

## Langsdam IJsselmeerdijk

Modelonderzoek Scheldegoot



**Langsdam IJsselmeerdijk**  
Modelonderzoek Scheldegoot

**Auteur(s)**  
Alex Capel



**Langsdam IJsselmeerdijk**  
Modelonderzoek Scheldegoot




<b>Opdrachtgever</b>	Waterschap Zuiderzeeland
<b>Contactpersoon</b>	de heer D.J. Smeenge
<b>Referenties</b>	Zaaknummer INKO-02130 PPM; registratienummer INKO-112876557-10; 9-12-2022
<b>Trefwoorden</b>	Langsdam, Vooroever, Waterkering, Stabiliteit breuksteen, Golfoverslag, Golfoploop

**Documentgegevens**

<b>Versie</b>	1.1
<b>Datum</b>	11-07-2023
<b>Projectnummer</b>	11208947-002
<b>Document ID</b>	11208947-002-HYE-0005
<b>Pagina's</b>	253
<b>Classificatie</b>	
<b>Status</b>	definitief

**Auteur**

	Alex Capel		
--	------------	--	--

<b>Doc. Versie</b>	<b>Auteur</b>	<b>Controle</b>	<b>Akkoord</b>
1.1	Alex Capel 	Joost den Bieman 	Paul van Steeg 

# Samenvatting

In opdracht van Waterschap Zuiderzeeland heeft Deltares met behulp van een schaalmodel onderzoek gedaan naar de werking van een alternatief voor de versterking van de IJsselmeerdijken. Dit alternatief bestaat uit een langsdam met daarachter een ondiepe vooroever. In de huidige richtlijnen en leidraden zijn geen ontwerpformules beschikbaar die het mogelijk maken om zowel ten aanzien van de stabiliteit van de langsdam als het effect van een vooroever op de golfoploop en golfoverslag een ontwerp te maken waarbij met zekerheid onderbouwd kan worden dat dit ontwerp voldoet aan de gestelde eisen.

Het ontbreken van deze kennis heeft geleid tot het opzetten van een uitgebreid schaalmodel onderzoek waarbij verschillende parameters in relatie tot de langsdam en de vooroever gevarieerd zijn. Het onderliggende meetrapport bevat uitkomsten met betrekking tot de hydraulische stabiliteit van de langsdam voor verschillende steengraderingen evenals golfoploophoogtes bij toepassing van verschillende vooroeverlengtes en -hoogtes. Het rapport bevat tevens de gemeten golfhoogte en snelheidsmetingen aan de bodem op verschillende locaties. De uitgevoerde referentietest laat de golfoploophoogteverdeling zien voor de huidige situatie. Met de uitkomsten van de 10 geteste varianten kan de ontwerper bestaande ontwerpformules aanvullen en kalibreren om daarmee verschillende doorsnedes van de langsdam te optimaliseren en daarnaast het vereiste veiligheidsniveau te toetsen.

In deze meetcampagne zijn drie verschillende langsdam ontwerpen bekeken in drie afzonderlijke test series. Hierbij is gekeken naar de stabiliteit van verschillende steengraderingen in de zone van de teen, het buitentalud en binnenzijde waar de vooroever aansluitend start. De stabiliteitsmetingen laten zien dat de stabiliteit van steengradering van 300-1000kg in de top laag afhankelijk is van de relatieve waterdiepte ten opzichte van het niveau van de kruin. De maximale schade aan deze laag verliep van een  $N_{od}$  van 1 naar meer dan 4 wanneer de kruinhoogte van de dam van NAP 0m toenam tot NAP +1m. Zowel voor de 40-200kg als de 1-50 kg graderingen in de zone van de teen en binnenzijde vooroever was het schadegetal  $N_{od}$  kleiner dan 0,5.

Na de stabiliteitstesten is de langsdam gefixeerd en zijn metingen verricht naar het effect van de lengte van de vooroever alsmede de aanleghoogte van de vooroever op de golfoploophoogte alsmede de golfopzet boven de vooroever. In de meetcampagne zijn vooroeverlengtes van 40m, 60m en 100m toegepast. Uit de metingen blijkt dat bij iedere vooroeverlengte er een waterstandsopzet hoort. Deze varieert en is afhankelijk van de vooroeverlengte en gebruikte waterdieptes. Bij de grotere waterdieptes laten de metingen zien dat een vooroeverlengte van 60m tot de minst hoge golfoploophoogte en daarmee tot minder hoge golfoverslagdebieten leidt. Voor dezelfde 60m aan vooroeverlengte zijn ook metingen verricht voor aanleghoogtes van NAP -0,55m en NAP -1,45m, naast de uitgevoerde metingen met een aanleghoogte van NAP -1,0m. Met deze kennis kan de mogelijke invloed van aanzanding en erosie op het veiligheidsniveau worden bekeken en kan daarmee opgenomen worden in de beheer- en onderhoudsdocumenten. Het meetrapport bevat ook informatie rondom gemeten snelheden van het water op 90 cm boven de bodem. Deze waarden kunnen als input dienen voor het berekenen van de morfologische respons van de vooroever, alsmede als validatie voor numerieke rekenmodellen.

De resultaten verkregen tijdens de meetcampagne geven veel inzicht in de werking van de vooroever ten aanzien van golfoploop en golfoverslag en laten zien dat het toepassen ervan zorgt voor een reductie in golfoploop en daarmee golfoverslag. Ook de resultaten ten aanzien van de hydraulische stabiliteit van verschillende steengraderingen geven de ontwerper input om tot een afgewogen keuze te komen voor het definitief ontwerp.

# Inhoud

	<b>Samenvatting</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Scope van de golfgootproeven</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>Hydraulische belastingen</b>	<b>12</b>
3.1	Golfcondities	12
3.2	Proevenprogramma	13
<b>4</b>	<b>Model set-up</b>	<b>14</b>
4.1	Modelschaal	14
4.1.1	Verschaling en schaaleffecten	14
4.2	Bathymetrie model	15
4.3	Vooroever plateau	15
4.4	Bestaande IJsselmeerdijk	16
4.5	Langsdam	17
4.6	Ontgrondingskuil	18
4.7	Test Series	18
4.8	Metingen	20
<b>5</b>	<b>Meetresultaten</b>	<b>22</b>
5.1	Algemene beschrijving	22
5.1.1	Test Serie 1	22
5.1.2	Test Serie 2	22
5.1.3	Test Serie 3	23
5.1.4	Test Serie 4	23
5.1.5	Test Serie 5	24
5.1.6	Test Serie 6	24
5.1.7	Test Serie 7	25
5.1.8	Test Serie 8	25
5.1.9	Test Serie 9	26
5.1.10	Test Serie 0	26
5.2	Hydraulische Meetresultaten	27
5.2.1	Algemeen	27
5.2.2	Golfcondities	27
5.2.3	Opzet waterstand vooroever	28
5.2.4	Golfploophoogte	29
5.2.4.1	Test Serie 1	29
5.2.4.2	Test Serie 2	30
5.2.4.3	Test Serie 3	31
5.2.4.4	Test Serie 4	32
5.2.4.5	Test Serie 7	33

5.2.4.6	Test Serie 8	34
5.2.4.7	Test Serie 9	35
5.2.4.8	Test Serie 0	36
5.2.4.9	Onderlinge vergelijking	38
5.2.5	Golfoverslag	42
5.2.5.1	Test Serie 5	42
5.2.5.2	Test Serie 6	42
5.2.5.3	Relatie Golfoverslag versus Golfoploop	43
5.3	Snelheidsmetingen	46
5.4	Hydraulische stabiliteit langsdam	48
5.4.1	Algemeen	48
5.4.2	Test Serie 1	48
5.4.3	Test Serie 2	49
5.4.4	Test Serie 3	50
5.4.5	Optimalisatie Langsdam	53
<b>6</b>	<b>Conclusie</b>	<b>54</b>
<b>7</b>	<b>Referenties</b>	<b>56</b>
<b>A</b>	<b>Toegepaste Doorsnede in Onderzoek met bijbehorende Steengraderingen</b>	<b>57</b>
<b>B</b>	<b>Stabiliteitsbepaling</b>	<b>60</b>
B.1.1	N <sub>od</sub> bepaling Test Serie 1	60
B.1.2	N <sub>od</sub> bepaling Test Serie 2	65
B.1.3	N <sub>od</sub> bepaling Test Serie 3	68
<b>C</b>	<b>Snelheidsmetingen</b>	<b>71</b>
<b>D</b>	<b>Overzichtstabel en Overschrijdingslijnen Golfoploop</b>	<b>152</b>
<b>E</b>	<b>Overschrijdingslijnen en Golfspectra</b>	<b>171</b>

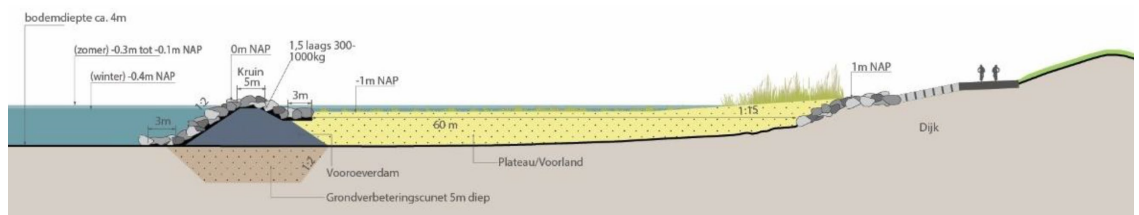
# 1 Inleiding

Het Waterschap Zuiderzeeland gaat de IJsselmeerdijk ten noorden van Lelystad versterken. Een van de alternatieven voor de versterking is een variant van een langsdam met daarachter een ondiepe vooroever, zie Figuur 1-2. De ondiepe vooroever wordt zo een luwtegebied waar vegetatie zich kan ontwikkelen. Het plan is om de langsdam van breuksteen te bouwen met een kruin net boven de huidige waterlijn. Figuur 1-1 geeft de potentiële locaties van deze oplossingsvariant weer.



Figuur 1-1, Potentiële locaties langsdam met vooroever plateau

De langsdam zorgt samen met de vooroever voor een reductie van de golfaanval op de dijk, waardoor de verwachting is dat deze niet of slechts beperkt hoeft te worden aangepast.



Figuur 1-2, Langsdam met vooroever voor de IJsselmeerdijk (o.a. Dijkvak 1)

De langsdam heeft een totale lengte van ongeveer 10 km. Met behulp van kleinschalig modelonderzoek, zie Figuur 1-3, zal worden onderzocht waar optimalisaties mogelijk zijn. Optimalisatie levert niet alleen een reductie op in bouwkosten, maar heeft ook direct effect op de CO<sub>2</sub>-uitstoot tijdens de bouw.

Naast de optimalisatie van de langsdam is in dit onderzoek ook de golfhoogte boven de vooroever gekwantificeerd en de golfoploop op de dijk gemeten. Hiervoor is een fictief hogere dijk gemodelleerd, zodat de 2% golfoploophoogte bepaald kon worden.

Voor twee van de varianten waar de golfoploop is bepaald, is ook de golfoverslag gemeten bij een kruinniveau van NAP 5,2 m.



Figuur 1-3, Voorbeeld van kleinschalige modelfaciliteit

De optimalisatie van de langsdam is de eerste doelstelling van het voorliggende onderzoek. De tweede doelstelling is het verzamelen van de benodigde gegevens zodat daarmee kan worden aangetoond dat het uiteindelijke ontwerp van de combinatie van langsdam, vooroever en dijk het gewenste veiligheidsniveau levert. Het meten van de golfoploop is daarvoor input.

De functie van de langsdam is primair het beschermen van de grond tussen de langsdam en de dijk, zodat deze niet onder extreme condities wegspoelt en daarnaast ook voorkomt dat de grond achter de dam door de constructie weg kan migreren. Deze functies kunnen niet worden getest in het model onderzoek. De langsdam hoeft geen functie te hebben bij het reduceren van de golfbelasting op de dijk. Het is echter wenselijk om tijdens de proeven te beoordelen in hoeverre de langsdam toch een bijdrage aan deze functie moet gaan geven. De verhoogde vooroever tussen de langsdam en de dijk heeft als functie de golfcondities zodanig te reduceren dat de dijk niet hoeft te worden versterkt. Vooralsnog moet deze functie vervuld worden zonder de bijdrage van de vegetatie.

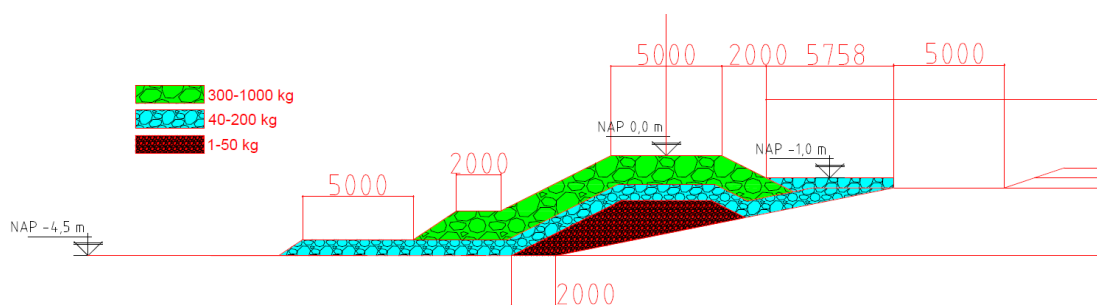
## 2 Scope van de golfgootproeven

Het doel van het onderzoek is het in kaart brengen van de stabiliteit van de toegepaste steengradering op de langsdam en het meten van de invloed van de vooroever op de golfcondities bij de dijk. Daarnaast zullen in het onderzoek gegevens worden verzameld die gebruikt kunnen worden om voor het uiteindelijke ontwerp het gewenste veiligheidsniveau te bepalen. De volgende aspecten worden meegenomen in het onderzoek:

- Stabiliteit van de breuksteen op de langsdam;
- Waterstand, golfhoogte en -periode boven de vooroever bij de dijk;
- Golfploop op de dijk (kruin wordt niet gemodelleerd maar het talud wordt doorgetrokken);
- Golfoverslag over de dijk voor een tweetal testseries.

In overleg met het waterschap is vastgesteld dat mogelijke variaties van de geometrie ten opzichte van de basisvariant zullen worden onderzocht in de kleinschalige proeven als daar aanleiding voor is.

In de basisvariant is gekozen voor het volgende ontwerp van de langsdam:



Figuur 2-1: ontwerp basisvariant

- kruinhoogte van de langsdam op NAP 0,0m
- kruinbreedte is 5m
- 3 steengraderingen, nl 300-1000kg in een laagdikte van  $2 D_{n50}=1,3m$ , 40-200kg in een laagdikte van  $2 D_{n50}=0,72m$ , kernmateriaal 1-50kg. In Bijlage A zijn toegepaste graderingskrommen weergegeven.
- 1:5 zandprofiel, startend 2m uit de bodembescherming
- Bodembescherming van 40-200 kg steek 5m uit.
- Talud van de langsdam is 1:2
- Het zand zal als vast en ondoorlatend worden gemodelleerd. Hierdoor is er geen geotextiel nodig in het model.
- Erosiegeul achter de langsdam heeft een breedte van 5m, daarna 1:3 helling terug naar het initiële vooroever niveau van NAP -1m.
- Diepte erosiegeul is NAP -1,45m.
- 5-6m erosiebescherming met 40-200kg gradering achterzijde. Hier zou ook gekozen kunnen worden voor kernmateriaal dat namelijk bij voldoende stabiliteit mee kan bewegen zoals bij een “falling apron”. Voor de basisvariant is een conservatievere aanpak gekozen omdat de stabiliteit hier ook nog niet zeker is, zie ook paragraaf 4.

Wanneer de basisvariant getest is, zullen er nog verschillende variaties beproefd worden. Twee variaties hebben betrekking op het ontwerp van de langsdam. Vijf variaties hebben betrekking op het golfreducerend vermogen van de vooroever.



### **Variaties langsdam:**

1. kruinhoogte van de langsdam (hoger kruin zorgt voor kleiner kruinbreedte) bij voldoende stabiliteit steengradering toplaag.
2. Toepassen van een kleinere steengradering bij weinig schade.

### **Variaties vooroever**

1. De vooroever wordt in de goot aangelegd met een diepte van NAP -1,45m. Hier bovenop worden 25mm dikke houten platen gelegd, zodat de basisvariant van de vooroever een diepte heeft van NAP -1,0m. In variant 1 wordt een 25mm dikke plaat toegevoegd zodat het niveau van de vooroever op NAP -0,55m komt te liggen.
2. In variant 2 worden juist alle houten platen verwijderd en komt de vooroever op NAP -1,45m te liggen
3. In variant 3 wordt de lengte van de vooroever die 40m was op NAP-1,0m met 20m verlengd
4. In variant 4 wordt de vooroever nogmaals verlengd naar in totaal 100m.
5. Referentie test zonder vooroever

Het is te verwachten dat tijdens zware golfaanval de waterstand boven de vooroever hoger zal zijn dan op het IJsselmeer. Dit is het gevolg van het feit dat de golftoppen over de langsdam lopen en water eroverheen brengen, terwijl tijdens de golfdalen er minder water terugstroomt (zoals ook gemeten en gerapporteerd in Tabel 5-2).

Er zal daardoor een stroming ontstaan door de openingen in de langsdam en over de langsdam, die samen met het effect van de golven een evenwicht gaan vormen. Tijdens extreme omstandigheden, die van belang zijn voor de stabiliteit van de langsdam en de hoogte van de waterkering, is de waterstand op het IJsselmeer echter zoveel hoger dan de kruin van de langsdam, dat de stroming door de openingen in de langsdam naar verwachting een verwaarloosbaar effect heeft. Dat betekent dat de waterstandsverhoging tijdens de proeven in de kleinschalige faciliteit een reële waarde aannemen, ook al wordt er geen opening in de langsdam gemaakt.

De golfoploop op de bestaande dijk is gemeten met een stappenbaak. Omdat er normaal gesproken overslag zal zijn bij de kruinhoogte van NAP +5,2m zal de dijk fictief worden doorgetrokken tot NAP +8,5m.

De erosie van de vooroever kan niet met kleinschalige modelonderzoek in kaart worden gebracht. Wel zullen metingen worden gedaan die eventueel als validatie voor numerieke berekeningen kunnen worden gebruikt. Deze zijn:

- Golfcondities boven de vooroever (inkomend en gereflecteerd)
- Golfcondities boven de IJsselmeerbodem op 2 locaties (inkomend en gereflecteerd)
- Golfcondities voor het overgangstalud (inkomend en gereflecteerd)
- Snelheidsmetingen van het water dichtbij de bodem op 2 locaties

Omdat de erosie van de vooroever niet wordt bepaald in de gootproeven, wordt de vooroever geschematiseerd met een harde bodem (zandcement). Een mogelijke erosiekuil achter de langsdam wordt in het profiel verwerkt. Hierdoor kan ook de stabiliteit van de breuksteen aan de achterzijde van de kruin worden bestudeerd. Verder wordt de invloed van de vegetatie buiten beschouwing gelaten. Dat levert een conservatief (veilig) onderzoeksresultaat op.

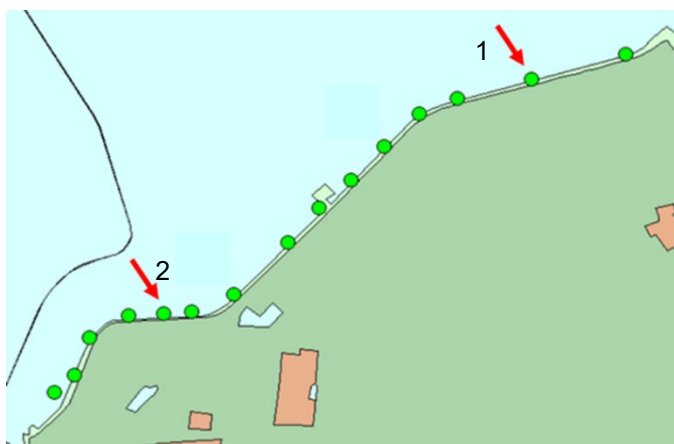
# 3 Hydraulische belastingen

## 3.1 Golfcondities

Voor het bepalen van de hydraulische belastingen voor elk gewenst faalmechanisme zijn door het waterschap HRD en HLCD files aangeleverd, die gebruikt kunnen worden in combinatie met Hydra-NL (of Riskeer).

Enkele resultaten van de berekeningen voor het ontwerp van breuksteen zijn gegeven in Tabel 3-1 voor de twee locaties die aangegeven zijn in Figuur 3-1. De berekeningen zijn voorlopig uitgevoerd met een bodemniveau op NAP-4,4 m en het W+ scenario voor 2075. Het bodemniveau varieert langs de dijk tussen NAP-4,75 m en NAP-3,55 m, met als gemiddelde NAP-4,26 m. Op het IJsselmeer zijn lokale diepe zandwinlocaties aanwezig, maar die zijn minder relevant voor de golfcondities. Rondom locatie 1 is het bodemniveau gemiddeld NAP -4,11 m en rondom locatie 2 is dit NAP-4,49 m.

De condities met een frequentie van 1/100 per jaar zijn bedoeld als controle dat het economisch criterium niet wordt overschreden en de condities voor 1/100.000 jaar zijn bedoeld voor eisen ten aanzien van de waterveiligheid.



Figuur 3-1, Locaties waar de golfcondities zijn berekend

Tabel 3-1: Golfcondities bij verschillende waterstanden op locatie 1 en 2

Locatie 1, frequentie: 1/100 per jaar				Locatie 1, frequentie: 1/100.000 per jaar			
Waterstand (m+NAP)	H <sub>m0</sub> (m)	T <sub>p</sub> (s)	Golfrichting (°N)	Waterstand (m+NAP)	H <sub>m0</sub> (m)	T <sub>p</sub> (s)	Golfrichting (°N)
0,99	2,21	6,13	319	1,50	3,45	8,09	333
1,00	2,13	6,07	319	2,00	4,00	7,68	319
1,50	2,20	6,32	318	2,50	3,78	7,59	319
Locatie 2, frequentie: 1/100 per jaar				Locatie 2, frequentie: 1/100.000 per jaar			
Waterstand (m+NAP)	H <sub>m0</sub> (m)	T <sub>p</sub> (s)	Golfrichting (°N)	Waterstand (m+NAP)	H <sub>m0</sub> (m)	T <sub>p</sub> (s)	Golfrichting (°N)
0,74	1,88	5,64	353	1,74	3,13	6,94	351
1,00	1,79	5,43	355	1,59	3,43	7,54	354
				2,00	3,52	7,39	354
				2,50	3,32	7,07	354

In de rekenresultaten valt op dat een aantal gevallen (vooral met een frequentie van 1/100.000 per jaar) de golfhoogte nogal hoog is ten opzichte van de waterdiepte. De verhouding is het grootst voor locatie 1 bij een waterstand van NAP+2,00 m, namelijk 0,62. Dit is fysisch niet realistisch, omdat dergelijke golven zullen breken op diepte. Deze onwaarschijnlijk hoge golfhoogte ten opzichte van de waterdiepte is een gevolg van de wijze waarop in het WBI-2017 omgegaan wordt met de onzekerheden (Groeneweg, 2023). Het modelonderzoek wordt opgezet zodat de hierboven genoemde maximale golfconditie van  $H_s=4\text{m}$  aan het golfschot opgewekt kan worden. 2<sup>e</sup> orde golfschotsturing zal worden toegepast. Aanbevolen wordt om deze golfhoogtes daarnaast ook naar beneden bij te stellen omdat het allerm minst zeker is dat de onzekerheden die verwerkt zijn in de golfhoogte ook zullen leiden tot hogere golfoploop als gevolg van de extreme golfbreking die in het fysieke model zal gaan ontstaan. Naast de  $H_s$  van 4m zal dan ook gekeken worden naar een  $H_s$  van 2,8m en 3,5m. De eerste waarde is afkomstig uit HYDRA-NL zonder toevoeging van onzekerheid op de golfhoogte (behorend bij de 4m uitkomst); de tweede waarde is in termen van golfenergie (evenredig met  $H_s^2$ ), in het midden tussen de twee andere waarden in.

## 3.2 Proevenprogramma

In het proevenprogramma zal onderscheid worden gemaakt tussen condities die gedraaid worden om de stabiliteit van de langsdam te onderzoeken en condities die gedraaid worden voor de golfoploop en golfoverslagmetingen. Voor golfoploop en overslag zijn alleen de hoge waterstanden maatgevend. Voor de stabiliteit is dit niet zeker en zullen in Test Serie 1 alle condities worden gedraaid. Tabel 3-2 geeft alle condities weer. Na Test Serie 1 zal per configuratie minimaal 5 combinaties van waterstand en golfcondities gedraaid worden. Conditie 10 heeft een waterstand en golfparameters die zwaarder zijn dan de norm, maar is toegevoegd om vast te stellen hoeveel reservesterkte er nog in zit als de eerdere proef weinig schade heeft opgeleverd.

Ook is het niet zeker dat de onzekerheid die verwerkt is in de golfhoogte ook leidt tot hogere golfoploop resultaten als gevolg van het extreme breken door de beperkte diepte. Daarom worden hieronder meerdere  $H_s$ - $T_p$  combinaties gegeven bij eenzelfde waterstand, zoals in paragraaf 3.1 uitgelegd.

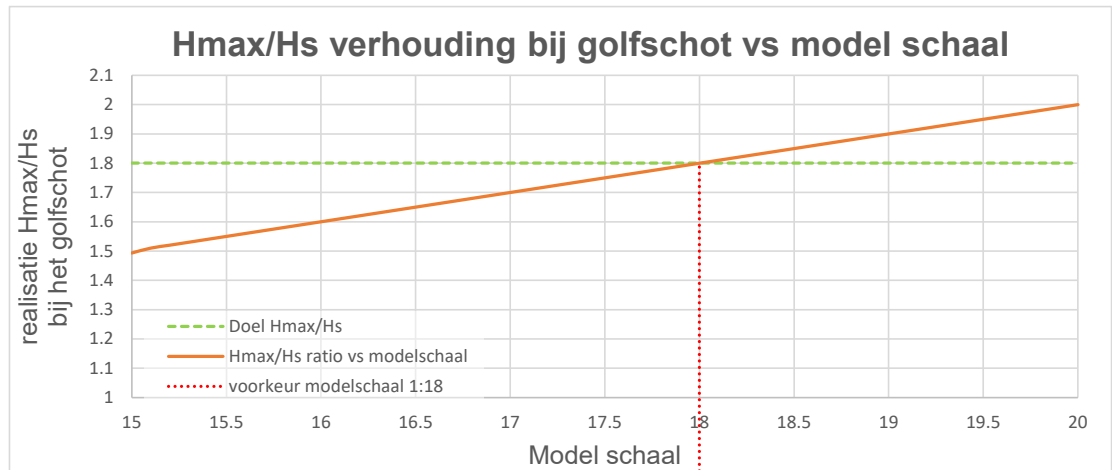
Tabel 3-2: Hydraulische Condities voor Golfschotsturing (prototype schaal)

Conditie	Waterstand (m+NAP)	$H_{m0}$ (m)	$T_p$ (s)	Opmerking
0	0,7	1,2	5,6	1/1 jaar
1	0,7	1,9	5,6	DV3, 1/100 jaar
2	1,0	2,2	6,1	DV1, 1/100 jaar
3	1,5	3,1	8,1	DV1, 1/100.000 jaar
4	2,0	2,8	7,4	DV3, 1/100.000 jaar
5	2,0	3,4	7,4	DV3, 1/100.000 jaar
6	2,0	4,0	7,4	DV3, 1/100.000 jaar
7	2,5	2,8	7,6	DV1, 1/100.000 jaar
8	2,5	3,5	7,6	DV1, 1/100.000 jaar
9	2,5	4,0	7,6	DV1, 1/100.000 jaar
10	2,8	3,6	8,1	Boven de norm

## 4 Model set-up

### 4.1 Modelschaal

Als gevolg van de grote onzekerheden die worden meegenomen in het bepalen van de hydraulische randvoorwaarden, dienen er bij het golfschot golven met een  $H_s$  van 4,0m te worden opgewekt. Een Rayleigh verdeeld spectrum, waarbij de verhouding tussen  $H_{max}$  en  $H_s$  ongeveer 1,8 is, levert een maximale golf op van 7,2m. Bij een modelschaal van 1:18 zou dit theoretisch mogelijk moeten zijn in de Scheldegoot van Deltares, zie ook Figuur 4-1. Daarom zal deze modelschaal worden toegepast in dit onderzoek.



Figuur 4-1: Bepaling modelschaal

#### 4.1.1 Verschaling en schaalears

Bij het opzetten van een kleinschalig fysiek model, dient rekening gehouden te worden met schalingswetten. In Hydralab (2011) worden hiervoor criteria gegeven. De dimensies van de Scheldegoot in combinatie met de gewenste golfhoogte bij het golfschot zijn zoals hierboven is beschreven bepalend.

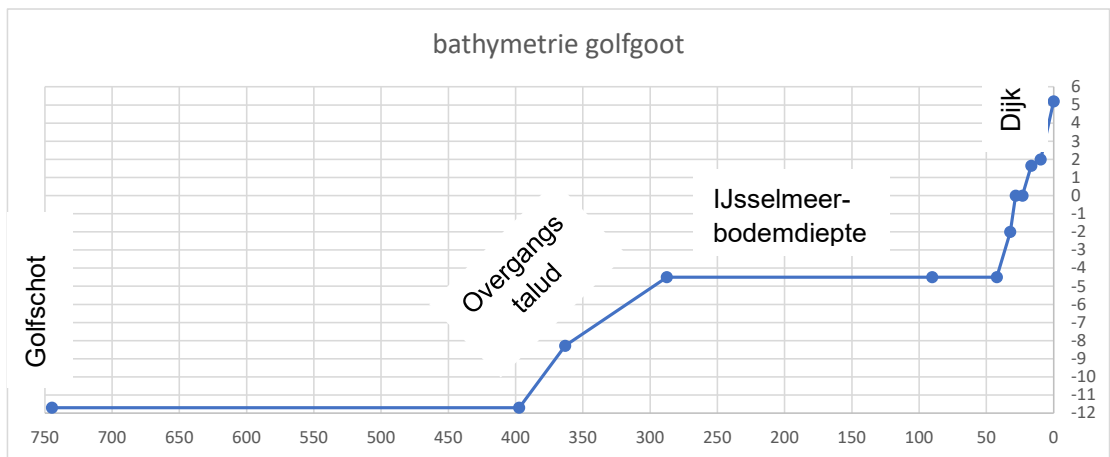
Stabiliteitsschaling zal worden toegepast voor de granulaire toplagen van de dijk waarin ook dichtheidsverschillen van de steen tussen prototype en model worden meegenomen. Voor het water wordt in beide gevallen  $1000 \text{ kg/m}^3$  gebruikt.

Dichtheid in $\text{kg/m}^3$	Prototype	Model
Steen	2600	2700
Water	1000	1000

De kans op het optreden van schaalears is het grootst bij afnemende snelheid van de golfloop, waardoor de invloed van de viscositeit toeneemt. Bekend is dat bij lage overslagdebieten, die gepaard gaan met lagere snelheden van de golfloop er schaalears optreden. Met name als de relatieve kruinhoogte groter is dan de 2% golfploophoogte is de kans op schaalears groot (Schüttrumpf en Oumeraci, 2005). Het gemiddelde overslagdebiet waarvoor geldt  $R_c = R_{2\%}$  is dan ongeveer  $0,5 \text{ l/s/m}$  (Capel, 2015). Voor de metingen met golfloop zal daarom niet zozeer gekeken moeten worden naar de maximale golfploophoogte, maar naar de hoogte die door ongeveer 2% van het aantal golven wordt overschreden.

## 4.2 Bathymetrie model

De langsdam zal worden gebouwd op een plateau dat ligt op 40 cm hoogte in de goot. Deze hoogte representeert de IJsselmeerbodem met een diepte van NAP -4,5m. De lengte van het plateau zal minimaal 3 golflengtes lang zijn, wat overeenkomt met bijna 200m lengte. Voor het golfschot is de waterdiepte 7,2m groter. De bodem van de goot representeert dus een diepte van NAP -11,7m. Een overgangstalud wordt gemaakt tussen deze 2 niveaus. Dit gebeurt in 2 stappen. Van -11,7m tot -8,3m onder een 1:10 gradiënt en van -8,3 tot -4,5m onder een gradiënt van 1:20. Op het punt  $x=90,2m$  zal de bodembescherming van de langsdam starten. Dit wordt hieronder in Figuur 4-2 weergegeven.

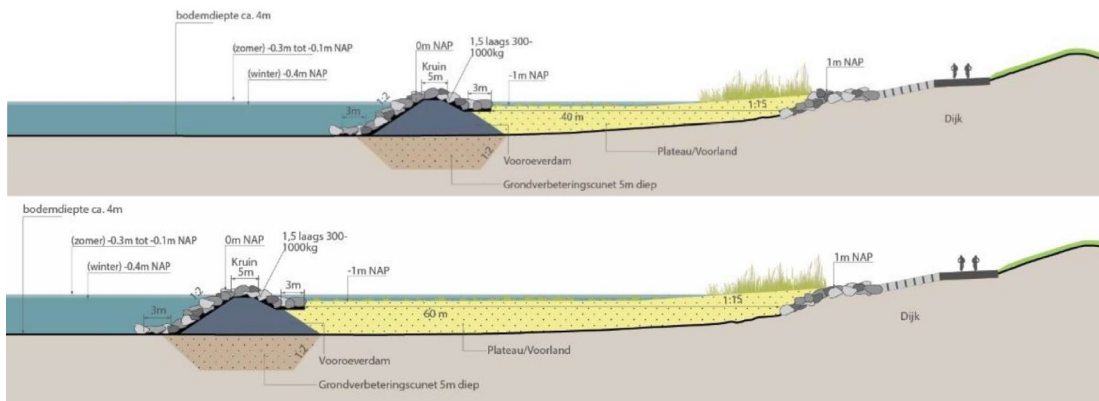


Figuur 4-2: Bathymetrie schaalmodel

Bij het golfschot, in dieper water, kan met deze schematisering een Rayleigh verdeeld golfspectrum gegenereerd worden. Ter plekke van het overgangstalud treedt golfbreking op. Dit komt omdat de golven die opgewekt zijn te groot zijn voor de waterdiepte. De hoogste golven breken er dan uit, wat leidt tot een afgevlakte Rayleigh verdeling. Voor het uitbreken van de golven is er voldoende lengte nodig. De langsdam dient dus voldoende ver van het overgangstalud te liggen. Hier is 3x de golflengte gehanteerd. Zoals later te lezen is, bleek dit meer dan genoeg te zijn gezien de golfhoogtemetingen bij set 2 vergelijkbaar was met set 3 net voor de langsdam.

## 4.3 Vooroever plateau

Het ontwerp van de langsdam met vooroever en dijklichaam, zoals weergegeven in Figuur 4-3 kent min of meer 2 verschillende lengtes qua vooroever. De afstand van het hart van de langsdam tot de buitenkruinlijn van de dijk is ongeveer 71 a 72m voor Dijkvak 3 (DSN 8-11) en tussen de 90 en 94m voor Dijkvak 1 en 2 (DSN 13-14 en 22-36).



Figuur 4-3: Artist Impression Variant Langsdam van Dijkvak 3 (boven) en Dijkvak 1 en 2 (onder), bron: RHDHV rapport BH5290-ZZ-XX-RP-Z-0030.

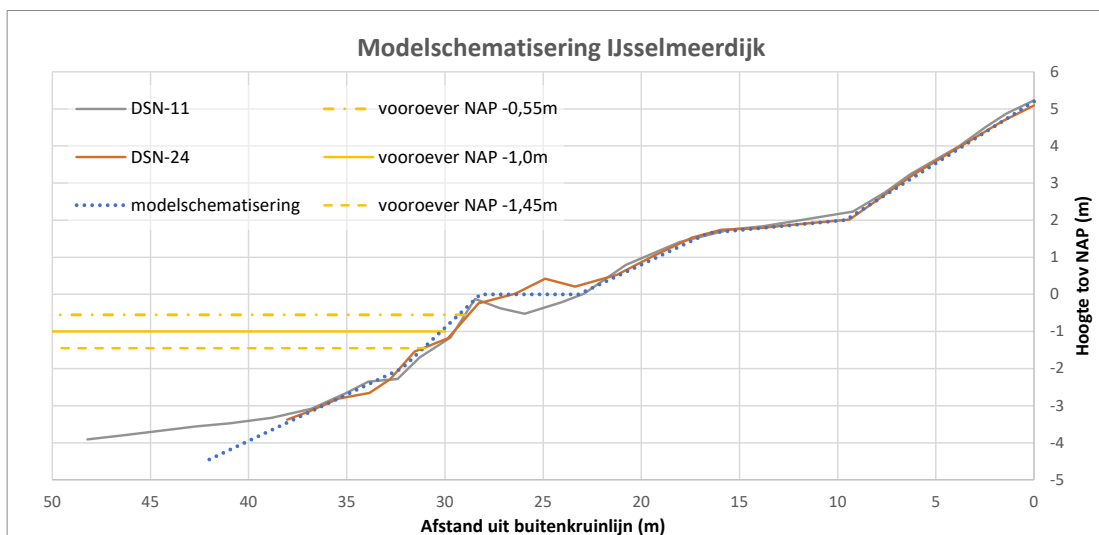
De verwachting is dat de grootste golfhoogtereductie plaats vindt bij de bredere vooroever van Dijkvak 1 en 2. Daarom is het conservatief om het model op te zetten met de smallere vooroever die aanwezig is bij Dijkvak 3. Deze vooroever heeft op de NAP-1,0m in het model een breedte van 40m. Om de invloed van de breedte van de vooroever te onderzoeken zal er ook een serie uitgevoerd worden waarbij de breedte 20m kleiner dan wel groter wordt. De keuze zal worden gemaakt op basis van eerdere resultaten.

De vooroever heeft over een groot deel een niveau van NAP -1m. Bij de overgang van de vooroever naar de bestaande IJsselmeerdijk ligt een bufferzone onder een helling van 1:15. Deze bufferzone zal in het schaalmodel niet worden meegenomen.

De invloed van het niveau van de vooroever zal ook in 2 series worden onderzocht. Omdat gebruik wordt gemaakt van 25mm dikke houten platen, betekent dit dat het niveau eenmaal 45 cm hoger en eenmaal 45 cm lager komt te liggen.

#### 4.4 Bestaande IJsselmeerdijk

De bestaande dijk zal geschematiseerd in de goot worden ingebouwd, waarbij gebruik zal worden gemaakt van houten platen die de geometrie van de dijk min of meer nabootsen.



Figuur 4-4: Dijkschematisering

In Figuur 4-4 zijn twee voorbeelden van de bestaande dijk gegeven, namelijk DSN-11 en DSN-24. De stippellijn is de modellschematisering die wordt toegepast voor de dijk. De kruin ligt op een hoogte van NAP +5,2m, het bovenbeloop heeft een taludgradiënt van 1:3, de

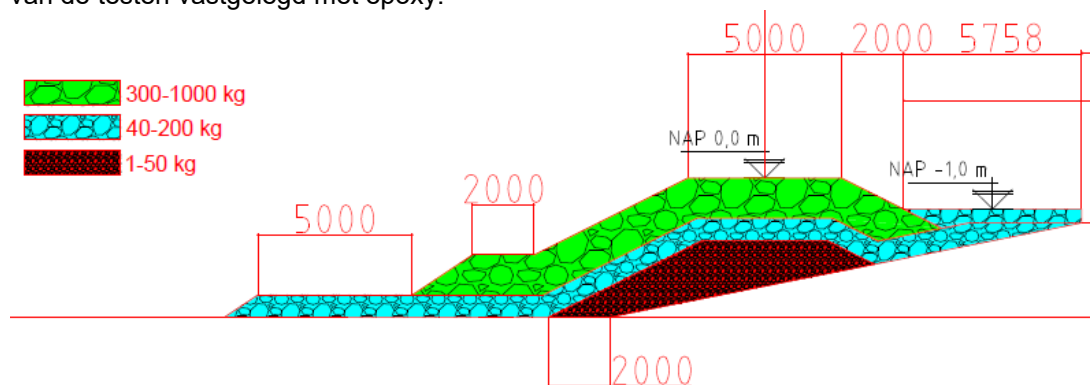
berm heeft een gradiënt van 1:20 en loopt over 7m breedte van NAP +2,0m naar NAP+1,65m, het onderbeloop heeft een talud van 1:4 en loopt tot NAP 0,0m, daar is een 5m kreukelberm gevolgd door een 1:2 talud die op een niveau van NAP -2m snijdt met het 1:4 profiel. Alleen het deel van de dijk dat boven NAP -1,45m wordt in het model geschematiseerd meegenomen. De vooroever zal namelijk op dit laagste niveau over een grotere breedte worden gebouwd, zodat de dijk hierover naar voren of naar achteren geschoven worden om daarmee meerdere vooroever breedtes eenvoudig te kunnen schematiseren.

## 4.5 Langsdam

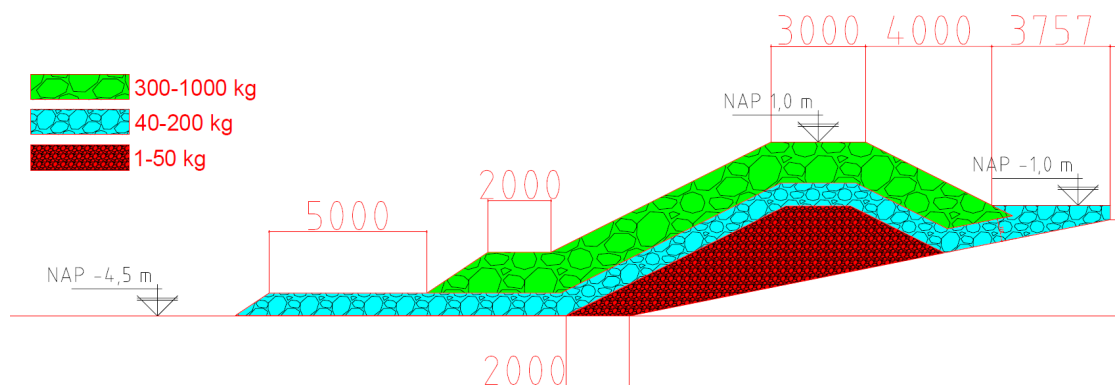
Het ontwerp van de langsdam bestaat uit een toplaag van 300-1000 kg met een dikte van 2  $D_{n50}$ . Hier wordt uitgegaan dat deze dikte overeenkomt met de methode van de highest point survey methode en niet spherical foot staff methode (zie ook Handreiking breuksteen). Voor de schematisering van deze laagdikte komt het er dan op neer dat de gebruikte stenen zullen vallen tussen 2 getrokken rechte lijnen op de glazen wand van de goot. De afstand van de lijnen komt overeen met de laagdikte van 2  $D_{n50}$ .

De basis variant van de langsdam die als eerste in het model zal worden ingebouwd is hieronder weergegeven in Figuur 4-5.

In Figuur 4-6 is de doorsnede van de langsdam te zien met een 1m hogere kruin. Deze langsdam is als tweede in het model ingebouwd. Figuur 4-7 geeft de doorsnede weer met een 60-300 kg toplaag en het kernmateriaal doorgetrokken als "falling apron" aan zowel de IJsselmeerszijde als de vooroever zijde, voor het geval er ook erosie achter de dam ontstaat. Deze is als 3<sup>e</sup> in het model ingebouwd. Deze vorm van de langsdam is in het verdere verloop van de testen vastgelegd met epoxy.

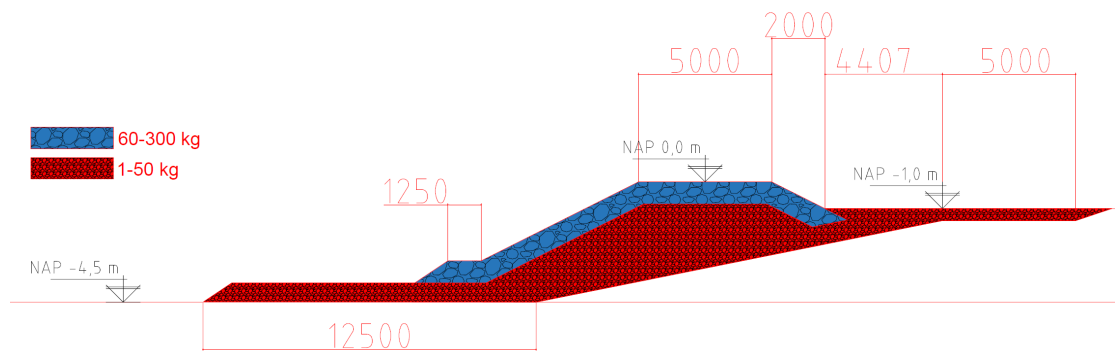


Figuur 4-5: Langsdam basisvariant (maten in mm)



Figuur 4-6: Langsdam 1m kruinverhoging (maten in mm)

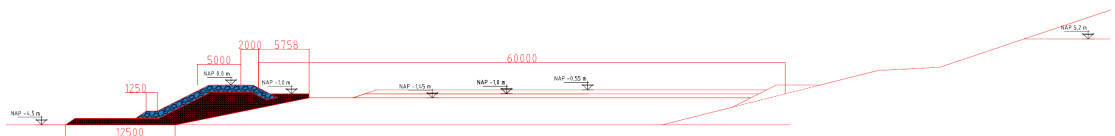




Figuur 4-7: Langsdam met lichte gradering en "falling apron" teen en achterzijde" (maten in mm)

## 4.6 Ontgrondingskuil

De diepte van de ontgrondingskuil is hier praktisch gekozen. Om snel verschillende verbouwingen te kunnen realiseren qua vooroeverniveau zal gebruik gemaakt worden van 25mm dikke houten platen die op het basis niveau kunnen worden aangebracht. Deze 25mm dikke platen komen met de gebruikte modelschaal overeen met 45 cm hoogte. Omdat het basis vooroever niveau gedefinieerd is op NAP -1,0m kan de vooroever qua hoogte met plus of min 45 cm worden veranderd. Dit levert een variatie op van 90 cm in totaal. Gegeven het feit dat er natte vegetatie gewenst is, past deze variatie ook binnen de gewenste bandbreedte.



Figuur 4-8: Diepte ontgrondingskuil NAP -1,45m. Vooroever niveaus -1,45m, -1,0m en -0,55m (maten in mm)

Voor de 3<sup>e</sup> Test Serie (zie Figuur 4-7) is een doorsnede opgenomen waarin de ontgrondingskuil wordt bestort met een brede gradering van 1-50kg dat ook als kernmateriaal wordt toegepast. Hiermee wordt onderzocht of dit materiaal voldoende stabiel is, mocht het noodzakelijk zijn om in de loop van de jaren de diepte van de erosiekuil niet verder te laten toenemen.

## 4.7 Test Series

De basis scope van een referentietest (0-situatie) en 6 test series, 3 vooral gericht op de stabiliteit van de langsdam en 3 alleen gericht op de golfoploop op de dijk voor verschillende vooroever configuraties, is uitgebreid met 3 extra series. In twee series wordt namelijk golfoverslag gemeten. Hiermee kan een directe relatie gelegd worden tussen de 2% golfoploophoogte en het gemiddelde overslagdebiet. Deze relatie is namelijk niet eenduidig door het complexe brekingsproces dat over de vooroever plaatsvindt. De andere extra serie is erbij gekomen om ook het effect van een 100m brede vooroever, wat qua ecologie van meerwaarde zal zijn, te testen. De grotere lengte van de vooroever kan namelijk leiden tot een lagere golfconditie aan de teen, waardoor de golfoploop gereduceerd wordt.

De volgende tabel geeft een overzicht van de verschillende test series met daarin hun belangrijkste kenmerken.



Tabel 4-1: Kenmerken per Test Serie

Test Serie	Langsdam	Opbouw	Vooroever		Erosiekuil	Testen	Metingen
T1	Kruin: NAP +0,0m	Toplaag: 300-1000 kg Filterlaag: 40-200 kg Kernmateriaal: 1-50 kg	Lengte: 40m	Hoogte: NAP -1,0m	Diepte: NAP - 1,45m	11: T100- T110	Stabiliteit Golfcondities Stroomsnelheden Golfoploop
T2	Kruin: NAP +1,0m	Toplaag: 300-1000 kg Filterlaag: 40-200 kg Kernmateriaal: 1-50 kg	Lengte: 40m	Hoogte: NAP -1,0m	Diepte: NAP - 1,45m	6: T201 T202 T203 T206 T209 T210	Stabiliteit Golfcondities Stroomsnelheden Golfoploop
T3	Kruin: NAP +0,0m	Toplaag: 60-300 kg Filterlaag: 1-50 kg Kernmateriaal: 1-50 kg	Lengte: 40m	Hoogte: NAP -1,0m	Geen: kuil opgevuld met 1- 50kg materiaal	6: T301 T302 T303 T304 T307 T310	Stabiliteit Golfcondities Stroomsnelheden Golfoploop
T4	Kruin: NAP +0,0m	Opbouw T3 met epoxy vastgelegd	Lengte: 60m	Hoogte: NAP -1,0m	Diepte: NAP - 1,45m	7: T404 - T410	Golfcondities Stroomsnelheden Golfoploop
T5	Kruin: NAP +0,0m	Opbouw T3 met epoxy vastgelegd	Lengte: 60m	Hoogte: NAP -1,0m	Diepte: NAP - 1,45m	7: T504 - T510	Golfcondities Stroomsnelheden Golfoverslag
T6	Kruin: NAP +0,0m	Opbouw T3 met epoxy vastgelegd	Lengte: 60m	Hoogte: NAP -1,45m	Diepte: NAP - 1,45m	7: T604 - T610	Golfcondities Stroomsnelheden Golfoverslag
T7	Kruin: NAP +0,0m	Opbouw T3 met epoxy vastgelegd	Lengte: 60m	Hoogte: NAP -1,45m	Diepte: NAP - 1,45m	7: T704 - T710	Golfcondities Stroomsnelheden Golfoploop
T8	Kruin: NAP +0,0m	Opbouw T3 met epoxy vastgelegd	Lengte: 60m	Hoogte: NAP -0,55m	Diepte: NAP - 1,45m	7: T804 - T810	Golfcondities Stroomsnelheden Golfoploop
T9	Kruin: NAP +0,0m	Opbouw T3 met epoxy vastgelegd	Lengte: 100m	Hoogte: NAP -1,0m	Diepte: NAP - 1,45m	7: T904 - T910	Golfcondities Stroomsnelheden Golfoploop
T0	geen	geen	geen	geen	geen	11: T001 - T010	Golfcondities Stroomsnelheden Golfoploop

In Bijlage A zijn de bijbehorende doorsnede weergegeven.

## 4.8 Metingen

### Golfcondities

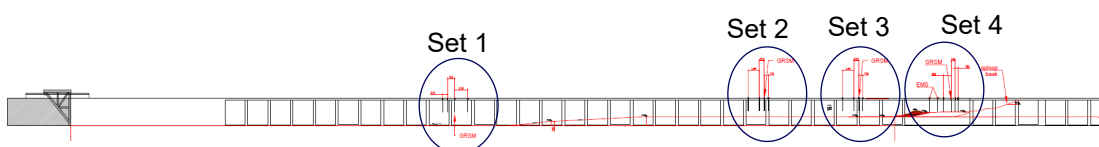
Op meerdere plaatsen in de goot zijn inkomende golven bepaald op basis van een set van 4 golfhoogtemeters. Set 1 wordt gebruikt om de hydraulische randvoorwaarden, die gebaseerd zijn op de Hydra NL berekeningen, te kalibreren. Set 2 en Set 3 zijn gepositioneerd op de diepte van het IJsselmeer voor de langsdam (NAP -4,5m). Set 4 is gepositioneerd boven de vooroever. Door de niet-lineaire effecten is een scheiding van inkomende en gereflecteerde golf hier niet betrouwbaar. De instrumenten op deze positie zullen alleen gebruikt worden om de gemiddelde waterstand boven de vooroever te bepalen. Tabel 4-2 geeft de exacte positie van de instrumenten en Figuur 4-10 visualiseert deze in de goot. Er worden 2 typen genoemd. Type 1 is een golfhoogtemeter met naamgeving WHM (Wave Height Meter) en Type 2 is de een combinatie van golfhoogtemeter en snelheidsmeter, wat een GRSM (GolfRichtingSpreidingsMeter) genoemd wordt. Ook losse snelheidsmeters, die EMS (ElectroMagnetische Snelheidsmeter) genoemd worden, worden gebruikt in het model.



Figuur 4-9: Instrumenten (links: WHM; rechts GRSM)

Tabel 4-2: locatie instrumenten in goot

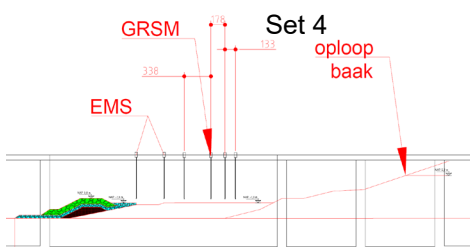
Posities Golfhoogte en snelheidsmeters in golfgoot (in modelmaten)									
Set 1 (m)		Set 2 (m)		Set 3 (m)		Set 4 (40/60/100m vooroever) (m)		(m)	
WHM01	16,41	WHM04	29,90	WHM07	34,07	WHM10	38,52 / 39,63 / 41,85	EMS01	37,91
WHM02	16,63	WHM05	30,39	WHM08	34,56	GRSM04 WHM13	38,85 / 39,96 / 42,18	EMS02	38,26
GRSM01	16,95	GRSM02	30,61	GRSM03	34,78	WHM11	39,03 / 40,14 / 42,36		
WHM03	17,52	WHM06	30,79	WHM09	34,96	WHM12	39,16 / 40,27 / 42,49		



Figuur 4-10: Locaties meetinstrumenten

### Snelheidsmetingen

Twee separate snelheidsmeters worden ingezet op een niveau van NAP 0,0m net voor en na de aangebrachte ontgrondingskuil. Daarnaast kunnen de snelheidsmeters van de GRSMs in set 2, 3 en 4, welke eveneens 5 cm boven de bodem zitten worden gebruikt om de lokale orbitaal/stroomsnelheden te bepalen.



Figuur 4-11: Locatie snelheidsmeters (EMS), Set 4 en oploopbaak

### *Golfoploop*

Een oploopbaak wordt toegepast op het boventalud van de dijk die fictief doorgetrokken is. Deze baak bestaat uit een reeks sensoren waarmee de oploophoogte in discrete stappen per golf wordt bepaald, zie Figuur 4-12. De laagdikte moet minimaal 3mm zijn wil de sensor contact maken. Hiermee wordt voorkomen dat laagdiktes van minder dan 3mm die in het model nauwelijks weerstand ondervinden tot extreme hoge oploopwaarden leiden. In de praktijk voorkomt de ruwheid namelijk dat deze zo hoog door kunnen lopen.



*Figuur 4-12: Oploopbaak*

### *Golfoverslag*

Twee test series zijn uitgevoerd waarbij de voor golfoploop verlengde dijk is weggehaald tot het aanwezig kruinniveau van de huidige dijk (NAP +5,2m). Voor deze hoogte wordt het gemiddelde golfoverslagdebiet bepaald voor dezelfde condities als uitgevoerd voor golfoploopmetingen. Hiervoor is een grote overslagbox met daarin een kleinere box achter de dijk geplaatst. Via een 0,5m brede chute komt het overslaande water voert in de overslagbox. Bij kleine hoeveelheden wordt alleen de kleine box gebruikt. Een waterstandsmeter registreert de stijging van het waterniveau wat gebruikt wordt om het gemiddelde overslagdebiet te berekenen.

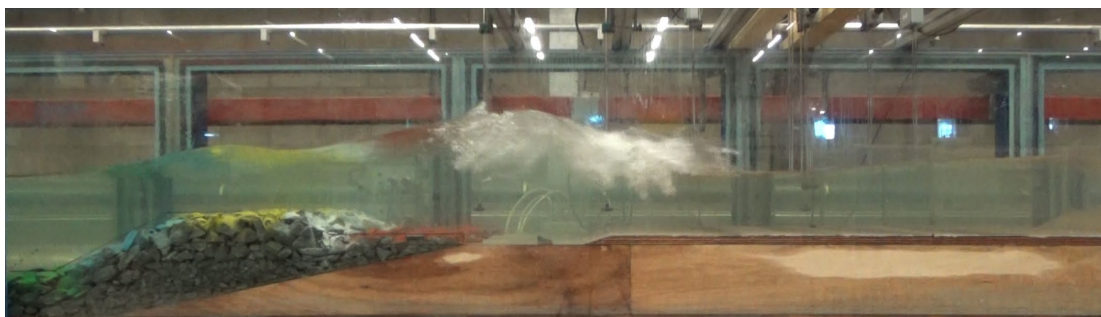
## 5 Meetresultaten

### 5.1 Algemene beschrijving

#### 5.1.1 Test Serie 1

In Test Serie 1 is de langsdam getest zoals weergegeven in Figuur 4-5. Hiervoor zijn alle test condities gedraaid die gegeven zijn in Tabel 3-2. De stabiliteit van de toplaag 300-1000 kg gradering was zeer goed. In Bijlage A worden de overlay foto's getoond waarin te zien is dat welke stenen met meer dan 1  $D_{n50}$  verplaatst zijn.

Dit zelfde is gedaan voor de 40-200 kg gradering die zowel bij de teen als bij de vooroever ligt.



Figuur 5-1: Impressie van model test tijdens Test Serie 1

#### 5.1.2 Test Serie 2

In Test Serie 1 was te zien dat veel golven breken door de aanwezigheid van de langsdam maar dat deze relatief "beschut" ligt doordat de kruin ervan onder water ligt. Om te onderzoeken of de stabiliteit veel minder was als dezelfde golfconditie optreedt bij lagere waterstanden, is de dam met 1 m verhoogd. Naast dat dit inzicht geeft in de stabiliteit van de steen, levert deze test serie ook informatie op over het effect van een hogere langsdam ten aanzien van golfploophoogte en de daarvan afgeleide olop- en overloopsnelheden (deze worden hier niet bepaald).

6 test condities zijn geselecteerd uit Tabel 3-2. Voor iedere waterstand is gekozen voor de maximale bijbehorende golfconditie.

De Test Serie liet zien dat de kruin van de langsdam aan IJsselmeerzijde behoorlijke schade had, maar dat de filterlaag nog geen gevaar liep om uit te spoelen.



Figuur 5-2: Impressie van model test tijdens Test Serie 2

### 5.1.3 Test Serie 3

In Test Serie 3 is ervoor gekozen om een lichtere gradering van 60-300kg toe te passen in de toplaag. Ook hier zijn 6 test condities geselecteerd uit Tabel 3-2. Als gevolg van de schadeontwikkeling gedurende de eerste 3 testen, is er hier niet gekozen om de maximale golfhoogte voor de betreffende waterdiepte te gebruiken in het programma, maar juist de minimale waarde ( $H_s=2,8m$  bij het golfschot).

In plaats van de 40-200 kg gradering is voor Test Serie 3 gekozen voor een brede gradering van 1-50kg in zowel de bodembescherming voor de langsdam als voor de sectie achter de langsdam. Er is hier ook gekozen om de erosiekuil met deze brede gradering op te vullen om daarmee te onderzoeken of dit materiaal voldoende stabiel was om de belasting van de brekende golven op te vangen. Hiervoor kan bijvoorbeeld gekozen worden als de erosiekuil te diep dreigt te worden, dan wel geheel voorkomen moet worden. Alleen voor de toplaag gradering van 60-300 kg kan een  $N_{od}$  waarde bepaald worden. Bij de brede gradering zal een kwalitatieve beschrijving van de schade gegeven worden.



Figuur 5-3: Impressie van model test tijdens Test Serie 3

### 5.1.4 Test Serie 4

Vanaf Test Serie 4 is de focus van het onderzoek alleen gericht op het effect van de lengte en diepteligging in relatie tot golfoploop. Daarvoor is de dam vastgelegd met epoxy, zodat deze geen schade meer ondervindt en in alle volgende test series eenzelfde effect heeft zodat de resultaten goed met elkaar vergeleken kunnen worden. Bij de eerste 3 test series was een 40m brede vooroever toegepast op een hoogte van NAP -1,0m. Bij Test Serie 4 is de lengte van de vooroever verlengd naar 60m. De hoogte is gelijk gebleven op NAP -1,0m. Door de verlengde vooroever hebben de grootste golven uit het spectrum wat langer de tijd om een deel van hun energie te verliezen.

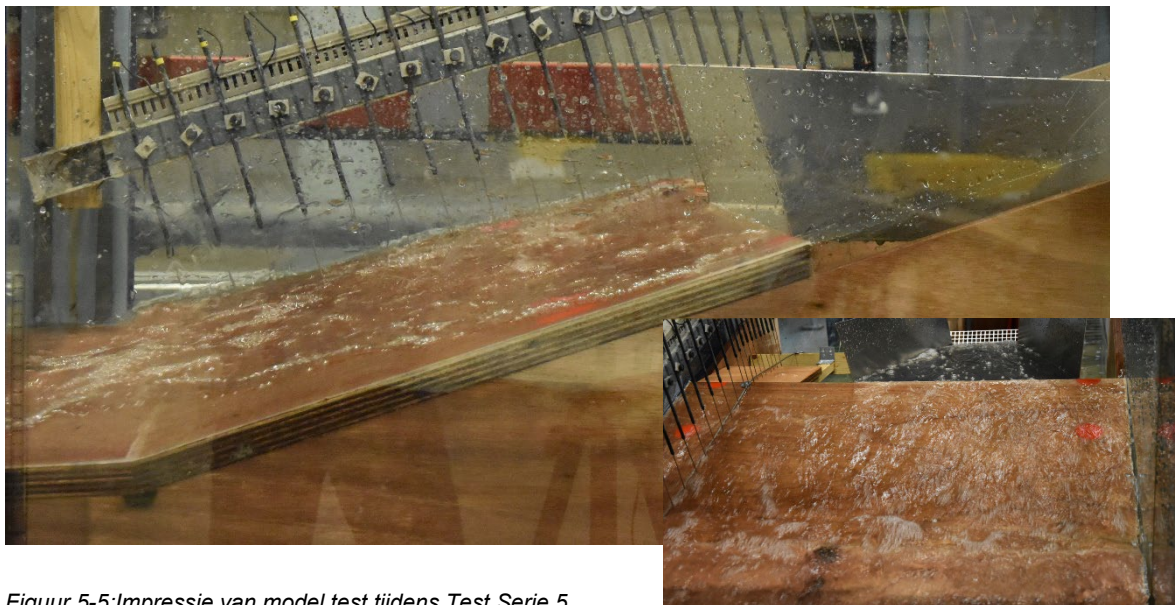


Figuur 5-4: Impressie van model test tijdens Test Serie 4



### 5.1.5 Test Serie 5

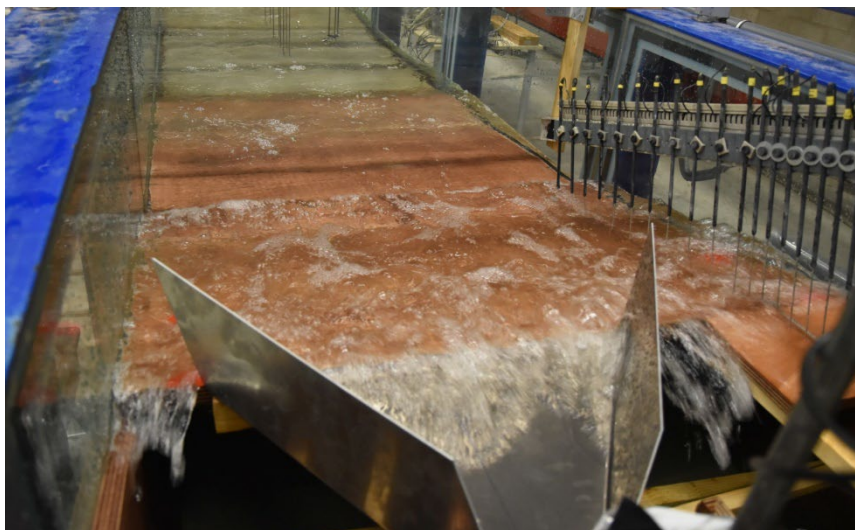
In Test Serie 5 is de focus gelegd op de golfoverslag. De verlengde dijk boven de NAP +5,2m is in deze serie verwijderd. Over een breedte van 0,5m is het totale water opgevangen dat over de dijk komt. Door het volume dat is opgevangen te delen door de duur van de proef en de breedte van de chute wordt het gemiddelde overslagdebiet verkregen. Deze debieten kunnen dan vergeleken worden met de 2% golfploophoogte om zodoende een relatie af te leiden waardoor ook voor andere uitgevoerde golfloop mogelijkwerwijs golfoverslagdebieten uit te rekenen.



Figuur 5-5: Impressie van model test tijdens Test Serie 5

### 5.1.6 Test Serie 6

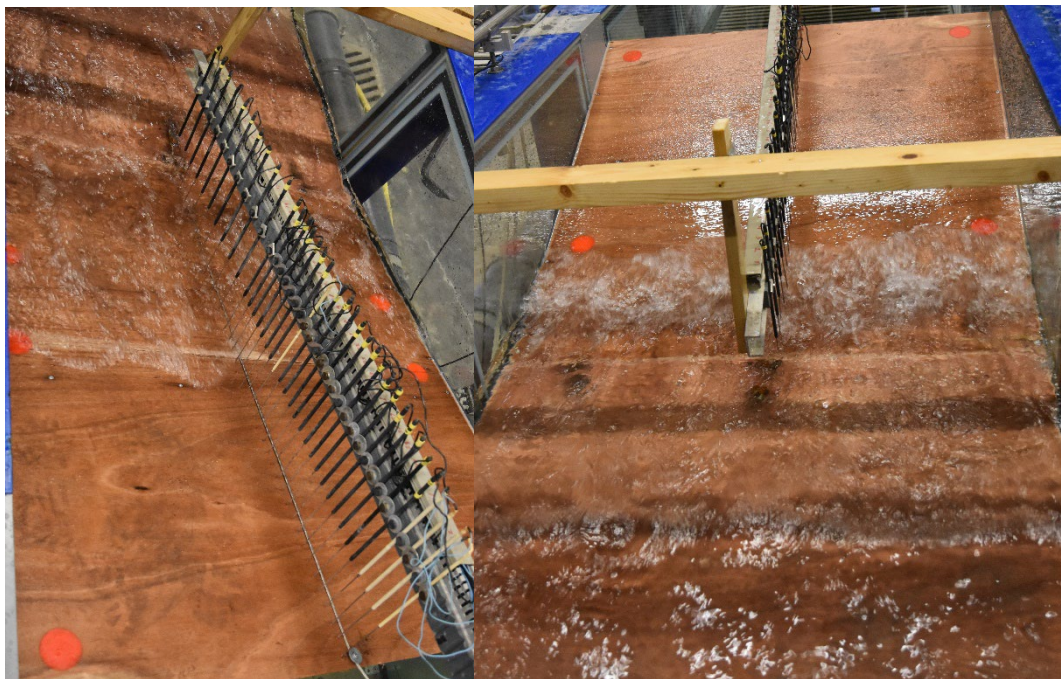
Golfoverslagmetingen zijn tevens in Test Serie 6 uitgevoerd. Het niveau van de vooroever is in deze serie verdiept naar NAP -1,45m. Het gevolg hiervan is dat de golven minder diepte beperkende invloeden hebben en dat er daarmee meer water over de dijk komt. Deze test serie is daarmee input voor de gevoeligheid van het vooroeverniveau in relatie tot golfoverslag.



Figuur 5-6: Impressie van model test tijdens Test Serie 6

### 5.1.7 Test Serie 7

Voor deze Test Serie is het overslag systeem verwijderd en is de verlengde dijk weer ingebouwd. De vooroever heeft in deze serie nog hetzelfde niveau van NAP -1,45m, zoals in serie 6. Golfloop wordt in deze test serie gemeten voor dezelfde condities als uitgevoerd in Test Serie 6. Hiermee wordt een tweede set aan data gemeten waarbij direct het gemiddelde golfoverslagdebiet met de 2% golfloopwaarde vergeleken kan worden.



*Figuur 5-7: Impressie van model test tijdens Test Serie 7*

### 5.1.8 Test Serie 8

In Test Serie 8 is het vooroever niveau verhoogd. In plaats van de verlaging van 0,45m is er nu een verhoging van 0,45m aangebracht. Het vooroeverniveau ligt dan op NAP -0,55m. De lengte is nog steeds 60m. In deze serie wordt het effect van de kleinere waterdiepte op de 2% golfloophoogte onderzocht.



*Figuur 5-8: Impressie van model test tijdens Test Serie 8*



### 5.1.9 Test Serie 9

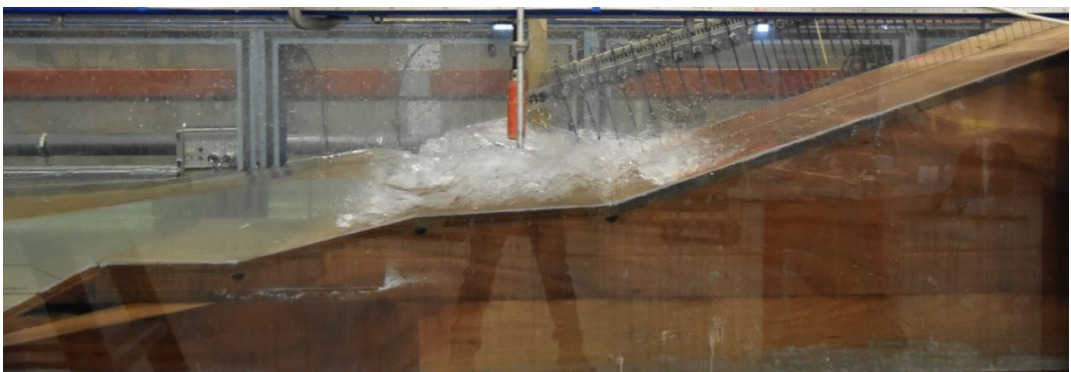
In deze serie is het vooroeverniveau weer teruggebracht naar NAP -1,0m. De vooroeverlengte is hier verlengd naar 100m. Hier is onderzocht of een toename in vooroeverlengte nog van significante invloed is op de golfloop.



*Figuur 5-9: Impressie van model test tijdens Test Serie 9*

### 5.1.10 Test Serie 0

Het test programma is afgesloten met de referentietest. Hiervoor zijn de langsdam en de vooroever verwijderd en is de dijk verschoven naar de plaats waar de zandige kern van de langsdam was ingebouwd. De golfploophoogte voor dezelfde inkomende condities als eerder uitgevoerd worden hier beproefd op de IJsselmeerdijk zonder vooroever.



*Figuur 5-10: Impressie van model test tijdens Test Serie 0*



## 5.2 Hydraulische Meetresultaten

### 5.2.1 Algemeen

De metingen zijn uitgevoerd in de Scheldegoot. De golfgoot is 55 m lang, 1 m breed en 1,2 m diep. Het golfschot is uitgerust met actieve reflectiecompensatie, wat betekent dat de beweging van het golfschot de gereflecteerde golven compenseert, zodat deze niet opnieuw terugkaatsen. De golfsignalen zijn alle tweede orde Stokes golven, wat betekent dat de tweede-orde-effecten van de eerste hogere en eerste lagere harmonische component van het golfveld in de beweging van het golfbord worden meegegeven.

In de fysieke modelproeven zijn onregelmatige golven op basis van het JONSWAP-spectrum gegenereerd. De golfcondities zijn gemeten door arrays van vier golfhoogtemeters. De gemeten signalen zijn via niet-lineaire golfdecompositiemethode ontbonden in inkomende (vrije en gebonden) en gereflecteerde (vrije en gebonden) signalen (De Ridder et al, 2023). Naast de spectrale significante golfhoogte  $H_{m0}$  is ook de gemiddelde energetische

golfperiode  $T_{m-1,0}$  berekend voor het frequentie bereik  $\frac{1}{2}f_p \rightarrow \infty$  ( $T_{m-1,0} = m_{-1}/m_0$  met  $m_n = \int_{0,5f_p}^{\infty} f^n$

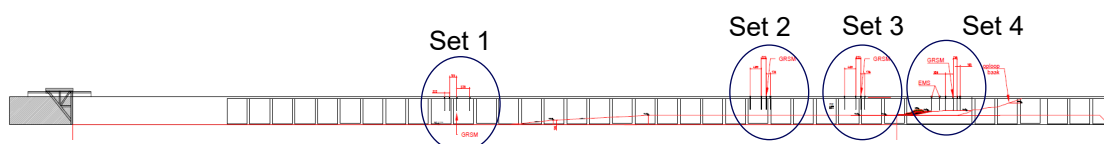
$S(f) df$  met  $n = -1$  of  $0$ ) welke gebruikt dient te worden voor het Iribarren getal bij de kalibratie van golfloop en golfoverslag formules.

### 5.2.2 Golfcondities

Verschillende condities uit het testprogramma zoals eerder in Tabel 3-2 gegeven zijn gekozen binnen de verschillende Test Series. Tabel 5-1 geeft voor iedere serie de geselecteerde conditie weer. In plaats van de doelwaarden van Tabel 3-2 zijn de gemeten waarden voor de diep-water locatie (set 1, zie Figuur 5-11) gegeven. Conditie 14 en 15 zijn in Test Serie 9 toegevoegd om daarmee aan te tonen wat de maximale golfhoogte over waterdiepte verhouding kan zijn voor de langsdam voor de bijbehorende golfperiode van ongeveer 7,5s. De golfcondities zijn namelijk diepte-gelimiteerd wat ook te zien valt aan de  $H_{2\%}$  die lager is dan 1,4 maal de significante golfhoogte welke hoort bij een Rayleigh verdeling. De golfhoogteoverschrijdingskromme in Bijlage E laten dit ook zien. Alleen golfconditie 12 heeft een Rayleigh verdeelde golfhoogte. Deze conditie was later toegevoegd in Test Serie 12.

Tabel 5-1: Geselecteerde golfcondities per Test Serie, meetresultaat Set 1

Conditie	Waterstand (m+NAP)	$H_{m0}$ (m)	$H_{2\%}$ (m)	$T_p$ (s)	$T_{m-1,0}$ (s)	Test Serie										
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
00	0,7	1,2	1,7	5,6	5,1	✓										
01	0,7	1,9	2,6	5,6	5,2	✓	✓	✓								✓
02	1,0	2,2	3,0	6,1	5,6	✓	✓	✓								✓
03	1,5	3,2	4,3	8,1	7,3	✓	✓	✓								✓
04	2,0	2,8	3,7	7,4	6,7	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
05	2,0	3,4	4,4	7,4	6,8	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
06	2,0	4,0	5,0	7,4	6,9	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
14	2,0	4,5	5,4	7,4	7,0											✓
15	2,0	4,7	5,5	7,4	7,1											✓
07	2,5	2,9	4,0	7,6	6,9	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
08	2,5	3,5	4,9	7,6	7,0	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
09	2,5	4,1	5,5	7,6	7,1	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10	2,8	3,6	5,0	8,1	7,4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
12	3,5	1,7	2,3	5,6	5,2						✓					✓



Figuur 5-11: Locaties metingen golfcondities

De golfcondities zoals gemeten op de twee locaties aangeduid met Set 2 en Set 3 worden gerapporteerd in paragraaf 5.2.4, waarbij de laatste set net voor de langsdam gebruikt wordt voor het aantal inkomende golven voor de bepaling van de 2% golfploophoogte, oftewel de ophoogte die door 2% van de golven overschreden wordt.

### 5.2.3 Opzet waterstand vooroever

In Tabel 5-2 wordt de gemeten opzet boven de vooroever voor alle uitgevoerde proeven gerapporteerd. De opzet is bepaald door de gemiddelde waterstand van Set 4 te vergelijken met Set 2. De gemiddelde waterstanden in set 4 en 2 zijn bepaald door eerst per golfhoogtenemer (WHM) het tijdsgemiddelde te bepalen en dan over de set aan WHM's in een set het gemiddelde te nemen.

Het tijdsgemiddelde van een golfhoogtenemer is standaard negatief ten opzichte van de stil waterstand doordat de golfdalen langer zijn dan de golftoppen. Door Set 4 met Set 2 te vergelijken nemen we dus impliciet aan dat de verhouding tussen de duur van een golfdal en golftop gelijk is voor beide sets. Dit levert daarmee een (kleine) fout op in de berekende opzet omdat de vorm wel degelijk iets anders is. We kunnen daarnaast ook 3 paren met elkaar vergelijken, dat zijn Serie 1 en 3, Serie 4 en 5 en Serie 6 en 7. Hoewel er heel veel waarden dicht bij elkaar liggen, zie je ook verschillen met een maximum van 1,7 cm tussen T103 en T303.

Tabel 5-2: Opzet waterstand boven vooroever in cm (prototype waarden)

Conditie	Waterstand (m+NAP)	Test Serie								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
00	0,7	4,2								
01	0,7	11,5	27,9	11,6						
02	1,0	11,0	32,9	11,8						
03	1,5	14,1	36,2	15,8						
04	2,0	6,0		6,7	10,7	10,2	9,3	9,7	11,2	11,2
05	2,0	9,1			14,8	13,5	13,4	13,2	15,4	15,7
06	2,0	10,6	25,9		17,4	17,0	16,4	16,4	19,2	19,5
14	2,0									21,0
15	2,0									21,4
07	2,5	3,5		3,1	6,2	6,3	6,0	6,0	6,9	8,1
08	2,5	6,5			9,8	9,1	9,3	9,0	9,9	11,5
09	2,5	7,6	16,9		12,3	11,9	11,4	11,3	12,8	14,5
10	2,8	4,4	10,7	3,5	8,4	8,3	7,6	7,8	8,9	11,0
12	3,5						-0,1	0,0		

Uit Tabel 5-2 valt op te maken dat zowel de hoogte van de dam als de lengte van de vooroever, maar ook de diepteligging van de vooroever effect hebben op de opzet. Zo is te zien dat het hogere kruinniveau van de langsdam in Test Serie 2, zorgt voor een hogere opzet. Ondanks dat meer golfenergie breekt door de hogere langsdam, presteert de hogere langsdam minder in relatie tot golfloop. Dit is onder andere terug te zien in paragraaf 5.2.4 waarin per Test Serie de 2% golfoploophoogte wordt gerapporteerd.

Ook valt in de metingen op dat een langer voorland zorgt voor een hoger gemiddelde waterstand. Door de iets grotere waterdiepte treedt er iets minder energiedissipatie op van de golfenergie. Dit heeft wederom een negatief effect op de 2% oploophoogte. Zoals terug te zien is in de gerapporteerde waarden in paragraaf 5.2.4, heeft de langere vooroever nog wel effect op de 2% oploophoogte als deze van 40m naar 60m wordt verlengd, maar neemt deze waarde niet af maar juist toe bij 100m vooroever lengte.

## 5.2.4 Golfoploophoogte

De oploopbaak is in het model gepositioneerd boven de berm. De baak bestaat uit 36 pinnen die gezamenlijk de oploophoogte van iedere golf registreren. De onderste pin zit op ongeveer NAP +2,0m. De bovenste pin zit op NAP +8,5m. Alleen bij de referentietest waar hogere oploophoogtes verwacht werden, is met behulp van 7 extra pinnen een maximale oploophoogte van NAP +9,5m te registreren. Iedere test bestaat uit zo'n 1000 individuele golfoploophoogtes. De oploophoogte die door 20 individuele events wordt overschreden is daarmee de 2% oploopwaarde. In de bijbehorende figuren wordt deze oploophoogte dimensieloos weergegeven door te delen door de inkomende significant golfhoogte bij de langsdam (Set 3). De 2% oploophoogte ten opzichte van NAP worden daarnaast in de volgende paragrafen per Test Serie gerapporteerd. Het gaat dan om Test Serie 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9 en 0. Test Serie 5 en 6 waren gericht op golfoverslag en worden in paragraaf 0 besproken.

### 5.2.4.1 Test Serie 1

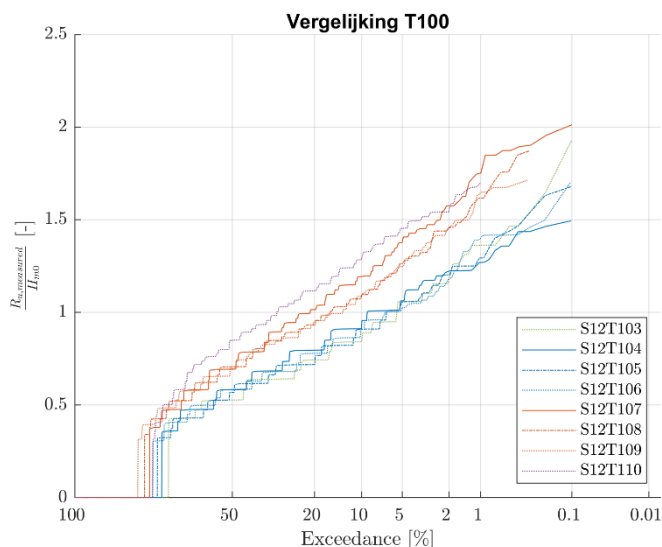
In Tabel 5-3 is de 2% oploophoogte gegeven van de proeven waarvoor deze waarde bepaald kon worden. Daarnaast worden ook de gemeten spectrale significante golfhoogte  $H_{m0}$ , 2% golfhoogte overschrijdingswaarde en spectrale golfperioden  $T_p$  en  $T_{m-1,0}$  gegeven. In deze test serie lag de hoogte van de langsdam op NAP 0,0m, en was de vooroever 40m lang op een hoogte van NAP -1,0m.

Tabel 5-3: Test Serie 1 - Meetresultaten golfcondities Set 2 en 3 en oploophoogte z2%

Conditie	Waterstand (m+NAP)	Set 2				Set 3 (Langsdam)				Oploophoogte
		$H_{m0}$ (m)	$H_{2\%}$ (m)	$T_p$ (s)	$T_{m-1,0}$ (s)	$H_{m0}$ (m)	$H_{2\%}$ (m)	$T_p$ (s)	$T_{m-1,0}$ (s)	$Z_{2\%}$ (m+NAP)
T103	1,5	2,8	3,1	8,3	7,0	2,8	3,1	8,4	7,3	4,7
T104	2,0	2,7	3,1	7,4	6,6	2,7	3,1	7,5	6,8	5,3
T105	2,0	3,0	3,3	7,5	6,6	3,0	3,2	7,5	6,8	5,6
T106	2,0	3,1	3,4	7,5	6,6	3,1	3,3	7,5	6,8	5,7
T107	2,5	2,8	3,4	7,7	6,8	2,8	3,3	7,7	6,9	6,9
T108	2,5	3,1	3,5	7,7	6,9	3,1	3,5	7,8	7,0	7,0
T109	2,5	3,3	3,7	7,8	6,9	3,4	3,6	7,8	7,1	7,4
T110	2,8	3,3	3,7	8,3	7,2	3,3	3,6	8,3	7,4	7,8

Figuur 5-12 geeft de overschrijdingslijnen van alle testen in 1 figuur. In Bijlage D worden deze lijnen per test getoond. Op de verticale as is de verhouding tussen de oploophoogte en de significant golfhoogte uitgezet. Wanneer een lijn, zoals die bij S26T110 niet tot de 0,1% loopt, betekent dit dat een deel van de golven hoger kwam dan het maximum in het schaalmodel. Het effect van de vooroever is in de figuur goed terug te zien in de grotere verhouding tussen  $R_u/H_{m0}$ . De 4 verschillende waterstanden hebben ieder een eigen kleur. Hoe kleiner de waterdiepte, hoe minder golven tot grote olopwaardes komen.

Er lijkt een iets andere trend te zijn voor de twee laagste waterstanden dan voor de twee hoogste waterstanden. Dit effect is hier meer dan bij latere proevenseries. De gradiënt van de lijn behorende bij de hoogste waterstanden is iets steiler dan voor dezelfde condities bij bredere voorlanden. Voor de lagere waterstanden komt de gradiënt overeen met de bredere voorlanden. De hypothese is hier dat de 40m vooroeverlengte net te kort is om ook bij hogere waterstanden dezelfde efficiëntie te kunnen bieden.



Figuur 5-12: Overschrijdingslijnen dimensieloze golfoploophoogte Serie T100

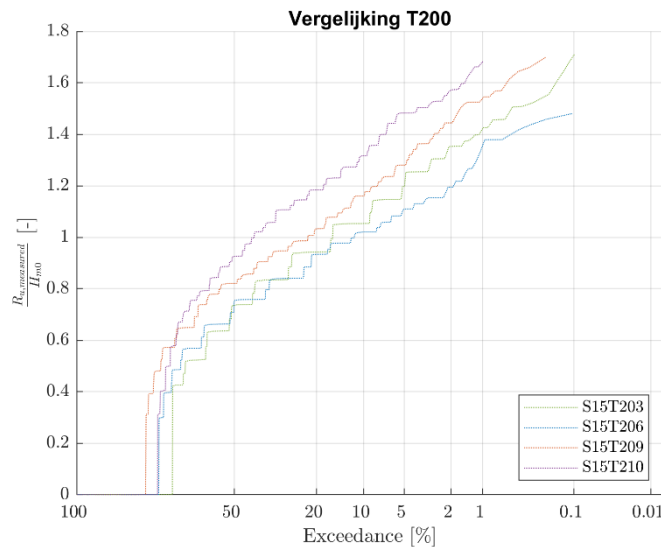
#### 5.2.4.2 Test Serie 2

In Tabel 5-4 is 2% de oploophoogte gegeven van de proeven waarvoor deze waarde bepaald kon worden. Daarnaast worden ook de gemeten spectrale significante golfhoogte  $H_{m0}$ , 2% golfhoogte overschrijdingswaarde en spectrale golfperioden  $T_p$  en  $T_{m-1,0}$  gegeven. In deze test serie lag de hoogte van de langsdam op NAP +1,0m, en was de vooroever 40m lang op een hoogte van NAP -1,0m.

Tabel 5-4: Test Serie 2 - Meetresultaten golfcondities Set 2 en 3 en oploophoogte z2%

Conditie	Set 2					Set 3 (Langsdam)				Oploophoogte
	Waterstand (m+NAP)	$H_{m0}$ (m)	$H_{2\%}$ (m)	$T_p$ (s)	$T_{m-1,0}$ (s)	$H_{m0}$ (m)	$H_{2\%}$ (m)	$T_p$ (s)	$T_{m-1,0}$ (s)	$z_{2\%}$ (m+NAP)
T203	1,5	2,8	3,1	8,3	7,0	2,8	3,1	8,4	7,3	5,3
T206	2,0	3,2	3,5	7,5	6,6	3,2	3,4	7,5	6,9	5,8
T209	2,5	3,4	3,7	7,8	6,8	3,4	3,7	7,8	7,1	7,4
T210	2,8	3,3	3,8	8,3	7,2	3,3	3,7	8,3	7,4	8,0

Figuur 5-13 geeft de overschrijdingslijnen van alle testen in 1 figuur. In Bijlage D worden deze lijnen per test getoond. Op de verticale as is de verhouding tussen de oploophoogte en de significant golfhoogte uitgezet. Wanneer een lijn, zoals die bij S26T210 niet tot de 0,1% loopt, betekent dit dat een deel van de golven hoger kwam dan het maximum in het schaalmodel. Het effect van de vooroever is in de figuur goed terug te zien. Deze is in principe effectiever bij lager waterstanden. Echter test T203 laat zien dat de dimensieloze oploophoogte hoger is dan bij T206. Dit heeft naar alle waarschijnlijkheid te maken met de hogere golfopzet op de vooroever.



Figuur 5-13: Overschrijdingslijnen dimensieloze golfoploophoogte Serie T200

### 5.2.4.3 Test Serie 3

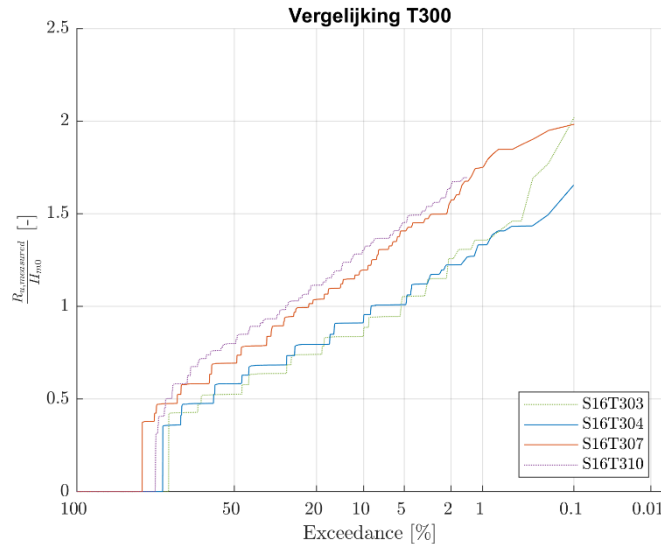
In Tabel 5-5 is de 2% oploophoogte gegeven van de proeven waarvoor deze waarde bepaald kon worden. Daarnaast worden ook de gemeten spectrale significante golfhoogte  $H_{m0}$ , 2% golfhoogte overschrijdingswaarde en spectrale golfperioden  $T_p$  en  $T_{m-1,0}$  gegeven. In deze test serie lag de hoogte van de langsdam weer op NAP +0,0m, en was de vooroever 40m lang op een hoogte van NAP -1,0m. De langsdam had wel behoorlijk schade opgelopen, waardoor de effectieve breedte van de dam gedurende de test serie wat kleiner werd.

Tabel 5-5: Test Serie 3 - Meetresultaten golfcondities Set 2 en 3 en oploophoogte z2%

Conditie	Set 2					Set 3 (Langsdam)				Oploophoogte
	Waterstand (m+NAP)	$H_{m0}$ (m)	$H_{2\%}$ (m)	$T_p$ (s)	$T_{m-1,0}$ (s)	$H_{m0}$ (m)	$H_{2\%}$ (m)	$T_p$ (s)	$T_{m-1,0}$ (s)	$Z_{2\%}$ (m+NAP)
<b>T303</b>	1,5	2,8	3,1	8,3	7,0	2,8	3,0	8,4	7,3	5,0
<b>T304</b>	2,0	2,7	3,1	7,4	6,6	2,7	3,1	7,5	6,8	5,3
<b>T307</b>	2,5	2,8	3,4	7,7	6,8	2,8	3,3	7,7	6,9	6,9
<b>T310</b>	2,8	3,3	3,7	8,3	7,2	3,3	3,6	8,3	7,4	8,2

Figuur 5-14 geeft de overschrijdingslijnen van alle testen in 1 figuur. In Bijlage D worden deze lijnen per test getoond. Op de verticale as is de verhouding tussen de oploophoogte en de

significant golfhoogte uitgezet. Wanneer een lijn, zoals die bij S26T310 niet tot de 0,1% loopt, betekent dit dat een deel van de golven hoger kwam dan het maximum in het schaalmodel. Het effect van de vooroever is in de figuur goed terug te zien. De 4 verschillende waterstanden hebben ieder een eigen kleur. Omdat alleen de opbouw van de langsdam hier verschilt met Test Serie 1, is dezelfde trend zichtbaar als eerder uitgelegd in 5.2.4.1. De gradiënt van de lijnen behorende bij de hoogste waterstanden is ook hier weer iets steiler dan voor dezelfde condities die later bij bredere voorland zichtbaar zijn. De hypothese is hier dat de 40m vooroeverlengte net te kort is om ook bij hogere waterstanden dezelfde efficiëntie te kunnen bieden.



Figuur 5-14: Overschrijdingslijnen dimensieloze golfploophoogte Serie T300

#### 5.2.4.4 Test Serie 4

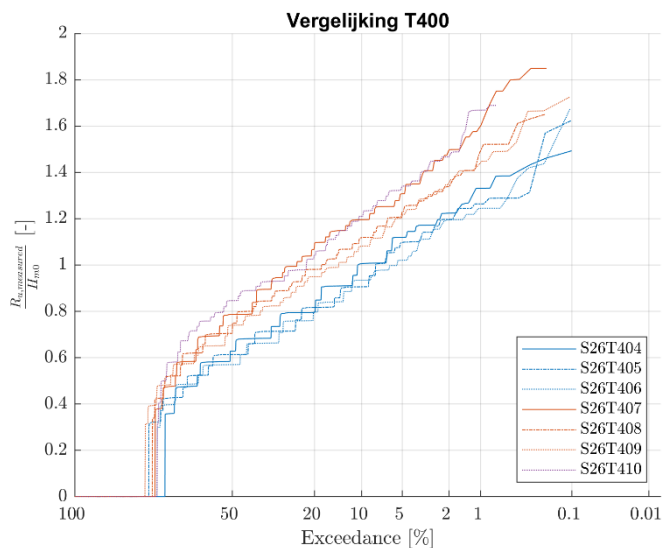
In Tabel 5-6 is de 2% ophoogte gegeven van de 7 die proeven uit Test Serie 4 die gericht waren op alleen golfploop. Daarnaast worden ook de gemeten spectrale significante golfhoogte  $H_{m0}$ , 2% golfhoogte overschrijdingswaarde en spectrale golfperiodes  $T_p$  en  $T_{m-1,0}$  gegeven. In deze test was de langsdam gefixeerd en lag de hoogte van de langsdam op NAP +0,0m. De vooroever was 20m verlengd en was daarmee 60m lang op een hoogte van NAP - 1,0m.

Tabel 5-6: Test Serie 4 - Meetresultaten golfcondities Set 2 en 3 en ophoogte  $z_{2\%}$

Conditie	Set 2					Set 3 (Langsdam)				Ophoogte
	Waterstand (m+NAP)	$H_{m0}$ (m)	$H_{2\%}$ (m)	$T_p$ (s)	$T_{m-1,0}$ (s)	$H_{m0}$ (m)	$H_{2\%}$ (m)	$T_p$ (s)	$T_{m-1,0}$ (s)	$z_{2\%}$ (m+NAP)
T404	2,0	2,7	3,1	7,4	6,6	2,7	3,1	7,5	6,8	5,3
T405	2,0	3,0	3,3	7,5	6,6	3,0	3,3	7,5	6,8	5,6
T406	2,0	3,2	3,5	7,5	6,6	3,2	3,5	7,5	6,9	5,8
T407	2,5	2,8	3,4	7,7	6,8	2,8	3,4	7,7	7,0	6,7
T408	2,5	3,1	3,5	7,7	6,8	3,1	3,5	7,8	7,0	6,7
T409	2,5	3,3	3,7	7,8	6,8	3,4	3,6	7,8	7,1	7,1

<b>T410</b>	2,8	3,3	3,8	8,3	7,2	3,3	3,7	8,3	7,4	7,6
-------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Figuur 5-15 geeft de overschrijdingslijnen van alle testen in 1 figuur. In Bijlage D worden deze lijnen per test getoond. Op de verticale as is de verhouding tussen de oploophoogte en de significant golfhoogte uitgezet. Wanneer een lijn, zoals die bij S26T409 en 410 niet tot de 0,1% loopt, betekent dit dat een deel van de golven hoger kwam dan het maximum in het schaalmodel. Het effect van de vooroever is in de figuur goed terug te zien. De 3 verschillende waterstanden hebben ieder een eigen kleur. De golfoploophoogte is duidelijk lager bij een waterstand van NAP +2,0m.



Figuur 5-15: Overschrijdingslijnen dimensieloze golfoploophoogte Serie T400

#### 5.2.4.5 Test Serie 7

In Tabel 5-7 is de 2% oploophoogte gegeven van de 7 die proeven uit Test Serie 7 die gericht waren op alleen golfoploop. Ten behoeve van de golfoverslag testen uit Test Serie 6, is er nog een extra test, T712, toegevoegd. Daarnaast worden ook de gemeten spectrale significante golfhoogte  $H_{m0}$ , 2% golfhoogte overschrijdingswaarde en spectrale golfperioden  $T_p$  en  $T_{m-1,0}$  gegeven. In deze test was de langsdam gefixeerd en lag de hoogte van de langsdam op NAP +0,0m. De vooroever was 60m lang op een hoogte van NAP -1,45m en was daarmee 45 cm dieper dan in Test Serie 4.

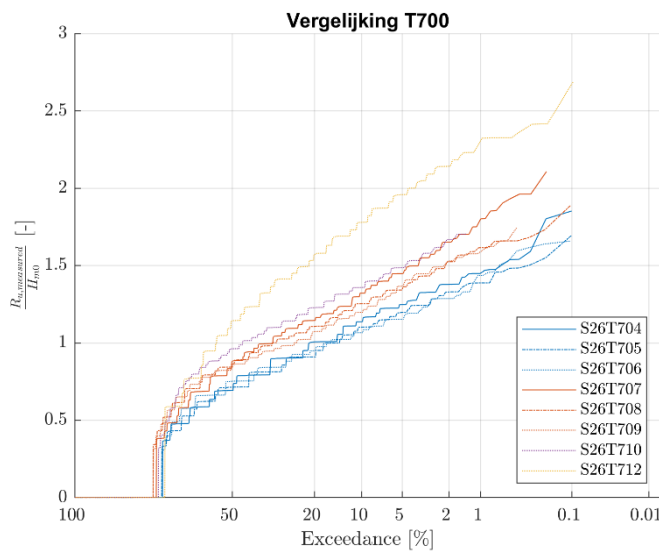
Tabel 5-7: Test Serie 7 - Meetresultaten golfcondities Set 2 en 3 en oploophoogte  $z_{2\%}$

Conditie	Set 2					Set 3 (Langsdam)				Oploophoogte
	Waterstand (m+NAP)	$H_{m0}$ (m)	$H_{2\%}$ (m)	$T_p$ (s)	$T_{m-1,0}$ (s)	$H_{m0}$ (m)	$H_{2\%}$ (m)	$T_p$ (s)	$T_{m-1,0}$ (s)	$Z_{2\%}$ (m+NAP)
<b>T704</b>	2,0	2,7	3,1	7,4	6,6	2,7	3,1	7,5	6,8	5,7
<b>T705</b>	2,0	3,0	3,4	7,5	6,6	3,0	3,2	7,5	6,8	6,0
<b>T706</b>	2,0	3,2	3,6	7,5	6,6	3,2	3,4	7,5	6,9	6,1
<b>T707</b>	2,5	2,8	3,4	7,7	6,8	2,8	3,4	7,7	7,0	7,1
<b>T708</b>	2,5	3,1	3,6	7,7	6,8	3,1	3,5	7,8	7,1	7,3
<b>T709</b>	2,5	3,4	3,7	7,8	6,8	3,4	3,6	7,8	7,1	7,7

<b>T710</b>	2,8	3,3	3,8	8,3	7,2	3,3	3,7	8,3	7,4	8,3
<b>T712</b>	3,5	1,6	2,1	5,6	5,2	1,6	2,1	5,6	5,2	6,8

Figuur 5-16 geeft de overschrijdingslijnen van alle testen in 1 figuur. In Bijlage D worden deze lijnen per test getoond. Op de verticale as is de verhouding tussen de oploophoogte en de significant golfhoogte uitgezet. Wanneer een lijn, zoals die bij S26T709 en 710 niet tot de 0,1% loopt, betekent dit dat een deel van de golven hoger kwam dan het maximum in het schaalmodel. Het effect van de vooroever is in de figuur goed terug te zien. De 3 verschillende waterstanden hebben ieder een eigen kleur. De golfoploophoogte is duidelijk lager bij een waterstand van NAP +2,0m.

Ook opvallend is de proef met een waterstand van NAP +3,5m. De gradiënt van de lijn is steiler. De relatieve verhouding tussen de maximale oploophoogte en de inkomende golf is hier zelfs groter dan 2,5, terwijl dat in alle eerdere, maar ook latere test series niet hoger kwam dan ongeveer 2. De meest waarschijnlijk verklaring is dat bij deze golfconditie het inkomend golfspectrum min of meer nog Rayleigh verdeeld is. Een minder waarschijnlijke verklaring is dat de berm van de IJsselmeerdijk in dit laatste geval niet of nauwelijks een rol speelt terwijl dit bij andere waterstanden wel het geval is geweest.



Figuur 5-16: Overschrijdingslijnen dimensieloze golfoploophoogte Serie T700

#### 5.2.4.6 Test Serie 8

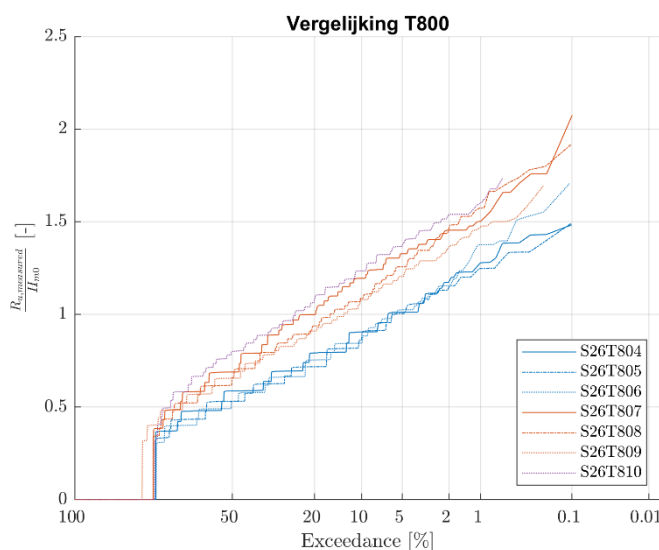
In Tabel 5-8 is de 2% oploophoogte gegeven van de 7 die proeven uit Test Serie 8 die gericht waren op alleen golfloop. Daarnaast worden ook de gemeten spectrale significante golfhoogte  $H_{m0}$ , 2% golfhoogte overschrijdingswaarde en spectrale golfperioden  $T_p$  en  $T_{m-1,0}$  gegeven. In deze test was de langsdam gefixeerd en lag de hoogte van de langsdam op NAP +0,0m. De vooroever was 60m lang op een hoogte van NAP -0,55m en was daarmee 45 cm ondieper dan in Test Serie 4.



Tabel 5-8: Test Serie 8 - Meetresultaten golfcondities Set 2 en 3 en oploophoogte z<sub>2%</sub>

Conditie	Set 2					Set 3 (Langsdam)				Oploophoogte
	Waterstand (m+NAP)	H <sub>m0</sub> (m)	H <sub>2%</sub> (m)	T <sub>p</sub> (s)	T <sub>m-1,0</sub> (s)	H <sub>m0</sub> (m)	H <sub>2%</sub> (m)	T <sub>p</sub> (s)	T <sub>m-1,0</sub> (s)	Z <sub>2%</sub> (m+NAP)
T804	2,0	2,7	3,1	7,4	6,6	2,7	3,0	7,5	6,8	5,1
T805	2,0	3,0	3,3	7,5	6,6	3,0	3,2	7,5	6,8	5,4
T806	2,0	3,2	3,5	7,5	6,6	3,2	3,4	7,5	6,9	5,7
T807	2,5	2,8	3,4	7,7	6,8	2,8	3,3	7,7	7,0	6,5
T808	2,5	3,1	3,5	7,7	6,9	3,1	3,5	7,8	7,0	7,1
T809	2,5	3,3	3,7	7,8	6,9	3,4	3,6	7,8	7,1	7,1
T810	2,8	3,3	3,8	8,3	7,2	3,3	3,7	8,3	7,4	7,8

Figuur 5-17 geeft de overschrijdingslijnen van alle testen in 1 figuur. In Bijlage D worden deze lijnen per test getoond. Op de verticale as is de verhouding tussen de oploophoogte en de significant golfhoogte uitgezet. Wanneer een lijn, zoals die bij S26T809 en 810 niet tot de 0,1% loopt, betekent dit dat een deel van de golven hoger kwam dan het maximum in het schaalmodel. Het effect van de vooroever is in de figuur goed terug te zien. De 3 verschillende waterstanden hebben ieder een eigen kleur. De golfoploophoogte is duidelijk lager bij een waterstand van NAP +2,0m.



Figuur 5-17: Overschrijdingslijnen dimensieloze golfoploophoogte Serie T800

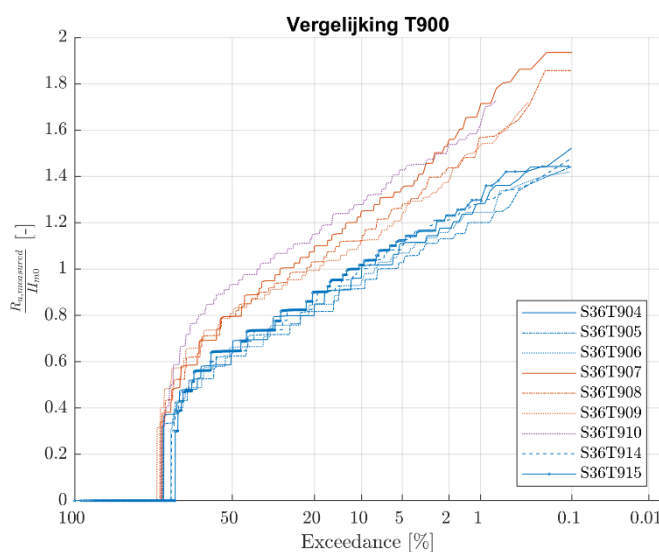
#### 5.2.4.7 Test Serie 9

In Tabel 5-8 is de 2% oploophoogte gegeven van de 7 die proeven uit Test Serie 9 die gericht waren op alleen golfploop. Daarnaast worden ook de gemeten spectrale significante golfhoogte  $H_{m0}$ , 2% golfhoogte overschrijdingswaarde en spectrale golfperioden  $T_p$  en  $T_{m-1,0}$  gegeven. In deze test was de langsdam gefixeerd en lag de hoogte van de langsdam op NAP +0,0m. De vooroever, op een hoogte van NAP -1,0m, was 40m verlengd en daarmee 100m lang.

Tabel 5-9: Test Serie 9 - Meetresultaten golfcondities Set 2 en 3 en ophoophoogte z<sub>2%</sub>

Conditie	Set 2					Set 3 (Langsdam)				Ophoophoogte
	Waterstand	H <sub>m0</sub>	H <sub>2%</sub>	T <sub>p</sub>	T <sub>m-1,0</sub>	H <sub>m0</sub>	H <sub>2%</sub>	T <sub>p</sub>	T <sub>m-1,0</sub>	Z <sub>2%</sub>
	(m+NAP)	(m)	(m)	(s)	(s)	(m)	(m)	(s)	(s)	(m+NAP)
T904	2,0	2,7	3,2	7,4	6,6	2,7	3,1	7,5	6,8	5,2
T905	2,0	3,0	3,3	7,5	6,6	3,0	3,3	7,5	6,8	5,4
T906	2,0	3,2	3,5	7,5	6,6	3,2	3,5	7,5	6,9	5,7
T914	2,0	2,8	3,4	7,7	6,8	2,8	3,4	7,7	6,9	6,0
T915	2,0	3,1	3,6	7,7	6,8	3,1	3,5	7,8	7,0	6,1
T907	2,5	3,4	3,7	7,8	6,9	3,4	3,7	7,8	7,1	6,9
T908	2,5	3,3	3,8	8,3	7,2	3,3	3,7	8,3	7,4	7,0
T909	2,5	3,3	3,6	7,5	6,6	3,3	3,5	7,6	6,9	7,2
T910	2,8	3,3	3,6	7,5	6,6	3,3	3,6	7,7	6,9	7,8

Figuur 5-18 geeft de overschrijdingslijnen van alle testen in 1 figuur. In Bijlage D worden deze lijnen per test getoond. Op de verticale as is de verhouding tussen de ophoophoogte en de significant golfhoogte uitgezet. Wanneer een lijn, zoals die bij S36T910 niet tot de 0,1% loopt, betekent dit dat een deel van de golven hoger kwam dan het maximum in het schaalmodel. Het effect van de vooroever is in de figuur goed terug te zien. De 3 verschillende waterstanden hebben ieder een eigen kleur. De golfophoophoogte is duidelijk lager bij een waterstand van NAP +2,0m.



Figuur 5-18: Overschrijdingslijnen dimensieloze golfophoophoogte Serie T900

#### 5.2.4.8 Test Serie 0

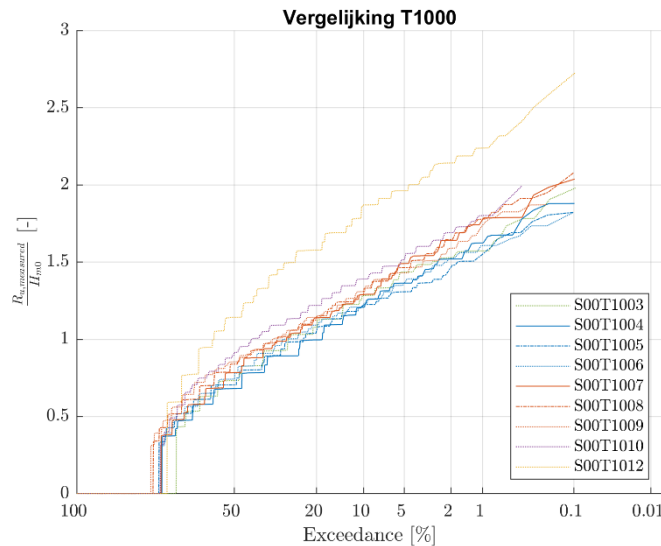
In Tabel 5-10 is de 2% ophoophoogte gegeven van alle relevante proeven uit eerdere test series die gericht waren op met name golfloop. Dit is dus de sommatie van de begin waterstand met de 2% ophoophoogte. Daarnaast worden ook de gemeten spectrale significante golfhoogte  $H_{m0}$ , 2% golfhoogte overschrijdingswaarde en spectrale golfperioden  $T_p$  en  $T_{m-1,0}$  gegeven. De vooroever was verwijderd en de dijk was geplaatst waar eerder de

langsdam lag. Met de inkomende golfcondities van Set 3, kan daarmee een directe vergelijking gemaakt worden met de resultaten uit de andere test series.

Tabel 5-10: Test Serie 0 - Meetresultaten golfcondities Set 2 en 3 en ophoogte  $z_{2\%}$

Conditie	Set 2					Set 3 (Langsdam)				Ophoogte
	Waterstand	$H_{m0}$	$H_{2\%}$	$T_p$	$T_{m-1,0}$	$H_{m0}$	$H_{2\%}$	$T_p$	$T_{m-1,0}$	$z_{2\%}$
	(m+NAP)	(m)	(m)	(s)	(s)	(m)	(m)	(s)	(s)	(m+NAP)
T003	1,5	2,8	3,3	8,3	7,0	2,8	3,2	8,4	7,2	5,8
T004	2,0	2,7	3,2	7,4	6,6	2,7	3,2	7,5	6,7	6,1
T005	2,0	3,0	3,4	7,5	6,6	3,0	3,3	7,5	6,7	6,4
T006	2,0	3,3	3,6	7,5	6,6	3,3	3,5	7,5	6,8	7,0
T007	2,5	2,8	3,5	7,7	6,8	2,8	3,4	7,7	6,9	7,1
T008	2,5	3,1	3,6	7,7	6,8	3,1	3,5	7,8	7,0	7,7
T009	2,5	3,4	3,8	7,8	6,8	3,4	3,8	7,8	7,1	7,9
T010	2,8	3,3	3,8	8,3	7,2	3,3	3,7	8,4	7,6	8,4
T012	3,5	1,6	2,1	5,6	5,2	1,6	2,1	5,6	5,2	6,8

Figuur 5-19 geeft de overschrijdingslijnen van alle testen in 1 figuur. In Bijlage D worden deze lijnen per test getoond. Op de verticale as is de verhouding tussen de ophoogte en de significant golfhoogte uitgezet. Wanneer een lijn, zoals die bij S00T1010 niet tot de 0,1% loopt, betekent dit dat een deel van de golven hoger kwam dan het maximum in het schaalmodel. Ook voor de referentietesten is duidelijk dat de relatieve verhouding tussen ophoop en inkomende golf slechts marginaal boven de 2 komt. De eerder uitgevoerde proef T612/T712 is dus afwijkend van deze referentietesten.



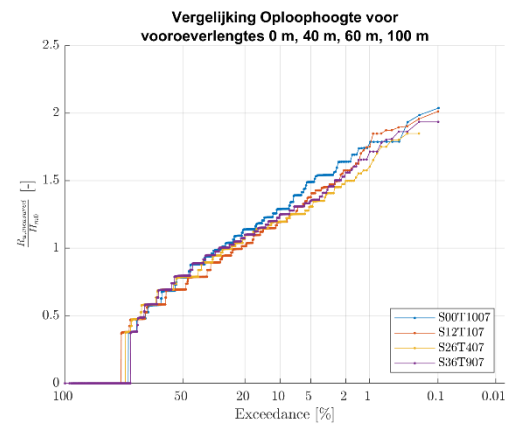
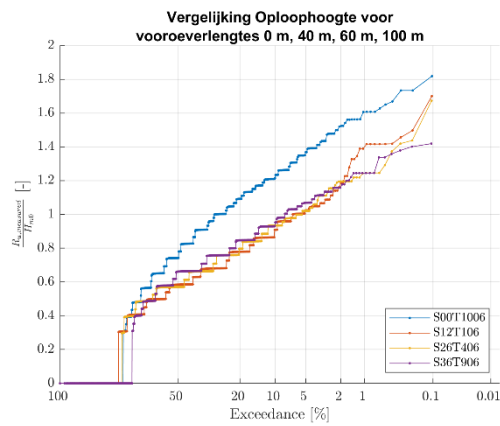
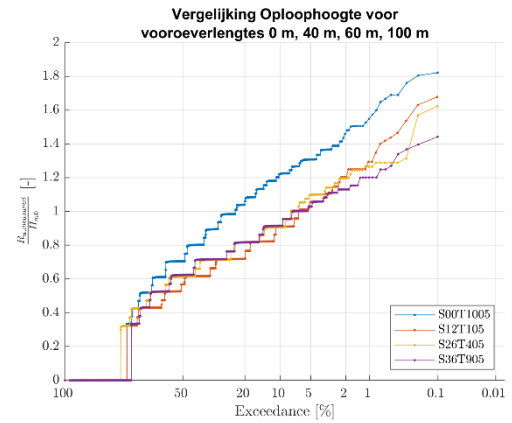
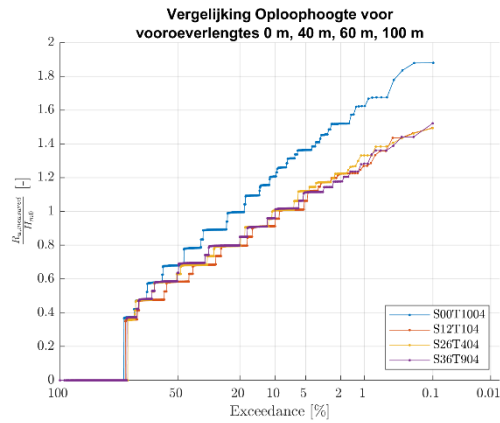
Figuur 5-19: Overschrijdingslijnen dimensieloze golfoploophoogte referentietest Serie T1000

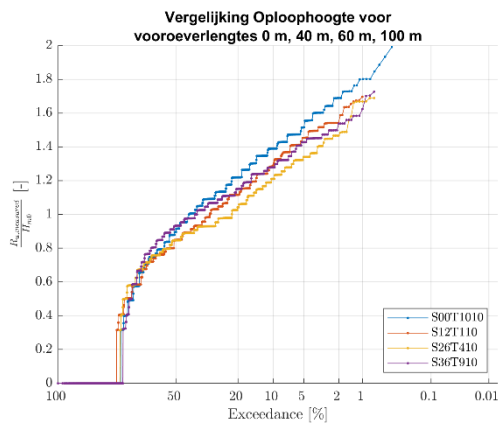
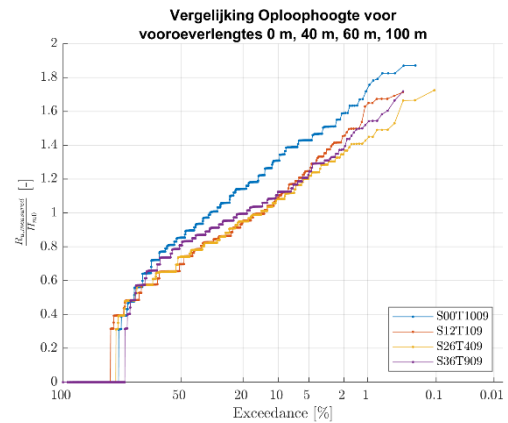
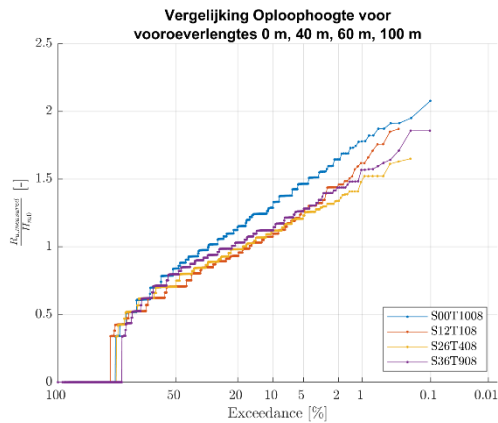
### 5.2.4.9 Onderlinge vergelijking

In de voorgaande paragrafen is per test serie een totaalbeeld gegeven van de dimensieloze verhouding tussen golfploophoogte en inkomende significante golfhoogte bij de langsdam (Set 3). In deze paragraaf worden 3 vergelijkingen getoond.

#### Vergelijking 1

In onderstaande figuren wordt de dimensieloze oploophoogte tussen verschillende series vergeleken, waarbij de inkomende golfconditie hetzelfde was. Allereerst wordt dit gedaan tussen 4 vooroeverlengtes, nl. 0m (Serie T1000), 40m (Serie T100), 60m (Serie T400) en 100m (Serie T900).



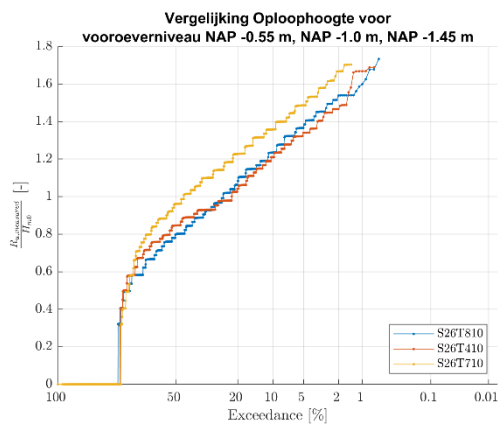
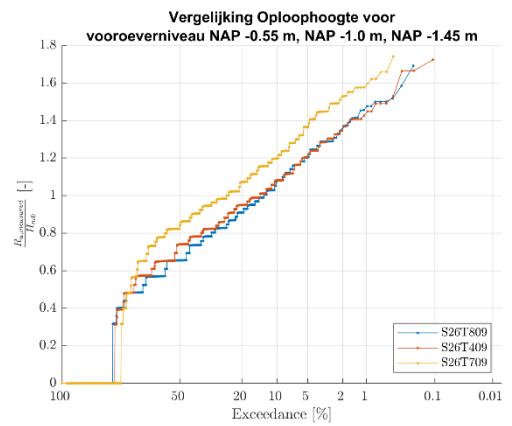
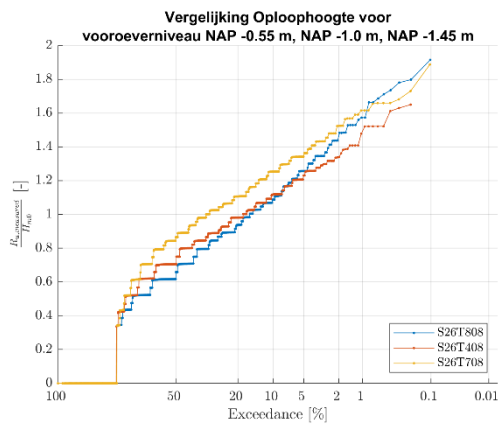
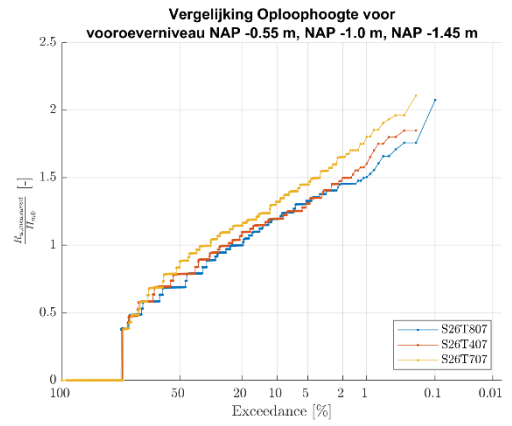
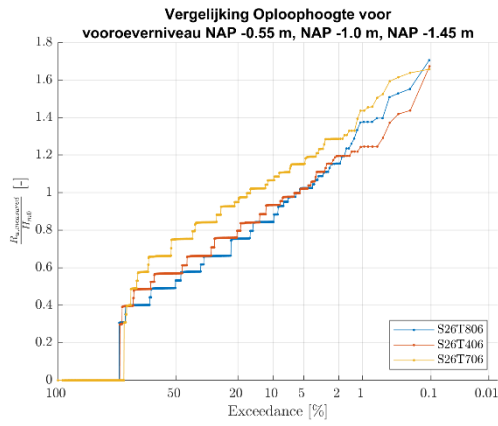
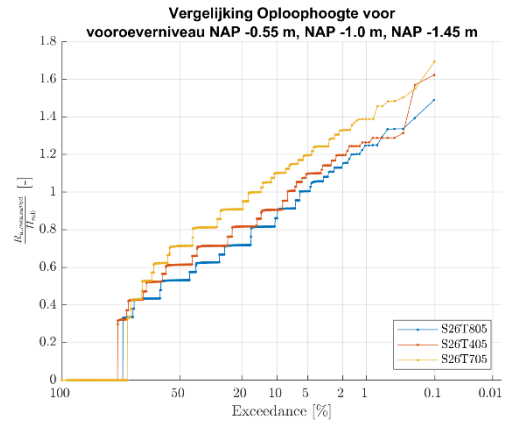
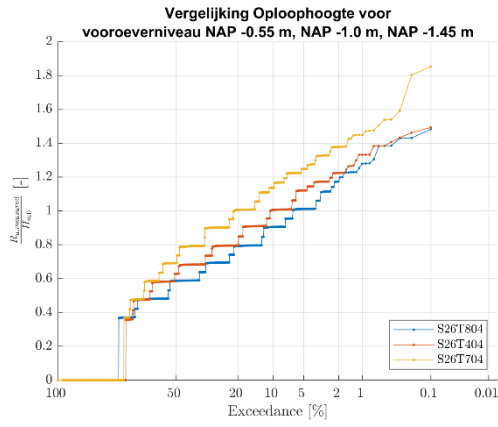


In alle gevallen is te zien dat het toevoegen van de vooroever een reductie oplevert in golfploophoogte. Door de vooroever worden de golven gebroken, wat voor energiedissipatie zorgt en daarmee minder golfenergie aan de teen van de IJsselmeerdijk. Bij een waterstand van 2m is er geen verschil tussen een vooroever van 40m dan wel 60m. De energiedissipatie vindt dan plaats binnen de eerste 40m en vindt niet of nauwelijks meer plaats hierna. Dus de inkomende golf bij de teen is in beide vooroeverlengtes vergelijkbaar. Bij een iets hogere waterstand zie je het effect van de 20m langere vooroever wel terug.

Hoewel de verschillen niet groot zijn, presteert de 60m vooroeverlengte (T400 serie) het beste vanaf conditie 07 en hoger. Bij een langere vooroever wordt zoals eerder aangegeven de opzet hoger. De lokale golfhoogte van de inkomende golf is ook ongeveer 60m. De hypothese is daarom ook dat de meest efficiënte lengte van de vooroever gelijk moet zijn aan de lokale golfhoogte berekend voor de langsdam.

### Vergelijking 2

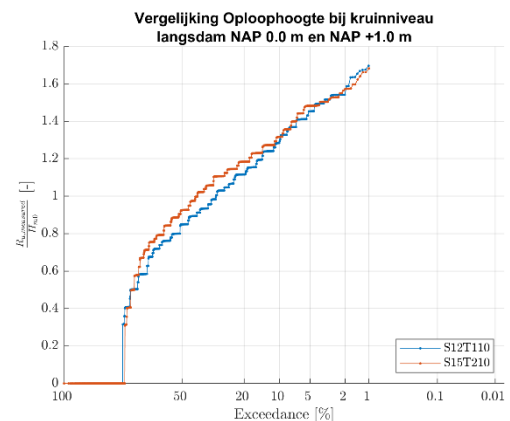
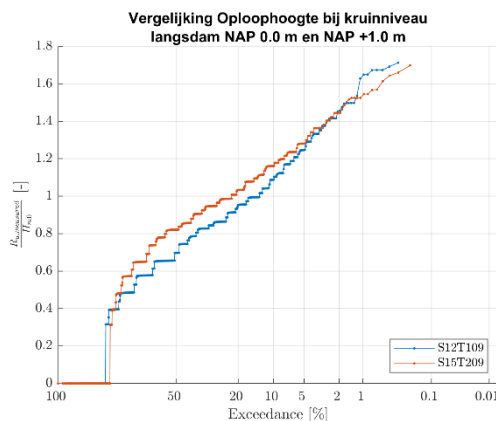
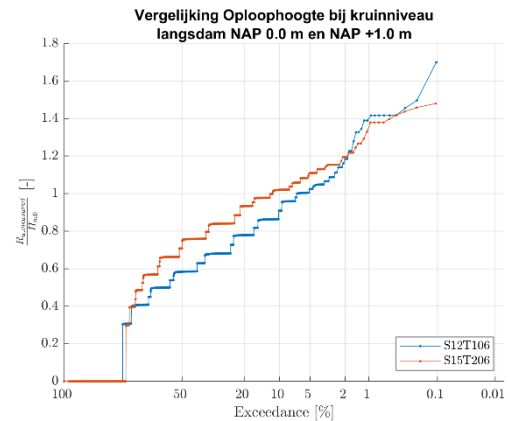
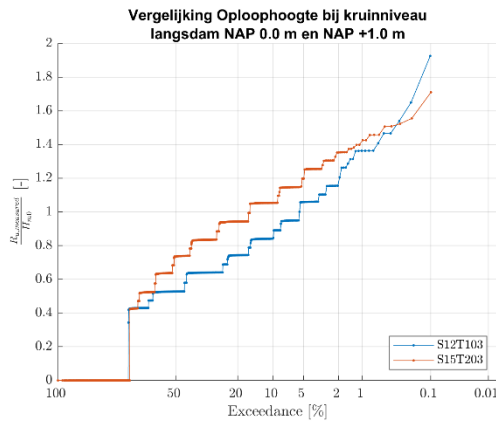
In onderstaande figuren wordt de dimensieloze oploophoogte tussen verschillende series vergeleken, waarbij de inkomende golfconditie hetzelfde was. Dit wordt hier gedaan voor 3 verschillende vooroeverhoogtes, namelijk NAP -1,45m (Serie T800), NAP -1,0m (Serie T400) en NAP -0,55m (Serie T700).



Het verschil in waterstand opzet boven de vooroever was in deze proeven nihil (max 2,8 cm). Een duidelijke trend die naar voren komt is dat het effect van 45 cm verdieping (de gele lijnen) significant is terwijl 45 cm verontdieping geen grote verschillen laat zien. Erosie van de vooroever over de hele breedte zoals deze getest is, levert toch al snel meer dan 10% hogere dimensioneloze golfoploophoogtes op.

### Vergelijking 3

In onderstaande figuren wordt de dimensioneloze oploophoogte tussen 2 verschillende series vergeleken, waarbij de inkomende golfconditie hetzelfde was. Bij Serie T100 lag de kruin van de dam op NAP 0,0m. Bij Serie T200 lag deze 1 m hoger op NAP +1,0m. De 4 condities 03, 06, 09 en 10 hadden elk een andere beginwaterstand, namelijk NAP +1,5m, NAP +2,0m, NAP +2,5m en NAP +2,8m.



Voor een groot deel ligt de overschrijdingslijn bij de hogere dam hoger dan bij de lagere dam. Dit komt doordat de hogere dam zorgt voor een gemiddeld hogere waterstand tijdens de testen boven de vooroever. Tabel 5-2 laat dit ook zien. Het verschil in opzet is groter bij de lagere waterstanden wat ook te zien is aan de grotere afwijking tussen de lijnen.

Wat echter ook te zien is, is dat de hogere dam er wel voor zorgt dat de meest extreme conditie toch meer wordt beïnvloed. Alleen bij conditie 10 is dit niet meer te zien.

## 5.2.5 Golfverslag

### 5.2.5.1 Test Serie 5

In Tabel 5-11 is het gemiddelde overslagdebiet gegeven van de 7 proeven waarvan ook in Test Serie 4 de 2% golfoploophoogte is bepaald. Daarnaast worden ook de gemeten spectrale significante golfhoogte  $H_{m0}$ , 2% golfhoogte overschrijdingswaarde en spectrale golfperiodes  $T_p$  en  $T_{m-1,0}$  gegeven. In deze test was de langsdam gefixeerd en lag de hoogte van de langsdam op NAP +0,0m. De vooroever was 60m lang op een hoogte van NAP - 1,0m.

Tabel 5-11: Test Serie 5 - Meetresultaten golfcondities Set 2 en 3 en gemiddeld overslagdebiet

Conditie	Set 2					Set 3 (Langsdam)				Oploophoogte
	Waterstand (m+NAP)	$H_{m0}$ (m)	$H_{2\%}$ (m)	$T_p$ (s)	$T_{m-1,0}$ (s)	$H_{m0}$ (m)	$H_{2\%}$ (m)	$T_p$ (s)	$T_{m-1,0}$ (s)	q (L/s/m)
T504	2,0	2,7	3,1	7,4	6,6	2,7	3,1	7,5	6,8	0,7
T505	2,0	3,0	3,3	7,5	6,6	3,0	3,3	7,5	6,8	1,5
T506	2,0	3,2	3,5	7,5	6,6	3,2	3,4	7,5	6,9	2,7
T507	2,5	2,8	3,4	7,7	6,8	2,8	3,3	7,7	7,0	16,1
T508	2,5	3,1	3,5	7,7	6,9	3,1	3,5	7,8	7,0	19,9
T509	2,5	3,4	3,7	7,8	6,8	3,4	3,6	7,8	7,1	24,5
T510	2,8	3,3	3,7	8,3	7,2	3,3	3,6	8,3	7,4	56,4

### 5.2.5.2 Test Serie 6

In Tabel 5-12 is het gemiddelde overslagdebiet gegeven van de 8 proeven waarvan ook in Test Serie 7 de 2% golfoploophoogte is bepaald. Daarnaast worden ook de gemeten spectrale significante golfhoogte  $H_{m0}$ , 2% golfhoogte overschrijdingswaarde en spectrale golfperiodes  $T_p$  en  $T_{m-1,0}$  gegeven. In deze test was de langsdam gefixeerd en lag de hoogte van de langsdam op NAP +0,0m. De vooroever was 60m lang en was voor deze test serie met 0,45m verdiept en lag daarmee op een hoogte van NAP -1,45m.

Tabel 5-12: Test Serie 6 - Meetresultaten golfcondities Set 2 en 3 en gemiddeld overslagdebiet

Conditie	Set 2					Set 3 (Langsdam)				Oploophoogte
	Waterstand (m+NAP)	$H_{m0}$ (m)	$H_{2\%}$ (m)	$T_p$ (s)	$T_{m-1,0}$ (s)	$H_{m0}$ (m)	$H_{2\%}$ (m)	$T_p$ (s)	$T_{m-1,0}$ (s)	q (L/s/m)
T604	2,0	2,7	3,1	7,4	6,6	2,7	3,1	7,5	6,8	1,6
T605	2,0	3,0	3,3	7,5	6,6	3,0	3,2	7,5	6,8	2,6
T606	2,0	3,2	3,7	7,5	6,6	3,2	3,4	7,5	6,9	4,6
T607	2,5	2,8	3,4	7,7	6,8	2,8	3,4	7,7	6,9	20,0
T608	2,5	3,1	3,5	7,7	6,8	3,1	3,5	7,8	7,0	28,8
T609	2,5	3,4	3,7	7,8	6,8	3,4	3,6	7,8	7,1	38,4
T610	2,8	3,3	3,7	8,3	7,2	3,3	3,7	8,3	7,4	85,0
T612	3,5	1,6	2,1	5,6	5,2	1,6	2,1	5,6	5,2	33,5

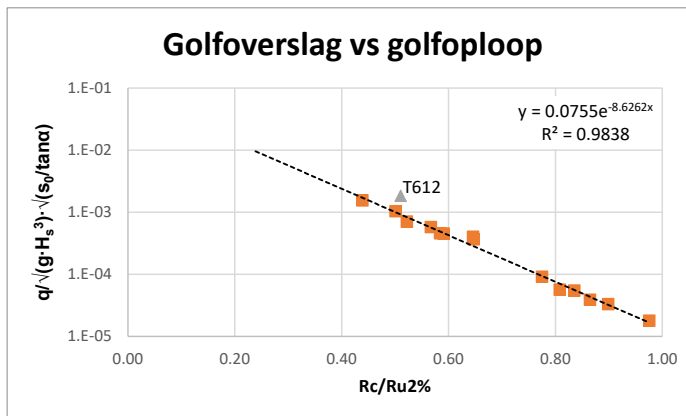


Er is in deze serie een extra test toegevoegd (T612) met het idee of daarmee ook overslag te meten voor een situatie waarin de vooroever geen rol kan spelen. Echter, wat ook eerder is genoemd bij Figuur 5-16, is dat de steilheid van de golfploopmeting een andere gradiënt laat zien dan de andere uitgevoerde proeven. Door de hoge waterstand en de relatief kleine golf is er een Rayleigh verdeeld golfspectrum aanwezig. Dit in tegenstelling tot alle andere uitgevoerde proeven inclusief de referentietesten. Het gemeten golfoverslagdebiet lag ook hoger dan verwacht. Het gemiddelde golfoverslagdebiet wordt namelijk bepaald door de hoogste golven. Bij een Rayleigh verdeelde golfbelasting is bijvoorbeeld de  $H_{1\%}$ , dit is de golfhoogte die door 1% van de golven overschreden wordt 1,51 x de significante golfhoogte. In alle andere testen lag deze factor lager dan 1,51. Dat betekent dat er minder hoge golven waren wat terugkomt in het gemeten oploophoogte en overslagdebiet. Het feit dat T612 wel Rayleigh verdeeld is komt door de grote waterdiepte, maar ook door de korte golfperiode. De bodem wordt niet/minder gevoeld bij deze conditie.

### 5.2.5.3 Relatie Golfoverslag versus Golfploop

In de meeste handleidingen wordt het dimensieloze golfoverslagdebiet uitgezet tegen een dimensieloze kruinhoogte waarbij voor deze laatste term de inkomende golfhoogte wordt toegepast. Uit eerder onderzoek is gebleken dat voor een dimensieloze kruinhoogte ook de 2% golfploophoogte toegepast kan worden, zie bijvoorbeeld Capel, 2015.

In het onderliggende onderzoek zijn beide parameters gemeten. In Figuur 5-20 worden deze punten getoond. Zoals eerder genoemd wijkt test T612 af. Voor de fit die gemaakt is, wordt dit punt dan ook niet meegenomen. De golfsteilheid is hier de fictieve steilheid op basis van de periode  $T_{m-1,0}$ . Voor de hellingshoek van de IJsselmeerdijk is voor alle condities 1/3 aangehouden.



Figuur 5-20: Golfoverslag versus Golfploop

De gevonden relatie luidt dan:

$$\frac{q}{\sqrt{g \cdot H_{m0}^3}} \cdot \sqrt{\frac{s_0}{\tan \alpha}} = 0.0755 \cdot e^{-8.6262 \cdot \frac{R_c}{R_{u2\%}}}$$

Waarin:

- q = gemiddeld overslag debiet (m<sup>3</sup>/s/m)
- g = gravitatie versnelling (9,81 m/s<sup>2</sup>)
- H<sub>m0</sub> = inkomende golfhoogte bij de langsdam (m)
- s<sub>0</sub> = fictieve golfsteilheid op basis van T<sub>m-1,0</sub> (-)
- tana = gradiënt van boventalud IJsselmeerdijk (=1/3)
- R<sub>c</sub> = vrijboordhoogte kruin (m)
- R<sub>u2%</sub> = gemeten oploophoogte die door 2% van de waarden wordt overgeschreden (m)

Met behulp van deze relatie tussen 2% golfploophoogte en gemiddeld overslag debiet, kan een voorspelling gemaakt worden van de gemiddelde overslag debieten voor alle Test Series T100, T200, T300, T800, T900 en T000.

Tabel 5-13 toont de berekende waarden. Sinds de relatie niet geldig is voor test T612, zijn de berekende waarden voor T712 en T1012 in onderstaande tabel grijs gemaakt.

Tabel 5-13: Berekende golfoverslagdebieten o.b.v. relatie  $q$  vs  $Ru_{2\%}$

Test	$H_{m0}$ (m)	$S_0$ (-)	$R_c/R_{u2\%}$ (-)	$q$ (L/s/m)	Test	$H_{m0}$ (m)	$S_0$ (-)	$R_c/R_{u2\%}$ (-)	$q$ (L/s/m)
S12T103	2,77	3,30%	1,14	0,19	S26T804	2,67	3,73%	1,02	0,47
S12T104	2,67	3,74%	0,98	0,66	S26T805	2,96	4,10%	0,94	1,01
S12T105	2,96	4,14%	0,90	1,48	S26T806	3,20	4,34%	0,86	2,16
S12T106	3,13	4,28%	0,87	2,06	S26T807	2,78	3,69%	0,67	10,46
S12T107	2,79	3,70%	0,61	16,58	S26T808	3,11	4,02%	0,59	22,47
S12T108	3,11	4,01%	0,60	21,77	S26T809	3,36	4,26%	0,59	25,19
S12T109	3,36	4,24%	0,55	34,56	S26T810	3,27	3,79%	0,48	67,09
S12T110	3,25	3,80%	0,48	67,35	S36T904	2,68	3,75%	1,01	0,49
S15T203	2,79	3,36%	0,98	0,73	S36T905	2,98	4,19%	0,95	0,96
S15T206	3,21	4,37%	0,83	2,82	S36T906	3,22	4,37%	0,86	2,36
S15T209	3,38	4,31%	0,55	34,86	S36T907	2,80	3,72%	0,62	15,79
S15T210	3,28	3,84%	0,47	74,32	S36T908	3,13	4,05%	0,60	21,04
S16T303	2,78	3,33%	1,06	0,38	S36T909	3,38	4,30%	0,58	27,99
S16T304	2,68	3,75%	0,98	0,67	S36T910	3,28	3,85%	0,48	68,42
S16T307	2,79	3,70%	0,62	16,28	S36T914	3,31	4,44%	0,80	4,00
S16T310	3,25	3,78%	0,45	86,76	S36T915	3,32	4,40%	0,78	4,54
S26T404	2,68	3,72%	0,98	0,68	S00T1003	2,83	3,47%	0,85	2,20
S26T405	2,98	4,14%	0,90	1,49	S00T1004	2,72	3,87%	0,78	3,87
S26T406	3,21	4,33%	0,83	2,82	S00T1005	3,02	4,28%	0,72	6,84
S26T407	2,79	3,70%	0,65	12,47	S00T1006	3,27	4,49%	0,64	14,90
S26T408	3,12	4,04%	0,65	14,26	S00T1007	2,81	3,78%	0,59	21,12
S26T409	3,37	4,26%	0,59	24,95	S00T1008	3,15	4,09%	0,52	41,86
S26T410	3,26	3,81%	0,50	54,88	S00T1009	3,43	4,34%	0,50	57,51
S26T704	2,68	3,76%	0,87	1,76	S00T1010	3,31	3,89%	0,43	102,38
S26T705	2,98	4,15%	0,81	3,20	S00T1012	1,56	3,73%	0,51	16,83
S26T706	3,21	4,35%	0,77	4,71					
S26T707	2,80	3,70%	0,58	21,41					
S26T708	3,12	4,02%	0,57	28,10					
S26T709	3,38	4,29%	0,52	45,28					
S26T710	3,28	3,85%	0,44	94,23					
S26T712	1,56	3,74%	0,51	16,86					

In paragraaf 0 is al eerder een vergelijking gegeven tussen de relatieve oploophoogte voor verschillende vooroeverlengtes en -niveaus. Ditzelfde kan gedaan worden voor de berekende golfoverslagdebieten. In Tabel 5-14 is bijvoorbeeld goed te zien dat de vooroeverlengtes 40m, 60m en 100m bij een waterstand van NAP +2,0m aanzienlijke reductie oplevert ten opzichte van de huidige situatie zonder vooroever. Onderling zijn de verschillen echter beperkt, wat er op neer komt dat de betreffende condities zich al binnen de eerste 40m hebben aangepast aan de nieuwe waterdiepte.

Bij de grotere waterdieptes (Test T07 en hoger) is hier ook weer te zien dat de 60m vooroeverlengte de meeste reductie in golfoverslag oplevert ten opzichte van de referentie test.

Tabel 5-14: Berekende golfoverslagdebieten voor verschillende vooroeverlengtes

	T04	T05	T06	T07	T08	T09	T10
<b>Vooroever lengte</b>	q (L/s/m)	q (L/s/m)	q (L/s/m)	q (L/s/m)	q (L/s/m)	q (L/s/m)	q (L/s/m)
<b>0m</b>	3,9	6,8	14,9	21,1	41,9	57,5	102,4
<b>40m</b>	0,7	1,5	2,1	16,6	21,8	34,6	67,4
<b>60m</b>	0,7	1,5	2,8	12,5	14,3	24,9	54,9
<b>100m</b>	0,5	1,0	2,4	15,8	21,0	28,0	68,4

Tabel 5-15 laat de invloed van het vooroeverniveau goed zien. Bij de lagere waterstand van NAP +2,0m levert de meest ondiepe situatie van NAP -0,55m de laagste overslagdebieten op, maar valt ook op dat het verschil in relatieve afname voor deze situatie ten opzichte van de toename voor de diepere situatie van NAP -1,45m niet gelijk is.

Bij toenemende waterstand (T08 en hoger) leidt het vooroeverniveau van NAP -1,0m tot de laagste golfoverslagdebieten. Ook hier zorgt namelijk een hoger vooroeverniveau tot een hogere opzet wat vervolgens leidt tot meer overslag.

Tabel 5-15: Berekende golfoverslagdebieten voor verschillende vooroeverniveaus

	T04	T05	T06	T07	T08	T09	T10
	q (L/s/m)	q (L/s/m)	q (L/s/m)	q (L/s/m)	q (L/s/m)	q (L/s/m)	q (L/s/m)
<b>NAP -0,55m</b>	0,5	1,0	2,2	10,5	22,5	25,2	67,1
<b>NAP -1,00m</b>	0,7	1,5	2,8	12,5	14,3	24,9	54,9
<b>NAP -1,45m</b>	1,8	3,2	4,7	21,4	28,1	45,3	94,2

## 5.3 Snelheidsmetingen

In paragraaf 4.8 is een overzicht gegeven van de locatie van verschillende meetinstrumenten. Met 6 van deze instrumenten is de snelheid bepaald op 90 cm boven de bodem (5 cm in het model). Zowel in positieve richting (in de richting van de dijk) als in negatieve richting (richting IJsselmeer) zijn deze gemeten waarden uitgewerkt naar overschrijdingslijnen. Bijlage C geeft deze figuren weer.

Tabel 5-16: Positieve en Negatieve waarden van de 2% overschrijdingssnelheden op 90 cm boven de bodem

U <sub>2%</sub>	GRSM01		GRSM02		GRSM03		EMS01		EMS02		GRSM04	
	pos	neg	pos	neg	pos	neg	pos	neg	pos	neg	pos	neg
<b>Test ID</b>	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
<b>S12T100</b>	0,29	0,35	0,67	0,73	0,65	0,78	0,97	0,84	0,98	0,90	1,06	0,99
<b>S12T101</b>	0,45	0,57	0,97	1,14	0,97	1,17	1,25	1,02	1,22	0,96	1,25	1,06
<b>S12T102</b>	0,57	0,75	1,15	1,27	1,11	1,32	1,68	1,36	1,40	1,19	1,47	1,31
<b>S12T103</b>	1,06	1,47	1,61	1,52	1,63	1,57	2,12	1,70	1,85	1,73	2,19	1,72
<b>S12T104</b>	0,83	1,08	1,37	1,43	1,47	1,57	1,84	1,80	1,60	1,83	1,96	1,49
<b>S12T105</b>	0,97	1,28	1,44	1,56	1,59	1,56	2,00	1,83	1,76	1,86	2,05	1,73
<b>S12T106</b>	1,07	1,49	1,56	1,62	1,62	1,59	2,12	1,90	1,91	1,88	2,18	1,89
<b>S12T107</b>	0,89	1,14	1,44	1,57	1,45	1,60	2,22	2,05	1,86	2,11	2,09	1,87
<b>S12T108</b>	1,03	1,39	1,54	1,64	1,60	1,72	2,37	2,07	2,13	2,15	2,29	2,03
<b>S12T109</b>	1,19	1,66	1,72	1,71	1,77	1,68	2,51	2,18	2,26	2,24	2,20	2,40
<b>S12T110</b>	1,09	1,50	1,69	1,80	1,72	1,71	2,61	2,22	2,28	2,22	2,20	2,37
<b>S15T201</b>	0,47	0,57	1,00	1,16	0,97	1,19	0,95	0,79	0,98	0,59	1,05	0,68
<b>S15T202</b>	0,61	0,76	1,21	1,33	1,19	1,38	1,05	0,95	1,01	0,80	1,20	0,74
<b>S15T203</b>	1,11	1,45	1,72	1,53	1,78	1,66	1,44	1,50	1,45	1,32	1,61	1,37
<b>S15T206</b>	1,15	1,59	1,64	1,60	1,74	1,68	1,75	1,70	1,65	1,57	1,65	1,68
<b>S15T209</b>	1,19	1,60	1,68	1,70	1,84	1,73	2,43	1,88	1,86	1,98	1,71	2,14
<b>S15T210</b>	1,15	1,51	1,71	1,79	1,78	1,78	2,53	2,03	1,96	2,00	1,93	2,13
<b>S16T301</b>	0,47	0,55	0,98	1,15	0,99	1,20	1,16	1,07	1,05	0,91	1,25	0,88
<b>S16T302</b>	0,59	0,73	1,14	1,29	1,12	1,33	1,42	1,29	1,20	1,16	1,37	1,15
<b>S16T303</b>	1,08	1,41	1,60	1,52	1,62	1,54	2,23	1,87	1,70	1,69	1,88	1,86
<b>S16T304</b>	0,84	1,06	1,34	1,48	1,44	1,58	2,07	2,06	1,47	1,78	1,64	1,78
<b>S16T307</b>	0,90	1,10	1,44	1,56	1,47	1,60	2,41	2,33	1,77	2,13	1,83	2,13
<b>S16T310</b>	1,12	1,47	1,70	1,85	1,73	1,72	3,00	2,50	2,23	2,29	2,20	2,57
<b>S26QT504</b>	0,85	1,08	1,40	1,51	1,48	1,57	1,99	1,74	1,61	1,77	1,71	1,52
<b>S26QT505</b>	0,99	1,30	1,48	1,62	1,63	1,59	2,13	1,86	1,80	1,88	1,76	1,69
<b>S26QT506</b>	1,19	1,59	1,63	1,71	1,78	1,65	2,32	1,95	1,83	2,05	1,86	1,89
<b>S26QT507</b>	0,89	1,14	1,44	1,55	1,50	1,64	2,22	2,01	1,91	2,02	1,76	1,82
<b>S26QT508</b>	1,07	1,39	1,61	1,64	1,69	1,76	2,34	2,16	1,94	2,18	1,90	2,00

<b>S26QT509</b>	1,23	1,63	1,74	1,72	1,78	1,70	2,66	2,16	2,19	2,25	1,92	2,08
<b>S26QT510</b>	1,17	1,47	1,71	1,78	1,75	1,71	2,80	2,19	2,27	2,26	1,94	2,11
<b>S26QT604</b>	0,84	1,06	1,39	1,49	1,47	1,56	1,97	1,82	1,45	1,71	1,59	1,34
<b>S26QT605</b>	1,00	1,32	1,50	1,59	1,66	1,58	2,15	1,92	1,57	1,78	1,72	1,42
<b>S26QT606</b>	1,17	1,63	1,67	1,68	1,80	1,63	2,36	1,99	1,81	1,87	1,79	1,59
<b>S26QT607</b>	0,89	1,15	1,43	1,55	1,54	1,66	2,32	2,06	1,70	1,90	1,68	1,58
<b>S26QT608</b>	1,06	1,39	1,61	1,69	1,69	1,75	2,46	2,19	1,79	2,03	1,82	1,74
<b>S26QT609</b>	1,22	1,63	1,72	1,69	1,81	1,70	2,64	2,22	1,98	2,11	1,87	1,92
<b>S26QT610</b>	1,16	1,50	1,74	1,77	1,74	1,73	2,79	2,18	2,10	2,13	1,91	1,90
<b>S26QT612</b>	0,31	0,36	0,63	0,72	0,63	0,74	1,01	1,03	0,93	1,02	0,88	1,03
<b>S26T404</b>	0,91	1,03	1,38	1,52	1,46	1,58	1,96	1,71	1,61	1,76	1,70	1,41
<b>S26T405</b>	1,05	1,25	1,48	1,61	1,62	1,59	2,13	1,78	1,74	1,92	1,78	1,64
<b>S26T406</b>	1,22	1,56	1,63	1,69	1,76	1,66	2,33	1,93	1,83	2,05	1,76	1,83
<b>S26T407</b>	0,95	1,09	1,43	1,57	1,53	1,64	2,19	2,07	1,89	2,06	1,77	1,84
<b>S26T408</b>	1,13	1,33	1,61	1,65	1,67	1,77	2,37	2,19	2,01	2,23	1,86	2,04
<b>S26T409</b>	1,29	1,59	1,71	1,75	1,79	1,71	2,61	2,25	2,14	2,31	1,92	2,16
<b>S26T410</b>	1,24	1,44	1,70	1,80	1,74	1,73	2,80	2,24	2,24	2,42	1,97	2,23
<b>S26T704</b>	0,87	1,09	1,39	1,50	1,48	1,59	1,98	1,85	1,49	1,70	1,62	1,37
<b>S26T705</b>	1,02	1,33	1,49	1,63	1,61	1,58	2,10	1,95	1,63	1,76	1,69	1,48
<b>S26T706</b>	1,19	1,61	1,72	1,70	1,78	1,63	2,34	2,08	1,77	1,90	1,83	1,65
<b>S26T707</b>	0,91	1,17	1,46	1,57	1,56	1,66	2,23	2,09	1,70	1,96	1,70	1,61
<b>S26T708</b>	1,07	1,39	1,60	1,71	1,70	1,76	2,40	2,29	1,83	2,09	1,81	1,80
<b>S26T709</b>	1,23	1,68	1,72	1,69	1,81	1,78	2,73	2,25	1,93	2,19	1,86	1,91
<b>S26T710</b>	1,20	1,50	1,72	1,83	1,77	1,71	2,75	2,26	2,10	2,21	1,87	2,06
<b>S26T712</b>	0,32	0,36	0,62	0,73	0,63	0,73	1,01	1,05	0,93	1,02	0,84	1,06
<b>S26T804</b>	0,84	1,06	1,38	1,49	1,51	1,54	1,94	1,61	1,55	1,65	1,60	1,67
<b>S26T805</b>	1,00	1,28	1,45	1,60	1,62	1,56	2,10	1,75	1,65	1,78	1,67	1,96
<b>S26T806</b>	1,16	1,59	1,65	1,65	1,71	1,63	2,32	1,89	1,79	1,89	1,74	2,13
<b>S26T807</b>	0,89	1,15	1,47	1,54	1,49	1,60	2,23	1,98	1,87	2,03	1,83	2,17
<b>S26T808</b>	1,07	1,38	1,60	1,63	1,65	1,71	2,43	2,07	1,97	2,17	1,92	2,27
<b>S26T809</b>	1,22	1,62	1,72	1,76	1,75	1,72	2,67	2,15	2,11	2,31	1,91	2,44
<b>S26T810</b>	1,17	1,48	1,66	1,80	1,73	1,73	2,75	2,23	2,21	2,37	1,96	2,52
<b>S36T904</b>	0,89	1,07	1,42	1,49	1,49	1,62	2,14	1,68	1,78	1,82	1,59	1,41
<b>S36T905</b>	1,01	1,27	1,50	1,55	1,65	1,64	2,27	1,84	1,84	1,95	1,67	1,49
<b>S36T906</b>	1,14	1,59	1,67	1,65	1,78	1,70	2,46	1,95	2,04	2,02	1,80	1,59
<b>S36T907</b>	0,89	1,11	1,46	1,61	1,51	1,70	2,26	1,94	2,07	2,00	1,74	1,60
<b>S36T908</b>	1,07	1,37	1,63	1,66	1,65	1,71	2,45	2,07	2,17	2,23	1,79	1,74

<b>S36T909</b>	1,24	1,67	1,70	1,76	1,77	1,78	2,68	2,12	2,17	2,30	1,90	1,89
<b>S36T910</b>	1,20	1,47	1,74	1,78	1,74	1,77	2,78	2,21	2,27	2,36	1,87	1,88
<b>S36T914</b>	1,26	1,69	1,72	1,71	1,84	1,69	2,59	2,00	2,10	2,17	1,90	1,78
<b>S36T915</b>	1,32	1,79	1,74	1,70	1,83	1,67	2,56	2,07	2,18	2,21	1,93	1,95
<b>S00T1001</b>	0,29	0,35	0,67	0,73	0,65	0,78						
<b>S00T1002</b>	0,45	0,57	0,97	1,14	0,97	1,17						
<b>S00T1003</b>	1,08	1,51	1,67	1,57	1,77	1,70						
<b>S00T1004</b>	0,82	1,07	1,47	1,51	1,49	1,64						
<b>S00T1005</b>	0,99	1,27	1,55	1,59	1,57	1,66						
<b>S00T1006</b>	1,15	1,54	1,70	1,69	1,66	1,75						
<b>S00T1007</b>	0,88	1,15	1,42	1,60	1,49	1,68						
<b>S00T1008</b>	1,05	1,43	1,56	1,64	1,57	1,80						
<b>S00T1009</b>	1,19	1,69	1,72	1,74	1,74	1,88						
<b>S00T1010</b>	1,16	1,54	1,72	1,74	1,73	1,86						
<b>S00T1012</b>	0,31	0,36	0,63	0,75	0,62	0,76						

## 5.4 Hydraulische stabiliteit langsdam

### 5.4.1 Algemeen

In paragraaf 4.5 is een overzicht gegeven van de 3 verschillende doorsneden van de langsdam die in de eerste 3 test series beproefd zijn. Ieder conditie binnen een test serie heeft een duur van 1000 golven. De beoordeling van de schade aan de verschillende lagen steengraderingen wordt uitgevoerd met behulp van fotografische overlay-technieken. In de test series is gekeken hoeveel stenen er vanuit de steengradering verplaatsen met meer dan 1x de nominale diameter. Door deze waarde te delen door het theoretisch aantal stenen dat past in de 1m brede golfgoet, wordt het stabiliteitsgetal  $N_{od}$  verkregen. Voor de graderingen 40-200kg, 60-300kg en 300-1000kg kan een deze stabiliteitswaarde worden bepaald, mits de hoeveelheid schade nog telbaar is. Zeker bij de hoge schadegetallen is de nauwkeurigheid minder.

Voor de brede gradering 1-50kg wordt op basis van het beeldmateriaal een kwalitatieve beschrijving gegeven van de stabiliteit.

### 5.4.2 Test Serie 1

De grootste gradering van de langsdam bestaat uit een laag van 300-1000 kg. De filterlaag van 40-200kg die eronder ligt, komt onbeschermd te liggen als teenbestorting aan de voorzijde en als bescherming aan de achterzijde. Voor deze 3 verschillende locaties geeft onderstaande tabel de  $N_{od}$  waarde. De waarde is cumulatief, omdat tussen de test condities door de constructie niet hersteld is. Dit stabiliteitsgetal wordt bepaald door het aantal verplaatste stenen te delen door het aantal stenen dat in de 1m brede goet past. Voor de 300-1000 kg gradering is de toegepaste  $D_{n50}$  32,8mm en voor de 40-200 kg gradering is deze 18,6mm.

Naast de  $N_{od}$  waarde, die maximaal 1,0 was voor de 300-1000kg gradering na Conditie T109-T110, wordt in de tabel de inkomende golfcondities van de 2 meetpunten voor de langsdam gegeven.

Tabel 5-17: Test Serie 1 - Meetresultaten golfcondities Set 2 en 3 en  $N_{od}$ -waarde steengraderingen

Conditie	Set 2					Set 3 (Langsdam)					$N_{od\_teen}$ (40-200kg)	$N_{od}$ (300-1000kg)	$N_{od\_vooroever}$ (40-200kg)
	Waterstand (m+NAP)	$H_{m0}$ (m)	$H_{2\%}$ (m)	$T_p$ (s)	$T_{m-1,0}$ (s)	$H_{m0}$ (m)	$H_{2\%}$ (m)	$T_p$ (s)	$T_{m-1,0}$ (s)				
T100	0,7	1,2	1,5	5,6	5,1	1,1	1,5	5,6	5,2	0,0	0,0	0,0	
T101	0,7	1,8	2,2	5,7	5,2	1,7	2,2	5,7	5,3	0,0	0,2	0,0	
T102	1,0	2,1	2,5	6,2	5,6	2,0	2,5	6,4	5,7	0,0	0,3	0,0	
T103	1,5	2,8	3,1	8,3	7,0	2,8	3,1	8,4	7,3	0,1	0,6	0,1	
T104	2,0	2,7	3,1	7,4	6,6	2,7	3,1	7,5	6,8	0,1	0,6	0,1	
T105	2,0	3,0	3,3	7,5	6,6	3,0	3,2	7,5	6,8	0,1	0,7	0,1	
T106	2,0	3,1	3,4	7,5	6,6	3,1	3,3	7,5	6,8	0,1	0,8	0,1	
T107	2,5	2,8	3,4	7,7	6,8	2,8	3,3	7,7	6,9	0,1	0,8	0,2	
T108	2,5	3,1	3,5	7,7	6,9	3,1	3,5	7,8	7,0	0,1	0,9	0,2	
T109	2,5	3,3	3,7	7,8	6,9	3,4	3,6	7,8	7,1	0,1	1,0	0,4	
T110	2,8	3,3	3,7	8,3	7,2	3,3	3,6	8,3	7,4	0,1	1,0	0,4	

### 5.4.3 Test Serie 2

De grootste gradering van de langsdam bestaat uit een laag van 300-1000 kg. In Test Serie 2 ligt deze gradering meer "exposed". De filterlaag van 40-200kg die zowel als teenbestorting en aan de achterzijde aanwezig is, is niet veranderd. Voor deze 3 verschillende locaties geeft onderstaande tabel de  $N_{od}$  waarde. De waarde is cumulatief, omdat tussen de test condities door de constructie niet hersteld is.

Naast de  $N_{od}$  waarde wordt in de tabel de inkomende golfcondities van de 2 meetpunten voor de langsdam gegeven.

De schade aan de 300-1000kg gradering is na Conditie T202 al hoger dan in Test Serie 1. De stabiliteit van de gradering is dus afhankelijk van vrijboord dan wel onderdompelingsdiepte van de toplaag. De  $N_{od}$ -waarde stijgt tot 4,3, wat met name toegeschreven kan worden aan de afvlakking van de kruin aan de voorzijde zoals in Figuur 5-21 goed te zien is.

Tabel 5-18: Test Serie 2 - Meetresultaten golfcondities Set 2 en 3 en  $N_{od}$ -waarde steengraderingen

Conditie	Set 2					Set 3 (Langsdam)					$N_{od\_teen}$ (40-200kg)	$N_{od}$ (300-1000kg)	$N_{od\_vooroever}$ (40-200kg)
	Waterstand (m+NAP)	$H_{m0}$ (m)	$H_{2\%}$ (m)	$T_p$ (s)	$T_{m-1,0}$ (s)	$H_{m0}$ (m)	$H_{2\%}$ (m)	$T_p$ (s)	$T_{m-1,0}$ (s)				
T201	0,7	1,8	2,2	5,7	5,2	1,7	2,2	5,7	5,3	0,0	0,8	0,0	
T202	1,0	2,1	2,5	6,2	5,6	2,0	2,5	6,4	5,7	0,0	1,3	0,0	
T203	1,5	2,8	3,1	8,3	7,0	2,8	3,1	8,4	7,3	0,0	2,8	0,1	
T206	2,0	3,2	3,5	7,5	6,6	3,2	3,4	7,5	6,9	0,0	3,5	0,1	
T209	2,5	3,4	3,7	7,8	6,8	3,4	3,7	7,8	7,1	0,0	3,9	0,1	
T210	2,8	3,3	3,8	8,3	7,2	3,3	3,7	8,3	7,4	0,0	4,3	0,1	





Figuur 5-21: Foto van schade aan voorzijde kruin langsdam na T210

#### 5.4.4 Test Serie 3

De grootste gradering van de langsdam bestaat in Test Serie 3 uit een laag van 60-300 kg. Er is geen filterlaag aanwezig en de 40-200kg bestorting bij zowel de teen als aan de achterzijde is vervangen door 1-50kg kernmateriaal. Voor de 60-300kg gradering wordt in Tabel 5-19 de  $N_{od}$  waarde gerapporteerd. De waarde is cumulatief, omdat tussen de test condities door de constructie niet hersteld is. Dit stabiliteitsgetal wordt bepaald door het aantal verplaatste stenen te delen door het aantal stenen dat in de 1m brede goot past. Voor de 60-300 kg gradering is de toegepaste  $D_{n50}$  21,6mm. De brede 1-50 kg kerngradering heeft een te kleine diameter en een te grote range om nuttig te zijn voor het bepalen van een  $N_{od}$ -waarde.

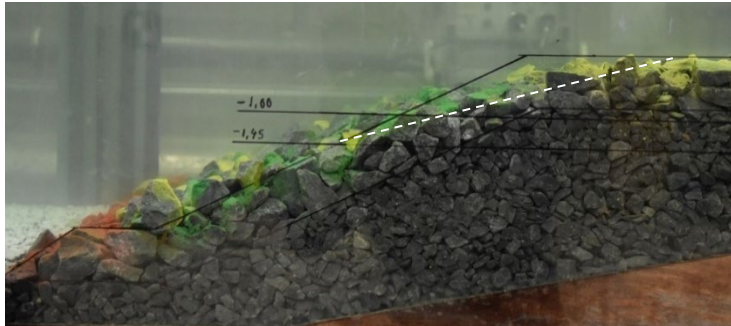
Naast deze  $N_{od}$  waarde wordt in de tabel de inkomende golfcondities van de 2 meetpunten voor de langsdam gegeven.

Tabel 5-19: Test Serie 2 - Meetresultaten golfcondities Set 2 en 3 en  $N_{od}$ -waarde steengraderingen

Conditie	Set 2					Set 3 (Langsdam)					$N_{od}$ (60-300kg)
	Waterstand (m+NAP)	$H_{m0}$ (m)	$H_{2\%}$ (m)	$T_p$ (s)	$T_{m-1,0}$ (s)	$H_{m0}$ (m)	$H_{2\%}$ (m)	$T_p$ (s)	$T_{m-1,0}$ (s)		
T301	0,7	1,8	2,2	5,7	5,2	1,7	2,2	5,7	5,3	4,0	
T302	1,0	2,1	2,6	6,2	5,6	2,0	2,5	6,4	5,7	4,9	
T303	1,5	2,8	3,1	8,3	7,0	2,8	3,0	8,4	7,3	8,4	
T304	2,0	2,7	3,1	7,4	6,6	2,7	3,1	7,5	6,8	9,1	
T307	2,5	2,8	3,4	7,7	6,8	2,8	3,3	7,7	6,9	9,8	
T310	2,8	3,3	3,7	8,3	7,2	3,3	3,6	8,3	7,4	10,7	

Zoals in bovenstaande tabel te zien is aan de hoge  $N_{od}$  waarden, vervormde de bovenkant van de dam volledig. De schade trad met name op boven de NAP -1,0m. Zo door de oogharen heen is er in Figuur 5-22 een 1:4 erosieprofiellijn te herkennen vanaf ongeveer NAP -1,45m. Door het bovenliggende erosieoppervlak te delen door het kwadraat van de toegepaste nominale diameter wordt een S-waarde verkregen van 12,5. In Figuur 5-28 is het erosieoppervlak nog iets groter, wat ongeveer een S van 19 a 20 zou opleveren. Hier is ook duidelijk zichtbaar dat het kernmateriaal "exposed" is (zie gele ovaal in Figuur 5-28).





*Figuur 5-22: Foto van schade aan kruin langsdam na T310 (voorzijde)*

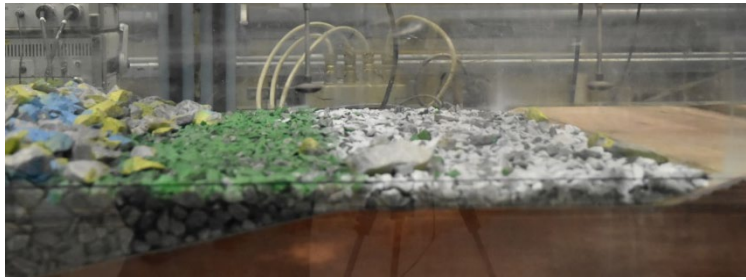


*Figuur 5-23: Foto van schade aan kruin langsdam na T310 (achterzijde)*

Zowel aan de voorzijde bij de teen als aan de achterzijde bij de erosiekuil is getest met 1-50 kg waarmee een “falling apron” kan worden gecreëerd in geval van erosie. Figuur 5-24 illustreert samen met Figuur 5-25 dat er voor de locatie aan de achterzijde wel verplaatsingen zijn opgetreden, maar dat het vlakke initiële profiel nog steeds zichtbaar is. Er zijn dus geen erosiekuilen ontstaan door de brekende golven, die in het water boven deze zone hun impact hadden.

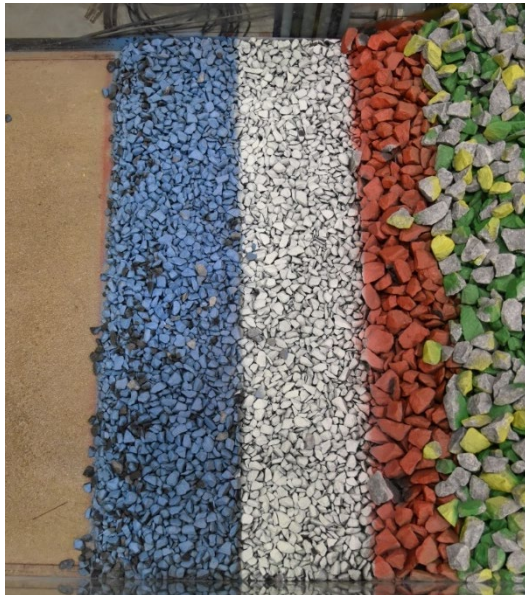


*Figuur 5-24: Foto van schade aan 1-50 kg achter de langsdam na T310 (bovenaanzicht)*



*Figuur 5-25: Foto van schade aan 1-50 kg achter de langsdam na T310 (zijaanzicht)*

Voor de voorzijde geldt hetzelfde. Figuur 5-26 en Figuur 5-27 laten zien dat er hier nog meer schade aanwezig was dan aan de achterzijde. Alleen het initiële steile profiel is iets uitgevlakt.



*Figuur 5-26: Foto van schade aan 1-50 kg voor de teen van de langsdam na T310 (bovenaanzicht)*

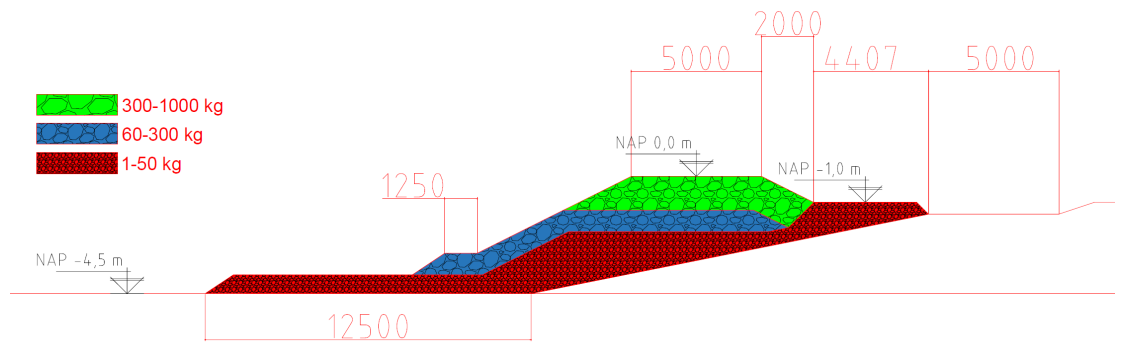


*Figuur 5-27: Foto van schade aan 1-50 kg voor de teen van de langsdam na T310 (zijaanzicht)*

Gezien het feit dat de langsdam met 60-300 kg gradering in de toplaag erg veel schade had, is in paragraaf 0 een mogelijk alternatief geschetst waarbij er een toplaag van 300-1000 kg als een soort overlaging over de 60-300 kg is geplaatst en waarbij de top van de 60-300 kg niet hoger komt dan NAP -1,3m.

### 5.4.5 Optimalisatie Langsdam

Op basis van de testresultaten is een mogelijk ontwerp van de langsdam geschetst waarbij de hoeveelheid grote steen (300 – 1000 kg) qua volume beperkt blijft. Deze is hieronder in Figuur 5-28 weergegeven. De toplaag van 300-1000 kg had tijdens Test Serie 1 een schadegetal van  $N_{od}=1$  na de “overload” test. Dit wordt vaak gezien als een stabiele waarde. In Test Serie 2 waarin de kruin van de dam 1m hoger kwam te liggen ten opzichte van de waterstand, liep het schadegetal wel snel op. De voorzijde van de kruin vlakke uit, maar de onderlaag kwam niet “exposed” te liggen. In Test Serie 3 is gezien dat de 60-300kg stabiel is vanaf een niveau van ongeveer NAP -1m tot NAP -1,45m. De 1-50kg gradering is stabiel voor de teen en achterkant (begin vooroever). Dit conceptuele ontwerp dient echter nog gecheckt te worden voor condities die niet beschouwd zijn in het uitgevoerde test programma.



Figuur 5-28: Mogelijk alternatief ontwerp Langsdam op basis van resultaten Test Serie 1 en 3.

## 6 Conclusie

In opdracht van Waterschap Zuiderzeeland heeft Deltares door middel van kleinschalige modeltesten onderzoek gedaan naar de werking van een alternatief voor de versterking van de IJsselmeerdijken. Dit alternatief bestaat uit een langsdam met daarachter een ondiepe vooroever.

Het doel van het modelonderzoek was (1) gericht op het genereren van data ten aanzien van de hydraulische stabiliteit van een aantal langsdam ontwerpen waarmee de ontwerper in staat wordt gesteld om het ontwerp van de langsdam te optimaliseren; was (2) gericht op het testen van meerdere variaties in vooroeverlengte en -hoogte waarbij zowel golfoploop als golfoverslag is gemeten; (3) het afleiden van de golfconditie aan de teen van de langsdam en de waterstandsopzet boven de vooroever.

Om het effect van het toepassen van een vooroever in kaart te brengen is ook een referentietest uitgevoerd voor de huidige situatie. In totaal zijn er in 10 test series, 10 verschillende configuraties getest. Dit alles is opgenomen in het voorliggende meetrapport. De belangrijkste meetresultaten en afgeleide gemiddelde golfoverslaggebieden worden hieronder weergegeven.

### Hydraulische stabiliteit

Drie verschillende langsdam ontwerpen zijn bekeken in drie afzonderlijke test series. Hierbij is gekeken naar de stabiliteit van verschillende steengraderingen in de zone van de teen, het buitentalud inclusief kruin van de dam en de binnenzijde van de dam waar de vooroever aansluitend start.

Het ontwerp van de langsdam bij de eerste geteste doorsnede bestond uit een toplaag gradering van 300-1000kg met een teenbestorting aan voor- en achterzijde van 40-200kg. De kruinhoogte van de dam lag op NAP +0m. De schadeparameter  $N_{od}$  was aan het einde van de test serie respectievelijk 1,0 en 0,4 maximaal voor de 2 belaste graderingen.

Het effect van de kruinhoogte is getest in de tweede serie. De kruinhoogte is hier met 1m verhoogd naar NAP +1m. Hierdoor werd de 300-1000kg zwaarder belast door de brekende golven. De schadeparameter  $N_{od}$  was aan het einde van de test serie 4,3. De stabiliteit van de 40-200kg graderingen aan de achterzijde nam licht toe. De schadeparameter  $N_{od}$  werd hier maximaal 0,1.

In Test Serie 3 is gekeken naar lichtere steengraderingen. De 300-1000kg gradering is vervangen door 60-300kg en de 40-200kg gradering is vervangen door 1-50kg. De 60-300kg gradering bleek veel schade te ondervinden. De schadeparameter  $N_{od}$  aan het einde van de test serie was 10,7 en de toplaag van 2-D<sub>n50</sub>-dikte was op sommige punten geheel verdwenen. De 1-50kg gradering was daarentegen zeer stabiel aan zowel de voorzijde als de achterzijde van de dam.

### Golfoploop/Golfoverslag

In twee van de tien test series is golfoverslag gemeten. Deze twee test series waren een herhaling van twee series waarin golfoploop is gemeten. Hiermee is er een relatie afgeleid tussen de gemeten 2% golfoploophoogte en het gemeten gemiddelde golfoverslaggebied. Met behulp van deze relatie is tevens voor de andere uitgevoerde test series het bijbehorende gemiddelde golfoverslaggebied berekend.



Onderstaande tabel geeft een overzicht van het effect van een vooroever op het berekende gemiddelde overslagdebiet. Een duidelijke afname in golfverslagdebiet bij het toepassen van een vooroever is zichtbaar.

Tabel 6-1: Overzicht berekend overslagdebiet tussen de verschillende vooroeverlengtes

Test ID WL= NAP	T04 +2,0m	T05 +2,0m	T06 +2,0m	T07 +2,5m	T08 +2,5m	T09 +2,5m	T10 +2,8m
vooroever lengte	q (L/s/m)	q (L/s/m)	q (L/s/m)	q (L/s/m)	q (L/s/m)	q (L/s/m)	q (L/s/m)
0m	3,9	6,8	14,9	21,1	41,9	57,5	102,4
40m	0,7	1,5	2,1	16,6	21,8	34,6	67,4
60m	0,7	1,5	2,8	12,5	14,3	24,9	54,9
100m	0,5	1,0	2,4	15,8	21,0	28,0	68,4

Uit de metingen blijkt dat bij iedere vooroeverlengte er een bijbehorende waterstandsopzet hoort. Een grotere vooroeverlengte zorgt in principe voor meer energieverlies bij gelijkblijvende waterstand. Echter de waterstandsopzet neemt ook toe met langere vooroeverlengtes. De vooroeverlengte van 60m presteert mede door dit effect het beste in relatie tot golfoploop en golfverslag voor de test condities met hogere ontwerpwaterstanden, in dit geval NAP +2,5m en hoger.

Naar het effect van vooroeverhoogte is onderzoek gedaan door zowel een verhoging als een verlaging van 0,45m toe te passen op de referentiehoogte van NAP -1,0m. Het effect van een lagere aanleghoogte is groter dan van een hogere aanleghoogte bij de lagere waterstand van NAP +2,0m, zoals in onderstaande tabel te zien is. Voor de hogere waterstanden is het berekende golfverslagdebiet ook het laagst bij een vooroeverhoogte van NAP -1,0m.

Tabel 6-2: Overzicht berekend overslagdebiet tussen de verschillende vooroeverhoogtes

Test ID WL= NAP	T04 +2,0m	T05 +2,0m	T06 +2,0m	T07 +2,5m	T08 +2,5m	T09 +2,5m	T10 +2,8m
vooroever hoogte	q (L/s/m)	q (L/s/m)	q (L/s/m)	q (L/s/m)	q (L/s/m)	q (L/s/m)	q (L/s/m)
NAP -0,55m	0,5	1,0	2,2	10,5	22,5	25,2	67,1
NAP -1,00m	0,7	1,5	2,8	12,5	14,3	24,9	54,9
NAP -1,45m	1,8	3,2	4,7	21,4	28,1	45,3	94,2

In Test Serie 2 had de langsdam een 1m hoger kruinniveau dan in alle andere test series. Het hogere kruinniveau zorgde enerzijds voor het meer breken van golven, maar leidde ook tot een hogere waterstandsopzet boven de vooroever. Hierdoor had een hoger kruinniveau van de langsdam een averechts effect op het bereikte oploophoogte en het daarvan afgeleide overslagdebiet.

### Golfcondities

In het modelonderzoek zijn op verschillende locaties inkomende golfcondities bepaald. Deze laten zien dat de waterdiepte voor de langsdam de inkomende golfconditie begrenst. Daarnaast zijn op verschillende locaties snelheidsmetingen gedaan op omgerekend 90 cm boven de bodem. Drie van deze locaties bevonden zich boven de vooroever. Deze metingen kunnen als input dienen voor de morfologie respons van de vooroever dan wel als validatie uitkomst van numerieke modellen.

## 7 Referenties

Capel, A., 2015. Wave run-up and overtopping reduction by block revetments with enhanced roughness. Coastal Engineering 104, October 2015, page 76-92.

<https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2015.06.007>

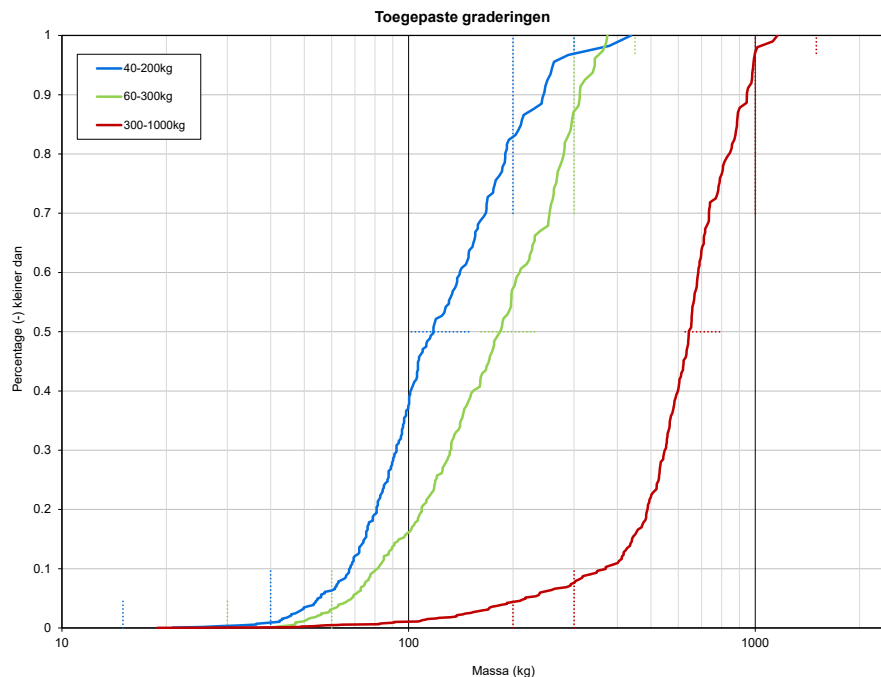
Groeneweg, J. 2023. Golfcondities bij de IJsselmeerdijk. Deltares memo, kenmerk: 11208947-002-HYE-0004.

Hydralab, 2011. HYDRALAB III: Guidelines for physical model testing of rubble mound breakwaters. <https://doi.org/10.1680/cmsb.41318.0062>

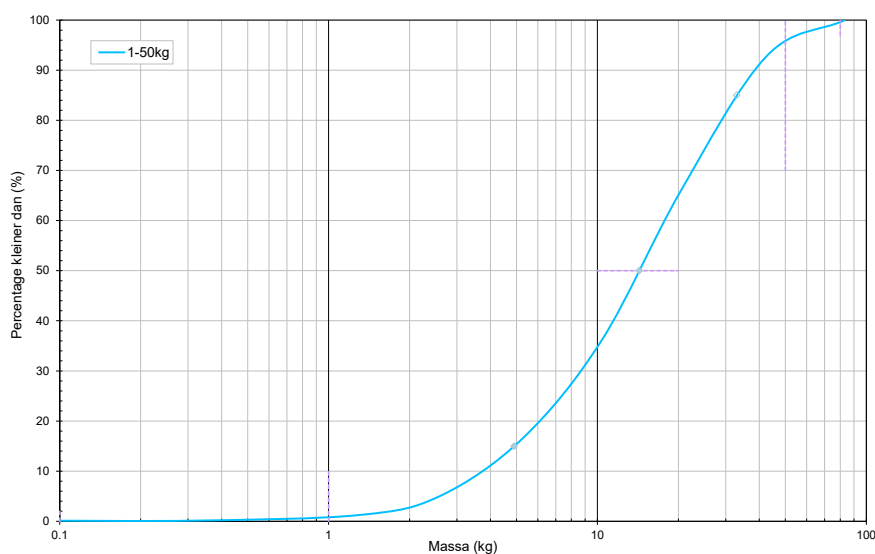
Ridder, M.P. de, J. Kramer, J.P. den Biemand and I. Wenneker, 2023. Validation and practical application of nonlinear wave decomposition methods for irregular waves. Coastal Engineering 183, August 2023. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2023.104311>

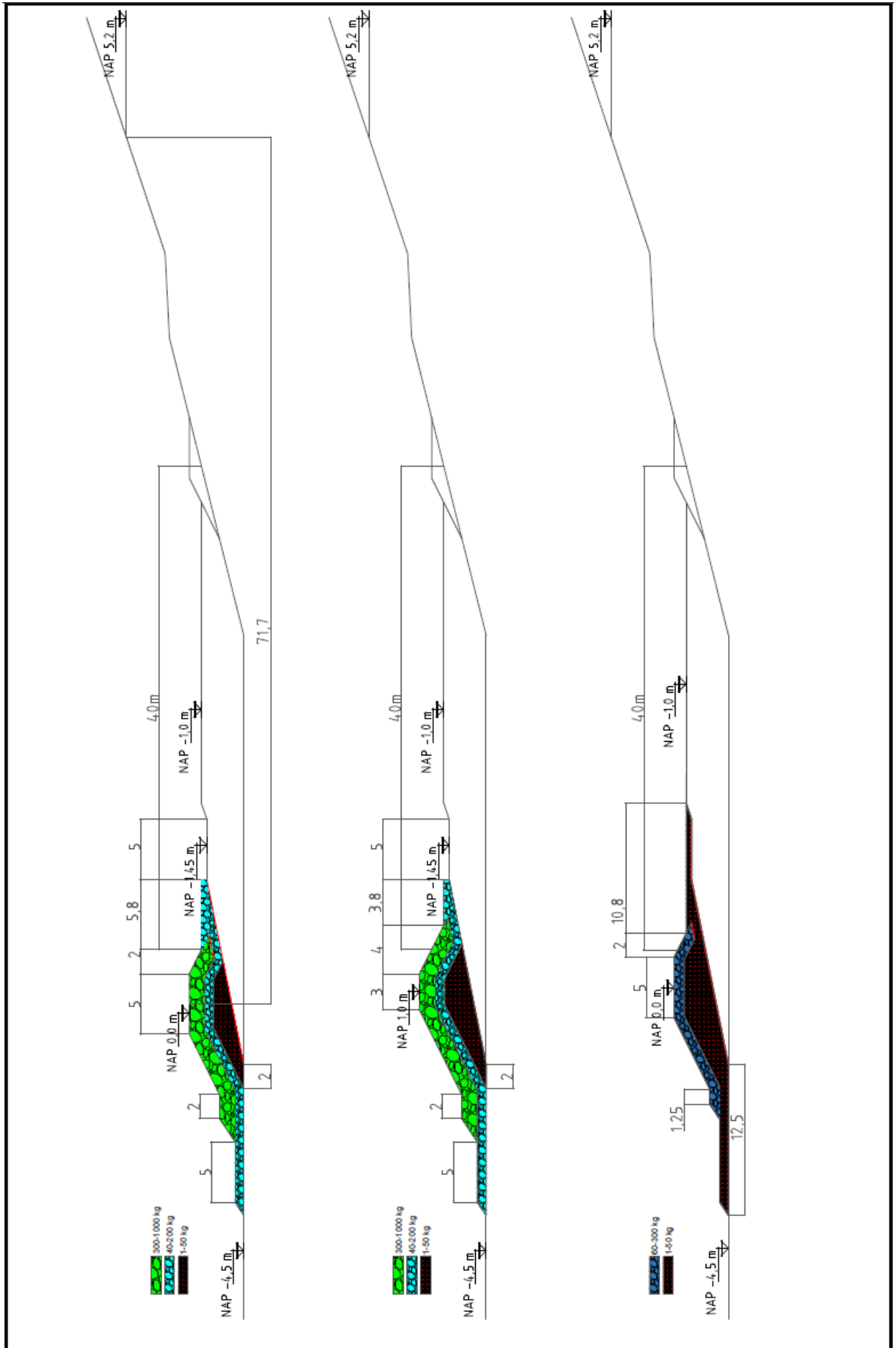
Schüttrumpf, H., Oumeraci, H., 2005. Scale and model effects in crest level design. 2<sup>nd</sup> International Coastal Symposium, Iceland

# A Toegepaste Doorsnede in Onderzoek met bijbehorende Steengraderingen



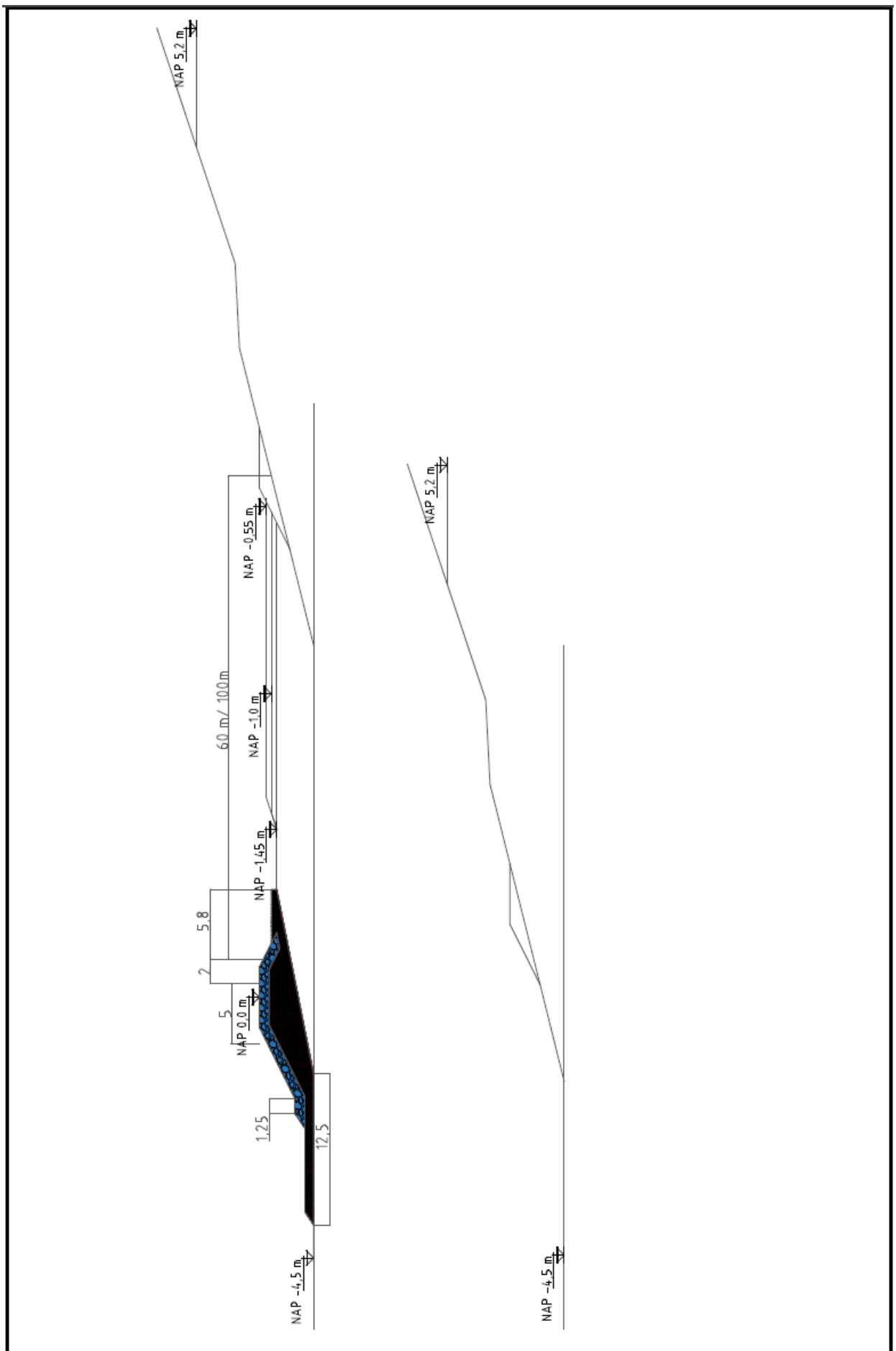
Gradering Parameter	1-50kg	40-200kg	60-300kg	300-1000kg
<b>D<sub>n15</sub> (m)</b>	0,12	0,31	0,33	0,55
<b>D<sub>n50</sub> (m)</b>	0,18	0,36	0,41	0,63
<b>D<sub>n85</sub> (m)</b>	0,23	0,43	0,48	0,70
<b>M<sub>15</sub> (kg)</b>	4,9	74,8	93,6	441,2
<b>M<sub>50</sub> (kg)</b>	14,3	117,9	184,6	644,0
<b>M<sub>85</sub> (kg)</b>	33,0	210,8	295,0	885,1





<b>Model Onderzoek Langsdam IJsselmeerdijk</b> Doorsnede Langsdam in Stabiliteitsproeven T100 (boven), T200 (midden) en T300 (onder)	
Deltares	11208947

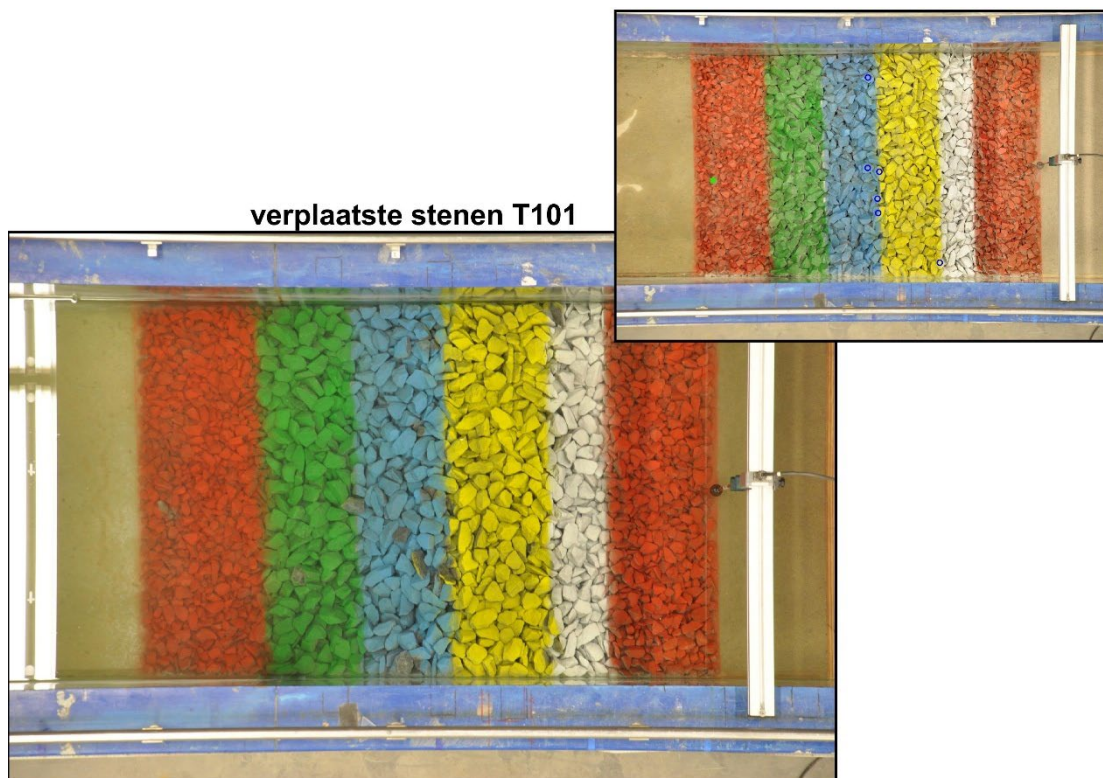
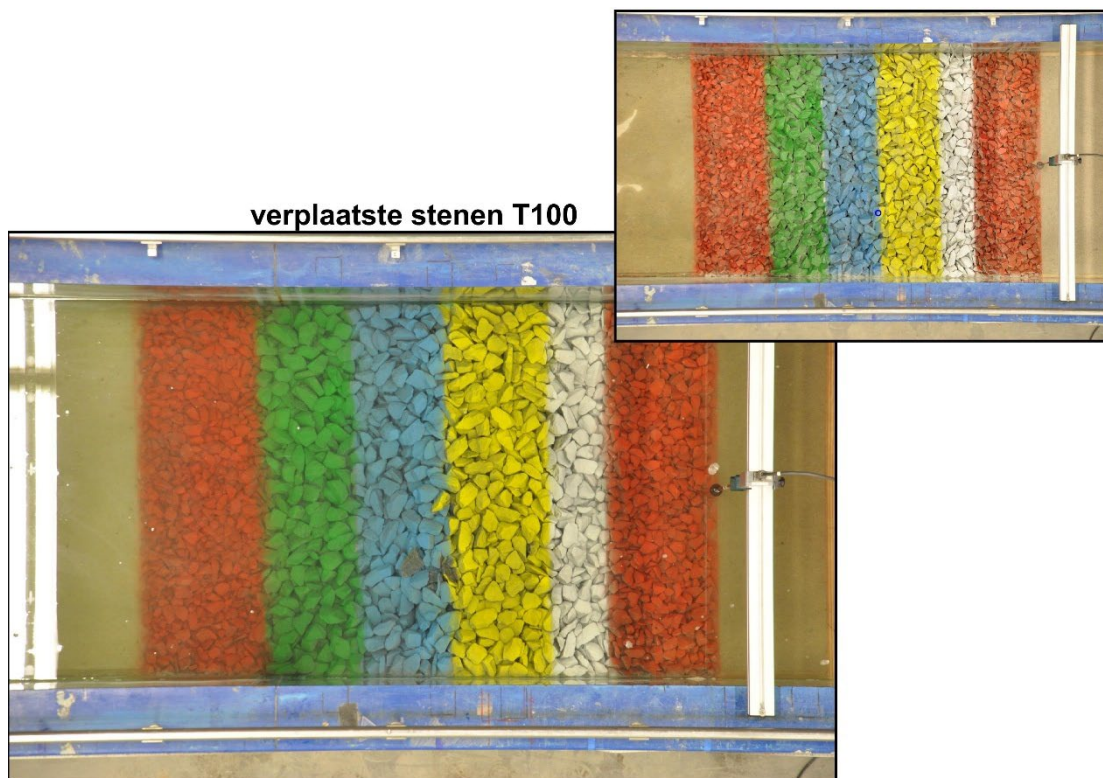




Model Onderzoek Langsdam IJsselmeerdijk	
Doorsnede Langsdam in Golfloop en Golfoverslagproeven T400 -T900 (boven) en Referentietest T000 (onder)	
Deltares	11208947

# B Stabiliteitsbepaling

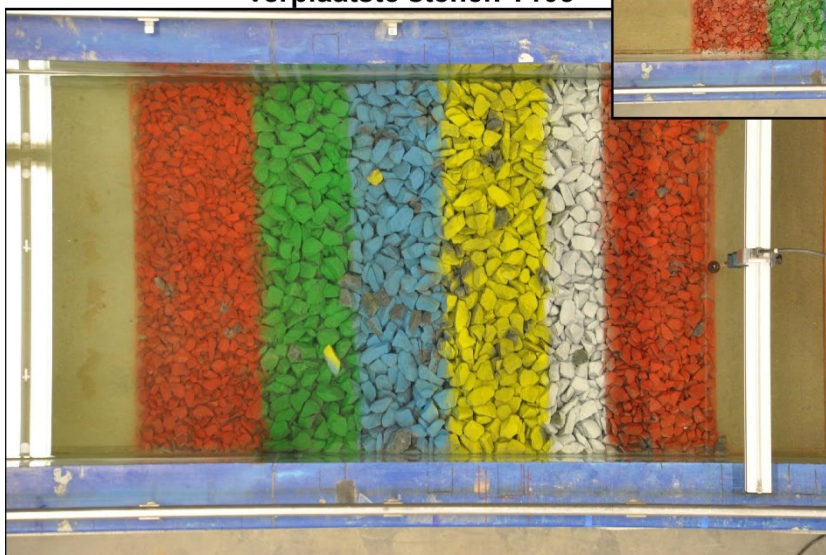
## B.1.1 $N_{od}$ bepaling Test Serie 1



verplaatste stenen T102

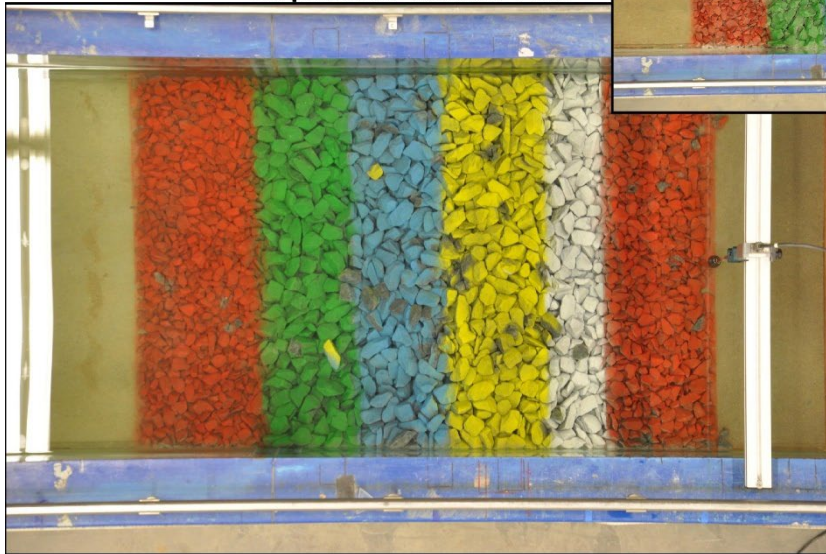


verplaatste stenen T103

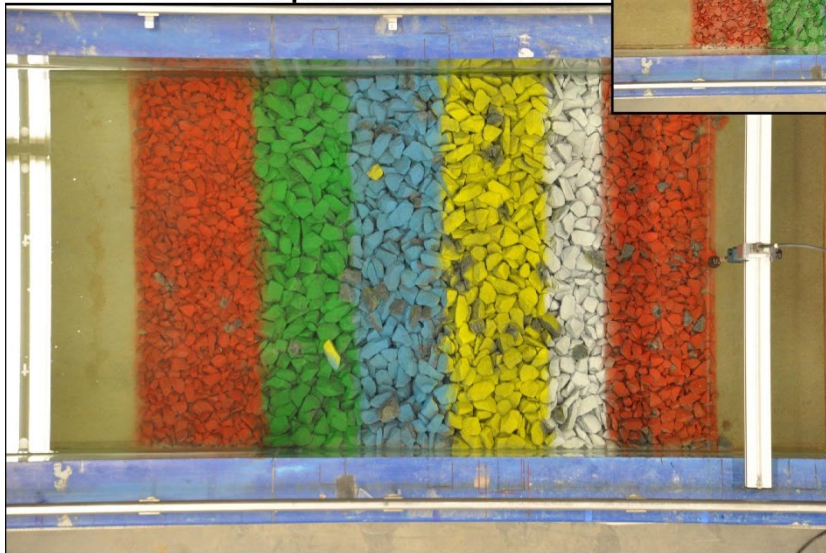




verplaatste stenen T105



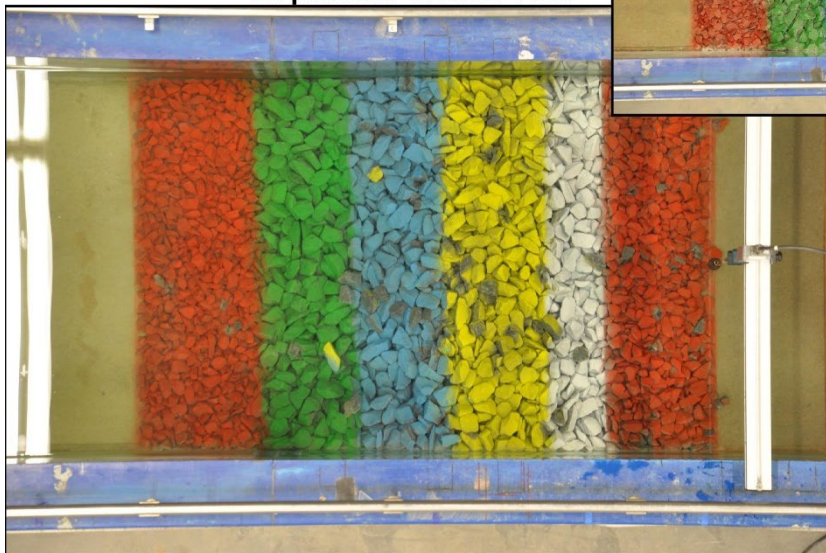
verplaatste stenen T106



verplaatste stenen T107

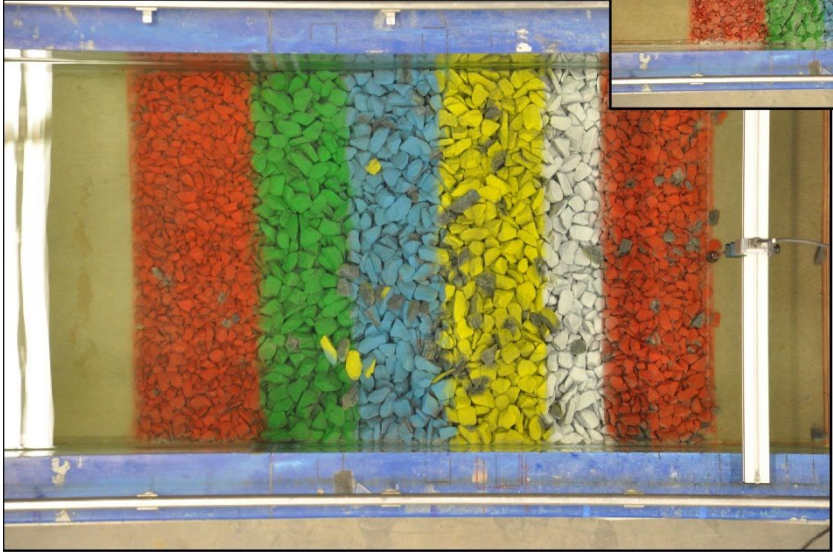


verplaatste stenen T108

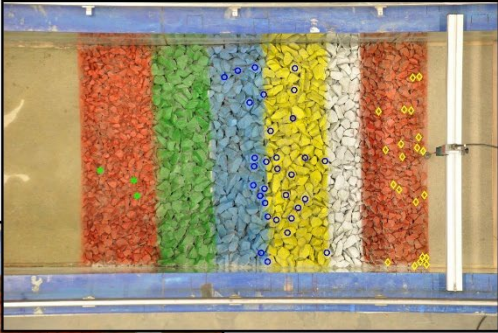
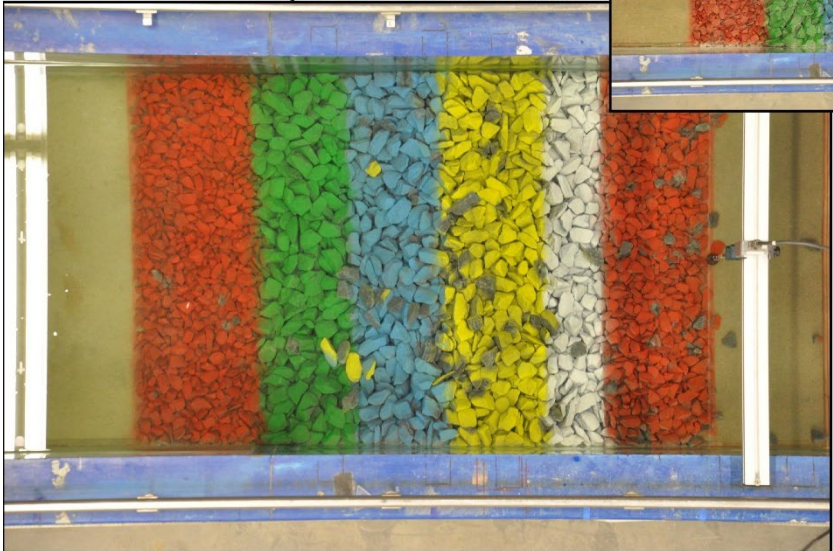




verplaatste stenen T109

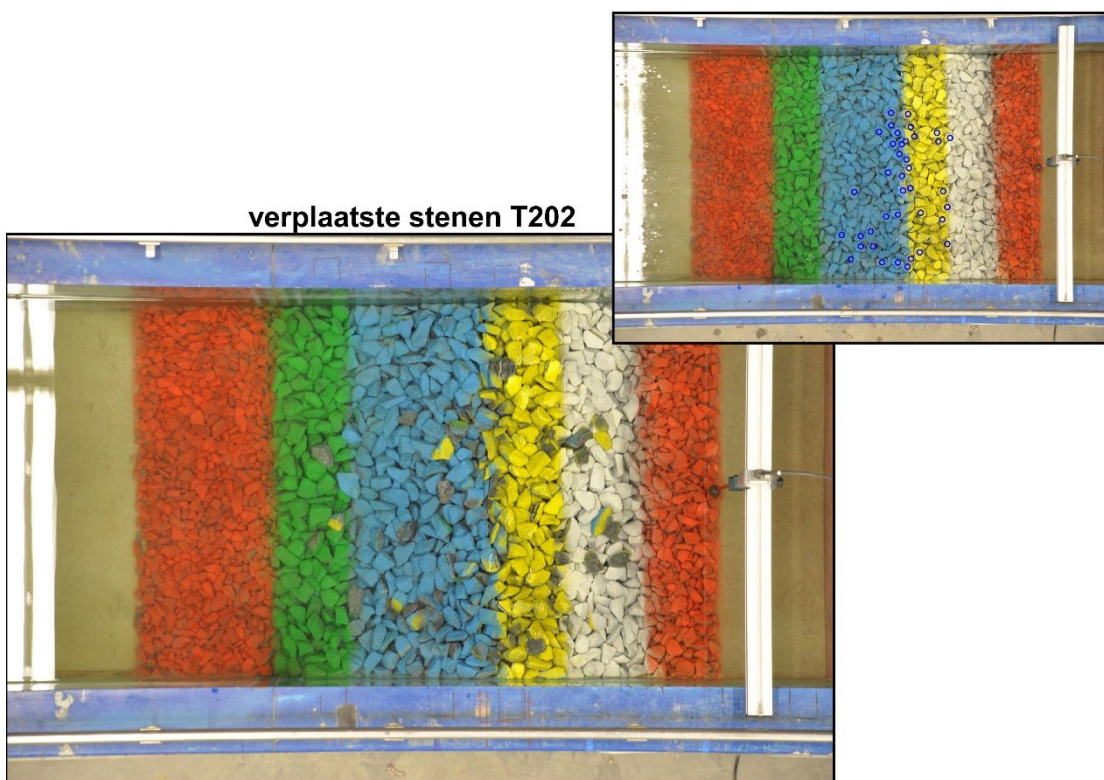
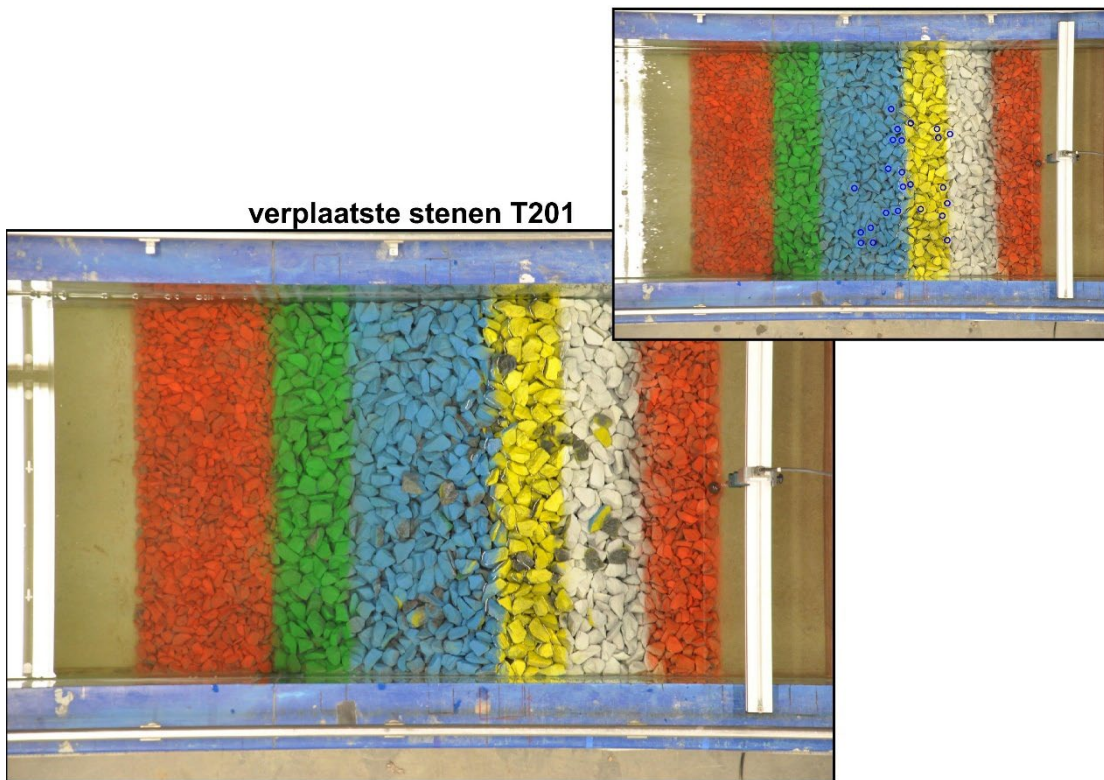


verplaatste stenen T110

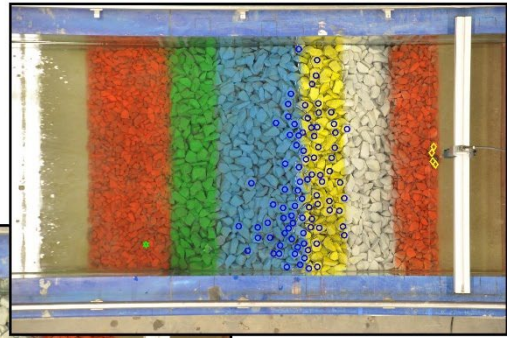




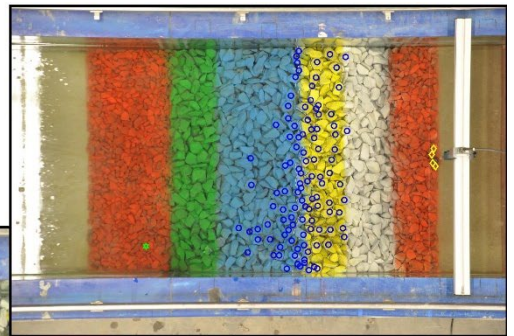
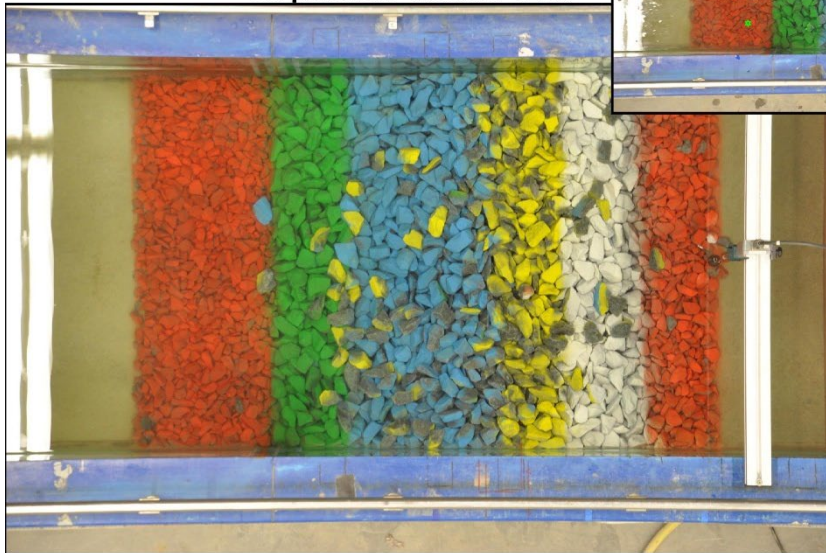
B.1.2  $N_{od}$  bepaling Test Serie 2



verplaatste stenen T203

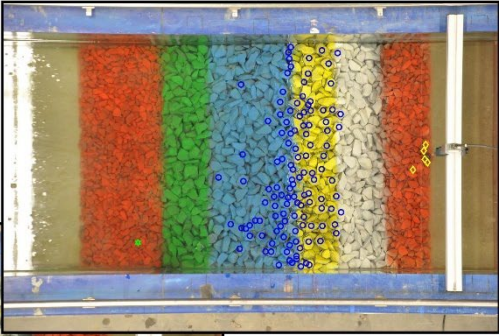
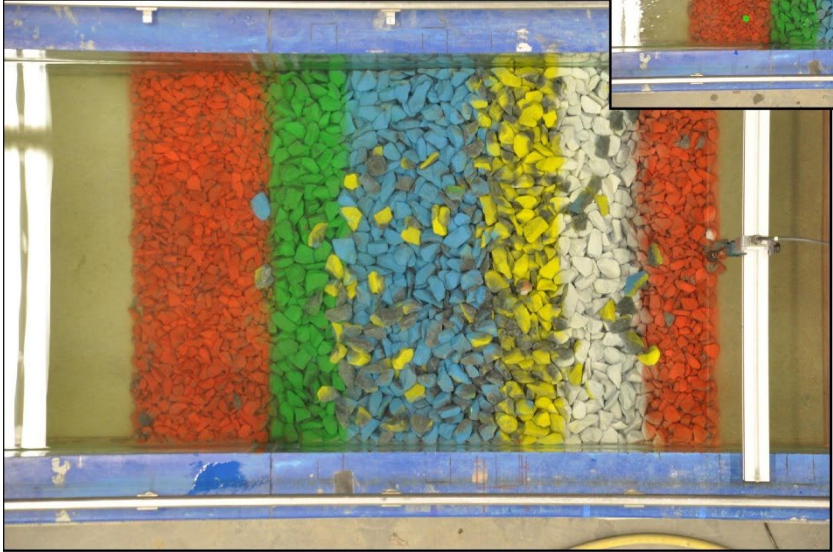


verplaatste stenen T206

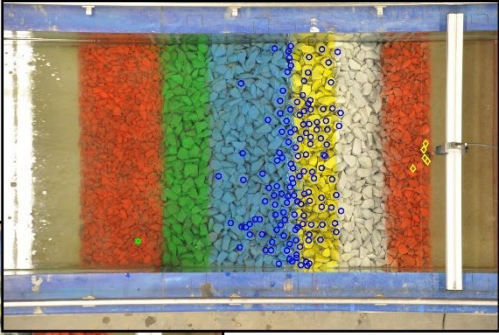
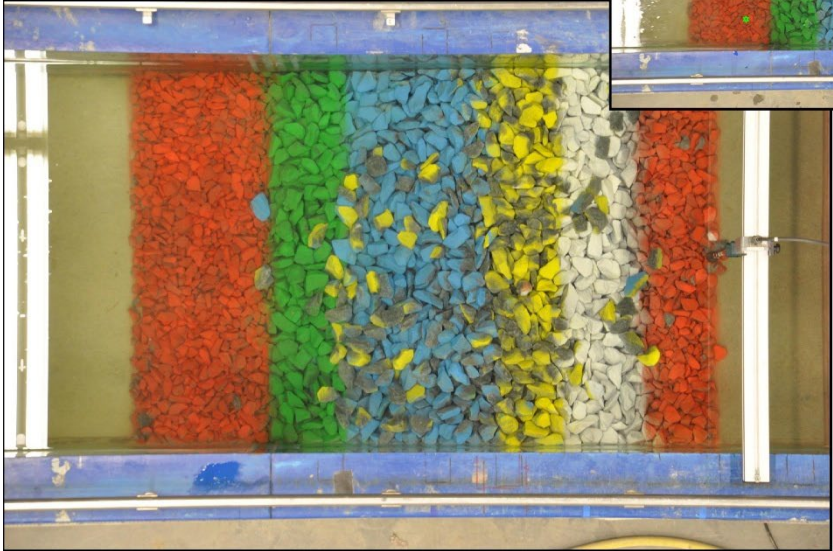




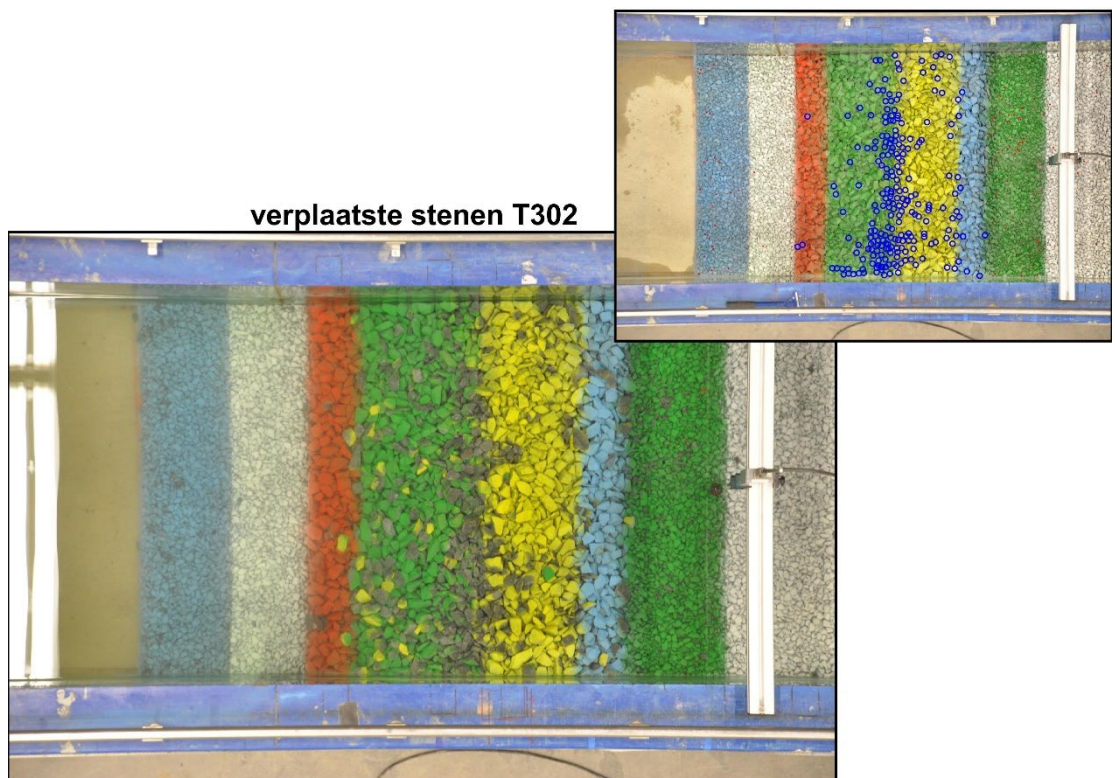
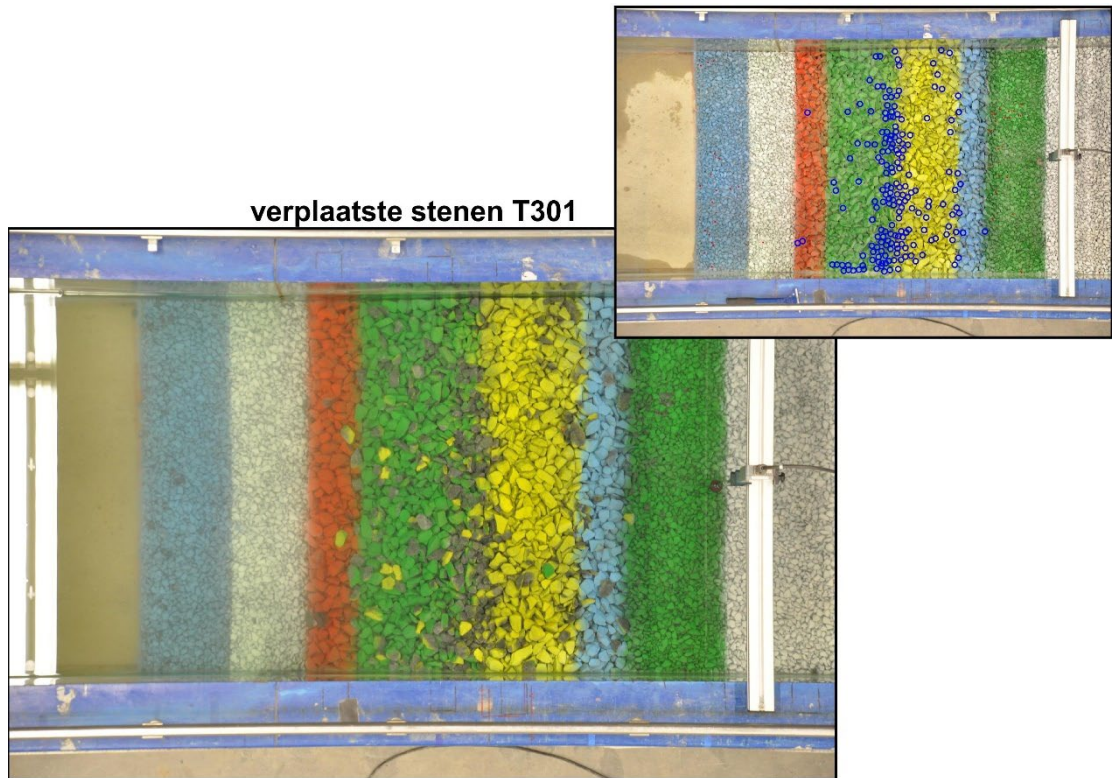
verplaatste stenen T209



verplaatste stenen T210

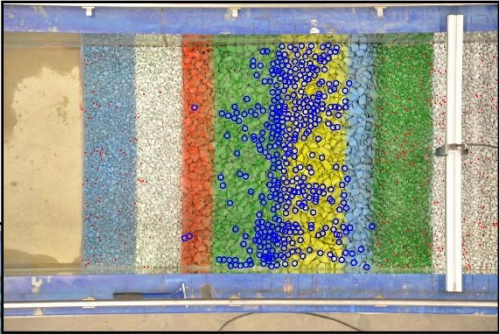
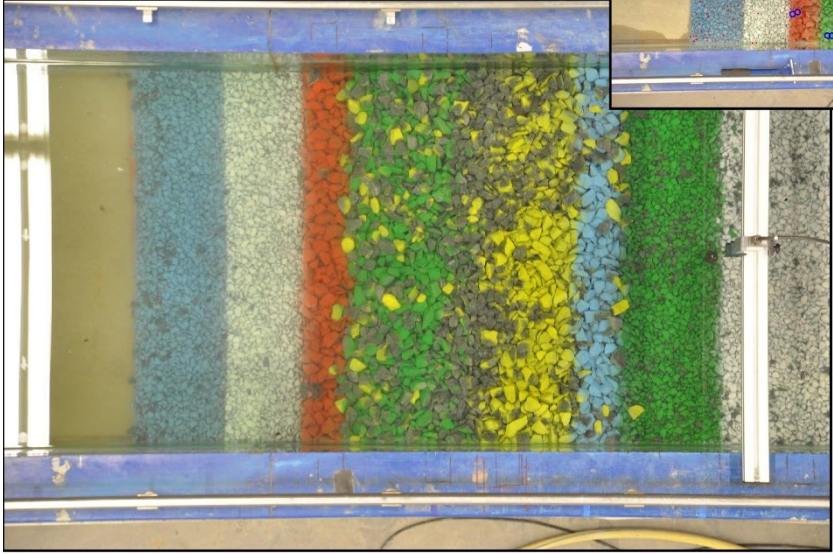


B.1.3  $N_{od}$  bepaling Test Serie 3

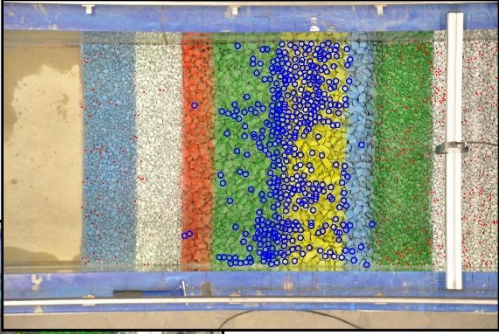
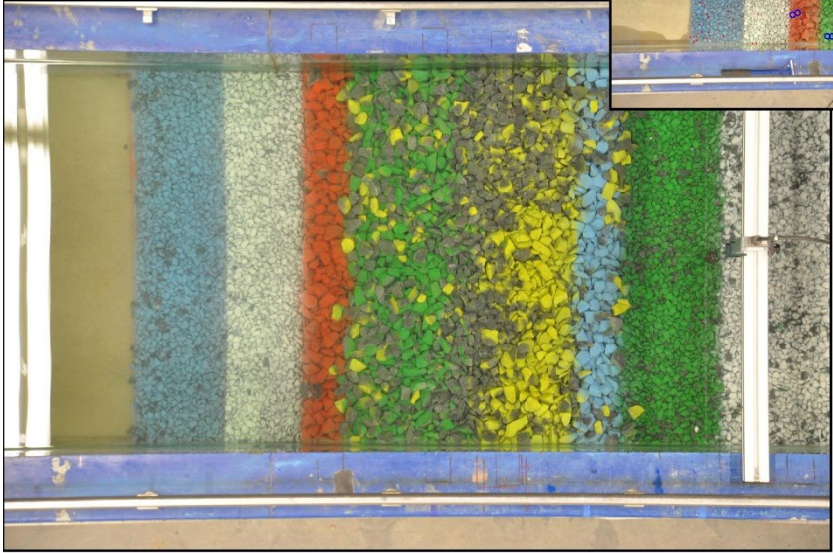




verplaatste stenen T303

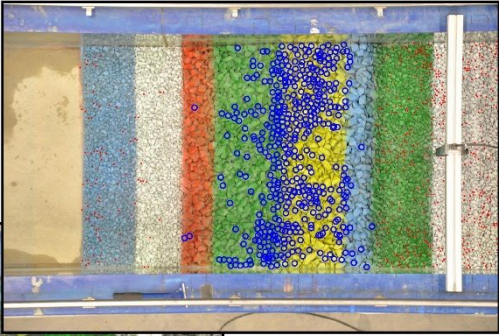
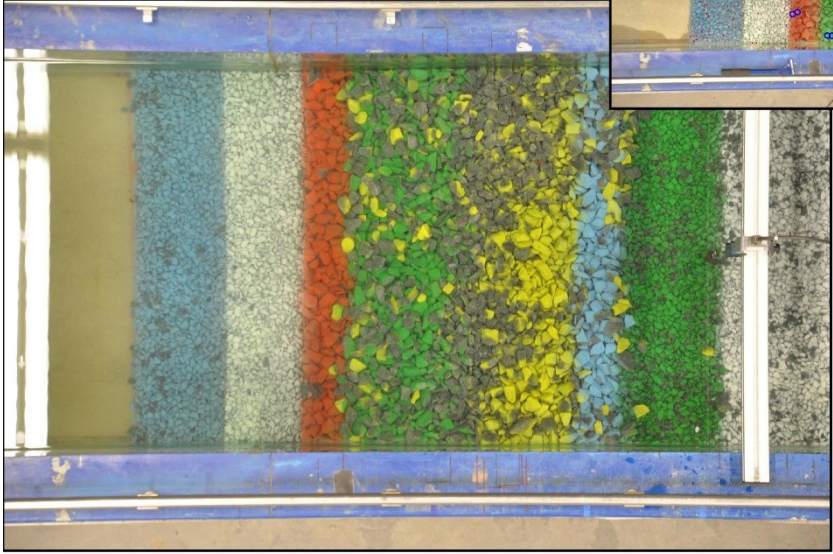


verplaatste stenen T304

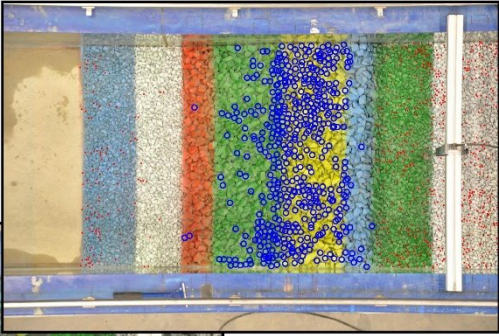
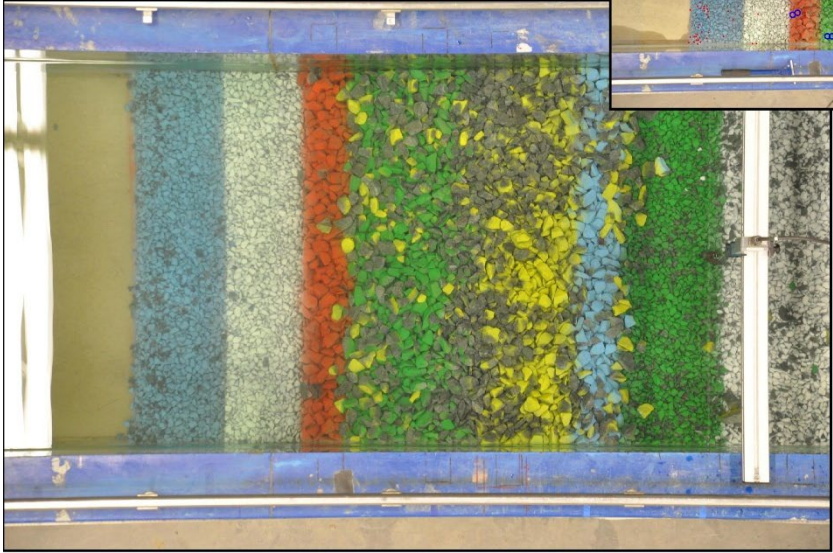




verplaatste stenen T307



verplaatste stenen T310

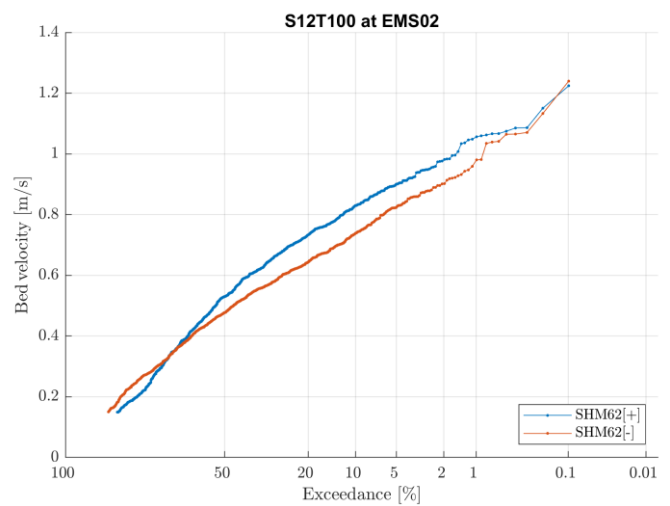
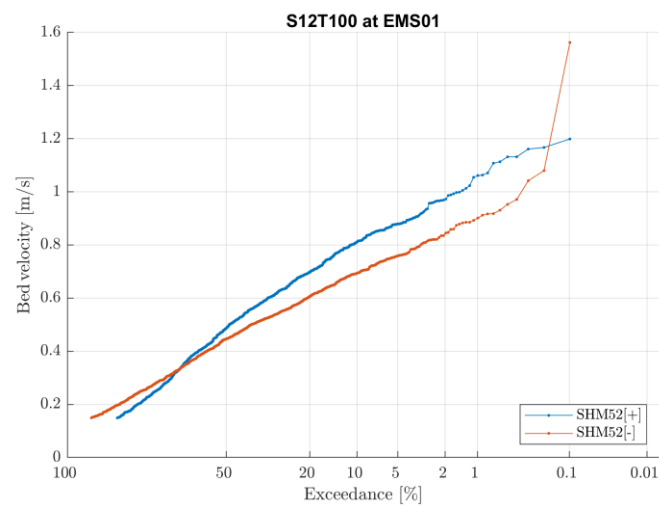
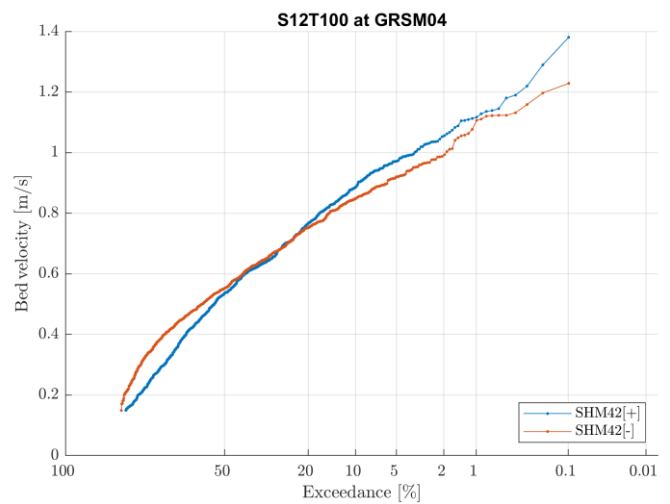
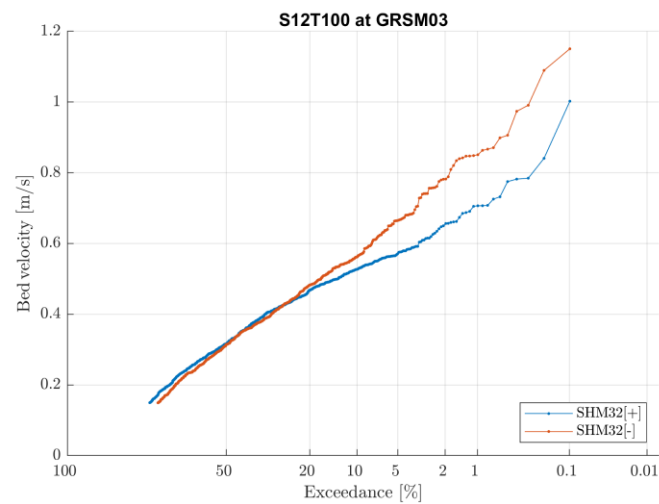
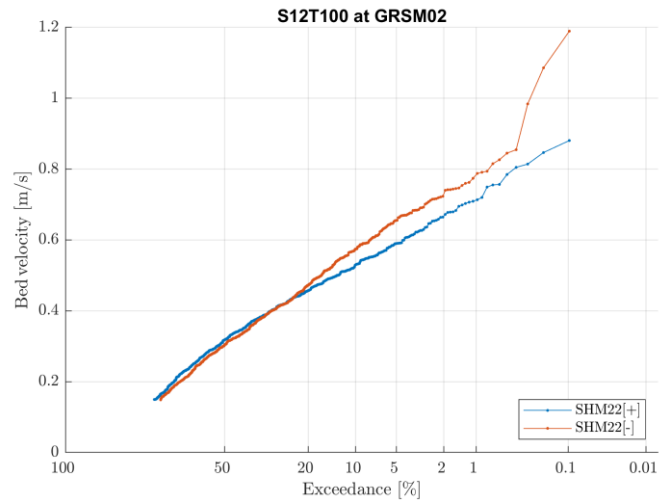
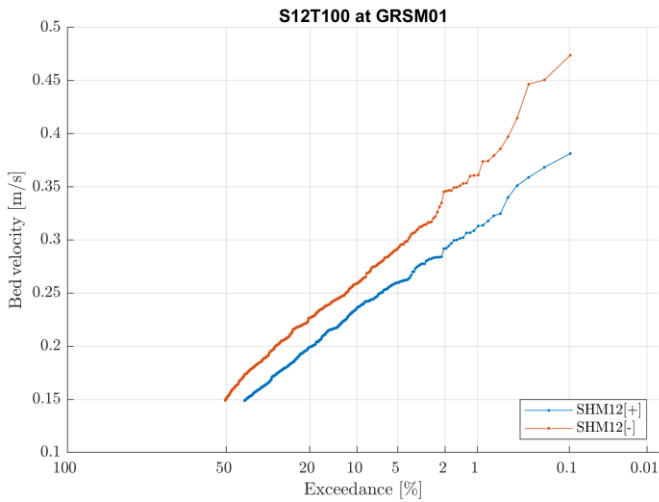


# C Snelheidsmetingen

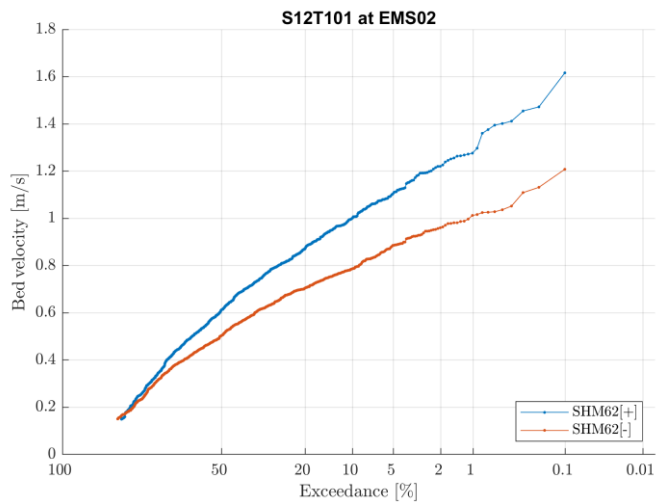
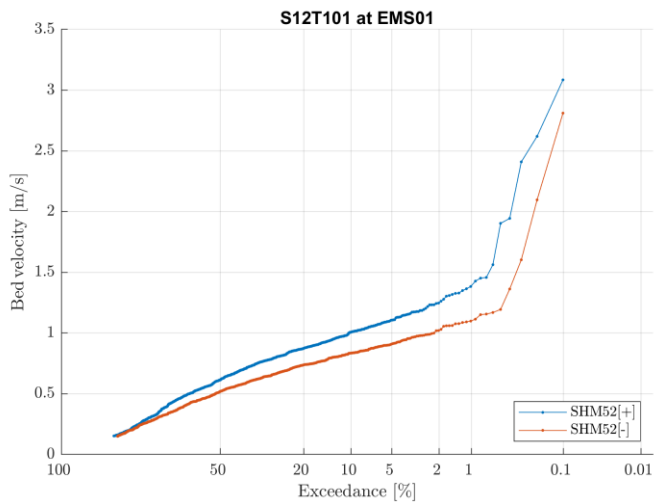
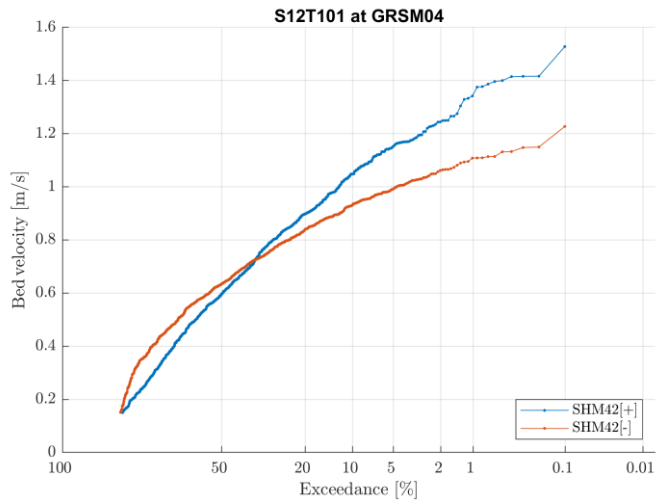
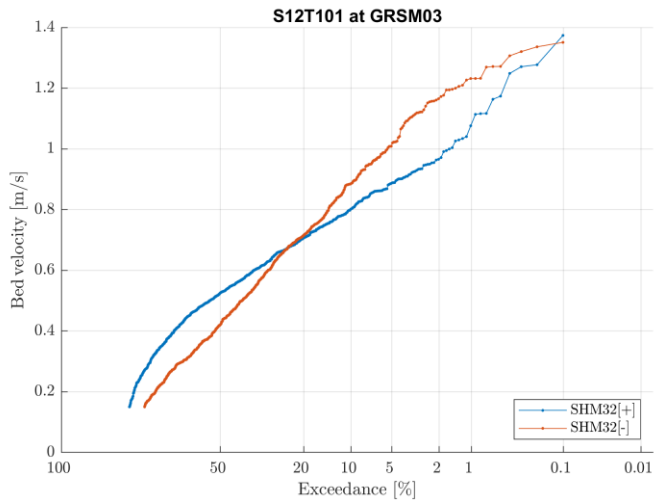
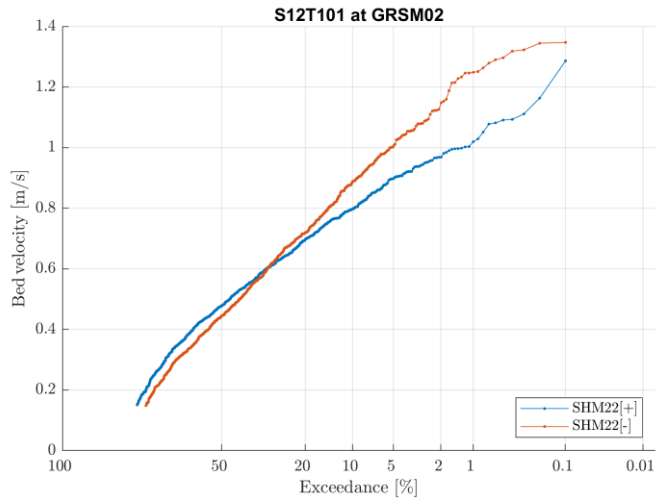
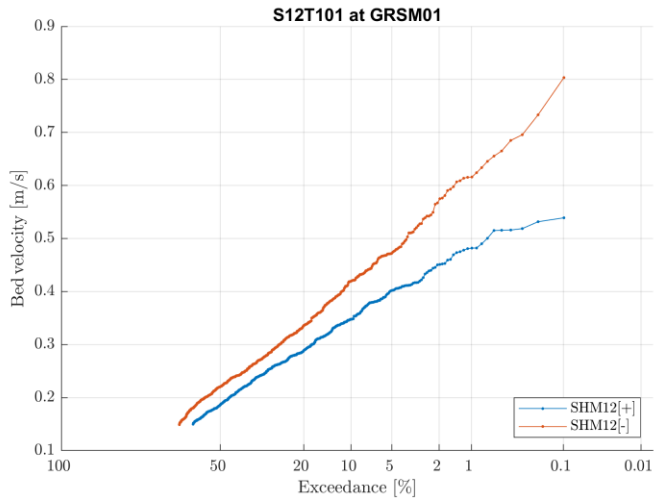


# Test Series T100

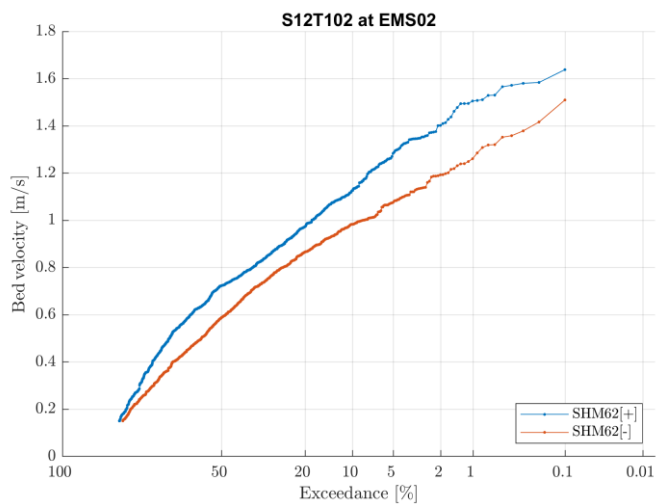
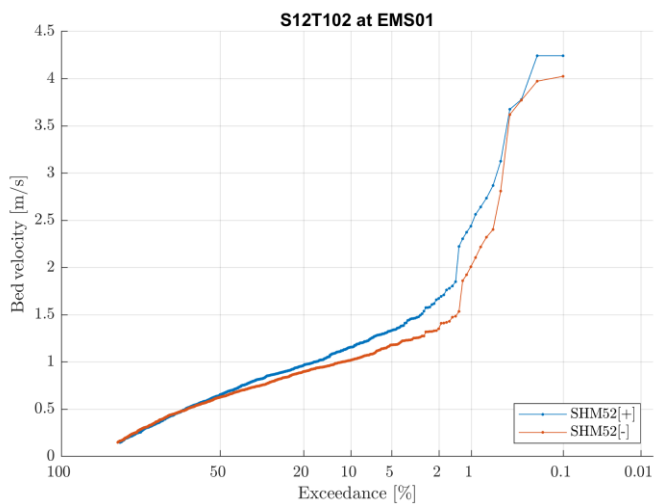
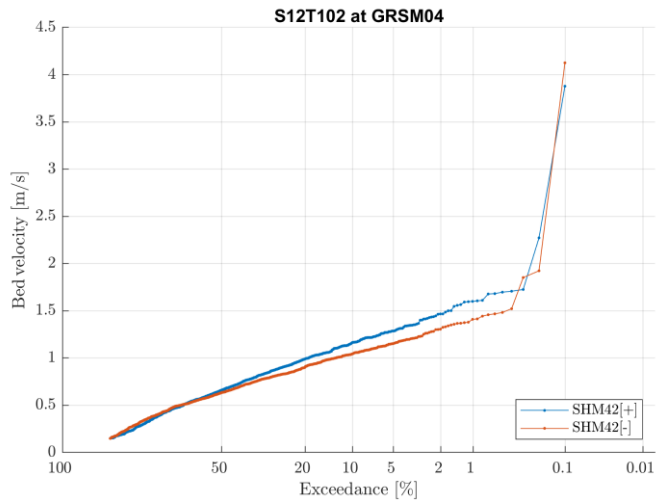
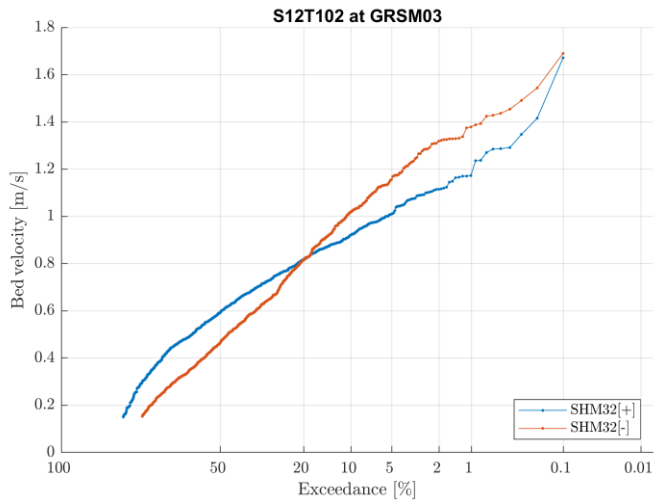
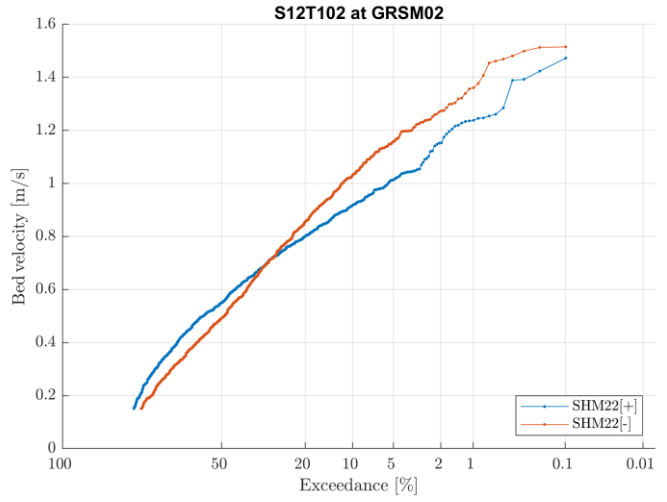
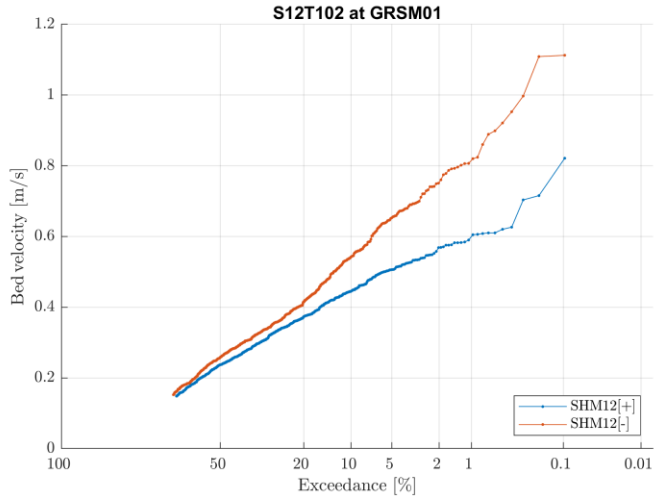
## S12T100



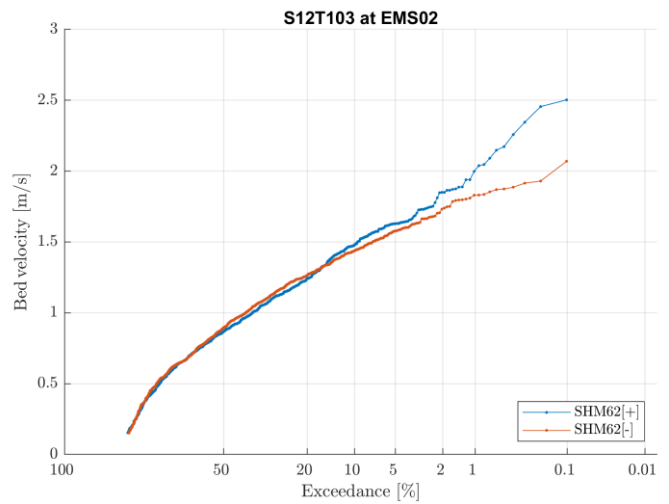
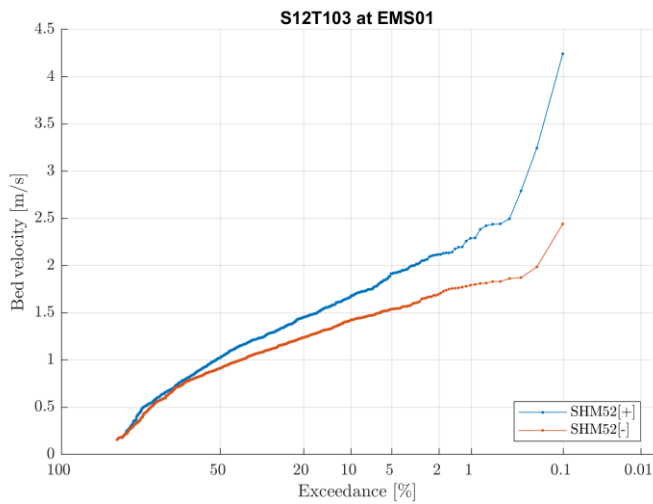
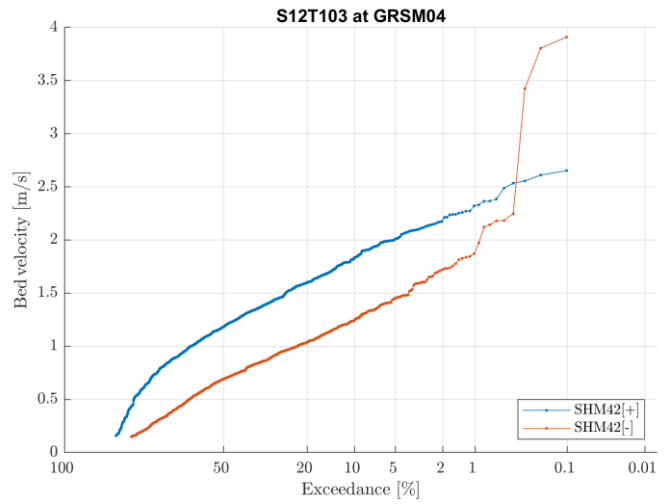
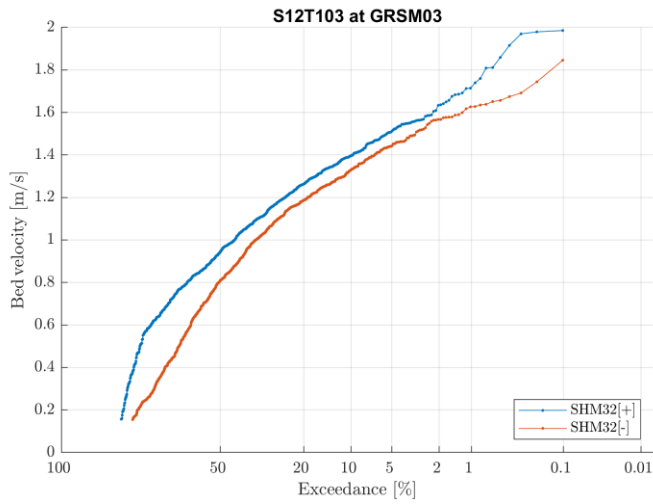
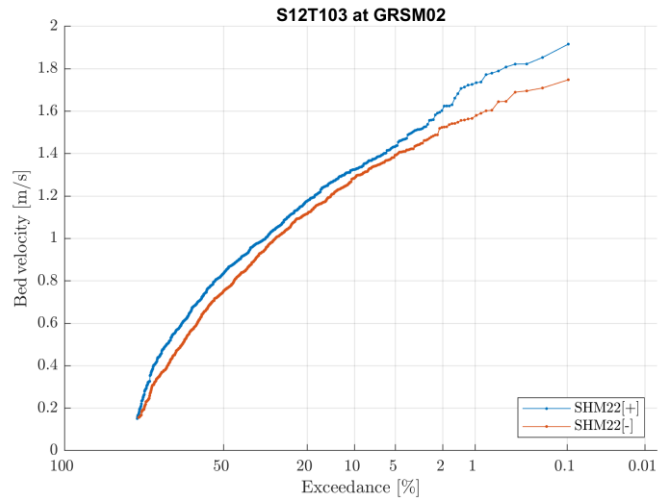
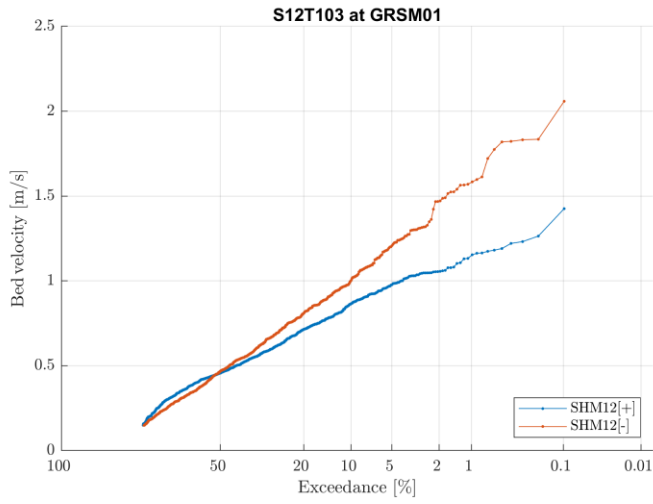
# S12T101



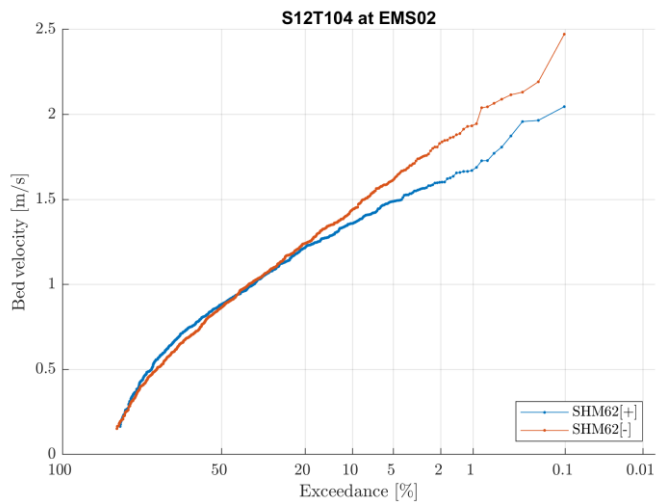
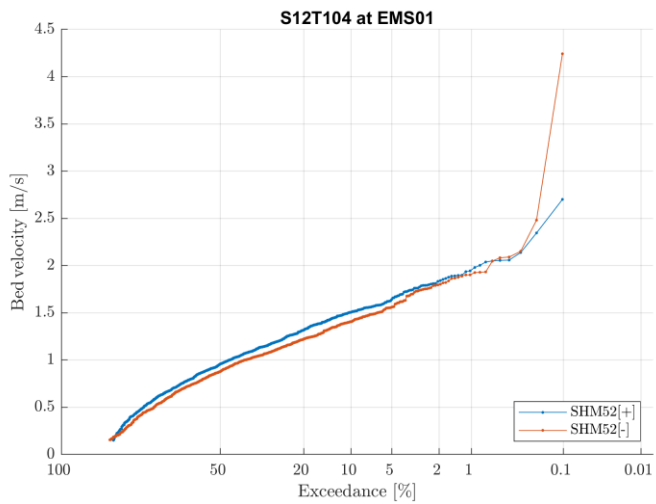
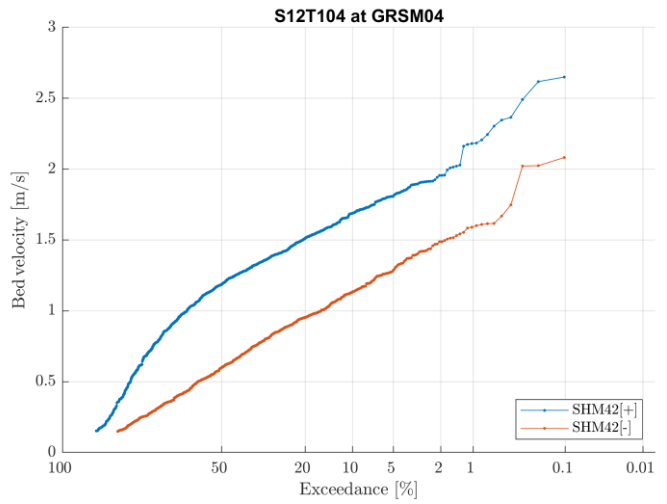
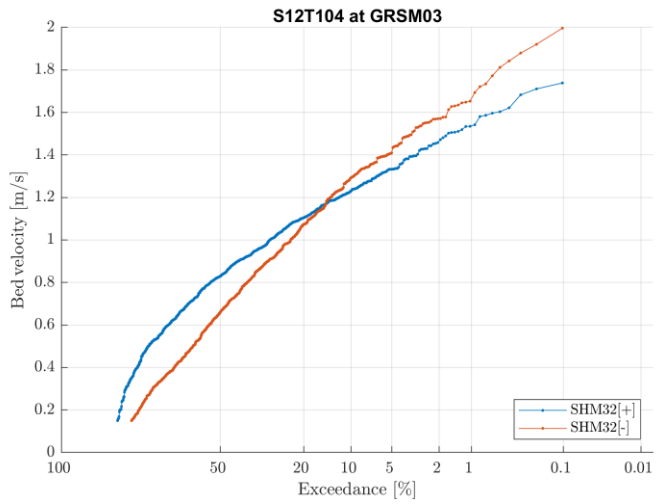
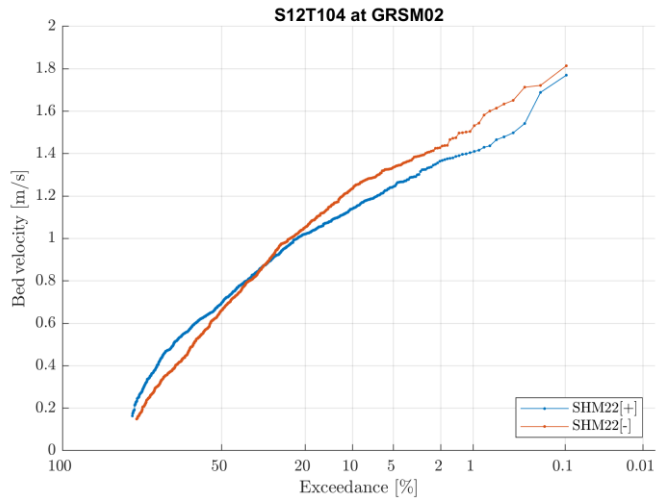
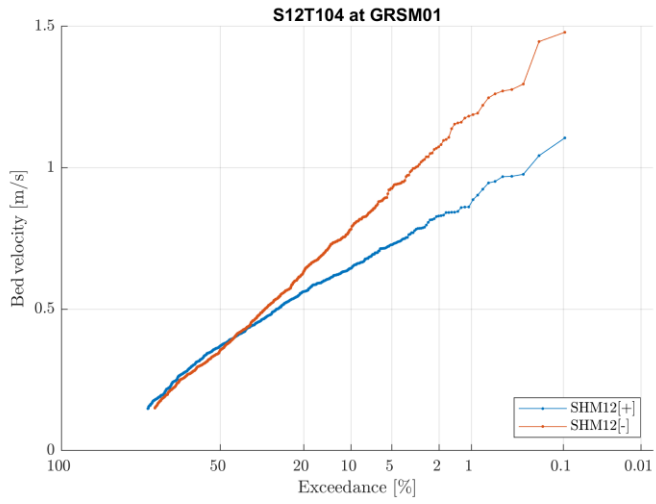
# S12T102



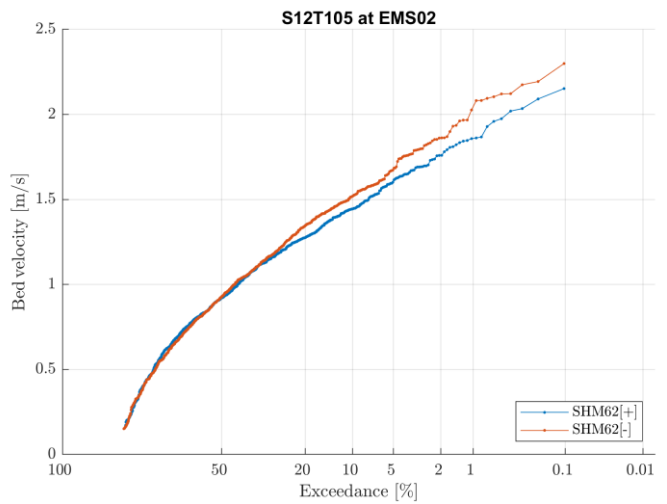
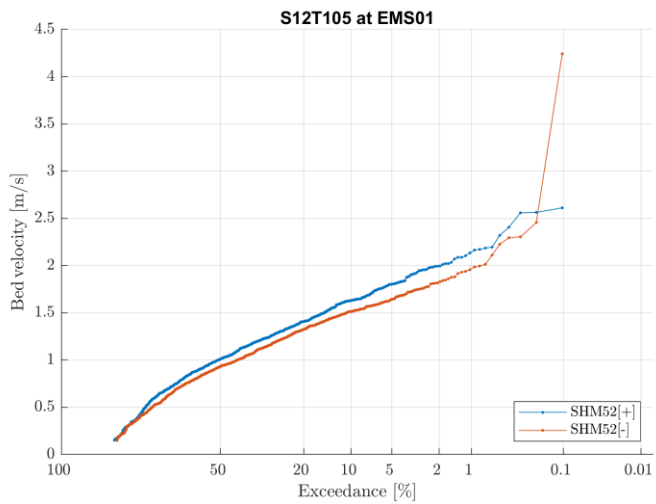
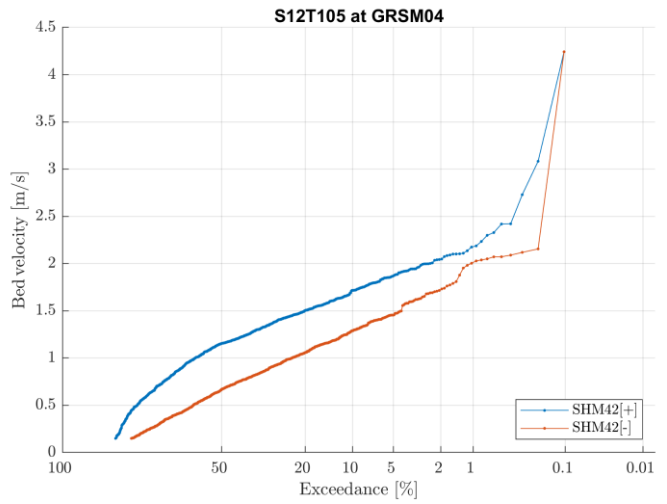
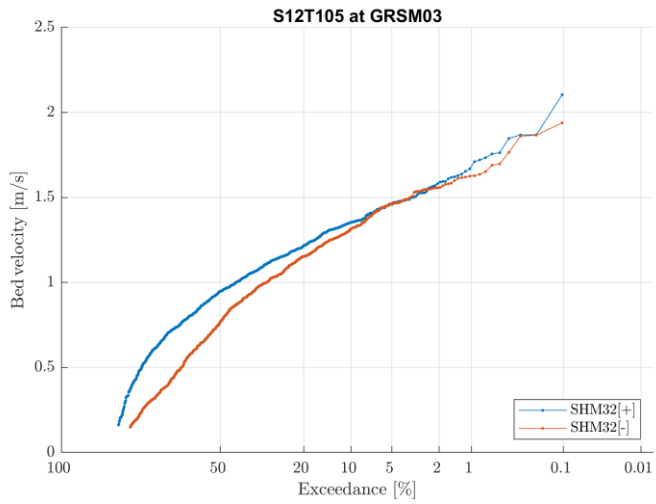
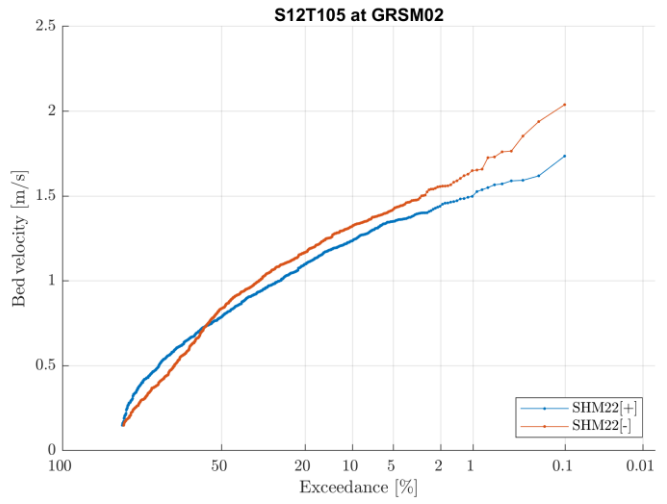
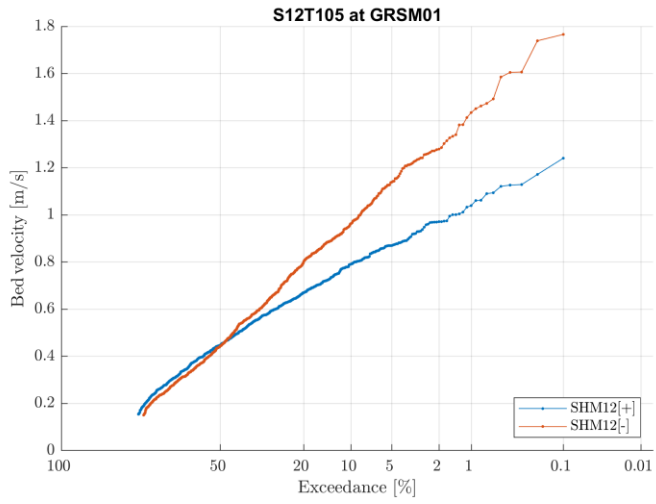
# S12T103



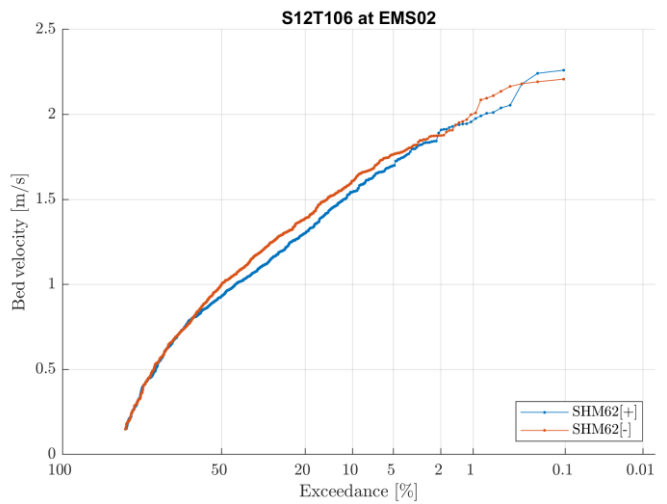
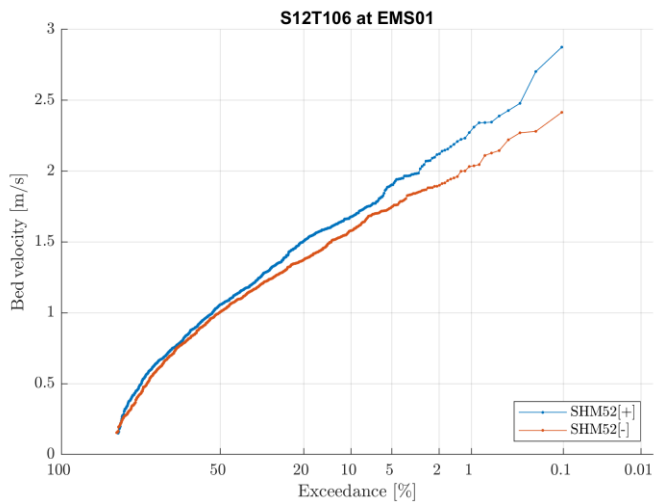
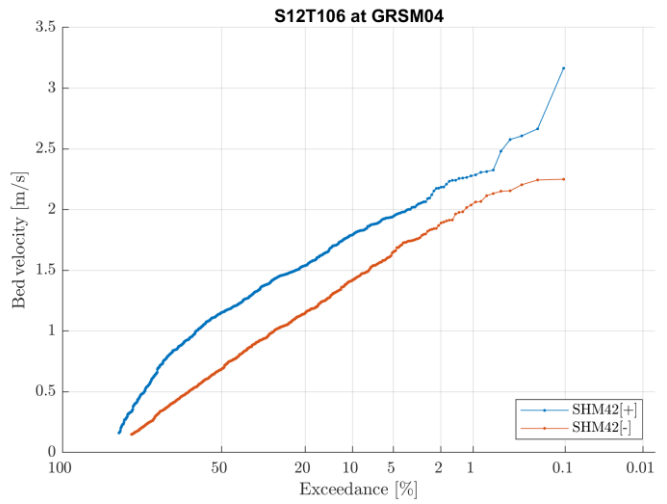
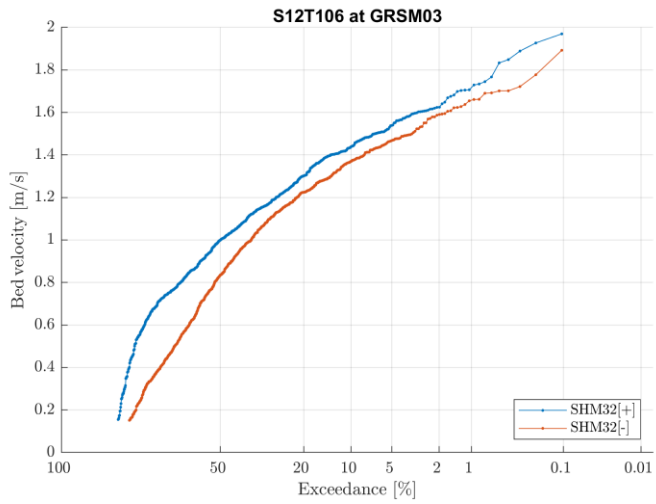
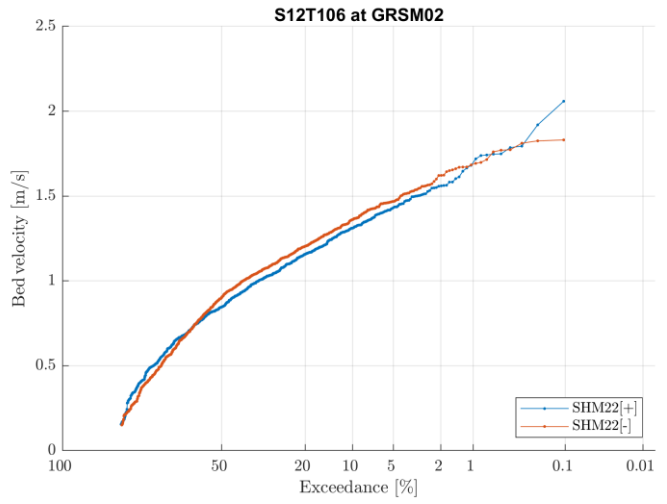
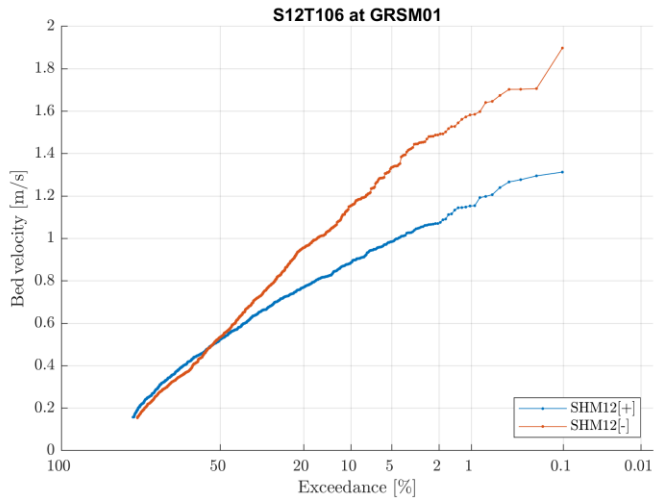
# S12T104



# S12T105

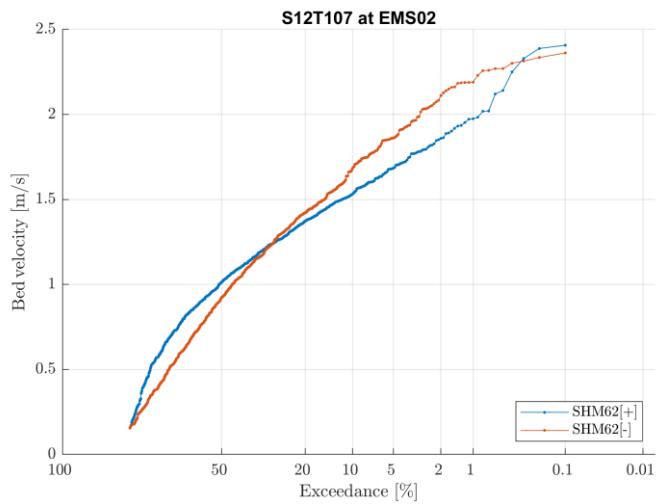
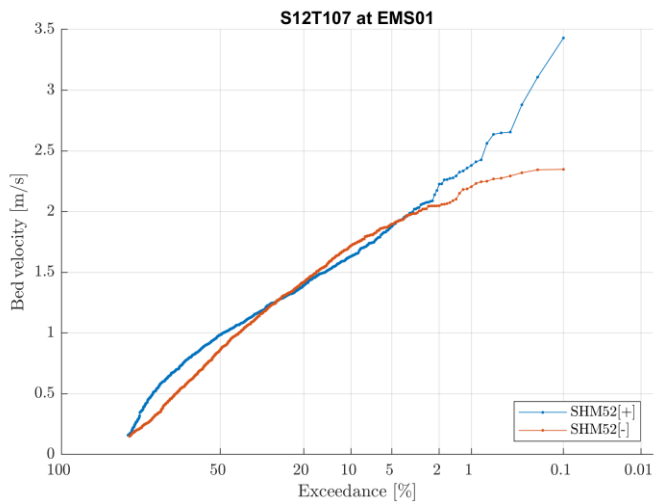
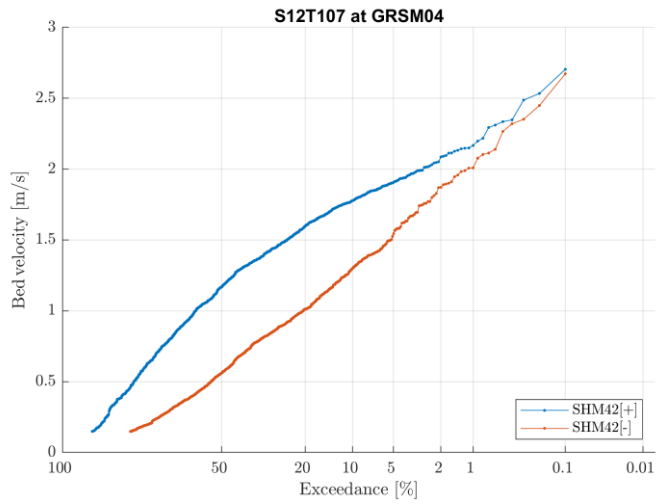
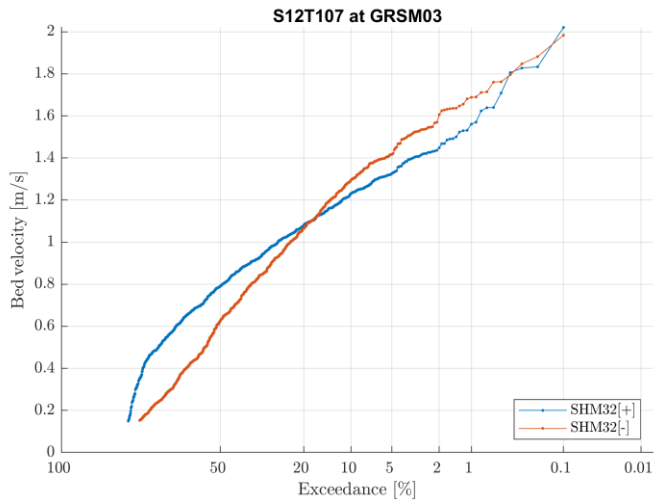
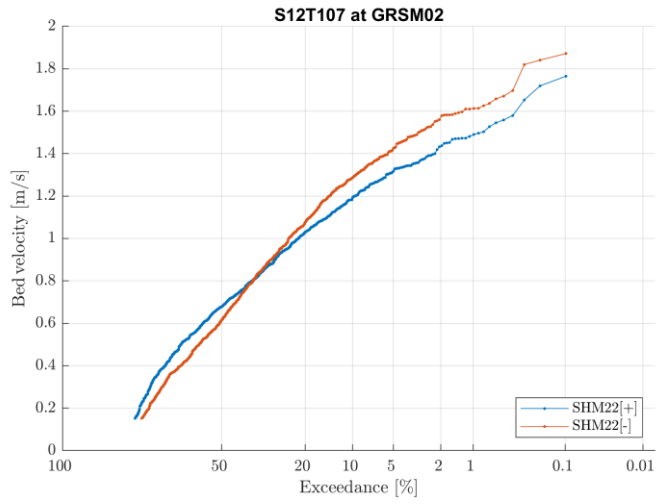
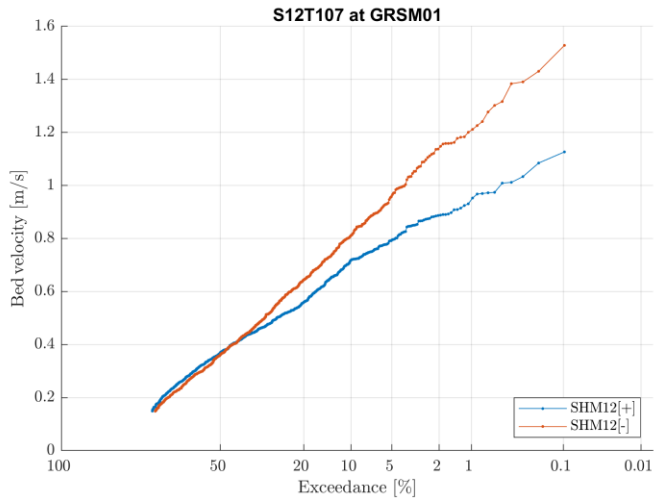


# S12T106

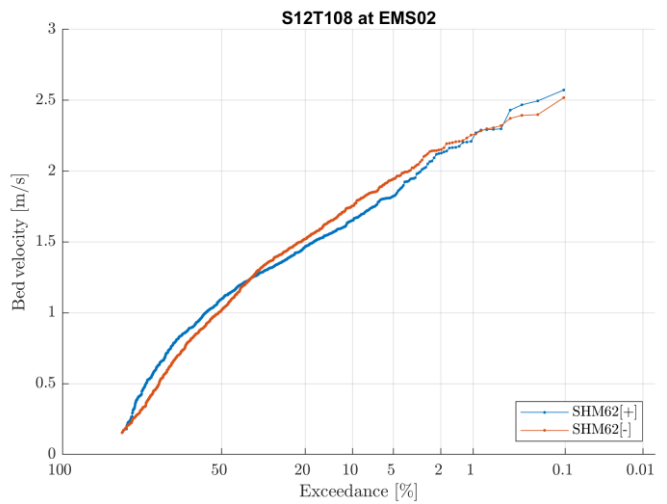
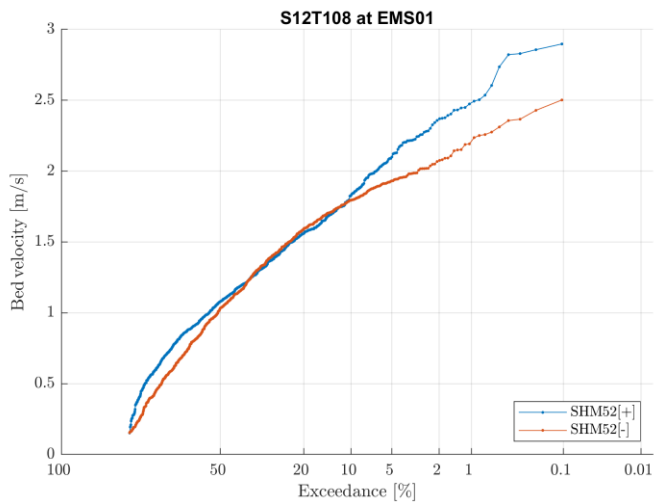
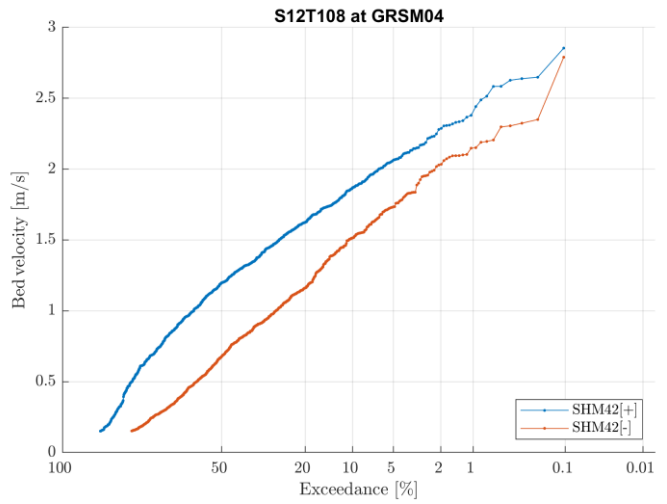
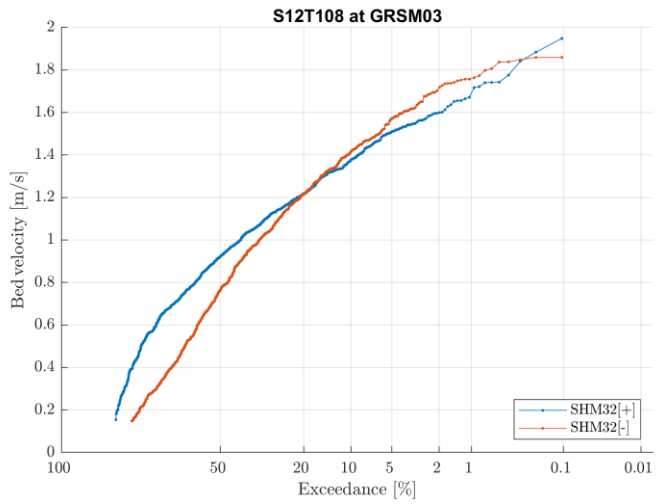
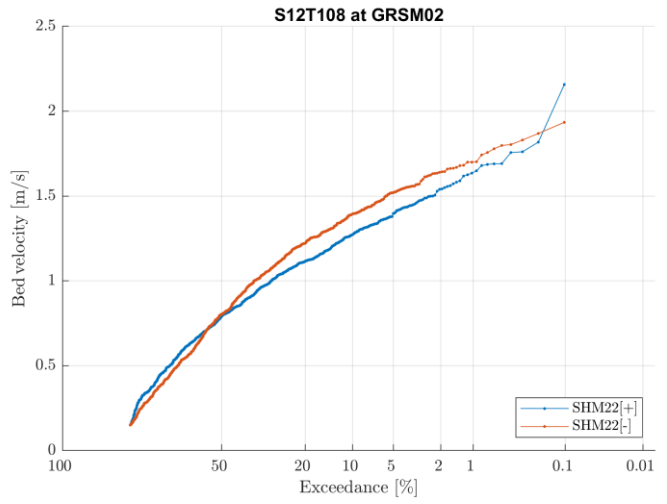
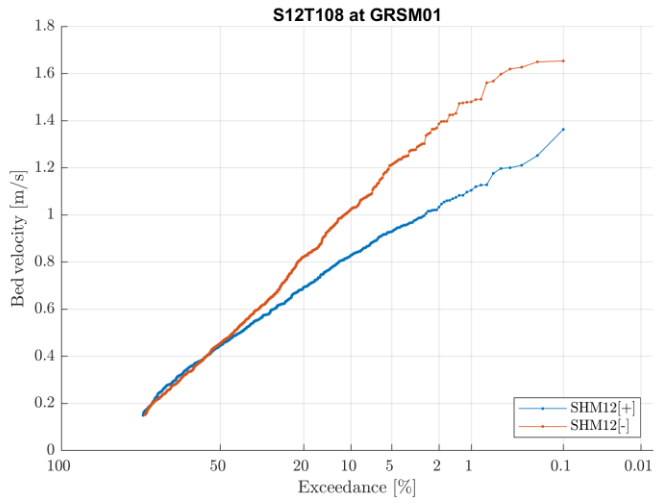




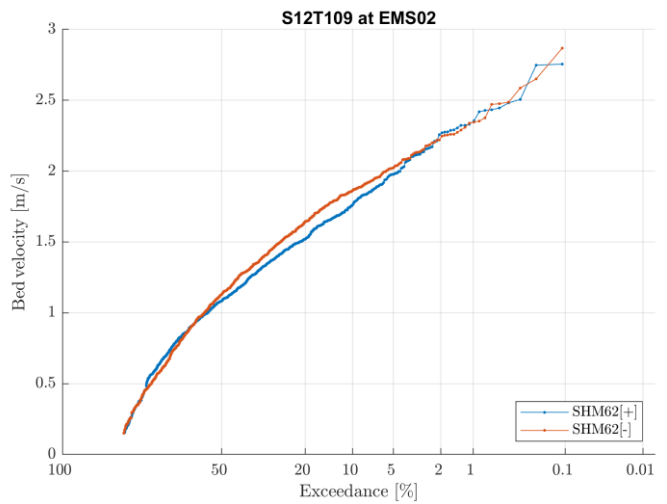
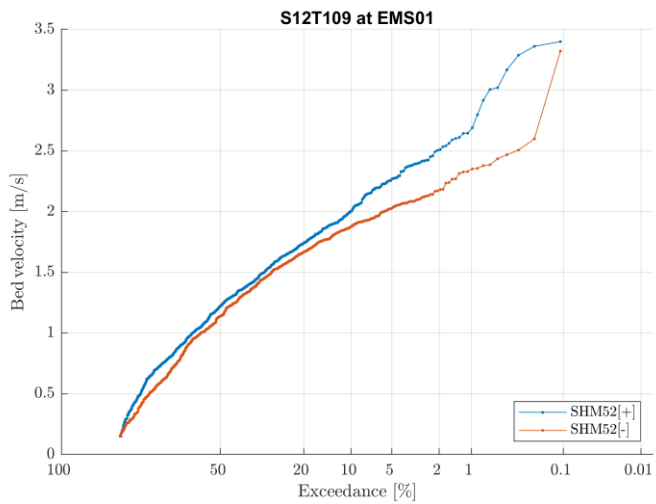
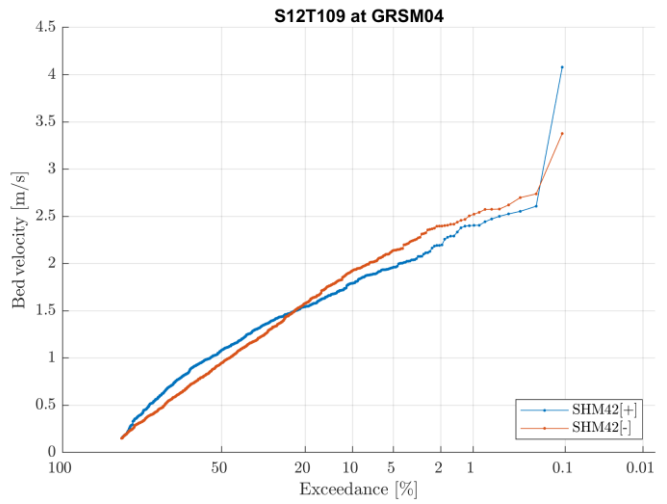
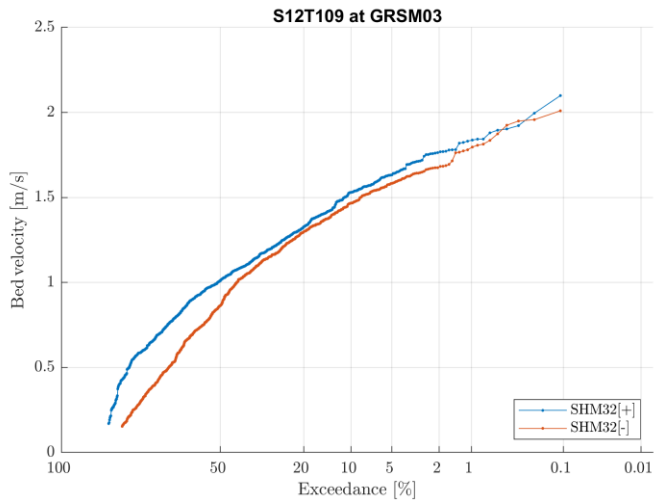
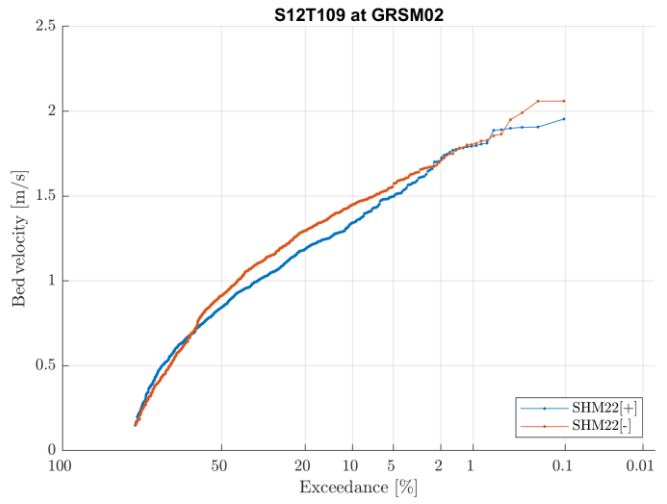
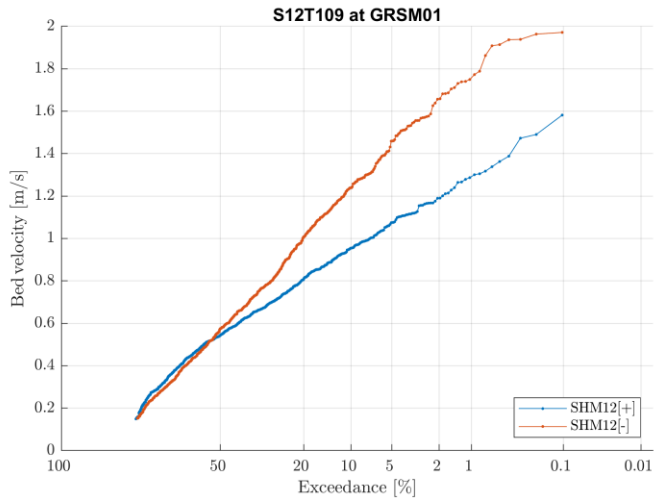
# S12T107



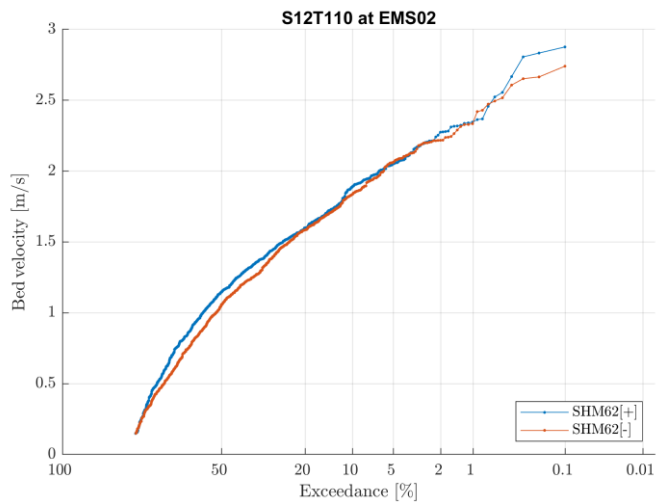
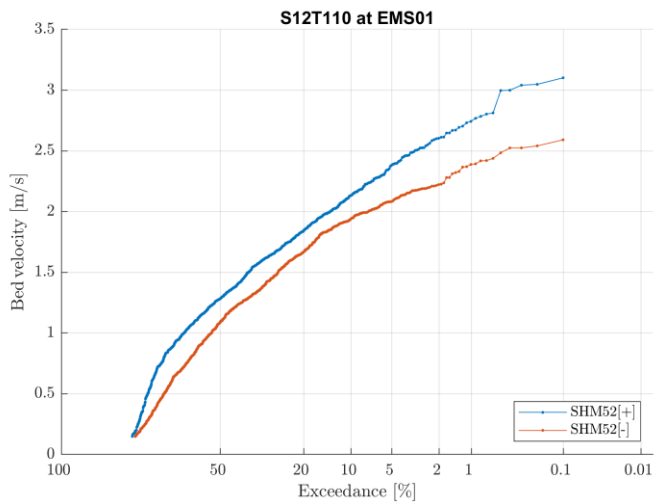
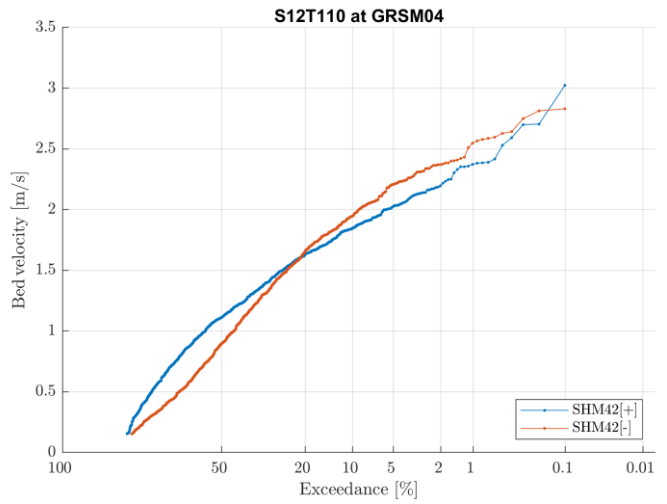
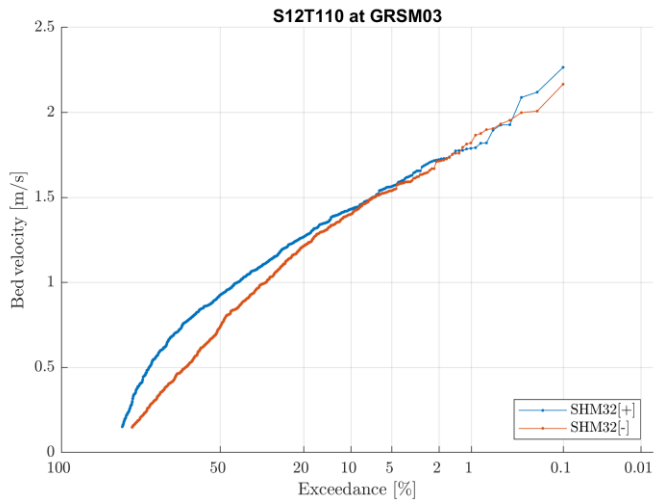
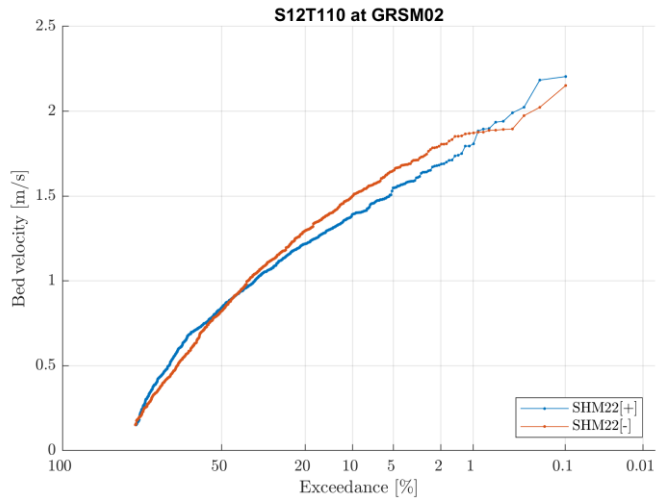
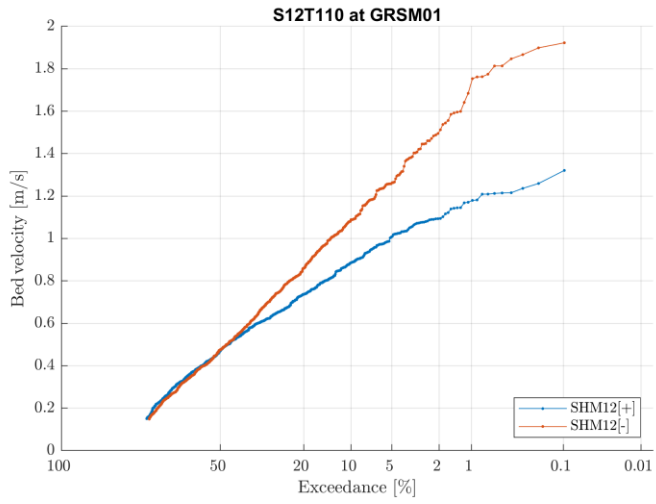
# S12T108



# S12T109

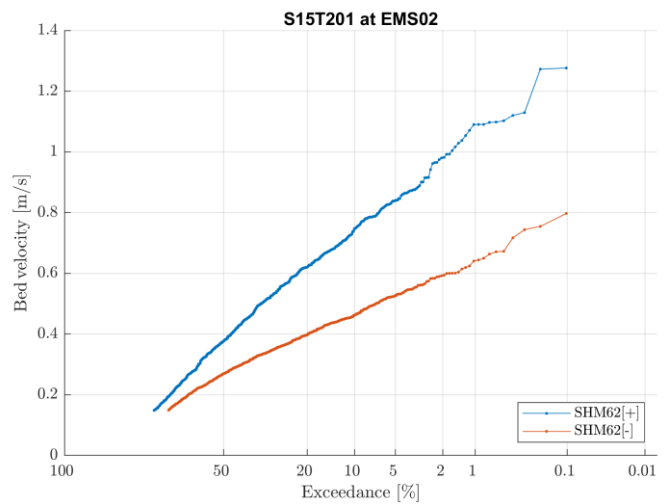
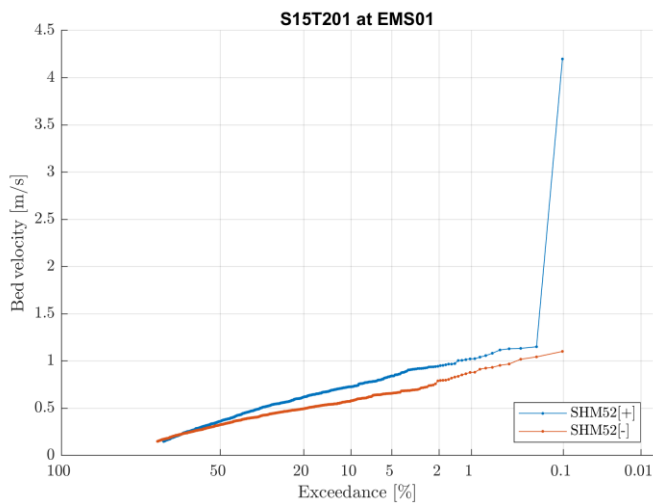
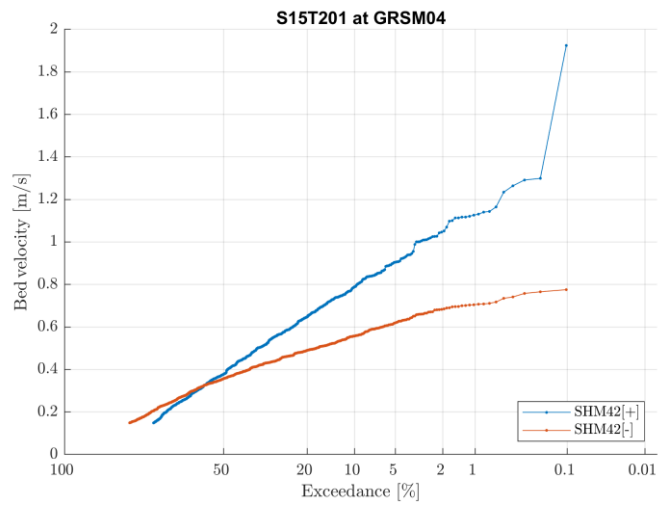
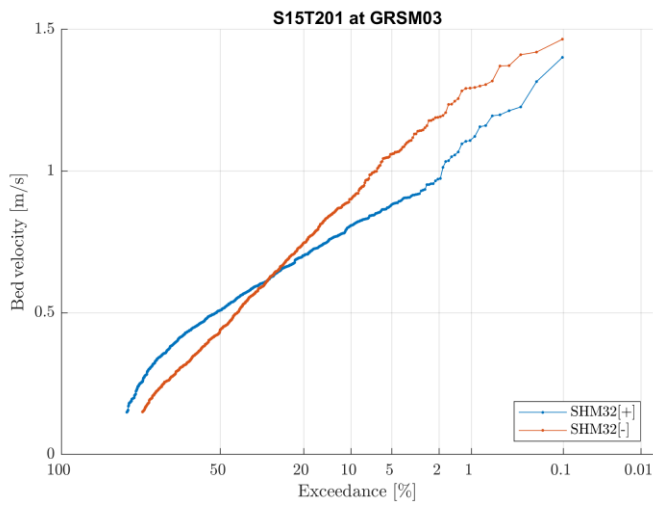
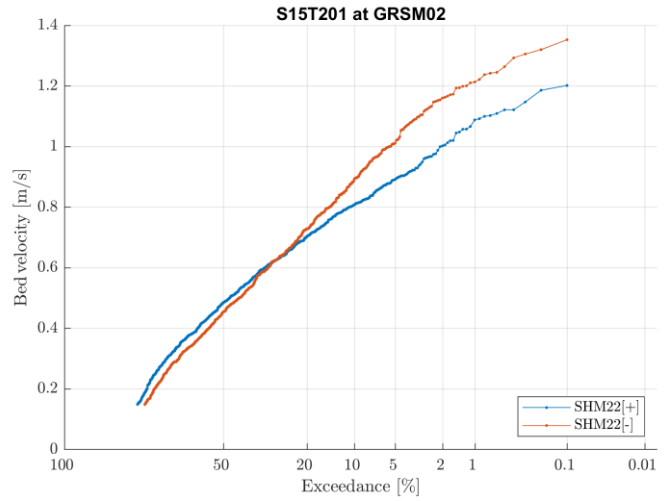
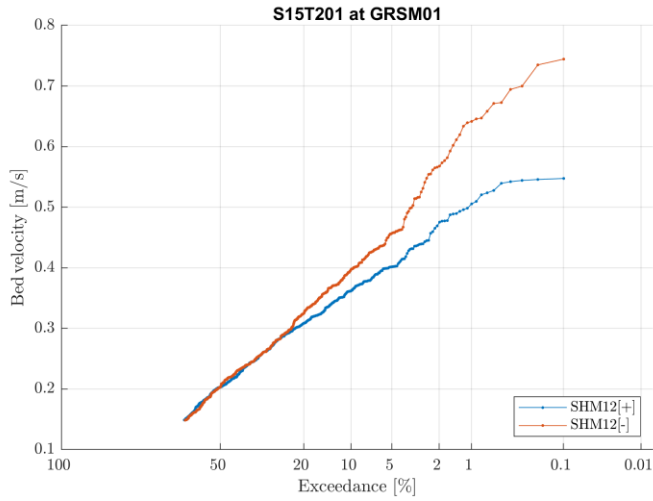


# S12T110

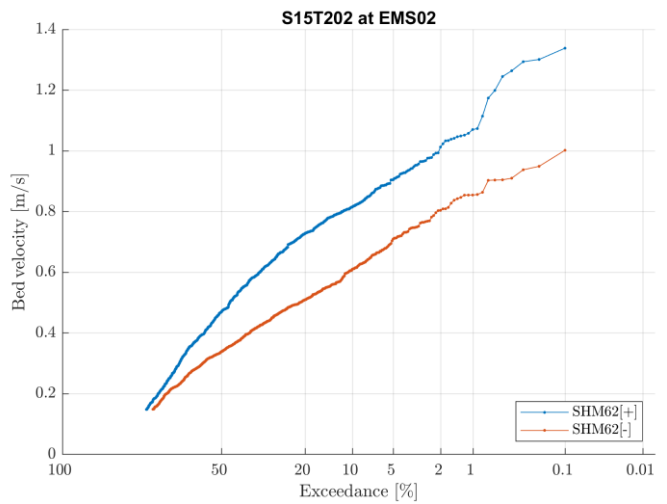
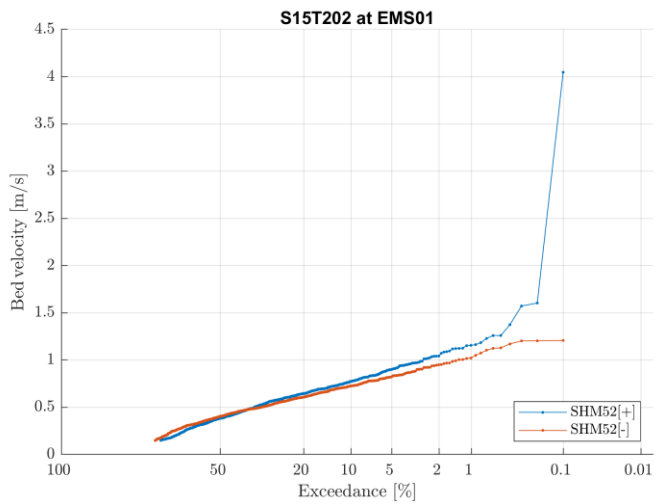
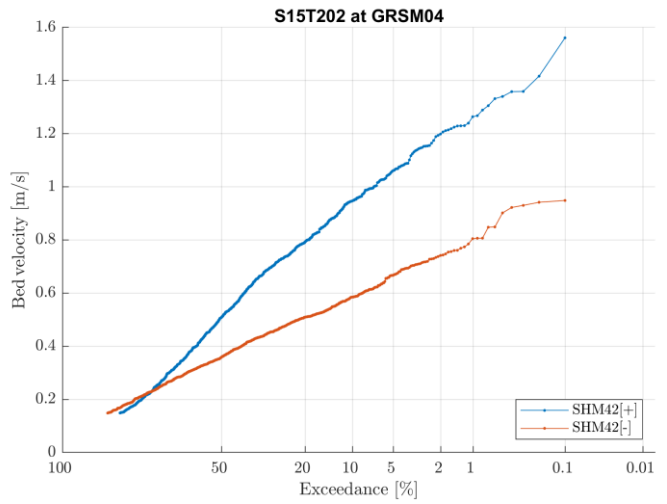
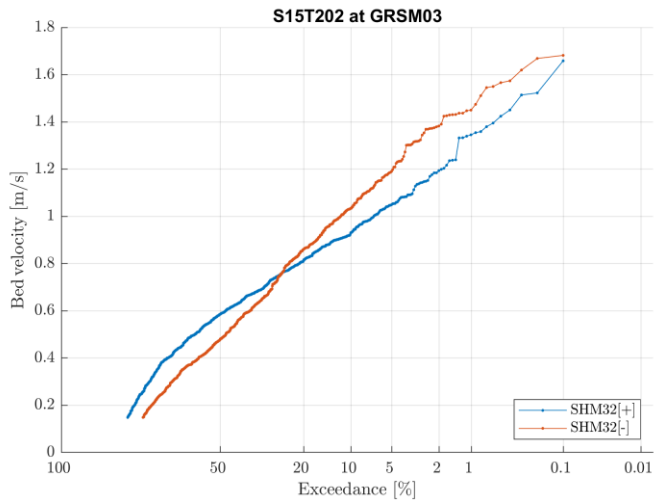
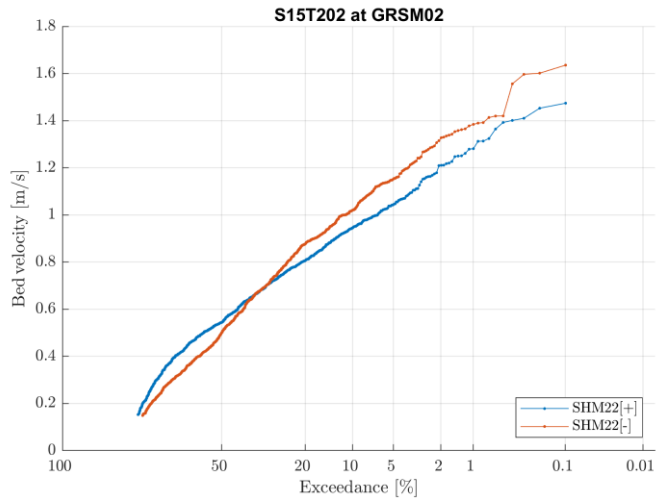
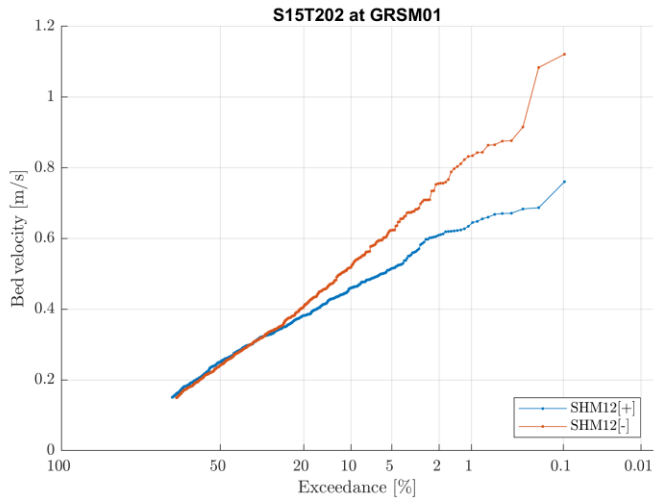


# Test Series T200

## S15T201

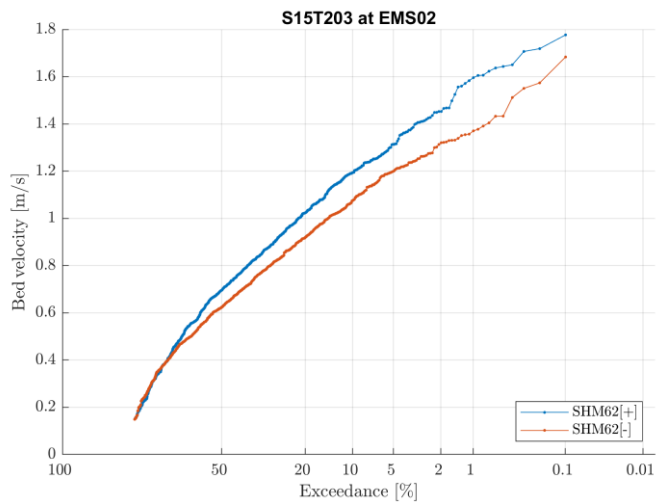
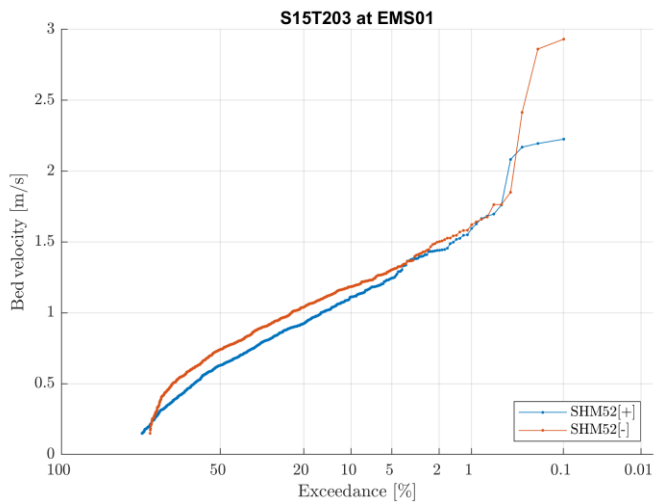
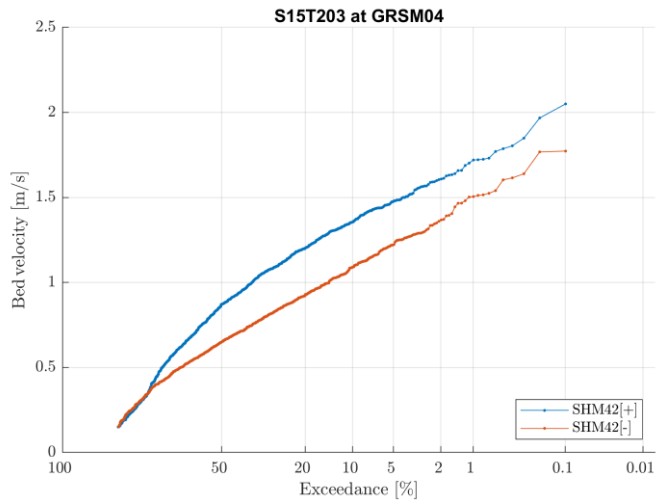
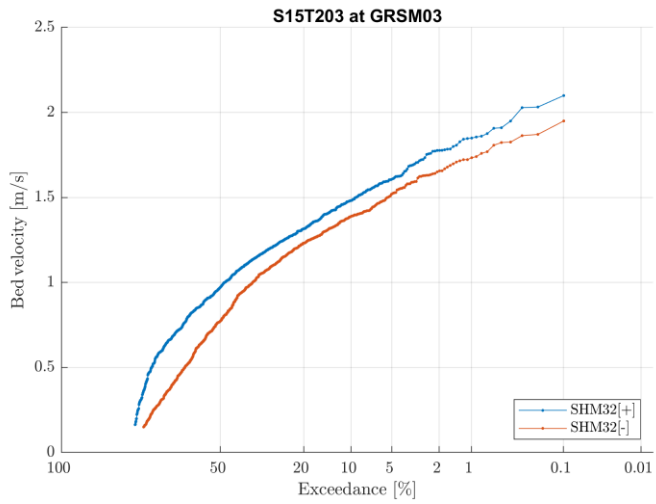
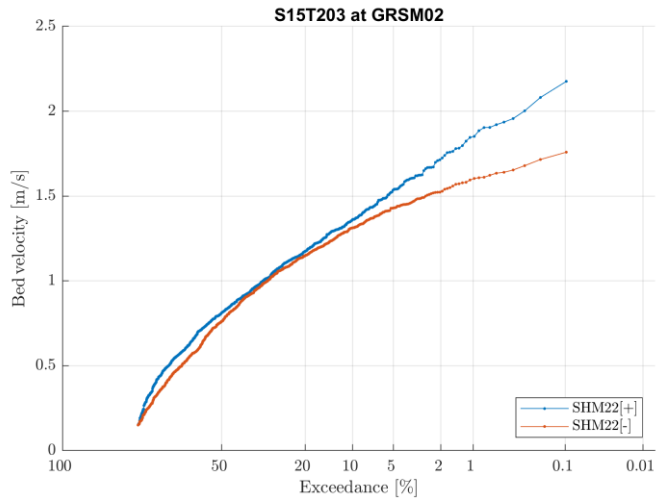
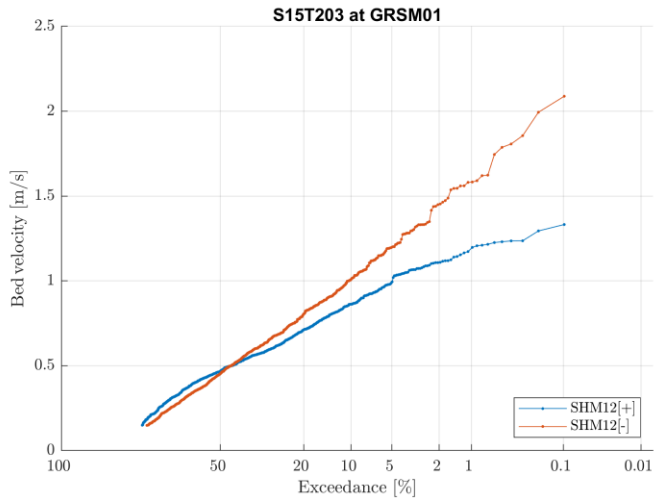


# S15T202

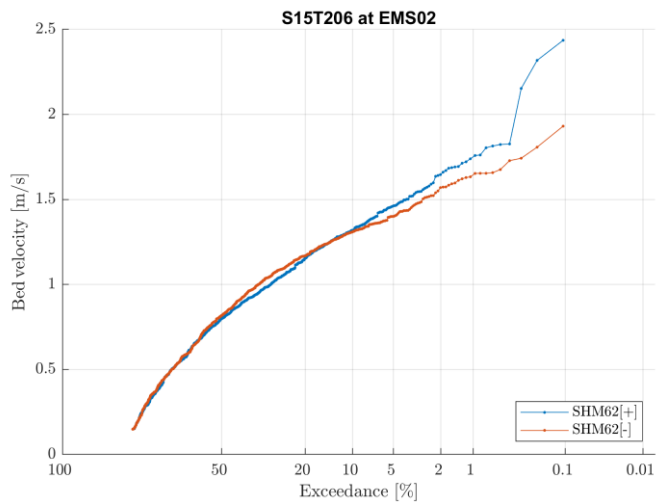
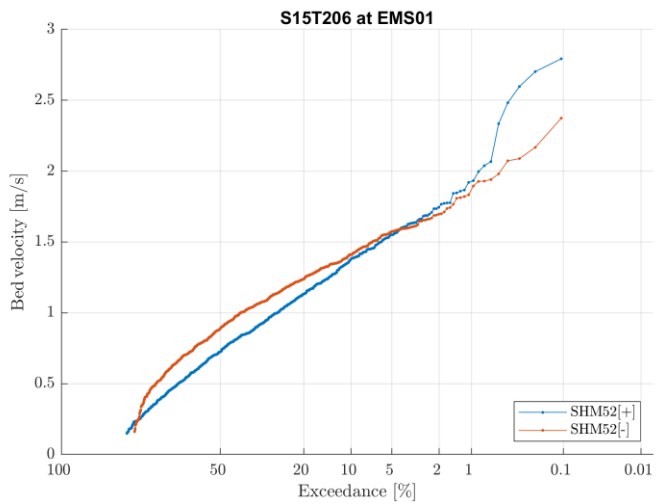
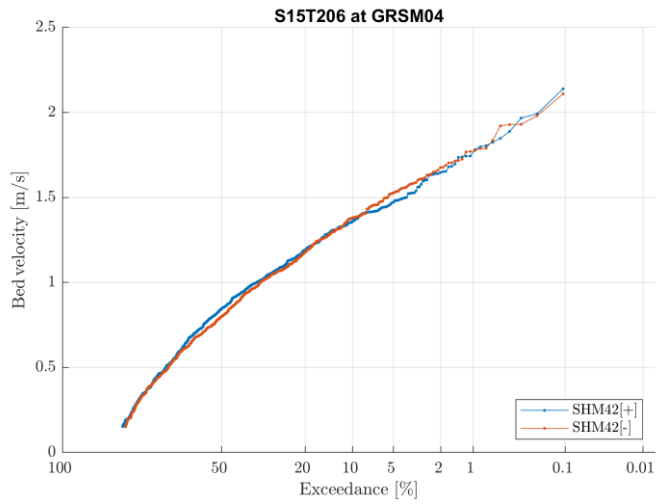
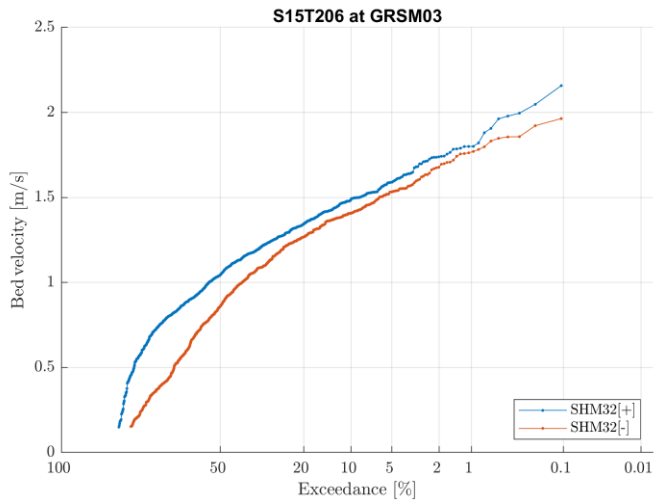
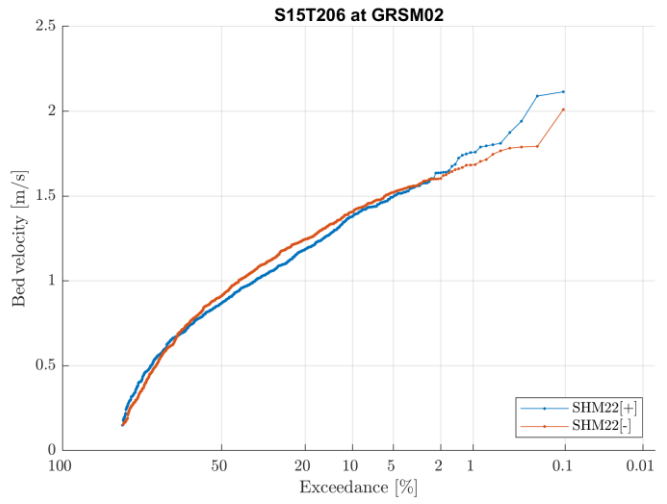
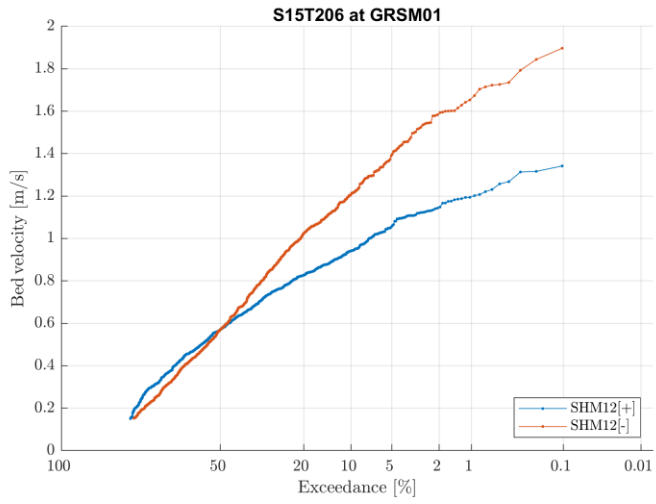




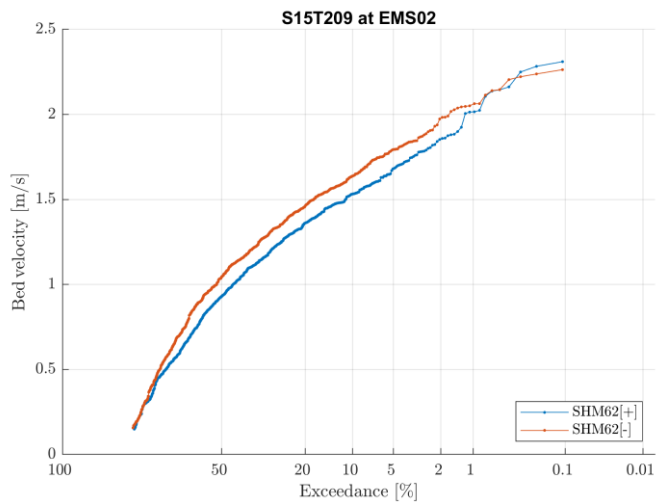
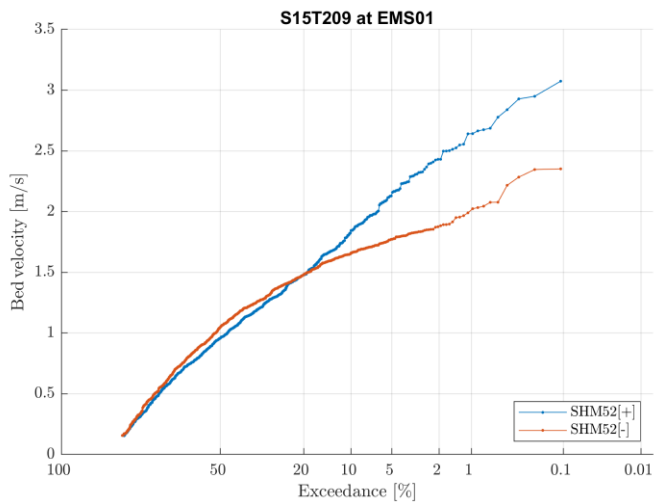
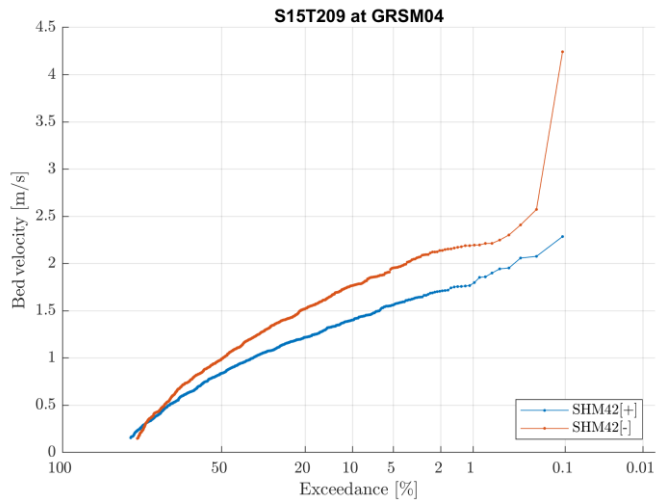
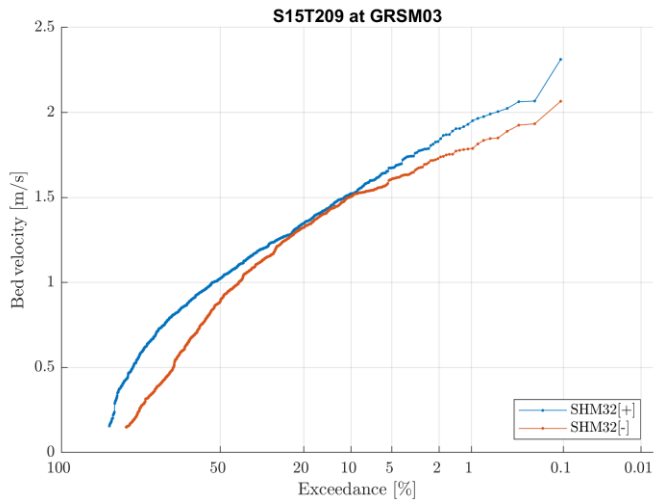
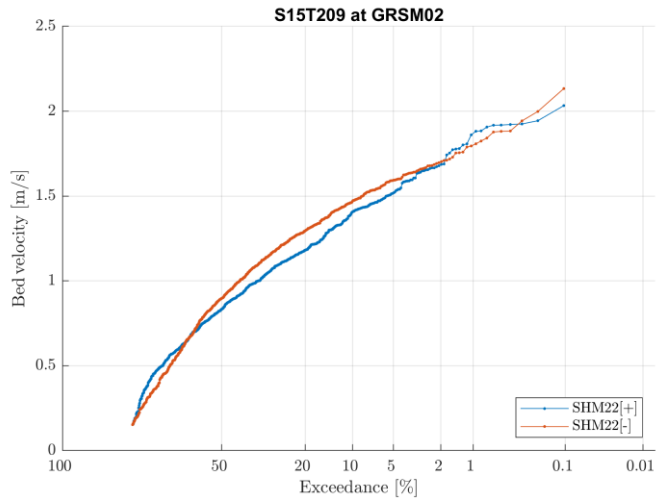
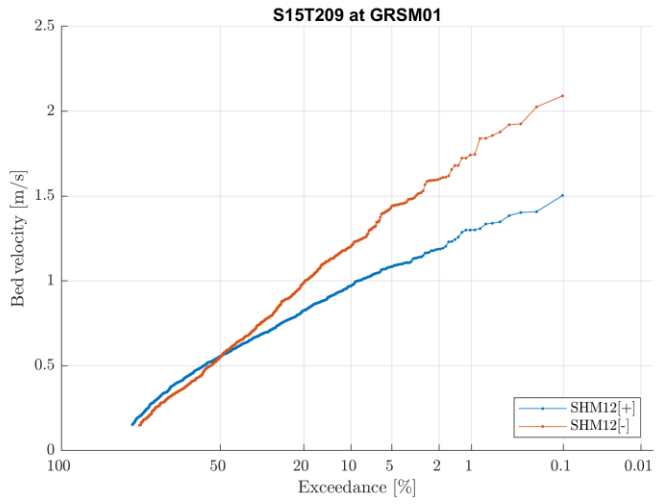
# S15T203



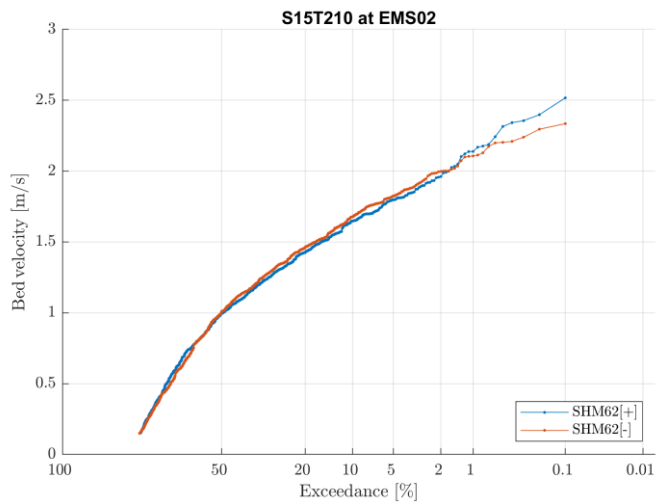
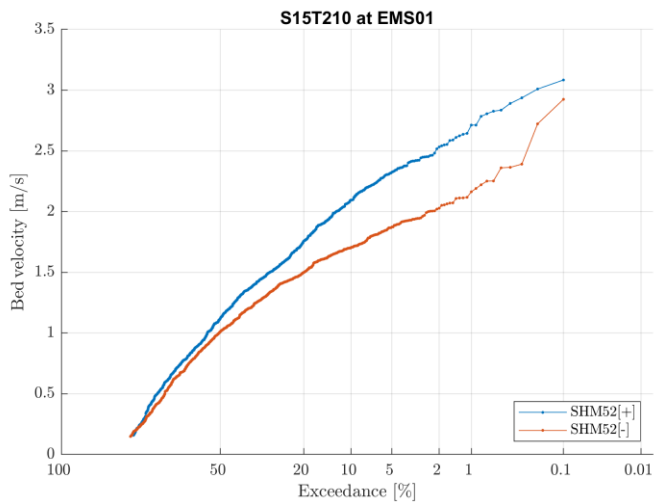
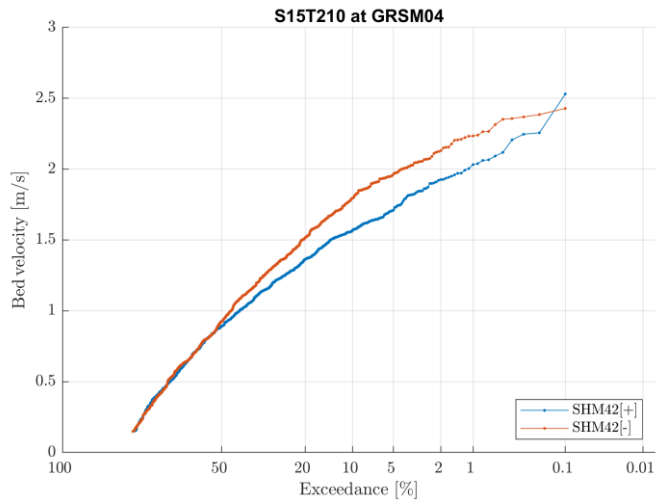
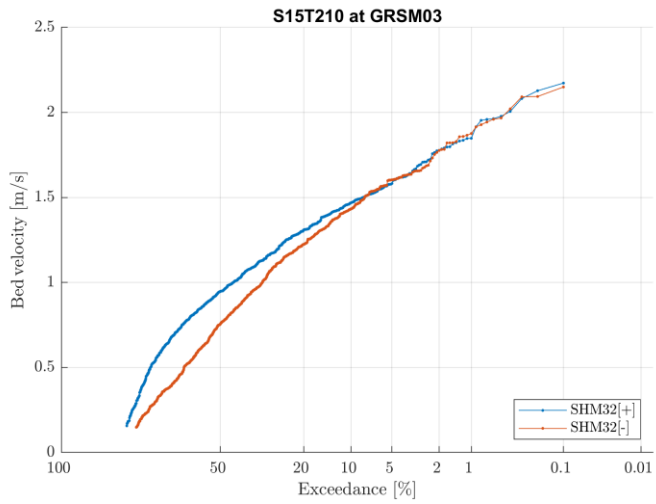
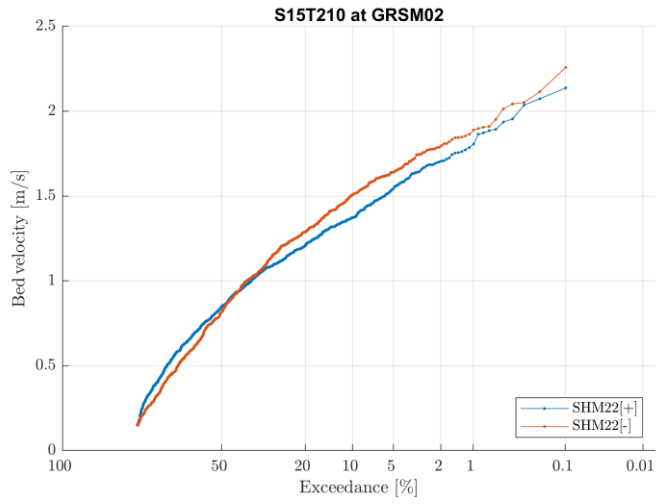
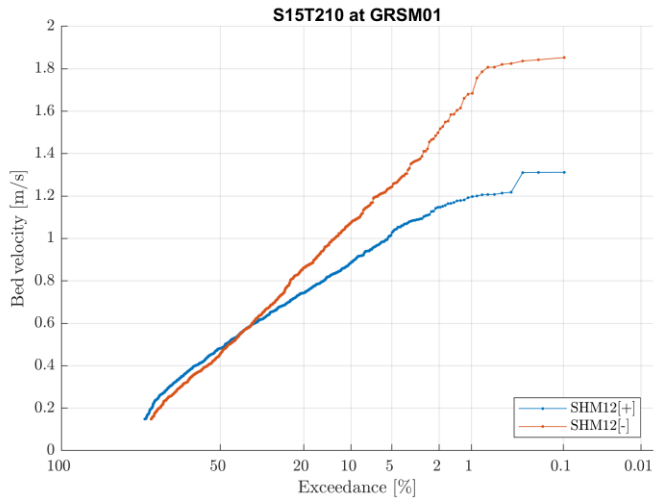
# S15T206



# S15T209

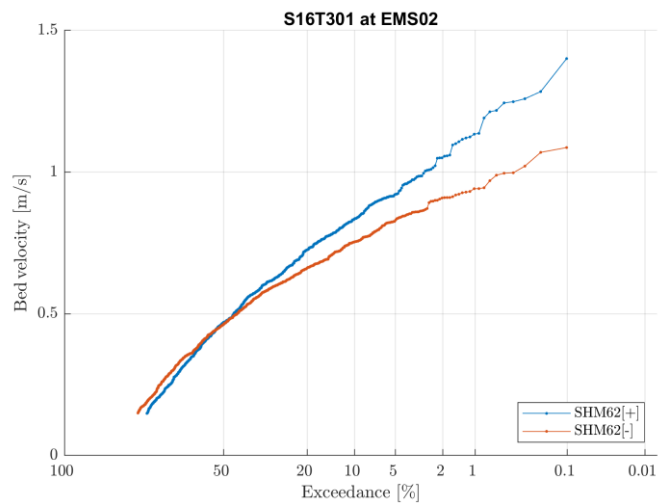
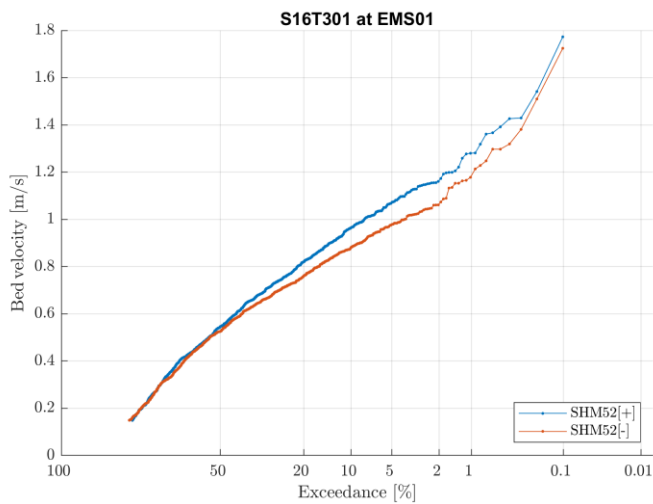
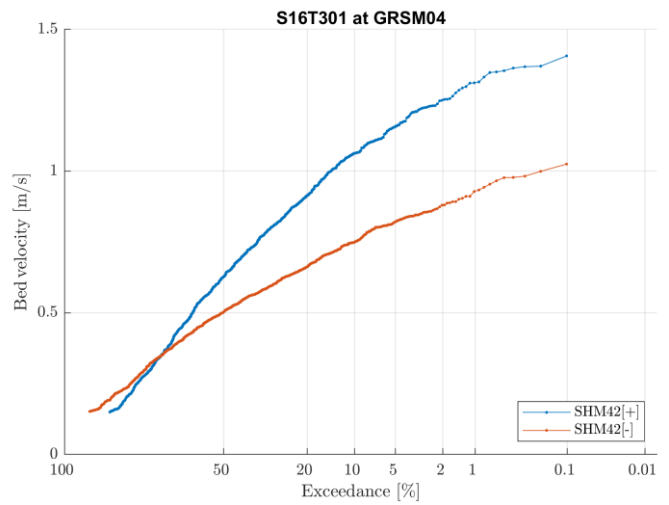
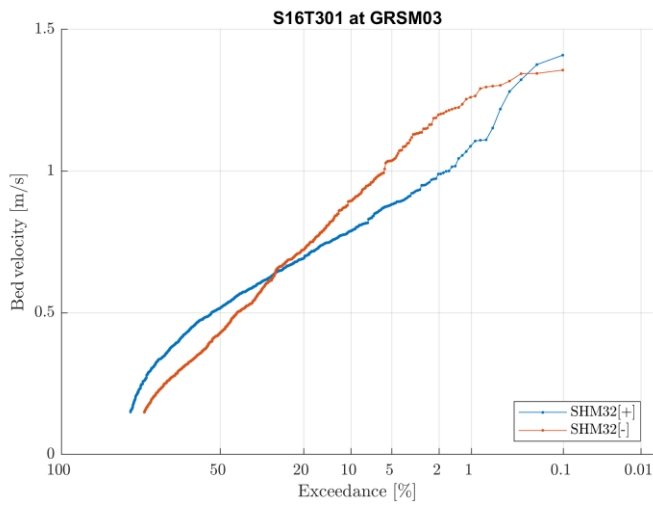
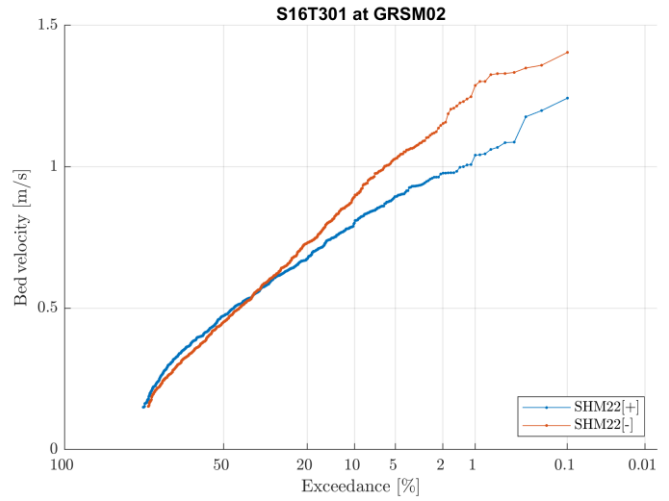
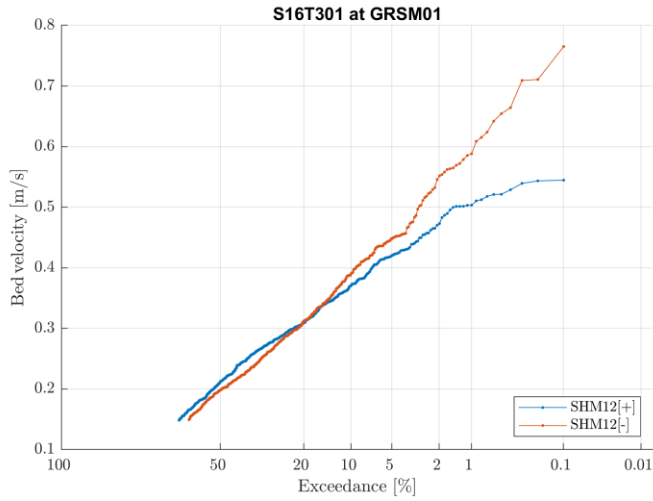


# S15T210

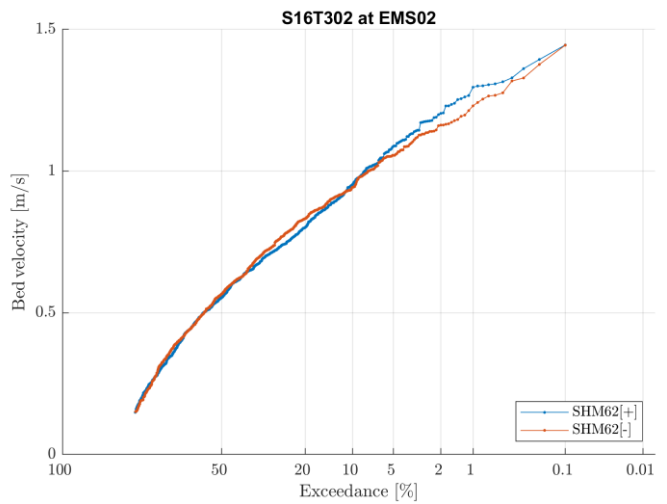
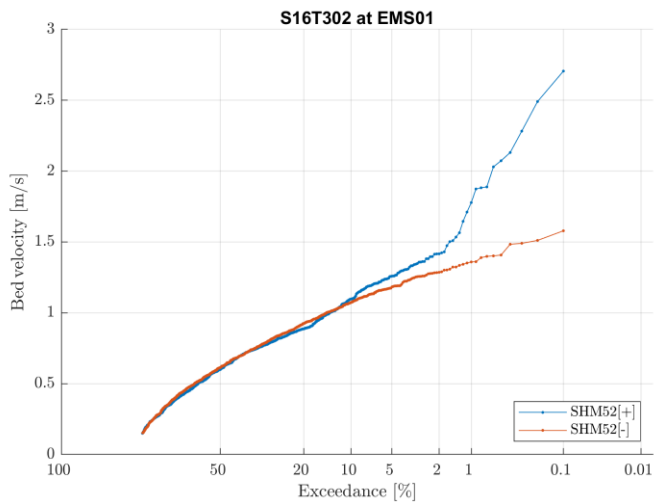
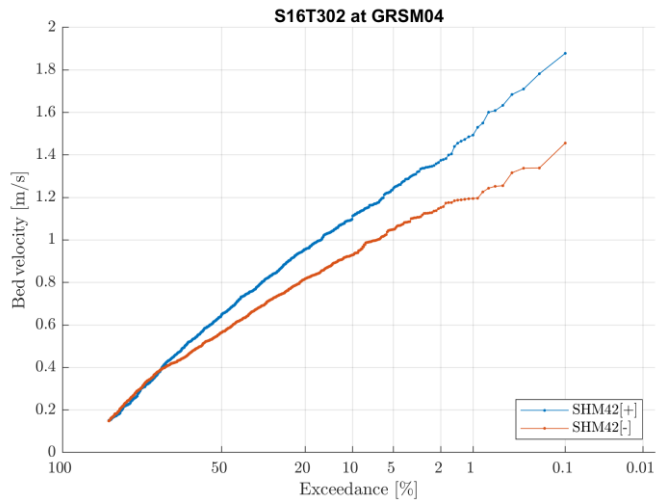
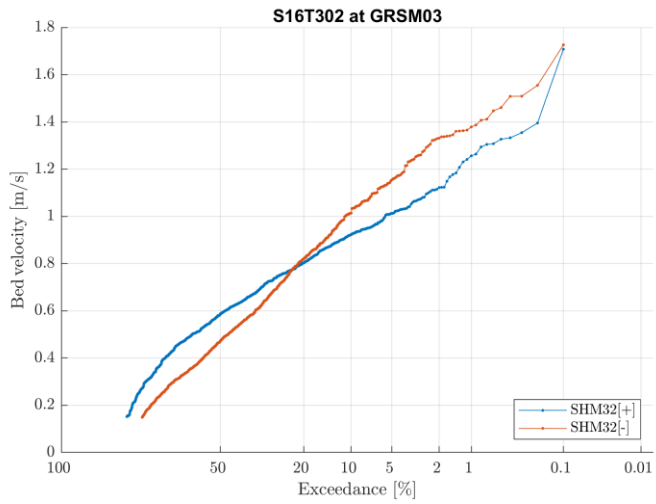
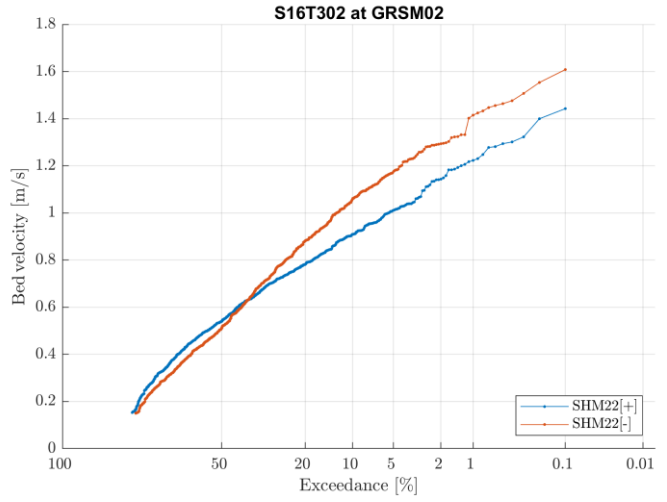
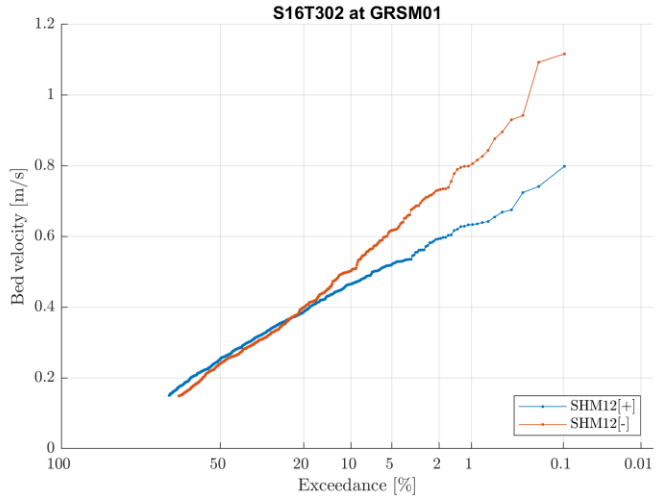


# Test Series T300

## S16T301

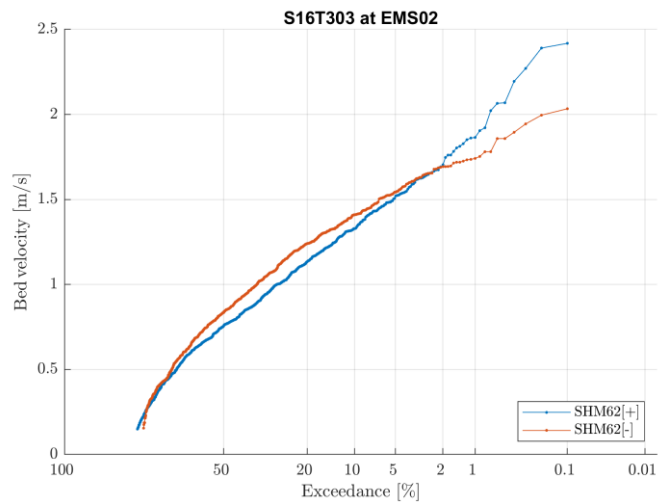
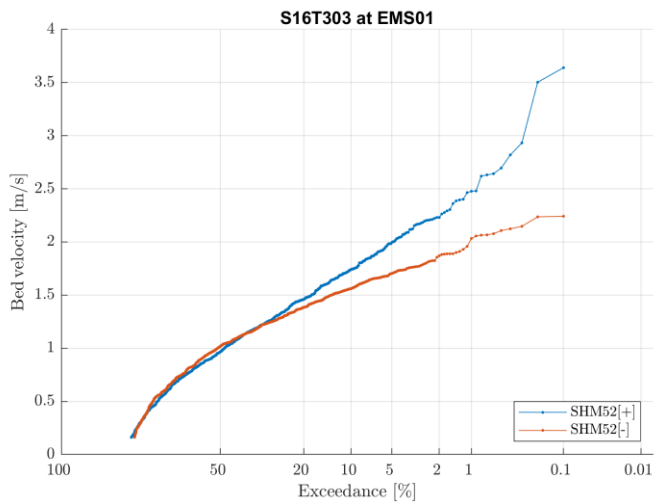
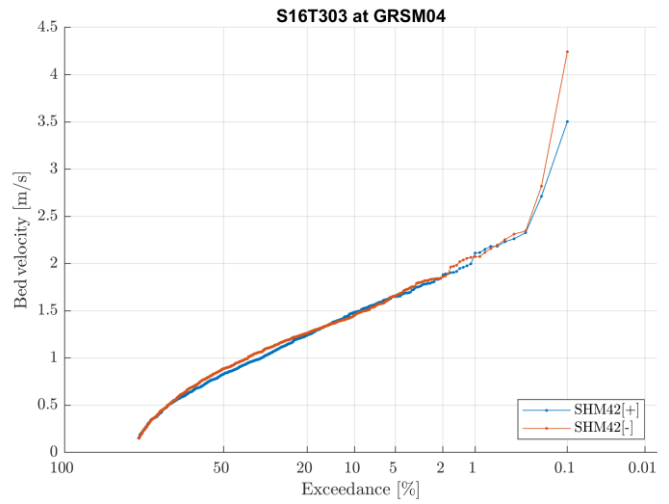
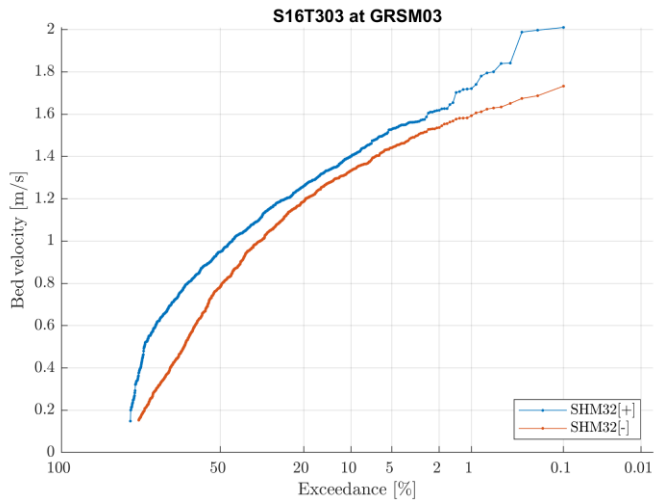
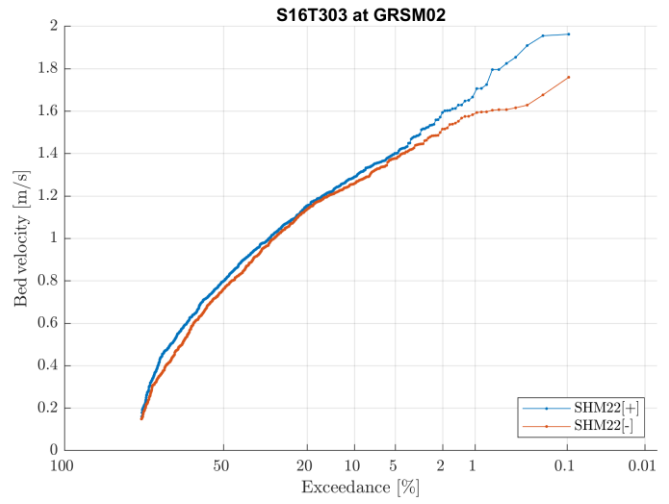
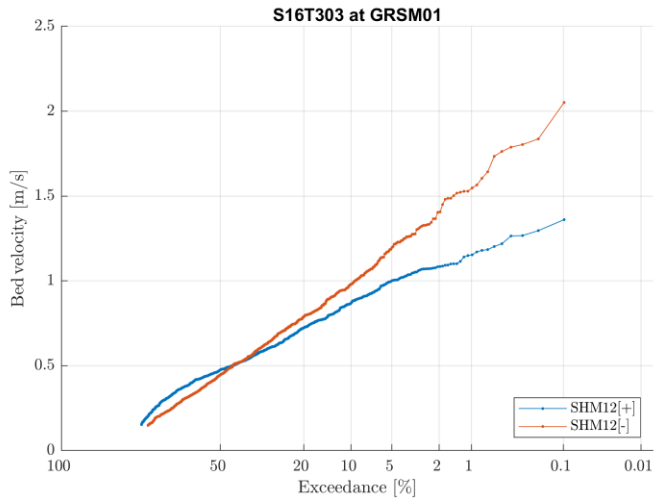


# S16T302

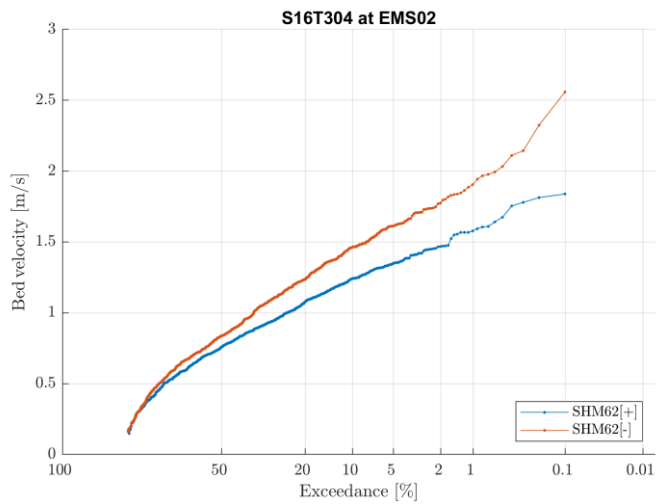
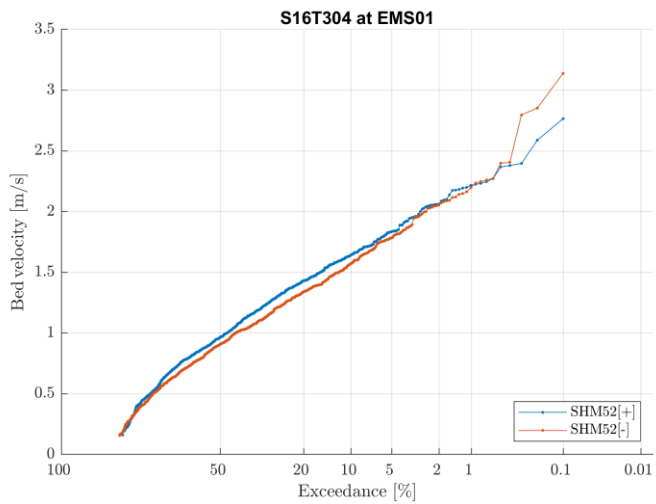
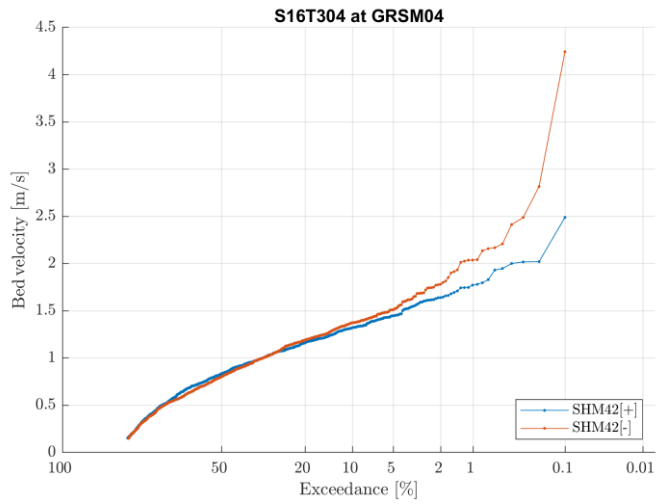
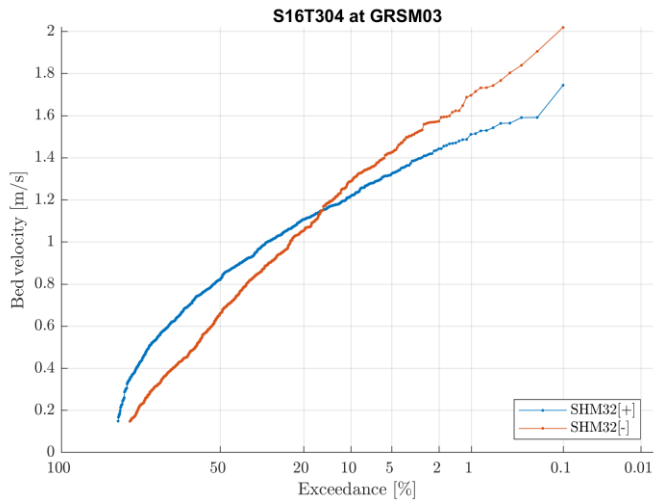
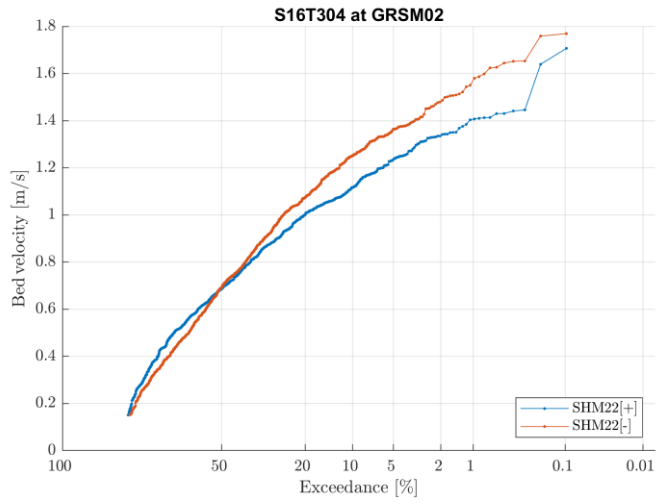
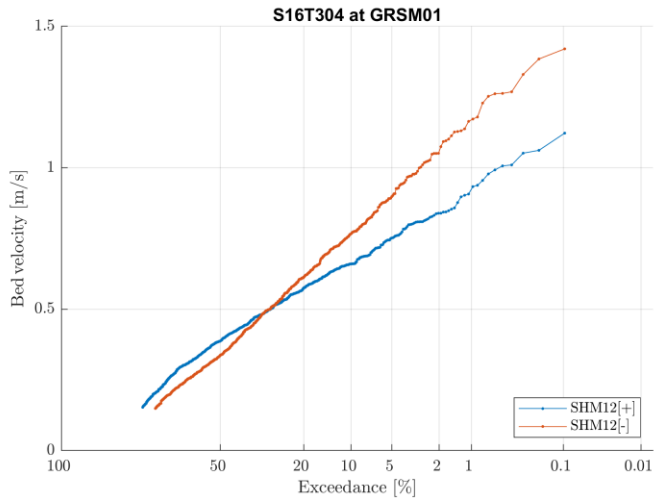




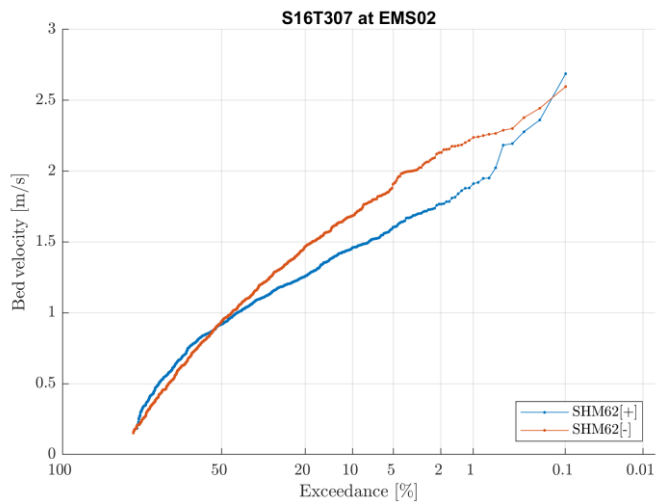
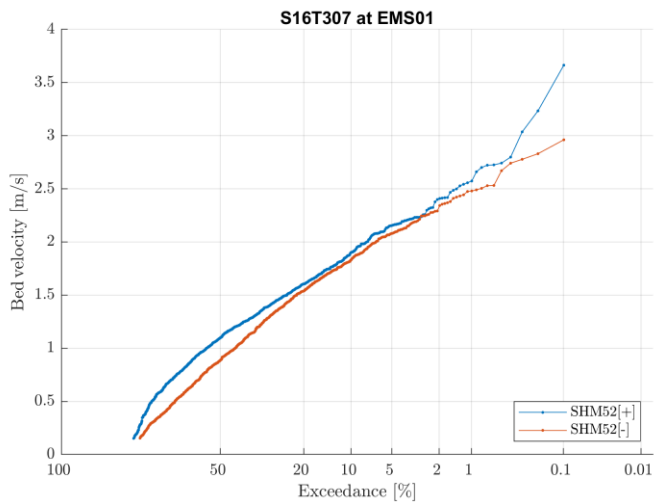
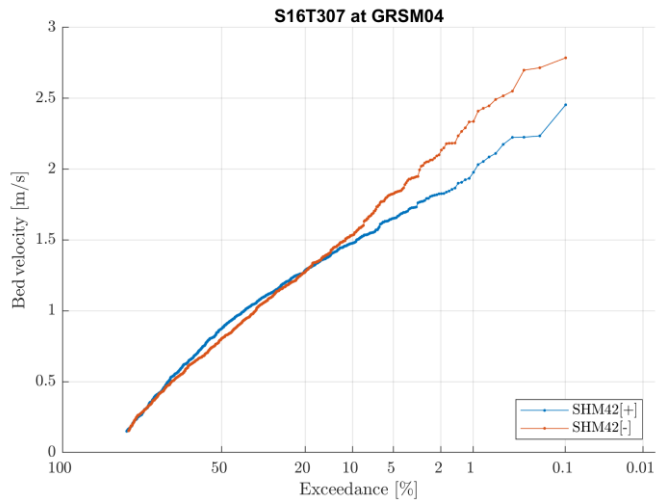
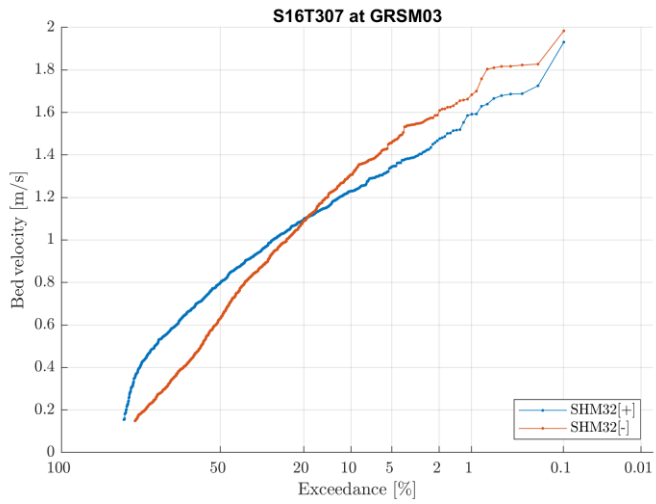
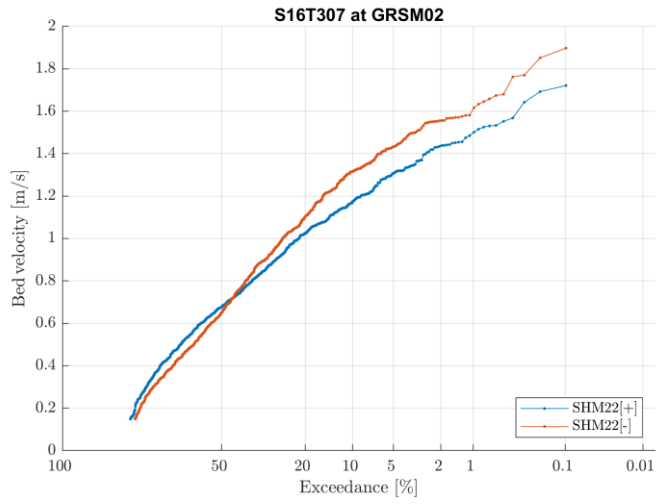
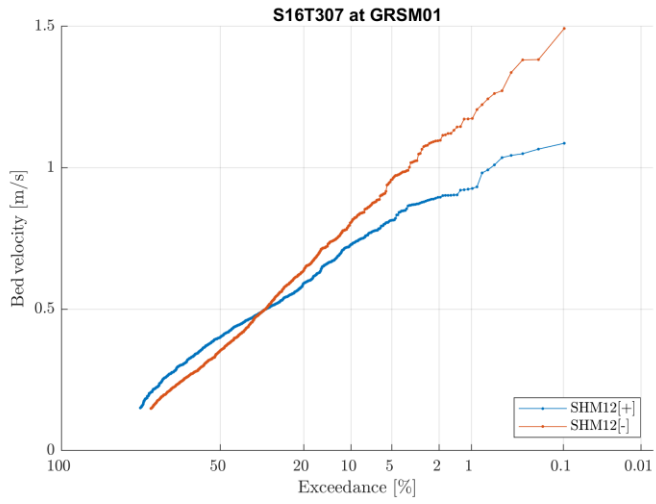
# S16T303



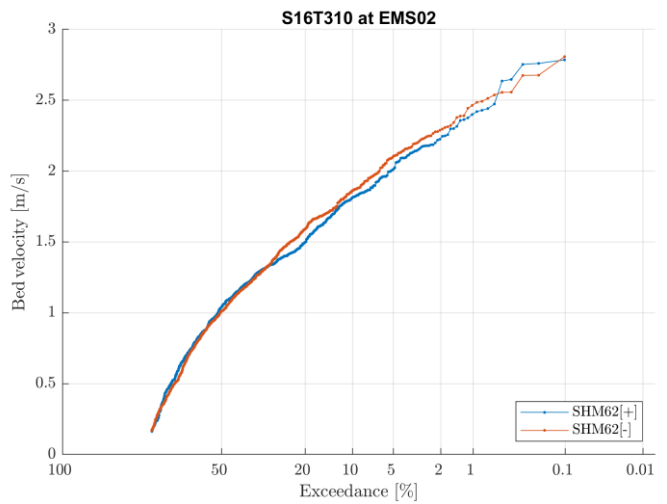
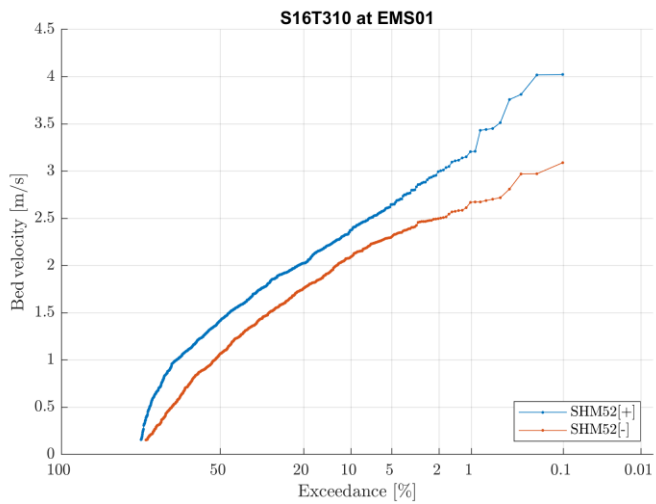
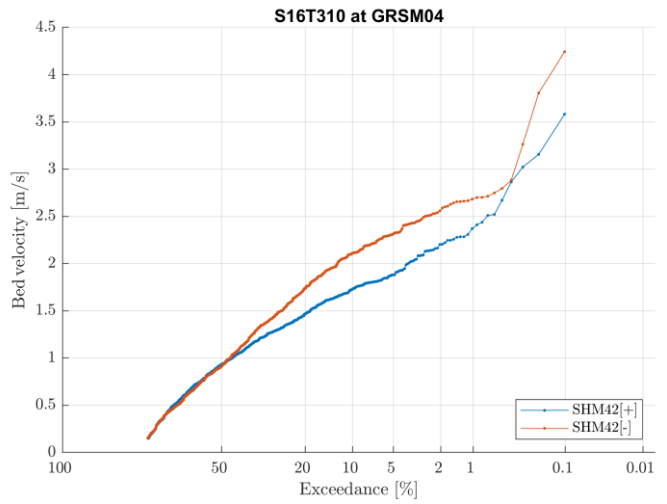
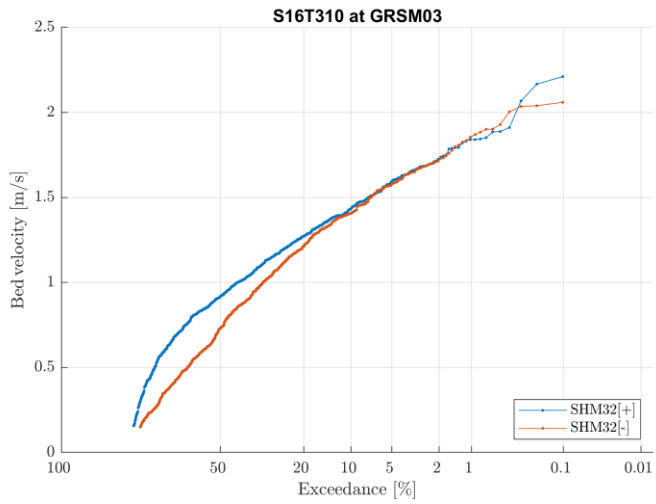
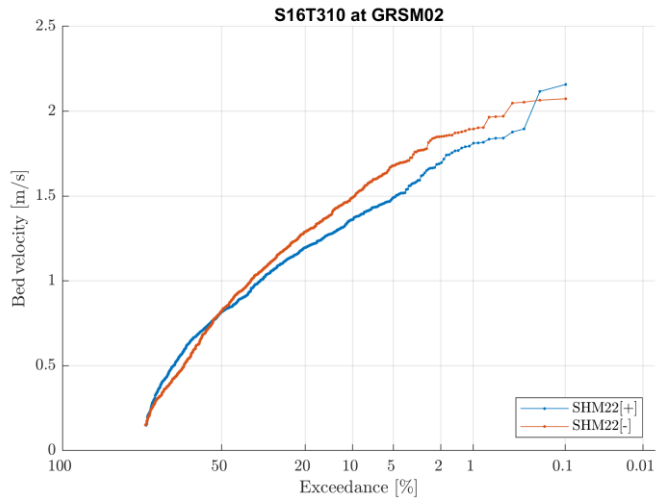
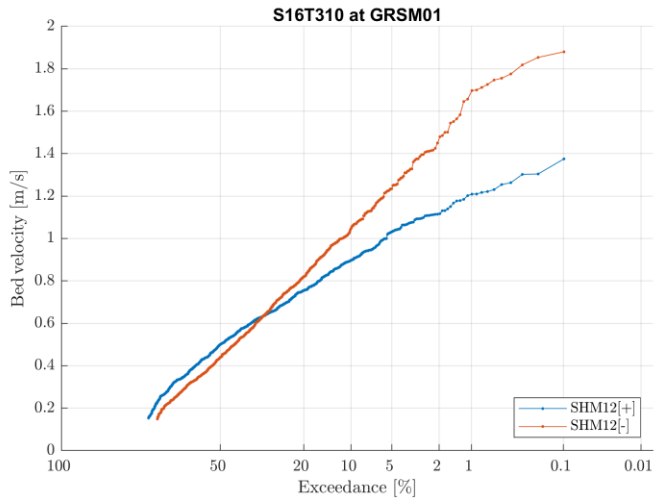
# S16T304



# S16T307

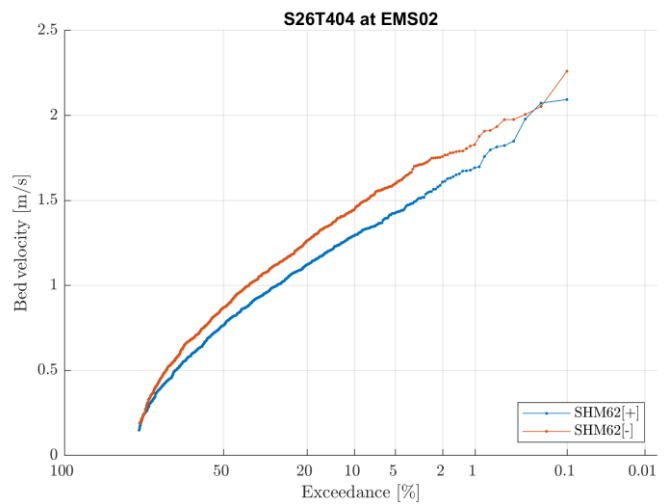
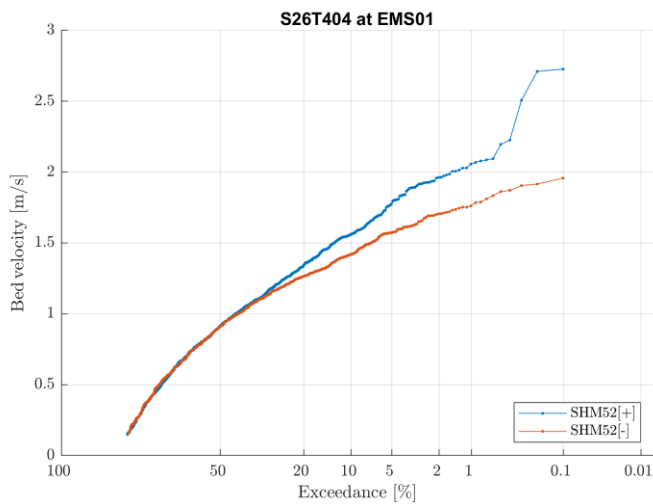
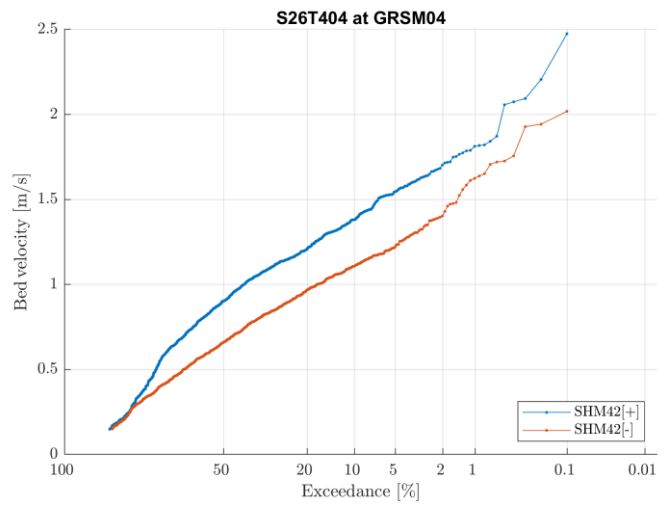
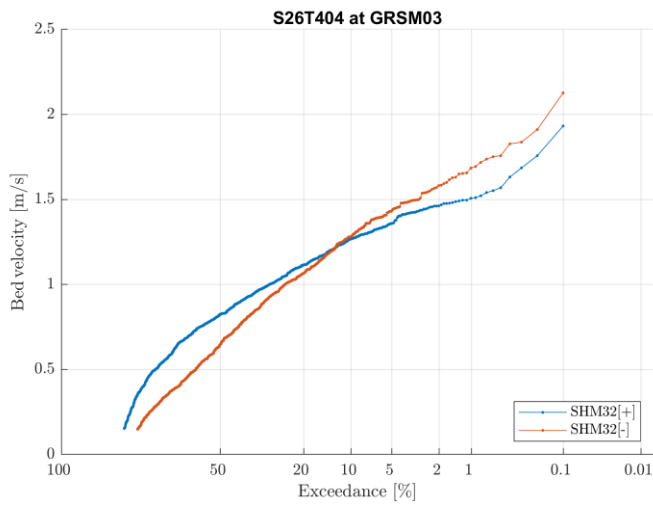
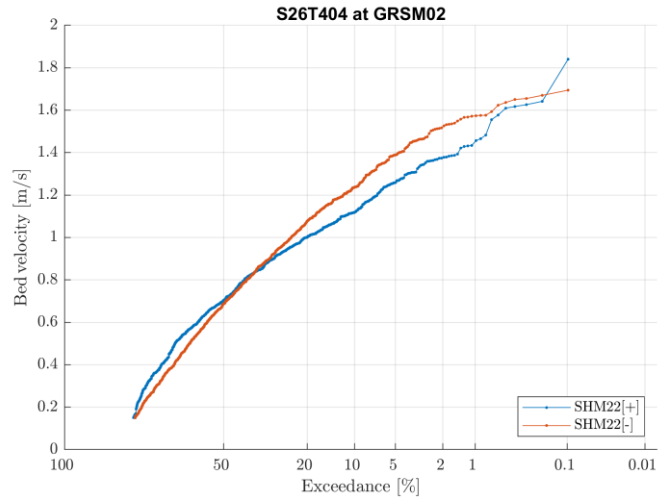
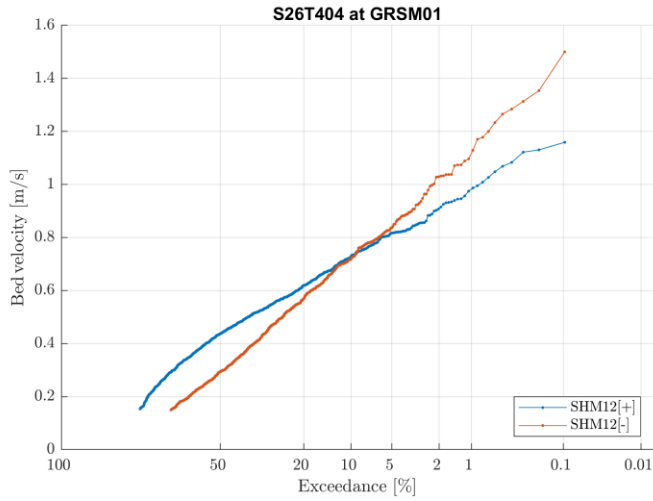


# S16T310

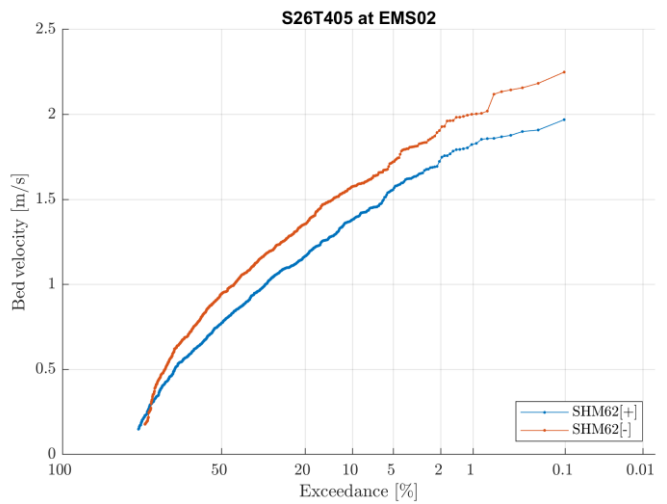
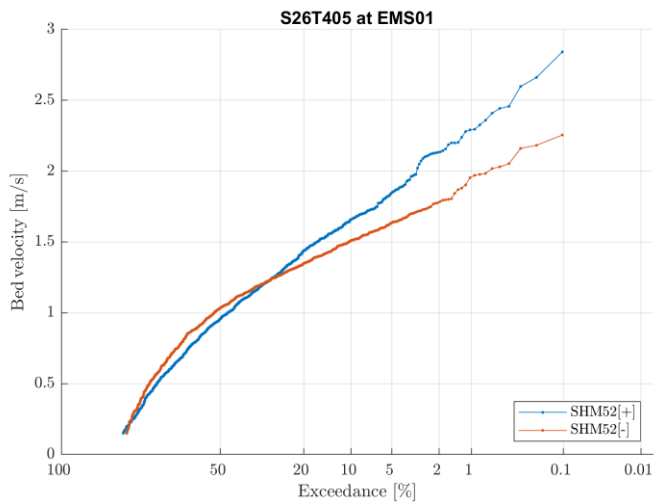
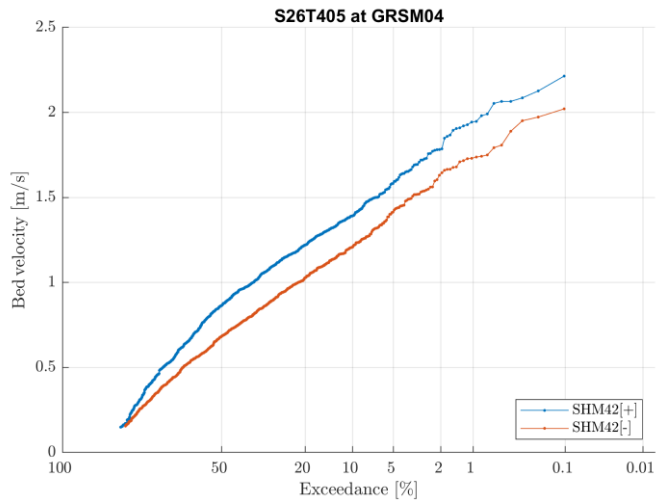
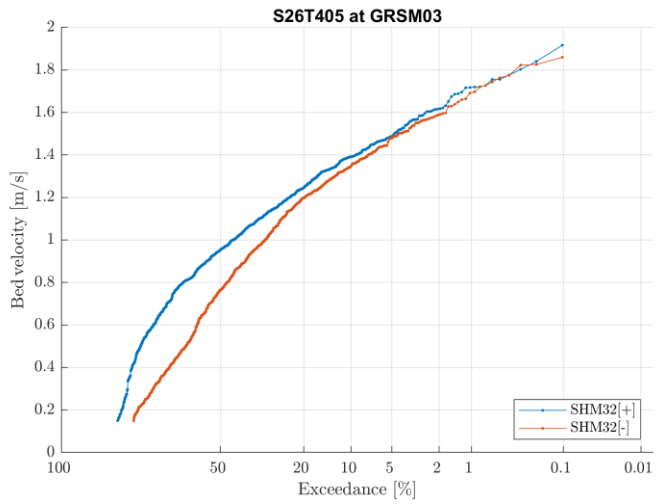
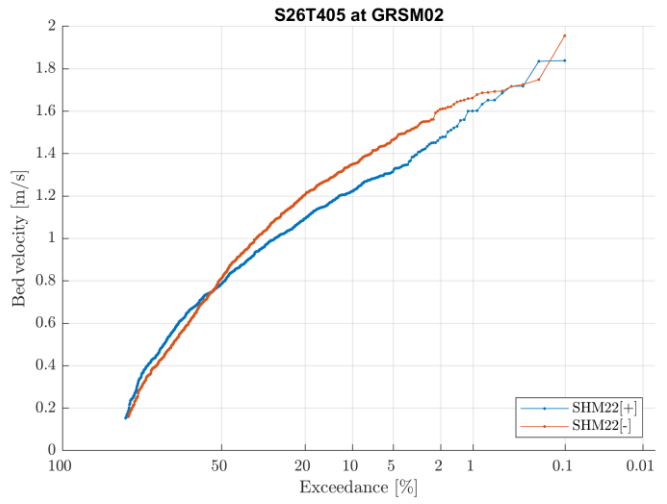
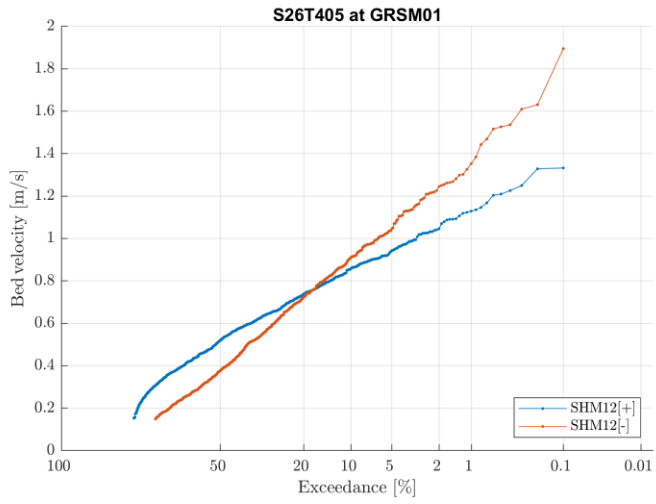


# Test Series T400

## S26T404

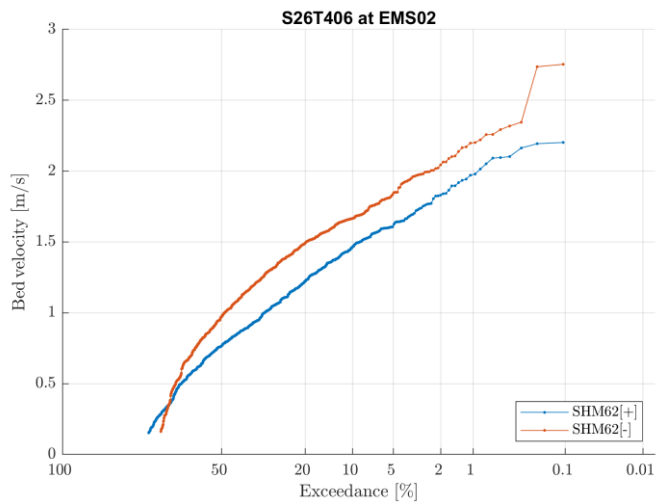
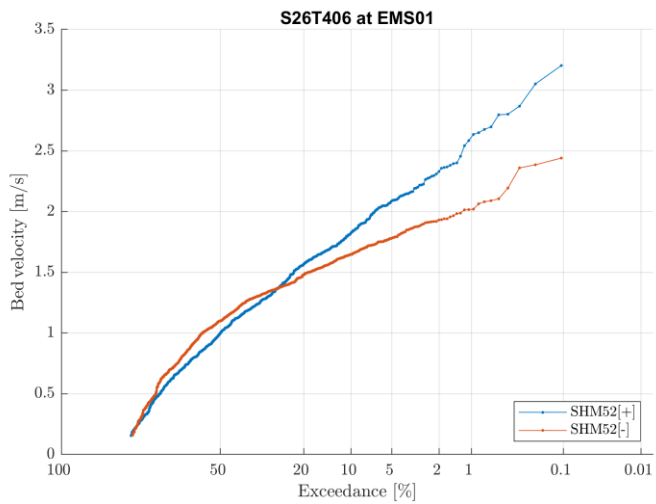
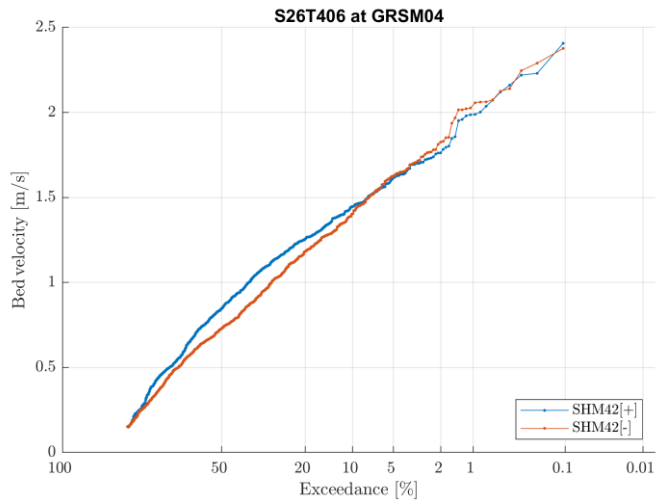
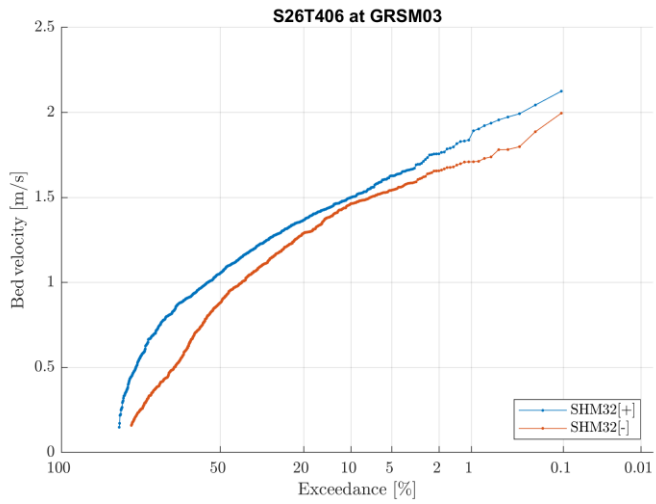
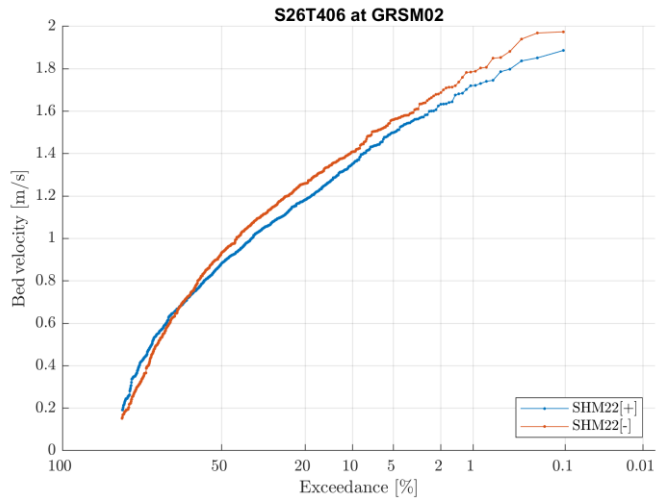
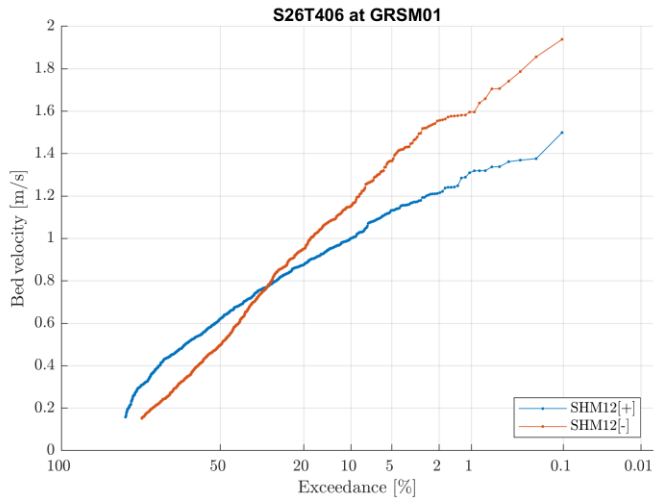


# S26T405

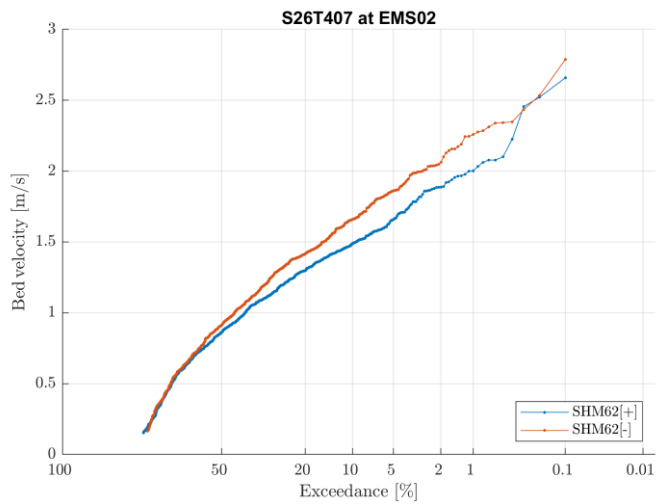
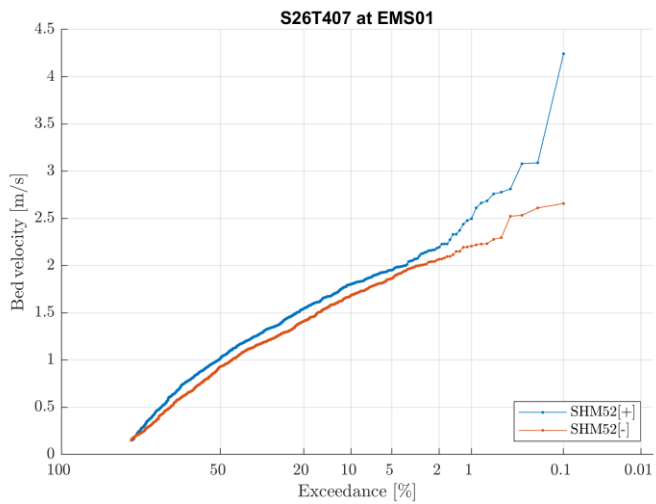
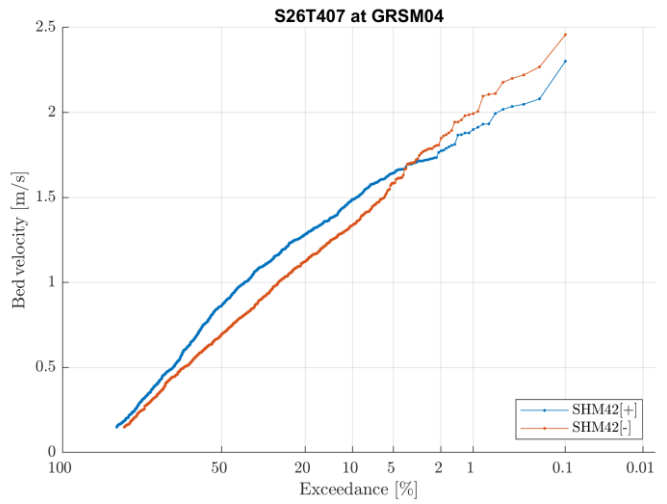
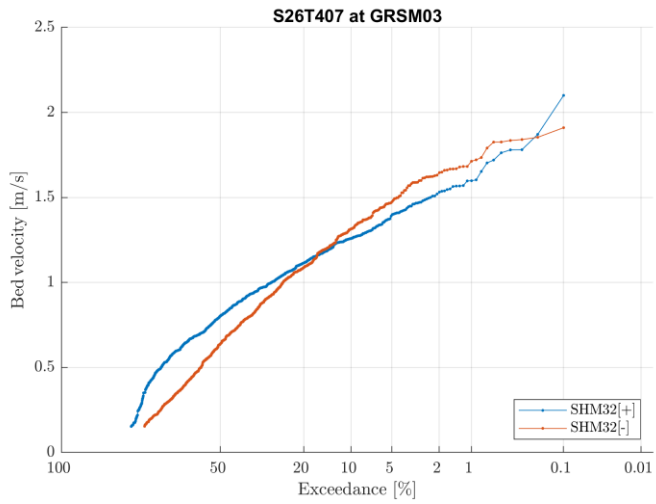
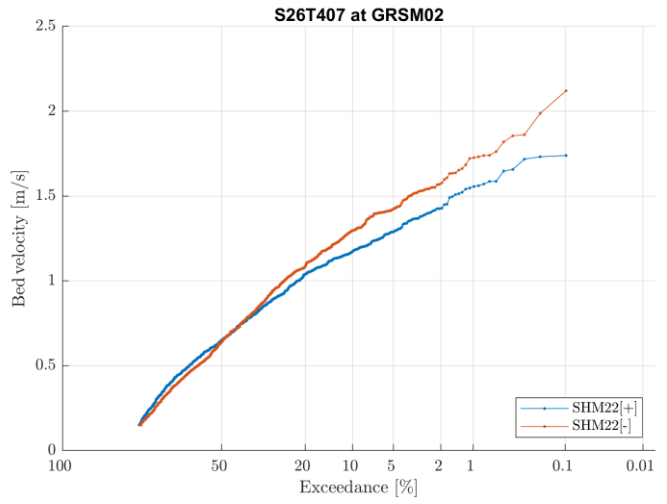
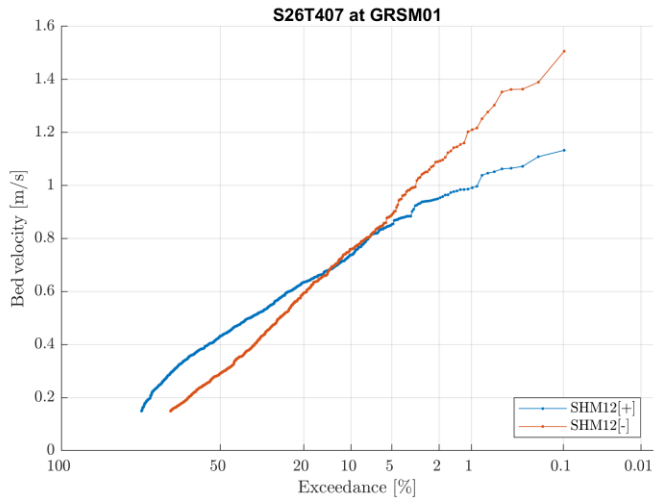




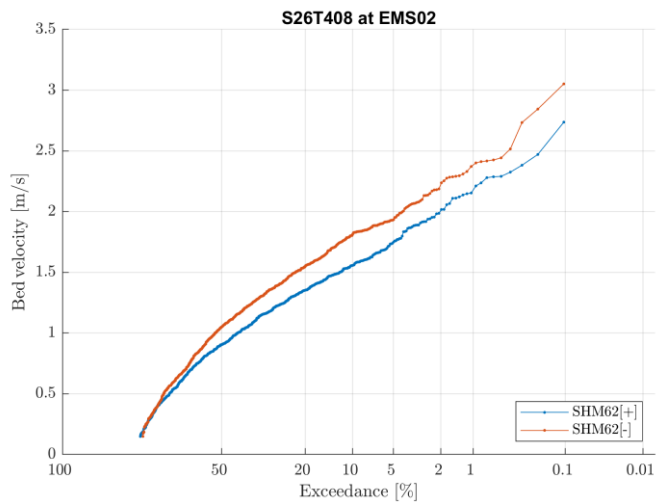
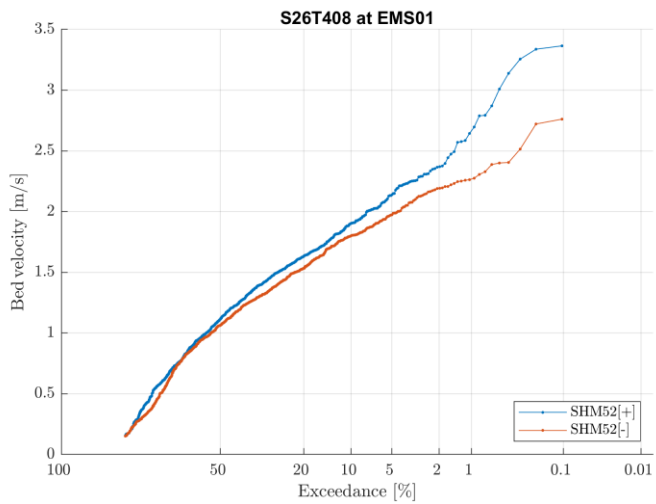
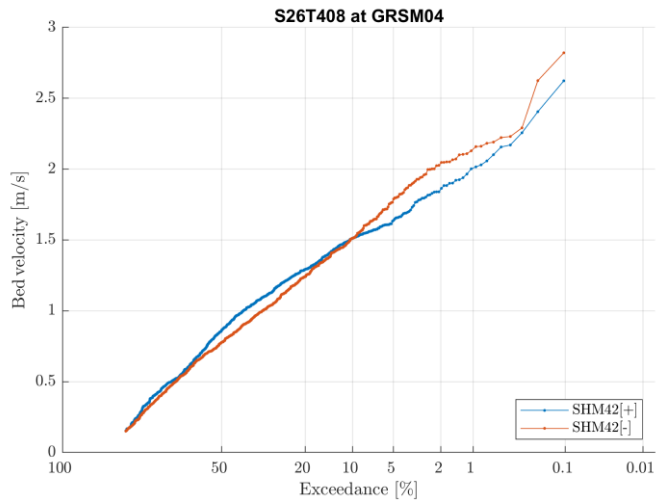
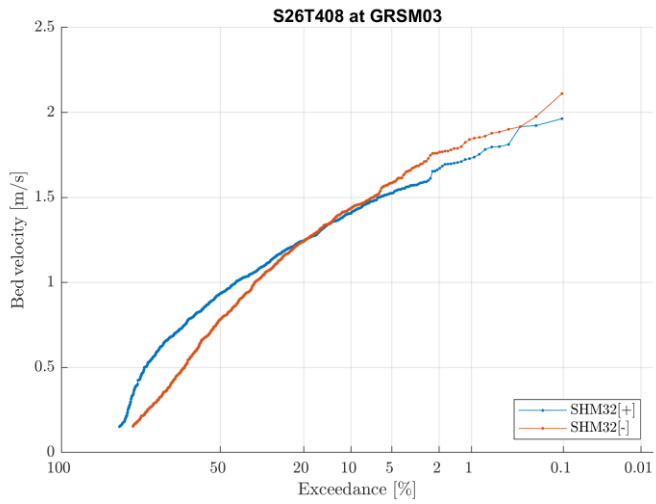
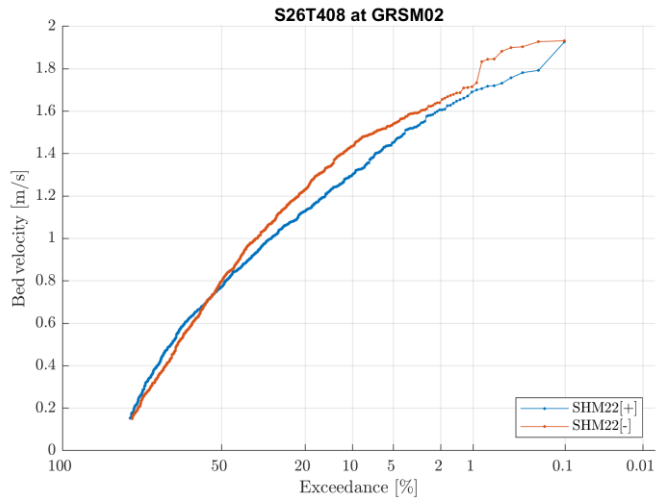
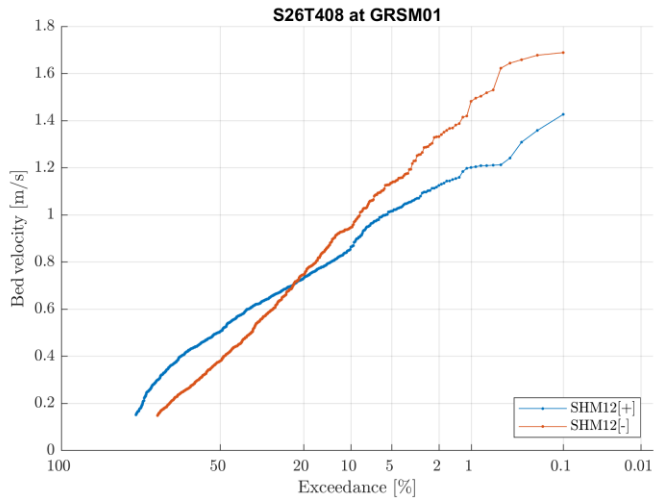
# S26T406



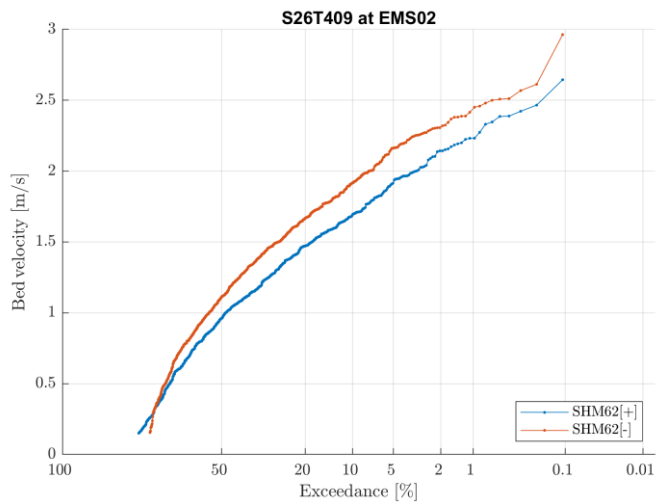
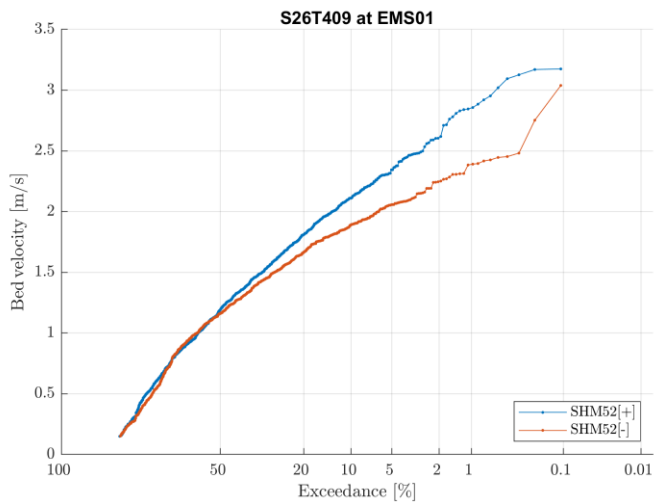
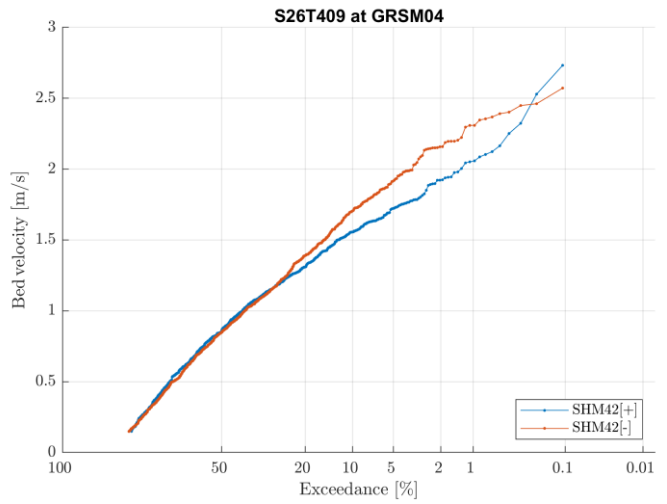
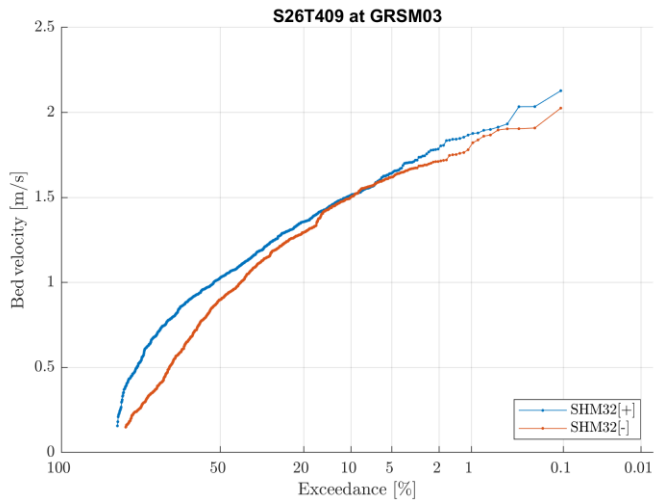
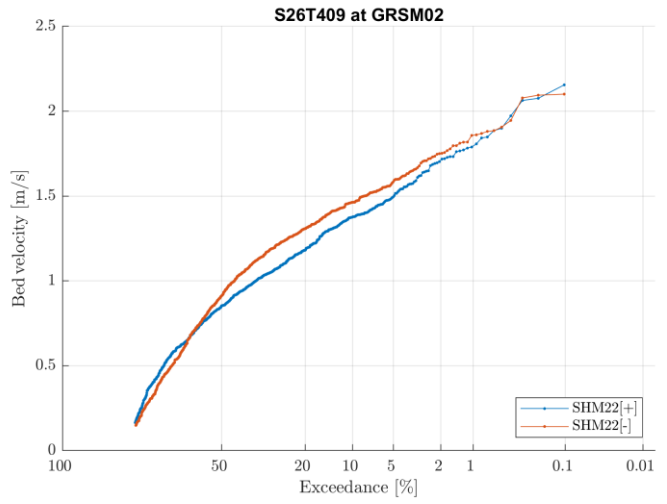
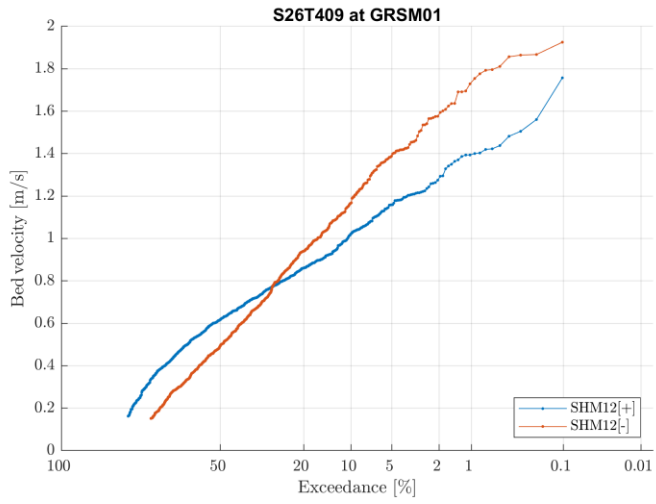
# S26T407



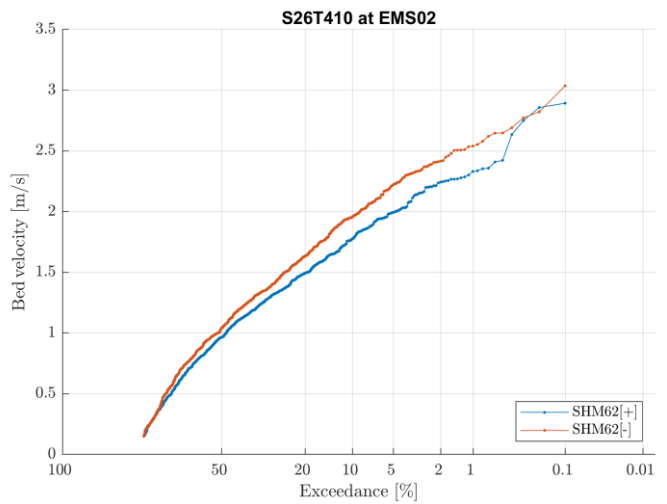
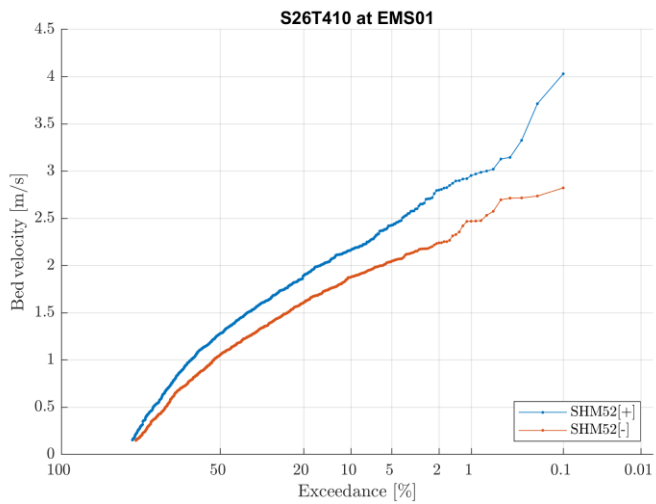
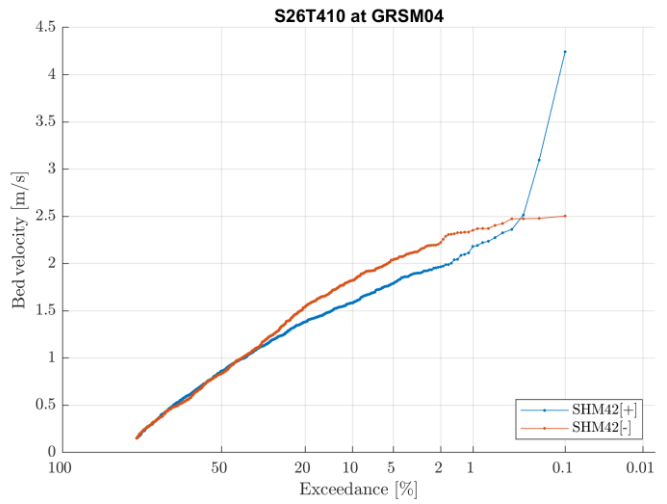
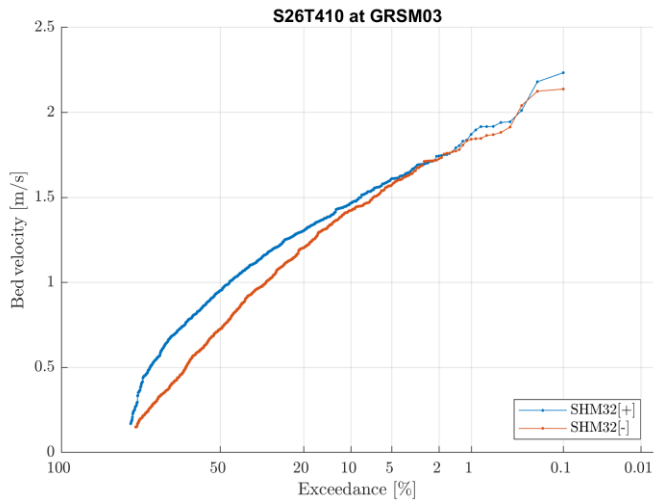
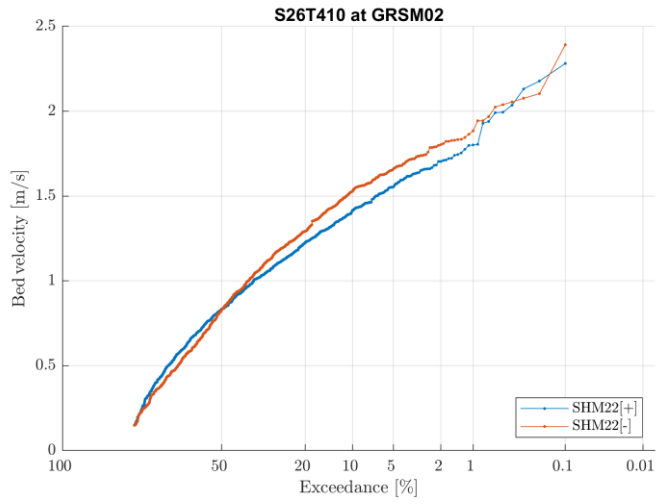
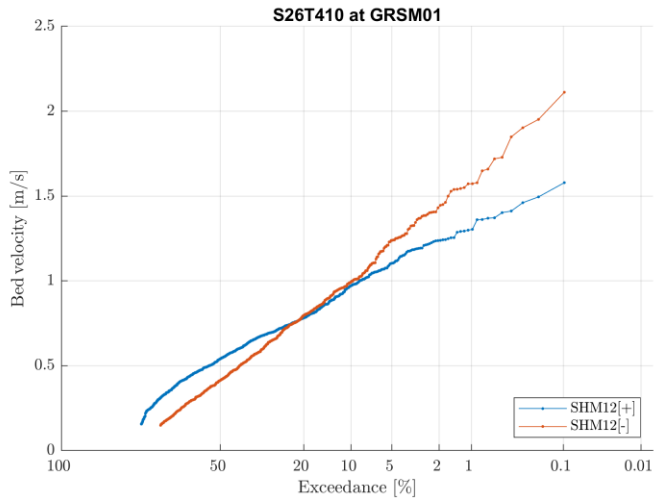
# S26T408



# S26T409

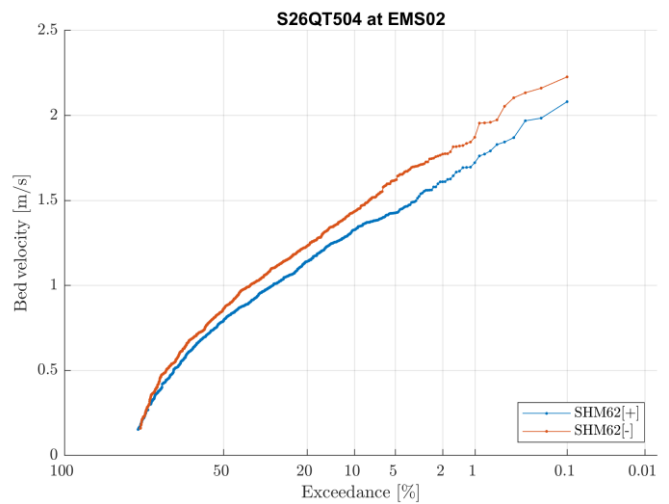
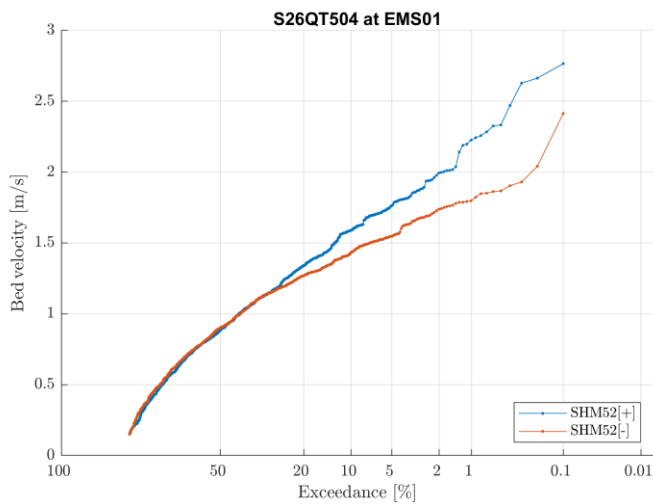
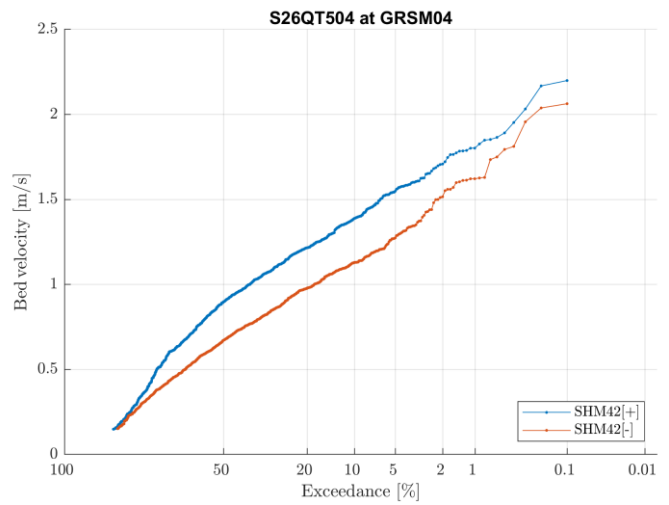
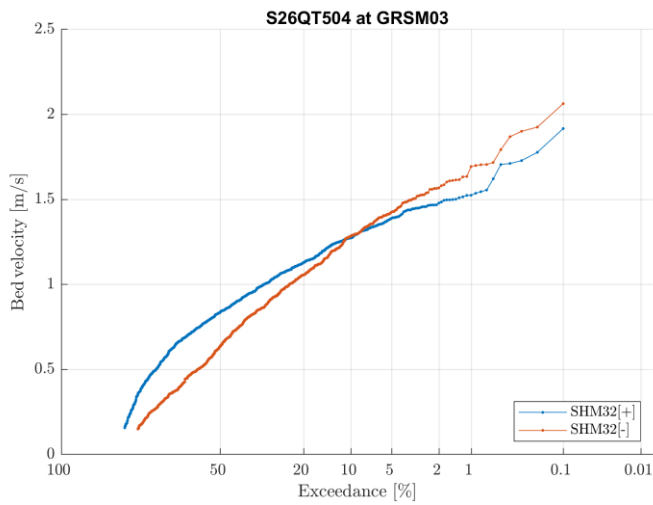
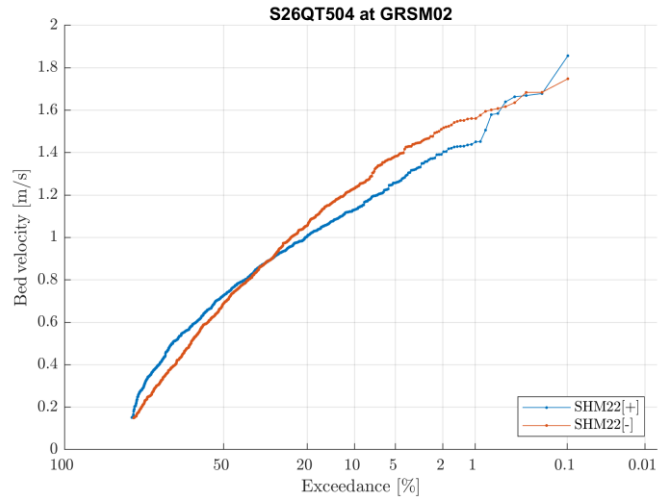
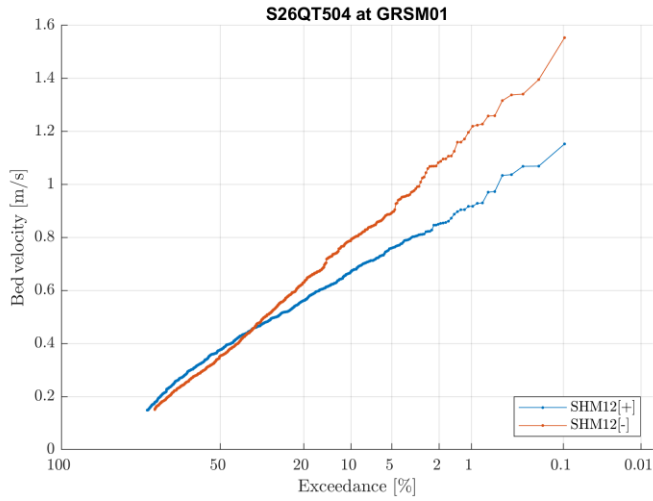


# S26T410



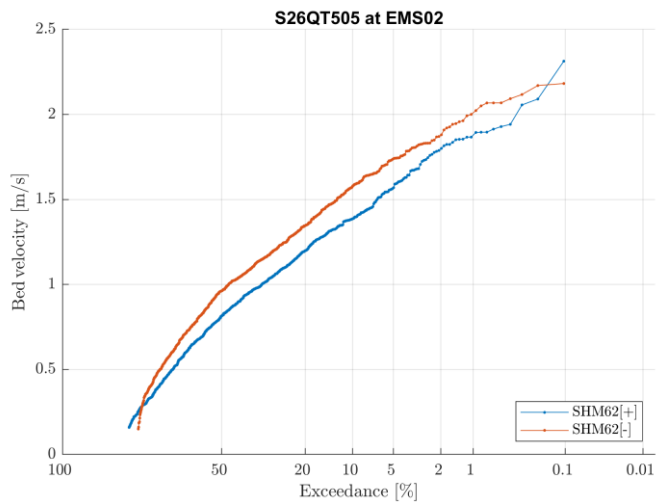
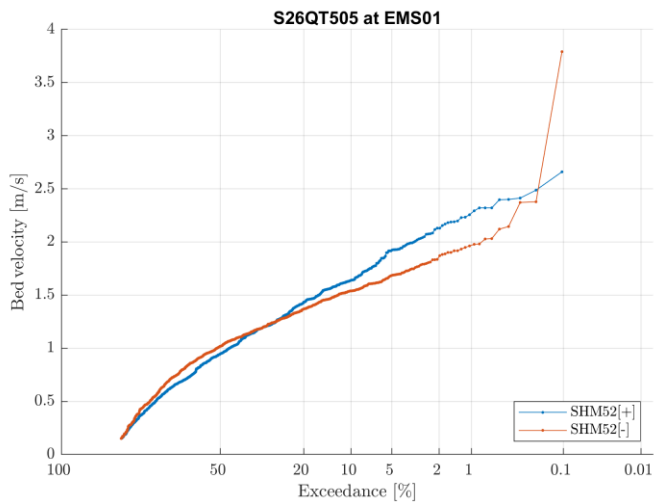
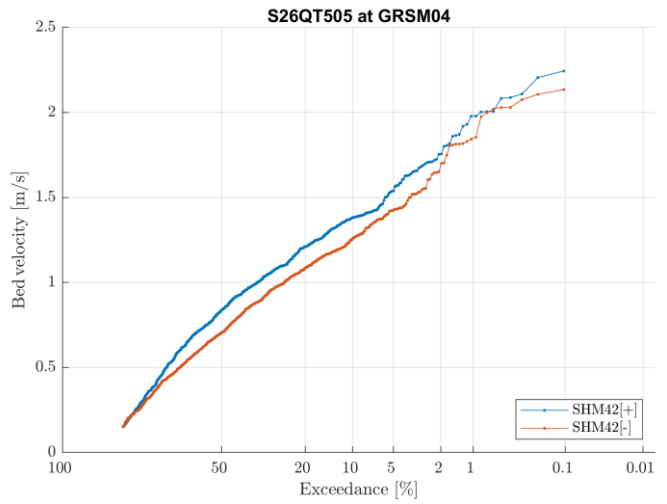
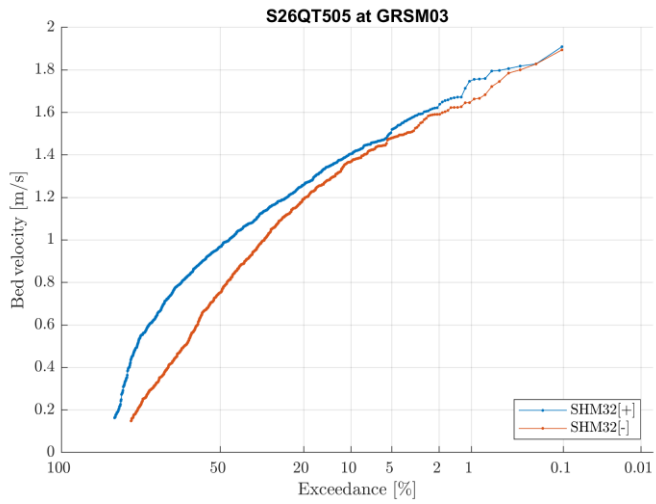
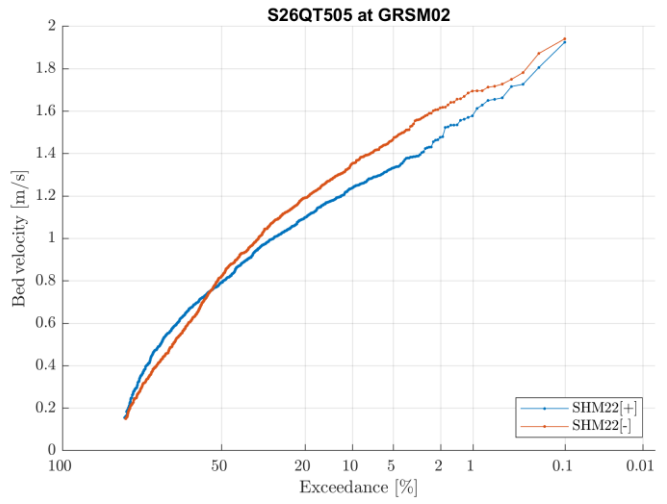
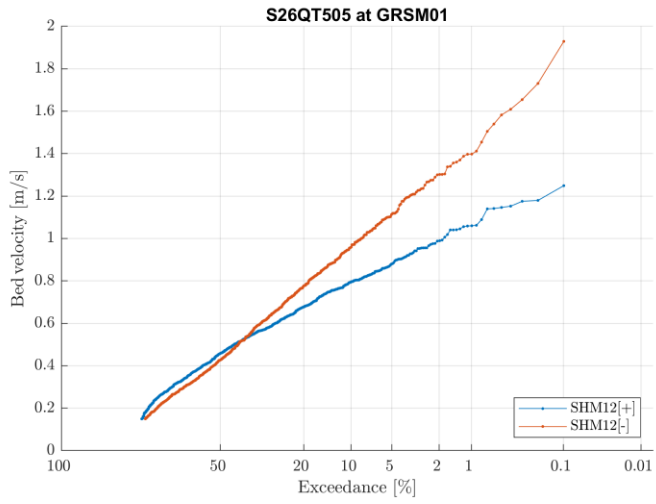
# Test Series T500

## S26QT504

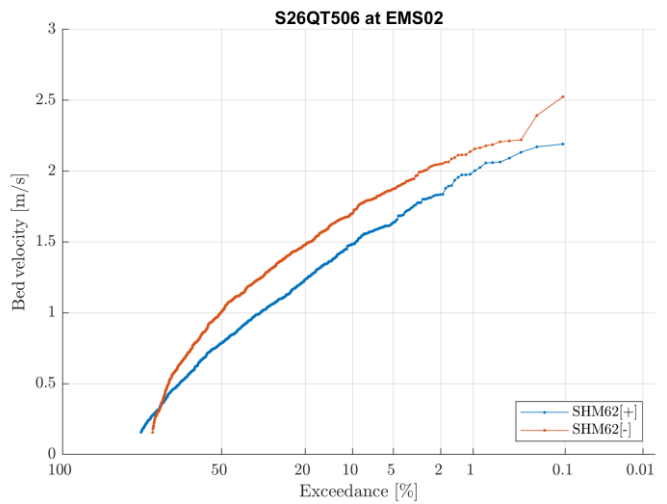
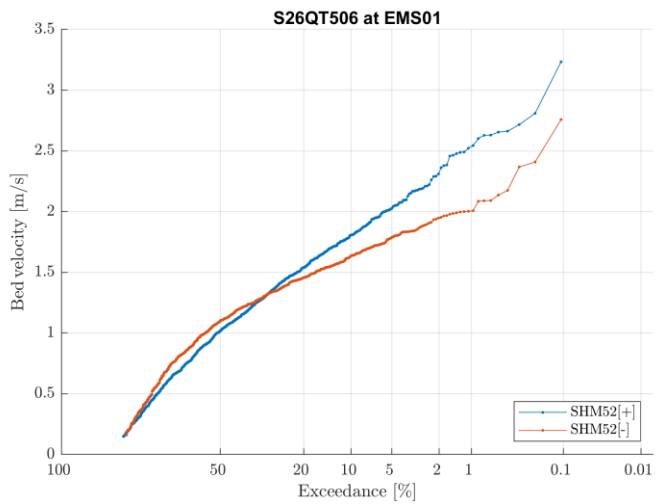
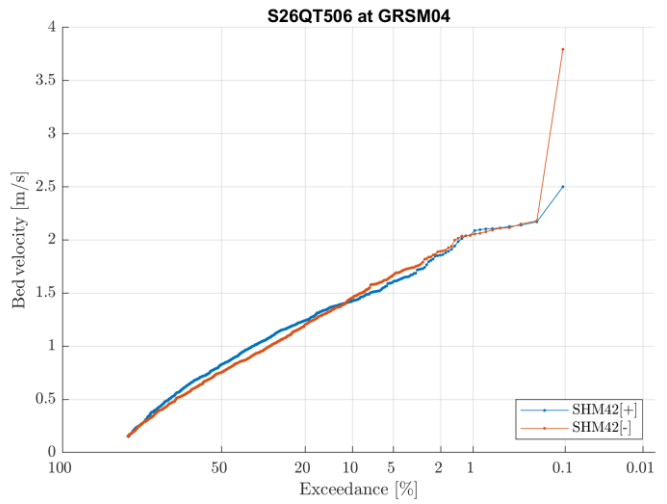
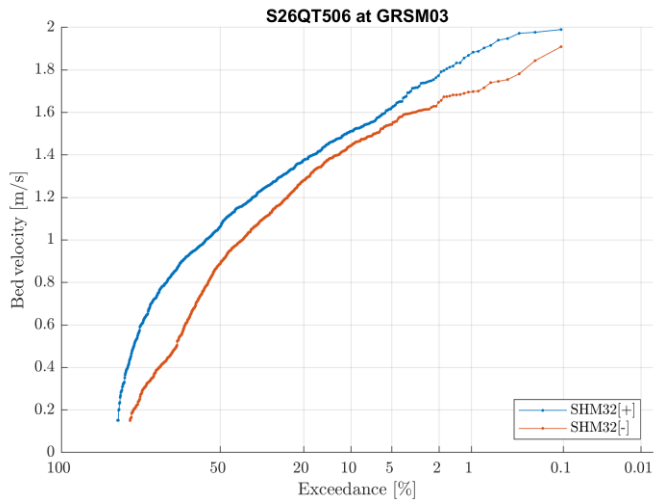
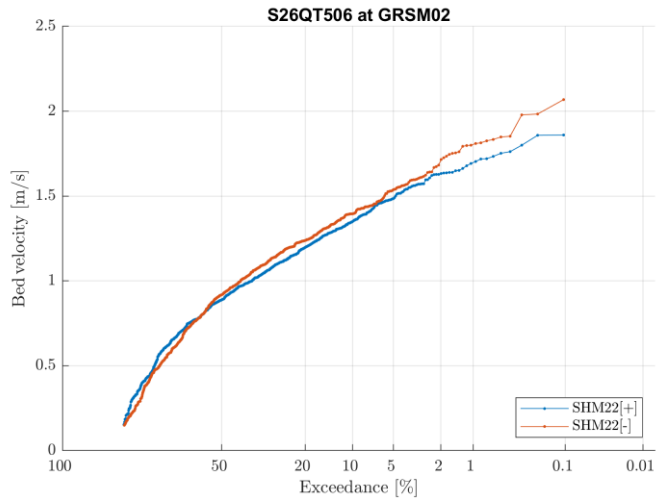
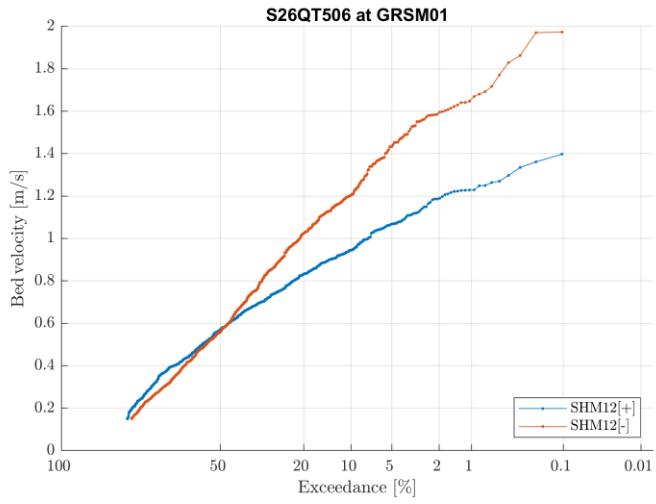




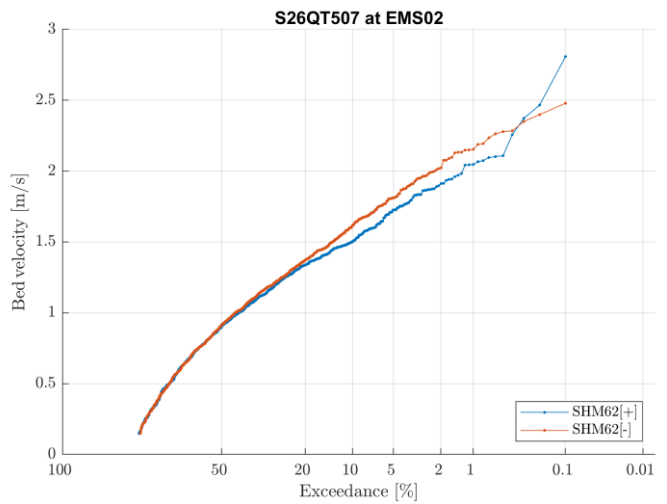
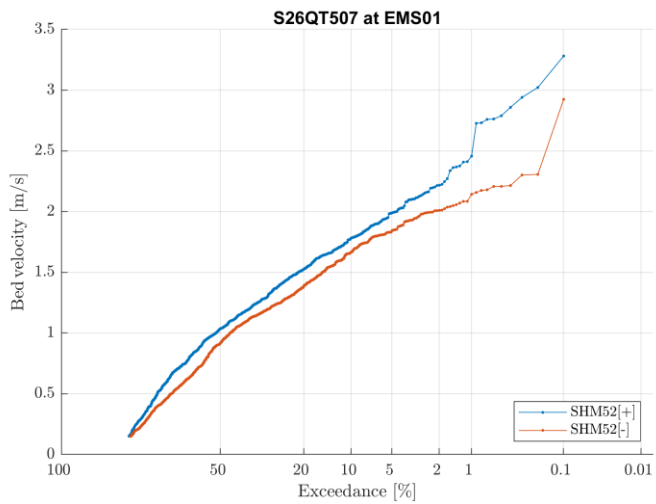
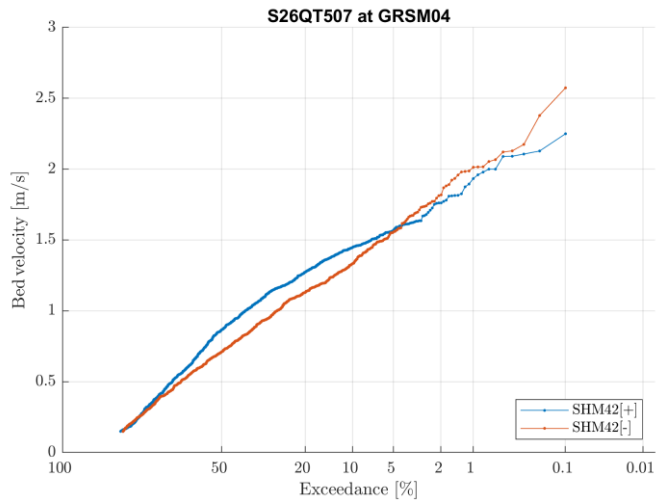
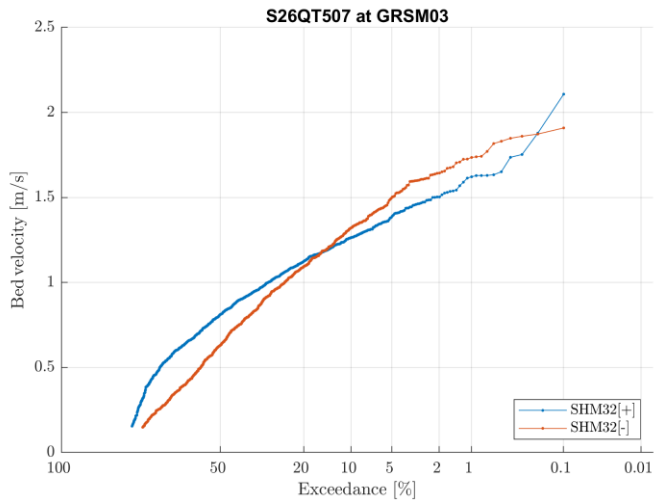
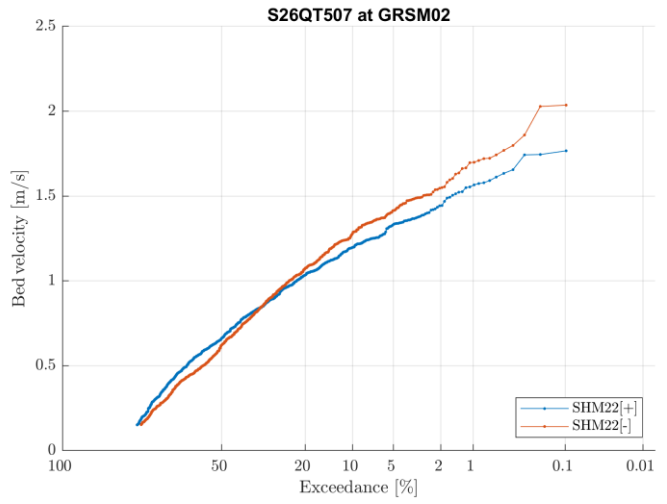
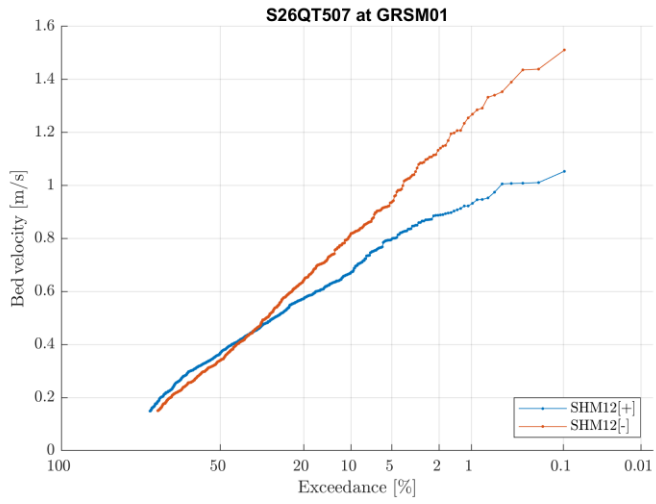
# S26QT505



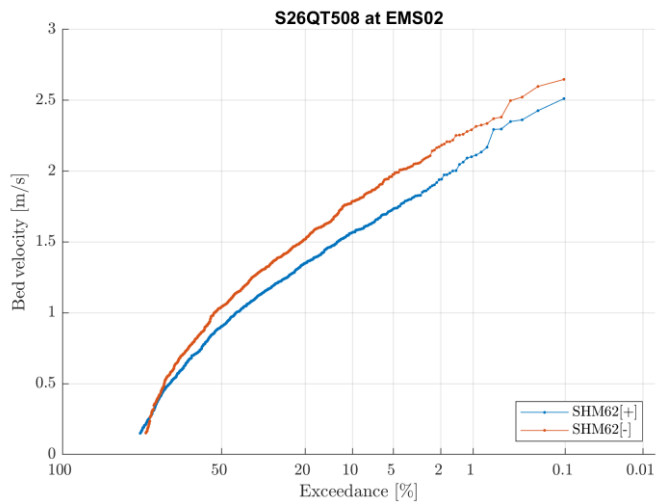
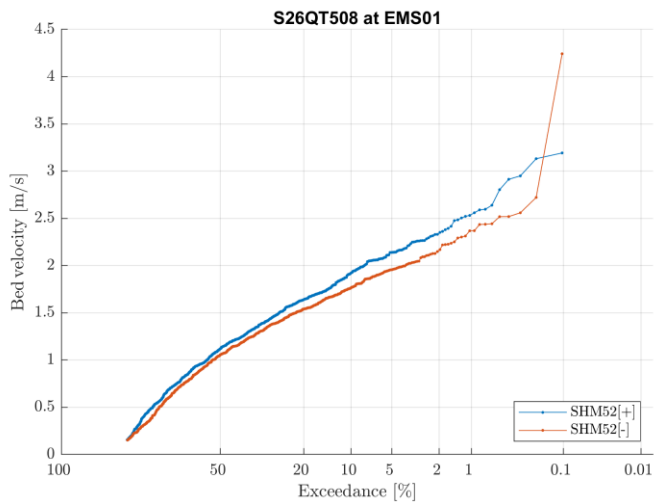
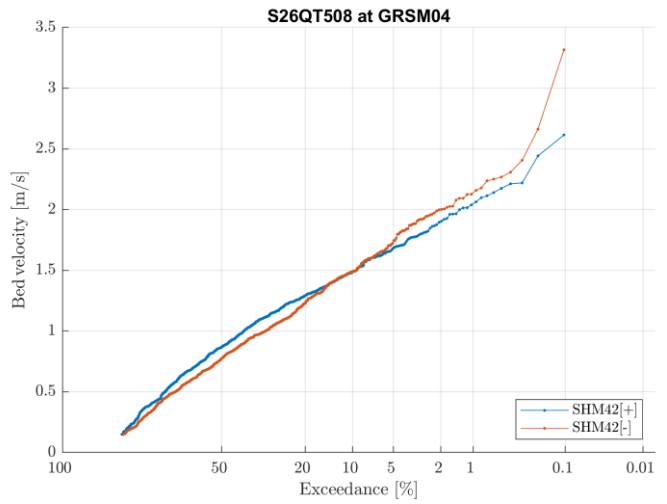
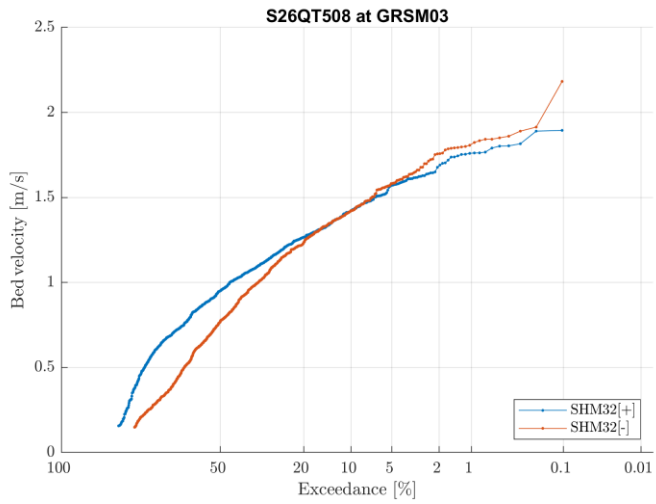
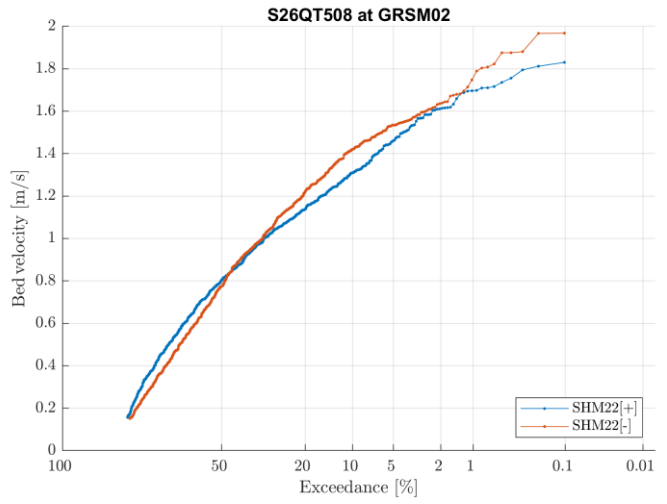
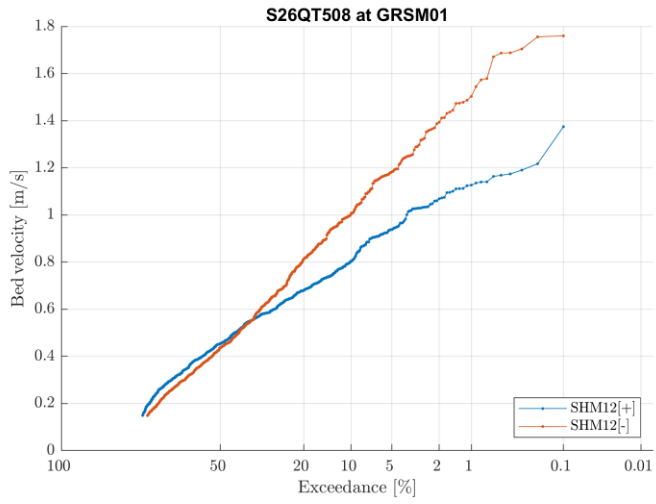
## S26QT506



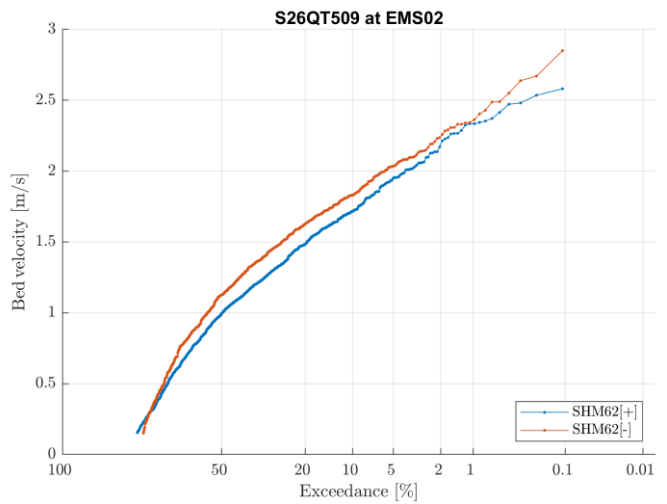
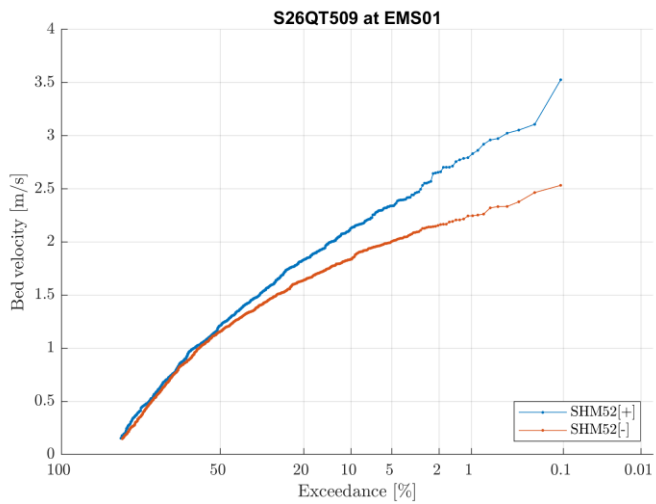
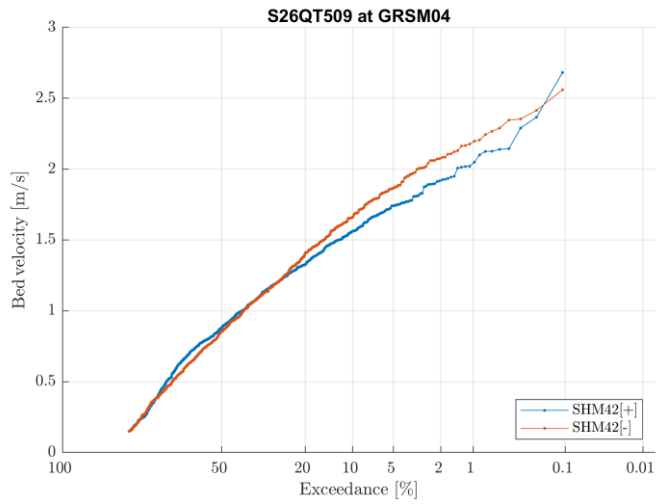
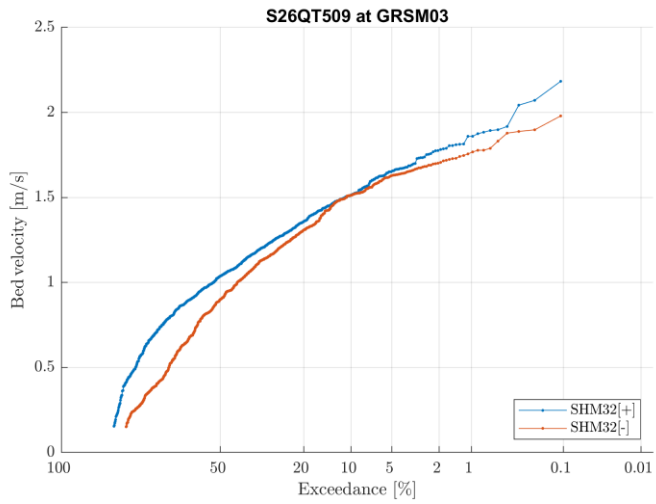
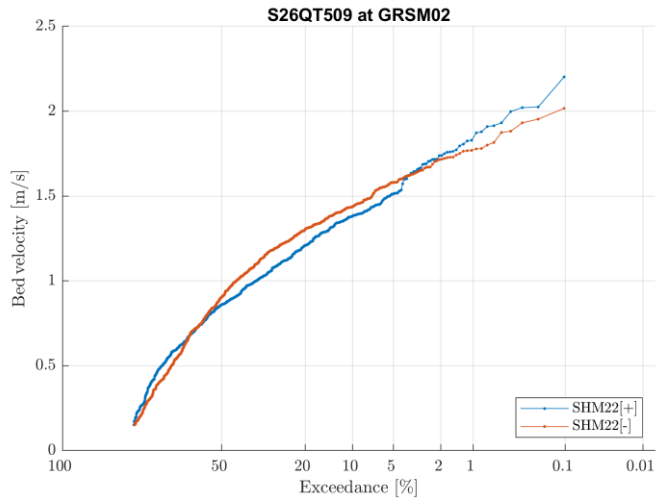
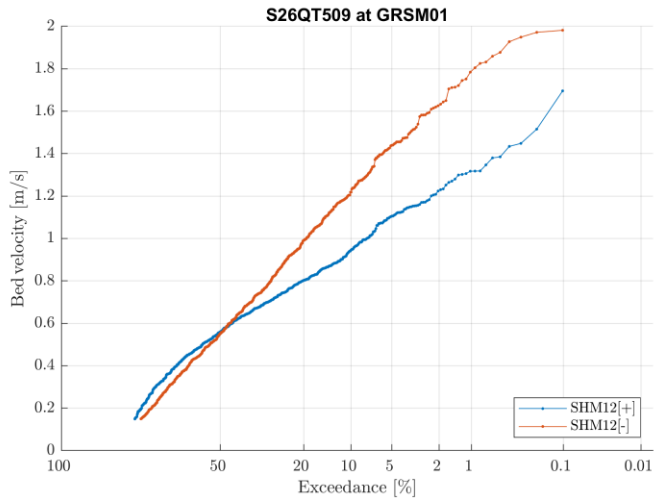
## S26QT507



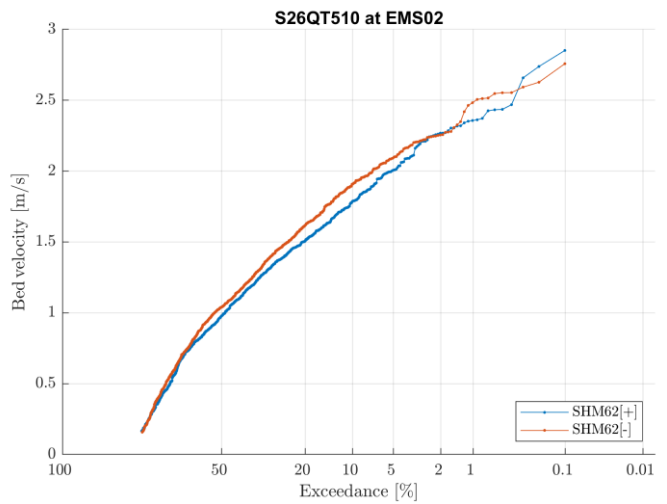
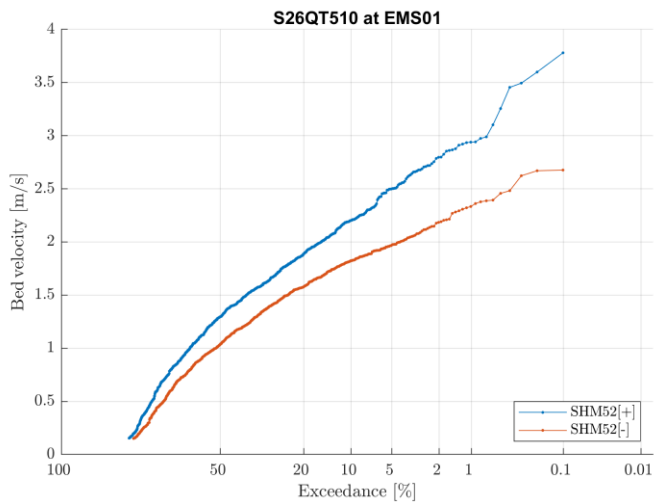
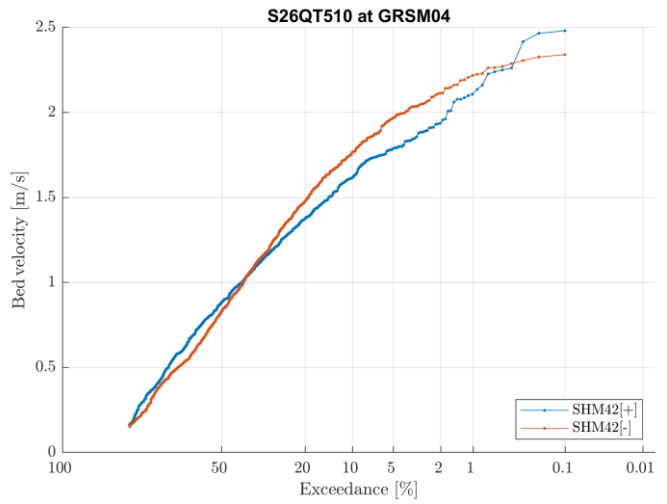
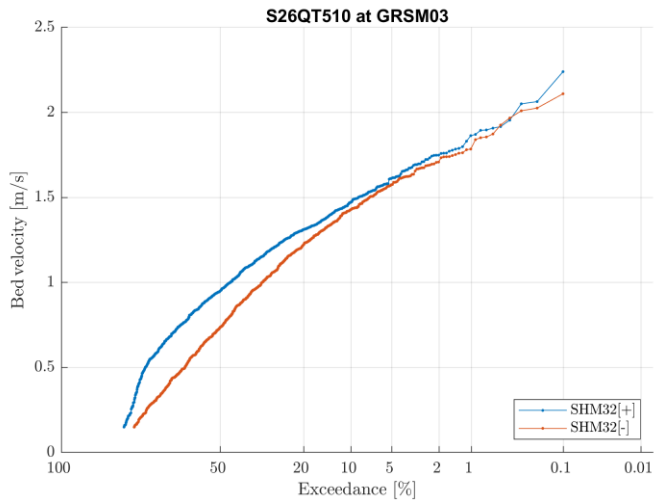
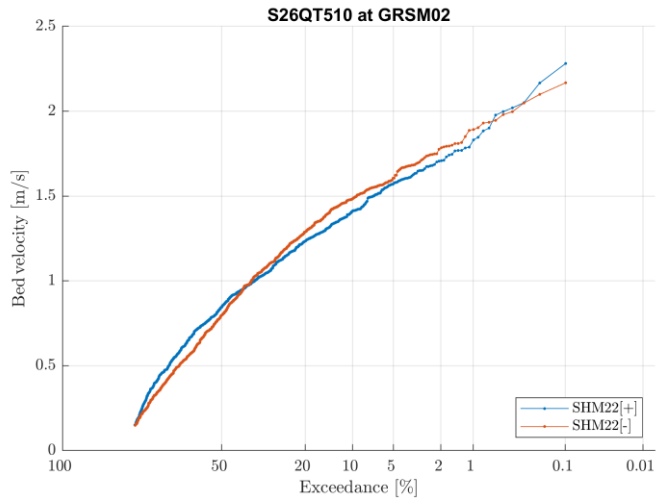
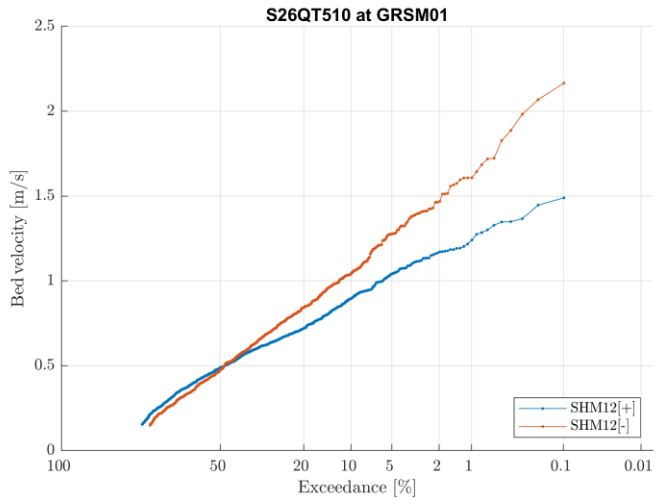
## S26QT508



## S26QT509



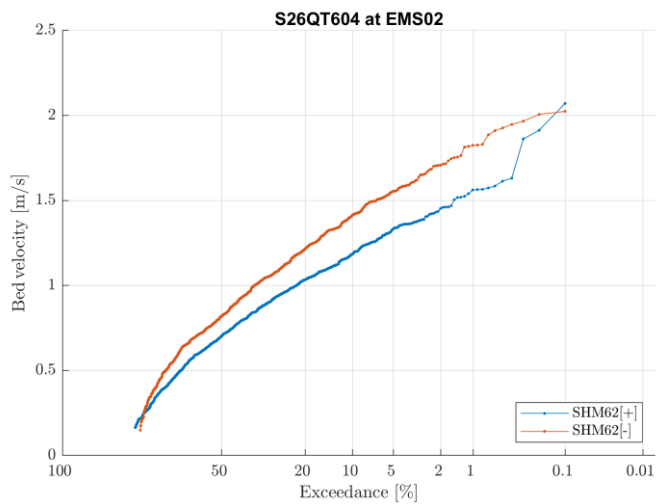
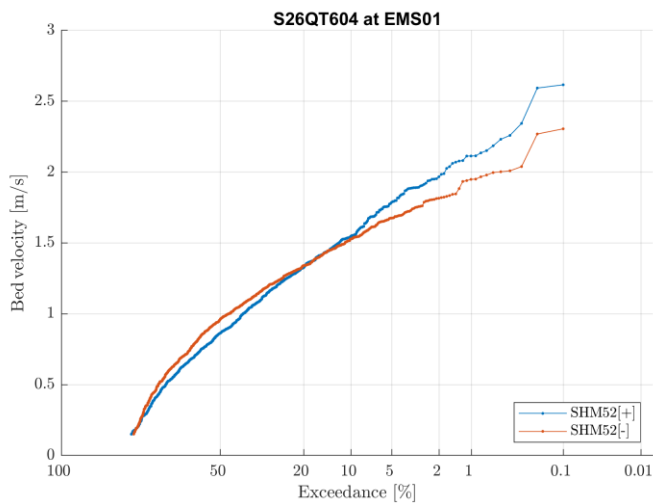
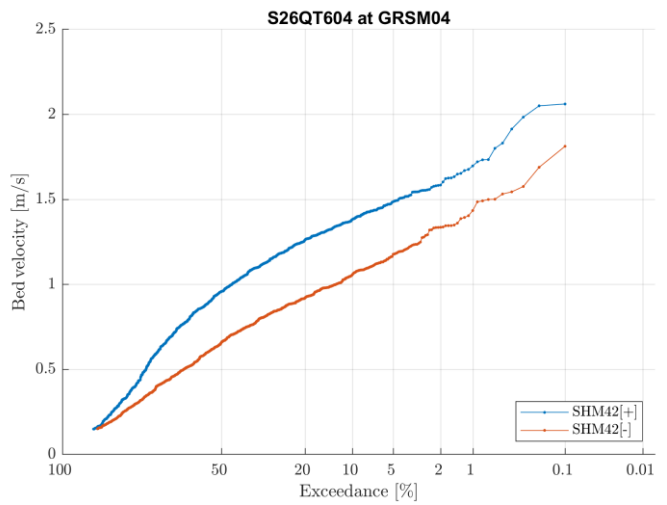
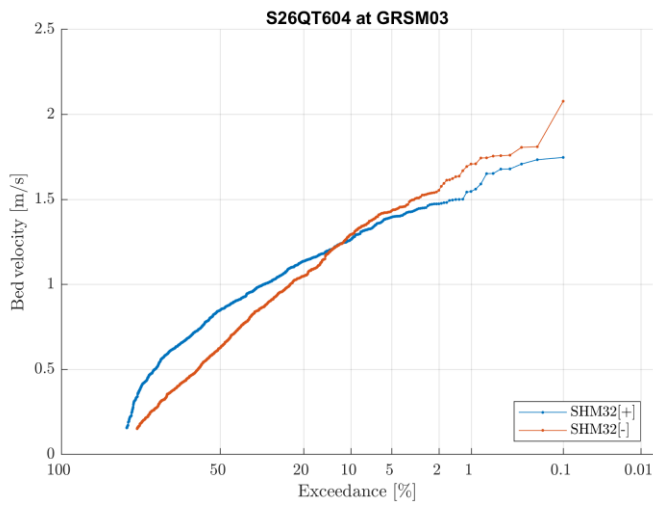
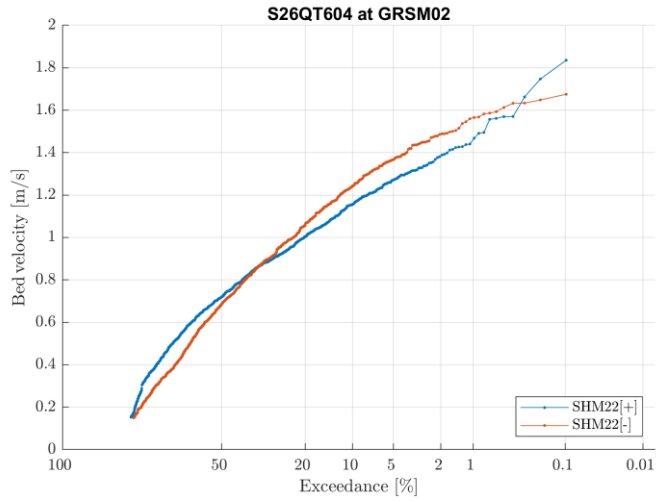
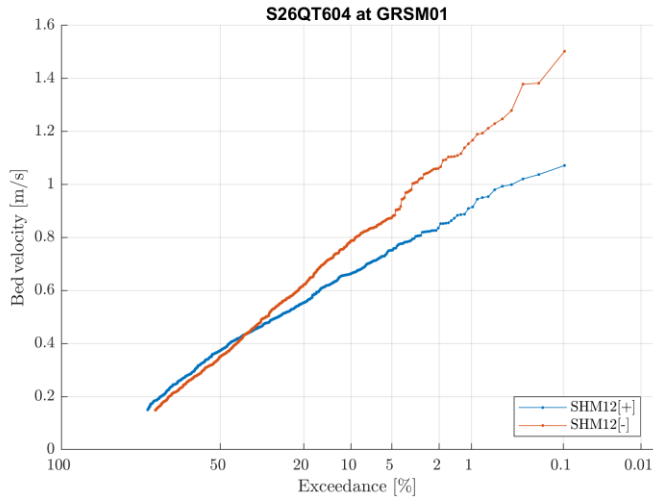
# S26QT510



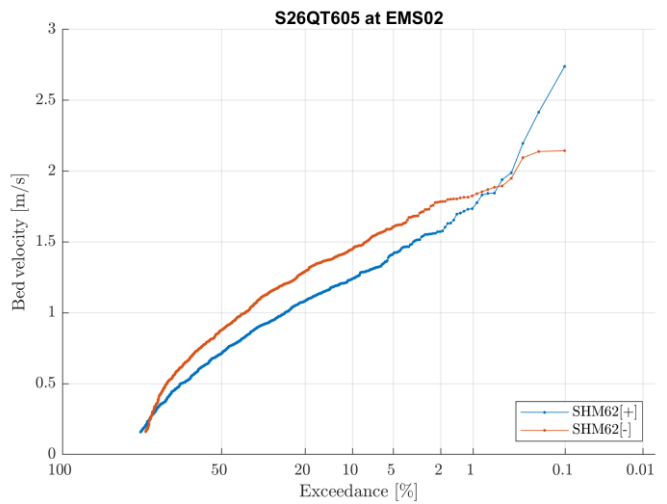
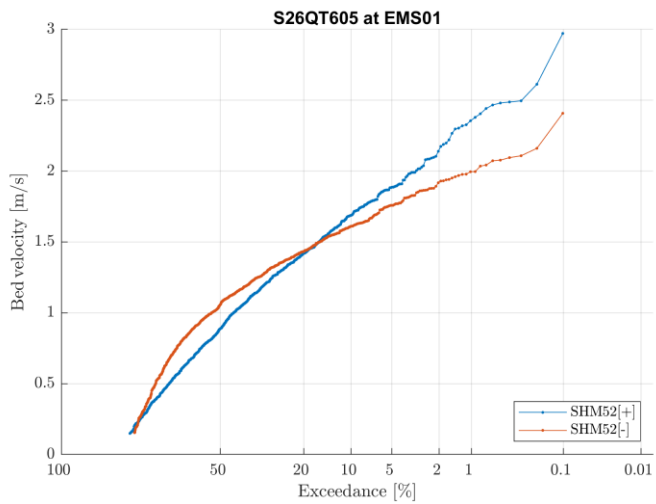
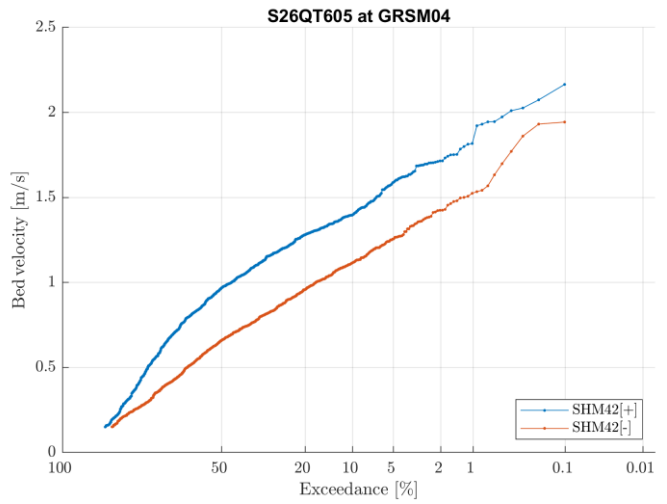
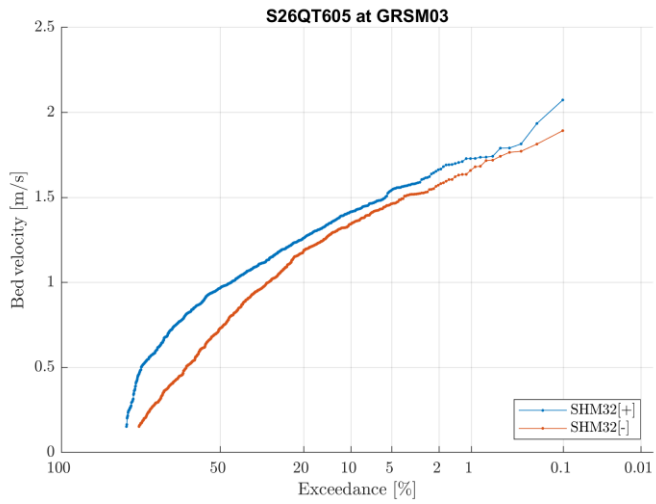
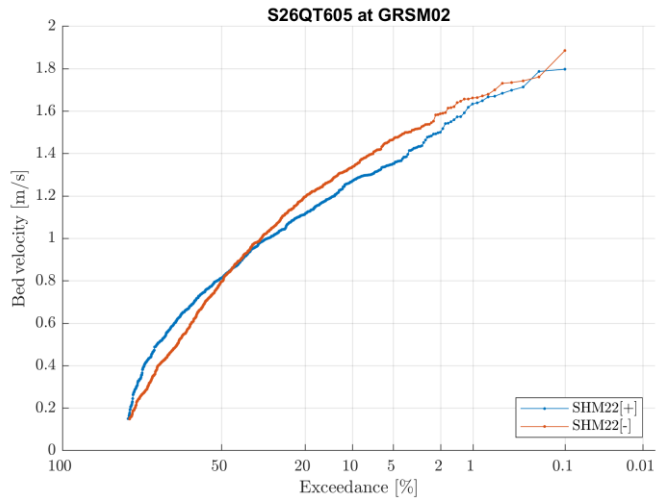
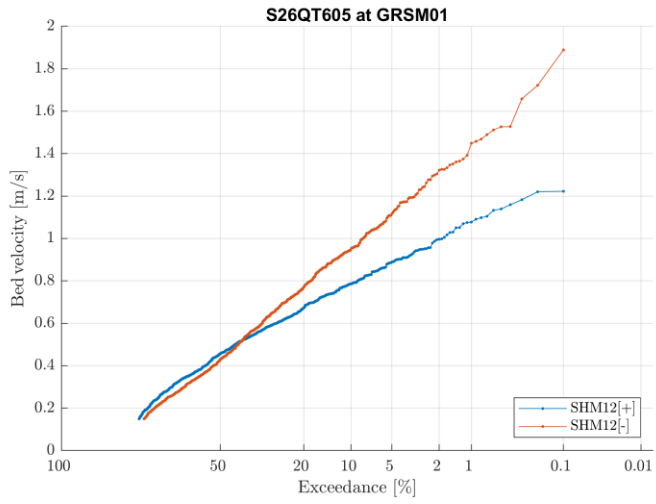


# Test Series T600

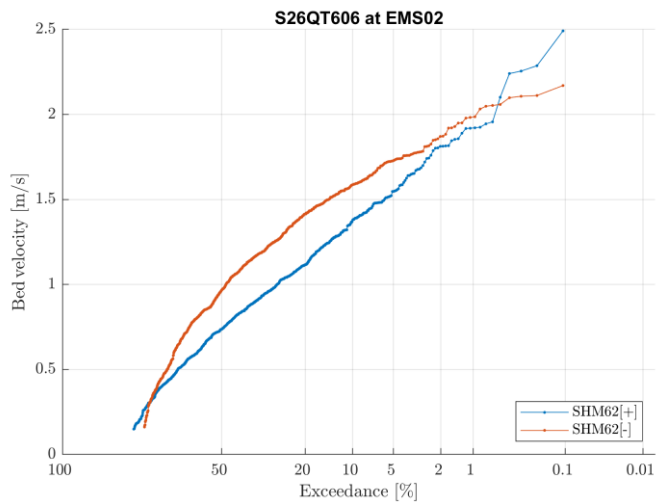
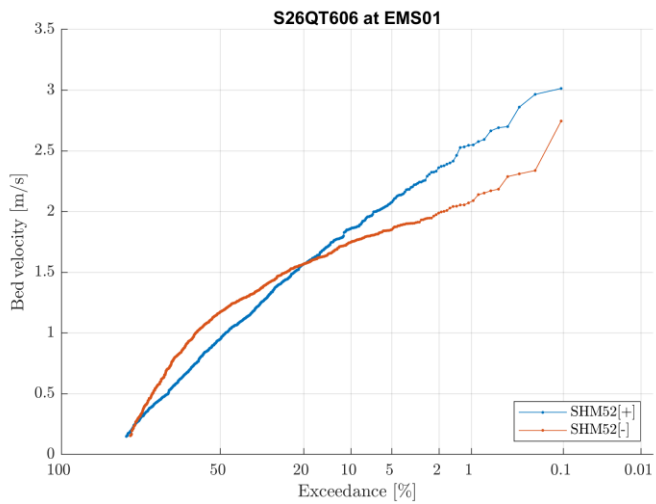
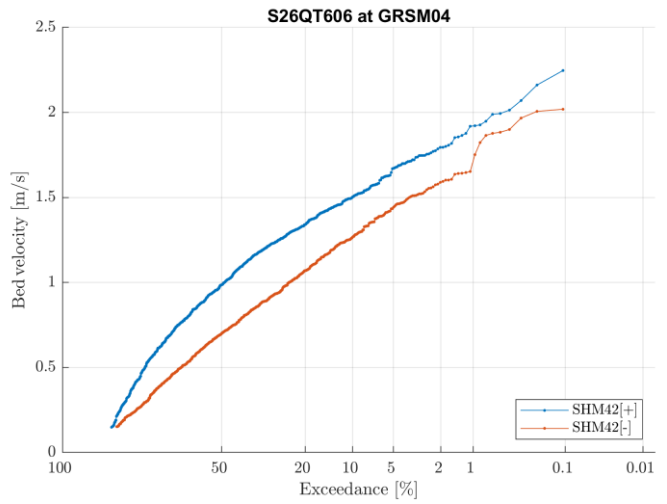
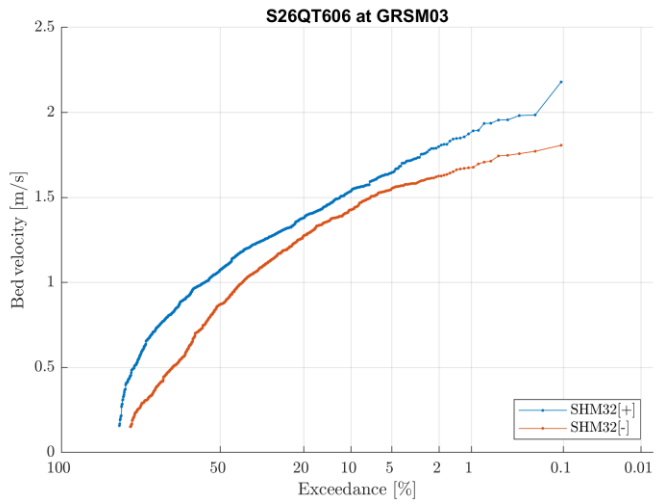
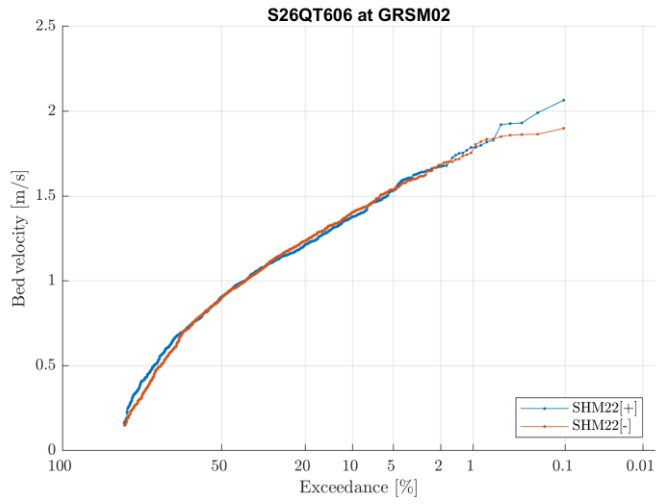
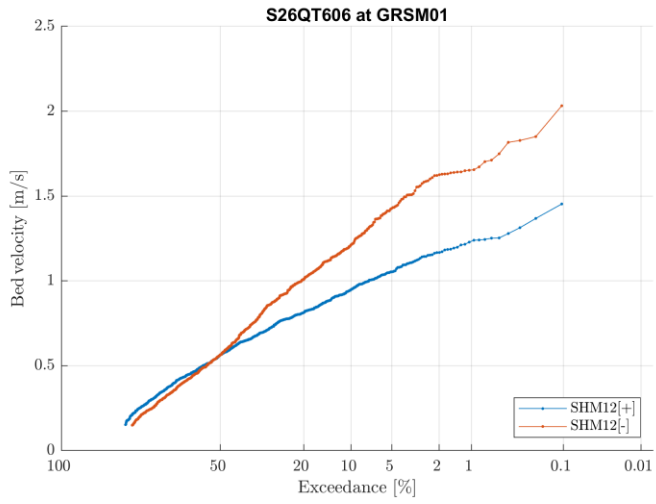
## S26QT604



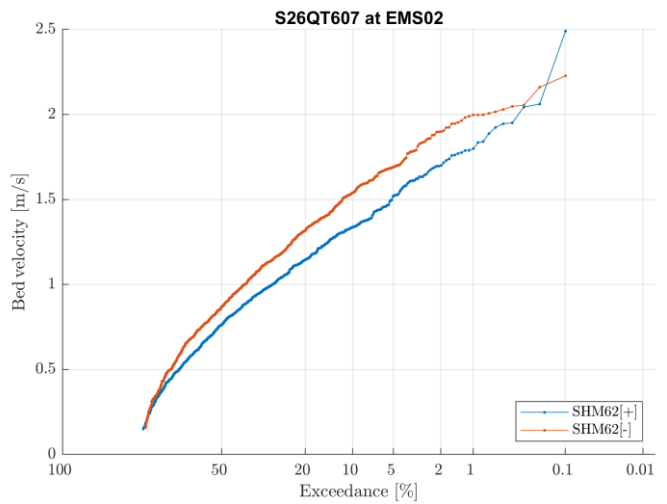
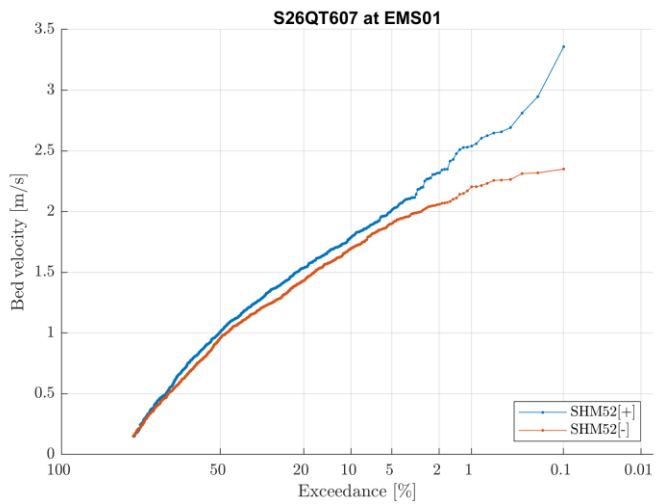
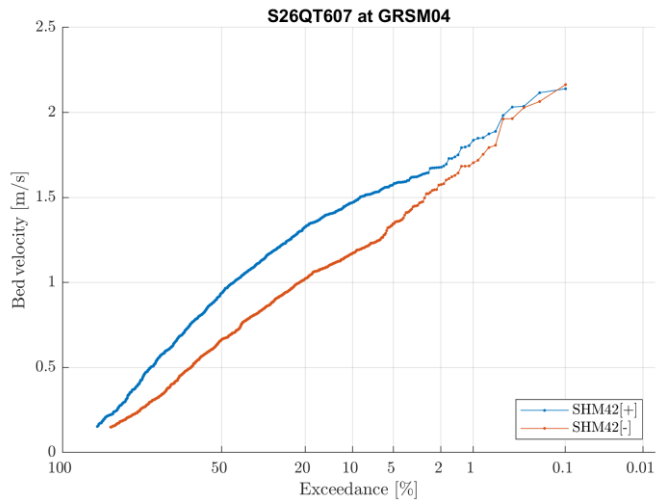
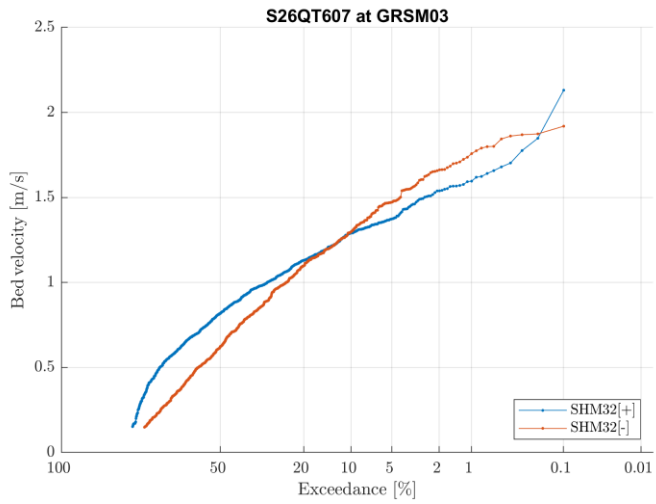
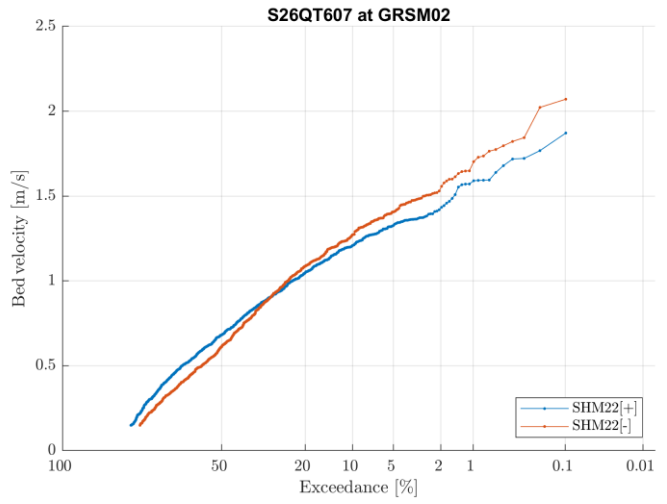
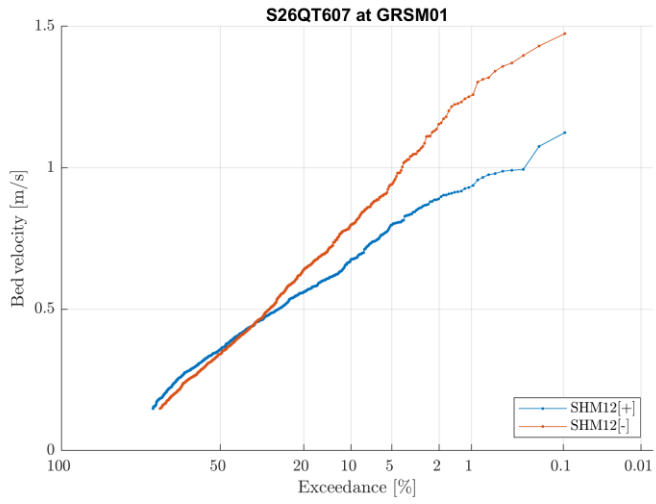
# S26QT605



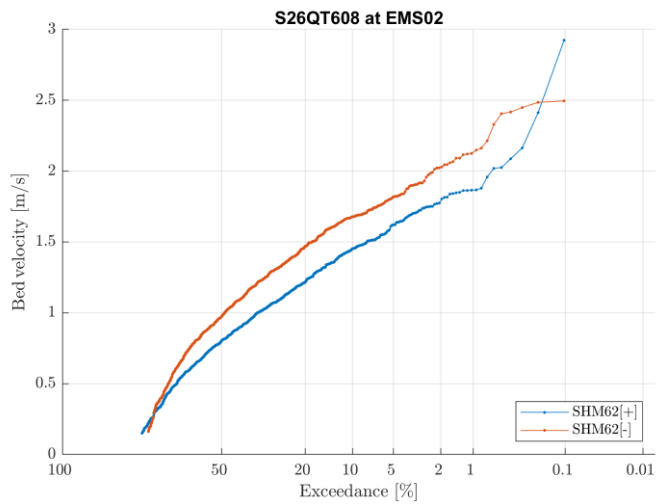
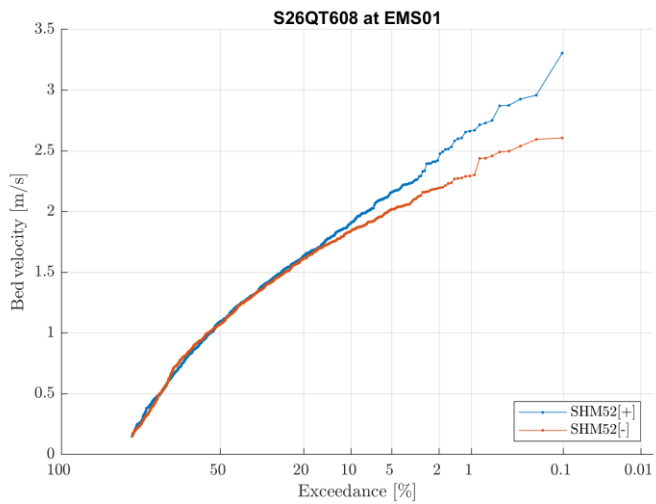
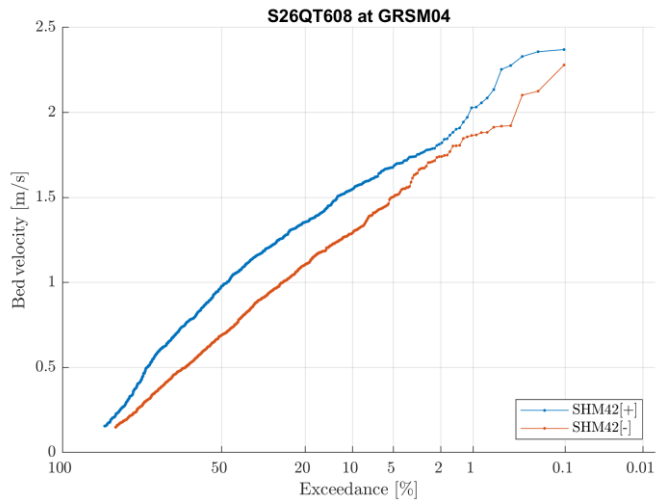
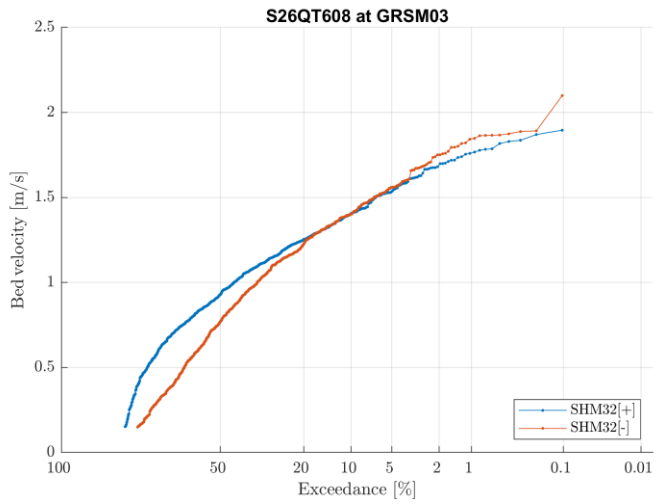
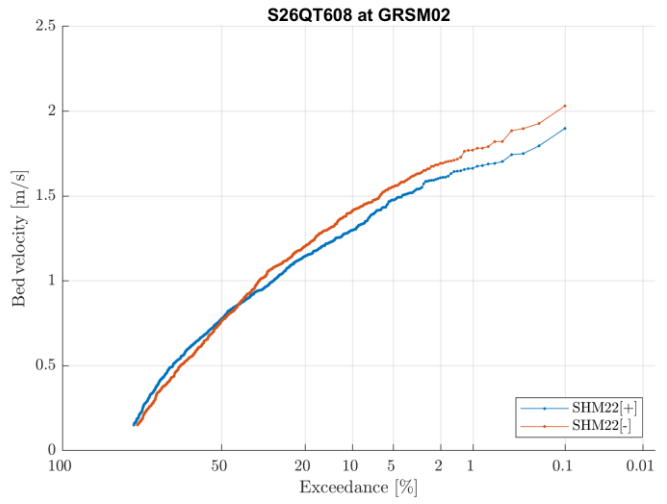
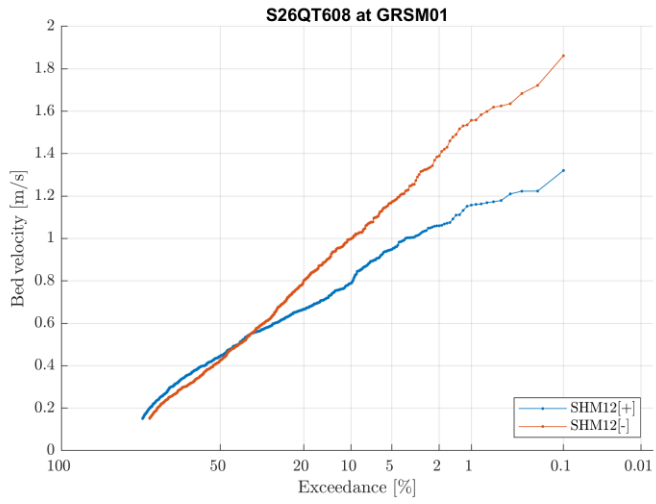
# S26QT606



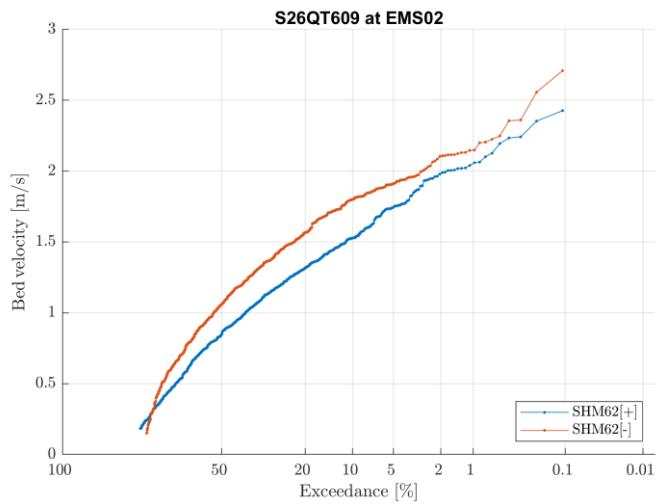
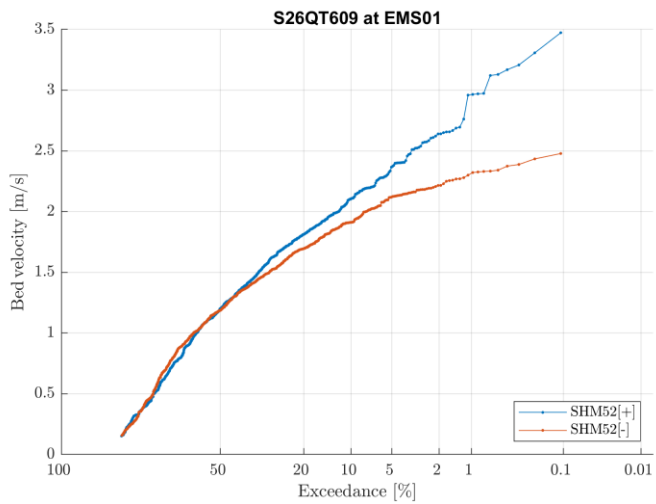
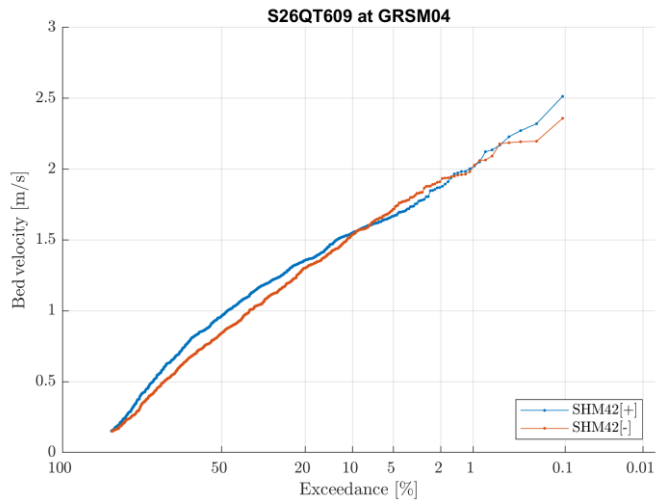
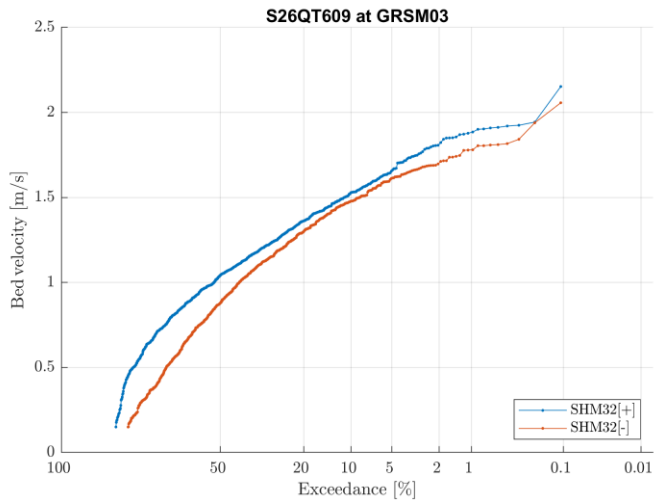
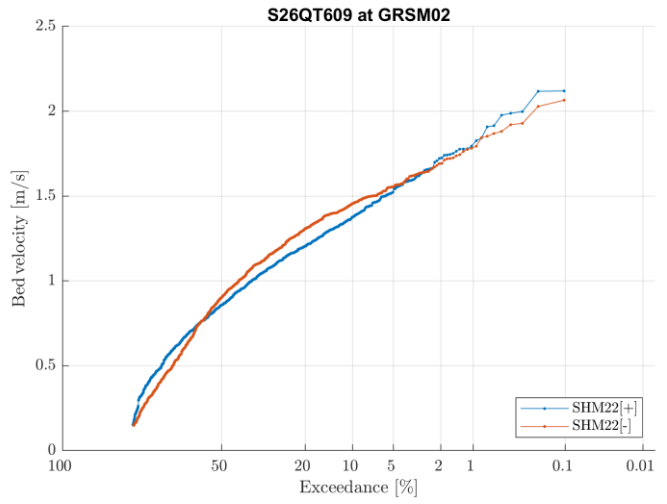
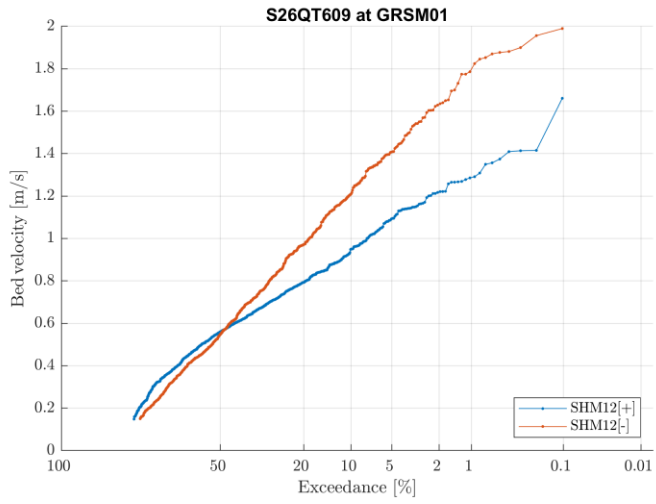
## S26QT607



# S26QT608

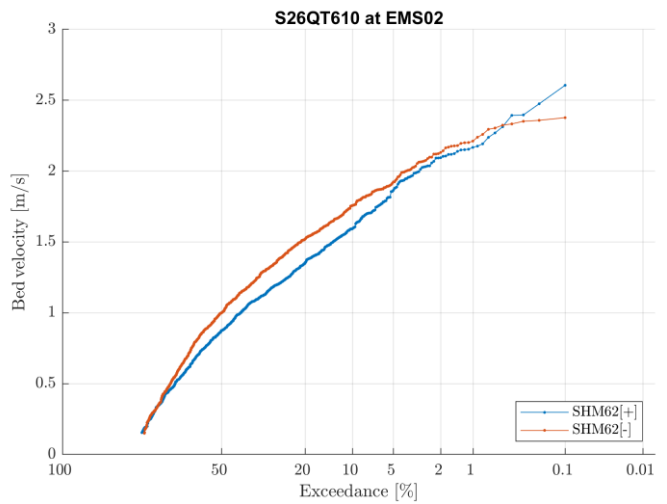
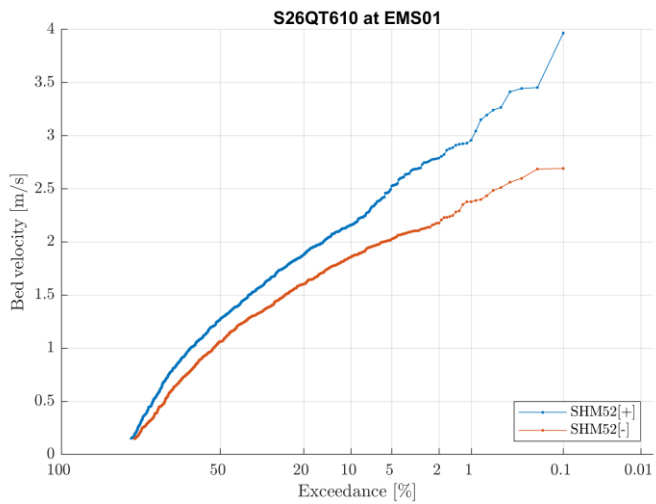
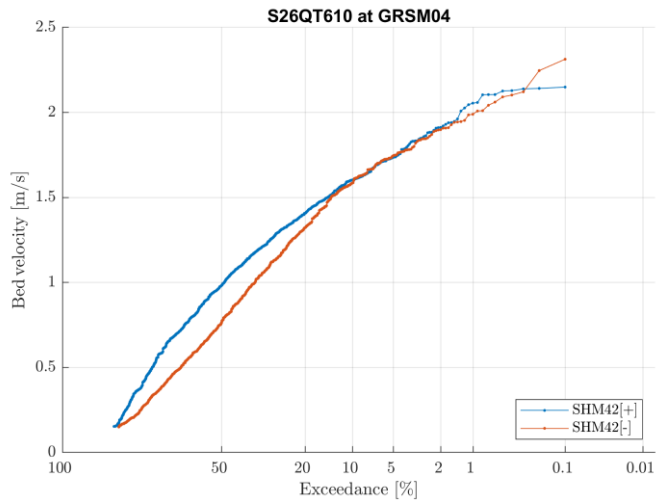
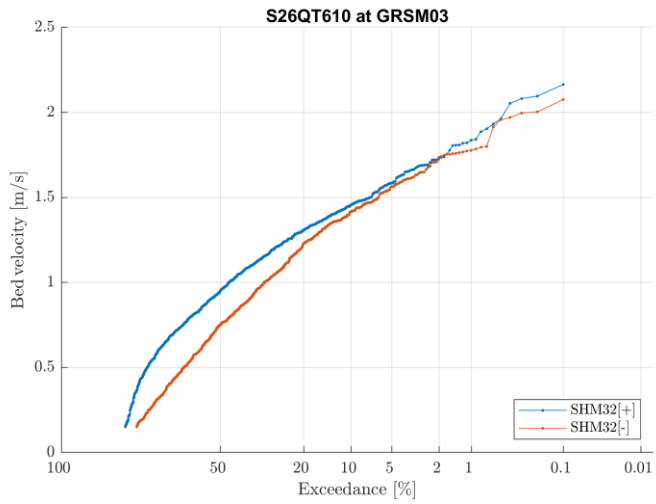
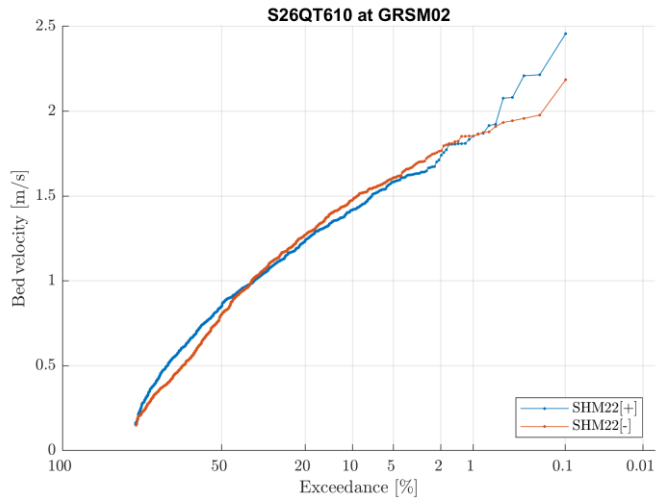
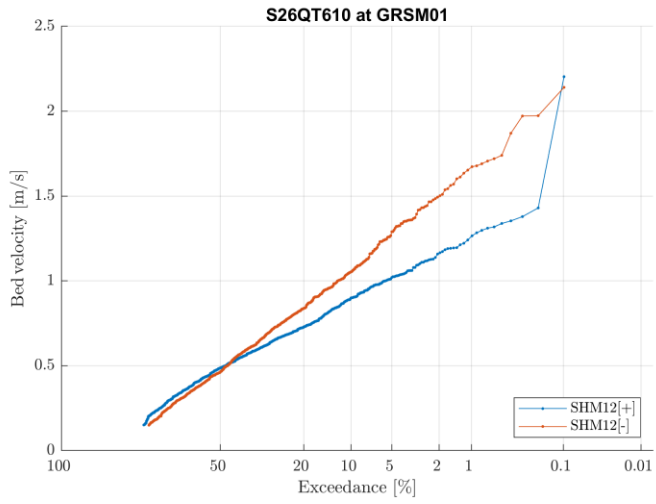


## S26QT609

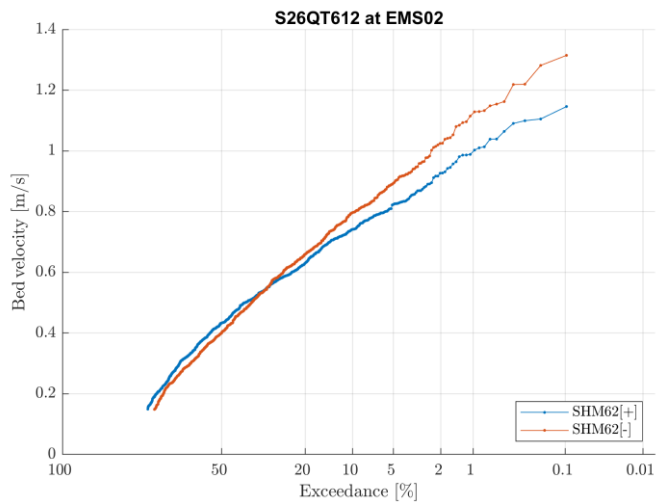
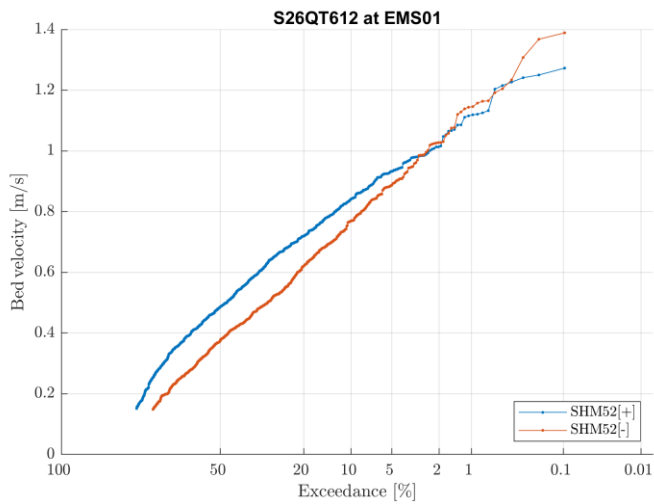
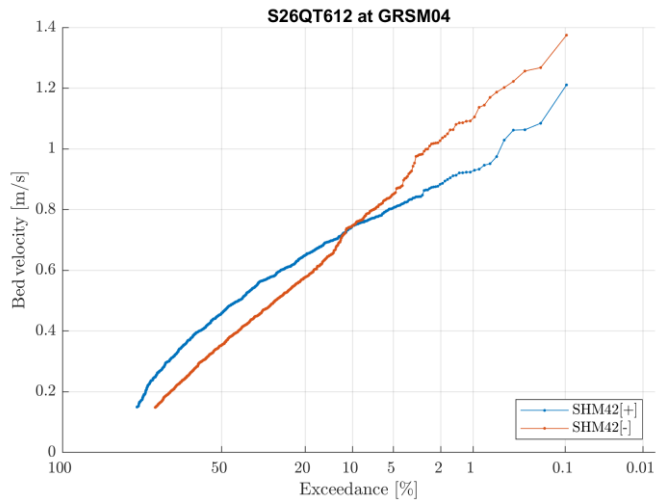
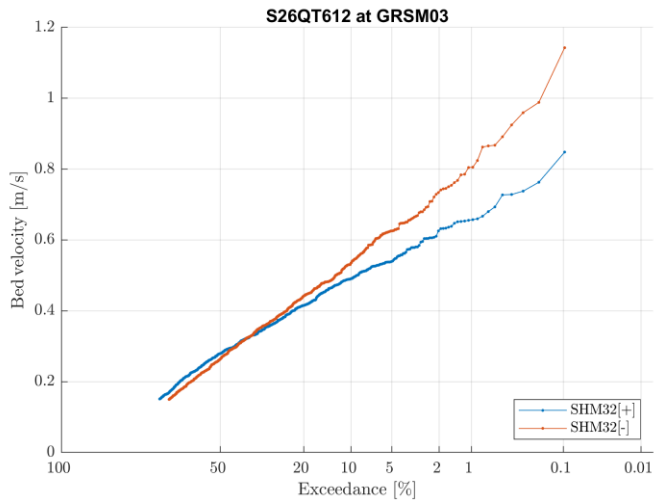
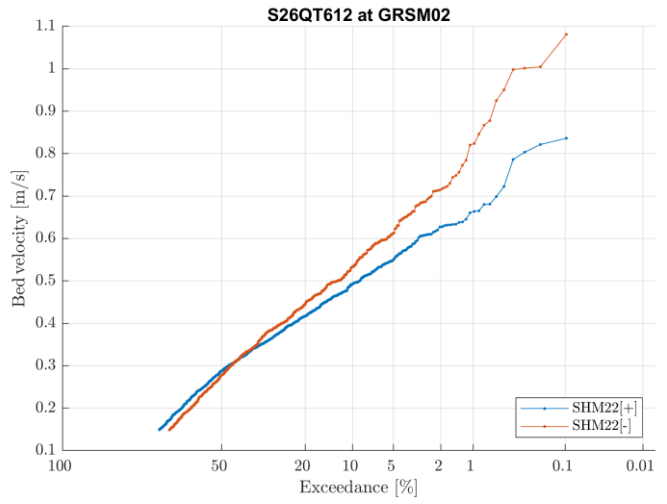
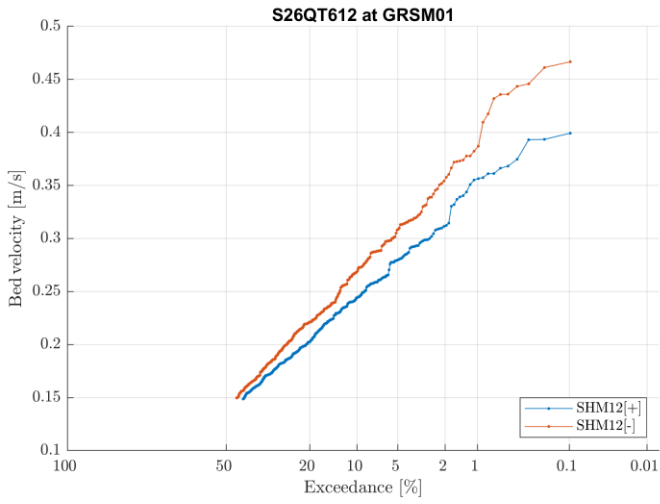




# S26QT610

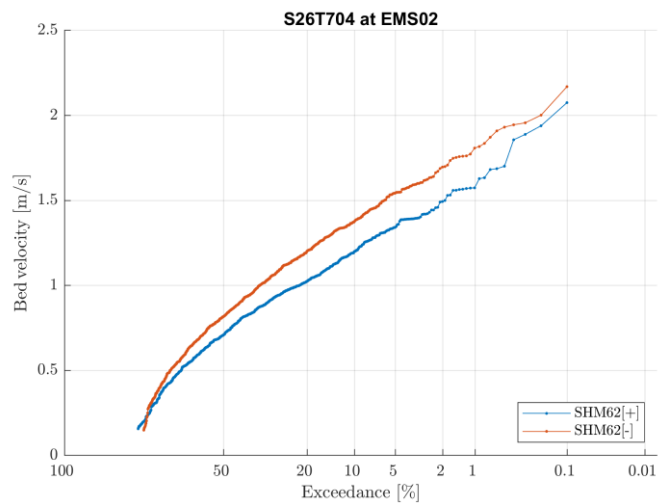
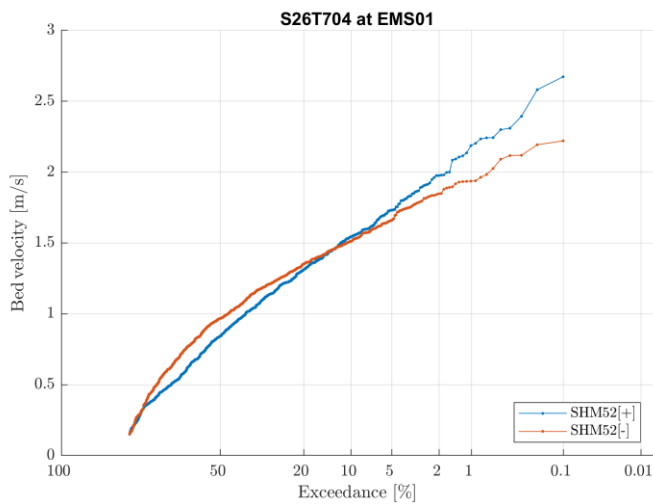
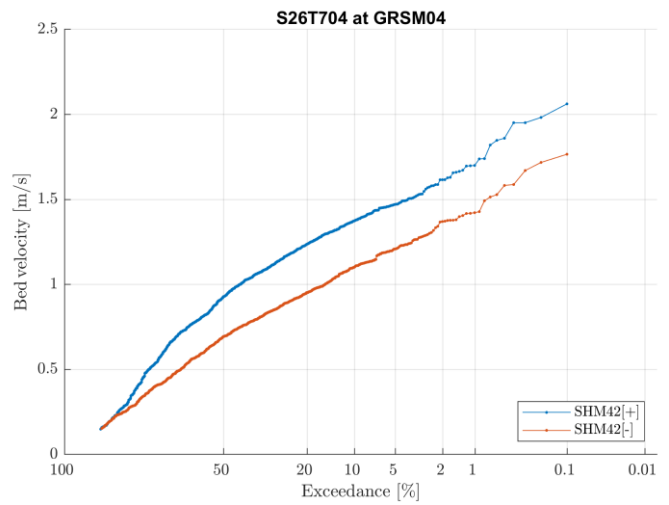
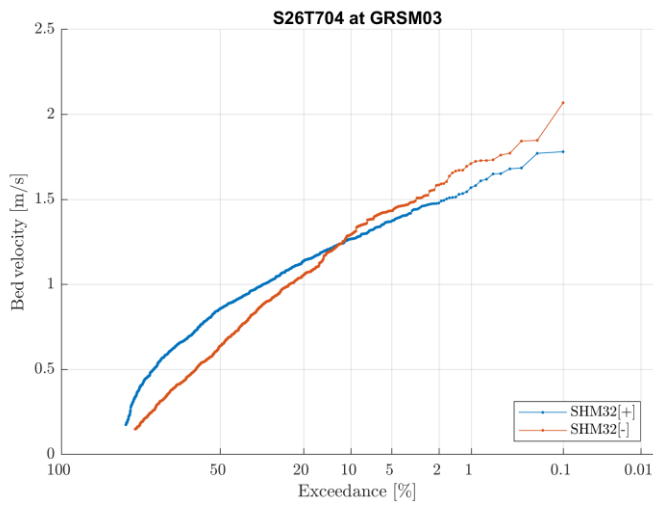
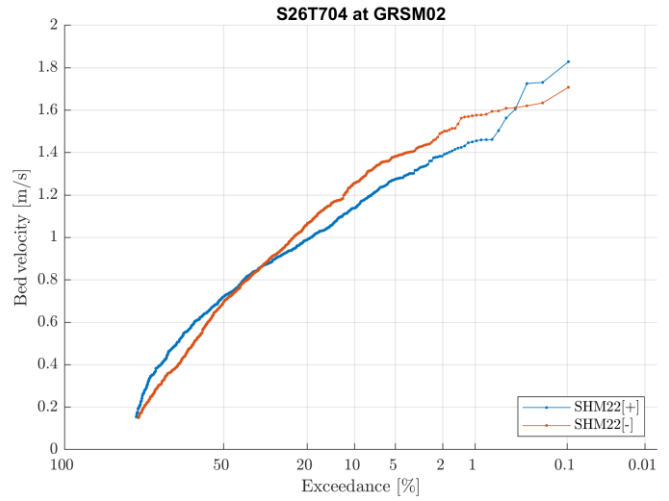
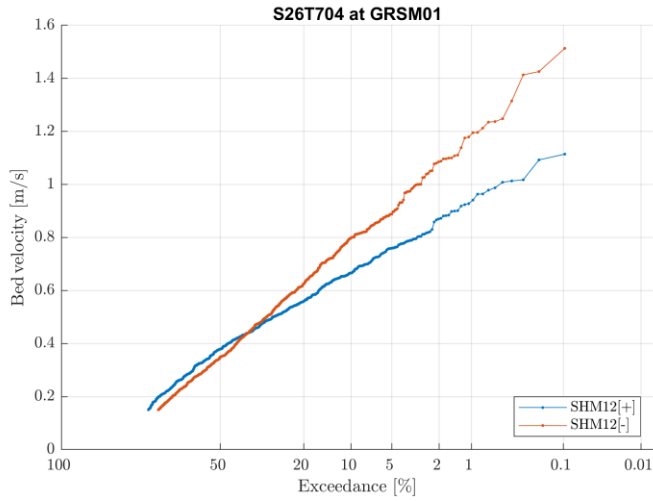


## S26QT612

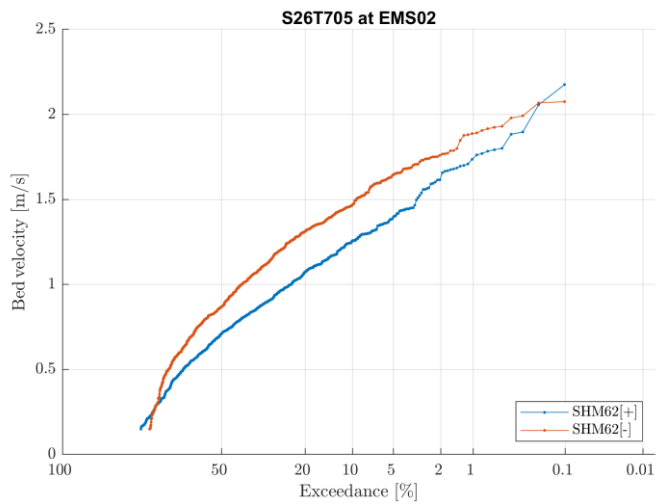
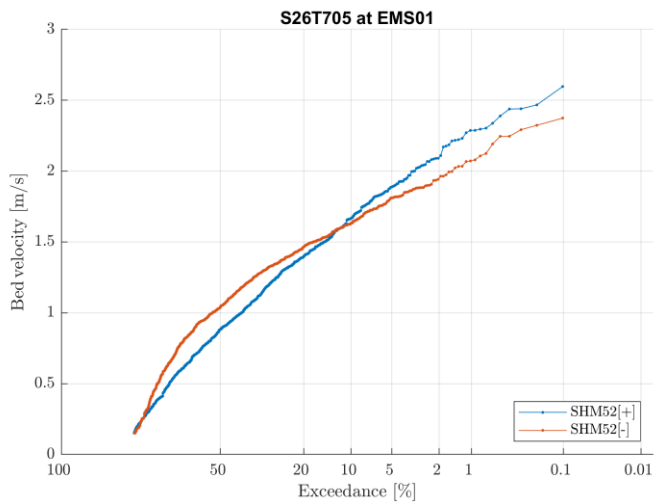
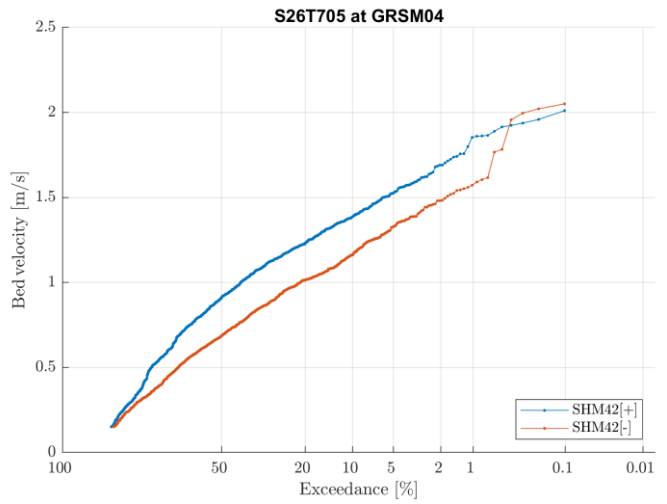
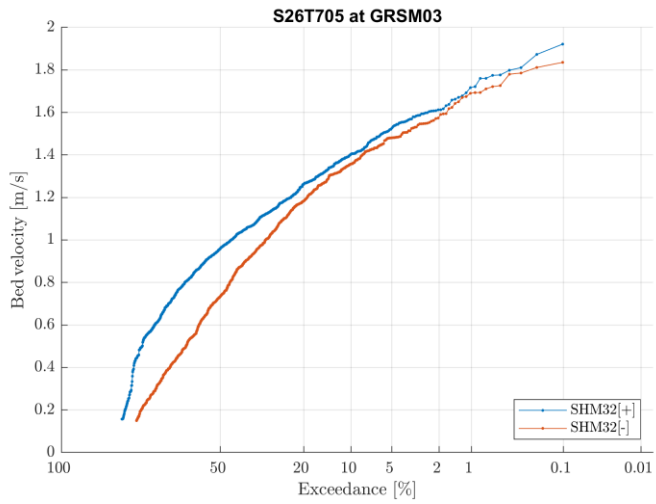
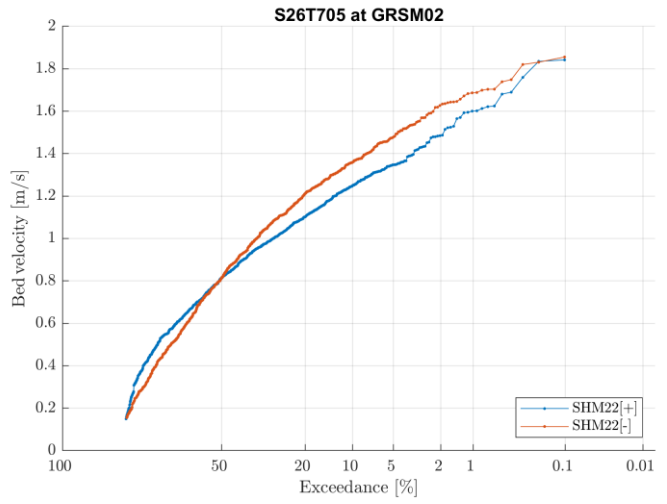
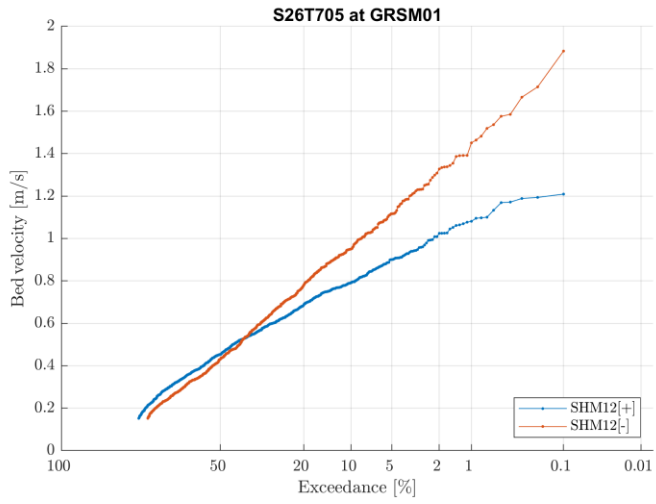


# Test Series T700

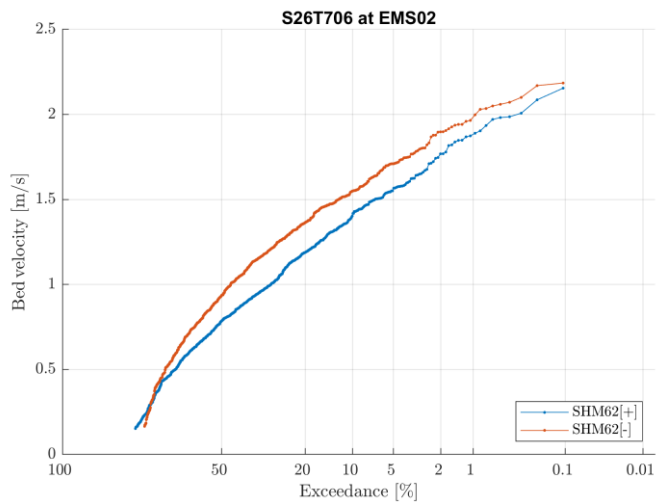
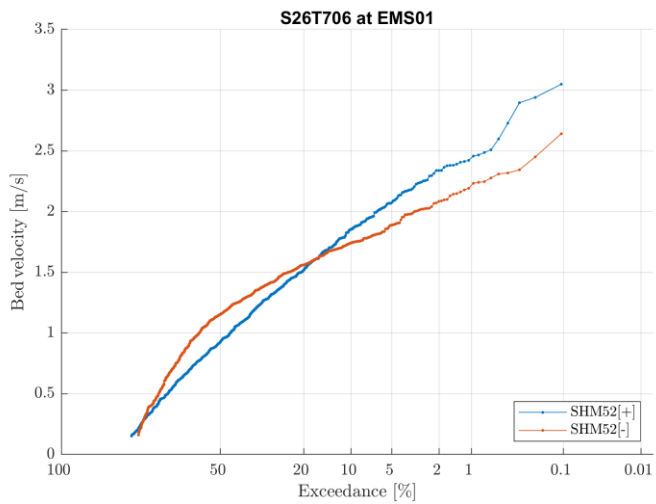
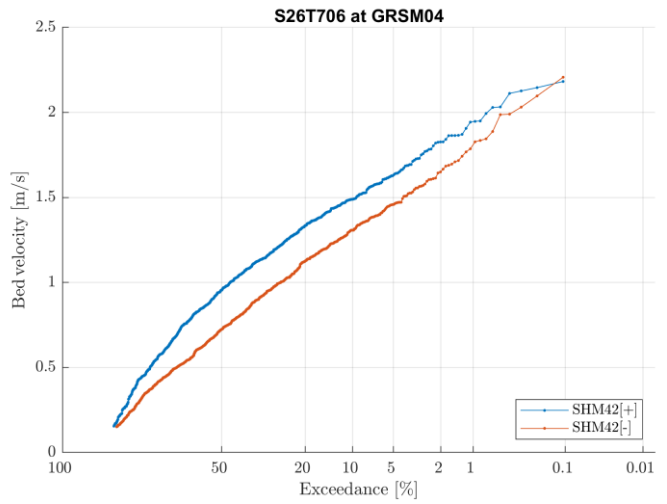
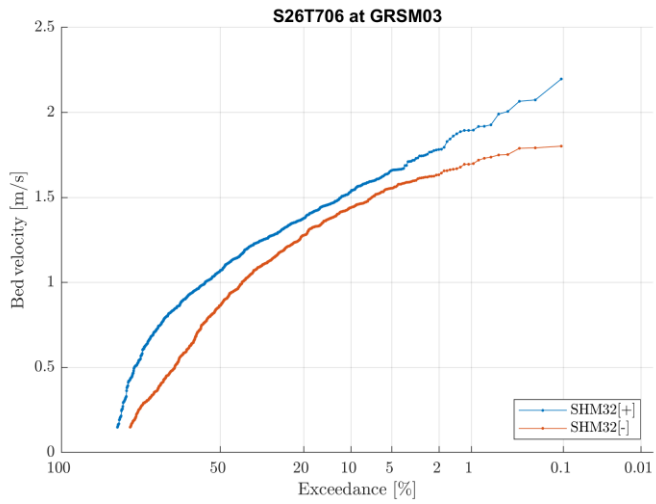
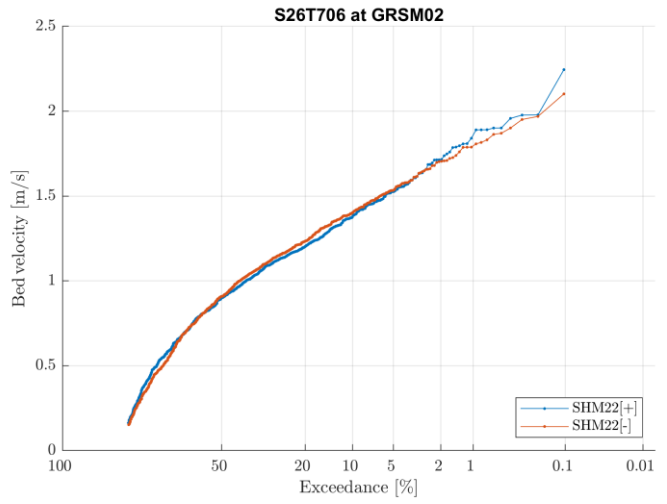
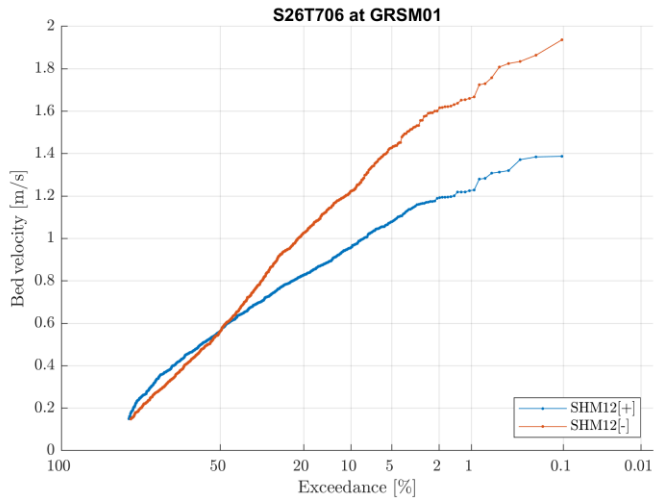
## S26T704



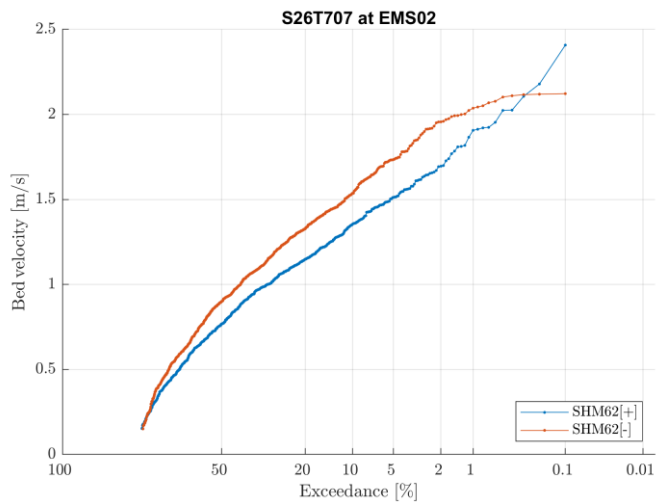
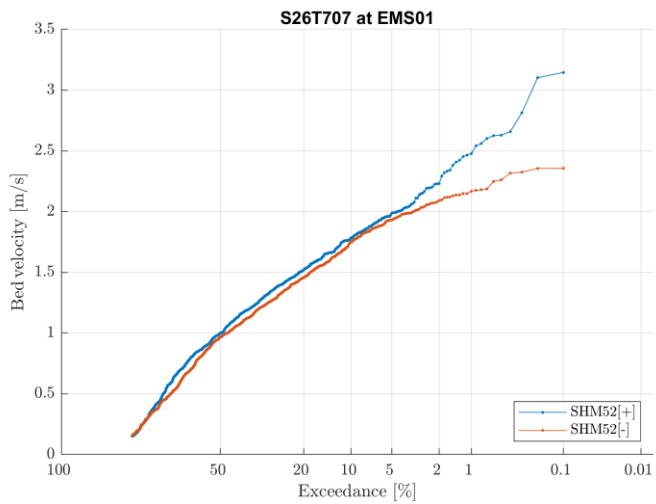
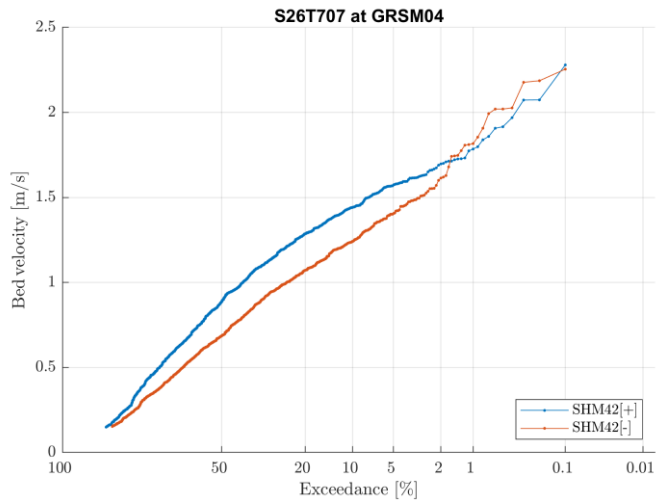
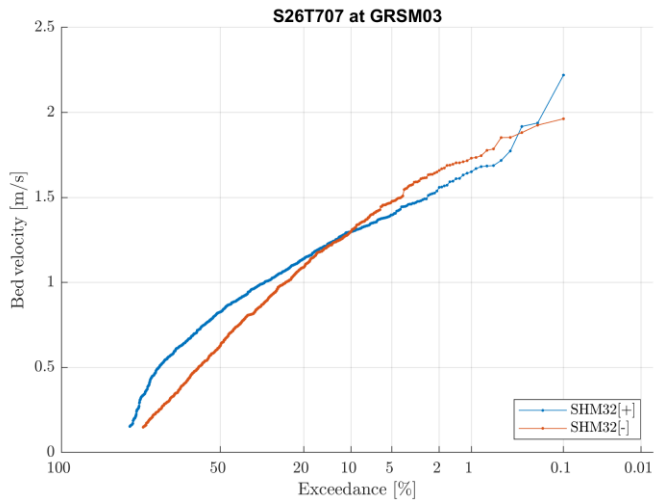
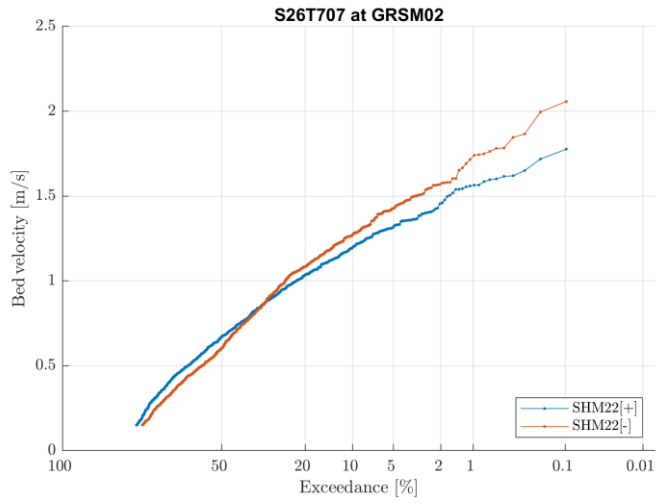
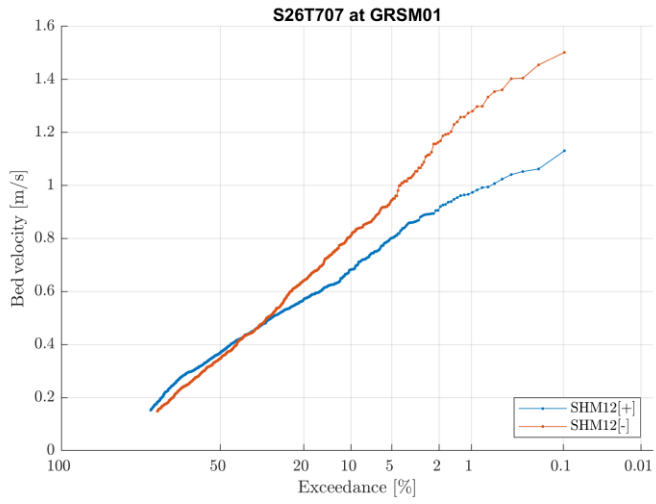
# S26T705



# S26T706

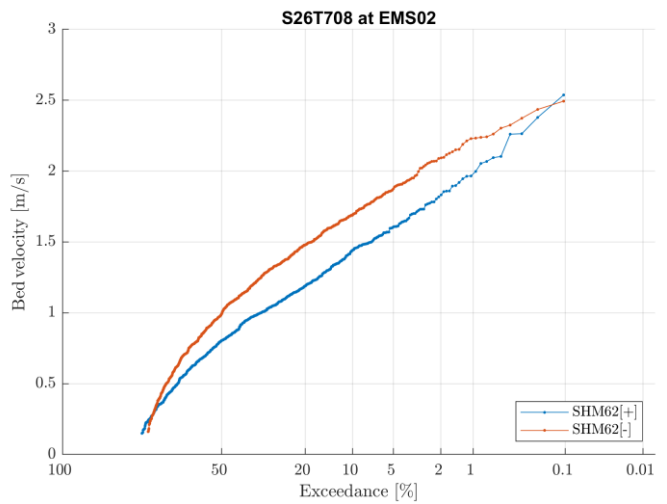
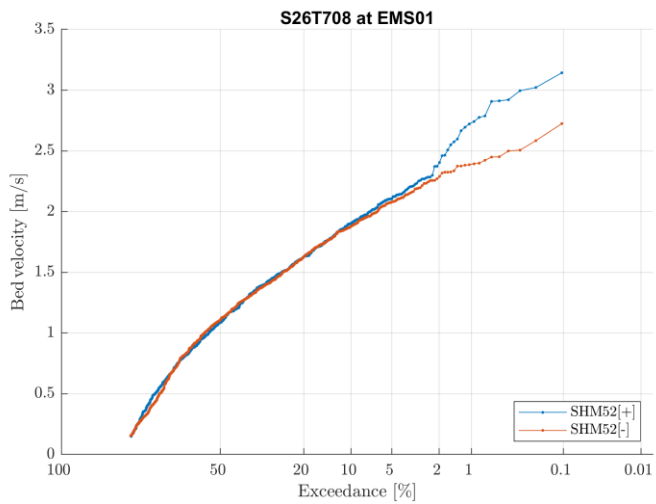
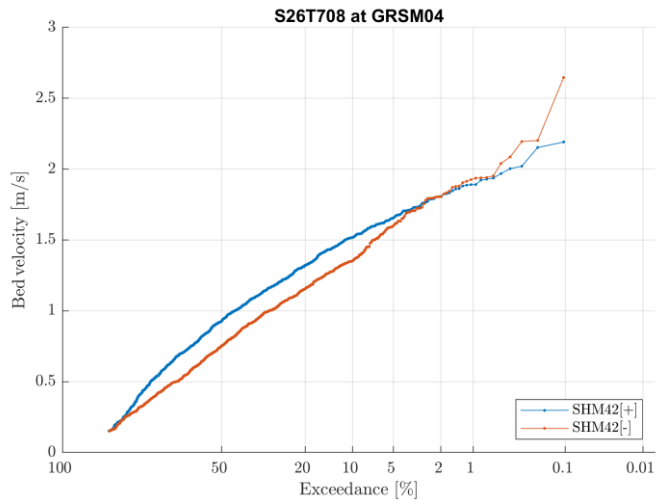
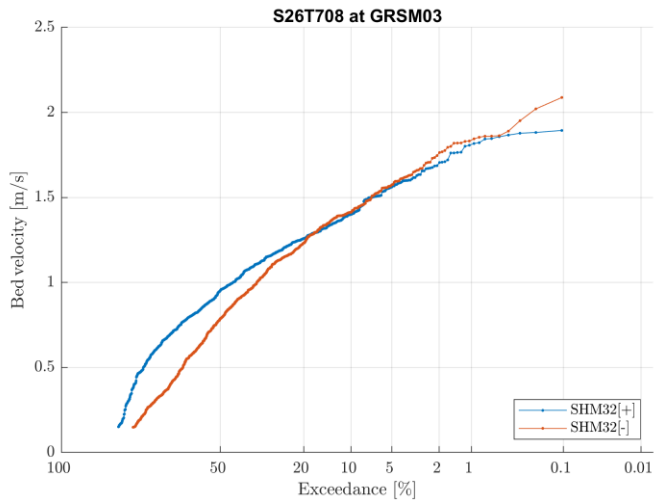
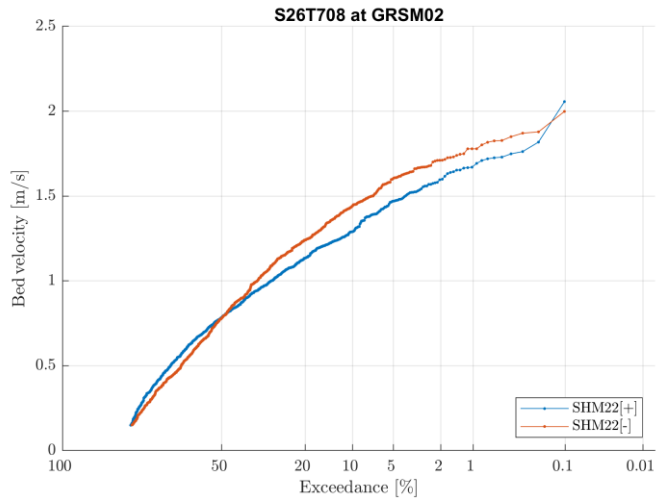
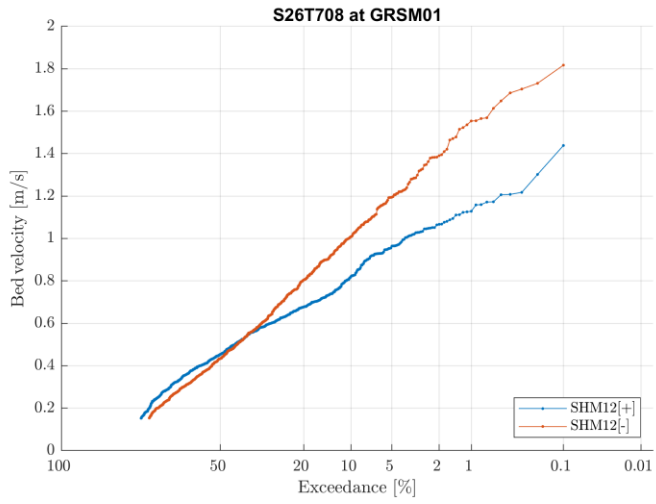


# S26T707

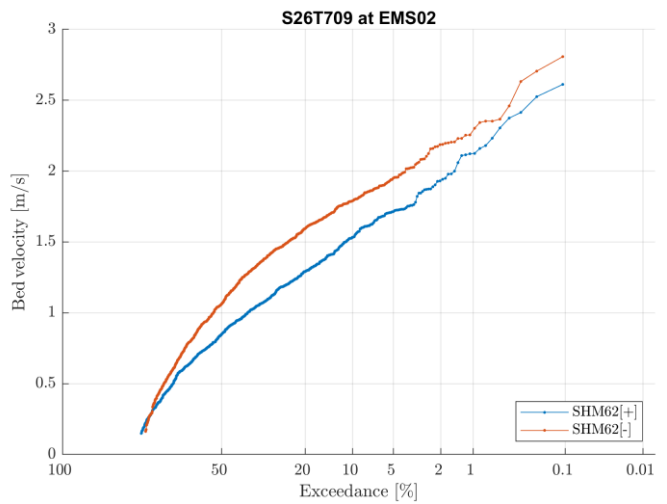
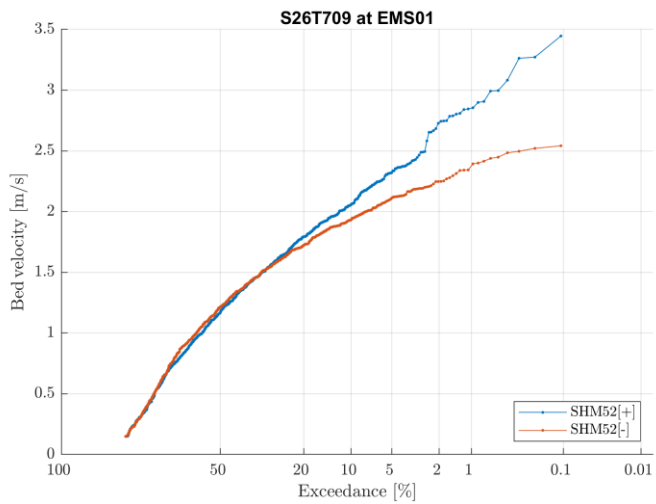
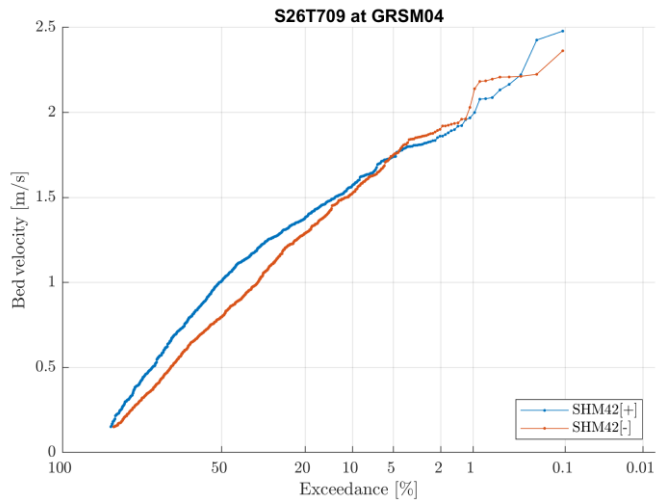
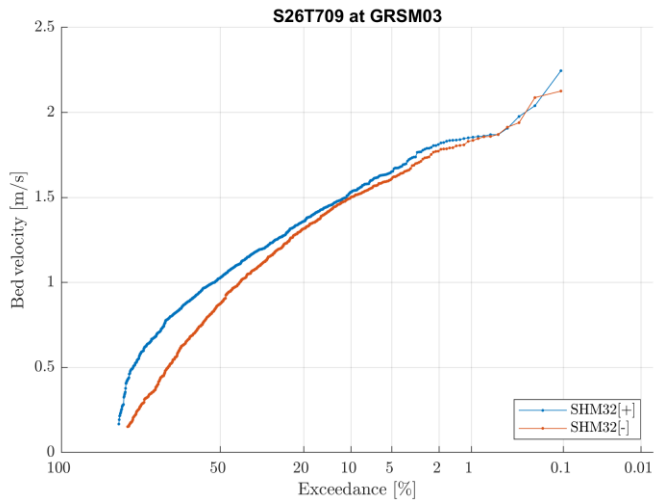
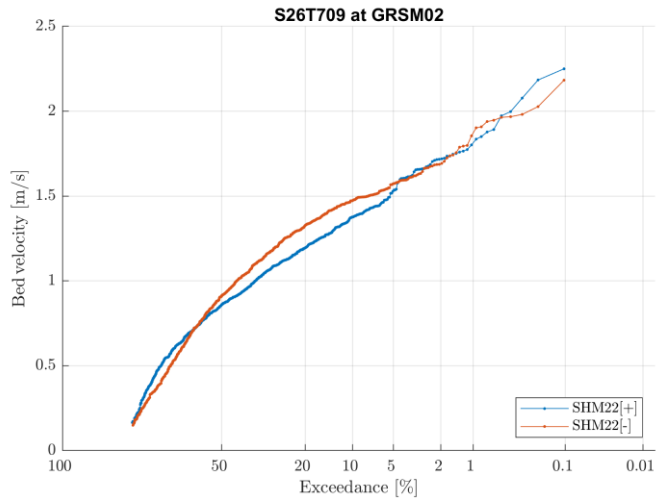
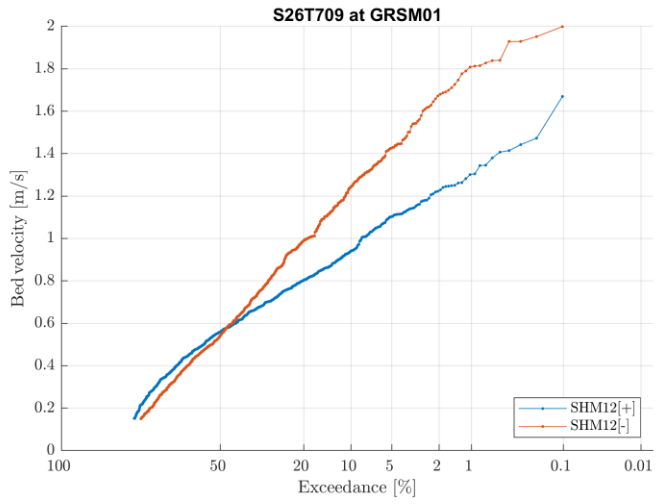




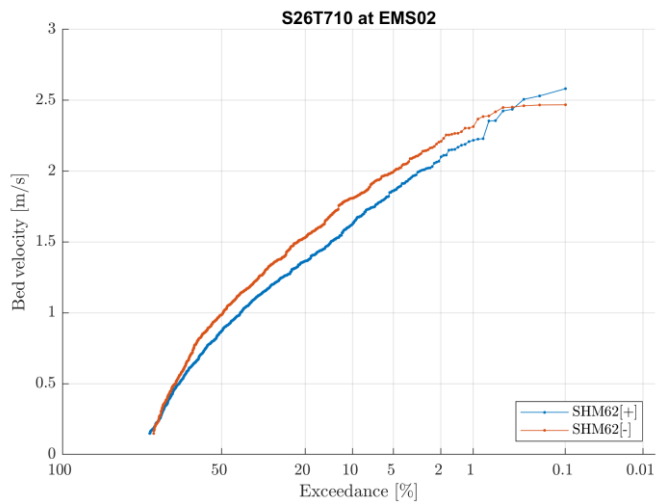
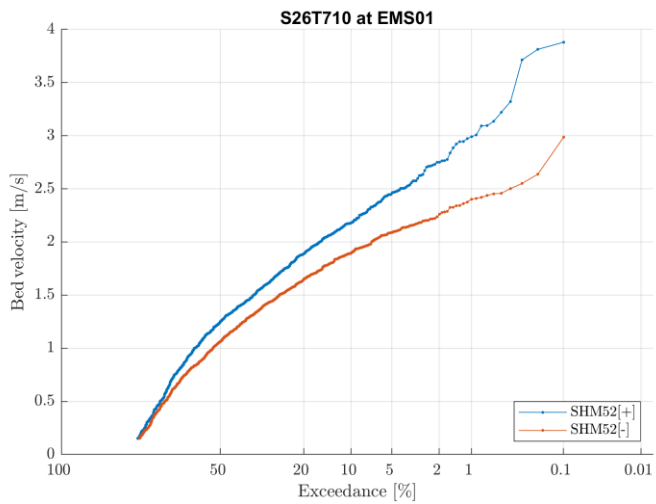
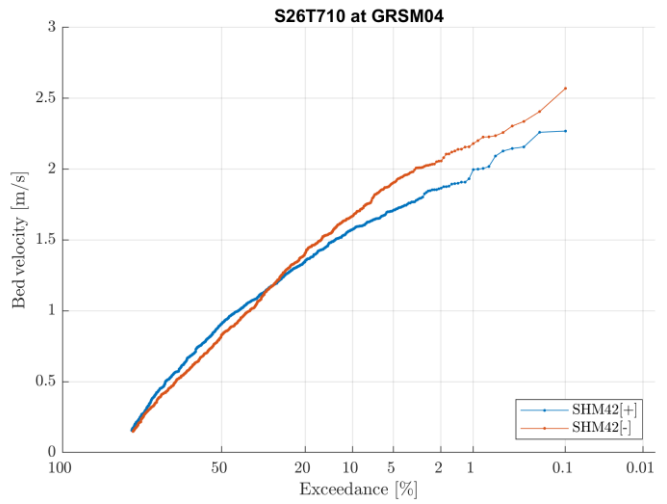
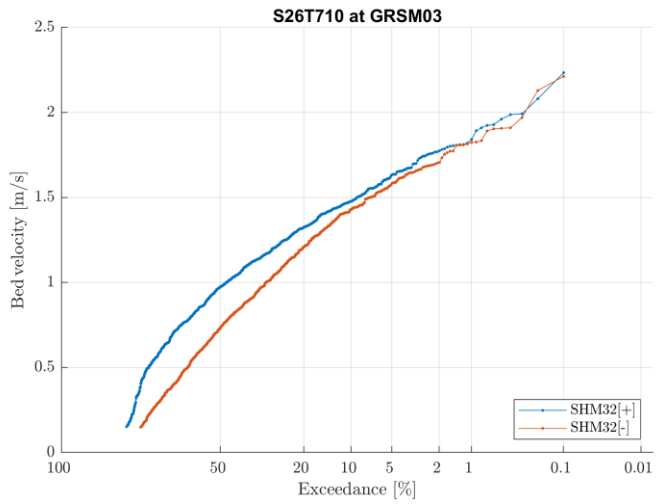
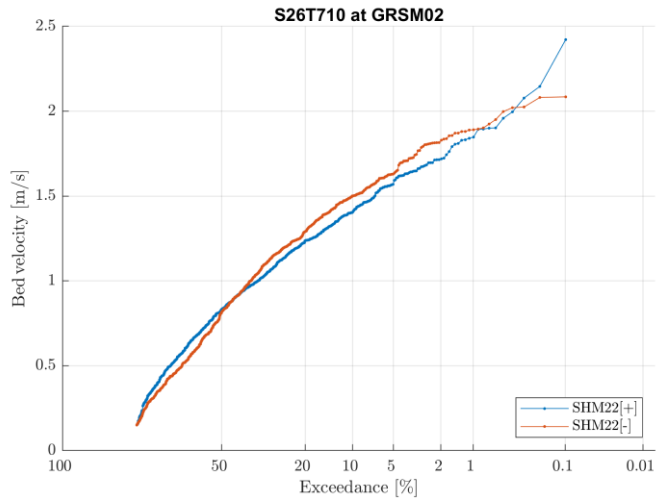
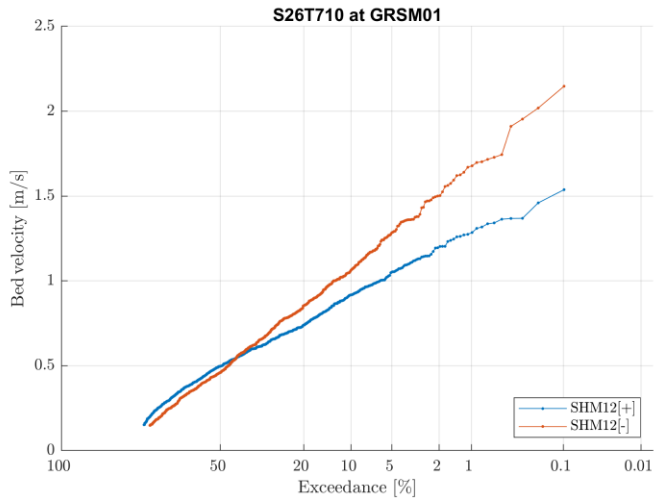
# S26T708



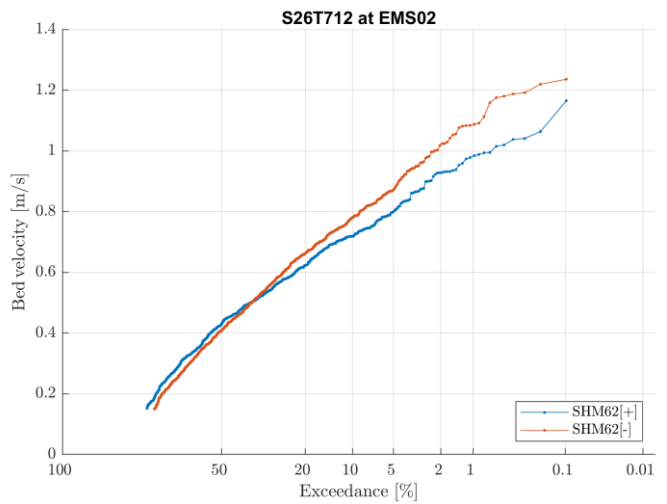
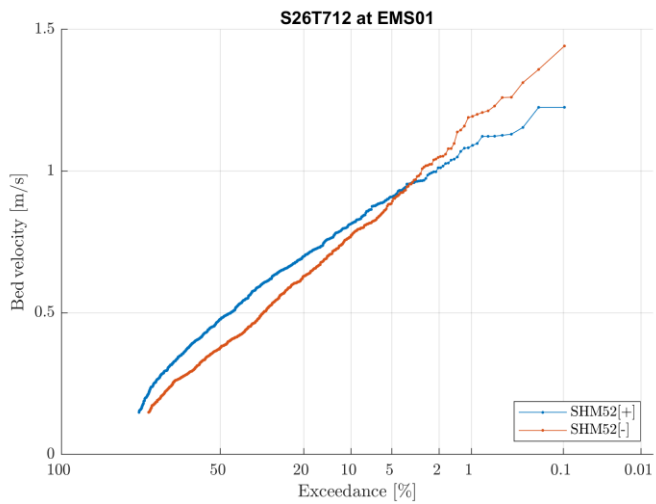
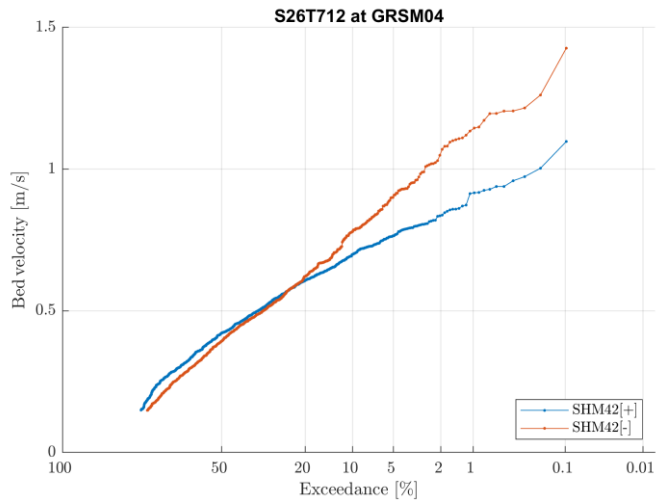
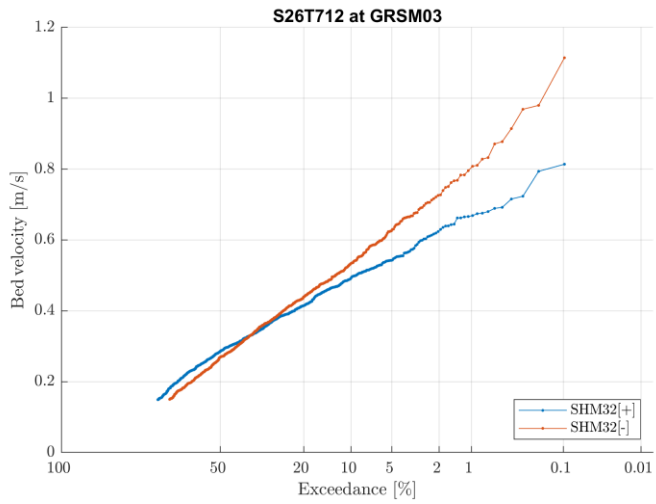
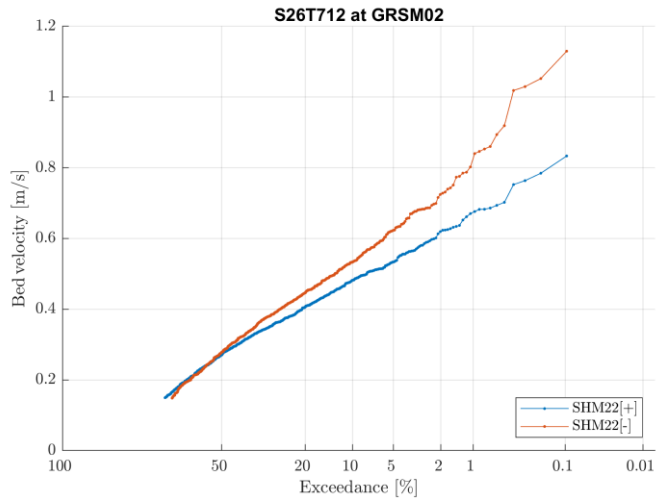
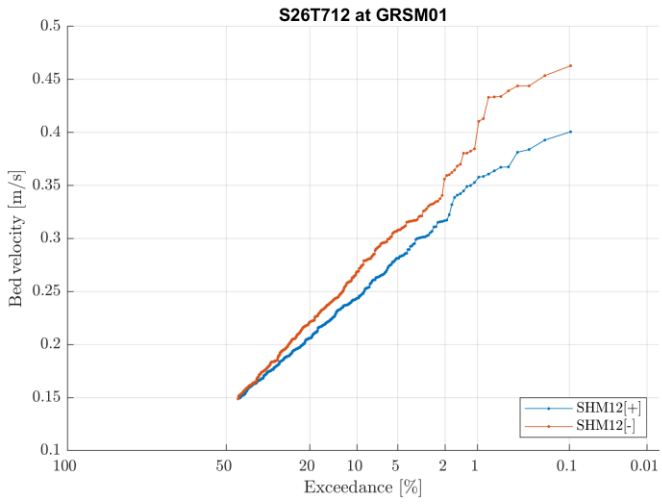
# S26T709



# S26T710

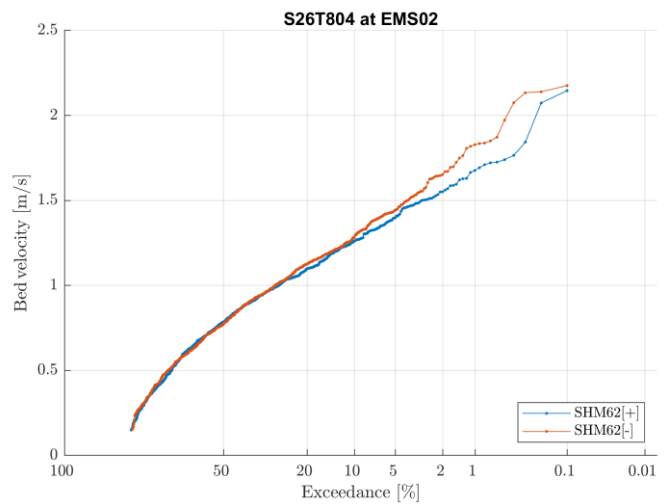
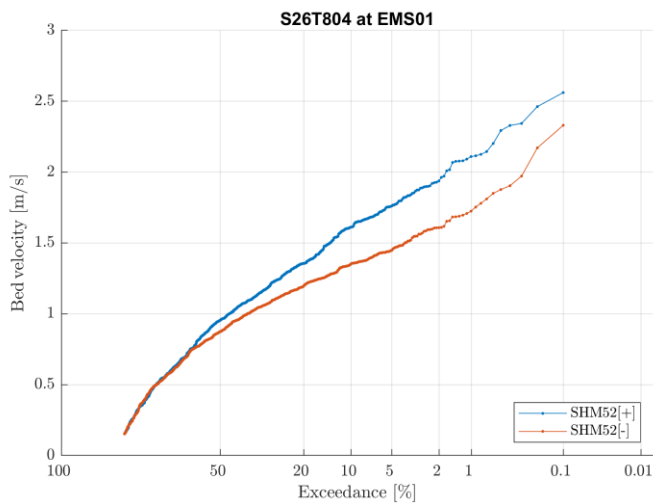
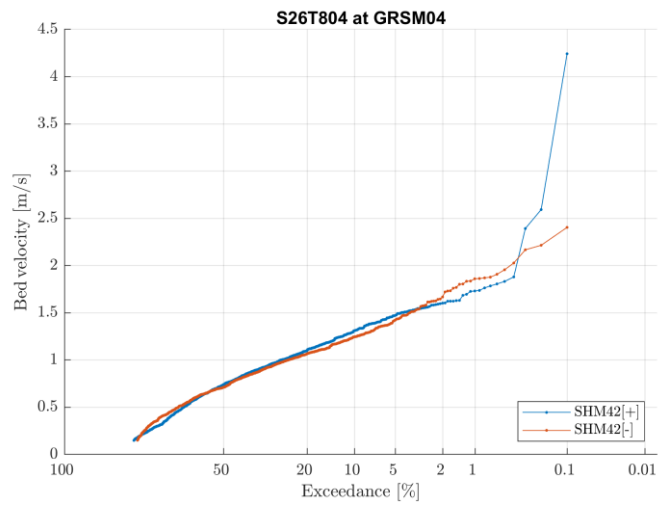
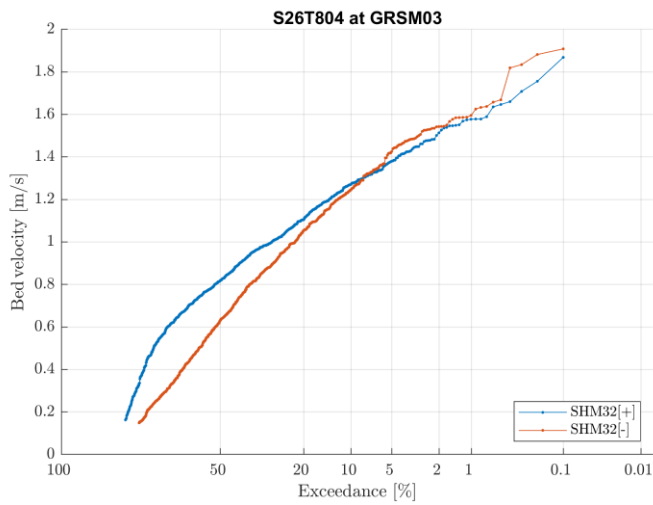
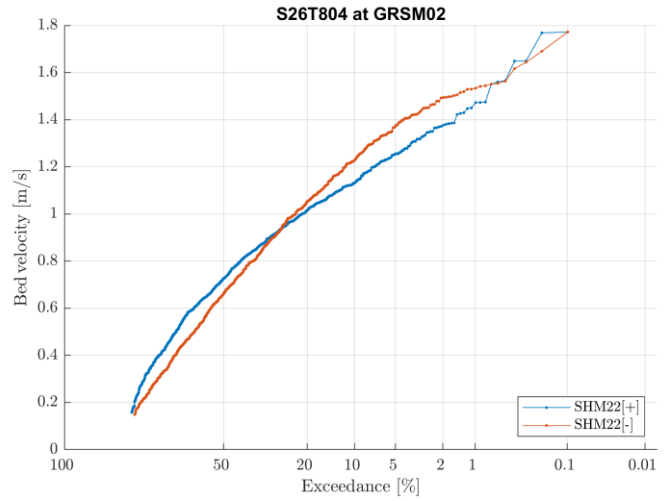
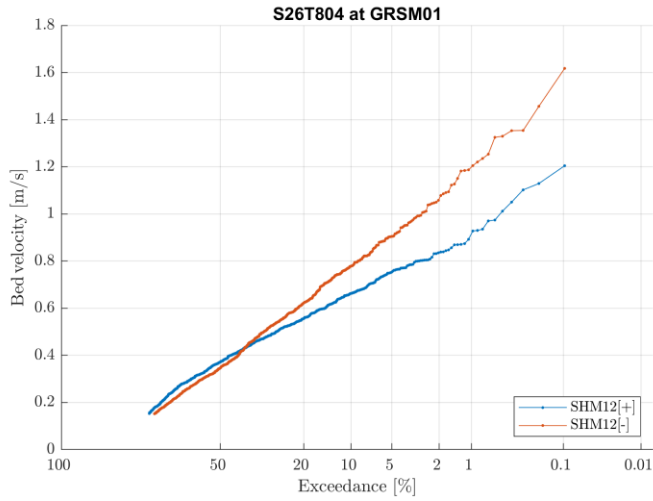


# S26T712

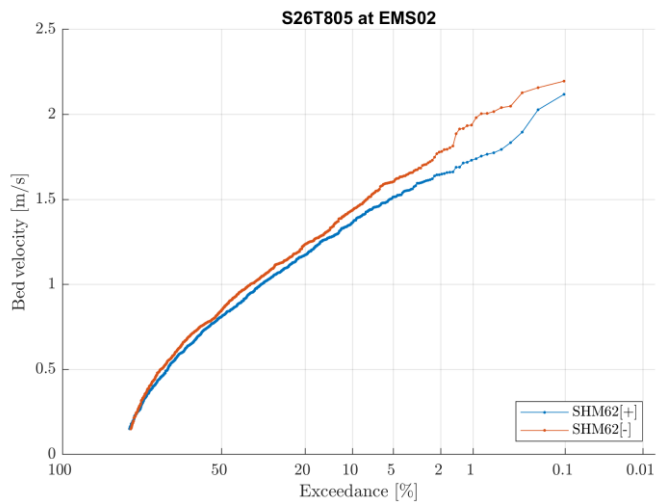
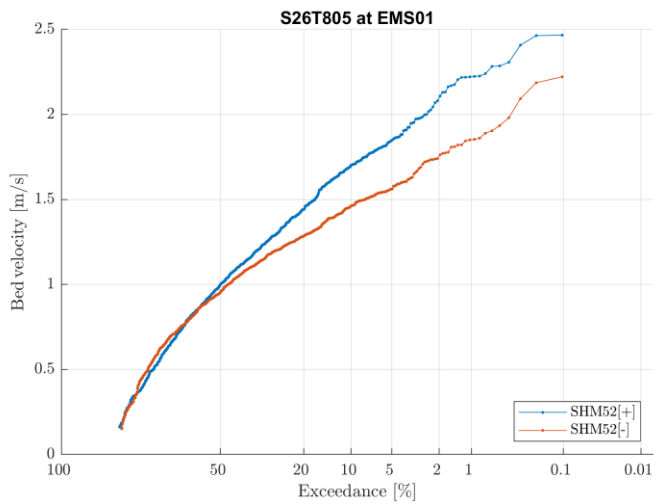
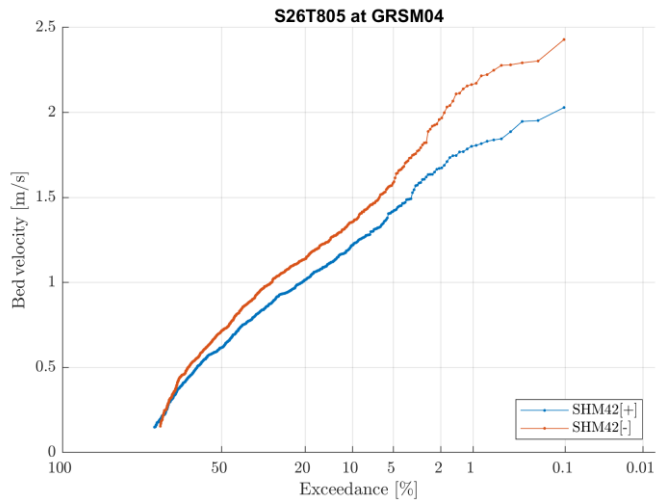
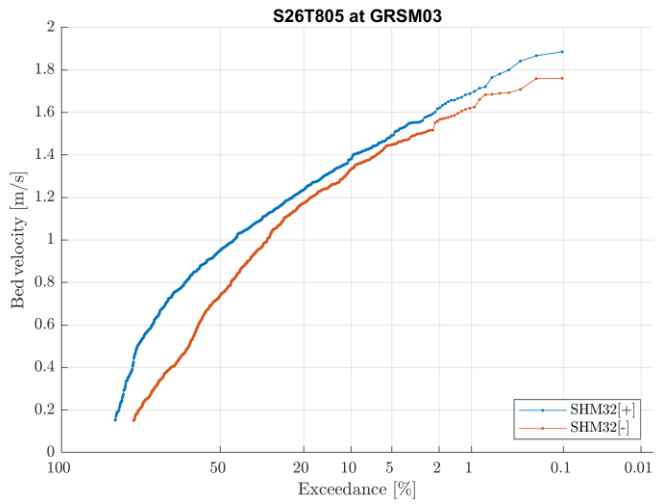
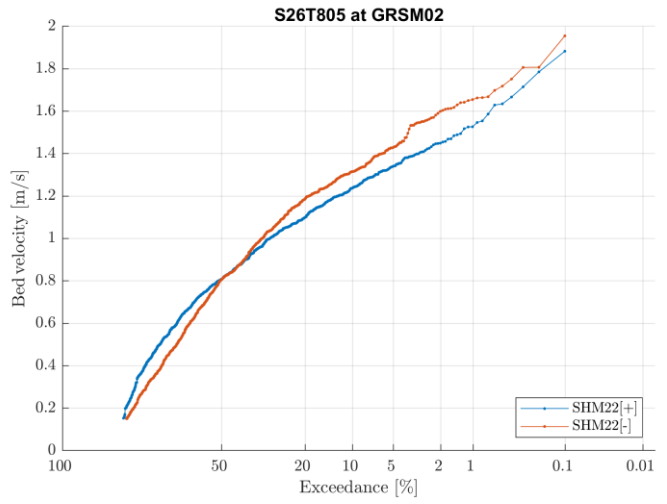
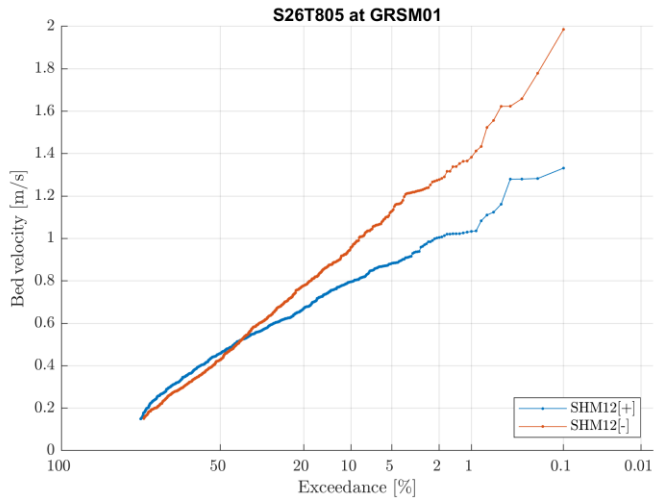


# Test Series T800

## S26T804

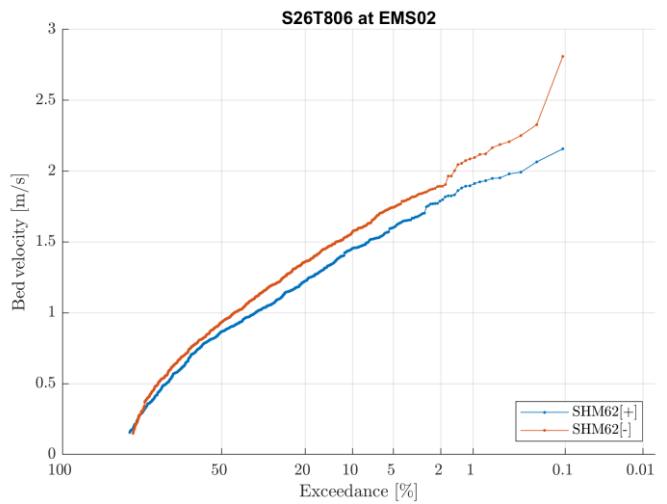
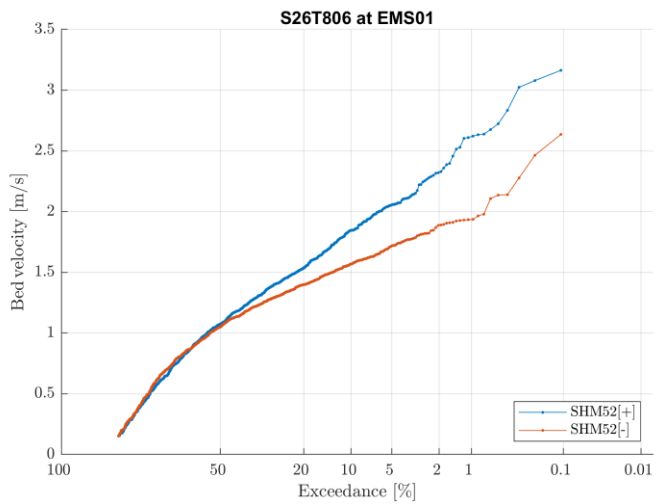
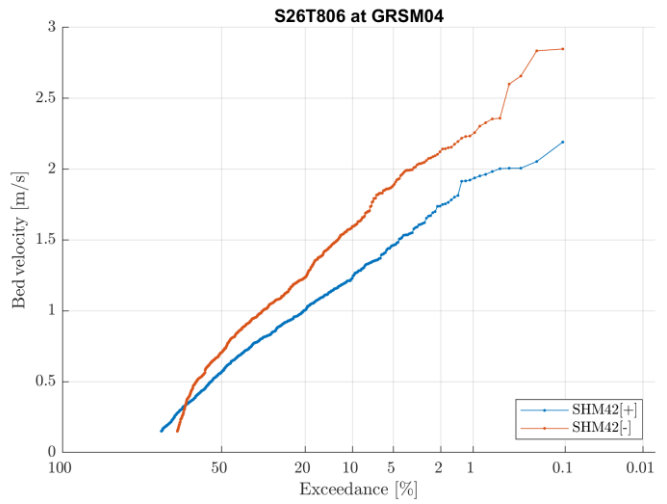
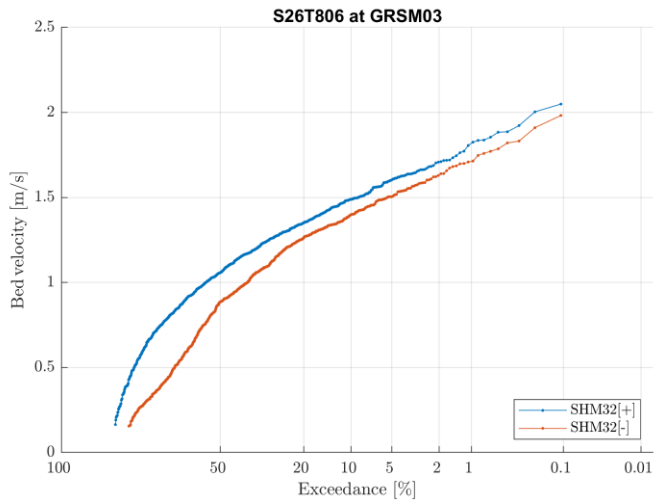
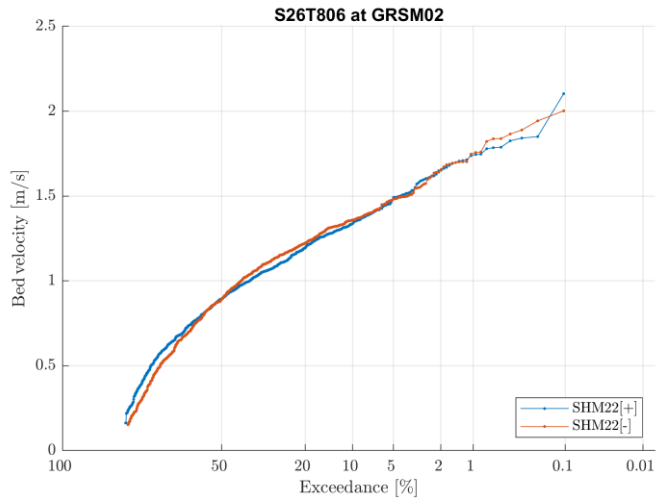
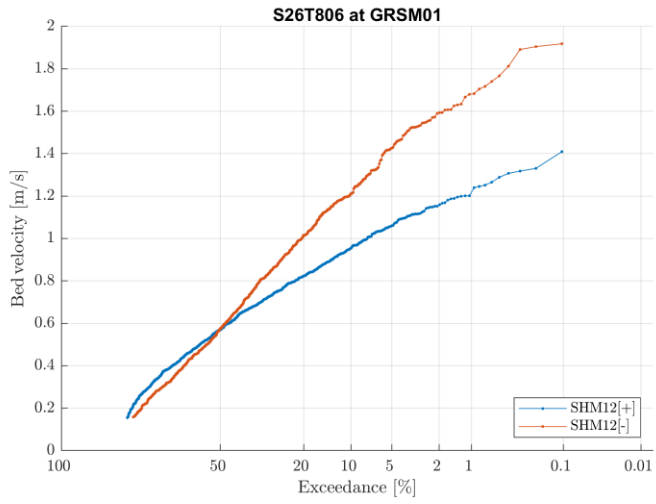


# S26T805

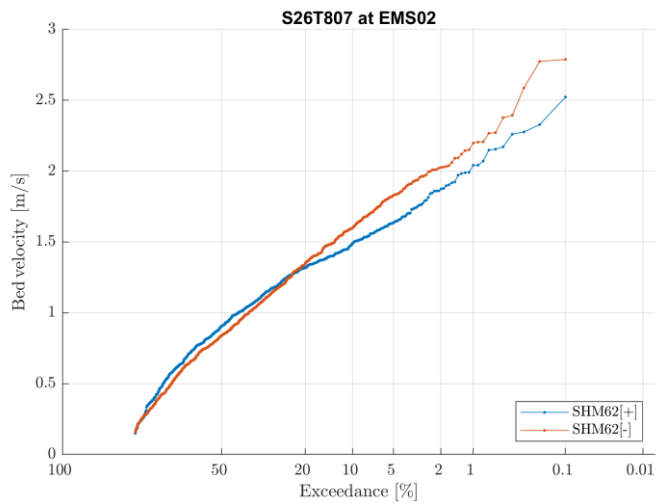
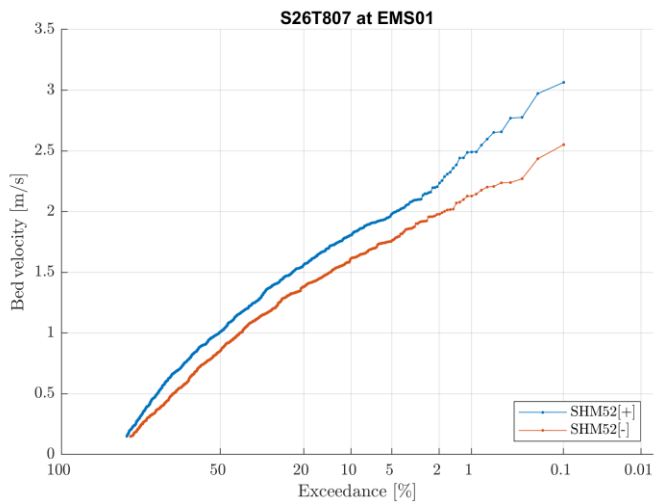
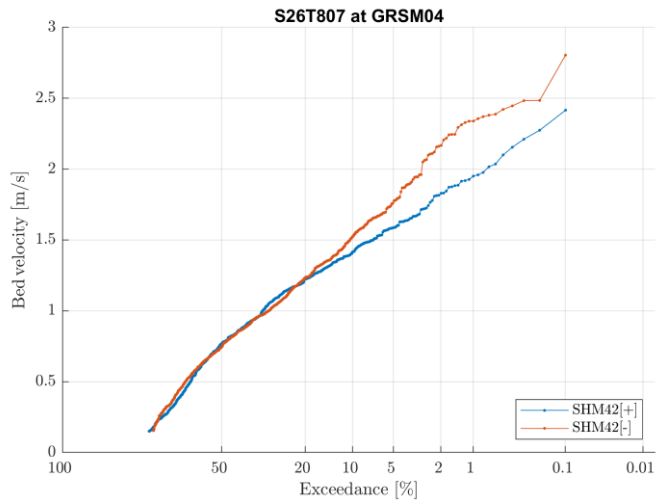
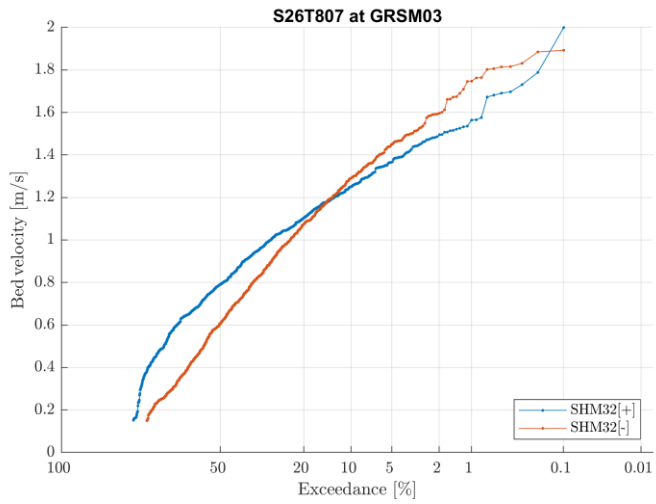
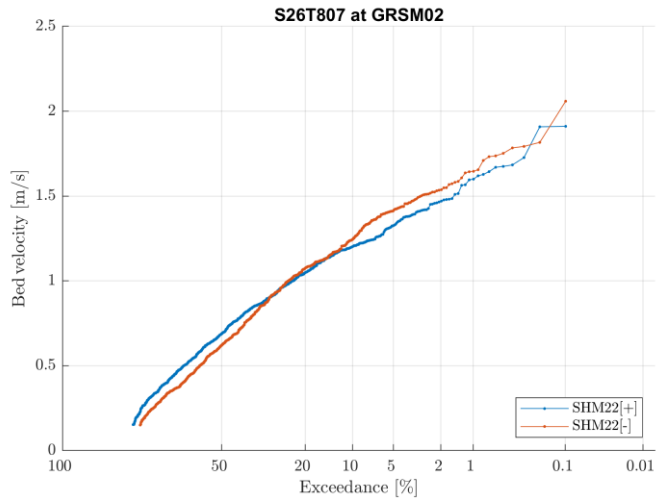
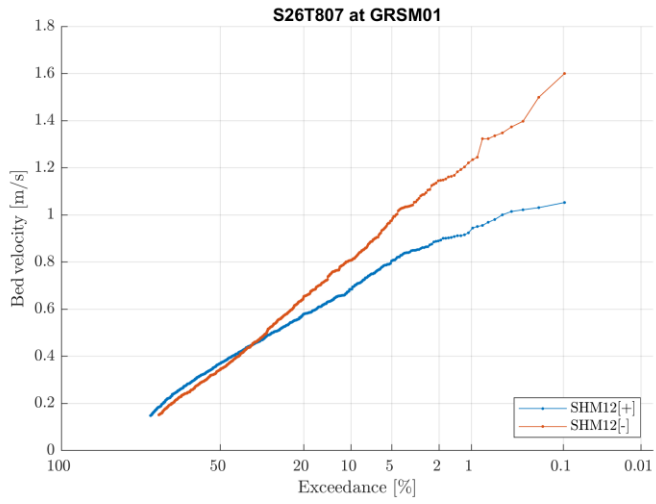




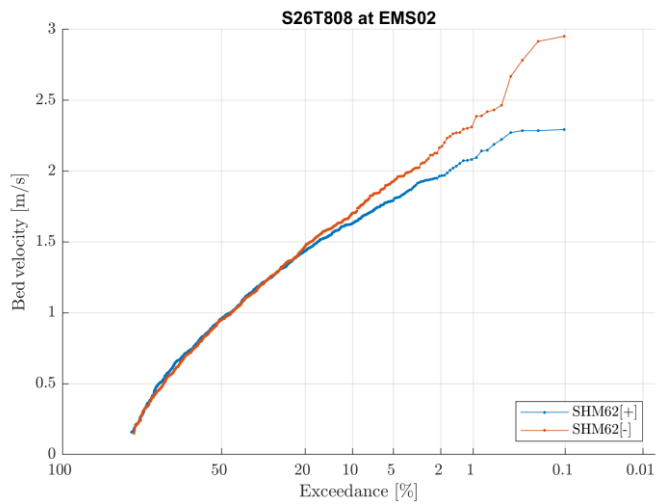
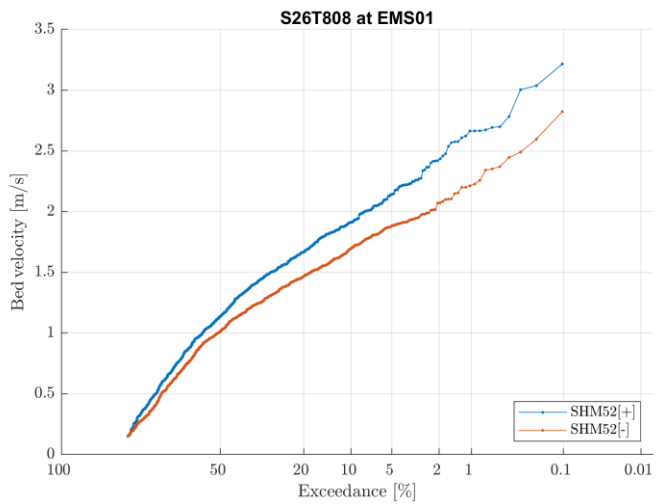
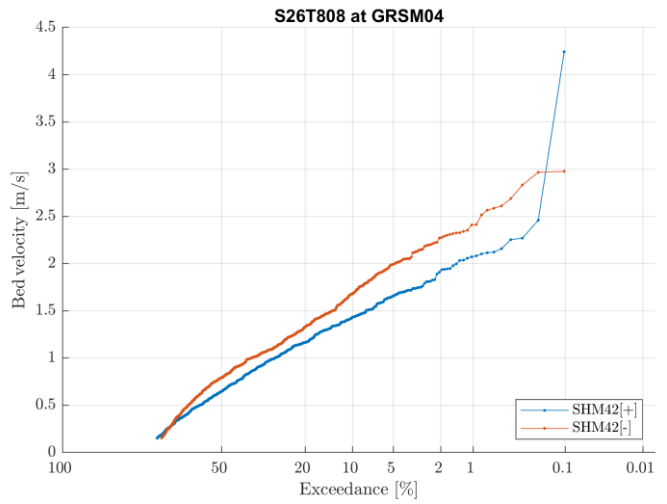
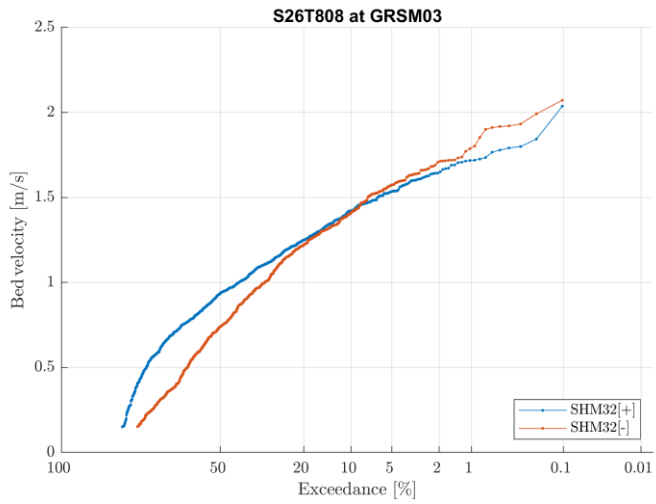
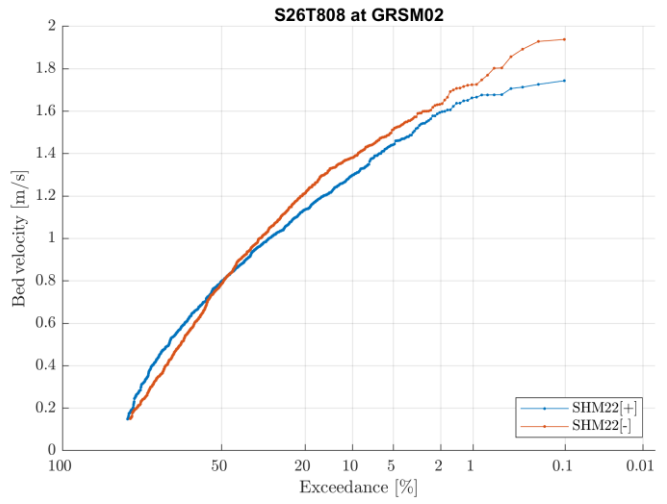
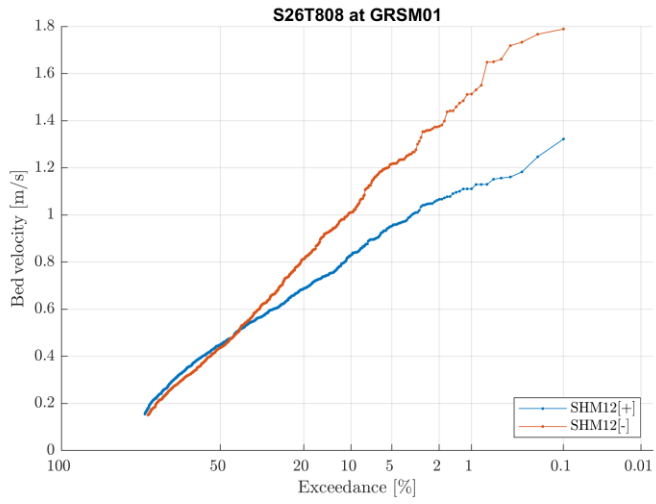
# S26T806



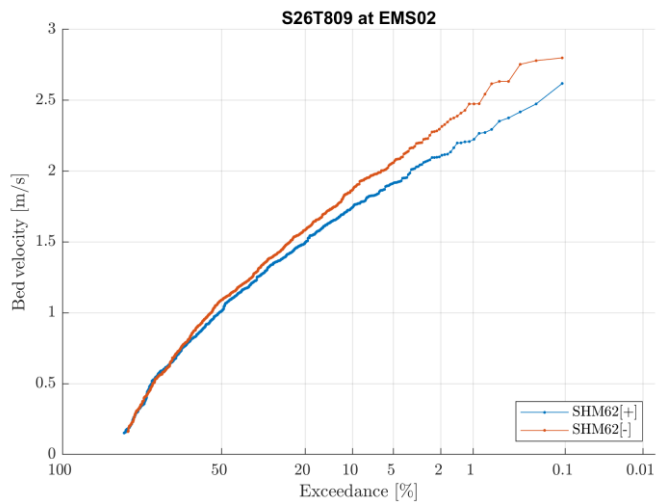
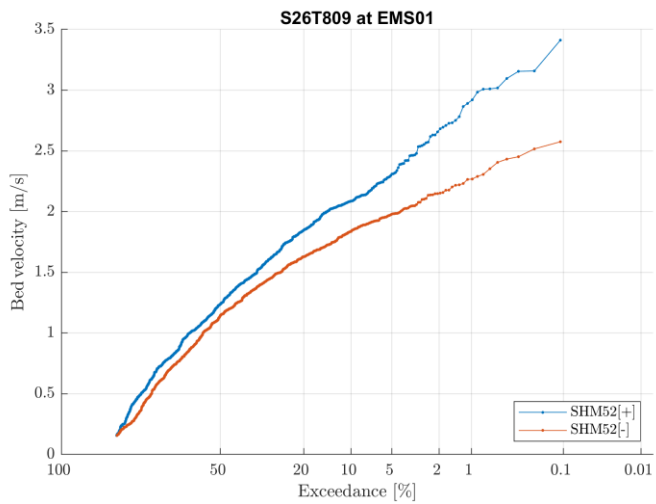
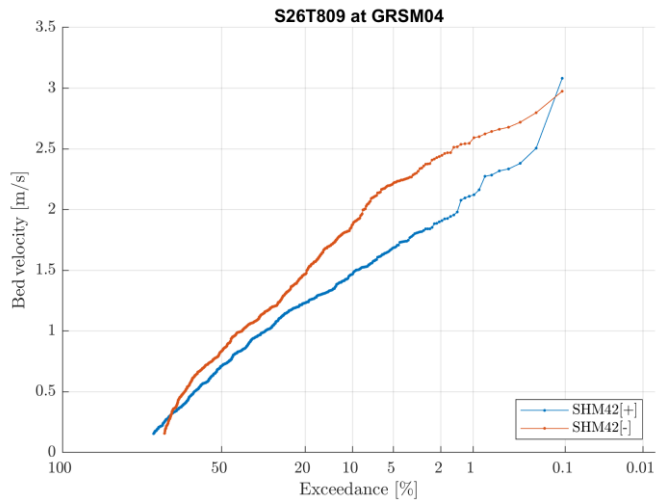
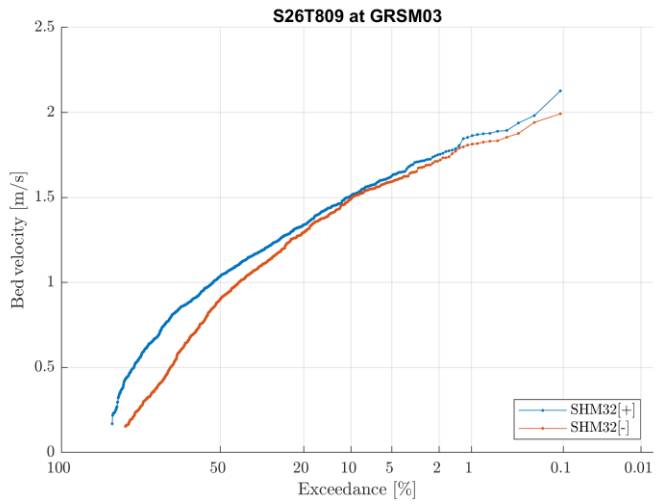
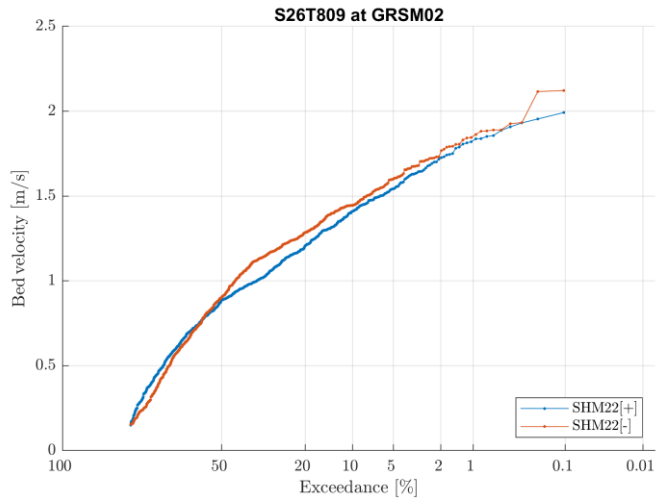
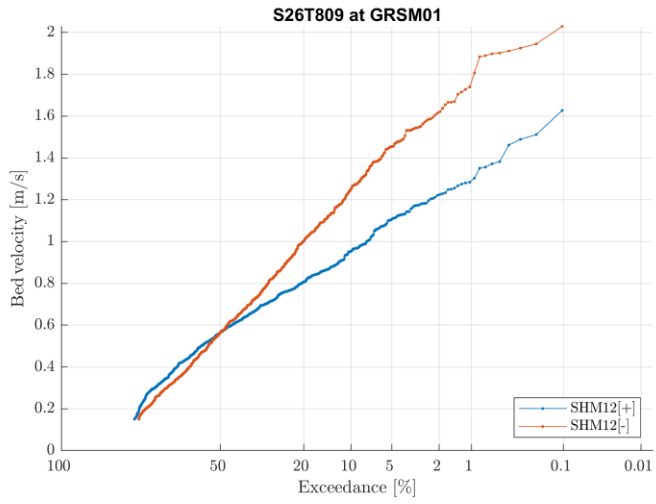
# S26T807



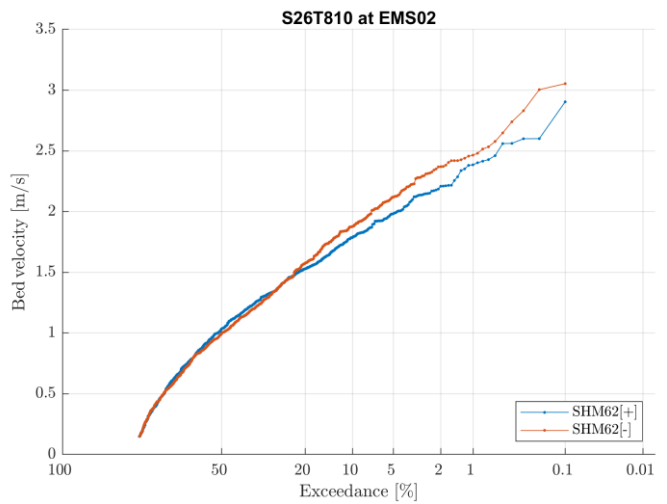
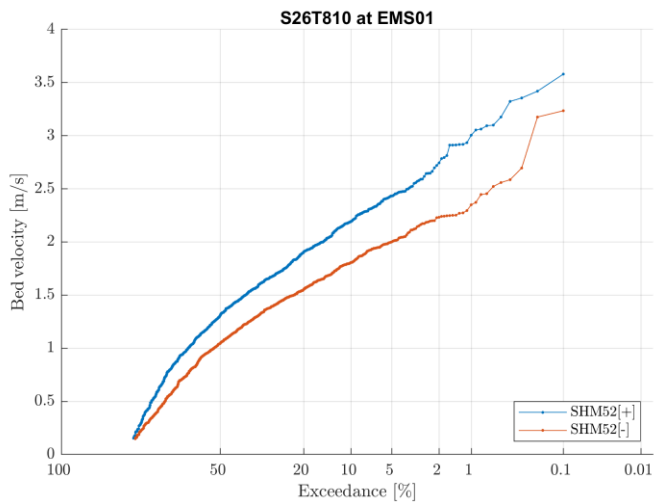
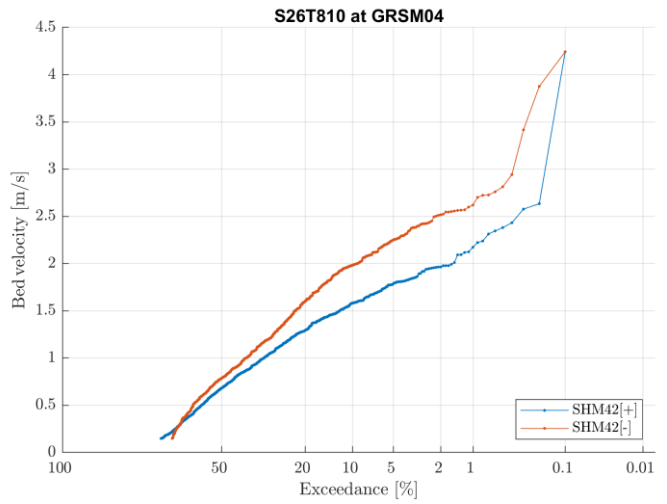
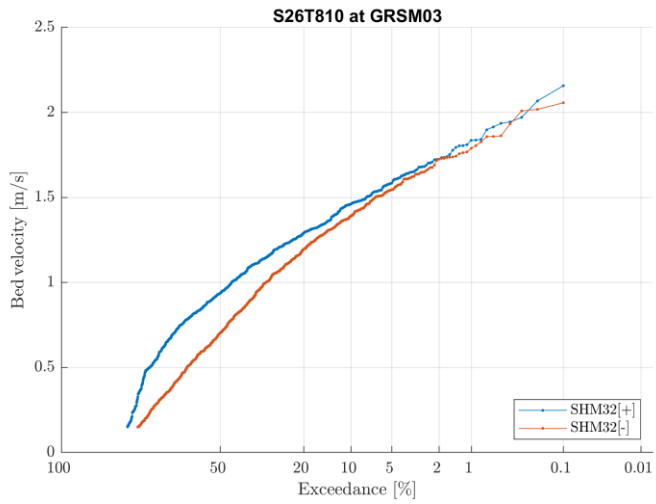
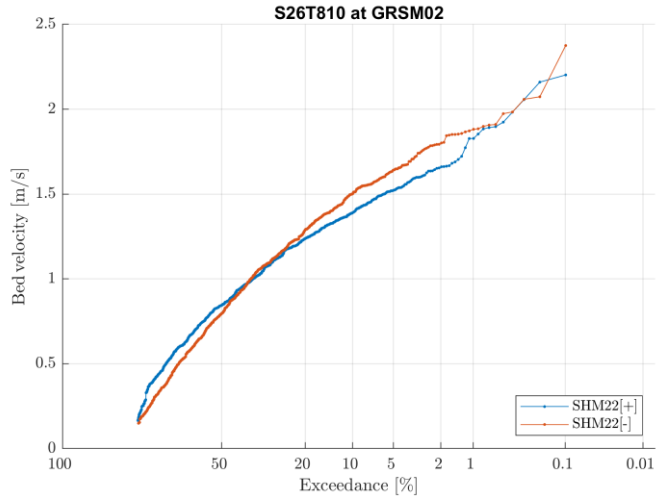
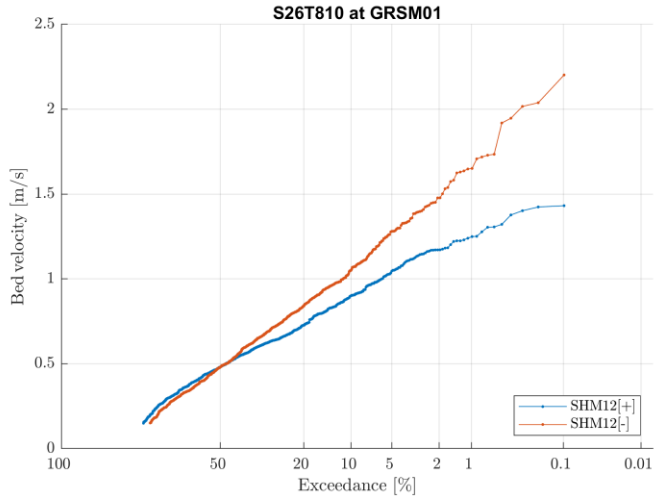
# S26T808



# S26T809

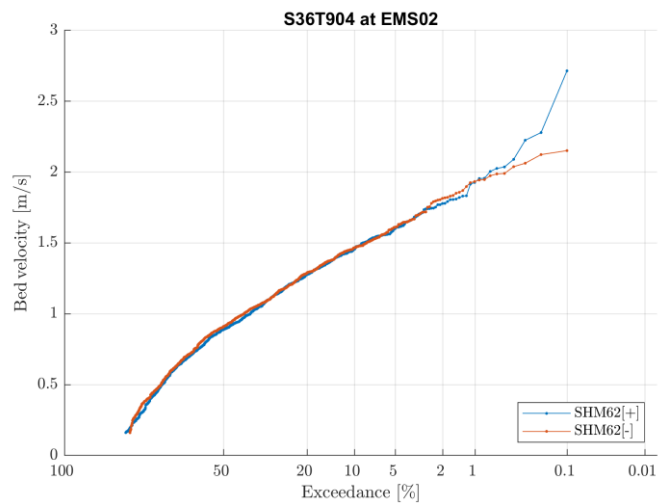
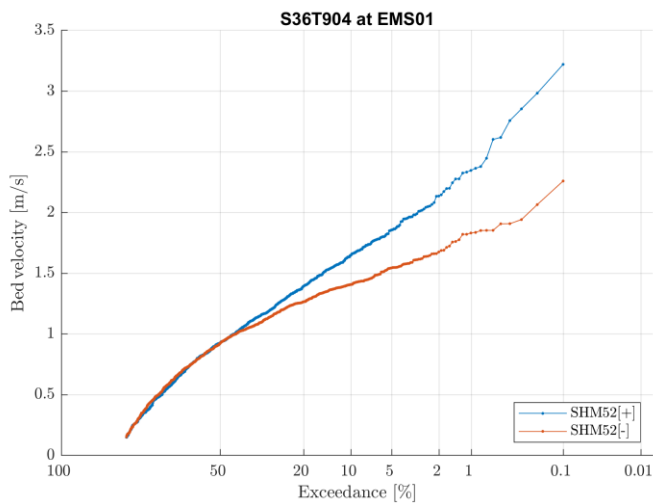
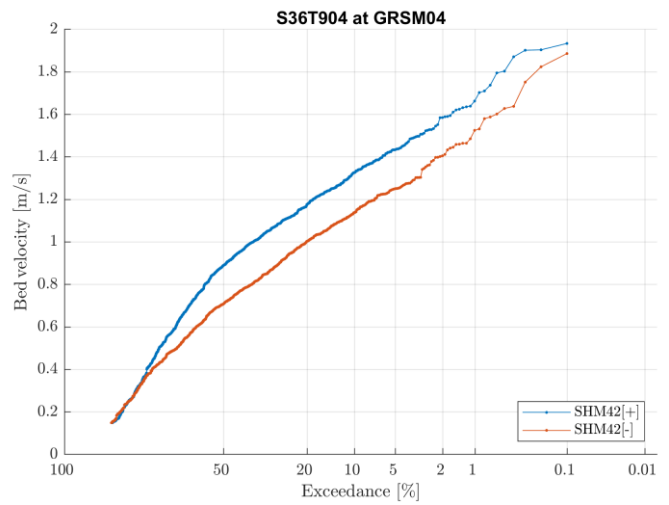
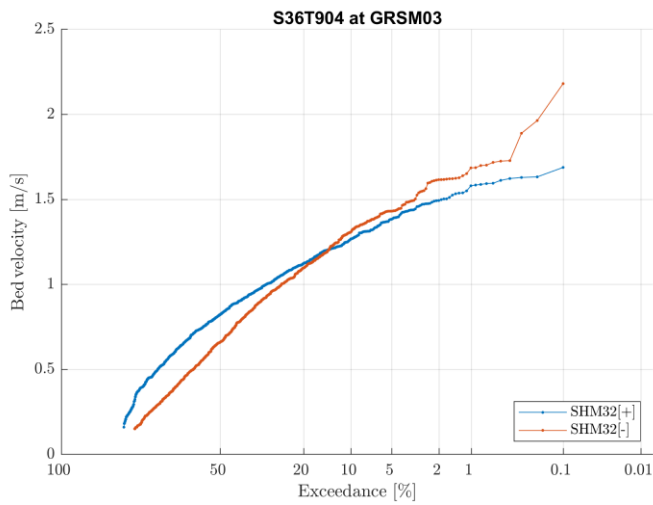
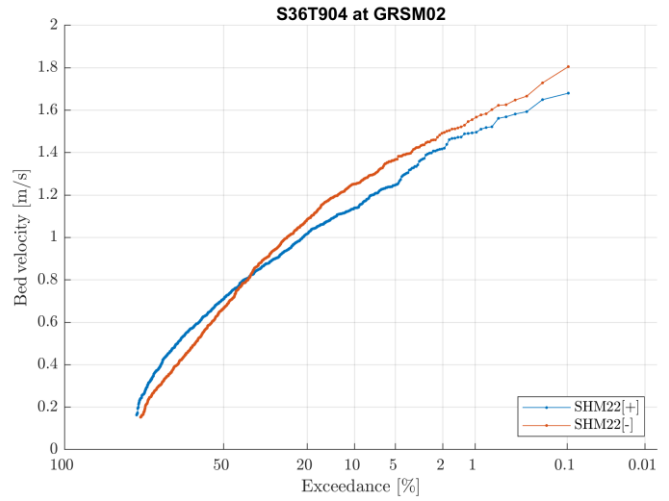
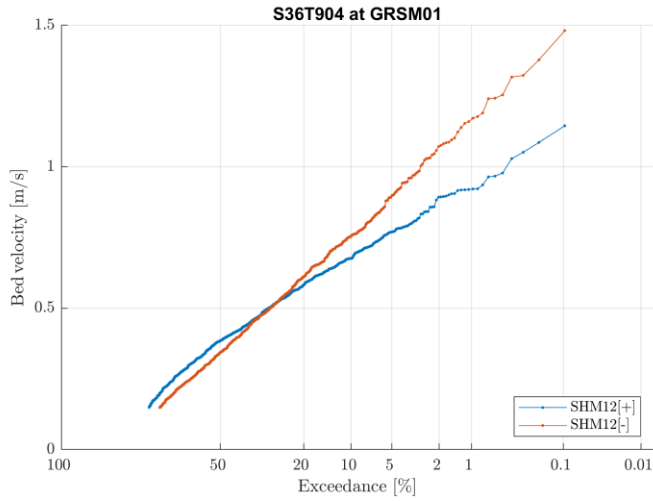


# S26T810

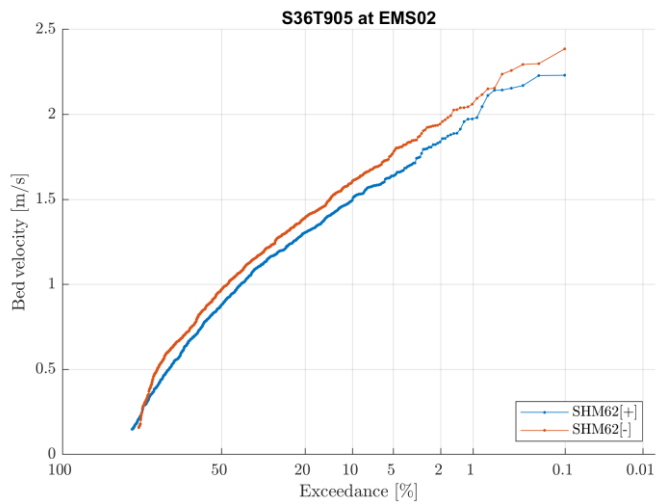
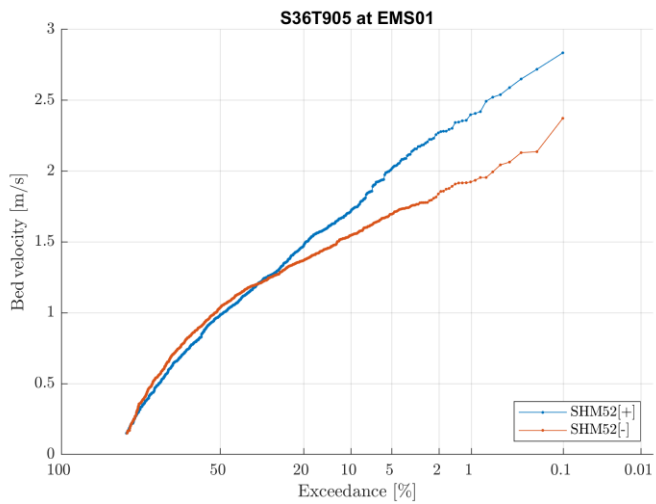
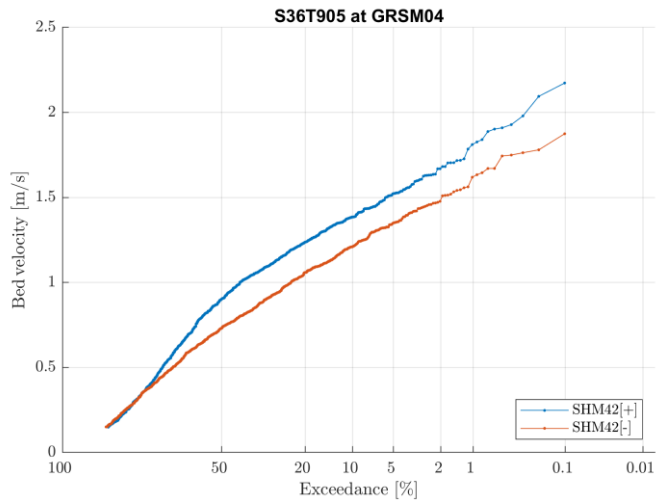
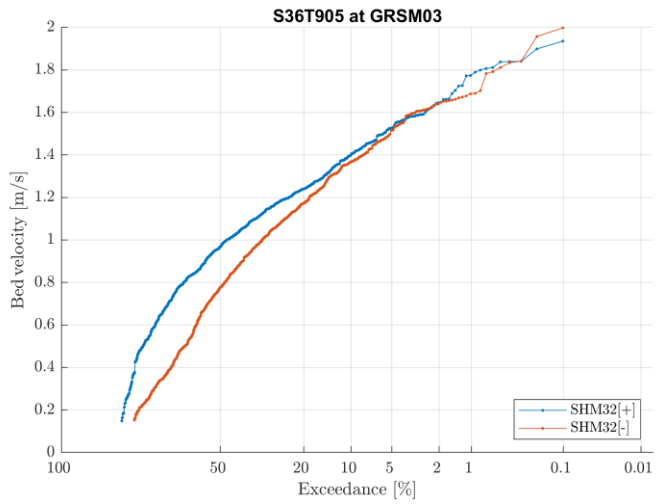
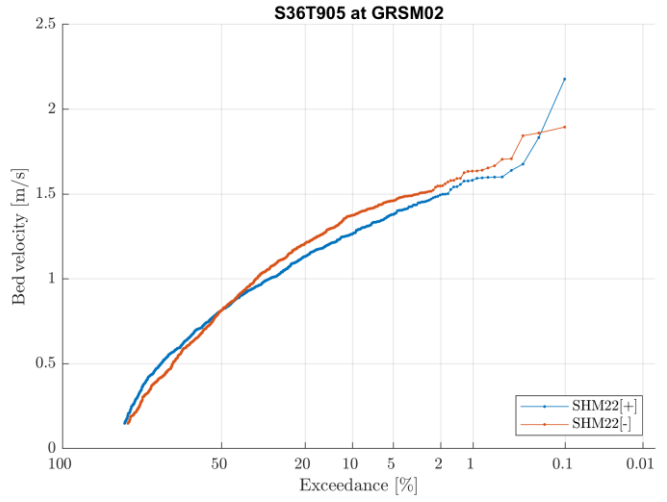
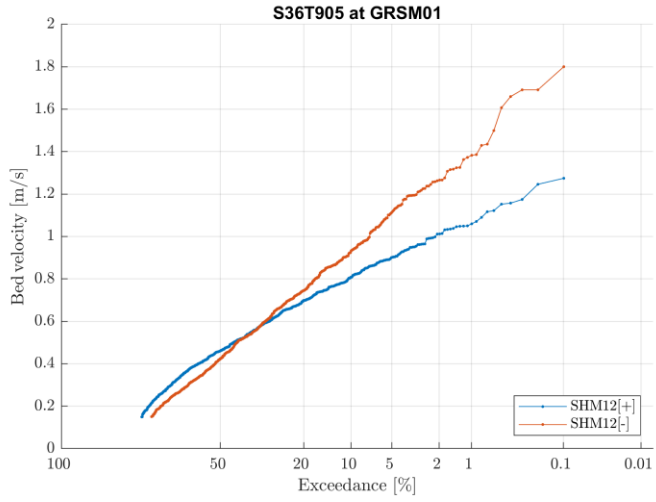


# Test Series T900

## S36T904

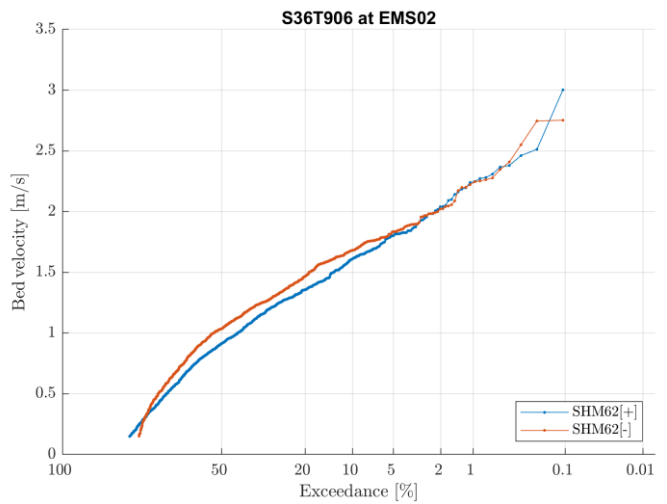
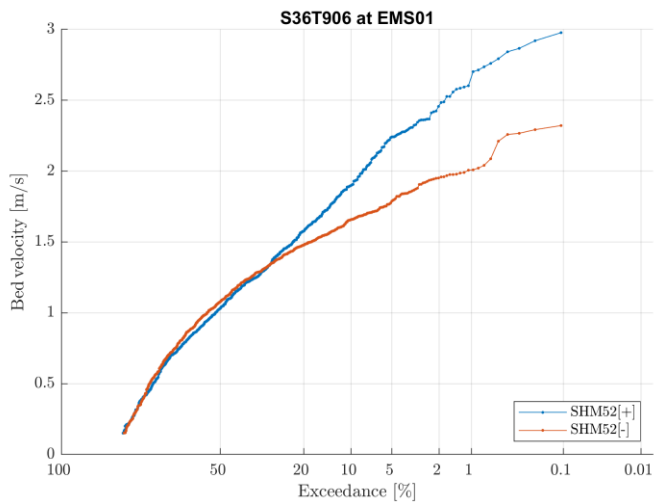
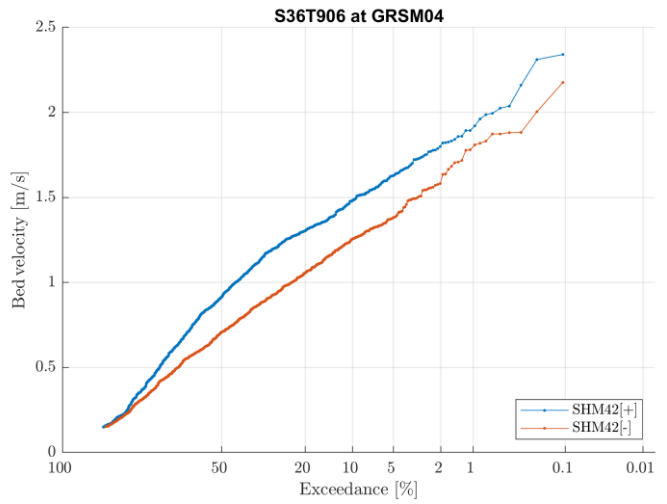
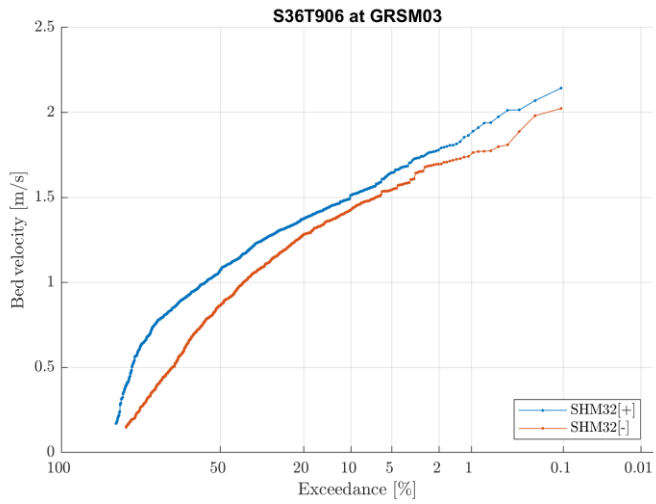
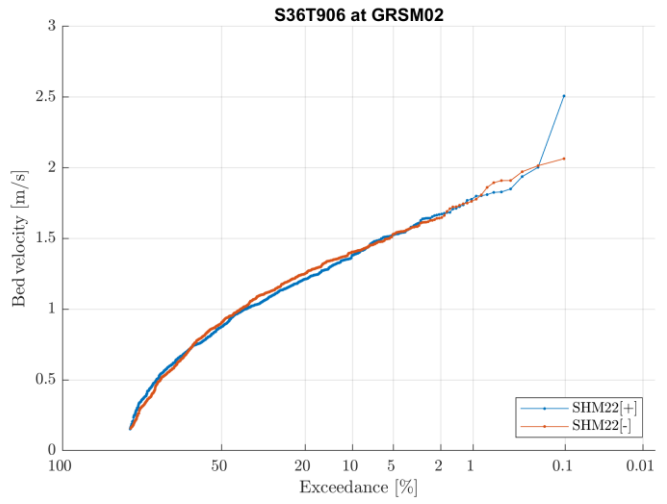
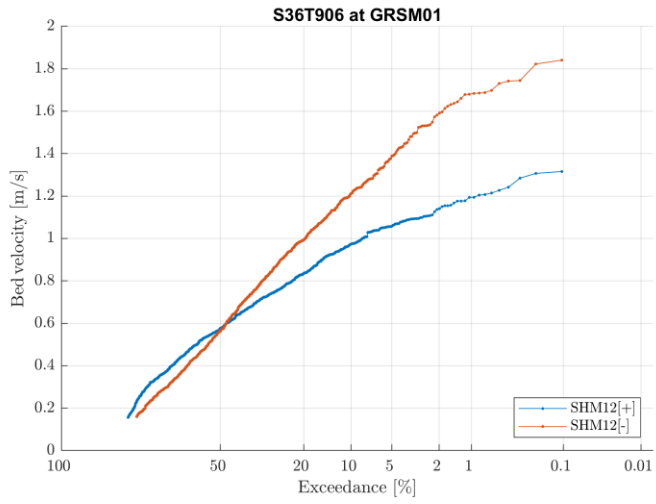


# S36T905

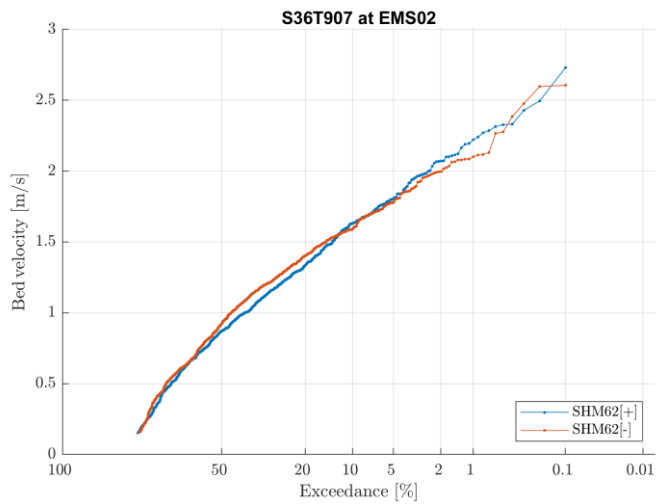
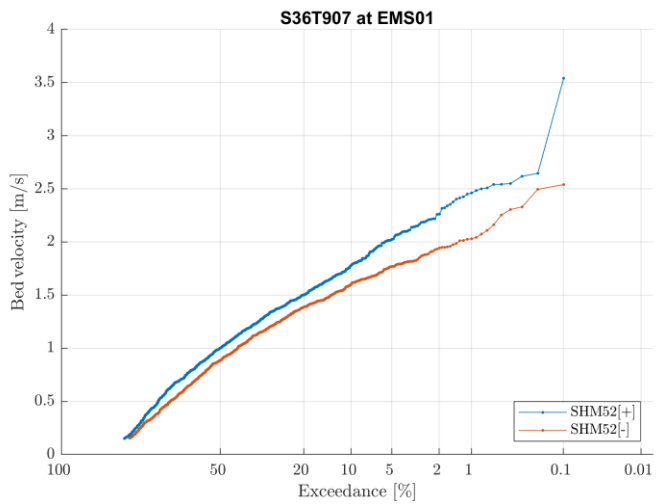
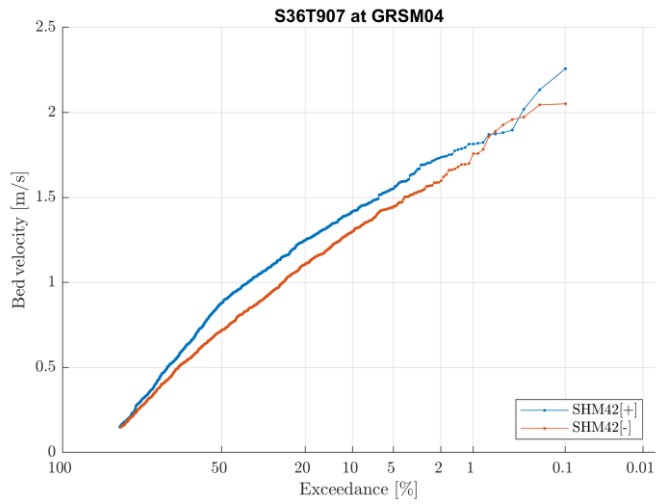
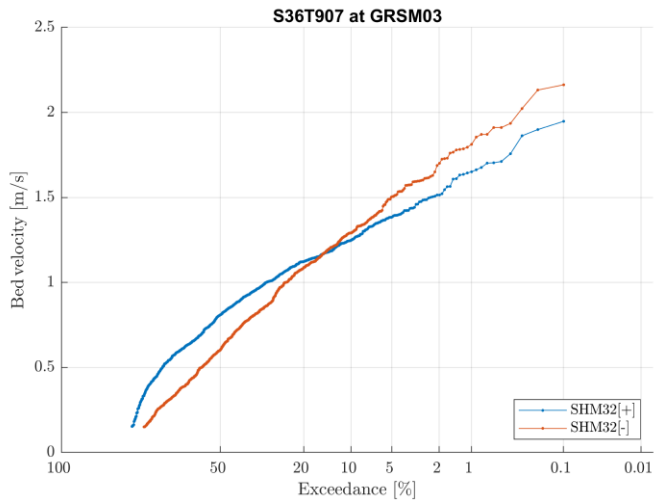
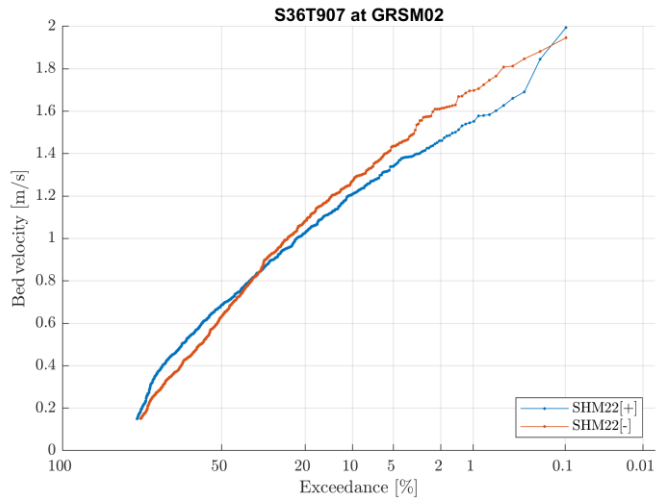
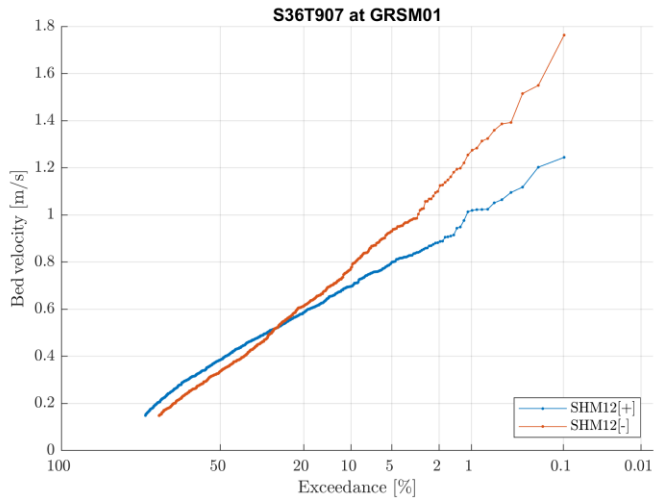




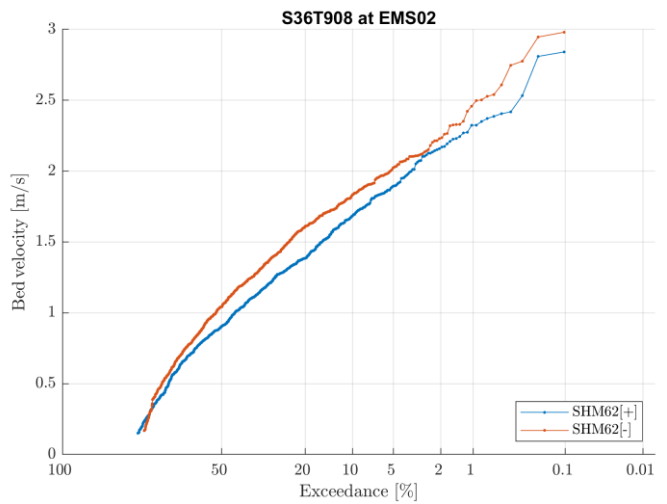
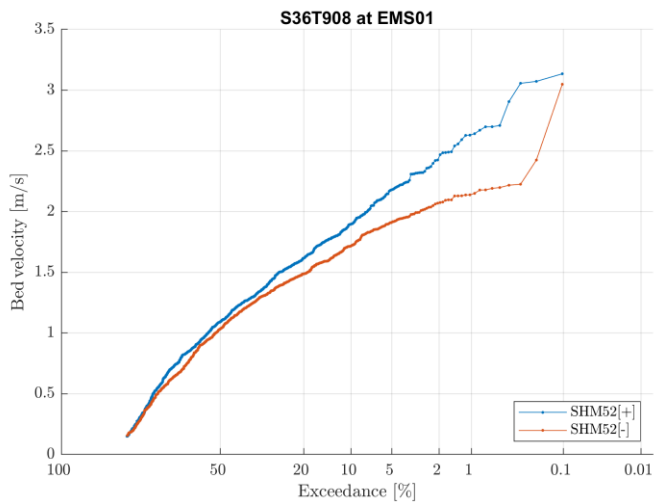
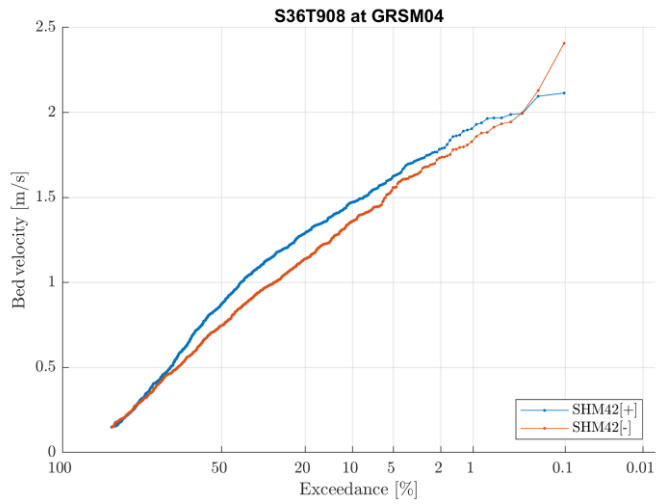
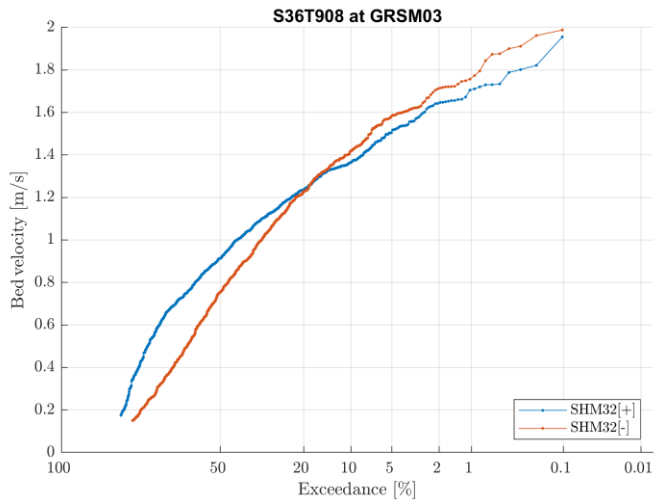
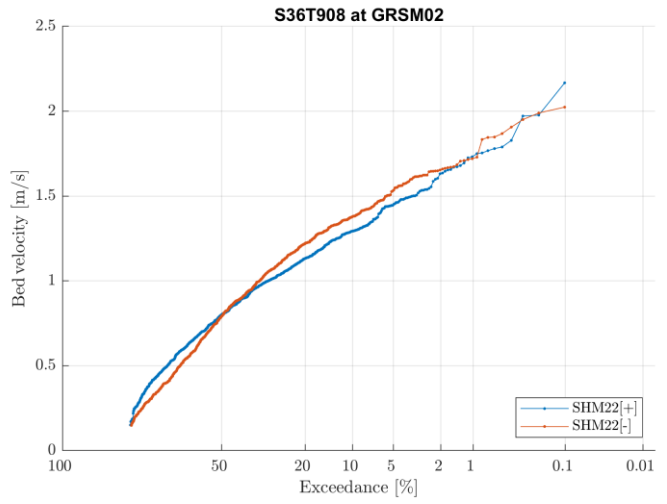
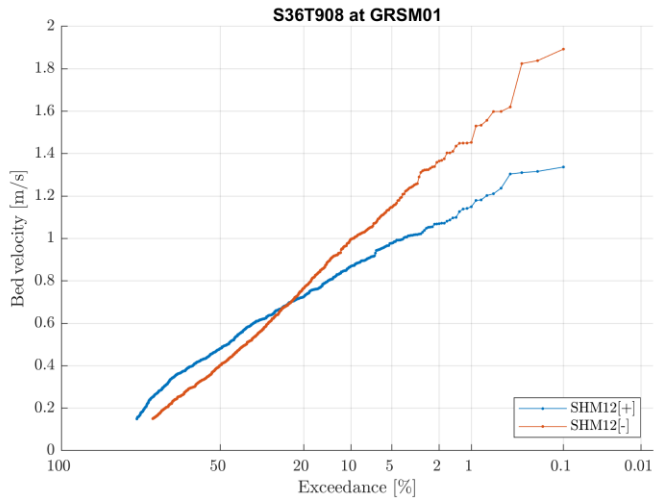
# S36T906



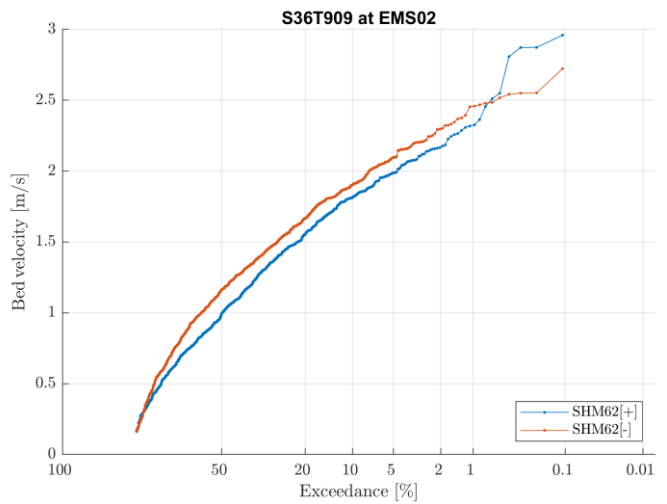
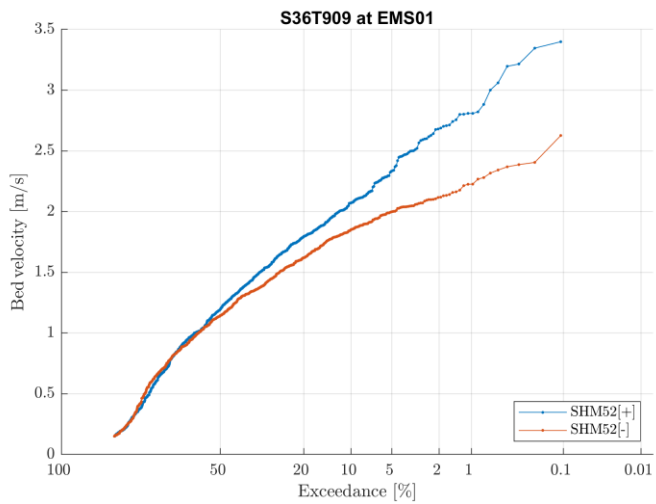
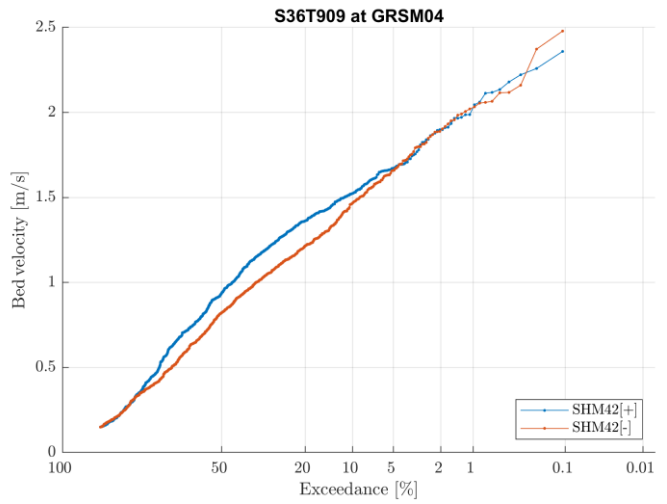
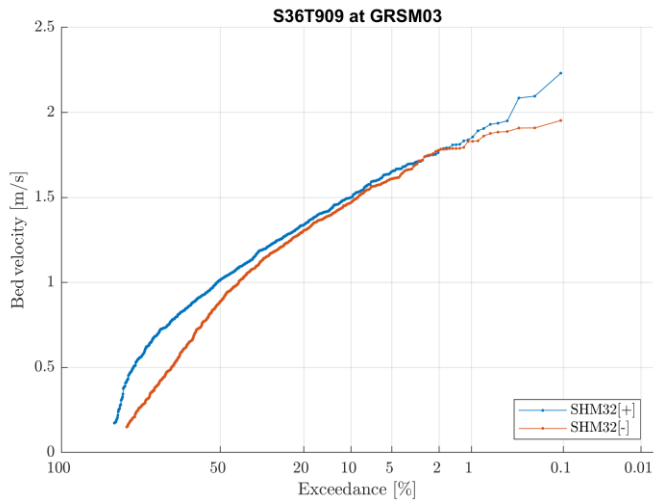
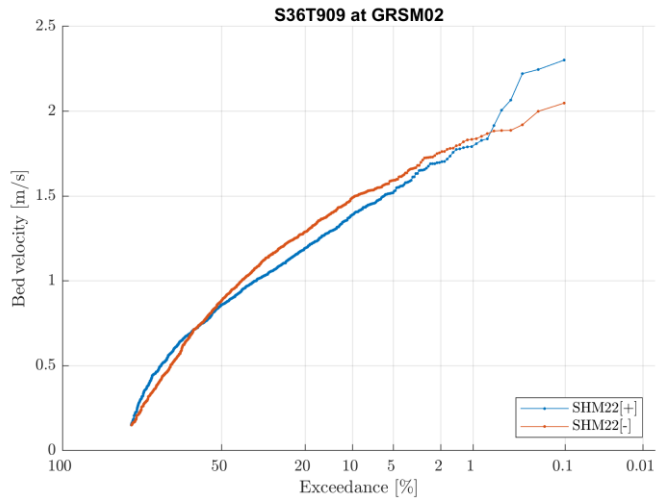
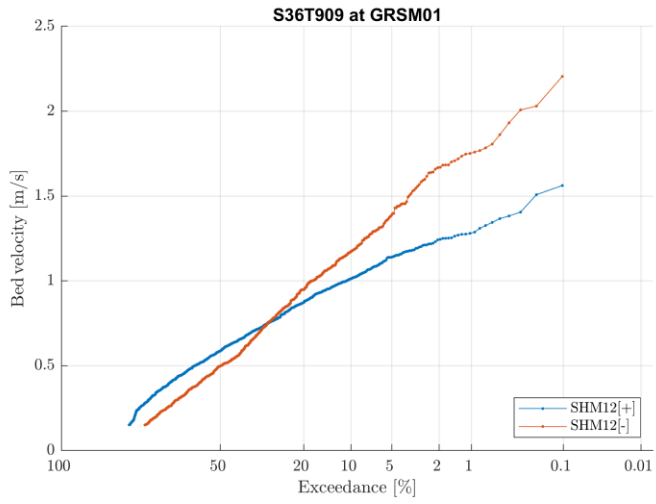
# S36T907



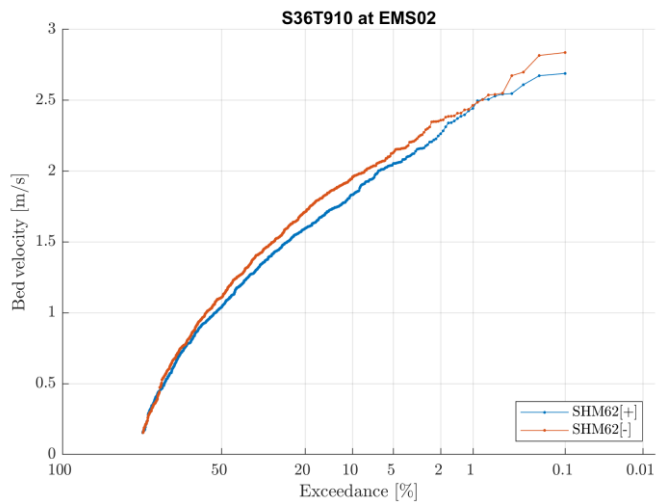
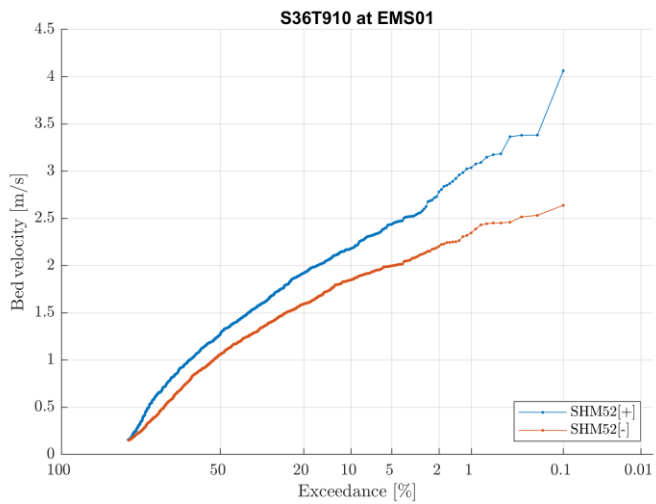
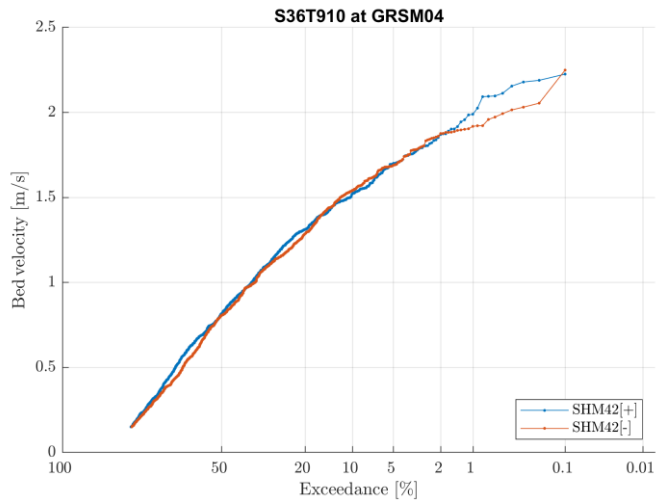
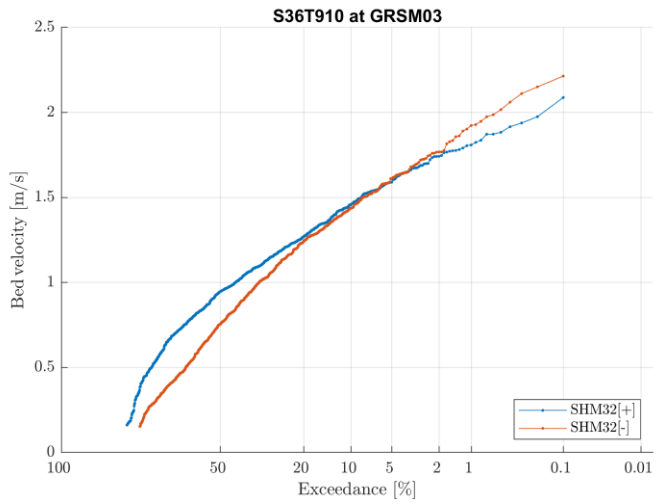
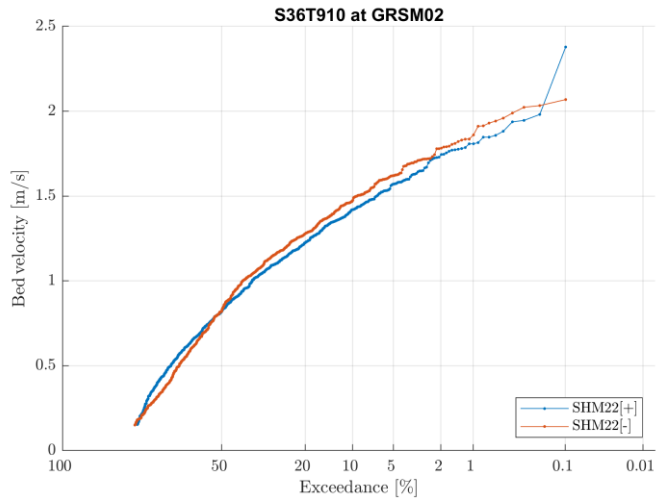
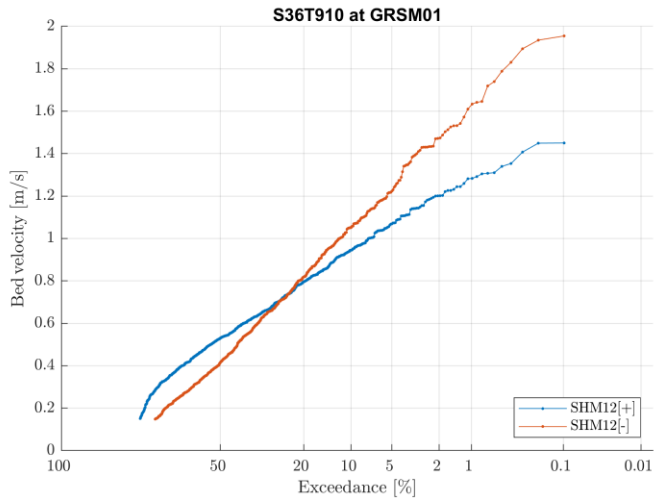
# S36T908



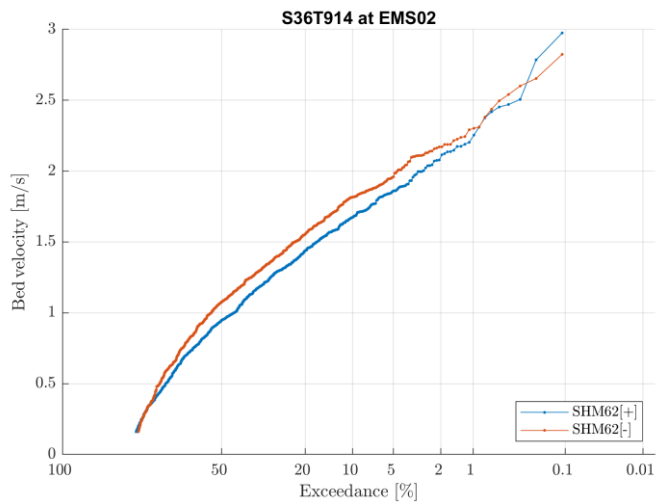
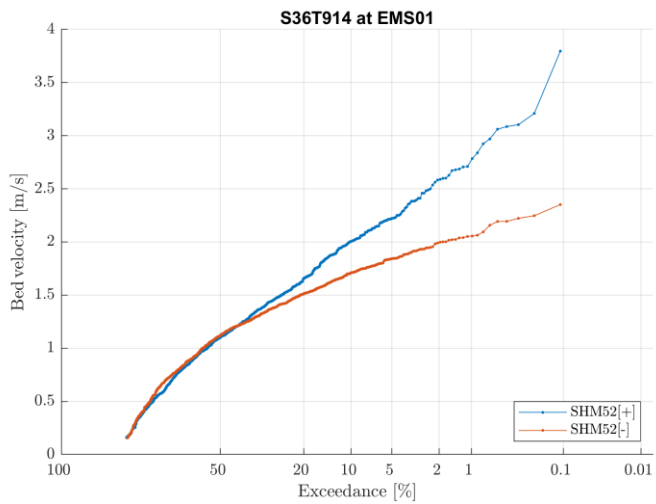
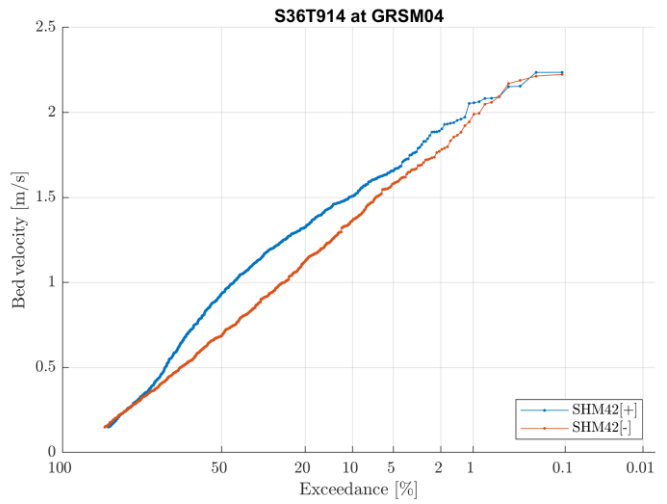
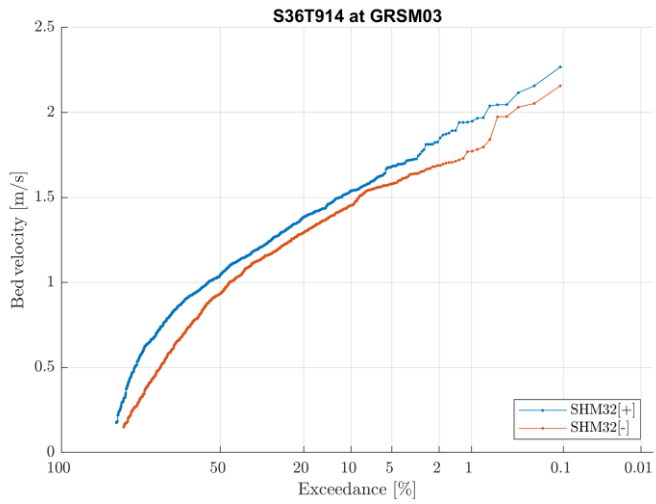
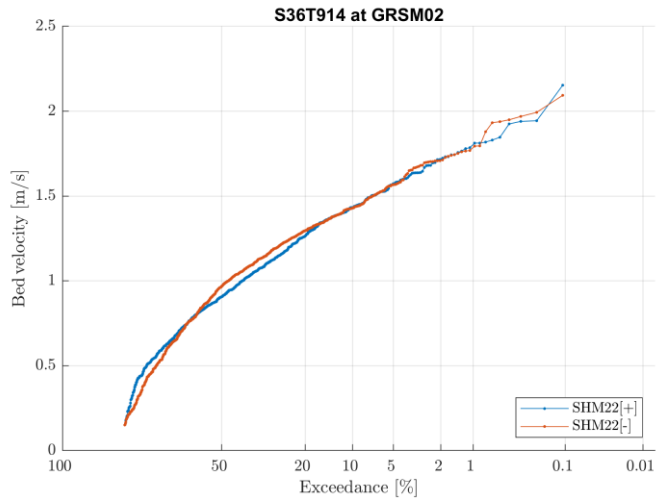
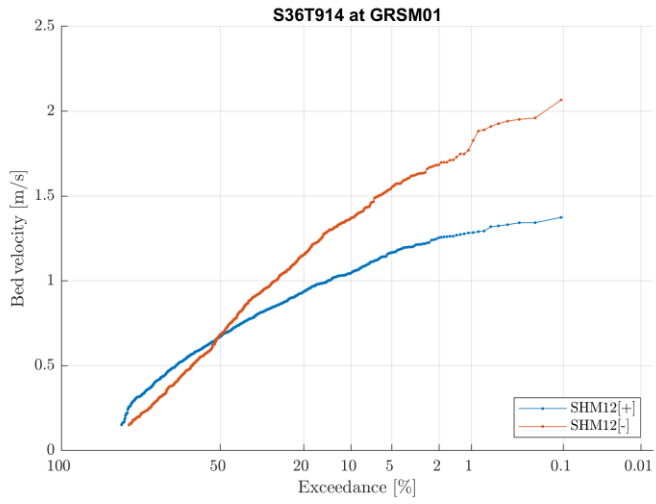
# S36T909



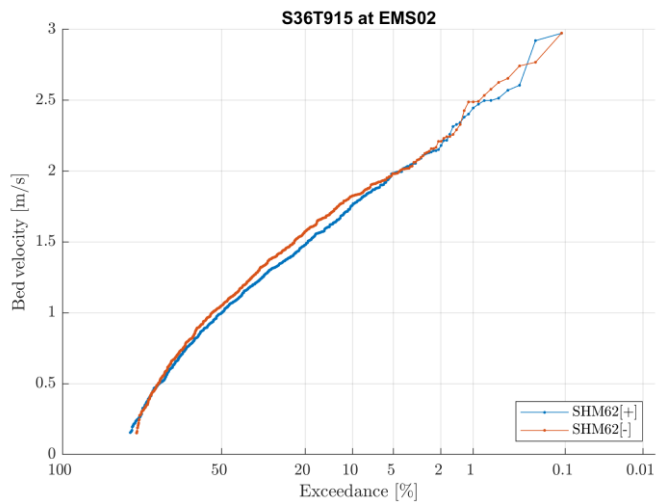
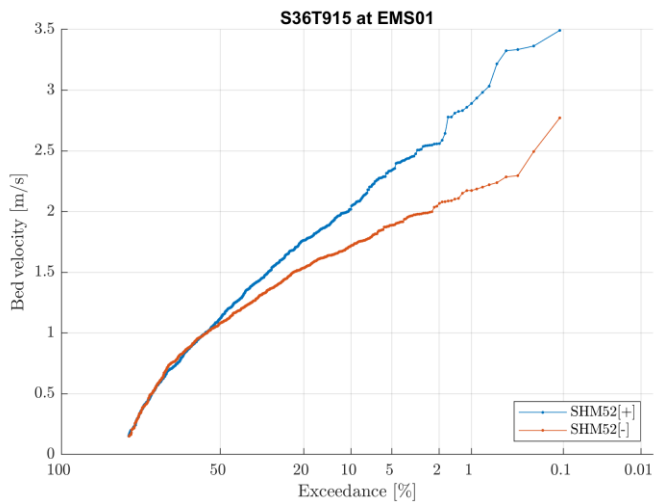
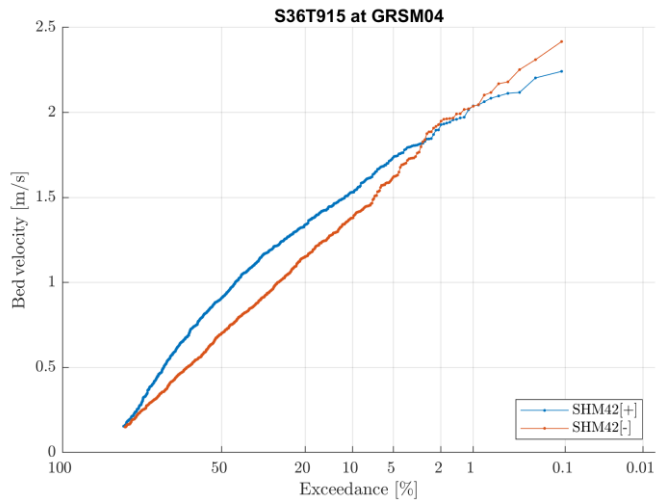
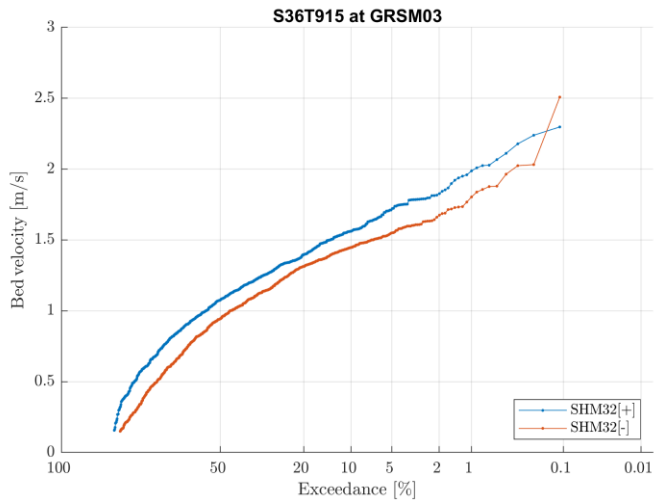
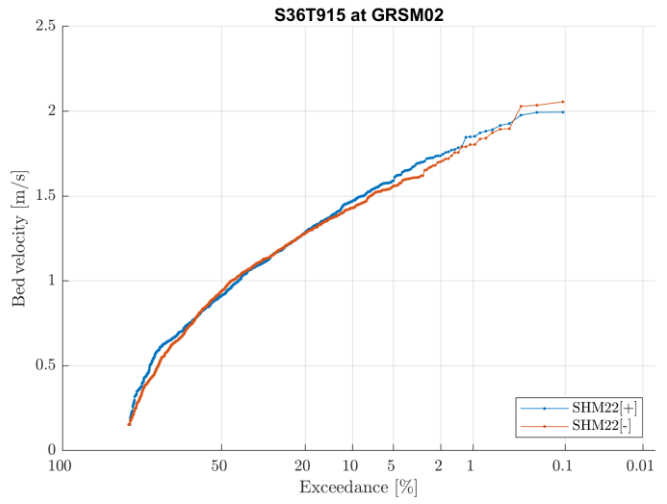
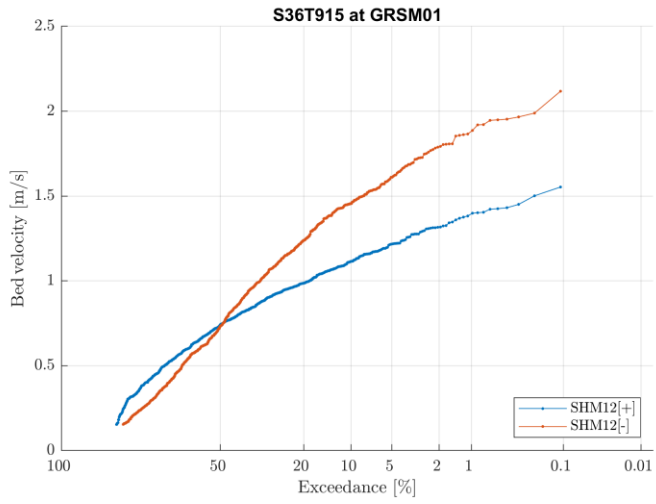
# S36T910



# S36T914



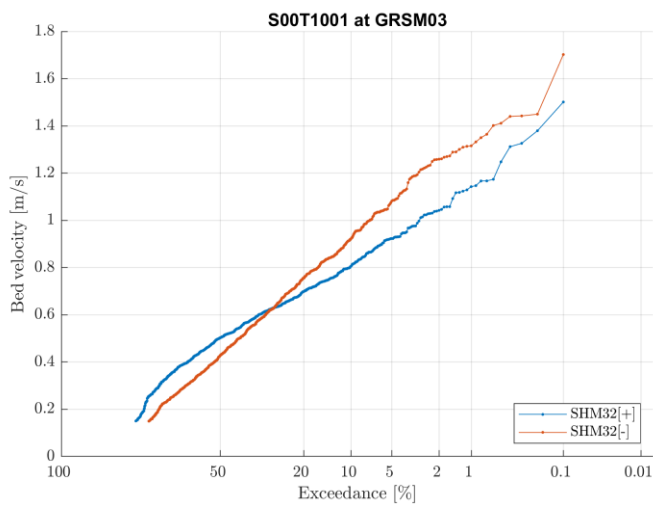
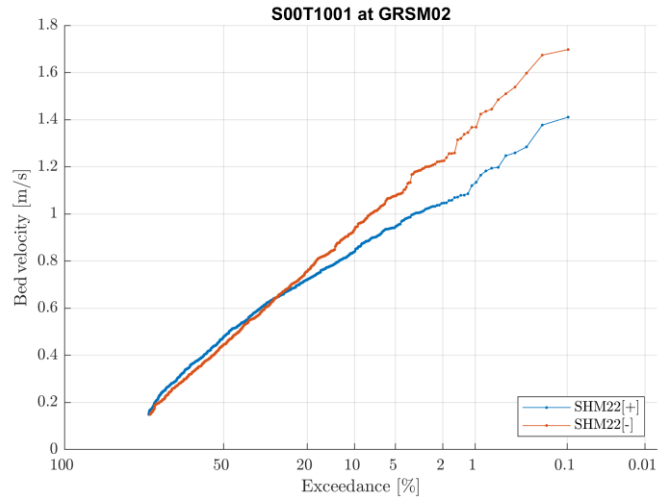
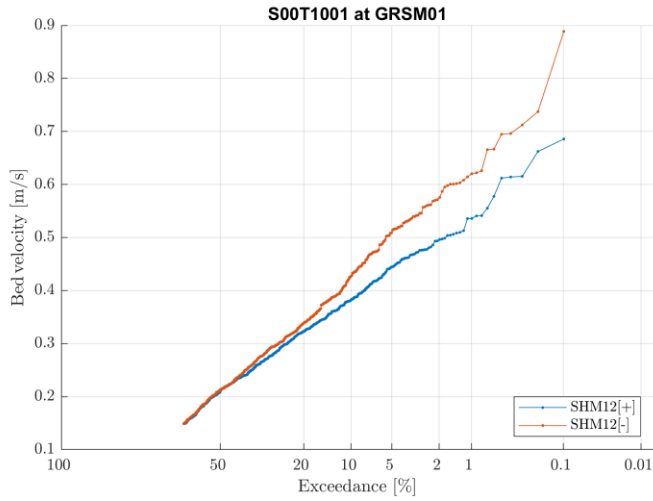
# S36T915



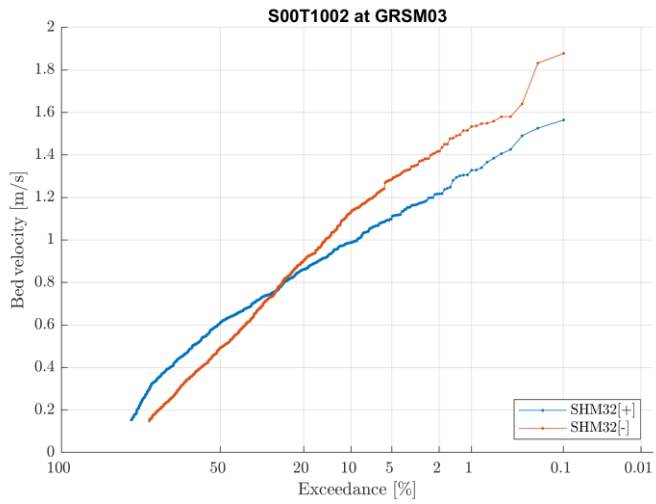
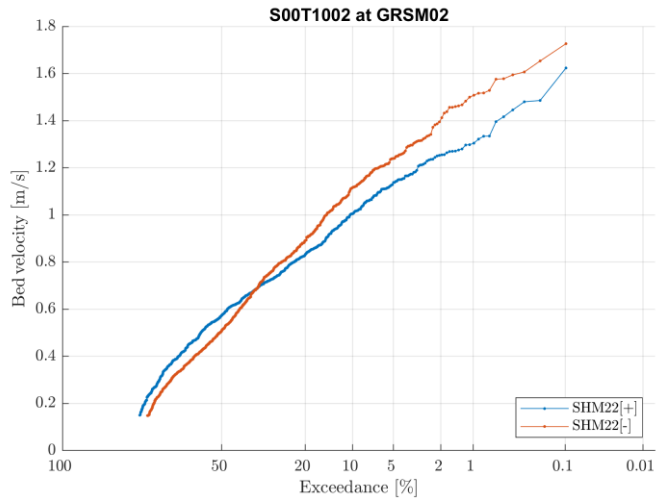
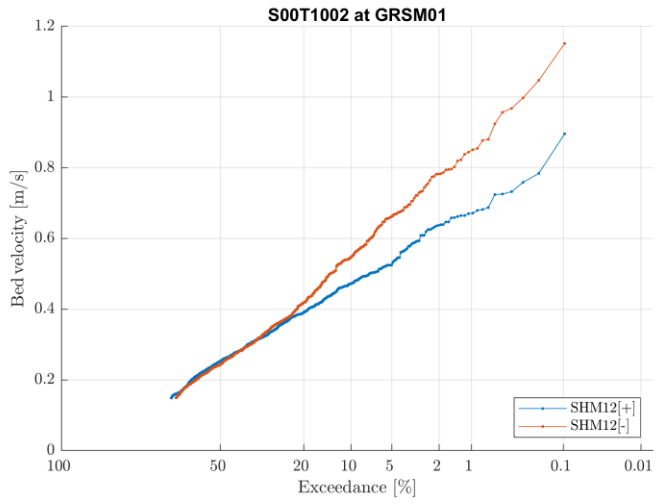


# Test Series T1000

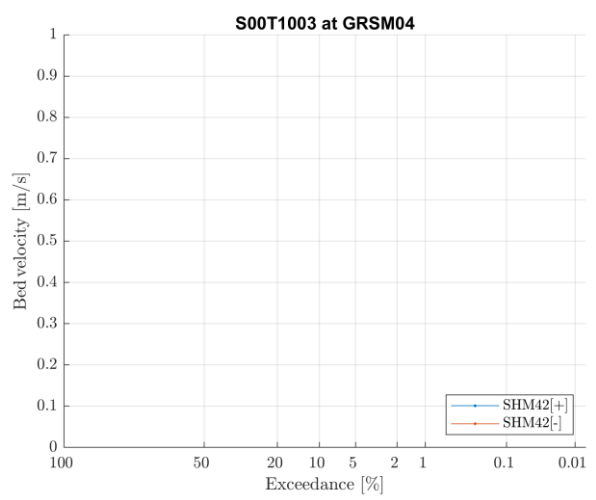
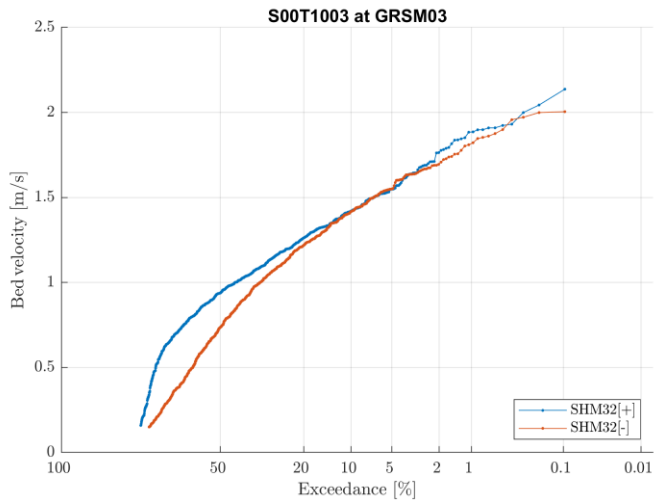
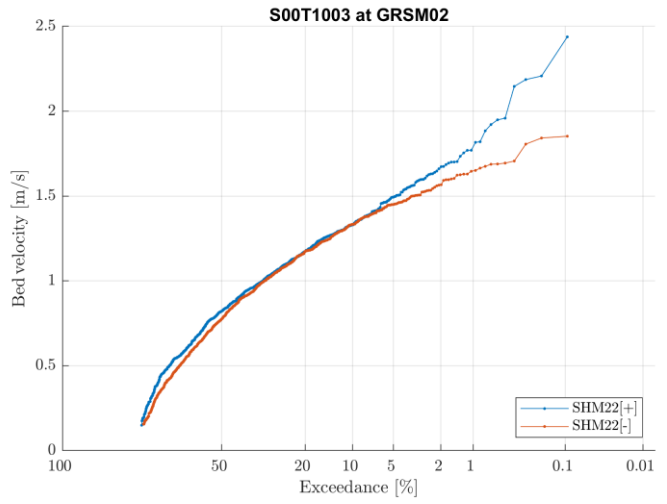
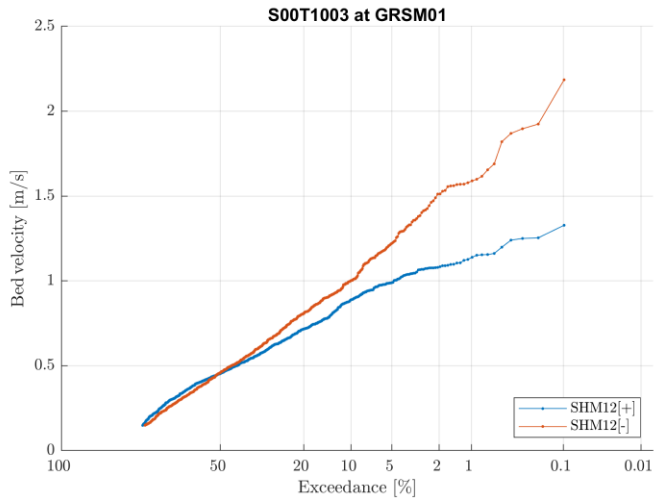
## S00T1001



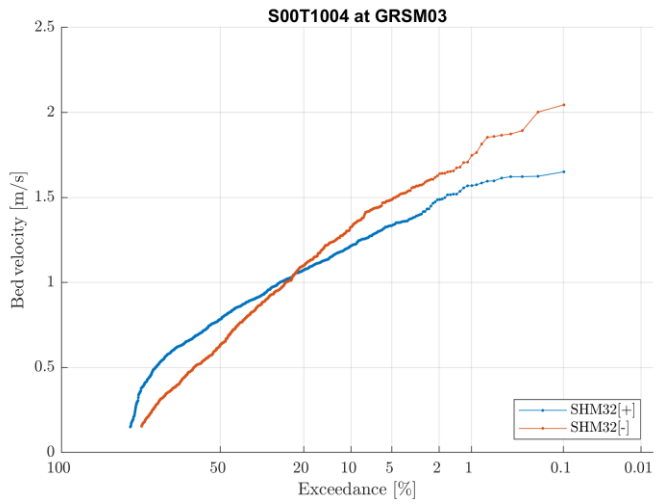
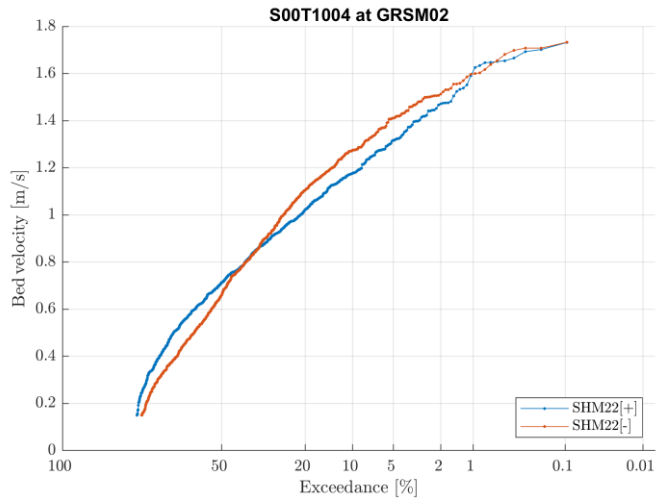
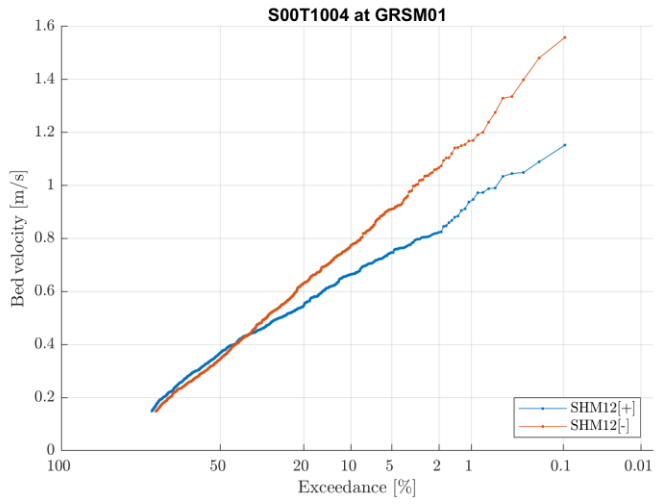
## S00T1002



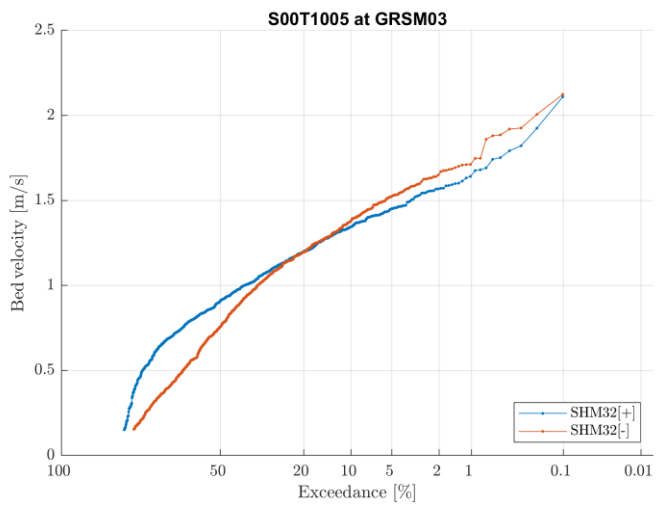
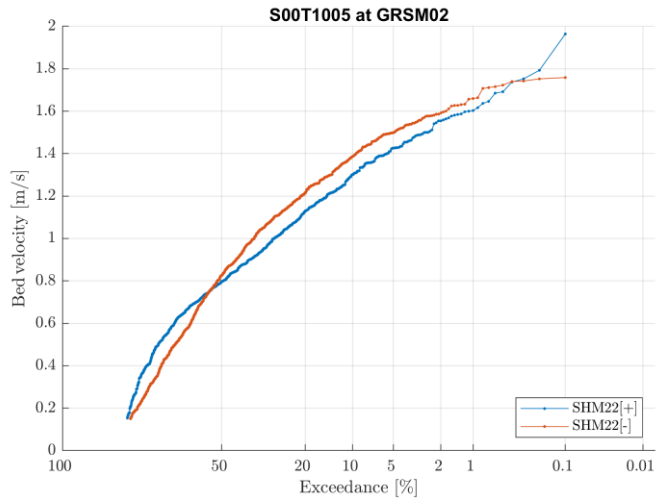
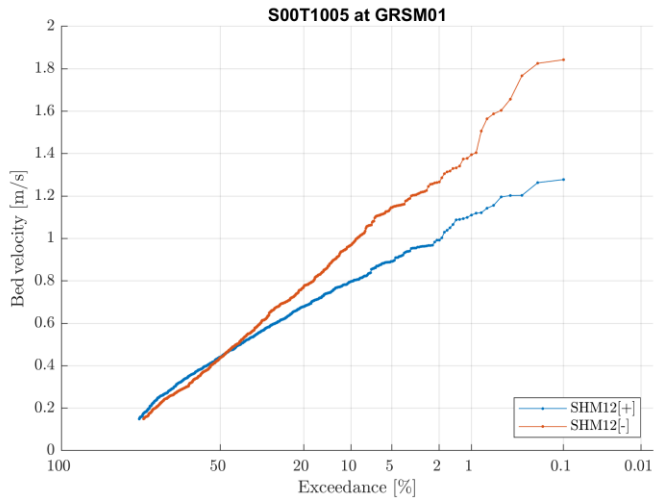
# S00T1003



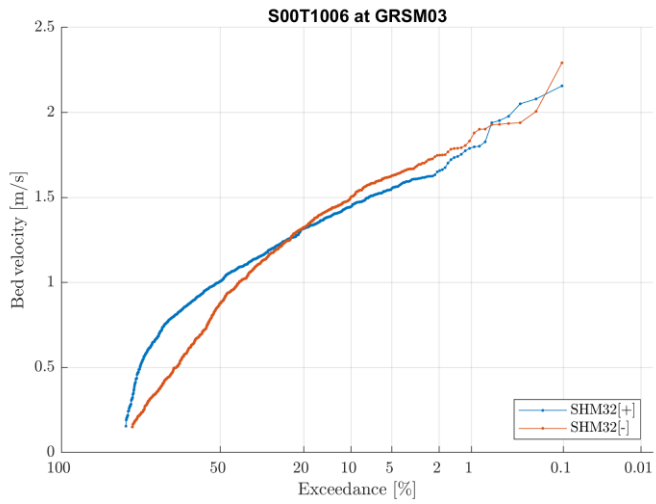
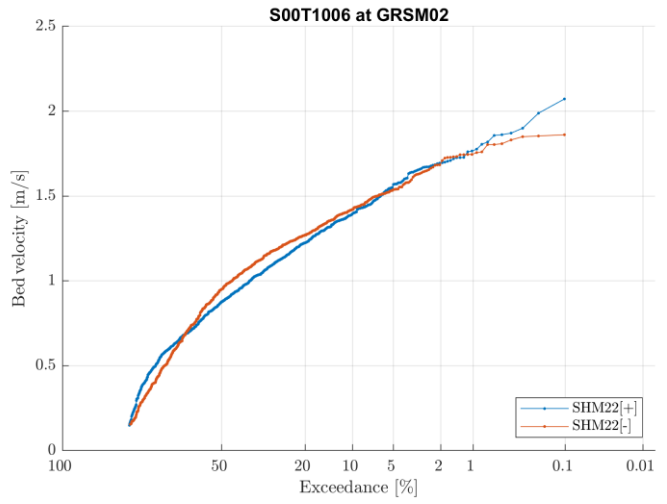
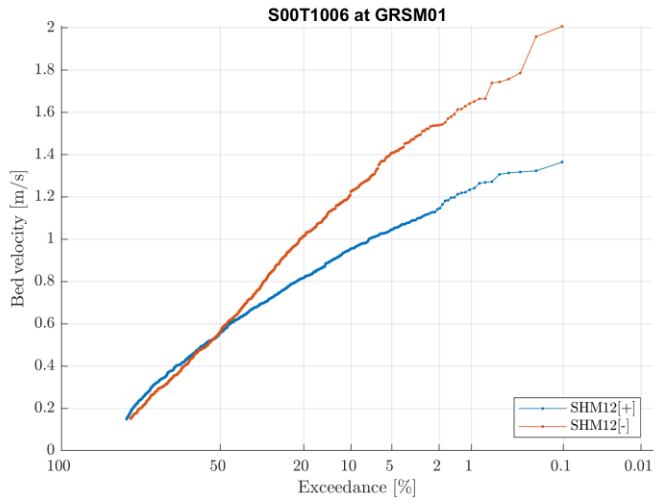
# S00T1004



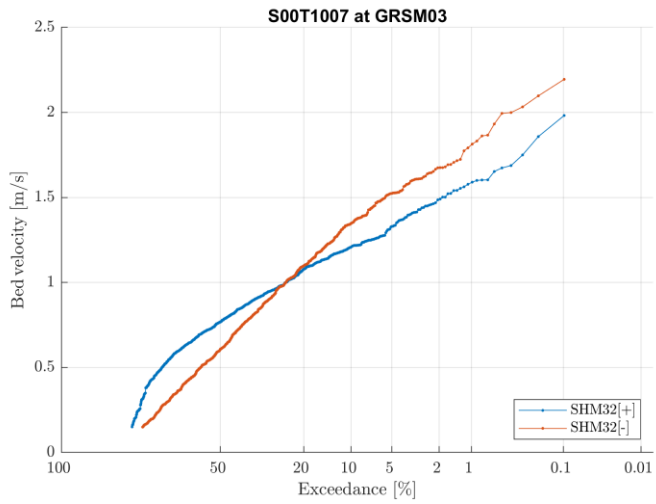
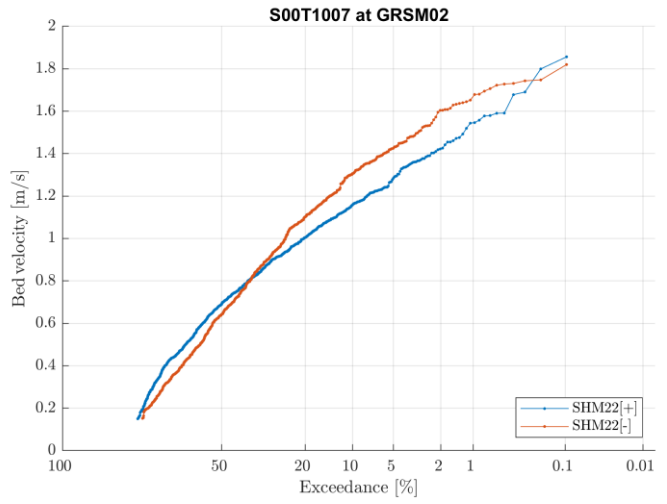
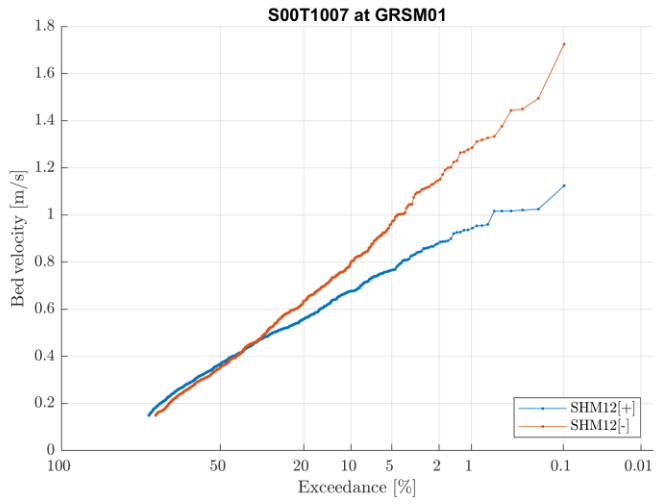
# S00T1005



# S00T1006

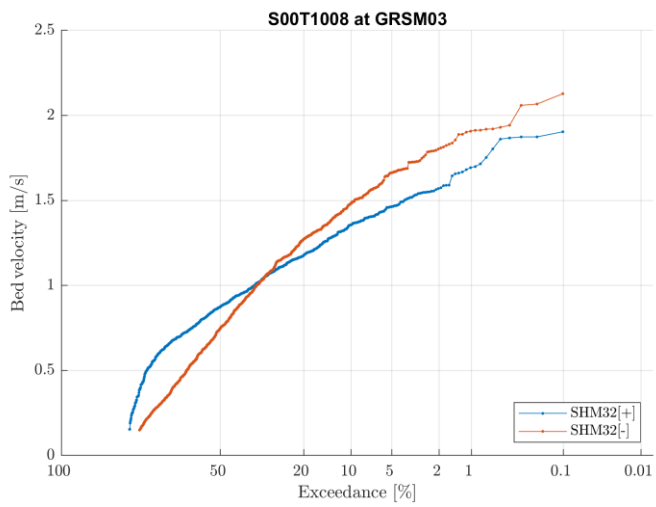
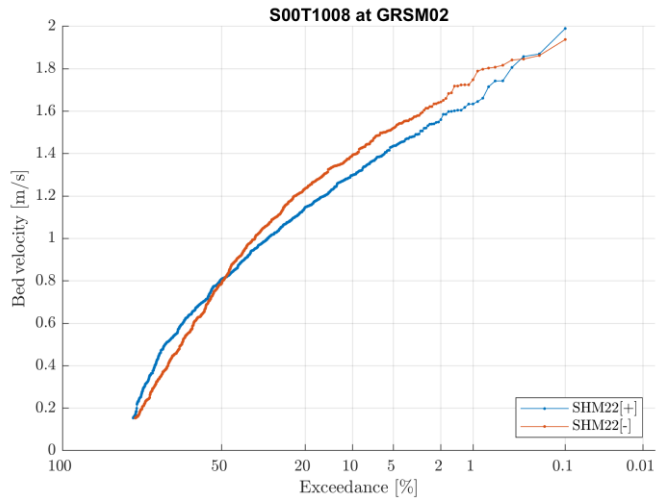
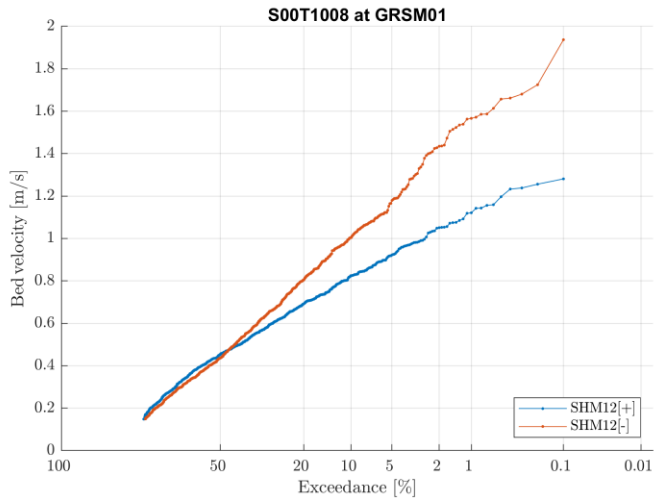


# S00T1007

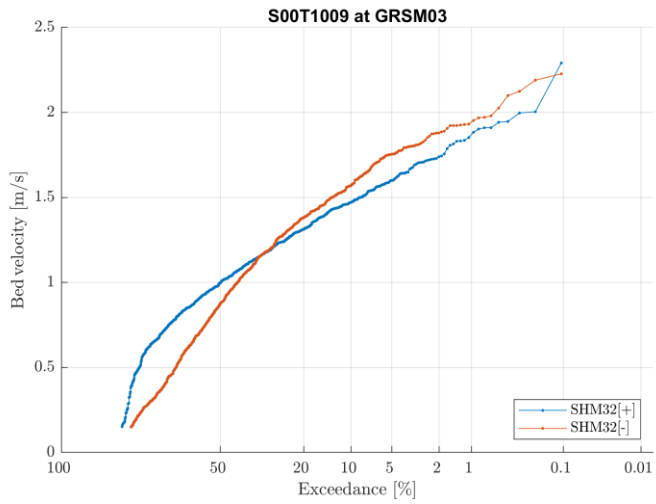
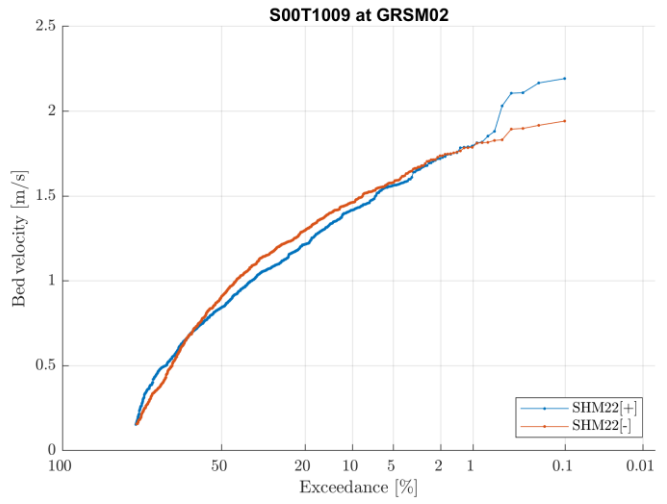
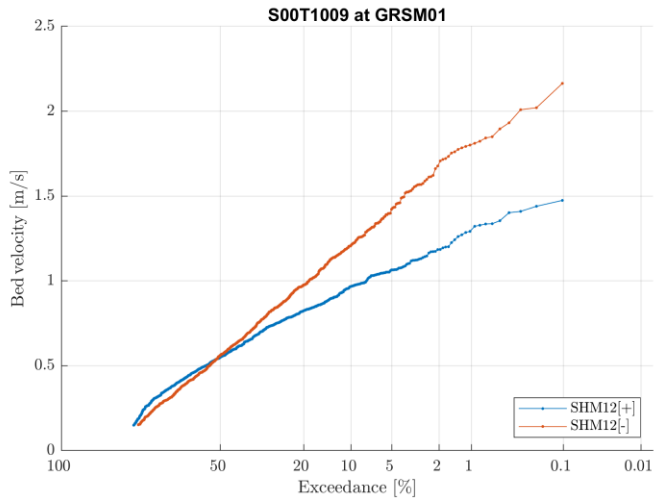




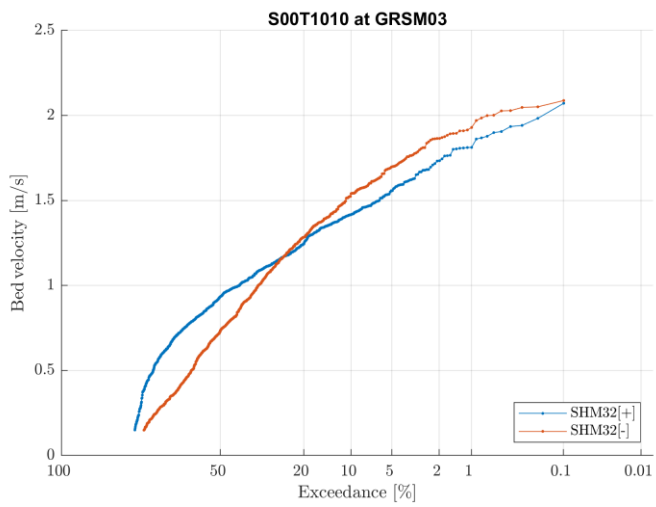
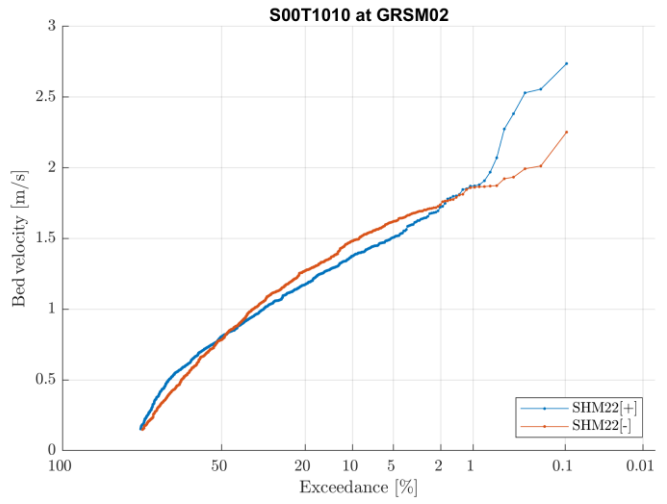
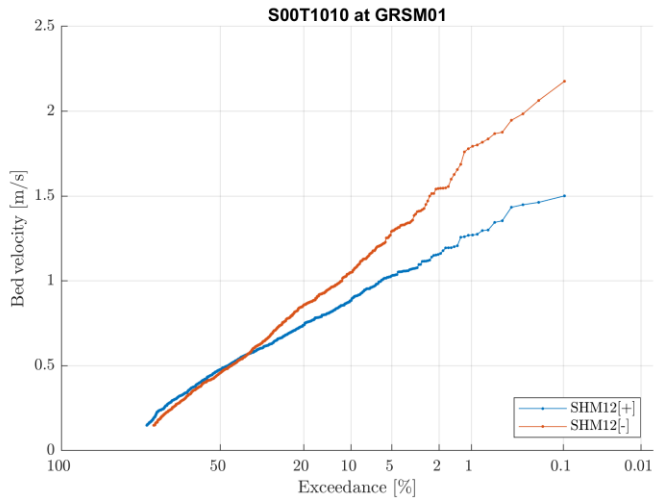
# S00T1008



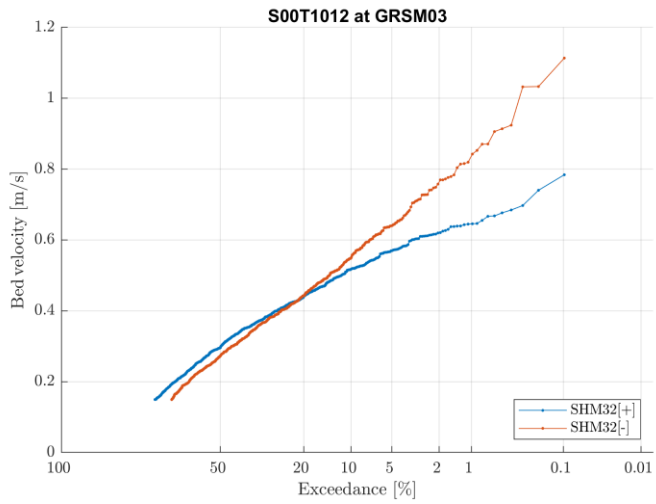
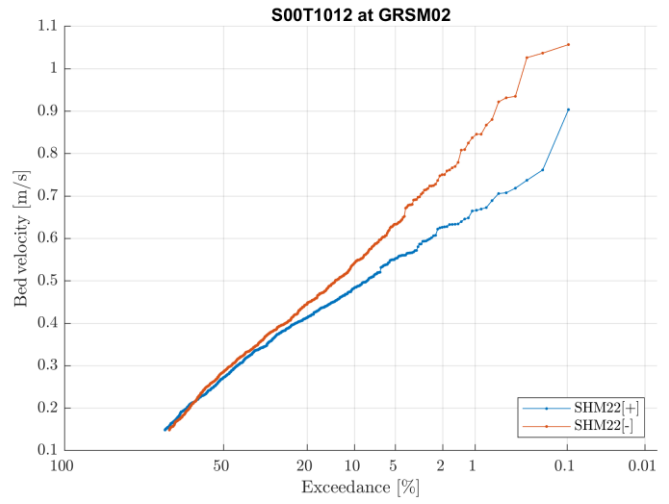
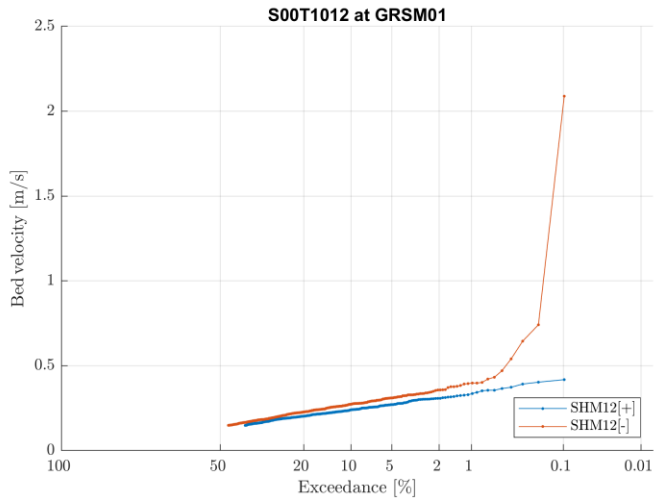
# S00T1009



# S00T1010



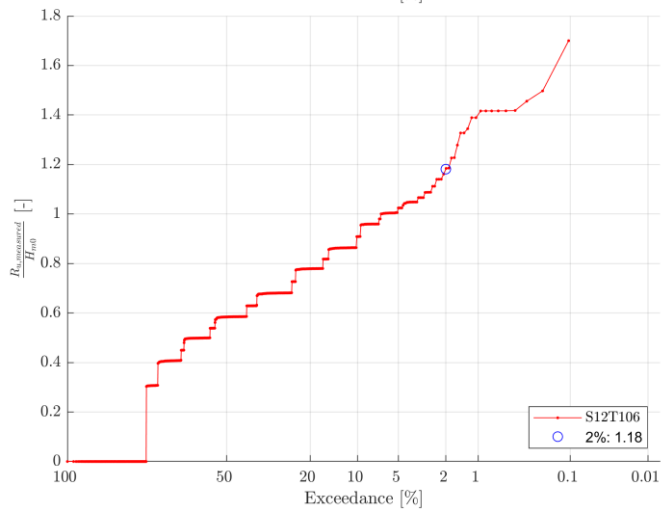
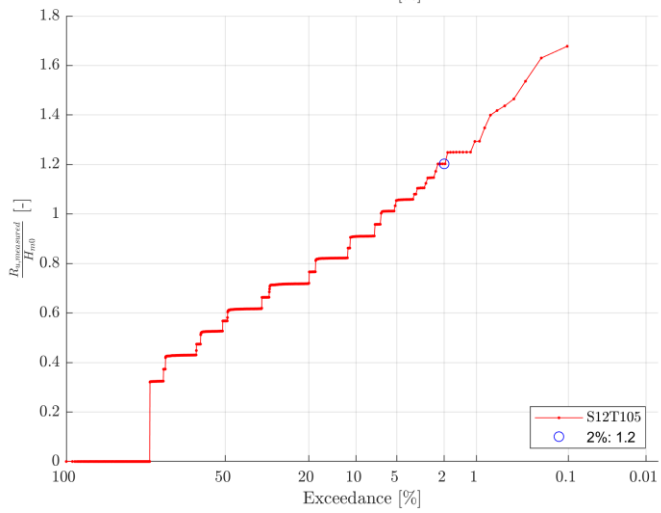
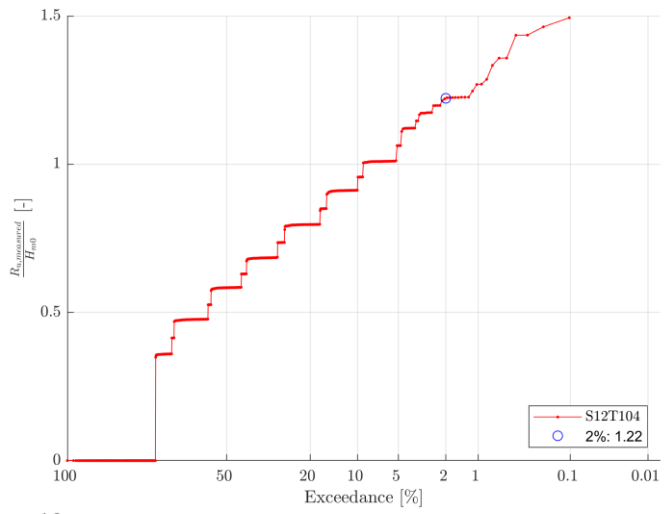
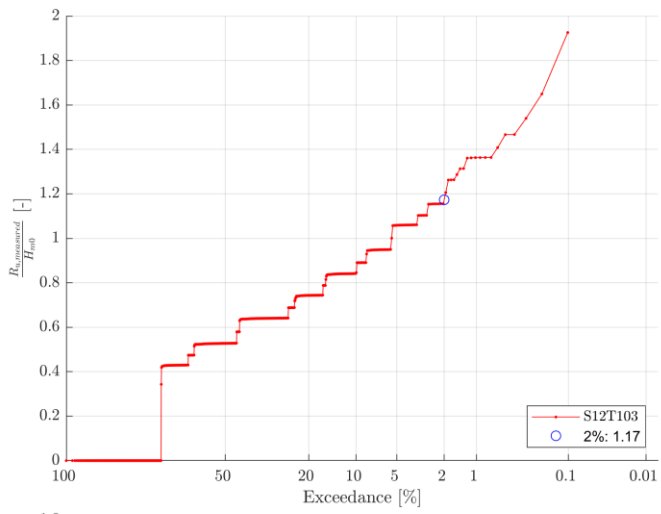
# S00T1012

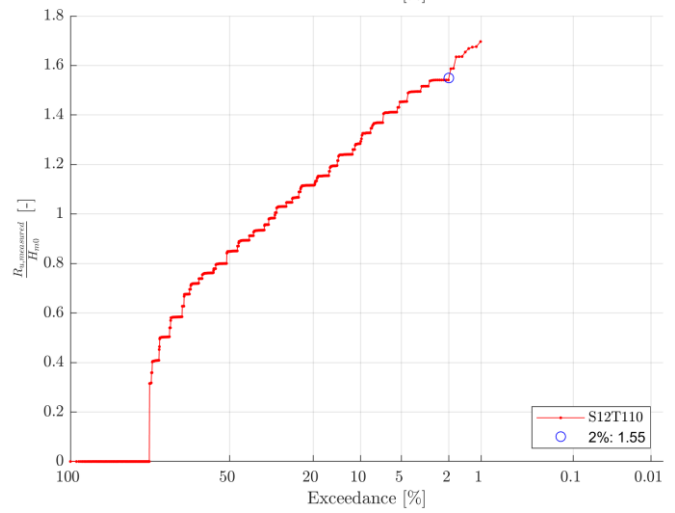
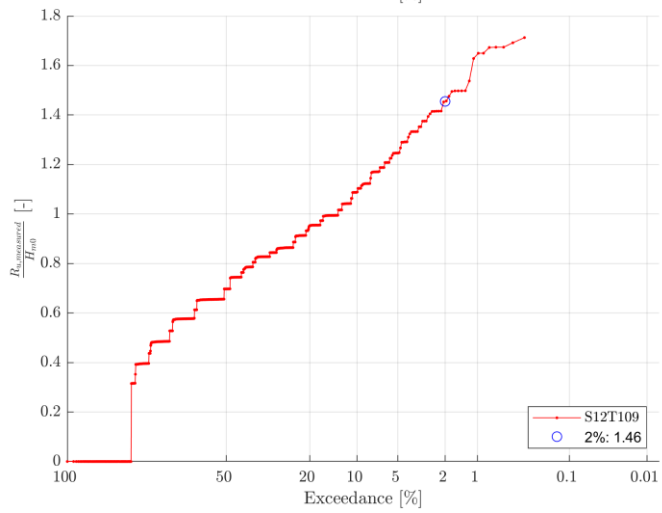
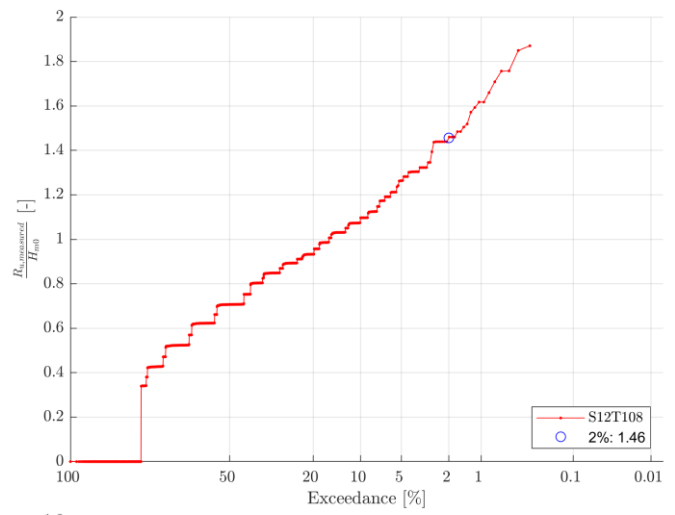
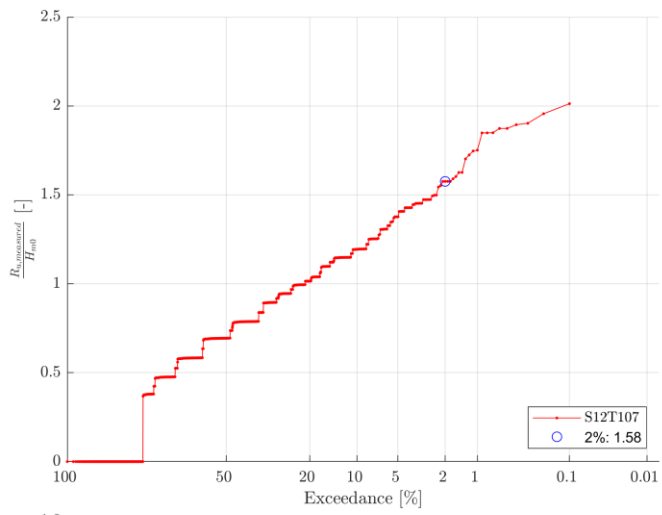


## D Overzichtstabel en Overschrijdingslijnen Golfoploop

Test	R <sub>u1%</sub> (m)	R <sub>u2%</sub> (m)	R <sub>u5%</sub> (m)	R <sub>u10%</sub> (m)	Test	R <sub>u1%</sub> (m)	R <sub>u2%</sub> (m)	R <sub>u5%</sub> (m)	R <sub>u10%</sub> (m)
<b>S12T103</b>	3,78	3,25	2,93	2,34	<b>S26T804</b>	3,41	3,14	2,70	2,42
<b>S12T104</b>	3,39	3,27	2,84	2,51	<b>S26T805</b>	3,70	3,39	2,98	2,59
<b>S12T105</b>	3,83	3,56	3,13	2,70	<b>S26T806</b>	4,41	3,70	3,28	2,70
<b>S12T106</b>	4,38	3,69	3,20	2,84	<b>S26T807</b>	4,19	4,05	3,70	3,33
<b>S12T107</b>	4,89	4,40	3,84	3,33	<b>S26T808</b>	4,90	4,55	3,91	3,39
<b>S12T108</b>	5,03	4,53	3,93	3,41	<b>S26T809</b>	4,95	4,58	4,05	3,63
<b>S12T109</b>	5,52	4,88	4,18	3,65	<b>S26T810</b>	5,23	5,02	4,47	4,03
<b>S12T110</b>	-	5,04	4,72	4,20	<b>S36T904</b>	3,44	3,16	2,98	2,69
<b>S15T203</b>	3,97	3,77	3,34	2,94	<b>S36T905</b>	3,58	3,37	3,07	2,73
<b>S15T206</b>	4,36	3,84	3,56	3,28	<b>S36T906</b>	4,01	3,74	3,44	3,07
<b>S15T209</b>	5,21	4,89	4,33	3,93	<b>S36T907</b>	4,79	4,35	3,78	3,50
<b>S15T210</b>	5,51	5,15	4,86	4,32	<b>S36T908</b>	4,90	4,49	3,98	3,51
<b>S16T303</b>	3,78	3,50	2,93	2,43	<b>S36T909</b>	5,19	4,67	4,17	3,80
<b>S16T304</b>	3,56	3,27	2,70	2,53	<b>S36T910</b>	5,34	5,05	4,69	4,20
<b>S16T307</b>	4,89	4,38	3,93	3,34	<b>S36T914</b>	4,27	4,01	3,65	3,31
<b>S16T310</b>	-	5,36	4,73	4,24	<b>S36T915</b>	4,30	4,08	3,73	3,37
<b>S26T404</b>	3,56	3,28	3,00	2,69	<b>S00T1003</b>	4,45	4,33	4,07	3,64
<b>S26T405</b>	3,76	3,56	3,27	2,70	<b>S00T1004</b>	4,41	4,13	3,70	3,28
<b>S26T406</b>	3,99	3,83	3,28	3,00	<b>S00T1005</b>	4,69	4,43	3,95	3,69
<b>S26T407</b>	4,47	4,17	3,65	3,34	<b>S00T1006</b>	5,25	4,98	4,47	4,02
<b>S26T408</b>	4,67	4,18	3,84	3,49	<b>S00T1007</b>	4,99	4,61	4,19	3,62
<b>S26T409</b>	4,86	4,57	4,08	3,65	<b>S00T1008</b>	5,59	5,18	4,61	4,12
<b>S26T410</b>	5,45	4,79	4,38	3,95	<b>S00T1009</b>	5,95	5,44	4,90	4,48
<b>S26T704</b>	3,89	3,70	3,35	3,05	<b>S00T1010</b>	5,96	5,59	5,01	4,60
<b>S26T705</b>	4,13	3,96	3,56	3,28	<b>S00T1012</b>	3,48	3,33	3,05	2,91
<b>S26T706</b>	4,61	4,13	3,70	3,42					
<b>S26T707</b>	5,04	4,62	4,05	3,69					
<b>S26T708</b>	5,04	4,76	4,20	3,91					
<b>S26T709</b>	5,38	5,17	4,62	4,05					
<b>S26T710</b>	-	5,47	4,88	4,46					
<b>S26T712</b>	3,59	3,33	3,05	2,77					

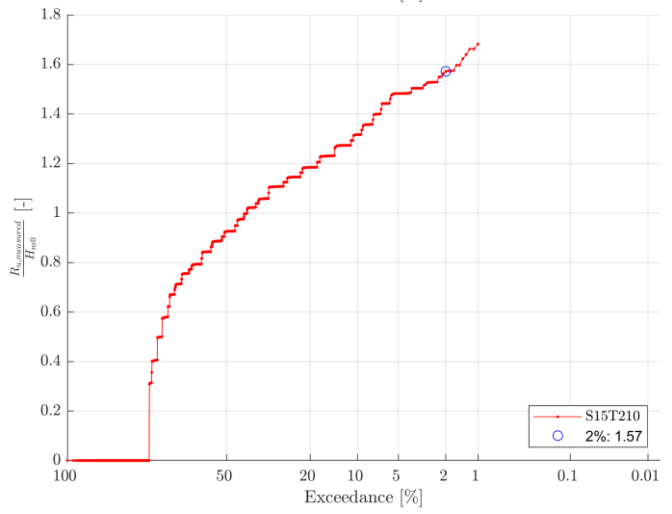
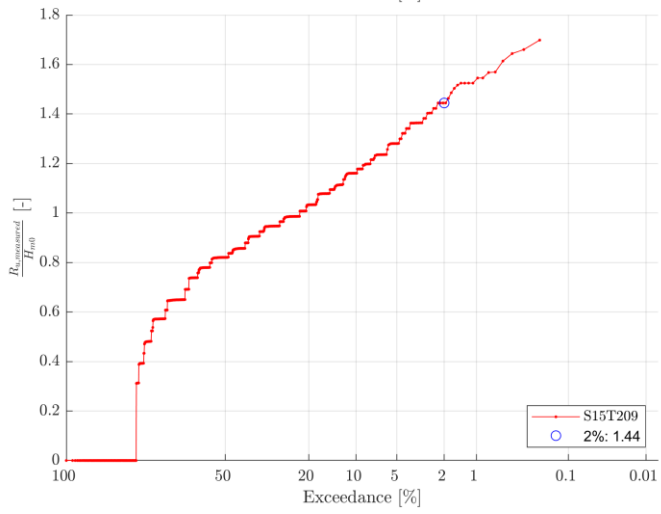
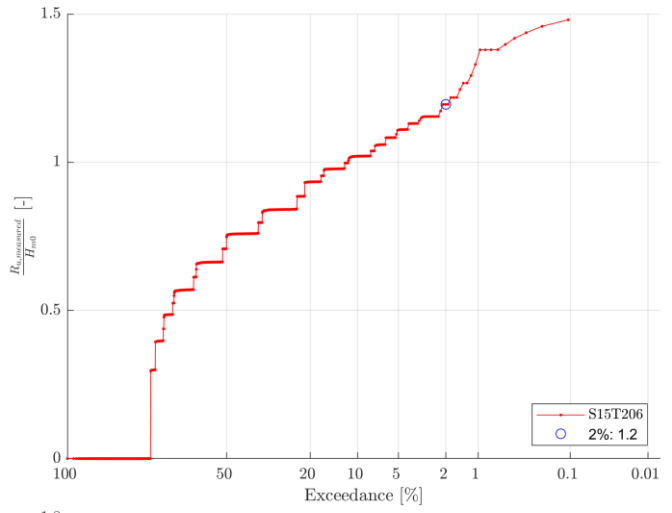
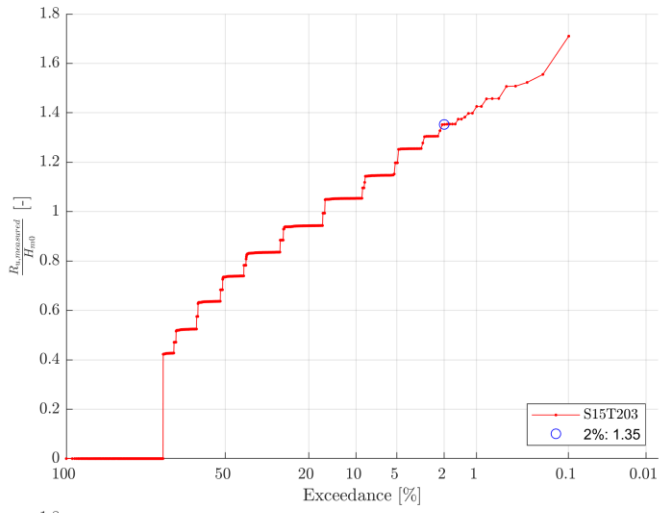
# Test Series T100



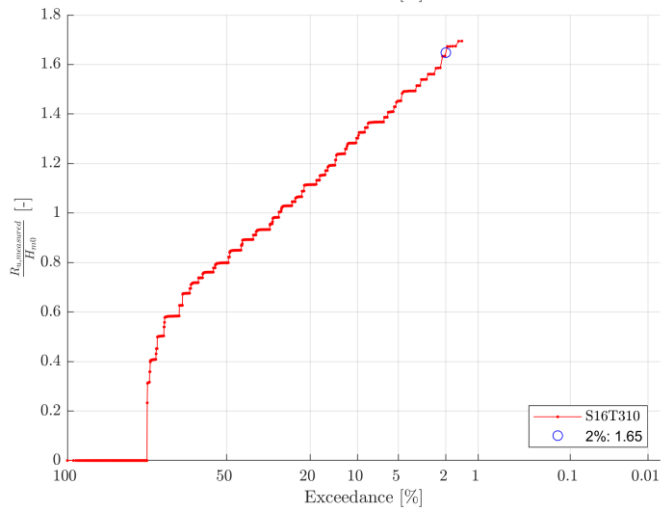
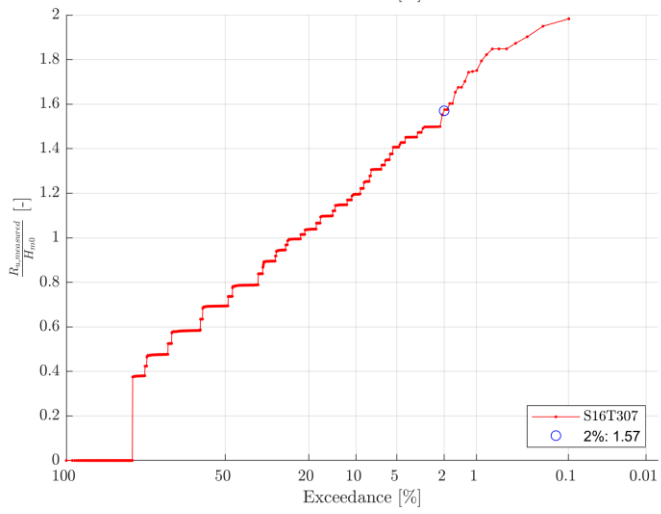
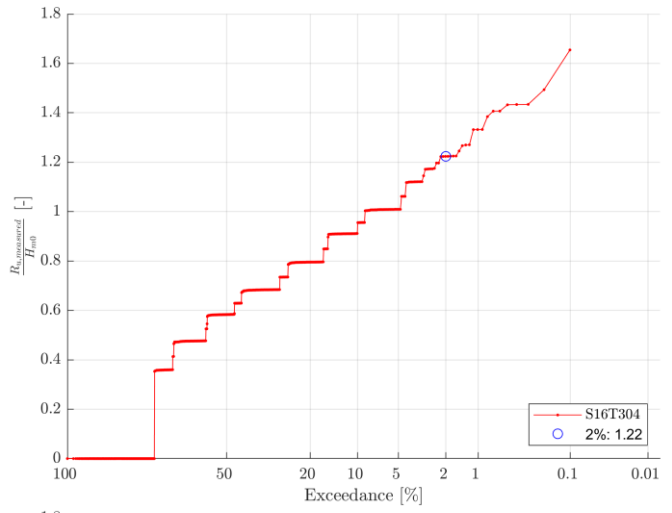
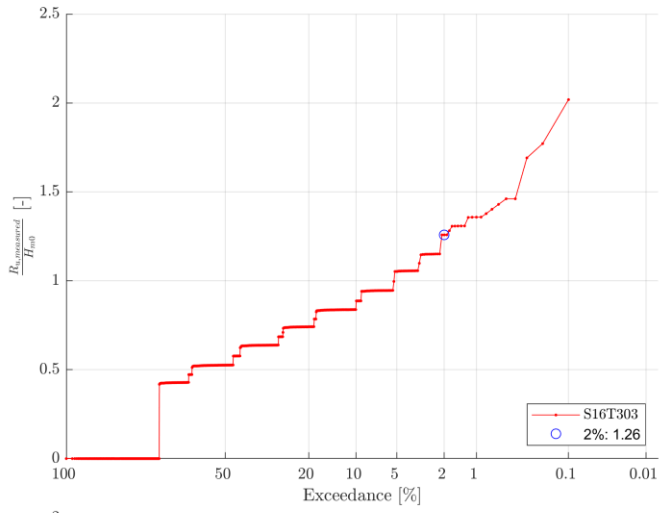




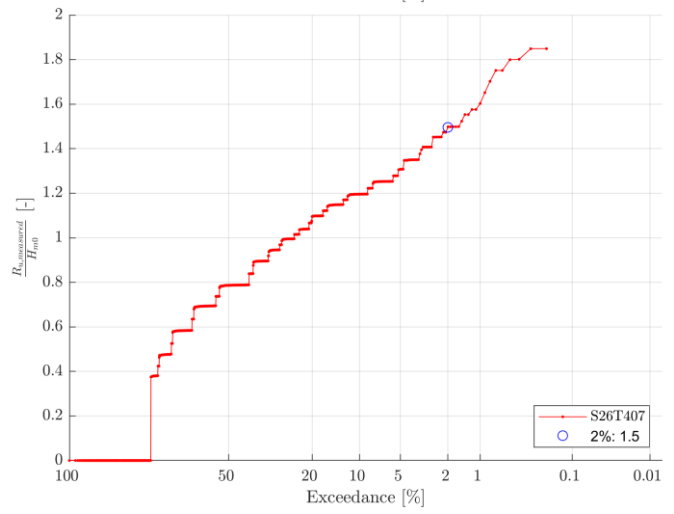
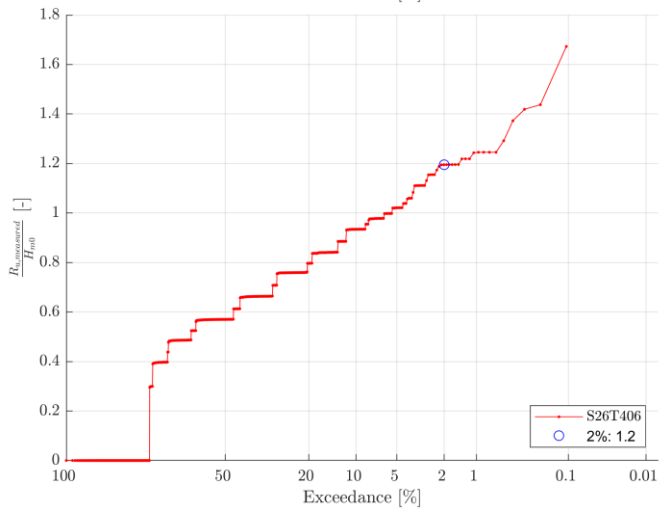
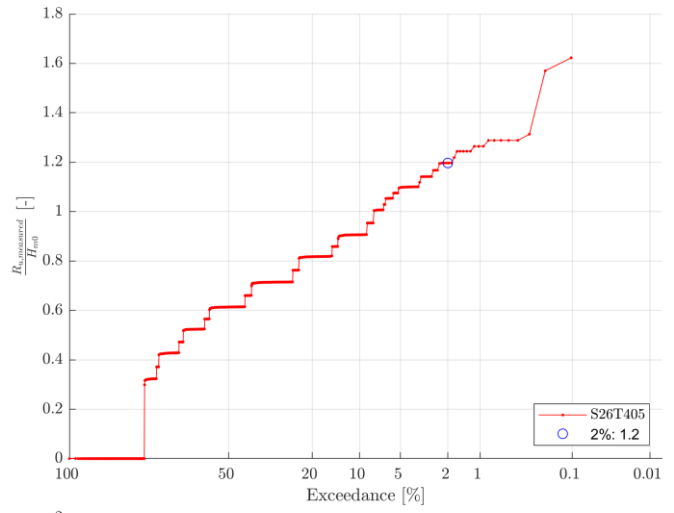
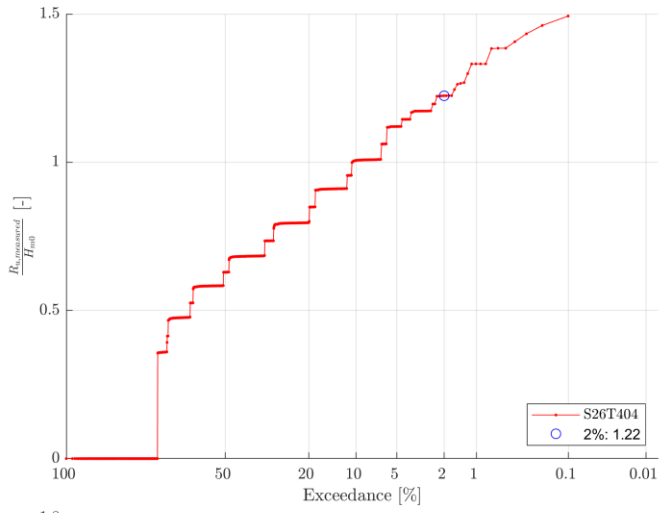
# Test Series T200

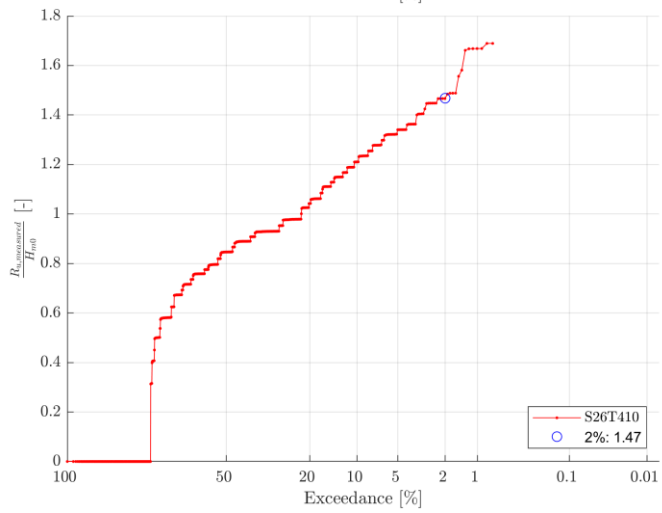
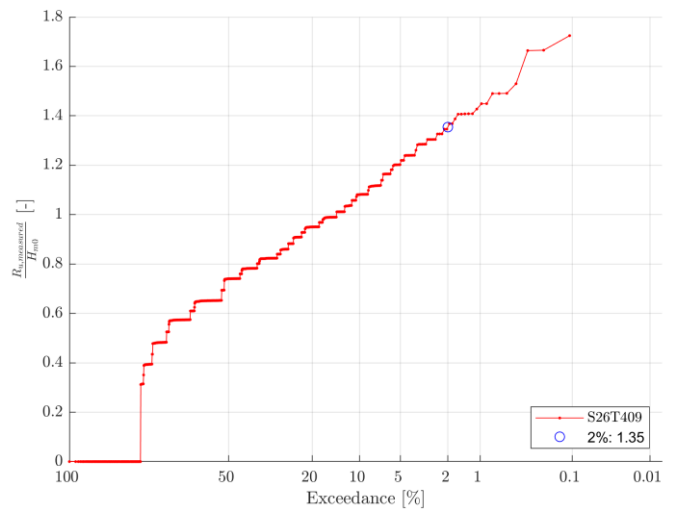
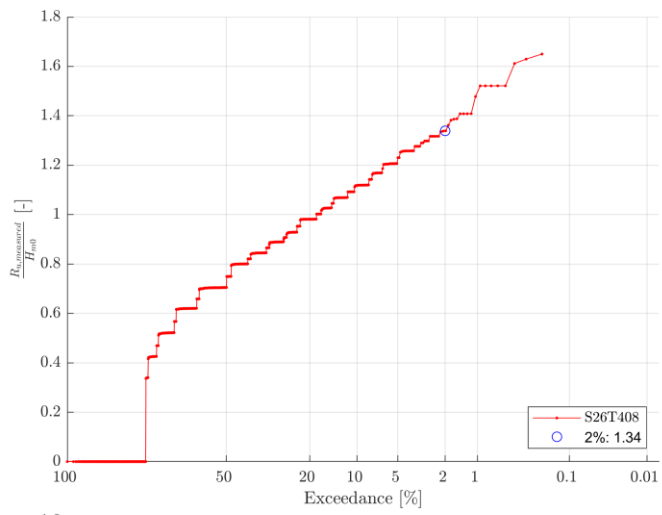


# Test Series T300

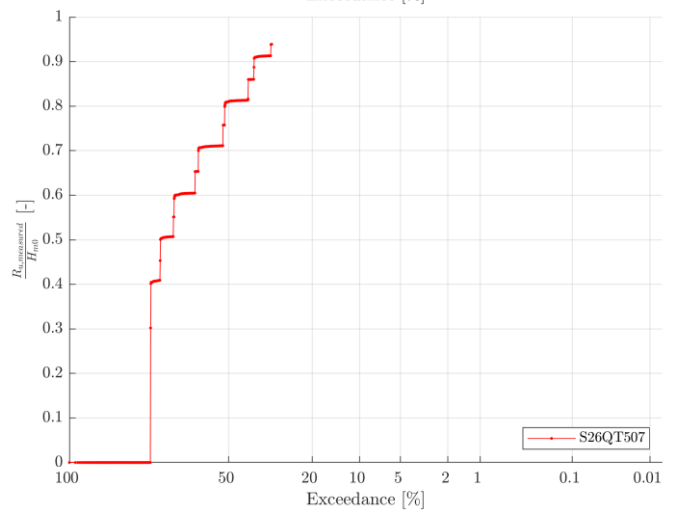
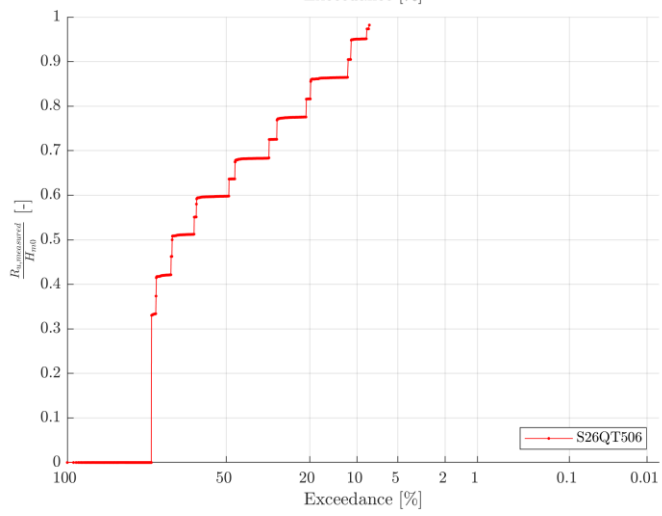
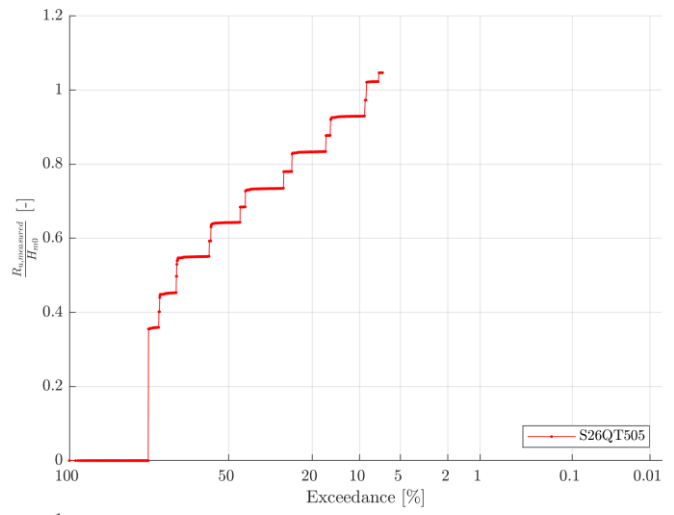
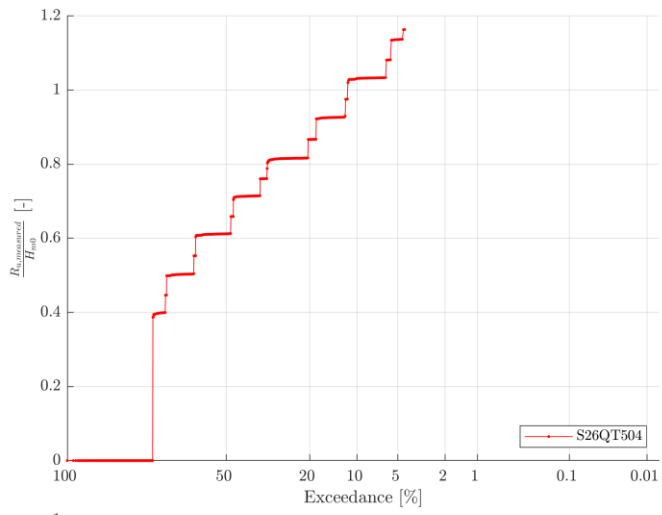


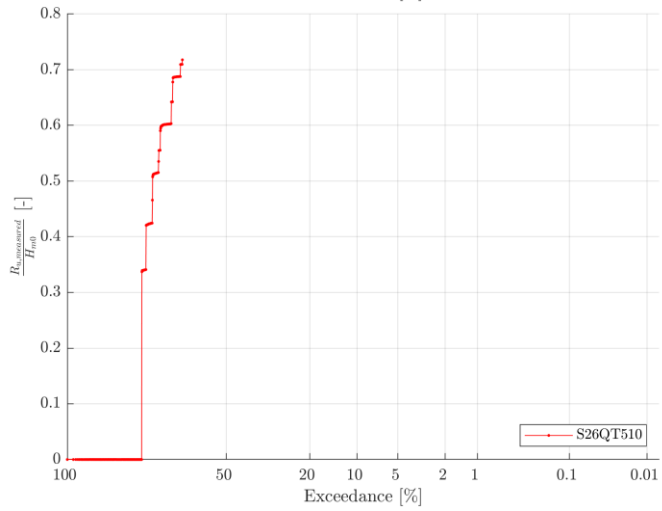
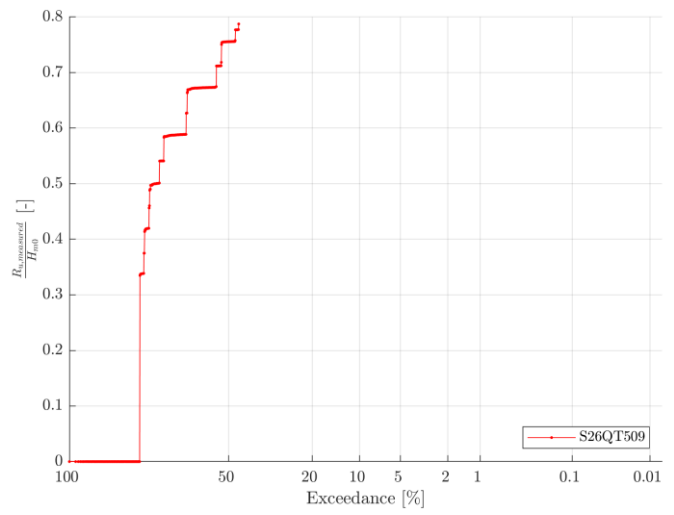
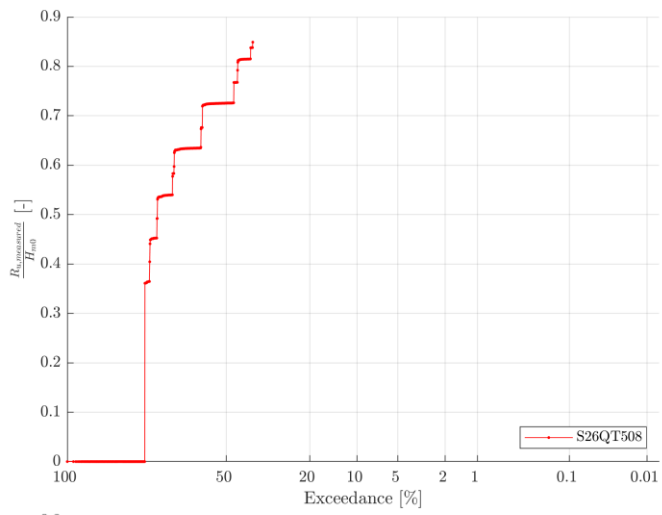
# Test Series T400



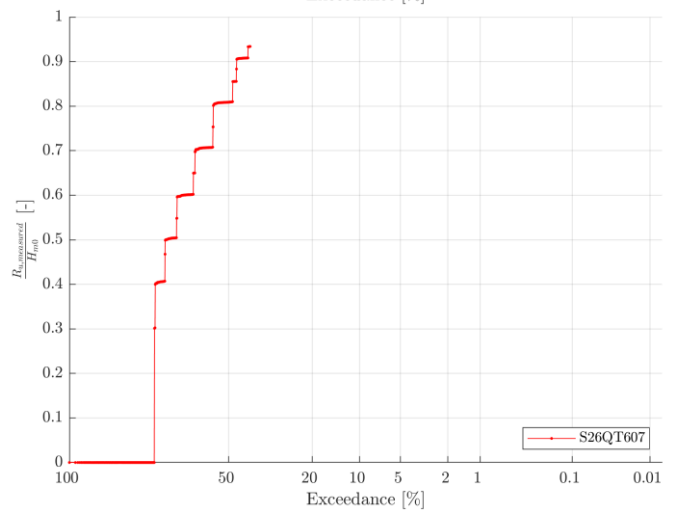
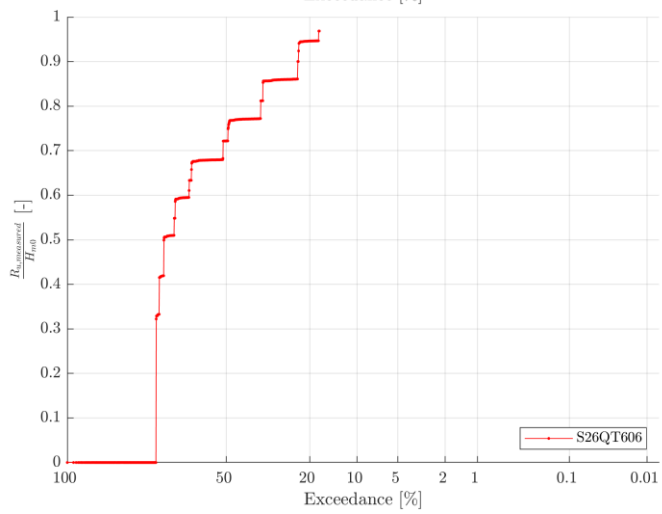
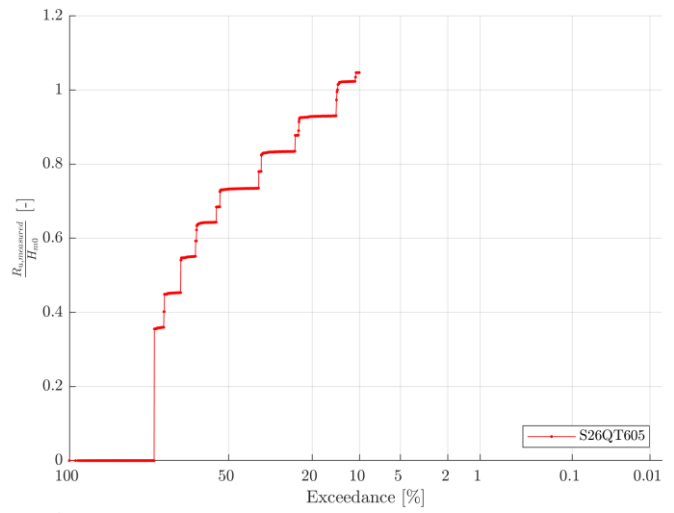
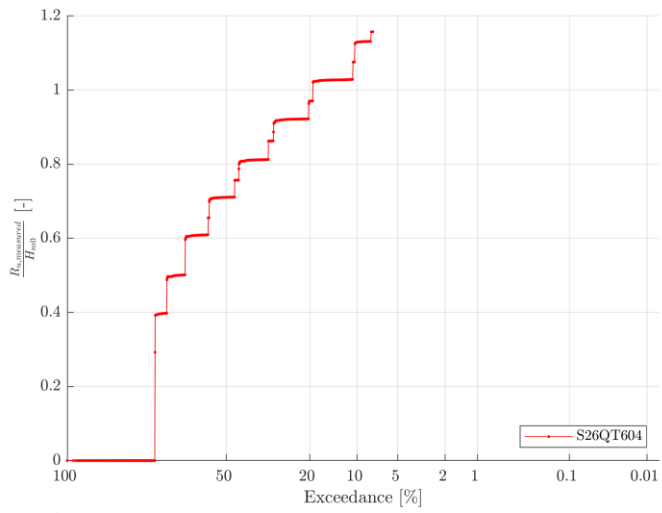


# Test Series T500

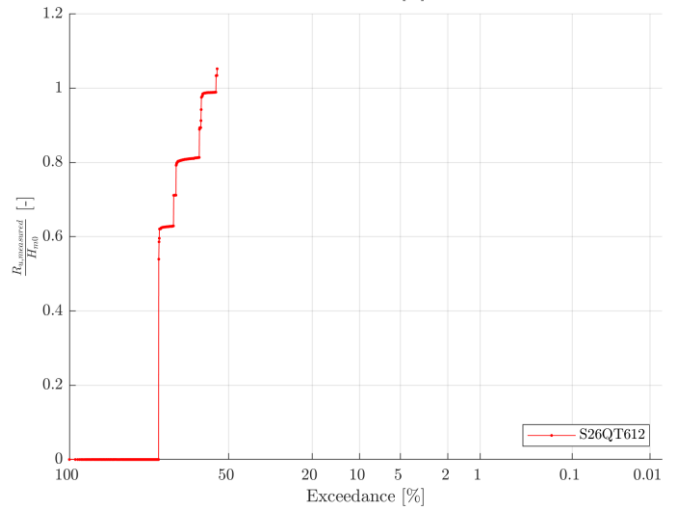
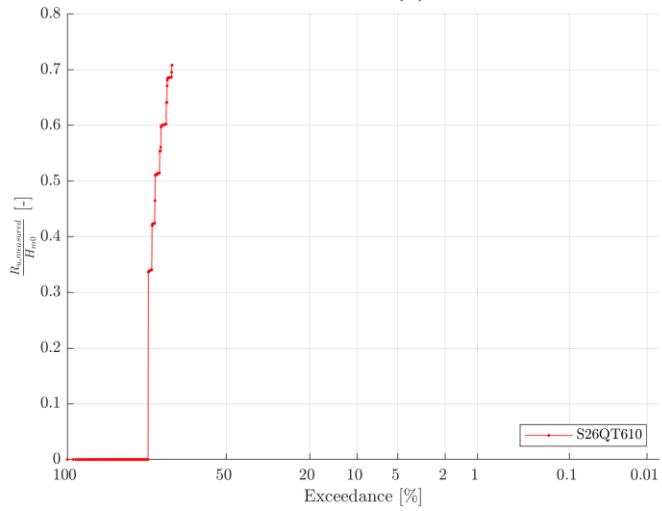
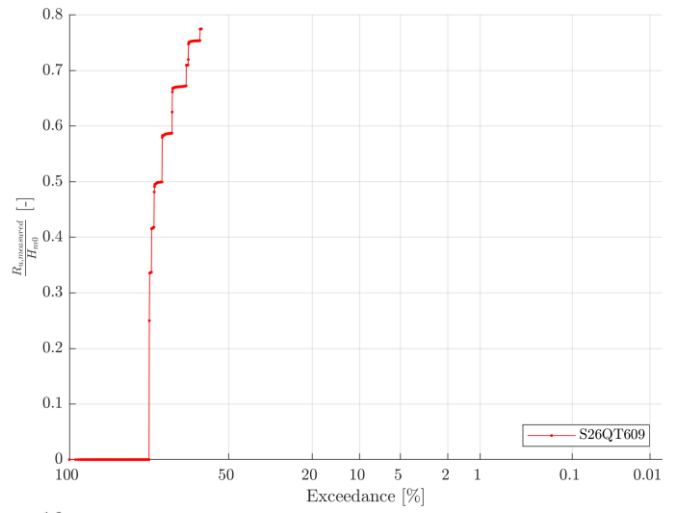
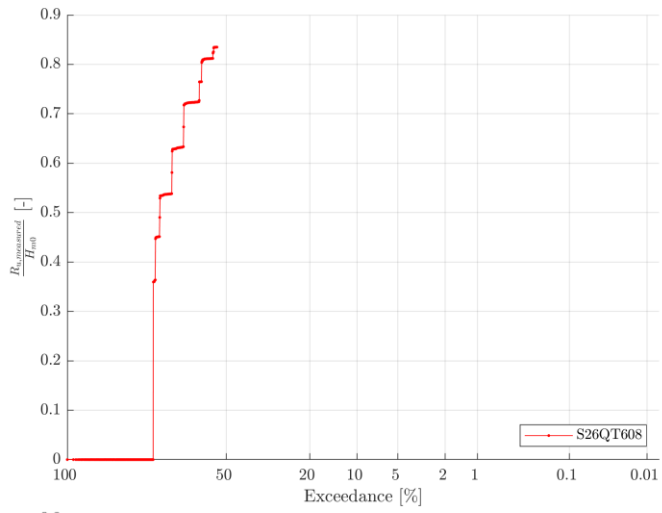




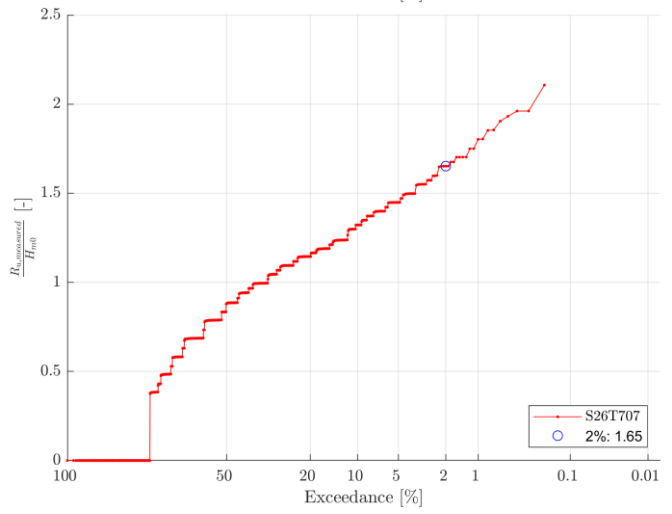
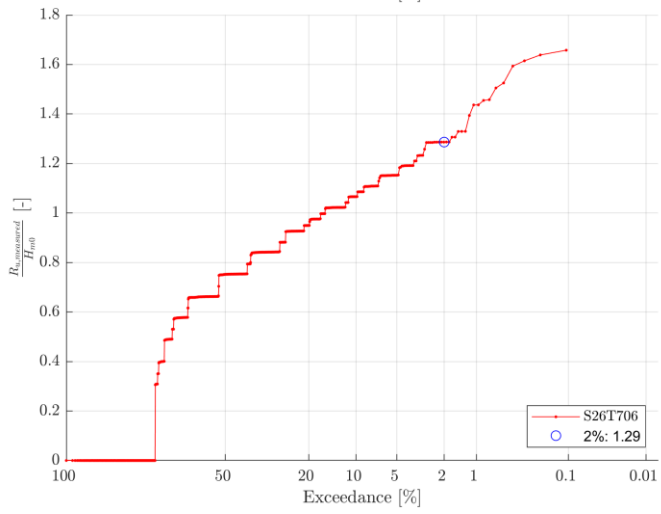
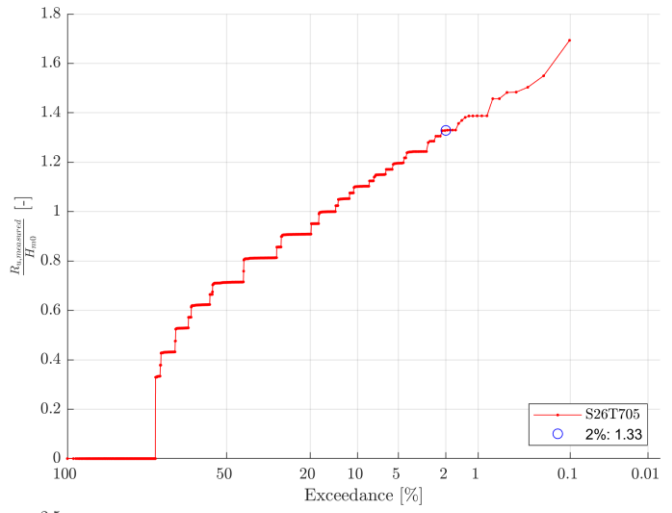
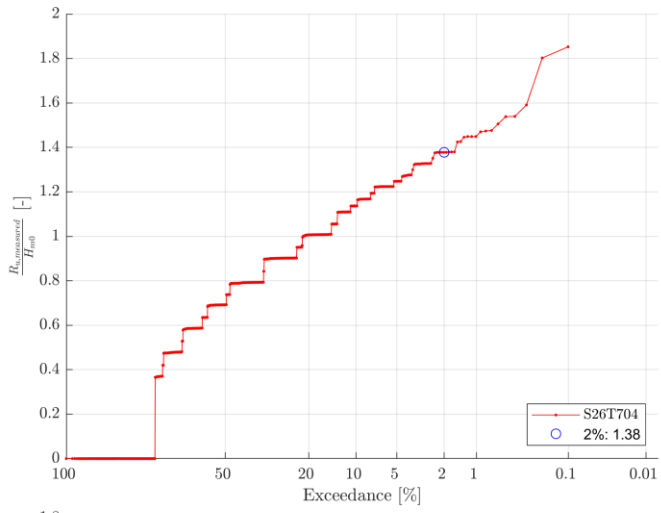
# Test Series T600

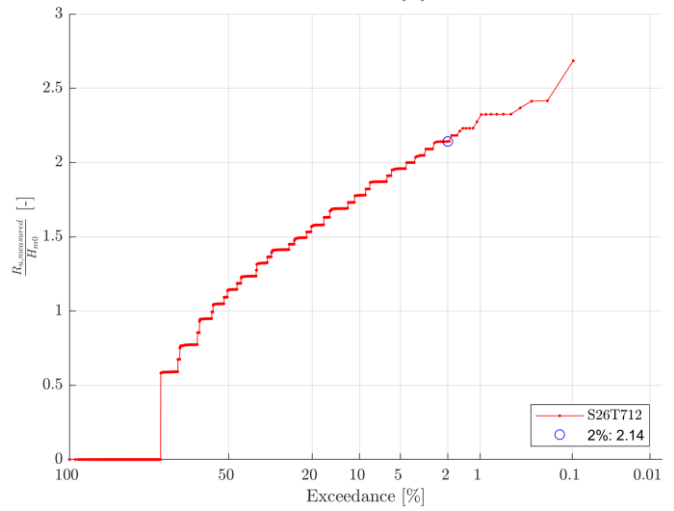
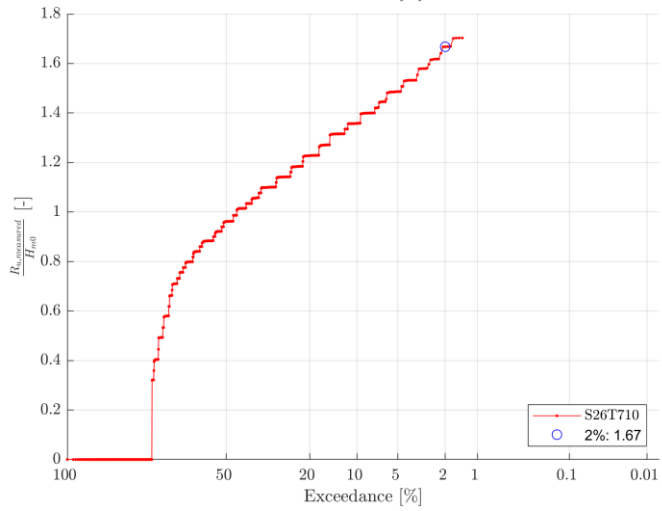
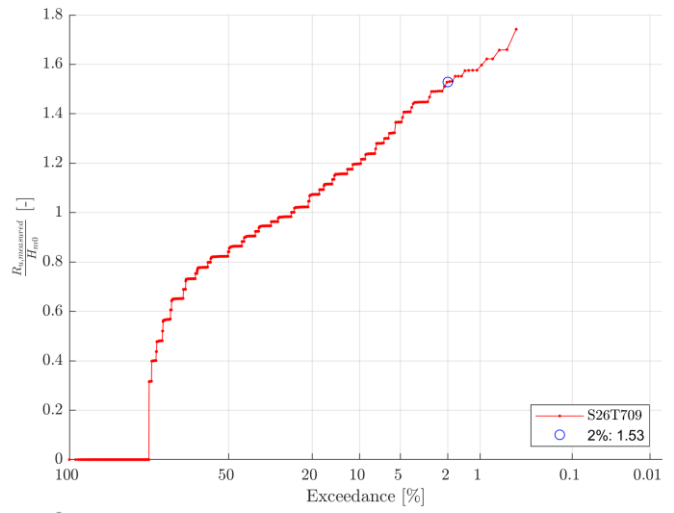
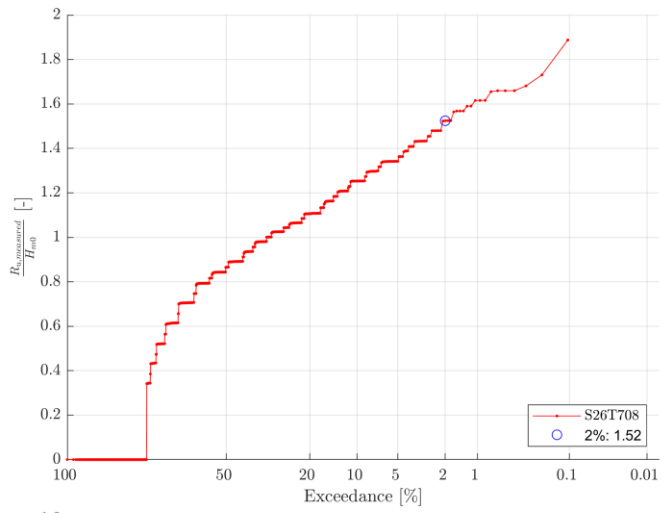




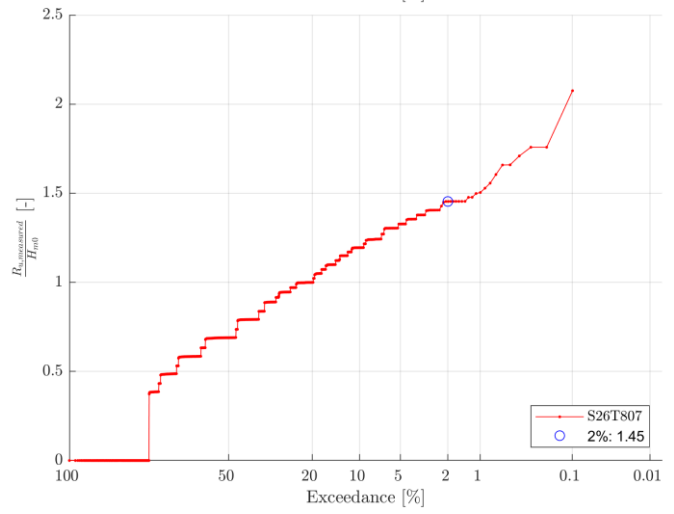
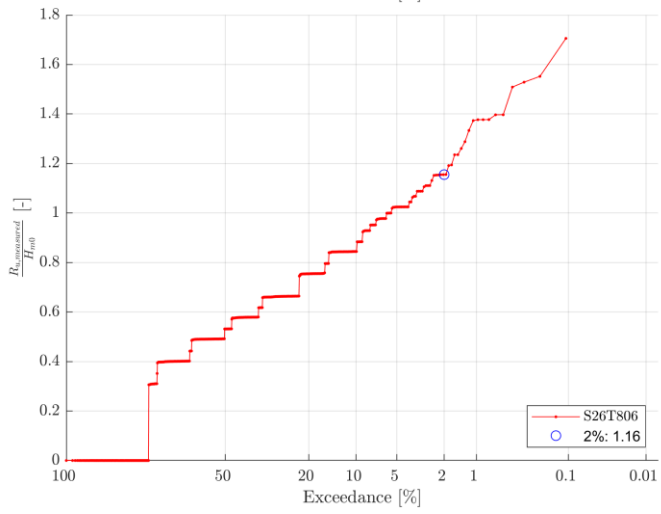
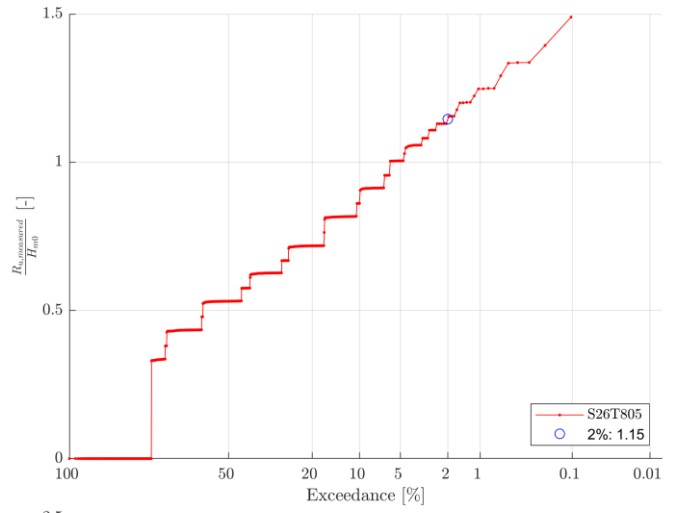
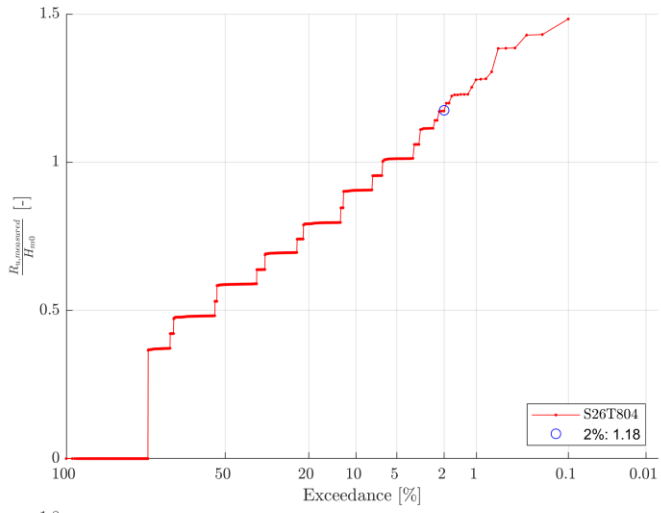


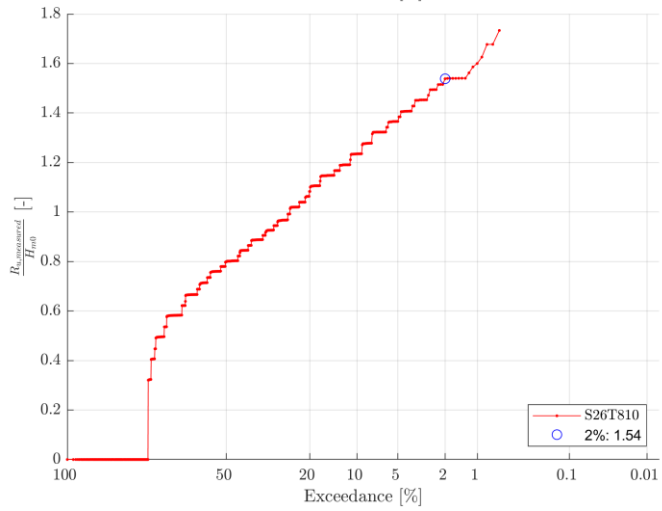
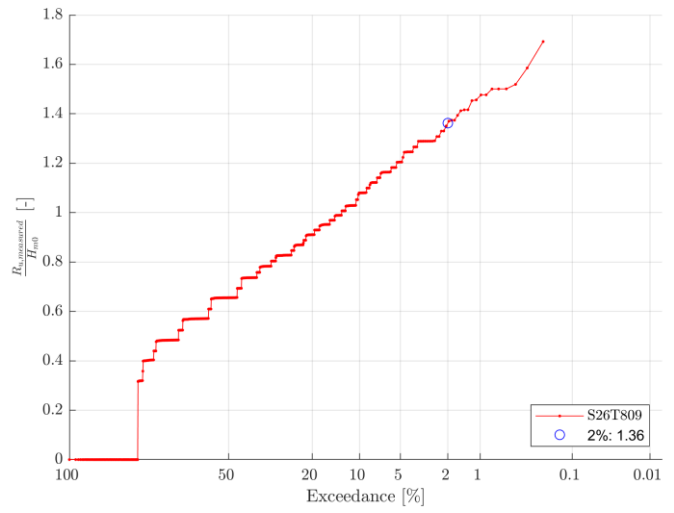
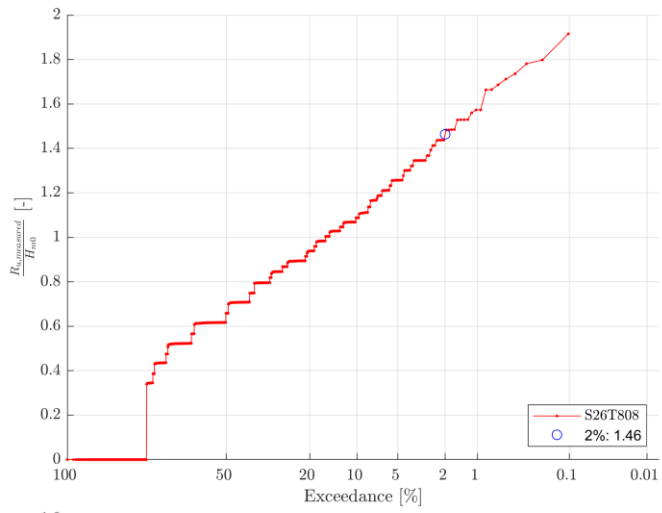
# Test Series T700



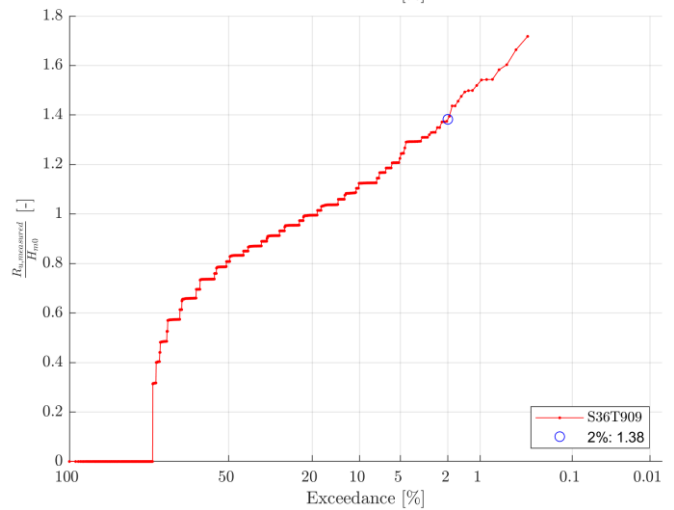
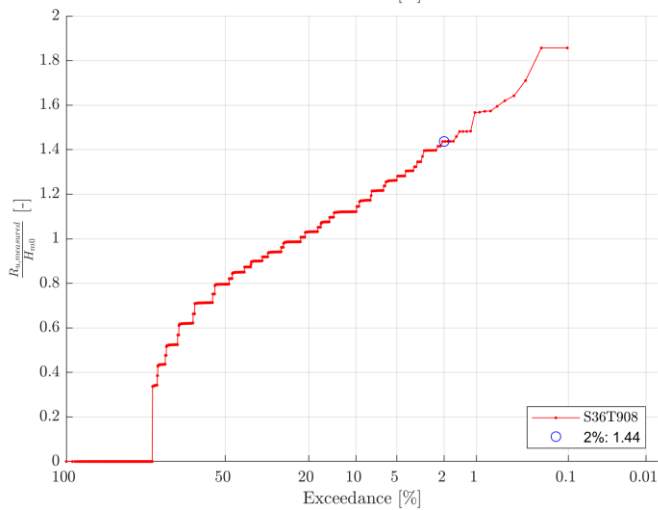
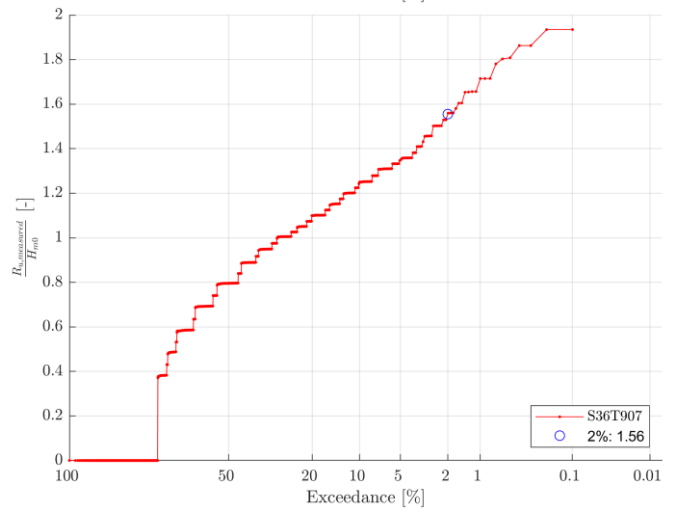
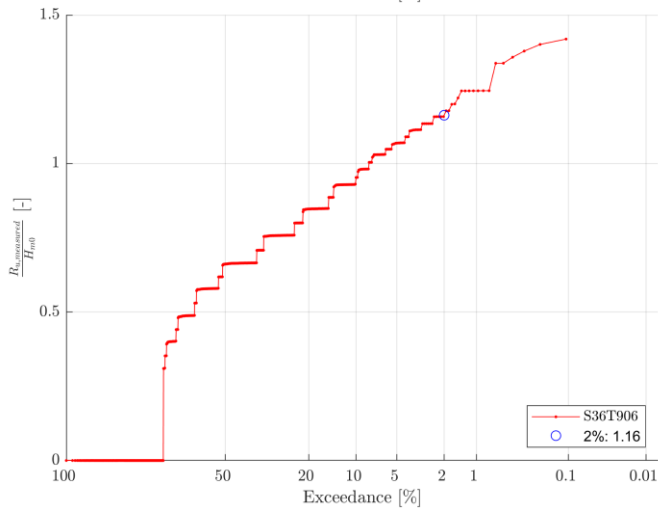
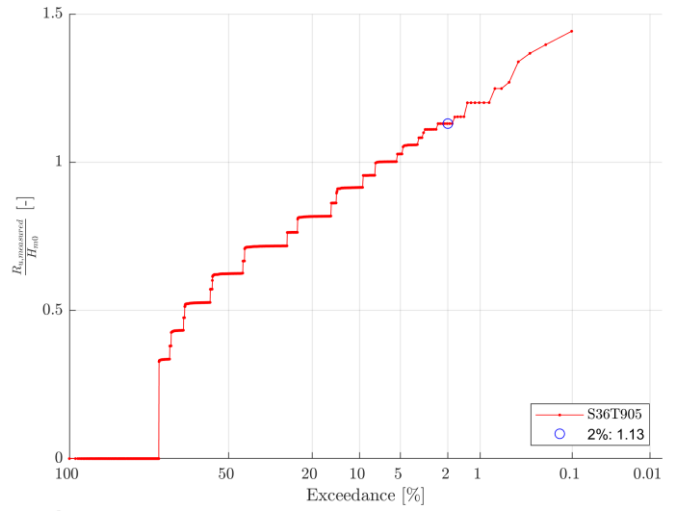
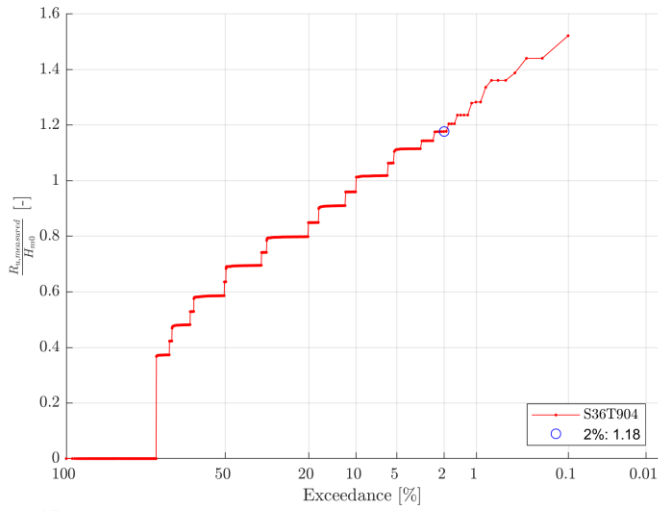


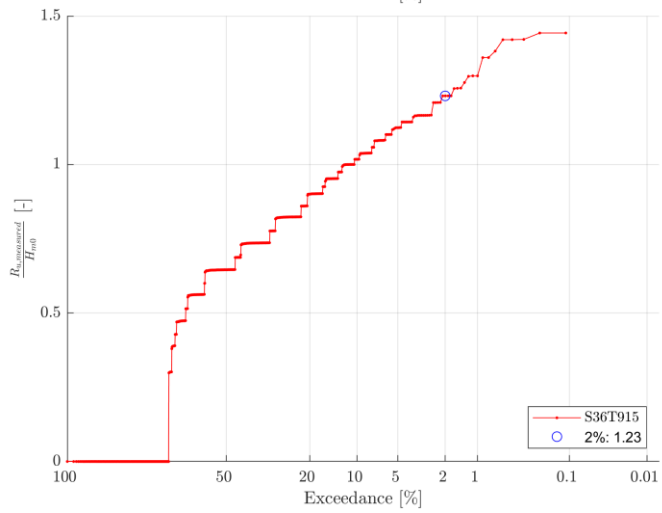
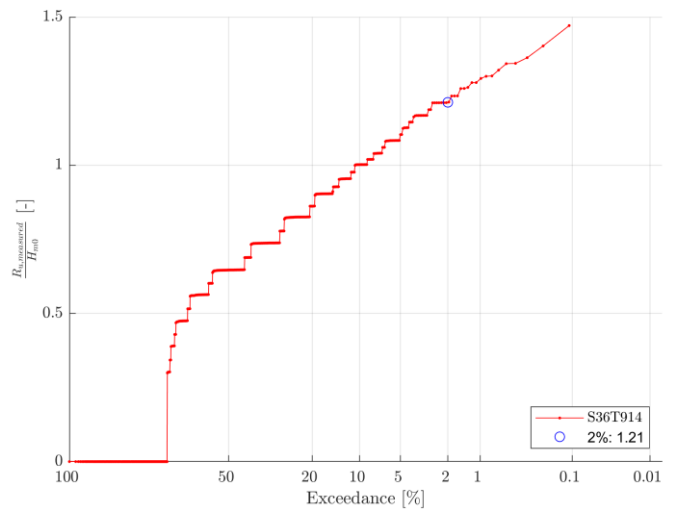
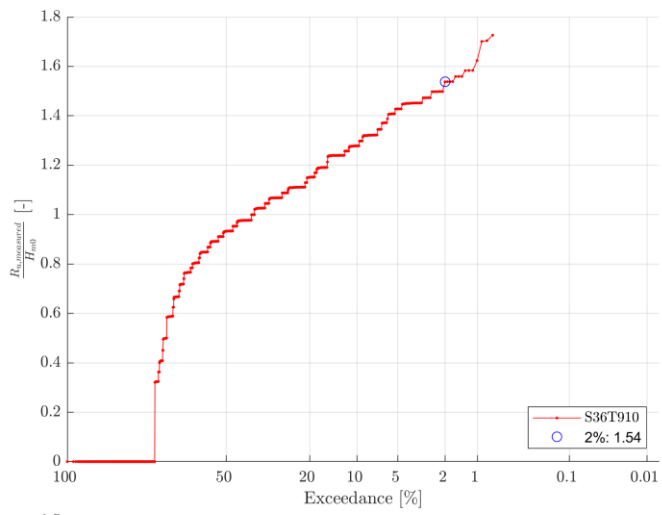
# Test Series T800



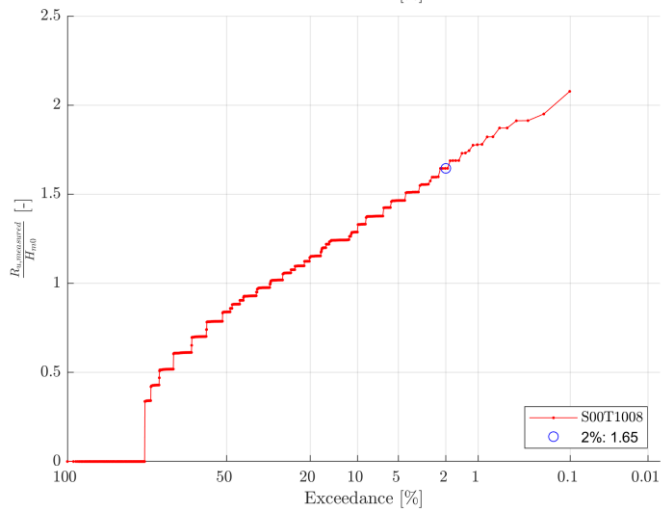
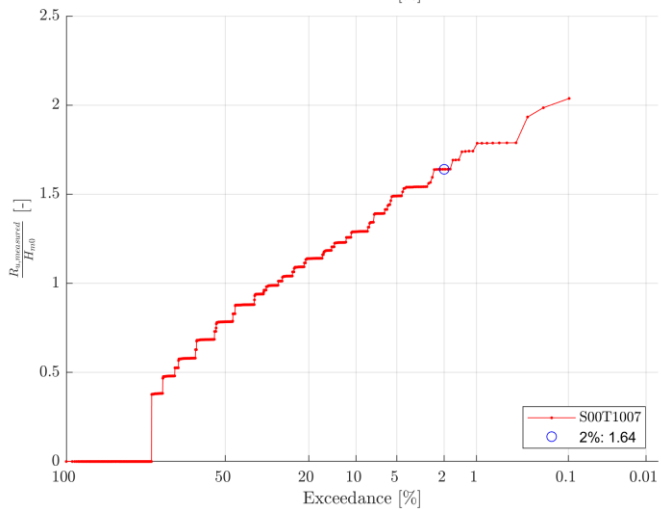
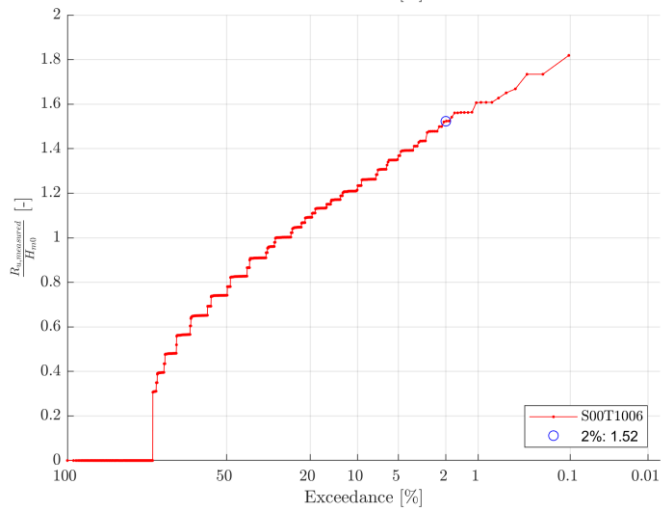
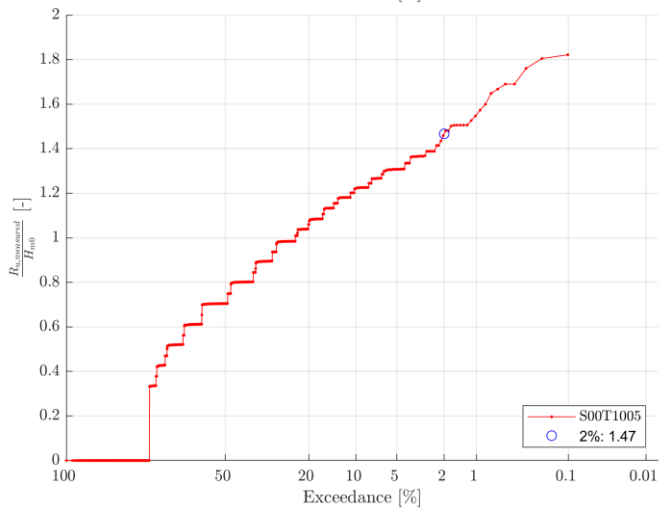
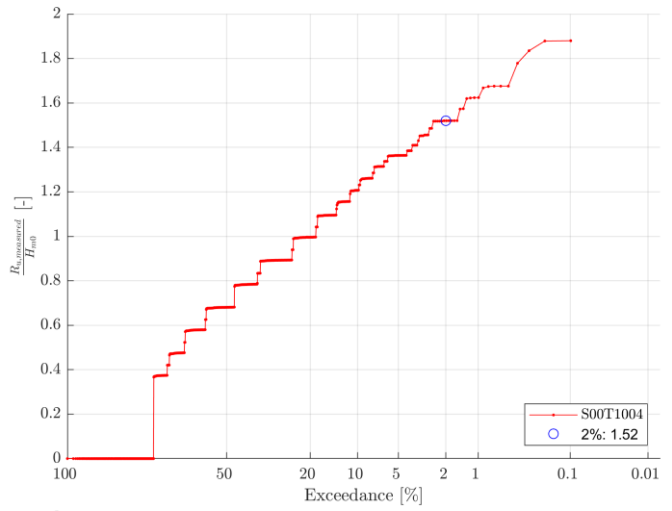
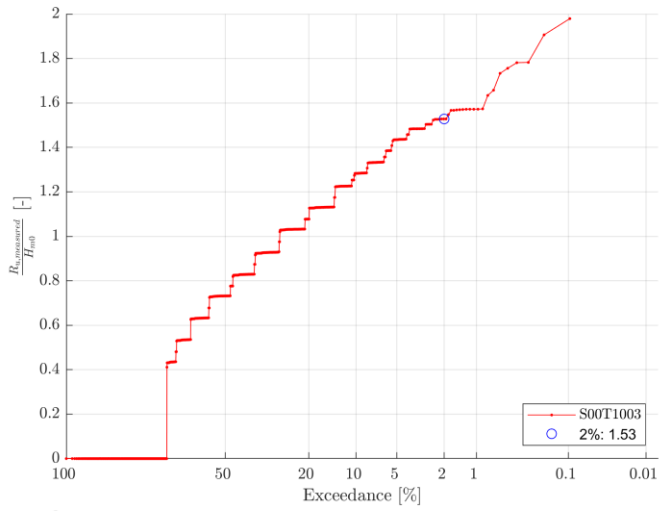


# Test Series T900

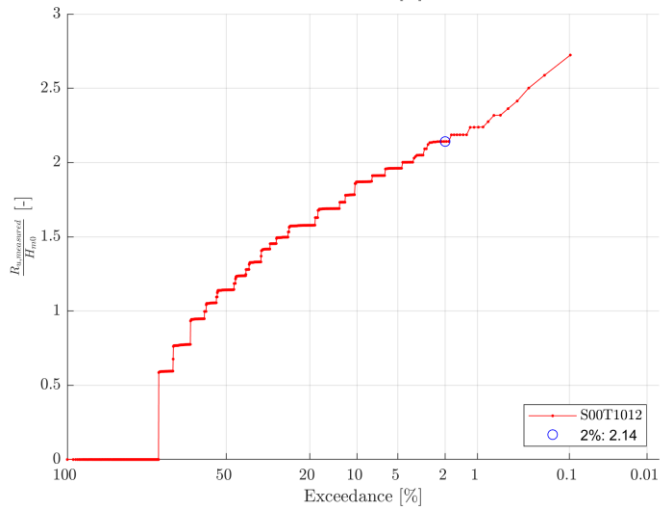
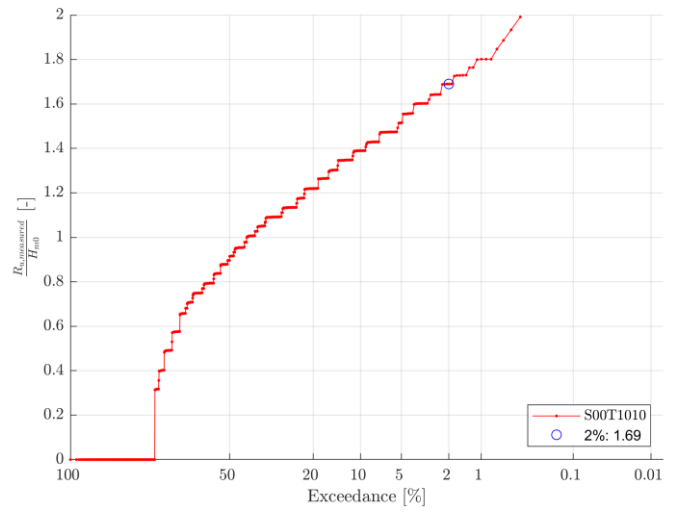
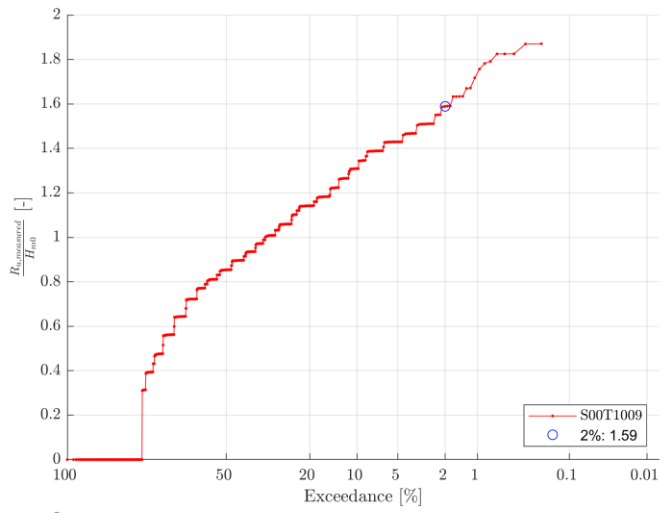




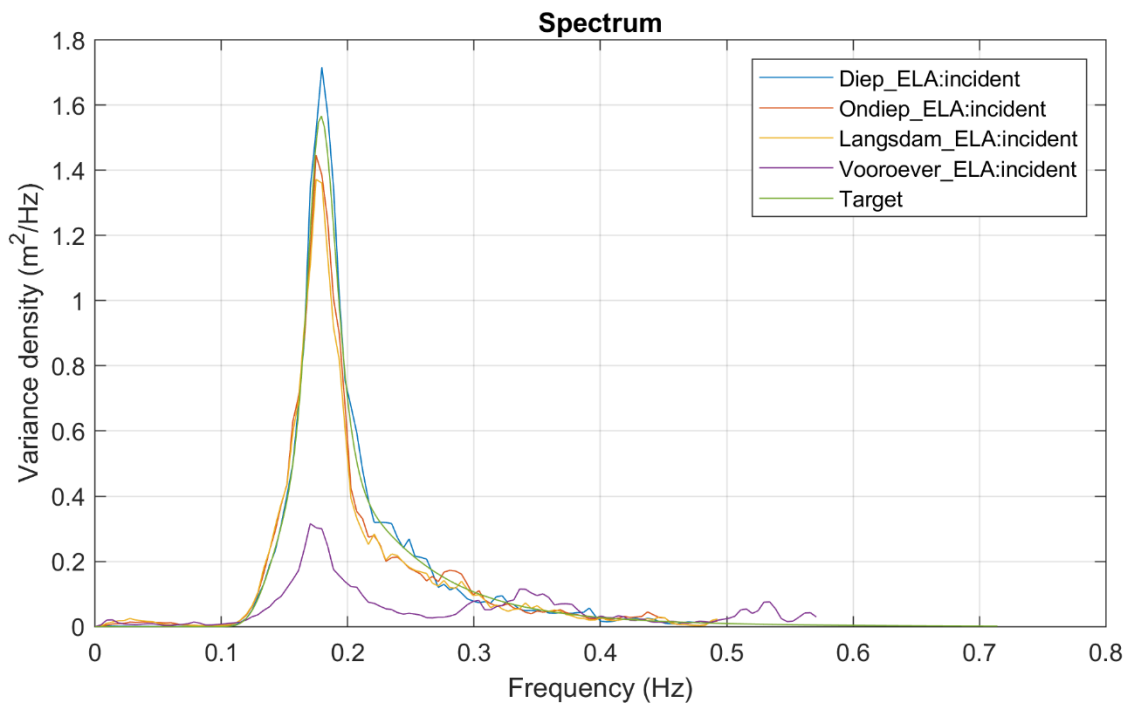
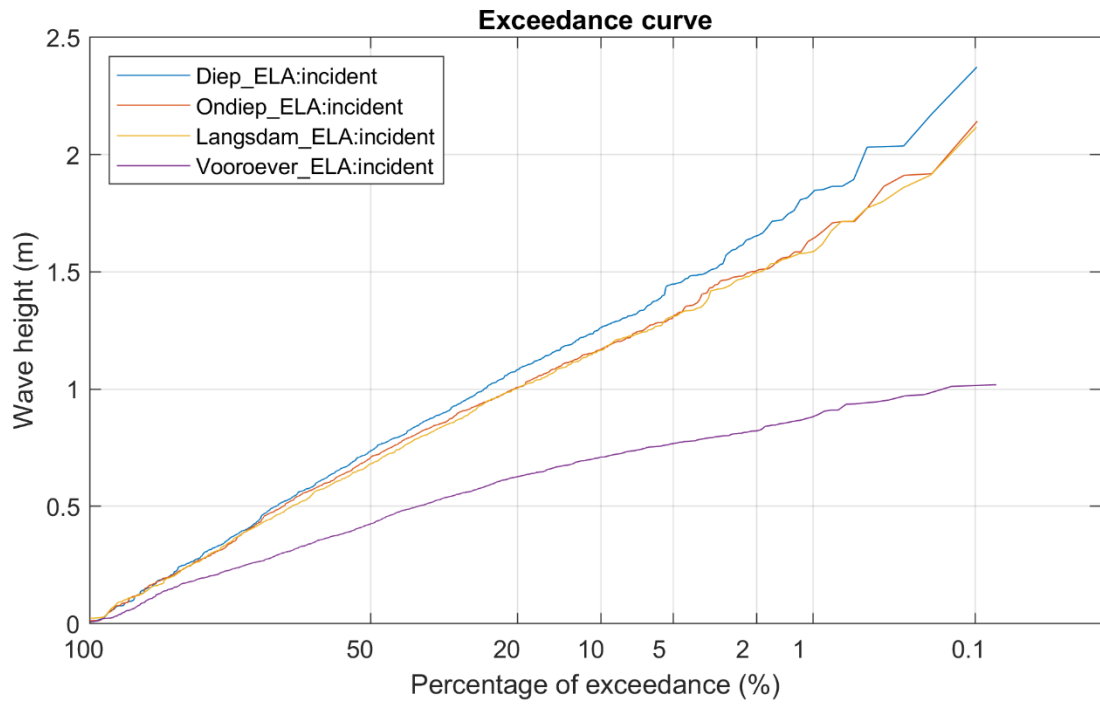
# Test Series T1000







# E Overschrijdingslijnen en Golfspectra



Langsdam IJsselmeerdijk  
Scheldegoot proeven

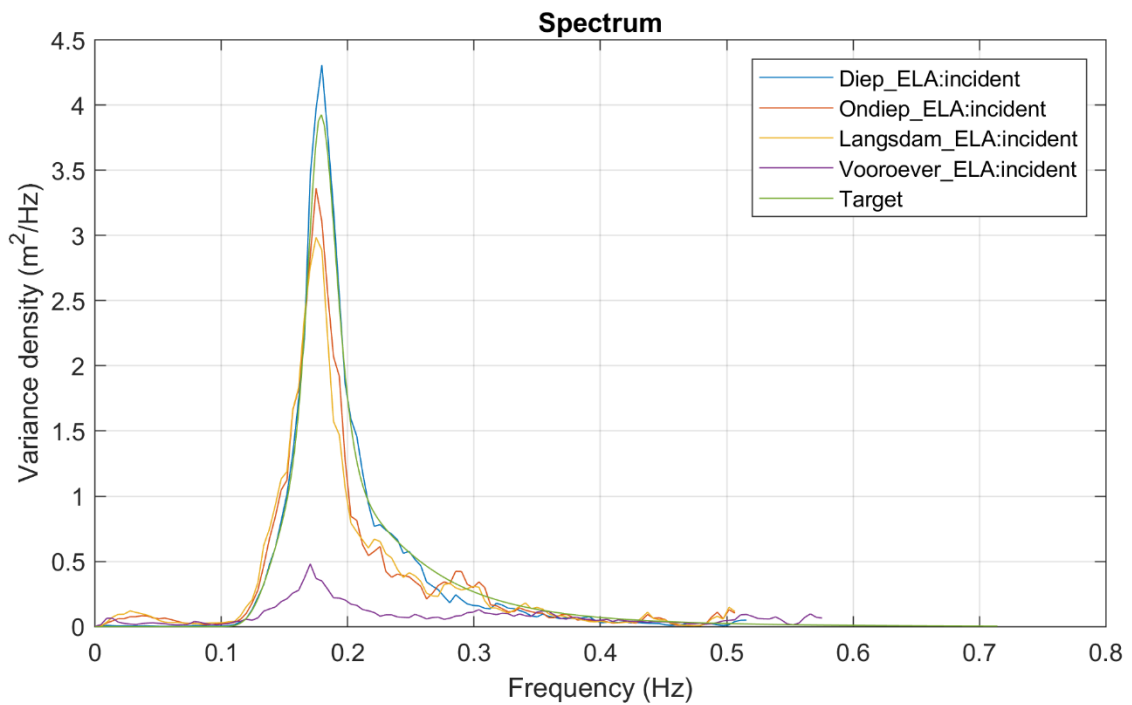
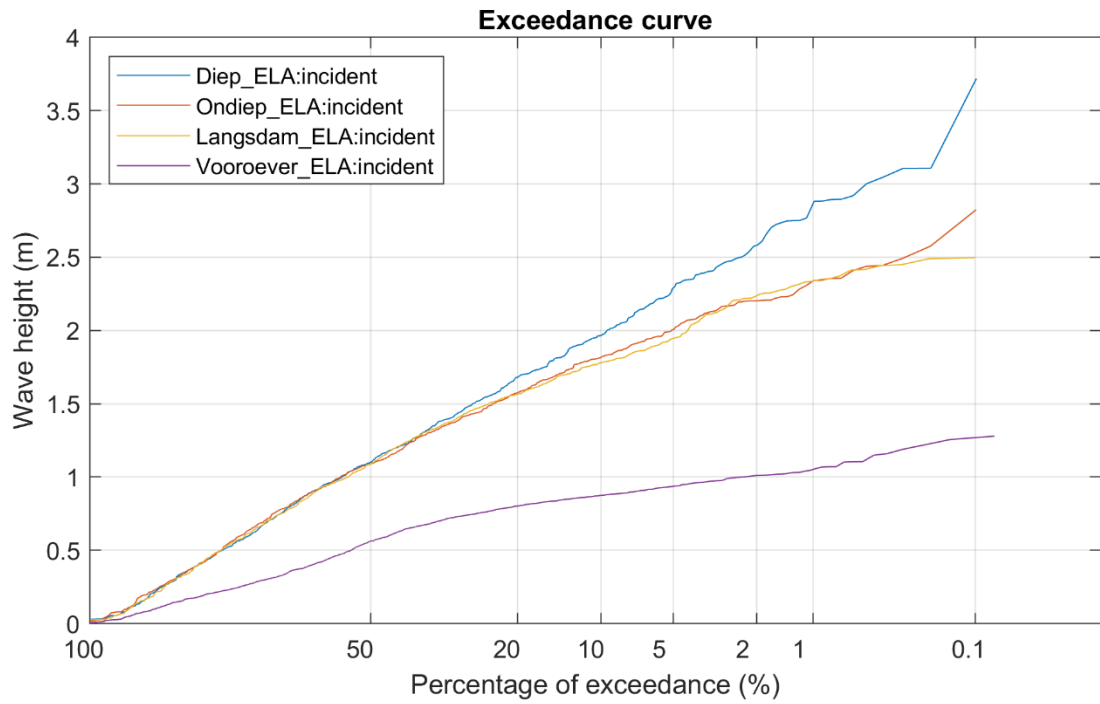
S12T100

Prototype

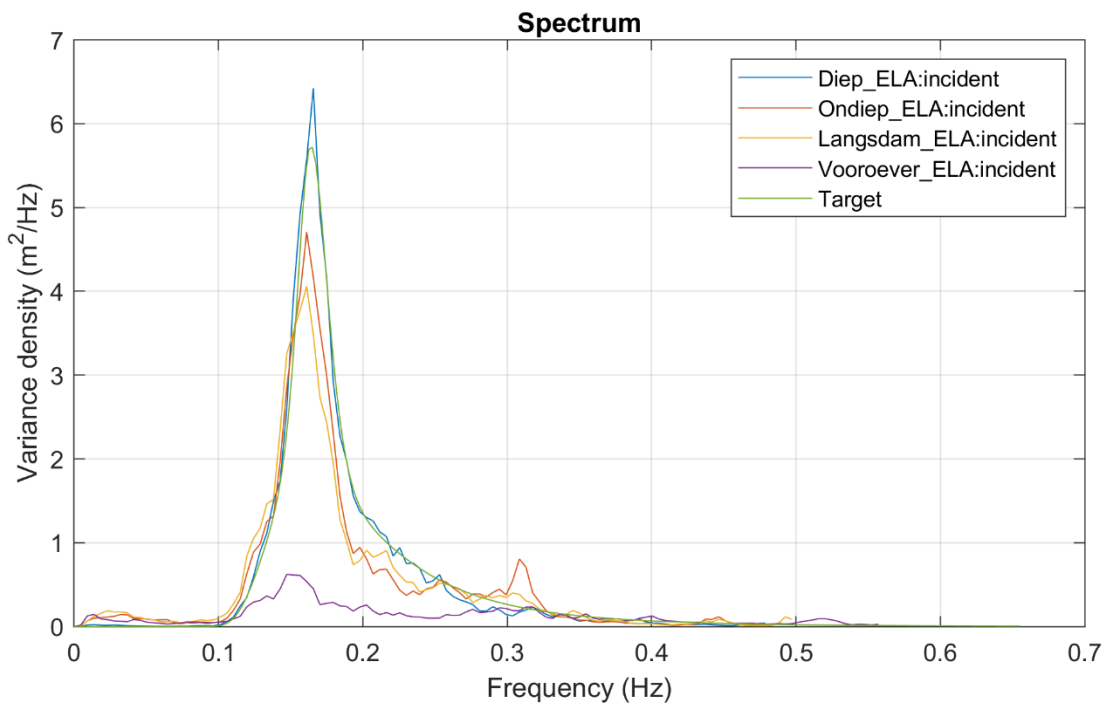
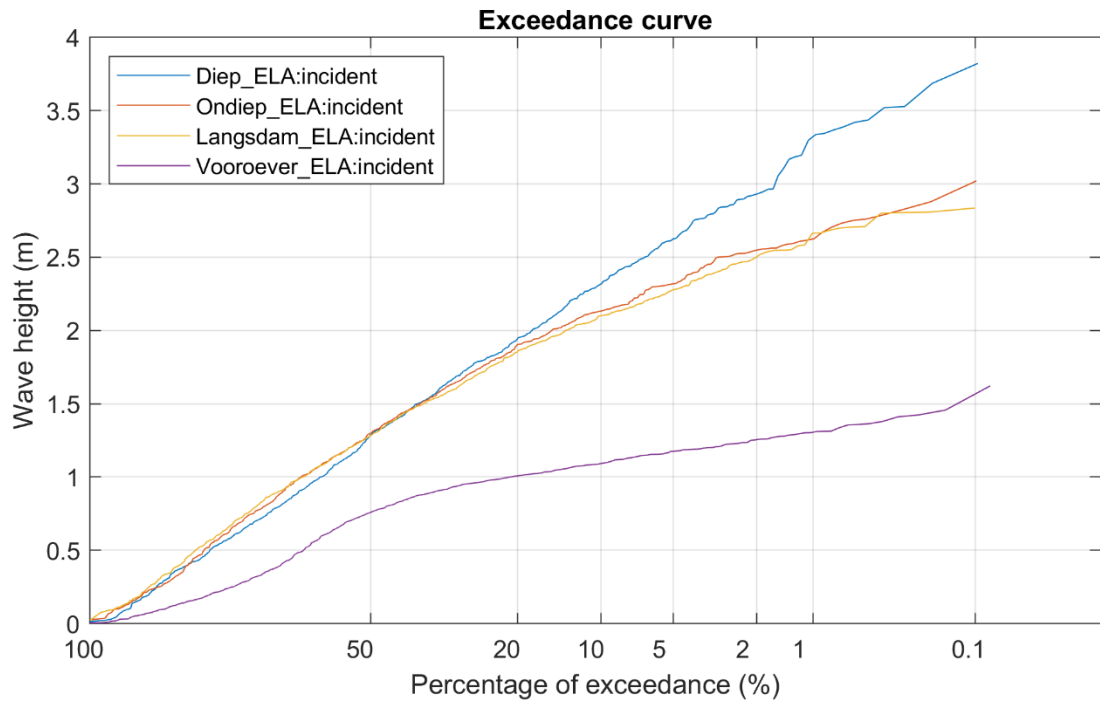
**Deltares**

11208947-002

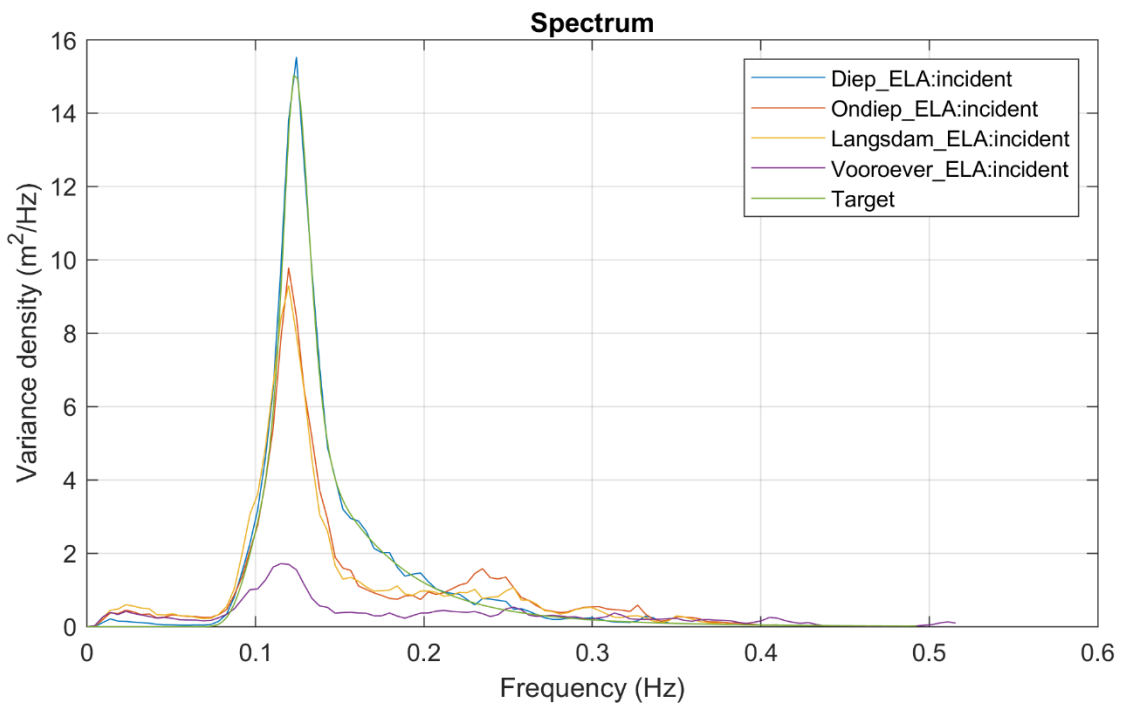
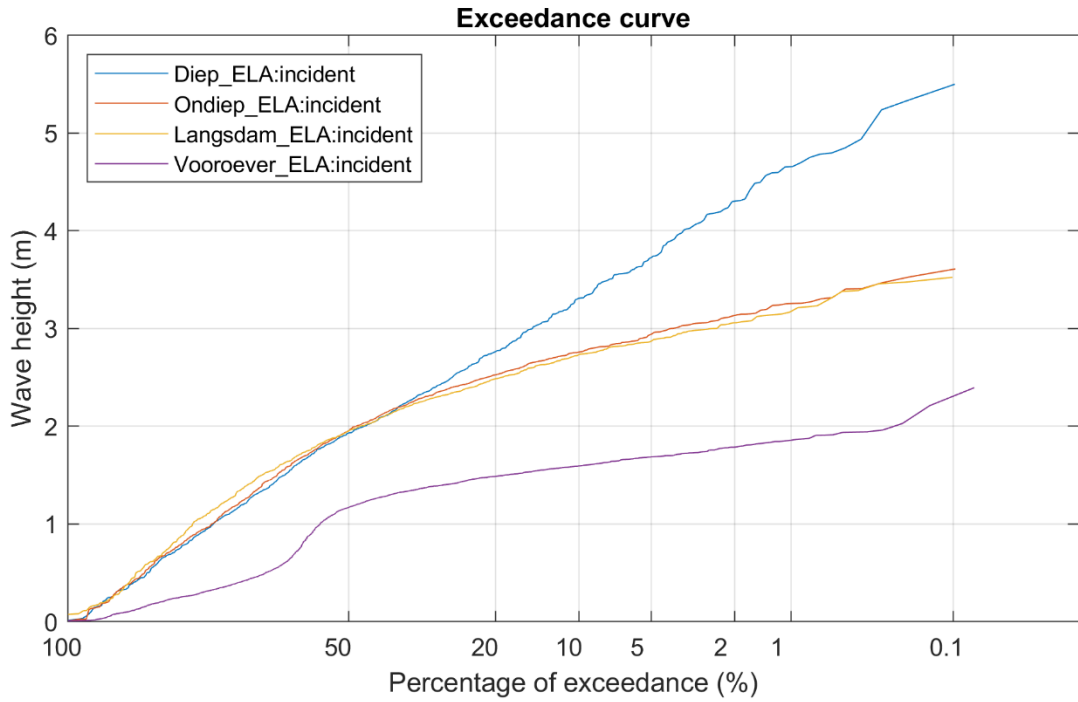
Fig. E



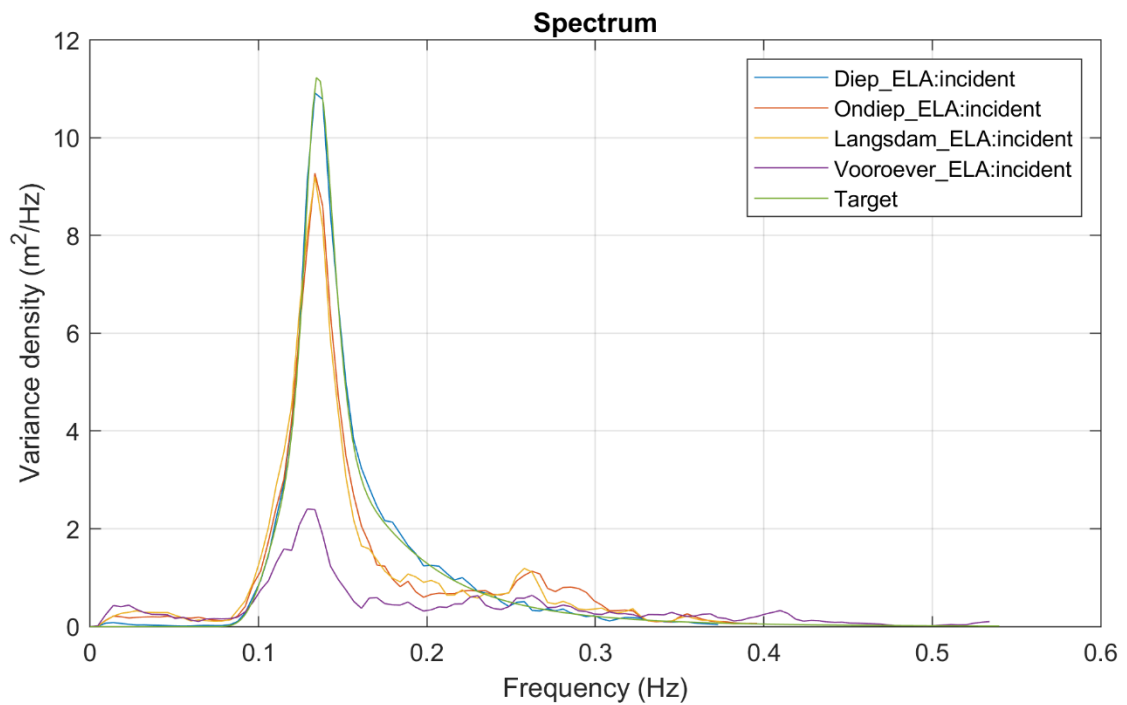
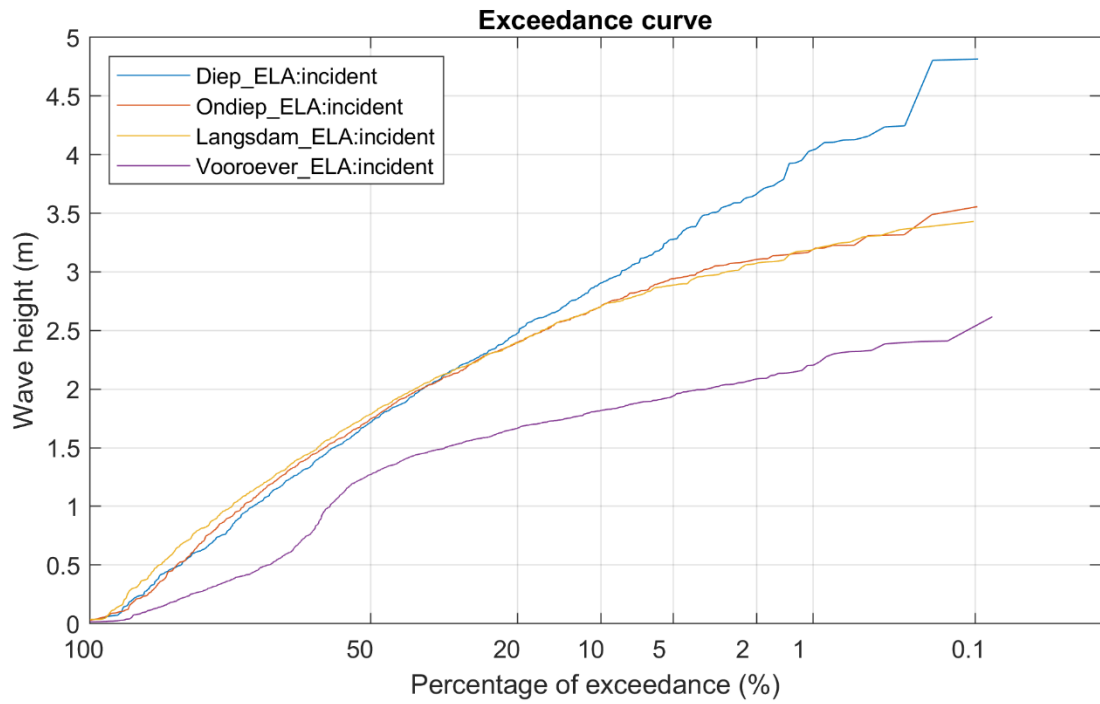
Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S12T101	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S12T102	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S12T103	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



Langsdam IJsselmeerdijk  
Scheldegoot proeven

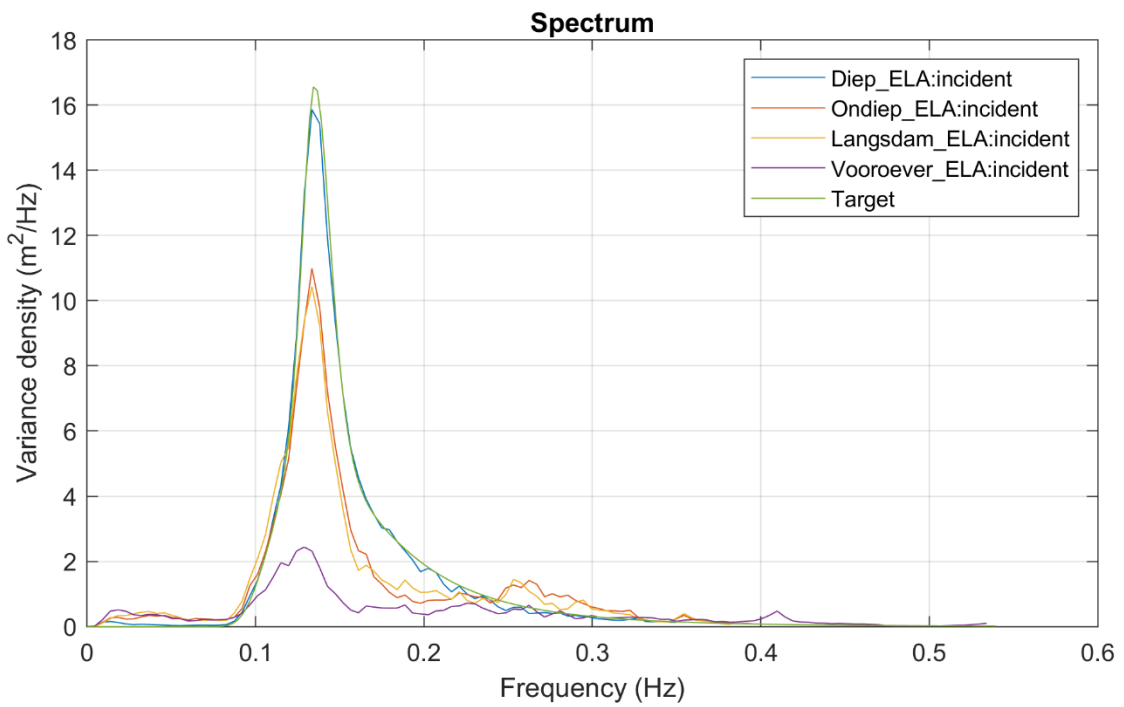
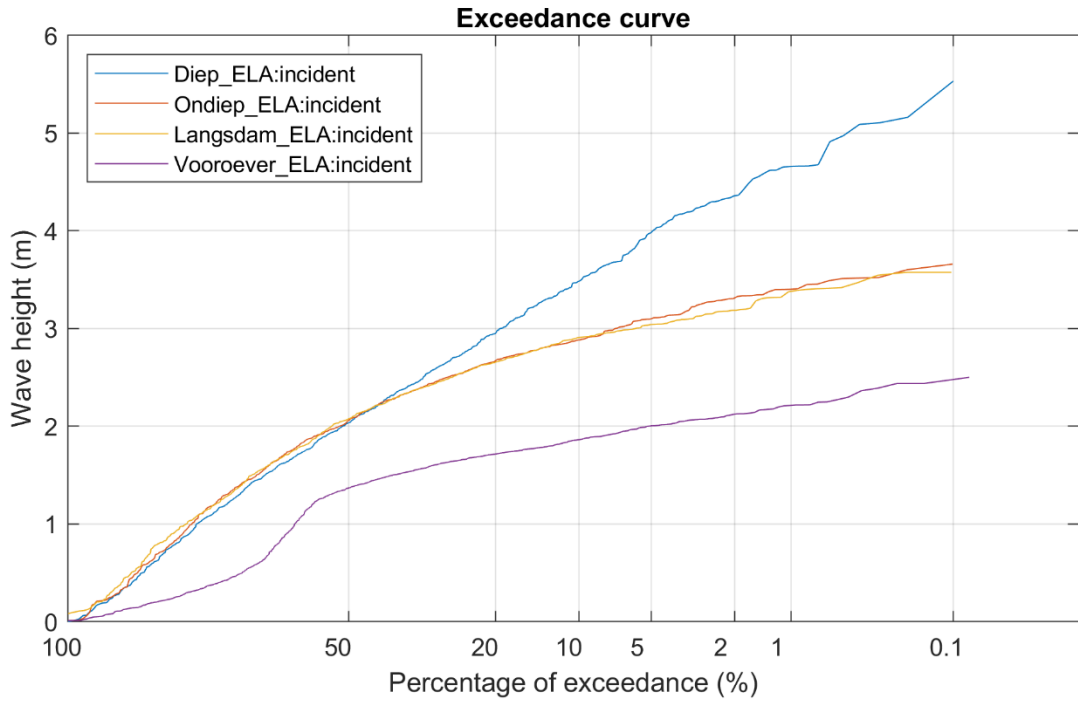
S12T104

Prototype

**Deltares**

11208947-002

Fig. E



Langsdam IJsselmeerdijk  
Scheldegoot proeven

S12T105

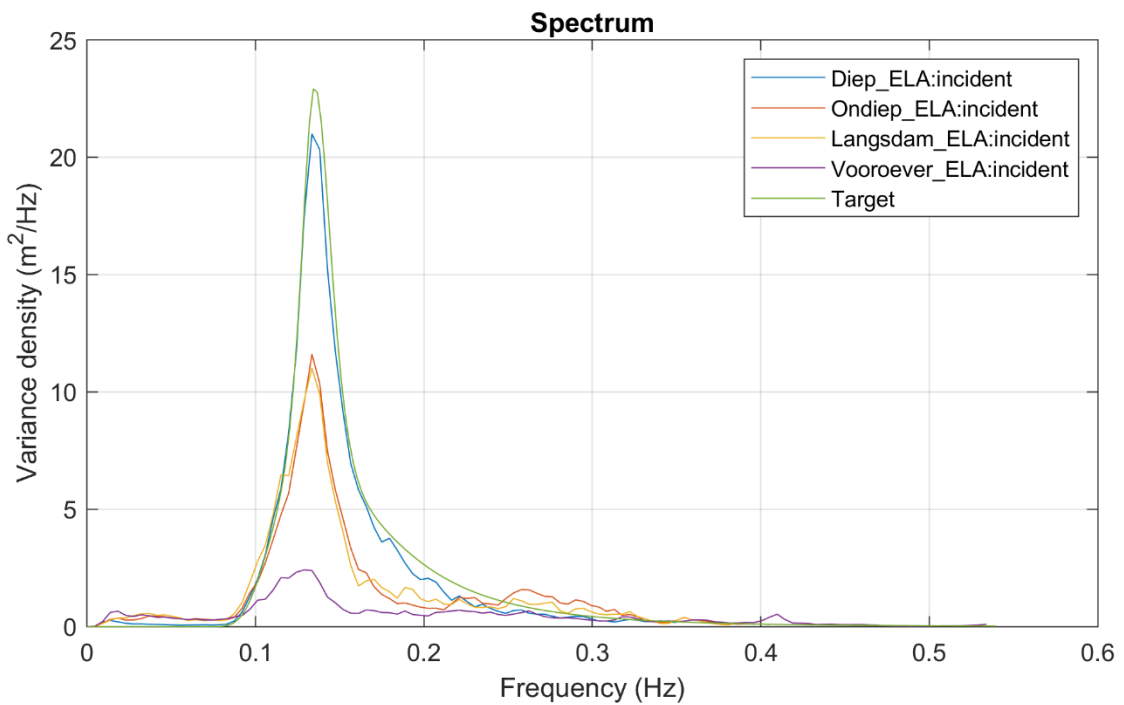
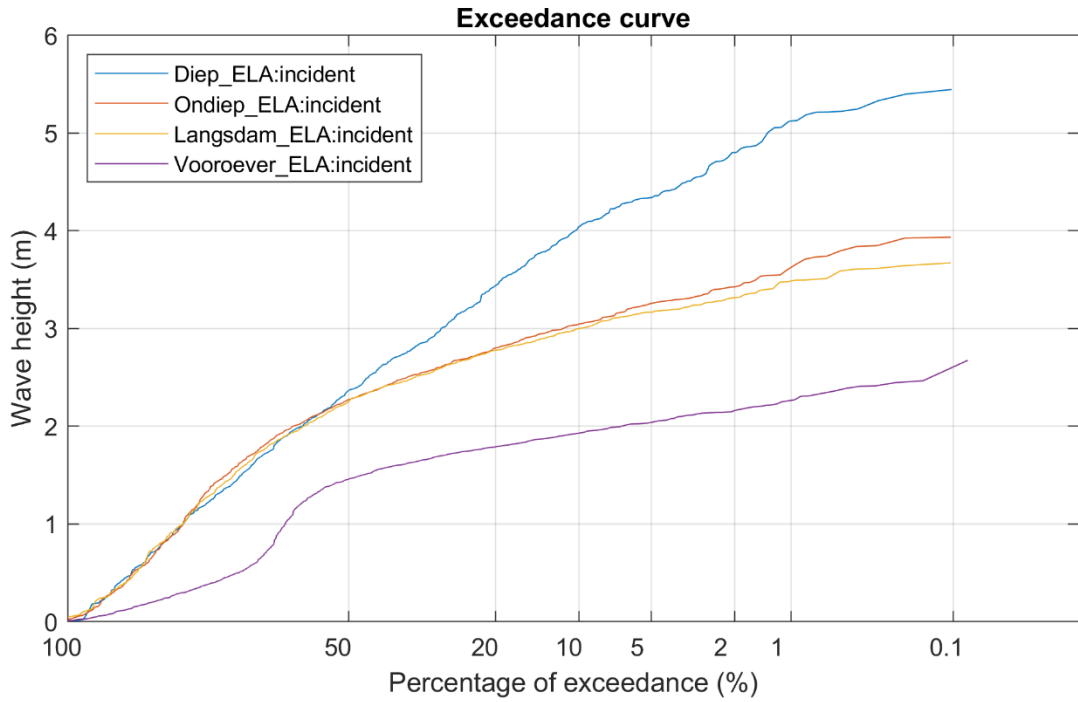
Prototype

**Deltares**

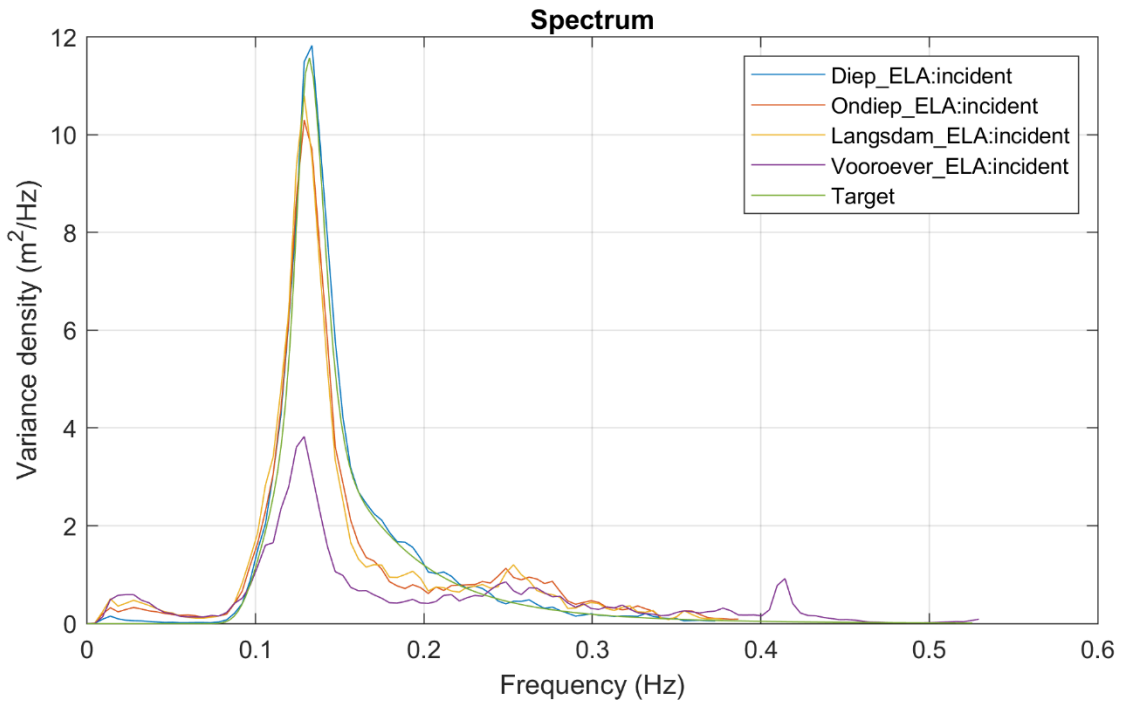
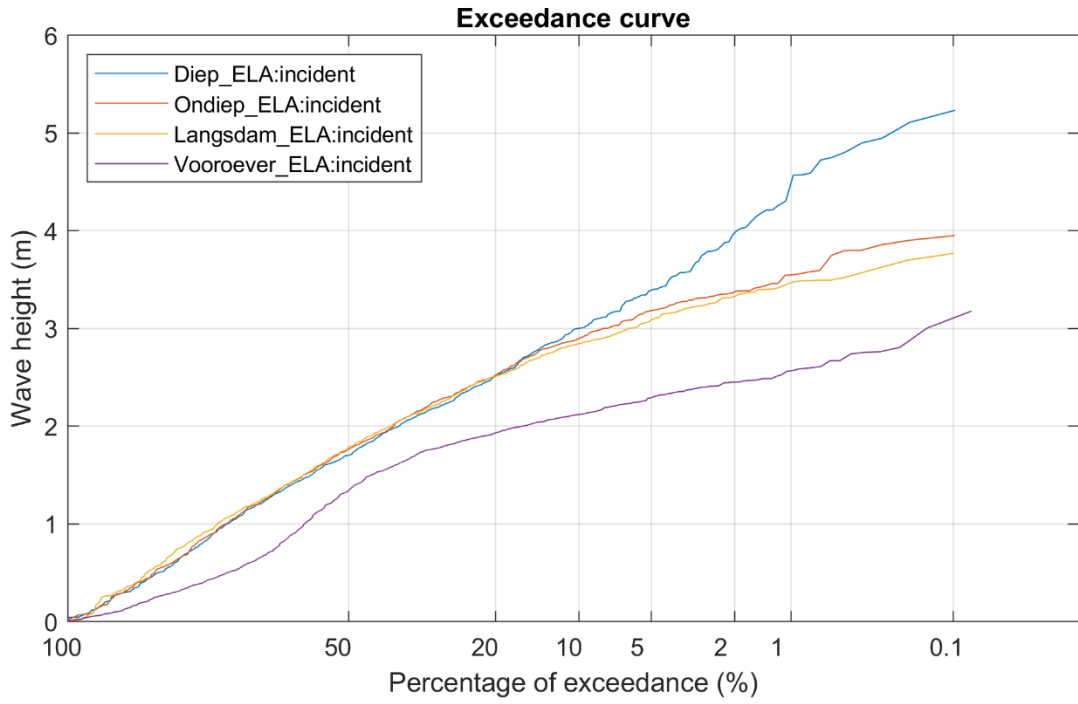
11208947-002

Fig. E





Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S12T106	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



Langsdam IJsselmeerdijk  
Scheldegoot proeven

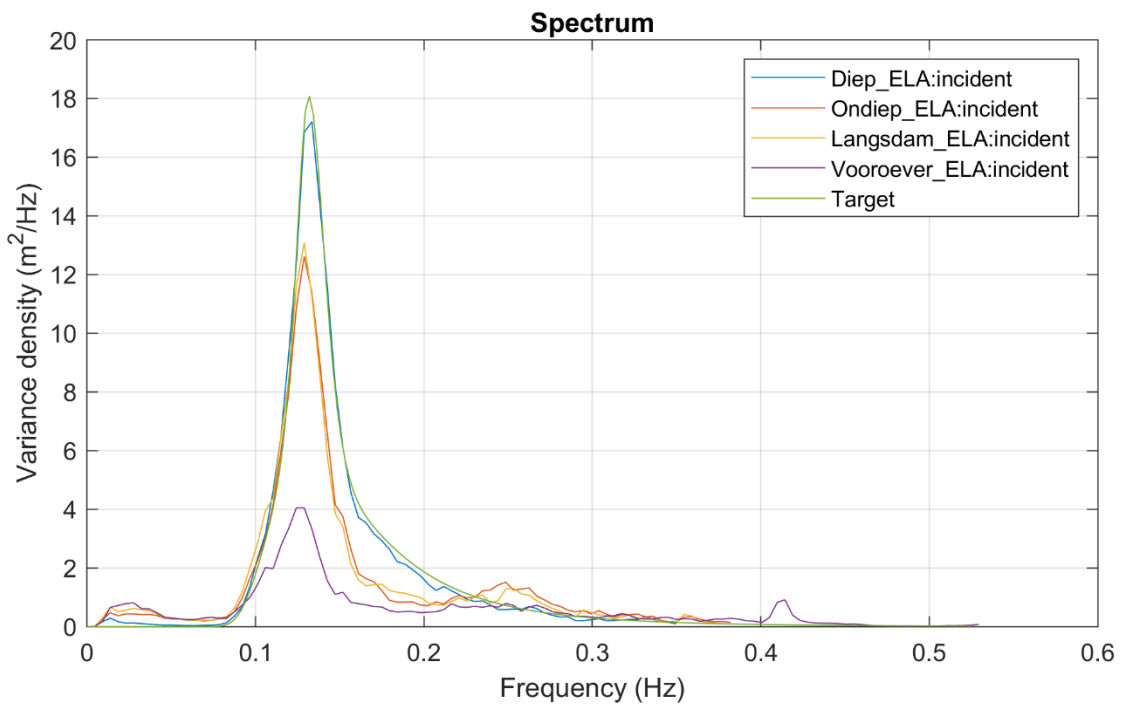
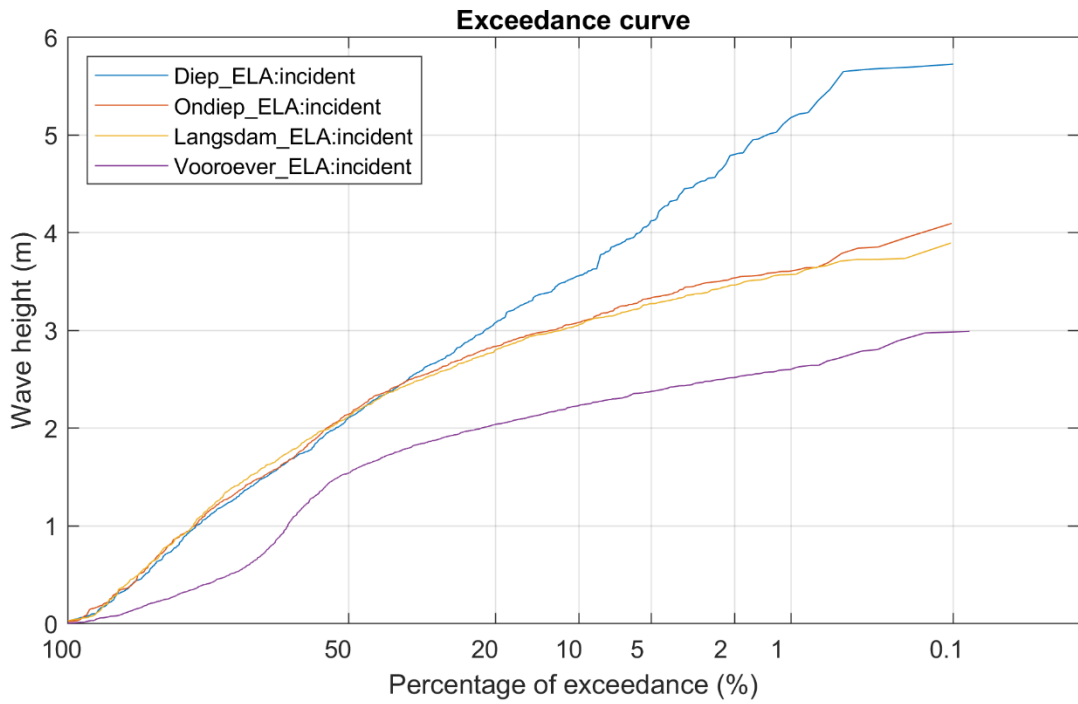
S12T107

Prototype

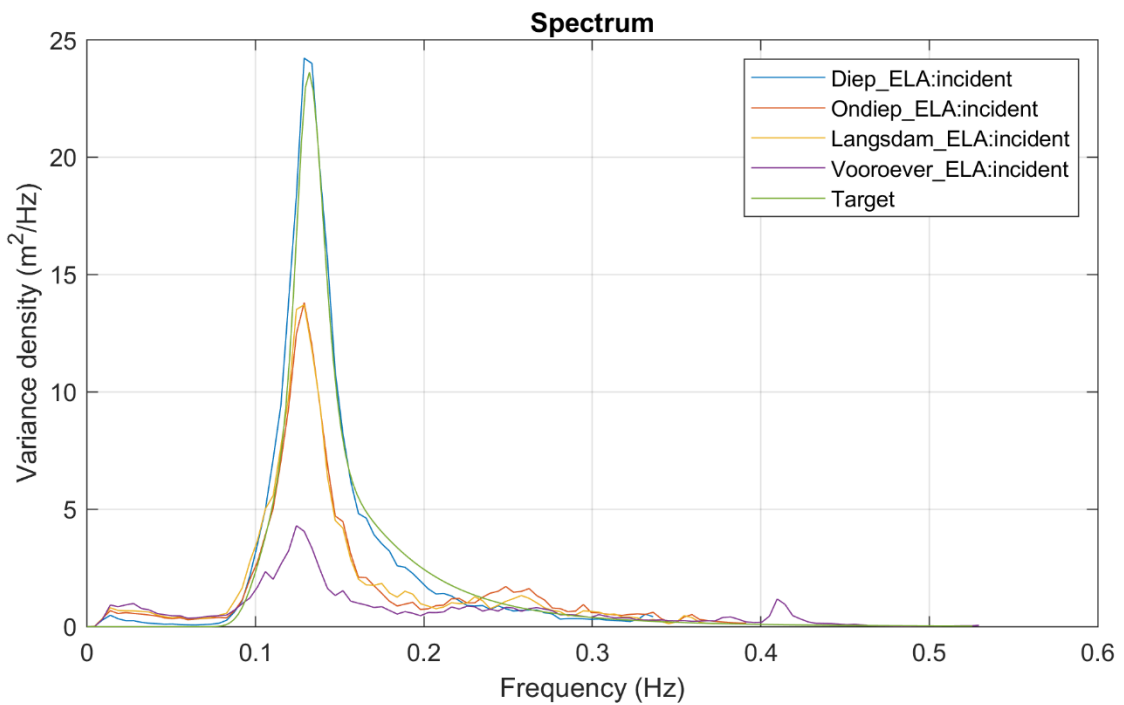
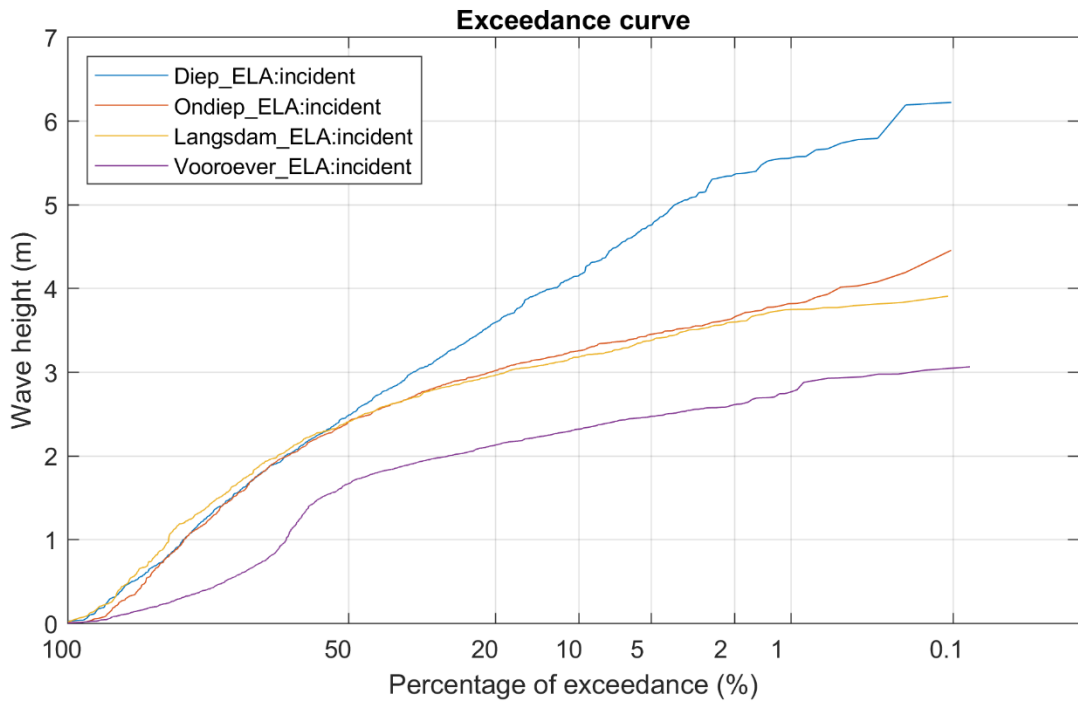
**Deltares**

11208947-002

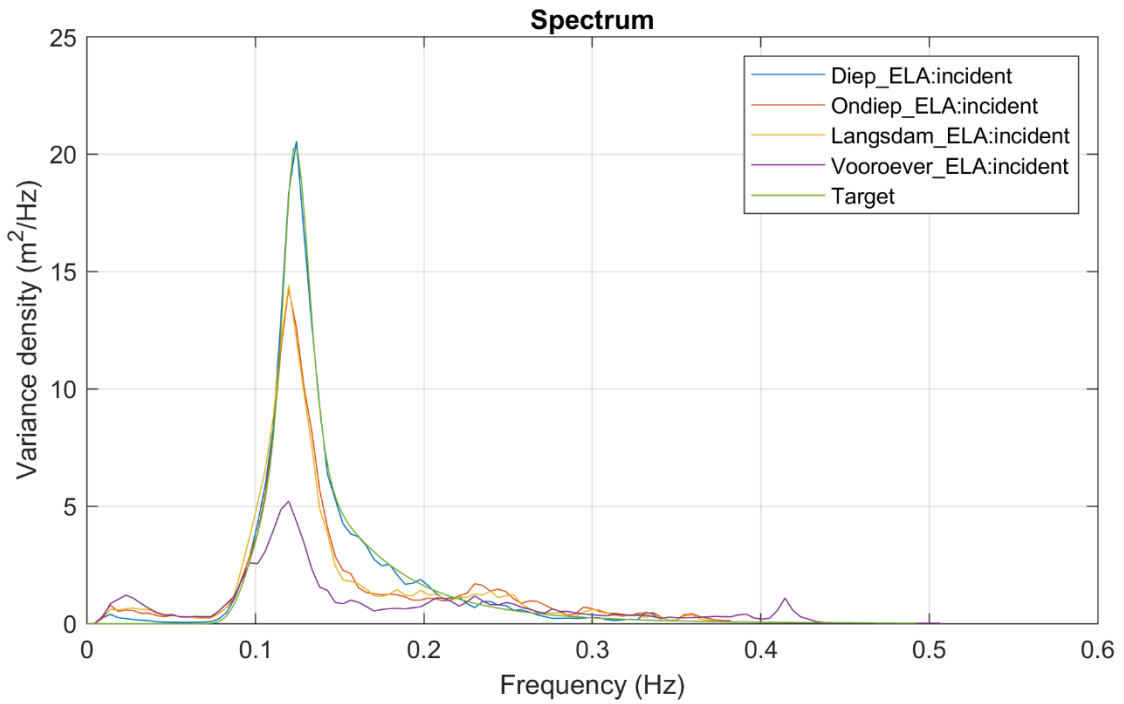
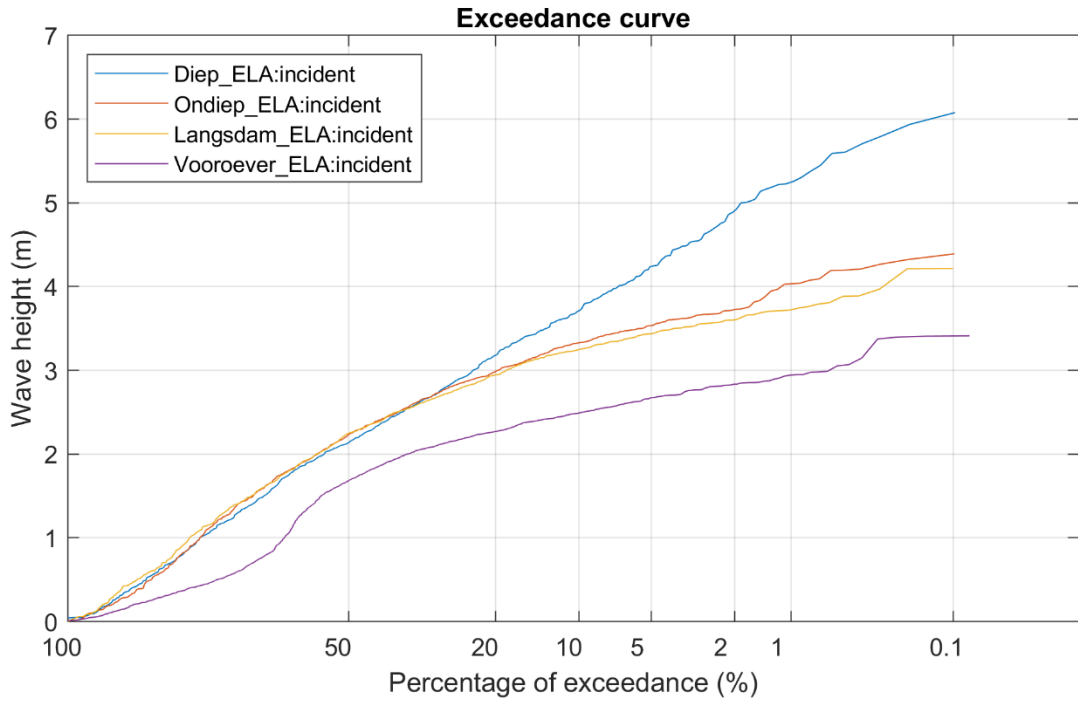
Fig. E



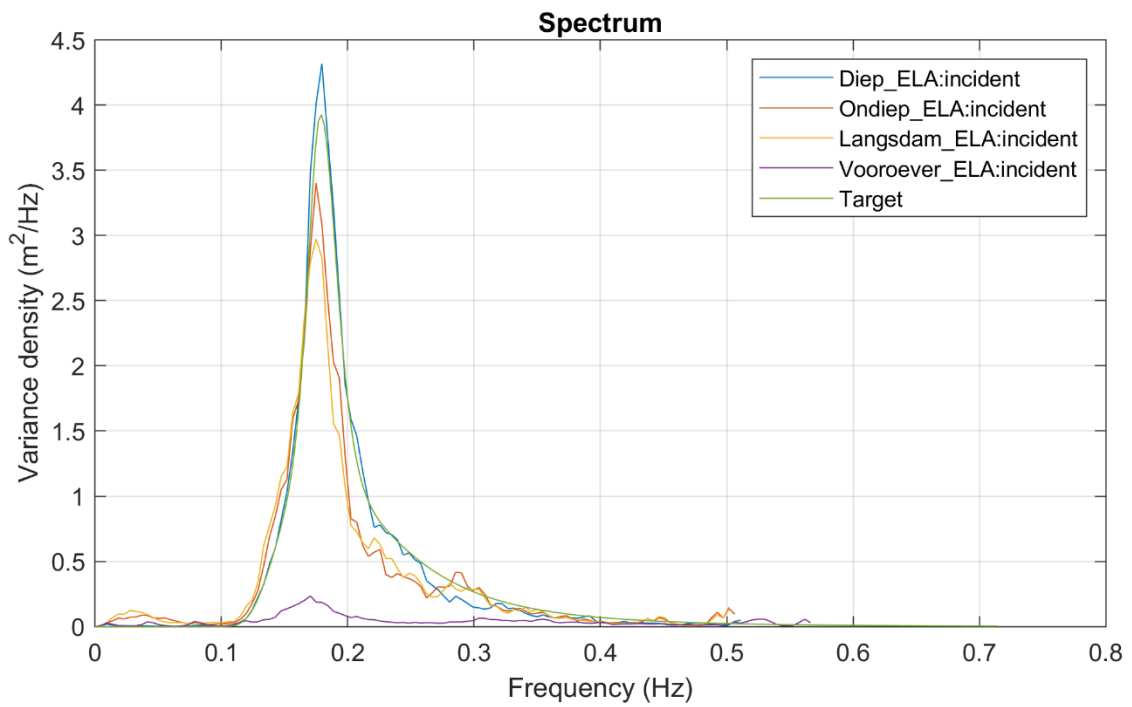
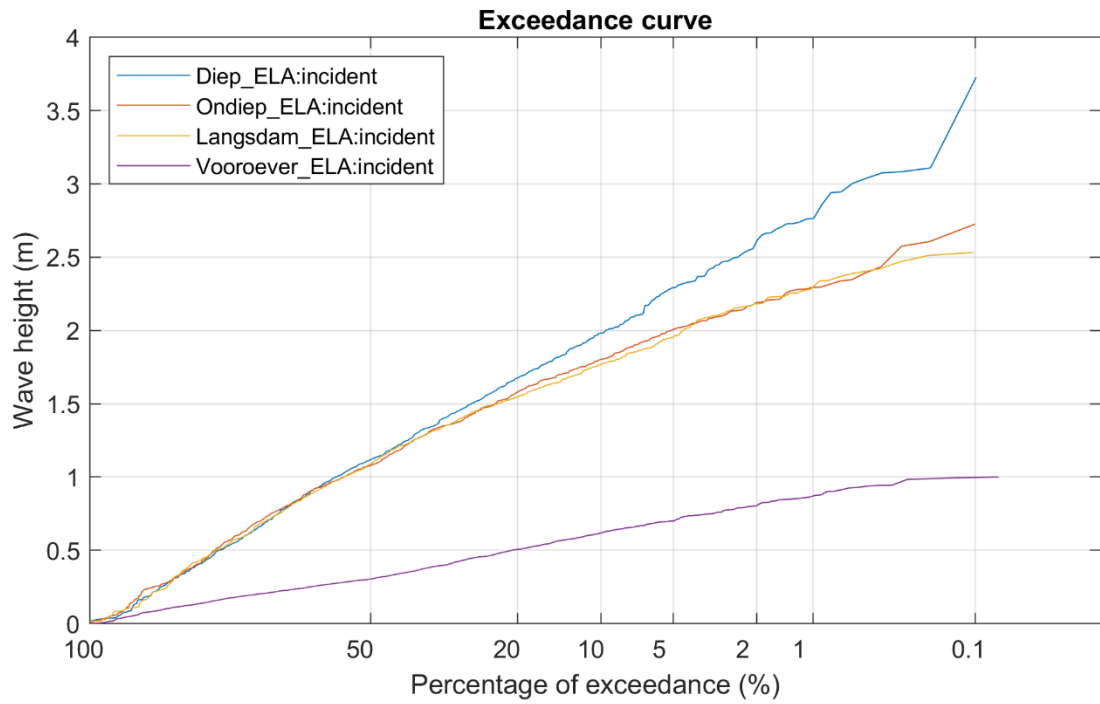
Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S12T108	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S12T109	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S12T110	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



Langsdam IJsselmeerdijk  
Scheldegoot proeven

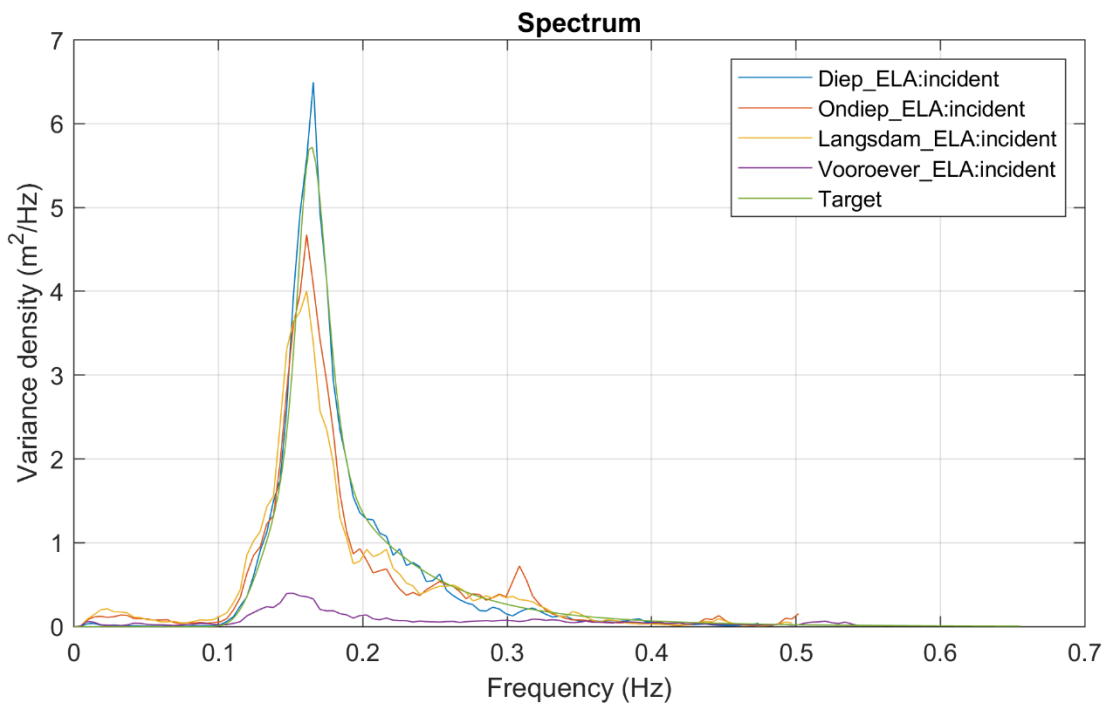
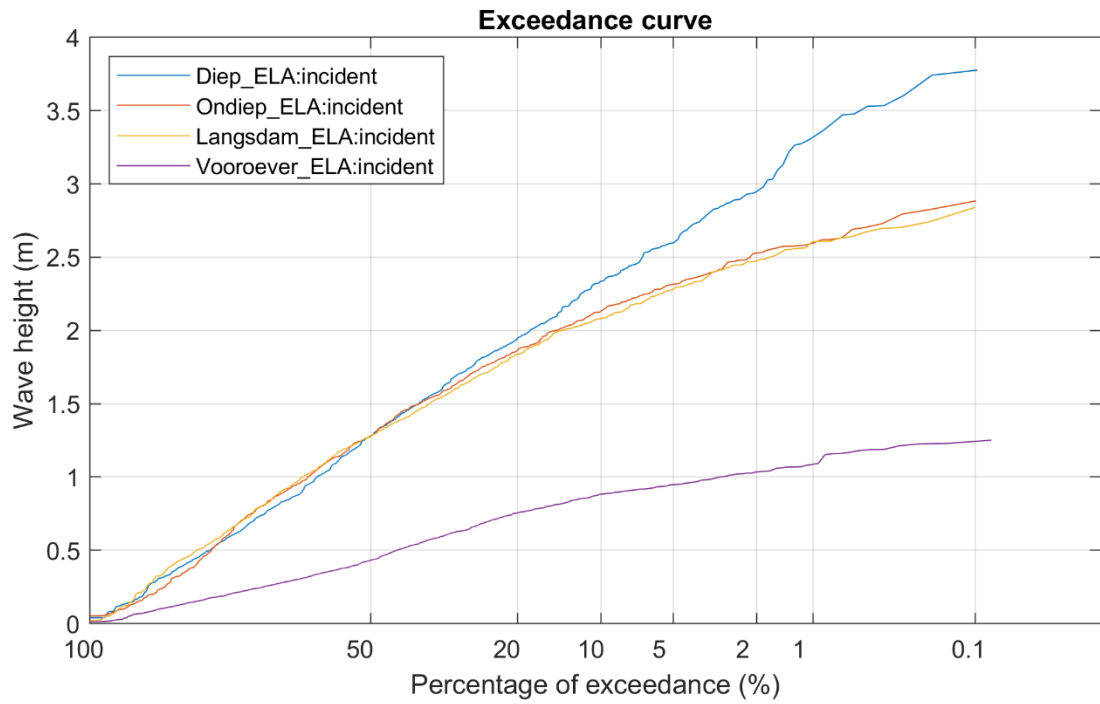
S15T201

Prototype

**Deltares**

11208947-002

Fig. E



Langsdam IJsselmeerdijk  
Scheldegoot proeven

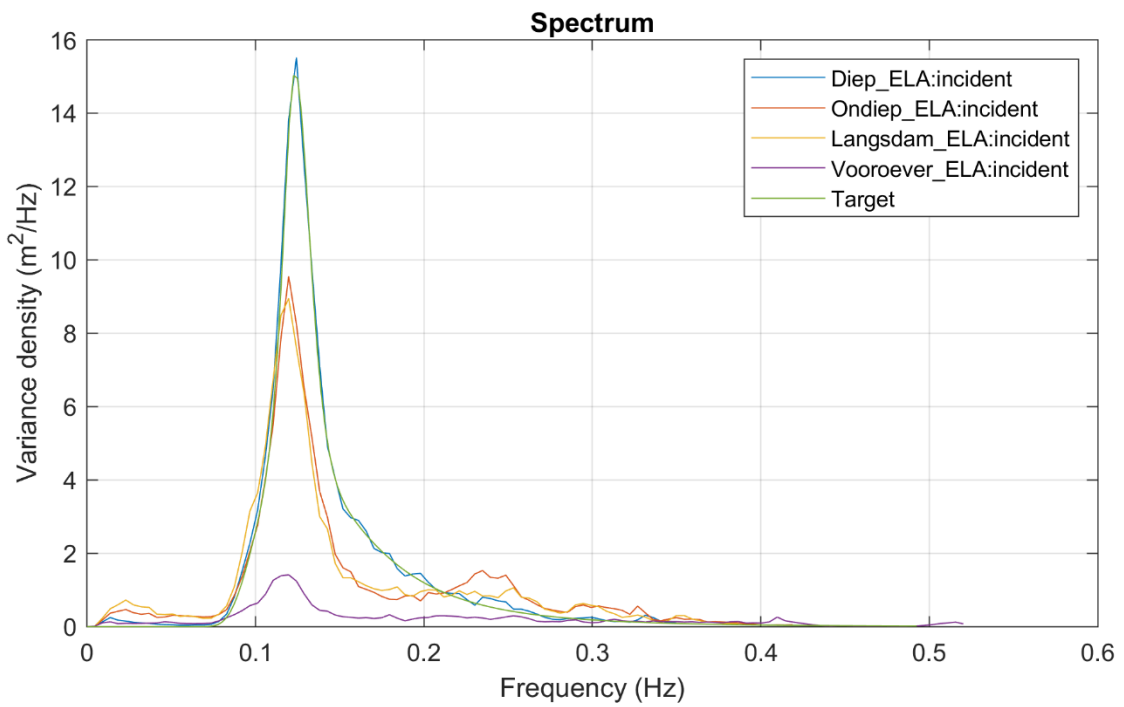
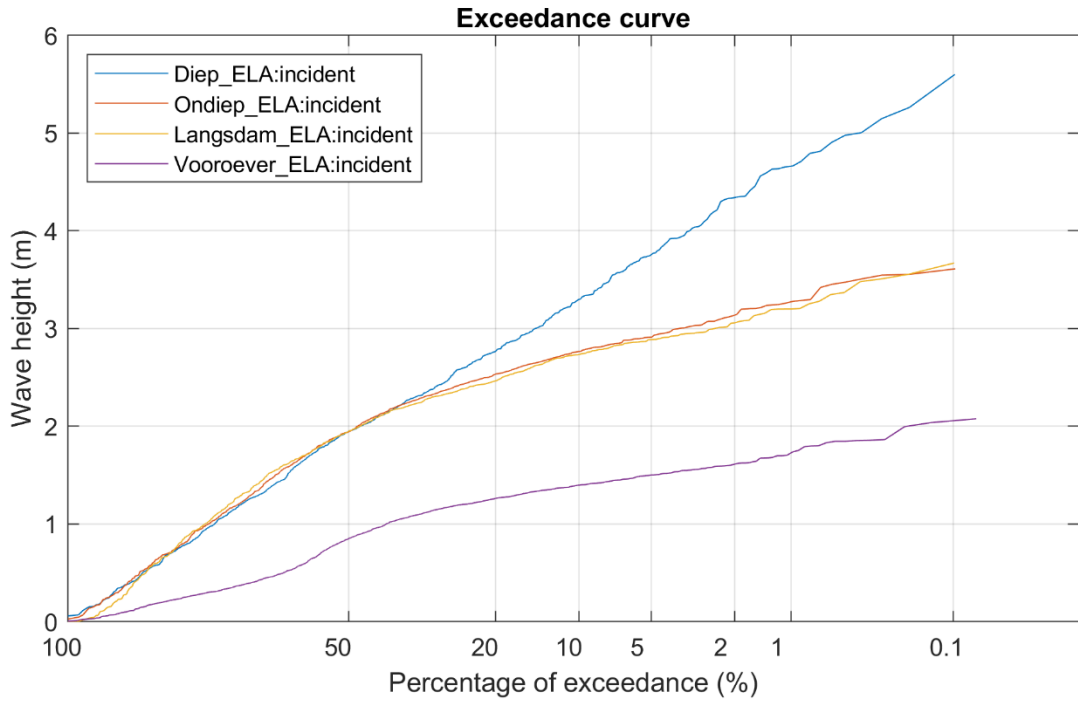
S15T202

Prototype

**Deltares**

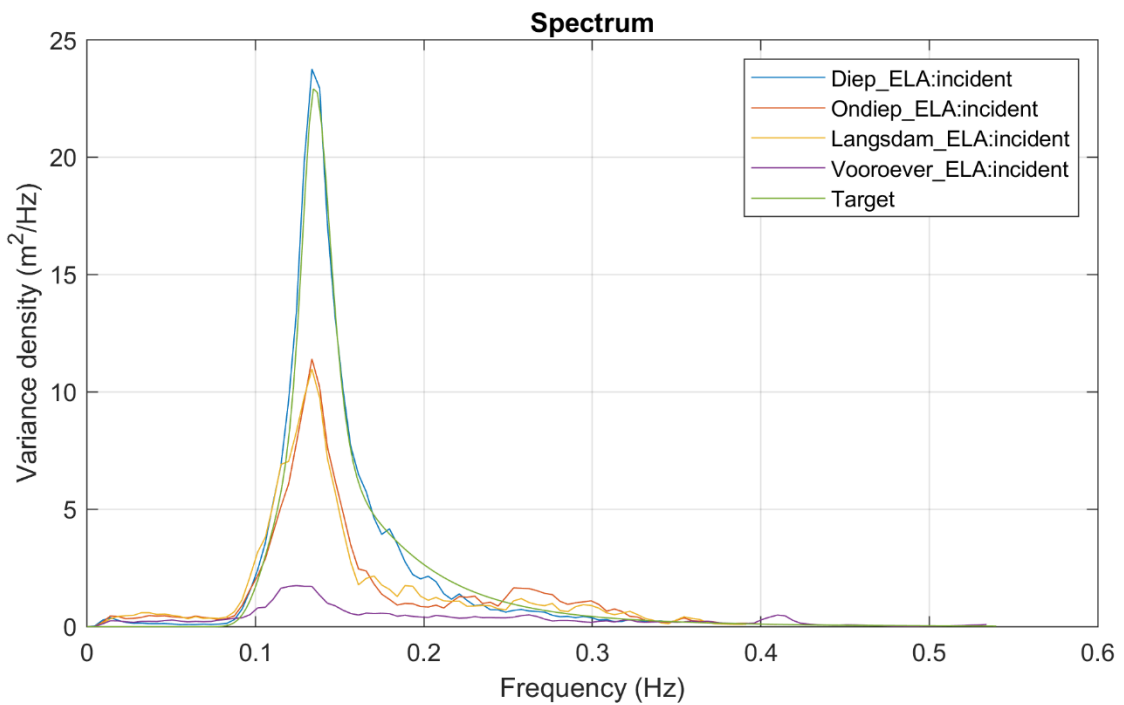
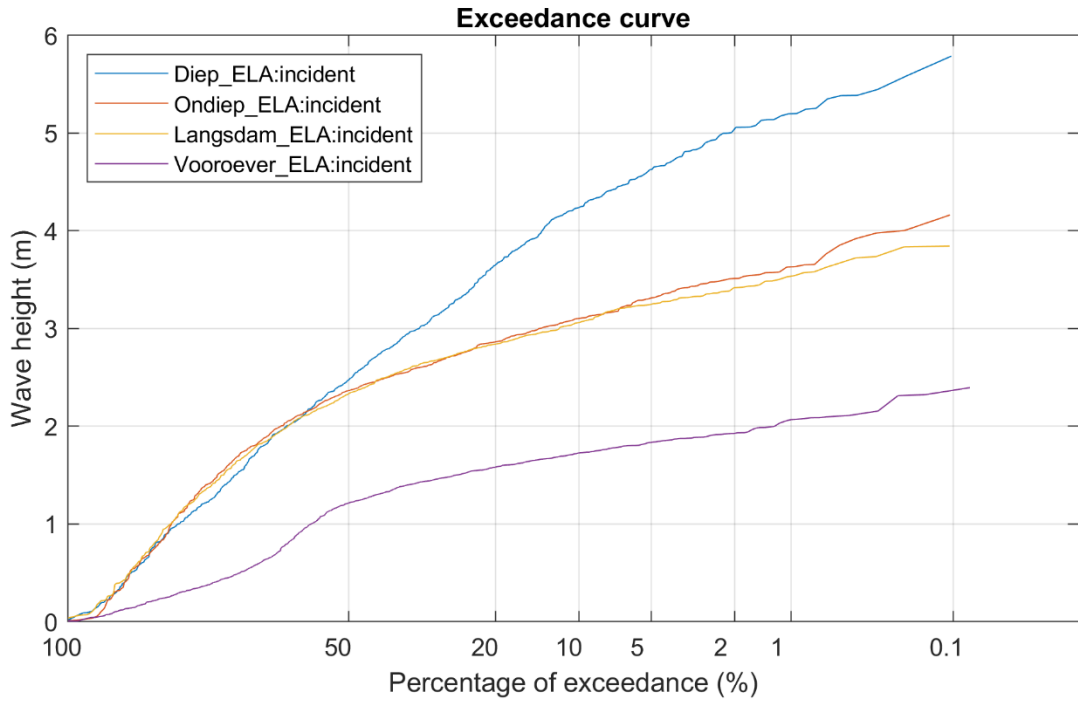
11208947-002

Fig. E

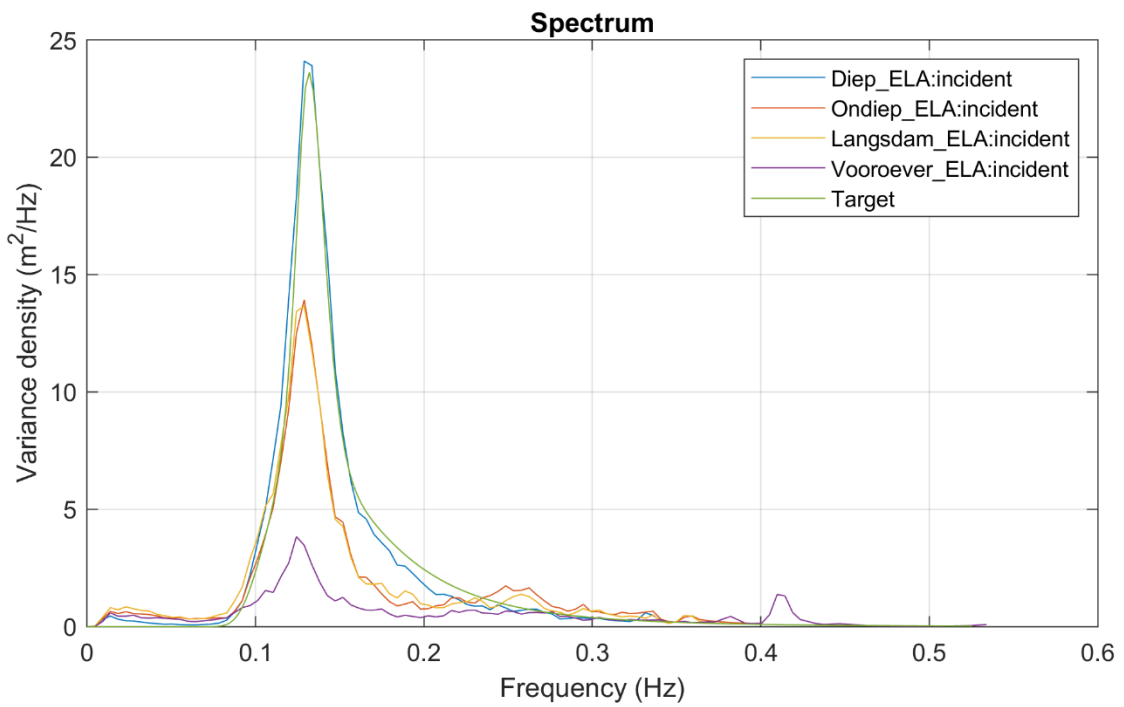
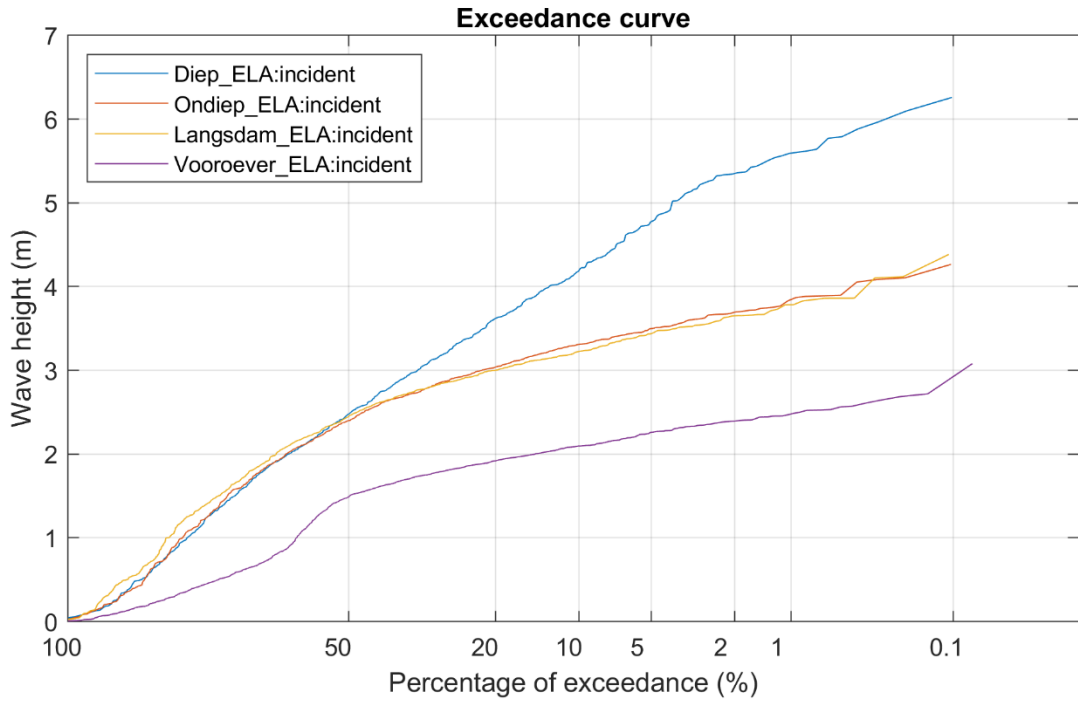


Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S15T203	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E

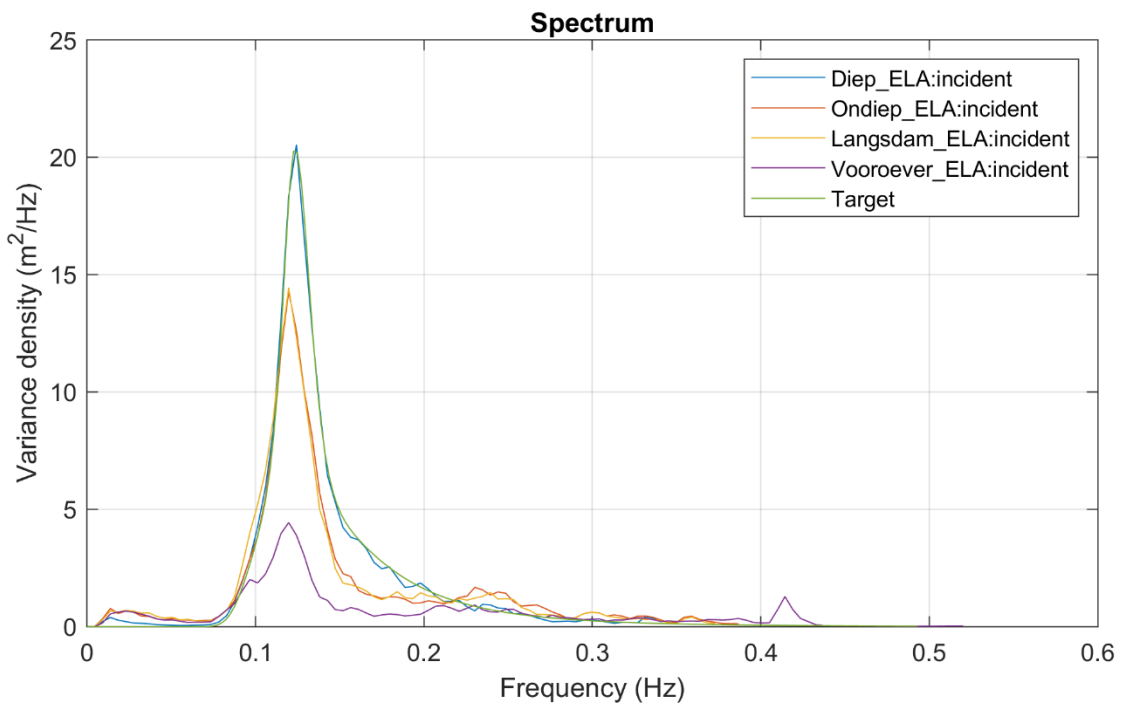
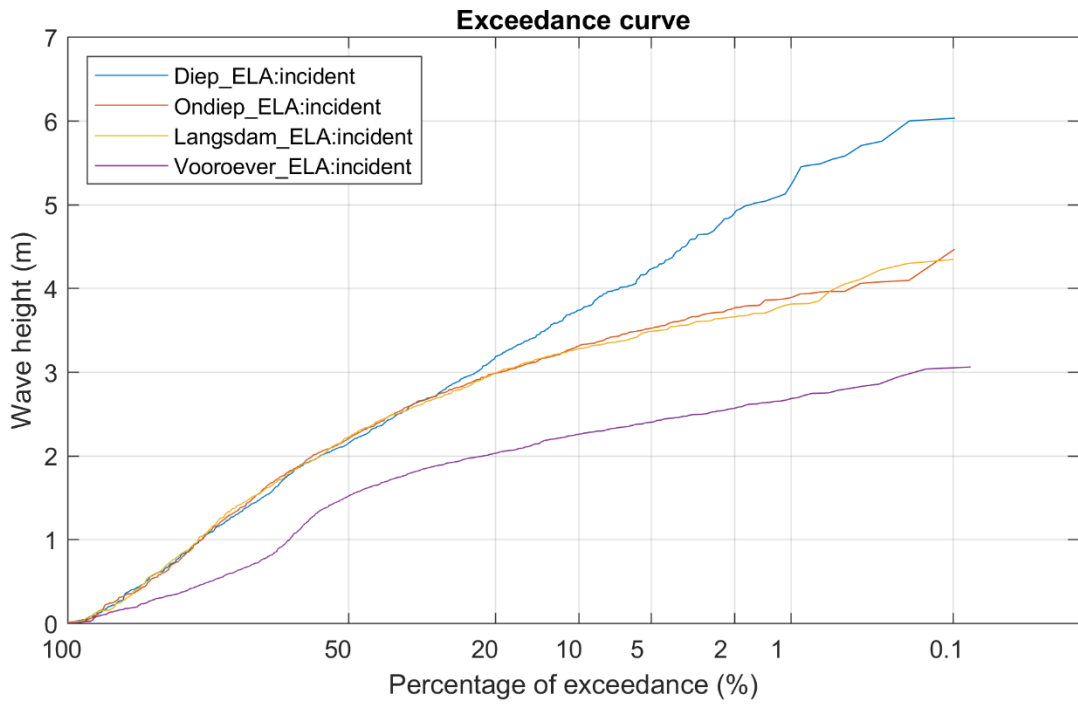




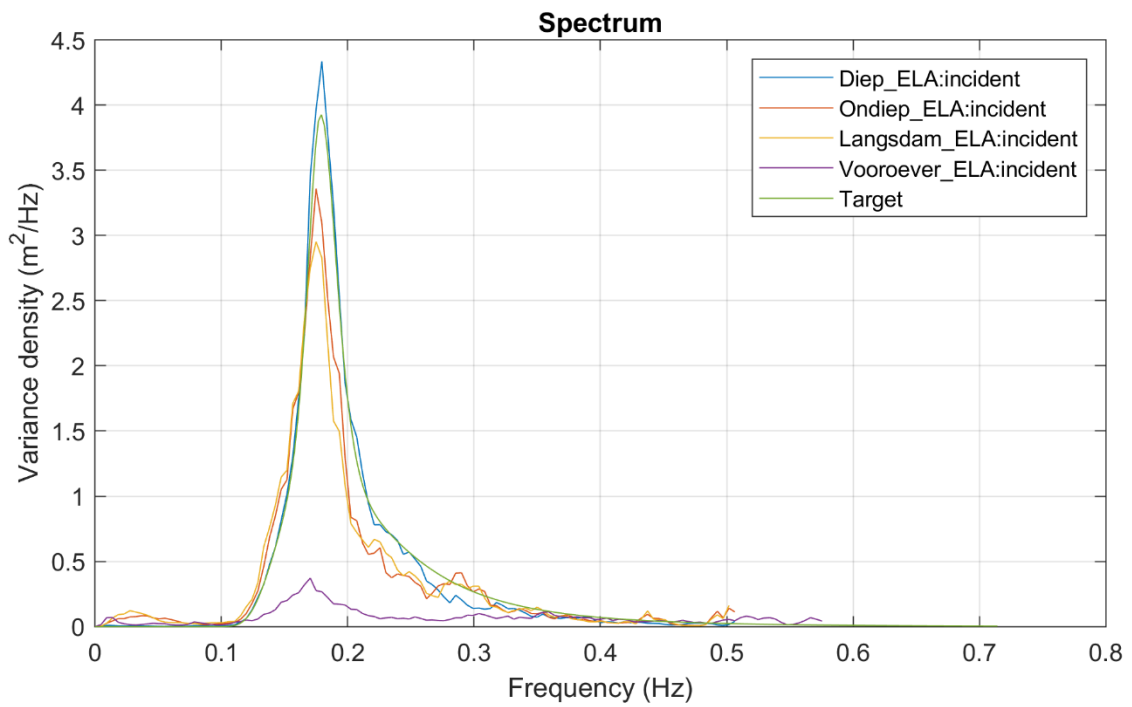
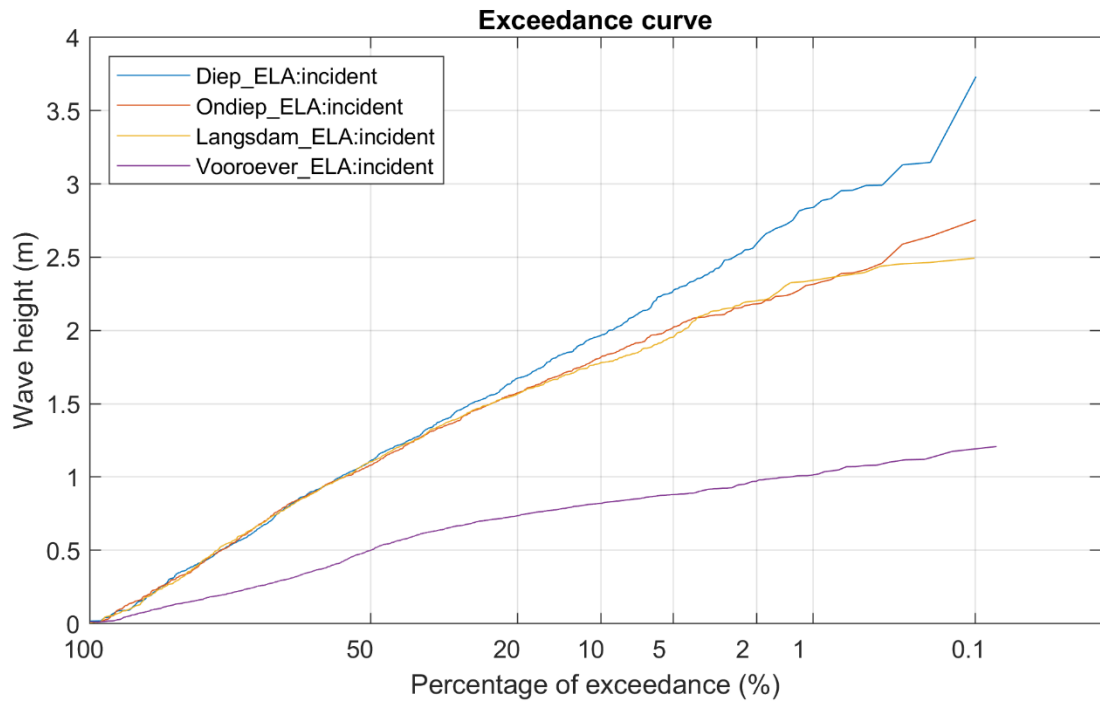
Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S15T206	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



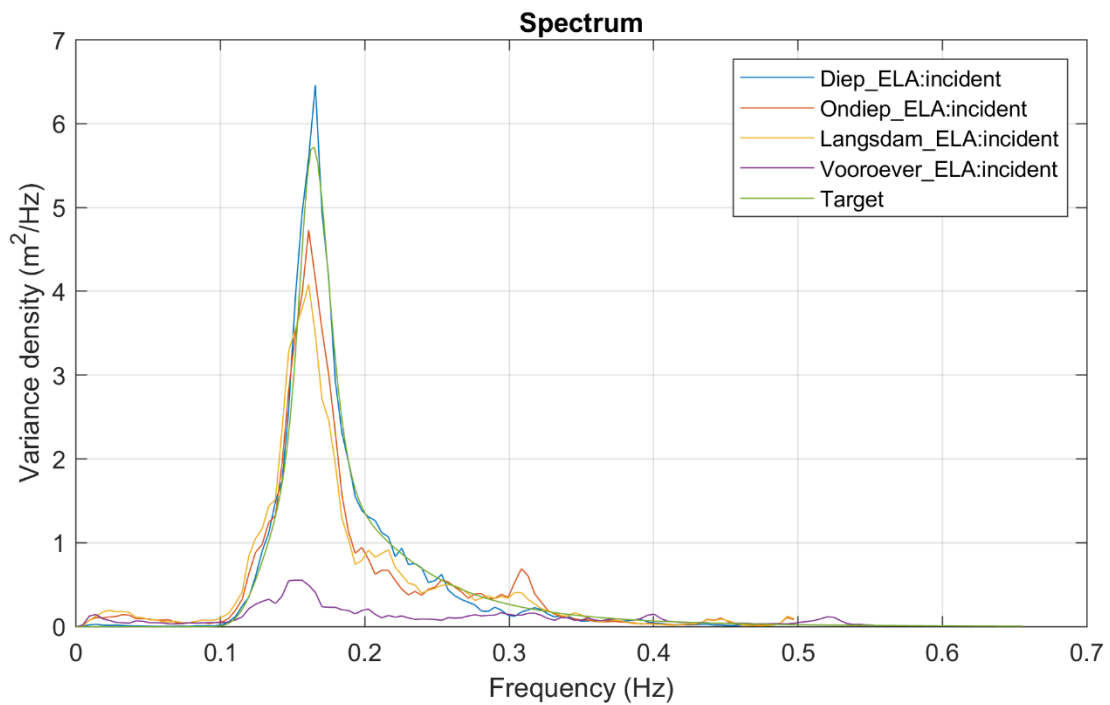
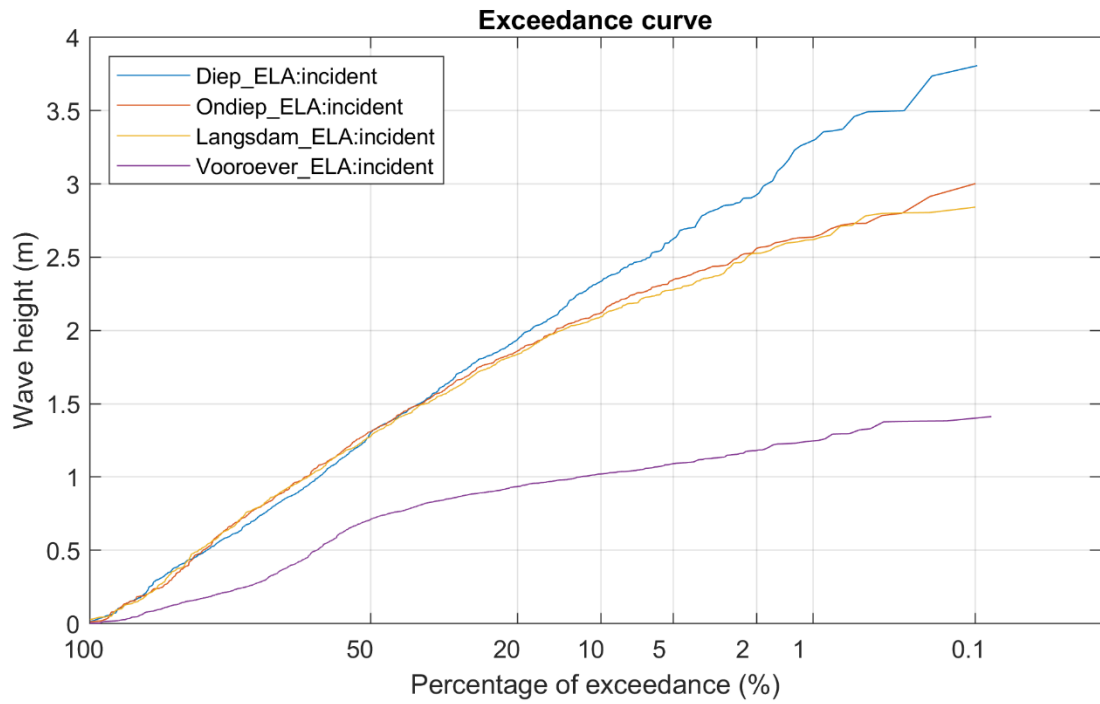
Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S15T209	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S15T210	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S16T301	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



Langsdam IJsselmeerdijk  
Scheldegoot proeven

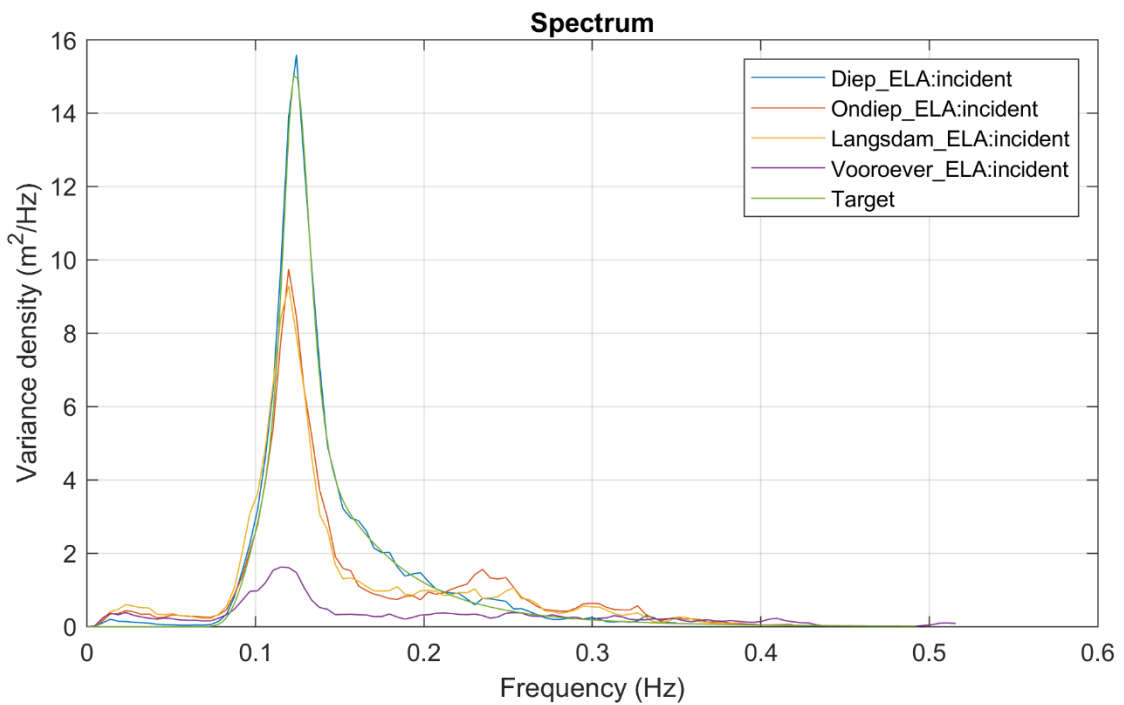
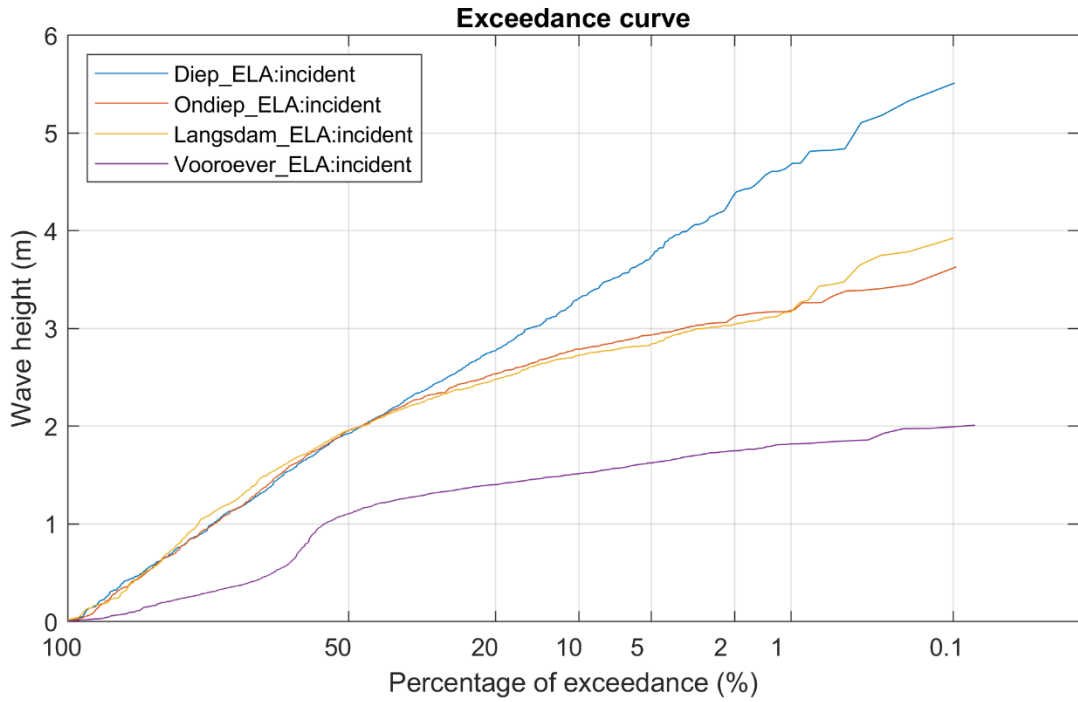
S16T302

Prototype

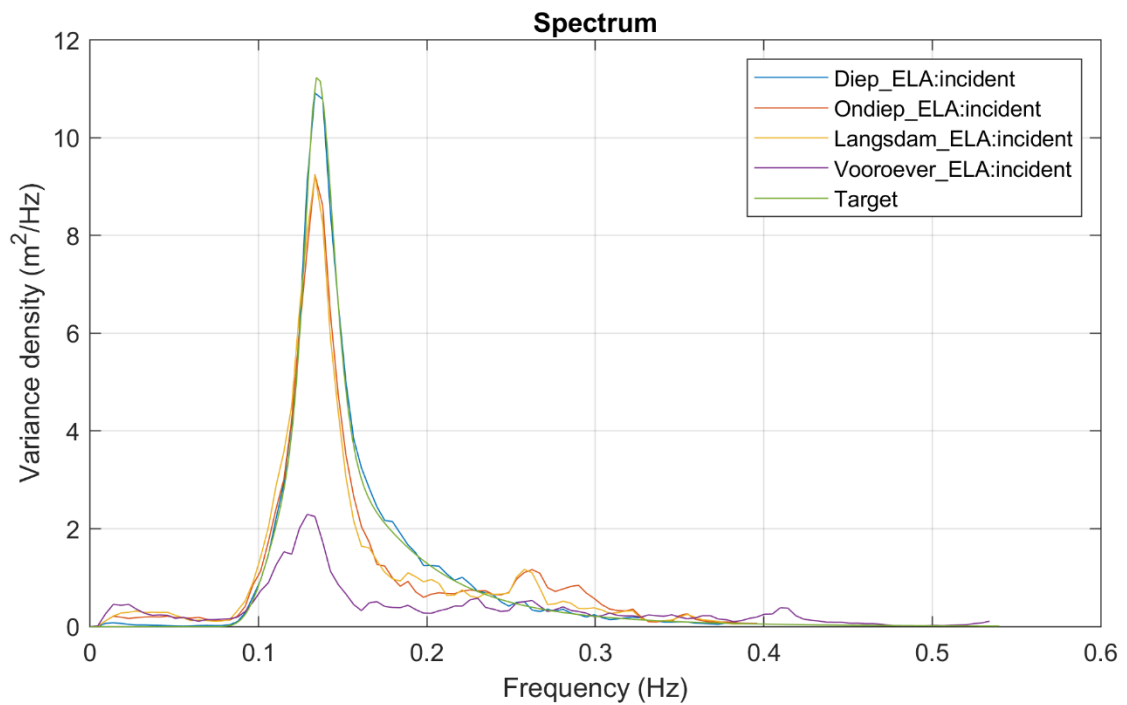
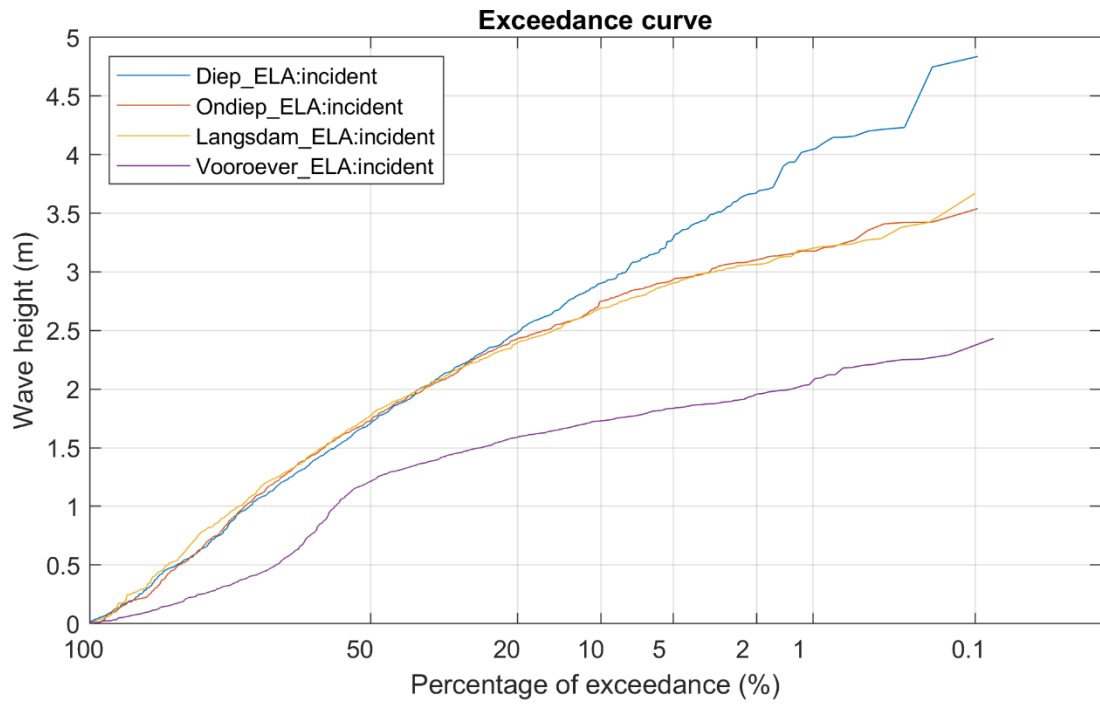
**Deltares**

11208947-002

Fig. E



Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S16T303	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



Langsdam IJsselmeerdijk  
Scheldegoot proeven

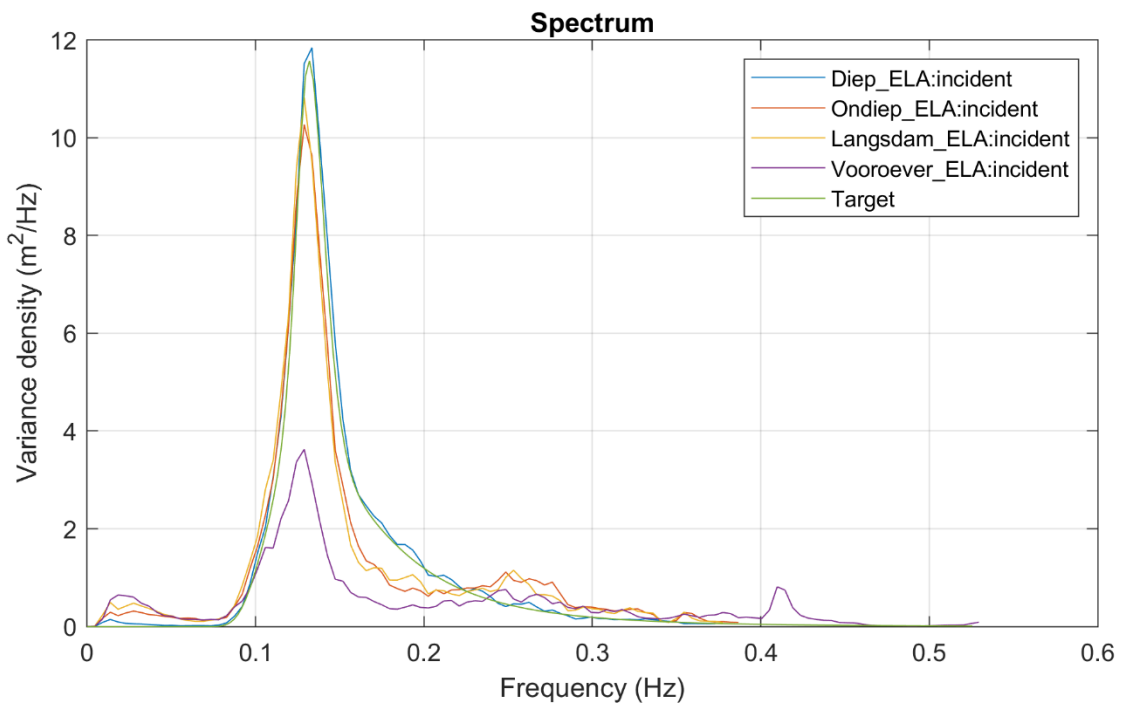
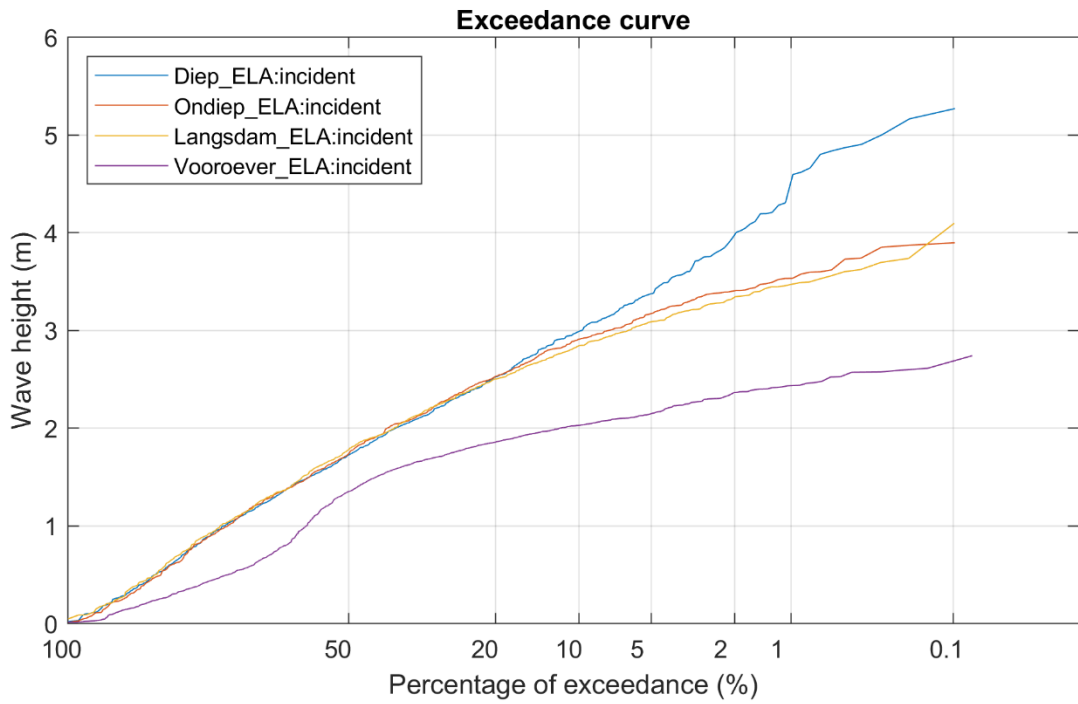
S16T304

Prototype

**Deltares**

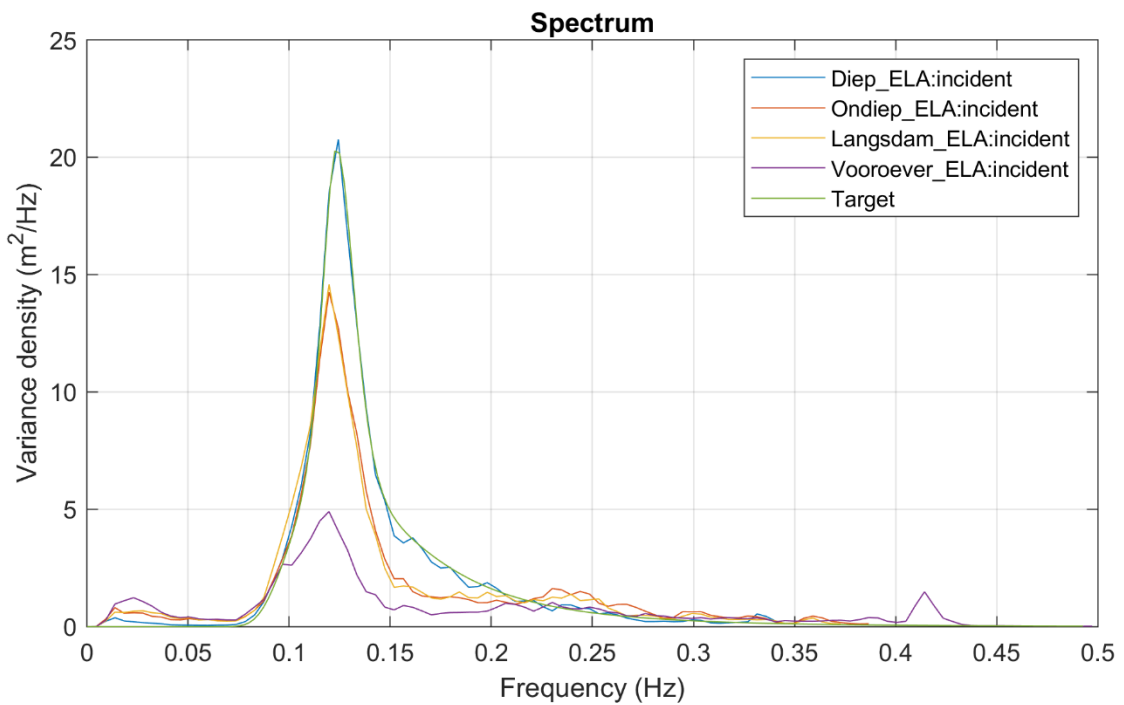
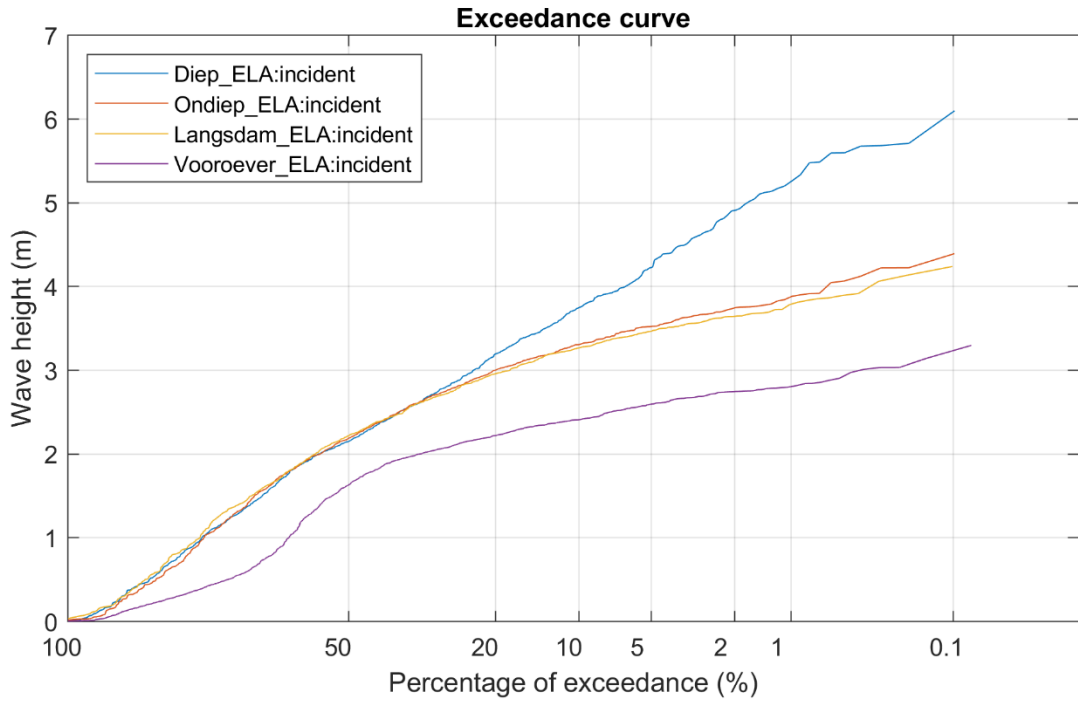
11208947-002

Fig. E

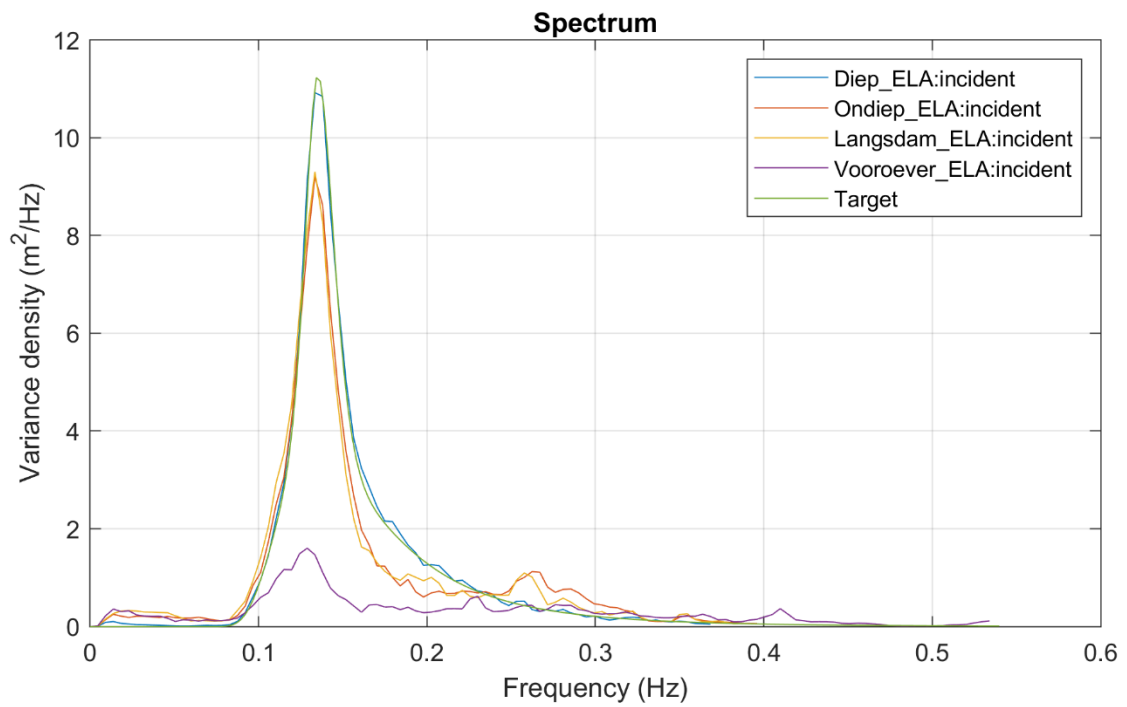
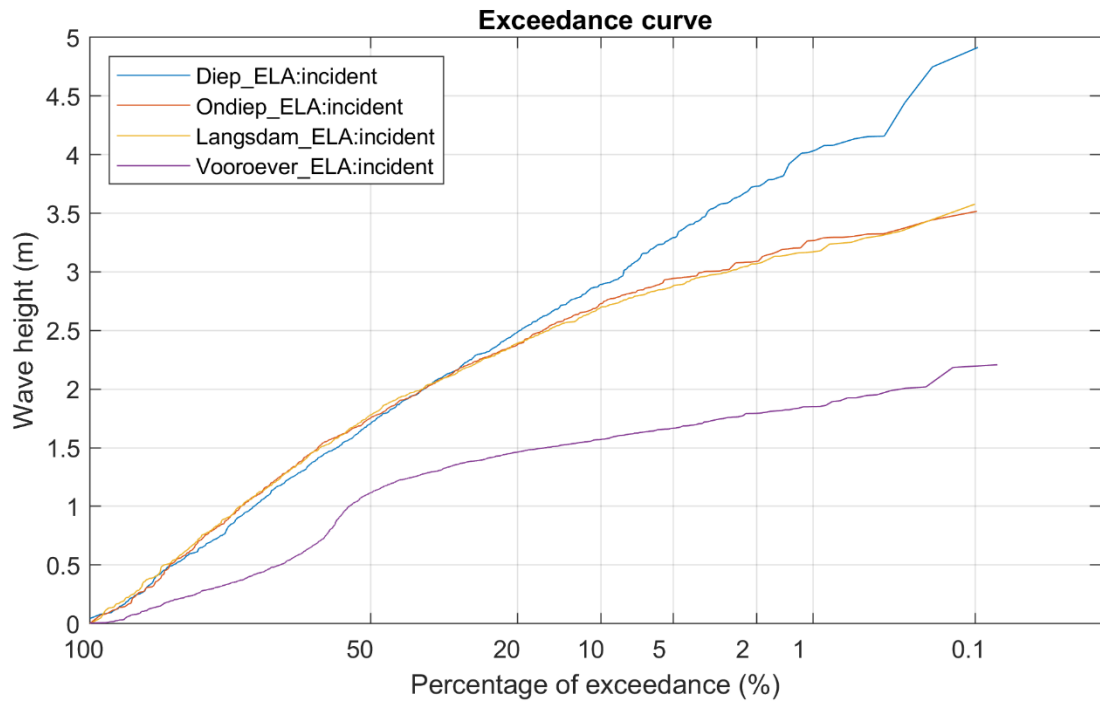


Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S16T307	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E

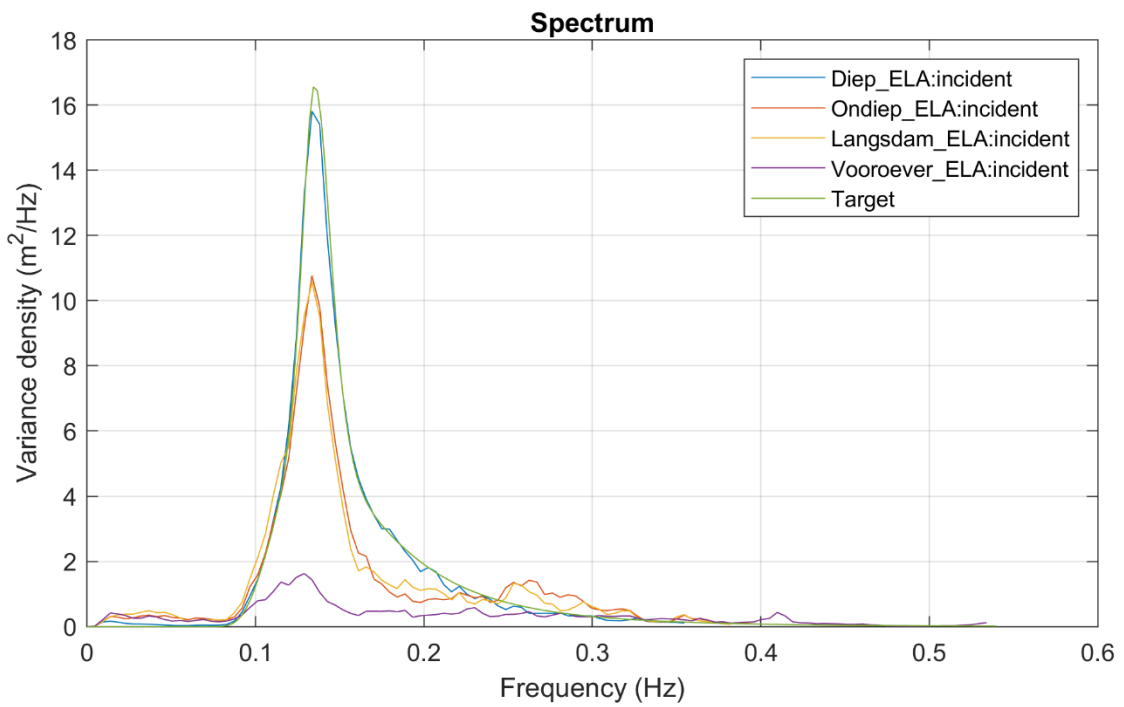
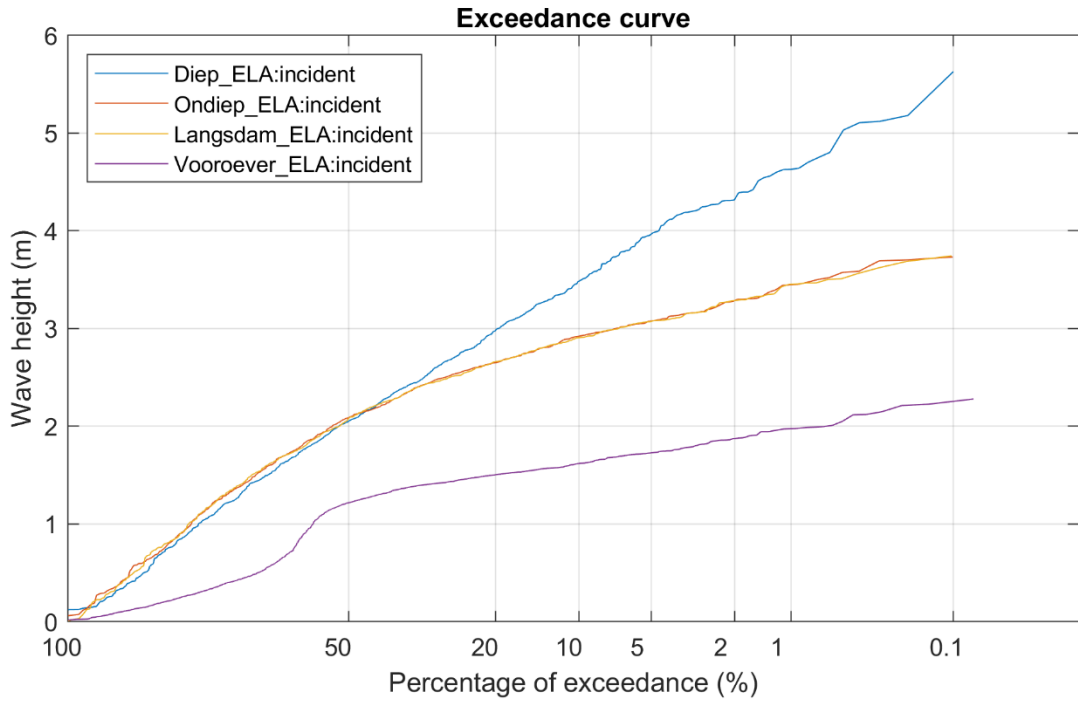




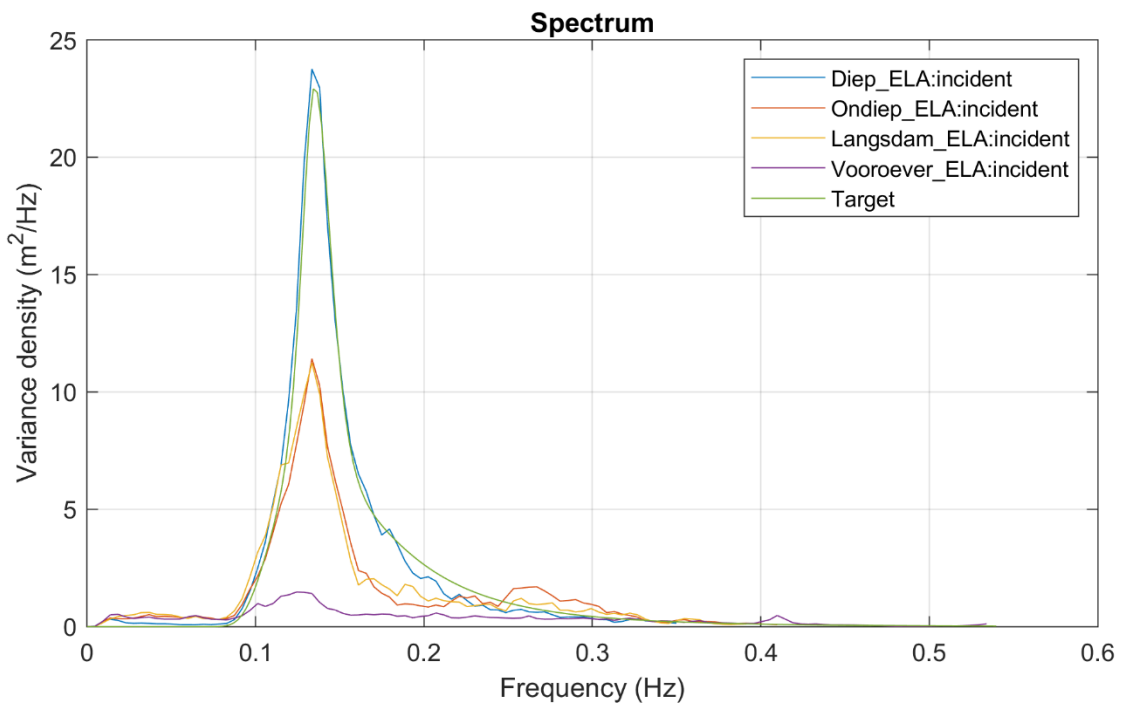
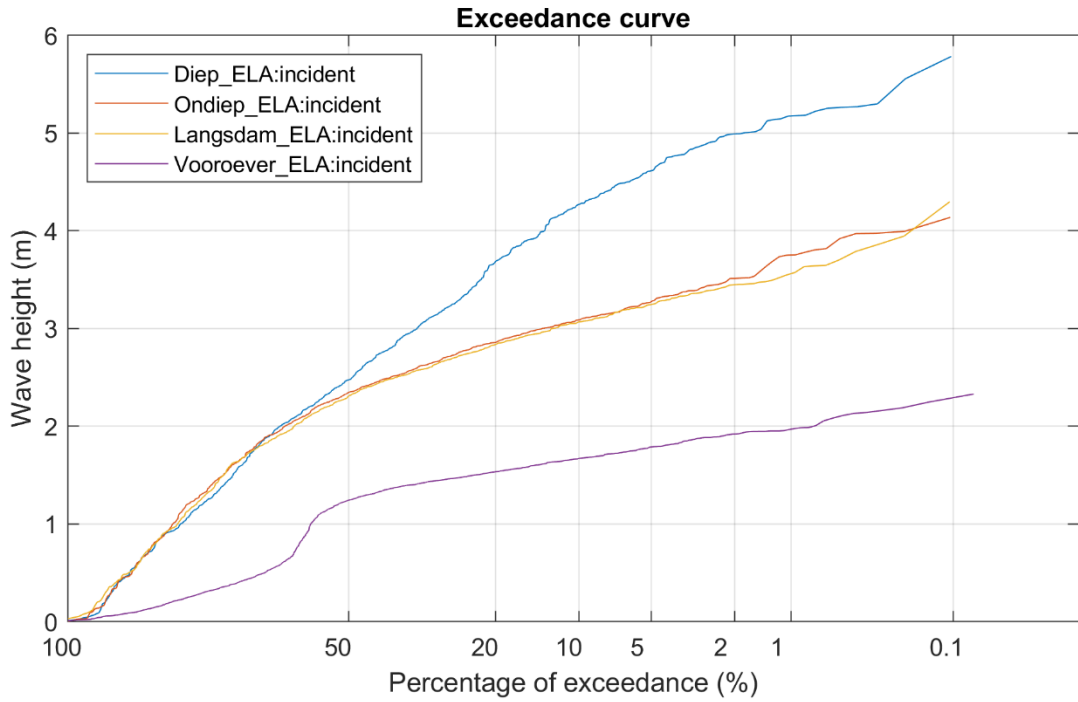
Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S16T310	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



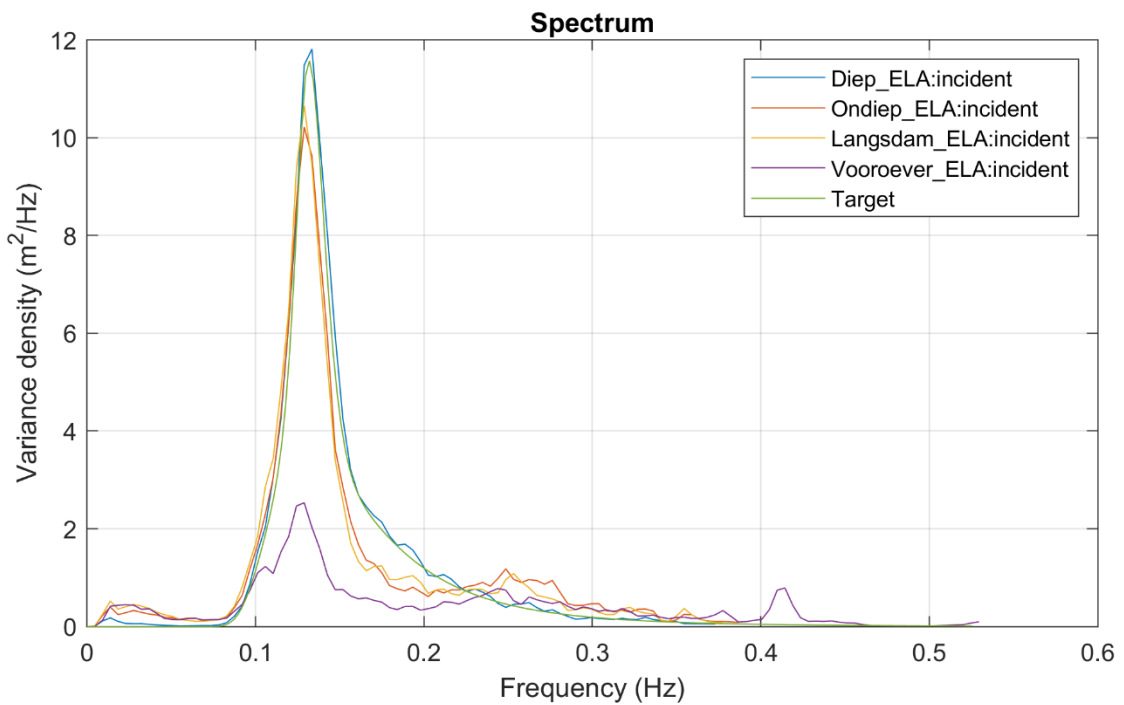
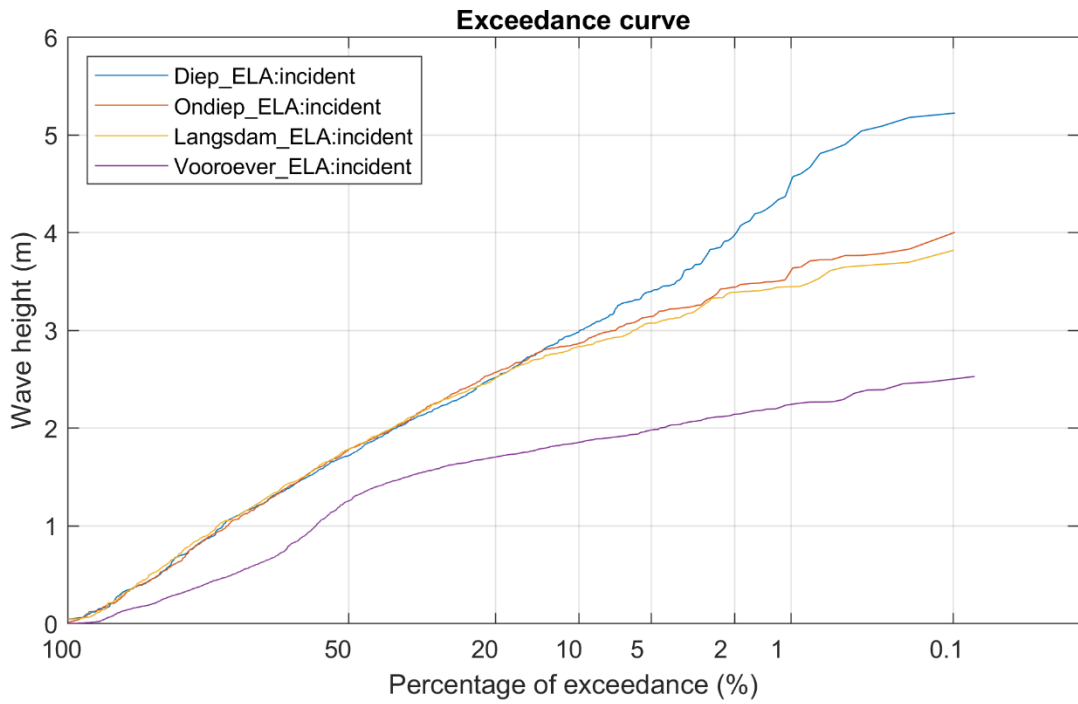
Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26T404	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



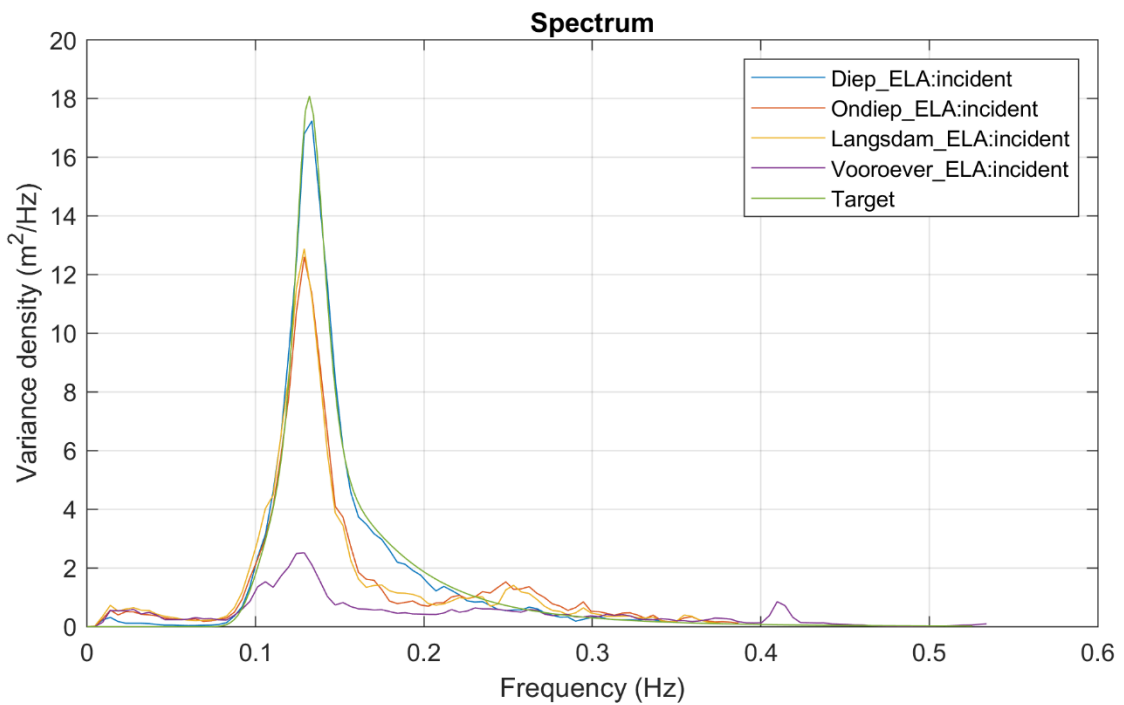
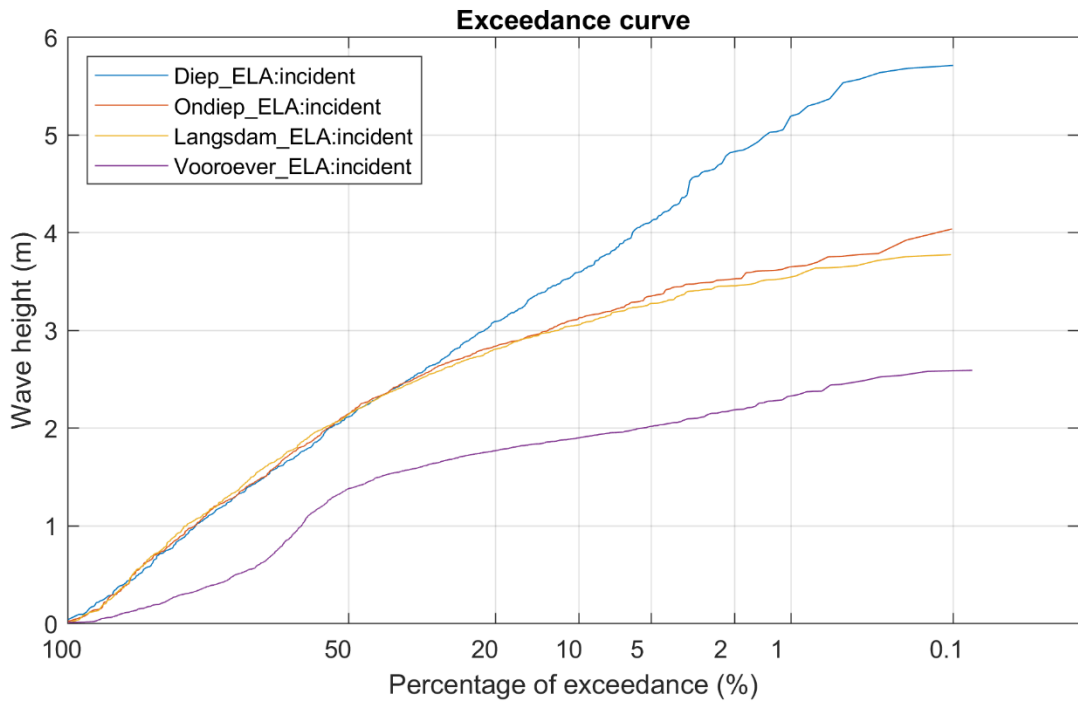
Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26T405	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



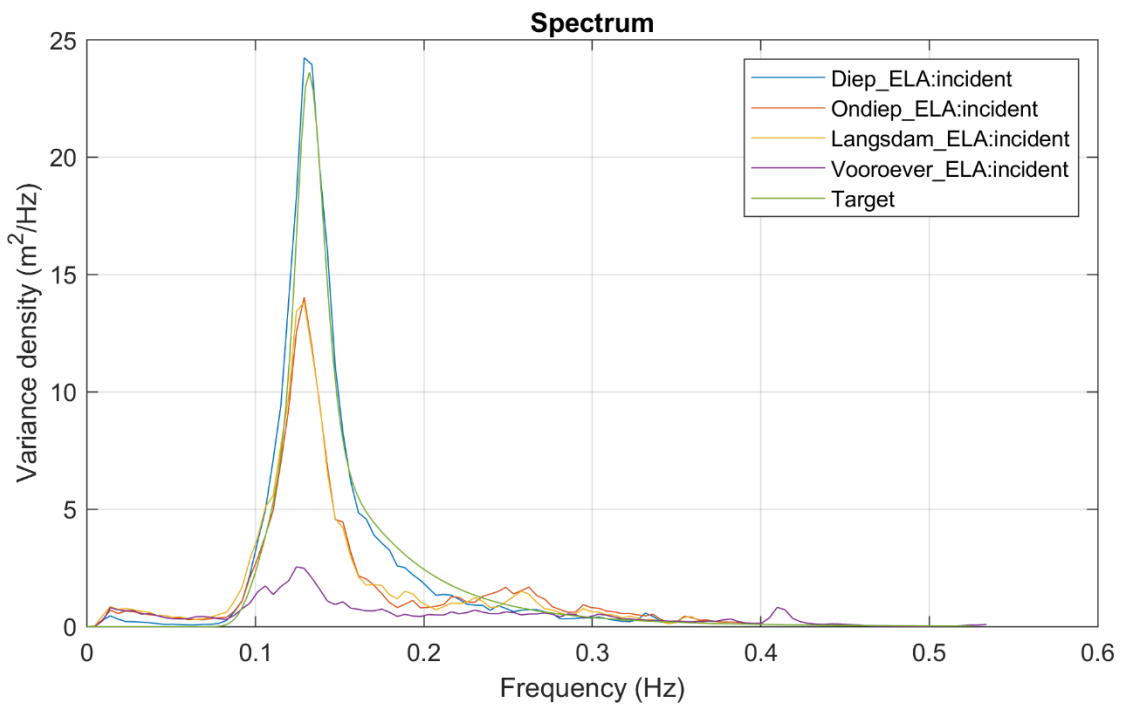
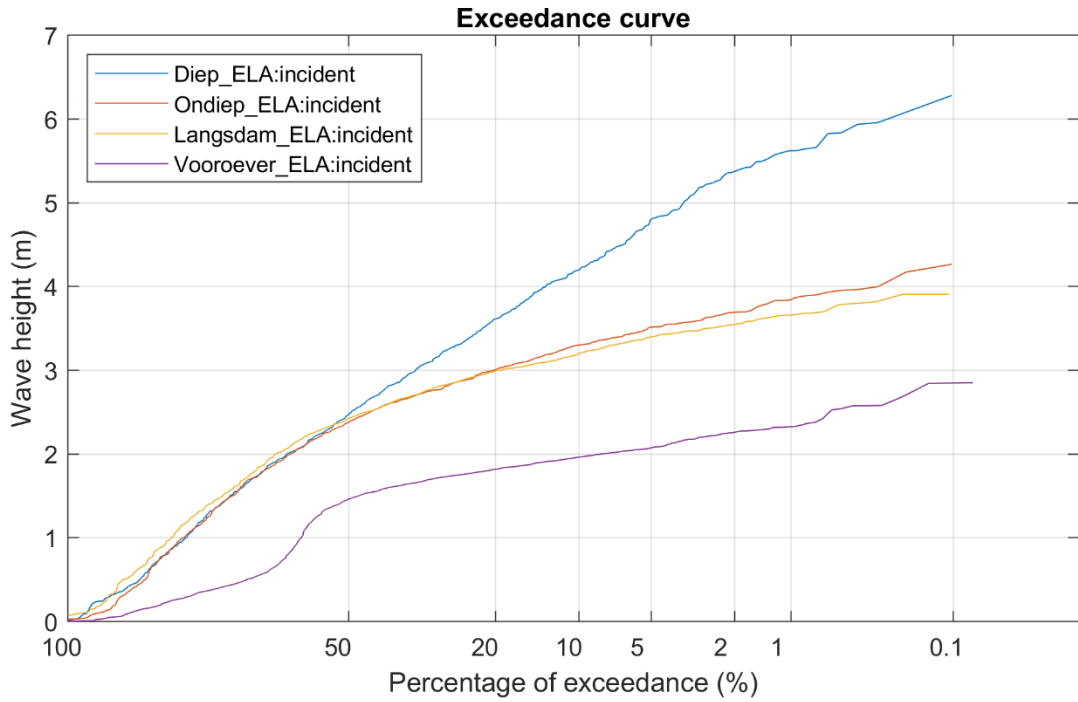
Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26T406	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



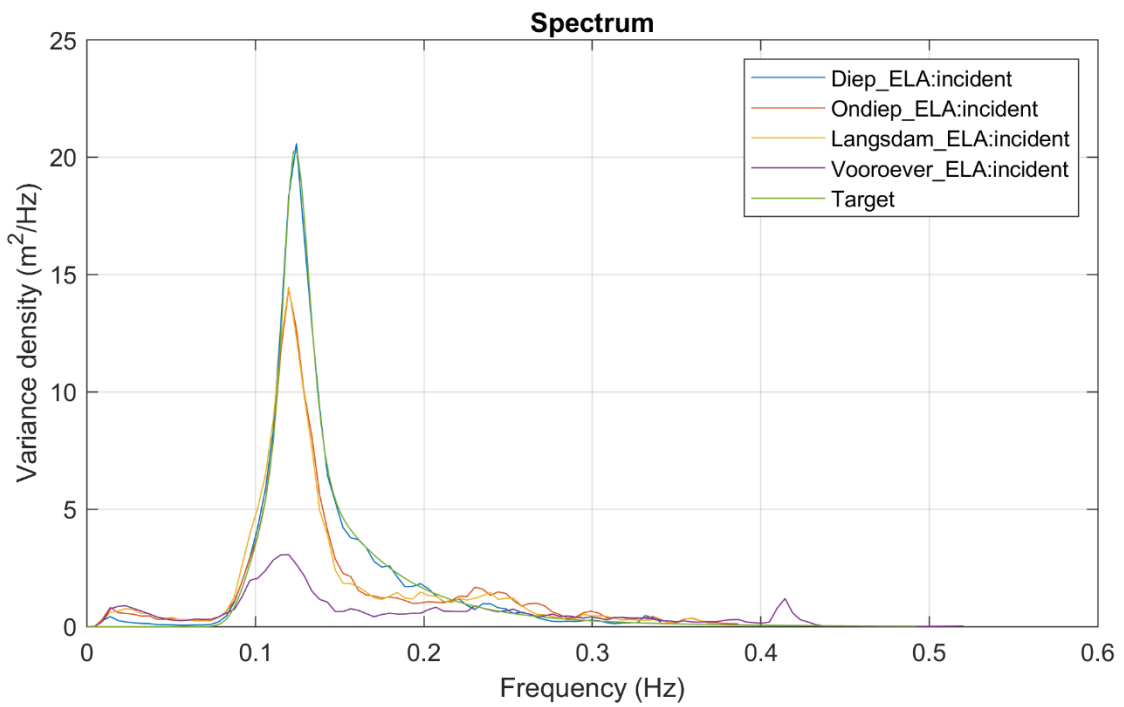
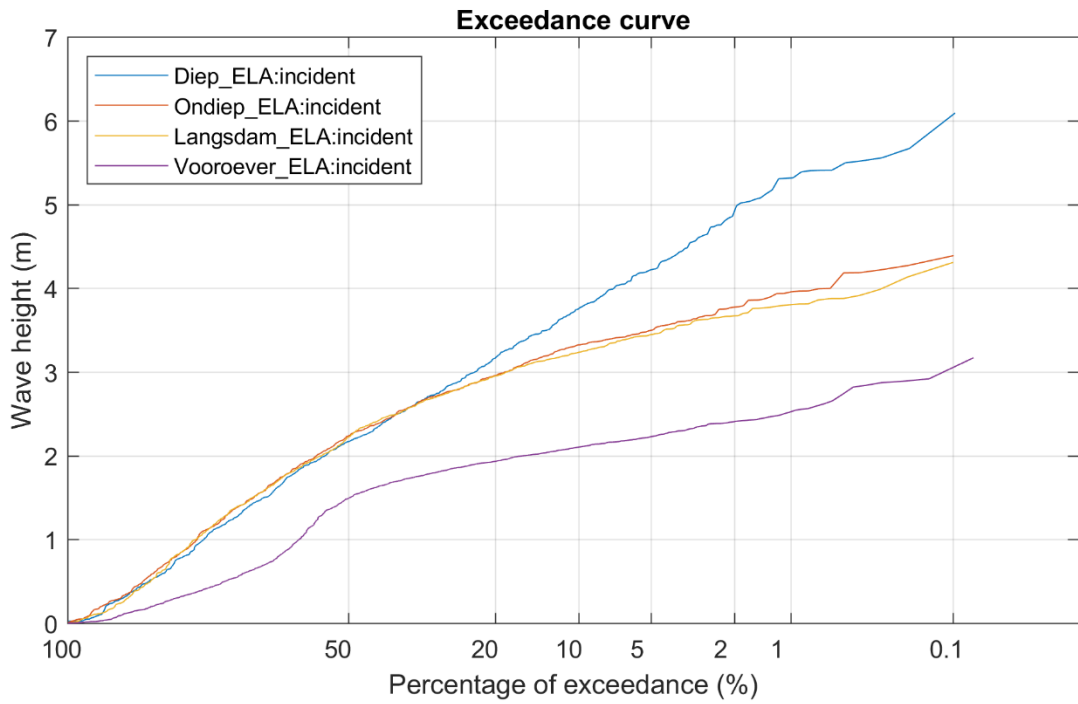
Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26T407	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26T408	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E

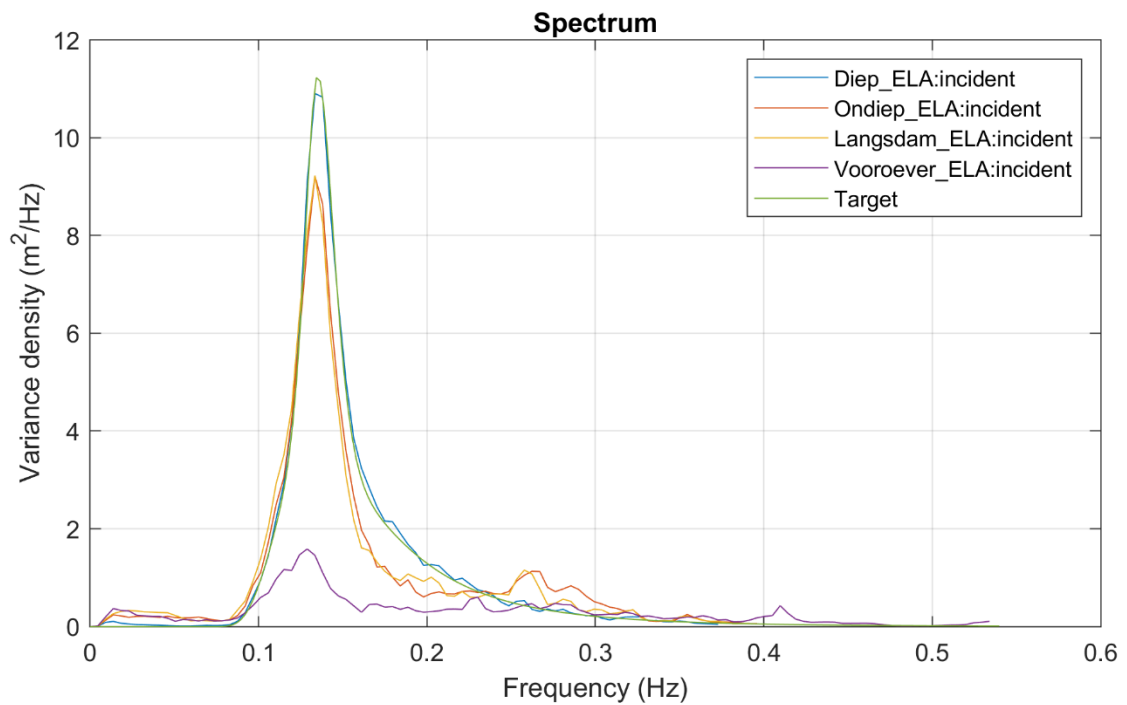
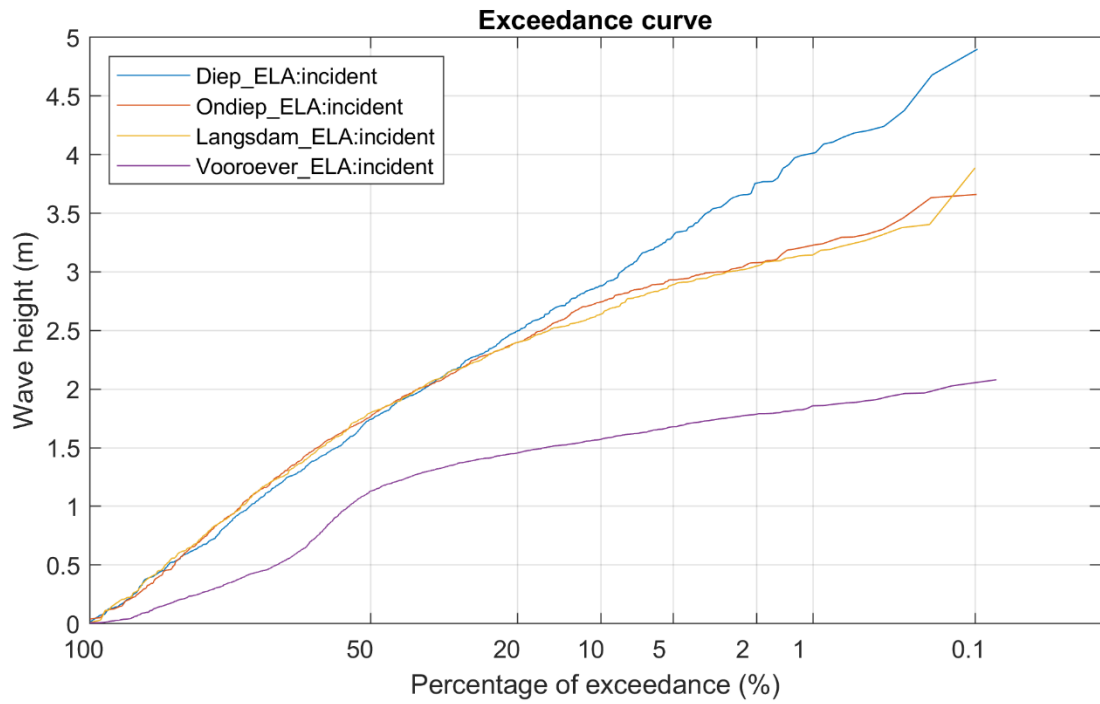


Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26T409	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E

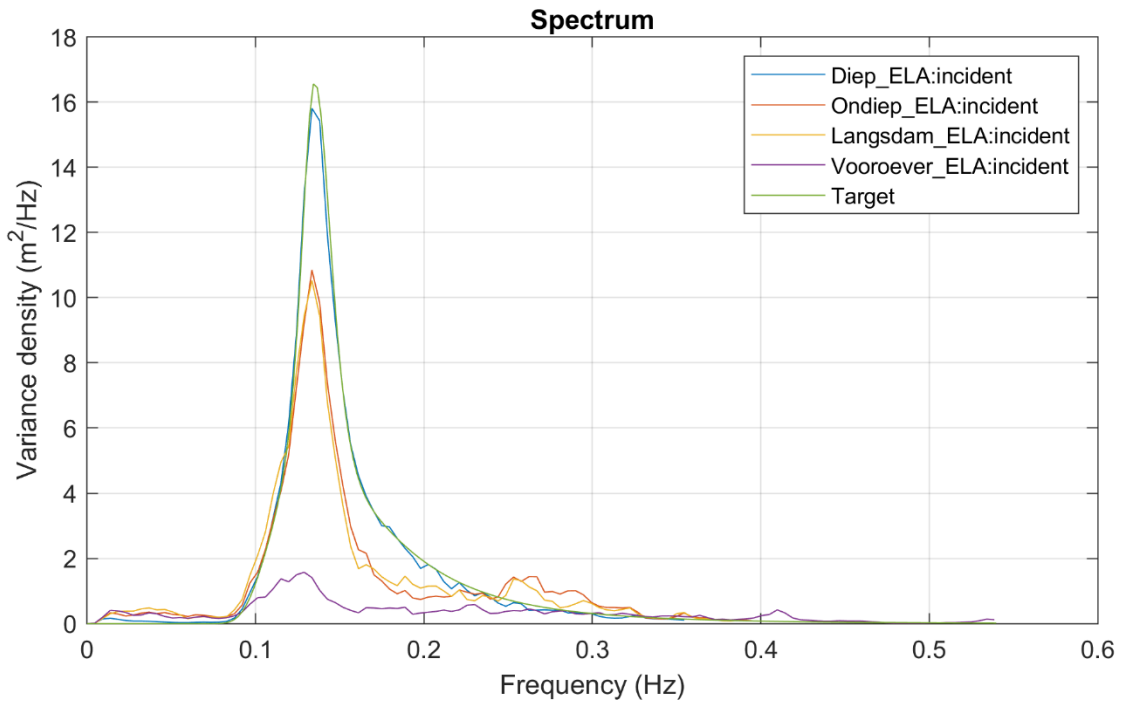
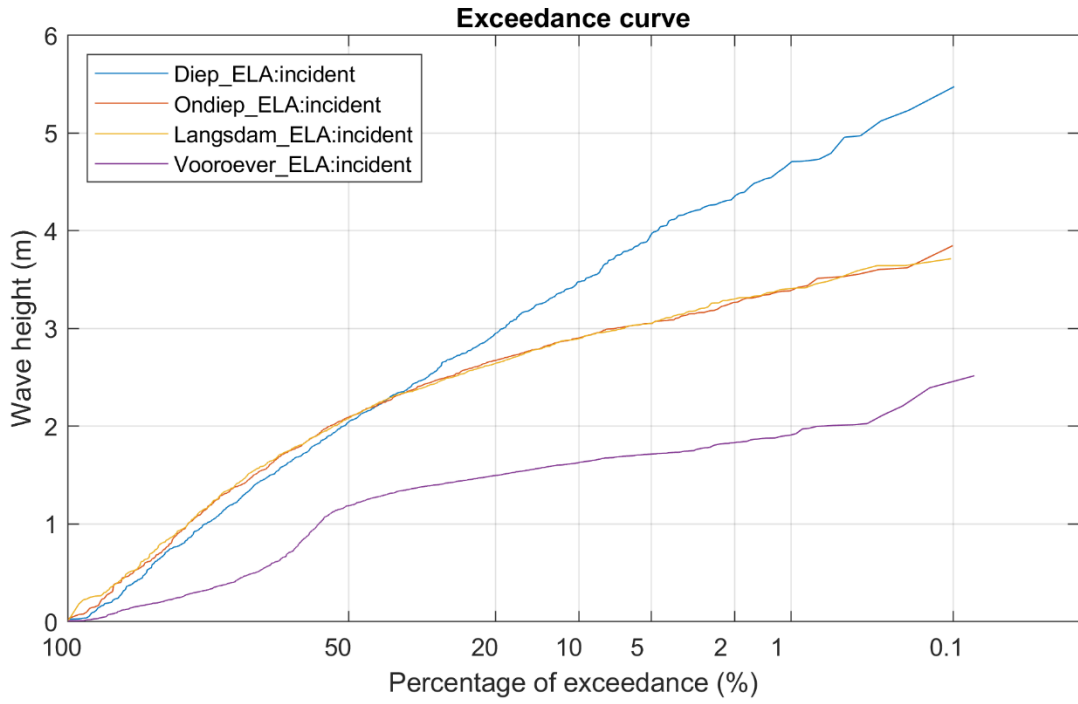


Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26T410	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E

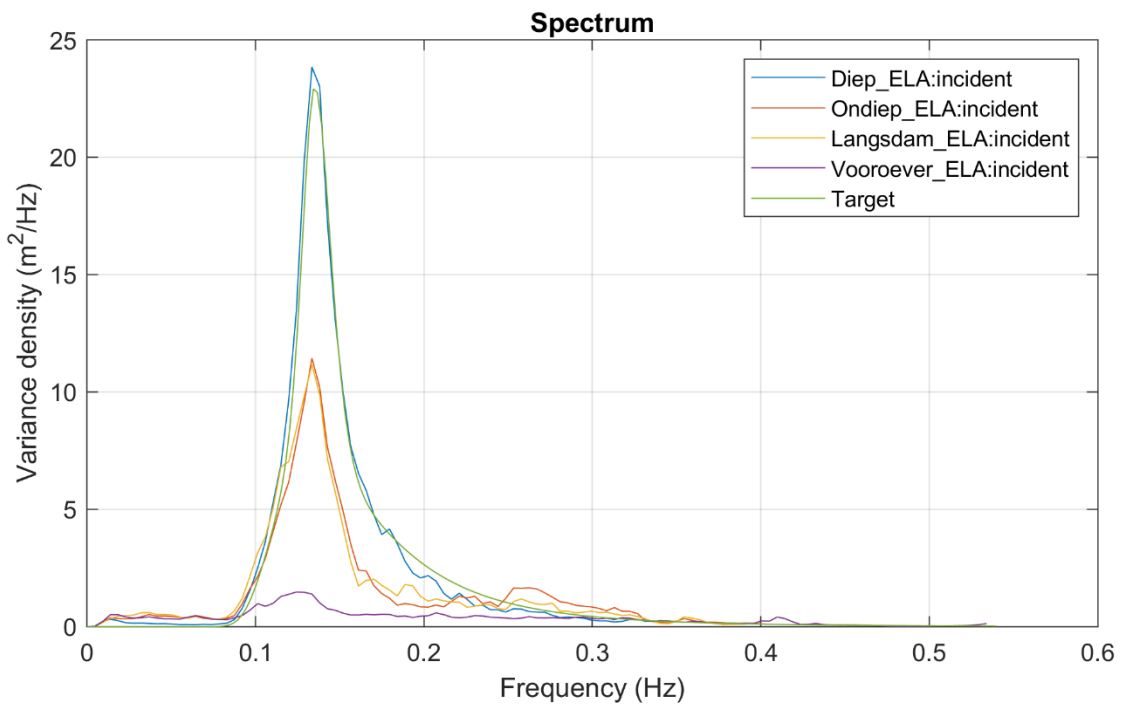
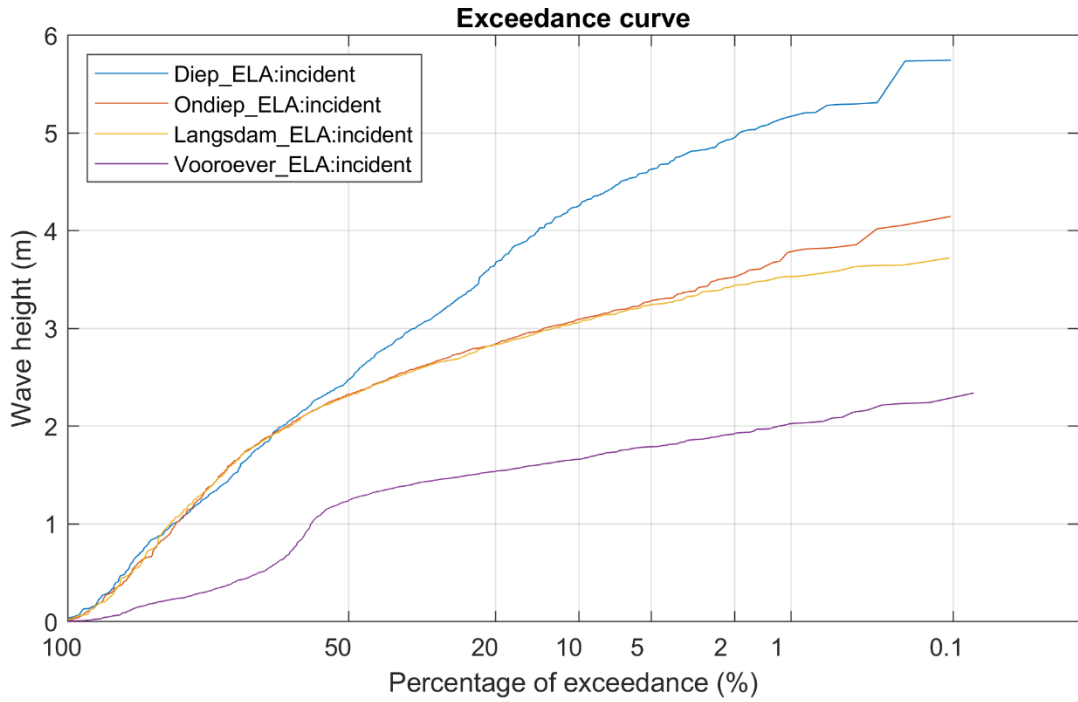




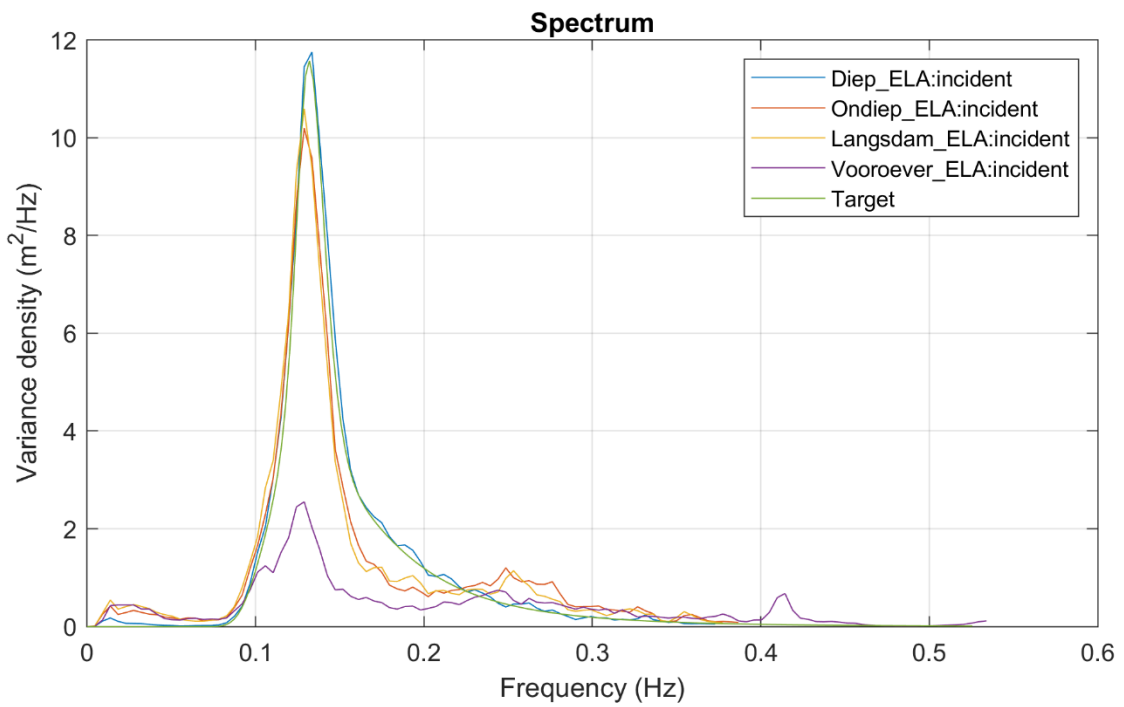
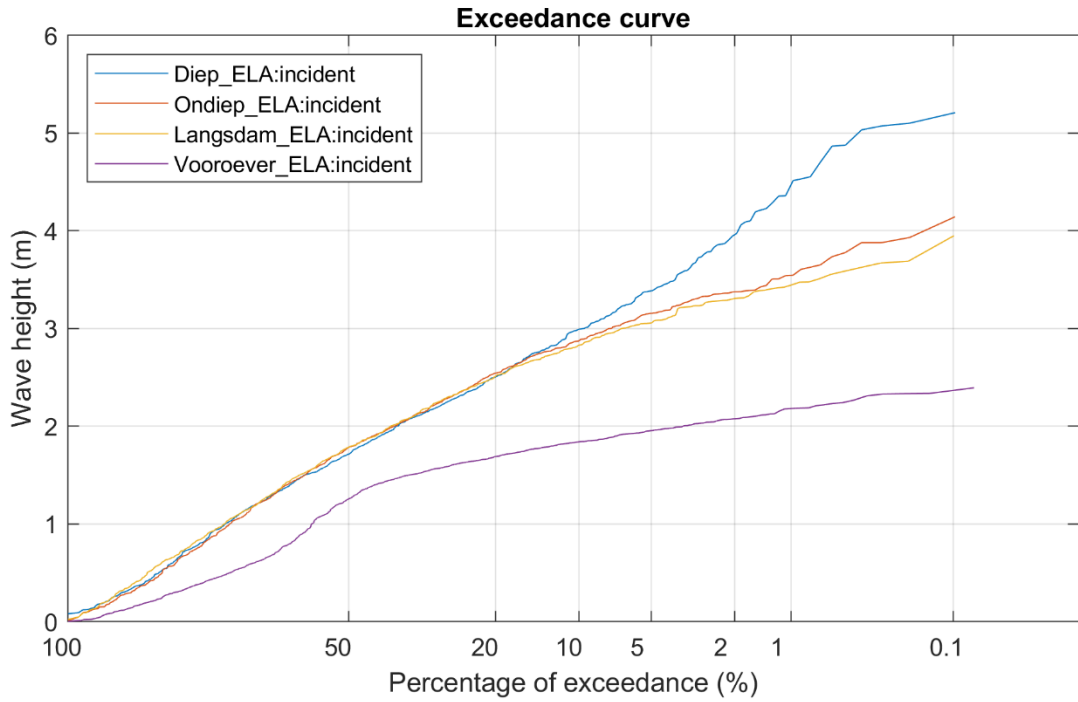
Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26QT504	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



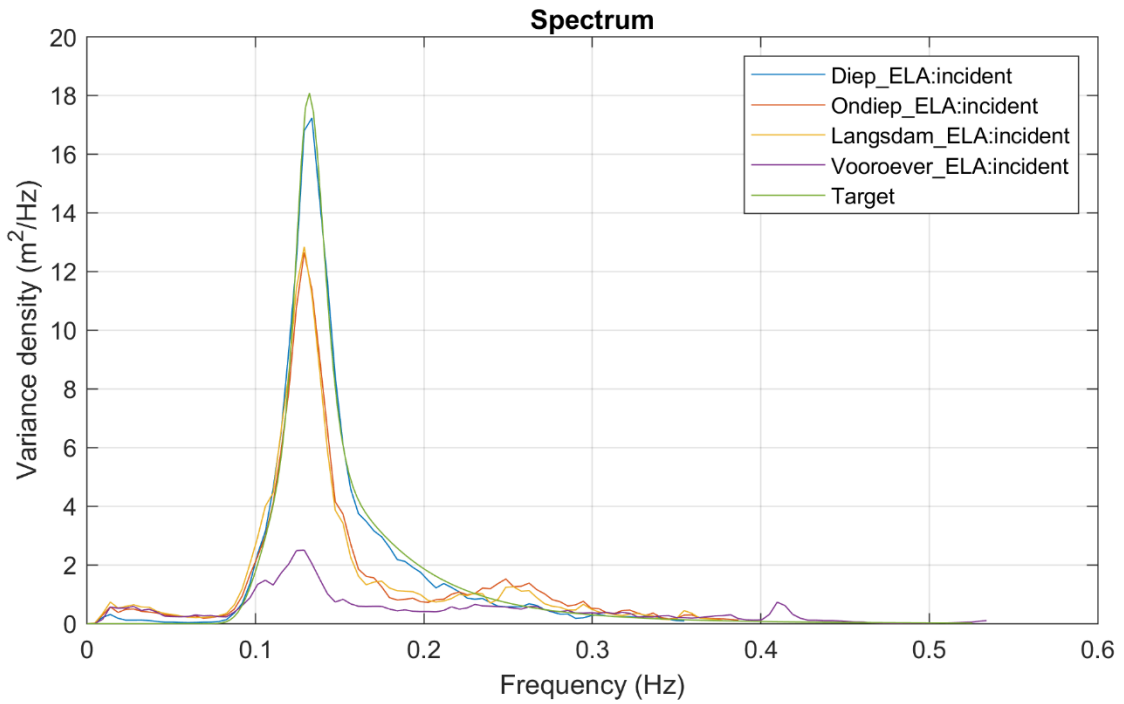
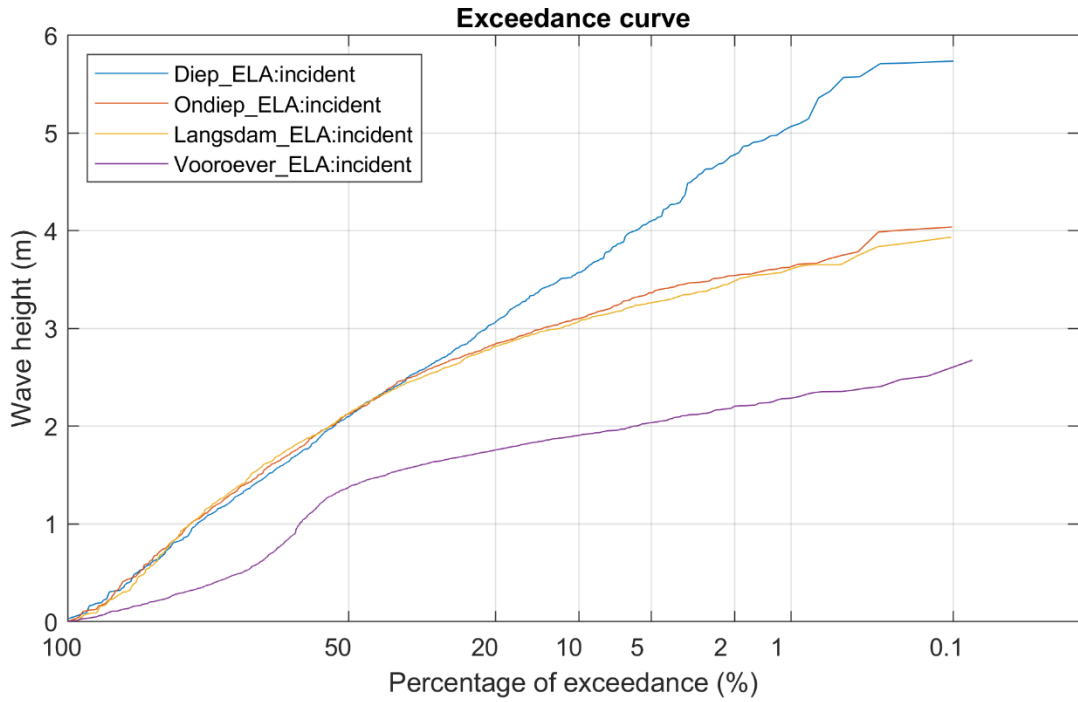
Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26QT505	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



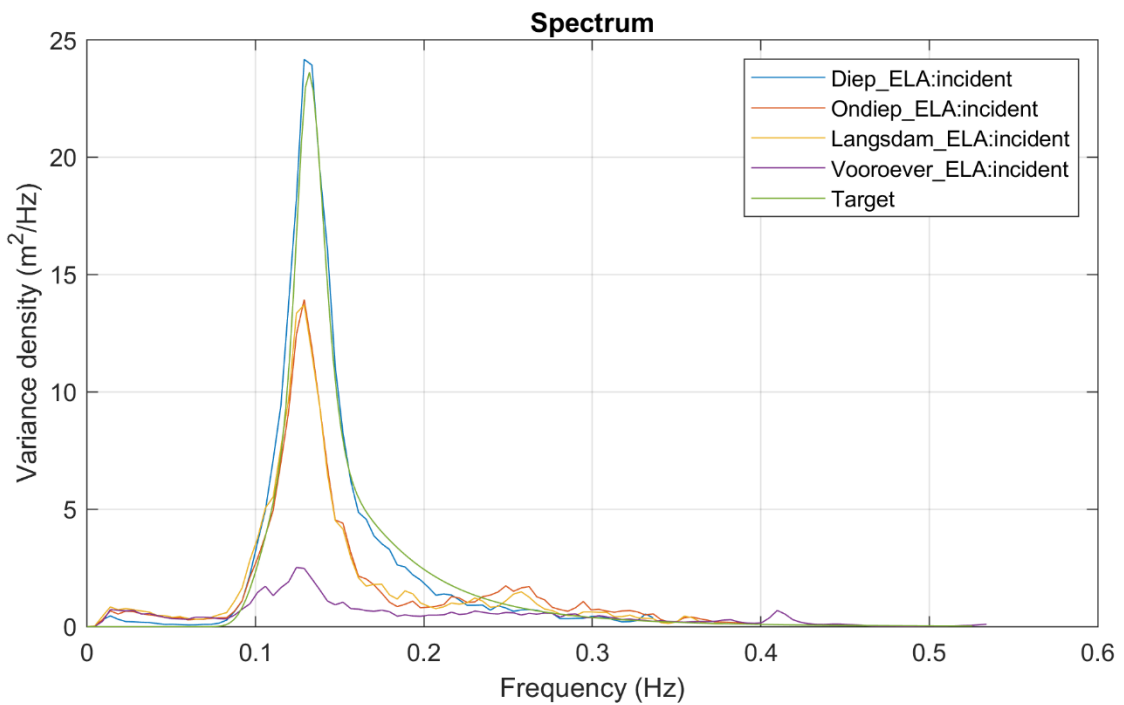
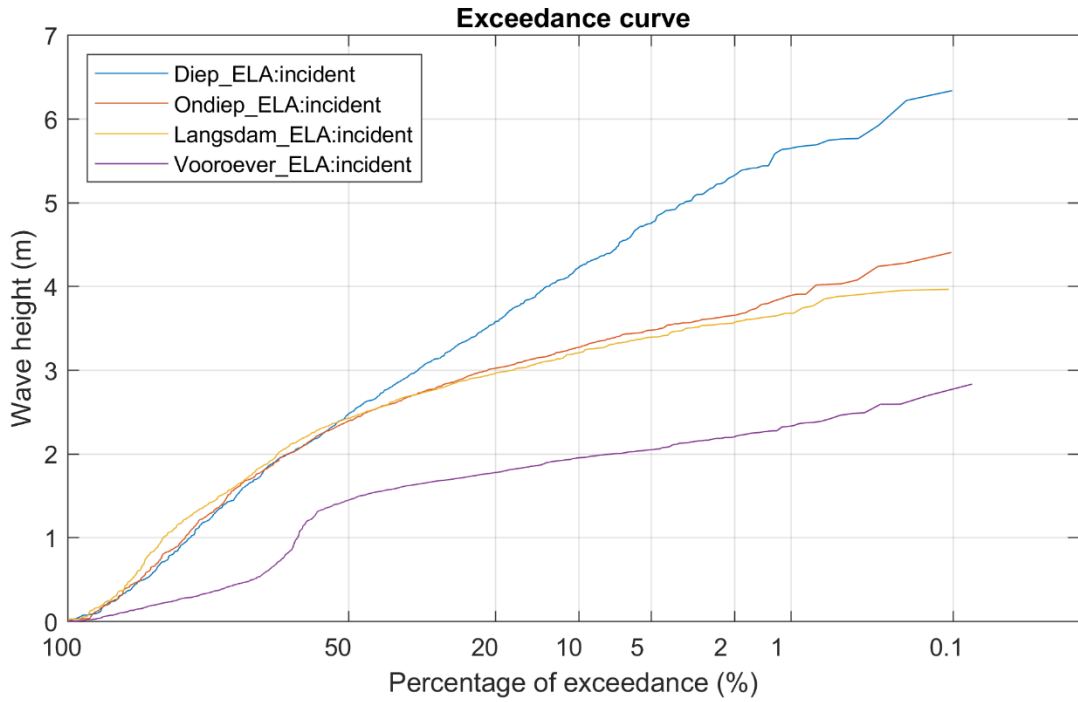
Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26QT506	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



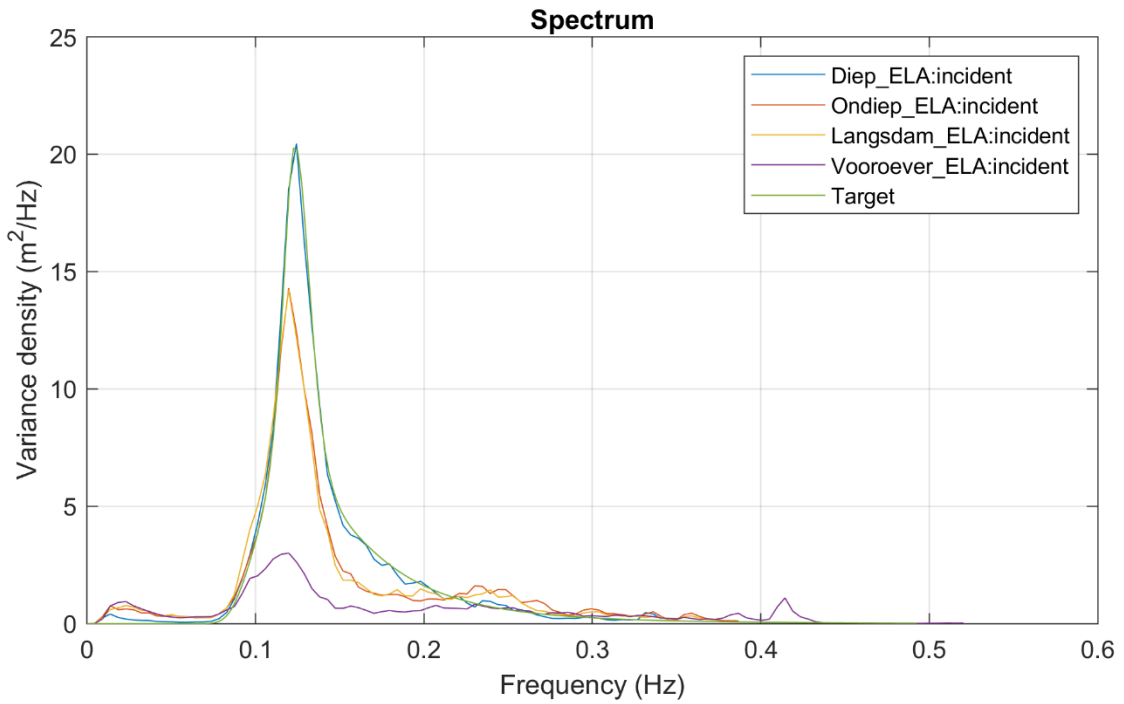
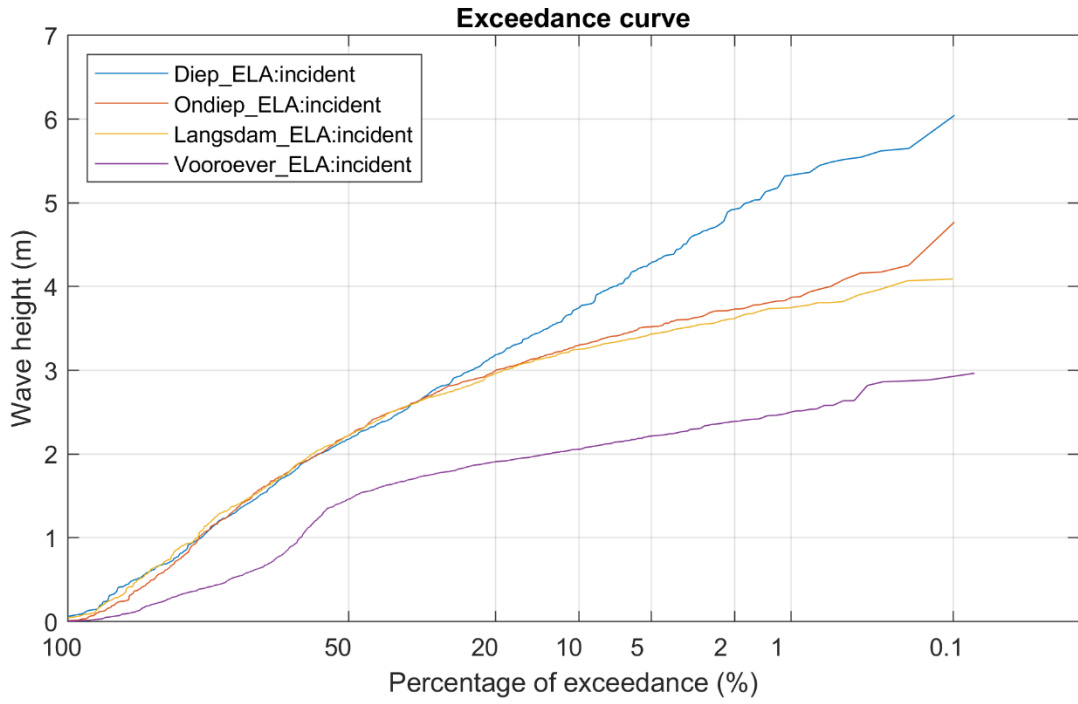
Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26QT507	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



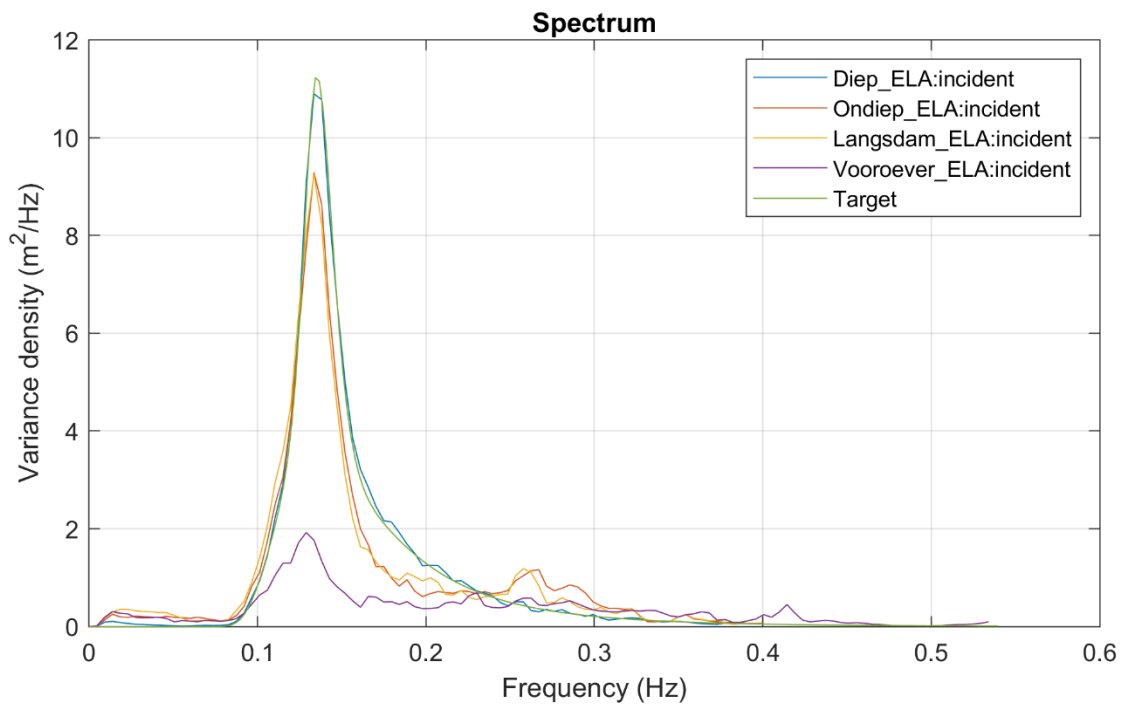
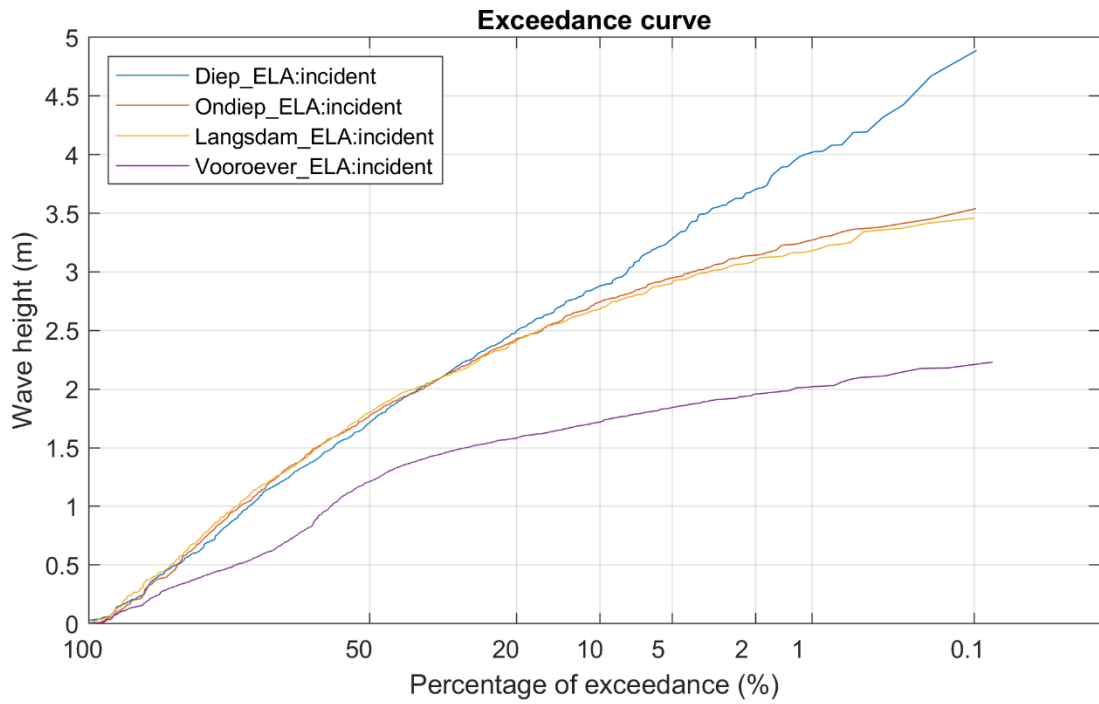
Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26QT508	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26QT509	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E

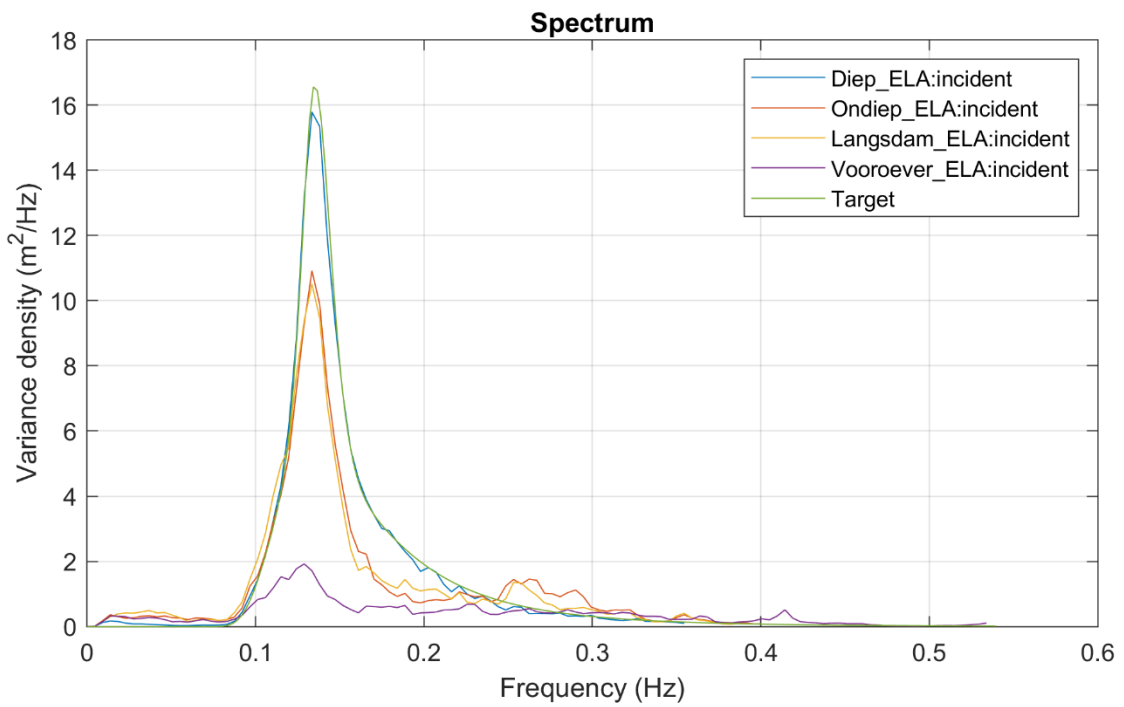
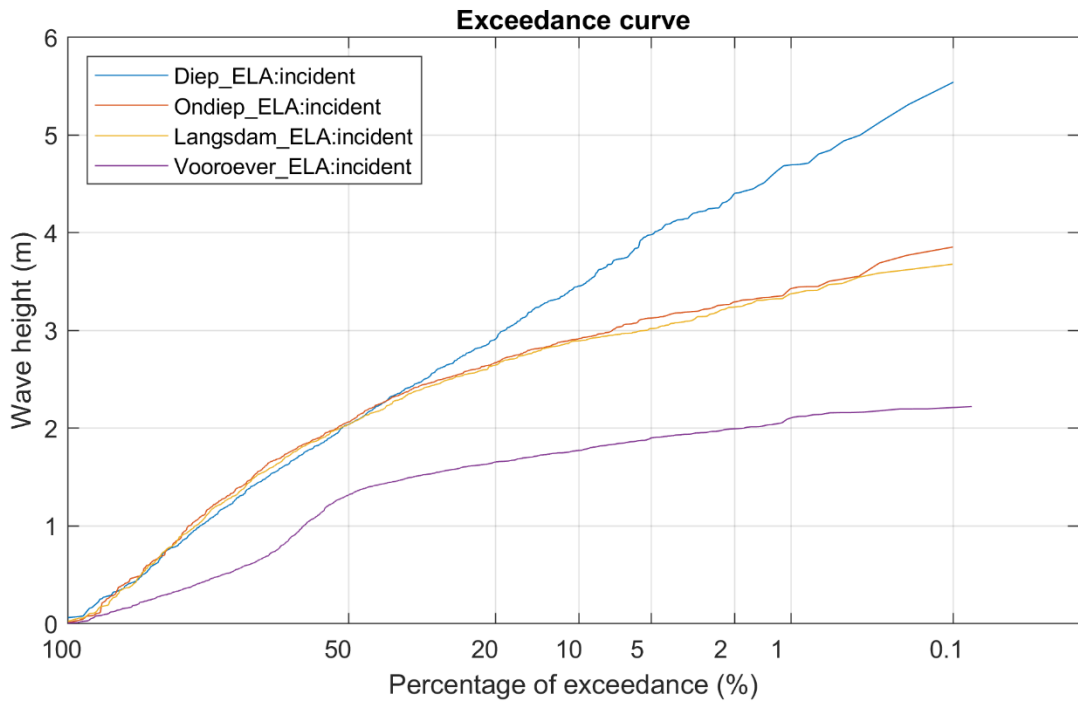


Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26QT510	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E

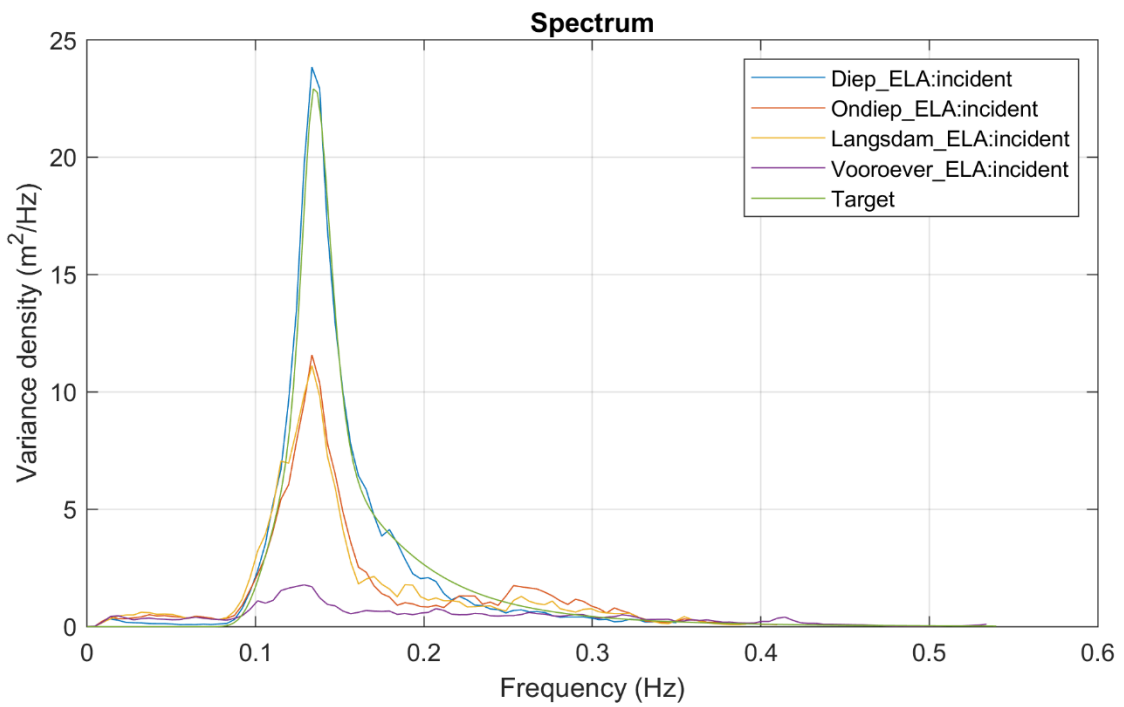
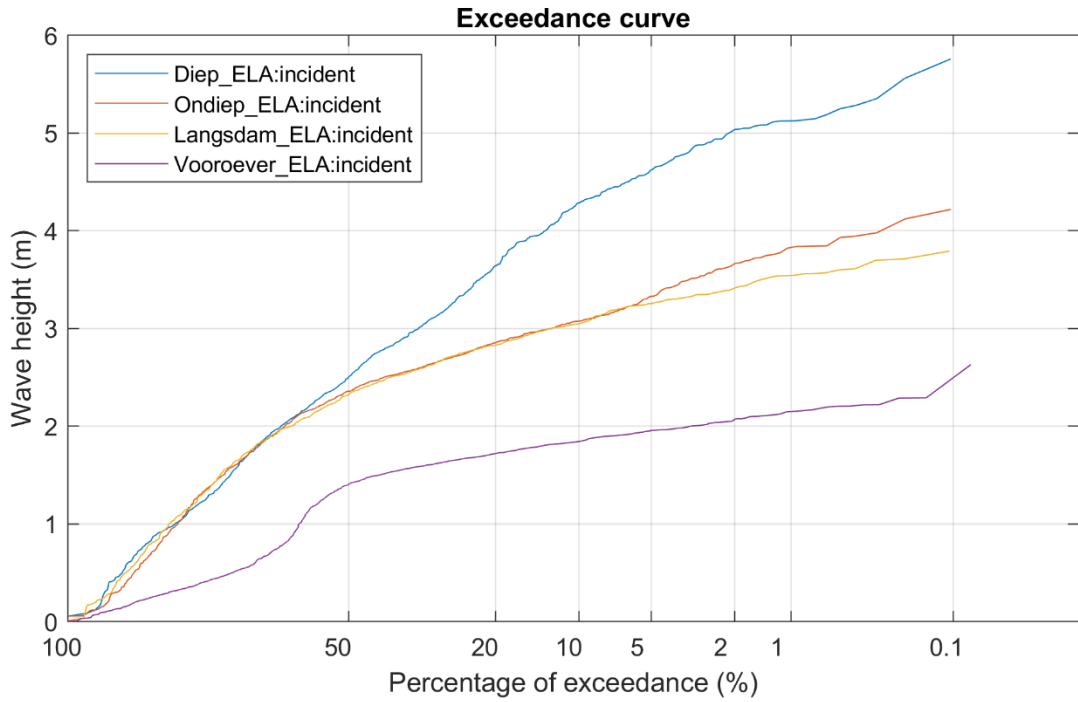


Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26QT604	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E

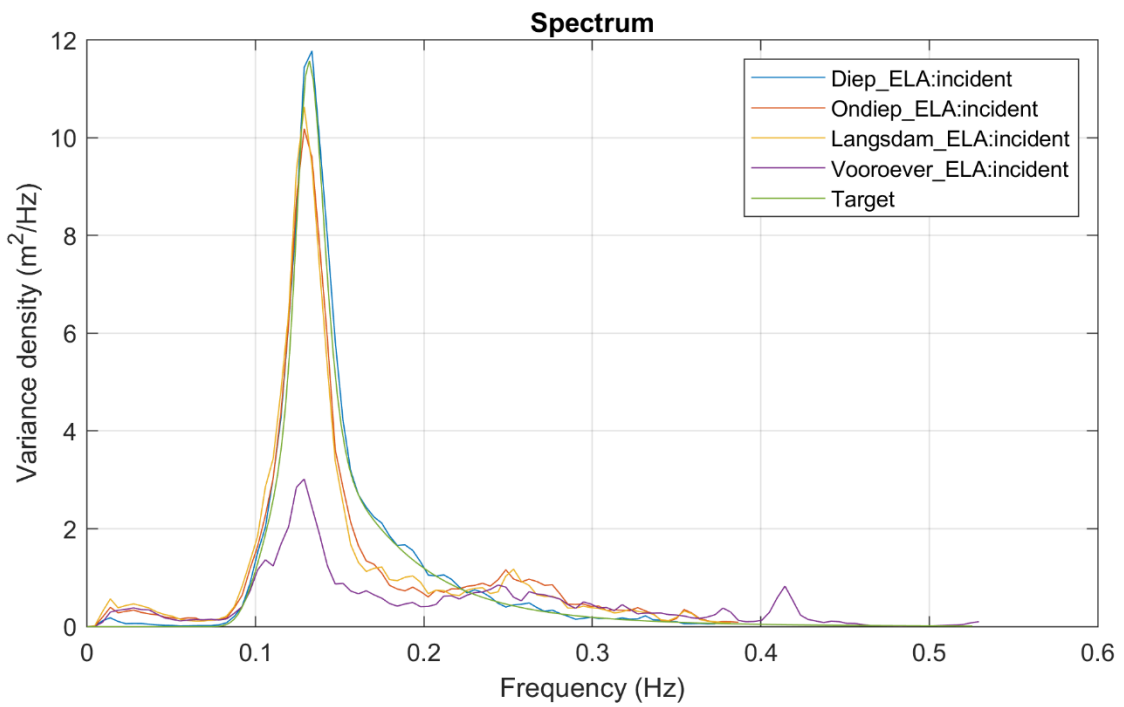
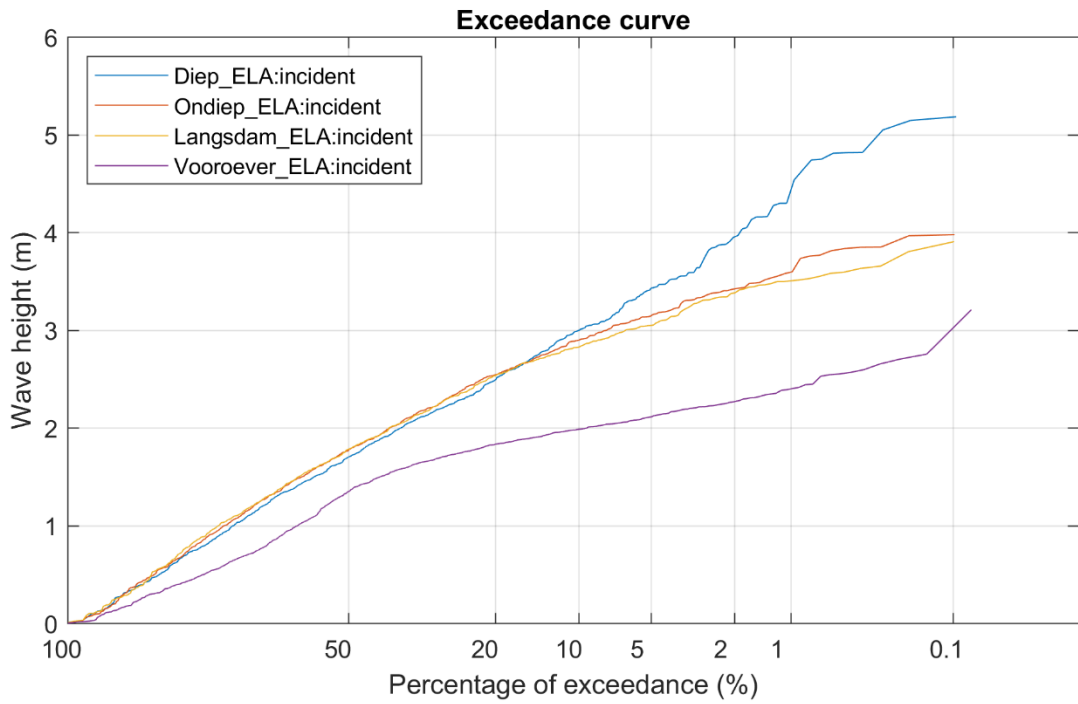




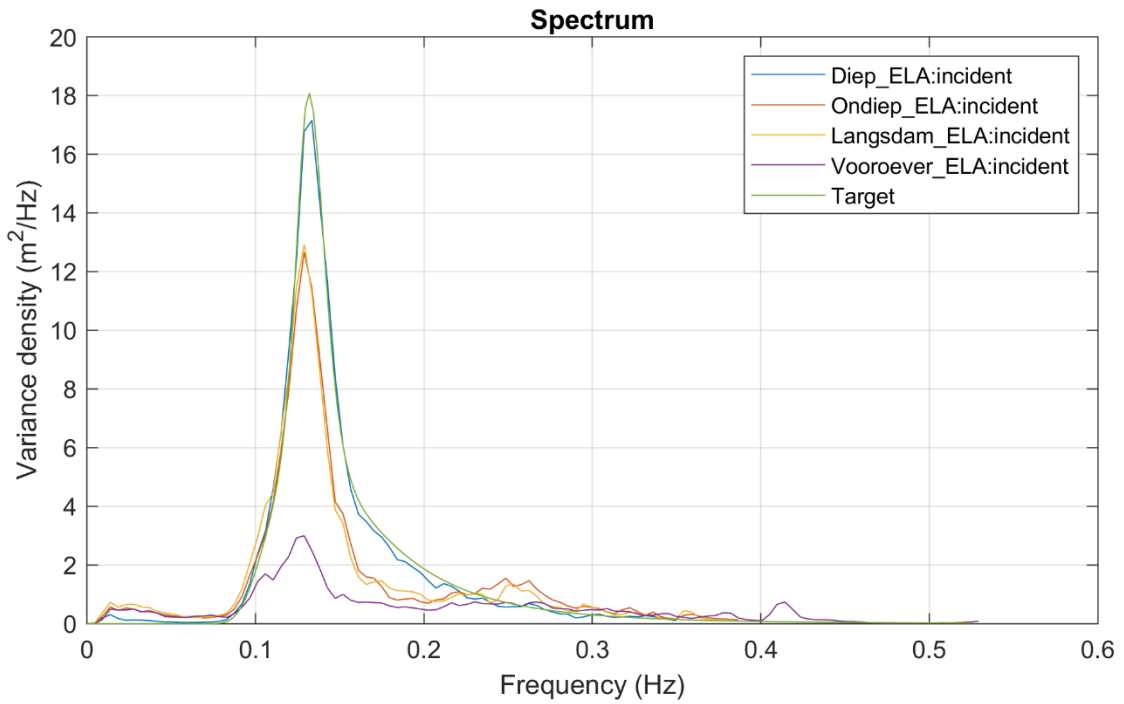
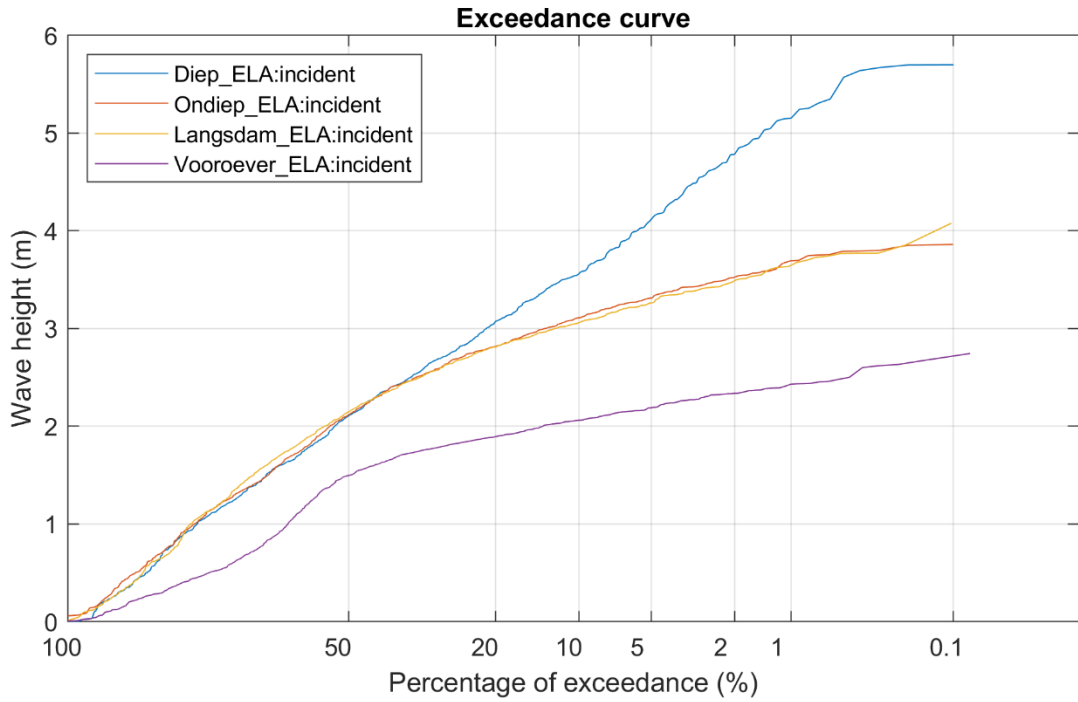
Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26QT605	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



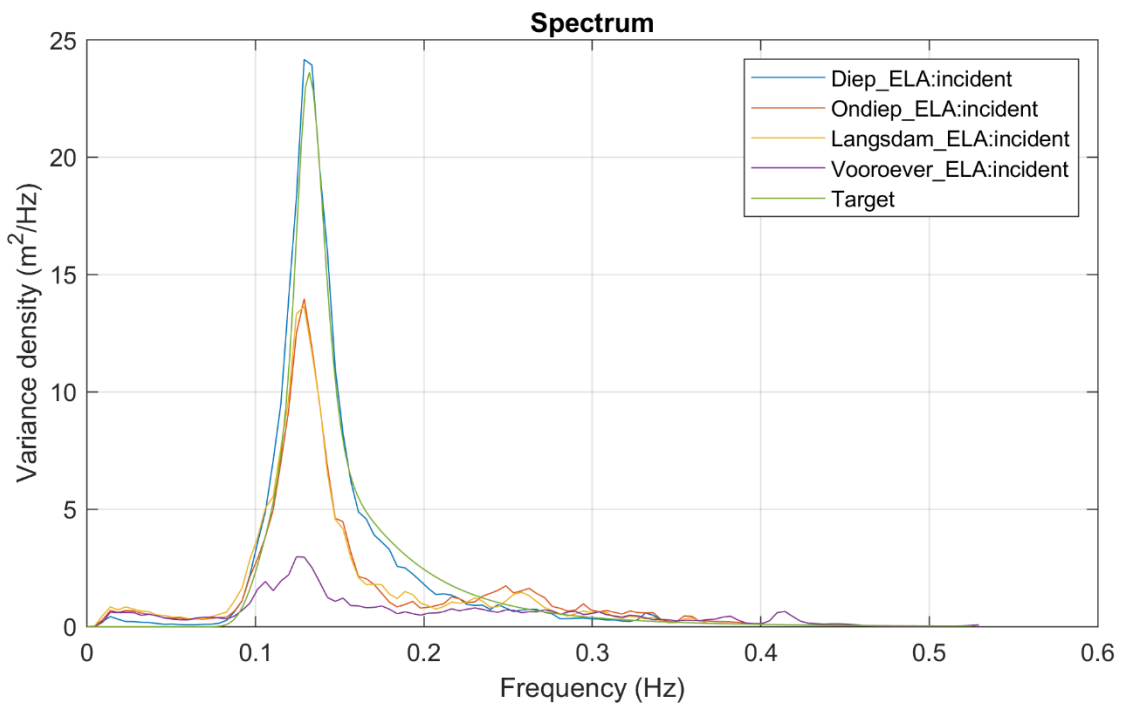
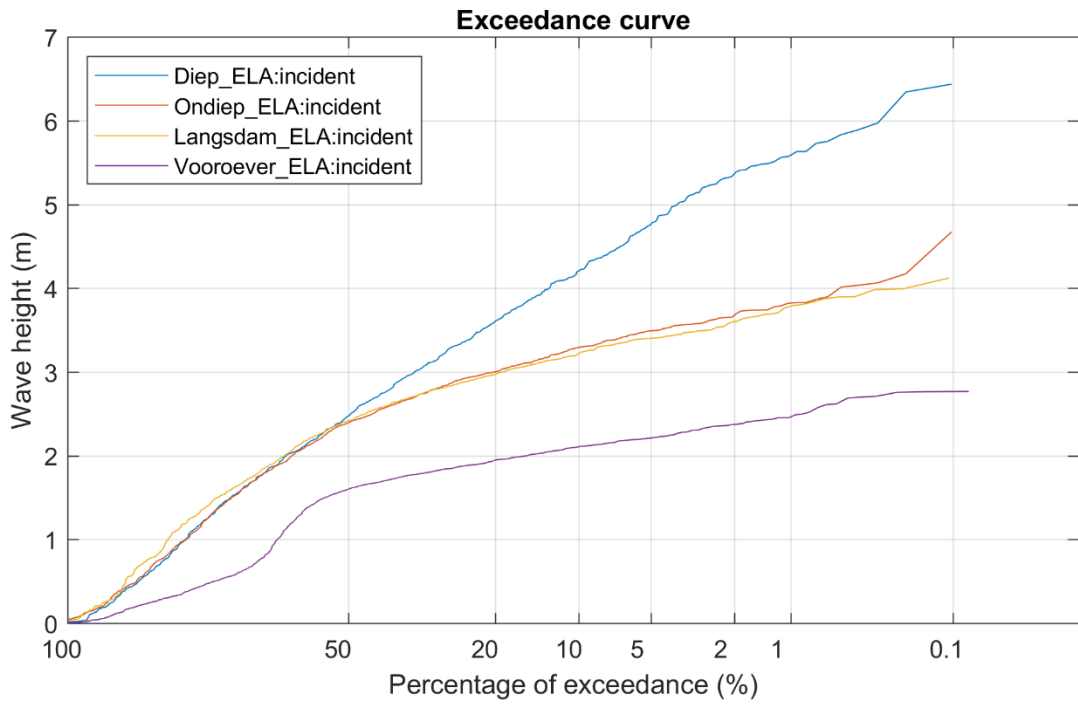
Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26QT606	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



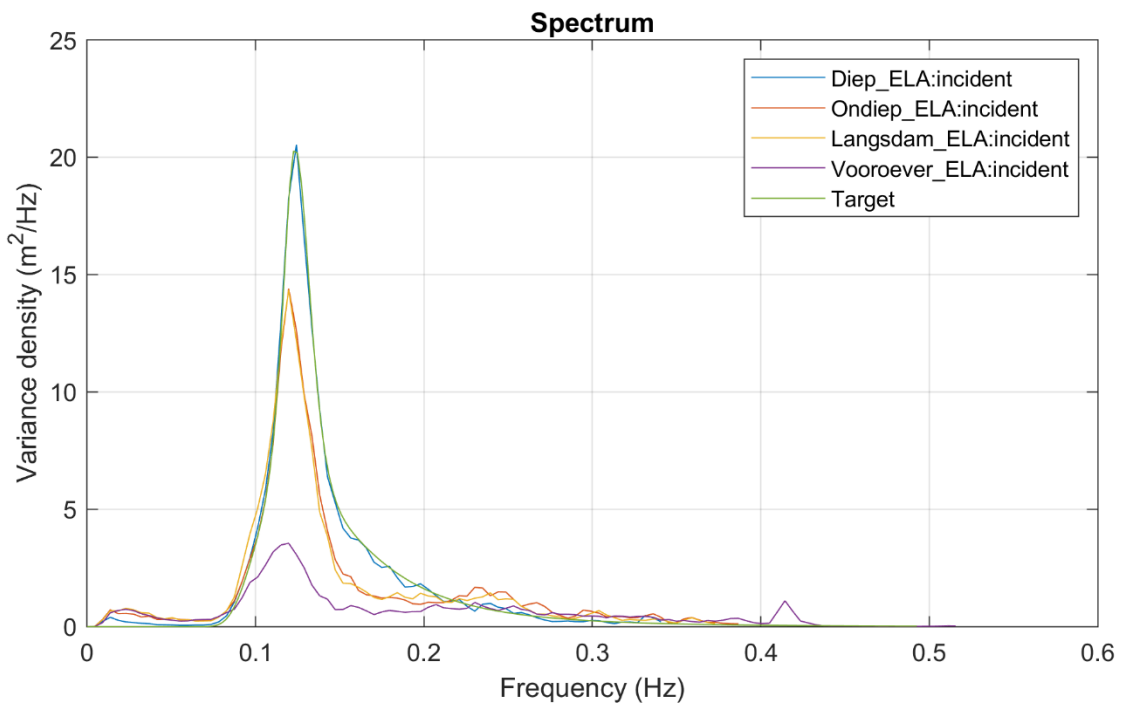
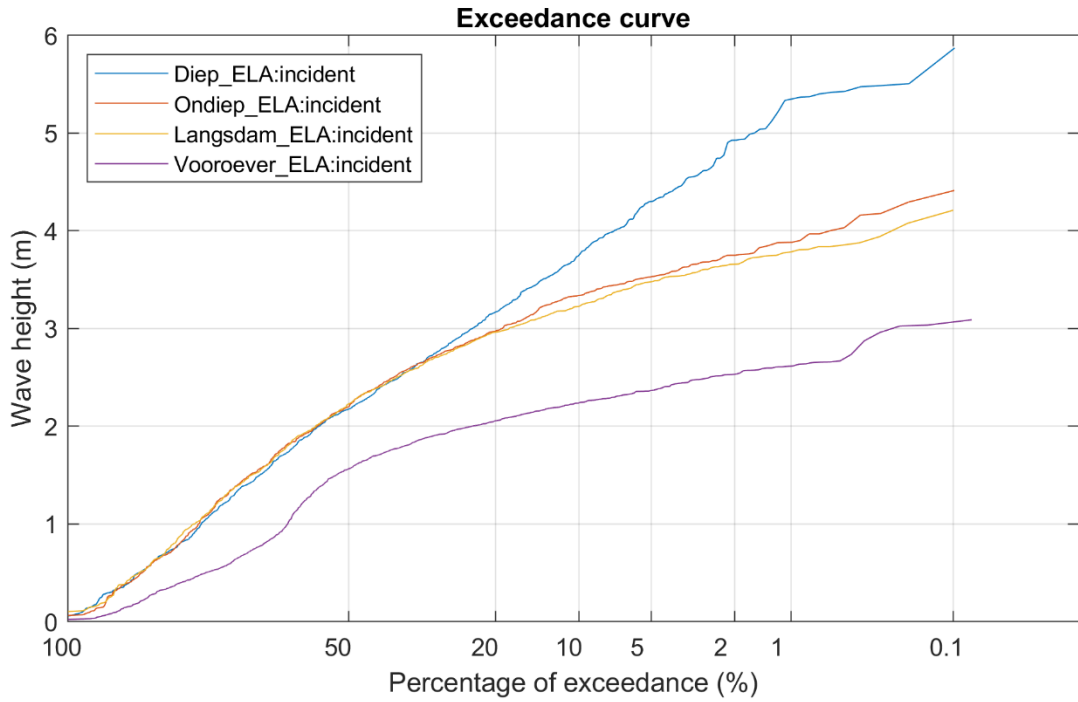
Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26QT607	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



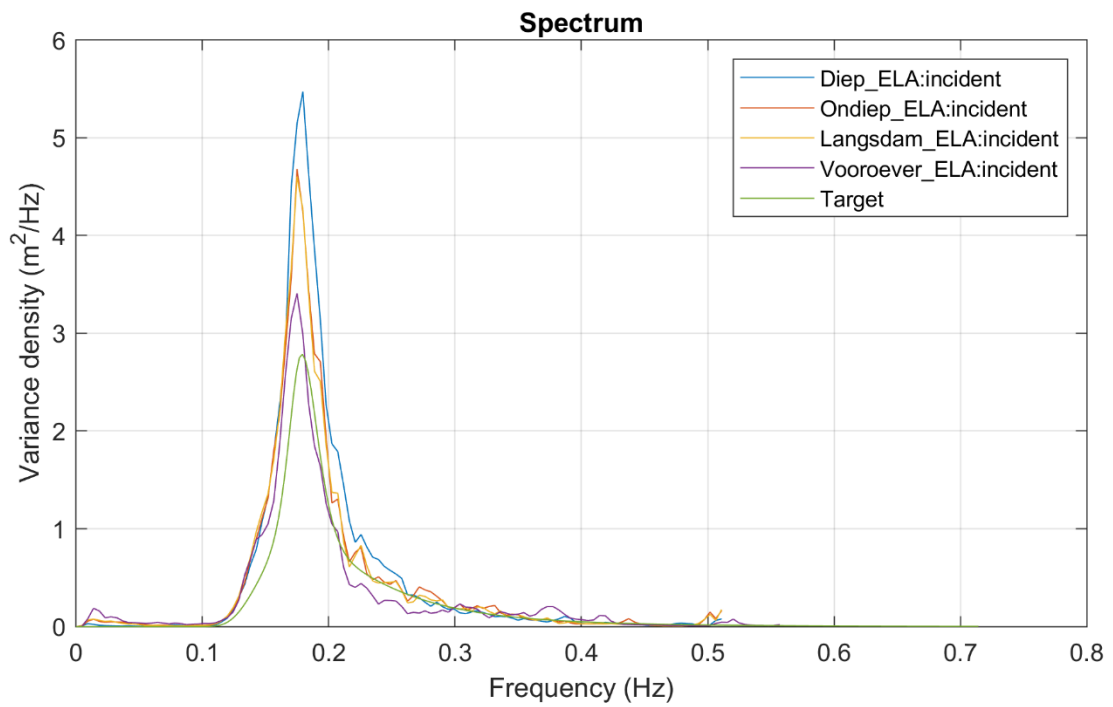
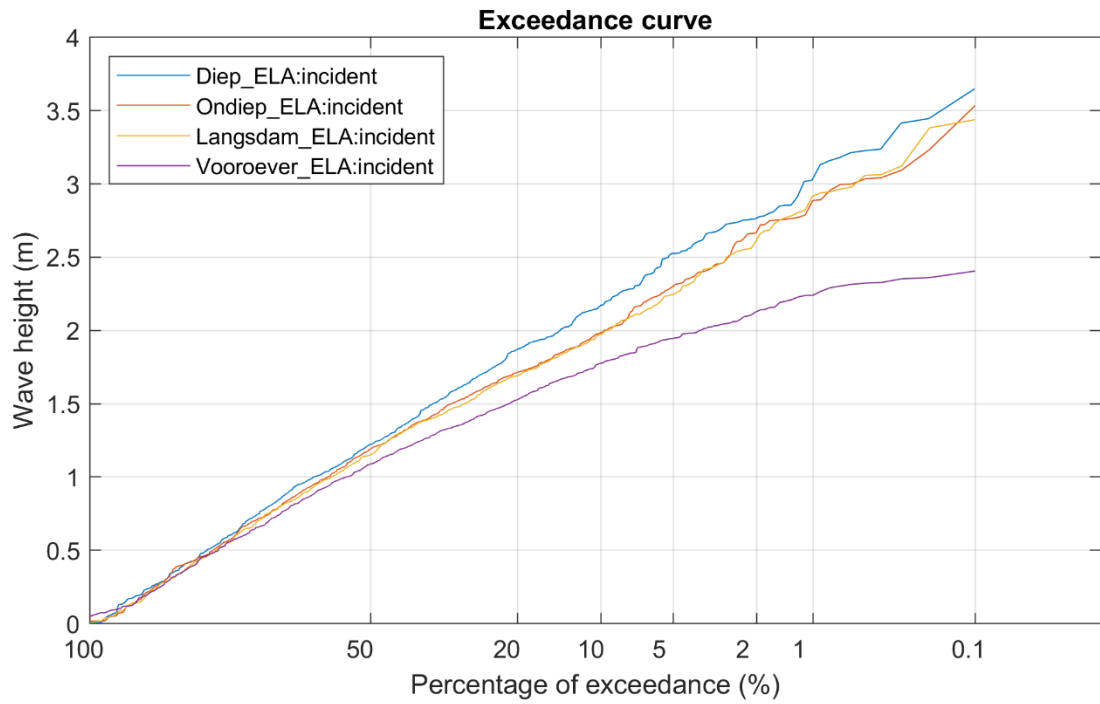
Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26QT608	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26QT609	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26QT610	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



Langsdam IJsselmeerdijk  
Scheldegoot proeven

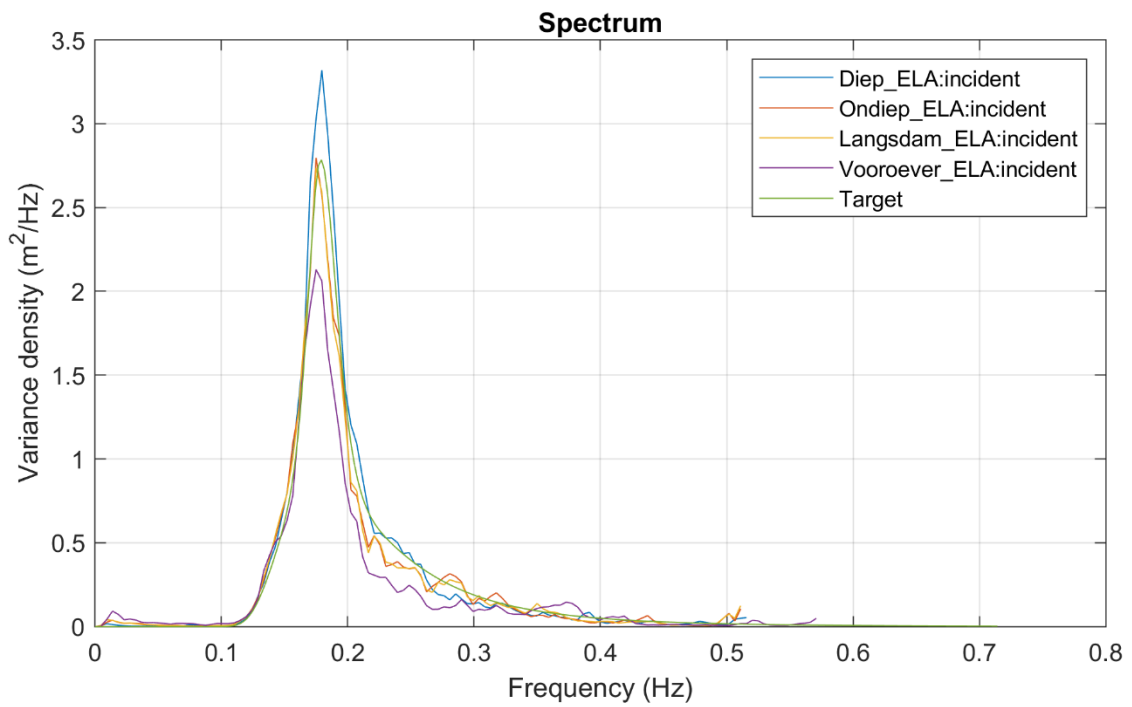
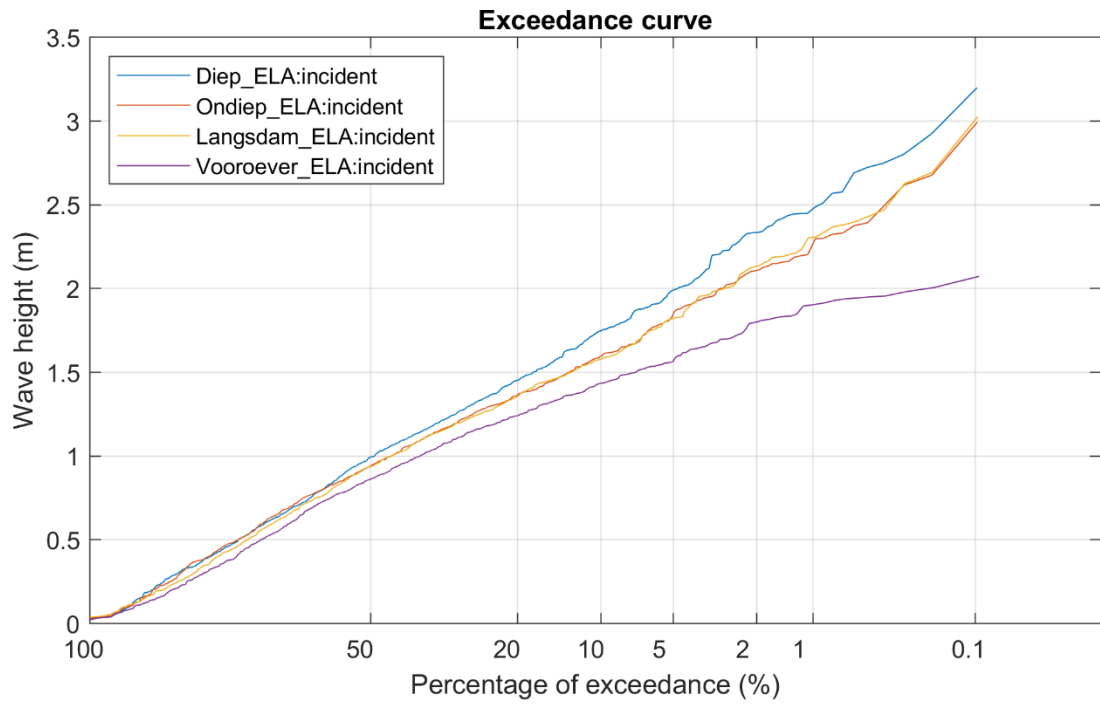
S26QT611

Prototype

**Deltares**

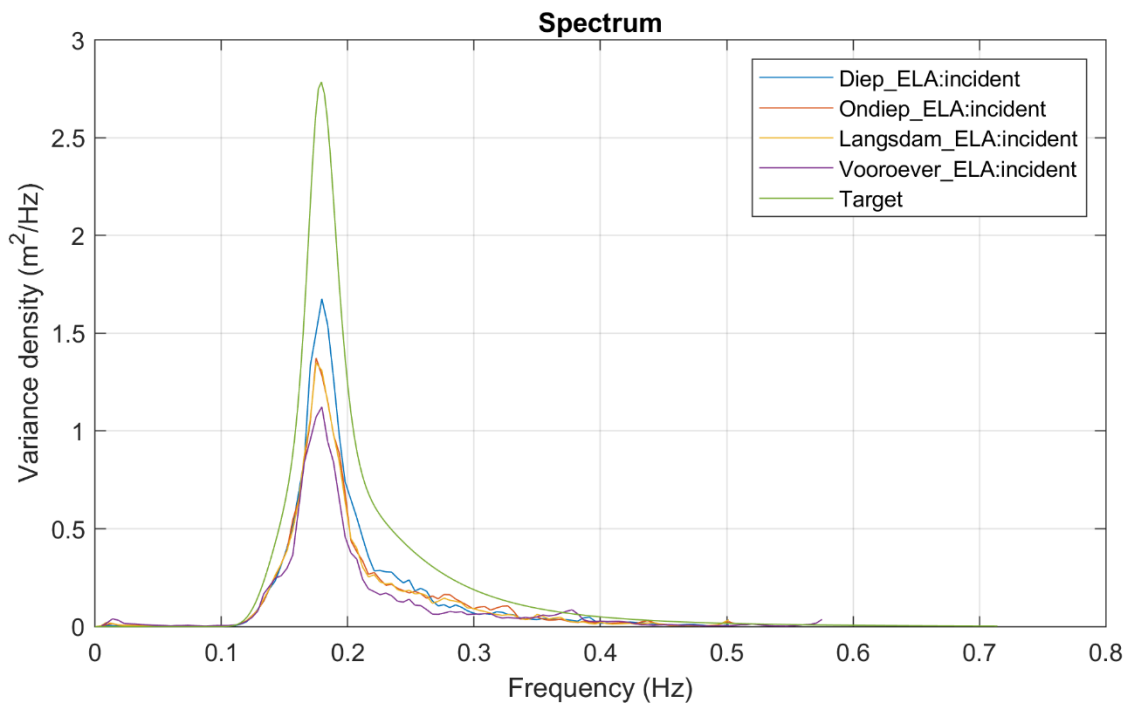
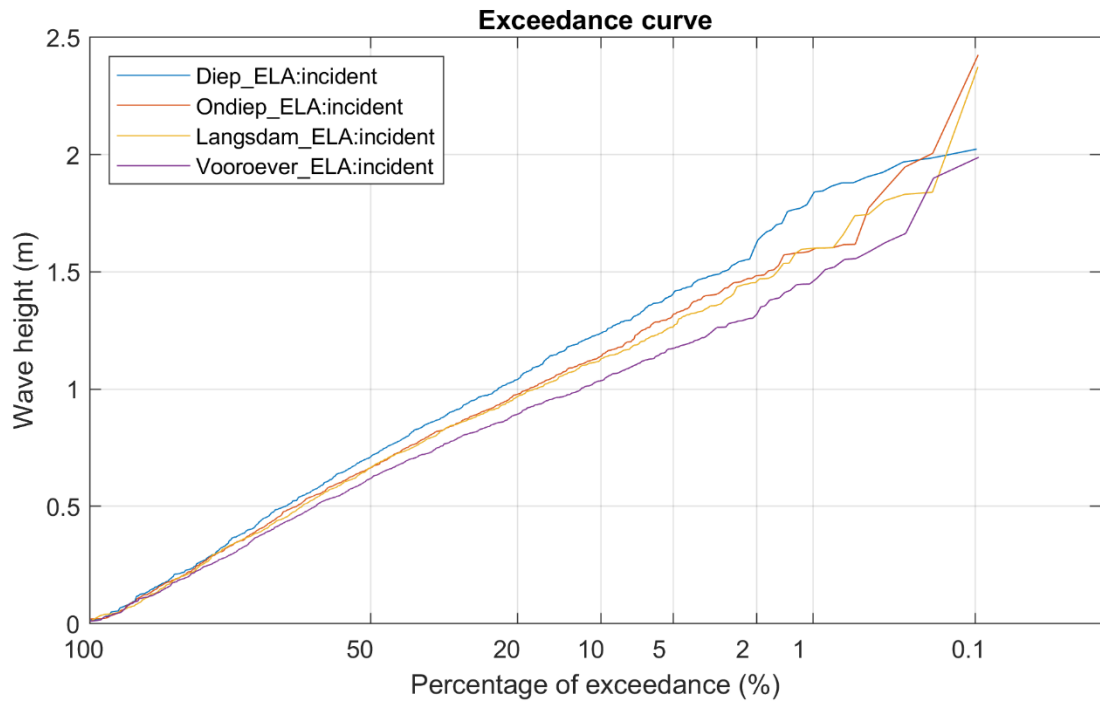
11208947-002

Fig. E

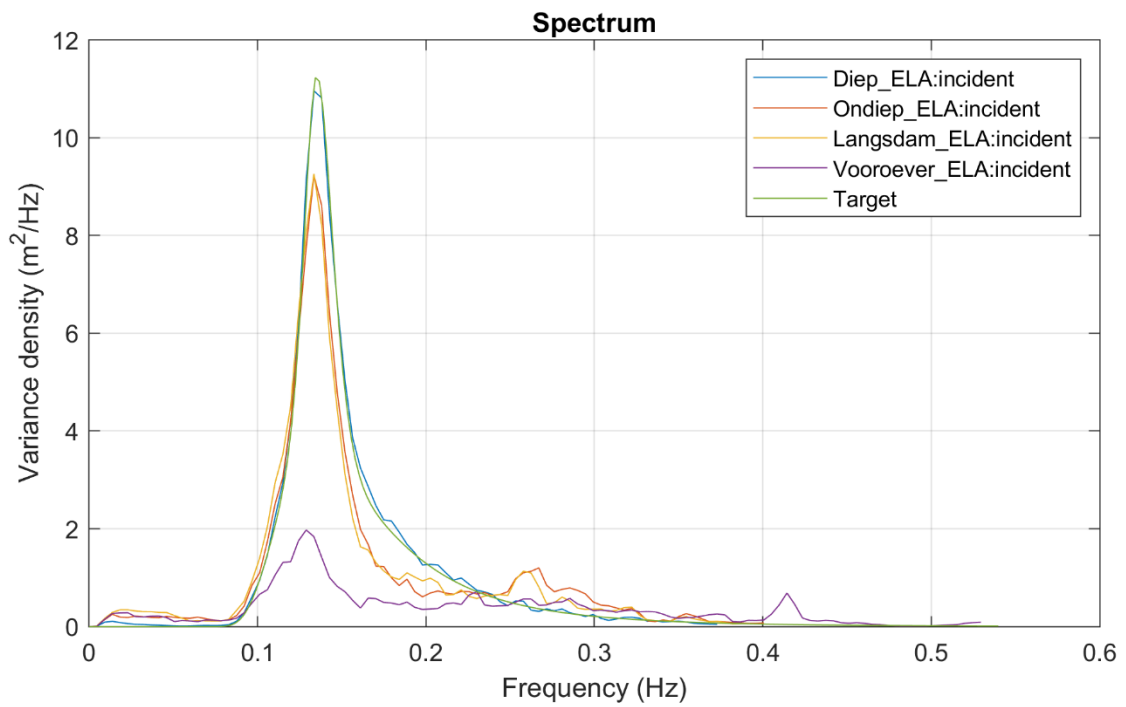
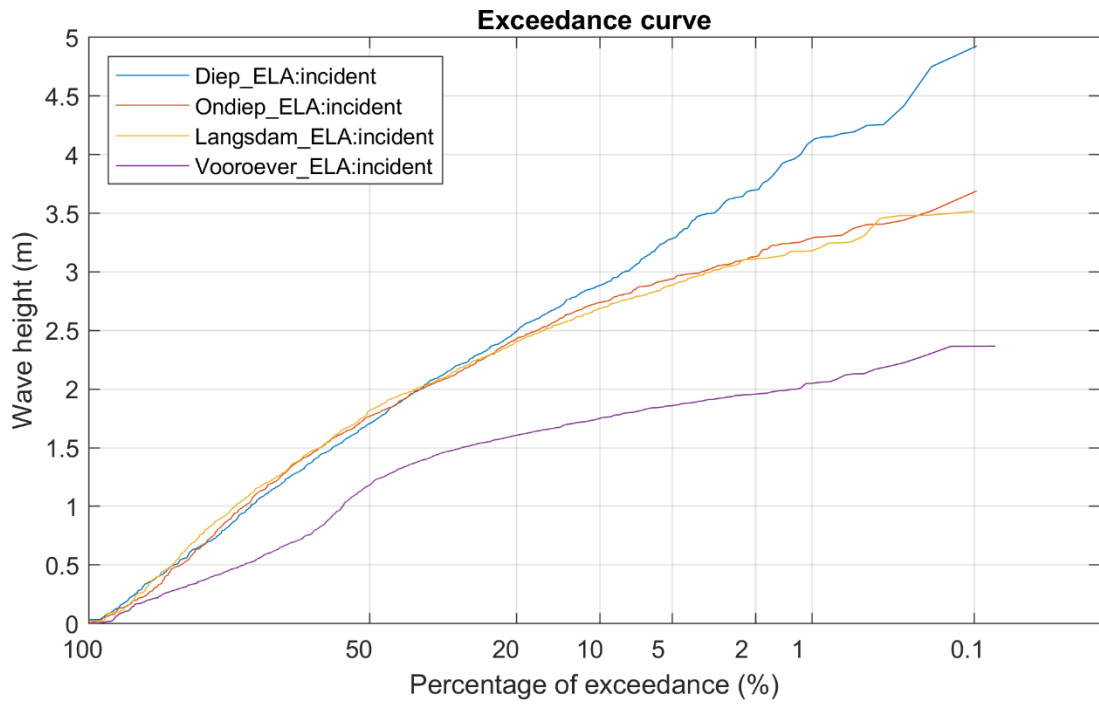


Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26QT612	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E





Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26QT613	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



Langsdam IJsselmeerdijk  
Scheldegoot proeven

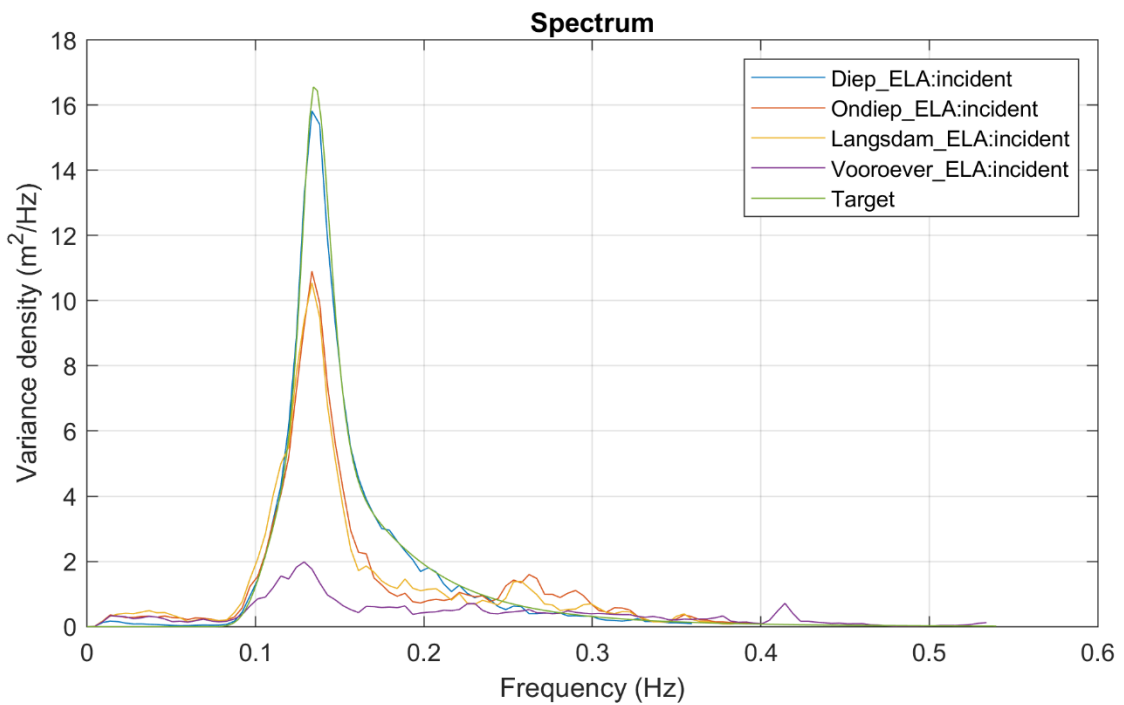
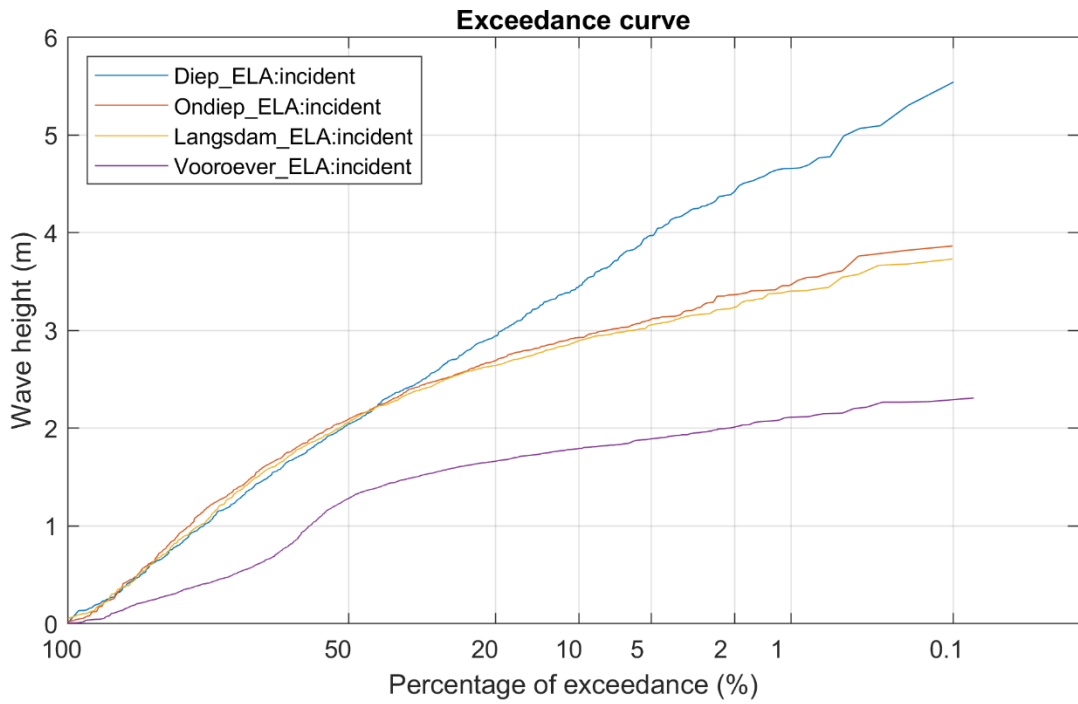
S26T704

Prototype

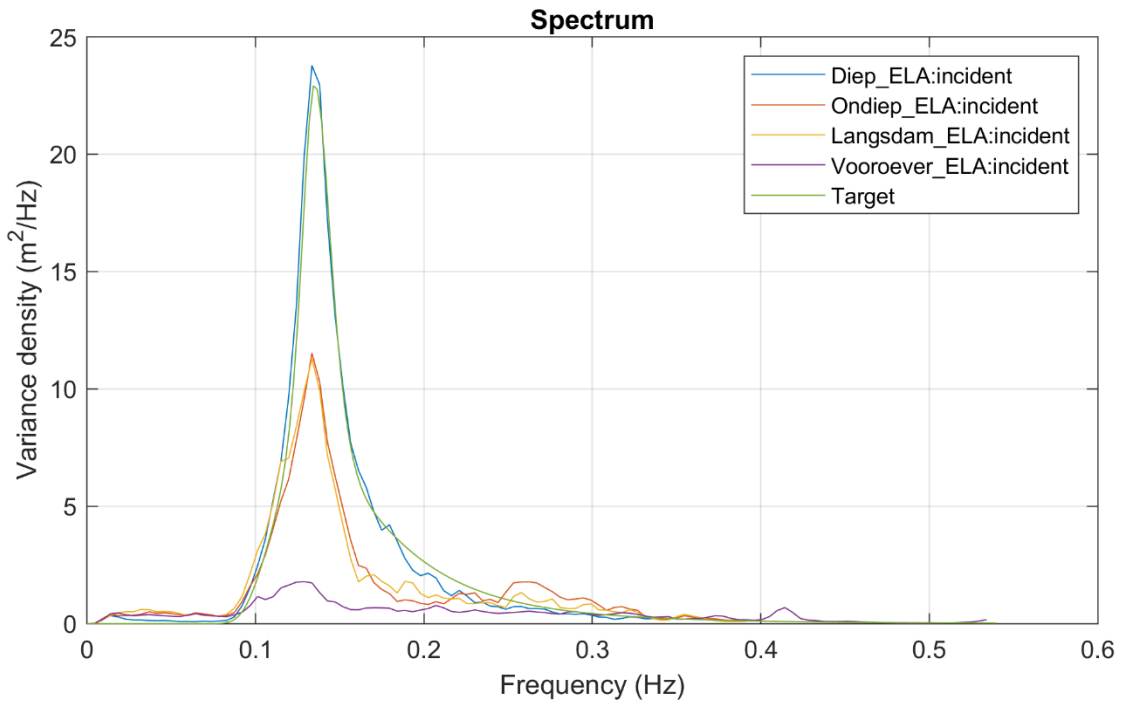
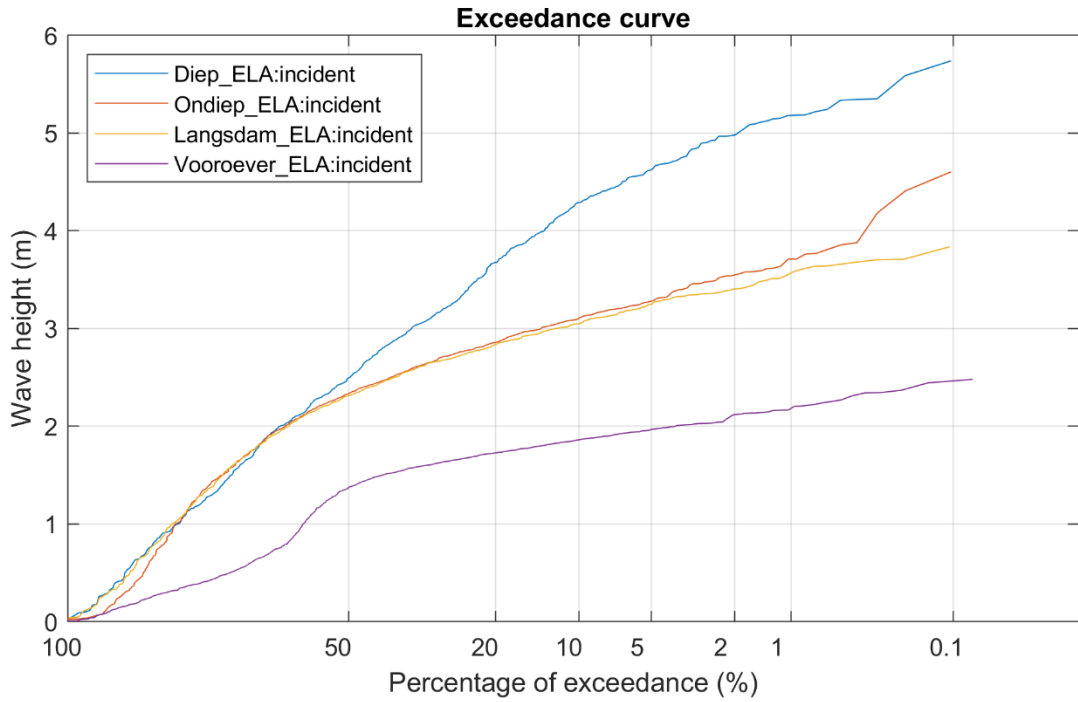
**Deltares**

11208947-002

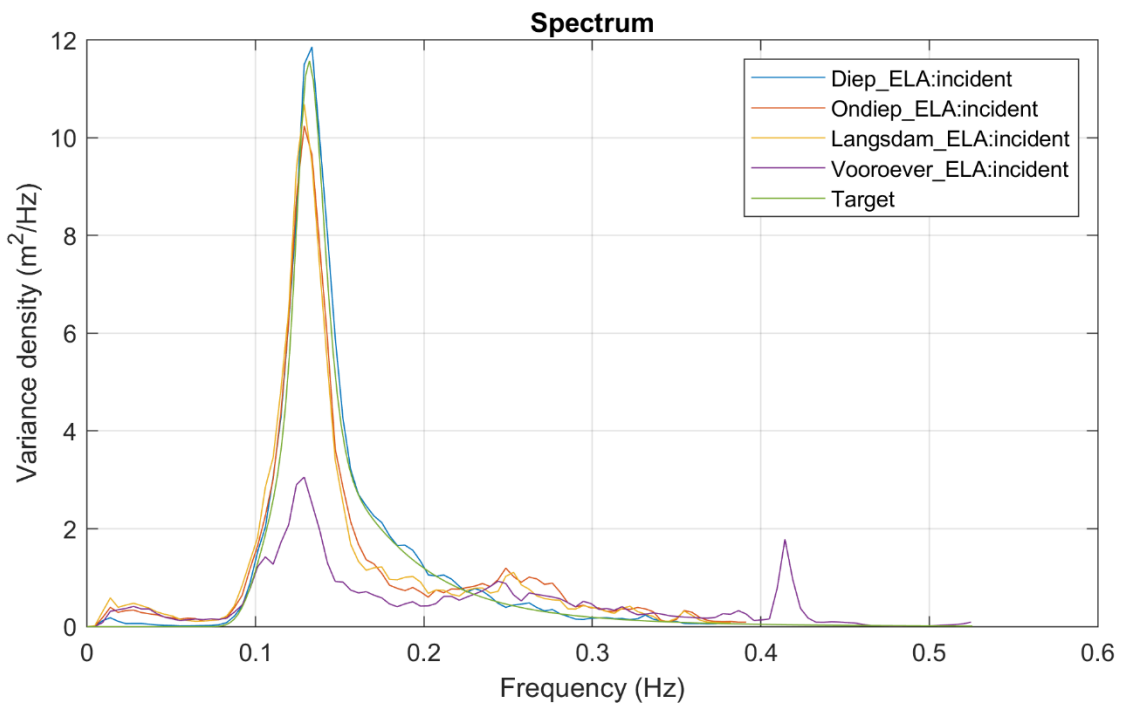
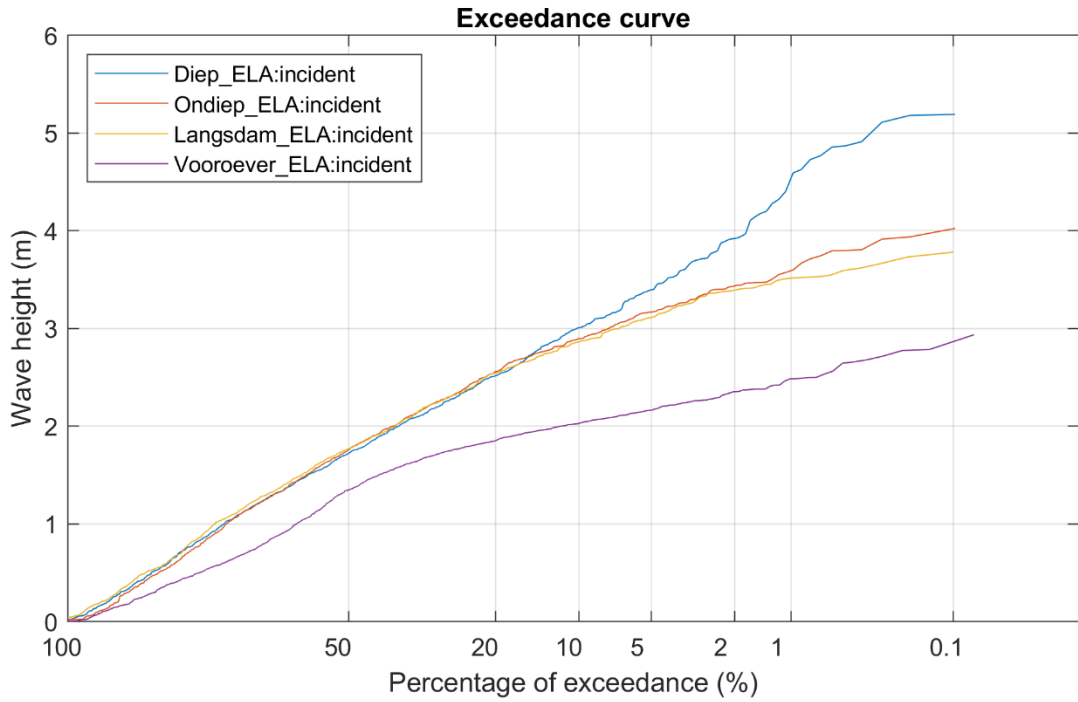
Fig. E



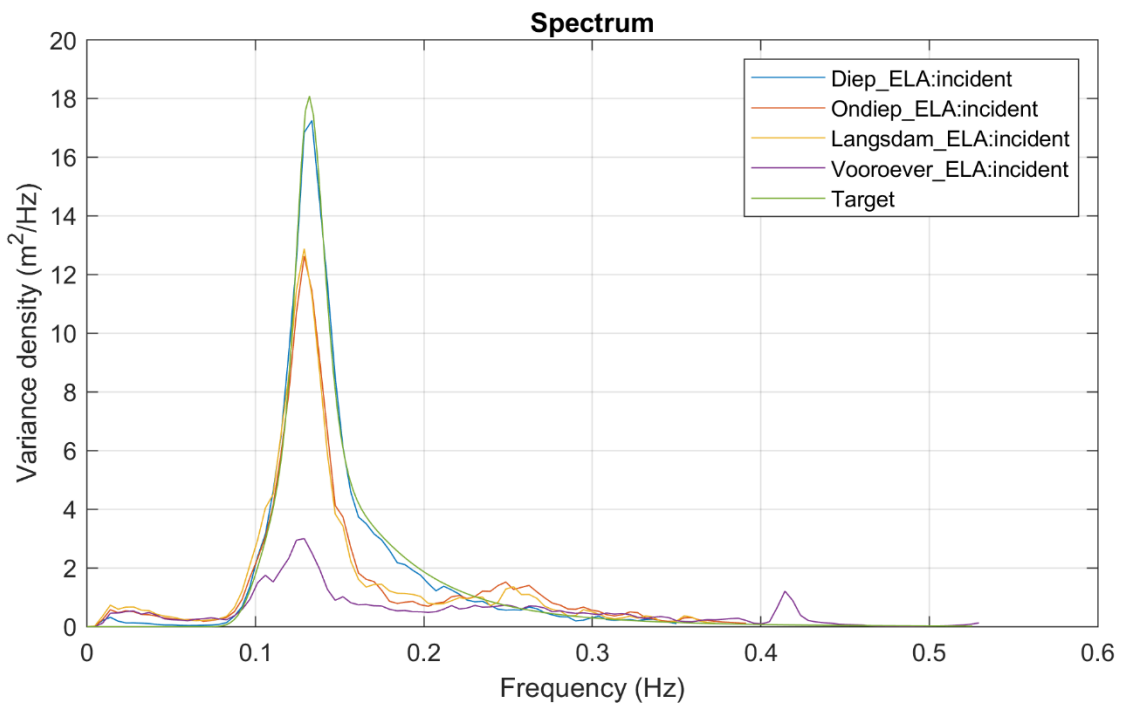
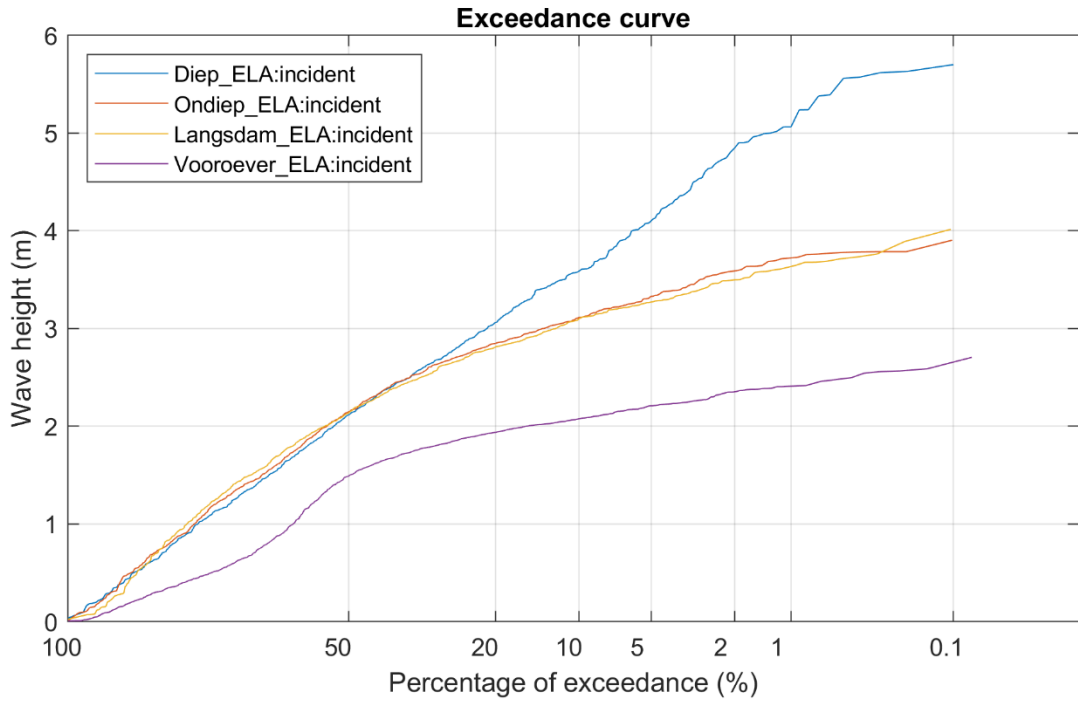
Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26T705	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



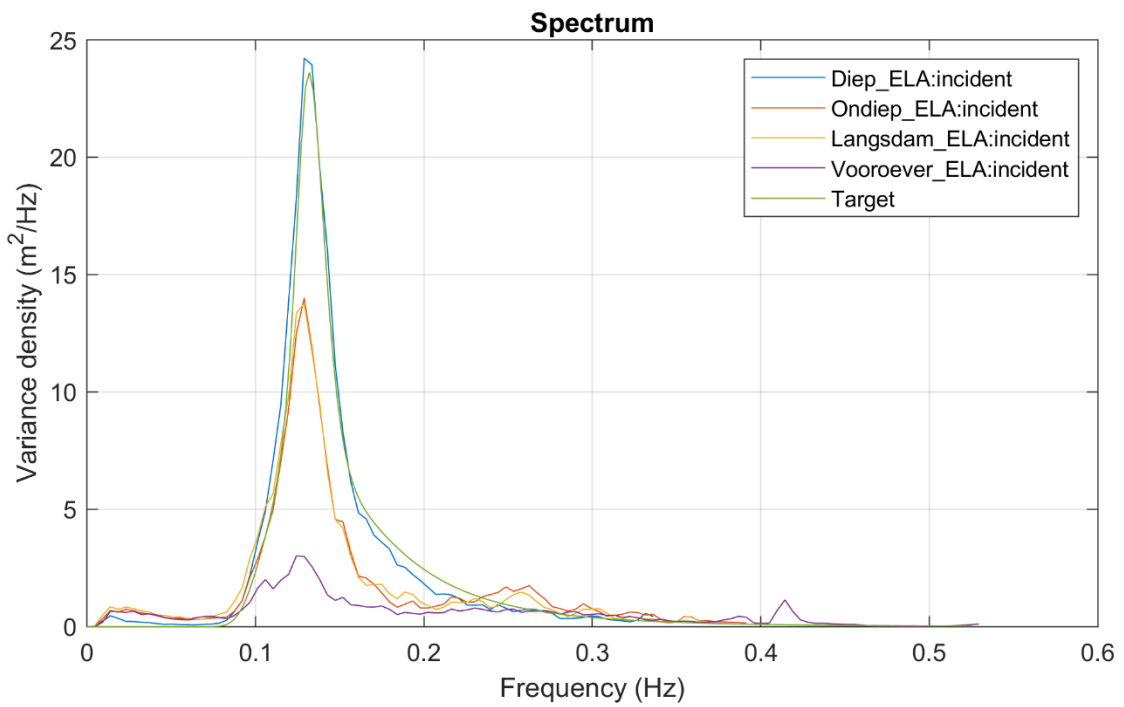
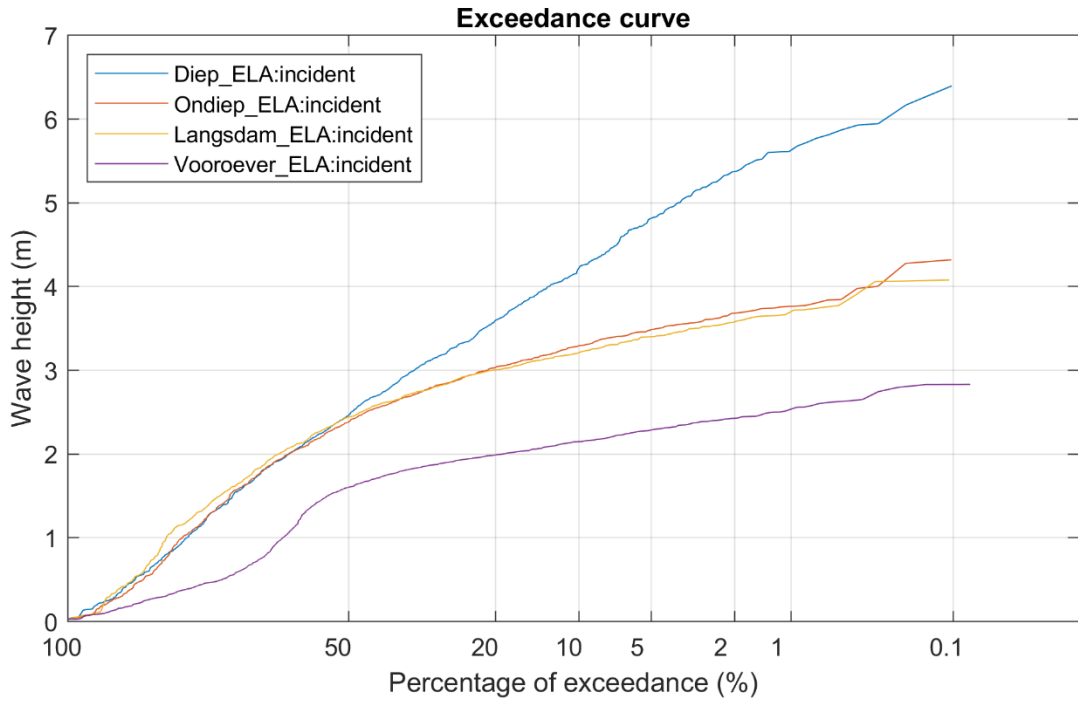
Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26T706	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



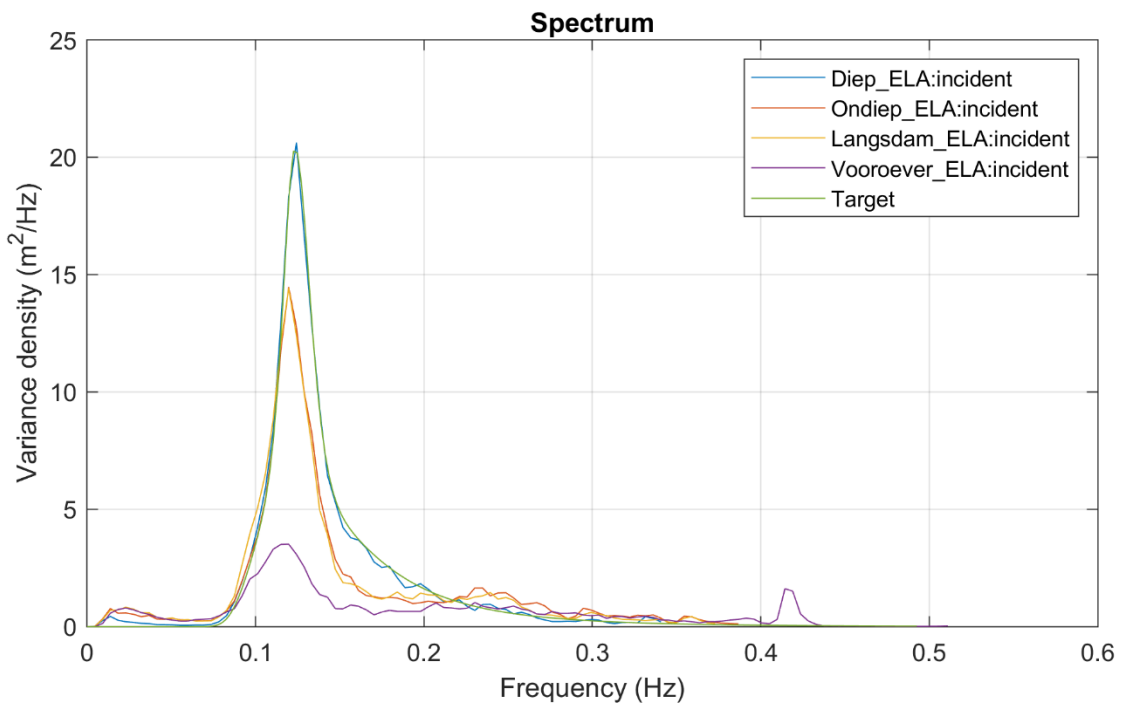
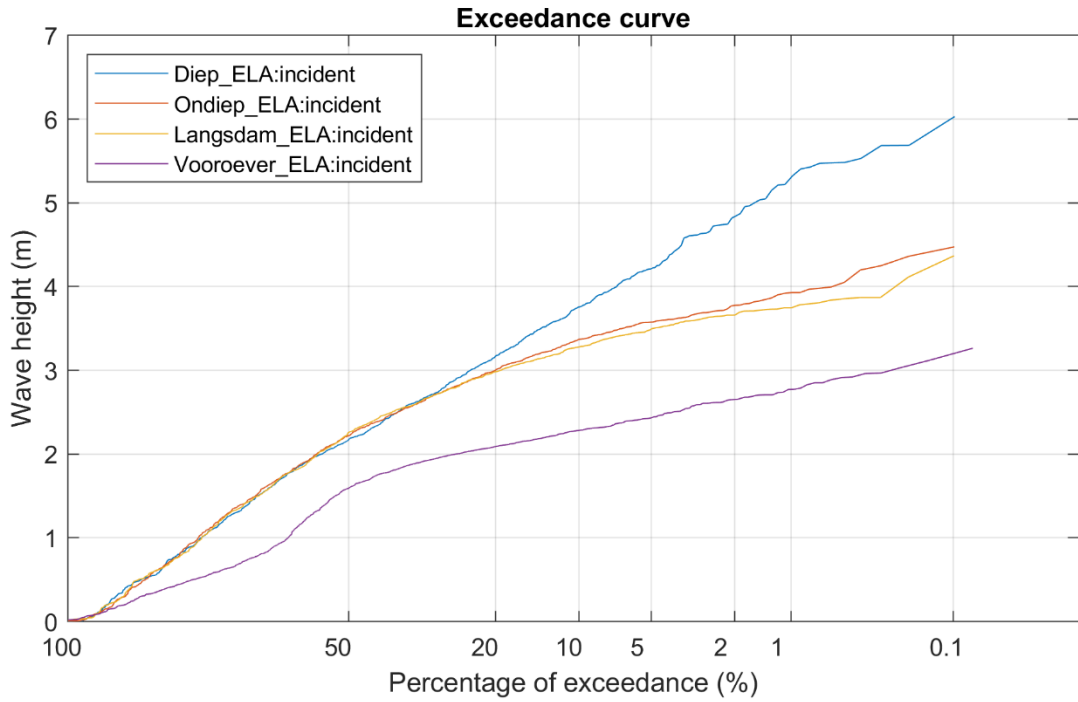
Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26T707	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26T708	Prototype
	Deltares	11208947-002
		Fig. E

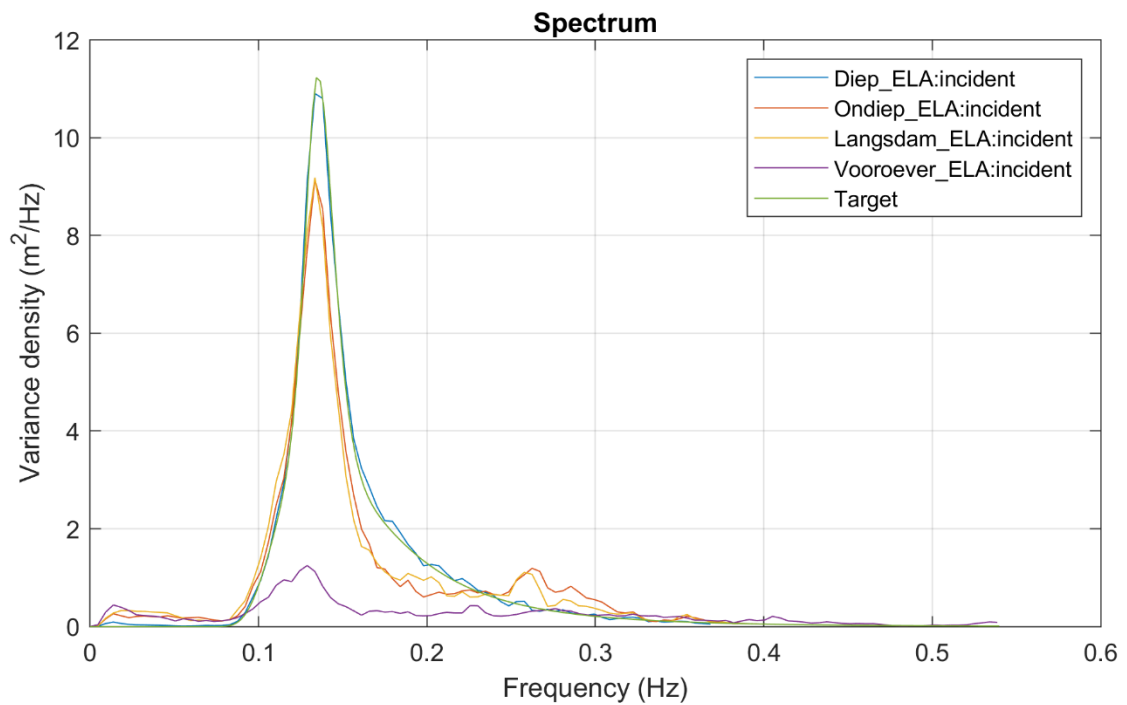
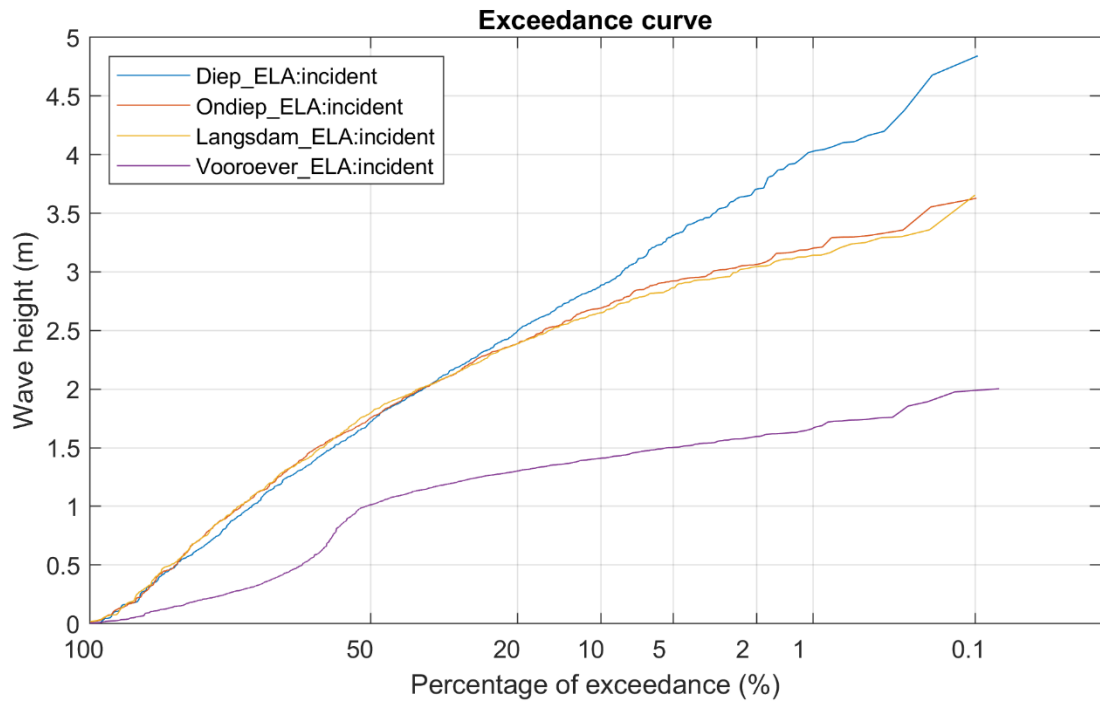


Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26T709	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E

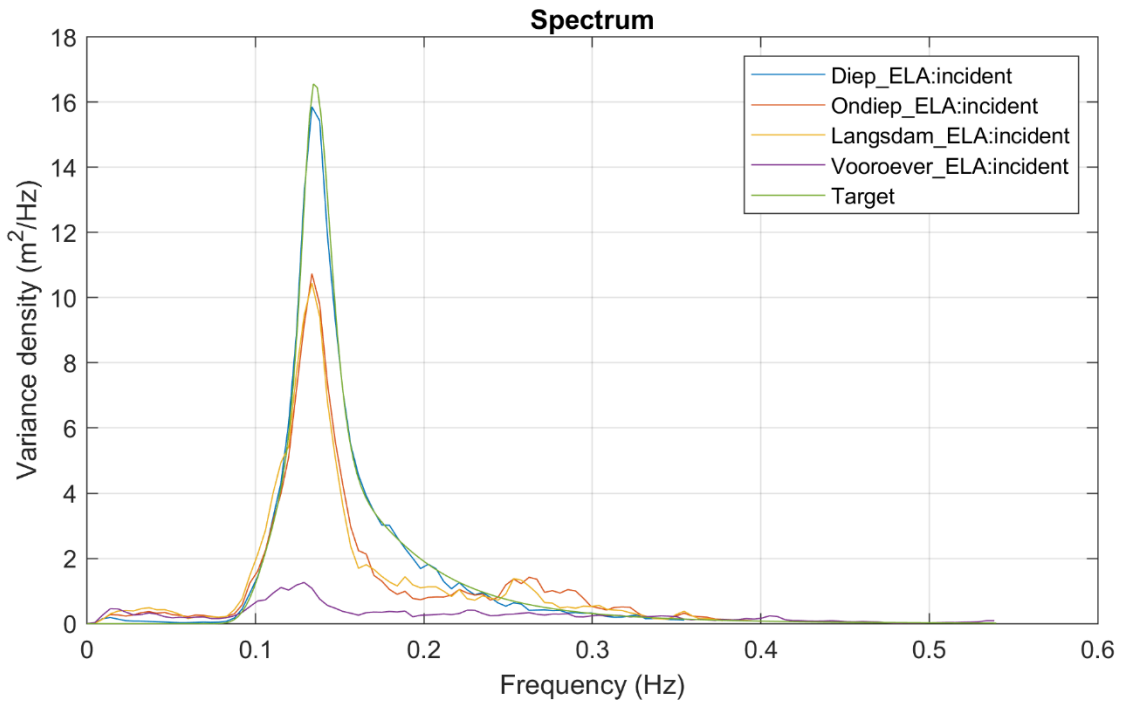
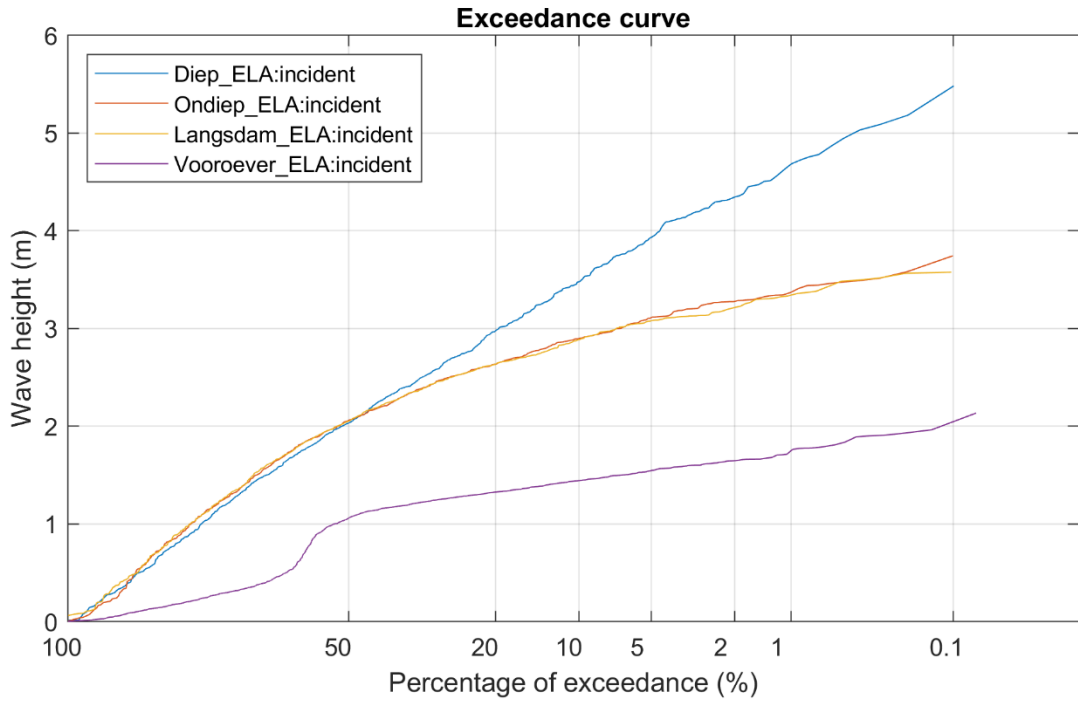


Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26T710	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E

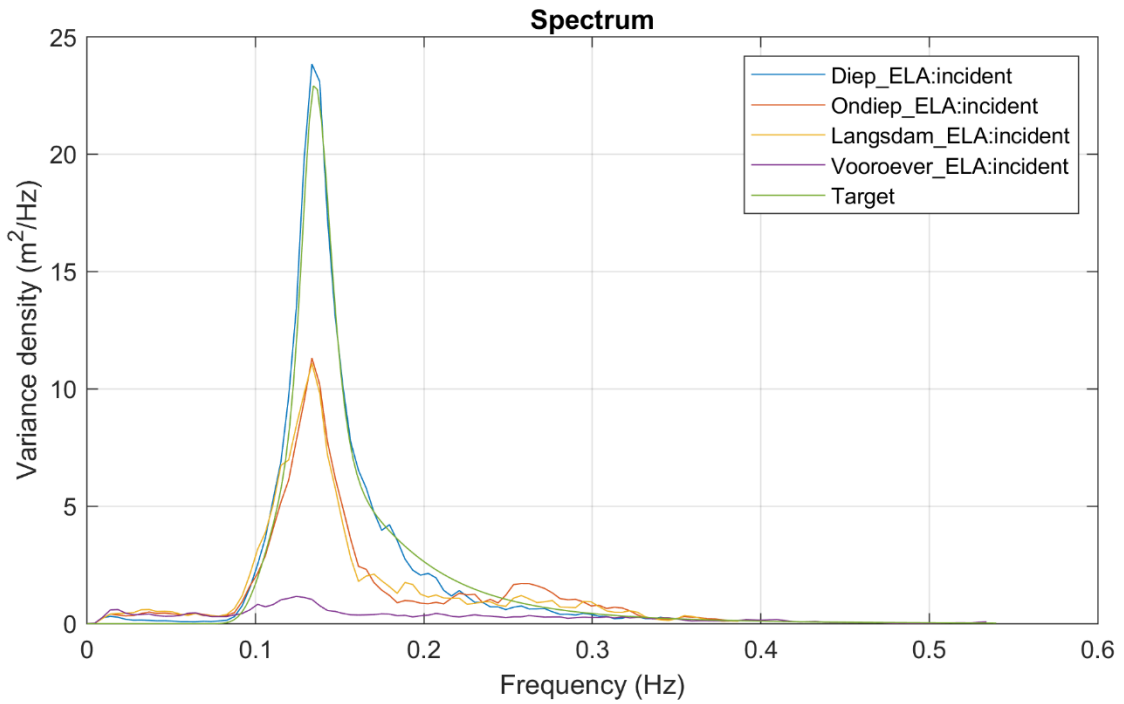
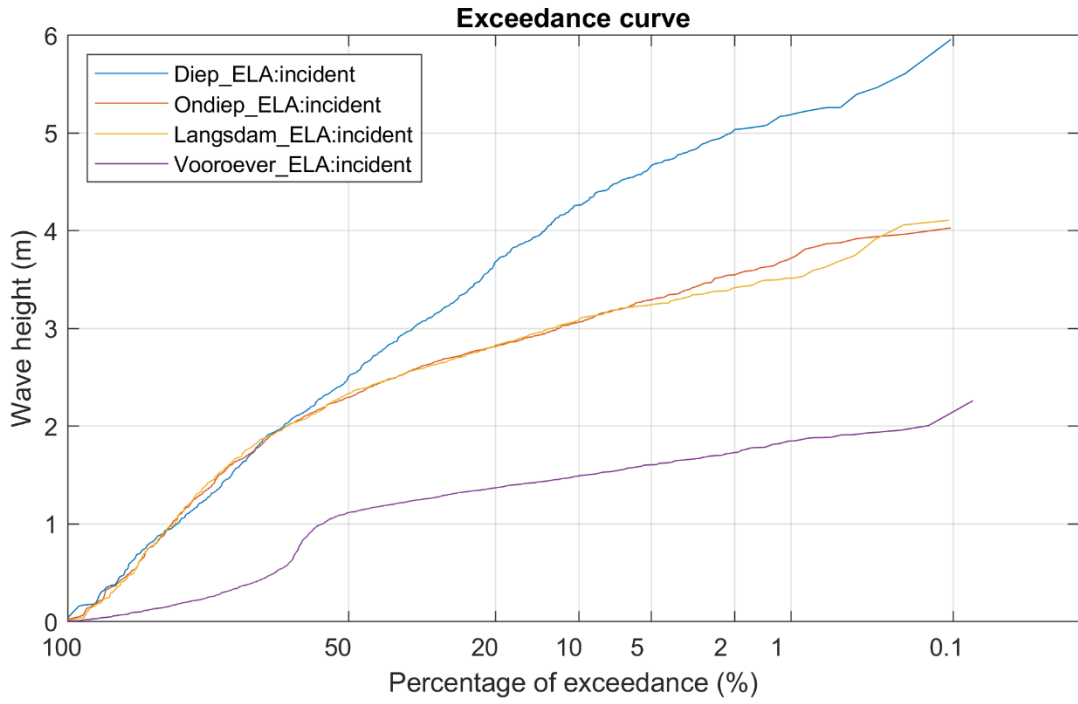




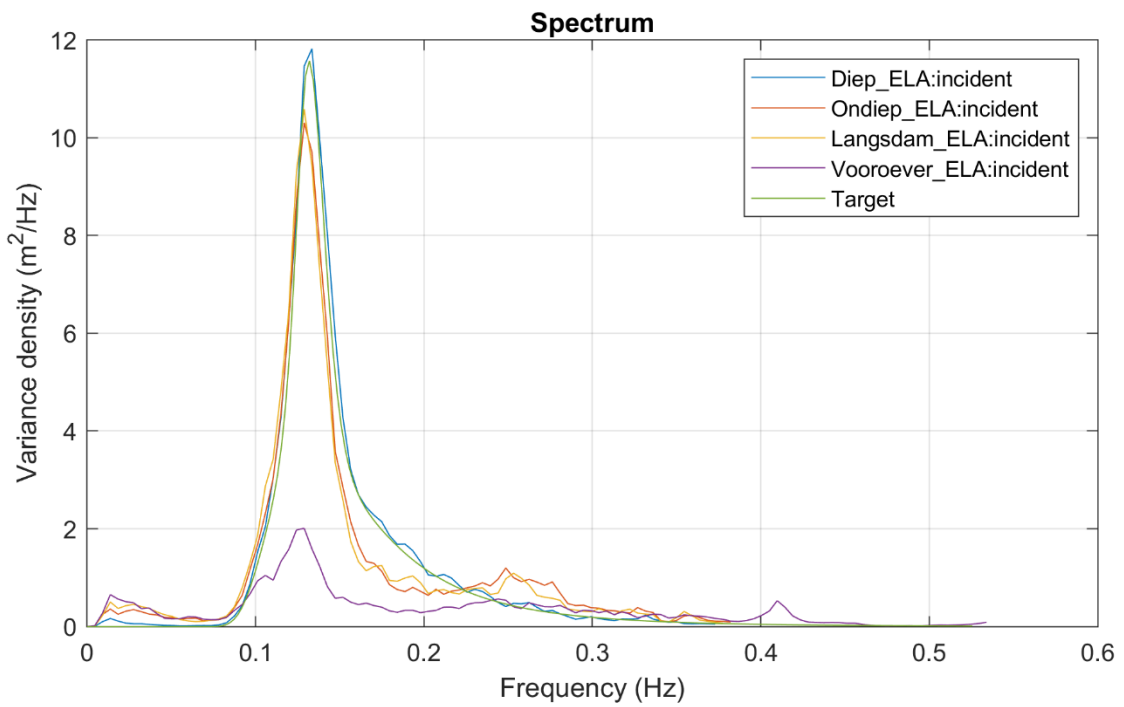
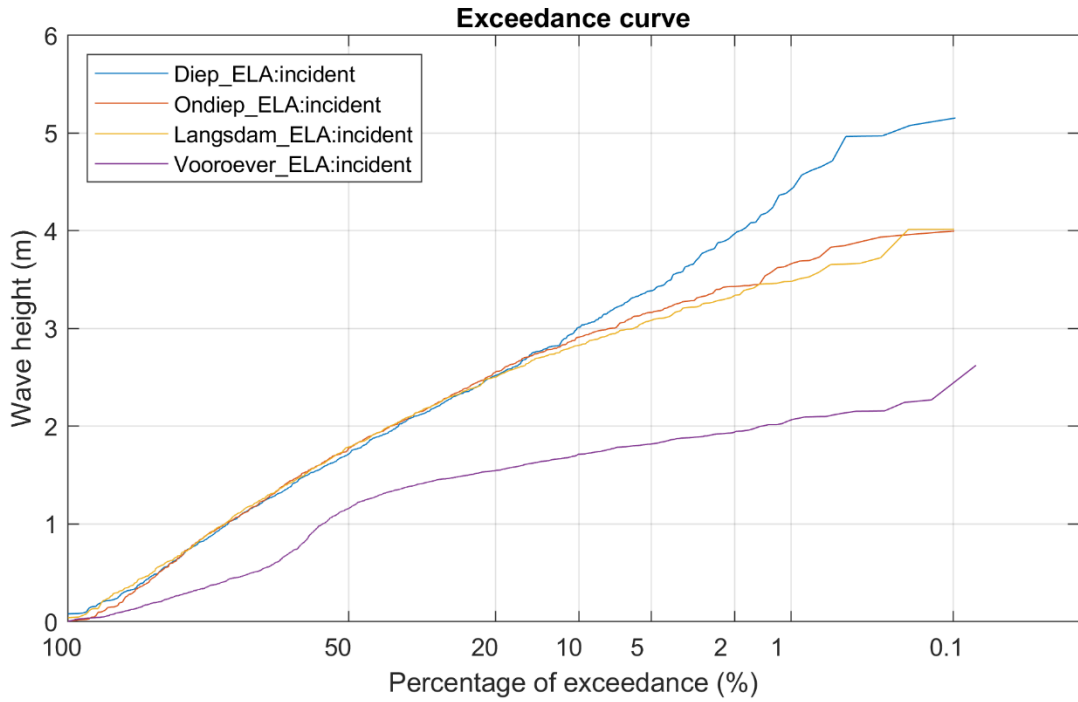
Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26T804	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



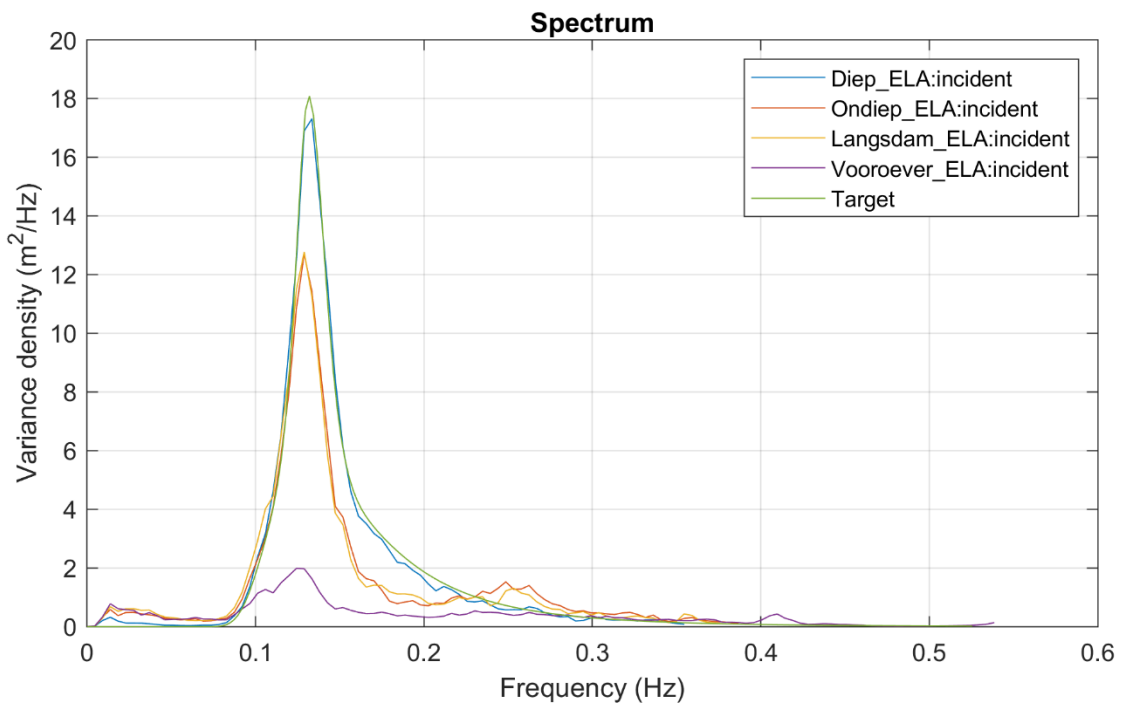
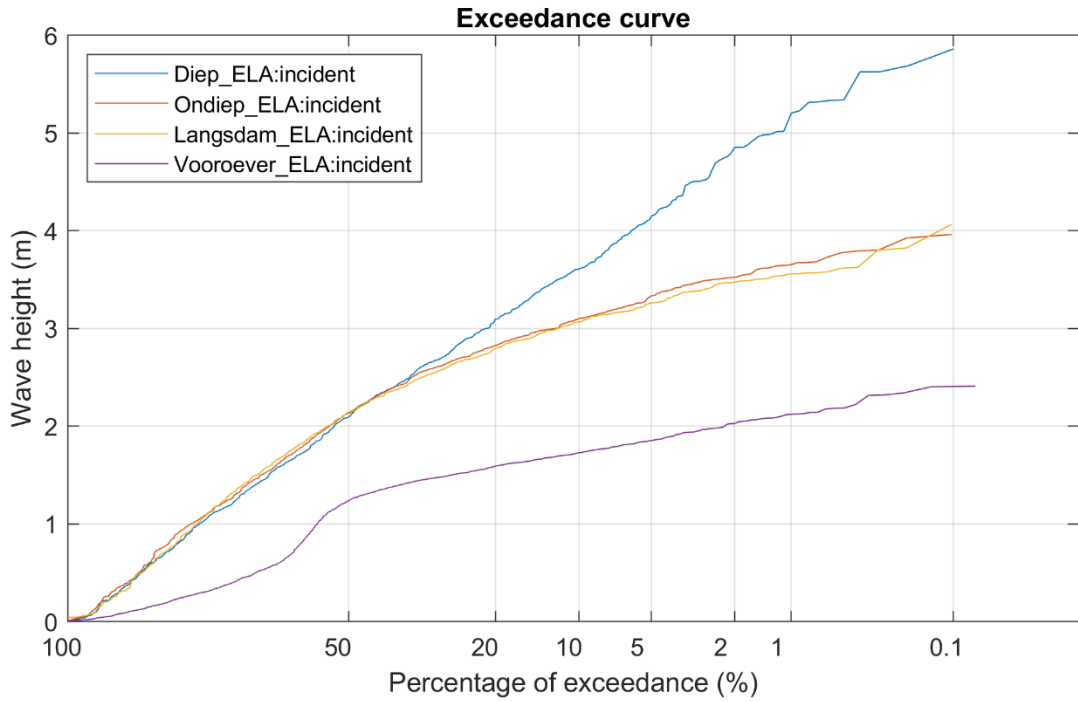
Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26T805	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



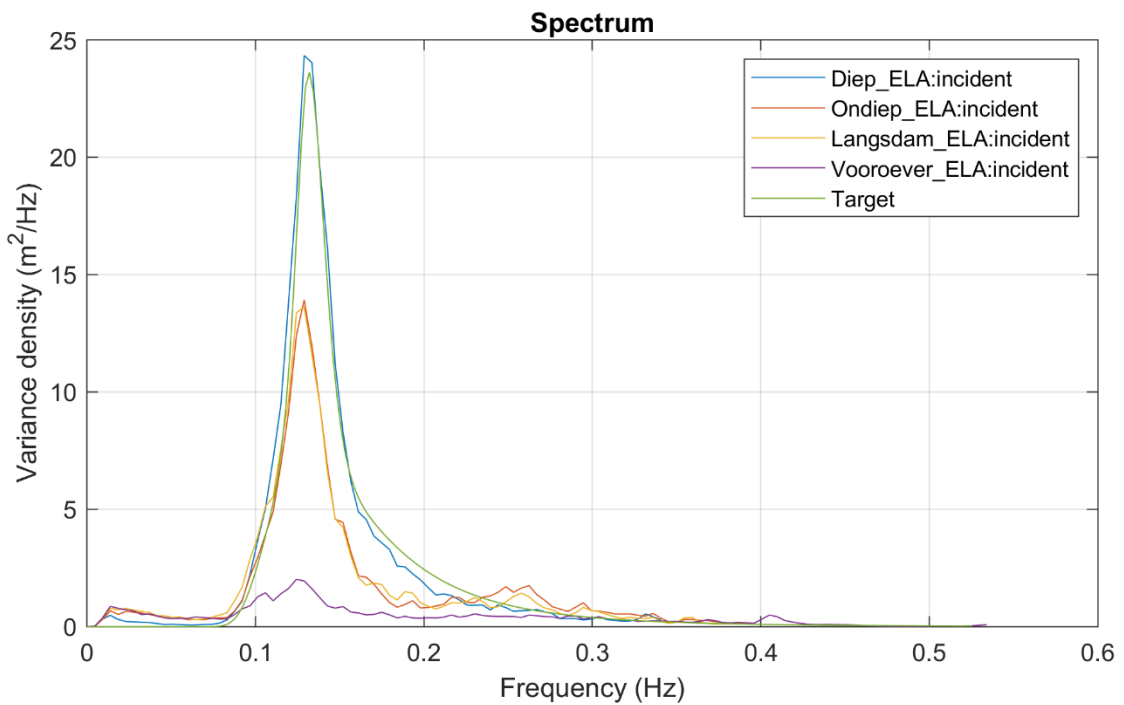
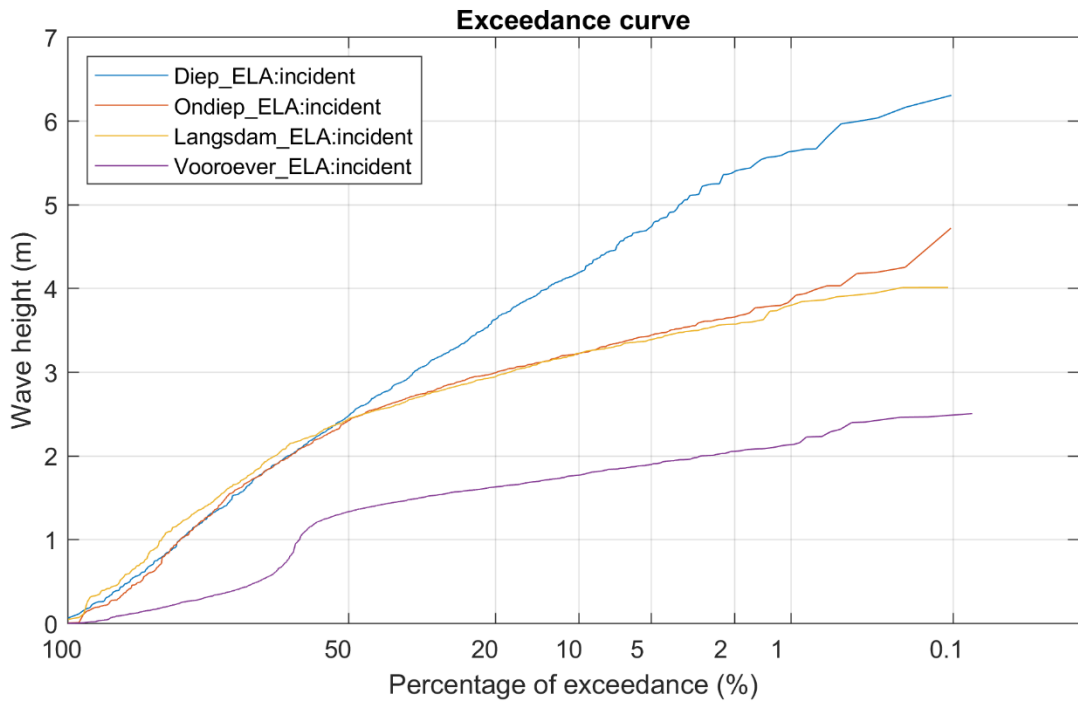
Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26T806	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



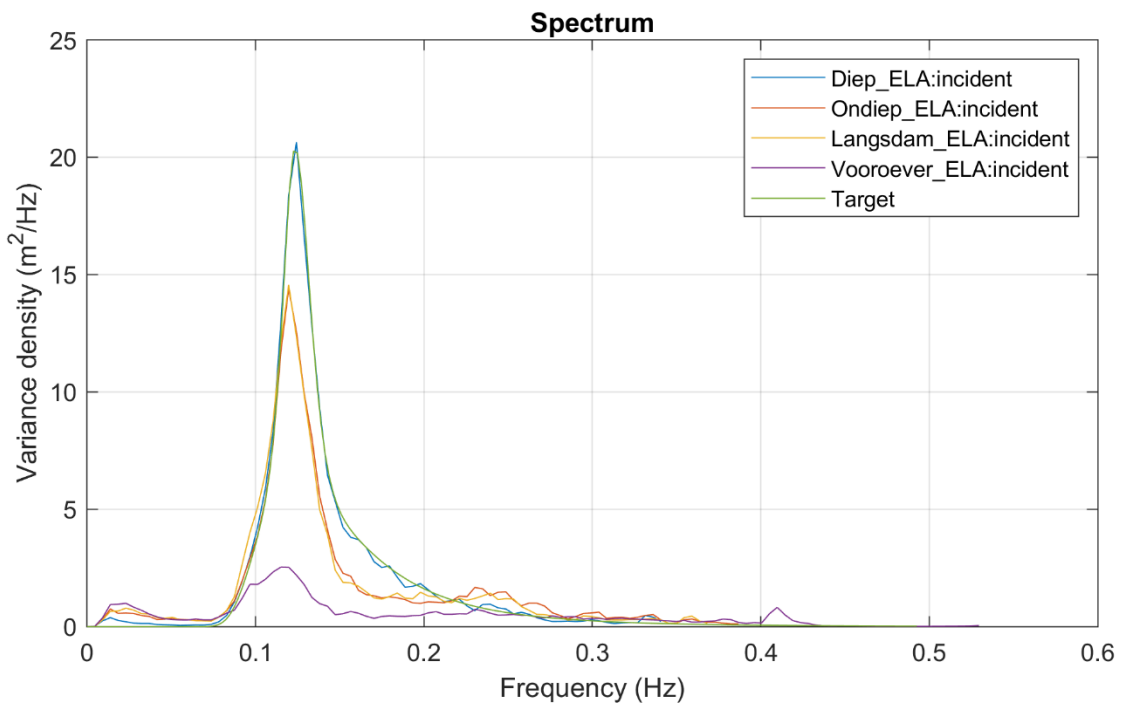
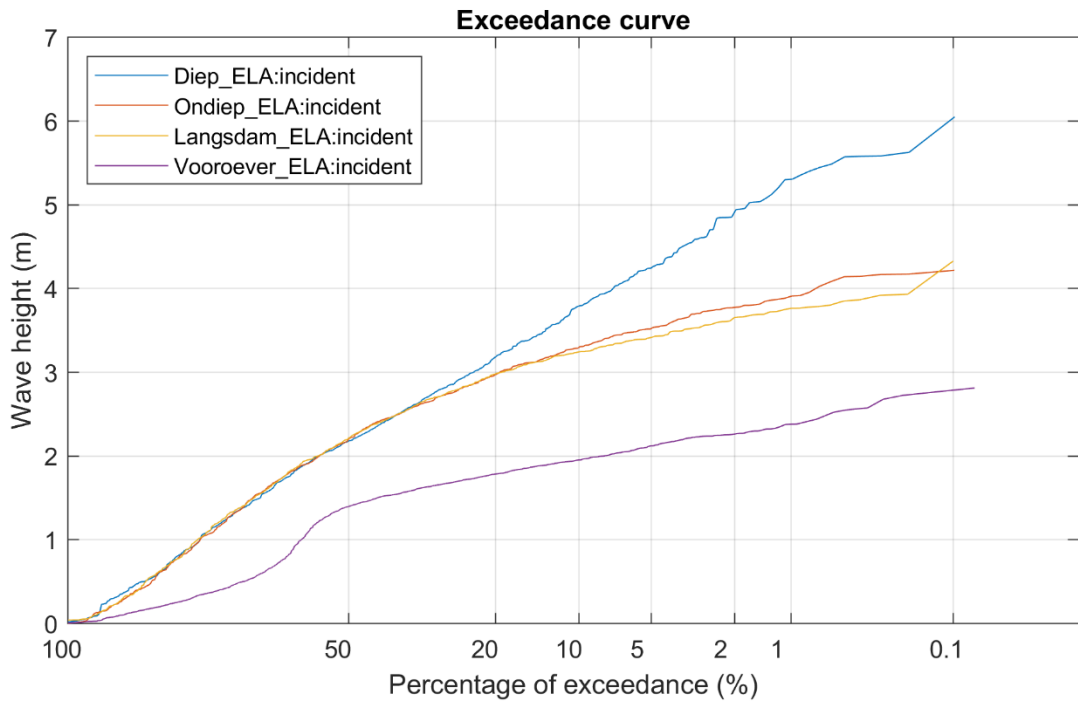
Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26T807	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



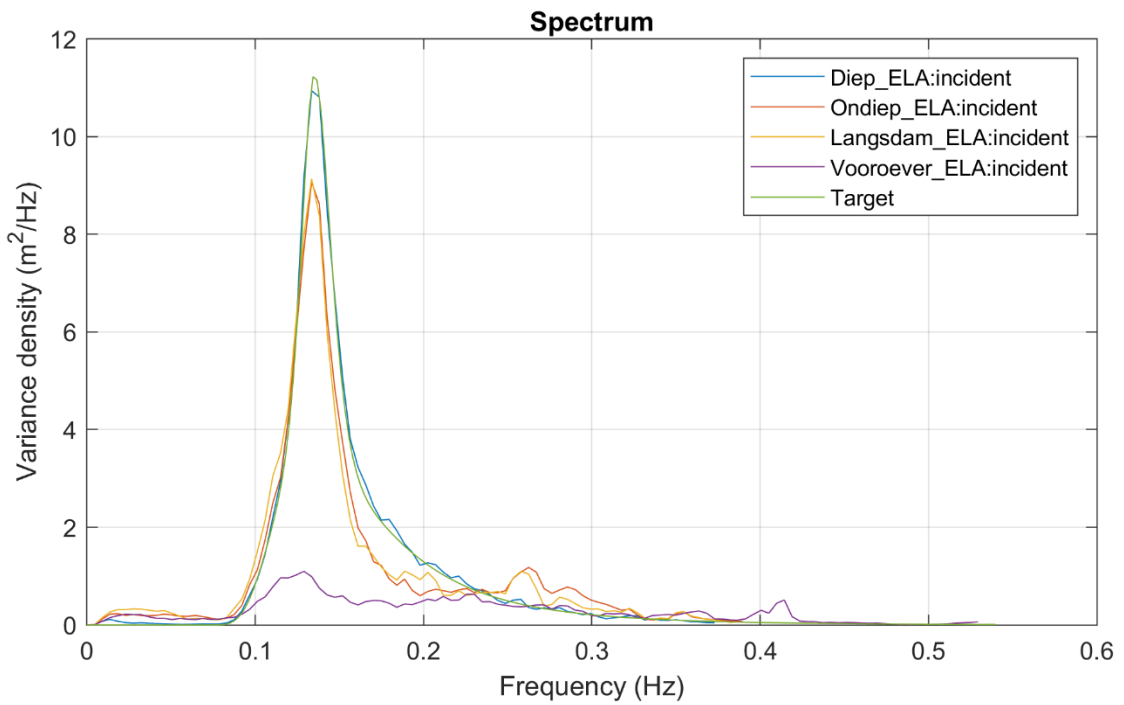
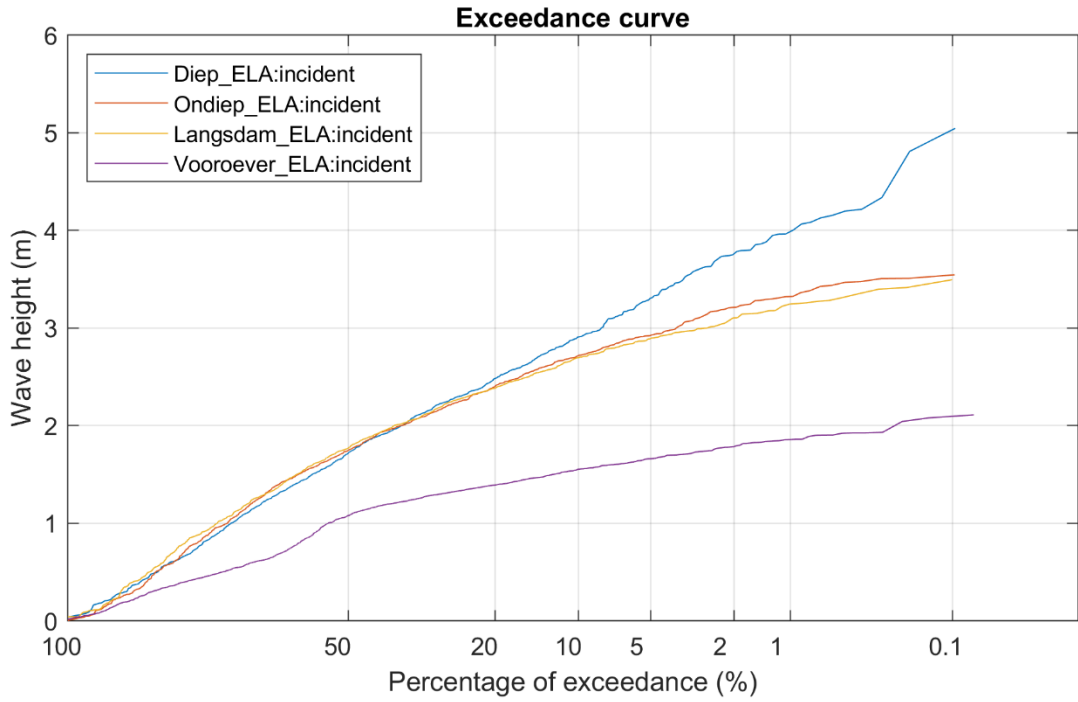
Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26T808	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26T809	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E

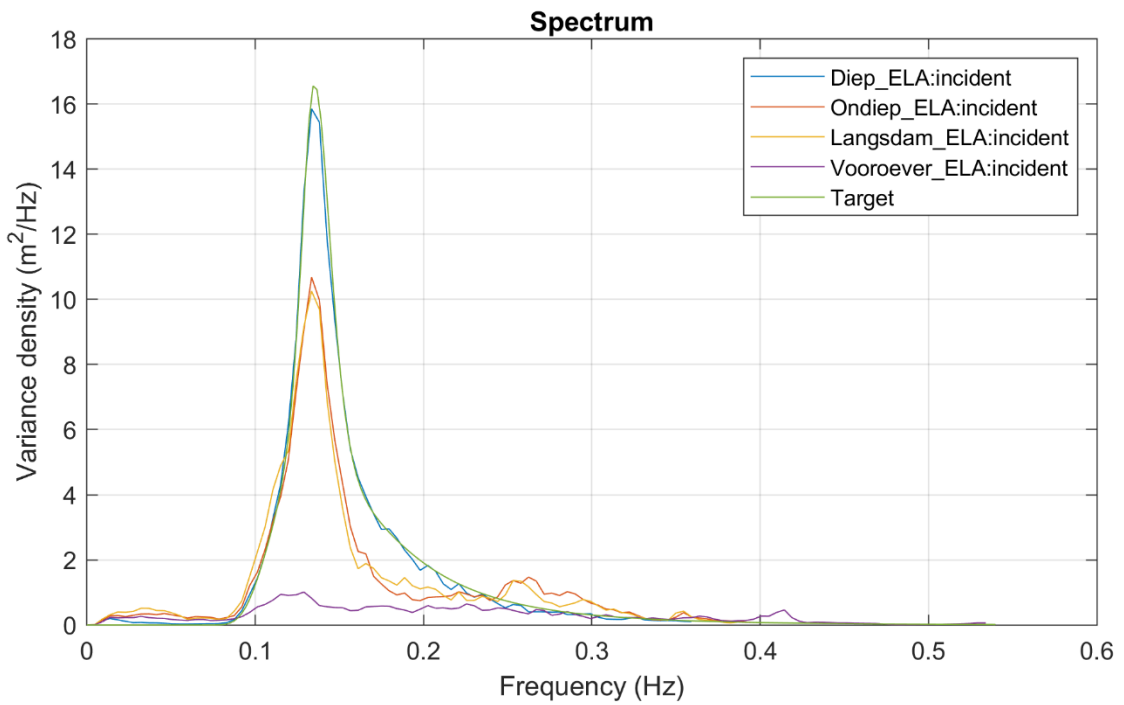
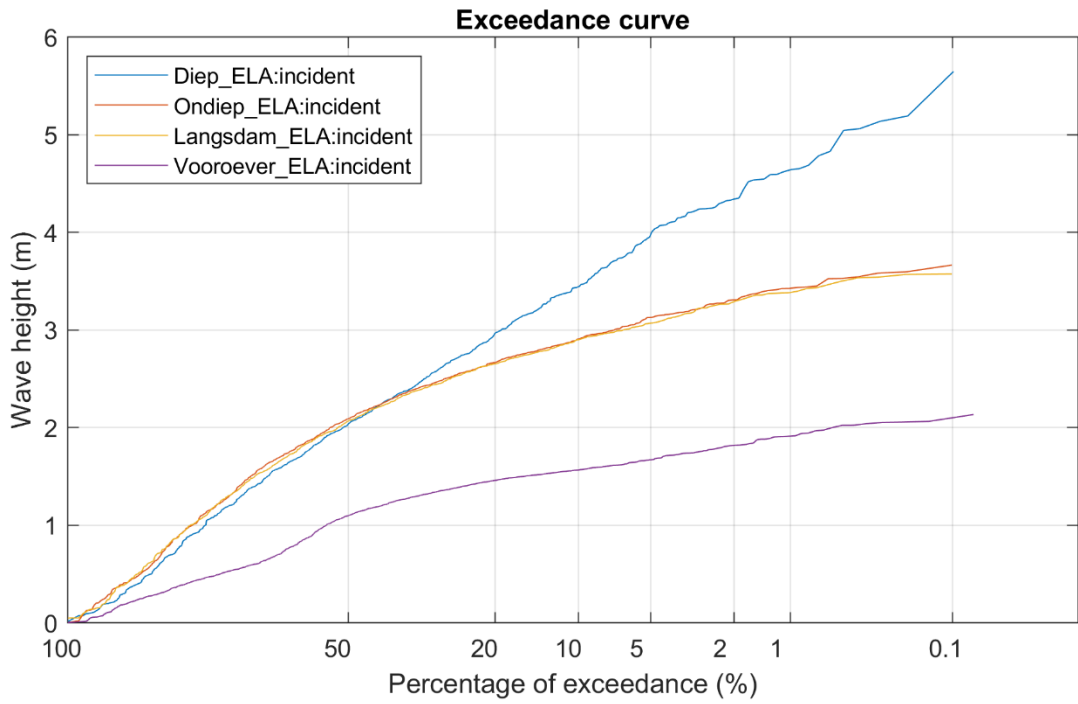


Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S26T810	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E

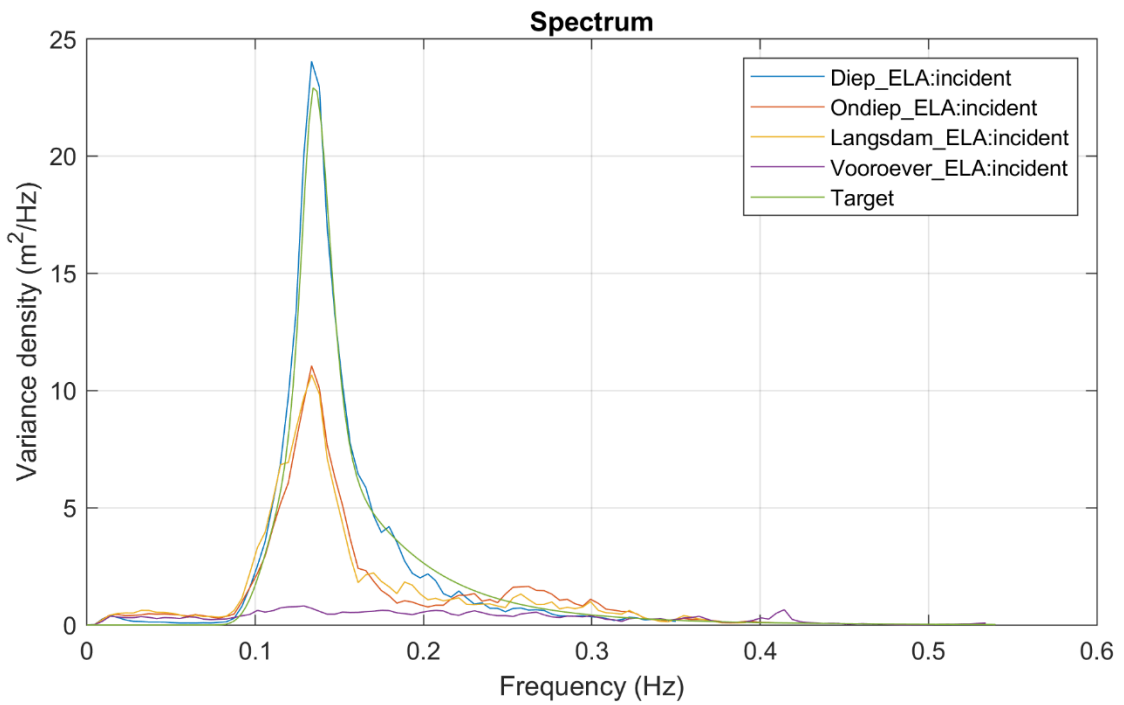
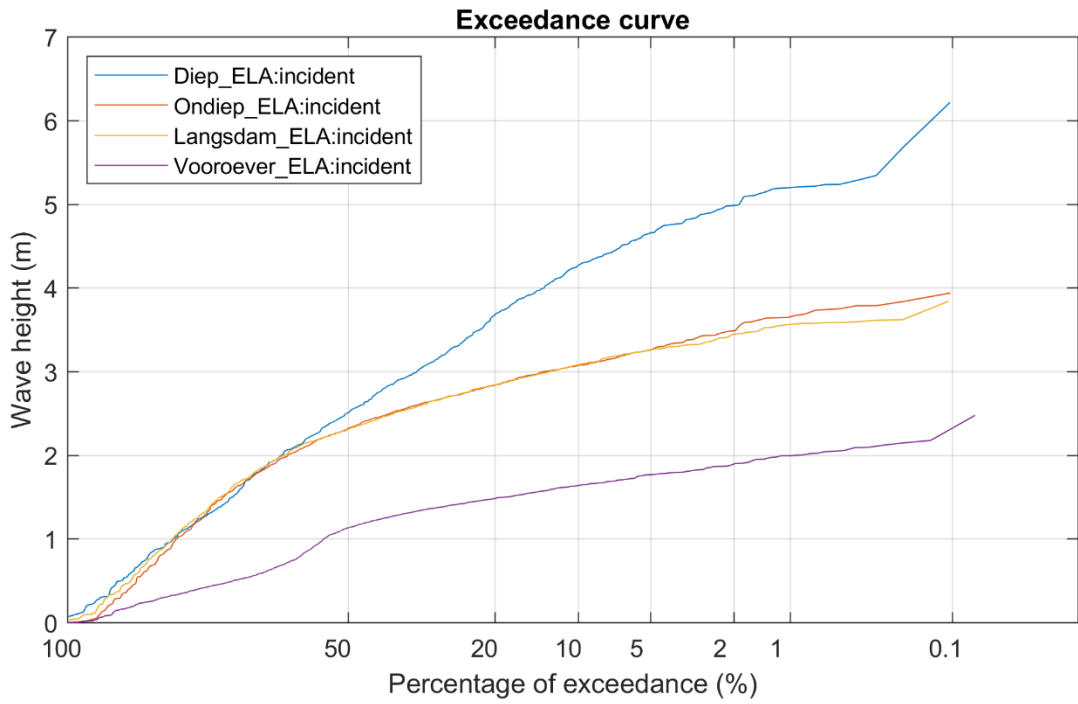


Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S36T904	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E

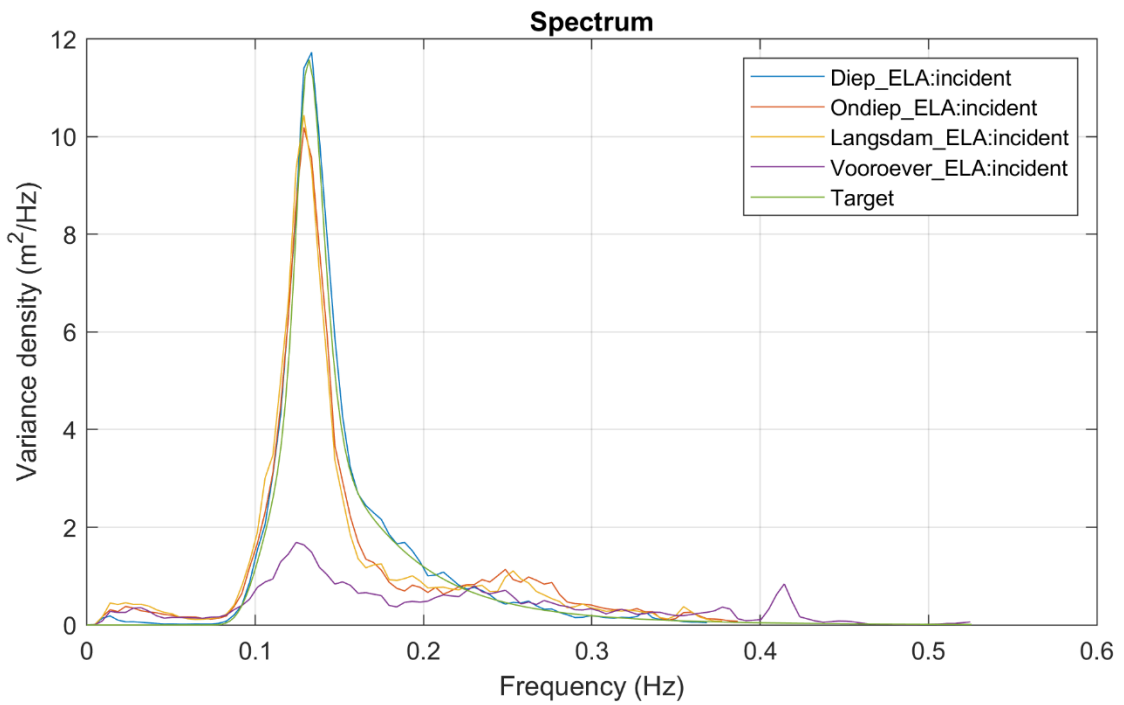
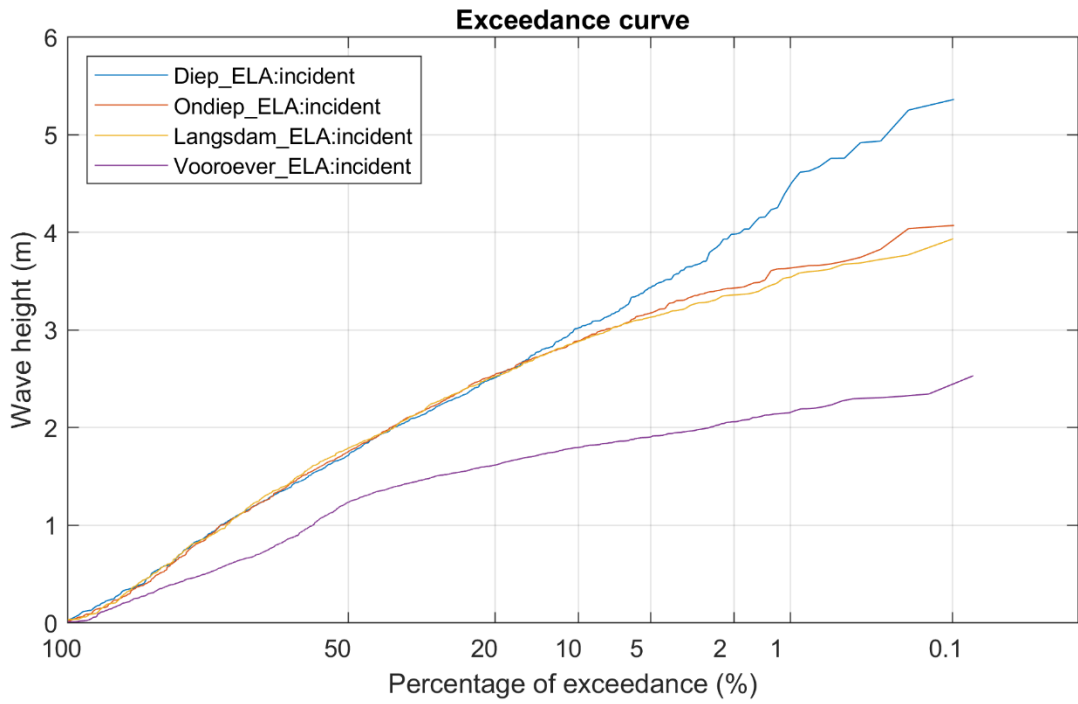




Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S36T905	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S36T906	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



Langsdam IJsselmeerdijk  
Scheldegoot proeven

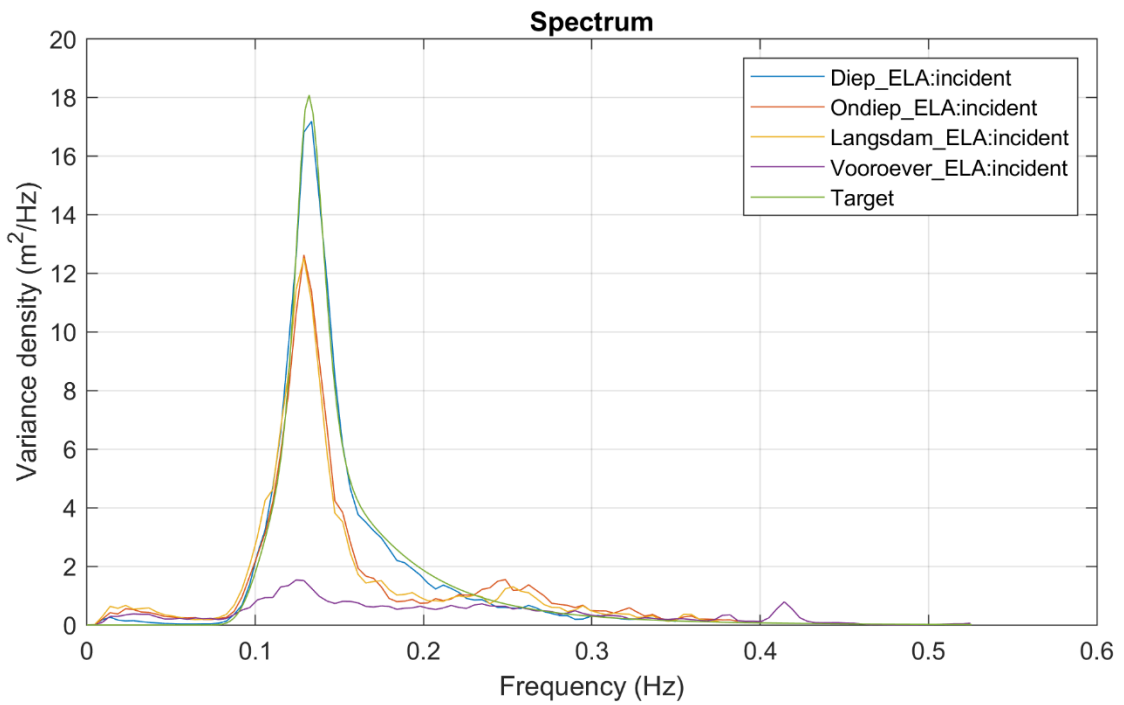
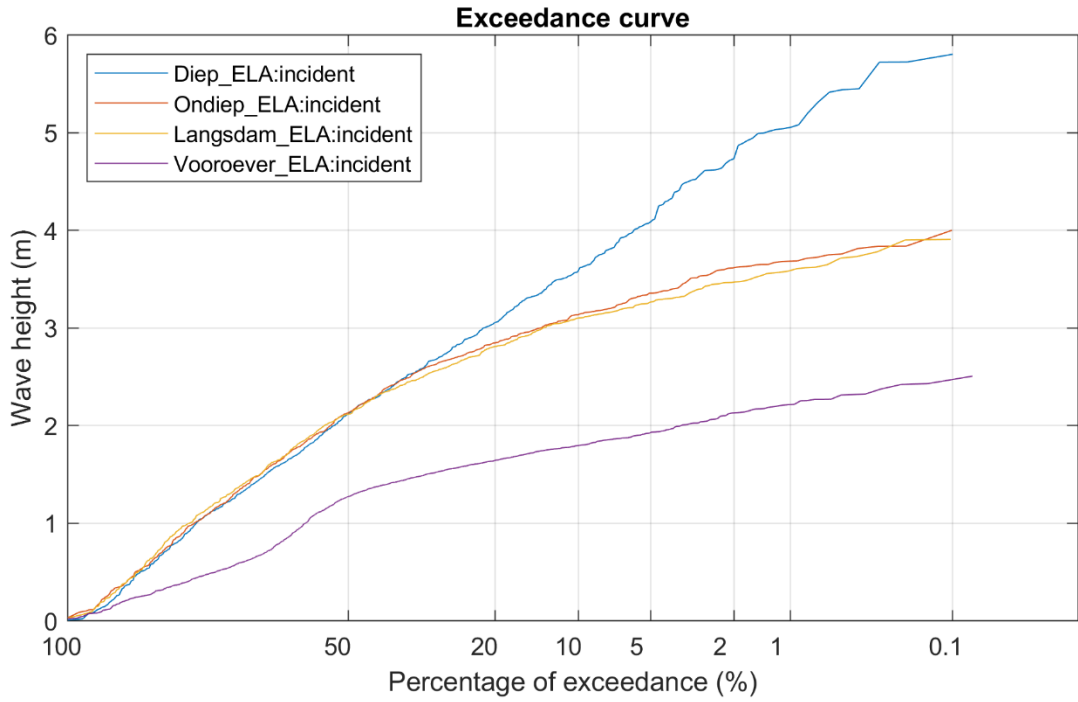
S36T907

Prototype

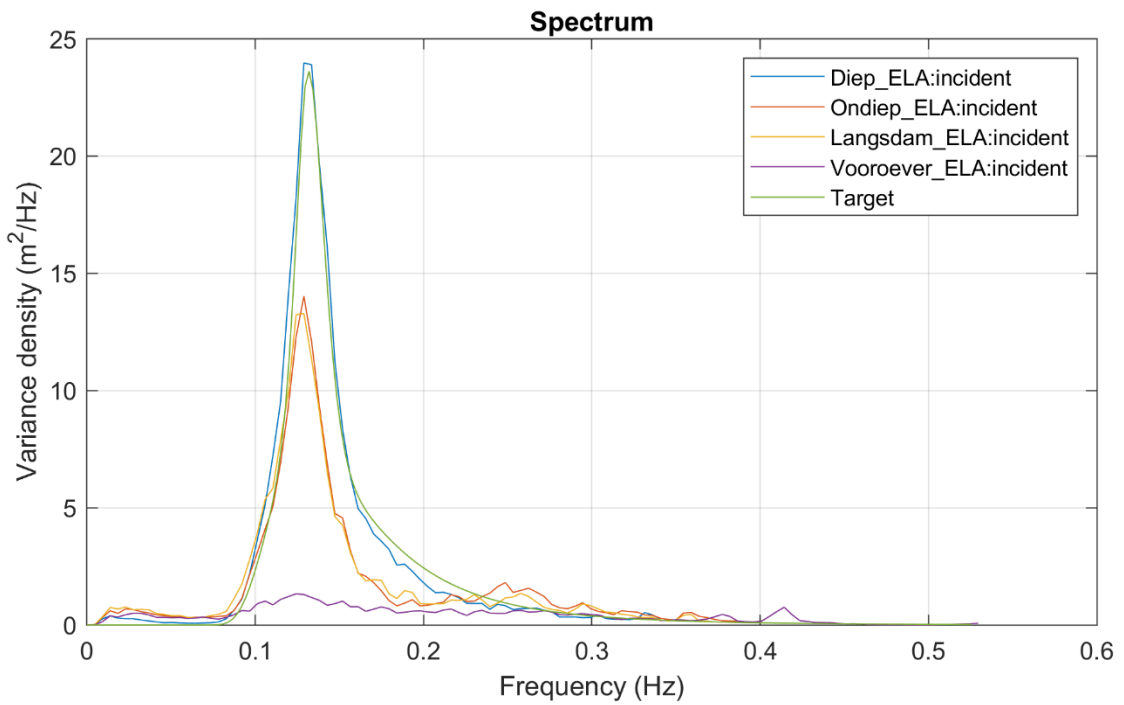
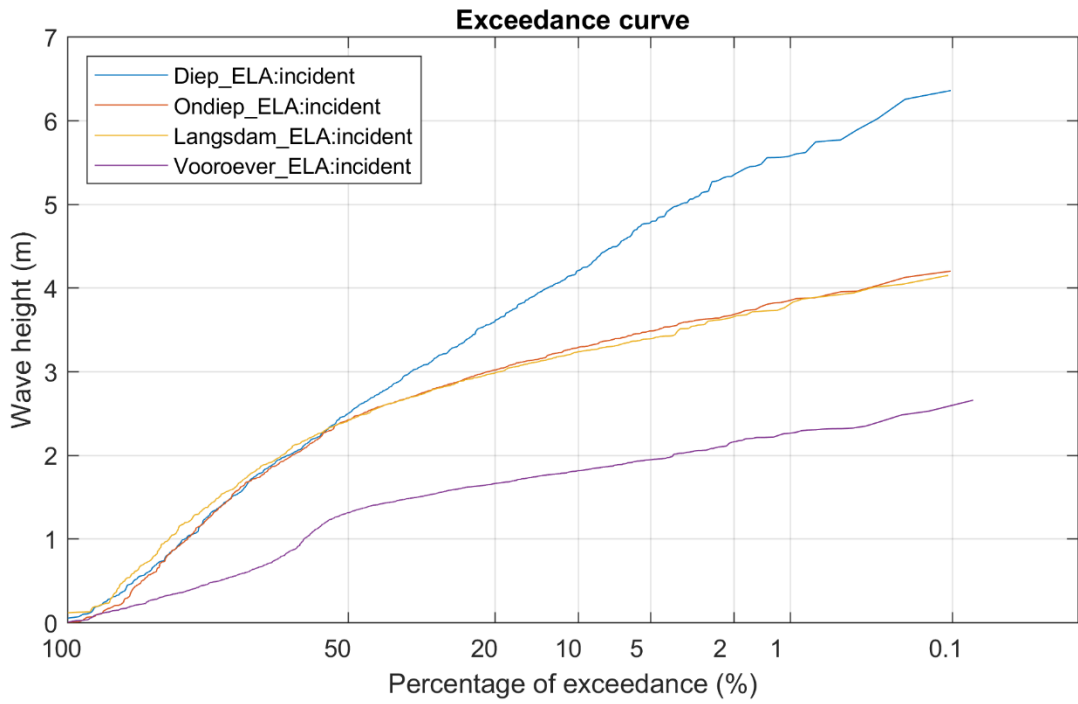
**Deltares**

11208947-002

Fig. E



Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S36T908	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



Langsdam IJsselmeerdijk  
Scheldegoot proeven

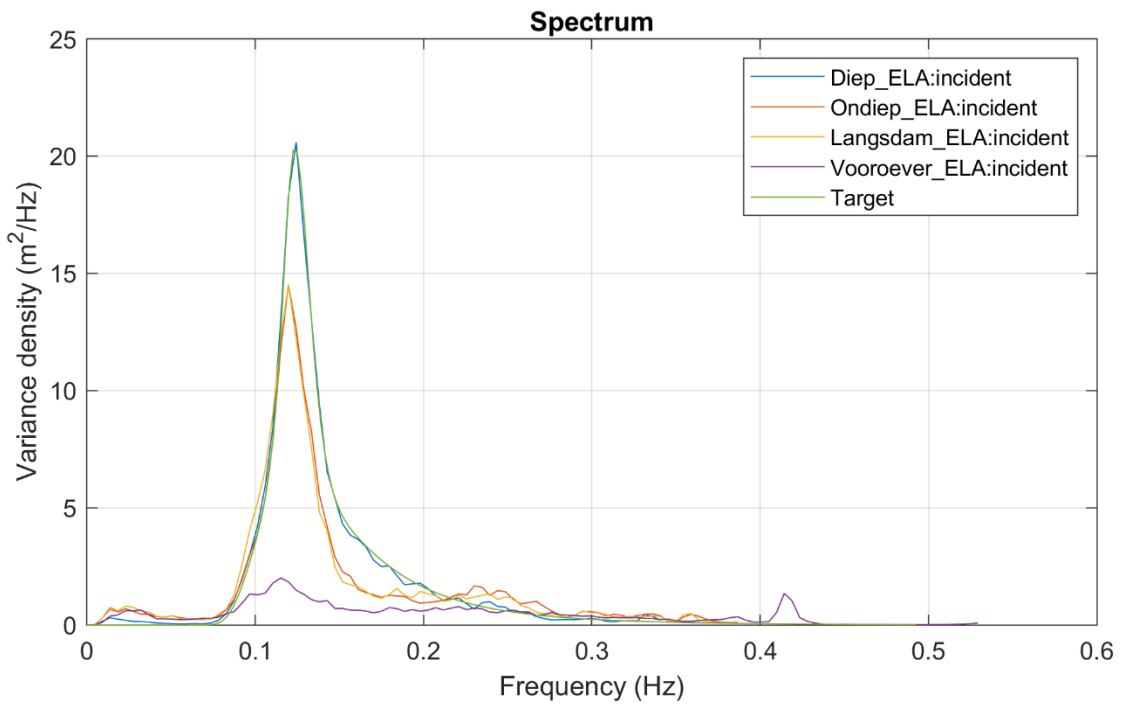
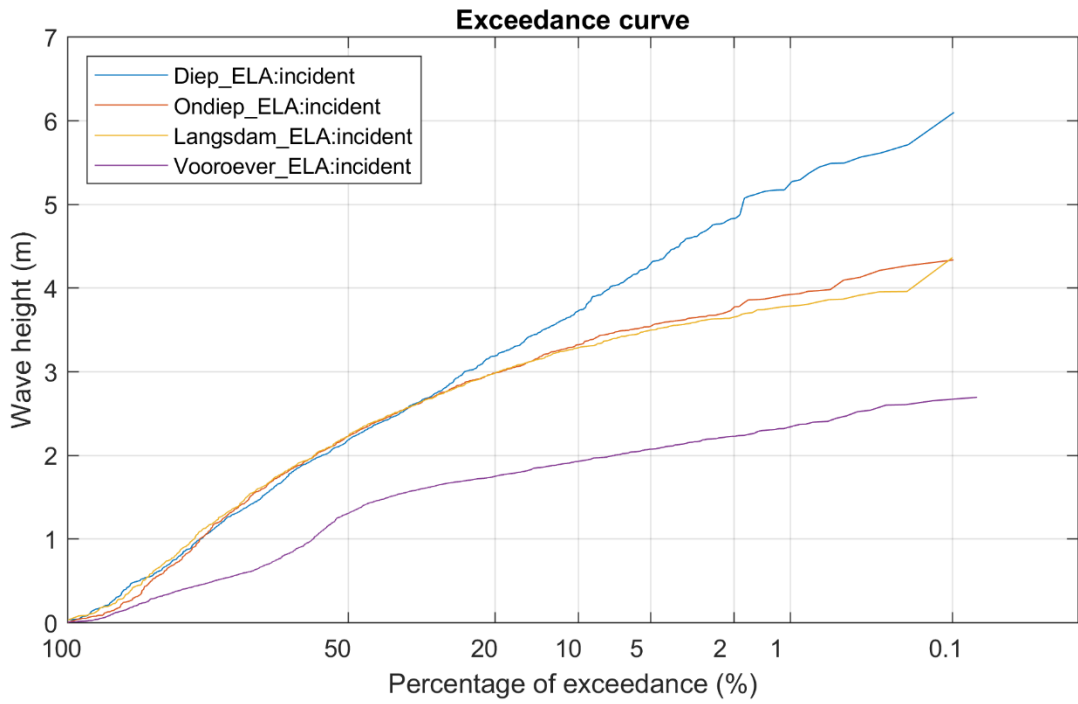
S36T909

Prototype

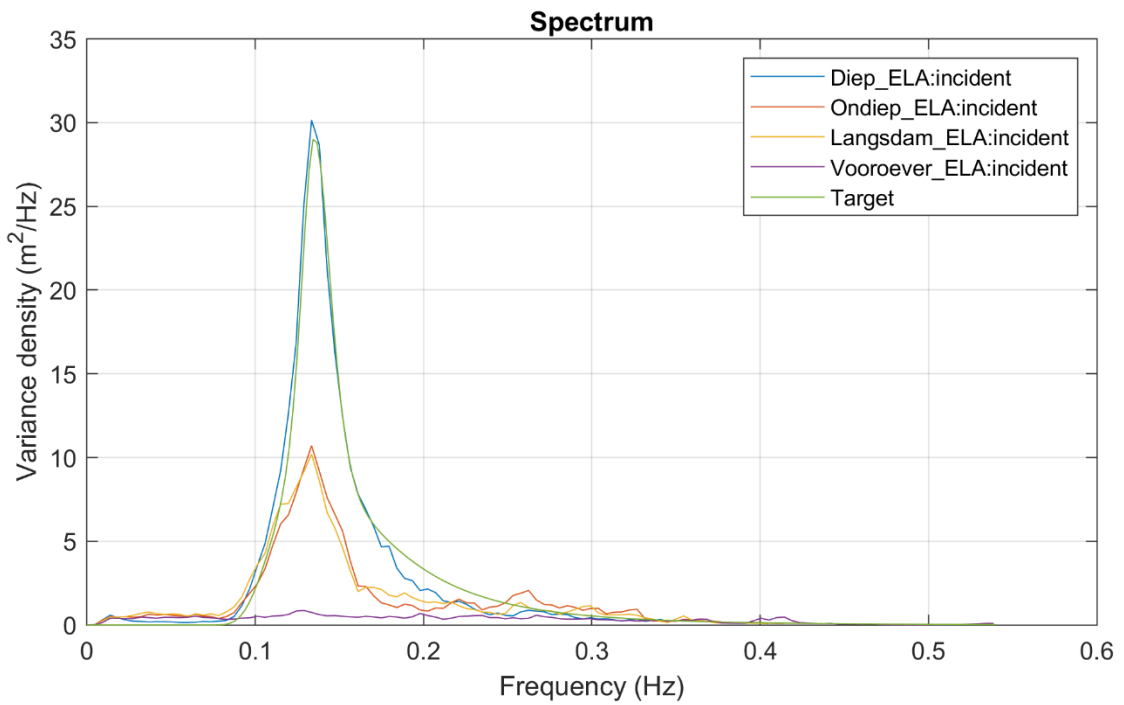
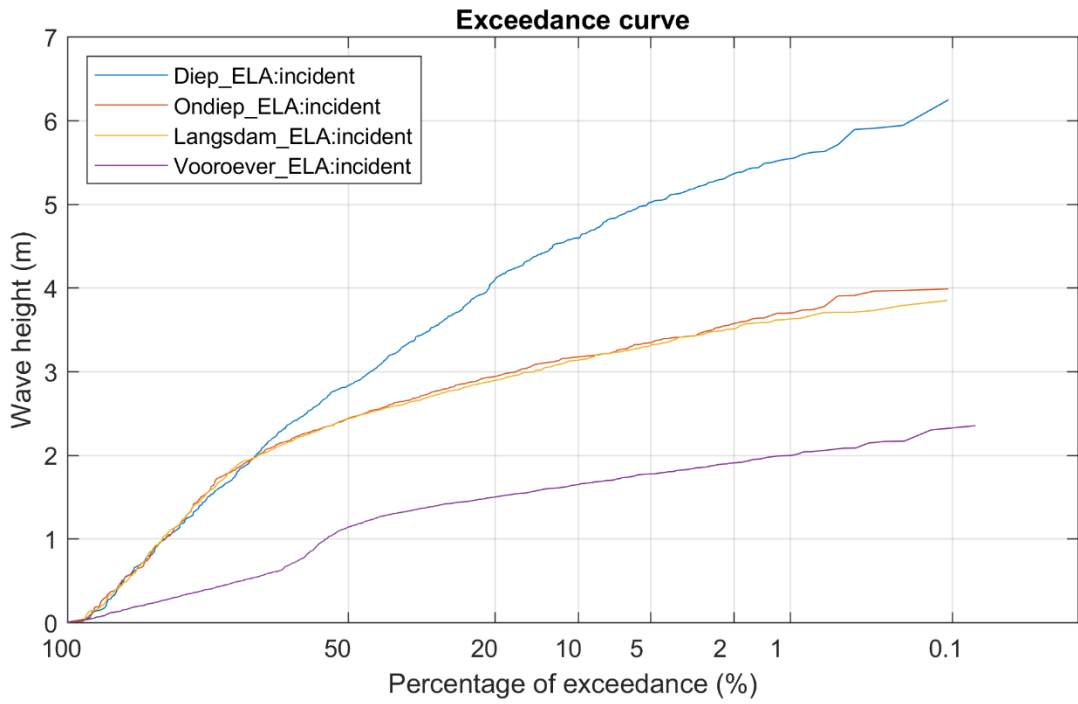
**Deltares**

11208947-002

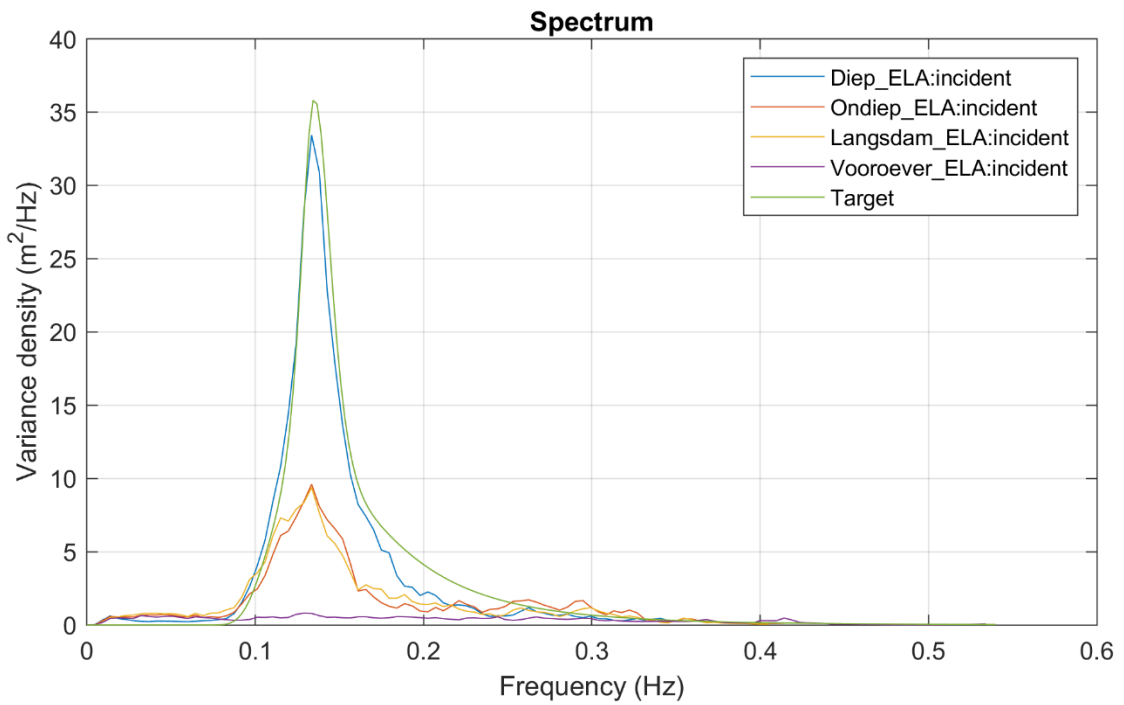
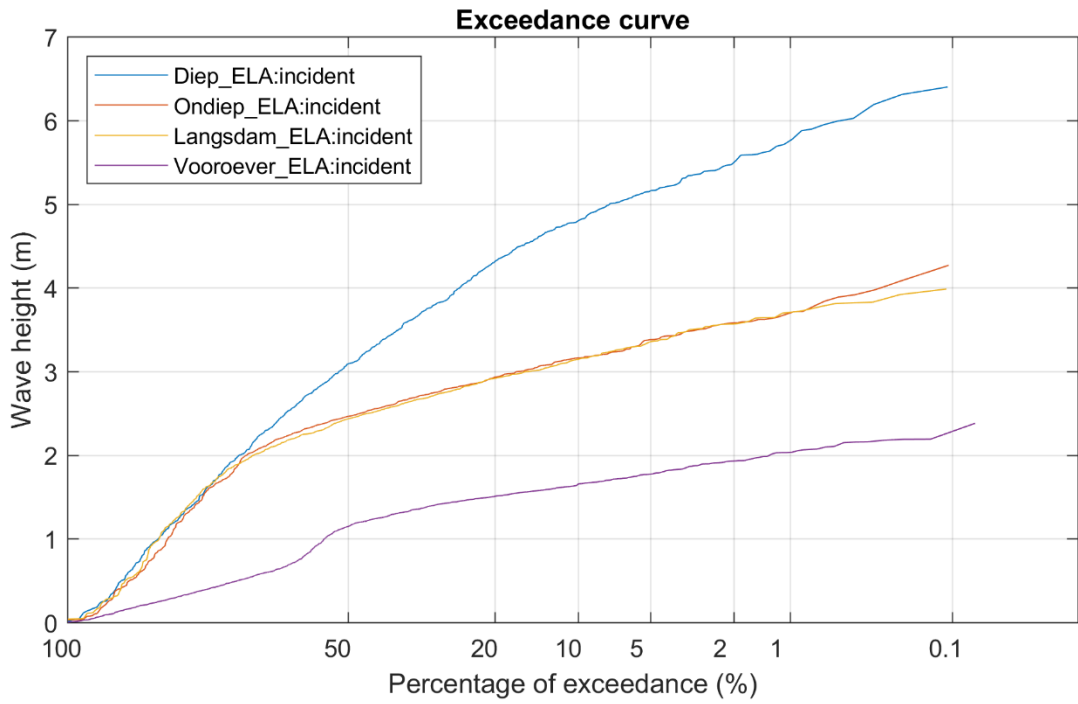
Fig. E



Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S36T910	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E

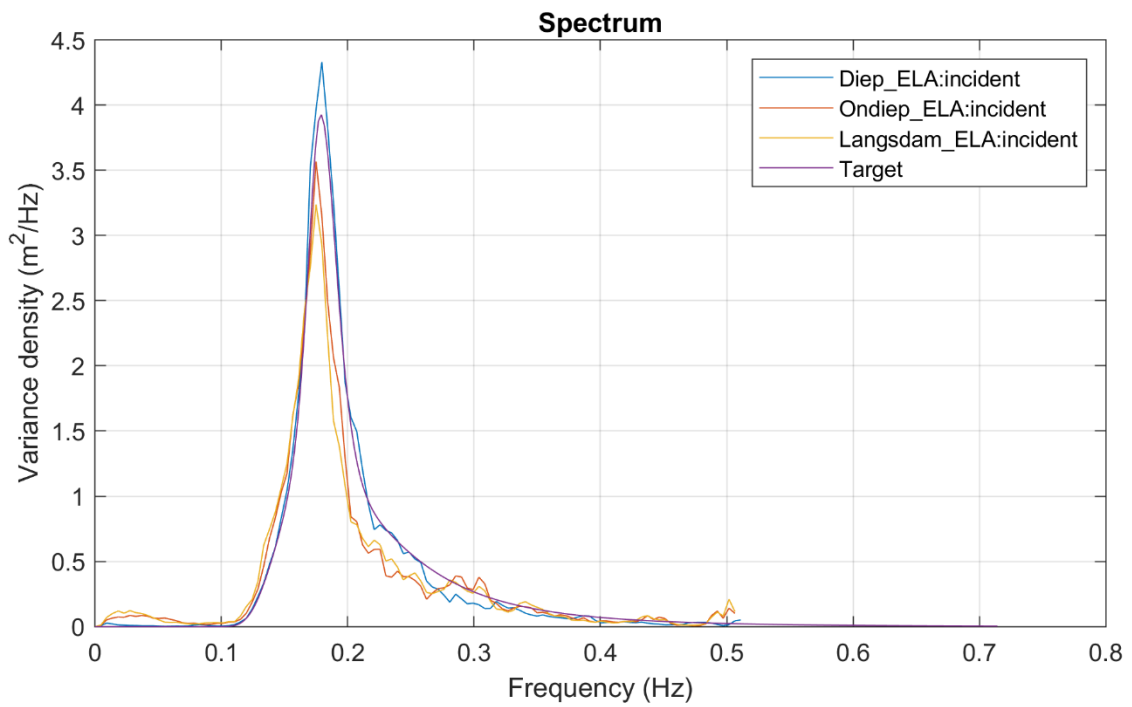
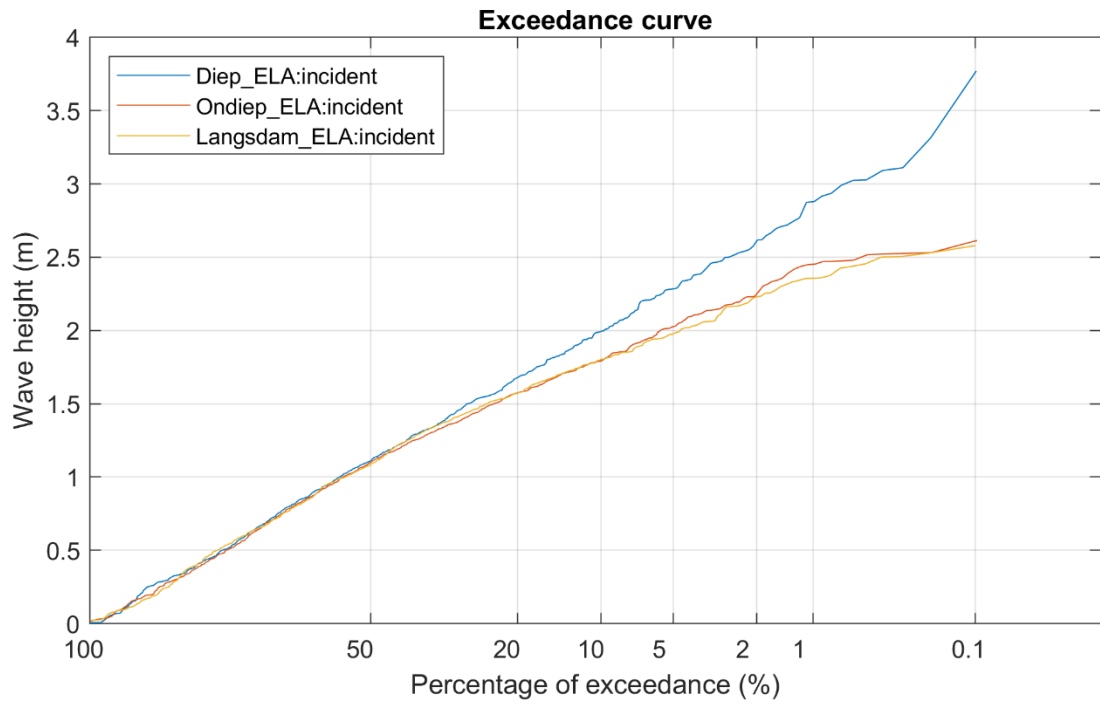


Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S36T914	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S36T915	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E





Langsdam IJsselmeerdijk  
Scheldegoot proeven

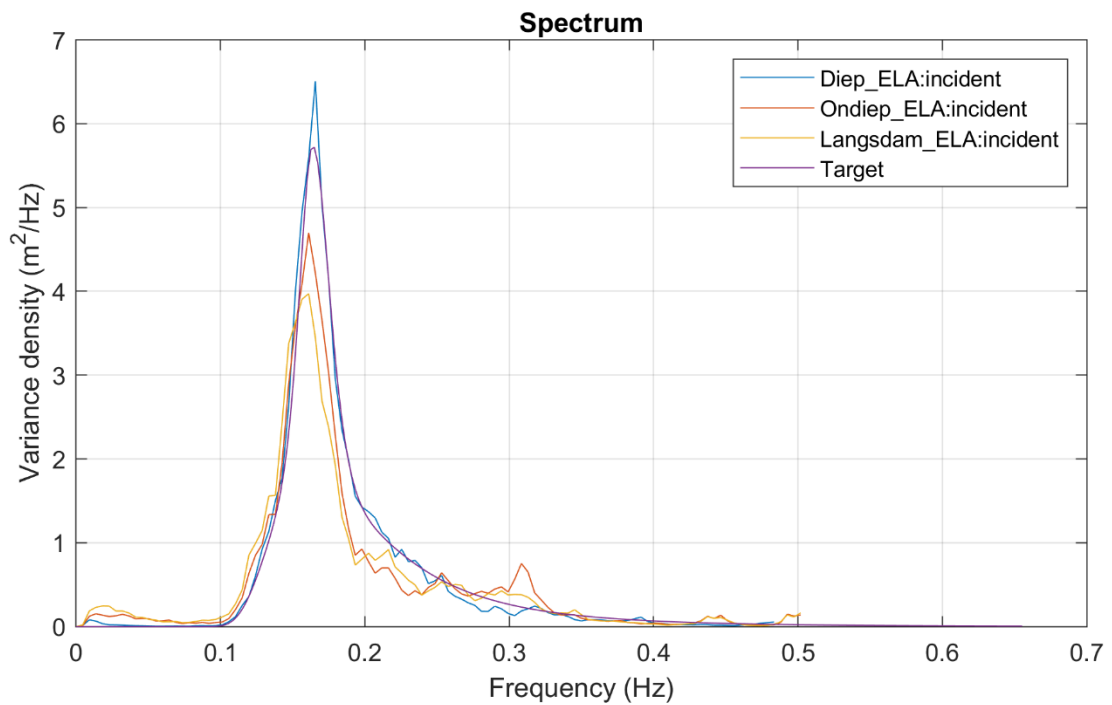
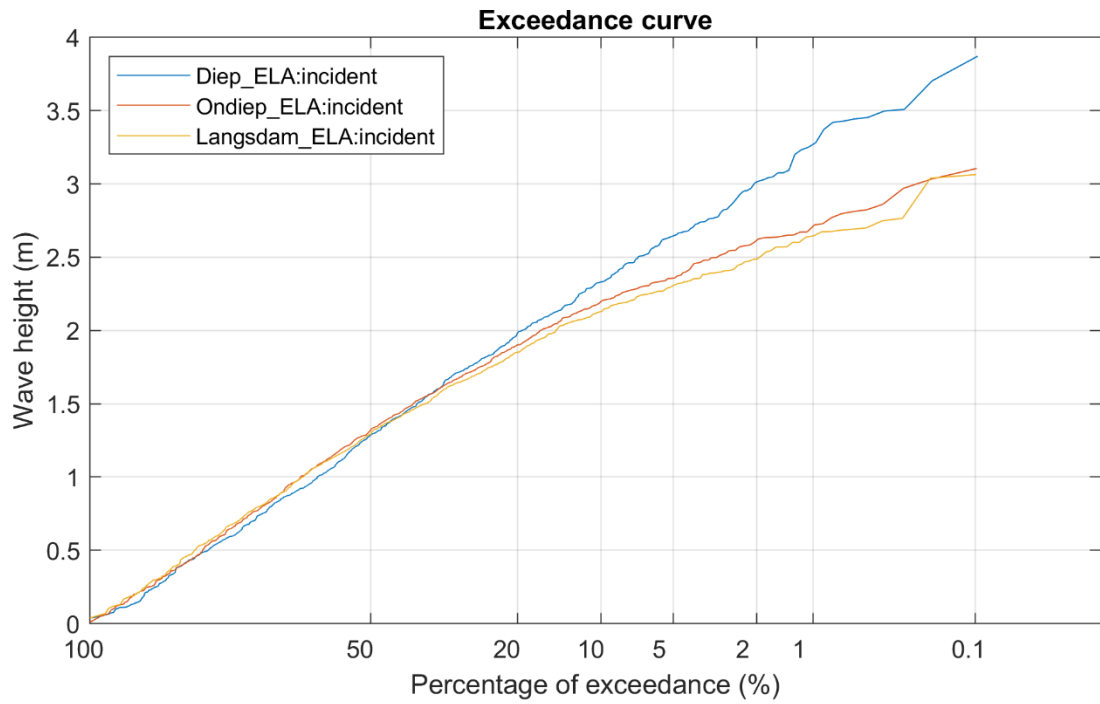
S00T1001

Prototype

**Deltares**

11208947-002

Fig. E



Langsdam IJsselmeerdijk  
Scheldegoot proeven

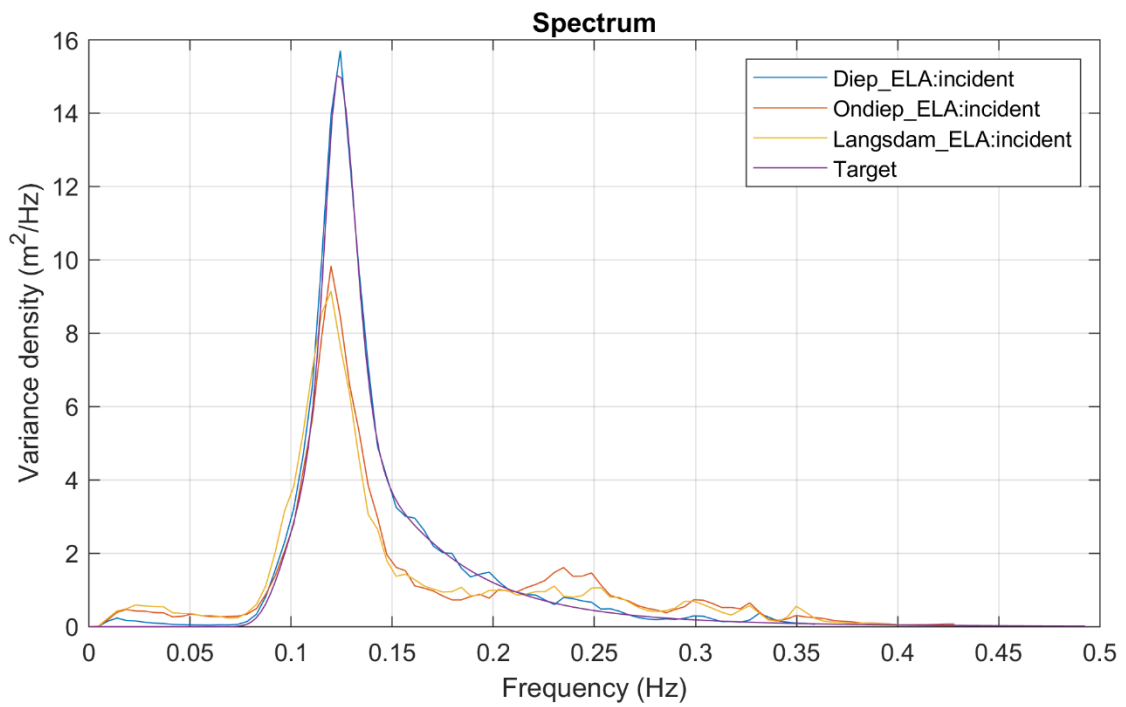
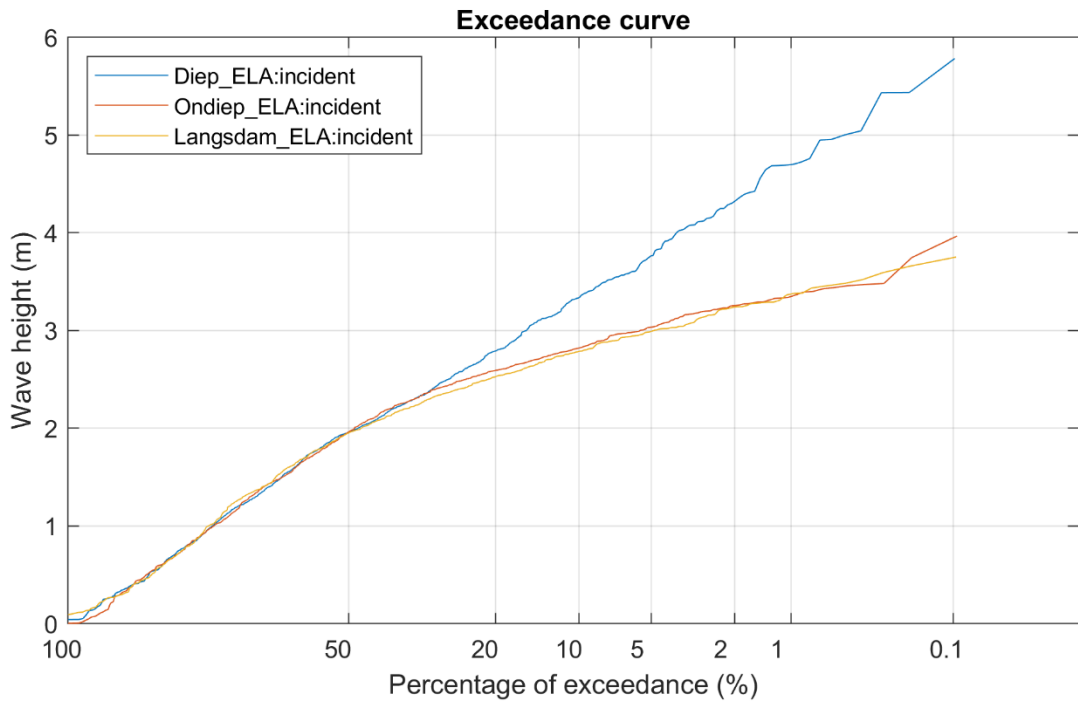
S00T1002

Prototype

**Deltares**

11208947-002

Fig. E



Langsdam IJsselmeerdijk  
Scheldegoot proeven

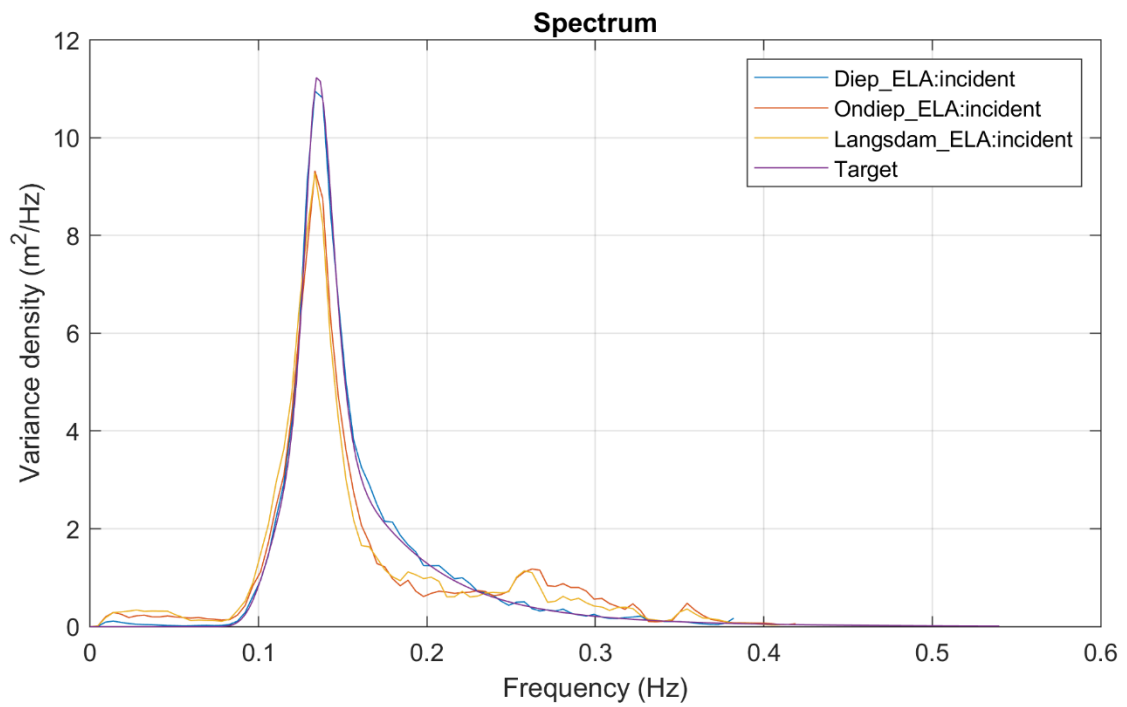
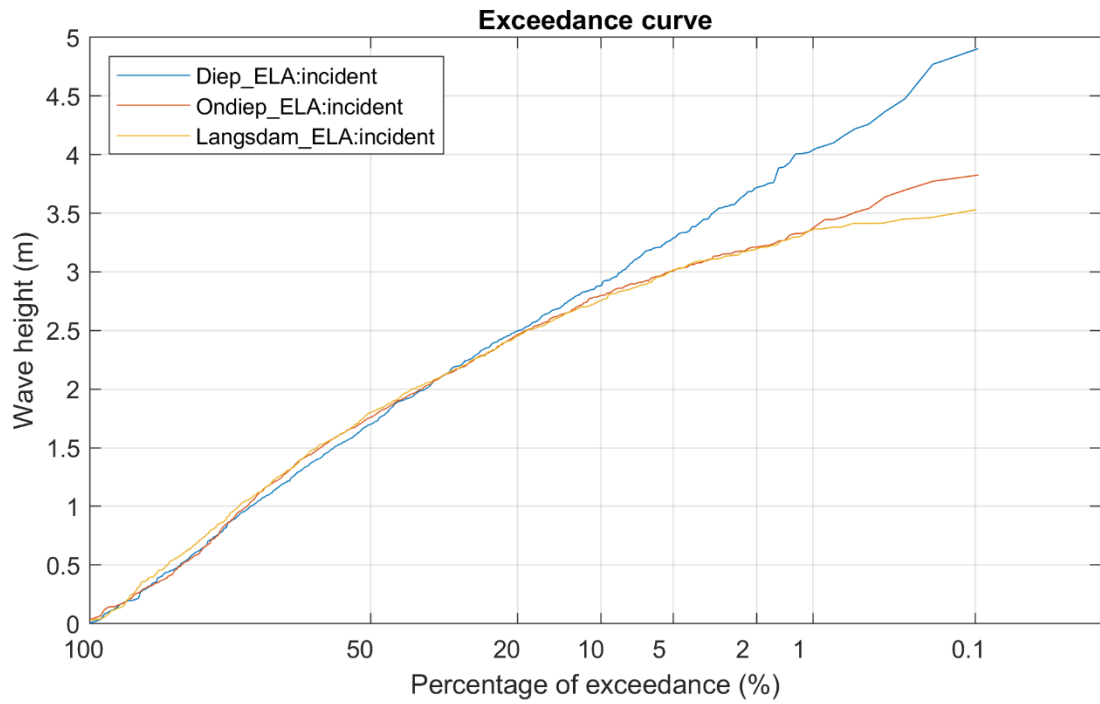
S00T1003

Prototype

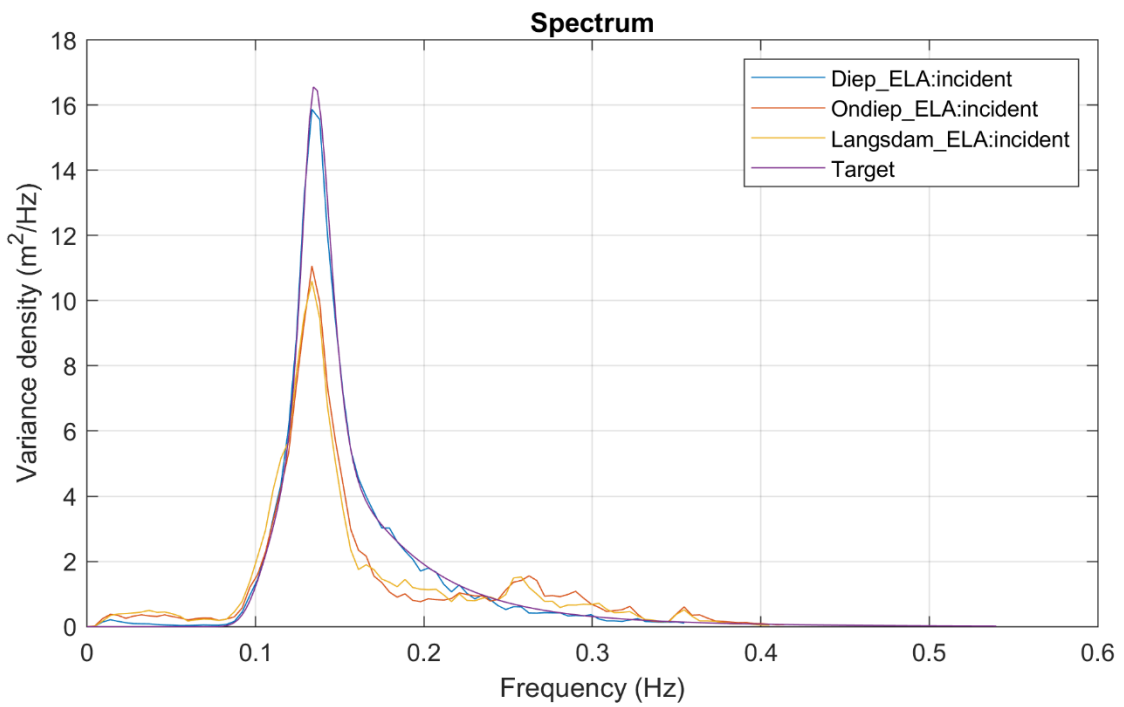
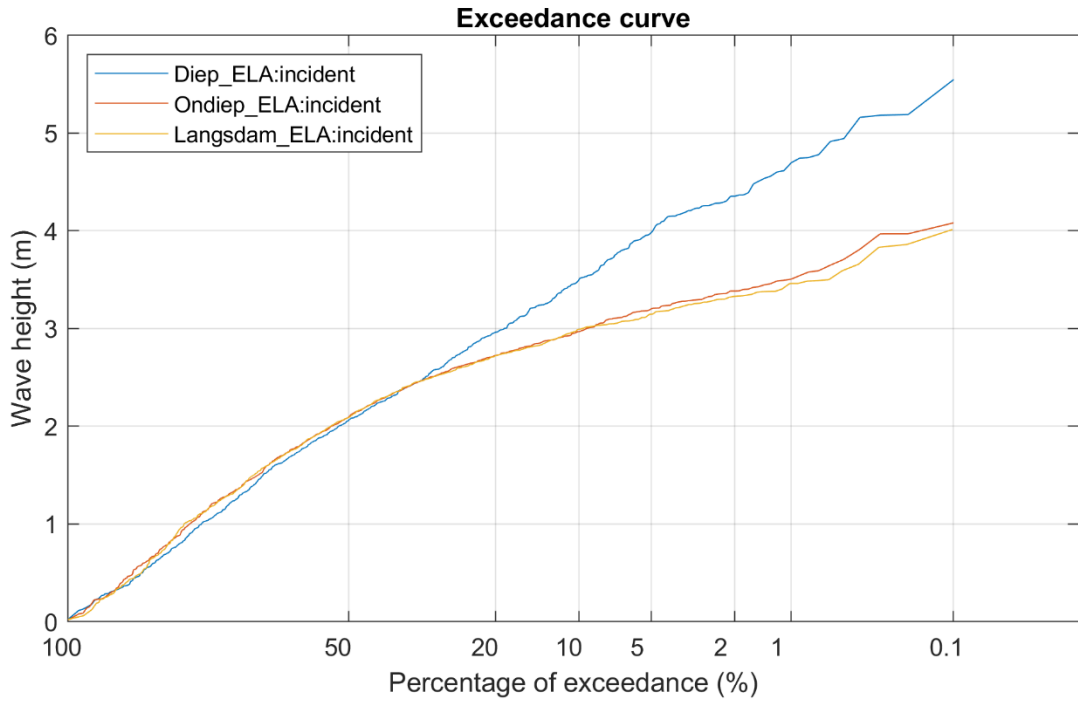
**Deltares**

11208947-002

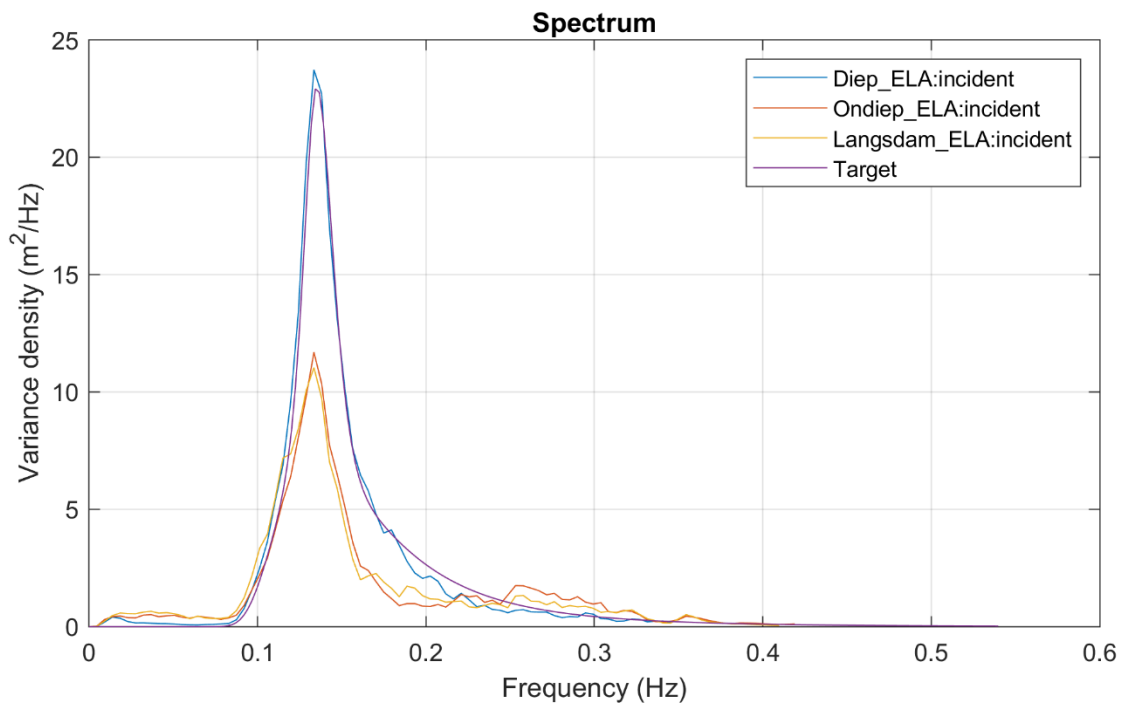
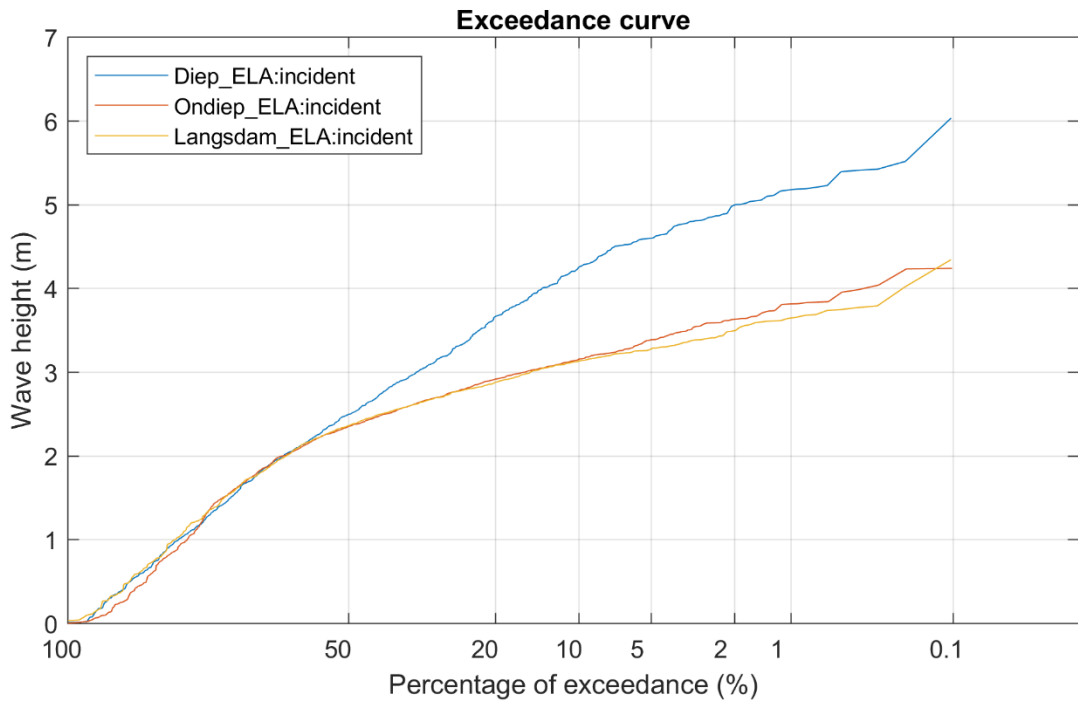
Fig. E



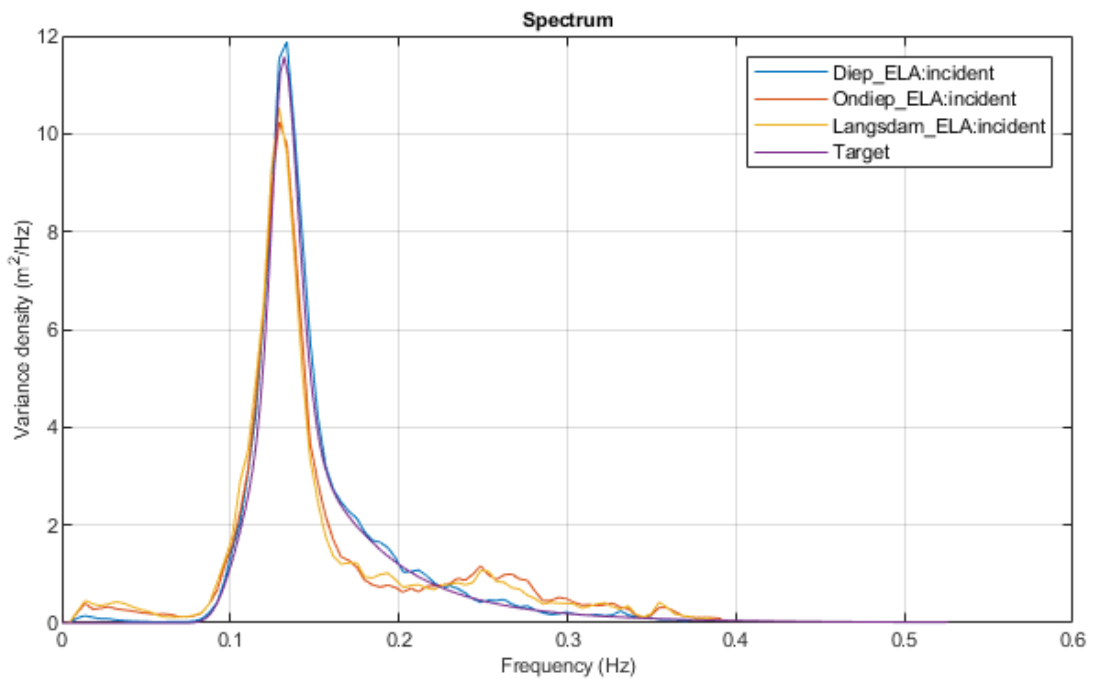
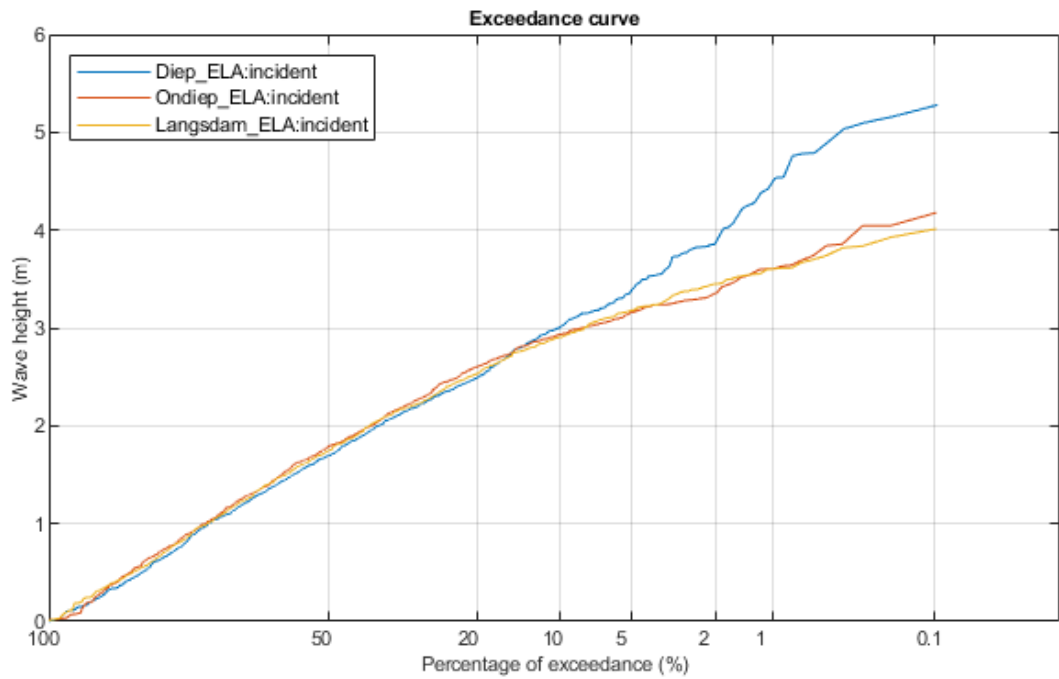
Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S00T1004	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S00T1005	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S00T1006	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



Langsdam IJsselmeerdijk  
Scheldegoot proeven

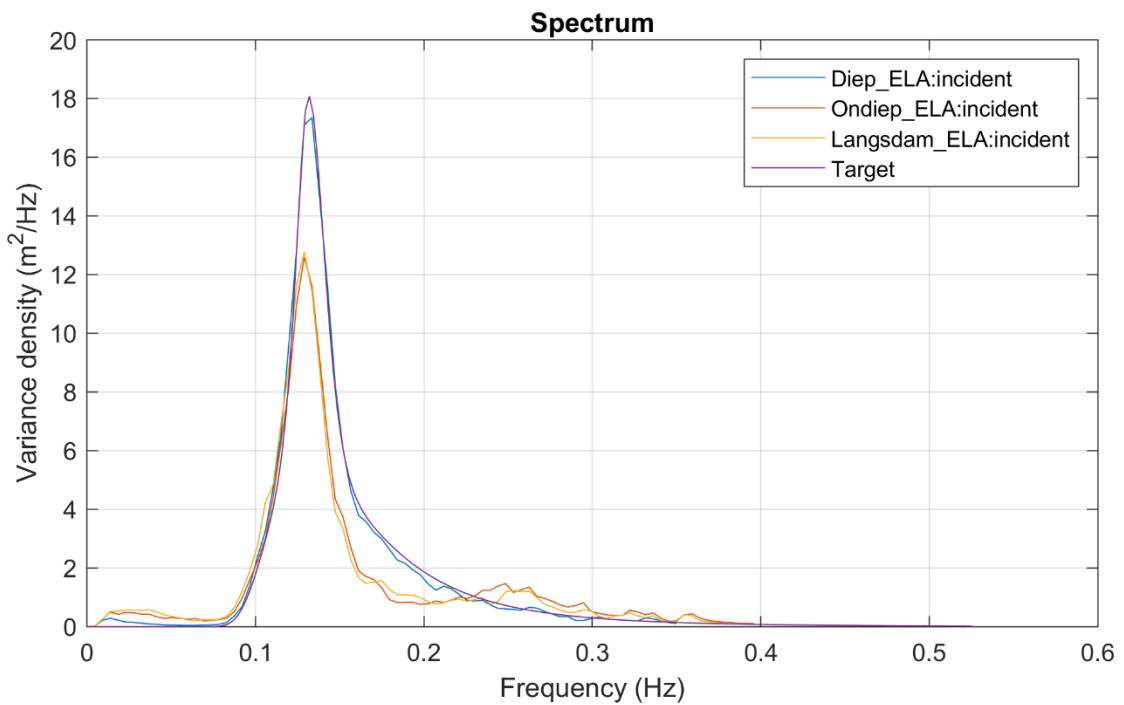
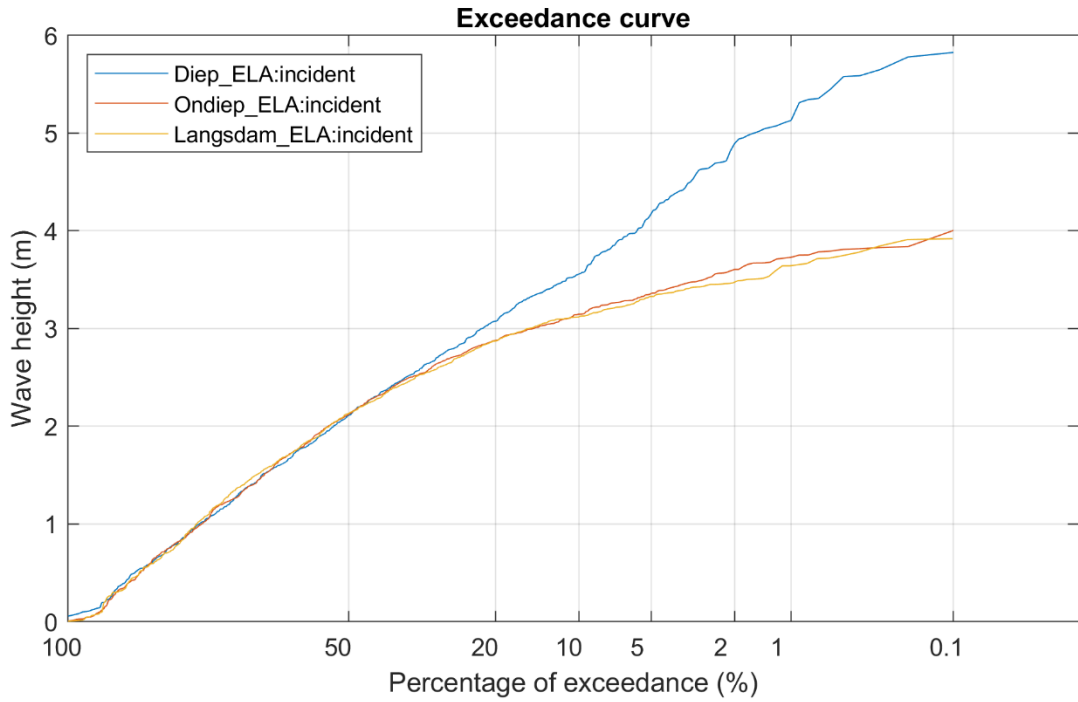
S00T1007

Prototype

**Deltares**

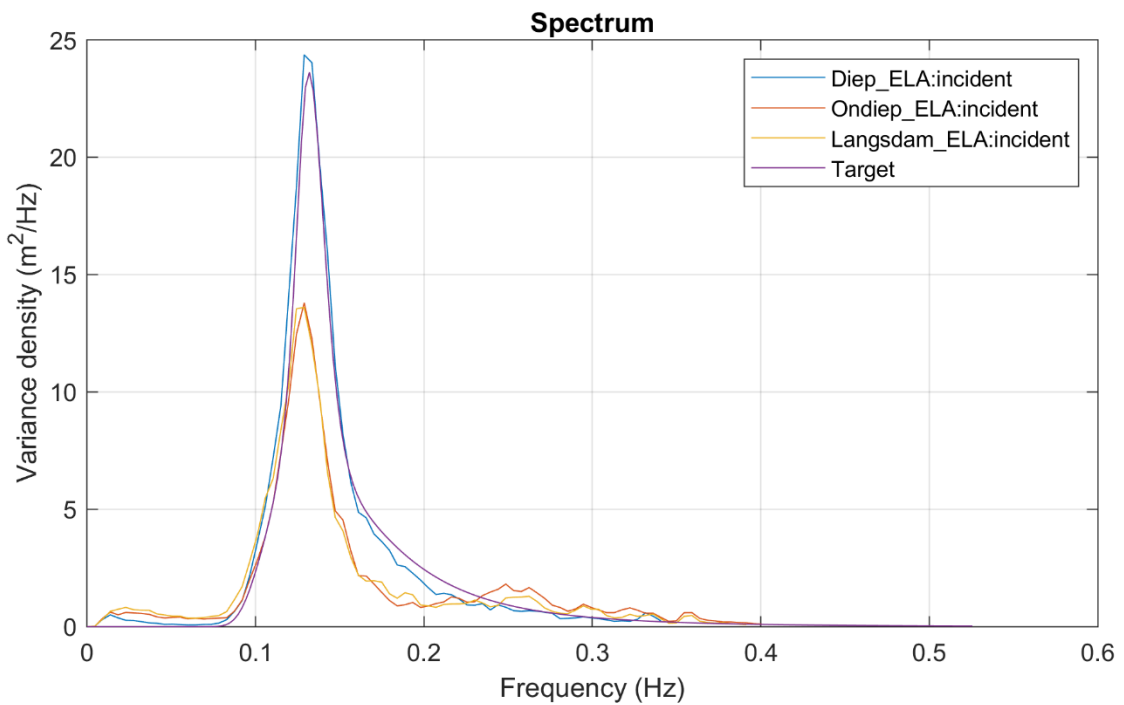
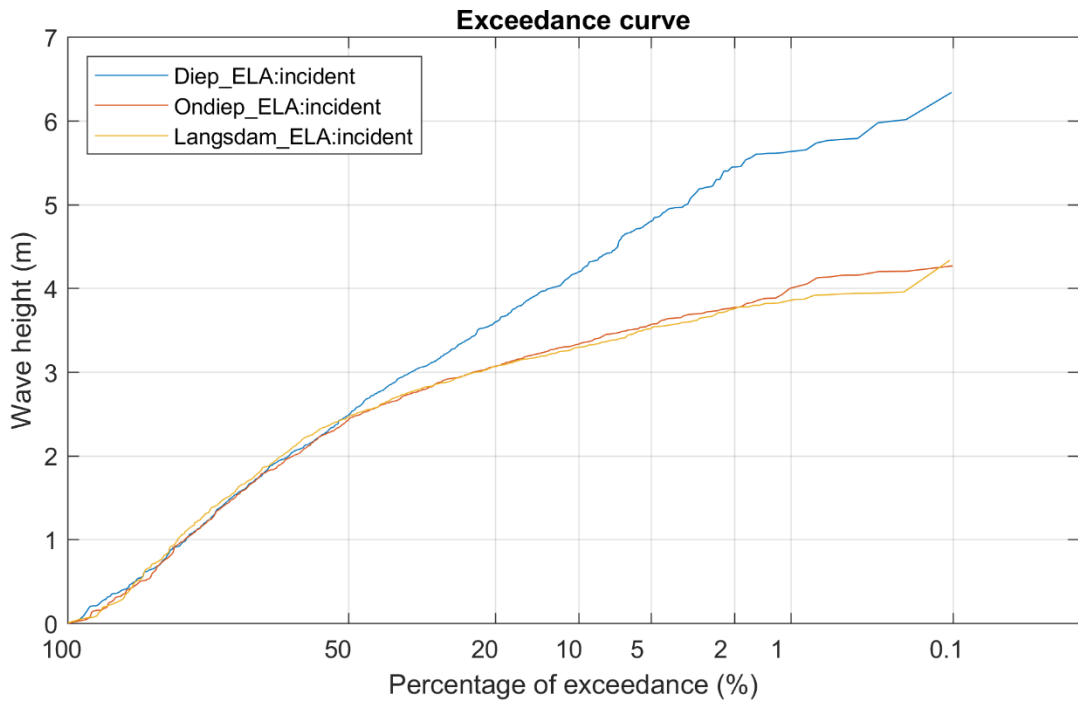
11208947-002

Fig. E

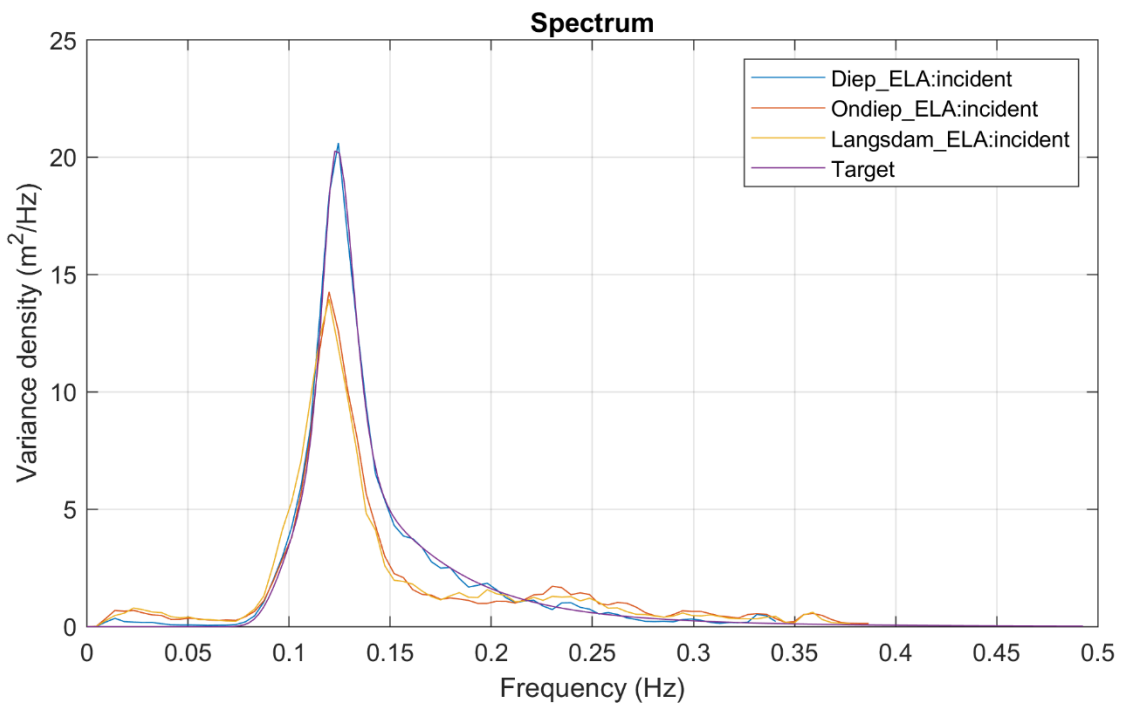
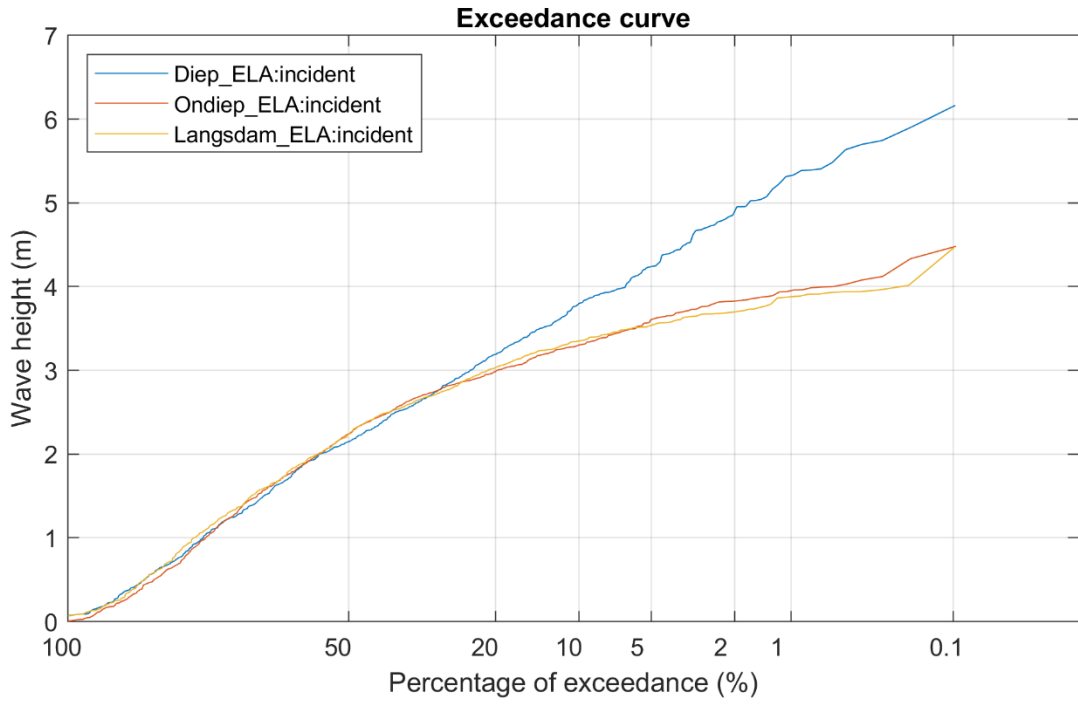


Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S00T1008	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E

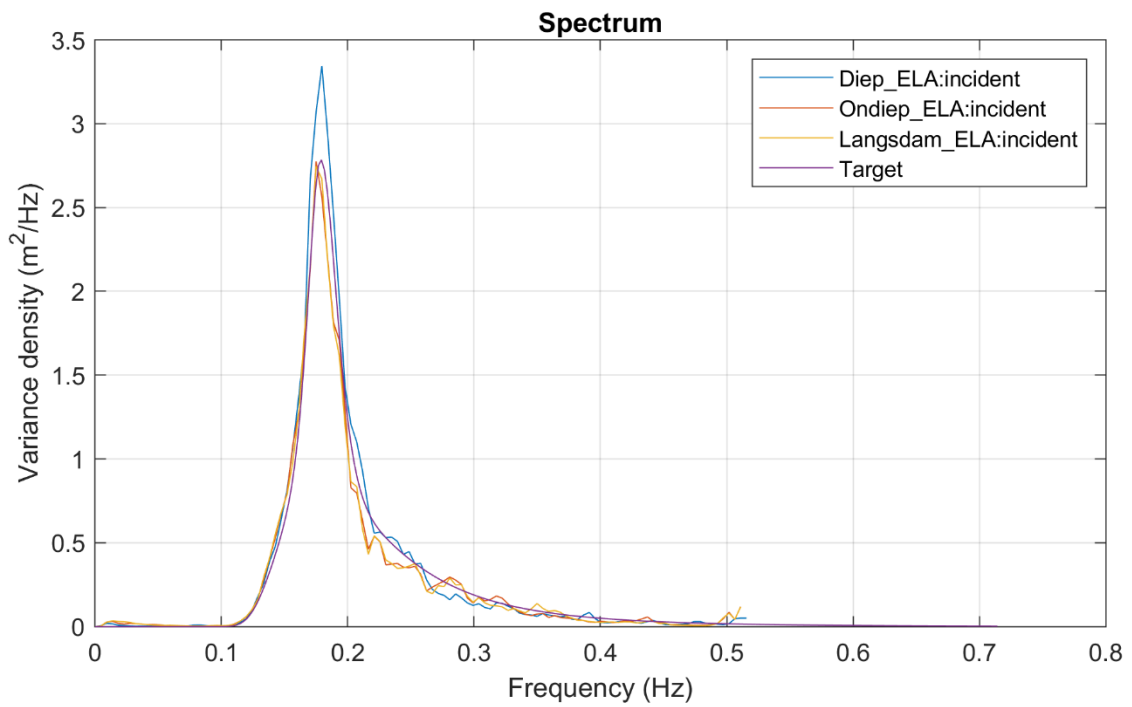
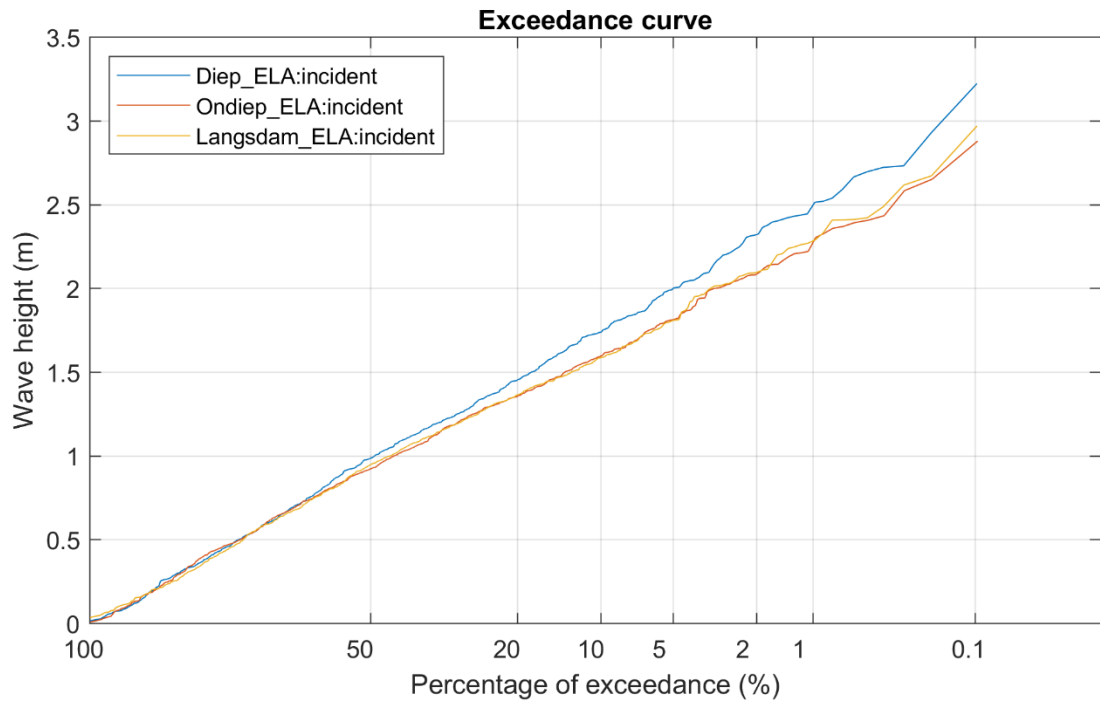




Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S00T1009	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S00T1010	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E



Langsdam IJsselmeerdijk Scheldegoot proeven	S00T1012	Prototype
<b>Deltares</b>	11208947-002	Fig. E

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

**Deltares**

[www.deltares.nl](http://www.deltares.nl)