurt deze serie langer en is de kans op meetfouten groter. Methode C wordt niet geschikt geacht als indicator voor de klemming van de steenzetting.
- Ook serie D levert, als gekeken wordt naar de lastoverdracht, geen eenduidig beeld dat het vak met de koperslakblokken beter is dan het vak met de Haringmanblokken. Mogelijk is de klapgrootte te hoog, echter ook bij de laagste klapgrootte zijn de metingen niet eenduidig. Hierdoor valt methode D af als indicator voor de klemming van de steenzetting.

Op basis van de bevindingen uit de eerste meetronde is in overleg met Deltares besloten om de tweede meetronde uit te voeren met dezelfde meetmethode als serie B. Deze is nogmaals weergegeven in tabel 2-5.

Tabel 2-5: Gekozen meetmethode

Serie	Aantal klappen	Valhoogte [mm]	Aantal extra gewichten
B	4	40	0

2.3.2 Classificatie methode

Om later de resultaten van de tweede meetronde goed met elkaar te kunnen vergelijken en de kwaliteit van de klemming van een bepaalde steenzetting vast te kunnen stellen, moet een genormeerde classificatie opgezet worden waarbij naast de deflectie de volgende parameters verdisconteerd worden.

- Oppervlak van de steen: als het belaste blok gemakkelijk in de ondergrond kan worden gedrukt, dan zullen de verplaatsingen groot zijn. Hoe groter het oppervlak van de steen, hoe kleiner de spanning op de ondergrond, dus hoe kleiner de deflectie. Vooralsnog wordt aangenomen dat de deflectie omgekeerd evenredig is aan het grondoppervlak van de steen;
- Massa: hoe groter de totale massa, hoe kleiner de deflectie. Aangenomen is dat de deflectie ook omgekeerd evenredig is aan de massa van de steen + valgewicht;
- Ondergrondstijfheid: als de ondergrond slap is, dan kan het belaste blok gemakkelijk in de ondergrond worden gedrukt: de verplaatsingen zullen groot zijn. Aangenomen is dat de deflectie ook omgekeerd evenredig is aan de ondergrondstijfheid. Hoe groter de stijfheid, hoe kleiner de deflectie.

Door het verdisconteren van het oppervlak, de massa en de ondergrondreactie wordt het mogelijk om alle soorten steenzettingen met elkaar te vergelijken. Hiervoor is formule 2-1 opgesteld:

$$V = (D_1 - 0,5 \cdot D_2 - 0,5 \cdot D_3) \cdot A \cdot m \cdot S \quad (2-1)$$

Waarbij:

V = resultaat VGD metingen

D_1 = deflectie van de centrumgeefoon (m);

A = Oppervlak steen (m²);

D_2 = deflectie van de geefoon voor de centrumgeefoon (m);

m = massa steen+VGD (kg);

D_3 = deflectie van de geefoon achter de centrumgeefoon (m);

S = Stijfheid ondergrond (N/m²).

Een hoge V-score betekent dat de klemming niet goed is.

3 Tweede meetronde

3.1 Beschrijving meetmethode

3.1.1 Inleiding

In de tweede meetronde zijn op vijf dijkvakken valgewichtdeflectiemetingen verricht. Op het dijkvak Oesterdam zijn koperslakblokken en Haringmanblokken beproefd. Op het derde dijkvak bij Poortvliet zijn Hydroblocks beproefd. Bij het vierde dijkvak bij Scherpenisse zijn Haringmanblokken beproefd. Bij het vijfde dijkvak op de Grevelingendam zijn gekantelde blokken beproefd. In figuur 3-1 is de ligging van de vijf dijkvakken in kaart gebracht. Foto's 3-1 t/m 3-5 geven een beeld van de meetlocatie. De positie van de beproefde blokken zijn in GPS coördinaten opgeslagen en opgenomen in Bijlage 1.



Figuur 3-1: Ligging dijkvakken

Foto 3-1: Vak 1 Oesterdam



Foto 3-2: Vak 2 Oesterdam



Foto 3-3: Vak 3 Poortvliet



Foto 3-4: Vak 4 Scherpenisse

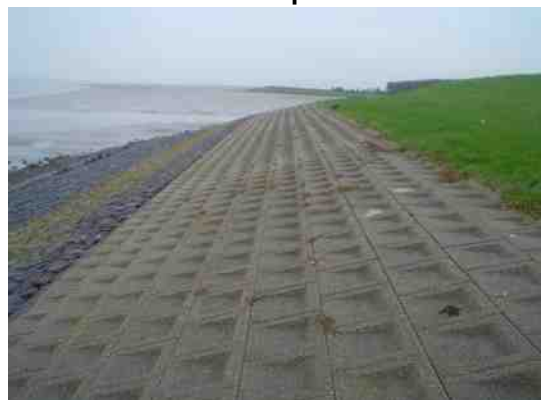


Foto 3-5: Vak 5 Grevelingendam



3.2 Analyse van de resultaten

In eerste instantie is geprobeerd om met de verrichte valgewichtdeflectiemetingen de stijfheid S te bepalen, maar het is gebleken dat voor de gefoons die het verst weg staan van de centrumgefoon niet de maximale deflectie is geregistreerd. Bij de metingen worden de deflectie en de spanning gedurende een periode van 60 ms geregistreerd. Bij wegverhardingen is deze periode lang genoeg om de maxima van alle gefoons te registreren. Op dijkconstructies blijkt 60 ms onvoldoende te zijn om alle maxima te registreren. Na overleg met de fabrikant is hiervoor de volgende verklaring te geven.

De 60 ms time window wordt getriggerd ($t=0s$) op het moment dat het vallend gewicht (de slede) voorbij een sensor beweegt. In een normale wegbouwkundige setup (meer gewicht op de slede en een grotere valhoogte) wordt de afstand tussen de sensor en de buffers afgelegd in ong. 15 ms. De valsnelheid is hierbij relatief hoog. In het geval van de metingen op de dijkconstructies is niet alleen het gewicht van de slede en de valhoogte lager (en dus ook de snelheid waarmee de slede langs de sensor valt) maar door de helling is de component van de zwaartekracht langs de as van het vallende gewicht kleiner (dus een zwakkere versnelling) en ondervind het vallende gewicht meer wrijving van de geleiderails waarlangs de slede beweegt. Al deze factoren samen maken dat op dijkconstructies ong. 30 ms voorbijgaan tussen het moment dat de slede de sensor passeert en het moment dat de slede contact maakt met de buffers. In Bijlage 6 zijn drie grafieken opgenomen van het verloop van de deflecties en de spanning gedurende 60 ms. De eerste grafiek toont een wegverharding en de tweede en derde grafiek tonen een willekeurige meting op de koperslabblokken op de Oesterdam en de Haringmanblokken bij Scherpenisse. In Bijlage 6 zijn ook twee grafieken opgenomen van de deflectiekromme van dezelfde willekeurige meting op de Koperslabblokken op de Oesterdam en de Haringmanblokken bij Scherpenisse.

Het valgewicht (PRI2100) kan een langere tijd registreren (120 ms) maar aangezien het probleem pas is ontdekt na uitvoering van de tweede meetronde, kon hier niet meer op ingespeeld worden. Door het ontbreken van betrouwbare deflecties van de verst weggelegen gefoons is het niet mogelijk om een goede terugrekening te maken van de ondergrondstijfheid, de parameter S uit formule 2-1.

Voor alle meetpunten van de vijf meetvakken is de V-score bepaald na weglating van eventuele foutieve meetpunten (meetpunten waarbij de deflectie van de steen voor of na de belaste steen groter is dan de centrumdeflectie). De resultaten van de metingen zijn opgenomen in Bijlage 7. In het bepalen van de V-score is de stijfheid van de ondergrond dus niet meegenomen.

In tabel 3-1 zijn dezelfde statistische kengetallen weergegeven als in tabel 2-2 en 2-3. Hierdoor kan een direct vergelijk gemaakt worden tussen de resultaten uit de eerste en de tweede meetronde voor de koperslabblokken en de Haringmanblokken bij Scherpenisse.

Tabel 3-1: Statistische kengetallen eerste en tweede meetronde

	Eerste meetronde		Tweede meetronde	
	Koperslak-blokken	Haringman-blokken	Koperslak-blokken	Haringman-blokken
Gemiddelde centrumdeflectie [μm]	453	835	625	870
Standaardafwijking [μm]	73	136	154	201
Maximum [μm]	561	1041	1098	1348
Minimum [μm]	281	551	342	505
85% percentiel [μm]	532	951	768	1063
Variatiecoëfficiënt	16%	16%	25%	23%

Na vergelijk blijkt dat de gemiddelde centrumdeflectie, de standaardafwijking, de 85% percentielwaarde en de variatiecoëfficiënt in de tweede meetronde hoger liggen dan in de eerste meetronde. De reden waarom dezelfde meetmethode bij de tweede meting (veel) hogere waarden oplevert dan bij de eerste meetronde, is lastig te verklaren. De metingen hebben niet op dezelfde stenen plaatsgevonden en ook de tijdstippen van meten ten opzichte van de waterstand waren niet gelijk. De waterstand zou voor de Koperslabblokken van invloed kunnen zijn, omdat deze bij vloed onder water staan. Voor de Haringmanblokken in Scherpenisse heeft de waterstand waarschijnlijk geen invloed op het verschil aangezien ze ruim boven de waterlijn liggen.

In tabel 3-2 worden de belangrijkste kengetallen genoemd die van belang zijn bij de berekening van de V-score. Hierbij is in de laatste regel het aantal meetwaardes genoemd dat boven de 0,05 ligt. Deze waarde van 0,05 is arbitrair gekozen maar zou gezien kunnen worden als een eerste indicatie voor de grenswaarde tussen een goede en een slechte klemming van de steenzetting.

Tabel 3-2: Statistische kengetallen V-score vakken 1 t/m 5

	Vak 1 Koperslak Oesterdam	Vak 2 Haringman Oesterdam	Vak 3 Hydroblock Poortvliet	Vak 4 Haringman Scherpenisse	Vak 5 Gekant. Blok Grevelingendam
A [m ²]	0,060	0,250	0,0625	0,250	0,100
m* [kg]	369	462	405	462	445
Aantal bruikbare meetpunten	50	45	49	47	46
Aantal afgekeurde meetpunten	0	5	2	2	3
Gemiddelde V-score [m ³ kg]	0,0084	0,0205	0,0312	0,0819	0,0181
Standaardafwijking [m ³ kg]	0,0034	0,0150	0,0138	0,0231	0,0056
Maximum [m ³ kg]	0,0179	0,0896	0,0659	0,1418	0,0286
Minimum [m ³ kg]	0,0032	0,0040	0,0084	0,0419	0,0064
Variatiecoëfficiënt	40%	73%	44%	28%	31%
Aantal waardes > 0,05	0	2	6	45	0

* *De massa van de valgewichtdeflectiemeter bedraagt 330 kg.*

Afgaand op de resultaten van de trekproeven zouden vak 1, 2 en 3 een goede klemming en vak 4 en 5 een slechte klemming moeten hebben. Alleen vak 5 lijkt niet overeen te komen met de resultaten van de trekproeven. Vak 1, 2 en 3 hebben een lage V-score wat goed overeenkomt met de resultaten van de trekproeven. Vak 4 heeft juist een hoge V-score wat ook goed overeenkomt met de resultaten van de trekproeven. Vak 5 heeft echter een lage V-score, dat zou duiden op een goede klemming, maar de trekproeven geven aan dat de steenzetting slecht geklemd is. Deze discrepantie is momenteel moeilijk te verklaren.

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Conclusies

Naar aanleiding van het onderzoek kunnen de volgende conclusies geformuleerd worden:

- Wanneer de V-scores en de resultaten van de trekproeven vergeleken worden, blijkt er een duidelijke correlatie te zijn voor de vakken 1, 2 en 4 (1 en 2 goed ingeklemd, 4 slecht ingeklemd). Vak 3 scoort bij beide meettechnieken een beetje ertussen in, niet goed maar ook niet slecht. Alleen vak 5 mist een goede correlatie. Uit de trekproeven blijkt dat de steenzetting slecht geklemd is, uit de V-score blijkt dat niet.
- Uit dit eerste onderzoek blijkt dat er binnen nader te bepalen randvoorwaarden waarschijnlijk een bruikbare relatie is tussen de trekproeven en de VGD-metingen. Aangezien de VGD-metingen sneller zijn uit te voeren dan de trekproeven, heeft deze meetmethode de voorkeur boven trekproeven. Aanvullend onderzoek is echter nog wel nodig en de trekproef zal daarbij nodig blijven om de VGD-metingen te verifiëren.

4.2 Aanbevelingen

Naar aanleiding van het onderzoek kunnen de volgende aanbevelingen geformuleerd worden:

- In deze opzet zijn de trekproeven uitgevoerd voordat de VGD-metingen zijn uitgevoerd. Het is ook mogelijk om eerst de VGD-metingen uit te voeren en op basis van de resultaten gericht trekproeven uit te voeren op slechte en goede punten om zo de VGD-metingen te verifiëren.
- Om de stijfheid van de ondergrond toch in de V-score te betrekken is het in de toekomst mogelijk om of de meetsensoren tot 120 ms te laten registreren waardoor de maximale waarden van alle geofoons geregistreerd worden of de inzet van een handvalgewicht te overwegen. Hiermee is het mogelijk de stijfheid van de ondergrond te bepalen die vervolgens in de V-score betrokken kan worden, zoals oorspronkelijk was voorzien.
- Aangezien het meten van de 5 dijkvakken in twee dagen heeft plaatsgevonden, is het aan te bevelen in de toekomst meer dijkvakken te meten zodat er meer data voorhanden is. Deze data is nodig om een betere inschatting te kunnen doen van de grenswaarde.
- Een reden waarom vak 5 mogelijk geen goede correlatie heeft, is op basis van de huidige meetresultaten niet goed te verklaren. Mogelijk dat aanvullende metingen kunnen bijdragen aan het vinden van de oorzaak van de slechte correlatie tussen de trekproeven en de VGD-metingen op de gekantelde blokken op de Grevelingendam.

Bijlage 1 : GPS locaties

Locaties serie A op Koperslakblokken

Nr.	X-coördinaat	Y-coördinaat	Z-coördinaat	Opmerkingen
1	74032.957	383878.637	0.135	A1:
2	74031.411	383876.244	0.414	A1:
3	74029.505	383873.528	0.613	A1:
4	74027.725	383870.822	0.346	A1:
5	74025.850	383867.964	0.421	A1:
6	74023.925	383865.171	0.34	A1:
7	74022.021	383862.402	0.232	A1:
8	74019.436	383859.030	1.13	A1:
9	74017.591	383856.242	1.217	A1:
10	74015.858	383853.614	1.035	A1:
11	74013.864	383850.726	1.308	A1:
12	74011.904	383847.959	1.267	A1:
13	74010.109	383845.233	1.242	A1:
14	74008.360	383842.595	1.072	A1:
15	74006.706	383839.933	0.892	A1:
16	74005.127	383837.220	0.91	A1:
17	74003.327	383834.557	1.004	A1:
18	74001.470	383831.775	0.797	A1:
19	73999.600	383829.018	0.759	A1:
20	73997.990	383826.477	0.61	A1:
21	73995.881	383823.535	0.76	A1:
22	73993.882	383820.718	1.1	A1:
23	73992.034	383818.036	1.182	A1:
24	73990.136	383815.255	1.182	A1:
25	73988.293	383812.613	1.164	A1:

Locaties serie B op Koperslakblokken

Nr.	X-coördinaat	Y-coördinaat	Z-coördinaat	Opmerkingen
101	74032.412	383877.408	1.516	B1:
102	74030.470	383874.708	1.333	B1:
103	74028.657	383871.967	1.289	B1:
104	74026.787	383869.135	1.364	B1:
105	74024.939	383866.473	1.365	B1:
106	74023.062	383863.691	1.327	B1:
107	74021.166	383860.896	1.297	B1:
108	74019.146	383857.888	1.233	B1:
109	74017.472	383855.335	1.234	B1:
110	74015.587	383852.594	1.194	B1:
111	74013.726	383849.911	1.194	B1:
112	74011.461	383846.553	1.168	B1:
113	74009.777	383844.111	1.112	B1:
114	74007.858	383841.370	1.124	B1:
115	74006.096	383838.460	1.202	B1:
116	74004.279	383835.715	1.242	B1:
117	74002.373	383832.933	1.16	B1:
118	74000.489	383830.136	1.152	B1:
119	73998.282	383826.957	1.252	B1:
120	73996.621	383824.445	1.324	B1:
121	73994.525	383821.412	1.335	B1:
122	73993.023	383819.197	1.308	B1:
123	73991.138	383816.472	1.344	B1:
124	73989.160	383813.511	1.348	B1:

Locaties serie C op Koperslakblokken

Nr.	X-coördinaat	Y-coördinaat	Z-coördinaat	Opmerkingen
201	74031.024	383876.457	2.24	C1:
202	74026.327	383869.30	1.62	C1:
203	74024.595	383866.624	1.389	C1:
204	74022.929	383863.978	1.197	C1:
205	74021.120	383861.259	1.045	C1:
206	74019.296	383858.50	0.973	C1:
207	74016.970	383855.171	1.05	C1:
208	74015.747	383853.254	0.966	C1:
209	74014.131	383850.854	0.92	C1:
210	74012.071	383848.061	0.634	C1:
211	74009.849	383844.827	0.522	C1:

Locaties serie D op Koperslakblokken

Nr.	X-coördinaat	Y-coördinaat	Z-coördinaat	Opmerkingen
300	74032.714	383878.536	0.192	D1:
301	74030.328	383874.942	0.046	D1:
302	74027.113	383870.396	-0.034	D1:
303	74025.807	383868.387	0.056	D1:
304	74023.174	383864.567	0.041	D1:
305	74021.485	383862.119	0.024	D1:
306	74019.808	383859.701	0.036	D1:
307	74017.938	383857.007	-0.137	D1:
308	74016.064	383854.248	-0.002	D1:
309	74014.109	383851.266	0.248	D1:
310	74012.429	383848.795	0.285	D1:
311	74010.135	383845.665	0.105	D1:
312	74008.880	383843.735	0.077	D1:

Locaties serie A op Haringmanblokken

Nr.	X-coördinaat	Y-coördinaat	Z-coördinaat	Opmerkingen
400	63723.860	394177.533	4.188	A2:
401	63726.872	394173.511	4.321	A2:
402	63730.077	394169.09	4.356	A2:
403	63733.038	394165.077	4.365	A2:
404	63735.985	394161.069	4.465	A2:
405	63738.649	394157.363	4.273	A2:
406	63741.300	394153.767	4.243	A2:
407	63744.274	394149.714	4.193	A2:
408	63747.292	394145.632	4.303	A2:
409	63750.509	394141.200	4.326	A2:
410	63753.199	394137.564	4.334	A2:
411	63755.565	394134.385	4.267	A2:

Locaties serie B op Haringmanblokken

Nr.	X-coördinaat	Y-coördinaat	Z-coördinaat	Opmerkingen
500	63724.374	394176.553	4.337	B2:
501	63727.449	394172.435	4.125	B2:
502	63730.683	394168.027	4.188	B2:
503	63733.633	394163.947	4.173	B2:
504	63736.614	394159.955	4.269	B2:
505	63739.268	394156.299	4.291	B2:
506	63742.506	394151.981	4.369	B2:
507	63745.410	394148.002	4.487	B2:
508	63748.691	394143.538	4.467	B2:
509	63751.451	394139.914	4.601	B2:
510	63753.820	394136.668	4.547	B2:
511	63756.159	394133.485	4.55	B2:

Locaties serie C op Haringmanblokken

Nr.	X-coördinaat	Y-coördinaat	Z-coördinaat	Opmerkingen
600	63724.911	394175.758	4.212	C2:
601	63727.964	394171.749	4.235	C2:
602	63731.150	394167.383	4.32	C2:
603	63734.190	394163.332	4.351	C2:
604	63737.130	394159.378	4.386	C2:
605	63739.791	394155.787	4.441	C2:
606	63743.056	394151.364	4.429	C2:
607	63746.003	394147.296	4.408	C2:
608	63749.225	394142.889	4.638	C2:
609	63751.899	394139.246	4.617	C2:
610	63754.286	394136.089	4.632	C2:
611	63756.673	394132.831	4.573	C2:

Locaties serie D op Haringmanblokken

Nr.	X-coördinaat	Y-coördinaat	Z-coördinaat	Opmerkingen
700	63725.267	394175.231	4.111	D2:
701	63728.214	394171.227	4.07	D2:
702	63731.483	394166.779	4.185	D2:
703	63734.448	394162.728	4.22	D2:
704	63737.046	394159.111	4.306	D2:
705	63740.332	394154.676	4.363	D2:
706	63743.291	394150.656	4.372	D2:
707	63746.291	394146.585	4.399	D2:
708	63749.636	394142.128	4.362	D2:
709	63752.240	394138.484	4.538	D2:
710	63754.697	394135.211	4.553	D2:
711	63757.075	394131.961	4.504	D2:

Locaties tweede meetronde op Koperslakblokken Oesterdam

Nr.	X-coördinaat	Y-coördinaat	Z-coördinaat	Opmerkingen
10001	73987.223	383811.079	1.031	VGDOESTERDAMK27-10:
10002	73986.361	383809.660	1.402	VGDOESTERDAMK27-10:
10003	73985.480	383808.364	1.246	VGDOESTERDAMK27-10:
10004	73984.551	383807.367	0.905	VGDOESTERDAMK27-10:
10005	73983.737	383806.076	1.22	VGDOESTERDAMK27-10:
10006	73982.924	383805.145	0.808	VGDOESTERDAMK27-10:
10007	73982.190	383803.779	1.292	VGDOESTERDAMK27-10:
10008	73981.431	383802.655	1.353	VGDOESTERDAMK27-10:
10009	73980.672	383802.097	0.755	VGDOESTERDAMK27-10:
10010	73979.966	383800.985	0.837	VGDOESTERDAMK27-10:
10011	73979.280	383799.658	1.297	VGDOESTERDAMK27-10:
10012	73978.535	383798.560	1.348	VGDOESTERDAMK27-10:
10013	73977.712	383797.470	1.351	VGDOESTERDAMK27-10:
10014	73976.939	383796.297	1.529	VGDOESTERDAMK27-10:
10015	73976.202	383795.101	1.536	VGDOESTERDAMK27-10:
10016	73975.419	383793.994	1.427	VGDOESTERDAMK27-10:
10017	73974.595	383792.994	1.322	VGDOESTERDAMK27-10:
10018	73973.824	383791.949	1.241	VGDOESTERDAMK27-10:
10019	73973.066	383790.889	1.24	VGDOESTERDAMK27-10:
10020	73972.300	383789.763	1.189	VGDOESTERDAMK27-10:
10021	73971.519	383788.605	1.231	VGDOESTERDAMK27-10:
10022	73970.811	383787.377	1.417	VGDOESTERDAMK27-10:
10023	73969.982	383786.342	1.281	VGDOESTERDAMK27-10:
10024	73969.207	383785.262	1.298	VGDOESTERDAMK27-10:
10025	73968.458	383784.107	1.337	VGDOESTERDAMK27-10:
10026	73967.657	383782.947	1.292	VGDOESTERDAMK27-10:
10027	73966.911	383781.899	1.234	VGDOESTERDAMK27-10:
10028	73966.174	383780.717	1.281	VGDOESTERDAMK27-10:
10029	73965.433	383779.558	1.304	VGDOESTERDAMK27-10:
10030	73964.673	383778.429	1.345	VGDOESTERDAMK27-10:
10031	73963.976	383777.298	1.363	VGDOESTERDAMK27-10:
10032	73963.112	383776.304	1.161	VGDOESTERDAMK27-10:
10033	73962.393	383775.191	1.227	VGDOESTERDAMK27-10:
10034	73961.743	383773.997	1.371	VGDOESTERDAMK27-10:
10035	73960.996	383772.844	1.487	VGDOESTERDAMK27-10:
10036	73960.238	383771.783	1.464	VGDOESTERDAMK27-10:
10037	73959.497	383770.605	1.505	VGDOESTERDAMK27-10:
10038	73958.728	383769.510	1.516	VGDOESTERDAMK27-10:
10039	73957.958	383768.385	1.57	VGDOESTERDAMK27-10:
10040	73957.244	383767.257	1.57	VGDOESTERDAMK27-10:
10041	73956.508	383766.167	1.524	VGDOESTERDAMK27-10:
10042	73955.732	383765.020	1.568	VGDOESTERDAMK27-10:
10043	73954.961	383763.894	1.614	VGDOESTERDAMK27-10:
10044	73954.246	383762.898	1.36	VGDOESTERDAMK27-10:
10045	73953.486	383761.693	1.528	VGDOESTERDAMK27-10:
10046	73952.703	383760.547	1.617	VGDOESTERDAMK27-10:
10047	73951.937	383759.425	1.722	VGDOESTERDAMK27-10:
10048	73951.207	383758.294	1.711	VGDOESTERDAMK27-10:
10049	73950.437	383757.202	1.678	VGDOESTERDAMK27-10:
10050	73949.721	383756.005	1.778	VGDOESTERDAMK27-10:

Locaties tweede meetronde op Haringmanblokken Oesterdam

Nr.	X-coördinaat	Y-coördinaat	Z-coördinaat	Opmerkingen
6001	74065.060	383951.877	2.791	VGDOESTERDAM26-10:
6002	74065.169	383953.793	2.544	VGDOESTERDAM26-10:
6003	74065.086	383956.172	1.622	VGDOESTERDAM26-10:
6004	74064.984	383958.489	1.316	VGDOESTERDAM26-10:
6005	74064.914	383960.907	1.25	VGDOESTERDAM26-10:
6006	74064.798	383963.825	1.025	VGDOESTERDAM26-10:
6007	74064.771	383966.907	1.069	VGDOESTERDAM26-10:
6008	74064.698	383969.233	1.09	VGDOESTERDAM26-10:
6009	74064.633	383971.839	1.084	VGDOESTERDAM26-10:
6010	74064.528	383974.352	1.02	VGDOESTERDAM26-10:
6011	74064.253	383976.730	0.96	VGDOESTERDAM26-10:
6012	74064.005	383979.806	0.938	VGDOESTERDAM26-10:
6013	74063.746	383982.369	0.95	VGDOESTERDAM26-10:
6014	74063.465	383985.482	1.019	VGDOESTERDAM26-10:
6015	74063.188	383987.931	1.014	VGDOESTERDAM26-10:
6016	74062.944	383990.549	1.069	VGDOESTERDAM26-10:
6017	74062.697	383993.062	1.064	VGDOESTERDAM26-10:
6018	74062.366	383996.111	1.066	VGDOESTERDAM26-10:
6019	74062.143	383998.124	1.029	VGDOESTERDAM26-10:
6020	74061.808	384001.607	1.094	VGDOESTERDAM26-10:
6021	74061.560	384003.639	1.059	VGDOESTERDAM26-10:
6022	74061.260	384007.210	1.124	VGDOESTERDAM26-10:
6023	74061.053	384009.245	1.066	VGDOESTERDAM26-10:
6024	74060.726	384011.642	0.941	VGDOESTERDAM26-10:
6025	74060.457	384014.097	0.905	VGDOESTERDAM26-10:
6026	74060.234	384016.627	0.983	VGDOESTERDAM26-10:
6027	74059.930	384019.638	1.001	VGDOESTERDAM26-10:
6028	74059.726	384021.620	0.959	VGDOESTERDAM26-10:
6029	74059.518	384023.633	0.974	VGDOESTERDAM26-10:
6030	74059.156	384026.649	1.016	VGDOESTERDAM26-10:
6031	74058.884	384029.627	1.075	VGDOESTERDAM26-10:
6032	74058.677	384031.629	1.085	VGDOESTERDAM26-10:
6033	74058.559	384033.692	1.251	VGDOESTERDAM26-10:
6034	74058.390	384035.784	1.521	VGDOESTERDAM26-10:
6035	74058.156	384037.723	1.535	VGDOESTERDAM26-10:
6036	74057.948	384039.702	1.573	VGDOESTERDAM26-10:
6037	74057.562	384043.174	1.584	VGDOESTERDAM26-10:
6038	74057.378	384045.207	1.752	VGDOESTERDAM26-10:
6039	74057.163	384047.265	1.88	VGDOESTERDAM26-10:
6040	74056.953	384049.163	1.963	VGDOESTERDAM26-10:
6041	74056.739	384051.191	2.034	VGDOESTERDAM26-10:
6042	74056.518	384053.168	2.105	VGDOESTERDAM26-10:
6043	74056.193	384055.032	1.992	VGDOESTERDAM26-10:
6044	74055.999	384057.041	2.05	VGDOESTERDAM26-10:
6045	74055.717	384058.993	2.083	VGDOESTERDAM26-10:
6046	74055.577	384061.618	2.244	VGDOESTERDAM26-10:
6047	74055.371	384063.641	2.265	VGDOESTERDAM26-10:
6048	74055.172	384065.644	2.265	VGDOESTERDAM26-10:
6049	74054.891	384067.568	2.221	VGDOESTERDAM26-10:
6050	74054.669	384069.572	2.17	VGDOESTERDAM26-10:

Locaties tweede meetronde op Hydroblocks Poortvliet

Nr.	X-coördinaat	Y-coördinaat	Z-coördinaat	Opmerkingen
9001	69495.001	393439.689	2.603	VGDPPOORTVLIET27-10:
9002	69497.311	393440.218	3	VGDPPOORTVLIET27-10:
9003	69499.209	393440.626	2.998	VGDPPOORTVLIET27-10:
9004	69499.894	393440.040	2.17	VGDPPOORTVLIET27-10:
9005	69501.047	393439.939	1.904	VGDPPOORTVLIET27-10:
9006	69502.610	393439.746	1.985	VGDPPOORTVLIET27-10:
9007	69504.157	393439.662	1.958	VGDPPOORTVLIET27-10:
9008	69505.721	393439.501	1.97	VGDPPOORTVLIET27-10:
9009	69507.289	393439.441	1.915	VGDPPOORTVLIET27-10:
9010	69508.908	393439.370	1.94	VGDPPOORTVLIET27-10:
9011	69510.432	393439.351	1.96	VGDPPOORTVLIET27-10:
9012	69512.010	393439.230	2.07	VGDPPOORTVLIET27-10:
9013	69513.562	393439.048	2.12	VGDPPOORTVLIET27-10:
9014	69515.073	393438.864	2.094	VGDPPOORTVLIET27-10:
9015	69516.566	393438.686	2.012	VGDPPOORTVLIET27-10:
9016	69518.078	393438.542	2.018	VGDPPOORTVLIET27-10:
9017	69519.372	393438.414	2.056	VGDPPOORTVLIET27-10:
9018	69520.912	393438.323	1.95	VGDPPOORTVLIET27-10:
9019	69522.448	393438.195	1.981	VGDPPOORTVLIET27-10:
9020	69524.208	393437.999	1.991	VGDPPOORTVLIET27-10:
9021	69526.188	393437.828	1.964	VGDPPOORTVLIET27-10:
9022	69527.952	393437.649	1.945	VGDPPOORTVLIET27-10:
9023	69529.484	393437.521	1.937	VGDPPOORTVLIET27-10:
9024	69530.990	393437.405	1.886	VGDPPOORTVLIET27-10:
9025	69532.817	393437.239	1.935	VGDPPOORTVLIET27-10:
9026	69534.543	393437.058	1.888	VGDPPOORTVLIET27-10:
9027	69536.285	393436.908	1.832	VGDPPOORTVLIET27-10:
9028	69537.830	393436.788	1.835	VGDPPOORTVLIET27-10:
9029	69539.394	393436.716	1.867	VGDPPOORTVLIET27-10:
9030	69541.169	393436.582	1.862	VGDPPOORTVLIET27-10:
9031	69542.695	393436.499	1.908	VGDPPOORTVLIET27-10:
9032	69544.476	393436.354	1.911	VGDPPOORTVLIET27-10:
9033	69546.315	393436.277	1.931	VGDPPOORTVLIET27-10:
9034	69548.074	393436.155	1.881	VGDPPOORTVLIET27-10:
9035	69549.895	393436.018	1.99	VGDPPOORTVLIET27-10:
9036	69551.697	393435.842	2.013	VGDPPOORTVLIET27-10:
9037	69553.233	393435.728	1.988	VGDPPOORTVLIET27-10:
9038	69554.534	393435.634	2.096	VGDPPOORTVLIET27-10:
9039	69556.281	393435.482	2.12	VGDPPOORTVLIET27-10:
9040	69557.854	393435.355	2.079	VGDPPOORTVLIET27-10:
9041	69559.655	393435.223	2.119	VGDPPOORTVLIET27-10:
9042	69561.711	393435.060	2.105	VGDPPOORTVLIET27-10:
9043	69563.491	393434.911	2.087	VGDPPOORTVLIET27-10:
9044	69565.283	393434.755	2.111	VGDPPOORTVLIET27-10:
9045	69567.057	393434.601	2.11	VGDPPOORTVLIET27-10:
9046	69568.561	393434.480	2.12	VGDPPOORTVLIET27-10:
9047	69570.124	393434.291	2.122	VGDPPOORTVLIET27-10:
9048	69571.894	393434.201	2.146	VGDPPOORTVLIET27-10:
9049	69573.627	393434.037	2.106	VGDPPOORTVLIET27-10:
9050	69575.459	393433.951	2.111	VGDPPOORTVLIET27-10:

Locaties tweede meetronde op Haringmanblokken Scherpenisse

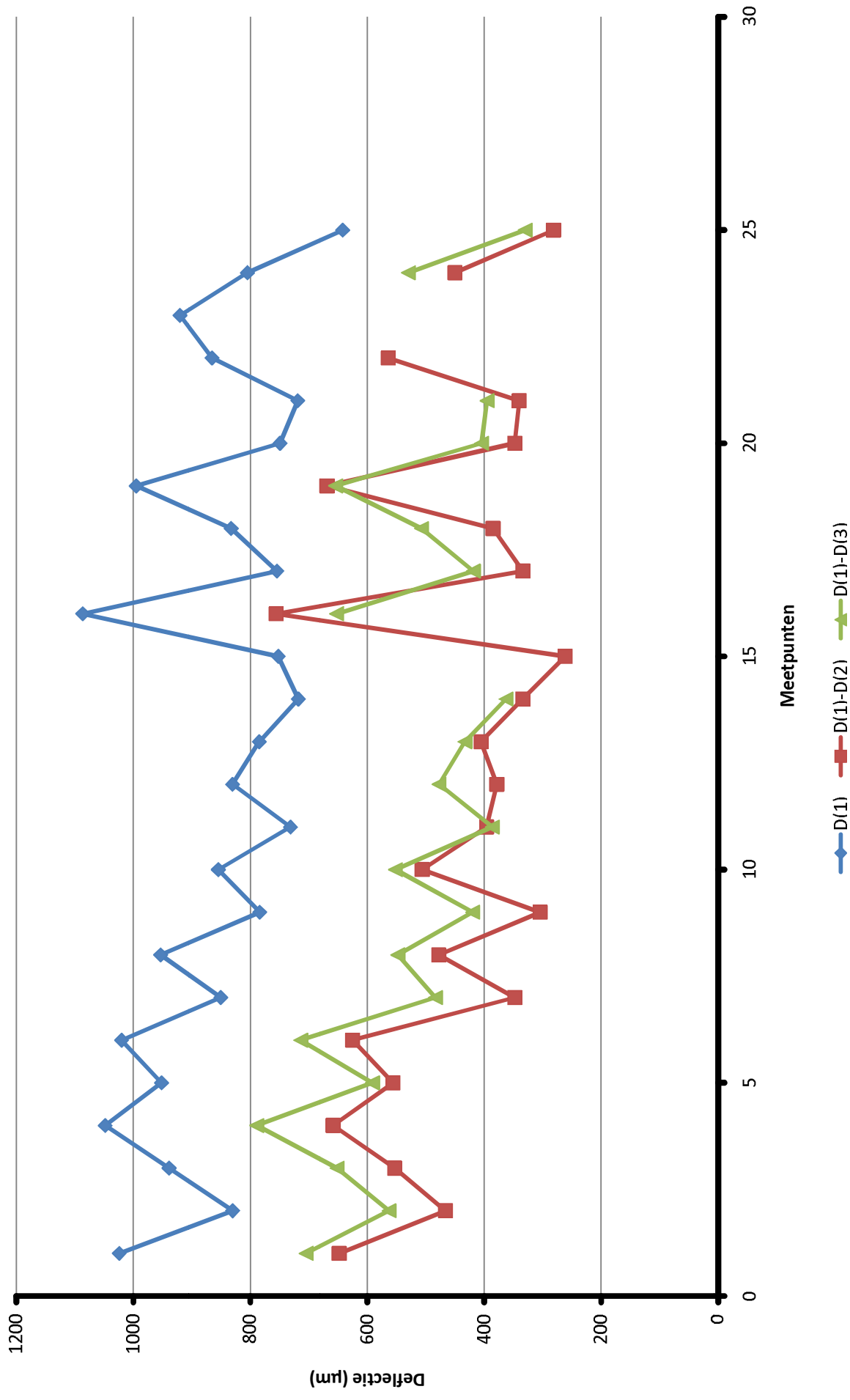
Nr.	X-coördinaat	Y-coördinaat	Z-coördinaat	Opmerkingen
7001	63757.637	394131.179	1.887	VGDSCHERPENISSE26-10:
7002	63758.577	394129.830	1.989	VGDSCHERPENISSE26-10:
7003	63759.532	394128.202	3.381	VGDSCHERPENISSE26-10:
7004	63760.453	394126.994	3.23	VGDSCHERPENISSE26-10:
7005	63761.191	394125.737	3.4	VGDSCHERPENISSE26-10:
7006	63762.161	394124.552	3.617	VGDSCHERPENISSE26-10:
7007	63763.060	394123.370	3.671	VGDSCHERPENISSE26-10:
7008	63763.929	394122.148	3.747	VGDSCHERPENISSE26-10:
7009	63764.861	394120.943	4.078	VGDSCHERPENISSE26-10:
7010	63765.761	394119.736	4.094	VGDSCHERPENISSE26-10:
7011	63766.682	394118.552	4.078	VGDSCHERPENISSE26-10:
7012	63767.582	394117.409	4.13	VGDSCHERPENISSE26-10:
7013	63768.495	394116.199	4.209	VGDSCHERPENISSE26-10:
7014	63769.698	394114.559	4.36	VGDSCHERPENISSE26-10:
7015	63770.618	394113.354	4.441	VGDSCHERPENISSE26-10:
7016	63771.524	394112.177	4.522	VGDSCHERPENISSE26-10:
7017	63772.481	394110.961	4.566	VGDSCHERPENISSE26-10:
7018	63773.374	394109.764	4.56	VGDSCHERPENISSE26-10:
7019	63774.306	394108.583	4.591	VGDSCHERPENISSE26-10:
7020	63775.195	394107.364	4.616	VGDSCHERPENISSE26-10:
7021	63776.124	394106.208	4.623	VGDSCHERPENISSE26-10:
7022	63777.008	394104.982	4.629	VGDSCHERPENISSE26-10:
7023	63777.924	394103.714	4.68	VGDSCHERPENISSE26-10:
7024	63778.823	394102.522	4.749	VGDSCHERPENISSE26-10:
7025	63779.696	394101.300	4.812	VGDSCHERPENISSE26-10:
7026	63780.582	394100.052	4.841	VGDSCHERPENISSE26-10:
7027	63781.530	394098.898	4.812	VGDSCHERPENISSE26-10:
7028	63782.413	394097.696	4.844	VGDSCHERPENISSE26-10:
7029	63783.322	394096.467	4.859	VGDSCHERPENISSE26-10:
7030	63784.227	394095.239	4.831	VGDSCHERPENISSE26-10:
7031	63785.118	394093.995	4.866	VGDSCHERPENISSE26-10:
7032	63786.024	394092.784	4.824	VGDSCHERPENISSE26-10:
7033	63786.943	394091.563	4.754	VGDSCHERPENISSE26-10:
7034	63787.848	394090.335	4.772	VGDSCHERPENISSE26-10:
7035	63788.729	394089.087	4.791	VGDSCHERPENISSE26-10:
7036	63789.636	394087.908	4.788	VGDSCHERPENISSE26-10:
7037	63790.513	394086.660	4.675	VGDSCHERPENISSE26-10:
7038	63791.423	394085.465	4.643	VGDSCHERPENISSE26-10:
7039	63792.249	394084.303	4.577	VGDSCHERPENISSE26-10:
7040	63793.151	394083.090	4.525	VGDSCHERPENISSE26-10:
7041	63794.044	394081.853	4.478	VGDSCHERPENISSE26-10:
7042	63794.952	394080.669	4.439	VGDSCHERPENISSE26-10:
7043	63795.852	394079.453	4.433	VGDSCHERPENISSE26-10:
7044	63796.766	394078.237	4.529	VGDSCHERPENISSE26-10:
7045	63797.648	394077.026	4.545	VGDSCHERPENISSE26-10:
7046	63798.546	394075.798	4.585	VGDSCHERPENISSE26-10:
7047	63799.487	394074.636	4.486	VGDSCHERPENISSE26-10:
7048	63800.303	394073.425	4.546	VGDSCHERPENISSE26-10:
7049	63801.228	394072.181	4.466	VGDSCHERPENISSE26-10:
7050	63802.137	394071.009	4.434	VGDSCHERPENISSE26-10:

Locaties tweede meetronde op gekantelde blokken Grevelingendam

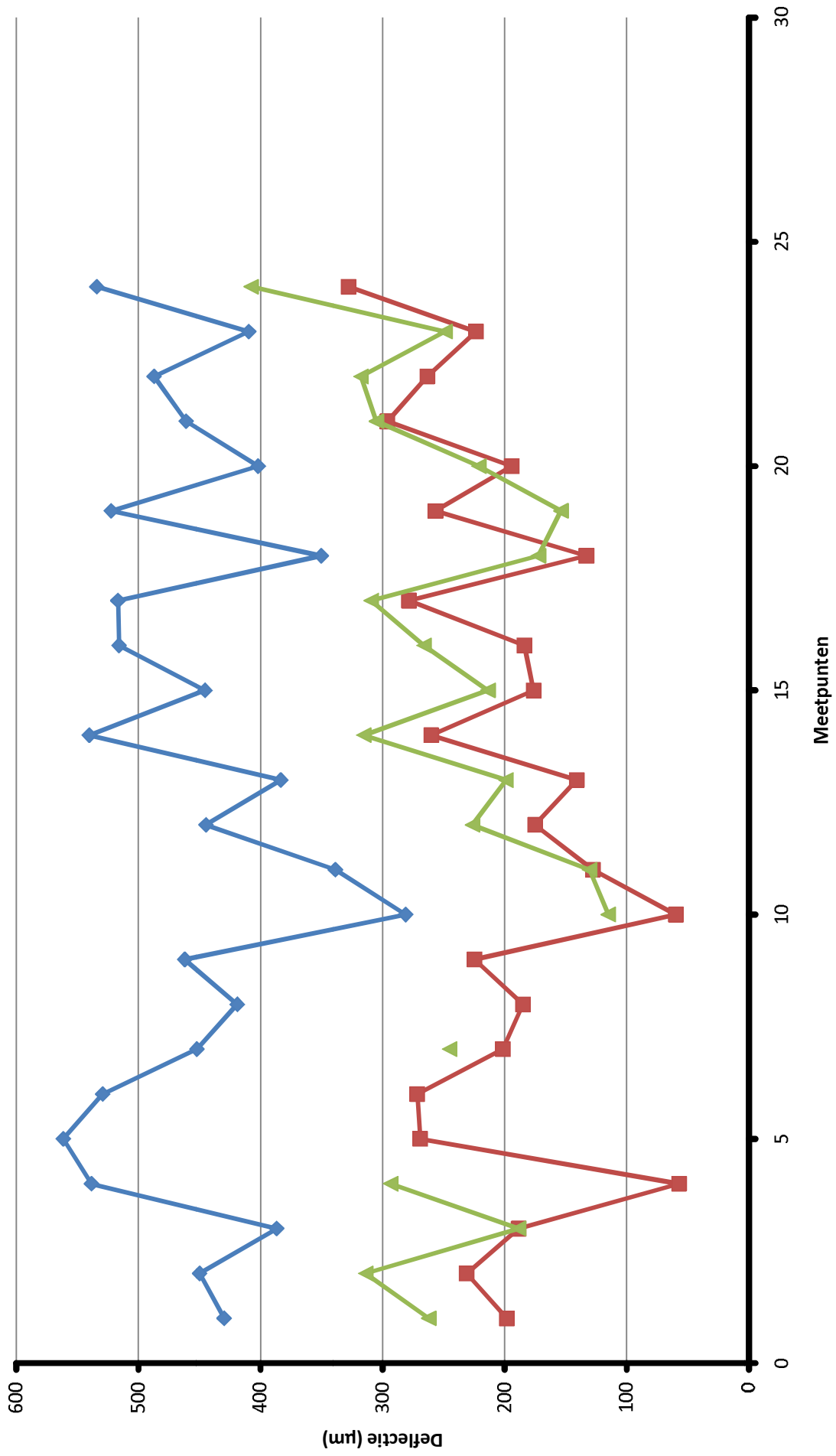
Nr.	X-coördinaat	Y-coördinaat	Z-coördinaat	Opmerkingen
8001	67266.298	410327.946	1.695	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8002	67268.029	410327.894	1.538	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8003	67270.783	410327.943	1.408	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8004	67272.722	410328.054	1.293	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8005	67275.477	410328.302	1.175	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8006	67277.422	410328.534	1.261	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8007	67281.301	410329.059	1.143	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8008	67283.331	410329.264	1.119	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8009	67286.271	410329.578	1.081	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8010	67288.145	410329.781	1.008	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8011	67290.542	410330.100	0.927	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8012	67292.498	410330.340	0.888	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8013	67295.365	410330.700	0.856	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8014	67297.297	410330.964	0.812	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8015	67298.747	410331.192	0.847	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8016	67300.637	410331.579	0.886	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8017	67302.555	410331.790	0.841	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8018	67305.482	410332.129	0.821	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8019	67307.454	410332.531	0.875	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8020	67310.359	410332.964	0.913	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8021	67312.337	410333.271	0.988	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8022	67315.150	410333.662	0.995	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8023	67317.074	410333.981	0.983	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8024	67320.910	410334.558	1.028	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8025	67322.842	410334.802	1.083	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8026	67325.678	410335.246	1.055	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8027	67327.592	410335.519	1.1	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8028	67330.512	410335.917	1.11	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8029	67332.450	410336.178	1.124	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8030	67334.388	410336.440	1.149	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8031	67336.288	410336.747	1.158	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8032	67338.207	410336.988	1.111	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8033	67340.126	410337.295	1.14	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8034	67342.120	410337.542	1.146	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8035	67344.116	410337.824	1.176	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8036	67346.123	410338.157	1.155	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8037	67349.100	410338.590	1.16	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8038	67351.055	410338.870	1.144	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8039	67353.032	410339.157	1.133	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8040	67359.186	410340.028	1.133	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8041	67361.093	410340.360	1.203	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8042	67362.999	410340.614	1.205	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8043	67364.974	410340.907	1.186	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8044	67366.953	410341.194	1.197	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8045	67368.994	410341.458	1.194	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8046	67370.957	410341.762	1.191	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8047	67372.943	410342.025	1.237	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8048	67375.946	410342.458	1.225	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8049	67377.881	410342.698	1.182	VGDGREVELINGENDAM26-10:
8050	67379.856	410343.055	1.227	VGDGREVELINGENDAM26-10:

Bijlage 2 : Resultaten koperslakblokken

Serie A op koperslabblokken (25 kN)



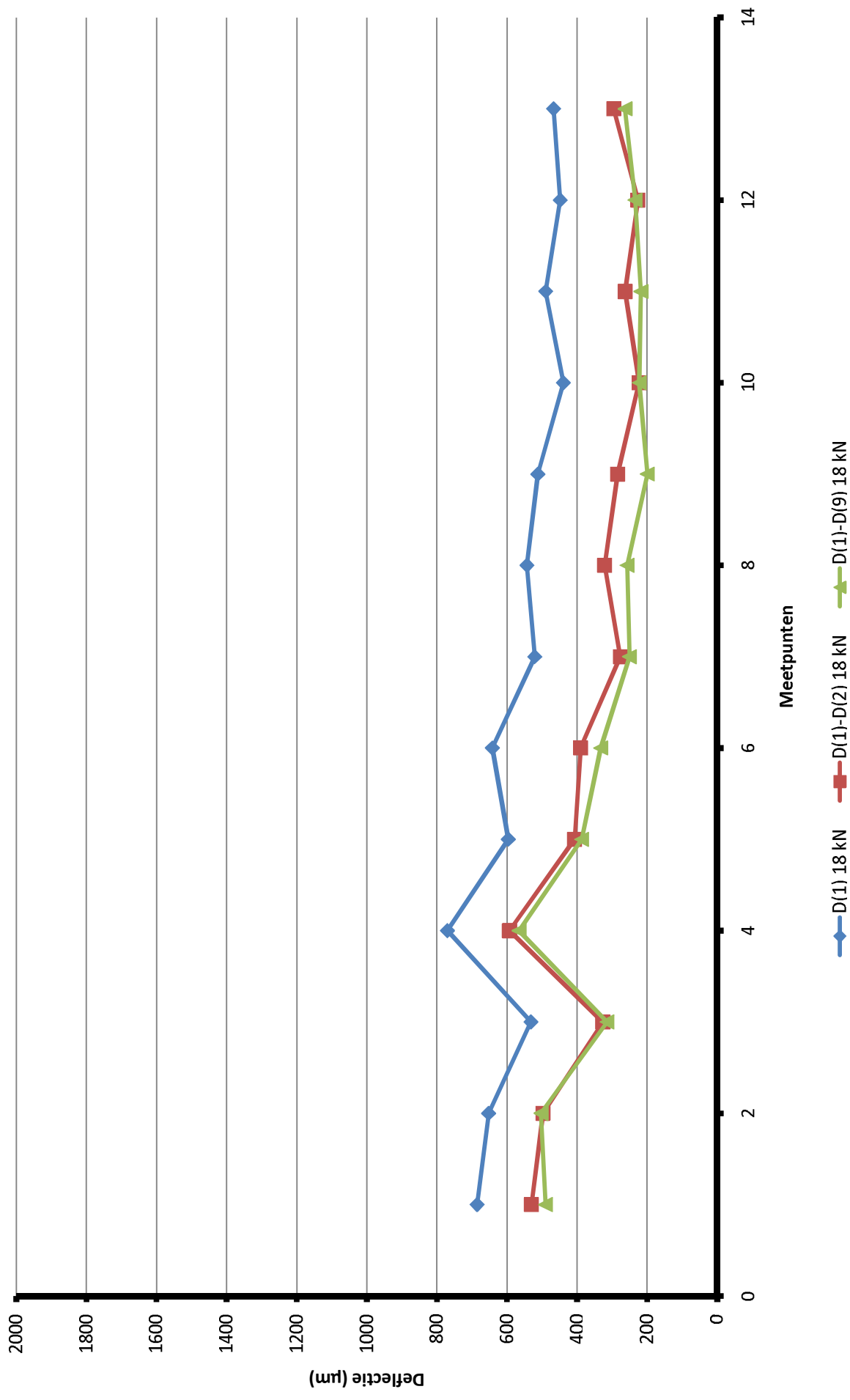
Serie B op koperslabblokken (15 kN)



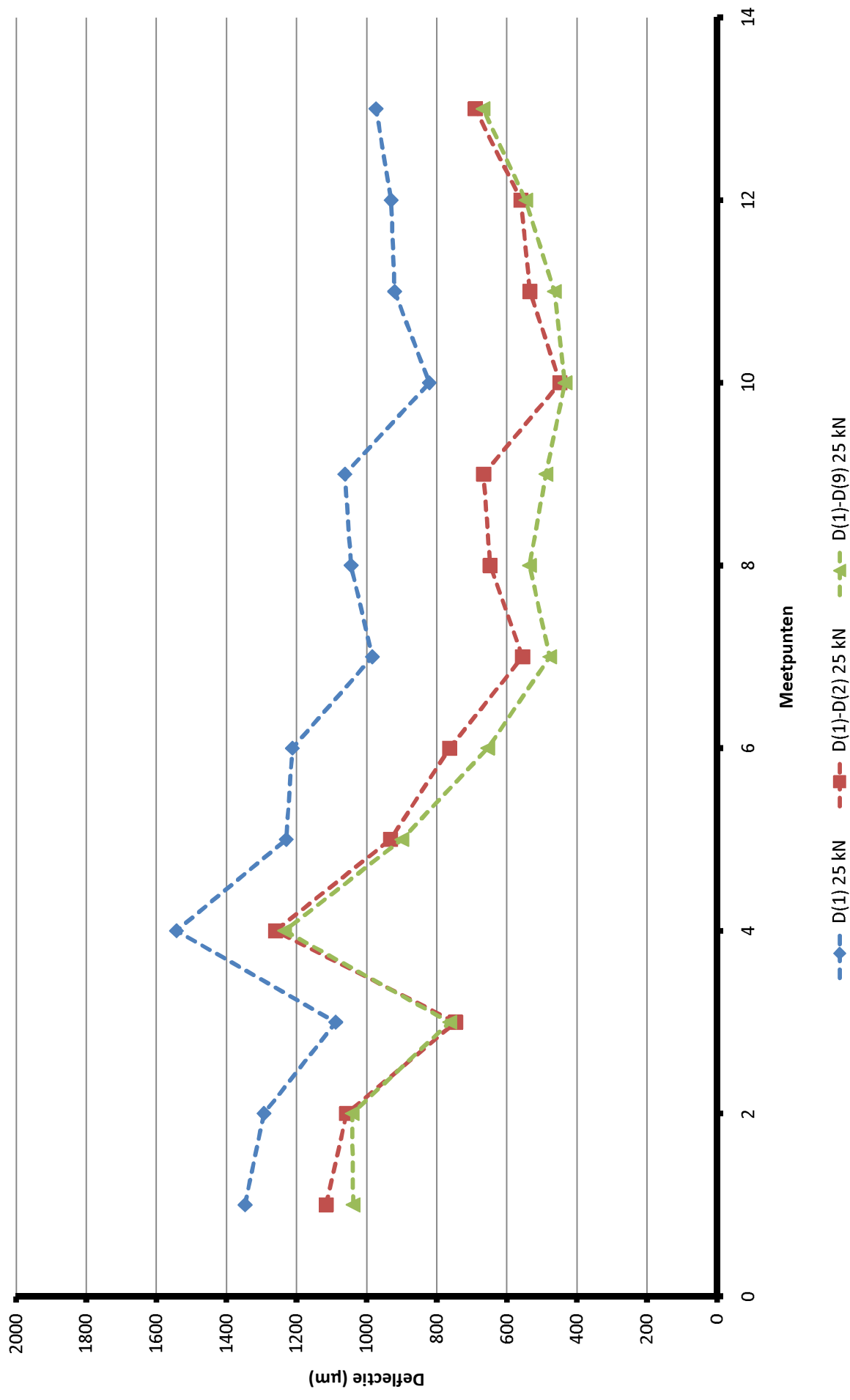
Serie C: klapgrootte 15 kN, 0 gewichten van 40 mm, 12 klappen

Klappen	Locatie	15 kN												Minimum	85% percentiel	var.cof.			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				Gemiddelde	Standaardw.	Maximum
1	1	720	1037	1325	895	762	615	1597	612	1017	1118	512	631	903	328	1597	512	1191	36%
2	2	423	585	747	513	571	430	494	428	510	593	377	433	509	103	747	377	588	20%
3	3	378	543	670	479	556	413	480	407	451	528	362	413	471	90	670	362	547	19%
4	4	350	509	622	463	555	407	449	390	427	503	339	406	452	84	622	339	525	19%
5	5	339	499	591	450	556	402	437	362	413	490	332	401	441	81	591	332		
6	6	330	488	582	454	559	399	438	377	412	483	327	401	438	81	582	327		
7	7	327	477	568	453	561	399	436	374	403	479	327	401	434	79	568	327		
8	8	322	472	555	456	564	399	431	371	386	476	327	399	431	78	564	322		
9	9	314	472	547	454	565	397	425	369	396	475	325	400	428	78	565	314		
10	10	311	472	550	453	567	397	422	366	395	473	324	399	427	80	567	311		
11	11	309	470	548	439	569	401	421	365	394	473	324	399	426	79	569	309		
12	12	308	468	545	442	569	402	418	363	394	473	323	401	426	80	569	308		

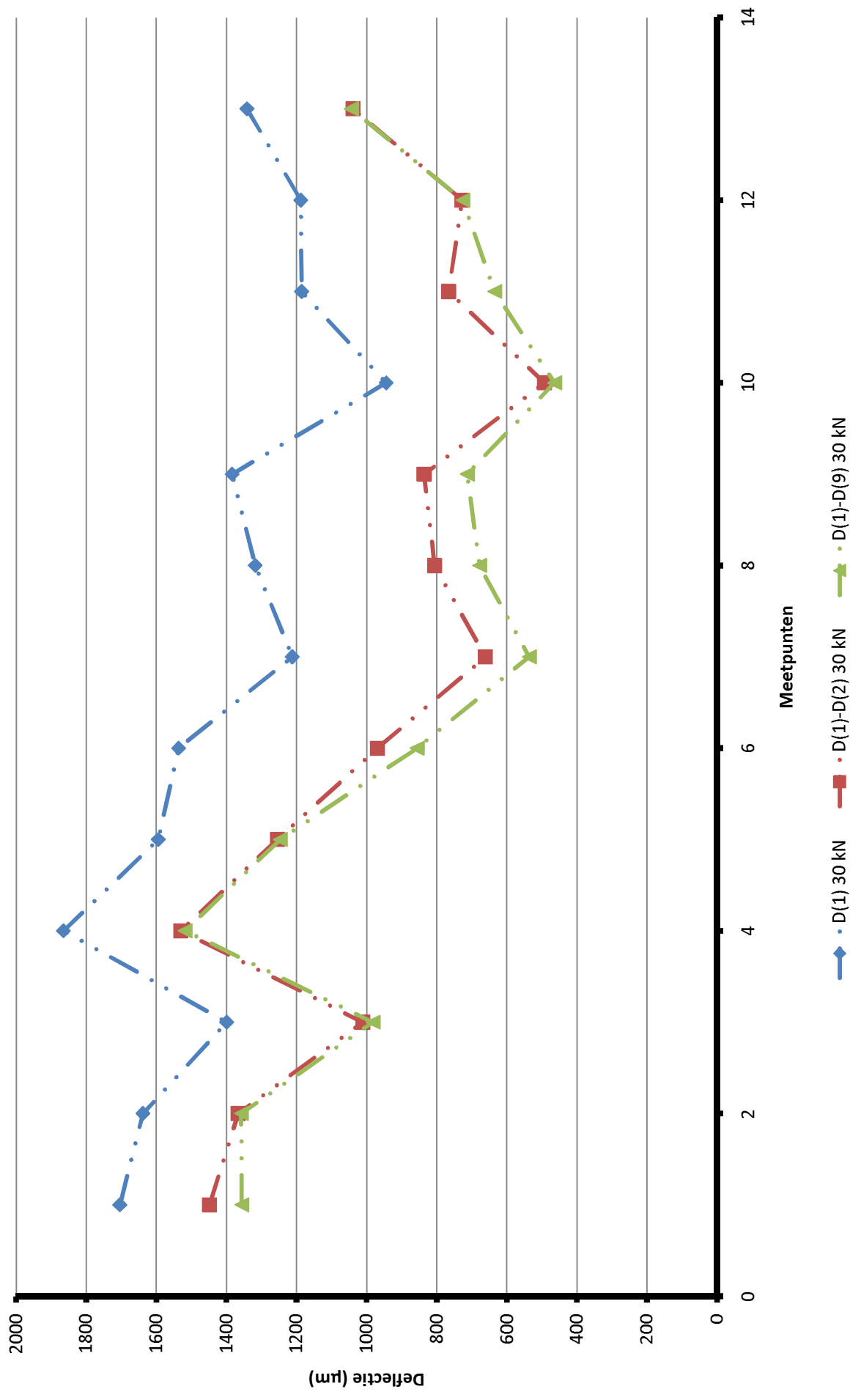
Serie D op koperlakblokken 15 kN



Serie D op koperslabblokken 25 kN

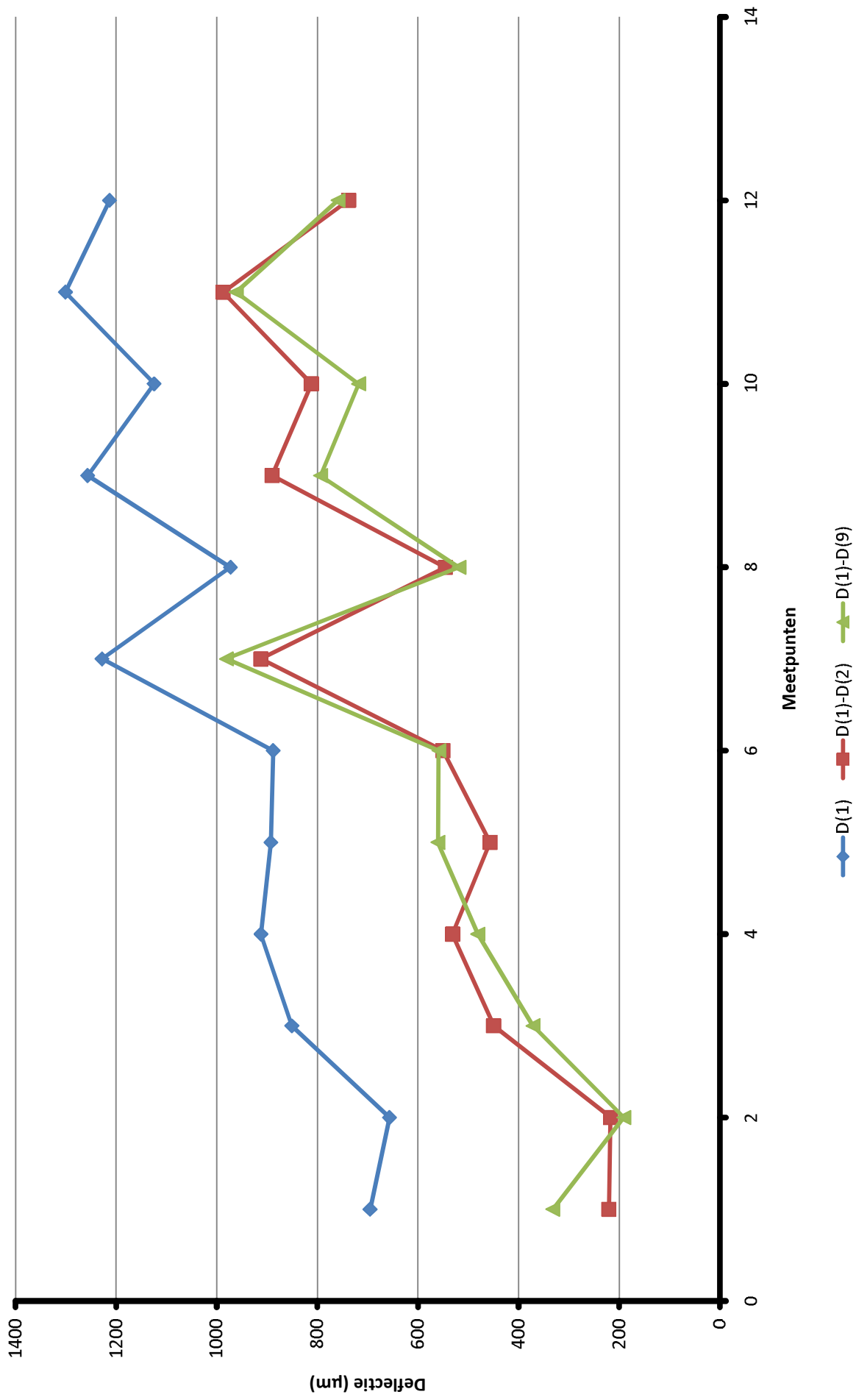


Serie D op koperslakblokken 30 kN

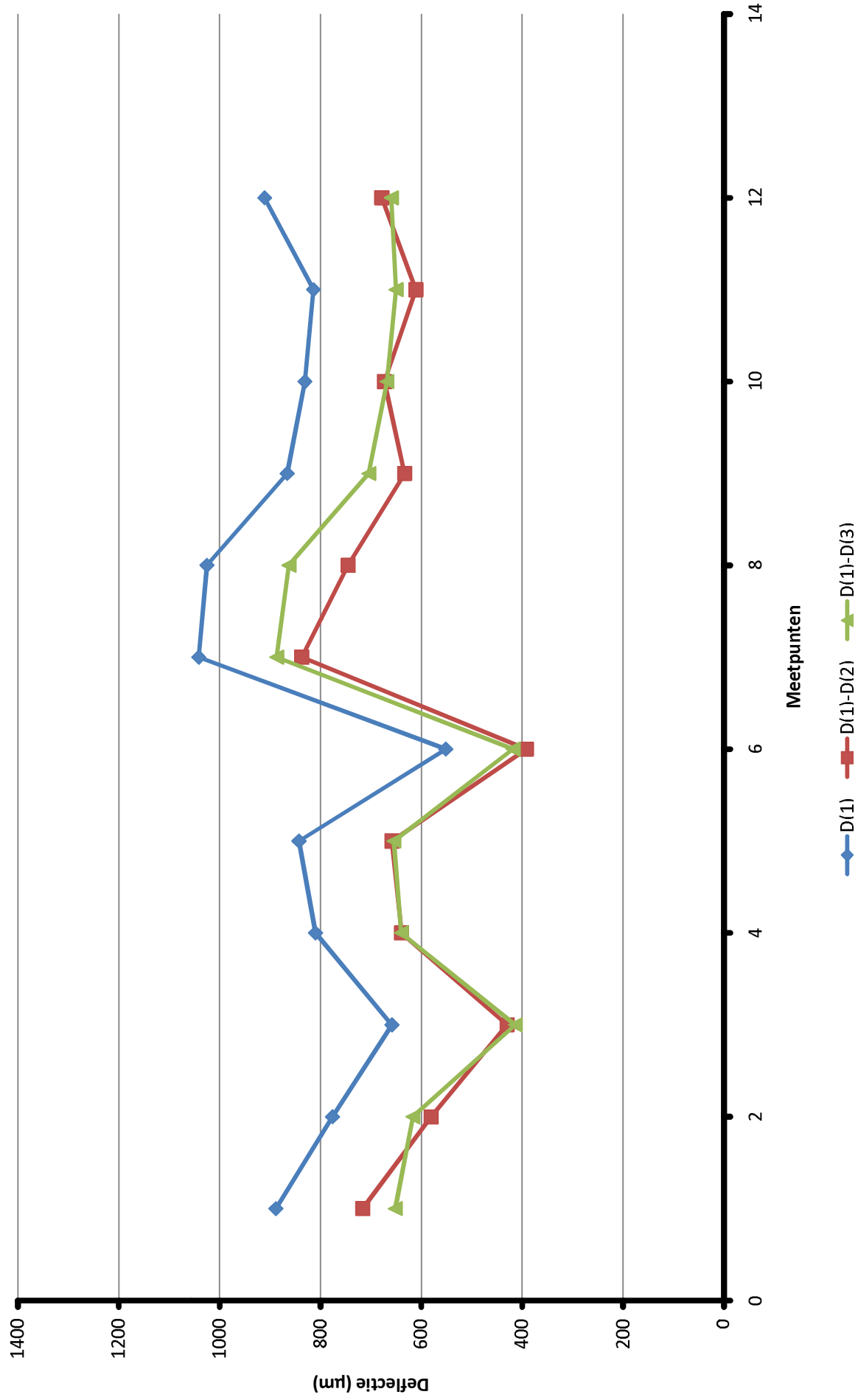


Bijlage 3 : Resultaten Haringmanblokken

Serie A op haringmanblokken (25 kN)



Serie B op haringmanblokken (15 kN)

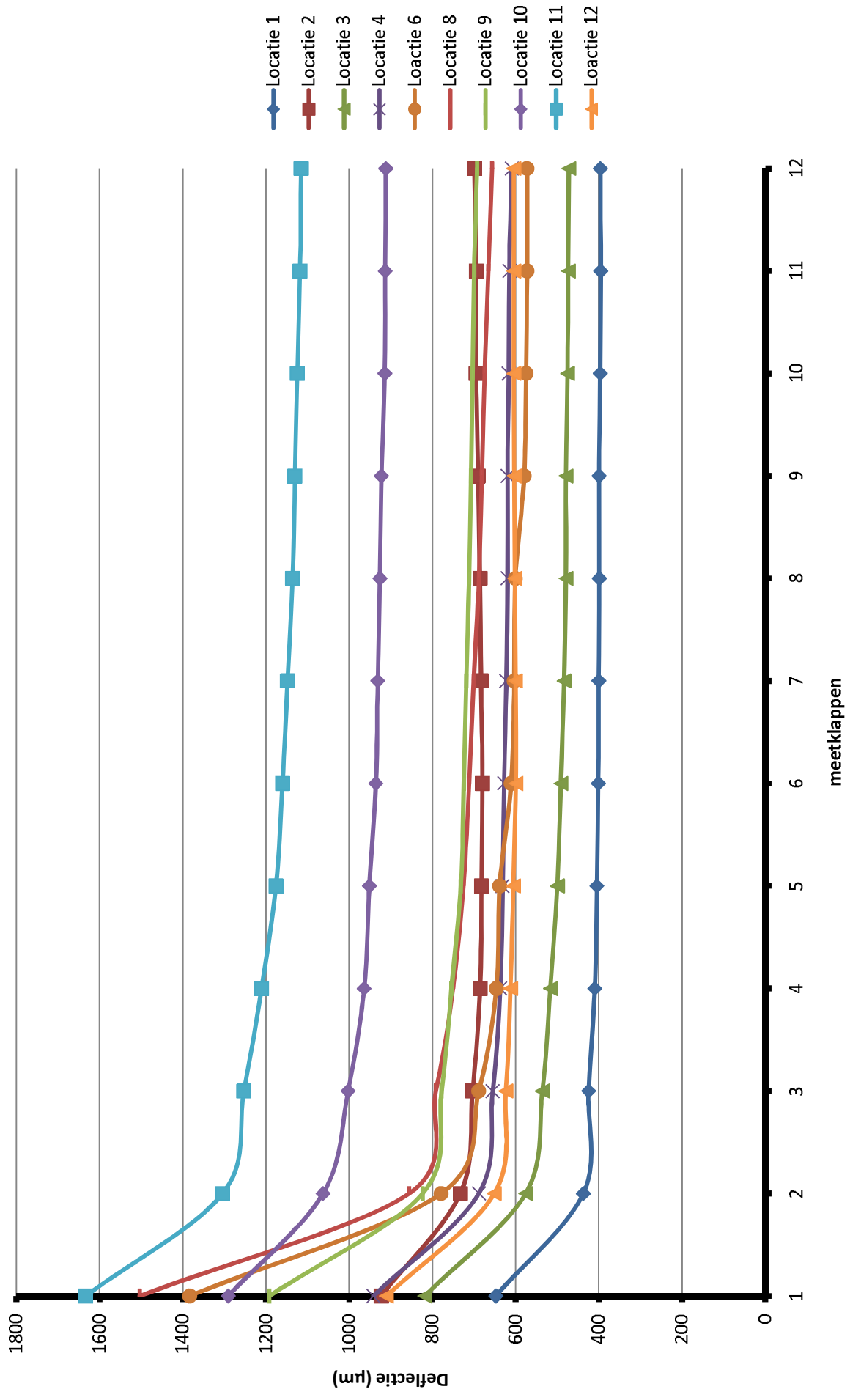


Serie C: klapgrootte 15 kN, 0 gewichten van 40 mm 12 klappen

15 kN

Klappen	Locatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Gemiddelde	Standardeafw.	Maximum	Minimum	85% percentiel	var.coef.
	1	647	923	818	942	1383	1383	1503	1503	1192	1291	1633	911	1124	324	1633	647	1461	29%
	2	437	733	576	688	779	779	856	856	823	1063	1304	651	791	247	1304	437	990	31%
	3	424	703	536	655	689	689	792	792	778	1003	1253	623	746	236	1253	424	929	32%
	4	410	685	516	637	646	646	750	750	754	964	1211	612	719	227	1211	410	891	32%
	5	405	682	500	631	638	638	726	726	732	951	1176	606	705	220	1176	405		
	6	401	680	491	627	611	611	712	712	724	936	1160	599	694	217	1160	401		
	7	400	683	483	622	603	603	701	701	719	931	1148	600	689	215	1148	400		
	8	399	686	479	619	601	601	688	688	712	926	1136	602	685	212	1136	399		
	9	399	690	479	620	579	579	681	681	707	923	1130	603	681	211	1130	399		
	10	397	695	475	617	575	575	675	675	703	914	1125	604	678	210	1125	397		
	11	395	694	473	615	573	573	666	666	700	913	1118	605	675	209	1118	395		
	12	396	699	472	610	572	572	667	667	693	912	1115	605	673	208	1115	396		

Serie C op haringmanblokken 15 kN



Serie D:
1/3: Klapprootte 15 kN, 0 gewichten van 40 mm
2/3: Klapprootte 25 kN, 0 gewichten van 80 mm
3/3: Klapprootte 30 kN, 0 gewichten van 120 mm

1/3 Loecite #	D(1) 0 mm	D(2) 480 mm	D(9) -390 mm	D(1)-D(2) voor	D(1)-D(9) achter	Spanning kN	Belasting kPa	D(1) 0 mm	D(2) 480 mm	D(3) 550 mm	D(4) 960 mm	D(5) 1300 mm	D(6) 1400 mm	D(7) 1900 mm	D(8) 2040 mm	D(9) -390 mm	Air	Sur.	Man.	Pulse time	
																					85% percentiel variatiecoëfficiënt
1	583	332	230	251	353	895	15,82	615	350	192	63	40	36	24	243	17,9	18,4	19,6	20,21		
2	437	230	230	215	206	914	16,15	470	238	166	68	50	42	37	32	248	17,9	18,4	19,6	19,92	
3	601	281	355	340	346	899	15,89	637	277	176	62	43	41	30	25	376	17,9	18,4	19,6	20,08	
4	631	224	407	277	354	907	16,02	674	239	166	69	45	39	34	296	17,9	18,4	19,6	20,14		
5	720	170	550	212	509	903	15,95	766	181	137	65	41	39	35	31	225	17,9	18,4	19,6	20,4	
6	977	146	204	831	773	939	16,59	1081	162	124	56	43	40	34	31	226	17,8	18,4	19,6	19,85	
7	708	290	278	418	487	808	15,68	740	303	216	72	45	41	34	34	291	17,9	18,4	19,6	20,75	
8	696	264	246	433	451	808	14,38	663	251	161	58	36	34	30	31	234	17,8	18,4	19,6	21,12	
9	812	204	213	608	599	874	15,44	636	210	160	73	50	45	34	25	219	17,8	18,4	19,6	21,46	
10	1105	151	200	955	905	923	16,31	1202	164	126	63	40	45	25	46	218	17,9	18,4	19,6	21,52	
11	1005	220	177	785	828	958	16,34	1134	248	174	1067	53	47	34	34	200	17,9	18,4	19,6	20,83	
12	1104	221	193	883	911	876	15,47	1139	228	154	68	51	47	21	16	199	17,9	18,4	19,6	20,95	

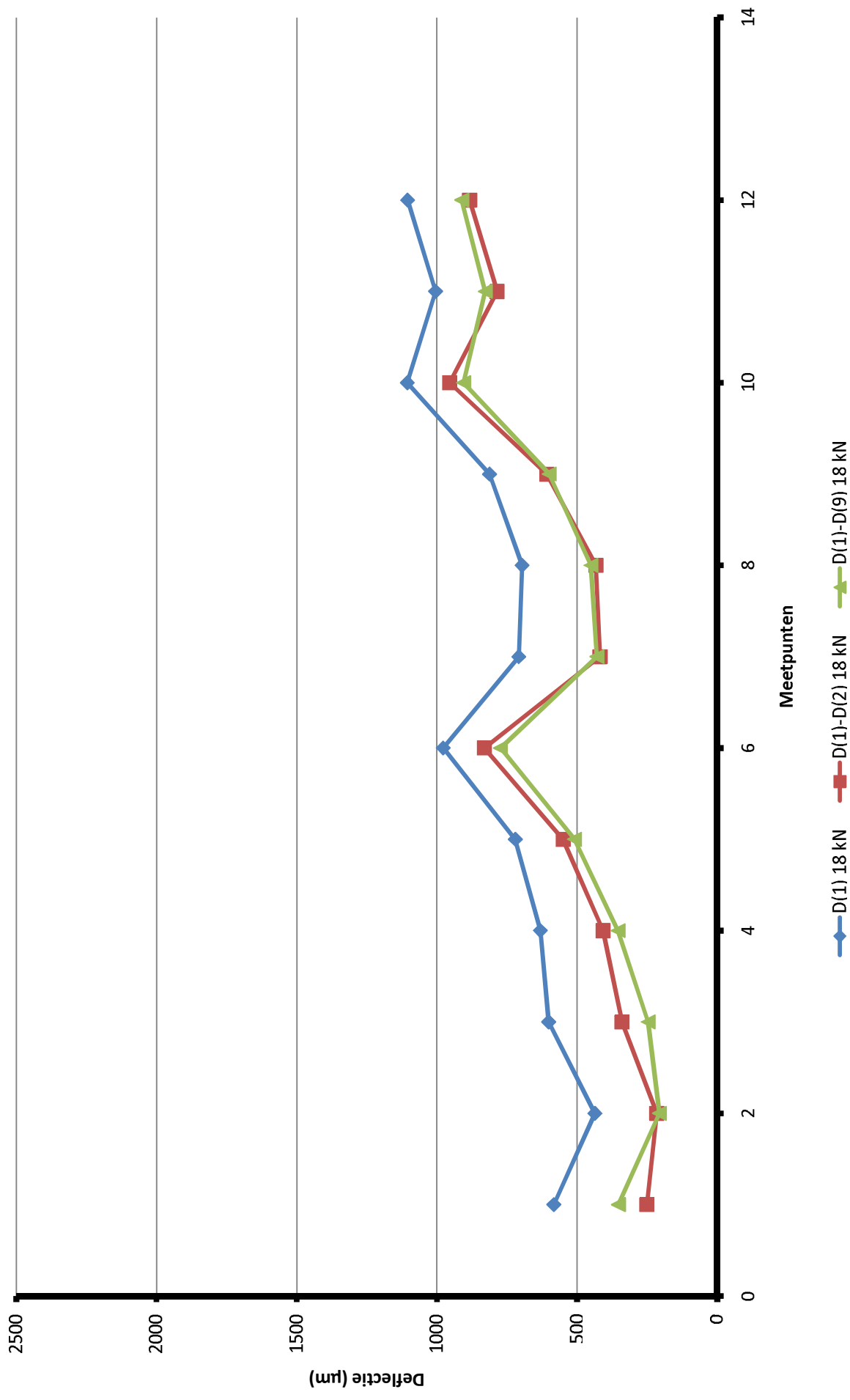
2/3 Loecite #	D(1) 0 mm	D(2) 480 mm	D(9) -390 mm	D(1)-D(2) voor	D(1)-D(9) achter	Spanning kN	Belasting kPa	D(1) 0 mm	D(2) 480 mm	D(3) 550 mm	D(4) 960 mm	D(5) 1300 mm	D(6) 1400 mm	D(7) 1900 mm	D(8) 2040 mm	D(9) -390 mm	Air	Sur.	Man.	Pulse time	
																					85% percentiel variatiecoëfficiënt
1	1044	584	379	460	666	1330	23,51	982	549	306	96	57	48	47	356	17,9	18,4	19,6	20,32		
2	952	590	418	535	370	1341	23,71	903	370	255	103	73	66	54	46	366	18	18,5	19,6	20,07	
3	1107	494	626	612	481	1342	23,72	1050	469	268	90	64	58	43	41	594	17,9	18,5	19,6	20,2	
4	1262	384	472	868	780	1345	23,76	1190	365	253	110	70	58	49	56	54	449	17,9	18,5	19,6	20,38
5	1615	294	369	1321	1246	1359	24,01	1551	282	209	105	58	55	47	39	354	17,9	18,4	19,6	20,5	
6	1535	282	337	1293	1199	1415	25,01	1536	242	165	90	62	60	51	44	337	17,9	18,4	19,6	19,96	
7	1440	484	463	955	976	1291	22,82	1314	442	314	104	64	62	50	41	423	17,9	18,5	19,6	20,94	
8	1303	445	369	858	844	1196	21,13	1101	376	239	76	52	49	38	38	312	17,9	18,5	19,6	21,93	
9	1547	348	359	1189	1187	1264	22,34	1382	311	232	104	71	63	51	47	321	17,8	18,5	19,6	21,51	
10	1741	255	356	1486	1385	1316	23,25	1619	237	184	91	56	54	40	93	331	17,9	18,5	19,6	21,51	
11	1695	276	276	1330	1419	1341	23,7	1607	346	251	1441	75	68	43	59	282	17,9	18,5	19,6	20,98	
12	1816	367	324	1449	1492	1336	23,61	1715	347	248	106	81	75	56	56	306	17,9	18,4	19,6	21,24	

Gemiddeld Standaard afwijking	maximum	minimum	85% percentiel	variatiecoëfficiënt	20%
287	101	91	361	0,96	54
1816	584	626	1486	1492	1415
952	242	276	481	1196	25,01
1711	488	467	1372	1350	23,85

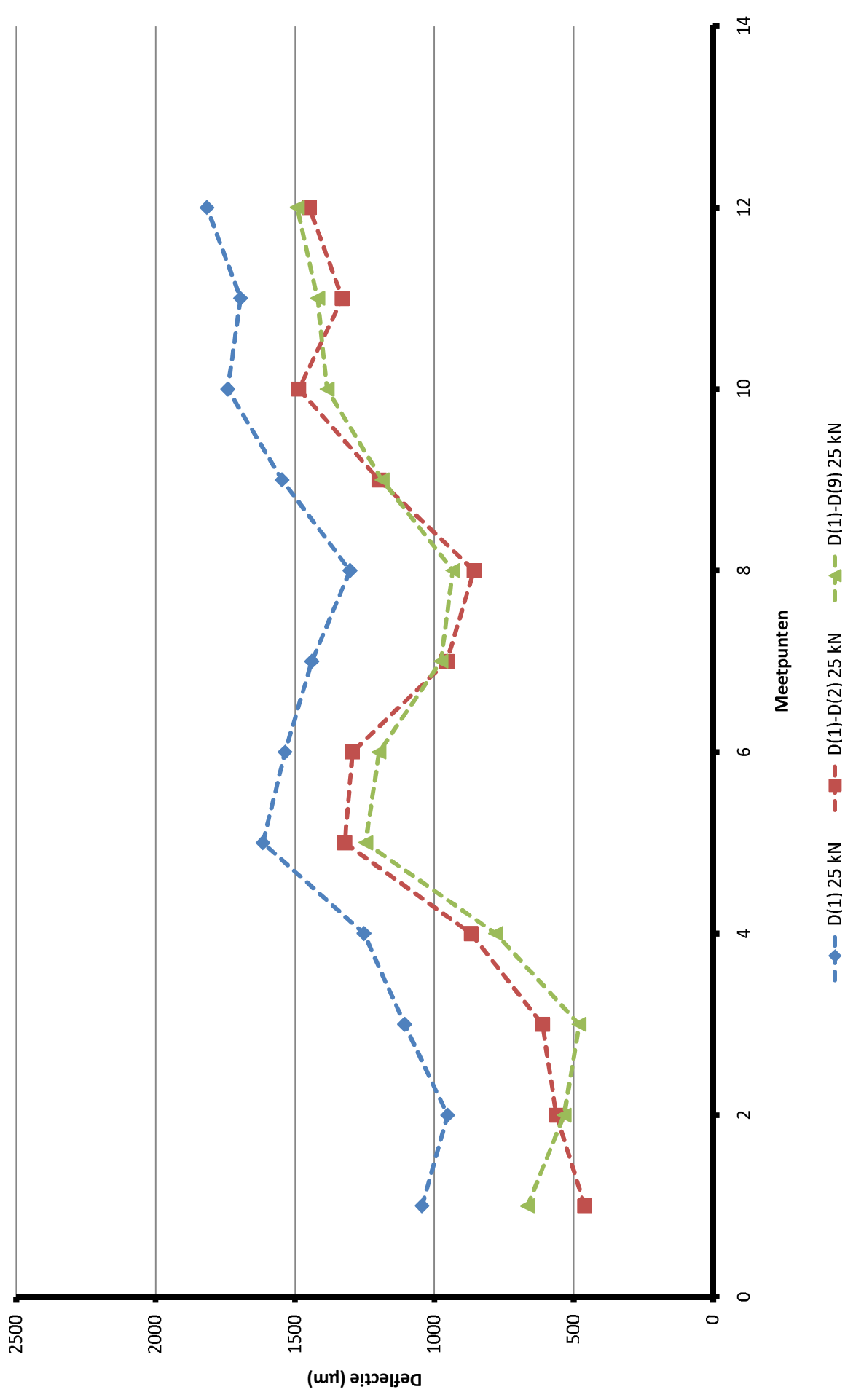
3/3 Loecite #	D(1) 0 mm	D(2) 480 mm	D(9) -390 mm	D(1)-D(2) voor	D(1)-D(9) achter	Spanning kN	Belasting kPa	D(1) 0 mm	D(2) 480 mm	D(3) 550 mm	D(4) 960 mm	D(5) 1300 mm	D(6) 1400 mm	D(7) 1900 mm	D(8) 2040 mm	D(9) -390 mm	Air	Sur.	Man.	Pulse time	
																					85% percentiel variatiecoëfficiënt
1	1184	725	457	459	727	1609	28,43	1122	687	388	110	67	64	55	54	433	17,9	18,4	19,6	20,22	
2	1375	463	534	912	840	1584	27,63	1286	428	299	113	84	74	62	54	482	18	18,5	19,6	20,21	
3	1346	658	815	688	530	1627	28,74	1289	630	327	110	76	72	53	51	781	17,9	18,5	19,6	20,23	
4	1573	467	585	1106	989	1635	28,89	1515	450	310	139	85	74	66	61	563	17,9	18,5	19,6	20,42	
5	1954	363	446	1601	1508	1642	29,02	1890	341	256	134	72	68	57	50	431	17,9	18,4	19,6	20,53	
6	1777	295	411	1483	1366	1706	30,15	1786	296	229	110	75	70	60	54	413	17,9	18,5	19,6	19,99	
7	1762	606	538	1156	1224	1552	27,43	1611	554	391	130	79	75	60	51	492	17,9	18,5	19,6	20,96	
8	1679	534	400	1145	1279	1440	25,44	1424	453	288	96	63	57	47	51	339	17,8	18,5	19,6	21,72	
9	2035	410	433	1625	1602	1524	26,93	1827	368	273	123	84	75	62	56	389	17,8	18,5	19,6	21,75	
10	2068	309	430	1749	1627	1562	27,16	1893	284	220	109	74	77	55	99	386	17,9	18,5	19,6	21,44	
11	2060	426	332	1653	1748	1577	27,67	1932	396	296	691	90	83	56	72	308	17,9	18,5	19,6	21,06	
12	2220	421	389	1788	1630	1588	28,06	2076	394	297	128	100	91	70	67	364	17,9	18,4	19,6	21,29	

Gemiddeld Standaard afwijking	maximum	minimum	85% percentiel	variatiecoëfficiënt	19%
331	135	127	421	67	1,19
2220	725	1830	1706	1706	30,15
1184	295	530	459	1440	25,44
2065	624	554	1687	1637	28,94

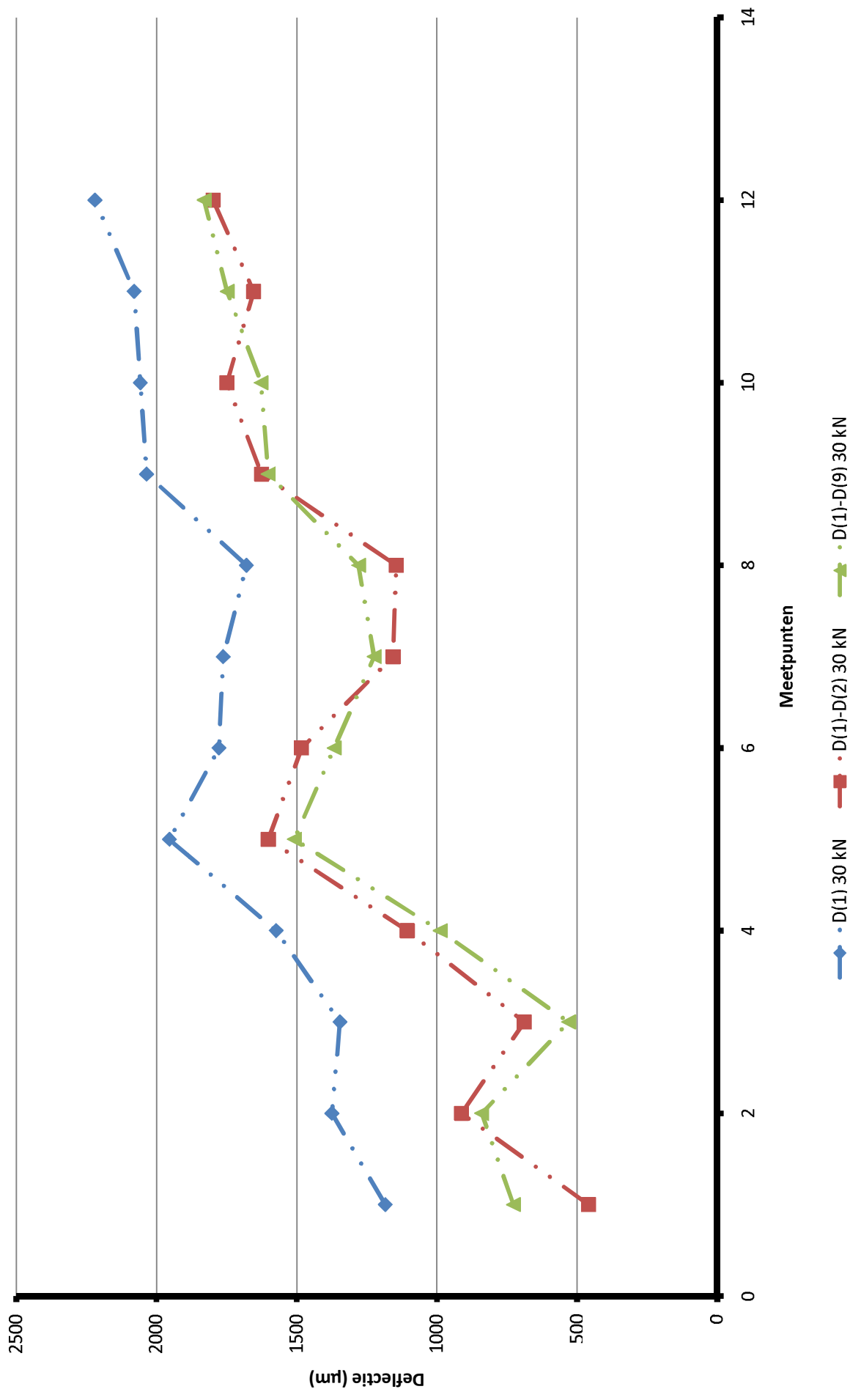
Serie D op haringmanblokken 15 kN



Serie D op haringmanblokken 25 kN

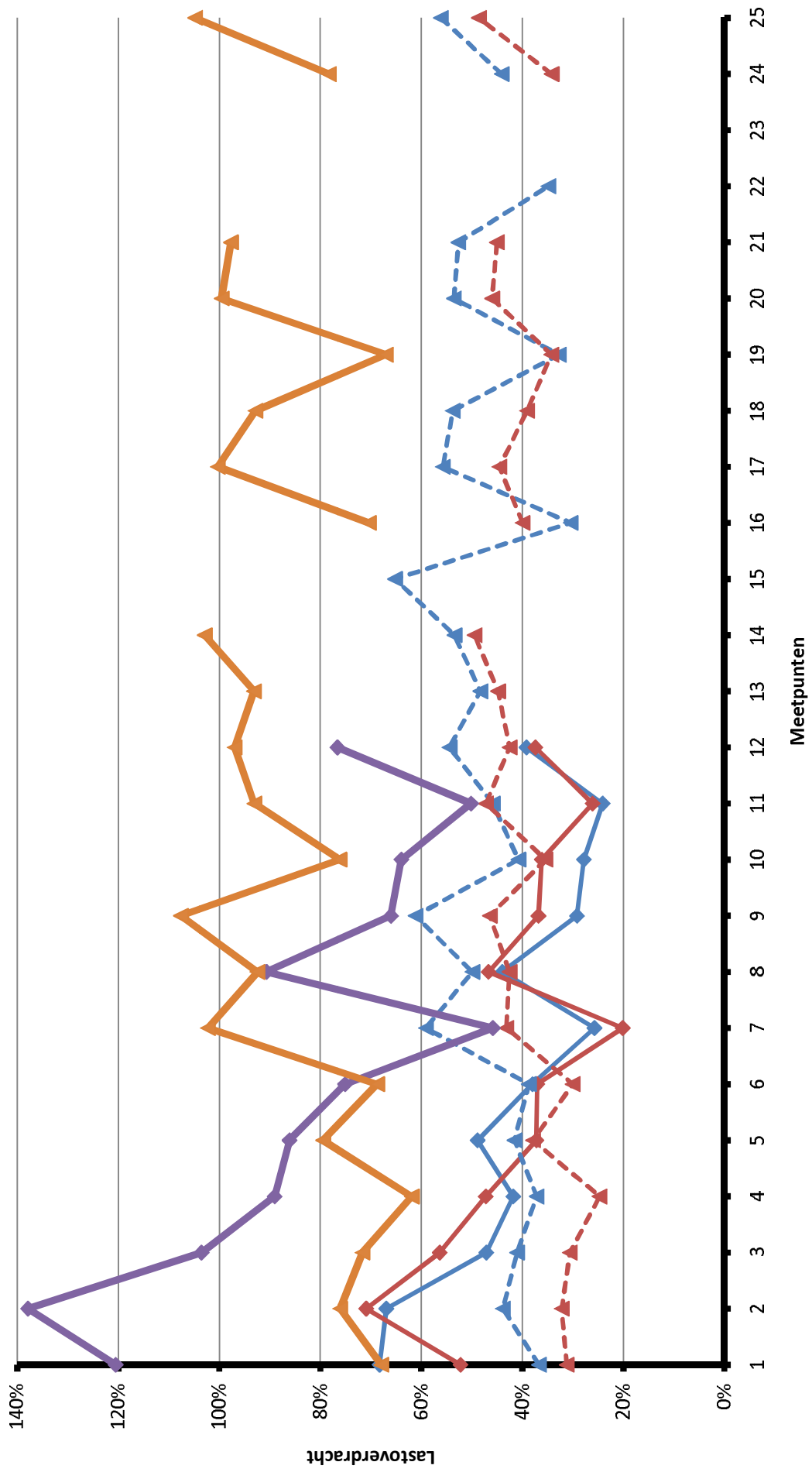


Serie D op haringmanblokken 30 kN



Bijlage 4 : Vergelijk lastoverdracht

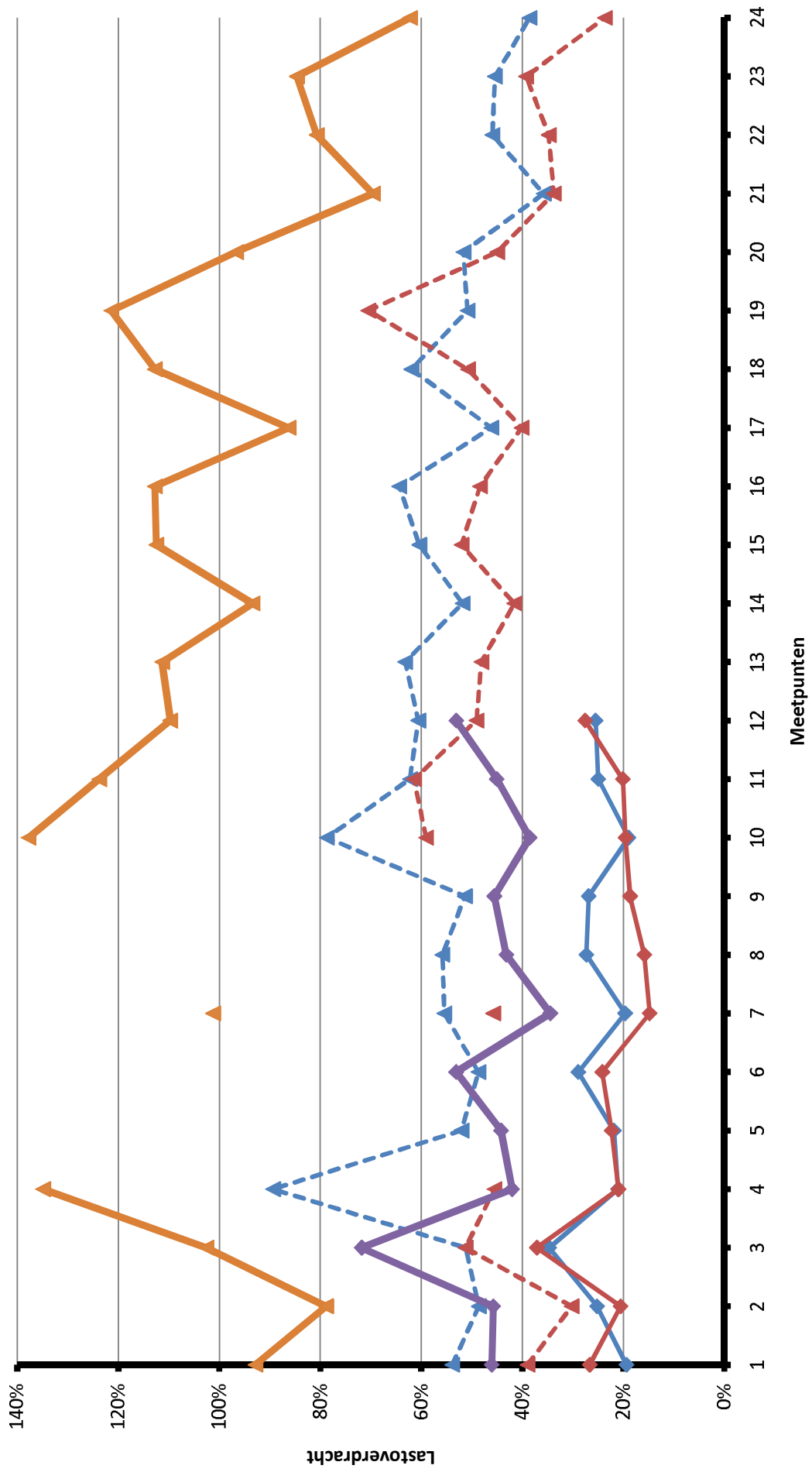
Vergelijk serie A (20 kN)



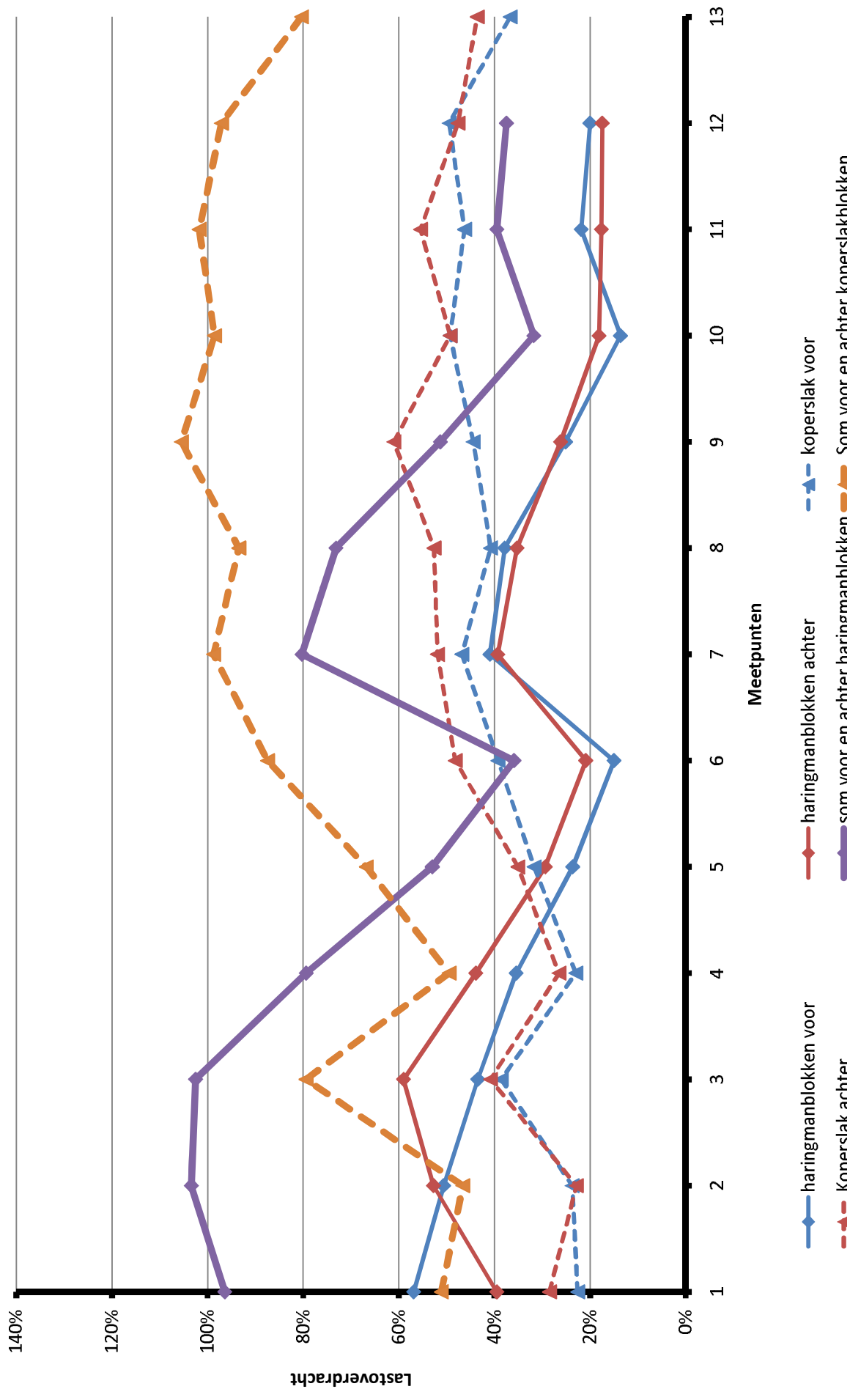
Koperslak Serie B: klapgrootte 15 kN, 0 gewichten van 40 mm

Locatie #	D(1) 0 mm	D(2) 300 mm	D(3) -300 mm	D(1)-D(2)		D(1)-D(3)		Spanning kPa	Belasting kN	Sommatie voor-achter	Procentueel verschil voor-achter	D(1) 0 mm	D(2) 300 mm	D(3) -300 mm	D(4) 600 mm	D(5) 900 mm	D(6) 1200 mm	D(7) 1500 mm	D(8) 1800 mm	D(9) 2100 mm	Air	Sur.	Man.	Pulse time		
				voor	achter	voor	achter																			
1	430	232	168	198	262	198	168	968	17.1	93%	39%	490	264	191	132	522	567	34	30	27	19.4	19.1	17.8	19.28		
2	450	219	136	231	314	198	136	893	15.77	79%	54%	473	230	143	77	266	39	30	739	664	19.6	19.5	17.8	19.68		
3	387	198	198	189	189	189	198	955	16.87	103%	51%	435	223	223	99	670	443	482	636	669	19.7	19.5	17.8	19.08		
4	538	481	245	57	293	481	245	935	16.52	46%	89%	593	530	270	134	77	48	249	318	281	19.9	19.7	17.8	19.59		
5*	561	292	1330	269	269	1330	269	921	16.27	135%	52%	609	317	1443	981	945	981	207	893	858	19.8	19.6	17.8	19.56		
6*	529	258	1313	272	272	1313	272	919	16.24	46%	49%	573	279	1421	113	825	46	34	36	25	20.1	19.8	17.8	19.54		
7	452	251	207	201	245	207	201	915	16.16	101%	55%	487	270	223	122	64	590	40	312	26	20.2	19.9	17.8	19.54		
8*	419	234	1035	185	185	1035	185	954	16.86	56%	56%	471	263	1163	764	659	743	690	732	858	20.2	19.8	17.8	19.3		
9	462	237	802	225	225	802	225	930	16.43	51%	51%	506	260	878	131	62	848	780	34	327	20.2	19.9	17.8	19.38		
10	281	221	166	60	115	166	60	951	16.81	59%	79%	315	248	186	452	382	427	471	202	26	20.1	19.9	17.8	19.19		
11	339	211	208	128	130	208	128	950	16.79	61%	62%	379	236	233	130	72	41	32	312	289	20.2	19.9	17.8	19.06		
12	445	289	218	175	226	218	175	945	16.7	110%	61%	495	300	243	138	64	47	810	820	681	20.2	20	17.8	19.2		
13	383	242	184	141	199	184	141	939	16.59	48%	63%	424	268	204	145	591	582	520	429	495	20.4	20.3	17.8	19.27		
14	540	280	225	260	315	225	260	937	16.55	93%	52%	596	309	248	148	76	725	544	726	661	20.6	20.4	17.8	19.56		
15	445	289	232	176	214	232	176	934	16.5	112%	60%	490	296	255	119	72	48	540	30	420	20.4	20.4	17.8	19.43		
16	516	332	250	184	266	250	184	928	16.4	48%	64%	564	363	273	169	694	665	38	458	23	20.5	20.5	17.8	19.72		
17	517	238	207	278	309	207	278	933	16.49	86%	40%	568	262	228	122	699	750	675	446	596	20.2	20.3	17.8	19.6		
18	350	217	178	133	172	178	133	950	16.79	51%	62%	392	243	199	128	68	47	39	34	418	20.3	20.4	17.8	19.33		
19	522	266	368	257	154	368	257	943	16.66	71%	51%	580	295	409	153	76	49	189	138	32	20.5	20.5	17.8	19.57		
20	402	208	181	194	221	208	181	948	16.76	45%	52%	449	232	202	124	680	698	799	816	660	20.6	20.5	17.8	19.14		
21	461	165	156	296	305	156	296	932	16.47	34%	36%	506	181	171	96	254	45	36	513	29	20.6	20.5	17.8	19.27		
22	487	224	169	263	318	169	263	922	16.29	81%	46%	529	243	184	111	64	48	44	39	36	20.7	20.6	17.8	19.37		
23	409	186	161	224	249	161	224	972	17.18	85%	39%	469	213	184	103	68	53	44	37	31	20.7	20.5	17.8	19.19		
24	534	206	126	328	408	126	328	947	16.74	62%	39%	596	230	141	110	610	489	42	543	535	20.8	20.7	17.8	19.55		
gemiddeld	453	247	353	205	245	353	205	938	16.58	101%	55%	453	247	171	115	610	489	42	543	535	20.8	20.7	17.8	19.55		
standaard afwijking	73	62	365	69	74	365	69	17	0.31	0.21	0.11	73	62	365	69	17	0.31	0.21	0.11	73	62	365	69	17	0.31	
Maximum	561	481	1330	328	408	1330	328	138%	71%	138%	89%	561	481	1330	328	408	1330	328	408	1330	328	408	1330	328	408	1330
Minimum	281	165	126	57	115	126	57	62%	24%	62%	36%	281	165	126	57	115	126	57	115	126	57	115	126	57	115	126

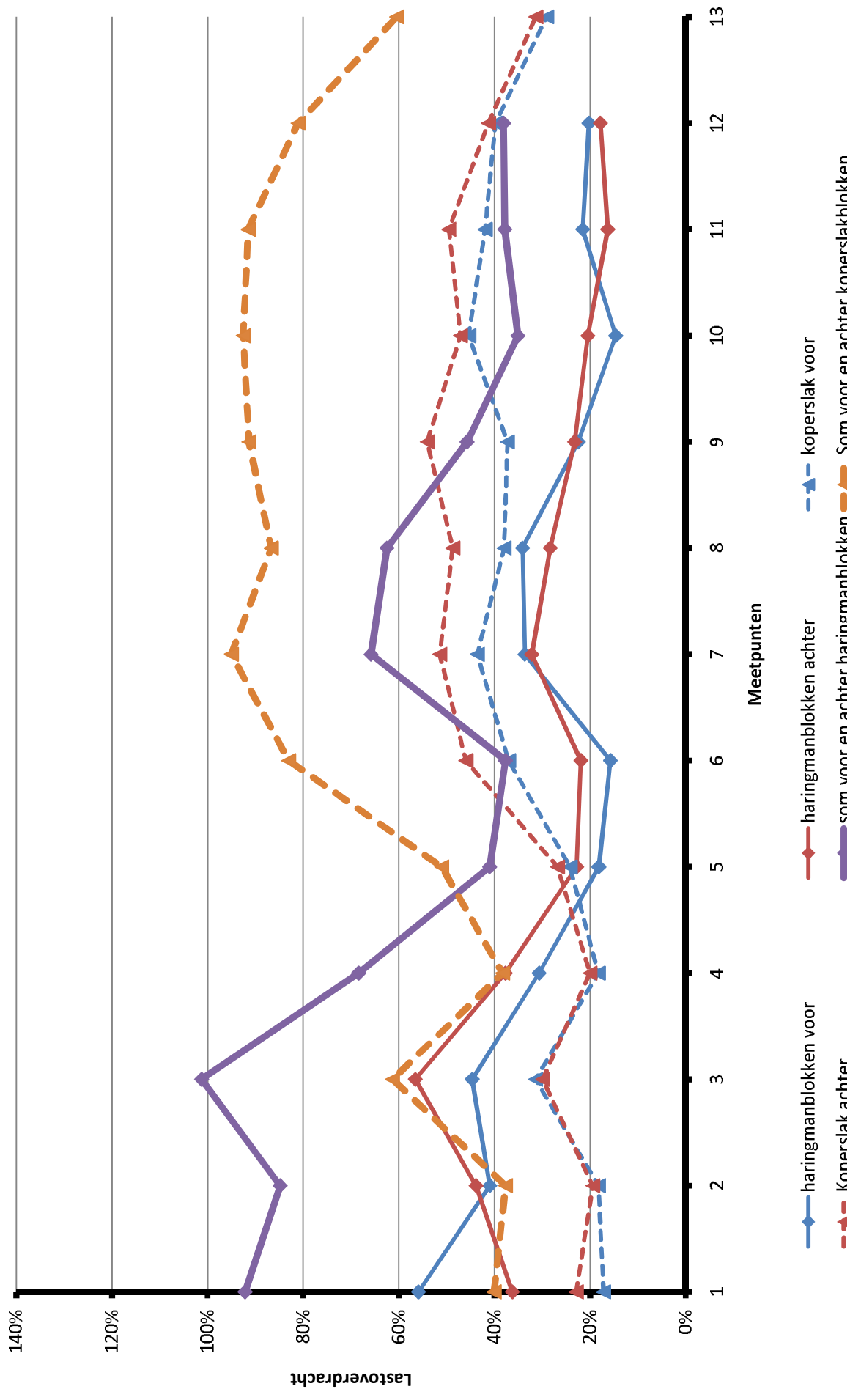
Vergelijk serie B (15 kN)



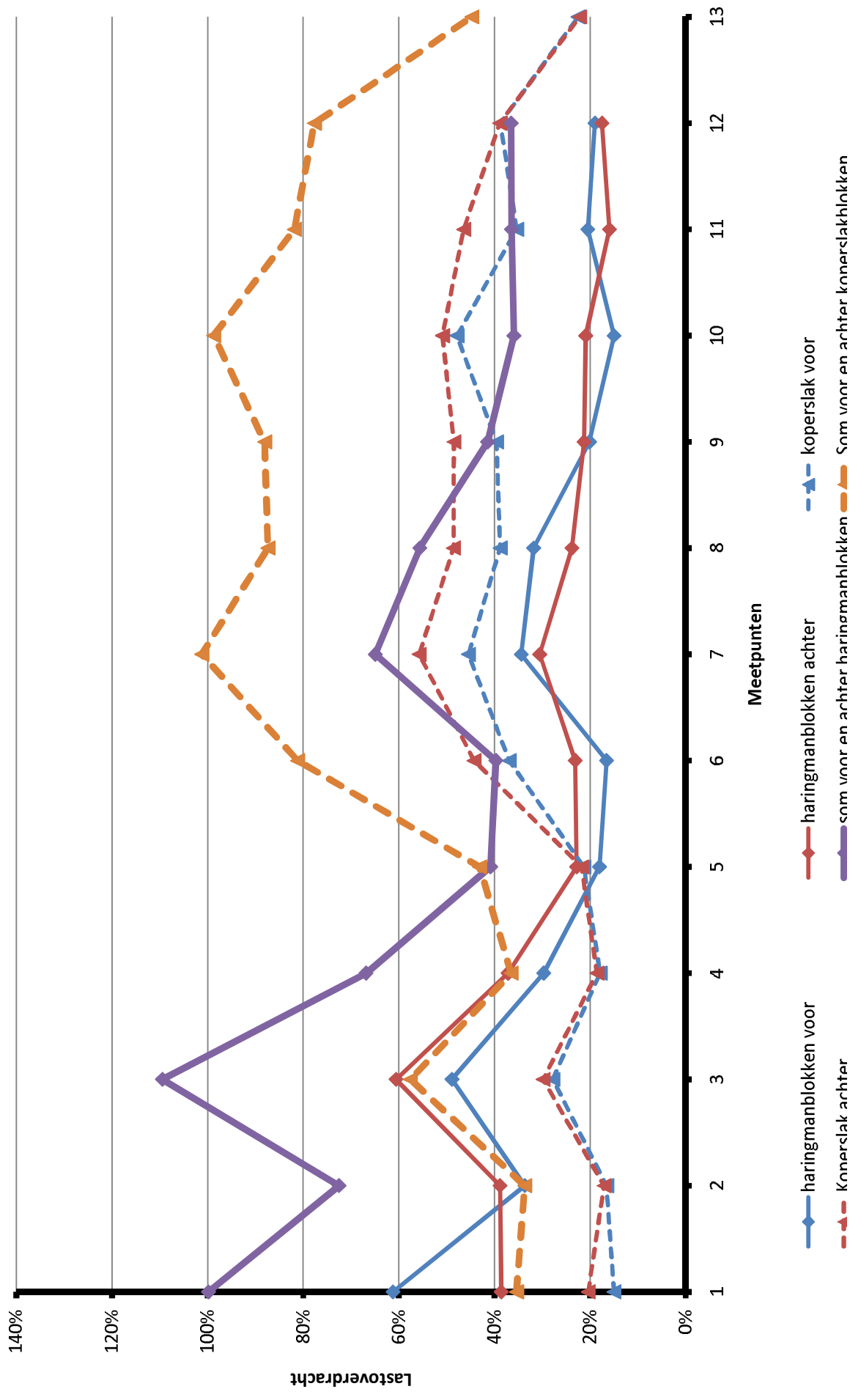
Vergelijk serie D 1/3 (15 kN)



Vergelijk serie D 2/3 (25 kN)



Vergelijk serie D 3/3 (30 kN)



Bijlage 5 : Vergelijk lastherhaling

Haringman Serie C: klapgrootte 15 kN, 0 gewichten van 40 mm, 12 klappen

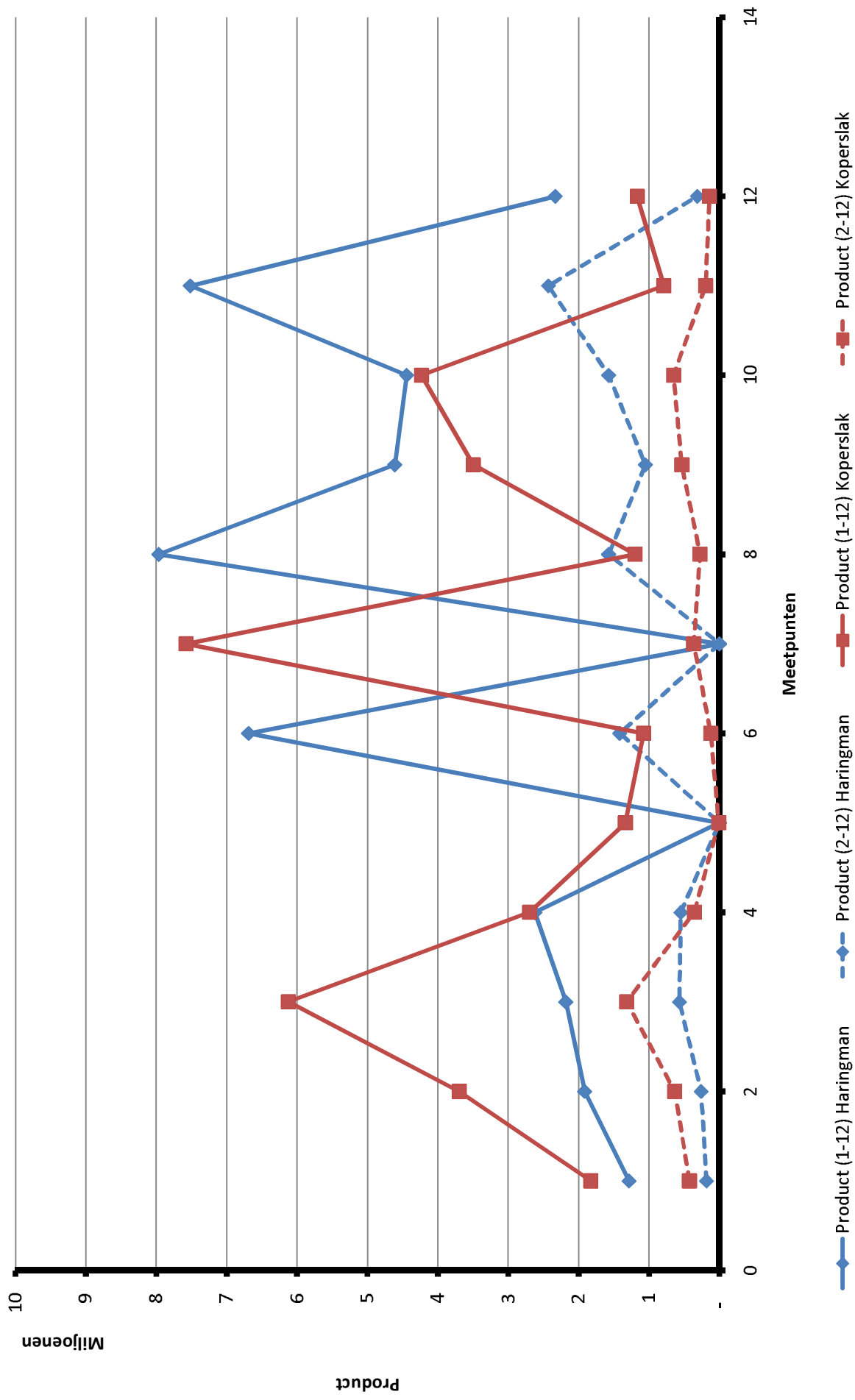
15 kN

Klappen	Locatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Gemiddelde	Standardsafw.	Maximum	Minimum	85% percentiel	var.coef.
	1	647	923	818	942	1383	1503	1192	1291	1633	1304	1633	911	1124	324	1633	647	1461	29%
	2	437	733	576	688	856	823	1063	1063	1304	1304	1304	651	791	247	1304	437	990	31%
	3	424	703	536	655	778	792	1003	1003	1253	1253	1253	623	746	236	1253	424	929	32%
	4	410	685	516	637	846	854	964	964	1211	1211	1211	612	719	227	1211	410	891	32%
	5	405	682	500	631	838	846	951	951	1176	1176	1176	606	705	220	1176	405		
	6	401	680	491	627	811	819	936	936	1160	1160	1160	599	694	217	1160	401		
	7	400	683	483	622	803	810	931	931	1148	1148	1148	600	689	215	1148	400		
	8	399	686	479	619	801	808	926	926	1136	1136	1136	602	685	212	1136	399		
	9	399	690	479	620	801	808	923	923	1130	1130	1130	603	681	211	1130	399		
	10	397	695	475	617	805	812	914	914	1125	1125	1125	604	678	210	1125	397		
	11	395	694	473	615	806	813	913	913	1118	1118	1118	605	675	209	1118	395		
	12	396	699	472	610	807	814	912	912	1115	1115	1115	605	673	208	1115	396		
Som verschillen (1-12)		251	224	346	333	811	847	499	379	518	379	518	306	376	265	847	0		
Som verschillen (2-12)		41	34	104	79	206	199	131	151	189	151	189	47	98	76	206	0		
Som totaal (1-12)		5111	8552	6298	7882	9406	9237	11727	11727	14511	14511	14511	7622	7383	4210	14511	0		
Som totaal (2-12)		4464	7629	5480	6940	7902	8046	10436	10436	12877	12877	12877	6711	6446	3715	12877	0		
Procentueel (1-12)		4.92%	2.62%	5.50%	4.22%	9.83%	9.00%	5.40%	3.23%	3.57%	3.23%	3.57%	4.01%	5.23%	2.40%	9.83%	2.62%		
Procentueel (2-12)		0.92%	0.45%	1.89%	1.14%	3.01%	2.52%	1.63%	1.45%	1.46%	1.45%	1.46%	0.70%	1.51%	0.80%	3.01%	0.45%		
Product (1-12)		1,284,621	1,915,568	2,181,871	2,621,630	6,688,576	7,962,272	4,610,891	4,442,473	7,515,670	4,442,473	7,515,670	2,330,892	3,462,872	2,765,114	7,962,272	-		
Product (2-12)		182,875	259,563	567,971	547,148	1,416,775	1,573,994	1,052,243	1,574,089	2,428,819	1,574,089	2,428,819	313,334	826,401	774,276	2,428,819	-		

Koperslak Serie C: klapgrootte 15 kN, 0 gewichten van 40 mm, 12 klappen

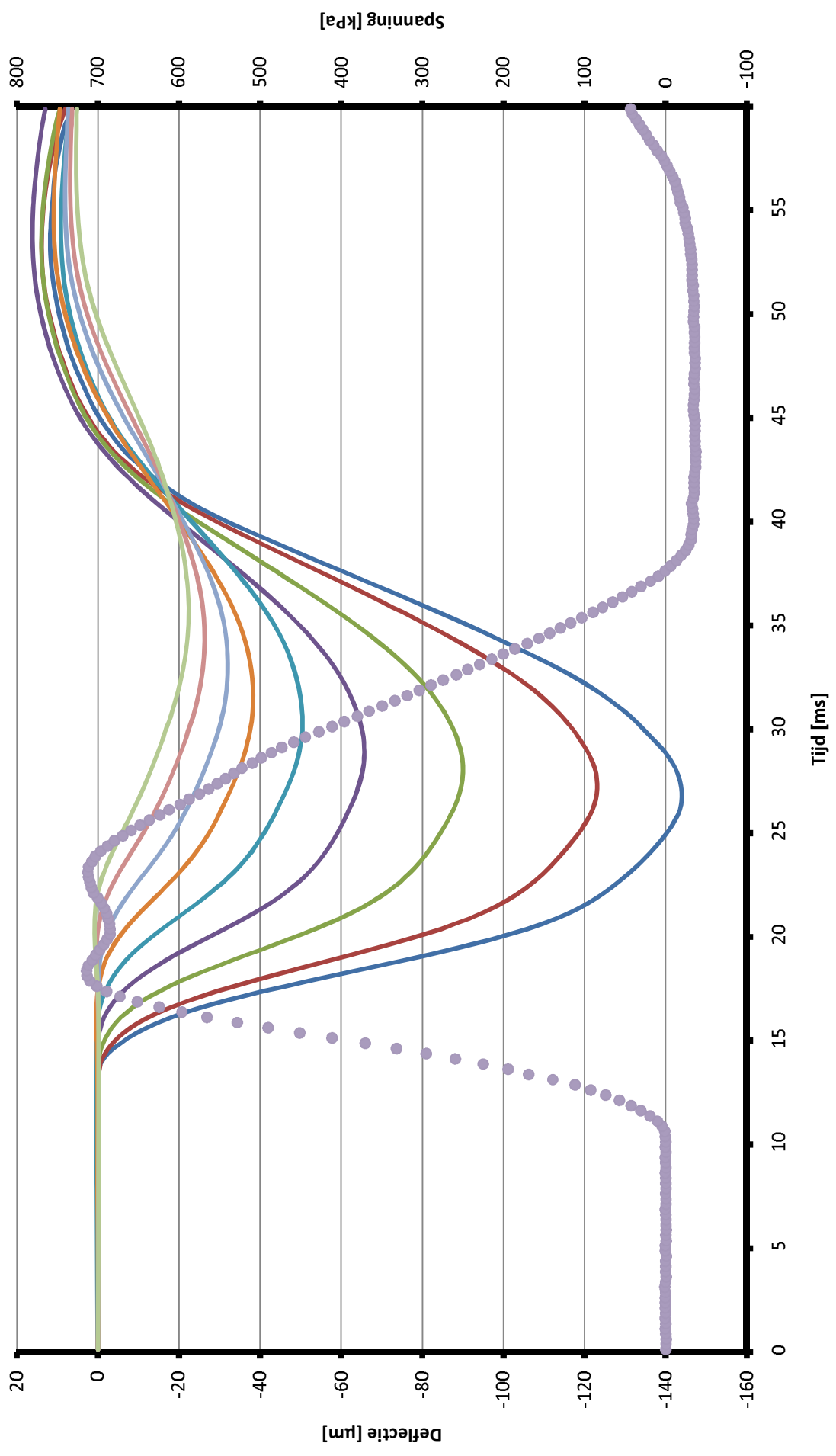
		15 kN																	
Klappen	Locatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Gemiddelde	Standardsafw.	Maximum	Minimum	85% percentiel	var.coef.
	1	720	1037	1325	895	762	615	1597	612	1017	1118	512	631	903	328	1597	512	1191	36%
	2	423	585	747	513	571	430	494	428	510	593	377	433	509	103	747	377	588	20%
	3	378	543	670	479	556	413	460	407	451	528	352	413	471	90	670	352	547	19%
	4	350	509	622	463	555	407	449	390	427	503	339	406	452	84	622	339	525	19%
	5	339	499	591	450	556	402	437	382	413	490	332	401	441	81	591	332		
	6	330	488	582	454	559	399	438	377	412	483	327	401	438	81	582	327		
	7	327	477	568	453	561	399	436	374	403	479	327	401	434	79	568	327		
	8	322	472	555	456	564	399	431	371	398	476	327	399	431	78	564	322		
	9	314	472	547	454	565	397	425	369	396	475	325	400	428	78	565	314		
	10	311	472	560	453	567	397	422	366	395	473	324	399	427	80	567	311		
	11	309	470	548	439	569	401	421	365	394	473	324	399	426	79	569	309		
	12	308	468	545	442	569	402	418	363	394	473	323	401	426	80	569	308		
Som verschillen (1-12)		412	569	780	453	192	213	1179	249	623	645	189	230	478	301	1179	189		
Som verschillen (2-12)		115	117	202	71	2	28	76	65	116	120	54	32	83	54	202	2		
Som totaal (1-12)		4432	6492	7850	5952	6953	5060	6426	4804	5611	6566	4189	5083	5785	1111	7850	4189		
Som totaal (2-12)		3712	5454	6525	5057	6192	4445	4829	4192	4593	5447	3677	4453	4881	897	6525	3677		
Procentueel (1-12)		9.30%	8.77%	9.94%	7.61%	2.76%	4.21%	18.34%	5.19%	11.11%	9.82%	4.50%	4.52%	8.01%	4.27%	18.34%	2.76%		
Procentueel (2-12)		3.09%	2.14%	3.10%	1.40%	0.02%	0.62%	1.57%	1.56%	2.53%	2.20%	1.46%	0.71%	1.70%	0.96%	3.10%	0.02%		
Product (1-12)		1,826,190	3,696,275	6,124,334	2,696,524	1,336,346	1,077,735	7,574,994	1,197,947	3,497,007	4,233,685	790,495	1,168,957	2,935,041	2,180,700	7,574,994	790,495		
Product (2-12)		426,266	636,765	1,318,931	357,944	9,562	123,378	366,294	274,317	533,881	652,298	197,766	141,189	419,883	348,185	1,318,931	9,562		

Vergelijk serie C (15 kN)

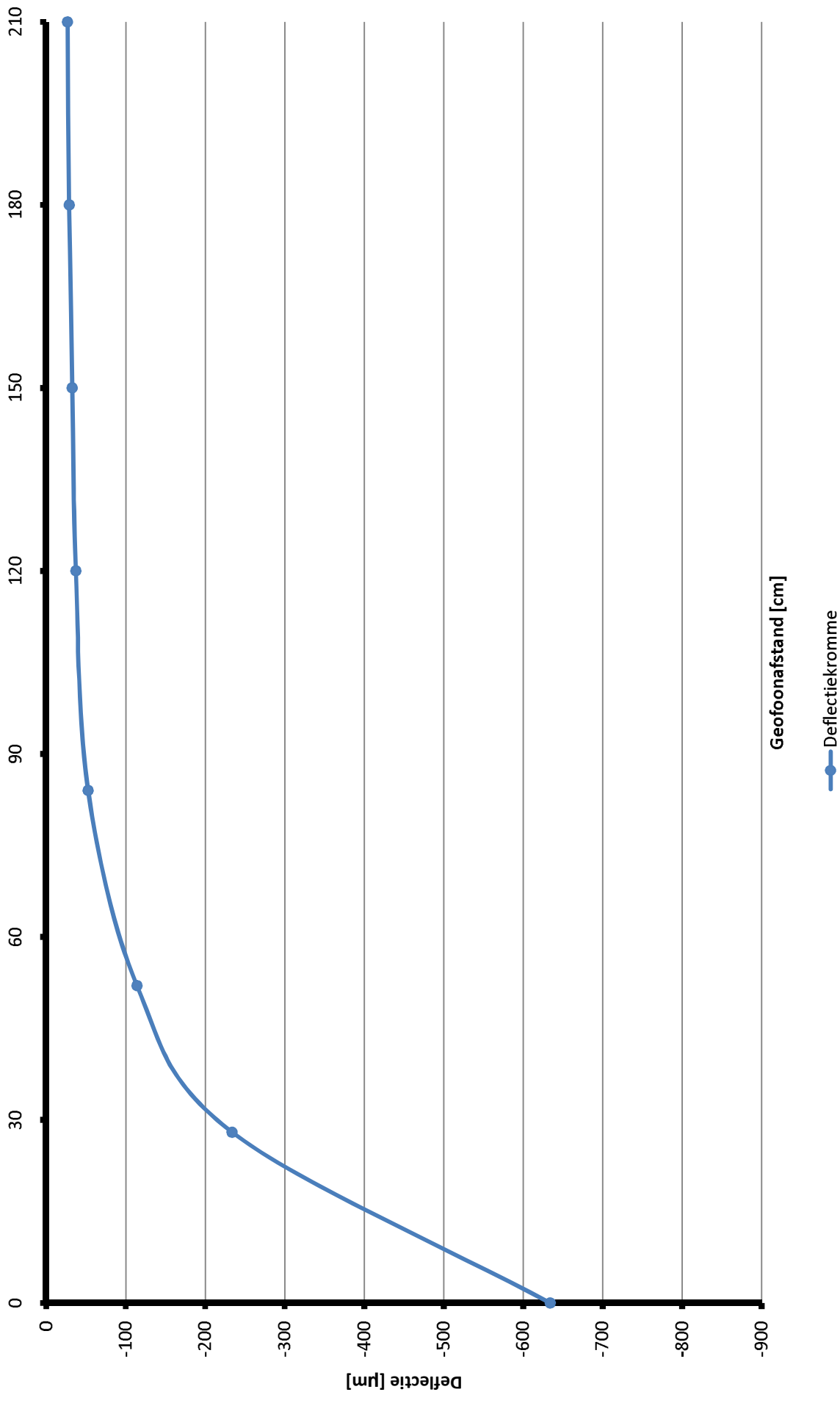


Bijlage 6 : Voorbeelden verloop deflecties en spanning in 60 ms

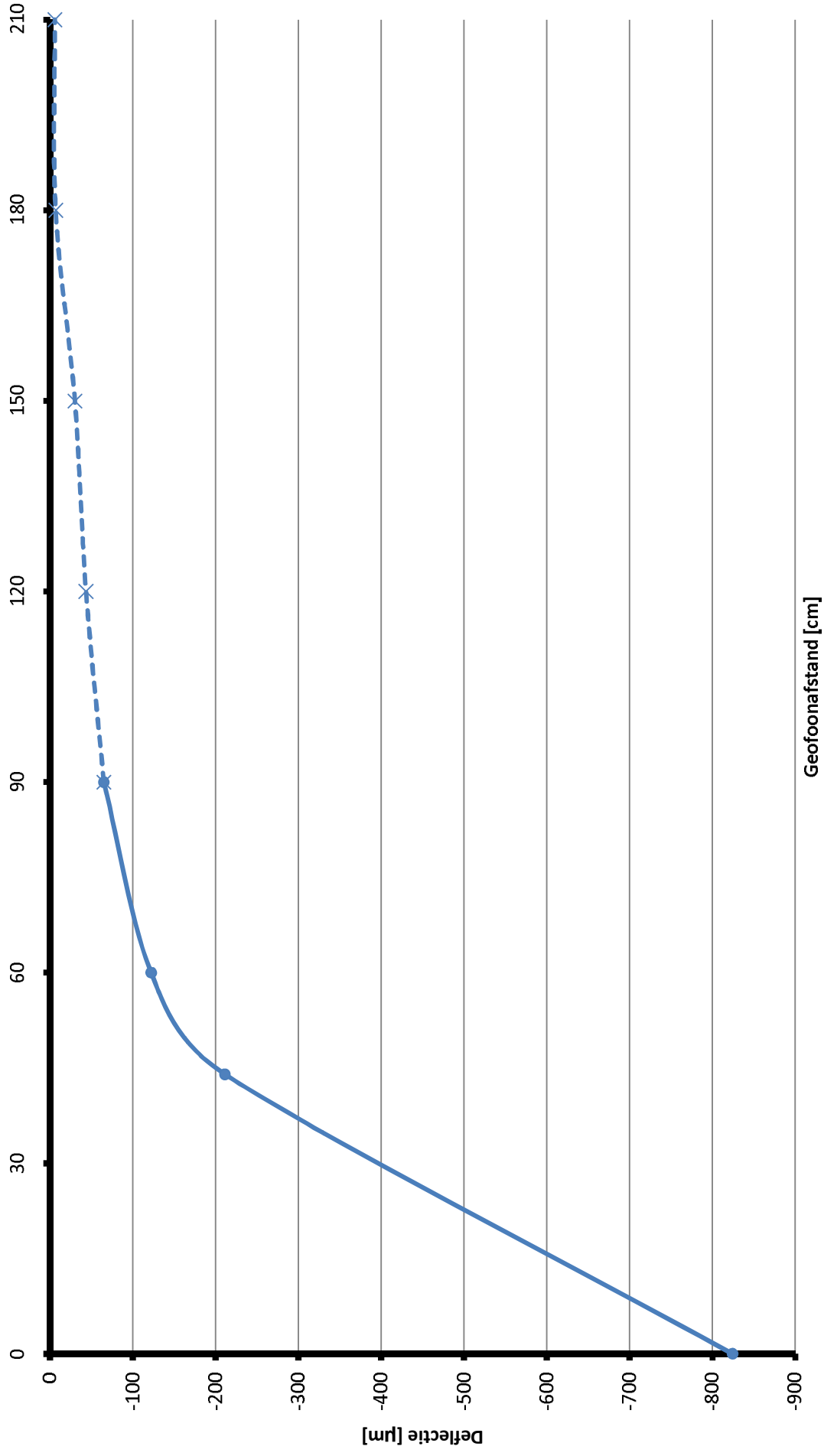
Verloop deflectie en contactspanning op een wegconstructie



Deflectiekromme Koperslabbloken



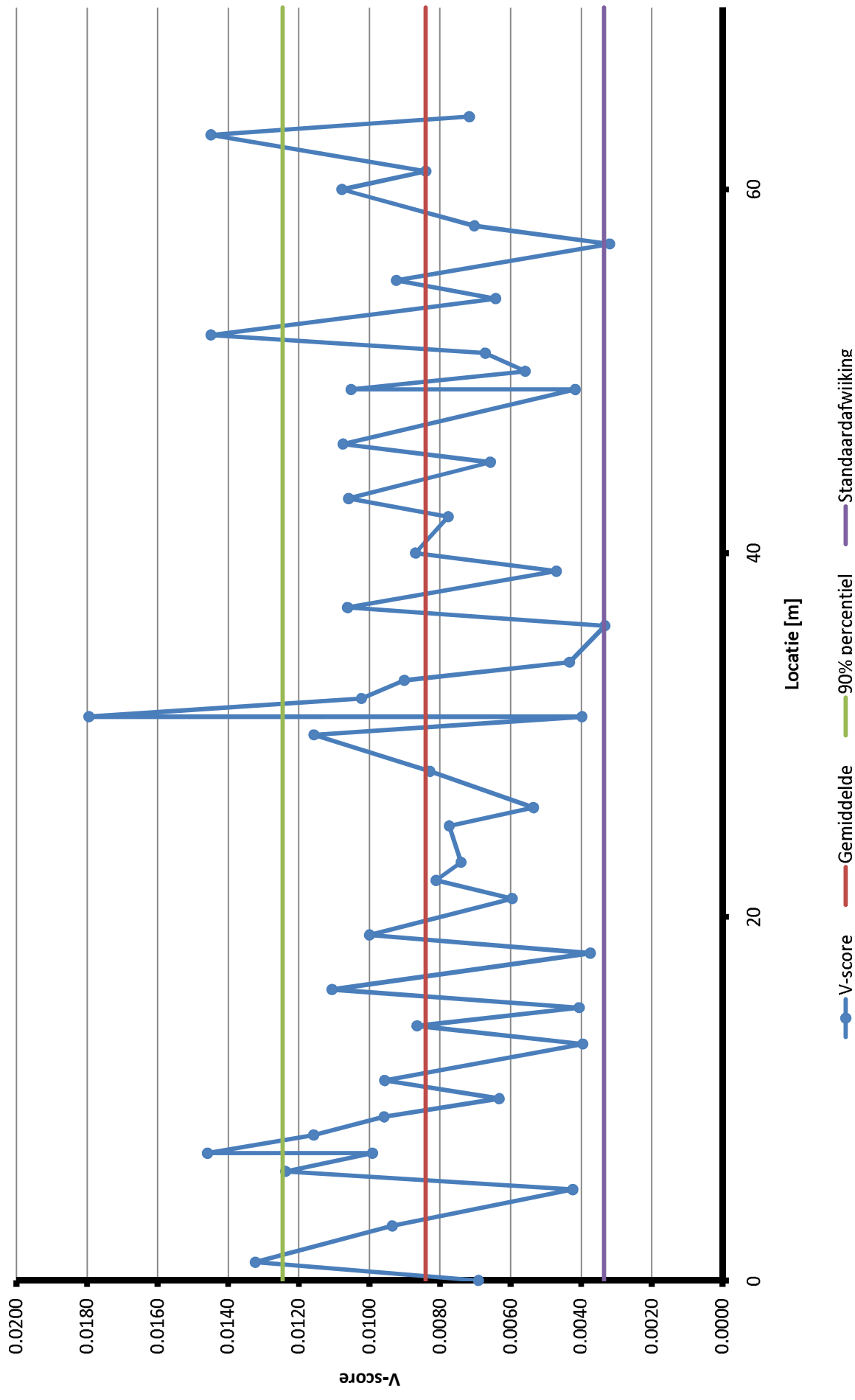
Deflectiekromme Haringmanblokken



Deflectiekromme foutieve verloop deflectie

Bijlage 7 : Resultaten tweede meetronde

Oesterdam Koperslablokken 15kN



Haringsanblikken - Oesterdam

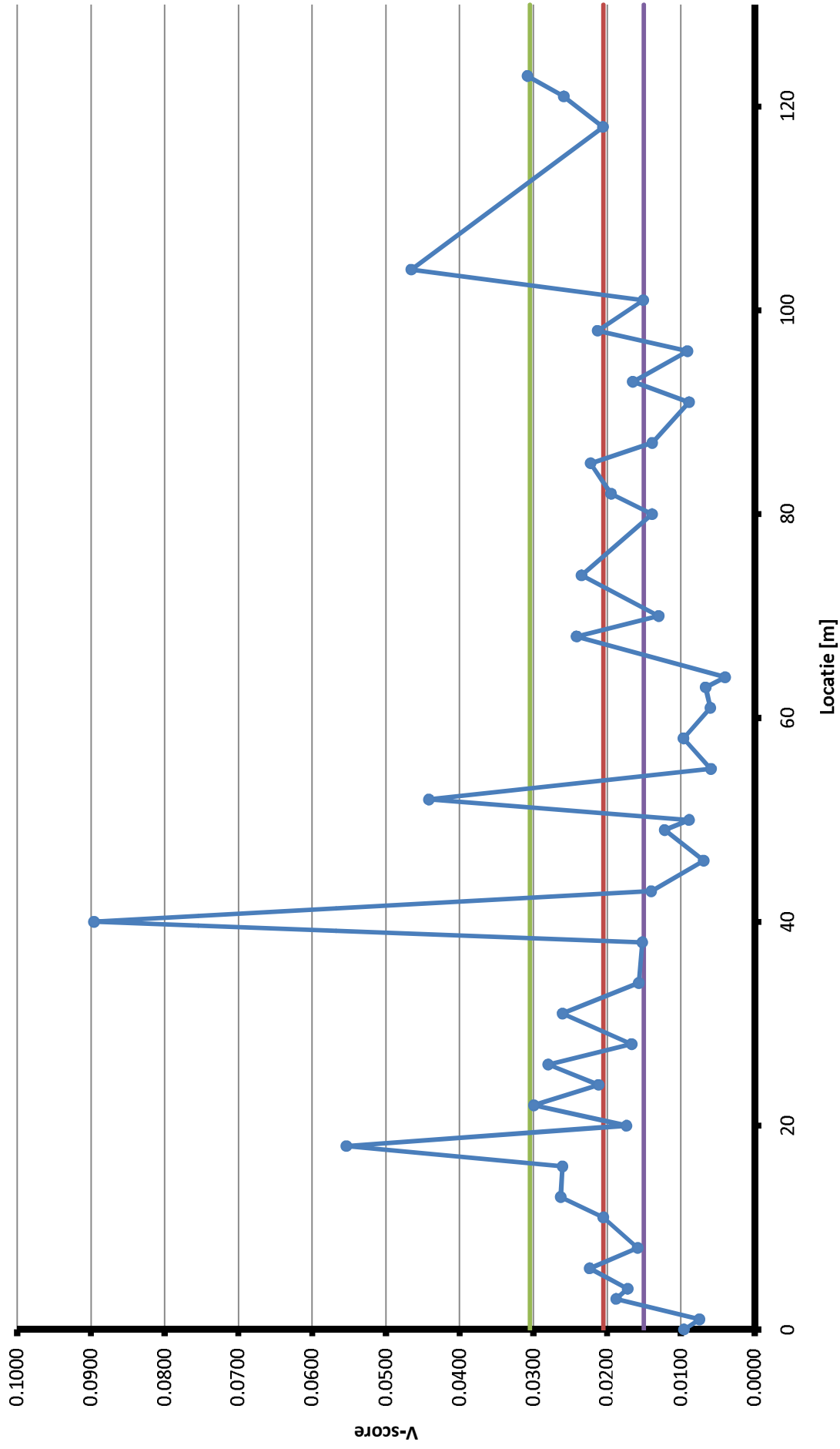
Ongesorteerd	Locatie #	Afstand [m]	D(1) 0 mm	D(2) 440 mm	D(9) -500 mm	D(0)-D(2)		D(0)-D(9)		D(1) 0 mm	D(2) 440 mm	D(3) 600 mm	D(4) 900 mm	D(5) 1200 mm	D(6) 1500 mm	D(7) 1800 mm	D(8) 2100 mm	D(9) -500 mm	Air	Sur.	Man.	Pulse time	
						voor	achter	voor	achter														
	1	0	173	110	71	64	102	102	189	126	84	28	18	15	12	12	12	82	7.2	8.3	14	17.63	
	2	1	149	102	66	83	83	1023	974	126	84	28	18	15	12	12	12	79	7.2	8.2	14	17.63	
	3	3	230	109	62	139	109	893	1023	126	84	28	18	15	12	12	12	72	7.1	8.2	14	17.63	
	4	4	240	80	83	150	80	988	988	280	69	40	28	23	22	22	22	97	7.1	8.1	14	17.44	
	5	6	304	145	73	159	145	1003	1003	359	71	40	20	183	90	20	183	90	7.1	8.1	14	18.25	
	6	8	210	73	76	137	73	977	977	172	114	561	29	34	20	35	17	25	84	7.1	8.1	14	17.57
	7	11	354	88	63	165	88	1030	1030	308	108	67	406	31	27	21	167	77	7.2	8.2	14	17.75	
	8	13	303	110	74	227	110	1015	1015	178	362	91	27	22	22	22	20	89	7.2	8.2	14	17.96	
	9	16	313	100	86	203	100	907	907	160	334	117	89	34	22	21	34	70	7.2	8.2	14	18.51	
	10	18	545	61	72	484	61	967	967	179	621	69	49	36	27	23	23	17	82	7.2	8.2	14	17.96
	11	20	229	96	59	131	96	1017	1017	172	263	113	89	38	25	23	29	0	69	7.3	8.3	14	18.07
	12	22	245	90	64	174	90	1027	1027	161	401	97	64	34	23	27	21	300	7.3	8.3	14	18.07	
	13	24	245	71	53	174	71	981	981	176	286	83	60	38	23	27	17	157	7.4	8.4	14	17.84	
	14	26	218	14	46	139	14	952	952	177	343	90	38	23	32	17	18	16	78	7.4	8.4	14	17.76
	15	26	218	79	68	148	79	972	972	177	350	91	68	41	33	26	20	18	78	7.4	8.4	14	17.76
	16	31	290	68	69	142	68	986	986	177	331	81	68	41	33	26	20	18	78	7.4	8.4	14	17.76
	17	34	290	222	68	134	222	1016	1016	172	331	81	68	41	33	26	20	18	78	7.4	8.4	14	17.76
	18	38	191	134	83	138	134	886	886	176	238	78	50	31	25	22	19	265	7.4	8.3	14	17.75	
	19	40	181	120	91	144	120	1001	1001	169	225	74	48	37	25	21	17	44	7.4	8.4	14	17.6	
	20	43	190	56	57	175	56	975	975	172	225	74	48	37	25	21	17	44	7.4	8.4	14	17.6	
	21	46	131	89	69	122	89	990	990	175	222	74	48	37	25	21	17	44	7.4	8.4	14	18.86	
	22	49	175	81	68	117	81	958	958	156	222	74	48	37	25	21	17	44	7.4	8.4	14	17.51	
	23	50	165	103	73	82	103	1000	1000	169	222	74	48	37	25	21	17	44	7.4	8.4	14	17.49	
	24	52	451	137	88	373	137	956	956	169	508	88	62	33	19	17	7	6	86	7.4	8.5	14	17.36
	25	55	171	88	83	48	88	1010	1010	178	163	105	70	40	28	20	19	16	89	7.4	8.5	14	17.41
	26	58	171	96	79	75	96	952	952	168	192	108	64	30	20	17	14	89	7.5	8.5	14	17.33	
	28	63	134	84	69	75	84	1018	1018	157	134	77	51	31	20	17	13	89	7.5	8.5	14	17.61	
	29	64	108	74	72	33	74	1018	1018	142	89	55	27	24	29	22	22	0	73	7.5	8.5	14	17.57
	30	68	268	74	45	194	74	986	986	176	176	142	89	55	27	24	29	0	73	7.5	8.5	14	17.42
	31	70	180	84	45	106	84	1018	1018	142	89	55	27	24	29	22	22	0	73	7.5	8.5	14	17.42
	32	74	280	86	55	191	86	989	989	176	174	142	89	55	27	24	29	0	73	7.5	8.5	14	17.42
	33	80	203	84	72	129	84	989	989	174	142	89	55	27	24	29	22	0	73	7.5	8.5	14	17.57
	34	82	202	88	68	129	88	989	989	174	142	89	55	27	24	29	22	0	73	7.5	8.5	14	17.42
	35	86	188	86	68	146	86	989	989	174	142	89	55	27	24	29	22	0	73	7.5	8.5	14	17.42
	36	87	168	86	68	146	86	989	989	174	142	89	55	27	24	29	22	0	73	7.5	8.5	14	17.42
	37	91	172	105	86	114	105	986	986	171	142	89	55	27	24	29	22	0	73	7.5	8.5	14	17.42
	38	93	204	86	62	144	86	971	971	171	142	89	55	27	24	29	22	0	73	7.5	8.5	14	17.42
	39	96	142	68	59	88	68	960	960	173	236	70	50	36	27	24	26	164	7.8	8.8	14	17.54	
	40	98	251	68	59	88	68	960	960	173	236	70	50	36	27	24	26	164	7.8	8.8	14	17.54	
	41	101	199	77	60	123	77	1036	1036	183	306	90	67	39	31	30	31	390	7.8	8.8	14	17.51	
	42	104	484	65	98	366	65	975	975	172	239	88	64	32	33	28	19	398	7.3	7.8	8.8	14	17.7
	43	118	242	89	80	173	89	945	945	167	539	72	380	30	30	27	486	374	109	7.9	8.9	14	17.65
	44	121	308	88	26	220	88	981	981	173	326	80	59	32	26	24	18	289	69	8	9	14	18.02
	45	123	338	74	89	264	74	954	954	168	346	99	64	38	27	24	18	14	90	8	9	14	18.04

gemiddeld 17.26
standaard afwijking 34
Maximum 0.61
Minimum 0.0096
90% Percentage 0.0040
95% Percentage 0.0005
73%
Variatie coëfficiënt 0.0035

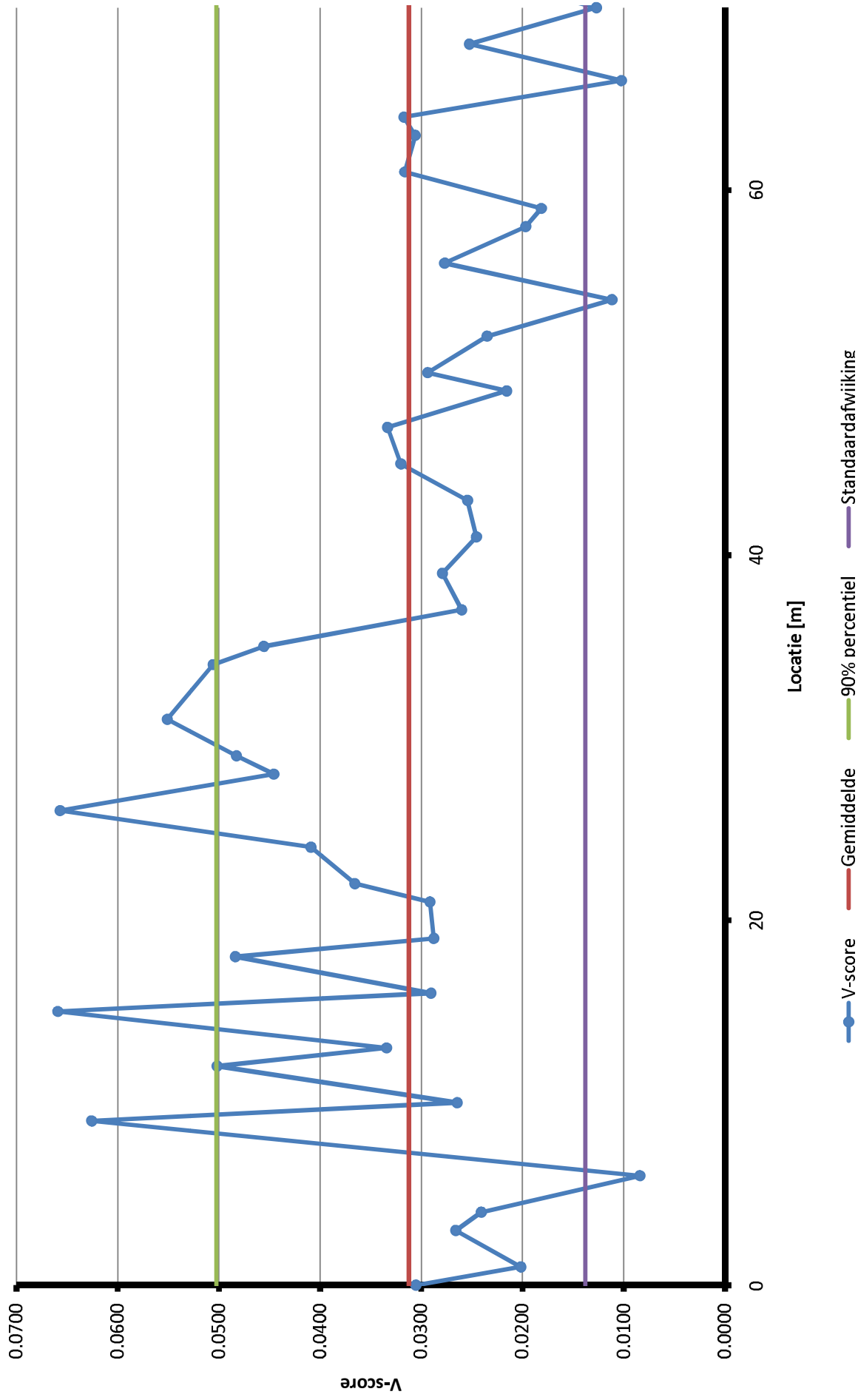
GEM 0.0205
STDEV 0.0150
90% PERCT 0.0305
28% 0.0180
112% 0.0305

GEM 0.0205
STDEV 0.0150
90% PERCT 0.0305
28% 0.0180
112% 0.0305

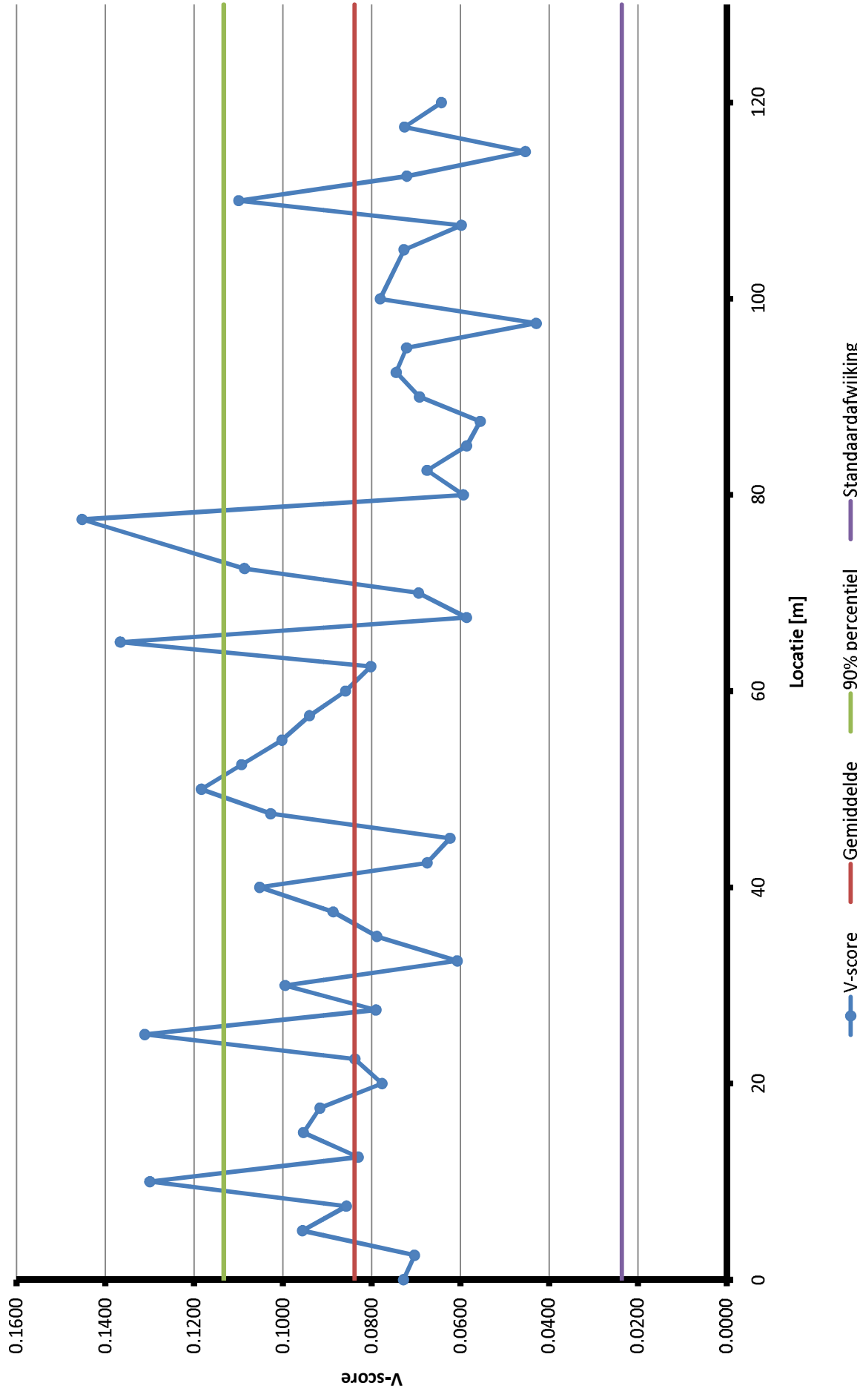
Oesterdam Haringmanblokken 15kN



Poortvliet Hydroblocks 15kN



Scherpenisse Haringmanblokken 15kN

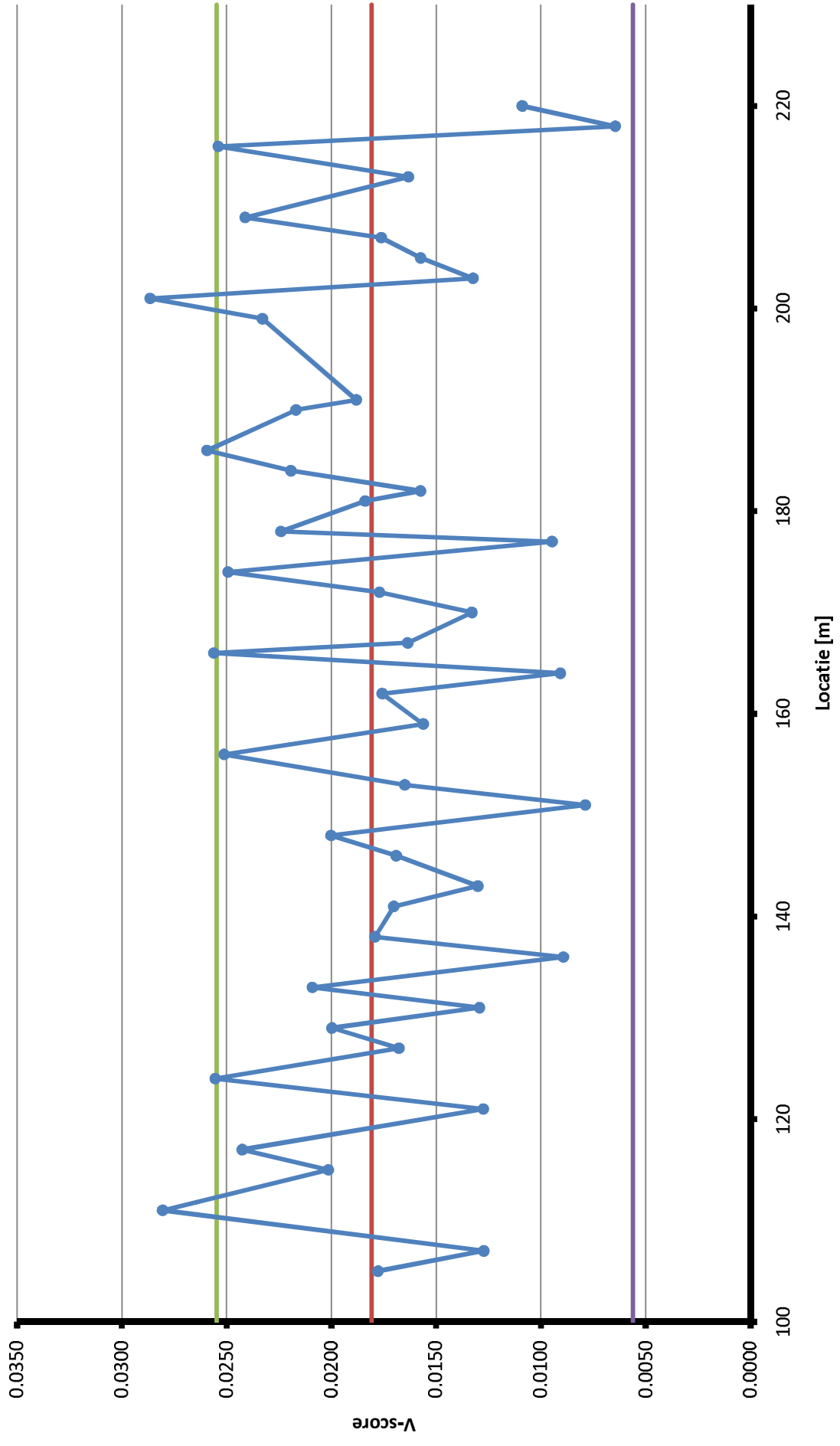


Gekantele Blokken - Grevelingendam

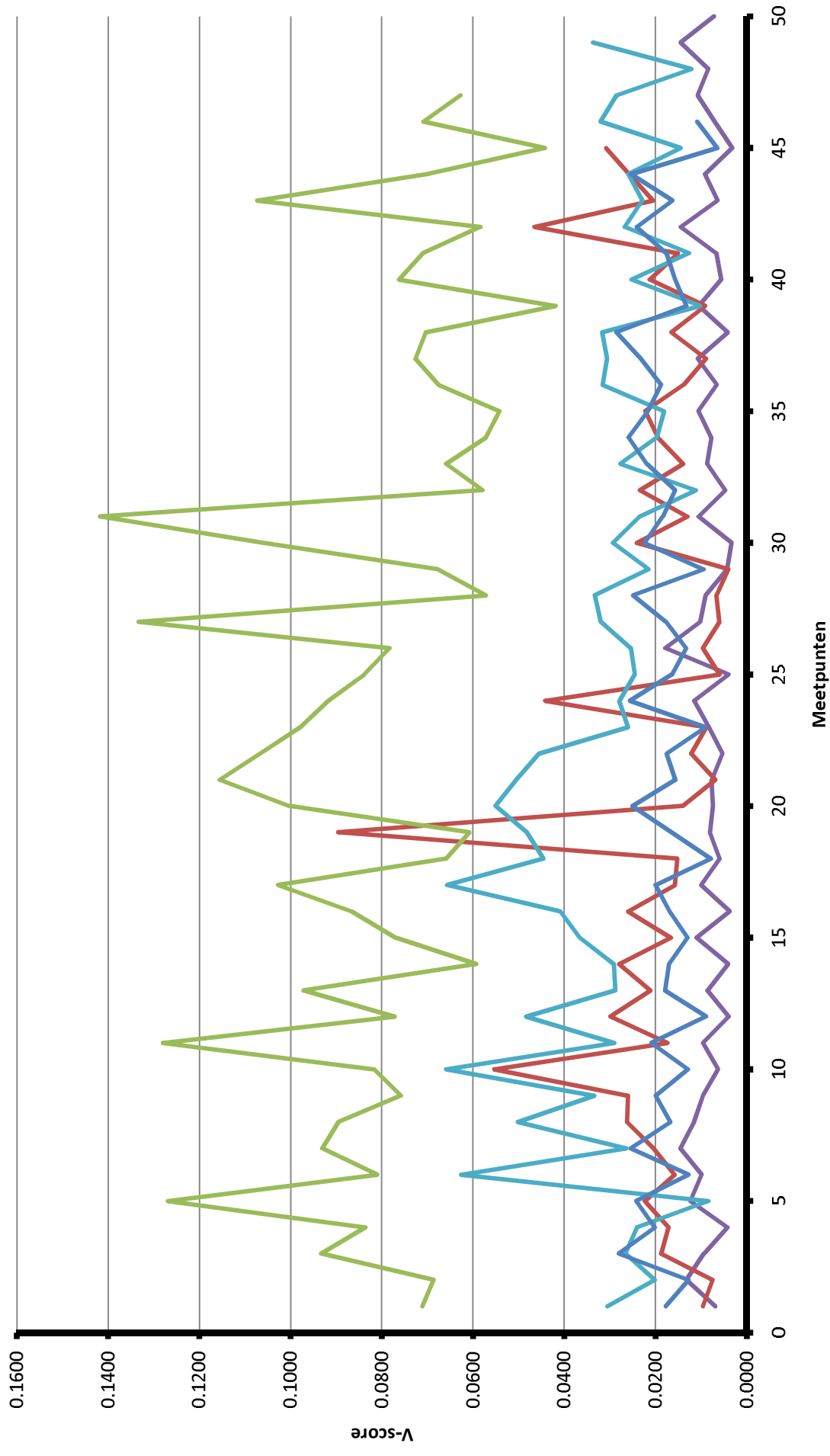
Ongesorteerd	Locatie #	Afstand	D(1) 0 mm	D(2) 440 mm	D(9) -500 mm	D(1)-(D(9)) achter	D(1)-(D(9)) voor	D(1)-(D(9)) verschil	Sommatie voor-achter	V-score	Spanning [MPa]		D(1) 0 mm	D(2) 440 mm	D(3) 600 mm	D(4) 900 mm	D(5) 1200 mm	D(6) 1500 mm	D(7) 1800 mm	D(8) 2100 mm	D(9) -500 mm	Air	Sur.	Man.	Pulse time		
											[hPa]	[kN]															
1	105	489	387	102	77	387	21%	16%	457	0,0178	862	15,24	104	67	45	37	27	22	15	78	112	78	9,5	10,9	14	18,72	
2	107	384	284	110	106	284	28%	27%	417	0,0127	899	15,89	116	75	35	38	30	79	41	15	41	112	41	10,9	10,9	14	18,61
3	111	725	627	98	81	627	14%	13%	684	0,0281	812	14,36	94	52	35	23	38	118	16	37	87	95	10,8	10,8	14	19,46	
4	115	536	447	90	77	447	17%	14%	555	0,0201	878	15,52	93	59	25	24	34	37	80	30	90	95	10,8	10,8	14	18,64	
5	117	639	535	104	84	535	16%	13%	663	0,0243	868	15,33	106	122	64	29	22	22	22	21	110	89	10,5	10,8	14	19,21	
6	121	423	261	111	111	312	38%	26%	420	0,0127	843	14,9	129	56	28	21	31	21	21	31	21	110	95	10,8	10,8	14	18,52
7	124	696	556	130	83	556	19%	14%	653	0,0255	808	14,28	124	104	47	27	19	18	14	82	21	89	95	10,8	10,8	14	19,2
8	127	471	367	104	84	367	16%	19%	462	0,0168	833	14,72	102	71	36	25	21	17	14	82	20	102	95	10,8	10,8	14	18,75
9	129	544	457	103	103	457	16%	19%	540	0,0200	842	14,88	110	81	40	490	30	19	24	102	94	102	95	10,8	10,8	14	18,23
10	131	398	291	106	106	291	17%	13%	418	0,0129	897	15,85	110	81	39	35	23	533	377	112	94	112	94	10,7	10,7	14	18,43
11	133	553	481	133	72	481	17%	13%	567	0,0209	871	15,39	110	81	39	35	23	533	377	112	94	112	94	10,7	10,7	14	18,43
12	136	303	210	112	112	210	31%	17%	331	0,0089	926	16,37	102	71	36	284	22	18	307	122	94	122	94	10,7	10,7	14	18,33
13	138	486	406	98	98	406	16%	16%	485	0,0178	862	15,76	111	84	35	462	31	22	18	307	122	94	10,7	10,7	14	18,49	
14	141	418	318	115	115	318	17%	16%	485	0,0178	862	15,76	111	84	35	462	31	22	18	307	122	94	10,7	10,7	14	18,49	
15	143	375	310	116	116	310	17%	17%	392	0,0130	869	15,82	112	84	40	462	31	22	18	307	122	94	10,7	10,7	14	18,62	
16	146	465	382	101	101	382	19%	16%	485	0,0178	862	15,76	111	84	35	462	31	22	18	307	122	94	10,7	10,7	14	18,49	
17	148	539	449	90	90	449	16%	19%	488	0,0168	894	15,79	112	84	40	462	31	22	18	307	122	94	10,7	10,7	14	18,49	
18	151	337	245	104	104	337	17%	17%	488	0,0168	894	15,79	112	84	40	462	31	22	18	307	122	94	10,7	10,7	14	18,49	
19	153	482	380	112	112	482	17%	17%	563	0,0200	887	15,67	112	84	40	462	31	22	18	307	122	94	10,7	10,7	14	18,49	
20	156	643	551	102	102	551	21%	25%	504	0,0165	867	15,68	112	84	40	462	31	22	18	307	122	94	10,7	10,7	14	18,49	
21	159	430	351	90	90	351	14%	10%	468	0,0251	871	15,4	112	84	40	462	31	22	18	307	122	94	10,7	10,7	14	18,49	
22	162	420	370	122	122	370	15%	25%	468	0,0168	926	16,37	102	71	36	284	22	18	307	122	94	122	94	10,7	10,7	14	18,09
23	164	328	207	121	121	207	37%	39%	517	0,0081	893	15,78	130	102	41	25	20	23	17	137	95	107	10,7	10,7	14	18,37	
24	166	650	562	81	67	562	12%	10%	685	0,0256	868	15,35	102	71	36	284	22	18	307	122	94	122	94	10,7	10,7	14	18,38
25	167	438	369	167	167	369	16%	16%	489	0,0164	869	15,71	112	84	40	462	31	22	18	307	122	94	10,7	10,7	14	18,44	
26	170	381	304	90	87	304	20%	23%	387	0,0133	884	15,61	112	84	40	462	31	22	18	307	122	94	10,7	10,7	14	18,44	
27	172	475	333	104	104	475	15%	17%	503	0,0177	888	15,87	112	84	40	462	31	22	18	307	122	94	10,7	10,7	14	18,44	
28	174	640	552	111	88	552	11%	14%	640	0,0249	850	15,01	111	88	37	23	18	26	64	23	52	91	9,5	10,7	14	18,42	
29	177	305	212	121	121	212	40%	21%	332	0,0095	923	16,32	132	79	29	21	11	31	13	88	96	10,7	10,7	14	18,17		
30	178	601	518	184	184	518	14%	19%	596	0,0224	842	14,88	132	79	29	21	11	31	13	88	96	10,7	10,7	14	18,15		
31	181	300	416	112	112	416	18%	17%	525	0,0184	861	15,75	112	84	40	462	31	22	18	307	122	94	10,7	10,7	14	18,52	
32	182	456	311	146	146	311	32%	15%	485	0,0157	902	15,94	112	84	40	462	31	22	18	307	122	94	10,7	10,7	14	18,44	
33	184	565	477	98	98	477	17%	17%	525	0,0157	902	15,94	112	84	40	462	31	22	18	307	122	94	10,7	10,7	14	18,44	
34	186	480	393	98	98	480	13%	13%	525	0,0218	851	15,05	112	84	40	462	31	22	18	307	122	94	10,7	10,7	14	18,44	
35	190	565	475	98	98	475	13%	13%	525	0,0218	851	15,05	112	84	40	462	31	22	18	307	122	94	10,7	10,7	14	18,44	
36	191	565	475	98	98	475	13%	13%	525	0,0218	851	15,05	112	84	40	462	31	22	18	307	122	94	10,7	10,7	14	18,44	
37	199	592	519	101	101	519	16%	15%	573	0,0217	863	15,27	112	84	40	462	31	22	18	307	122	94	10,7	10,7	14	18,07	
38	201	376	274	118	118	376	13%	19%	488	0,0168	894	15,79	112	84	40	462	31	22	18	307	122	94	10,7	10,7	14	18,11	
39	203	706	649	519	519	649	13%	11%	607	0,0233	871	15,39	112	84	40	462	31	22	18	307	122	94	10,7	10,7	14	18,07	
40	205	376	292	121	121	292	8%	10%	718	0,0268	863	15,25	112	84	40	462	31	22	18	307	122	94	10,7	10,7	14	18,07	
41	207	472	356	116	116	472	22%	19%	501	0,0132	929	16,41	112	84	40	462	31	22	18	307	122	94	10,7	10,7	14	18,36	
42	209	479	360	120	120	479	25%	26%	501	0,0157	901	15,92	112	84	40	462	31	22	18	307	122	94	10,7	10,7	14	18,36	
43	213	624	535	90	432	535	14%	10%	629	0,0176	921	16,27	130	102	41	25	20	70	629	48	51	95	10,6	10,6	14	18,55	
44	216	455	376	79	396	455	28%	26%	633	0,0241	861	15,21	112	84	40	462	31	22	18	307	122	94	10,7	10,7	14	18,08	
45	218	680	555	105	74	555	17%	11%	497	0,0163	872	16,38	112	84	40	462	31	22	18	307	122	94	10,7	10,7	14	18,39	
46	220	248	124	124	83	124	50%	33%	678	0,0254	872	15,4	108	83	51	26	34	32	34	32	34	76	9,6	10,6	14	18,83	
48	220	367	206	162	84	206	44%	23%	404	0,0108	933	16,49	112	84	40	462	31	22	18	307	122	94	10,7	10,6	14	18,23	

gemiddeld	499	88	402	19%	40%	885	15,63
standard afwijking	117	27	129	8%	17%	34	0,60
Maximum	725	174	649	52%	43%	95	0,0068
Minimum	249	57	124	7%	7%	18	0,0064
90% Perccentiel	650	121	590	38%	2%	95	0,0235
Varatie coëfficiënt	23%	28%	32%	46%	42%	42%	31%
GEM	40%	17%	VAR. COF.	GEM	90% PERCT	0,0056	0,0255
STDEV	17%	68%		STDEV	90% PERCT	0,0056	0,0255
	40%	68%					

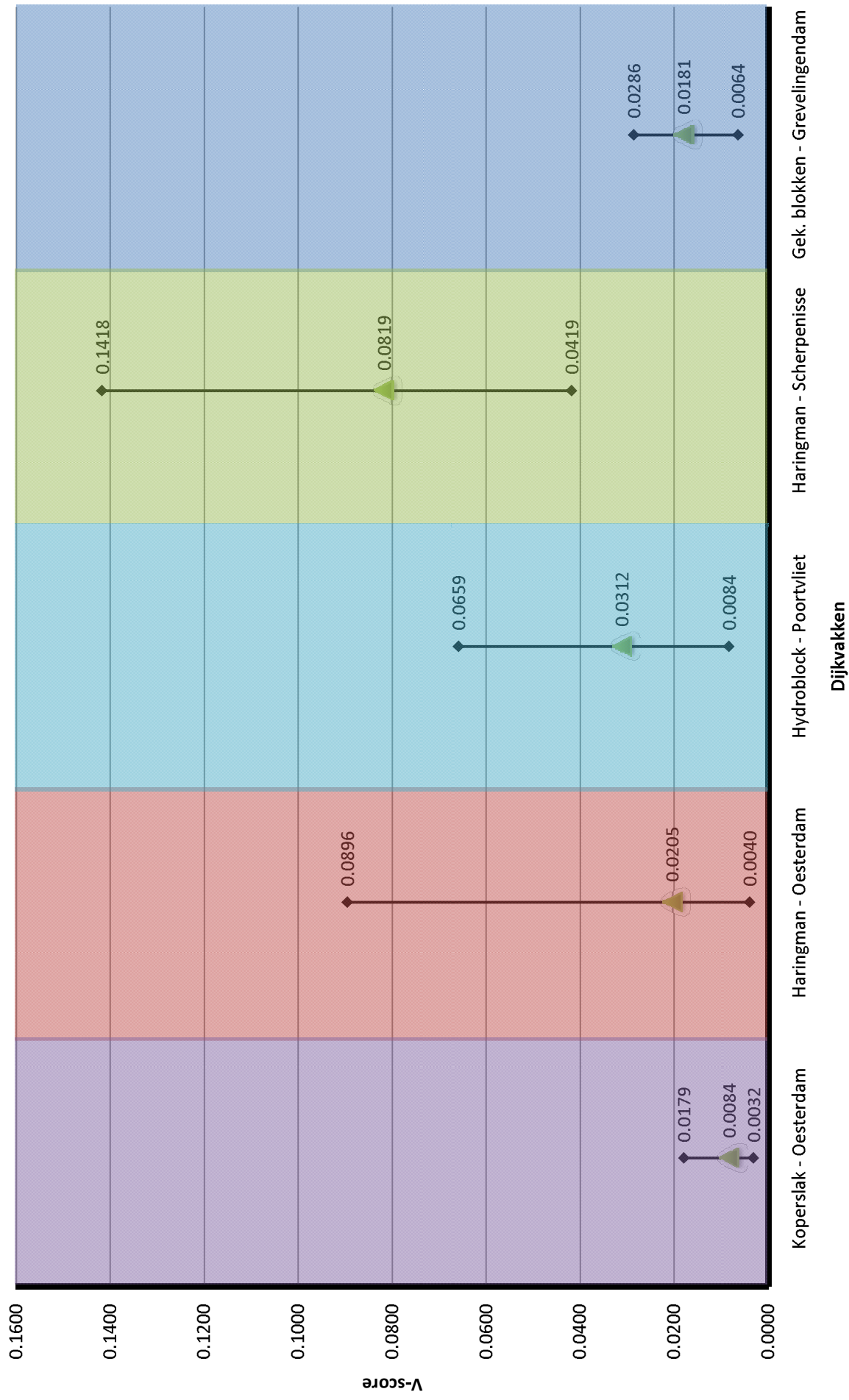
Grevelingendam gekantelde Haringmanblokken 15kN



V-score 15kN



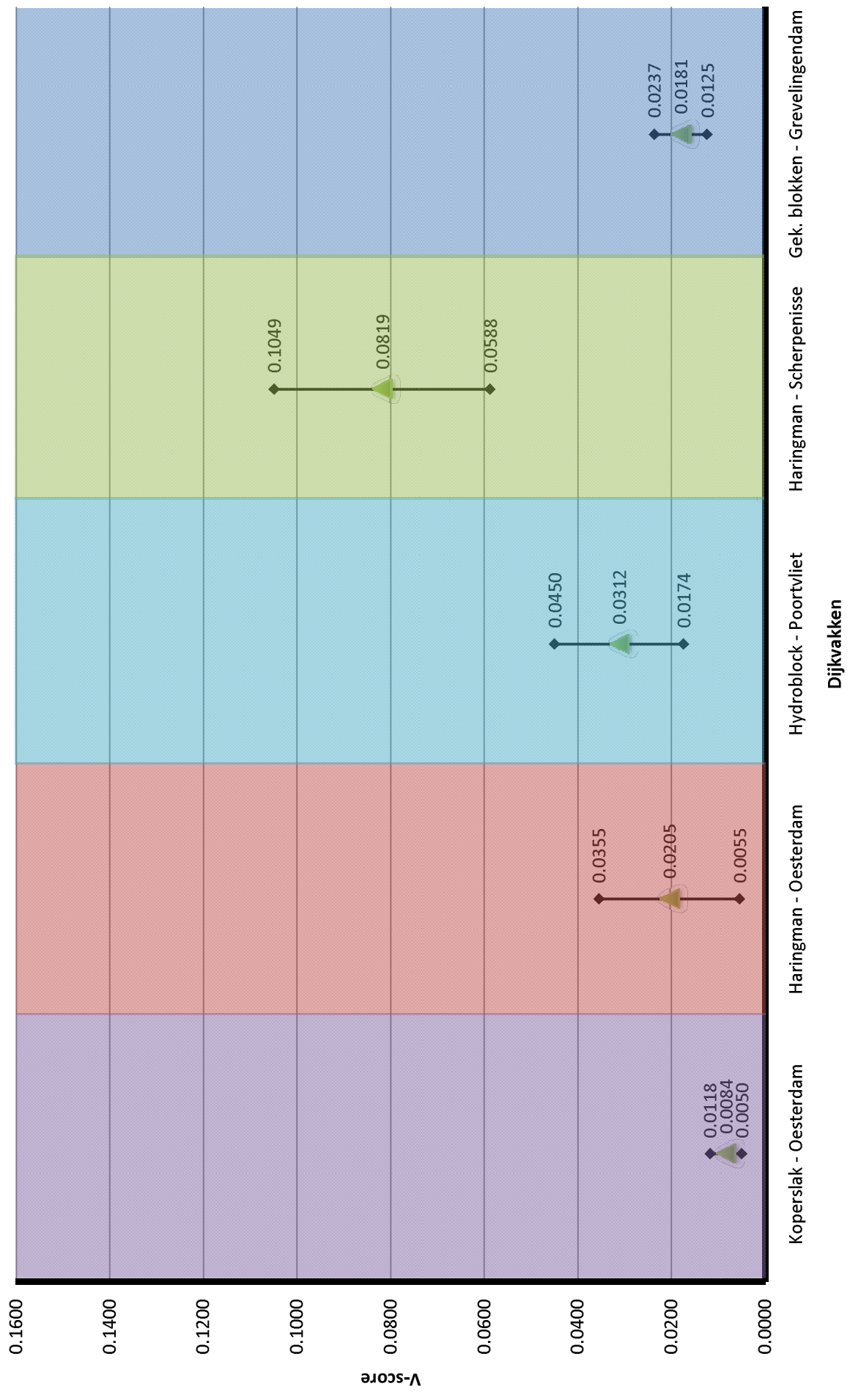
max, gem, min



Koperslak - Oesterdam Haringman - Oesterdam Hydroblock - Poortvliet Haringman - Scherpenisse Gek. blokken - Grevelingendam

Dijkvakken

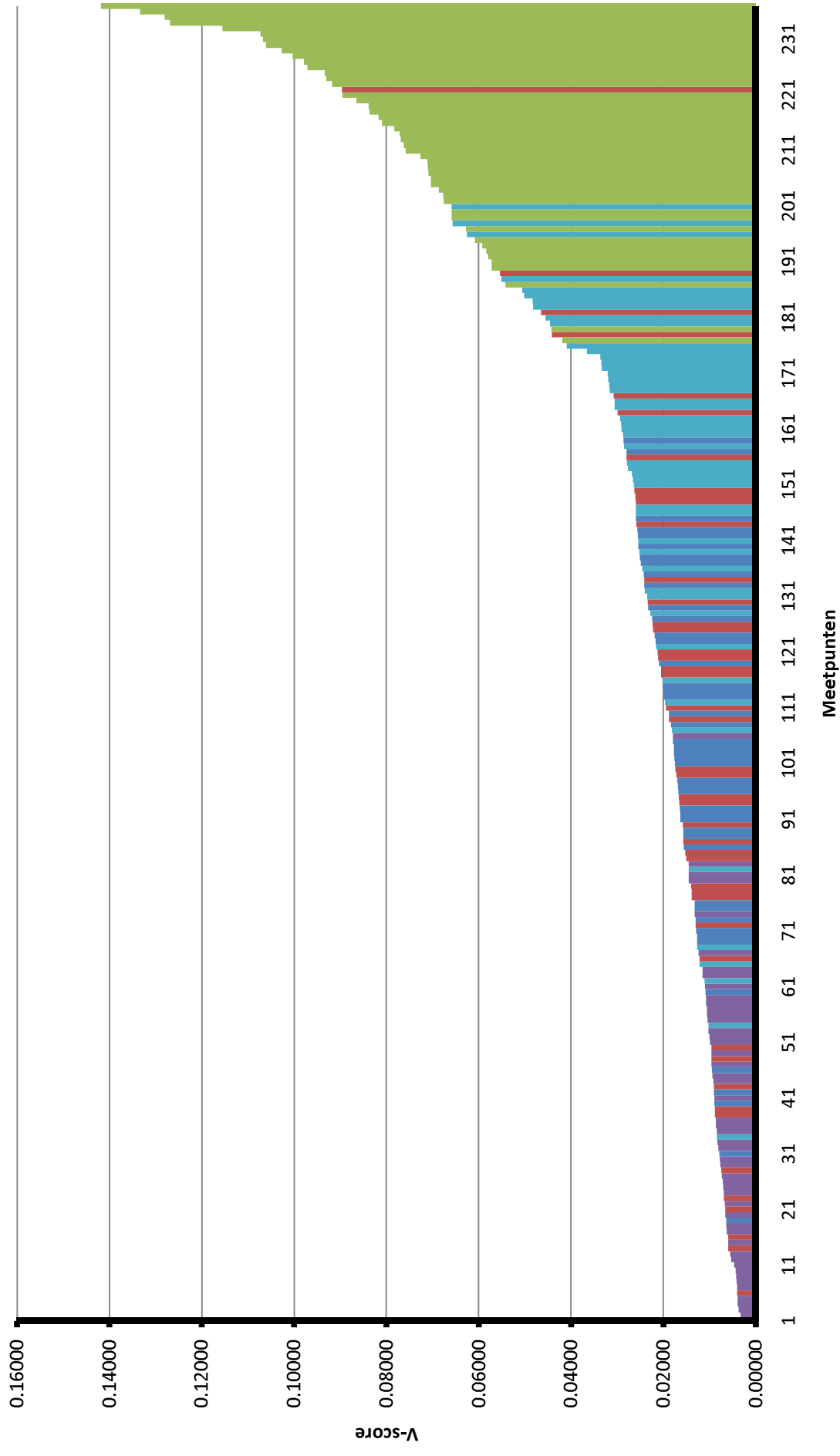
gem+st.afw, gem, gem-st.afw



Koperslak - Oesterdam Haringman - Oesterdam Hydroblock - Poortvliet Haringman - Scherpenisse Gek. blokken - Grevelingendam

Dijkvakken

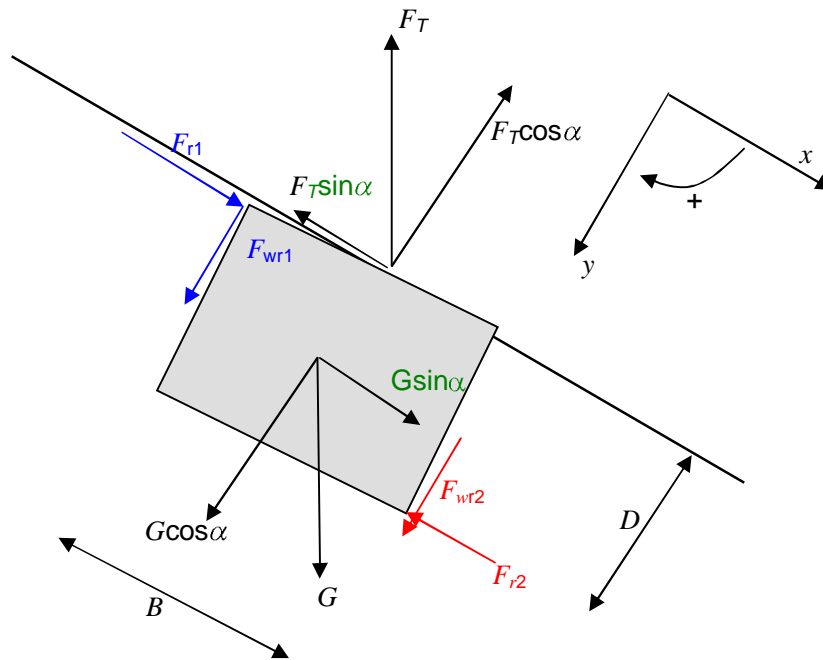
Verdeling



- Koperslak - Oesterdam
- Haringman - Oesterdam
- Hydroblock - Poortvliet
- Haringman - Scherpenisse
- Gek. blokken - Grevelingendam
- Haringman - Grevelingendam

C Interpretatie van scheve trekproeven

Tijdens de trekproeven ter plaatse van locatie 2 (Haringmanblokken op de Oesterdam) is er niet loodrecht op het talud maar ongeveer vertikaal getrokken. Onderstaand figuur laat de krachten zien die optreden bij het trekken aan de blokken in de verticale richting.



Figuur C.1 Krachten op blok tijdens trekproef

Er is met F_T in verticale richting aan het blok getrokken. Doordat er verticaal is getrokken, is het blok tegen de klok in geroteerd. Dit leidt tot de reactie krachten F_{r1} en F_{r2} , die vervolgens een extra wrijving geven: F_{wr1} en F_{wr2} . Let op, omdat de trekkracht niet boven het zwaartepunt van het blok aangrijpt zijn er wrijvingskrachten en hebben de reactiekrachten F_{r1} en F_{r2} dus niet dezelfde waarde.

Het krachtenevenwicht in de richting evenwijdig aan het talud (x-richting) levert de volgende vergelijking (tekens conform het assenkruis in bovenstaande figuur, alle getekende pijlen worden geacht de werkelijke richting van de kracht aan te geven):

$$\sum F_x = F_{r1} - F_T \sin \alpha + G \sin \alpha - F_{r2} = 0 \quad (\text{C.1})$$

F_{r1} en F_{r2} geven wrijving op respectievelijk het bovenste zijvlak en het onderste zijvlak:

$$F_{wr1} = f \cdot F_{r1} \quad (\text{C.2})$$

$$F_{wr2} = f \cdot F_{r2} \quad (\text{C.3})$$

Het blok maakt alleen maar contact ter plaatse van de linkerbovenrand en de rechter onderrand.

Volgens momentenevenwicht om het centrum van het blok geldt:

$$\sum M = F_{r1} \cdot 0,5D - F_{wr1} \cdot 0,5B - F_T \sin \alpha \cdot 0,5D + F_{r2} \cdot 0,5D + F_{wr2} \cdot 0,5B = 0 \quad (C.4)$$

Substitutie van formule (C.2) en (C.3) en delen door $D/2$ leidt tot:

$$F_{r1} \left(1 - f \cdot \frac{B}{D} \right) - F_T \sin \alpha + F_{r2} \left(1 + f \cdot \frac{B}{D} \right) = 0 \quad (C.5)$$

Een krachtenbalans in de richting loodrecht op het talud (y-richting) geeft:

$$\sum F_y = -F_T \cos \alpha + G \cos \alpha + F_{wr1} + F_{wr2} = 0 \quad (C.6)$$

Invullen van formule (C.2) in (C.3) geeft:

$$-F_T \cos \alpha + G \cos \alpha + f \cdot F_{r1} + f \cdot F_{r2} = 0 \quad (C.7)$$

We hebben nu drie vergelijkingen (C.1), (C.5) en (C.7) met als drie onbekenden F_T , F_{r1} en F_{r2} . We willen specifiek de verticale trekkracht bepalen waarmee het losse blok uit de zetting kan worden gehesen. Drie vergelijkingen met drie onbekenden betekent stug cijferwerk.

Eerst worden Formule (C.1) en (C.7) gecombineerd om F_{r1} te relateren aan F_{r2} . Formule (C.1) wordt gedeeld door $\sin \alpha$:

$$\frac{F_{r1}}{\sin \alpha} - F_T + G - \frac{F_{r2}}{\sin \alpha} = 0 \quad (C.8)$$

Formule (C.7) wordt gedeeld door $\cos \alpha$:

$$-F_T + G + \frac{f \cdot F_{r1}}{\cos \alpha} + \frac{f \cdot F_{r2}}{\cos \alpha} = 0 \quad (C.9)$$

Het verschil van Formule (C.8) en (C.9) levert:

$$\frac{f \cdot F_{r1}}{\cos \alpha} + \frac{f \cdot F_{r2}}{\cos \alpha} = \frac{F_{r1}}{\sin \alpha} - \frac{F_{r2}}{\sin \alpha} \quad (C.10)$$

$$F_{r1} = F_{r2} \frac{(1 + f \tan \alpha)}{(1 - f \tan \alpha)}$$

Om het geheel wat behapbaar te houden wordt gebruik gemaakt van een hulpvariabele

$$\gamma = \frac{(1 + f \tan \alpha)}{(1 - f \tan \alpha)} \quad (C.11)$$

Met dit resultaat worden nu eerst vergelijking (C.5) aangepakt:

$$-F_T \sin \alpha + F_{r2} \left(1 - f \cdot \frac{B}{D} \right) + F_{r2} \gamma \left(1 + f \cdot \frac{B}{D} \right) = 0 \quad (C.12)$$

$$F_{r2} = F_T \frac{\sin \alpha}{\left(1 + f \frac{B}{D} + \gamma - \gamma \cdot f \frac{B}{D} \right)}$$

Vergelijking (C.1) wordt nu gecombineerd met het resultaat van (C.10) en (C.12). Na wat cijferwerk volgt:

$$F_T = G \frac{1 + f \frac{B}{D} + \gamma - \gamma \cdot f \frac{B}{D}}{2 + f \frac{B}{D} - \gamma \cdot f \frac{B}{D}} \quad (\text{C.13})$$

Door vergelijking (C.13) in vergelijking (C.12) te substitueren verkrijgen we F_{r2} :

$$F_{r2} = G \frac{\sin \alpha}{2 + f \frac{B}{D} - \gamma \cdot f \frac{B}{D}} \quad (\text{C.14})$$

En met vergelijking (C.10) kan vervolgens een uitdrukking voor F_{r1} worden verkregen:

$$F_{r1} = G \frac{\gamma \sin \alpha}{2 + f \frac{B}{D} - \gamma \cdot f \frac{B}{D}} \quad (\text{C.15})$$

Aannemende dat $f = 0,5$ en de taludhelling 1:4 is ($\sin \alpha = 0,243$; $\tan \alpha = 0,25$) wordt (zie Formule (C.11)): $\gamma = 1,29$.

Aannemende dat $\frac{B}{D} = 0,5$ (een gekanteld blok) kunnen we de verschillende krachten uitrekenen als functie van G :

$$F_T = 1,148.G$$

$$F_{r1} = 0,162.G$$

$$F_{r2} = 0,126.G$$

Alle krachten zijn positief dus het blok kantelt inderdaad.

Uit formule (C.13) blijkt dat naarmate het element, de zuil slanker wordt (B/D wordt kleiner), dat de benodigde trekkracht in zeer beperkte mate groter wordt.

Formules (C.13), (C.14) en (C.15) maken duidelijk dat er een afmeting is, waarbij er iets bijzonders aan de hand is. De noemer van de breuk wordt nul voor:

$$\frac{B}{D} = \frac{2}{f(\gamma - 1)} = 14$$

De numerieke uitkomst is berekend uitgaande van de wrijvingscoëfficiënt van 0,5 en het talud 1:4. Het gaat dan dus om extreem platte elementen.

Voor een taludhelling 1:1 geldt: $\gamma = 3$. Dan treedt dit verschijnsel op bij $B/D = 2$. Dit komt overeen met de situatie beschreven in figuur 4 in de bijlage. Daarmee is er op dit punt een check op de formules.

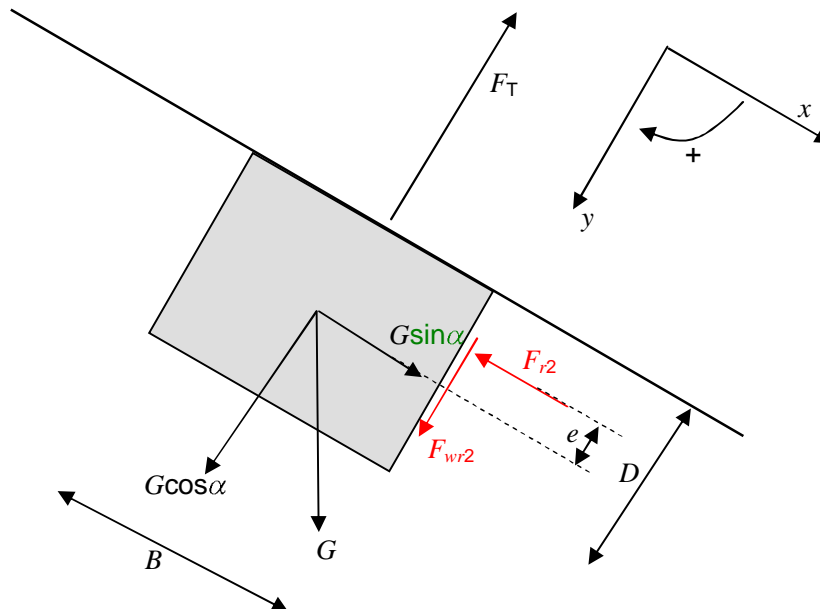
Loodrecht trekken

Nu het veel simpeler referentie geval 1: loodrecht trekken.

Hierbij wordt verondersteld dat het blok niet kantelt en dus alleen over zijn onderbuur wrijft.

Dan levert het evenwicht langs het talud direct het volgende resultaat:

$$G \sin \alpha = F_{r2} \quad (\text{C.16})$$



Figuur C.2 Krachten op het blok tijdens loodrecht trekken

Het evenwicht loodrecht op het talud leert:

$$F_T = G \cos \alpha + F_{wr2} = G \cos \alpha + f \cdot F_{r2} = G(\cos \alpha + f \cdot \sin \alpha) \quad (C.17)$$

Voor een taludhelling van 1:4 en een wrijvingscoëfficiënt van 0,5 geldt voor dit referentiegeval:

$$F_T = G(\cos \alpha + f \cdot \sin \alpha) = G(0,97 + 0,5 \cdot 0,243) = 1,09 \cdot G \quad (C.18)$$

Voor dit referentiegeval blijkt er bij verticaal trekken dus een ruim 5% grotere trekkracht nodig om het losse blok eruit te krijgen in vergelijking met loodrecht op het talud trekken.

Om de veronderstelling te checken dat het blok niet kantelt moet het momentenevenwicht worden geëvalueerd. Indien als referentie het zwaartepunt van het blok wordt genomen is de vergelijking lekker simpel:

$$-F_{r2} \cdot e + F_{wr2} \cdot 0,5B = 0 \quad (C.19)$$

Als we gebruik maken van Formule (C.3) dan kunnen we e berekenen:

$$e = f \cdot 0,5 \cdot B \quad (C.20)$$

Zolang e kleiner is dan $0,5 D$ is de aanname dat het blok niet kantelt terecht. Dat levert de volgende geometrie-eis op:

$$\frac{B}{D} > \frac{1}{f} \quad (C.21)$$

Slechts voor relatief dunne, plat geplaatste blokken kan het kantelen van het blok gaan optreden.

Slotopmerkingen

Voor het blok wat echt los ligt in de zetting, is het theoretisch het slimst om verticaal te trekken aan een punt wat recht boven het zwaartepunt ligt. Alleen dan geldt: $F_T = G$. Per saldo zullen blokken echter nooit perfect los liggen en is het meer voor de hand liggend om te trekken aan het zwaartepunt van de doorsnede die aan het oppervlak zichtbaar is.

Het beschrijven van de situatie met klemming is een lastige zaak, omdat er dan een statisch onbepaalde situatie moet worden geëvalueerd.

Lijst van symbolen

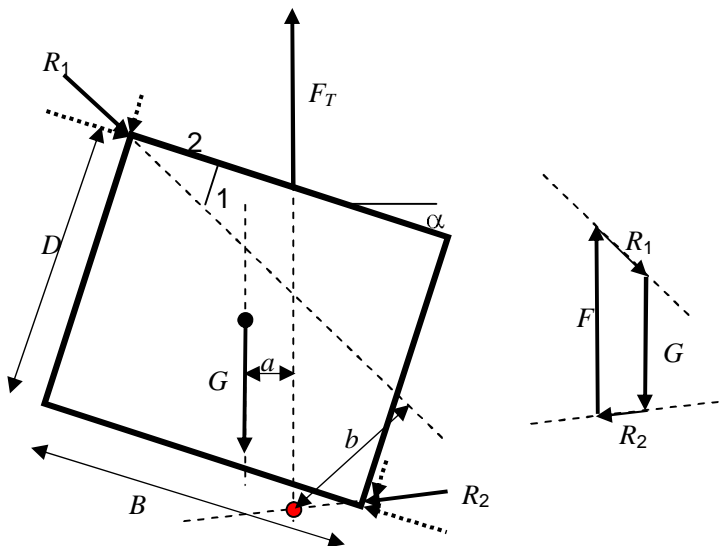
Symbol	Eenheid	Betekenis
a		horizontale afstand tussen werklijn van trekkracht en gewichtskracht [m]
b		afstand tussen werklijn van reactiekracht R_1 en snijpunt van werklijn van reactiekracht R_2 en werklijn van gewichtskracht [m]
B		breedte van de steen [m]
D		dikte van de steen [m]
e		excentriciteit [m]
f		wrijvingscoëfficiënt [-]
F_T		Verticale trekkracht op de steen [N]
F_{r1}		reactiekracht van de steen erboven [N]
F_{r2}		reactiekracht van de steen eronder [N]
F_{wr1}		wrijvingskracht met steen erboven [N]
F_{wr2}		wrijvingskracht met steen eronder [N]
F_x		kracht in x-richting [N]
F_y		kracht in y-richting [N]
G		gewichtskracht van de steen [N]
M		gewichtskracht van de steen [N]
R_1		reactiekracht op het bovenste hoekpunt [N]
R_1		reactiekracht op het onderste hoekpunt [N]
x		coördinaat evenwijdig aan het talud [m]
y		coördinaat loodrecht op het talud [m]
α		hoek van talud met horizontaal [rad]
γ		hulpvariabele [-]

BIJLAGE

Kwalitatieve beschouwing van het evenwicht bij verticaal trekken aan een element van een steenzetting

Evalueren van het momenten-evenwicht lijkt voor Figuur C.3 heel eenvoudig als het evenwicht wordt bepaald om het rode punt: het snijpunt van de werklijn van de trekkracht F_T en de reactiekracht R_2 op het rechter onderhoekpunt. Er resteren immers maar twee krachten die een bijdrage aan het momentenevenwicht leveren: het eigengewicht G en de reactiekracht R_1 op het punt links boven. Echter de arm van de reactiekracht R_1 is echter niet eenvoudig af te leiden.

In de krachtenveelhoek (rechts in Figuur C.3) lijkt de trekkracht F_T bij gelijk blokgewicht G toe te kunnen nemen, waarbij de reactiekrachten R_1 en R_2 navenant toenemen. Echter er is slechts één waarde van de reactiekracht R_1 die voldoet aan het momentenevenwicht. Aangezien de arm b in dit specifieke geval ca. drie maal de lengte heeft van de arm a is de kracht R_1 ca. $1/3$ van de kracht G .



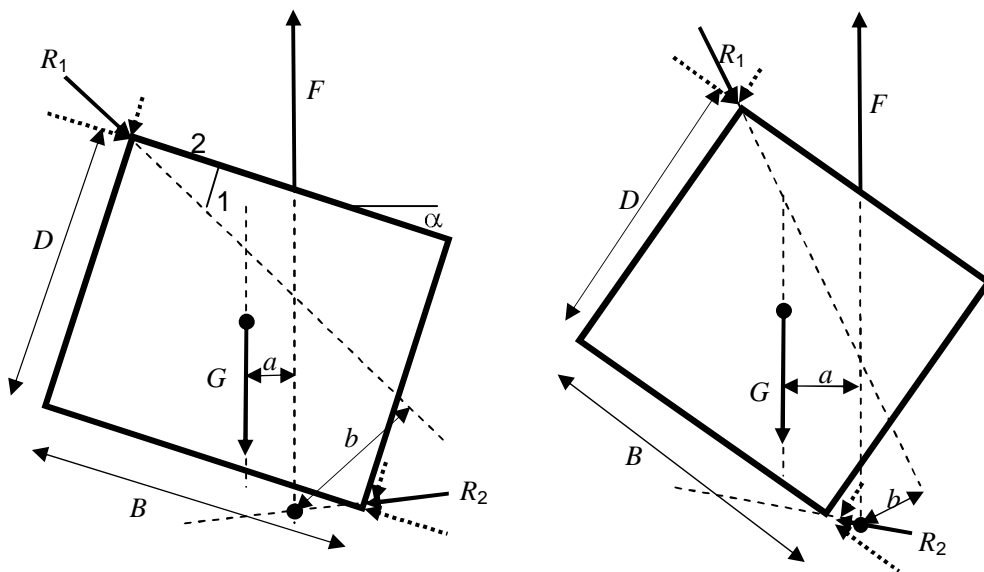
Figuur C.3 krachten en hun werklijnen in geval van verticaal trekken aan een (los) blok in een zetting

In Figuur C.4 zijn twee verschillende taludhellingen naast elkaar gezet. Te zien is dat als de taludhelling steiler wordt, dat dan de arm a groter wordt en de arm b kleiner. De reactiekracht op het linkerbovenpunt zal dus groter zijn bij een wat steilere taludhelling.

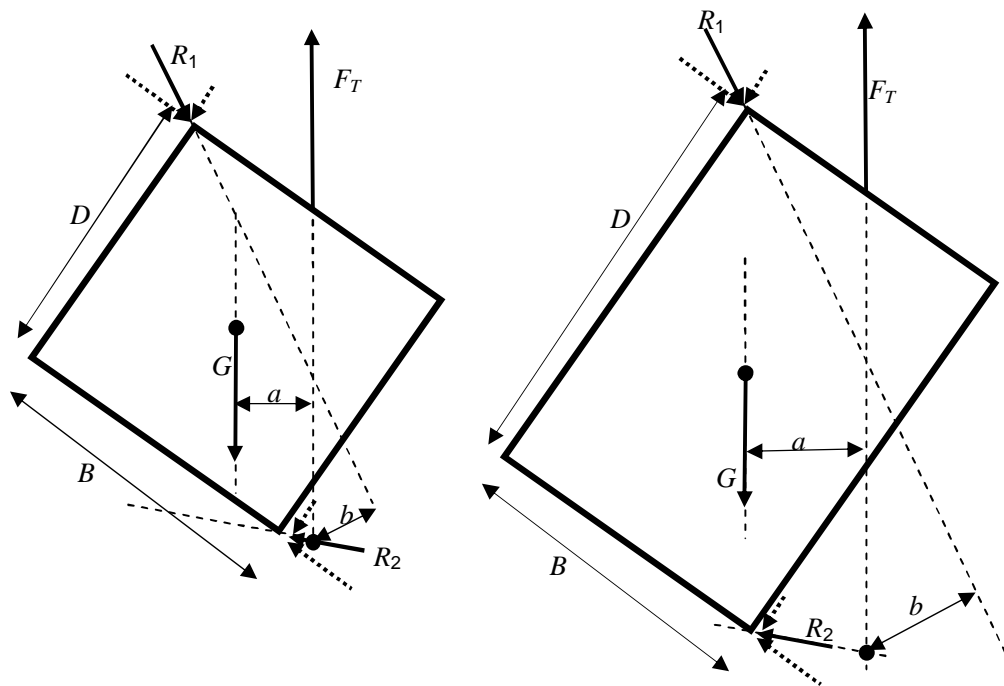
Als de blokdikte verandert, dan lijkt dat voor de in Figuur C.5 gegeven situaties niet al te veel uit te maken.

Toch lijkt het theoretisch denkbaar dat bij een bepaalde blok hoogte-breedte-verhouding en taludhelling de reactiekracht op het linker bovenpunt van het blok naar oneindig gaat. De werklijn van drie krachten moet dan door een en hetzelfde punt gaan. Het gaat dan om de werklijn van de trekkracht en de twee werklijnen van de reactiekrachten op de hoekpunten.

Een heel simpel te evalueren geval is het blok met een hoogte-breedte-verhouding van 1:2, zie Figuur C.6. De werklijn van de reactiekracht op het hoekpunt linksboven gaat dan door het hoekpunt rechtsonder (aannemende dat $f = 0,5$). De taludhelling dient in dat geval 1:1 te zijn. Kortom dit is meer een theoretische mogelijkheid dan een praktische.



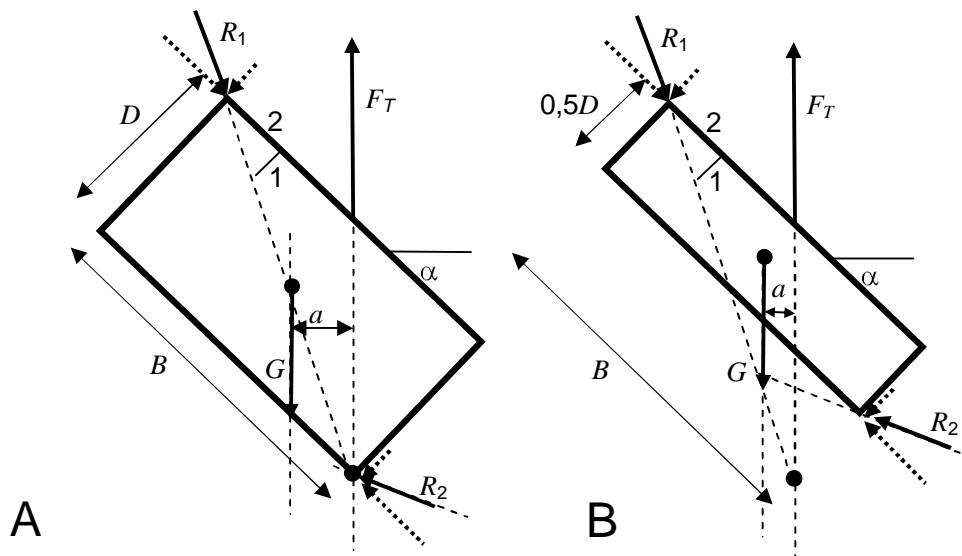
Figuur C.4 Twee situaties met verschillende taludhellingen



Figuur C.5 Twee situaties met verschillende toplaagdikte

Als de dikte van het blok wordt gehalveerd, verschuift het snijpunt van de werklijn van R_1 en R_2 $\frac{1}{4}B$ tegen het talud op (zie Figuur C.6B). Om de werklijn van de trekkracht F_T dan nog door dit snijpunt te laten vallen moet de taludhelling een stuk flauwer worden gekozen. Dit soort verhouding in blokafmetingen zijn echter niet meer reëel voor steenzettingen. (Merk op dat als in situatie als weergegeven in Figuur C.6B wordt getrokken dat het blok er dan niet loodrecht op het talud uit zal schuiven, maar dat het blok gaat roteren om het punt waar R_1 aangrijpt. De werklijn van R_1 zal daarbij horizontaler komen te lopen zodanig dat het momentenevenwicht weer mogelijk is. Dit zal echter wel gepaard gaan met zeer grote reactiekrachten.)

Per saldo is het vastlopen van de trekproeven bij verticaal trekken voor reële steenzettingen dus niet opportuun. Bedacht dient te worden dat deze redenering uitgaat van de theoretisch overal aanwezige wrijving van 0,5. In werkelijkheid kan deze wrijving variëren en dus in incidentele gevallen toch nog voor verrassingen zorgen.



Figuur C.6 (A) situatie waarbij geen momentenevenwicht mogelijk is; (B) en situatie met de halve blokdikte