

**De relatie tussen de bodemgeometrie en  
veiligheid in de Westerschelde**

|                                                                                               |             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------|
| <b>1. Inleiding</b>                                                                           | C-14045 510 | <b>3</b>  |
| <b>2. Beschrijving SCALWEST-model en bepaling stormperiode</b>                                |             | <b>4</b>  |
| 2.1 Beschrijving SCALWEST-model                                                               |             | 4         |
| 2.2 Bepalen van randvoorwaarden                                                               |             | 4         |
| <b>3. Keuze basissom</b>                                                                      |             | <b>6</b>  |
| <b>4. Invloed ingrepen op de hoogwaterstanden</b>                                             |             | <b>7</b>  |
| 4.1 Inleiding                                                                                 |             | 7         |
| 4.2 Uitkomsten berekeningen 4 t/m 10                                                          |             | 8         |
| 4.2.1 Algemeen                                                                                |             | 8         |
| 4.2.2 Berekening 4: Verdieping hoofdgeul met 50.2 Mm <sup>3</sup>                             |             | 8         |
| 4.2.3 Berekening 5: Verdieping en terugstorten in estuarium                                   |             | 9         |
| 4.2.4 Berekening 6: Verdieping en alleen terugstorten in westelijk deel van de Westerschelde. |             | 9         |
| 4.2.5 Berekening 7: De helft van berekening 4 terugstorten                                    |             | 9         |
| 4.2.6 Berekening 8: Land van Saeftinge ontgraven                                              |             | 9         |
| 4.2.7 Berekening 9: Functiewisseling Middelgat / Gat van Ossenisse                            |             | 10        |
| 4.2.8 Berekening 10: Kombergingsvergroting op Belgisch grondgebied                            |             | 10        |
| 4.3 Conclusies berekeningen 4 t/m 10                                                          |             | 10        |
| <b>5. Dominante factoren in bodemgeometrie</b>                                                |             | <b>12</b> |
| 5.1 Inleiding                                                                                 |             | 12        |
| 5.2 Uitkomsten berekeningen 11 t/m 16                                                         |             | 12        |
| 5.2.1 Berekening 11: De platen in het oostelijk deel verwijderen                              |             | 12        |
| 5.2.2 Berekening 12: De platen in het westelijk deel verwijderen                              |             | 13        |
| 5.2.3 Berekening 13: De platen in het oostelijk deel inpolderen                               |             | 13        |
| 5.2.4 Berekening 14: De platen in het westelijk deel inpolderen                               |             | 13        |
| 5.2.5 Berekening 15: nevengeulen halveren qua omvang                                          |             | 13        |
| 5.2.6 Berekening 16: Hoofdgeul met 30% verruimd                                               |             | 13        |
| 5.3 Samenvatting resultaten 11 t/m 16                                                         |             | 14        |
| <b>6. Analyse van de resultaten</b>                                                           |             | <b>15</b> |

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| <b>7. Conclusies</b>      | <b>18</b> |
| <b>8. Aanbevelingen</b>   | <b>19</b> |
| <b>9. Literatuurlijst</b> | <b>20</b> |
| <b>10. Figuren</b>        | <b>21</b> |

## 1. Inleiding

Het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ) doet in het project Zeekennis onderzoek naar o.a. de veiligheid tegen overstromen. Voor de bepaling van de veiligheid tegen overstromen is de voortplanting van de getijgolf onder extreme omstandigheden maatgevend. De bodemgeometrie speelt hierbij een belangrijke rol.

Het RIKZ heeft door middel van opdrachtbonnummer 22000956 aan ingenieursbureau Svašek gevraagd een onderzoek uit te voeren naar de invloed van de bodemgeometrie op de veiligheid.

De voortplanting van de getijgolf in de Westerschelde onder extreme omstandigheden verloopt anders dan onder normale omstandigheden. De extreme hoogwatergolf wordt enerzijds bepaald door de hydraulische randvoorwaarden (getij, opzet, wind) en anderzijds door de bodemgeometrie van het estuarium.

Omdat de mens geen (directe) invloed kan uitoefenen op de hydraulische randvoorwaarden is het voor de beheerder van belang om te weten:

- 1) Hoe de extreme waterstand verandert bij autonome ontwikkeling en toekomstige ingrepen in de bodemgeometrie.
- 2) Hoe en waar de bodemgeometrie gewijzigd kan worden om te compenseren voor een (te) hoge waterstand. Hierbij is het belangrijk om te weten wat de gevoeligheid is van verschillende eenheden en locaties.

Ad 1: Het is niet duidelijk hoe de geometrie zich zal ontwikkelen. De invloed van de mens speelt hierbij een grote rol. Te denken valt aan een volgende verdieping, storten van baggerspecie, zandwinning en kombergingsvergroting.

Ad 2: De beheerder heeft een instrument om de geometrie en de veiligheid te sturen, namelijk de verdeling van het onderhoudsbaggerspecie en de zandwinningsvergunning.

Het doel van de studie is vast te stellen hoe de extreme hoogwaterstand wijzigt onder invloed van ingrepen in het estuarium (fase 1) en aan te geven welke morfologische eenheden bepalend zijn voor de extreme hoogwaters in het Westerschelde estuarium (fase 2). Hierbij wordt gebruik gemaakt van het 2Dh waterbewegingsmodel SCALWEST, waarmee de ingrepen zullen worden gesimuleerd.

Het onderzoek is als volgt opgebouwd: In hoofdstuk 2 wordt het SCALWEST-model beschreven en een geschikte stormperiode gekozen. In hoofdstuk 3 wordt een basissom gekozen waarmee de ingrepen zullen worden vergeleken. Hoofdstuk 4 behandelt fase 1 van het onderzoek: de invloed van de bodemgeometrie op de waterstanden met extreme ingrepen. Hoofdstuk 5 behandelt fase 2: het bepalen van dominante factoren in de bodemgeometrie. Hoofdstuk 6 geeft de conclusies en in hoofdstuk 7 volgen de aanbevelingen.

## 2. Beschrijving SCALWEST-model en bepaling stormperiode

### 2.1 Beschrijving SCALWEST-model

Gekozen is voor een 2DH model omdat het estuarium anders reageert in extreme omstandigheden dan onder normale omstandigheden. Een 1D-benadering die precies de geulen volgt werkt mogelijk niet meer, vanwege kortsluitfuncties van platen die bij storm sterk kunnen afwijken van de gemiddelde dagelijkse omstandigheden. In het onderzoek wordt gerekend met het 2DH model SCALWEST-fijn.

Het SCALWEST-model is een numeriek waterbewegingsmodel van de Westerschelde dat gebaseerd is op WAQUA in SIMONA. Het model strekt zich uit van het mondingsgebied van de Westerschelde tot en met de Zeeschelde in België (Zie figuur 2.1). Het model heeft ongeveer 75000 rekenpunten en de bodemgegevens zijn bepaald uit GIS-gegevens van 1996. Het model wordt aan de zeerand aangedreven door gemeten waterstanden bij de Vlakte van de Raan en Westkapelle. Bij Zeebrugge wordt ook een waterstandsrandvoorwaarde opgelegd, deze is geëxtrapoleerd vanuit de Vlakte van de Raan. Op de Zeeschelde wordt het model aangestuurd door een debiet. Zie voor een verdere beschrijving Jansen (1997). Er is gerekend met WAQUA versie 99-09.

### 2.2 Bepalen van randvoorwaarden

Gekozen moet worden voor een set randvoorwaarden. De voorkeur gaat uit naar een werkelijk opgetreden storm, omdat daarbij een validatie uitgevoerd kan worden m.b.v. de waterstanden van de meetstations.

In onderstaande tabel staan de top 10 hoogwaters (Vlissingen) sinds 1825:

| Nummer | Datum      | Vlissingen | Terneuzen | Hansweert | Bath | Antwerpen |
|--------|------------|------------|-----------|-----------|------|-----------|
| 1      | 1-02-1953  | 455        | 496       | 507       | 560  | -         |
| 2      | 3-01-1976  | 398        | 429       | 446       | 476  | 494       |
| 3      | 12-03-1906 | 392        | 427       | 460       | 483  | -         |
| 4      | 27-02-1990 | 387        | 423       | 447       | 504  | 520       |
| 5      | 28-01-1994 | 387        | 427       | 441       | 482  | 501       |
| 6      | 30-01-1877 | 385        | 408       | 413       | 434  | -         |
| 7      | 14-11-1993 | 384        | 414       | 450       | 501  | 519       |
| 8      | 1-03-1949  | 382        | 407       | 412       | 460  | -         |
| 9      | 15-11-1977 | 387        | 413       | 425       | 460  | 480       |
| 10     | 29-11-1897 | 375        | 397       | 409       | 430  | -         |

Tabel 2.1: Top 10 hoogwaterstanden sinds 1825 in cm (bijgewerkt tot 30-10-1996, bron: HMCZ)

De hoogste meest recente storm die nog met de huidige bodem (1996) doorgerekend kan worden is de storm uit 1990. In Dam (1998) is hieraan de nodige aandacht besteed. In dit onderzoek wordt voor dezelfde storm gekozen.

Uit het onderzoek blijkt dat de hoogwaterstanden tijdens de 1990 storm te laag berekend worden. Hiervoor kan een aantal mogelijke verklaringen worden bedacht:

- De invloed van een variabel windveld. Onderzoek hiernaar vindt in het kader van het project Nautilus plaats. In het kader van dit project wordt hieraan geen aandacht besteed.
- De randvoorwaarde bij Zeebrugge. Omdat in Dam (1998) geen meetgegevens van Zeebrugge beschikbaar waren is gerekend met geëxtrapoleerde waterstanden van de meetpost Vlakte

van de Raan. Bij storm wordt die extrapolatie kennelijk onbetrouwbaar. In dit onderzoek worden daarom de meetgegevens van Zeebrugge gebruikt.

- De ruwheid van platen en ondiep water. Uit Svašek (1999a) blijkt dat SCALWEST op plaatranden te lage snelheden oplevert. De oorzaak is vermoedelijk dat in SCALWEST gerekend wordt met een vaste Manningscoëfficiënt, waardoor de Chézy-waarde sterk diepte afhankelijk wordt. Door op de platen een hogere Chézy-waarde te hanteren wordt de stroming op de platen wellicht beter gereproduceerd. Met name bij extreem hoog water kan dit grote invloed hebben. Het effect van de ruwheid zal daardoor meegenomen worden in het gevoeligheidsonderzoek.

De storm van 1990 duurt in totaal ca. 4 dagen. Deze hele periode zal worden doorgerekend. Omdat in deze periode zowel lagere als hogere opzetten voorkomen kan zo ook een eventuele invloed van de grootte van de opzet in beeld gebracht worden.

### 3. Keuze basissom

In verband met de onzekerheid over de ruwheid van ondiep water en plaatgebieden, waardoor mogelijk te lage stormvloedstanden worden berekend, is het onderzoek gestart met een gevoeligheidsanalyse t.a.v. de ruwheid. Er zijn daarom 2 sommen gedaan met een verlaagde ruwheid op de platen. De som die de beste overeenstemming geeft met de meetresultaten wordt gedefinieerd als basis voor het eigenlijke gevoeligheidsonderzoek van deze studie.

Berekening 1: Oorspronkelijke SCALWEST ruwheid;

Berekening 2: Gehalveerde ruwheid op gebieden boven -1 m NAP;

Berekening 3: Geleidelijk aflopende ruwheid van -4 tot 0 m NAP, boven NAP gehalveerd.

De gemeten en berekende waterstanden in de hoofdstations staan in figuur 3.1 t/m 3.6. De verschillen op hoog- en laagwater ten opzichte van de berekening met oorspronkelijke ruwheid staan in figuur 3.7 en 3.9. In figuur 3.8a en 3.10a zijn de opzetten tijdens hoog- en laagwater uitgezet tegen dezelfde verschillen. Figuur 3.8b en 3.10b laten de faseverschillen zien uitgezet tegen de opzet.

Uit de resultaten blijkt:

- Door te rekenen met een lagere ruwheid op de platen worden de verschillen tussen gemeten en berekende hoogwaterstanden kleiner. Dit effect is het sterkst bij de oostelijke stations Baalhoek en Bath;
- Ook bij lagere ruwheid op de platen is de berekende hoogwaterstand in het algemeen te laag (behalve Antwerpen). Dit wordt mogelijk veroorzaakt in variaties in het windveld die in de berekeningen niet zijn meegenomen.
- De laagwaterstanden worden niet of nauwelijks beïnvloed door de keuze van de ruwheidswaarde op de platen. In het algemeen stemmen de laagwaterstanden goed overeen met de metingen. Dit resultaat bleek reeds uit Dam (1998);
- Het effect van de gladde platen op de hoogwaterstand is groter naarmate de opzet groter is. Dit is in overeenstemming met de verwachtingen met Svašek (1999a) voor normale omstandigheden zonder opzet. Het SCALWEST-model is immers afgeregeld voor normale omstandigheden en voldoet dan goed;
- De verschillen tussen berekening 2 en berekening 3 zijn klein. Zowel fysisch als modeltechnisch heeft een geleidelijke ruwheidsovergang de voorkeur boven een abrupte verdubbeling cq halvering rond het niveau van NAP -1,0 m.
- De faseverschillen nemen toe naarmate de opzet hoger is (figuur 3.8b en 3.10b).

Op basis van het voorgaande gevoeligheidsonderzoek(je) naar het effect van de ruwheid op platen en ondiepe gebieden op de reproductie van stormhoogwaters wordt geconcludeerd dat gladde platen een beter resultaat geven. In het vervolg van het gevoeligheidsonderzoek zal berekening 3 als basisberekening dienen.

Deze berekening heeft de volgende Manningruwheden:

- beneden NAP -4 m : oorspronkelijke ruwheid;
- tussen NAP -4m en NAP: verlopende ruwheid van oorspronkelijk naar gehalveerd;
- boven NAP: gehalveerde ruwheid t.o.v. de oorspronkelijke waarde.

Deze conclusie houdt niet in dat de hier gekozen ruwheidswaarde correct zijn. Een verdere afregeling van de ruwheid op ondiep water (ook met snelheidsmetingen) blijft gewenst. Deze afregeling valt echter buiten het kader van deze studie.

## 4. Invloed ingrepen op de hoogwaterstanden

### 4.1 Inleiding

Om een inschatting te maken hoe de extreme hoogwaterstand wijzigt onder invloed van ingrepen in het estuarium worden een aantal scenario's gesimuleerd. Deze scenario's sluiten zoveel mogelijk aan bij mogelijke ontwikkelingen, waarbij de extreme kant is gekozen om eventuele effecten zo duidelijk mogelijk te laten uitkomen.

De volgende ingrepen zijn gesimuleerd (de nummers refereren aan het berekeningsnummer):

4. Huidige en toekomstige verdieping. De huidige bodem van het model is van 1996. De in 1997 uitgevoerde 48'/43' verdieping zit dus nog niet in deze bodem. Het doel van deze berekening is ook om een volgende (toekomstige) verdieping door te rekenen. Er zullen dus 2 verdiepingen in de bodem gesimuleerd worden. Uitgangspunt voor de huidige verdieping is het Programma 48'/43', waarvan de drempeldiepten gegeven zijn in onderstaande tabel.

| Drempel                | Drempeldiepte<br>in m t.o.v.<br>G.L.L.W. |
|------------------------|------------------------------------------|
| Akkaert-Bank           | -15.6                                    |
| Scheur-West            | -15.4                                    |
| Scheur-Oost            | -14.9                                    |
| Rede van Vlissingen    | -14.7                                    |
| Borssele               | -13.9                                    |
| Terneuzen              | -13.4                                    |
| Overloop van Hansweert | -13.3                                    |
| Zuidergat              | -13.3                                    |
| Valkenisse             | -13.3                                    |
| Bath                   | -13.3                                    |
| Zandvliet              | -12.8                                    |

Tabel 4.1: te onderhouden dieptes van de 48'/43' verdieping

Deze dieptes zijn op de verschillende drempels ingebracht in de modelbodem. Als 2<sup>e</sup> verdieping is 1.5 m van deze drempels afgehaald. Als verwachte reactie van het systeem op de verdieping is de rest van de hoofdgeul 1% uitgeruimd. Op deze manier is 50.2 Mm<sup>3</sup> uit de hoofdgeul gehaald. Zie voor de verschillen in bodemligging figuur 4.1.

5. Baggerhoeveelheid uit berekening 4 gelijkmatig verdelen over de rest van het estuarium. Van de 50.2 Mm<sup>3</sup> is de helft in de nevengeulen teruggebracht en de helft op de platen. De geulen worden 13.9 cm opgehoogd en de platen 24.2 cm. Ook wordt een gedeelte van het mondingsgebied meegenomen. Zie figuur 4.1.
6. Als berekening 5, met alleen storten in het westelijk en middendeel. De geulen worden nu met 16.1 cm verhoogd en de platen met 51.8 cm. Zie figuur 4.2.
7. Als berekening 5, met alleen de helft van de hoeveelheid terugstorten. De geulen worden met 6.9 cm verhoogd en de platen met 12.0 cm. Zie figuur 4.2.
8. Significant deel van het land van Saeftinge op laagwaterniveau brengen. Vaargeul niet verruimen. Het land van Saeftinge wordt voor ongeveer 2/3 afgegraven tot -2 m NAP, maar zodanig dat het niet stroomvoerend wordt. De hoeveelheid zand die uit het gebied gehaald is bedraagt 58.7 Mm<sup>3</sup>. Zie figuur 4.3.
9. Nabootsen functiewisseling Middelgat en Gat van Ossenis. Geen vaargeulverruiming. Het Middelgat en de aanliggende drempels worden met ongeveer 10 Mm<sup>3</sup> verruimd en dit wordt



gestort in de diepe delen van het Gat van Ossensisse. Deze berekening gaat dus terug in de tijd. Zie figuur 4.3.

10. Kombergingsvergroting in België aanbrengen op 2 locaties. Geen vaargeulverruiming. Hierbij is de Kruibeke polder in het model gebracht en een polder ter hoogte van de splitsing met de Durme. Zie figuur 4.4 en 4.5. Dit laatste is gedaan om de vele kleine overstromingspolders in één polder mee te nemen. Het oppervlak van de Kruibeke polder is in totaal 900 ha. De Durme polder heeft een oppervlak van ongeveer 600 ha. De bodemhoogtes van deze polders zijn op laagwater gezet. In werkelijkheid heeft de potpolder een dijk waardoor alleen het hoogwater afgetopt zal worden. Tijdens laagwater stroomt de polder dan weer leeg. Omwille de eenvoud van schematiseren in dit gevoeligheidsonderzoek is dit niet in het model ingebracht.

## 4.2 Uitkomsten berekeningen 4 t/m 10

### 4.2.1 Algemeen

Over het algemeen moet gezegd worden dat de uitkomsten nogal instabiel zijn. Sommige sommen moesten met een gehalveerde tijdstap opnieuw opgestart worden, omdat het rekenproces stopte. Van het station Terneuzen zijn geen verschillen bepaald omdat er teveel instabiliteiten te zien zijn in de waterstanden. De reden van deze instabiliteiten is onduidelijk. Wellicht zitten er bij Terneuzen sterke (niet reële) veranderingen in de bodemligging. Op andere plaatsen speelt wellicht ook droogval een rol. Een nader onderzoek naar de oorzaken van de instabiliteiten wordt weliswaar aanbevolen, maar valt buiten de opzet van deze studie.

De resultaten van de berekeningen 4 t/m 10 zijn gegeven in de figuren 4.6 t/m 4.19b. In deze figuren worden voor elke berekeningen de volgende resultaten gepresenteerd:

1. In tabelvorm (even figuren):
  - hoogwatersverschillen ten opzichte van de basisrun voor de 10 achtereenvolgende hoogwaters die zijn doorgerekend en voor 6 stations;
  - idem, laagwatersverschillen (9 laagwaters);
  - gemiddelde faseverschuivingen bij een waterstand van NAP + 1.0 meter (ongeveer overeenkomend met de middenstand van het getij tijdens de storm).
2. De verschillen in hoogwater- en laagwaterstanden als functie van de opzet voor de stations Vlissingen, Hansweert en Bath (a-figuren);
3. De faseverschuivingen bij een waterstand van NAP + 1.0m als functie van de opzet voor de stations Vlissingen, Hansweert en Bath. De opzet is berekend als gemiddelde van de opzet tussen de hoog- en laagwaterstand. Er is onderscheid gemaakt tussen de stijgende en dalende tak van de waterstand (b-figuren).

In de navolgende paragrafen worden per berekening de belangrijkste verschuivingen besproken, gevolgd door de concluderende paragraaf in 4.3.

### 4.2.2 Berekening 4: Verdieping hoofdgeul met 50.2 Mm<sup>3</sup>

Uit figuur 4.6 blijkt dat de hoogwaterstanden met enkele centimeters omhoog zullen gaan en de laagwaterstanden met enkele centimeters omlaag. Ook loopt de getijgolf sneller door het estuarium. De reactie kan verklaard worden doordat de getijgolf minder afgeremd wordt. Door de vele kleine instabiliteiten in het model moet gevraagd worden of de verschillen niet binnen de nauwkeurigheid van het model vallen.

Tussen de opzetten en de verschillen op hoog- en laagwaterstanden blijkt geen duidelijke relatie te zijn (figuur 4.7a). De faseverschillen voor de dalende tak van de waterstand laten een licht

toenemend faseverschil zien voor een hogere opzet (figuur 4.7b). Tussen de faseverschillen en de opzet van de stijgende tak is geen eenduidige relatie te vinden.

#### 4.2.3 Berekening 5: Verdieping en terugstorten in estuarium

Voor deze berekening geldt hetzelfde als voor berekening 4 (figuur 4.8). Ten opzichte van berekening 4 zijn de verschillen minimaal. Blijkbaar heeft het terugstorten van 50 Mm<sup>3</sup> niet veel effect op de hoog- en laagwaterstanden. In figuur 4.9a is geen duidelijke relatie te ontdekken tussen de opzet en het verschil op de hoog- en laagwaterstanden. Tussen de opzet en het faseverschil blijkt dat het verschil ongeveer gelijk blijft tussen normale getij omstandigheden en storm voor de dalende tak van de waterstand (figuur 4.9b). Van de stijgende tak is dit niet vast te stellen.

#### 4.2.4 Berekening 6: Verdieping en alleen terugstorten in westelijk deel van de Westerschelde.

Bij het terugstorten van het sediment in het westelijk deel van de Westerschelde worden de hoogwaterstanden over het algemeen lager (figuur 4.10). Ook de laagwaterstanden worden lager. Het verschil bedraagt enkele centimeters. Van deze verschillen is af te vragen of het model deze met voldoende nauwkeurigheid kan bepalen.

Ook voor deze berekening geldt dat er geen relatie te ontdekken is tussen de opzet en het verschil op de waterstanden (figuur 4.11a). Het faseverschil blijft gelijk voor zowel normale als stormomstandigheden (figuur 4.11b).

#### 4.2.5 Berekening 7: De helft van berekening 4 terugstorten

Uit deze berekening (figuur 4.12) blijkt dat er weinig verschil zit tussen berekening 4 (alles weghalen) en deze berekening (de helft terugbrengen). Het is moeilijk te zien wat het effect is van het terugbrengen van de 25.1 Mm<sup>3</sup>.

Tussen de opzetten en de verschillen (figuur 4.13a) is een kleine relatie te zien voor de hoogwaterstanden bij Bath. Hieruit zou blijken dat het verschil terugloopt bij stormomstandigheden. Uit figuur 4.13b blijkt dat het faseverschil ongeveer gelijk is tussen normale en stormomstandigheden.

#### 4.2.6 Berekening 8: Land van Saeftinge ontgraven

Zie figuur 4.14 voor de uitkomsten. Het Land van Saeftinge op laagwater niveau brengen heeft als effect dat over het algemeen de hoogwaterstanden met enkele centimeters omlaag gaan. Er zijn enkele uitschieters te zien naar boven, dit zijn instabiliteiten van het model. De laagwaterstanden worden hoger berekend dan de basissom. Het effect op de laagwaterstanden is hoger. De faseverschillen zijn groot, bij Bath loopt de getijgolf 14 minuten achter op de basissom. Dit effect is te verklaren doordat de berging flink toeneemt. Hierdoor worden de hoogwaterstanden afgetopt en de getijgolf afgeremd.

Uit figuur 4.15a blijkt dat er een redelijke correlatie bestaat tussen de opzetten en het verschil voor Hansweert en Bath. De verschillen die tijdens normale omstandigheden te zien zijn worden teniet gedaan tijdens stormvloedomstandigheden. De geconstateerde relatie uit figuur 4.15a is niet te zien in figuur 4.15b. De dalende tak laat vrijwel geen verschil zien tussen normale en stormomstandigheden. De stijgende tak laat een warrig beeld zien.

#### 4.2.7 Berekening 9: Functiewisseling Middelgat / Gat van Ossensisse

Uit figuur 4.16 blijkt dat de hoog- en laagwaterstanden ongeveer gelijk blijven. Er vindt alleen een vertraging plaats van het getij. In het verleden is precies het omgekeerde gebeurd. Het Middelgat is aangezand en het Gat van Ossensisse is uitgeruimd. Het effect toen was een versnelling van het getij en geen verschillen op hoog- en laagwater. Er is dan ook geen relatie zichtbaar tussen de opzet en het verschil (figuur 4.17a). Tussen de opzet en het faseverschil (figuur 4.17b) is geen verschil tussen normale en stormomstandigheden.

#### 4.2.8 Berekening 10: Kombergingsvergroting op Belgisch grondgebied

Een kombergingsvergroting op de Schelde heeft als effect dat de hoogwaterstanden bij Antwerpen flink dalen (20-50 cm). Zie figuur 4.18. De laagwaterstanden zijn ongeveer 10 cm hoger. Het effect op de hoogwaterstanden is vrijwel alleen zichtbaar in Antwerpen. Het verschil op de laagwaterstanden daarentegen is door het gehele estuarium te merken. In figuur 4.19a is een relatie zichtbaar tussen de opzet en de verschillen. Hoe hoger de opzet des te groter zijn de verschillen. Tussen de opzet en de faseverschillen (figuur 4.19b) lijkt de stijgende tak niets te doen, de verschillen zweven rond de nul. De dalende tak laat bij Vlissingen een versnelling zien van het getij voor hogere opzetten. Bij Hansweert is er geen verschil te zien tussen normale en stormvloedomstandigheden. Bij Bath is er juist sprake van een vertraging bij een hogere opzet.

### 4.3 Conclusies berekeningen 4 t/m 10

De resultaten van de berekeningen 4 t/m 10 zoals die hiervoor zijn beschreven zijn niet eenvoudig te interpreteren. Vaak zijn de veranderingen slechts marginaal en lijkt de ruis vaak groter dan de trend. Uit de figuren met de verschillen in hoogwaterstand blijkt dat de spreiding in de resultaten bij hoogwater orde 2 cm bedraagt. Deze spreiding is (vrijwel) onafhankelijk van de opzet. Dit betekent dat resultaten waarbij de berekende verschillen kleiner zijn dan 2 cm in feite binnen de nauwkeurigheid van het model vallen.

In onderstaande tabellen worden de belangrijkste resultaten samengevat. Hiertoe zijn voor de 3 stations Vlissingen, Hansweert en Bath de verschillen in hoogwater- en laagwaterstanden t.o.v. de basisberekening gegeven voor 'normale' omstandigheden (opzet minder dan 0.5 meter) en stormomstandigheden (opzet boven de 1.0 meter).

| Ber. | Vlis. norm | Vlis. storm | Hans. norm. | Hans. Storm | Bath norm | Bath storm |
|------|------------|-------------|-------------|-------------|-----------|------------|
| 4    | +/- 1      | +/- 1       | 1           | 1           | 2         | 2          |
| 5    | -          | -           | 2           | 0/3         | 4/5       | 0/2        |
| 6    | 1/2        | +/- 1       | -1/0        | +/- 1       | 0         | -1/0       |
| 7    | 1/2        | 0/1         | + 1/2       | 1/2         | 3/4       | 0/2        |
| 8    | -1         | 0           | -13/-12     | -6/2        | -6/-4     | +/- 1      |
| 9    | +/-1       | +/- 1       | -1/0        | -1/0        | 0         | +/- 1      |
| 10   | +/-1       | +/- 1       | -1/0        | -1          | -1/0      | -4/-3      |

Tabel 4.2: verschillen hoogwaterstanden bij normale en stormomstandigheden (cm)

| Ber. | Vlis. norm | Vlis. storm | Hans. norm. | Hans. Storm | Bath norm | Bath storm |
|------|------------|-------------|-------------|-------------|-----------|------------|
| 4    | 0          | 0           | - 2         | -2/0        | -3/-4     | - 3        |
| 5    | -          | -           | -2/-1       | -2/-1       | -3/-2     | -4/-3      |
| 6    | -1         | -1          | -1          | -1          | -3/-2     | -3/0       |
| 7    | -1         | +/- 1       | -3/-2       | -2          | -4        | -3/-2      |
| 8    | 1/2        | 0/3         | 10          | 5/9         | 14/15     | 8/9        |
| 9    | +/- 1      | +/- 1       | +/- 1       | -1/ 0       | 0         | -2/0       |
| 10   | 1/2        | 2/4         | 3/7         | 7/10        | 4/10      | 10/16      |

Tabel 4.3: verschillen laagwaterstanden bij normale en stormomstandigheden (cm)

In woorden komen de resultaten hierop neer:

- Verdiepen van de Westerschelde vaargeul met ruim 50 Mm<sup>3</sup> heeft een mogelijk licht verhogend effect op de getijslag (hoogwater hoger, laagwater lager). Dit effect is bij storm even sterk als bij normale omstandigheden. Het effect valt wel binnen de bandbreedte van de modelnauwkeurigheid.
- Het geheel of gedeeltelijk terugstorten van de baggerspecie over het gehele estuarium (berekeningen 5 en 7) heeft slechts een marginale invloed op de hoog- en laagwaters. Alleen terugstorten in het westen (berekening 6) werkt mogelijk enigszins verlagend op de opslingering van het getij als gevolg van de verdieping (binnen de bandbreedte van het model). Ook dan is er geen verschil tussen storm en dagelijkse omstandigheden.
- Een gedeeltelijke (2/3) verlaging van het Land van Saeftinge heeft een dempende werking op de getijslag. Deze dempende werking wordt bij storm weer grotendeels tenietgedaan. Dit resultaat is zeer opmerkelijk. In hoofdstuk 6 wordt hier nader op ingegaan.
- De simulatie van de functiewisseling tussen Middelgat en Gat van Ossensisse (berekening 9) heeft geen significante invloed op de hoog- en laagwaterstanden.
- De aanleg van overstromingsgebieden in België ter grootte van 1500 ha op een niveau net onder laagwater heeft vooral invloed in België. In Nederland is de invloed klein, vooral bij hoogwater.  
Opvallend is wel dat bij Bath de hoogwaterstand sterker afneemt dan onder normale omstandigheden. Dit effect is tegengesteld aan ontpoldering van het Land van Saeftinge (berekening 8).

Naast deze inhoudelijke conclusies t.a.v. de hoog- en laagwaterstanden in het estuarium wordt geconcludeerd dat het model vaak last heeft van instabiliteiten. Nader onderzoek hiernaar valt buiten het kader van deze studie.

## 5. Dominante factoren in bodemgeometrie

### 5.1 Inleiding

Uit de berekeningen van het vorige hoofdstuk is gebleken dat in het algemeen forse ingrepen nodig zijn voordat een significante invloed op de hoogwaterstanden merkbaar is. De berekening met het afgraven van het Land van Saeftinge geeft de grootste invloed.

In het tweede deel van het onderzoek staat de vraag centraal welke morfologische eenheden (geulen, ondiep water of platen) relatief het grootste effect hebben op de ontwikkeling van de hoogwaterstanden.

Hiertoe zijn 6 aanvullende berekeningen uitgevoerd (11 t/m 16) met zware ingrepen in de plaatarealen (11 t/m 14) en in de geulen (15 en 16).

In de figuren 5.1 t/m 5.3 zijn de verschillen in de bodemligging van de berekeningen t.o.v. de basisberekening gegeven.

De berekeningen die uitgevoerd zijn betreffen:

- Berekening 11: De platen in het oostelijk deel verwijderen, m.a.w. afgraven tot NAP -2.5 (figuur 5.1); Ingriep 216  $\text{Mm}^3$  groot.
- Berekening 12: De platen in het westelijk deel verwijderen, m.a.w. afgraven tot NAP -2.5 (figuur 5.1); Ingriep 112  $\text{Mm}^3$  groot.
- Berekening 13: De platen in het oostelijk deel inpolderen, m.a.w. ophogen tot boven extreem hoogwater (figuur 5.2);
- Berekening 14: De platen in het westelijk deel inpolderen, m.a.w. ophogen tot boven extreem hoogwater (figuur 5.2);
- Berekening 15: nevengeulen halveren qua omvang (figuur 5.3); Ingriep 424  $\text{Mm}^3$  groot.
- Berekening 16: Hoofdgeul met 30% verruimd (figuur 5.3). Ingriep 384  $\text{Mm}^3$  groot.

De resultaten van de berekeningen worden gepresenteerd in de figuren 5.4 t/m 5.15b. De wijze van presentatie is analoog aan de presentatie van de berekeningen 4 t/m 10 uit hoofdstuk 4. De resultaten worden per berekening gepresenteerd in de volgende paragraaf en samengevat in paragraaf 5.3.

In hoofdstuk 6 worden de resultaten verder geanalyseerd.

### 5.2 Uitkomsten berekeningen 11 t/m 16

#### 5.2.1 Berekening 11: De platen in het oostelijk deel verwijderen

Door de platen in het oostelijk deel te verwijderen wordt de getijgolf afgeremd. De hoogwaterstand neemt in de situatie zonder opzet in Bath met ca. 20 cm af (figuur 5.4). Het faseverschil is ongeveer +20 minuten in het oostelijk deel. In figuur 5.5a is verder te zien dat het verschil in hoogwaterstand afneemt naarmate de opzet groter is. Het geconstateerde verschijnsel komt overeen met berekening 8 (Land van Saeftinge voor 2/3 ontgraven), alleen in dit geval zijn de verschillen groter doordat alle ondiepe gebieden in het oosten meegenomen worden. Het effect op laagwater is analoog aan hoogwater: afnemend verschil bij toenemende opzet. Uit grafiek 5.5b is te zien dat de stijgende tak grotere verschillen geeft dan de dalende tak. De verschillen tussen normale en stormomstandigheden zijn vrijwel gelijk voor de dalende tak, voor de stijgende tak is geen relatie zichtbaar.

### 5.2.2 Berekening 12: De platen in het westelijk deel verwijderen

Het effect van het verwijderen van platen in het westelijk deel is tegengesteld aan de verwijdering van platen in het oostelijk deel (berekening 11). Figuur 5.6 laat zien dat de hoog- en laagwaterstanden toenemen. Uit de faseverschuivingen blijkt dat een lichte versnelling van het getij optreedt.

In figuur 5.7a is te zien dat het effect van storm op de hoog- en laagwaterstanden niet significant is. Ook geldt dit voor de opzet vs. de faseverschillen (figuur 5.7b). Er moet wel een duidelijk onderscheid gemaakt worden tussen de stijgende en dalende tak van de waterstand. De verschillen zijn tijdens eb groter dan tijdens vloed.

### 5.2.3 Berekening 13: De platen in het oostelijk deel inpolderen

Door de platen in het oostelijk deel van de Westerschelde in te polderen verdwijnt een groot deel van de berging in het gebied. Het effect is dat de hoogwaterstanden toenemen met enkele tientallen centimeters in het oostelijk deel (figuur 5.8). De laagwaterstanden veranderen nauwelijks. De faseverschillen laten een forse versnelling van het getij zien, gemiddeld 20 minuten sneller bij Bath.

Bij storm is bij Bath een afnemende trend in het hoogwatersverschil te zien (figuur 5.9a). Tussen de opzet en de faseverschillen is geen verschil merkbaar tussen normale en stormomstandigheden (figuur 5.9b). Alleen bij Hansweert is mogelijk een toenemende trend zichtbaar in de stijgende tak. Het verschil tussen de stijgende en dalende tak is duidelijk: de verschillen zijn tijdens eb veel groter.

### 5.2.4 Berekening 14: De platen in het westelijk deel inpolderen

De uitkomsten van berekening 14 laten een tegengesteld beeld zien van de uitkomsten van berekening 13. De verschillen in hoog- en laagwaterstanden nemen namelijk enigszins af (figuur 5.10). Er vindt wel een lichte versnelling van het getij plaats. Bij stormopzet tenderen zowel de hoog- als laagwaterstanden tot verdere afname. In figuur 5.11b is mogelijk een toenemende relatie te zien tussen de opzet en de faseverschillen. Duidelijk is het verschil te zien tussen de stijgende en dalende tak van de waterstand. De verschillen tijdens eb zijn groter.

### 5.2.5 Berekening 15: nevengeulen halveren qua omvang

Een halvering van de nevengeulen heeft als effect dat de getijgolf minder goed in het estuarium kan doordringen. De getijslag neemt af. Dit is te zien in figuur 5.12. De hoogwaterstanden nemen af en de laagwaterstanden nemen toe. De vertraging van het getij loopt op tot 20 minuten. Figuur 5.13a laat zien dat er een trend te zien tussen de opzet en het verschil op hoogwater, de verschillen nemen af naarmate de opzet hoger is. Deze afnemende trend komt niet terug in de faseverschillen (figuur 5.13b), waar zelfs sprake is van een licht stijgende trend. De faseverschillen tijdens eb zijn over het algemeen groter dan tijdens vloed.

### 5.2.6 Berekening 16: Hoofdgeul met 30% verruimd

In figuur 5.14 is te zien dat door de forse verruiming van de hoofdgeul de getijgolf verder opgeslingerd wordt. De hoogwaterstanden worden hoger en de laagwaterstanden worden lager. Ook vindt er een versnelling van het getij plaats (16 minuten bij Bath). Tijdens storm is er een licht nivellerende trend te zien (figuur 5.15a), omdat bij een grotere waterdiepte het effect van een verdieping minder te merken is. In figuur 5.15b is voor de dalende tak een toenemende trend

te zien tussen de opzet en de faseverschillen. De stijgende tak laat mogelijk een afnemende trend zien.

### 5.3 Samenvatting resultaten 11 t/m 16

De berekeningen van dit hoofdstuk laten een divers beeld zien. Het is duidelijk dat er verschillende processen tegelijkertijd spelen. Analooog aan de presentatie in paragraaf 4.3 zijn ook de berekeningen 11 t/m 16 samenvattende tabellen gemaakt waarin voor Vlissingen, Hansweert en Bath de hoog- en laagwaterstanden voor een situatie zonder (d.w.z.  $< 0.5\text{m}$ ) en met opzet (d.w.z.  $> 1.0\text{m}$ ) gegeven zijn.

In onderstaande tabellen zijn de uitkomsten weergegeven:

| Ber. | Vlis. norm | Vlis. storm | Hans. norm. | Hans. storm | Bath norm | Bath storm |
|------|------------|-------------|-------------|-------------|-----------|------------|
| 11   | -6/-4      | -6/-1       | -35/-20     | +/- 5       | -25/-15   | +/- 5      |
| 12   | 1/3        | 0/3         | 4           | 1/3         | 3/4       | 2/4        |
| 13   | 2/4        | 2/8         | 30          | 20/45       | 20/45     | 10/40      |
| 14   | -          | -           | -2/-4       | -4/-10      | -3        | -4/-13     |
| 15   | -6/-9      | -6/-9       | -15/-30     | -10/-20     | -20/-30   | -14/-20    |
| 16   | 3/4        | 0/5         | 9/10        | 5/12        | 14/16     | 8/14       |

Tabel 5.1: verschillen hoogwaterstanden bij normale en stormomstandigheden (cm)

| Ber. | Vlis. norm | Vlis. storm | Hans. norm. | Hans. storm | Bath norm | Bath storm |
|------|------------|-------------|-------------|-------------|-----------|------------|
| 11   | 4/6        | 1/5         | 30          | 20          | 35/55     | 25/40      |
| 12   | 0/2        | 0/2         | 0/6         | 2/7         | -1/5      | 2/7        |
| 13   | -1         | +/- 2       | -1/-3       | +/-2        | -         | -          |
| 14   | -          | -           | +/- 1       | -2          | -1/0      | -1/-4      |
| 15   | 4/5        | 4/8         | 23/24       | 20/25       | 20/25     | 18/25      |
| 16   | -5         | -5/-20      | -12/-14     | -10/-15     | -21/-23   | -17/-20    |

Tabel 5.2: verschillen laagwaterstanden bij normale en stormomstandigheden (cm)

De verschillen zijn in het algemeen groter dan bij de Ingrenen in hoofdstuk 4 (berekening 4 t/m 10). Dit heeft tot gevolg dat ook de bandbreedte waarbinnen de resultaten bewegen groter is. Deze ligt hier in de orde van 5 cm. Veranderingen die kleiner zijn dan 5 cm kunnen dus ook aan de modelnauwkeurigheid toegeschreven worden. Evenals bij de berekeningen in hoofdstuk 4 blijkt dat de respons van het estuarium op de Ingrenen complex is. De inhoudelijke interpretatie van de resultaten wordt daarom uitgevoerd in een apart hoofdstuk. Bij deze interpretatie vindt ook een terugkoppeling plaats naar de resultaten van hoofdstuk 4.

## 6. Analyse van de resultaten

Uit de resultaten van de berekeningen 11 t/m 16 blijkt dat de hierin gesimuleerde ingrepen in het algemeen wel een onderscheidend effect tot gevolg hebben t.o.v. de nauwkeurigheid van het model.

In schema A zijn de resultaten (HW-standen) van deze berekeningen onderling vergeleken. Hierbij is een verandering in HW-stand die minder dan 5 cm bedraagt niet meegenomen. Verondersteld wordt dat deze veranderingen binnen de nauwkeurigheid van het model vallen.

| ← Afname                            |                         | Hoogwaterstanden        | Toename →                  |  |
|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|--|
| Afgraven platen tot laagwaterniveau |                         |                         |                            |  |
| Oosten<br>Normaal<br>11             | Oosten<br>Storm<br>11   | Westen<br>Normaal<br>12 |                            |  |
|                                     |                         | Westen<br>Storm<br>12   |                            |  |
| Inpolderen platen                   |                         |                         |                            |  |
| Westen<br>Storm<br>14               | Westen<br>Normaal<br>14 | Oosten<br>Normaal<br>13 |                            |  |
|                                     |                         | Oosten<br>Storm<br>13   |                            |  |
| Aanpassen geulen                    |                         |                         |                            |  |
| Storten<br>Normaal<br>15            | Storten<br>Storm<br>15  |                         | Verdiepen<br>Normaal<br>16 |  |
|                                     |                         |                         | Verdiepen<br>Storm<br>16   |  |

 = valt binnen de nauwkeurigheid

nr. = nummer van de berekening

Schema A: Effect ingrepen op hoogwaterstanden



Uit dit overzicht blijkt dat de resultaten nogal complex zijn: baggeren hoeft niet noodzakelijker wijze het omgekeerde effect te hebben van storten. Bovendien kan het effect bij storm sterk verschillend zijn van normale getijomstandigheden.

Verlagen van platen in het oostelijk deel (berekening 11) heeft een reducerend effect op de opslinging van de getijgolf. Deze reductie neemt echter af naarmate de stormopzet toeneemt. Inpoldering van de platen in het oostelijk deel (berekening 13) heeft een omgekeerd effect in vergelijking met afgraven voor normale omstandigheden (opslinging getijgolf i.p.v. demping, met name bij hoogwater). In afwijking van de plaatverlaging is de invloed van de stormopzet niet significant.

In figuur 6.1 is een mogelijke verklaring voor deze trends gegeven. In deze figuur is een dwarsraai over het land van Saeftinge gegeven. In de figuur wordt onderscheid gemaakt tussen 3 dieptezones:

- tussen LW normaal en LW storm (zone A)
- tussen LW storm en HW normaal (zone B)
- tussen HW normaal en HW storm (zone C)

In onderstaand schema is de invloed van afgraven resp. inpolderen gegeven voor normale omstandigheden en storm:

|               | Zone A | Zone B | Zone C |
|---------------|--------|--------|--------|
| Normaal getij |        |        |        |
| Afgraven      | Groot  | Groot  | Klein  |
| Inpolderen    | Klein  | Klein  | Klein  |
| Storm         |        |        |        |
| Afgraven      | Klein  | Groot  | Klein  |
| Inpolderen    | Klein  | Klein  | Groot  |

*Schema B: invloed afgraven /inpolderen*

Afgraven wordt dus sterker gevoeld bij normaal getij dan bij storm (zowel zone A als B grote invloed), terwijl inpolderen juist sterker gevoeld wordt bij storm (invloed zone C).

Met Schema B kan de opslinging bij inpoldering van de platen onder normale getijomstandigheden (berekening 13) niet worden verklaard: het schema geeft voor alle zones een kleine invloed aan, terwijl toch een duidelijke stijging van HW wordt berekend. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het feit dat in berekening 13 niet alleen Saeftinge is opgehoogd, maar ook alle platen in het Valkenisse gebied, waardoor ook grote oppervlakten laag gelegen platen zijn opgehoogd.

Naar aanleiding van de bevindingen van de schema's A en B zijn in schema C de verschillen tussen de berekeningsgevallen systematisch op een rij gezet. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen HW-stand, fase en tussen normaal getij en stormomstandigheden. Per geval is bovendien aangegeven welke invloed de ingreep heeft op de komberging en op de weerstand die het getij ondervindt in het estuarium. Uit het schema blijkt dat de komberging en weerstand met tegengestelde effecten door elkaar heen spelen. Het hangt van de locatie af welk proces de overhand krijgt.

| Berekening |                  | Getij   | Komberging | Weerstand | HW-stand | Fase |
|------------|------------------|---------|------------|-----------|----------|------|
| Nr.        | Ingreep          |         |            |           |          |      |
| 11         | Platen laag oost | Normaal | ++         | -         | --       | ++   |
|            |                  | Storm   | 0          | -         | 0        | ++   |
| 12         | Platen laag west | Normaal | ++         | -         | 0/+      | 0/-  |
|            |                  | Storm   | 0          | -         | 0/+      | 0/-  |
| 13         | Platen hoog oost | Normaal | -          | +         | ++       | --   |
|            |                  | Storm   | --         | +         | ++       | --   |
| 14         | Platen hoog west | Normaal | -          | +         | 0/-      | -    |
|            |                  | Storm   | --         | +         | -        | -    |
| 15         | Nevengeulen 50%  | Normaal | 0          | +         | --       | +    |
|            |                  | Storm   | 0          | +         | -        | ++   |
| 16         | Hoofdgeulen 130% | Normaal | 0          | -         | +        | -    |
|            |                  | Storm   | 0          | -         | +        | -    |

Schema C: Komberging, weerstand, HW-stand en fase (+ = toename, -- = afname) .

Verlaging van hoogwaterstanden tijdens storm kan worden bereikt door:

- De (neven) geulen te verondiepen; waarschijnlijk geldt deze conclusie ook voor de hoofdgeulen. Als gedachtebepaling kan gesteld worden dat voor 10 cm verlaging van het stormpeil 200 à 300 miljoen m<sup>3</sup> gestort moet worden.
- De platen in het westelijk deel op te hogen; alle platen boven extreem hoogwater brengen levert ca. 10 cm hoogwater reductie op. Deze laatste conclusie is op zijn minst verrassend te noemen.

Het verlagen van plaatniveau's is geen goede maatregel om stormvloedpeilen te reduceren.

Omgekeerd moet gerekend worden op een verhoging van het stormpeil indien:

- De platen in het oostelijk deel worden verhoogd tot boven extreem hoogwater; alle platen in het oosten ophogen resulteert in een 20 à 40 cm hoger peil tijdens storm.
- De (hoofd)geulen worden verruimd; waarschijnlijk geldt deze conclusie ook voor de nevengeulen. Een extra bergingscapaciteit van 200 à 300 miljoen m<sup>3</sup> levert een ca. 10 cm hoger stormvloedpeil op.

De ingrepen die onderzocht zijn in de berekeningen 11 t/m 16 zijn een orde zwaarder dan de ingrepen die in het kader van vaarweghandhaving, verdieping en zandwinning verwacht mogen worden. Dit blijkt uit de berekeningen 4 t/m 7 en 9 waarbij realistische (zij het forse) ingrepen zijn gesimuleerd. De resultaten van deze berekeningen vallen vrijwel alle binnen de ruis die aan de resultaten van SCALWEST toegekend moet worden. Ondanks dat blijkt bijvoorbeeld uit berekening 4 (in vergelijking met berekening 16) dat dezelfde trend aanwezig is als bij een verdieping van bijna 400 Mm<sup>3</sup>.

De overige berekening uit de eerste serie met een significante invloed is nr. 8: de verlaging van 2/3 van het schorareaal van Saeftinge tot NAP -2.0m. Deze berekening geeft dezelfde trend weer als berekening 11, waarbij de platen in het hele oostelijke deel worden verlaagd. Ook in berekening 8 leidt afgraving van platen in het oostelijke deel onder normale getij-omstandigheden tot een verlaging van de hoogwaterstanden die vervolgens bij storm teniet gedaan wordt

## 7. Conclusies

Uit SCALWEST berekeningen van de stormperiode van februari/ maart 1990 blijkt dat de stormvloedstanden beter worden gereproduceerd indien op platen en ondiep water een lagere ruwheid wordt toegepast dan in de diepe gebieden. Ook dan blijken er echter nog aanzienlijke verschillen over te blijven, waarschijnlijk als gevolg van variaties in het windveld.

Verlaging van hoogwaterstanden tijdens storm kan worden bereikt door:

- De (neven) geulen te verondiepen; waarschijnlijk geldt deze conclusie ook voor de hoofdgeulen. Als gedachtebepaling kan gesteld worden dat voor 10 cm verlaging van het stormpeil 200 à 300 miljoen m<sup>3</sup> gestort moet worden.
- De platen in het westelijk deel op te hogen; alle platen boven extreem hoogwater brengen levert ca. 10 cm hoogwater reductie op. Deze laatste conclusie is op zijn minst verrassend te noemen.

Het verlagen van plaatniveau's is geen goede maatregel om stormvloedpeilen te reduceren.

Omgekeerd moet gerekend worden op een verhoging van het stormpeil indien:

- De platen in het oostelijk deel worden verhoogd tot boven extreem hoogwater; alle platen in het oosten ophogen resulteert in een 20 à 40 cm hoger peil tijdens storm.
- De (hoofd)geulen worden verruimd; waarschijnlijk geldt deze conclusie ook voor de nevengeulen. Een extra bergingscapaciteit van 200 à 300 miljoen m<sup>3</sup> levert een ca. 10 cm hoger stormvloedpeil op.

Ingrepen met een meer realistisch omvang, zoals een volgende vaarwegverdieping blijken in het algemeen slechts een marginale invloed op de hoogwaterstanden te hebben.

Naast deze inhoudelijke conclusies t.a.v. de hoog- en laagwaterstanden in het estuarium wordt geconcludeerd dat het model vaak last heeft van instabiliteiten. In verband hiermee is het moeilijk om verschillen in de orde grootte van centimeters met voldoende significantie vast te stellen.

## 8. Aanbevelingen

Uit de berekeningen is gebleken dat bij de effectbepaling van ingrepen op de hoogwaterstanden onderscheid gemaakt moet worden tussen normale getijomstandigheden en stormvloedomstandigheden. Om te kijken hoe een ingreep doorwerkt op de veiligheid zal dit onderscheid dan ook expliciet gemaakt moeten worden. In het huidige onderzoek is gerekend met de opgetreden storm van februari 1990. De berekende opzet bij deze storm bedroeg in Vlissingen maximaal ca. 1 meter en in Hansweert/ Bath ca. 1,5 meter. Vanwege de opzetafhankelijkheid van de invloed van ingrepen kan niet met deze berekeningen worden volstaan om uitspraken te doen over de veiligheid. Voor extrapolatie naar extreme stormomstandigheden wordt aanbevolen om systematisch te rekenen met een opzet van 0, 1, 2, 3 en 4 meter. Daarnaast kan met een constante wind gerekend worden (0, 10, 20 m/s uit het westen).

In het onderzoek is de ruis op de resultaten (te) groot. Er treden veel kleine instabiliteiten op die de resultaten beïnvloeden. Bij Terneuzen zijn de instabiliteiten zo groot dat dit station niet meegenomen is in de analyse. Aanbevolen wordt om hier nader naar te kijken.

Het model laat nog steeds grote afwijkingen zien ten opzichte van de metingen. Oorzaken hiervan zijn hoogstwaarschijnlijk het feit dat geen variabel windveld is ingevoerd en de ruwheid op de platen. Er wordt aanbevolen om deze afwijkingen nader te onderzoeken en het model zo goed mogelijk hierop af te regelen voor stormvloedomstandigheden. De resultaten van het model zouden dan ook in absolute zin waarde krijgen.

## 9. Literatuurlijst

- Dam, G., De afregelprocedure van het SCALWEST-model onder stormvloedomstandigheden, werkdocument RIKZ/OS-98.894X, december 1998.
- Jansen, M. H. P., 1997, Bouw, Calibratie en Verificatie SCALWEST, Ingenieursbureau Svašek bv, rapport nr. 1011.
- Svašek, 1999a, Het SCALWEST-model in het intergetijdengebied, een eerste verkenning naar afwijkingen tussen model en veldmetingen, rapport 99312/1115.
- Svašek, 1999b, Zandwinning Westerschelde, rapport 99472/1137.

## 10. Figuren

Figuur 2.1: Rooster SCALWEST-model

Figuur 3.1 t/m 3.6: Waterstanden storm 1990 met verschillende ruwheden op platen

Figuur 3.7: Verschillen hoog- en laagwater en fase berekening 2

Figuur 3.8a : Opzet vs verschil berekening 2

Figuur 3.8b : Opzet vs verschil berekening 2

Figuur 3.9: Verschillen hoog- en laagwater en fase berekening 3

Figuur 3.10a : Opzet vs verschil berekening 3

Figuur 3.10b : Opzet vs faseverschil berekening 3

Figuur 4.1 t/m 4.3: Bodemverschillen berekeningen

Figuur 4.4: Rooster overstromingsgebieden Schelde, berekening 10

Figuur 4.5: Bodem overstromingsgebieden Schelde, berekening 10

Figuur 4.6 : Verschillen hoog- en laagwater en fase berekening 4

Figuur 4.7a : Opzet vs verschil berekening 4

Figuur 4.7b : Opzet vs faseverschil berekening 4

Figuur 4.8 : Verschillen hoog- en laagwater en fase berekening 5

Figuur 4.9a : Opzet vs verschil berekening 5

Figuur 4.9b : Opzet vs faseverschil berekening 5

Figuur 4.10 : Verschillen hoog- en laagwater en fase berekening 6

Figuur 4.11a : Opzet vs verschil berekening 6

Figuur 4.11b : Opzet vs faseverschil berekening 6

Figuur 4.12 : Verschillen hoog- en laagwater en fase berekening 7

Figuur 4.13a: Opzet vs verschil berekening 7

Figuur 4.13b: Opzet vs faseverschil berekening 7

Figuur 4.14 : Verschillen hoog- en laagwater en fase berekening 8

Figuur 4.15a: Opzet vs verschil berekening 8

Figuur 4.15b: Opzet vs faseverschil berekening 8

Figuur 4.16 : Verschillen hoog- en laagwater en fase berekening 9

Figuur 4.17a : Opzet vs verschil berekening 9

Figuur 4.17b : Opzet vs faseverschil berekening 9

Figuur 4.18 : Verschillen hoog- en laagwater en fase berekening 10

Figuur 4.19a : Opzet vs verschil berekening 10

Figuur 4.19b : Opzet vs faseverschil berekening 10

Figuur 5.1 t/m 5.3: Bodemverschillen berekeningen

Figuur 5.4 : Verschillen hoog- en laagwater en fase berekening 11

Figuur 5.5a : Opzet vs verschil berekening 11

Figuur 5.5b : Opzet vs faseverschil berekening 11

Figuur 5.6 : Verschillen hoog- en laagwater en fase berekening 12

Figuur 5.7a : Opzet vs verschil berekening 12

Figuur 5.7b : Opzet vs faseverschil berekening 12

Figuur 5.8 : Verschillen hoog- en laagwater en fase berekening 13

Figuur 5.9a : Opzet vs verschil berekening 13

Figuur 5.9b : Opzet vs faseverschil berekening 13

Figuur 5.10 : Verschillen hoog- en laagwater en fase berekening 14

Figuur 5.11a: Opzet vs verschil berekening 14

Figuur 5.11b: Opzet vs faseverschil berekening 14

Figuur 5.12 : Verschillen hoog- en laagwater en fase berekening 15

Figuur 5.13a : Opzet vs verschil berekening 15

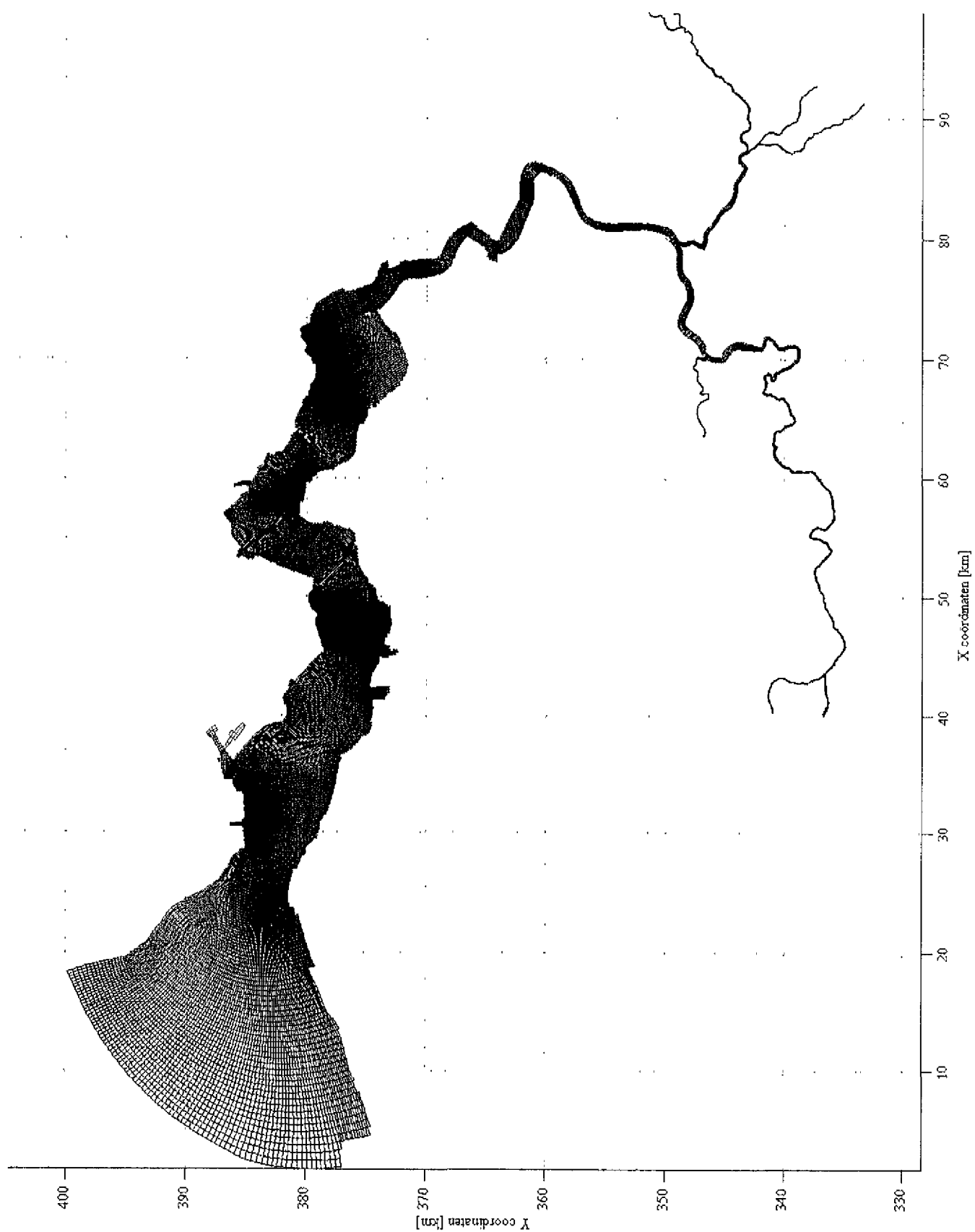
Figuur 5.13b : Opzet vs faseverschil berekening 15

Figuur 5.14 : Verschillen hoog- en laagwater en fase berekening 16

Figuur 5.15a : Opzet vs verschil berekening 16

Figuur 5.15b : Opzet vs faseverschil berekening 16

Figuur 5.16: Principeschets berging platen

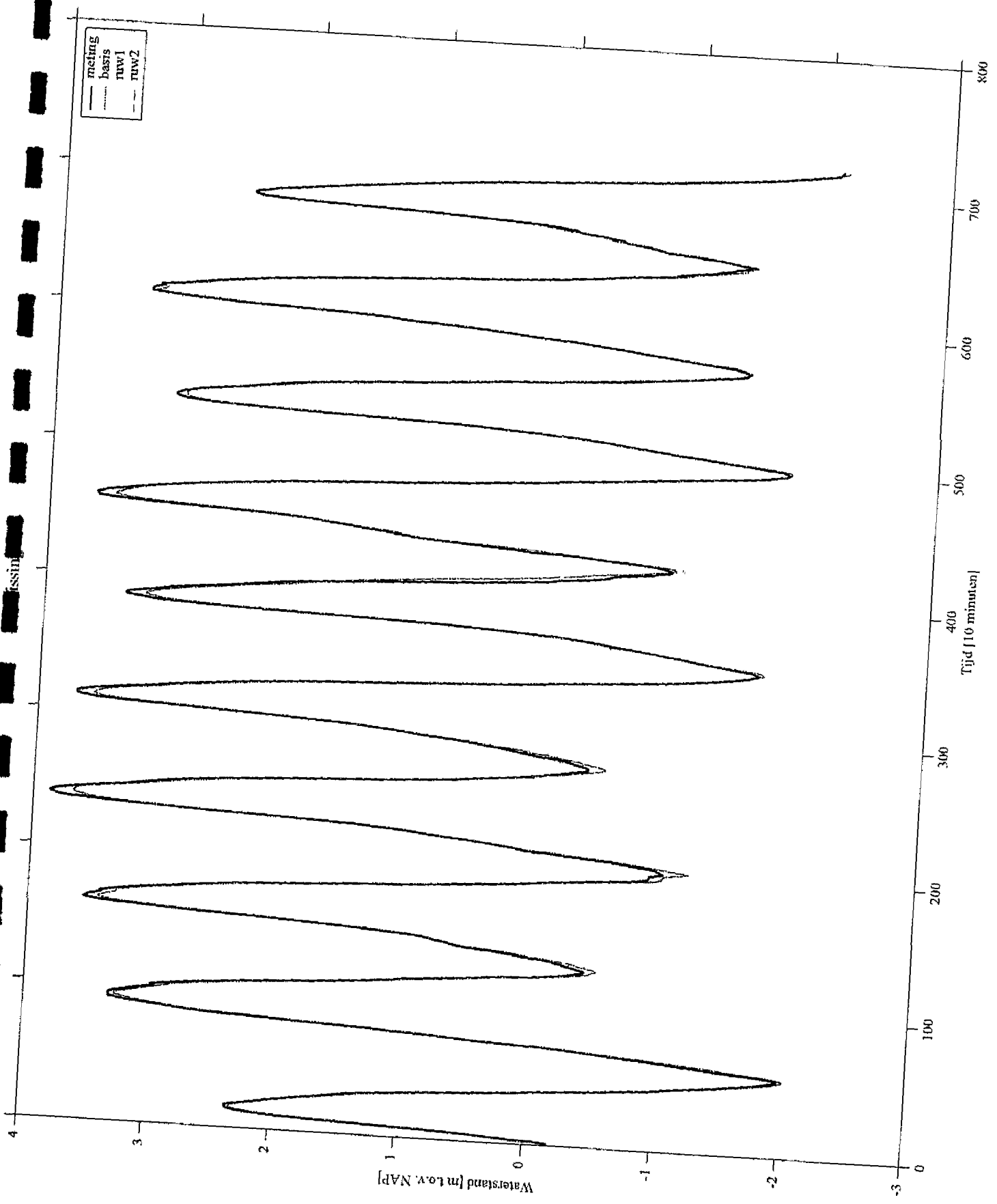


Rooster SCALWEST model

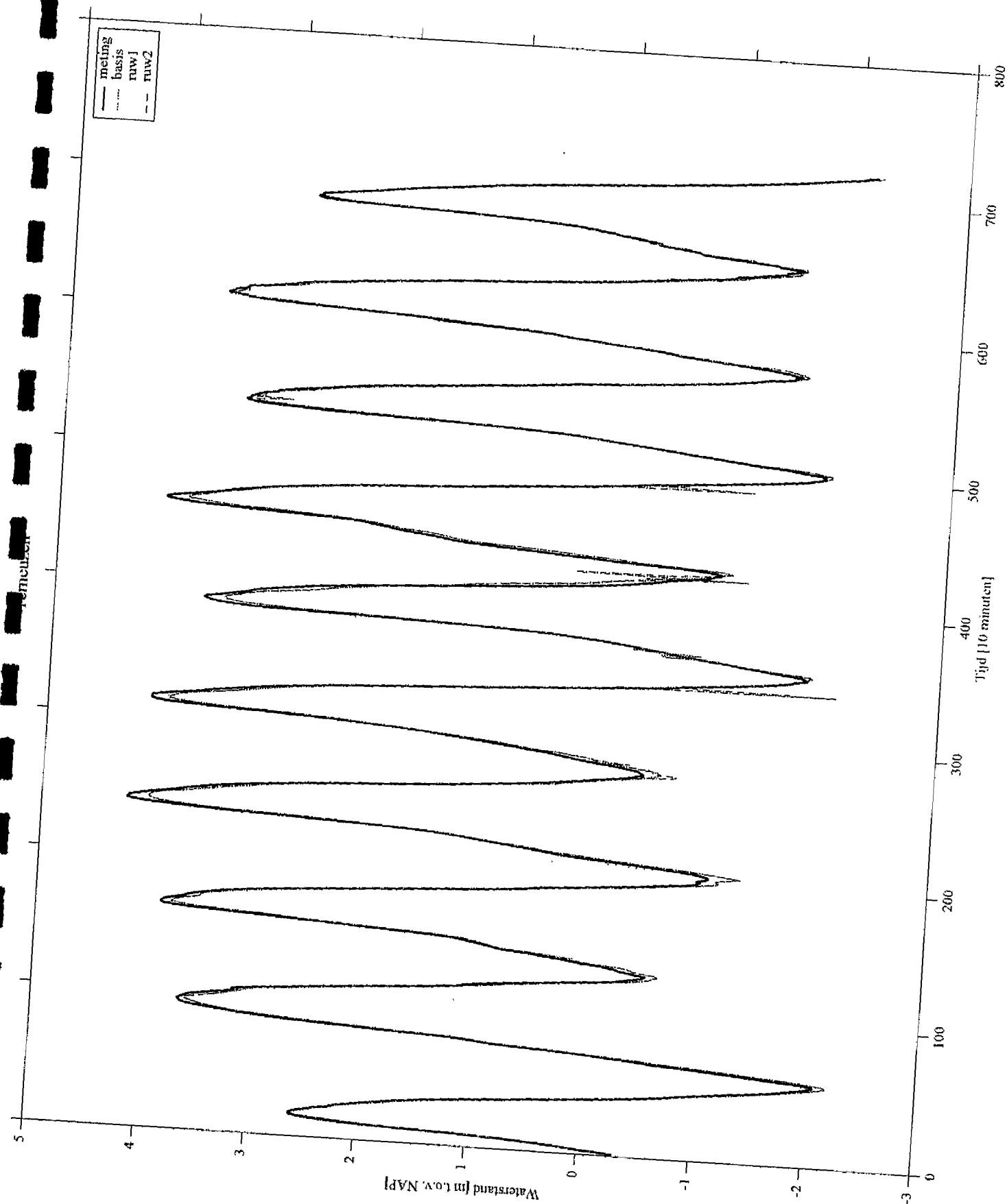
FIGUUR 2.1

1153

28-Jun-2000



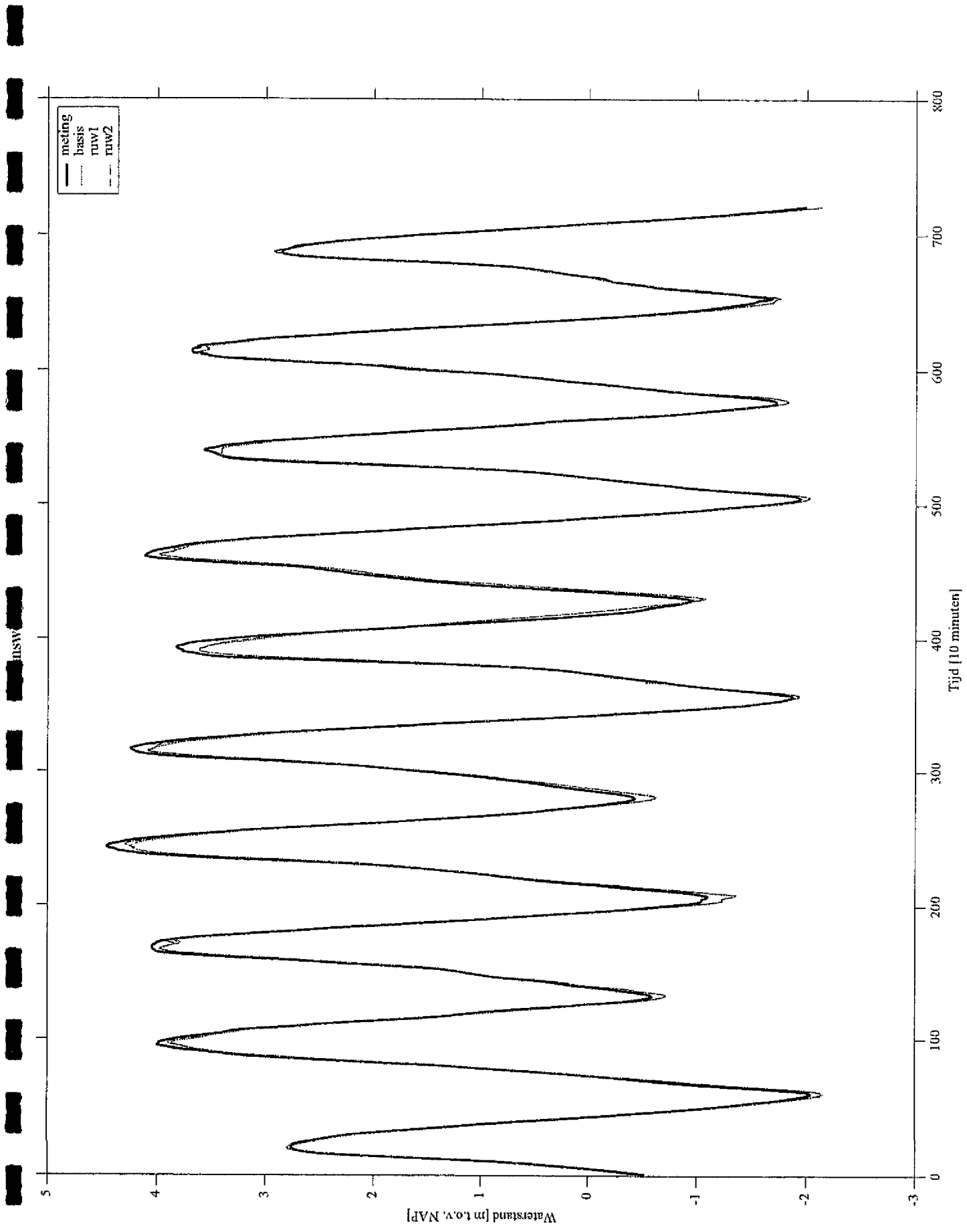


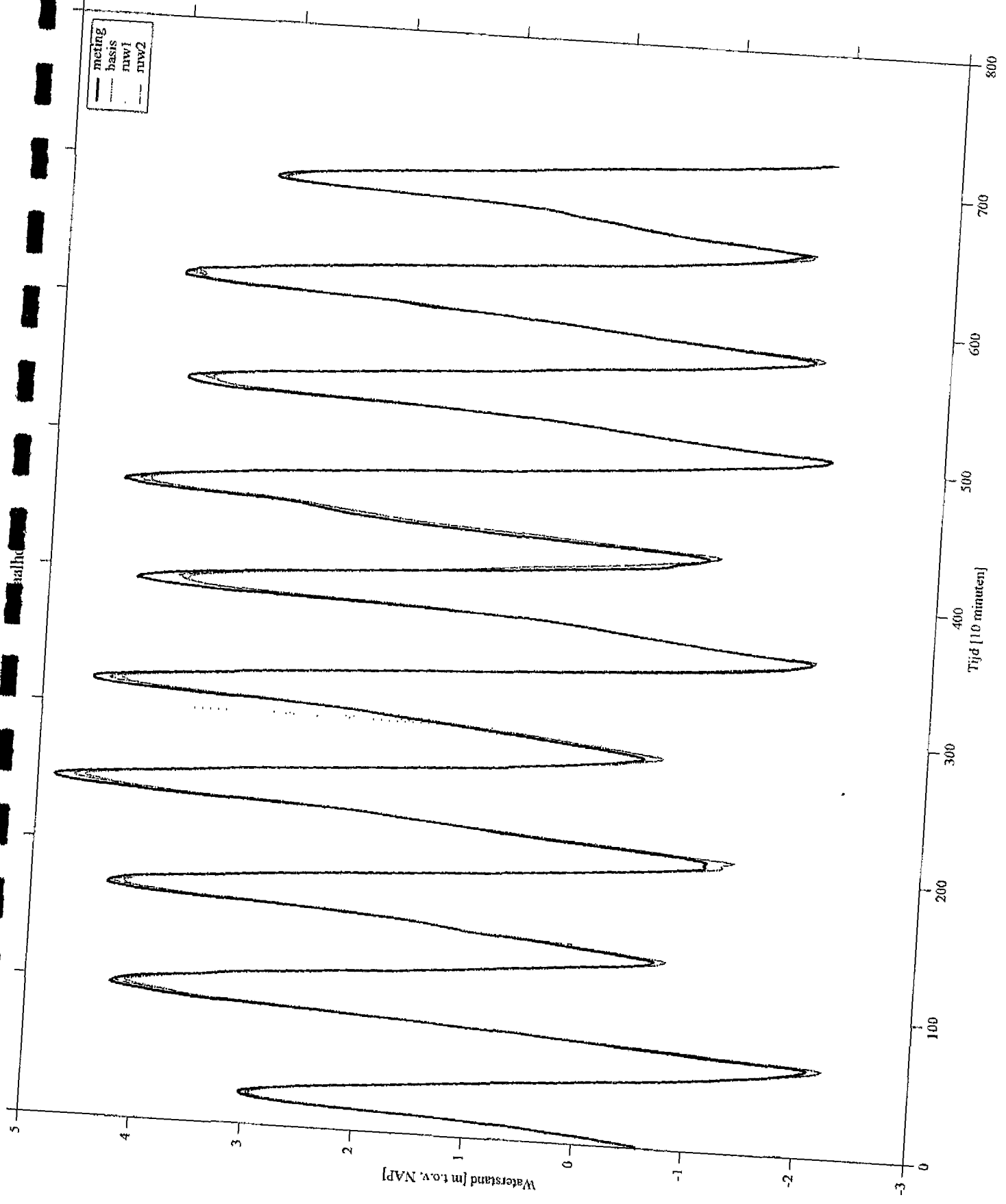


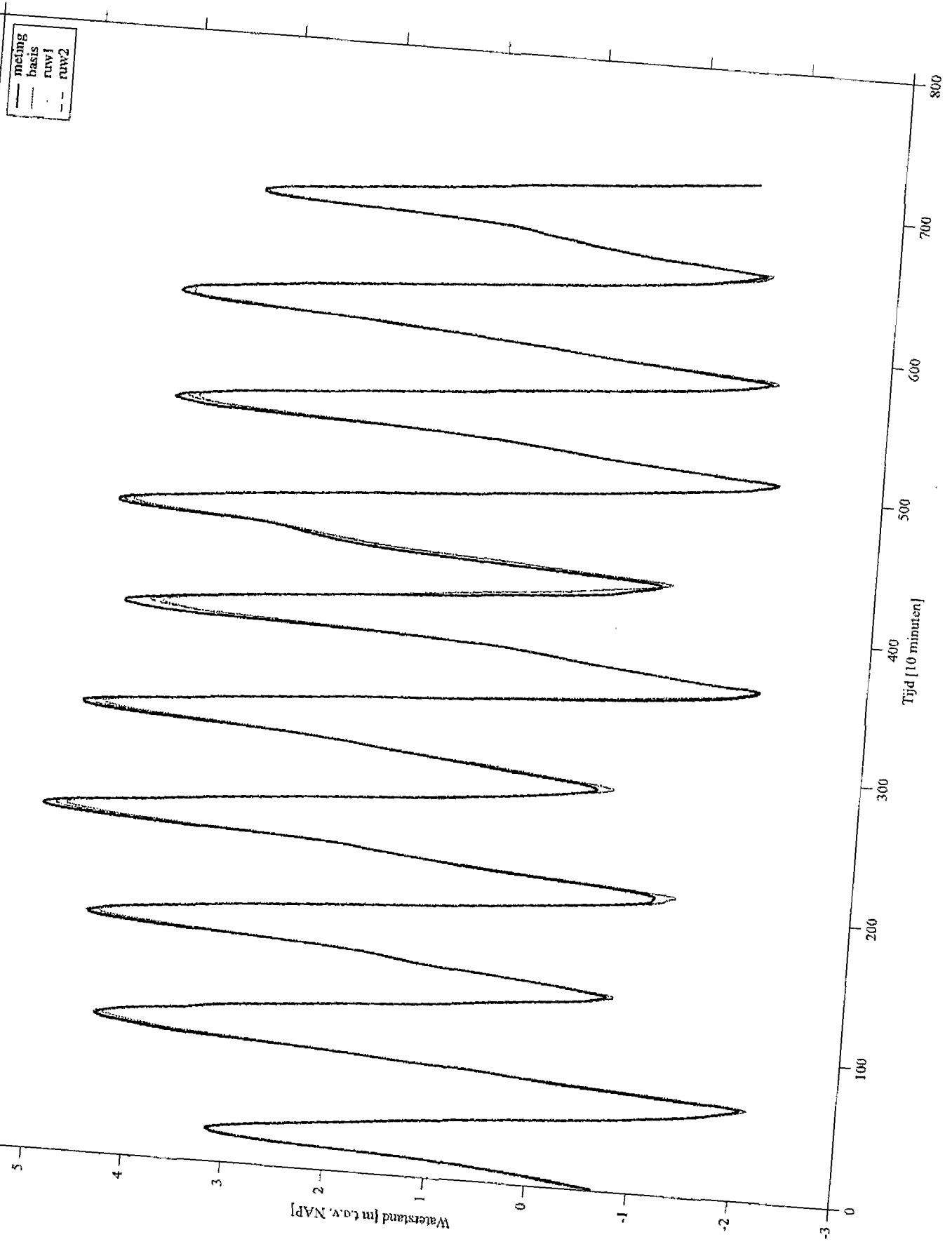
SVASEK

Terneuzen  
Waterstanden storm 1990

FIGUUR 3.2  
1153  
28-Jun-2000



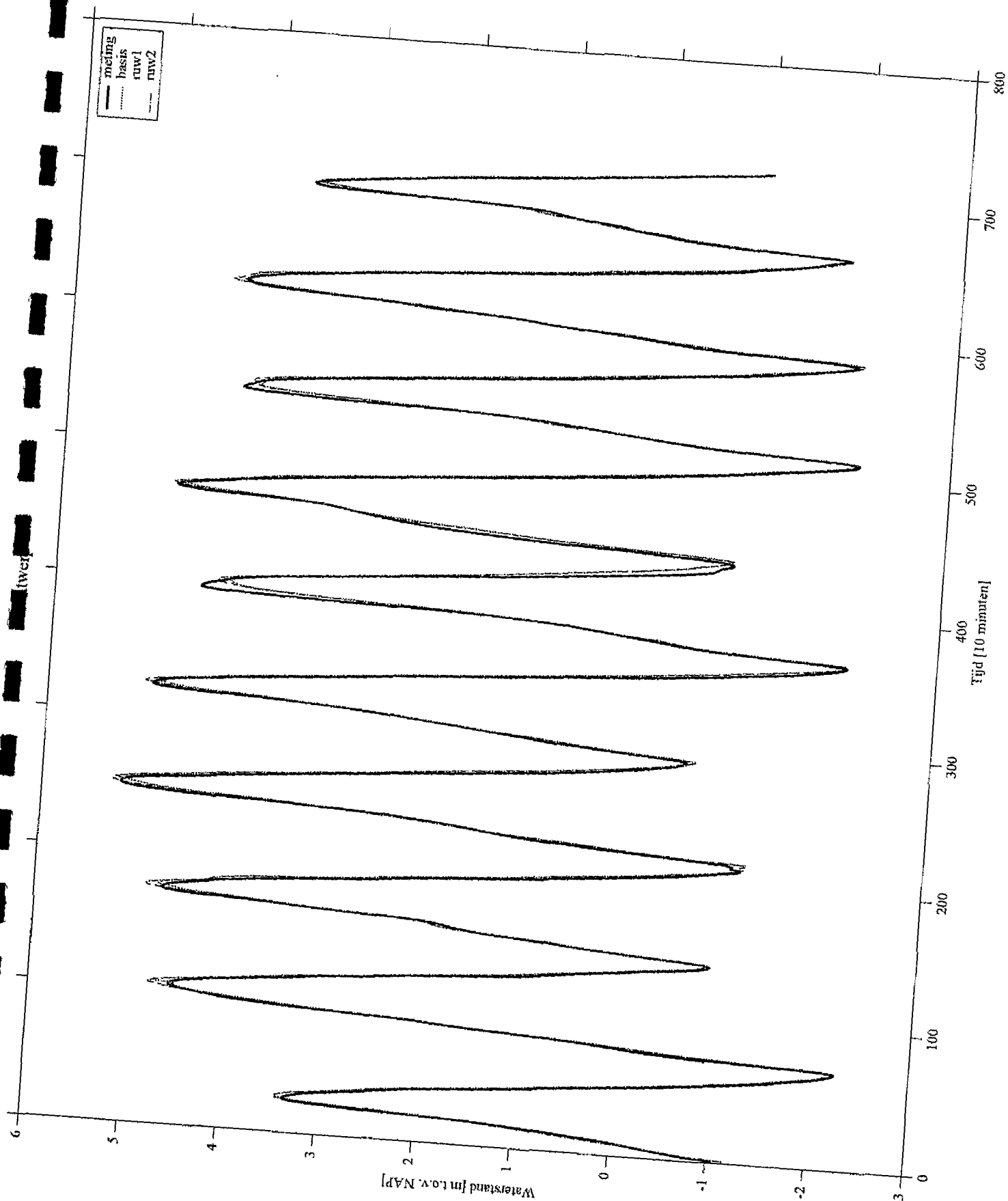




SVASEK

Bath  
Waterstanden storm 1990

FIGUUR 3.5  
1153  
28-Jun-2000



SVASEK

Antwerpen

Waterstanden storm 1990

FIGUUR 3.6

1153

28-Jun-2000



|            | Vershil hoogwaterstanden [m] |       |       |      |       |       |      |       |       |       |
|------------|------------------------------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
|            | hw1                          | hw2   | hw3   | hw4  | hw5   | hw6   | hw7  | hw8   | hw9   | hw10  |
| Vlissingen | 0                            | -0.01 | 0     | 0    | 0     | 0     | 0    | 0     | 0     | 0     |
| Terneuzen  | 0                            | 0     | 0.01  | 0.01 | 0.01  | 0.01  | 0.02 | 0.01  | 0.01  | 0.01  |
| Hansweert  | -0.01                        | 0.03  | -0.01 | 0.06 | -0.01 | -0.01 | 0    | -0.01 | -0.01 | -0.01 |
| Baalhoek   | 0.02                         | 0.08  | 0.11  | 0.09 | 0.11  | 0.09  | 0.09 | 0.1   | 0.08  | 0.02  |
| Bath       | 0.03                         | 0.09  | 0.12  | 0.11 | 0.1   | 0.13  | 0.09 | 0.11  | 0.12  | 0.02  |
| Antwerpen  | 0.03                         | 0.06  | 0.12  | 0.02 | 0.13  | 0.12  | 0.11 | 0.07  | 0.12  | 0.01  |

|            | Vershil laagwaterstanden [m] |      |      |      |       |       |       |       |       |
|------------|------------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            | lw1                          | lw2  | lw3  | lw4  | lw5   | lw6   | lw7   | lw8   | lw9   |
| Vlissingen | 0.02                         | 0.03 | 0    | 0    | -0.01 | -0.13 | 0     | 0     | 0     |
| Terneuzen  | 0                            | 0    | 0    | 0.01 | -0.01 | -0.01 | 0     | 0.01  | 0     |
| Hansweert  | 0.02                         | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.01  | 0.02  | 0.01  | 0.01  | -0.02 |
| Baalhoek   | 0.01                         | 0.03 | 0.01 | 0.03 | 0.01  | 0.03  | -0.01 | -0.01 | -0.01 |
| Bath       | 0.02                         | 0.02 | 0    | 0.03 | 0     | 0.04  | 0     | 0     | 0     |
| Antwerpen  | 0.02                         | 0.03 | 0.01 | 0.02 | 0.01  | 0.05  | 0.02  | 0.03  | 0.01  |

#### Gemiddelde verschillen nuldoorgangen [seconden]

|            |      |
|------------|------|
| Vlissingen | 5    |
| Terneuzen  | -13  |
| Hansweert  | -15  |
| Baalhoek   | -    |
| Bath       | -83  |
| Antwerpen  | -105 |

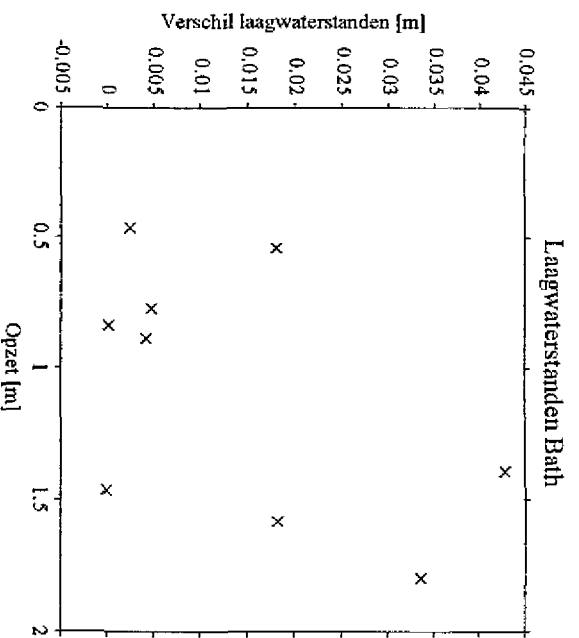
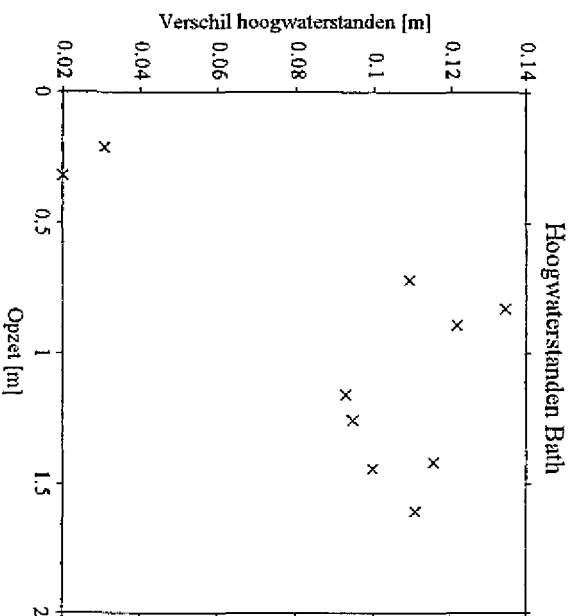
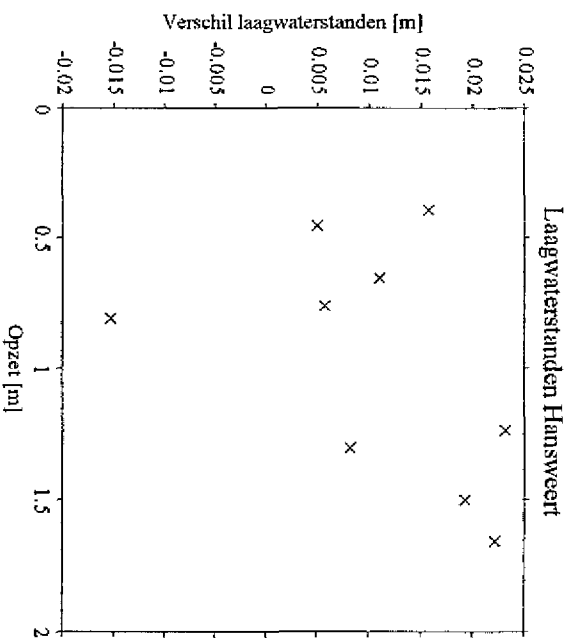
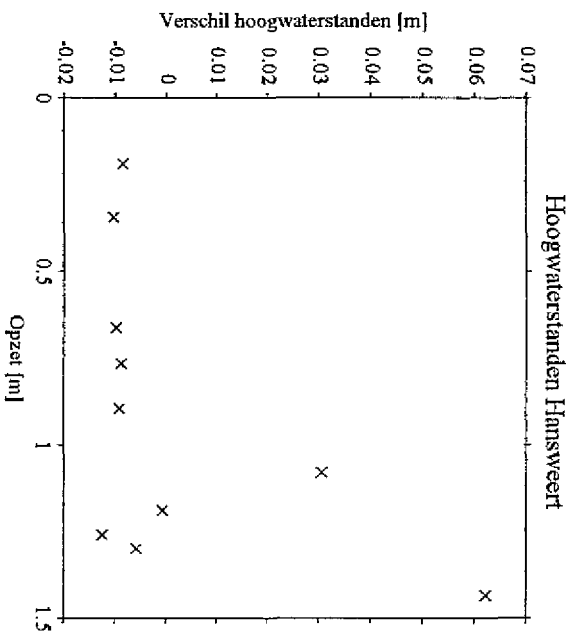
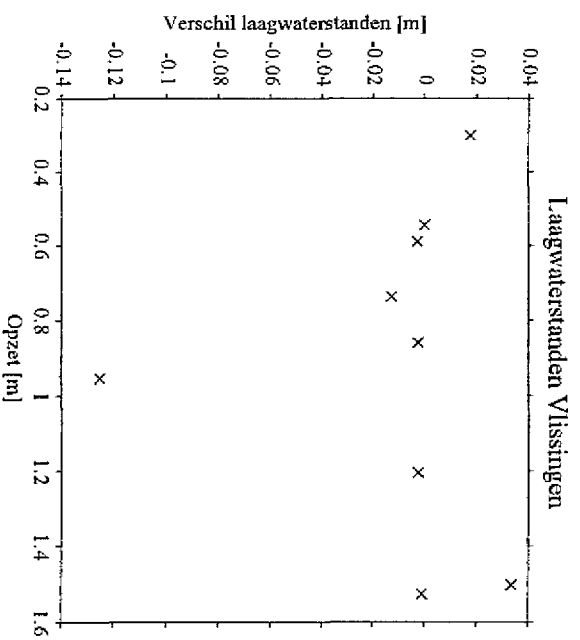
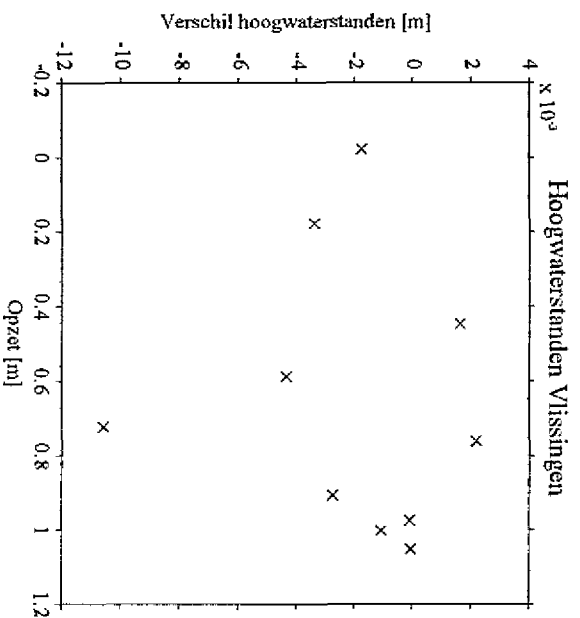
Ruwheid 1

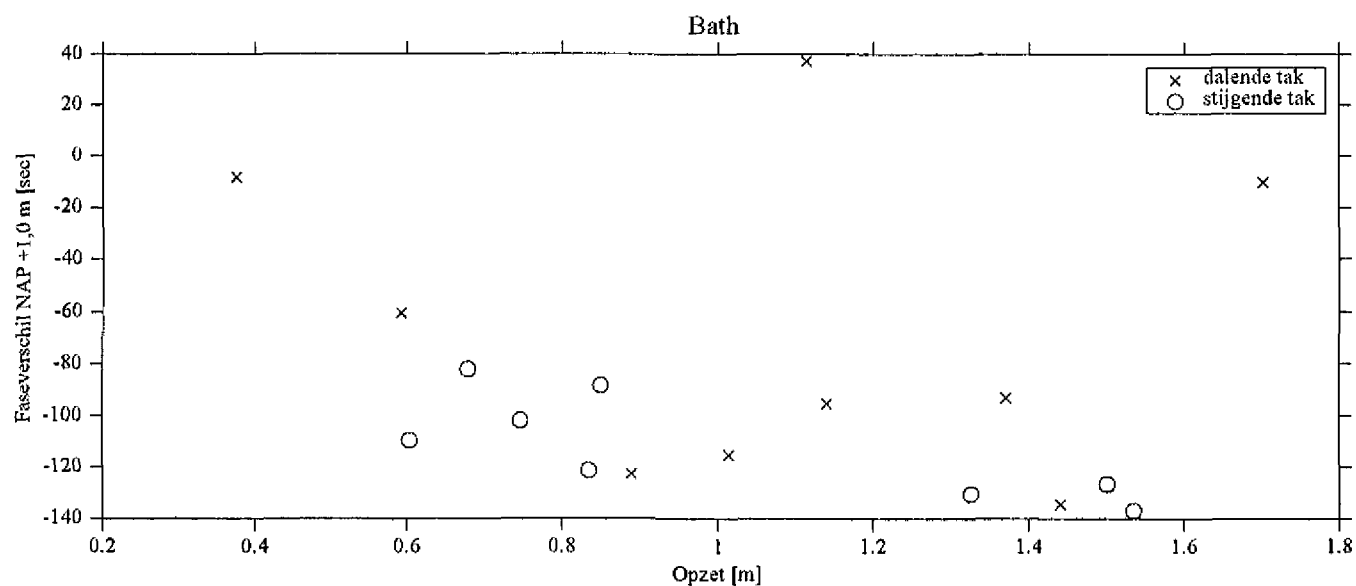
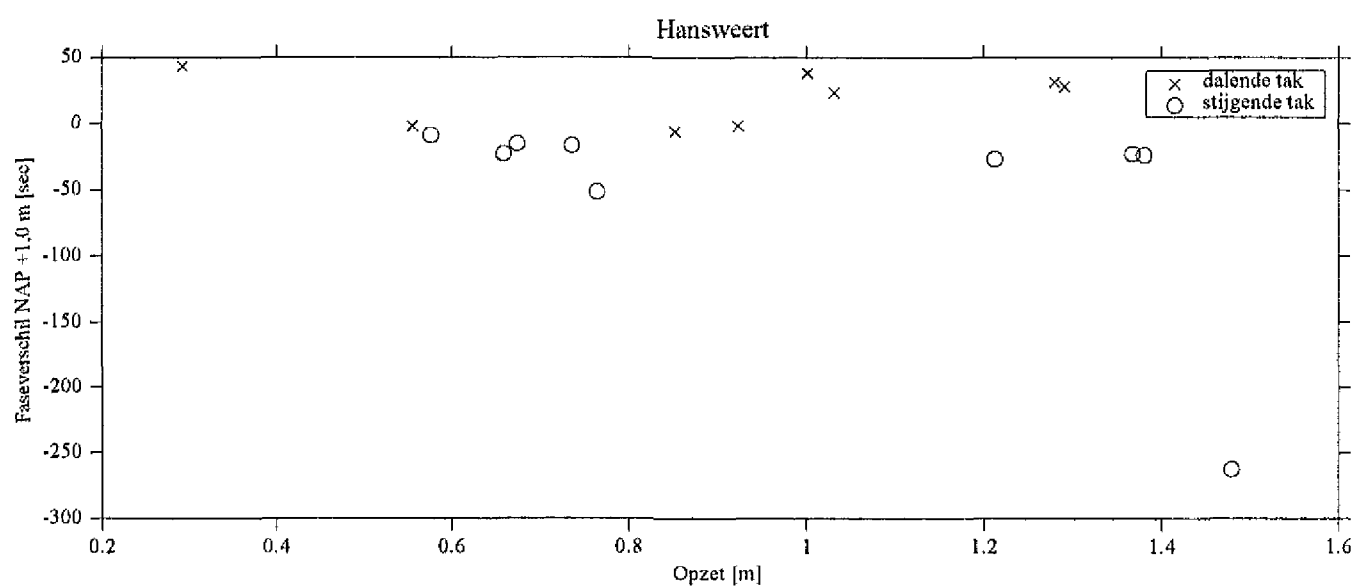
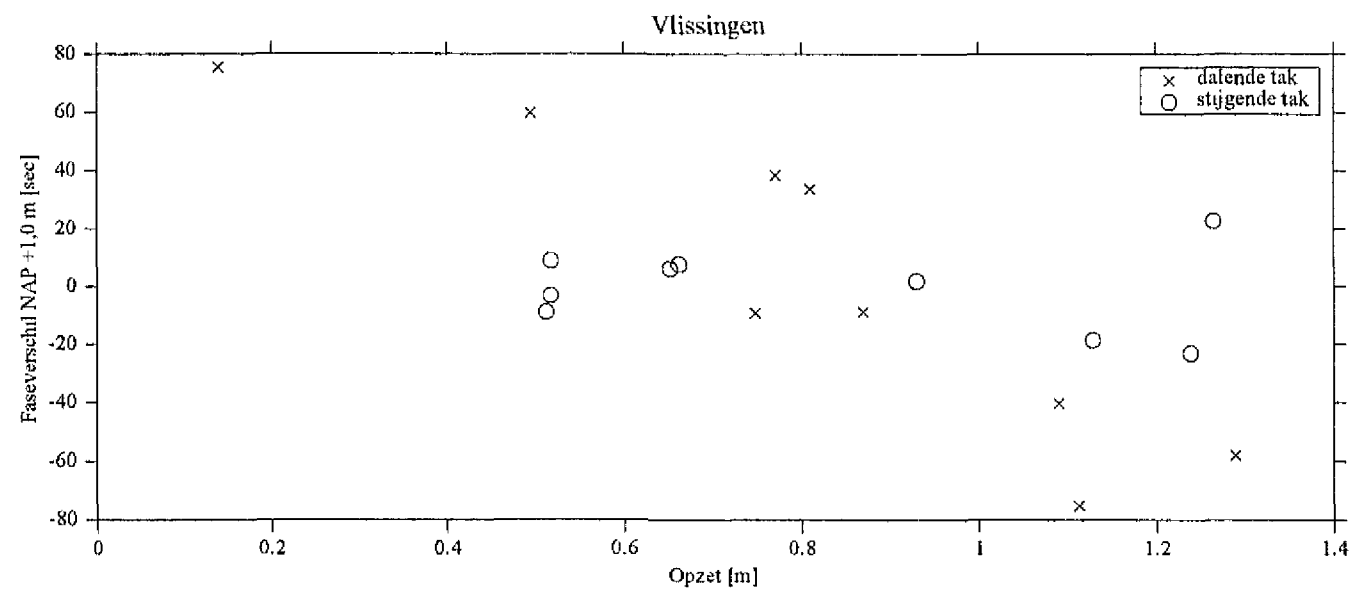
FIGUUR 3.7

1153

Ruwheid > -2 m gehalveerd

28-Jun-2000





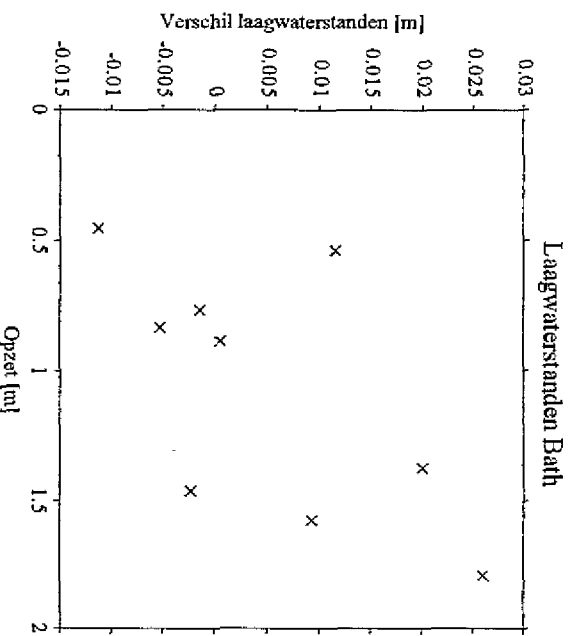
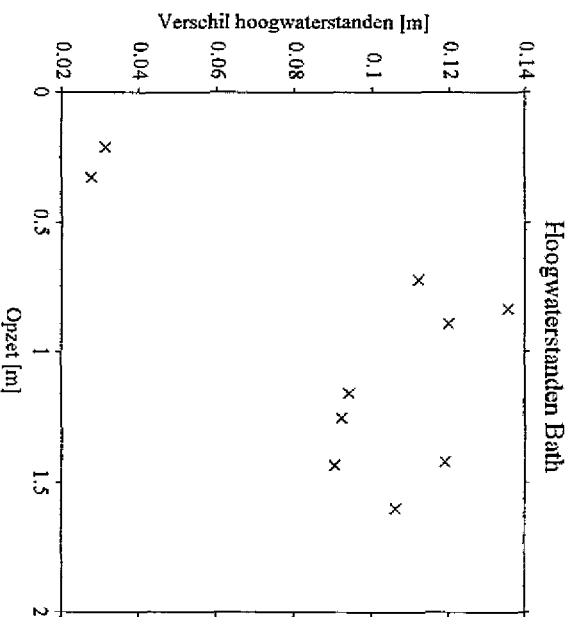
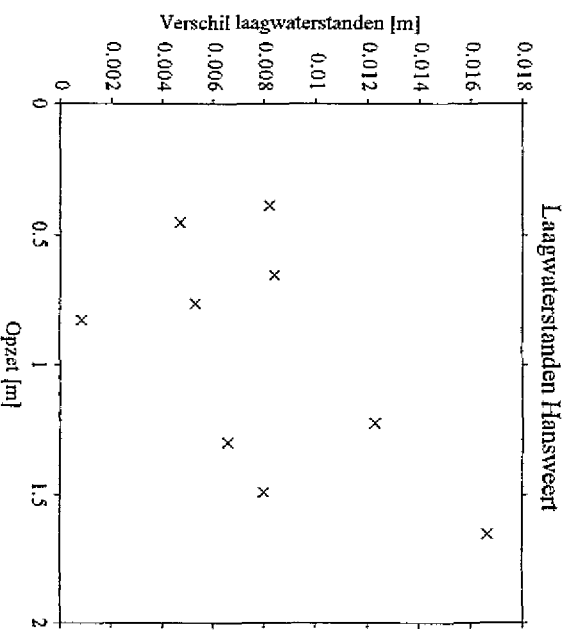
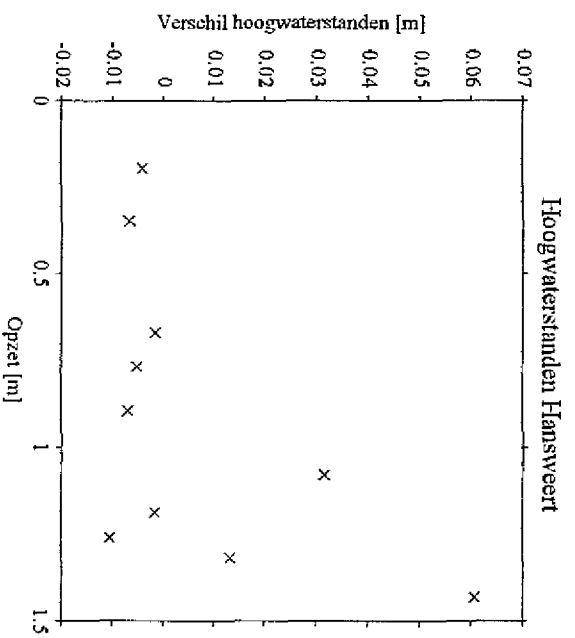
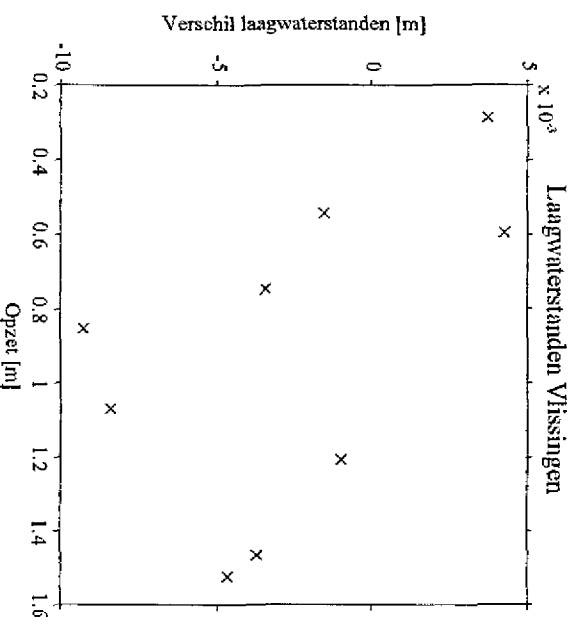
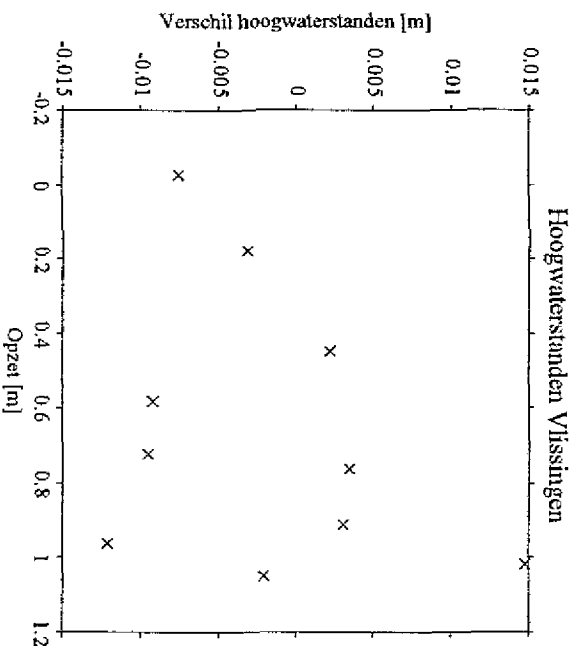


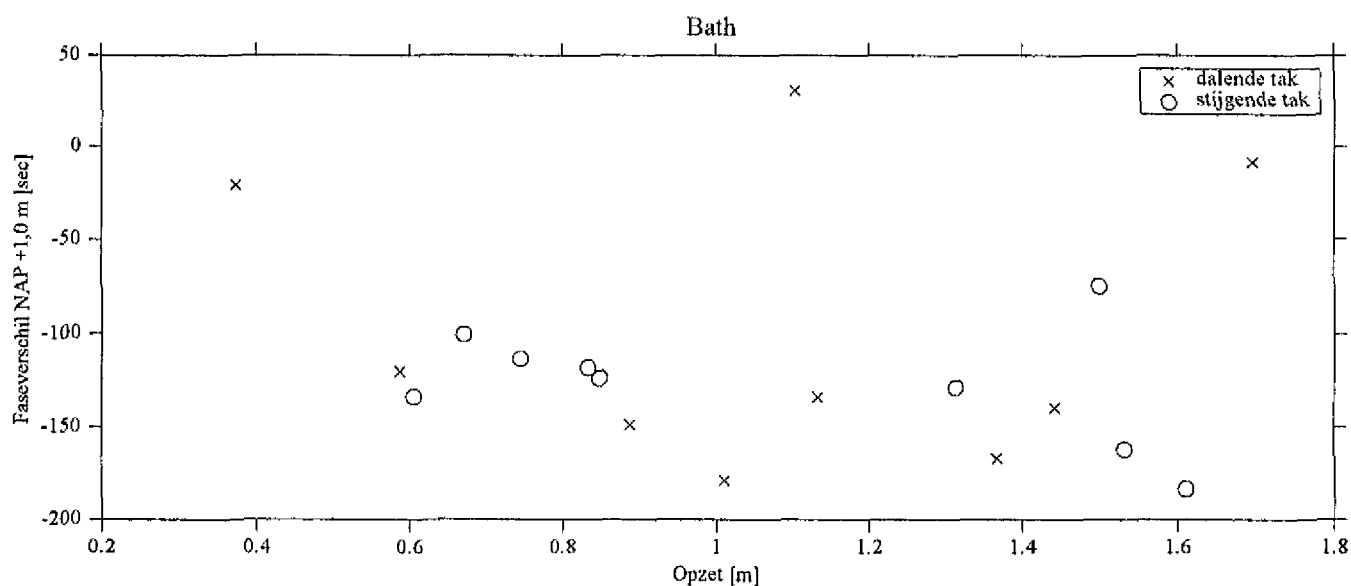
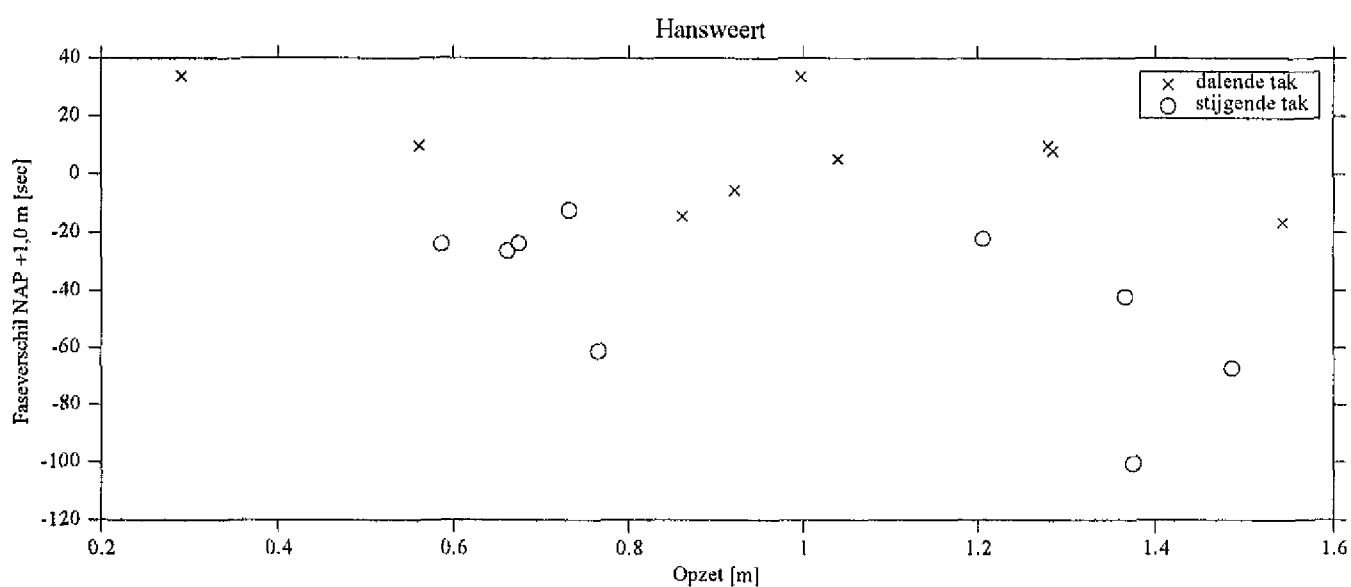
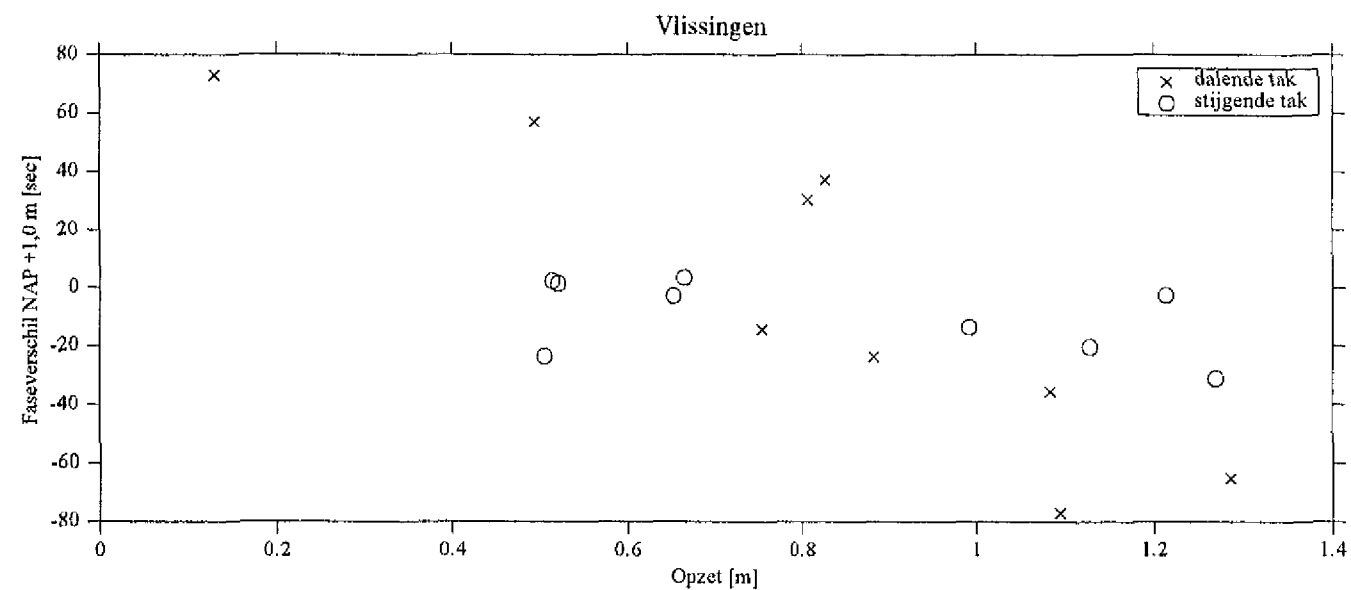
|            | Verskil hoogwaterstanden [m] |       |       |      |      |       |      |      |       |       |
|------------|------------------------------|-------|-------|------|------|-------|------|------|-------|-------|
|            | hw1                          | hw2   | hw3   | hw4  | hw5  | hw6   | hw7  | hw8  | hw9   | hw10  |
| Vlissingen | -0.01                        | -0.01 | -0.01 | 0    | 0.01 | -0.01 | 0    | 0    | 0     | 0     |
| Terneuzen  | ---                          | ---   | ---   | ---  | ---  | ---   | ---  | ---  | ---   | ---   |
| Hansweert  | 0                            | 0.03  | -0.01 | 0.06 | 0.01 | -0.01 | 0    | 0    | -0.01 | -0.01 |
| Baalhoek   | 0.03                         | 0.08  | 0.11  | 0.1  | 0.11 | 0.09  | 0.09 | 0.1  | 0.09  | 0.02  |
| Bath       | 0.03                         | 0.09  | 0.12  | 0.11 | 0.09 | 0.14  | 0.09 | 0.11 | 0.12  | 0.03  |
| Antwerpen  | 0.03                         | 0.08  | 0.12  | 0.02 | 0.13 | 0.11  | 0.11 | 0.08 | 0.11  | 0.02  |

|            | Verskil laagwaterstanden [m] |      |      |      |       |       |      |       |       |
|------------|------------------------------|------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|
|            | lw1                          | lw2  | lw3  | lw4  | lw5   | lw6   | lw7  | lw8   | lw9   |
| Vlissingen | 0                            | 0    | 0    | 0    | 0     | -0.01 | 0    | 0     | -0.01 |
| Terneuzen  | ---                          | ---  | ---  | ---  | ---   | ---   | ---  | ---   | ---   |
| Hansweert  | 0.01                         | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01  | 0.01  | 0.01 | 0     | 0     |
| Baalhoek   | 0                            | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.01  | 0.02  | 0    | -0.01 | 0     |
| Bath       | 0.01                         | 0.01 | 0    | 0.03 | -0.01 | 0.02  | 0    | -0.01 | 0     |
| Antwerpen  | 0.01                         | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0     | 0.03  | 0    | 0.02  | 0.01  |

Gemiddelde verschillen nuldoorgangen [seconden]

|            |      |
|------------|------|
| Vlissingen | -1   |
| Terneuzen  | -32  |
| Hansweert  | -17  |
| Baalhoek   | -83  |
| Bath       | -112 |
| Antwerpen  | -124 |





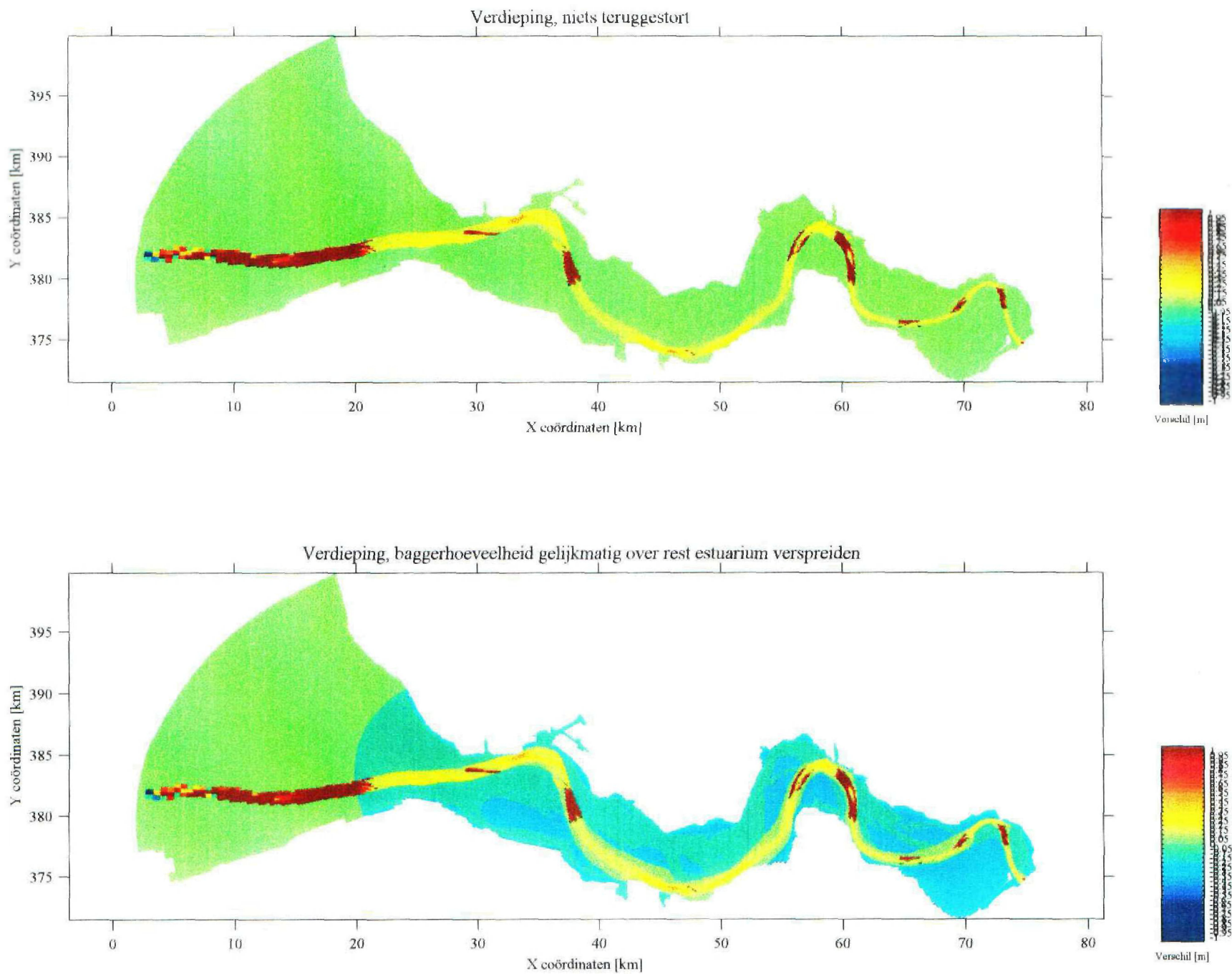
Opzet vs faseverschil NAP +1,0 m

FIGUUR 3.10b

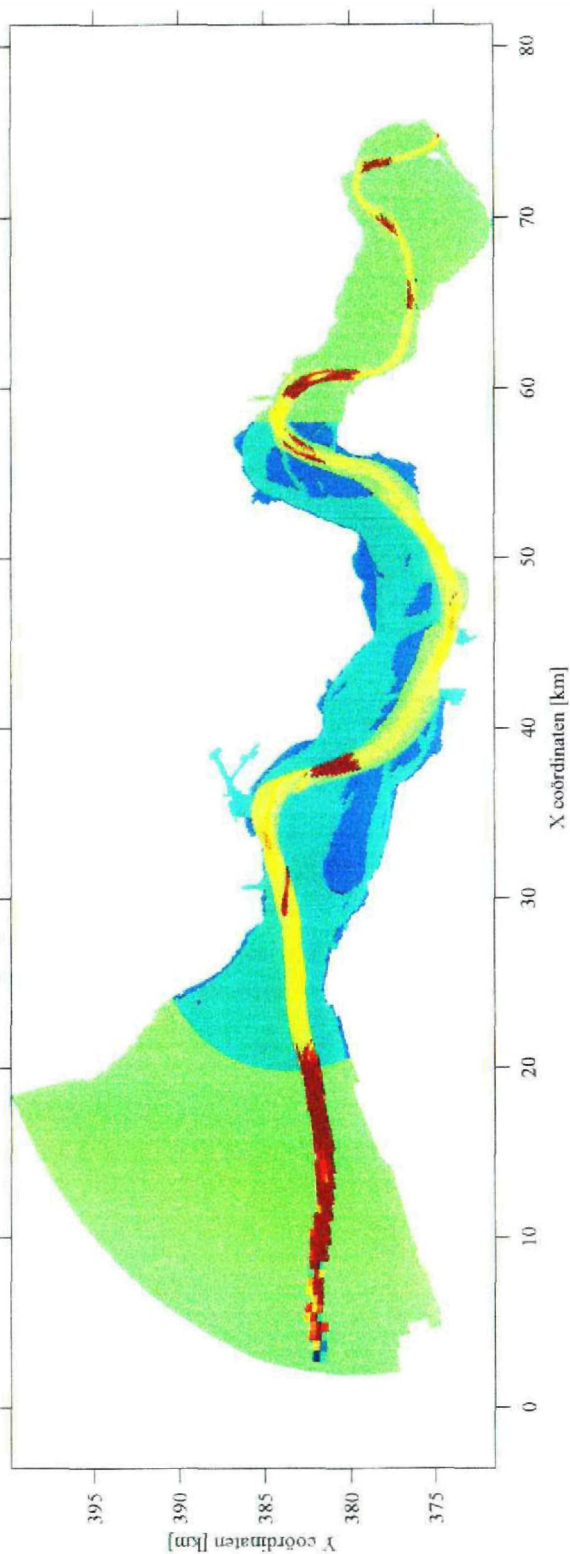
1153

Ruwheid 2: Ruwheid tussen -4 en 0 m geleid, gehalveerd tot boven 0 m

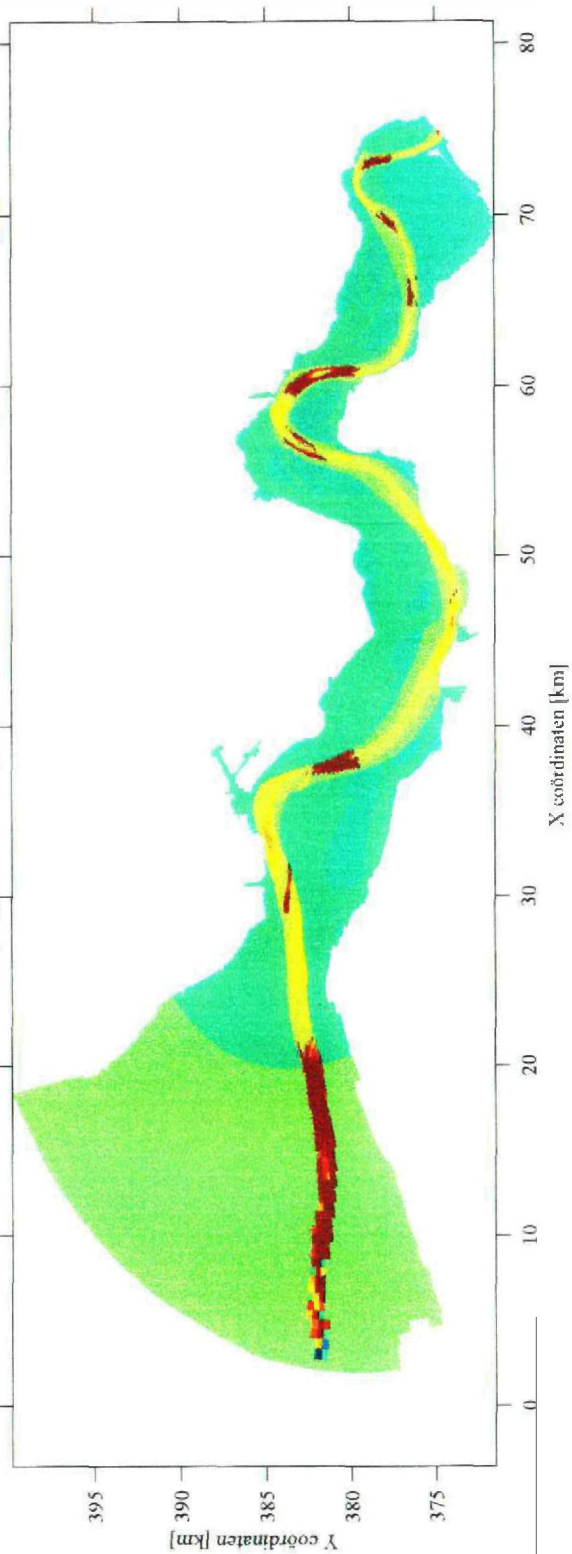
28-Jun-2000



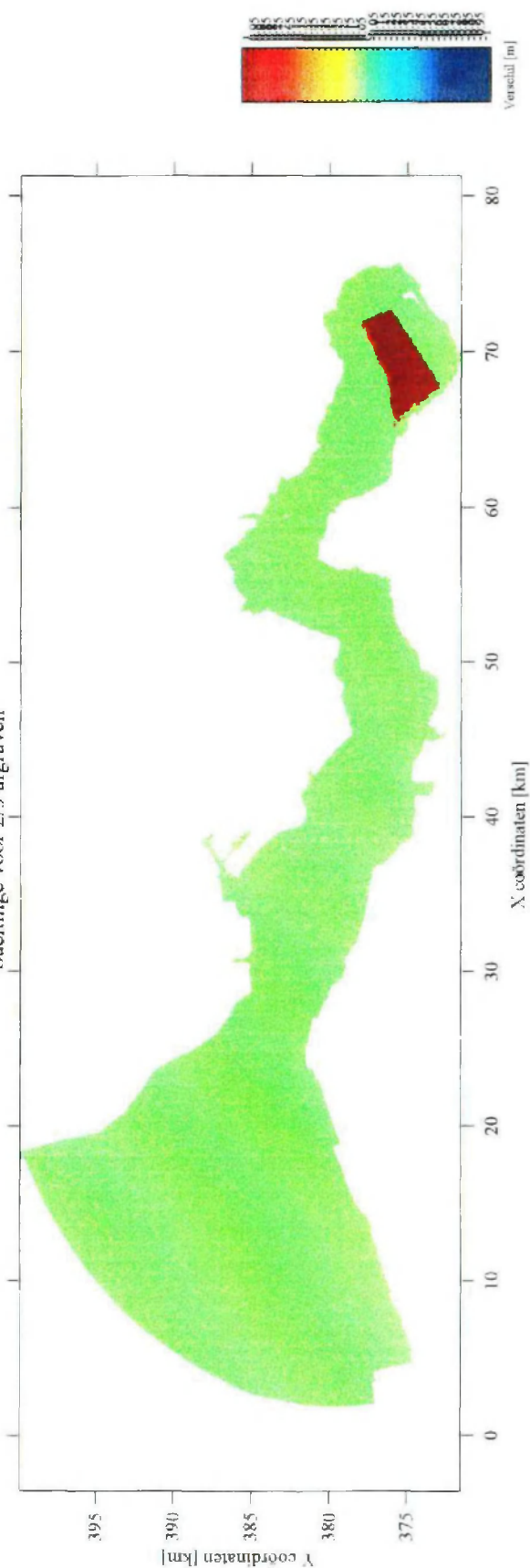
Verdieping, baggerhoeveelheid storten in westelijk deel



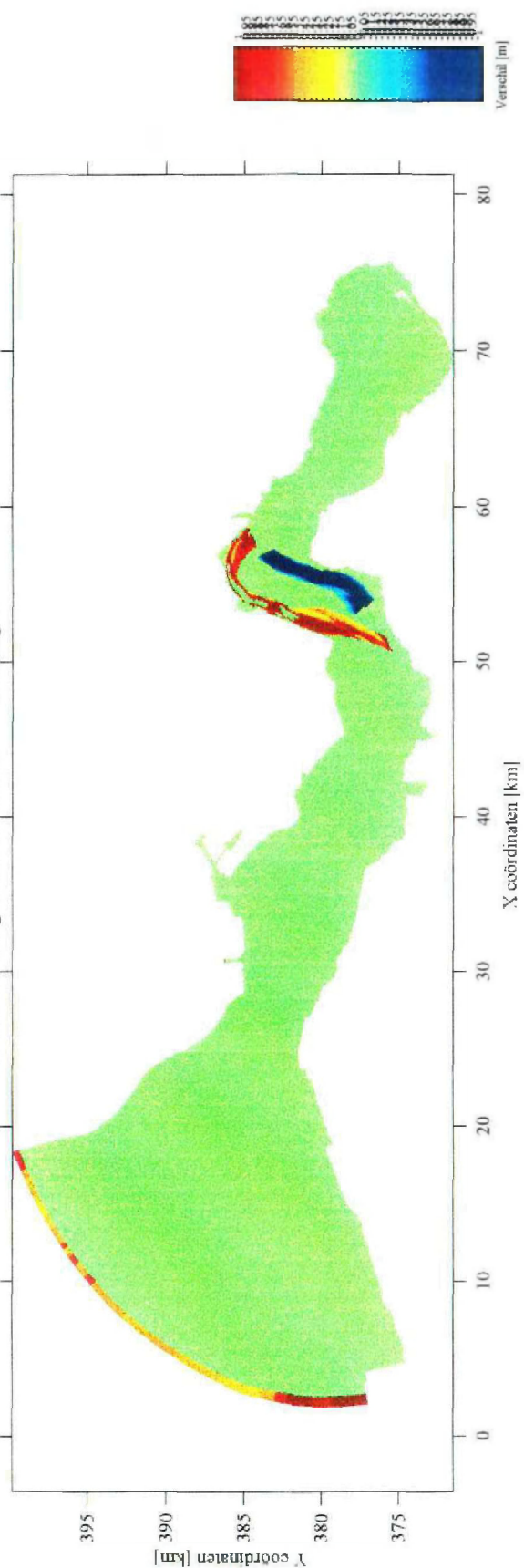
Verdieping, de helft terugstorten over rest estuarium



Saellinge voor 2/3 afgraven

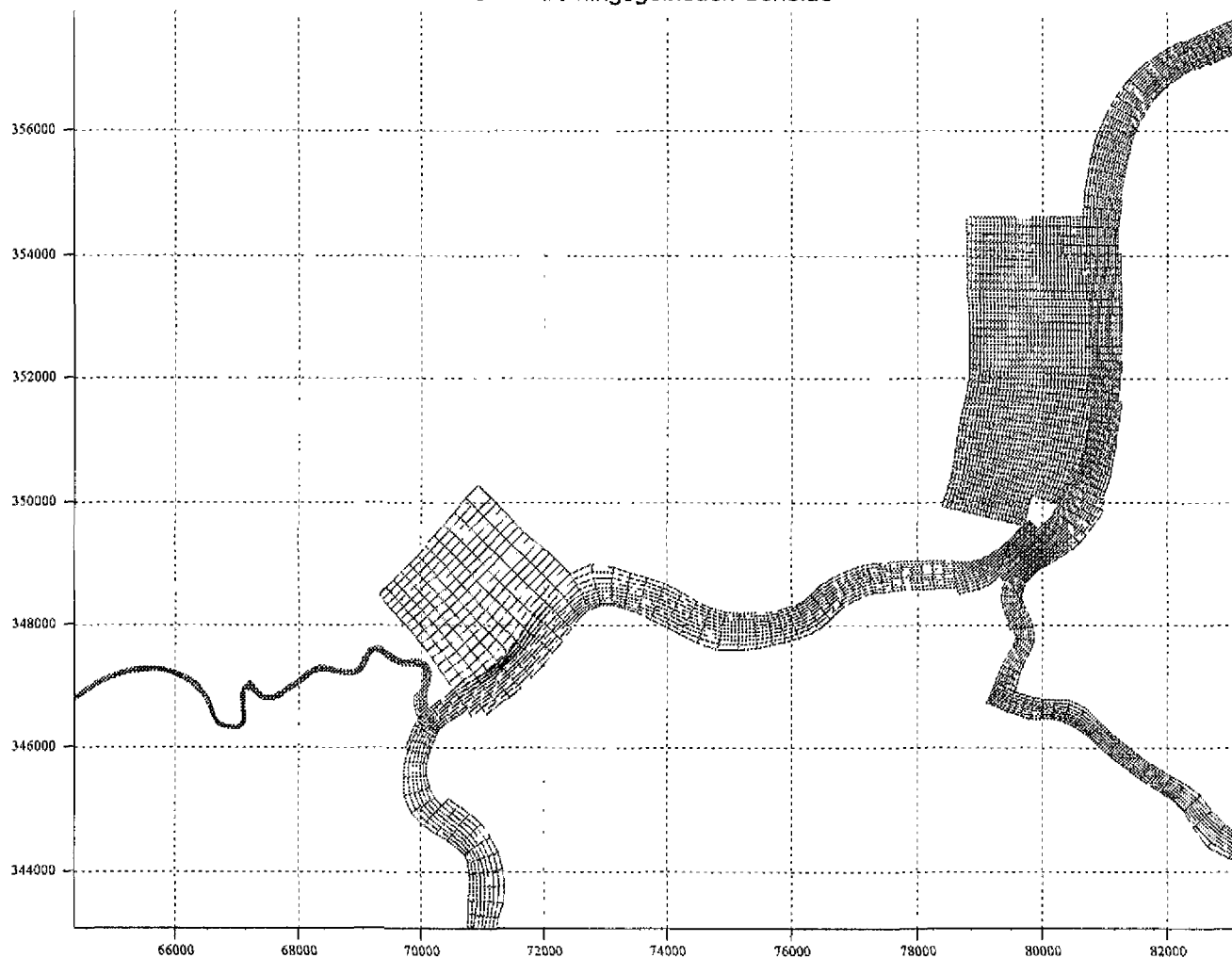


Functioniewisseling Gat v. Ossensisse <-> Middelgat





# Overstromingsgebieden Schelde



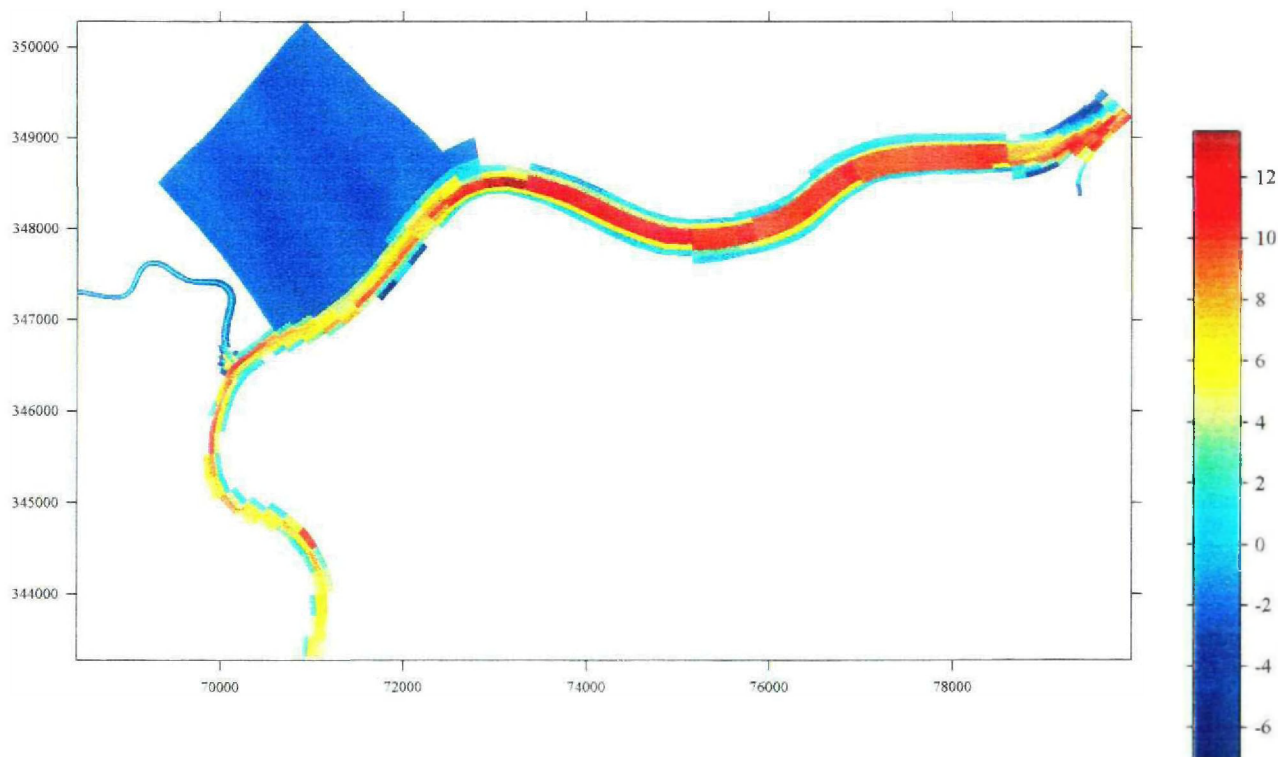
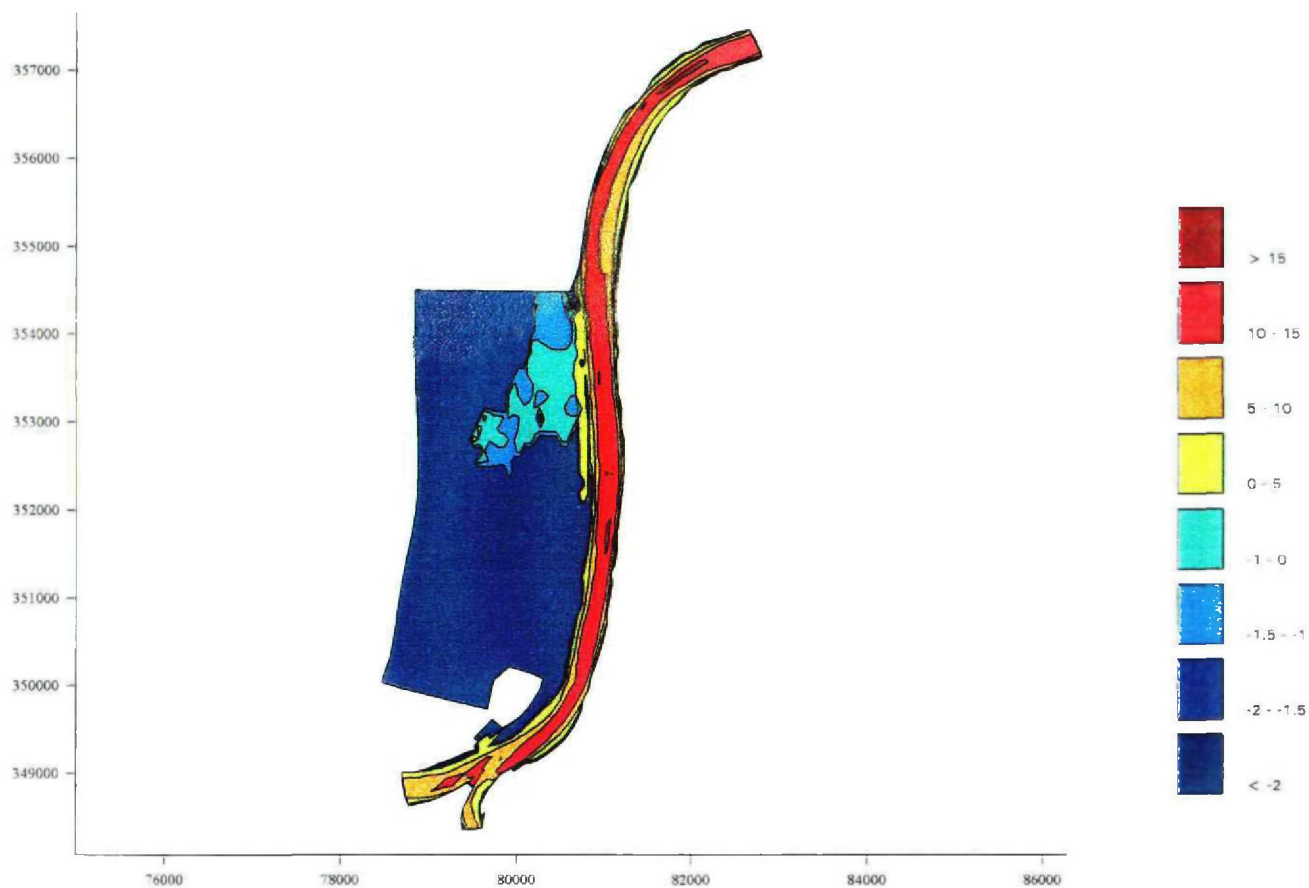
Rooster overstromingsgebieden Schelde

Berekening 10

FIGUUR 4.4

1153

28-Jun-2000







|            | Verschil hoogwaterstanden [m] |      |      |      |       |      |      |      |      |      |
|------------|-------------------------------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|
|            | hw1                           | hw2  | hw3  | hw4  | hw5   | hw6  | hw7  | hw8  | hw9  | hw10 |
| Vlissingen | 0.01                          | 0.01 | 0.01 | 0    | -0.01 | 0.01 | 0    | 0    | 0    | 0.01 |
| Terneuzen  | ---                           | ---  | ---  | ---  | ---   | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  |
| Hansweert  | 0.01                          | 0.01 | 0    | 0.01 | -0.01 | 0.01 | 0    | 0    | 0.01 | 0.01 |
| Baalhoek   | 0.02                          | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01  | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.02 |
| Bath       | 0.02                          | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.03  | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0.02 |
| Antwerpen  | 0.03                          | 0    | 0.03 | 0.03 | 0.02  | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0    | 0.03 |

|            | Verschil laagwaterstanden [m] |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            | lw1                           | lw2   | lw3   | lw4   | lw5   | lw6   | lw7   | lw8   | lw9   |
| Vlissingen | -0.02                         | 0     | -0.01 | 0     | -0.01 | -0.01 | -0.01 | -0.01 | 0     |
| Terneuzen  | ---                           | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   |
| Hansweert  | -0.02                         | -0.01 | -0.04 | -0.02 | -0.02 | -0.01 | -0.03 | -0.02 | -0.03 |
| Baalhoek   | -0.03                         | -0.01 | -0.02 | -0.03 | -0.03 | -0.02 | -0.04 | -0.03 | -0.03 |
| Bath       | -0.04                         | -0.03 | -0.04 | -0.03 | -0.03 | -0.03 | -0.05 | -0.04 | -0.03 |
| Antwerpen  | -0.05                         | -0.03 | -0.04 | -0.03 | -0.04 | -0.03 | -0.03 | -0.07 | -0.03 |

#### Gemiddelde verschillen nuldoorgangen [seconden]

|            |     |
|------------|-----|
| Vlissingen | -6  |
| Terneuzen  | -   |
| Hansweert  | -13 |
| Baalhoek   | -43 |
| Bath       | -66 |
| Antwerpen  | -68 |

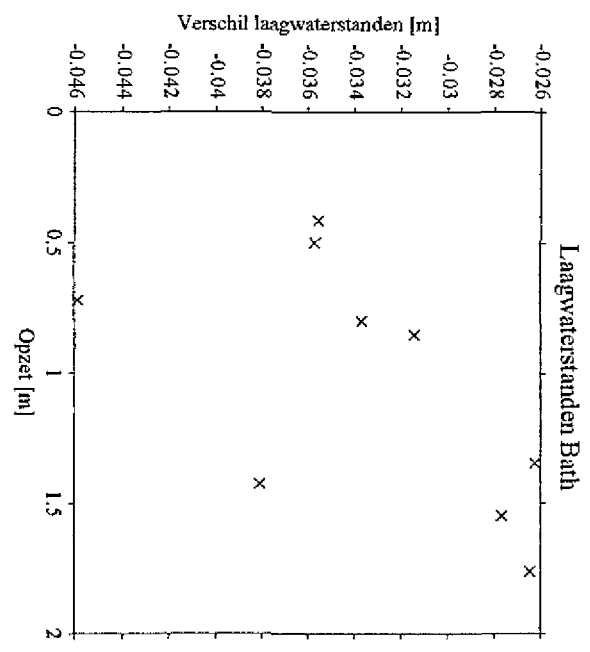
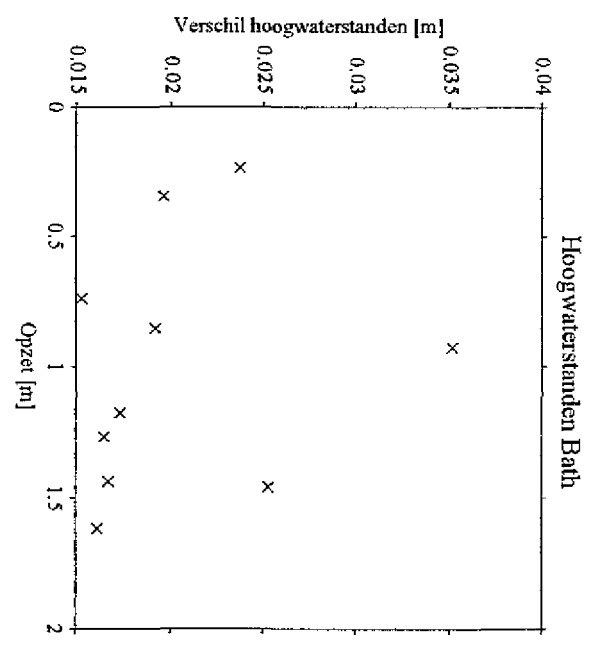
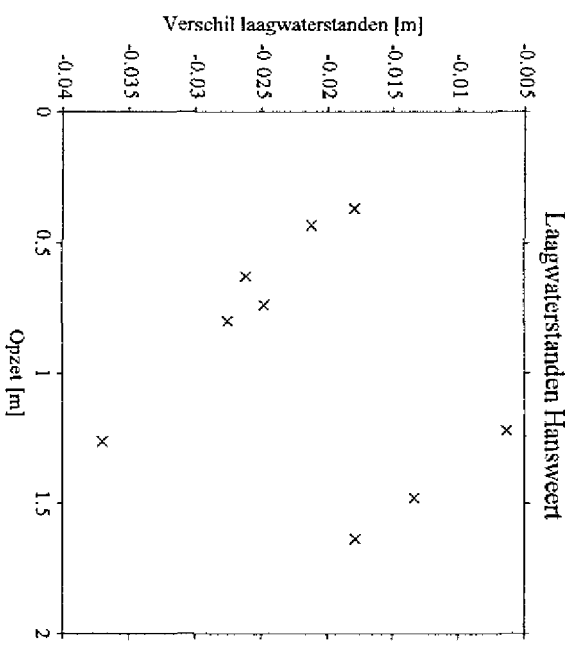
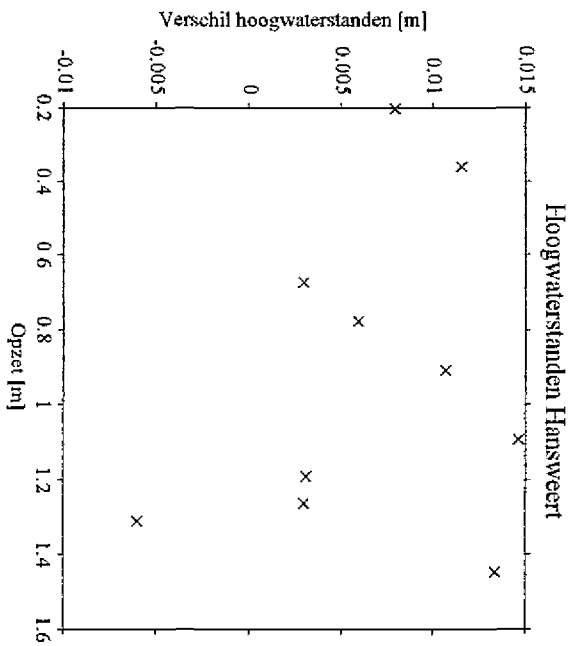
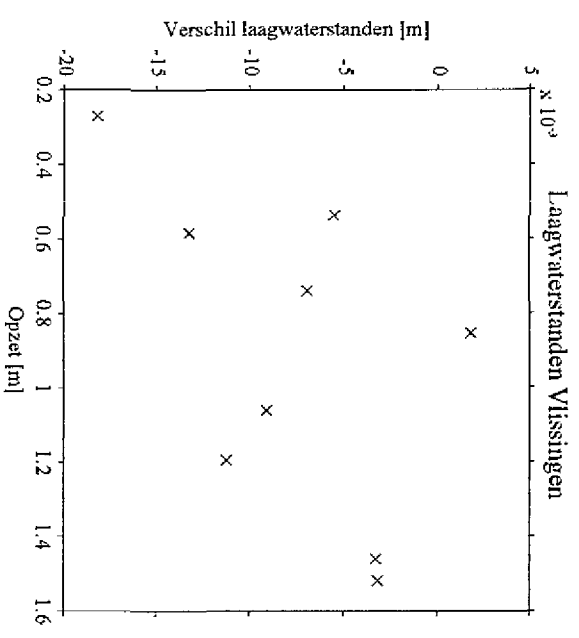
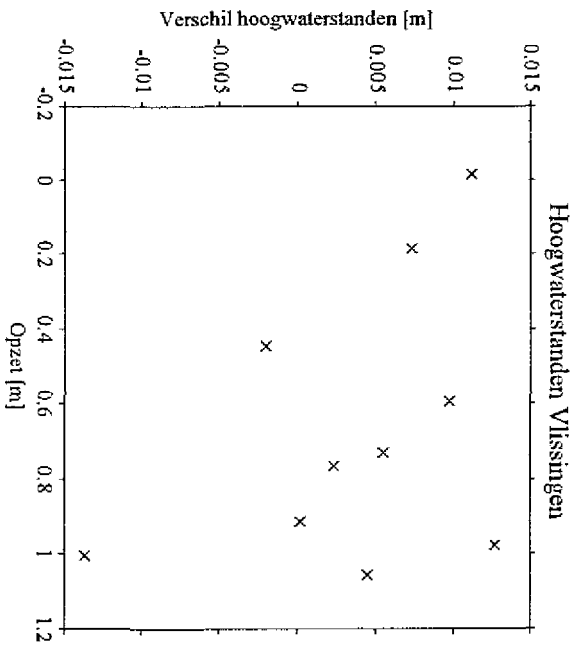
Berekening 4

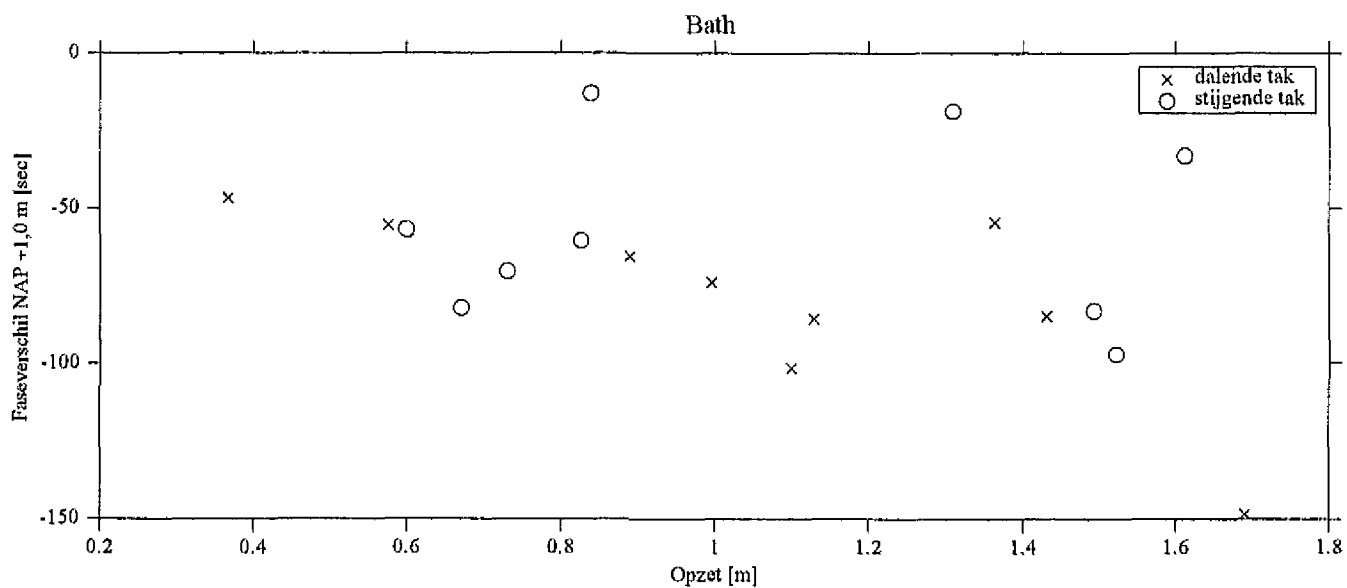
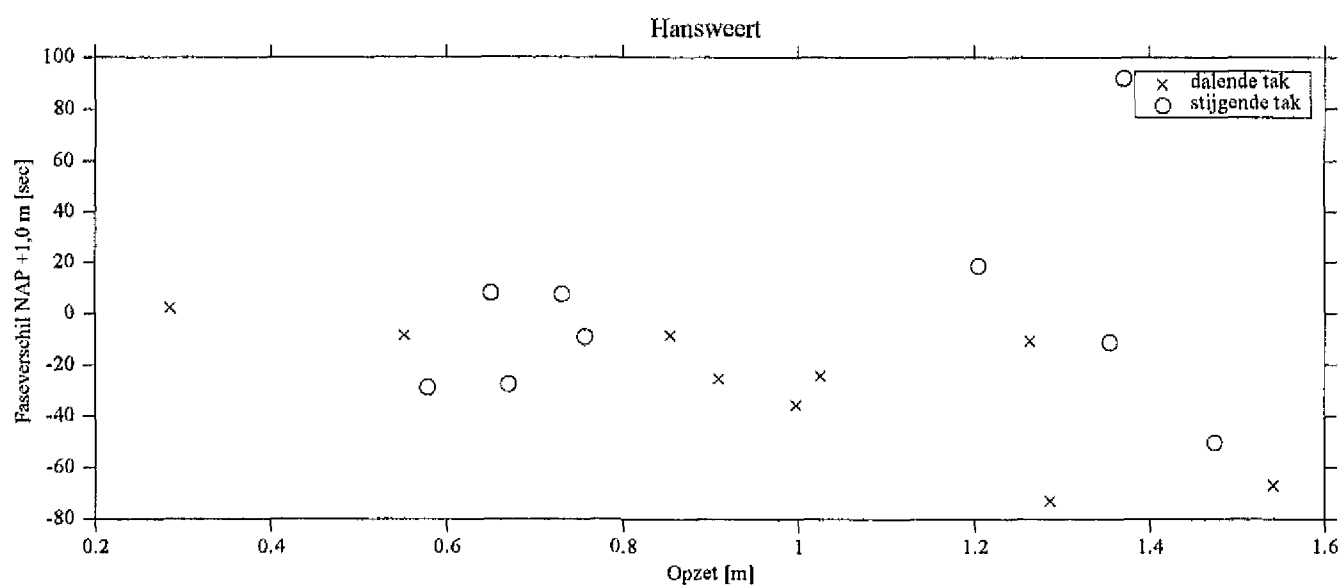
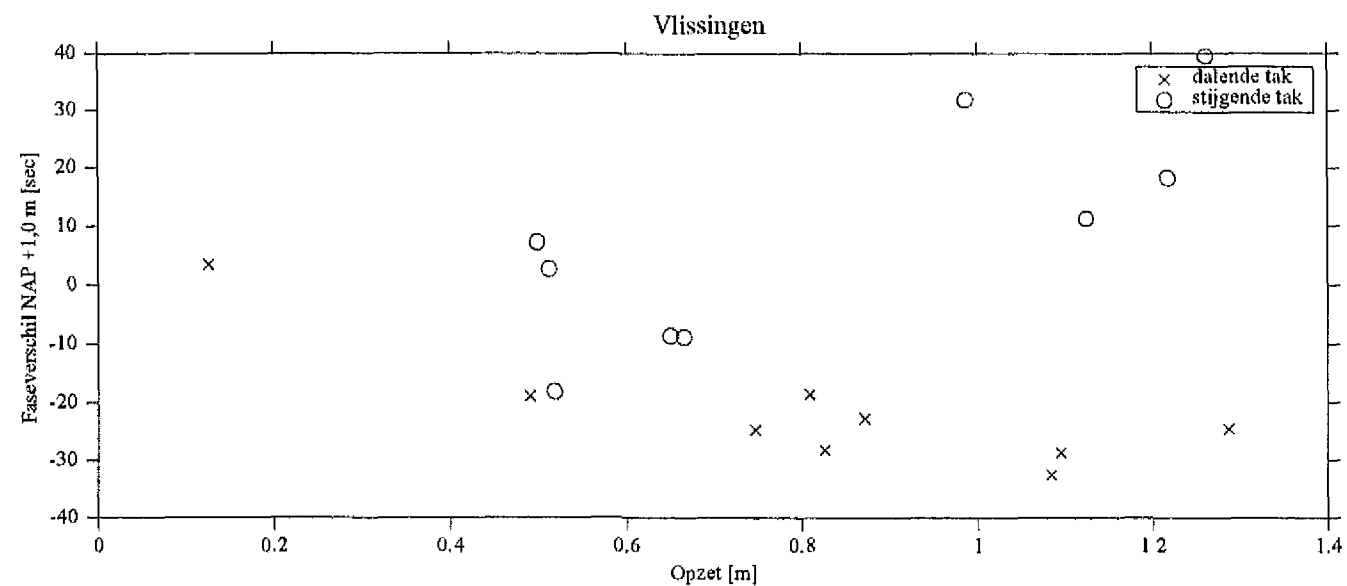
Verdieping, niets teruggestort

FIGUR 4.6

1153

28-Jun-2000





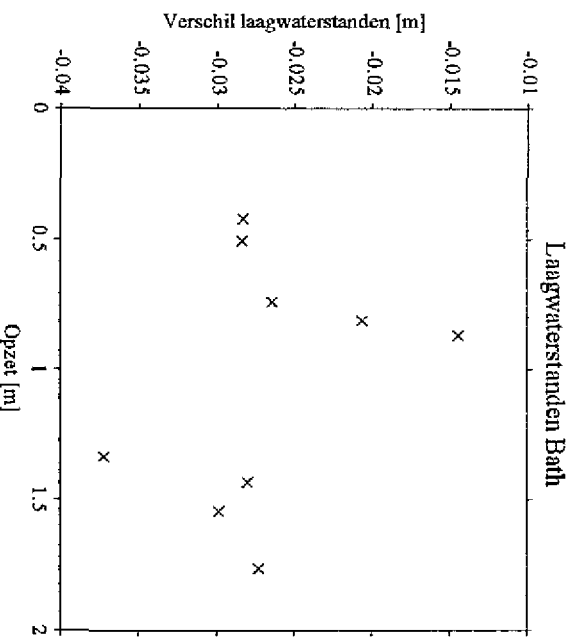
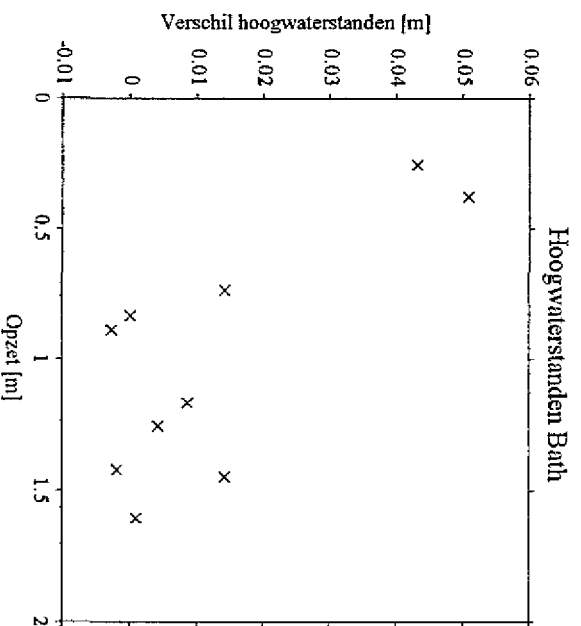
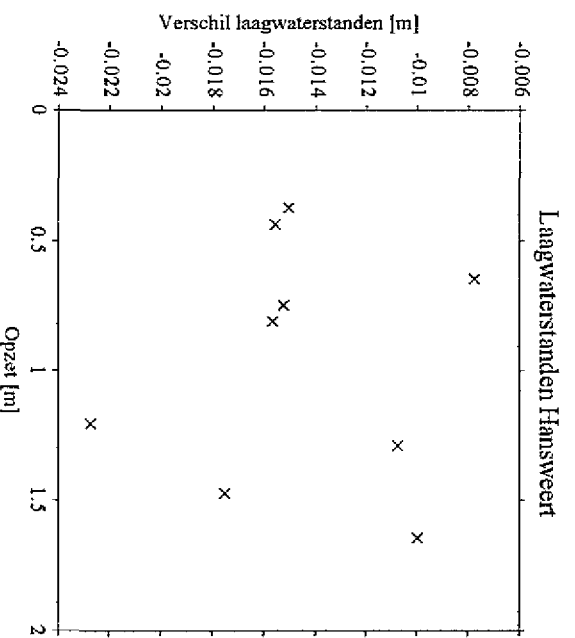
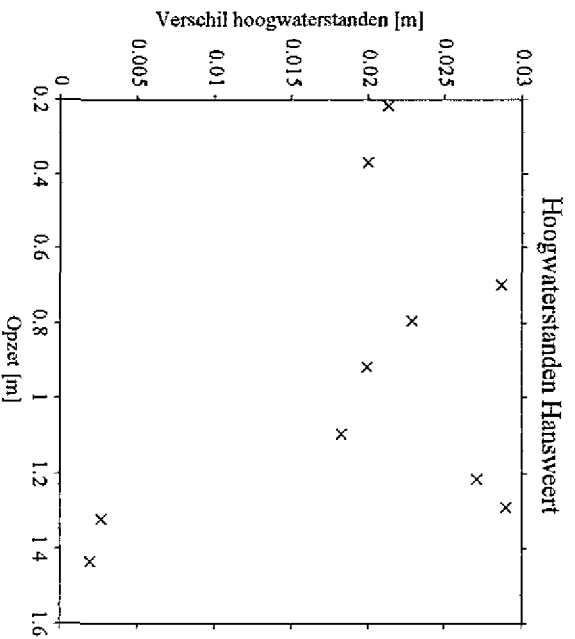
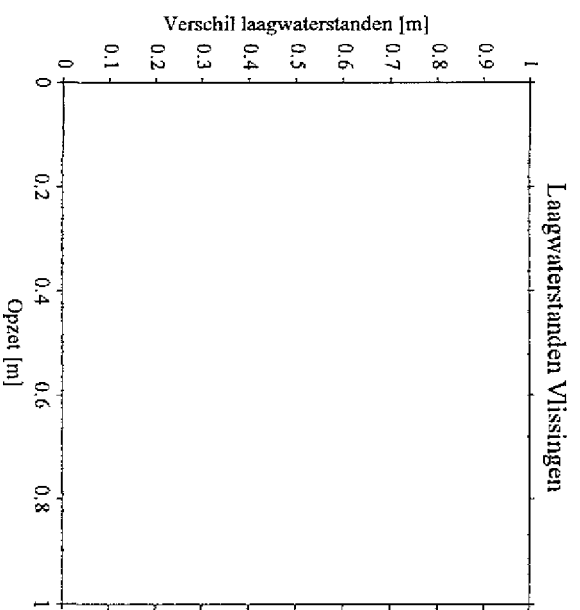
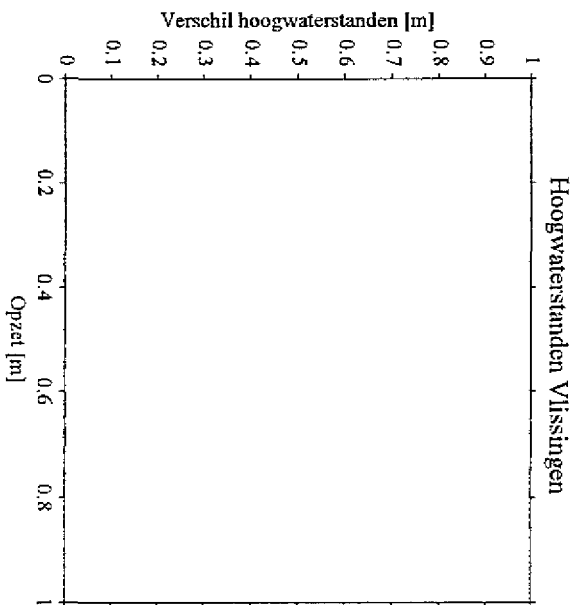


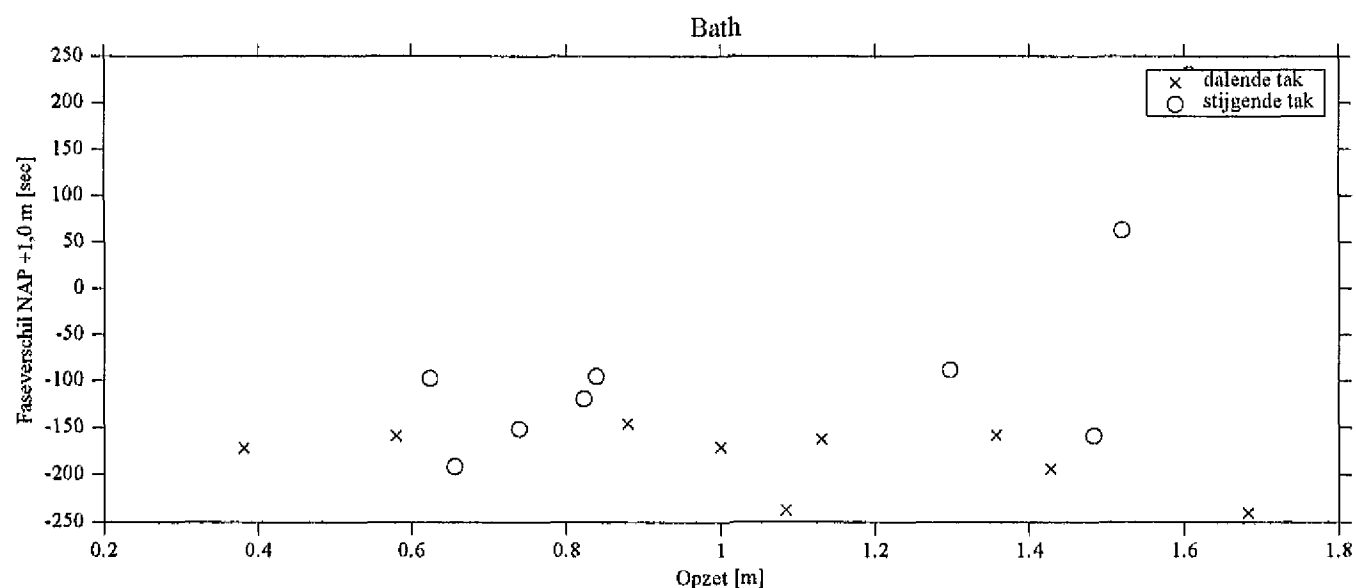
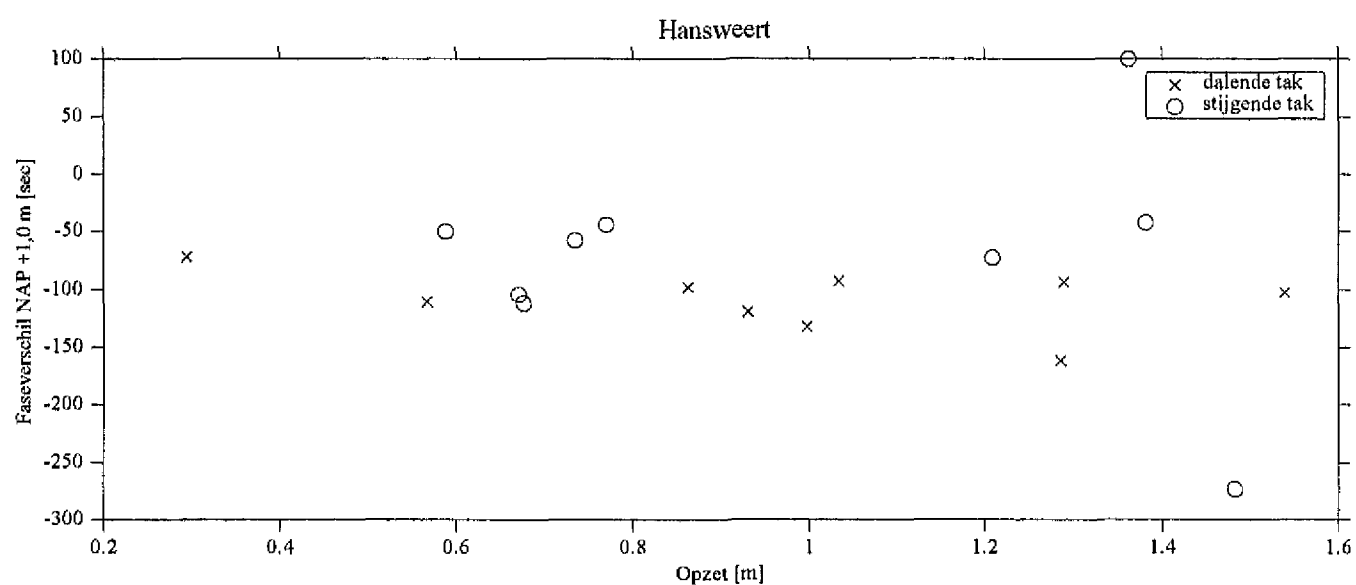
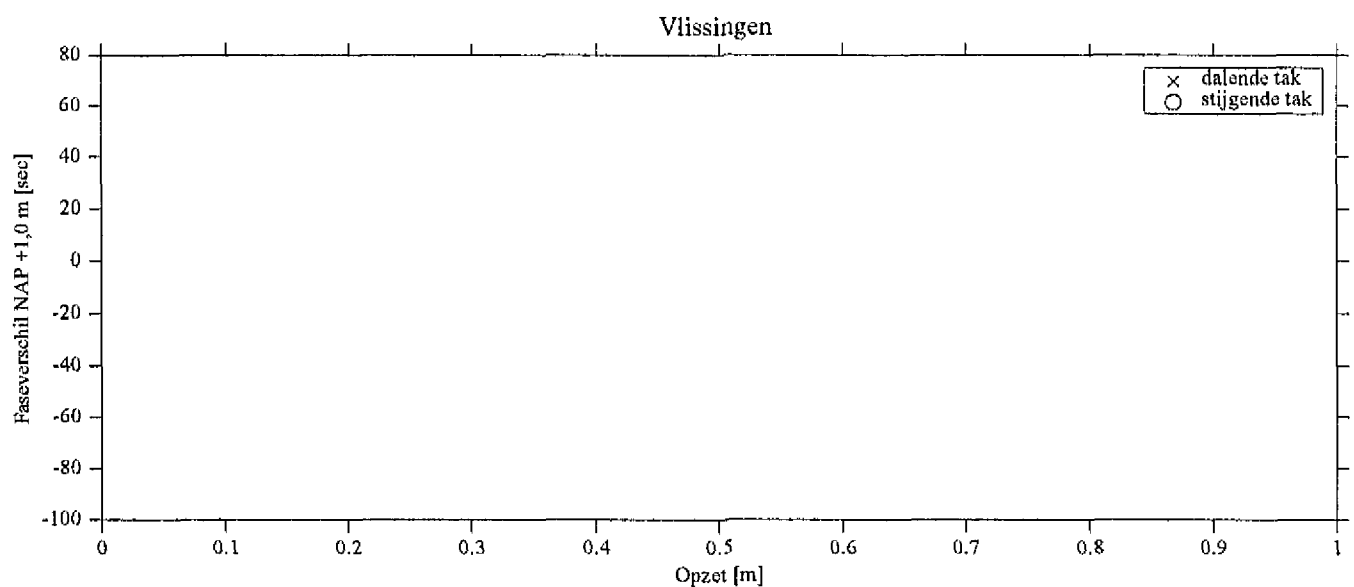
|            | Vershil hoogwaterstanden [m] |       |       |      |       |       |      |      |       |      |
|------------|------------------------------|-------|-------|------|-------|-------|------|------|-------|------|
|            | hw1                          | hw2   | hw3   | hw4  | hw5   | hw6   | hw7  | hw8  | hw9   | hw10 |
| Vlissingen | ---                          | ---   | ---   | ---  | ---   | ---   | ---  | ---  | ---   | ---  |
| Terneuzen  | ---                          | ---   | ---   | ---  | ---   | ---   | ---  | ---  | ---   | ---  |
| Hansweert  | 0.02                         | 0.02  | 0.03  | 0    | 0     | 0.02  | 0.03 | 0.03 | 0.02  | 0.02 |
| Baalhoek   | 0.03                         | 0     | 0     | 0    | -0.01 | -0.02 | 0    | 0    | 0     | 0.03 |
| Bath       | 0.04                         | 0.01  | 0     | 0    | 0.01  | 0     | 0    | 0.01 | 0     | 0.05 |
| Antwerpen  | 0.04                         | -0.01 | -0.01 | 0.02 | -0.01 | 0.02  | 0.04 | 0.02 | -0.04 | 0.04 |

|            | Vershil laagwaterstanden [m] |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            | lw1                          | lw2   | lw3   | lw4   | lw5   | lw6   | lw7   | lw8   | lw9   |
| Vlissingen | ---                          | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   |
| Terneuzen  | ---                          | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   |
| Hansweert  | -0.02                        | -0.02 | -0.01 | -0.01 | -0.02 | -0.02 | -0.01 | -0.02 | -0.02 |
| Baalhoek   | -0.02                        | -0.02 | -0.02 | -0.02 | -0.02 | -0.03 | -0.02 | -0.02 | -0.02 |
| Bath       | -0.03                        | -0.03 | -0.03 | -0.03 | -0.02 | -0.04 | -0.03 | -0.03 | -0.01 |
| Antwerpen  | -0.03                        | -0.03 | -0.03 | -0.02 | -0.02 | -0.03 | -0.01 | -0.04 | 0     |

#### Gemiddelde verschillen nuldoorgangen [seconden]

|            |      |
|------------|------|
| Vlissingen | -24  |
| Terneuzen  | 14   |
| Hansweert  | -88  |
| Baalhoek   | -    |
| Bath       | -124 |
| Antwerpen  | -140 |





Opzet vs faseverschil NAP +1,0 m

FIGUUR 4.9b

1153

Berekening 5: Verdieping, baggerhoev. gelijkmatig over rest verspreiden

28-Jun-2000



|            | Vershil hoogwaterstanden [m] |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
|------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|            | hw1                          | hw2   | hw3   | hw4   | hw5   | hw6   | hw7   | hw8   | hw9   | hw10 |
| Vlissingen | 0.02                         | 0     | 0.01  | -0.01 | -0.03 | 0.01  | 0     | -0.01 | -0.01 | 0.01 |
| Terneuzen  | ---                          | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---  |
| Hansweert  | -0.01                        | 0     | -0.01 | 0     | -0.04 | -0.02 | -0.01 | -0.01 | -0.01 | 0    |
| Baalhoek   | 0                            | -0.01 | -0.01 | -0.01 | -0.02 | 0     | -0.01 | -0.01 | -0.01 | 0    |
| Bath       | 0                            | -0.01 | -0.01 | -0.01 | -0.01 | -0.01 | 0     | -0.01 | 0.01  | 0    |
| Antwerpen  | 0                            | -0.02 | -0.01 | -0.01 | -0.01 | -0.02 | -0.02 | 0     | -0.04 | 0.01 |

|            | Vershil laagwaterstanden [m] |       |       |       |      |       |       |       |       |
|------------|------------------------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
|            | lw1                          | lw2   | lw3   | lw4   | lw5  | lw6   | lw7   | lw8   | lw9   |
| Vlissingen | -0.01                        | -0.01 | -0.01 | -0.09 | 0    | 0     | -0.01 | -0.01 | 0     |
| Terneuzen  | ---                          | ---   | ---   | ---   | ---  | ---   | ---   | ---   | ---   |
| Hansweert  | -0.01                        | -0.01 | -0.01 | 0.02  | 0.02 | -0.01 | 0     | -0.01 | -0.01 |
| Baalhoek   | -0.02                        | -0.02 | -0.01 | 0.03  | 0.01 | -0.03 | -0.02 | -0.01 | -0.01 |
| Bath       | -0.03                        | -0.03 | -0.02 | 0     | 0    | -0.02 | -0.02 | -0.02 | -0.01 |
| Antwerpen  | -0.02                        | -0.02 | -0.02 | 0.03  | 0.02 | -0.02 | -0.01 | -0.02 | 0     |

#### Gemiddelde verschillen nuldoorgangen [seconden]

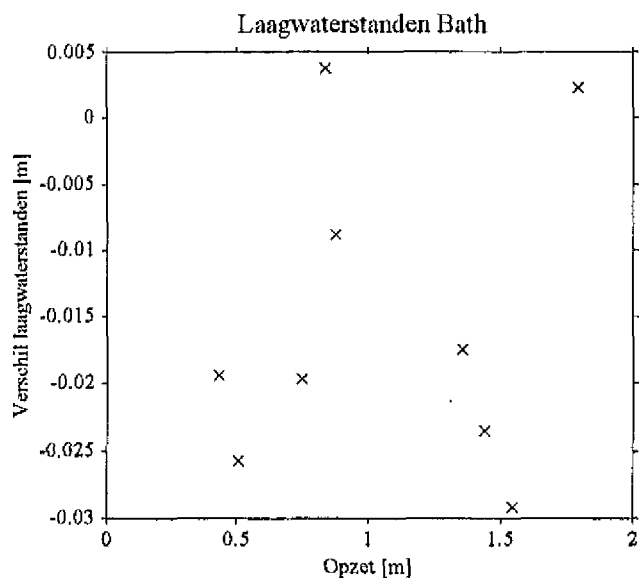
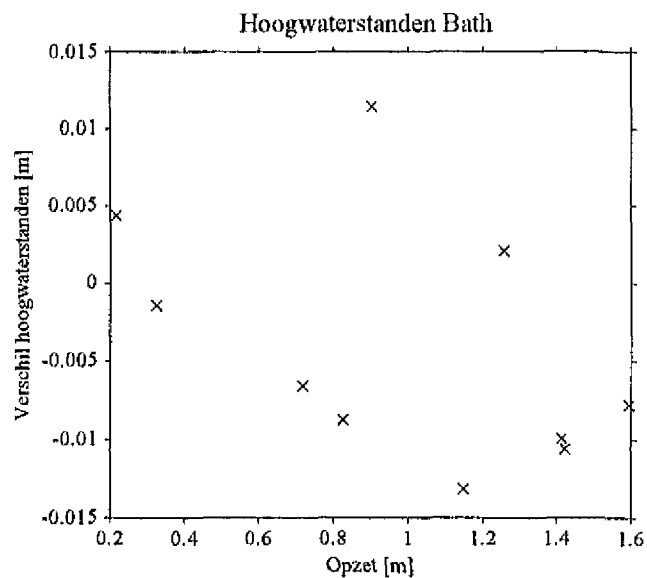
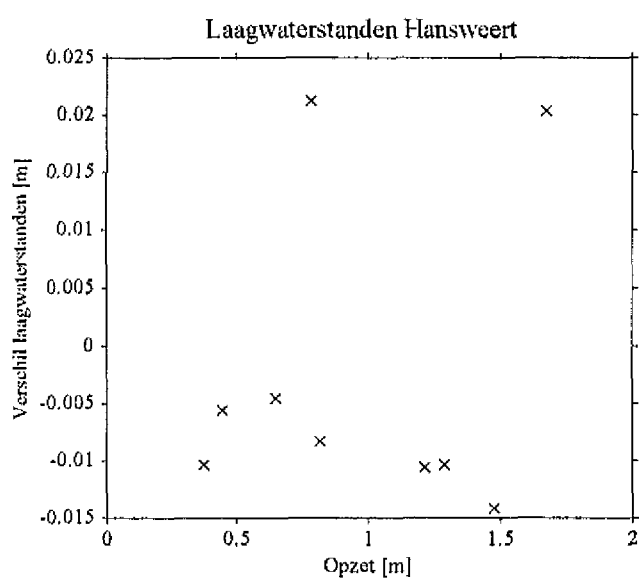
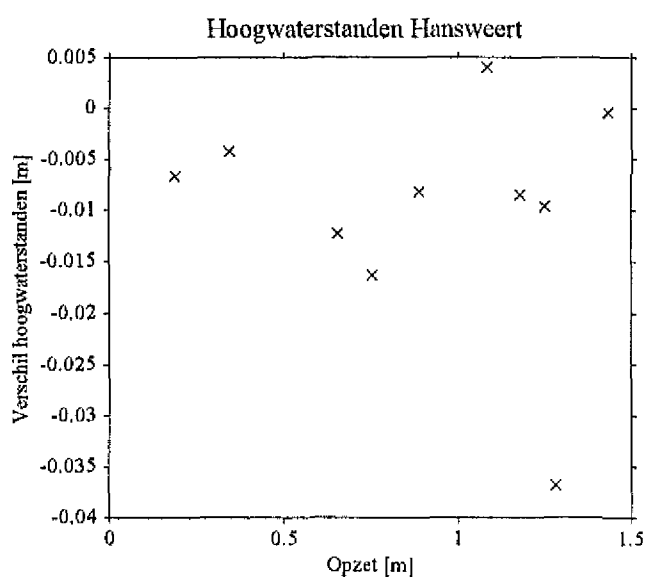
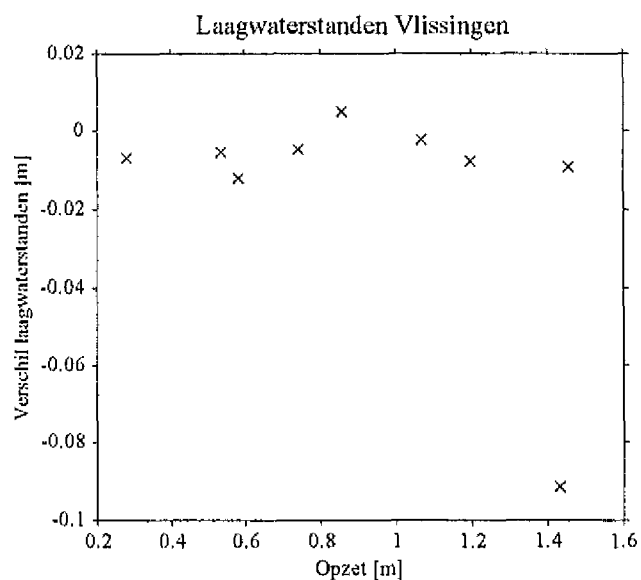
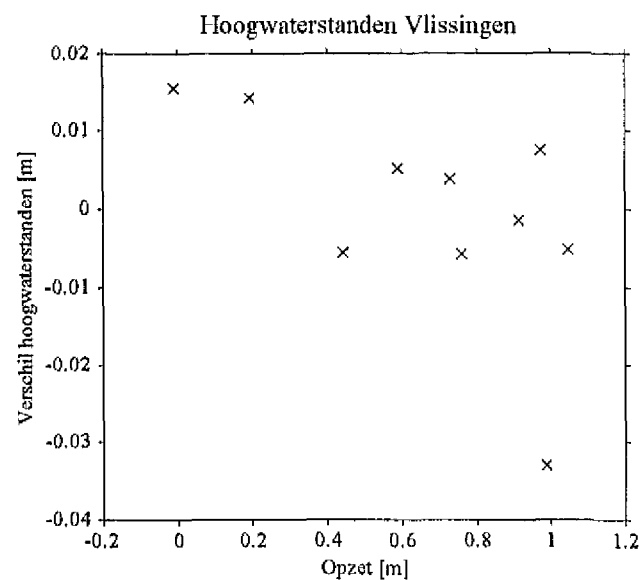
|            |      |
|------------|------|
| Vlissingen | -42  |
| Terneuzen  | -36  |
| Hansweert  | -49  |
| Baalhoek   | -57  |
| Bath       | -79  |
| Antwerpen  | -103 |

Berekening 6

FIGUUR 4.10

Verdieping, baggerhoev. storten in westelijk deel

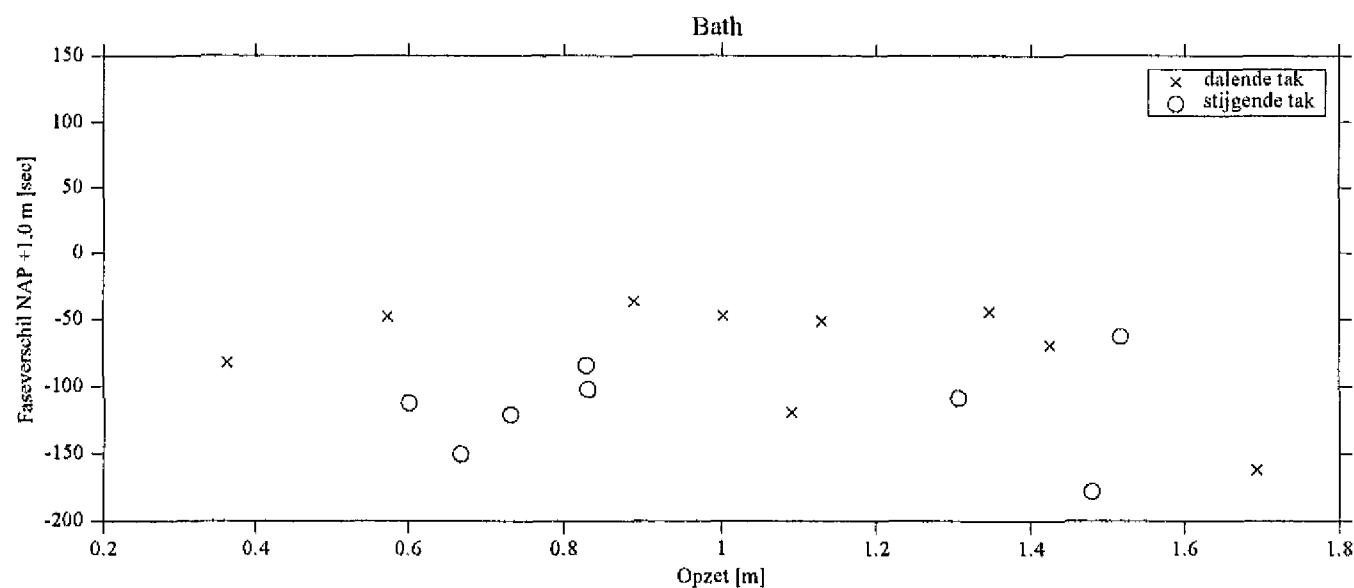
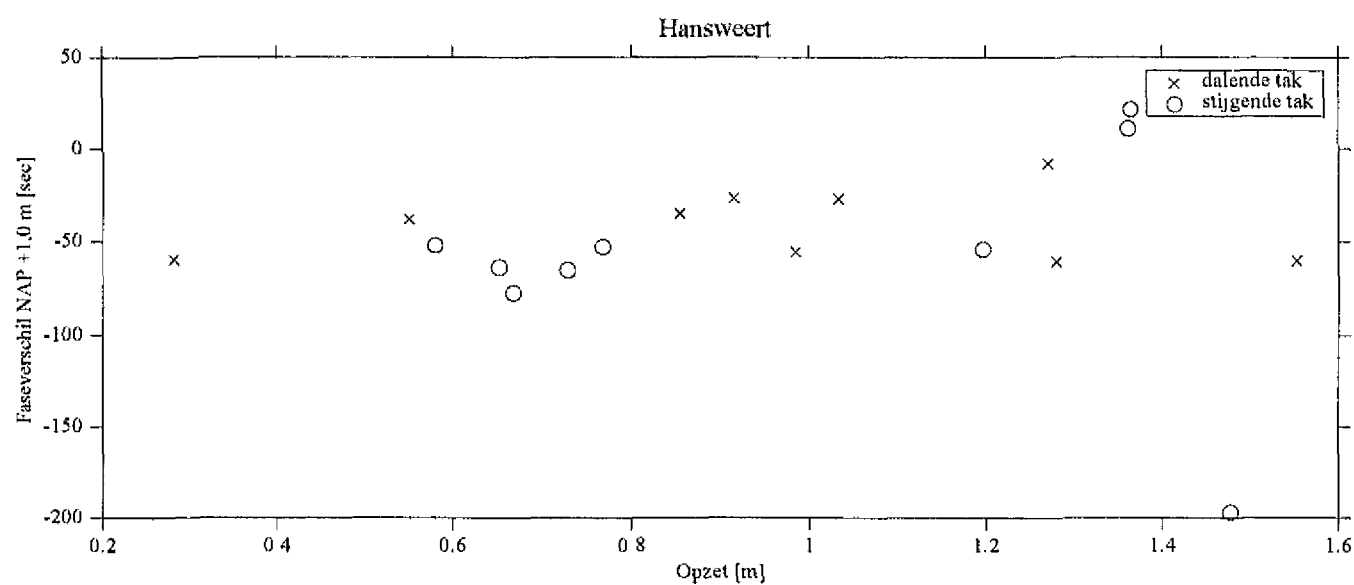
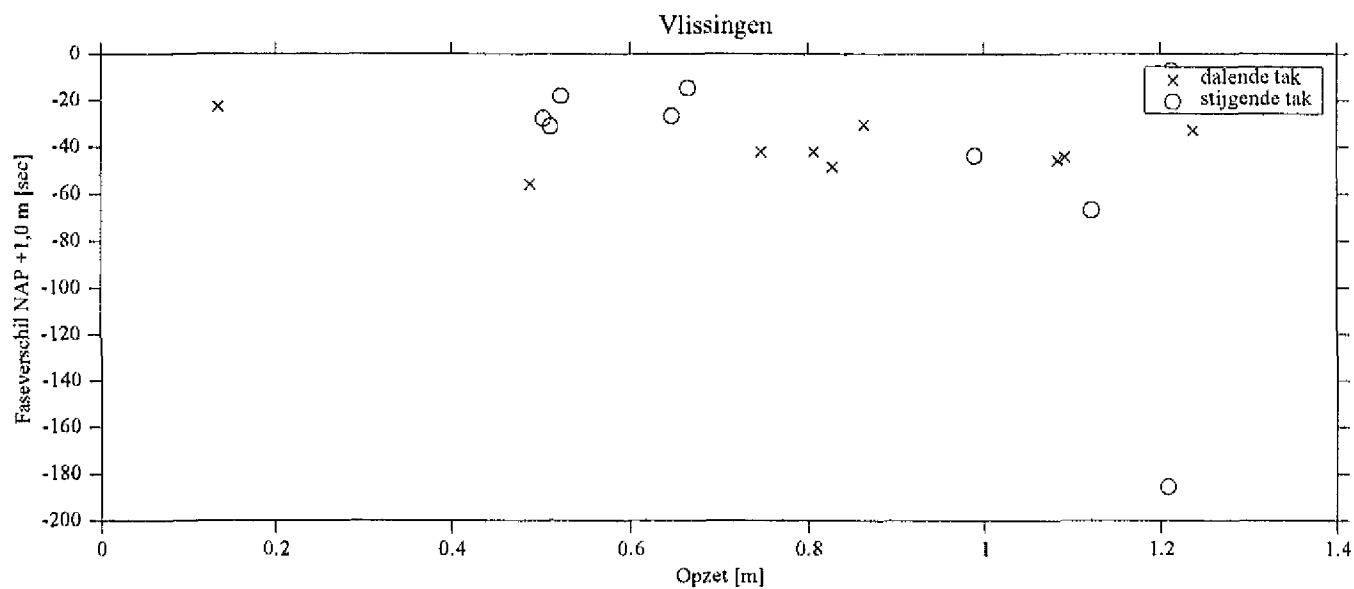
28-Jun-2000  
1153



Opzet vs verschil hoog- en laagwaterstanden

FIGUUR 4.11a





Opzet vs faseverschil NAP +1,0 m

FIGUUR 4.11b

1153

Berekening 6: Verdieping, baggerhoev. storten in westelijk deel

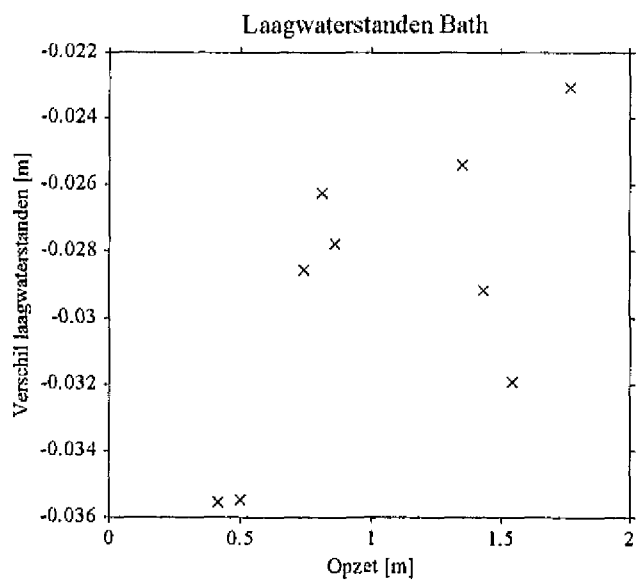
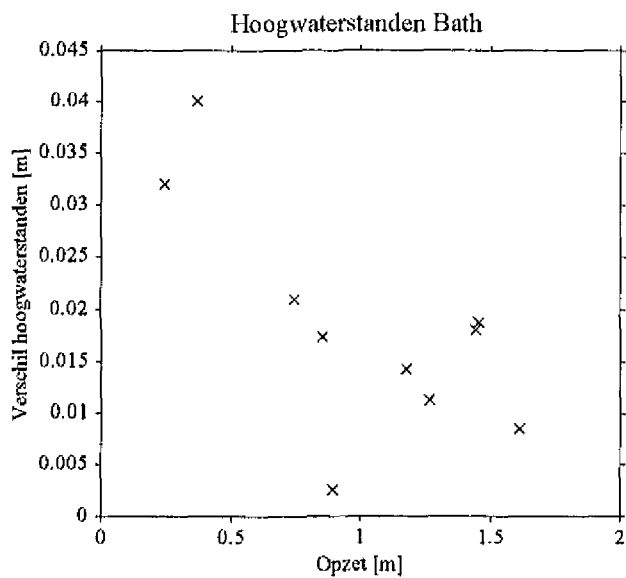
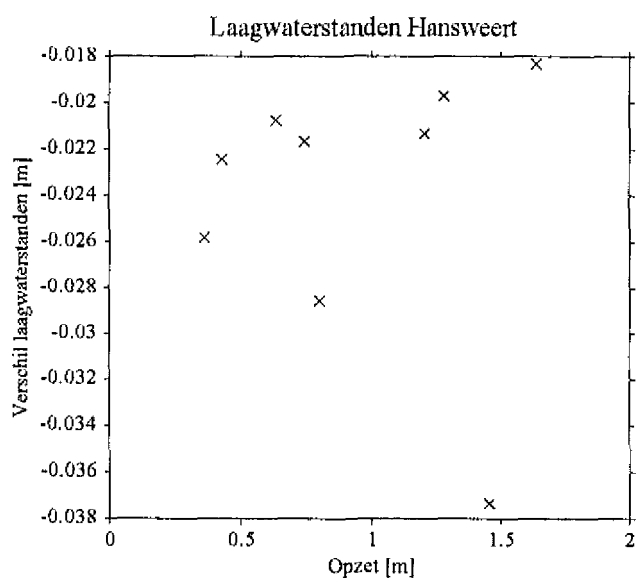
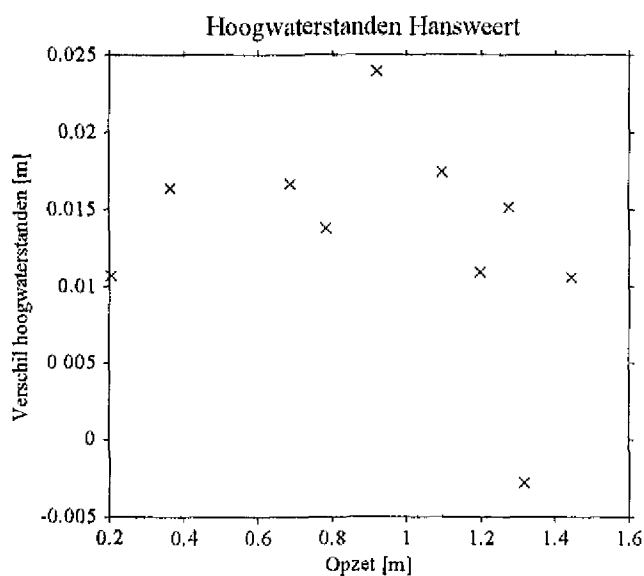
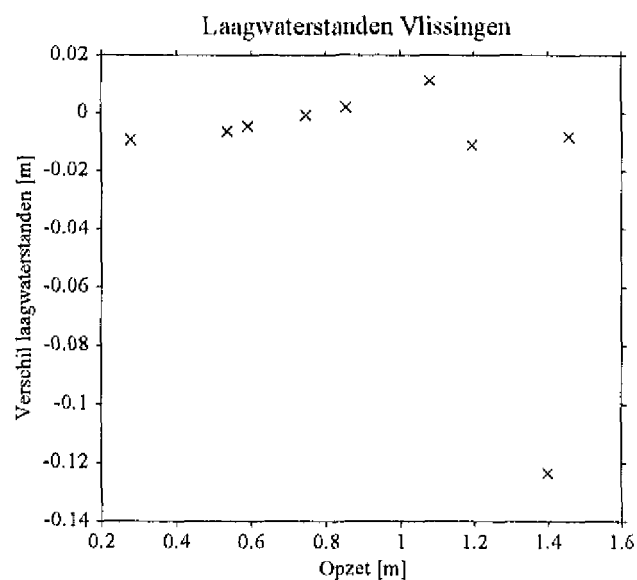
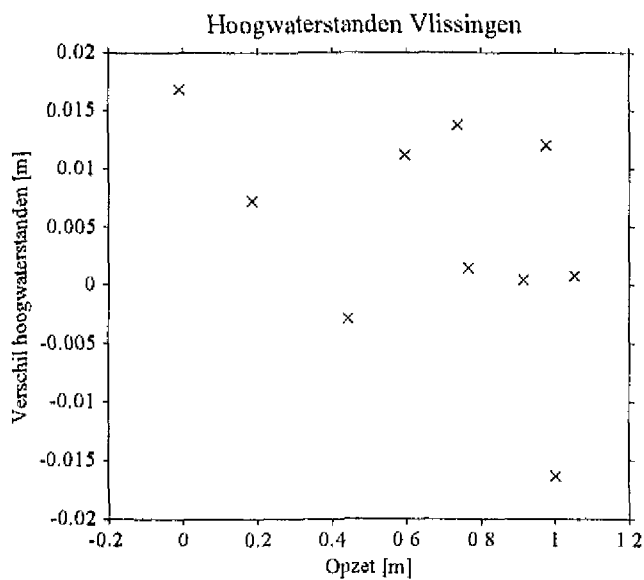
28-Jun-2000

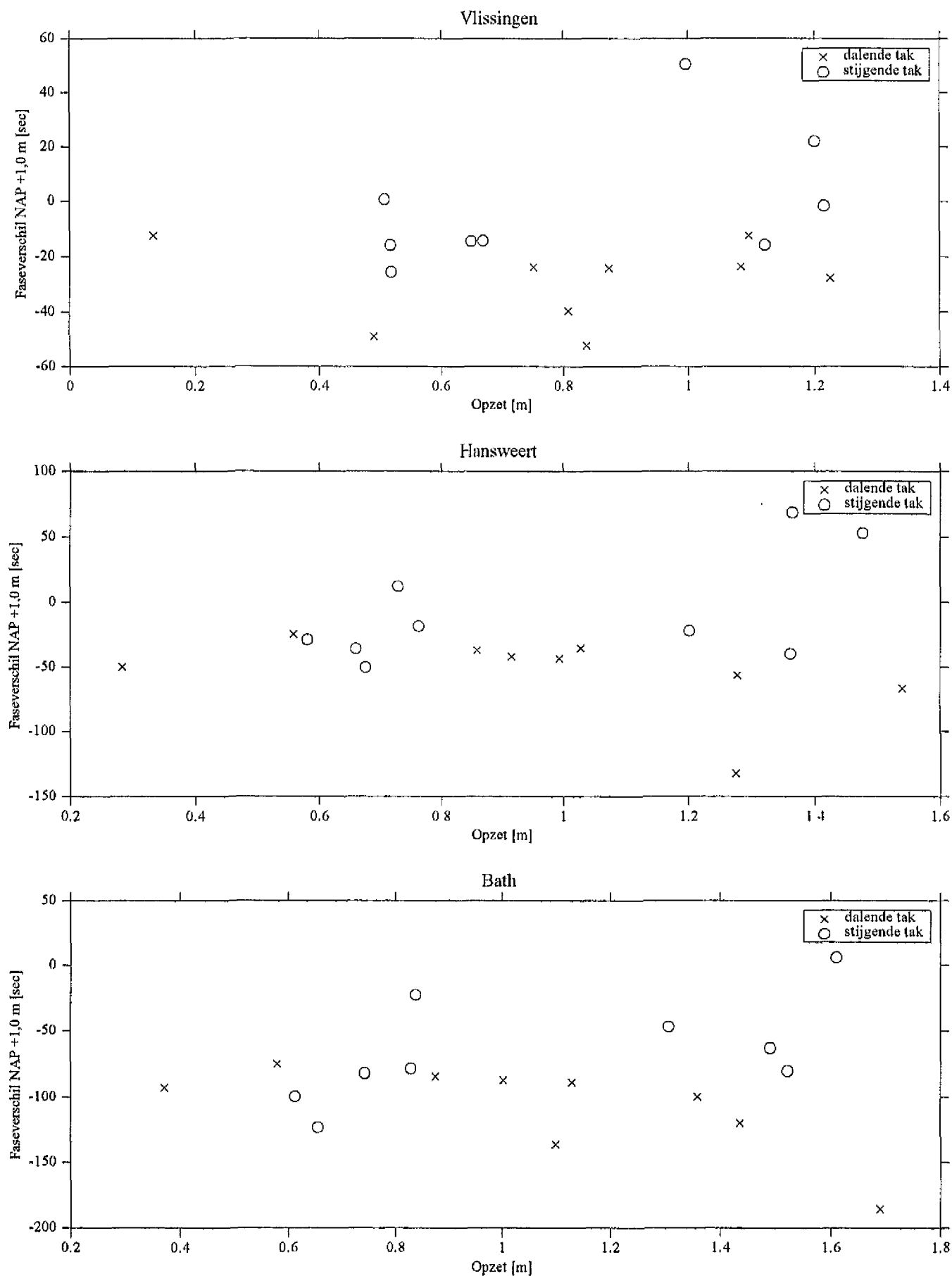
|            | Vershil hoogwaterstanden [m] |      |      |      |       |      |      |      |       |      |
|------------|------------------------------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|
|            | hw1                          | hw2  | hw3  | hw4  | hw5   | hw6  | hw7  | hw8  | hw9   | hw10 |
| Vlissingen | 0.02                         | 0.01 | 0.01 | 0    | -0.02 | 0.01 | 0    | 0    | 0     | 0.01 |
| Terneuzen  | ---                          | ---  | ---  | ---  | ---   | ---  | ---  | ---  | ---   | ---  |
| Hansweert  | 0.01                         | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0     | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.02  | 0.02 |
| Baalhoek   | 0.02                         | 0    | 0.01 | 0.01 | 0     | 0    | 0.01 | 0.03 | 0.01  | 0.03 |
| Bath       | 0.03                         | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.02  | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0     | 0.04 |
| Antwerpen  | 0.04                         | 0.16 | 0.01 | 0.02 | 0.01  | 0.02 | 0.01 | 0.02 | -0.01 | 0.05 |

|            | Vershil laagwaterstanden [m] |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            | lw1                          | lw2   | lw3   | lw4   | lw5   | lw6   | lw7   | lw8   | lw9   |
| Vlissingen | -0.01                        | -0.01 | -0.01 | -0.12 | 0     | 0.01  | 0     | -0.01 | 0     |
| Terneuzen  | ---                          | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   |
| Hansweert  | -0.03                        | -0.04 | -0.02 | -0.02 | -0.02 | -0.02 | -0.02 | -0.02 | -0.03 |
| Baalhoek   | -0.03                        | -0.05 | -0.02 | -0.02 | -0.02 | -0.03 | -0.04 | -0.03 | -0.02 |
| Bath       | -0.04                        | -0.03 | -0.03 | -0.02 | -0.03 | -0.03 | -0.03 | -0.04 | -0.03 |
| Antwerpen  | -0.05                        | -0.04 | -0.04 | -0.03 | -0.04 | -0.03 | -0.04 | -0.05 | -0.02 |

Gemiddelde verschillen nuldoorgangen [seconden]

|            |     |
|------------|-----|
| Vlissingen | -15 |
| Terneuzen  | -   |
| Hansweert  | -29 |
| Baalhoek   | -68 |
| Bath       | -84 |
| Antwerpen  | -84 |





Opzet vs faseverschil NAP +1,0 m

FIGUUR 4.13b

1153

Berekening 7: Verdieping, de helft terugstorten over rest estuarium

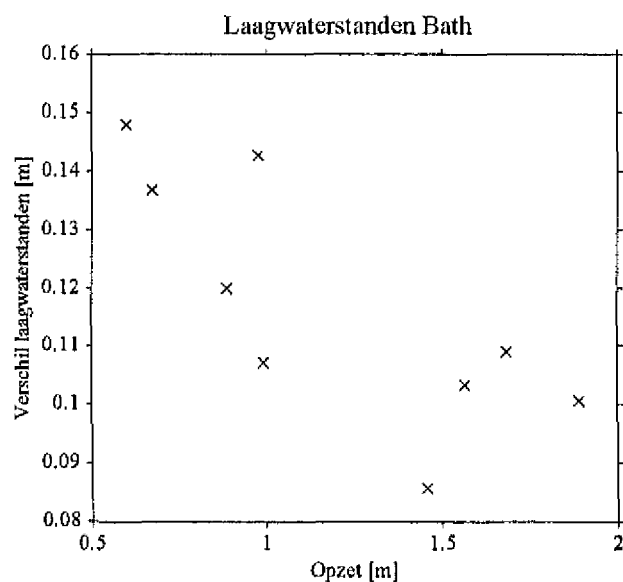
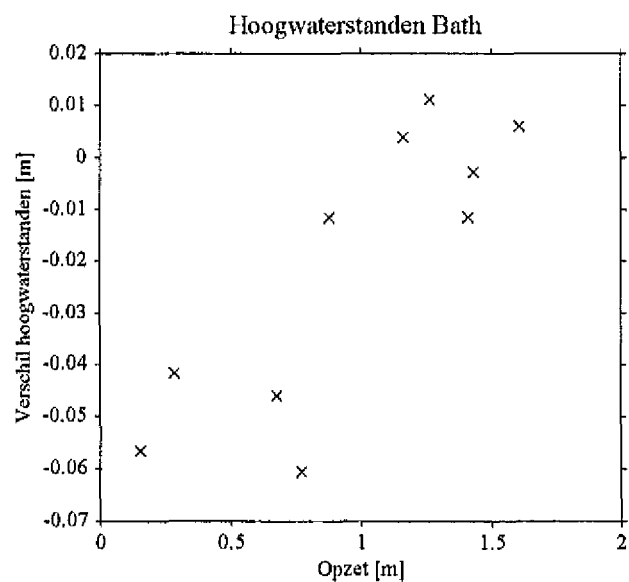
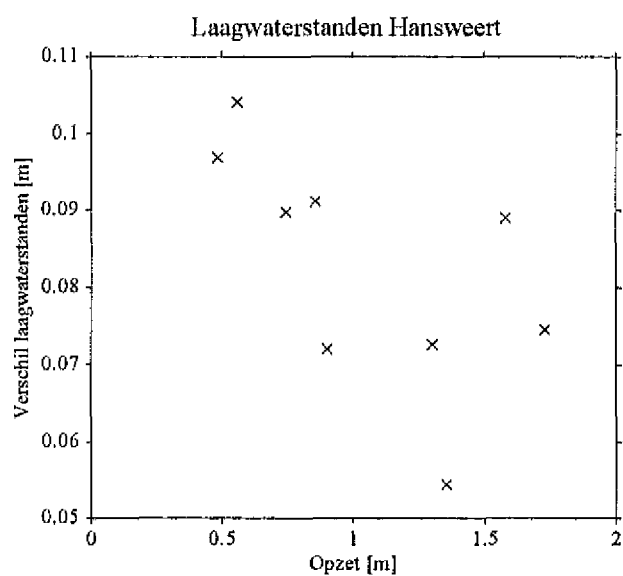
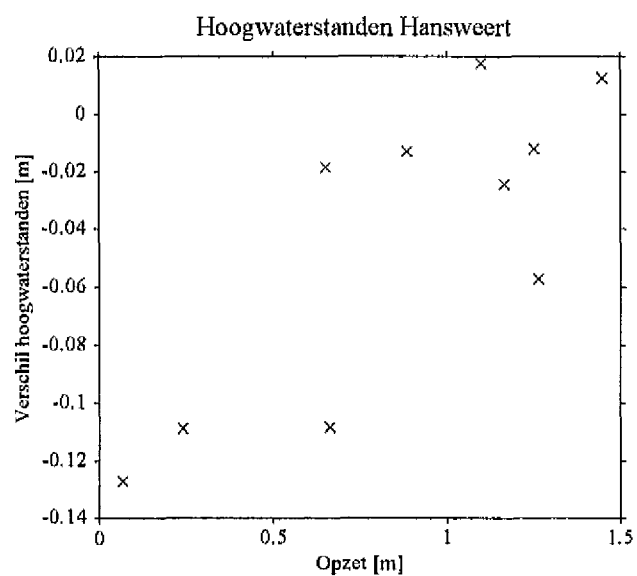
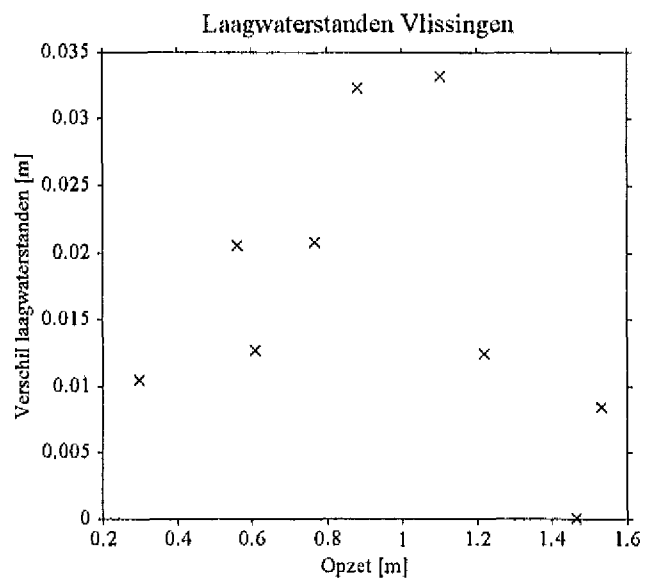
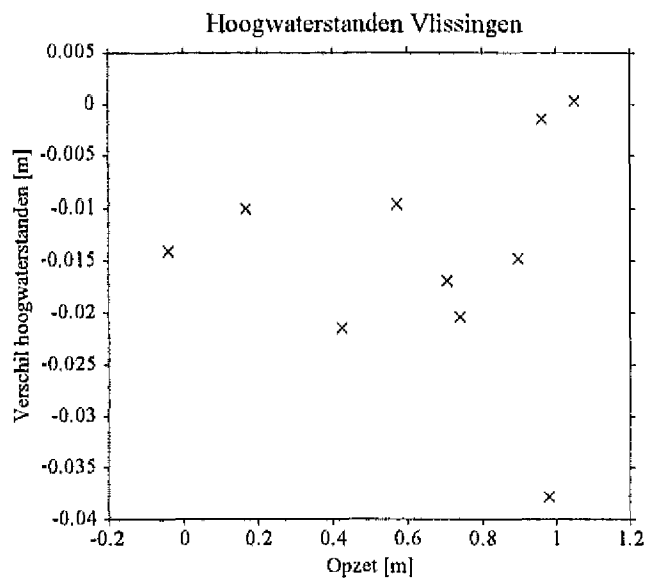
28-Jun-2000

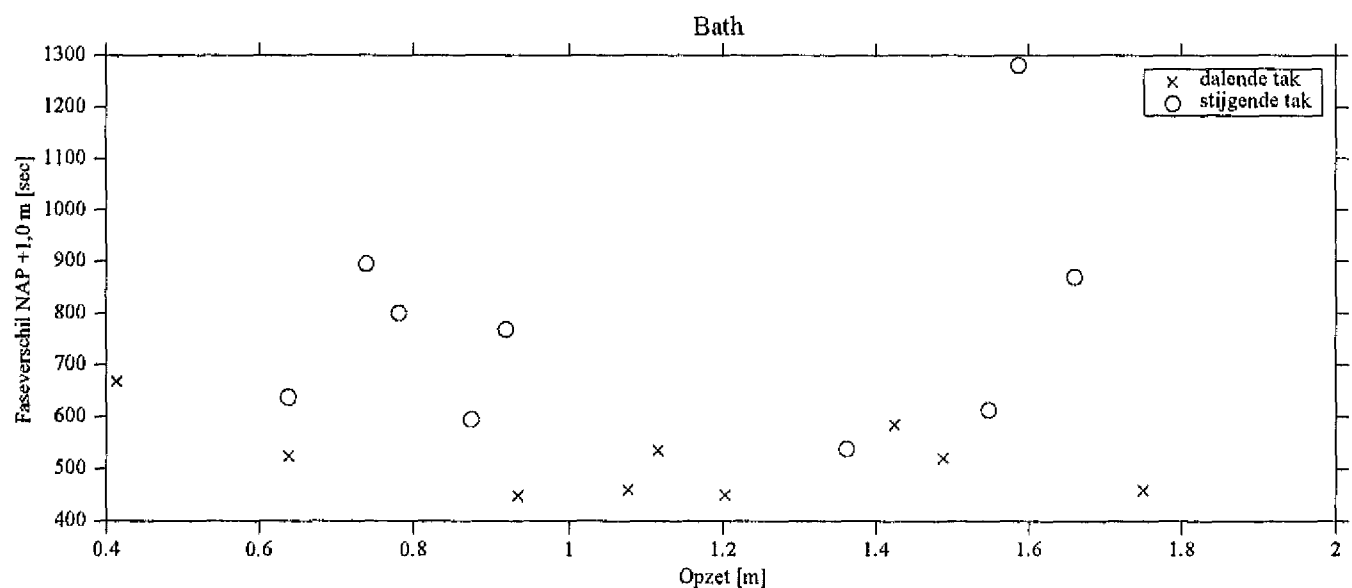
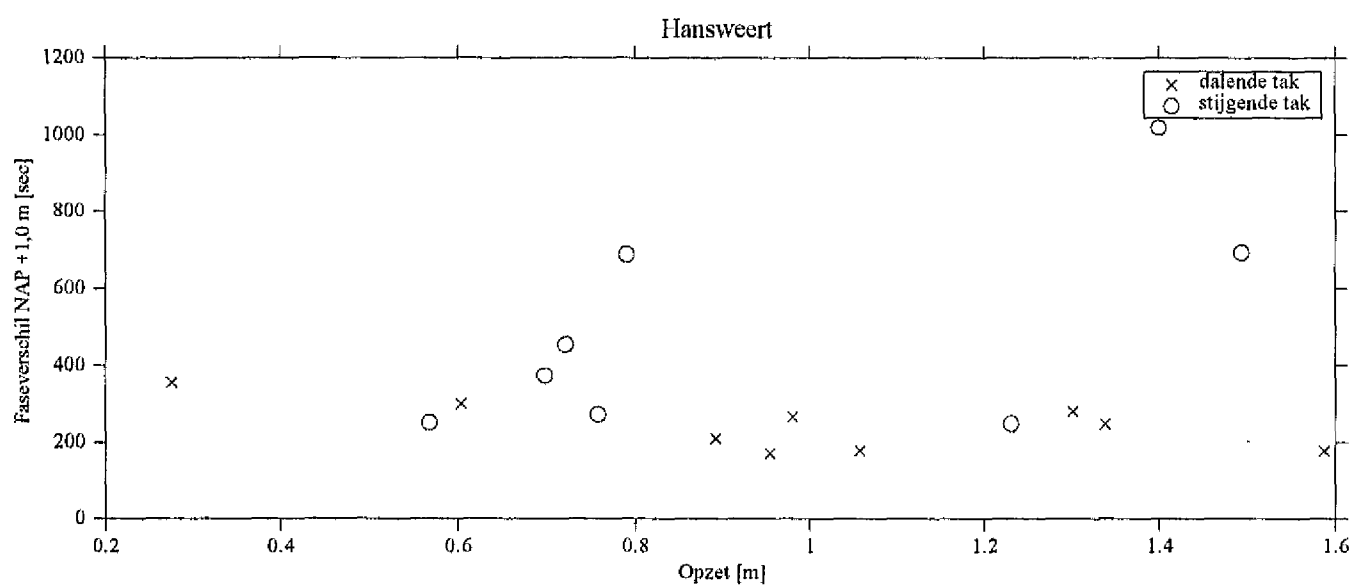
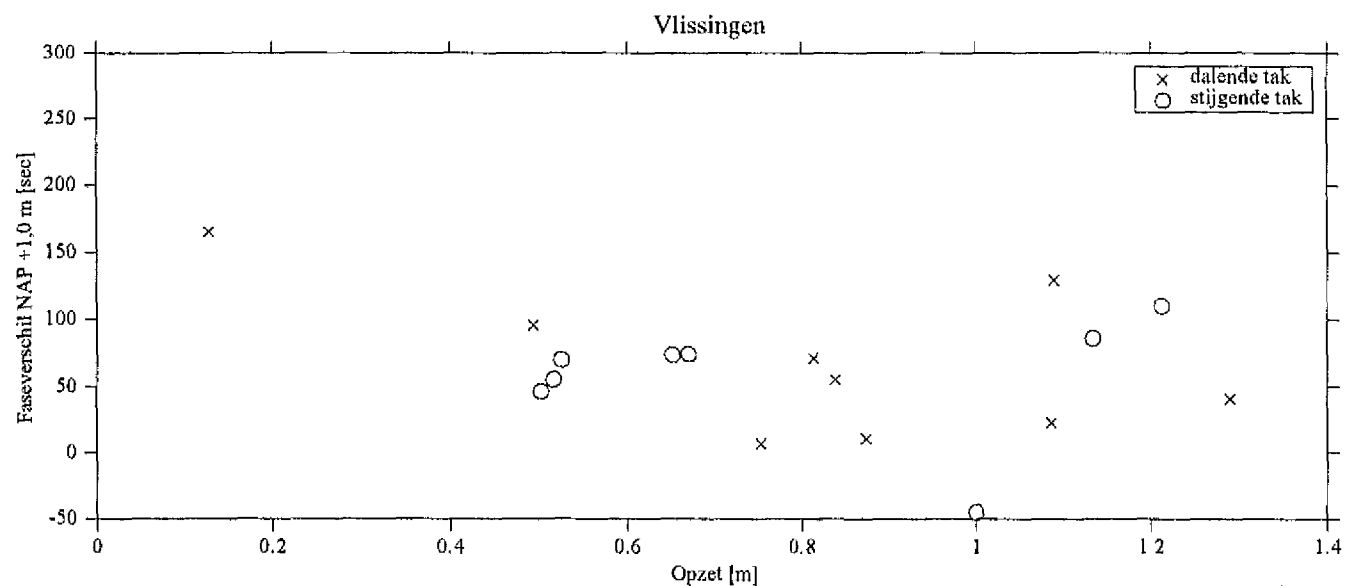
|            | Vershil hoogwaterstanden [m] |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            | hw1                          | hw2   | hw3   | hw4   | hw5   | hw6   | hw7   | hw8   | hw9   | hw10  |
| Vlissingen | -0.01                        | -0.02 | 0     | 0     | -0.04 | -0.01 | -0.01 | -0.02 | -0.02 | -0.01 |
| Terneuzen  | ---                          | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   |
| Hansweert  | -0.13                        | 0.02  | -0.01 | 0.01  | -0.06 | -0.11 | -0.02 | -0.02 | -0.01 | -0.11 |
| Baalhoek   | -0.05                        | 0.01  | 0.02  | 0.01  | 0.02  | -0.03 | 0.04  | -0.02 | -0.01 | -0.05 |
| Bath       | -0.06                        | 0     | -0.01 | 0.01  | 0     | -0.06 | 0.01  | -0.05 | -0.01 | -0.04 |
| Antwerpen  | -0.06                        | -0.06 | 0.14  | -0.03 | -0.02 | -0.05 | 0.01  | -0.04 | 0.18  | -0.03 |

|            | Vershil laagwaterstanden [m] |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|            | lw1                          | lw2  | lw3  | lw4  | lw5  | lw6  | lw7  | lw8  | lw9  |
| Vlissingen | 0.01                         | 0    | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.01 | 0.02 | 0.03 |
| Terneuzen  | ---                          | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  |
| Hansweert  | 0.1                          | 0.09 | 0.05 | 0.07 | 0.09 | 0.07 | 0.09 | 0.1  | 0.07 |
| Baalhoek   | 0.11                         | 0.08 | 0.07 | 0.09 | 0.11 | 0.1  | 0.08 | 0.12 | 0.08 |
| Bath       | 0.14                         | 0.11 | 0.1  | 0.1  | 0.14 | 0.09 | 0.12 | 0.15 | 0.11 |
| Antwerpen  | 0.13                         | 0.1  | 0.06 | 0.1  | 0.1  | 0.06 | 0.1  | 0.11 | 0.07 |

#### Gemiddelde verschillen nuldoorgangen [seconden]

|            |     |
|------------|-----|
| Vlissingen | 80  |
| Terneuzen  | -   |
| Hansweert  | 401 |
| Baalhoek   | 647 |
| Bath       | 643 |
| Antwerpen  | 607 |







|            | Vershil hoogwaterstanden [m] |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            | hw1                          | hw2   | hw3   | hw4   | hw5   | hw6   | hw7   | hw8   | hw9   | hw10  |
| Vlissingen | 0.01                         | 0     | 0     | 0     | -0.02 | 0     | -0.01 | -0.01 | -0.01 | 0     |
| Terneuzen  | ----                         | ----  | ----  | ----  | ----  | ----  | ----  | ----  | ----  | ----  |
| Hansweert  | -0.01                        | 0     | -0.01 | 0     | -0.02 | -0.01 | -0.01 | -0.01 | 0     | -0.01 |
| Baalhoek   | -0.01                        | -0.01 | 0     | -0.01 | 0     | 0     | 0     | 0.01  | 0     | 0     |
| Bath       | 0                            | 0     | -0.01 | 0.01  | 0.01  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Antwerpen  | 0.01                         | 0     | -0.01 | 0.01  | 0.01  | -0.01 | 0.01  | 0     | 0     | 0     |

|            | Vershil laagwaterstanden [m] |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            | lw1                          | lw2   | lw3   | lw4   | lw5   | lw6   | lw7   | lw8   | lw9   |
| Vlissingen | 0                            | 0     | 0     | -0.02 | 0     | 0.01  | -0.01 | 0     | 0.01  |
| Terneuzen  | ----                         | ----  | ----  | ----  | ----  | ----  | ----  | ----  | ----  |
| Hansweert  | 0                            | -0.01 | -0.01 | -0.01 | -0.01 | 0     | 0.01  | 0     | -0.01 |
| Baalhoek   | 0                            | -0.01 | -0.01 | -0.01 | -0.01 | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Bath       | 0                            | -0.01 | -0.01 | -0.02 | -0.01 | 0     | 0     | 0     | -0.01 |
| Antwerpen  | 0.01                         | -0.02 | -0.02 | -0.01 | -0.02 | -0.01 | 0     | -0.02 | -0.01 |

Gemiddelde verschillen nuldoorgangen [seconden]

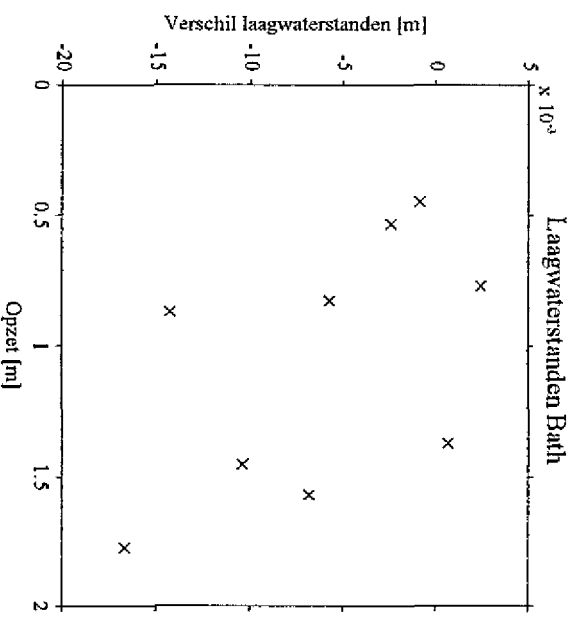
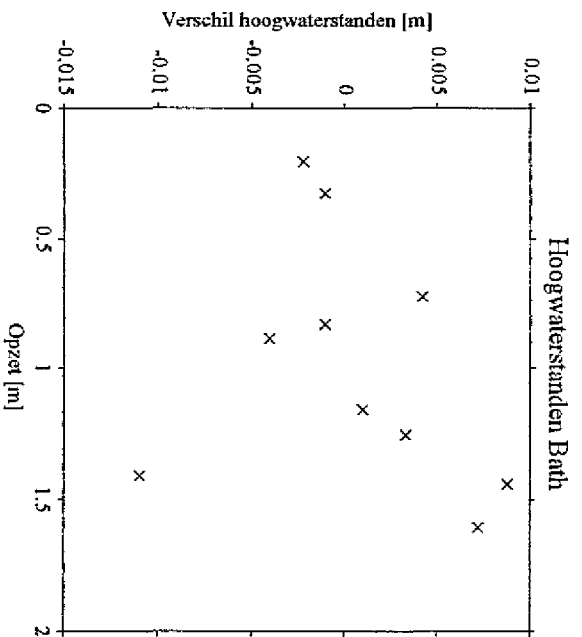
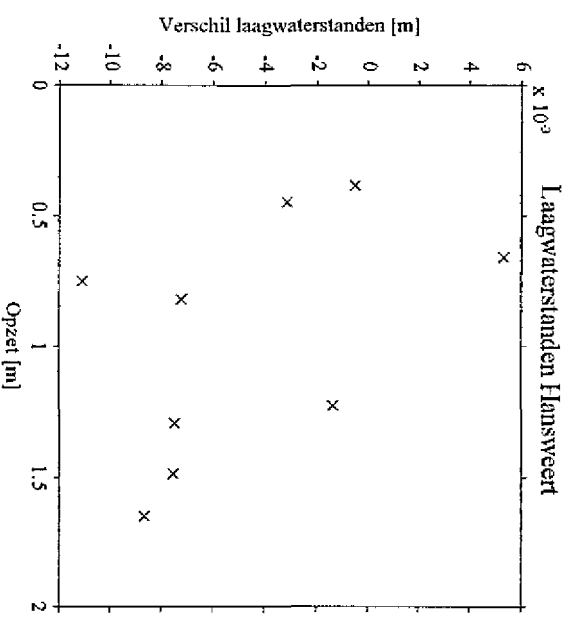
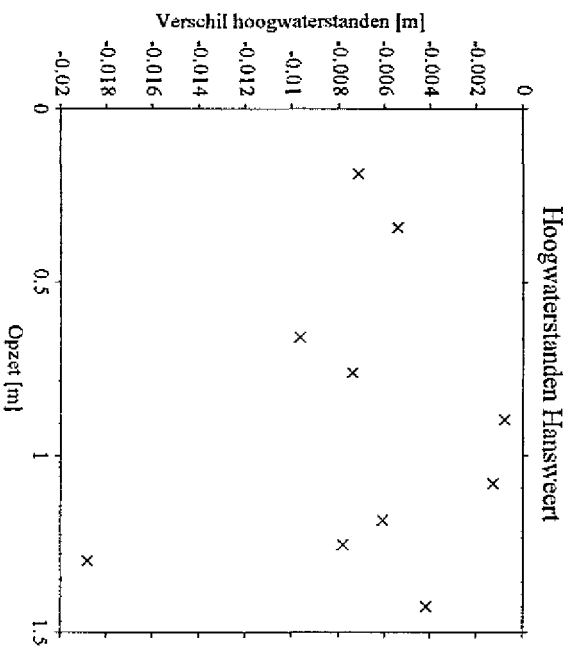
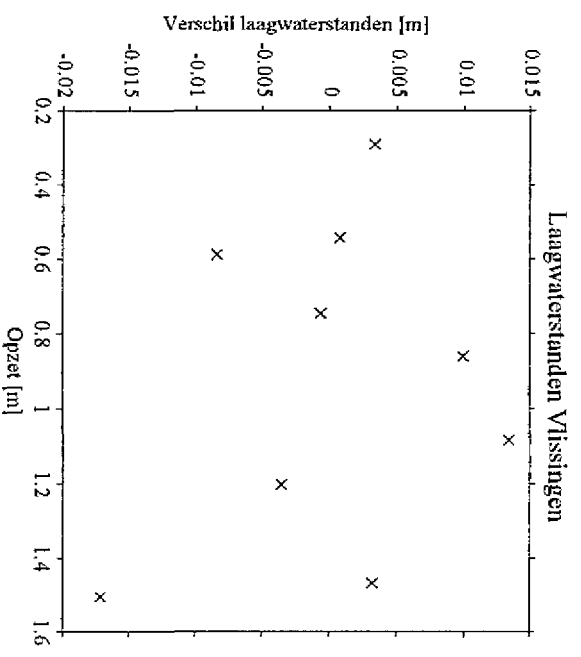
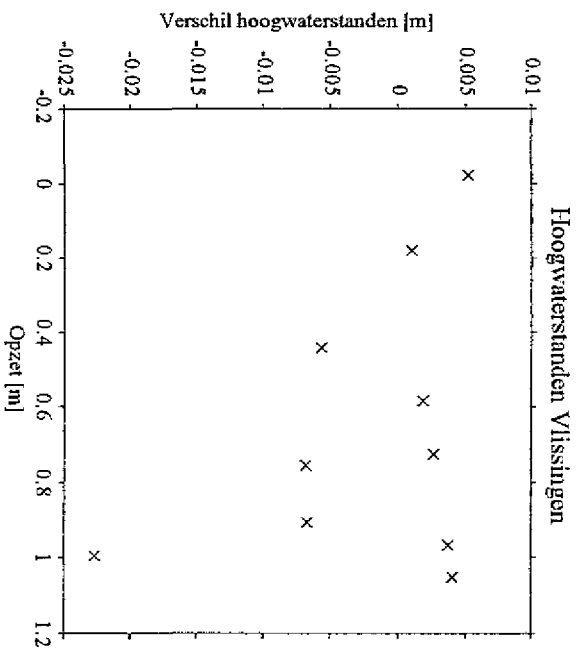
|            |     |
|------------|-----|
| Vlissingen | 9   |
| Terneuzen  | -62 |
| Hansweert  | 42  |
| Baalhoek   | 56  |
| Bath       | 47  |
| Antwerpen  | 49  |

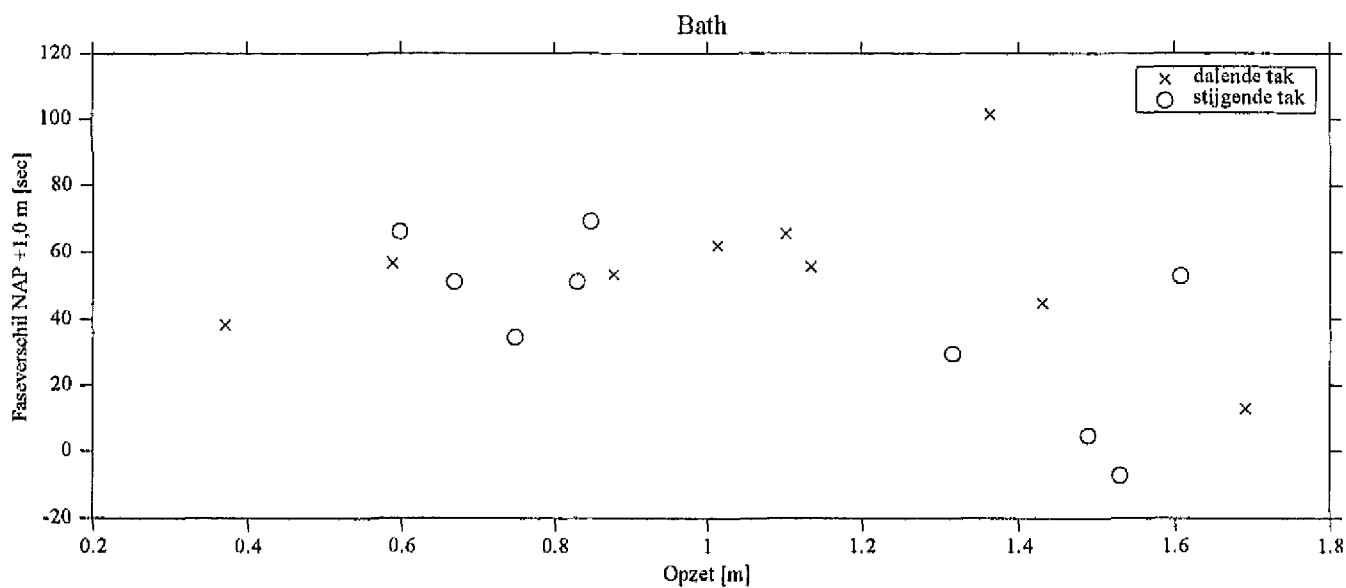
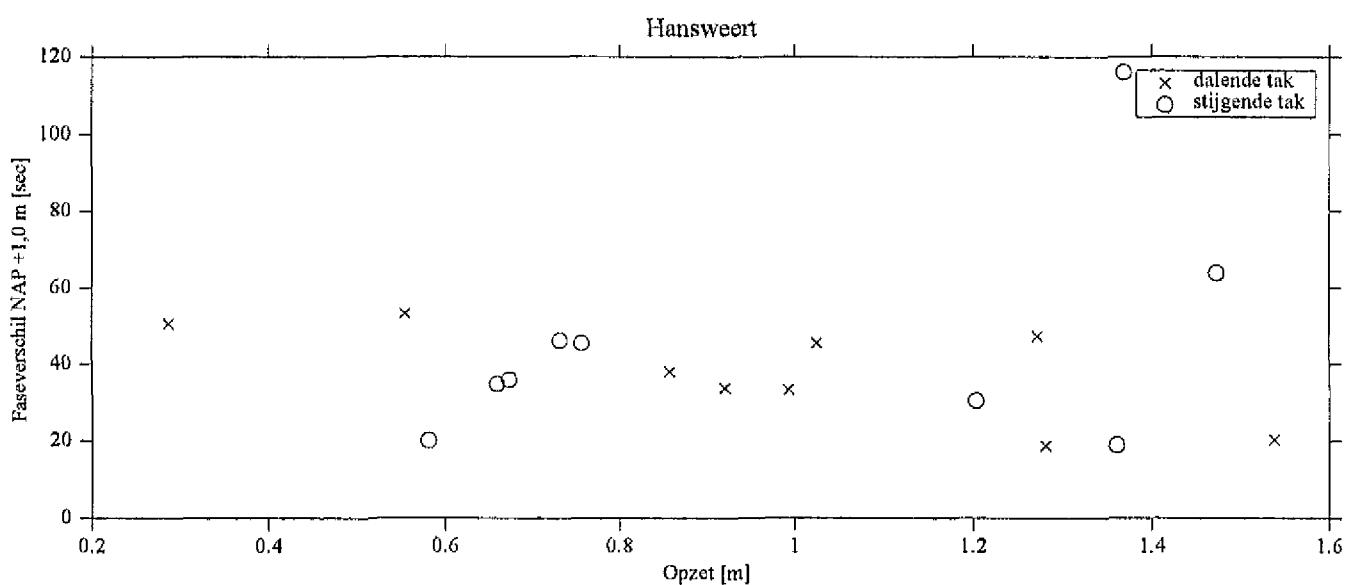
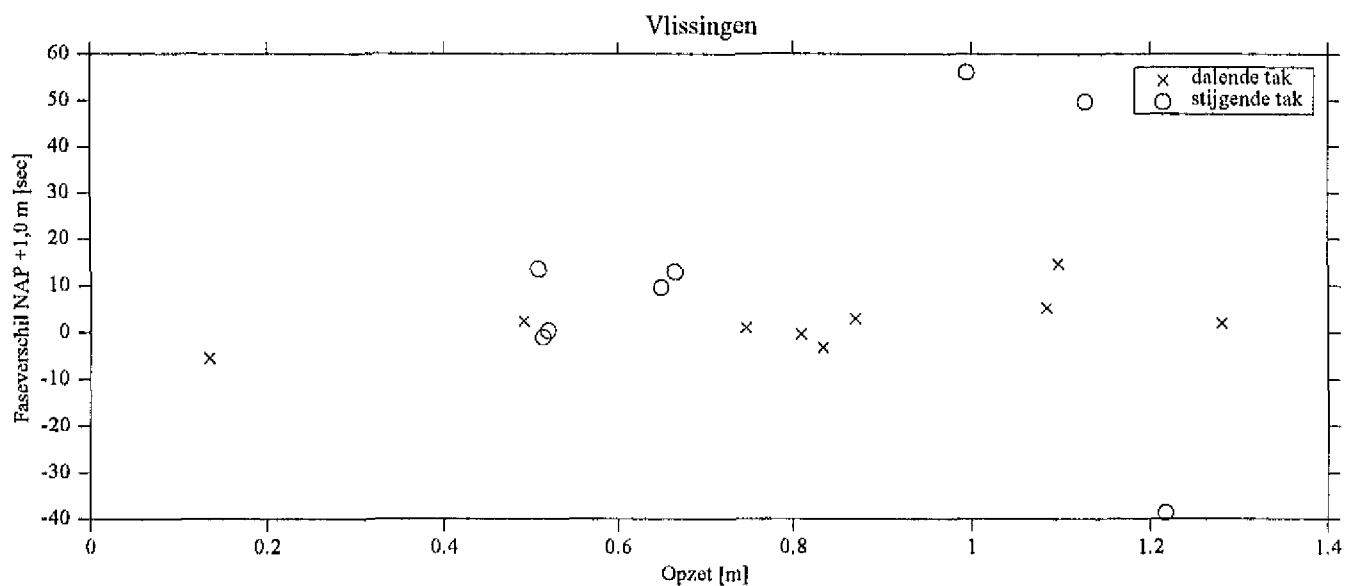
Berekening 9

Functioniewisseling Gat v. Ossensisse <-> Middeldgat

FIGUUR 4.16  
1153  
28-Jun-2000









#### Verschil hoogwaterstanden [m]

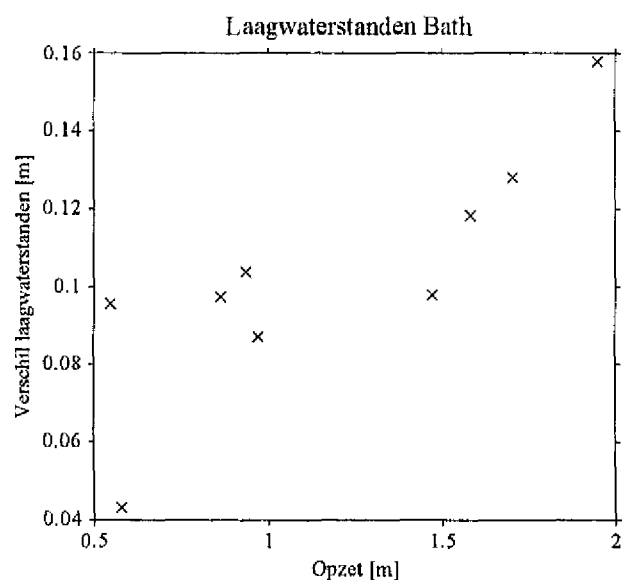
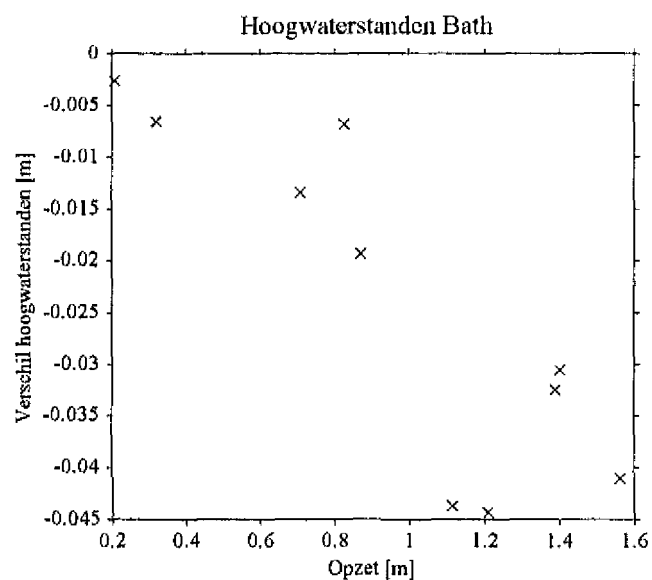
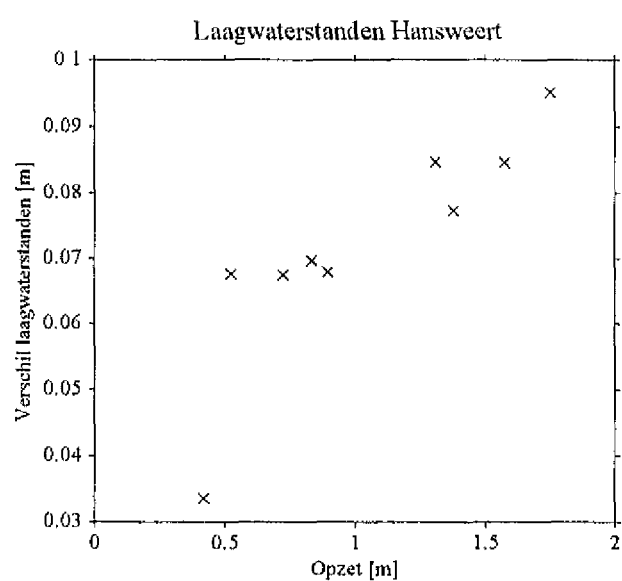
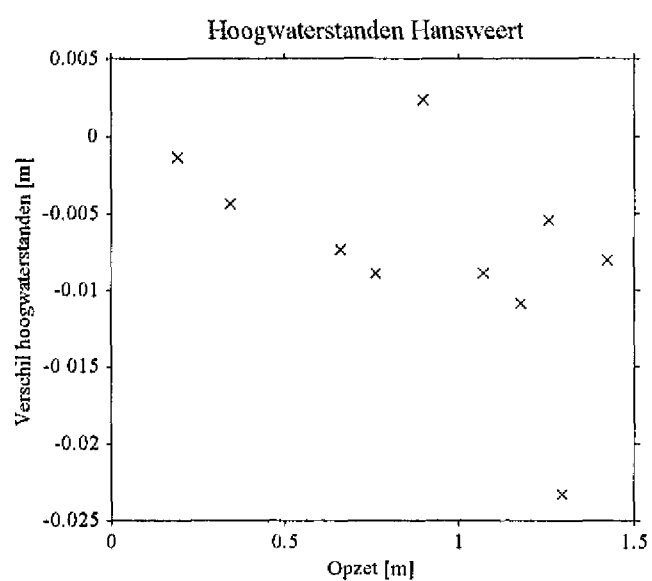
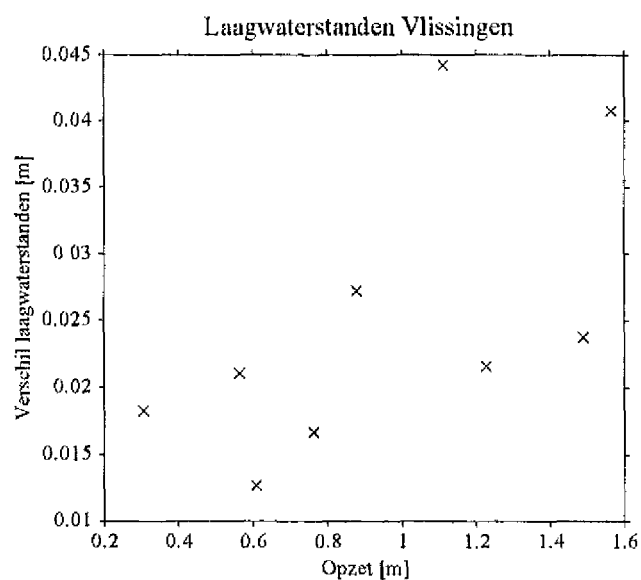
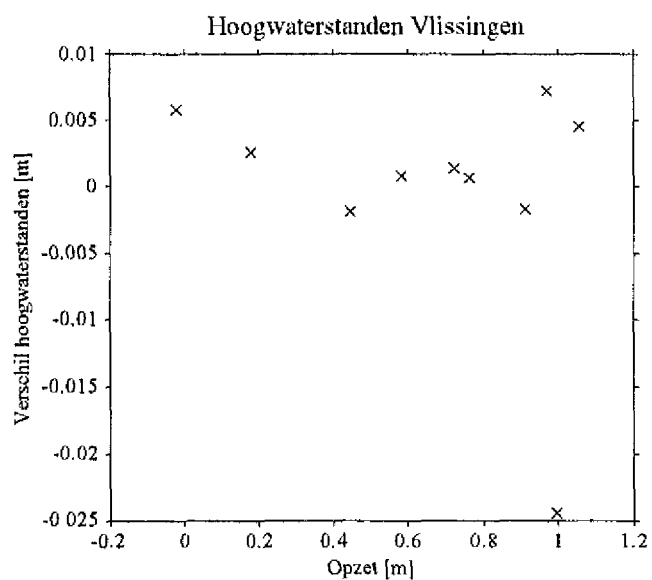
|            | hw1   | hw2   | hw3   | hw4   | hw5   | hw6   | hw7   | hw8   | hw9   | hw10  |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Vlissingen | 0.01  | 0     | 0.01  | 0     | -0.02 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Terneuzen  | ----  | ----  | ----  | ----  | ----  | ----  | ----  | ----  | ----  | ----  |
| Hansweert  | 0     | -0.01 | -0.01 | -0.01 | -0.02 | -0.01 | -0.01 | -0.01 | 0     | 0     |
| Baalhoek   | -0.01 | -0.02 | -0.02 | -0.03 | -0.03 | 0     | -0.04 | 0     | -0.01 | 0     |
| Bath       | 0     | -0.04 | -0.03 | -0.04 | -0.03 | -0.01 | -0.04 | -0.01 | -0.02 | -0.01 |
| Antwerpen  | -0.21 | -0.44 | -0.48 | -0.52 | -0.5  | -0.38 | -0.44 | -0.37 | -0.45 | -0.25 |

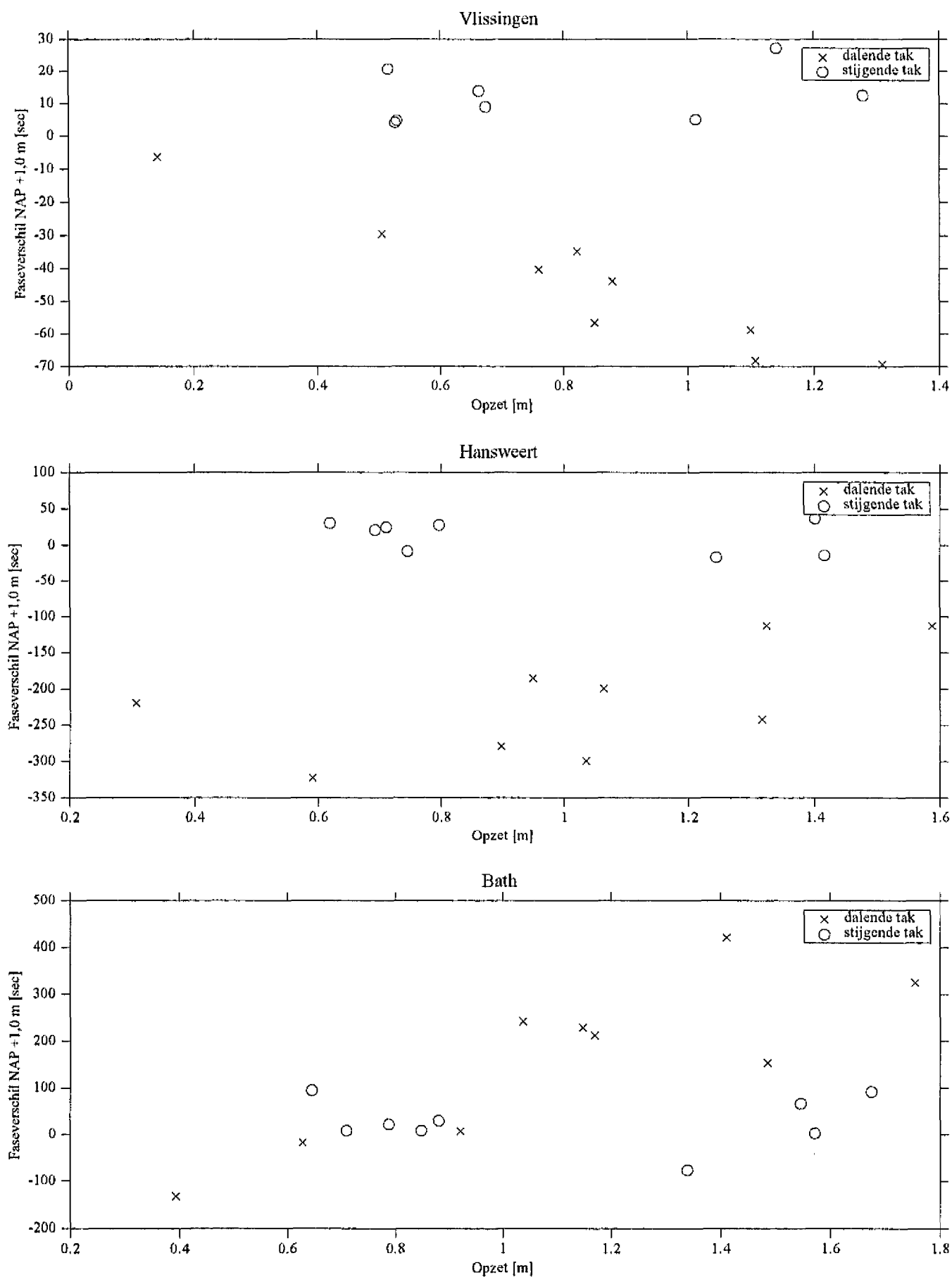
#### Verschil laagwaterstanden [m]

|            | lw1  | lw2  | lw3  | lw4  | lw5  | lw6  | lw7  | lw8  | lw9  |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Vlissingen | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0.02 | 0.04 | 0.01 | 0.02 | 0.03 |
| Terneuzen  | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  |
| Hansweert  | 0.03 | 0.08 | 0.08 | 0.1  | 0.07 | 0.08 | 0.07 | 0.07 | 0.07 |
| Baalhoek   | 0.04 | 0.11 | 0.1  | 0.12 | 0.08 | 0.09 | 0.07 | 0.08 | 0.07 |
| Bath       | 0.04 | 0.13 | 0.12 | 0.16 | 0.1  | 0.1  | 0.1  | 0.1  | 0.09 |
| Antwerpen  | 0.06 | 0.13 | 0.1  | 0.14 | 0.13 | 0.1  | 0.12 | 0.1  | 0.1  |

#### Gemiddelde verschillen nuldoorgangen [seconden]

|            |     |
|------------|-----|
| Vlissingen | -14 |
| Terneuzen  | -68 |
| Hansweert  | -98 |
| Baalhoek   | -37 |
| Bath       | 71  |
| Antwerpen  | 656 |



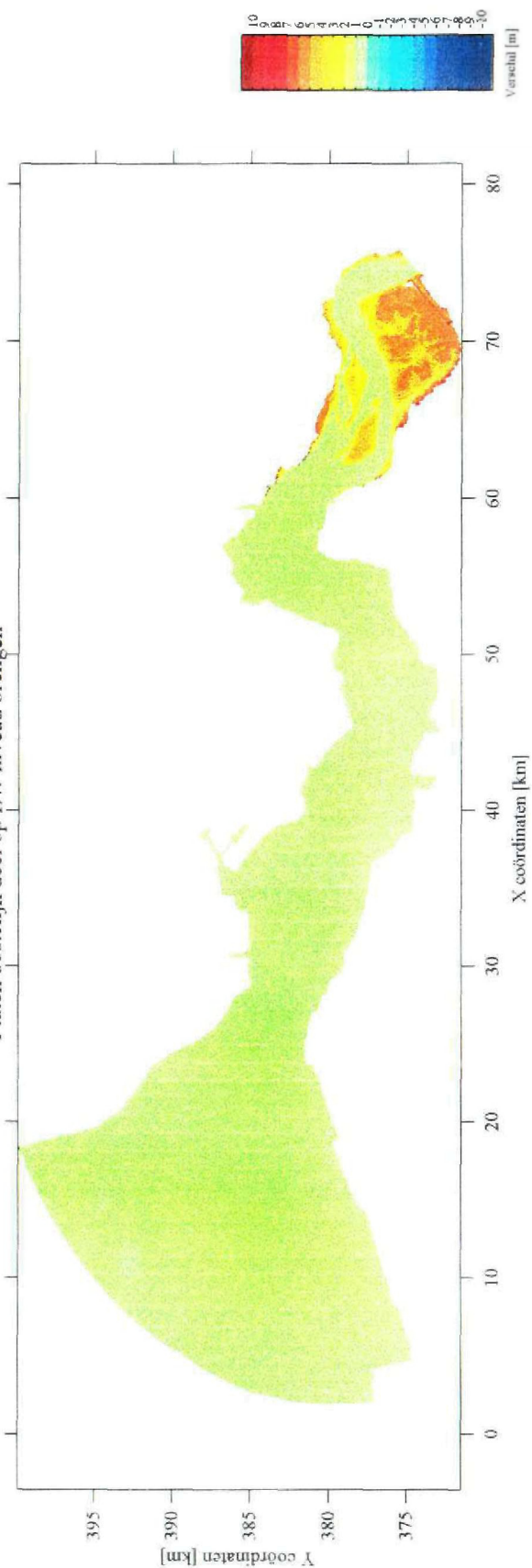


Opzet vs faseverschil NAP +1,0 m

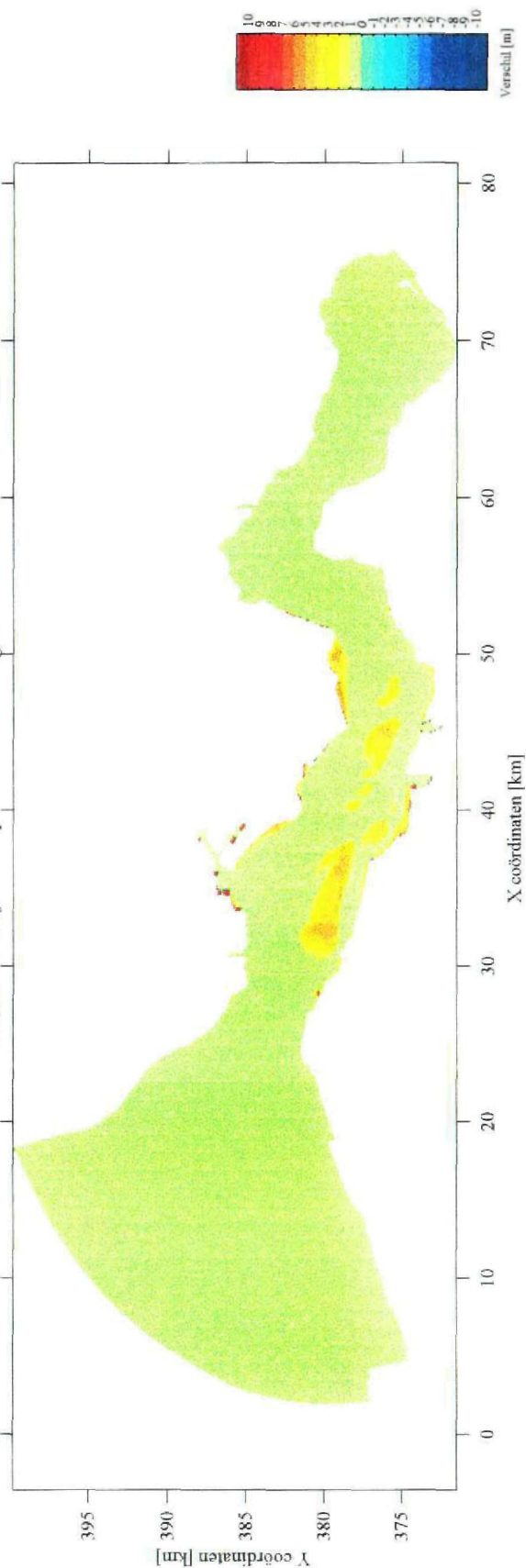
FIGUUR 4.19b

1153

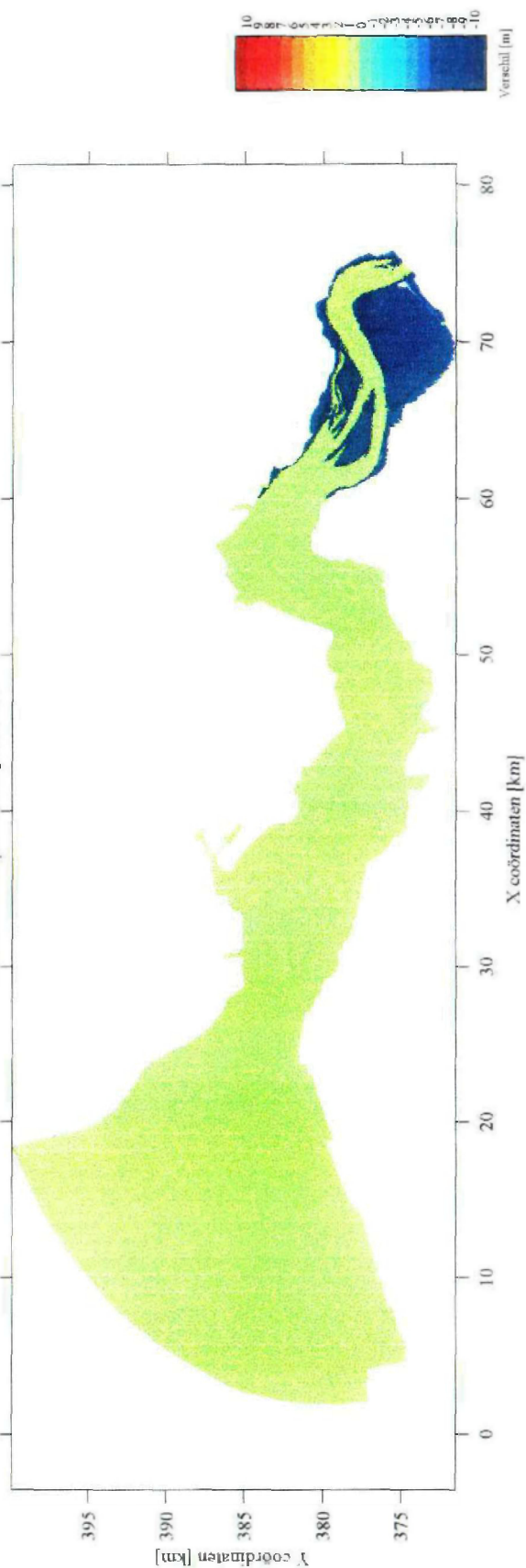
Platen oostelijk deel op L.W niveau brengen



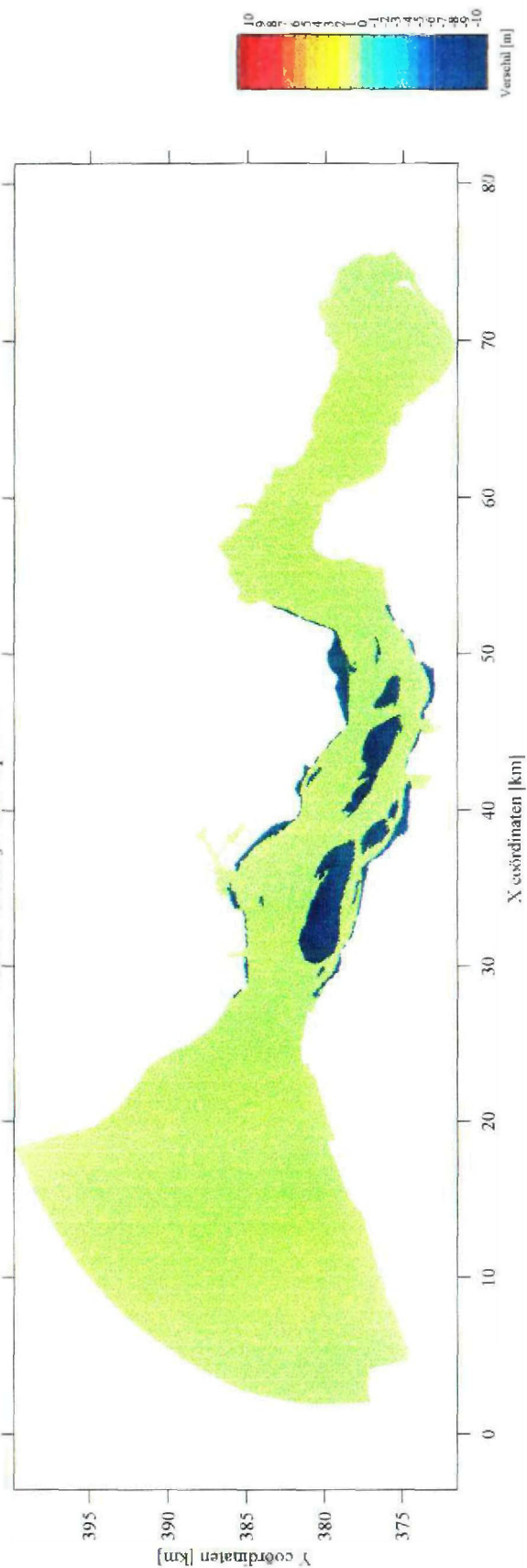
Platen westelijk deel op L.W niveau brengen



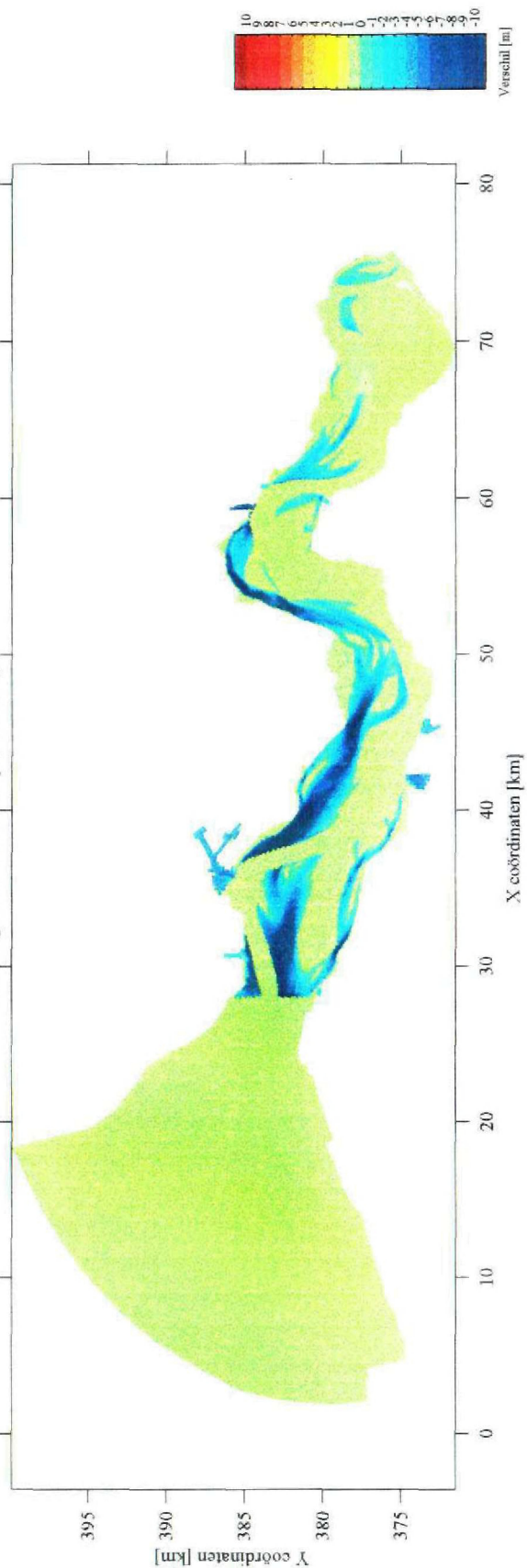
Platen oostelijk deel inpolderen



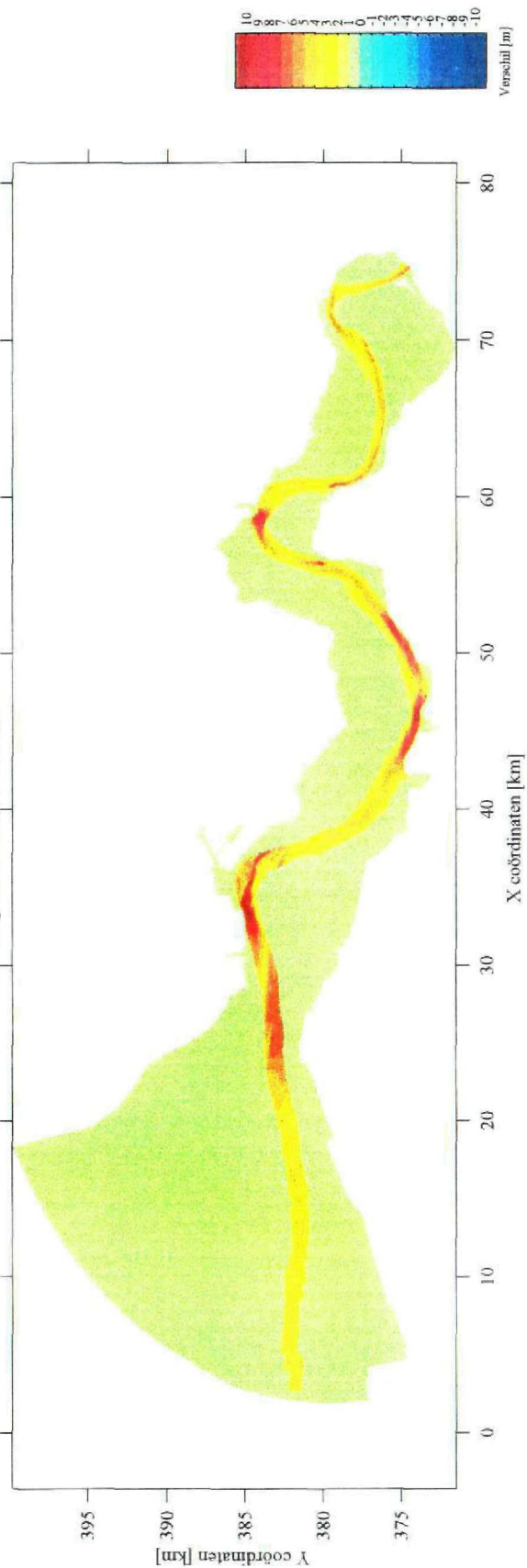
Platen westelijk deel inpolderen



Nevengoulen halveren qua omvang



Hoofdgeul met 30% verruimen



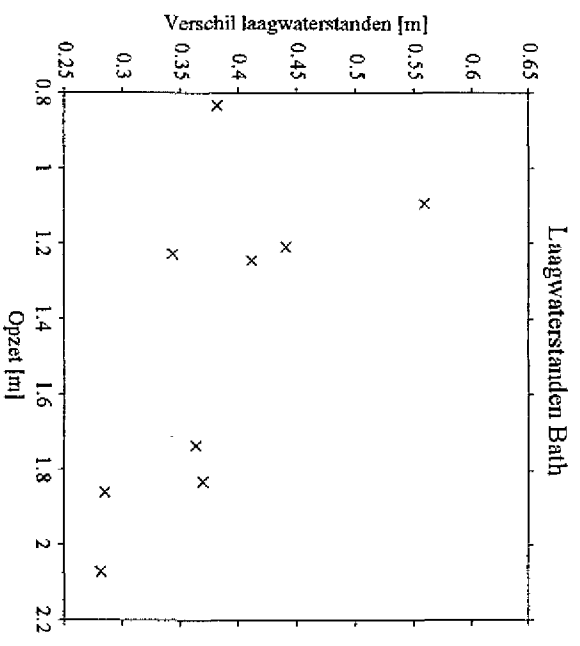
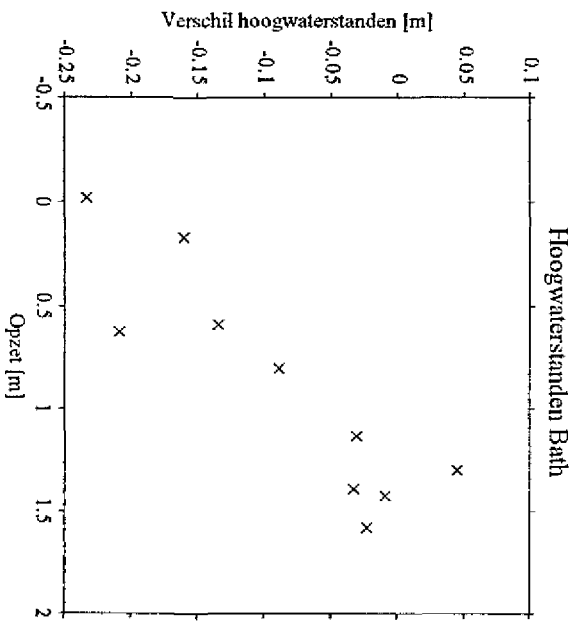
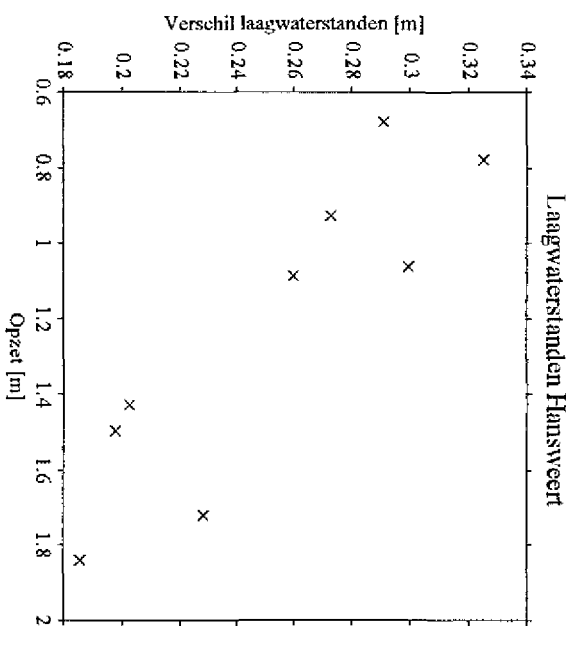
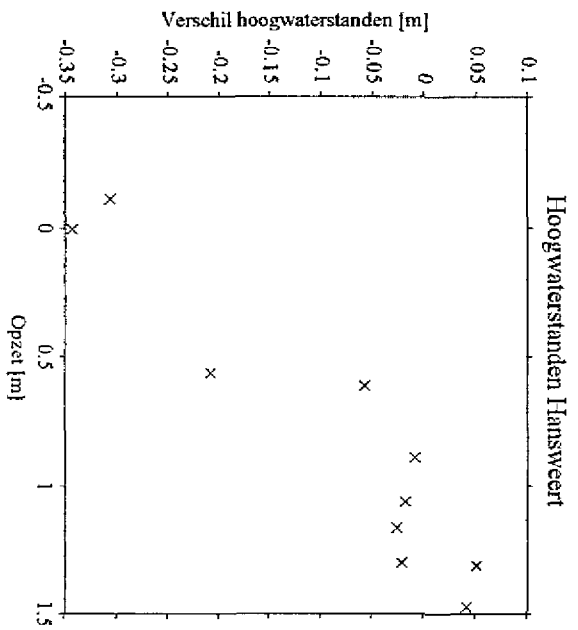
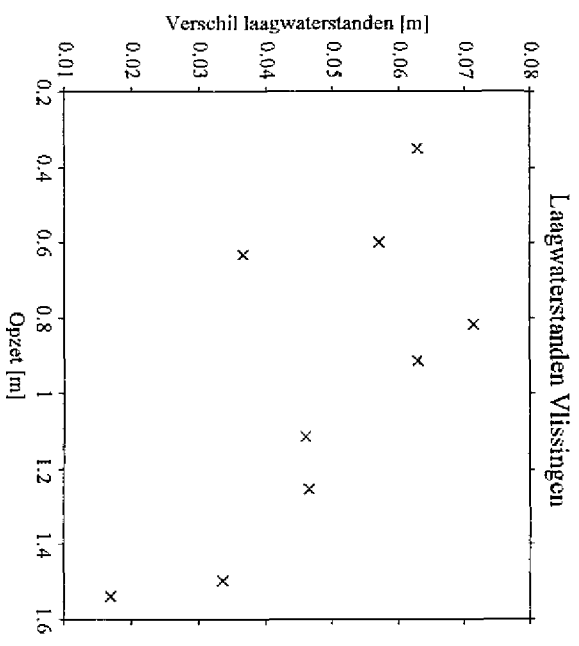
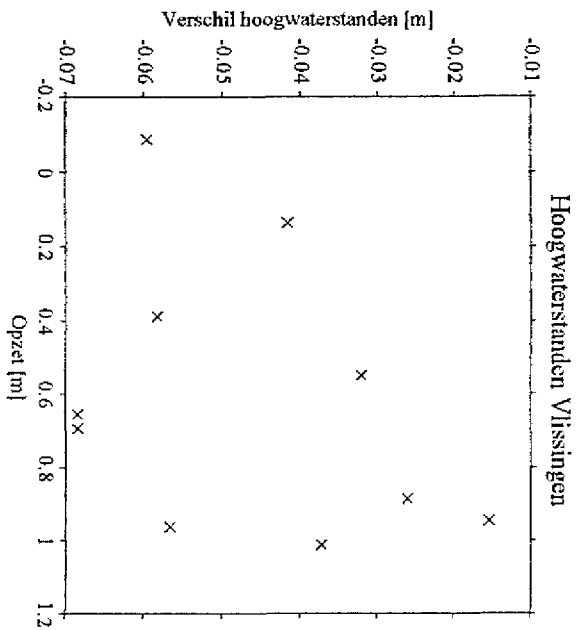


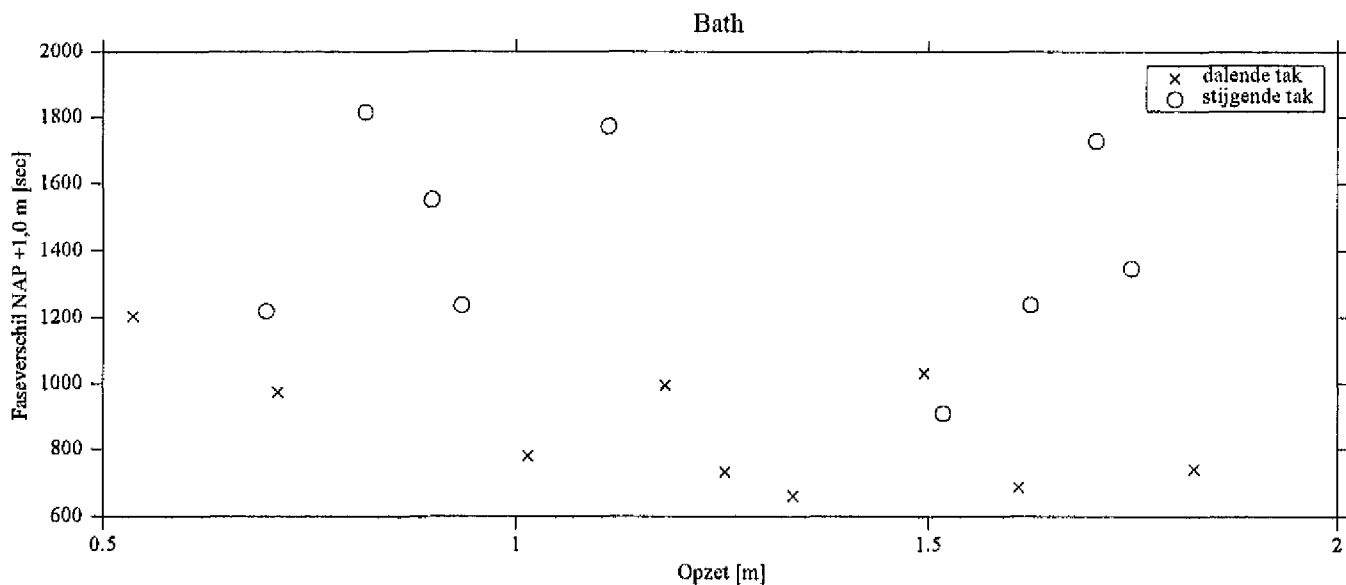
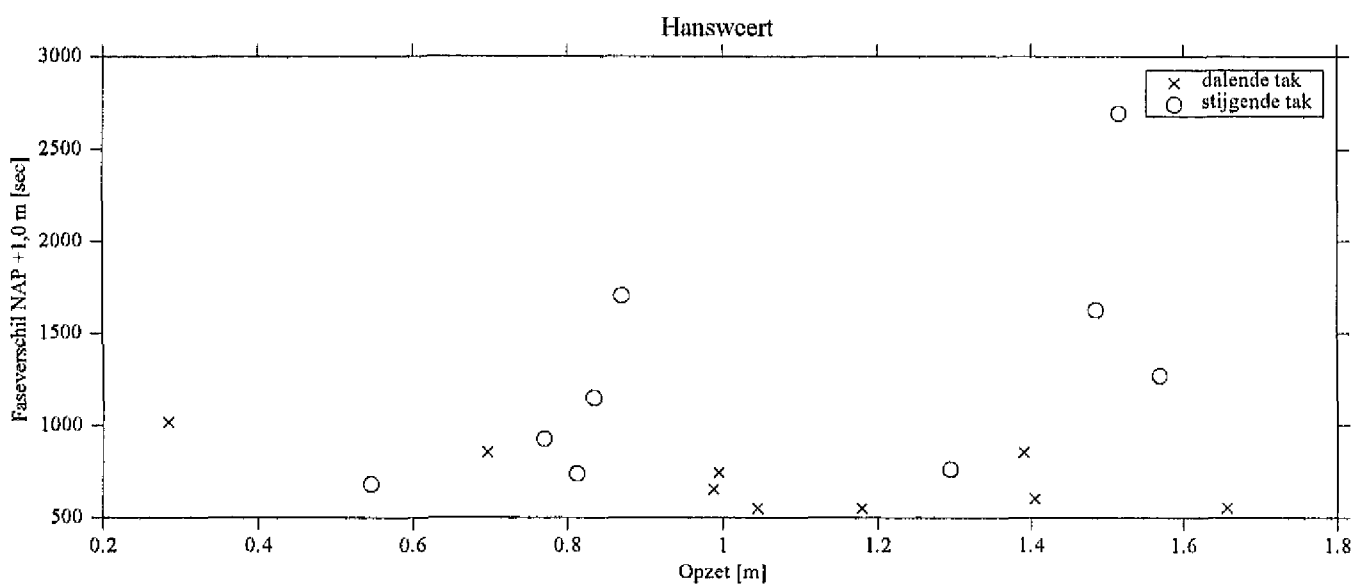
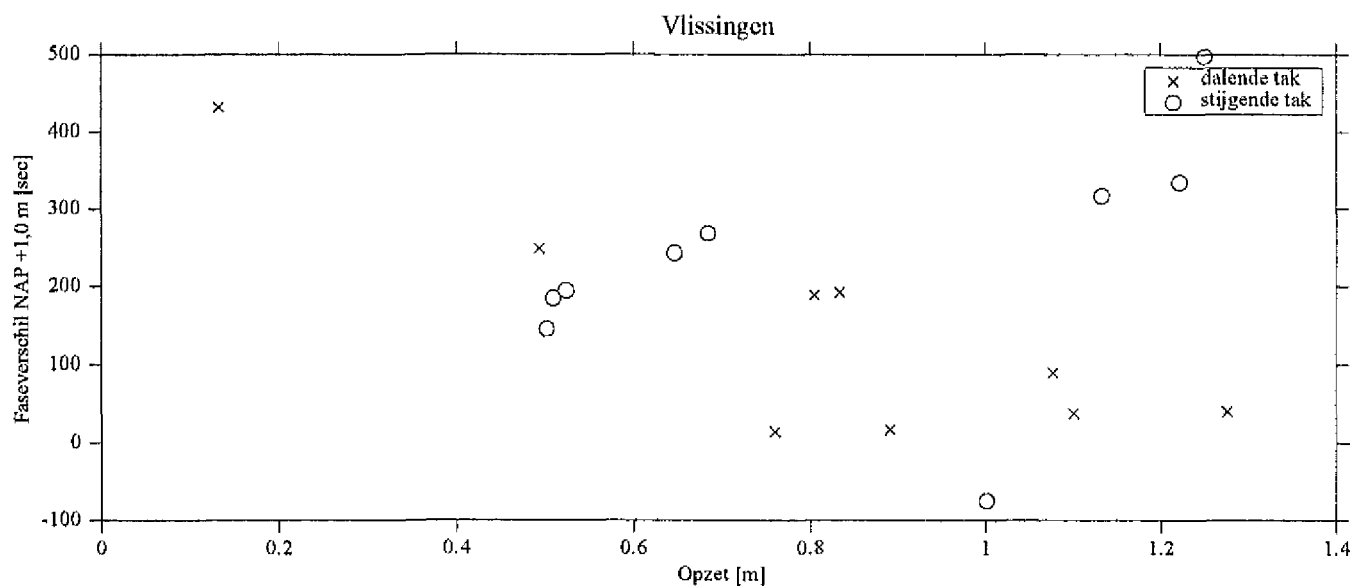
|            | Verschil hoogwaterstanden [m] |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            | hw1                           | hw2   | hw3   | hw4   | hw5   | hw6   | hw7   | hw8   | hw9   | hw10  |
| Vlissingen | -0.06                         | -0.07 | -0.02 | -0.04 | -0.06 | -0.03 | -0.03 | -0.06 | -0.07 | -0.04 |
| Terneuzen  | ----                          | ----  | ----  | ----  | ----  | ----  | ----  | ----  | ----  | ----  |
| Hansweert  | -0.31                         | -0.02 | 0.05  | 0.04  | -0.02 | -0.21 | -0.03 | -0.06 | -0.01 | -0.34 |
| Baalhoek   | -0.19                         | -0.01 | 0.04  | 0.04  | 0.05  | -0.12 | 0.09  | -0.09 | 0     | -0.15 |
| Bath       | -0.23                         | -0.03 | -0.03 | -0.02 | -0.01 | -0.21 | 0.04  | -0.13 | -0.09 | -0.16 |
| Antwerpen  | -0.3                          | -0.1  | -0.11 | -0.11 | -0.12 | -0.25 | -0.06 | -0.16 | -0.21 | -0.22 |

|            | Verschil laagwaterstanden [m] |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|            | lw1                           | lw2  | lw3  | lw4  | lw5  | lw6  | lw7  | lw8  | lw9  |
| Vlissingen | 0.06                          | 0.03 | 0.05 | 0.02 | 0.07 | 0.05 | 0.04 | 0.06 | 0.06 |
| Terneuzen  | ----                          | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| Hansweert  | 0.29                          | 0.23 | 0.2  | 0.19 | 0.3  | 0.2  | 0.27 | 0.33 | 0.26 |
| Baalhoek   | 0.38                          | 0.24 | 0.24 | 0.21 | 0.36 | 0.24 | 0.33 | 0.37 | 0.3  |
| Bath       | 0.56                          | 0.29 | 0.37 | 0.28 | 0.41 | 0.36 | 0.44 | 0.38 | 0.34 |
| Antwerpen  | 0.63                          | 0.32 | 0.38 | 0.34 | 0.38 | 0.47 | 0.48 | 0.35 | 0.33 |

Gemiddelde verschillen muldoorgangen [seconden]

|            |      |
|------------|------|
| Vlissingen | 201  |
| Terneuzen  | 467  |
| Hansweert  | 993  |
| Baalhoek   | 1336 |
| Bath       | 1155 |
| Antwerpen  | 1066 |





Opzet vs faseverschil NAP +1,0 m

FIGUUR 5.5b

1153

Berekening 11: Platen oostelijk deel op LW niveau brengen

28-Jun-2000



|            | Verskil hoogwaterstanden [m] |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|            | hw1                          | hw2  | hw3  | hw4  | hw5  | hw6  | hw7  | hw8  | hw9  | hw10 |
| Vlissingen | 0.02                         | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0    | 0.03 | 0.01 | 0.03 | 0.01 | 0.01 |
| Terneuzen  | ---                          | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  |
| Hansweert  | 0.04                         | 0.01 | 0.03 | 0.03 | 0.01 | 0.05 | 0.01 | 0.05 | 0.03 | 0.04 |
| Baalhoek   | 0.03                         | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0    | 0.03 |
| Bath       | 0.04                         | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.02 | 0.05 | 0.04 | 0.03 |
| Antwerpen  | 0.03                         | 0    | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 0.06 | 0.02 | 0.05 | 0.03 | 0.04 |

|            | Verskil laagwaterstanden [m] |      |      |      |      |      |      |       |      |
|------------|------------------------------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
|            | lw1                          | lw2  | lw3  | lw4  | lw5  | lw6  | lw7  | lw8   | lw9  |
| Vlissingen | 0.02                         | 0    | 0    | 0    | 0    | 0.02 | 0.01 | 0.02  | 0    |
| Terneuzen  | ---                          | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | ---   | ---  |
| Hansweert  | 0.06                         | 0.03 | 0.02 | 0.04 | 0.02 | 0.07 | 0.03 | 0.01  | 0.03 |
| Baalhoek   | 0.06                         | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.01 | 0.08 | 0.02 | 0     | 0.02 |
| Bath       | 0.05                         | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.01 | 0.07 | 0.02 | -0.01 | 0.01 |
| Antwerpen  | 0.05                         | 0.03 | 0.02 | 0.05 | 0    | 0.08 | 0.01 | -0.02 | 0    |

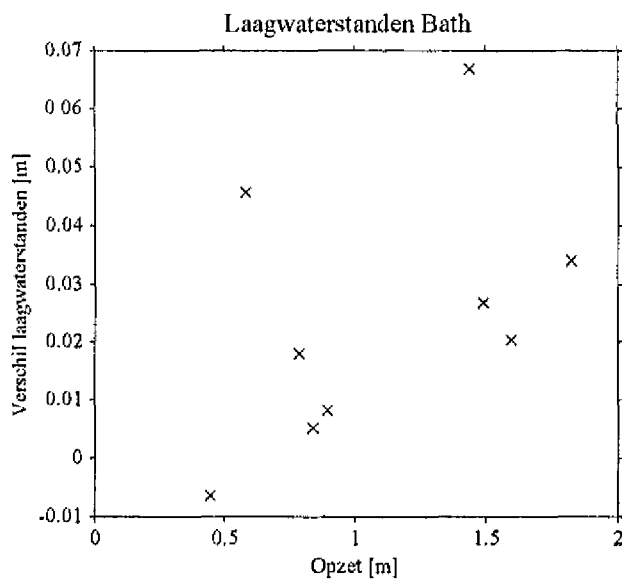
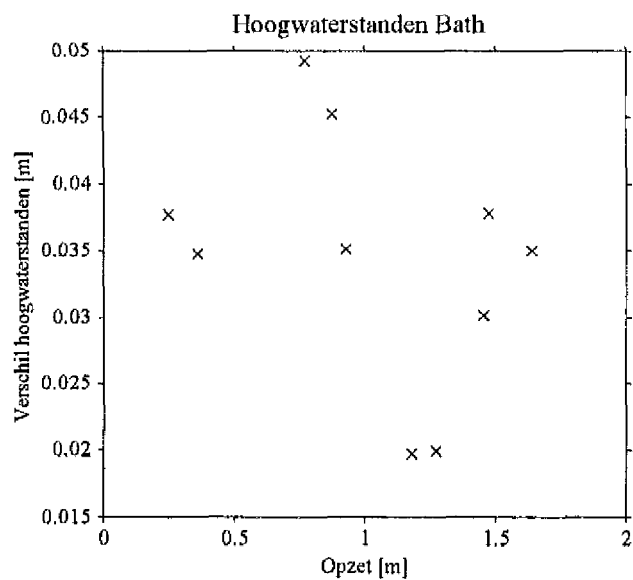
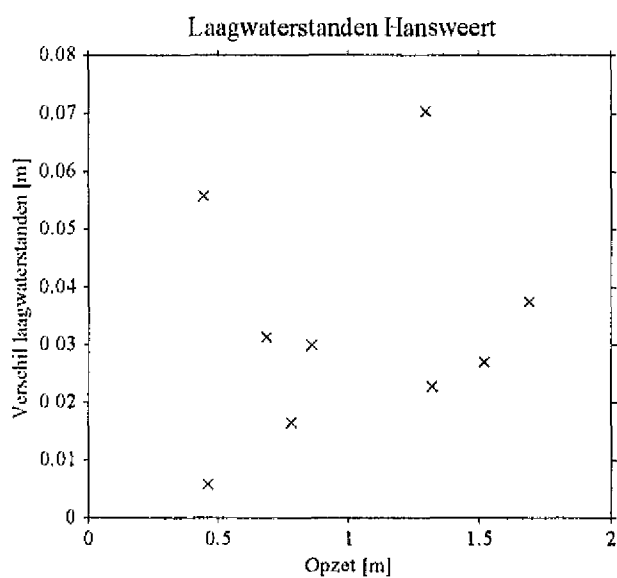
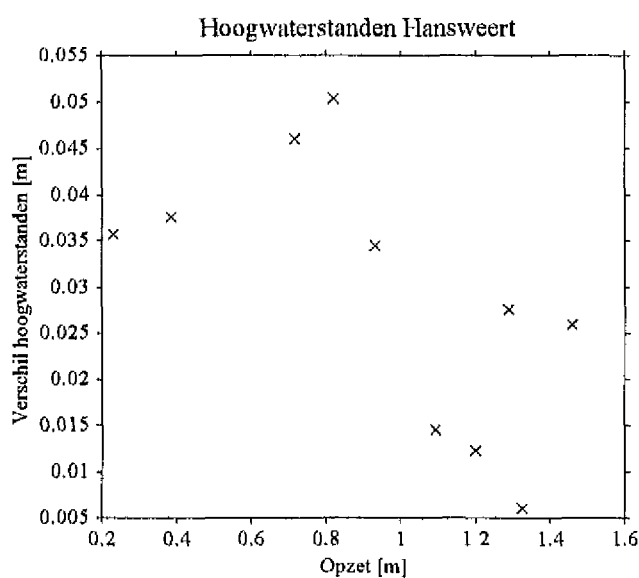
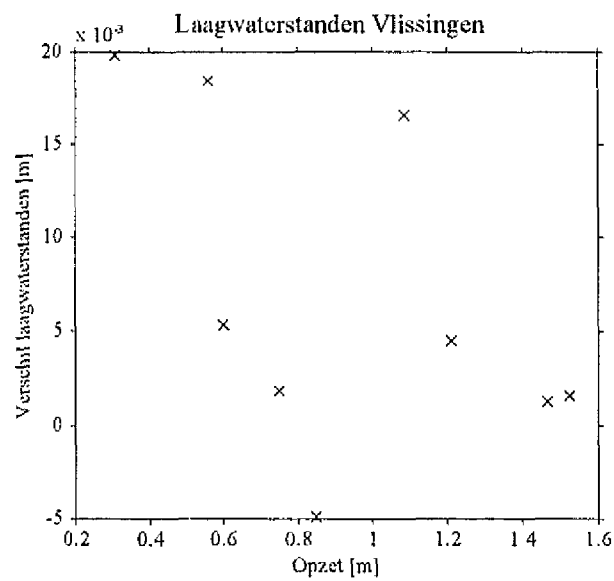
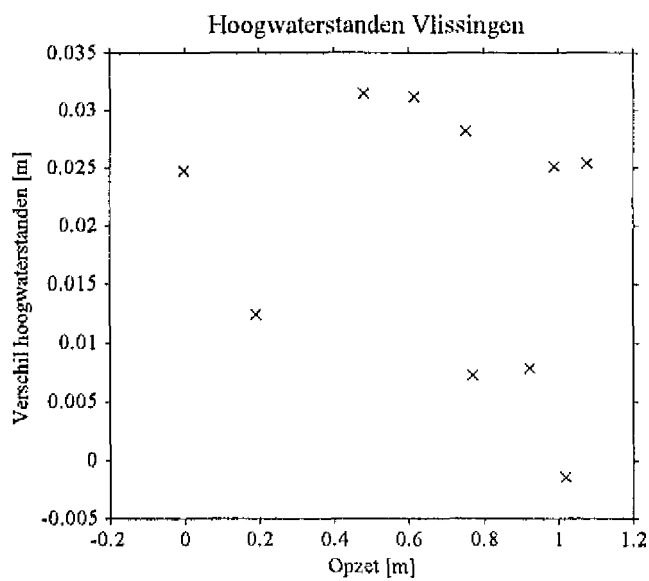
#### Gemiddelde verschillen nuldoorgangen [seconden]

|            |      |
|------------|------|
| Vlissingen | 50   |
| Terneuzen  | -41  |
| Hansweert  | -105 |
| Baalhoek   | -83  |
| Bath       | -90  |
| Antwerpen  | -82  |

Platen westelijk deel op LW niveau brengen

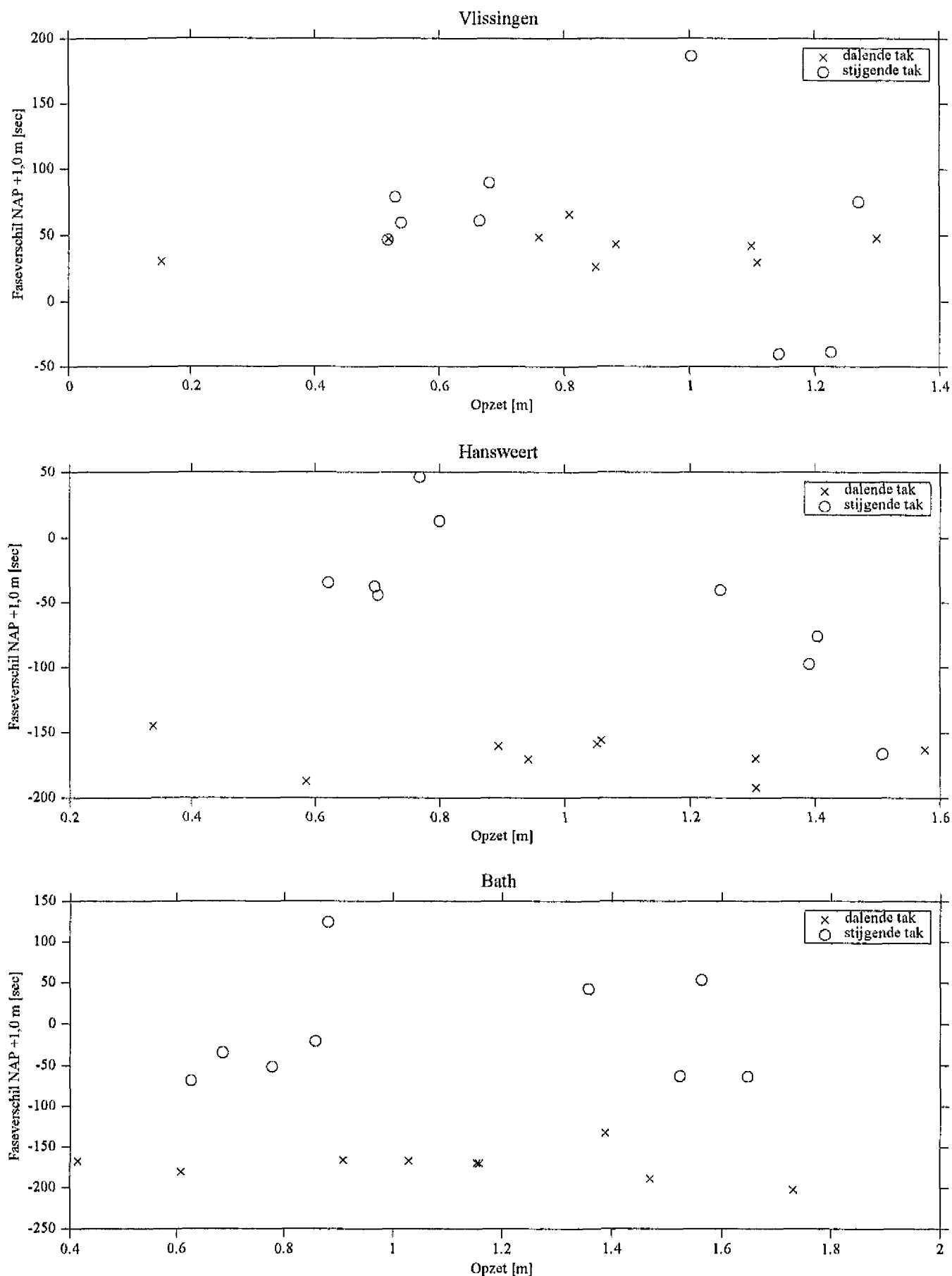
Berekening 12

FIGUUR 5.6  
1153  
28-Jun-2000



Opzet vs verschil hoog- en laagwaterstanden

FIGUUR 5.7a



Opzet vs faseverschil NAP +1,0 m

FIGUUR 5.7b

1153

Berekening 12: Platen westelijk deel op LW niveau brengen

28-Jun-2000

|            | Verskil hoogwaterstanden [m] |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|            | hw1                          | hw2  | hw3  | hw4  | hw5  | hw6  | hw7  | hw8  | hw9  | hw10 |
| Vlissingen | 0.03                         | 0.1  | 0.04 | 0.07 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.02 |
| Terneuzen  | ---                          | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  |
| Hansweert  | 0.31                         | 0.23 | 0.37 | 0.36 | 0.37 | 0.44 | 0.28 | 0.42 | 0.38 | 0.32 |
| Baalhoek   | 0.25                         | 0.13 | 0.27 | 0.18 | 0.23 | 0.35 | 0.2  | 0.24 | 0.25 | 0.28 |
| Bath       | 0.2                          | 0.11 | 0.24 | 0.2  | 0.22 | 0.37 | 0.15 | 0.39 | 0.34 | 0.46 |
| Antwerpen  | 0.25                         | 0.02 | 0.21 | 0.19 | 0.22 | 0.31 | 0.17 | 0.39 | 0.32 | 0.29 |

|            | Verskil laagwaterstanden [m] |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            | lw1                          | lw2   | lw3   | lw4   | lw5   | lw6   | lw7   | lw8   | lw9   |
| Vlissingen | -0.01                        | 0     | -0.02 | 0     | -0.02 | 0.01  | -0.01 | -0.01 | -0.01 |
| Terneuzen  | ---                          | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   |
| Hansweert  | -0.01                        | -0.02 | 0.01  | -0.01 | -0.03 | -0.01 | -0.01 | -0.03 | 0.01  |
| Baalhoek   | -0.02                        | 0     | -0.02 | -0.01 | -0.02 | 0     | -0.02 | -0.03 | 0     |
| Bath       | 2.1                          | 0.75  | 1.2   | 0.54  | 2     | 0.92  | 1.9   | 1.8   | 1.7   |
| Antwerpen  | -0.04                        | -0.03 | -0.14 | -0.04 | -0.03 | -0.01 | -0.03 | -0.06 | -0.01 |

#### Gemiddelde verschillen nuldoorgangen [seconden]

|            |       |
|------------|-------|
| Vlissingen | -284  |
| Terneuzen  | -622  |
| Hansweert  | -899  |
| Baalhoek   | -     |
| Bath       | -1209 |
| Antwerpen  | -1178 |

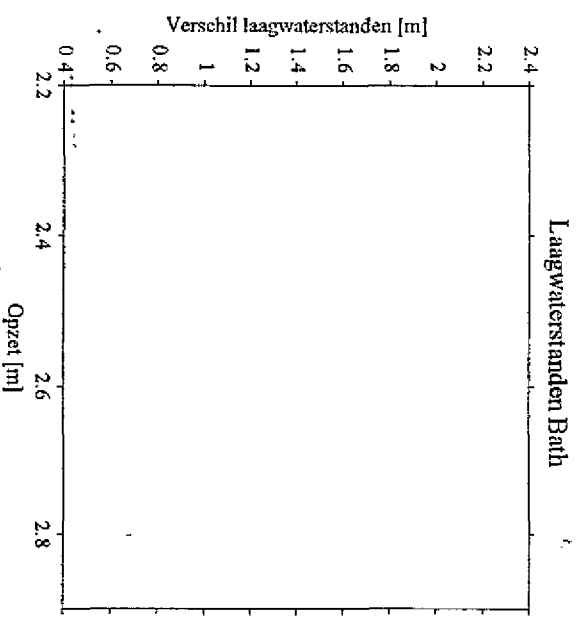
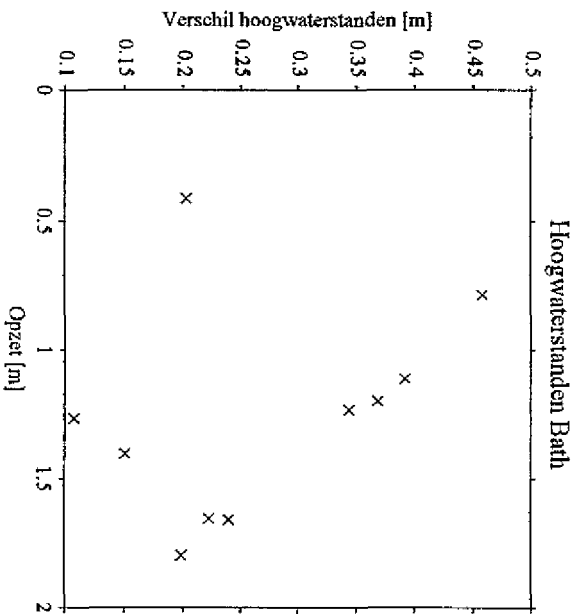
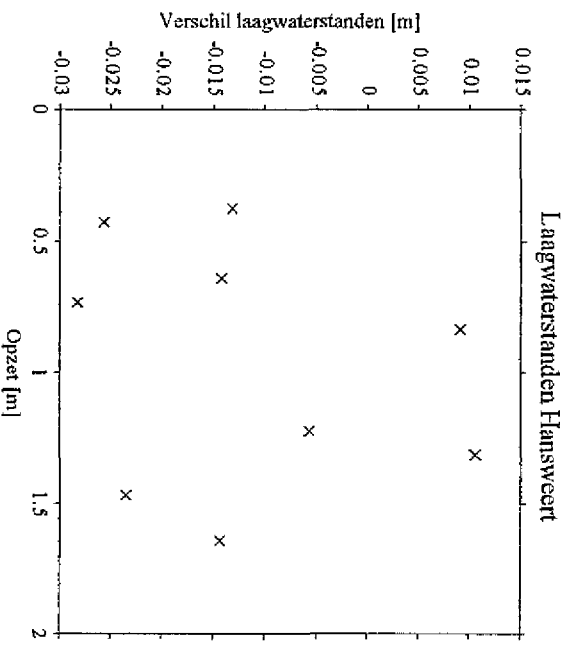
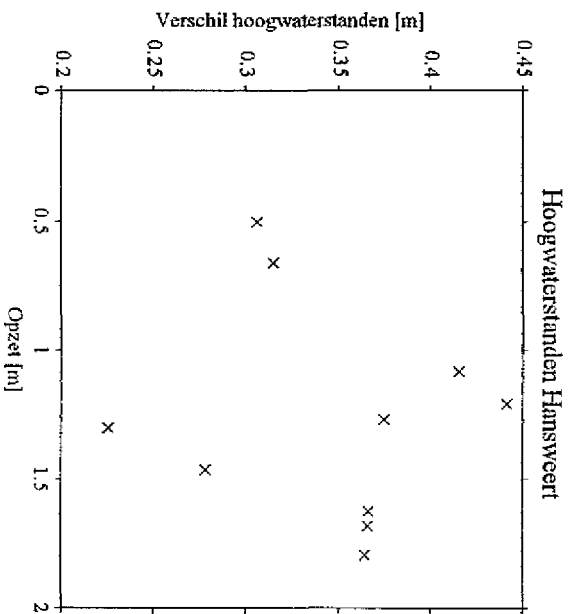
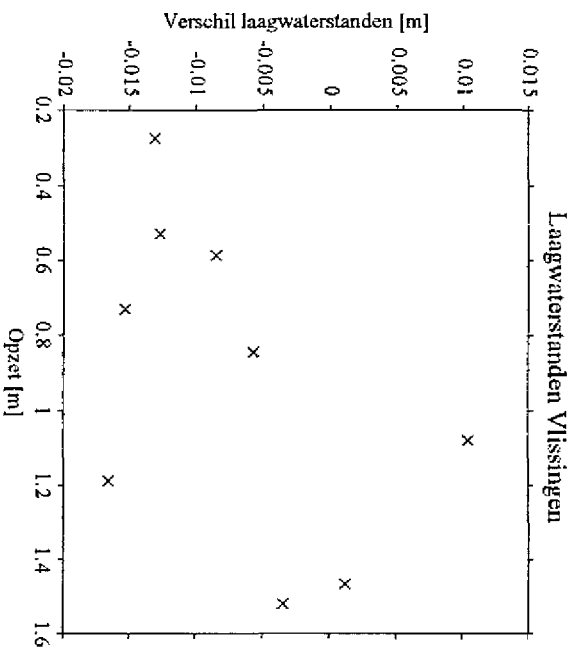
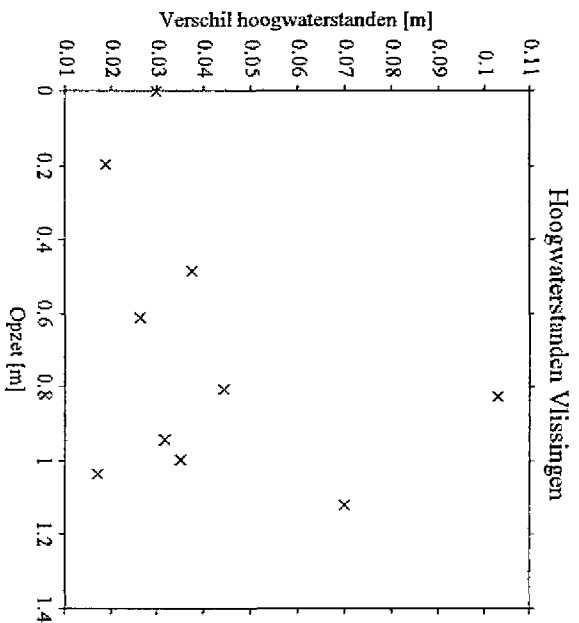
Berekening 13

Platen oostelijk deel inpolderen

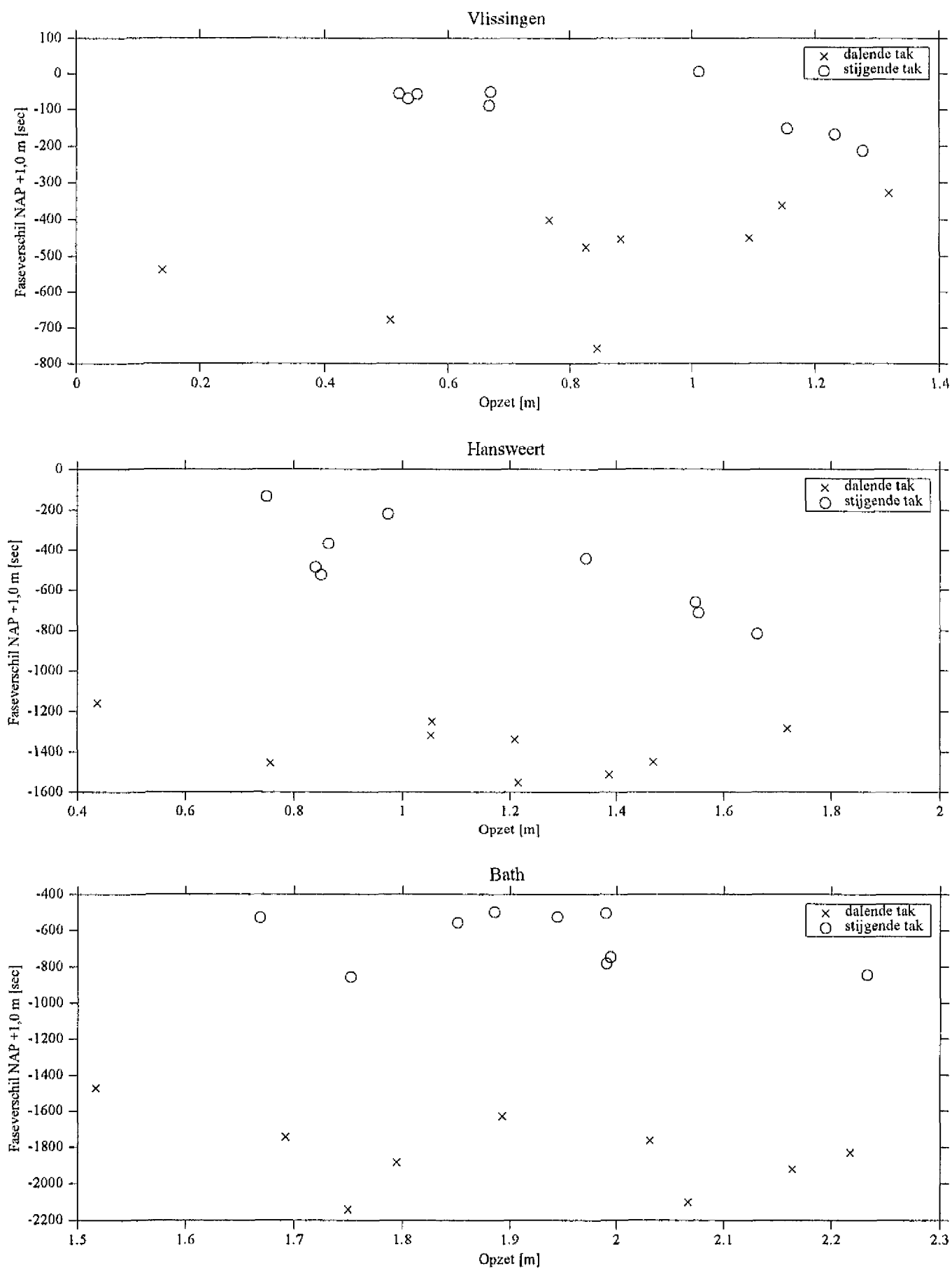
FIGUUR 5.8

1153

28-Jun-2000





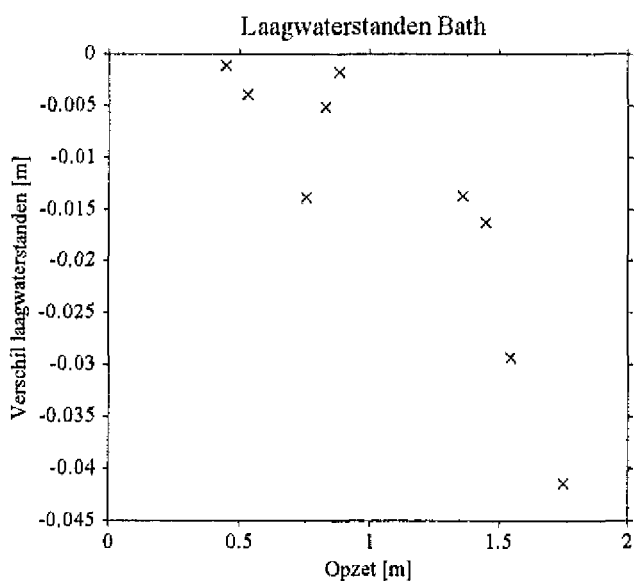
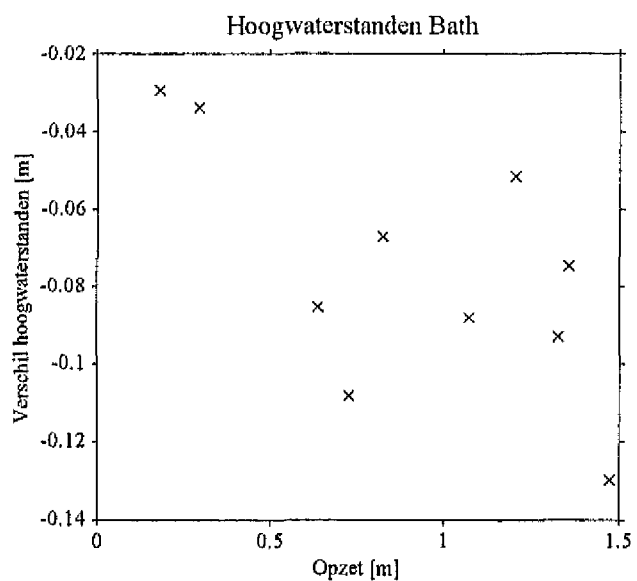
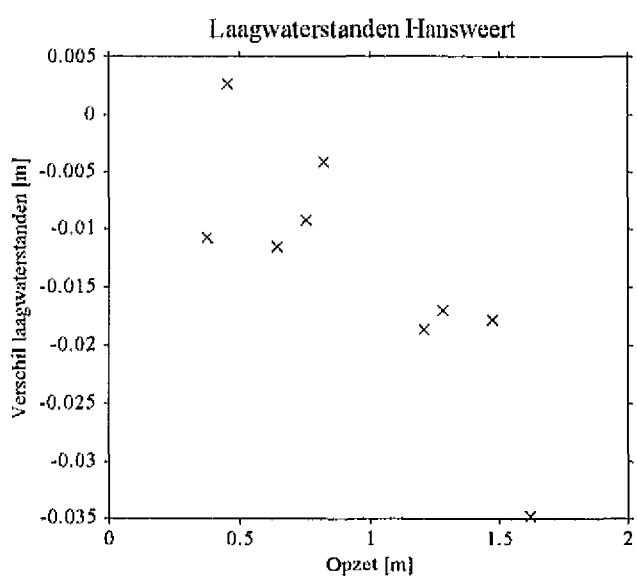
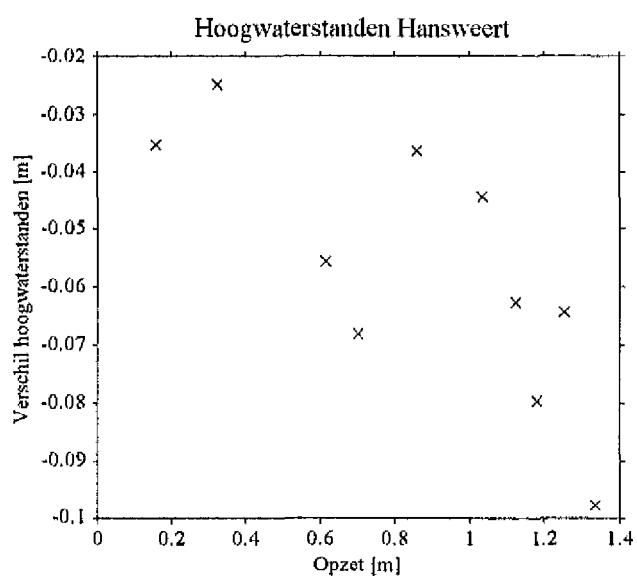
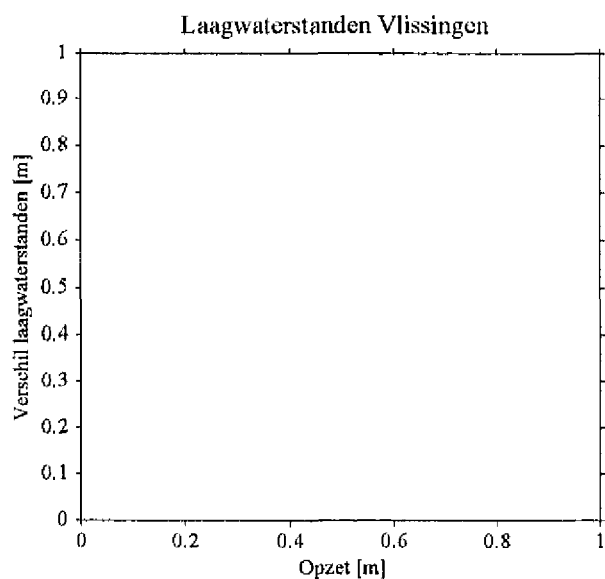
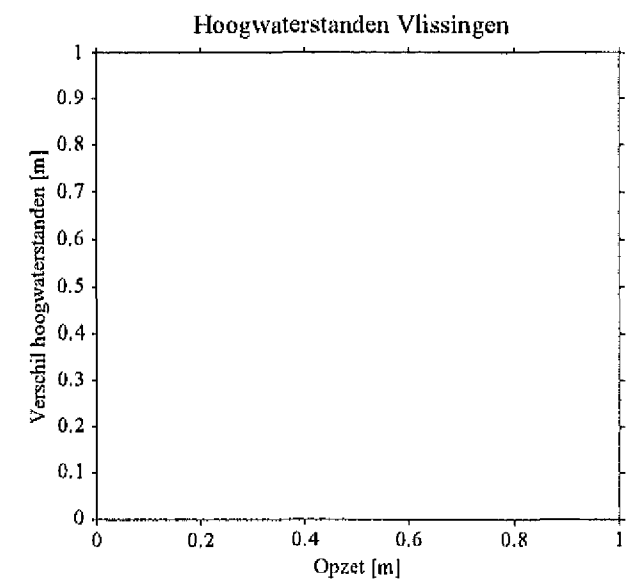


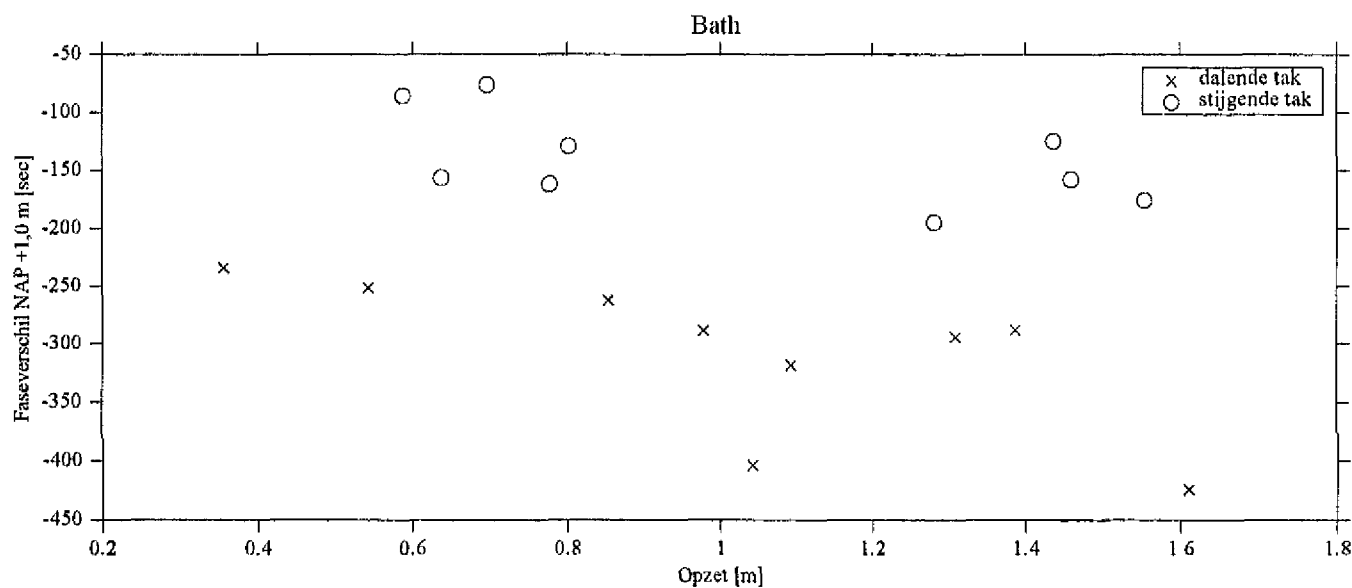
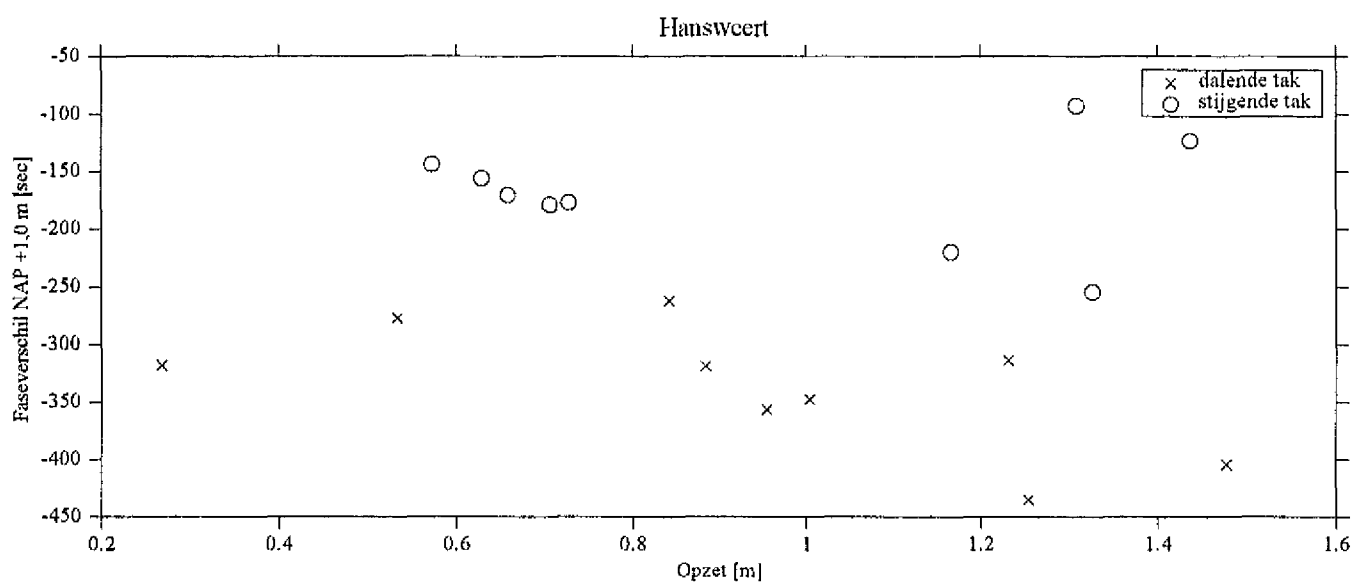
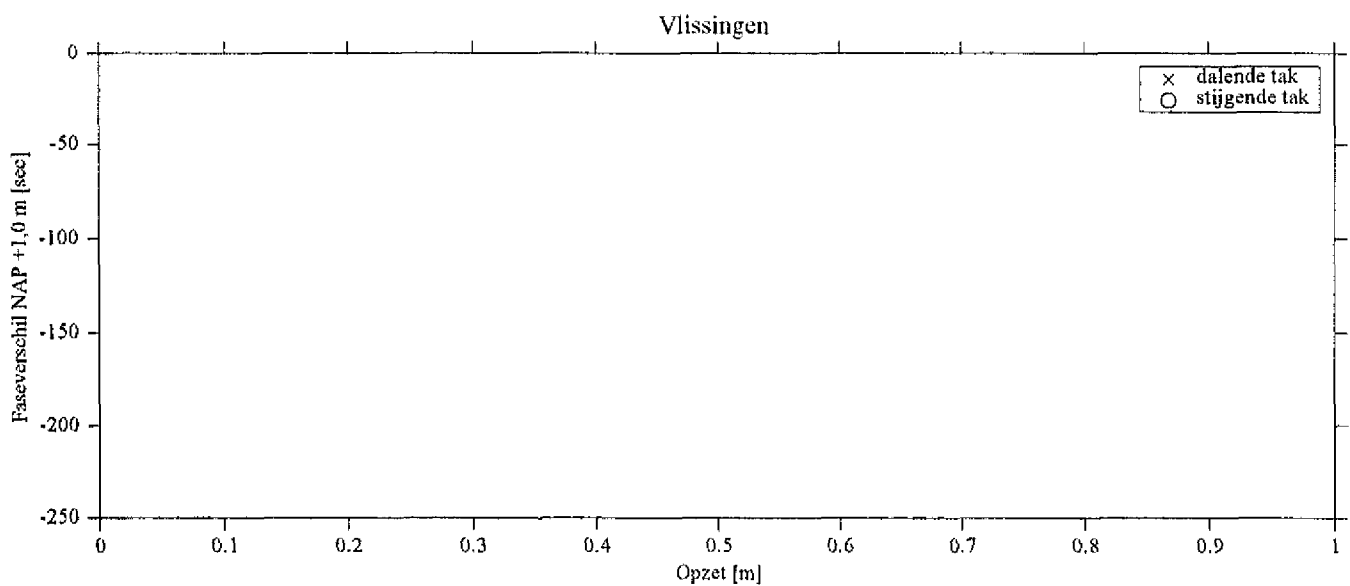
|            | Verschil hoogwaterstanden [m] |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            | hw1                           | hw2   | hw3   | hw4   | hw5   | hw6   | hw7   | hw8   | hw9   | hw10  |
| Vlissingen | ---                           | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   |
| Terneuzen  | ---                           | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   |
| Hansweert  | -0.04                         | -0.04 | -0.08 | -0.1  | -0.06 | -0.07 | -0.06 | -0.06 | -0.04 | -0.02 |
| Baalhoek   | -0.04                         | -0.08 | -0.1  | -0.12 | -0.11 | -0.12 | -0.06 | -0.1  | -0.09 | -0.04 |
| Bath       | -0.03                         | -0.09 | -0.09 | -0.13 | -0.07 | -0.11 | -0.05 | -0.09 | -0.07 | -0.03 |
| Antwerpen  | -0.02                         | -0.12 | -0.1  | -0.11 | -0.07 | -0.1  | -0.06 | -0.07 | -0.08 | -0.03 |

|            | Verschil laagwaterstanden [m] |       |       |       |       |       |       |       |      |
|------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|            | lw1                           | lw2   | lw3   | lw4   | lw5   | lw6   | lw7   | lw8   | lw9  |
| Vlissingen | ---                           | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---  |
| Terneuzen  | ---                           | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---  |
| Hansweert  | -0.01                         | -0.02 | -0.02 | -0.03 | -0.01 | -0.02 | -0.01 | 0     | 0    |
| Baalhoek   | -0.01                         | -0.01 | 0     | -0.03 | 0     | -0.02 | -0.02 | 0     | 0    |
| Bath       | 0                             | -0.03 | -0.02 | -0.04 | -0.01 | -0.01 | -0.01 | 0     | 0    |
| Antwerpen  | -0.01                         | -0.03 | -0.02 | -0.04 | -0.01 | -0.02 | -0.01 | -0.03 | 0.01 |

Gemiddelde verschillen nuldoorgangen [seconden]

|            |      |
|------------|------|
| Vlissingen | -138 |
| Terneuzen  | -159 |
| Hansweert  | -246 |
| Baalhoek   | -211 |
| Bath       | -218 |
| Antwerpen  | -230 |







|            | Verskil hoogwaterstanden [m] |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            | hw1                          | hw2   | hw3   | hw4   | hw5   | hw6   | hw7   | hw8   | hw9   | hw10  |
| Vlissingen | -0.07                        | -0.06 | -0.06 | -0.06 | -0.09 | -0.09 | -0.06 | -0.09 | -0.08 | -0.06 |
| Terneuzen  | ---                          | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   |
| Hansweert  | -0.25                        | -0.12 | -0.09 | -0.19 | -0.2  | -0.27 | -0.13 | -0.17 | -0.19 | -0.22 |
| Baalhoek   | -0.24                        | -0.15 | -0.17 | -0.18 | -0.16 | -0.28 | -0.13 | -0.25 | -0.15 | -0.22 |
| Bath       | -0.25                        | -0.15 | -0.19 | -0.2  | -0.18 | -0.3  | -0.14 | -0.25 | -0.2  | -0.22 |
| Antwerpen  | -0.26                        | -0.15 | -0.22 | -0.18 | -0.21 | -0.27 | -0.17 | -0.22 | -0.27 | -0.23 |

|            | Verskil laagwaterstanden [m] |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|            | lw1                          | lw2  | lw3  | lw4  | lw5  | lw6  | lw7  | lw8  | lw9  |
| Vlissingen | 0.04                         | 0.04 | 0.08 | 0.05 | 0.07 | 0.04 | 0.05 | 0.05 | 0.06 |
| Terneuzen  | ---                          | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  |
| Hansweert  | 0.24                         | 0.22 | 0.22 | 0.21 | 0.25 | 0.23 | 0.24 | 0.23 | 0.2  |
| Baalhoek   | 0.24                         | 0.21 | 0.22 | 0.2  | 0.23 | 0.24 | 0.22 | 0.22 | 0.18 |
| Bath       | 0.25                         | 0.21 | 0.24 | 0.21 | 0.22 | 0.24 | 0.23 | 0.21 | 0.18 |
| Antwerpen  | 0.29                         | 0.22 | 0.2  | 0.23 | 0.25 | 0.26 | 0.27 | 0.23 | 0.19 |

Gemiddelde verschillen nuldoorgangen [seconden]

|            |      |
|------------|------|
| Vlissingen | 100  |
| Terneuzen  | -    |
| Hansweert  | 1215 |
| Baalhoek   | 1265 |
| Bath       | 1270 |
| Antwerpen  | 1404 |

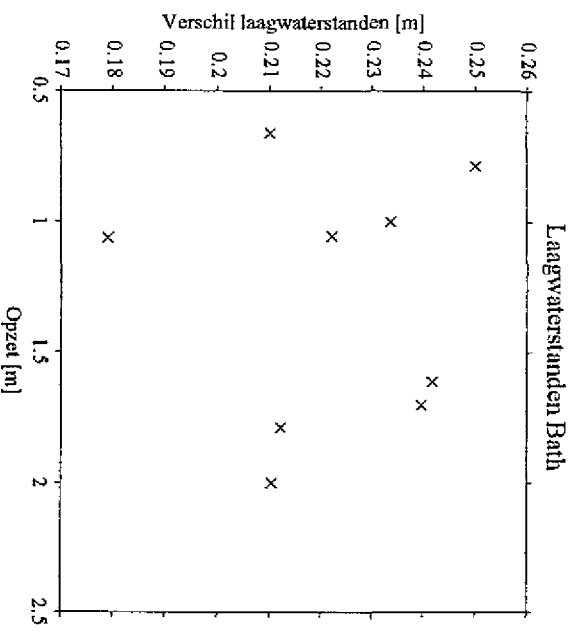
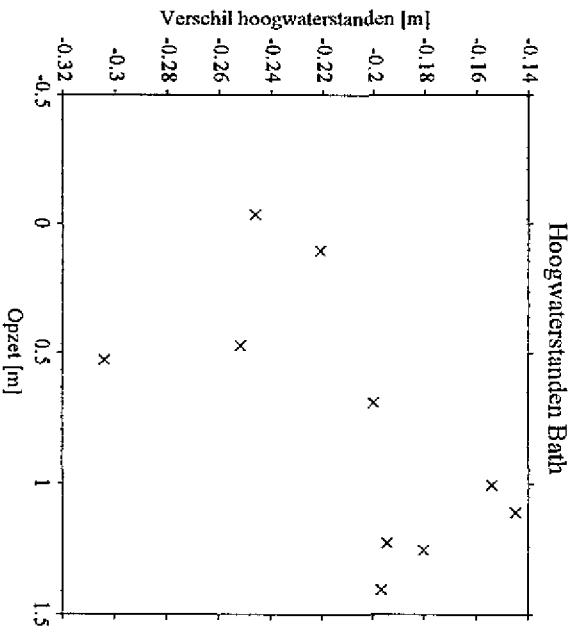
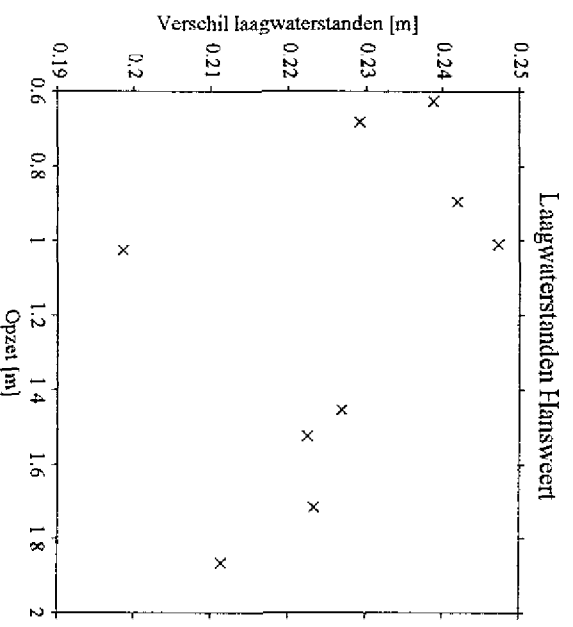
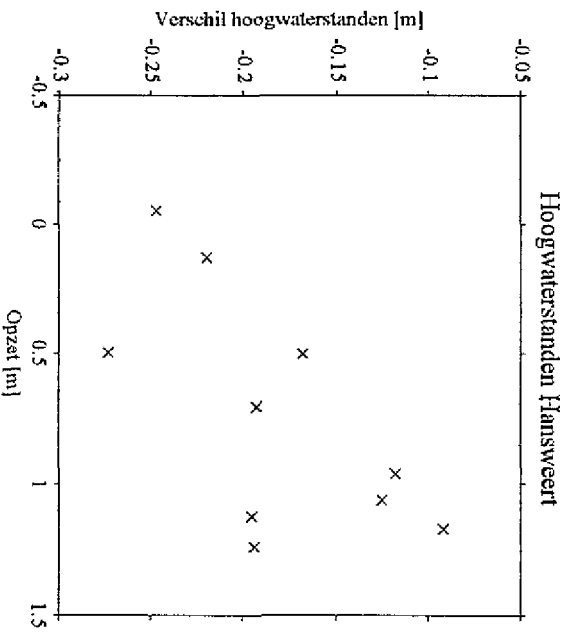
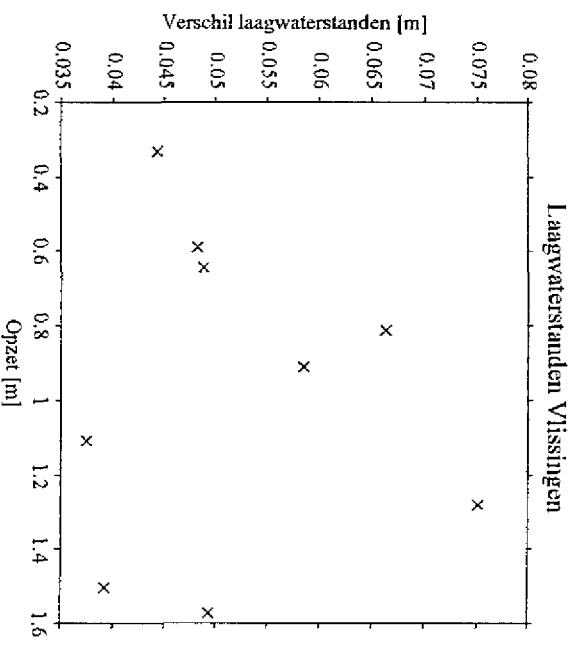
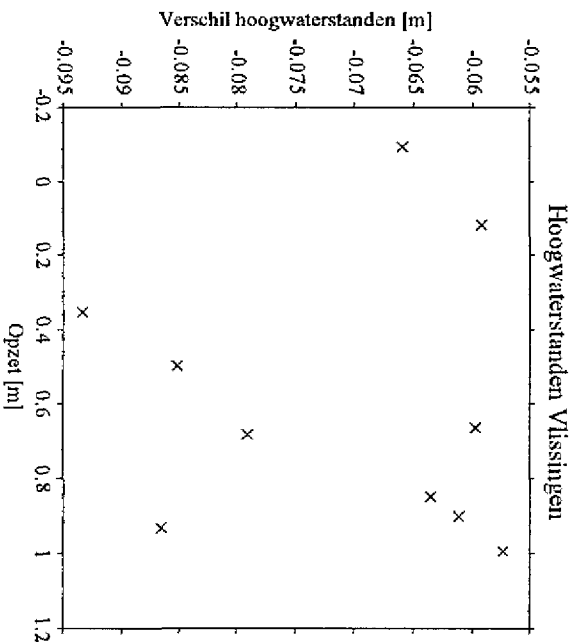
Berekening 15

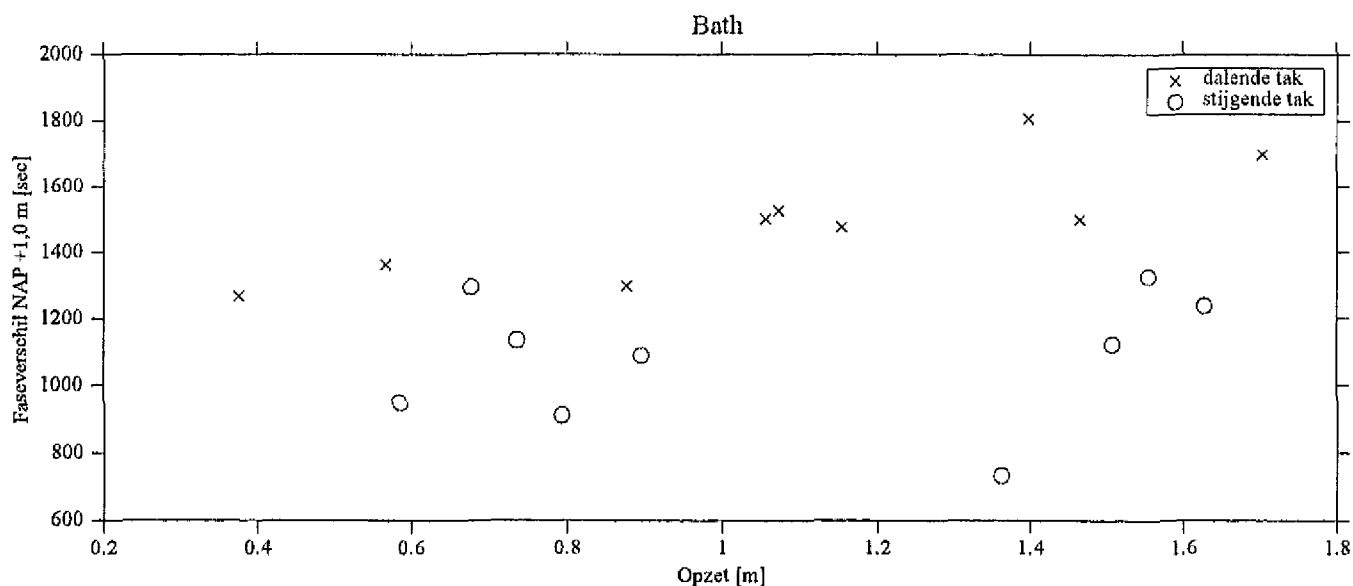
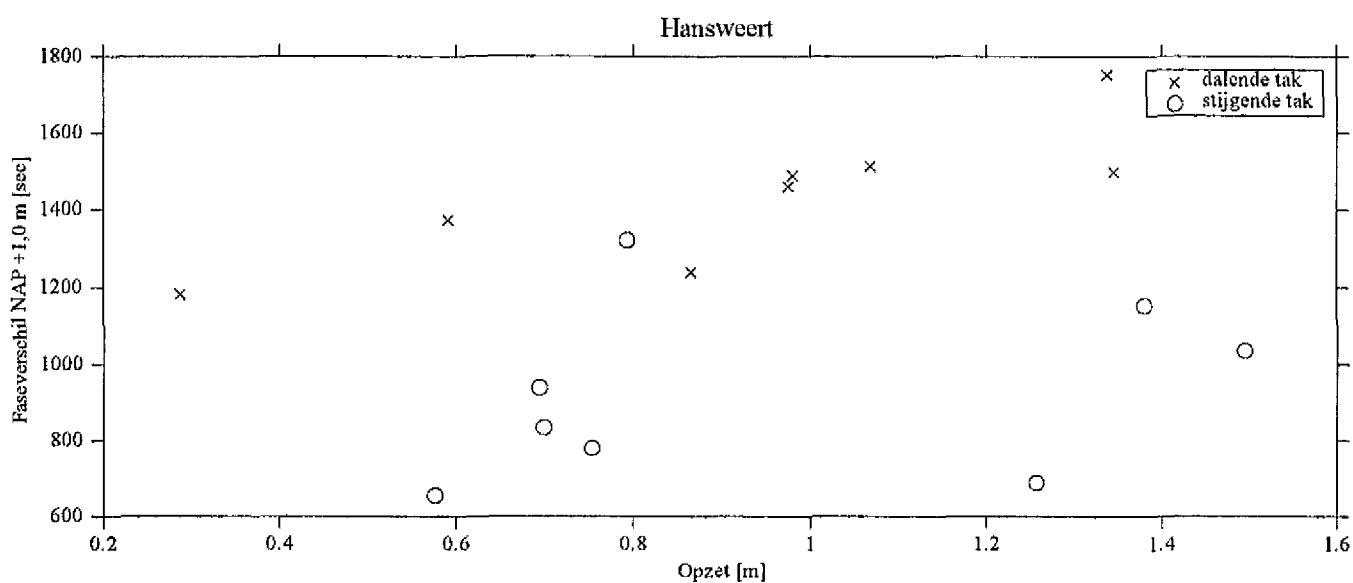
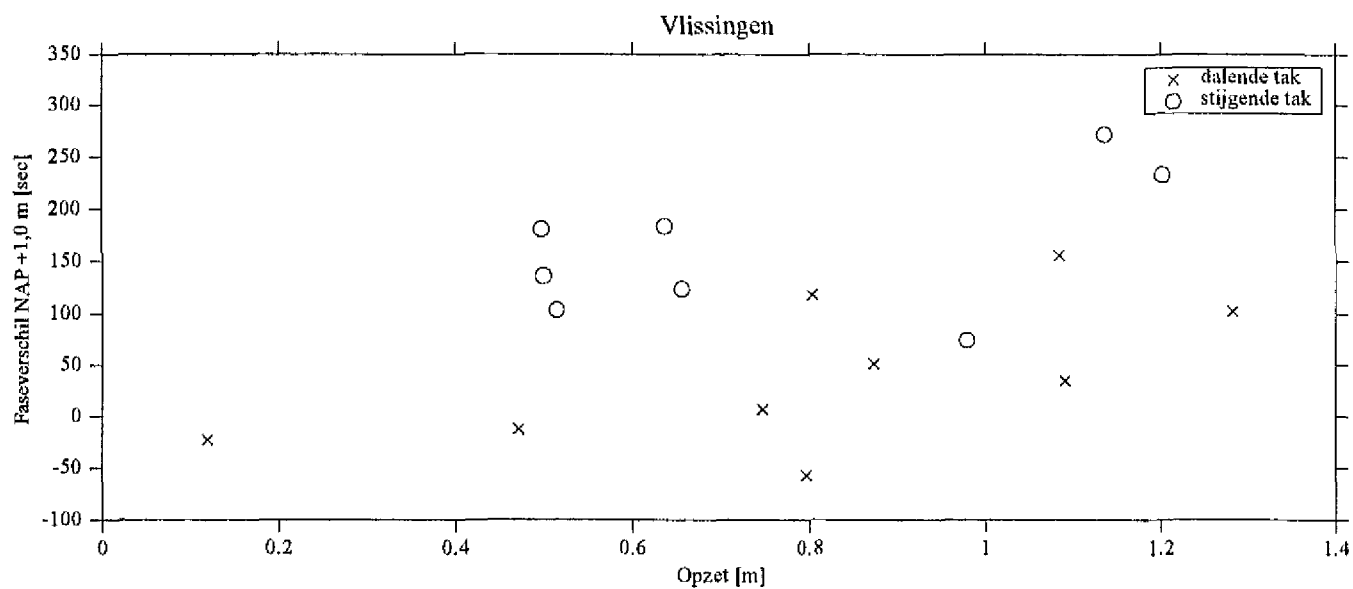
Nevengeulen halveren qua omvang

FIGUUR 5.12

1153

28-Jun-2000





Opzet vs faseverschil NAP +1,0 m

FIGUUR 5.13b

1153

|            | Verschil hoogwaterstanden [m] |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|            | hw1                           | hw2  | hw3  | hw4  | hw5  | hw6  | hw7  | hw8  | hw9  | hw10 |
| Vlissingen | 0.04                          | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0.04 | 0.05 | 0.03 | 0.04 | 0.03 |
| Terneuzen  | ---                           | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  |
| Hansweert  | 0.11                          | 0.12 | 0.06 | 0.1  | 0.06 | 0.12 | 0.05 | 0.12 | 0.11 | 0.09 |
| Baalhoek   | 0.15                          | 0.09 | 0.11 | 0.1  | 0.1  | 0.17 | 0.1  | 0.17 | 0.08 | 0.13 |
| Bath       | 0.16                          | 0.09 | 0.12 | 0.11 | 0.13 | 0.2  | 0.12 | 0.2  | 0.18 | 0.15 |
| Antwerpen  | 0.18                          | 0.04 | 0.13 | 0.12 | 0.15 | 0.22 | 0.14 | 0.19 | 0.17 | 0.14 |

|            | Verschil laagwaterstanden [m] |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
|            | lw1                           | lw2   | lw3   | lw4   | lw5   | lw6   | lw7   | lw8   | lw9   |  |
| Vlissingen | -0.05                         | -0.04 | -0.05 | -0.19 | -0.04 | -0.01 | -0.05 | -0.03 | -0.04 |  |
| Terneuzen  | ----                          | ----  | ----  | ----  | ----  | ----  | ----  | ----  | ----  |  |
| Hansweert  | -0.14                         | -0.12 | -0.14 | -0.14 | -0.13 | -0.11 | -0.13 | -0.12 | -0.09 |  |
| Baalhoek   | -0.18                         | -0.14 | -0.18 | -0.17 | -0.19 | -0.16 | -0.18 | -0.17 | -0.13 |  |
| Bath       | -0.23                         | -0.18 | -0.2  | -0.19 | -0.22 | -0.17 | -0.21 | -0.21 | -0.17 |  |
| Antwerpen  | -0.22                         | -0.19 | -0.31 | -0.18 | -0.17 | -0.2  | -0.2  | -0.21 | -0.15 |  |

Gemiddelde verschillen nuldoorgangen [seconden]

|            |      |
|------------|------|
| Vlissingen | -114 |
| Terneuzen  | -    |
| Hansweert  | -508 |
| Baalhoek   | -737 |
| Bath       | -936 |
| Antwerpen  | -964 |

Berekening 16

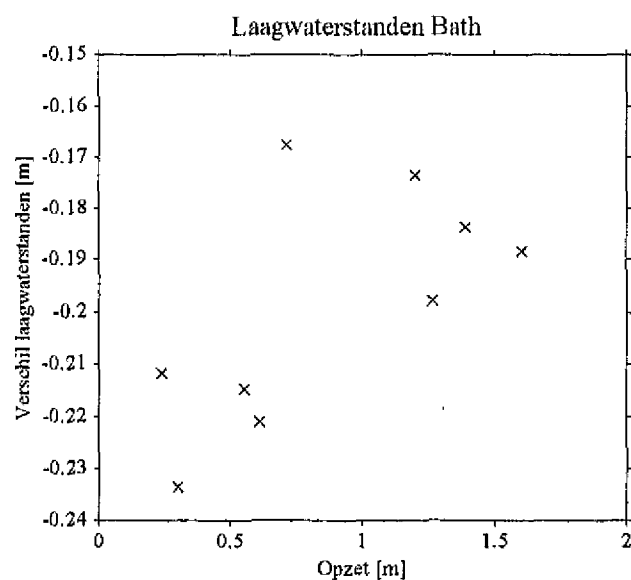
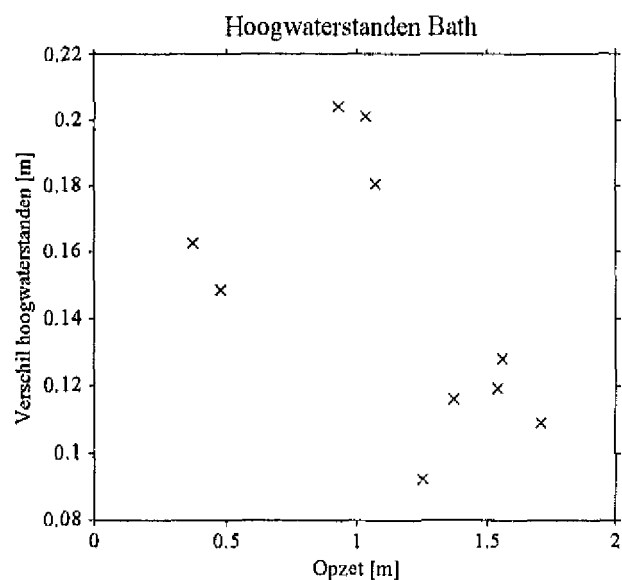
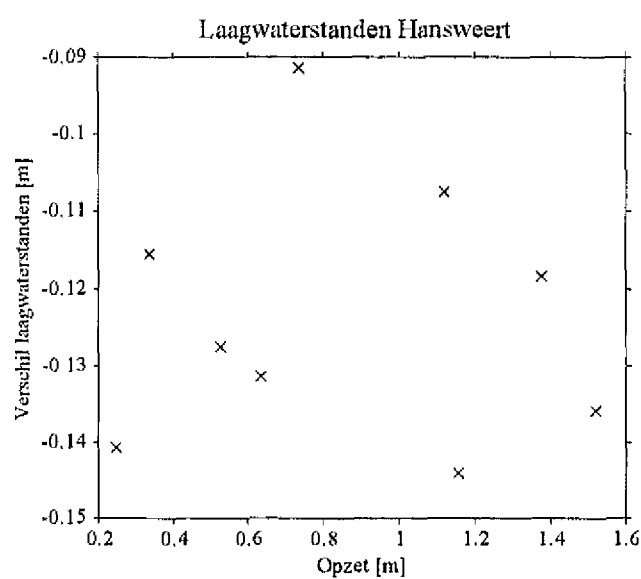
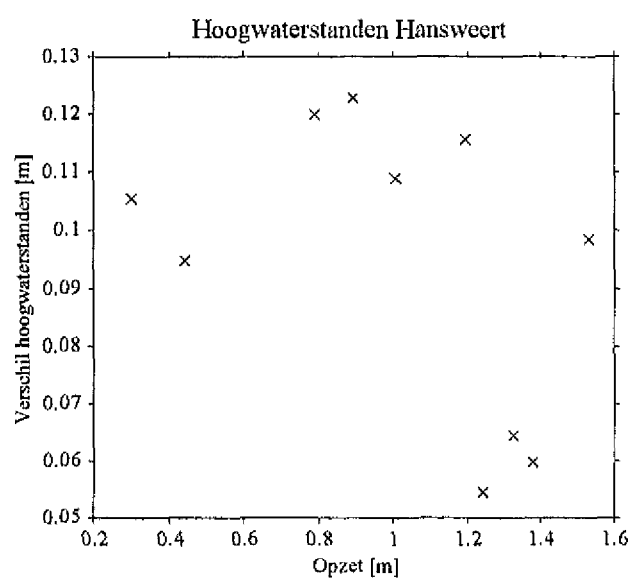
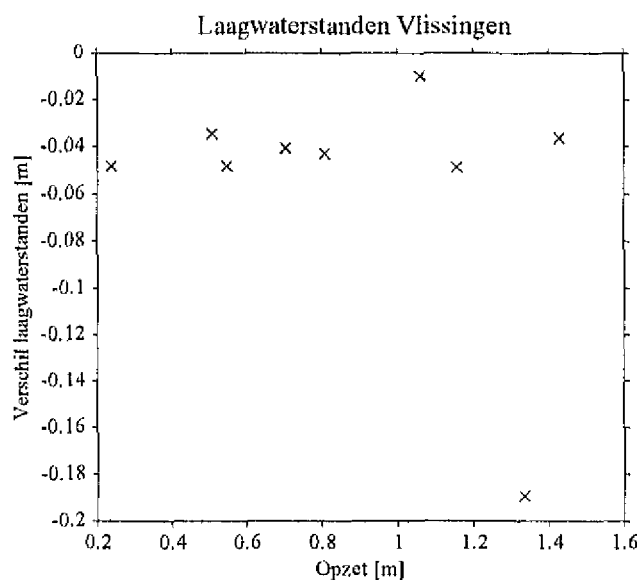
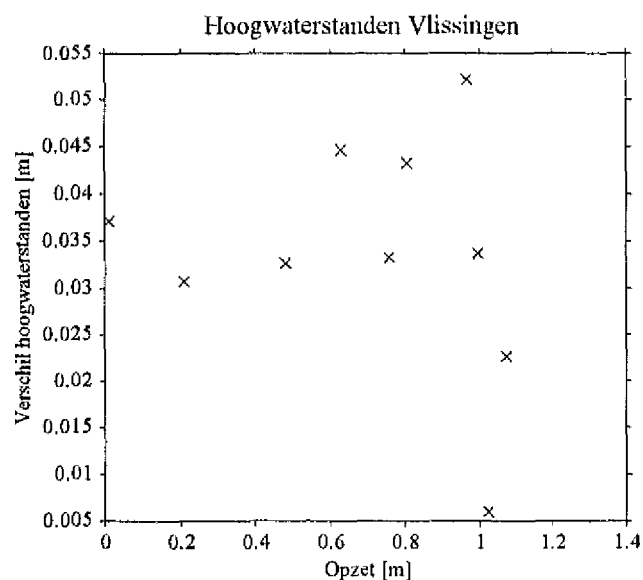
Hoofdgeul met 30% vervuilen

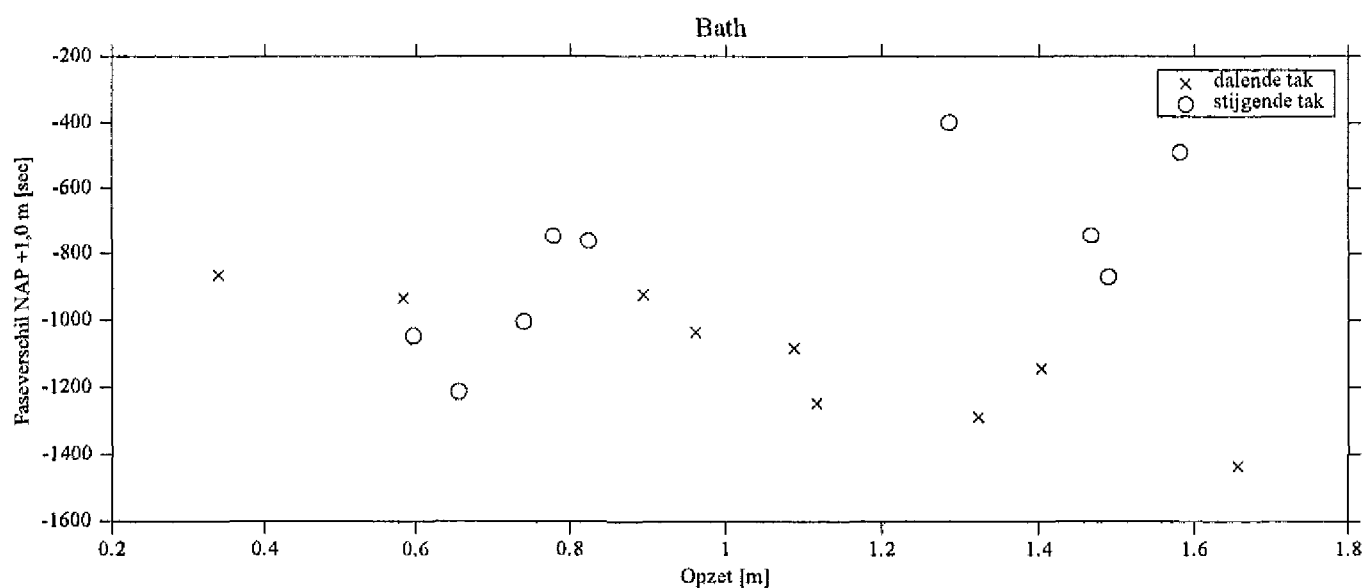
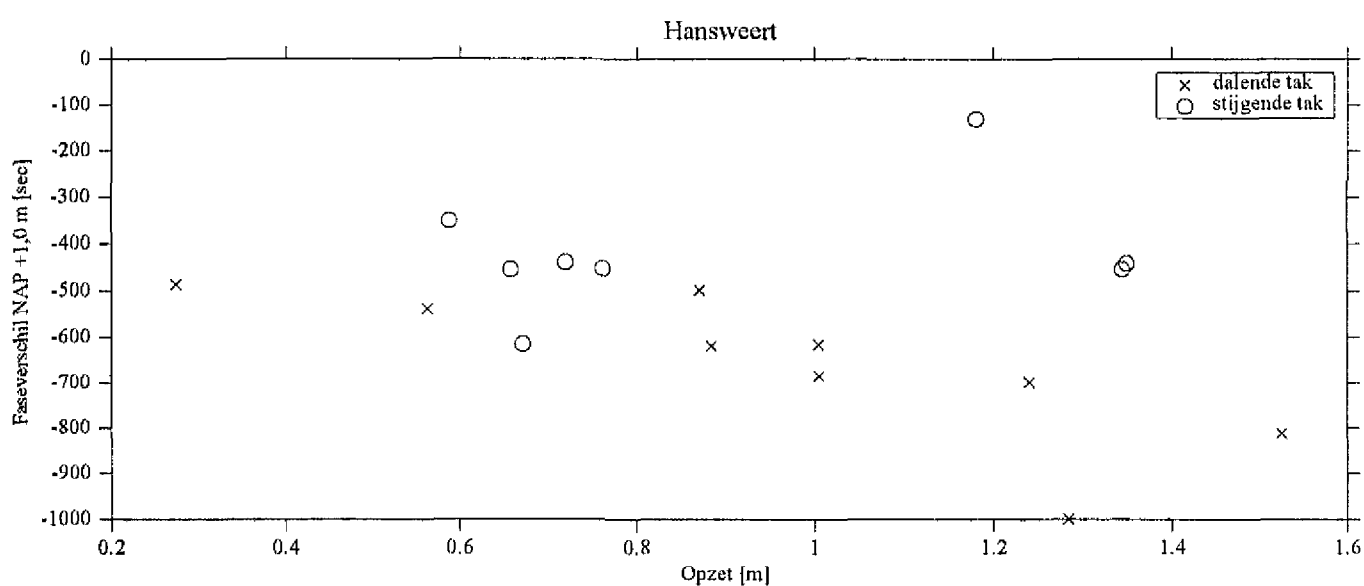
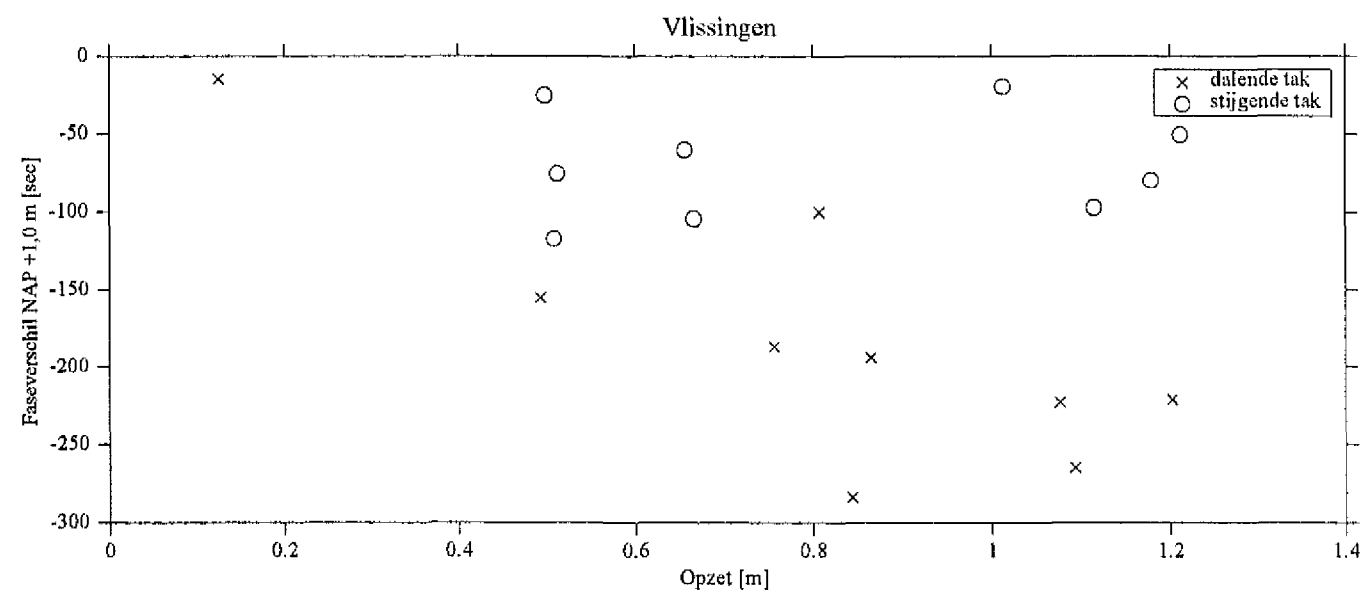
FIGUUR 5.14

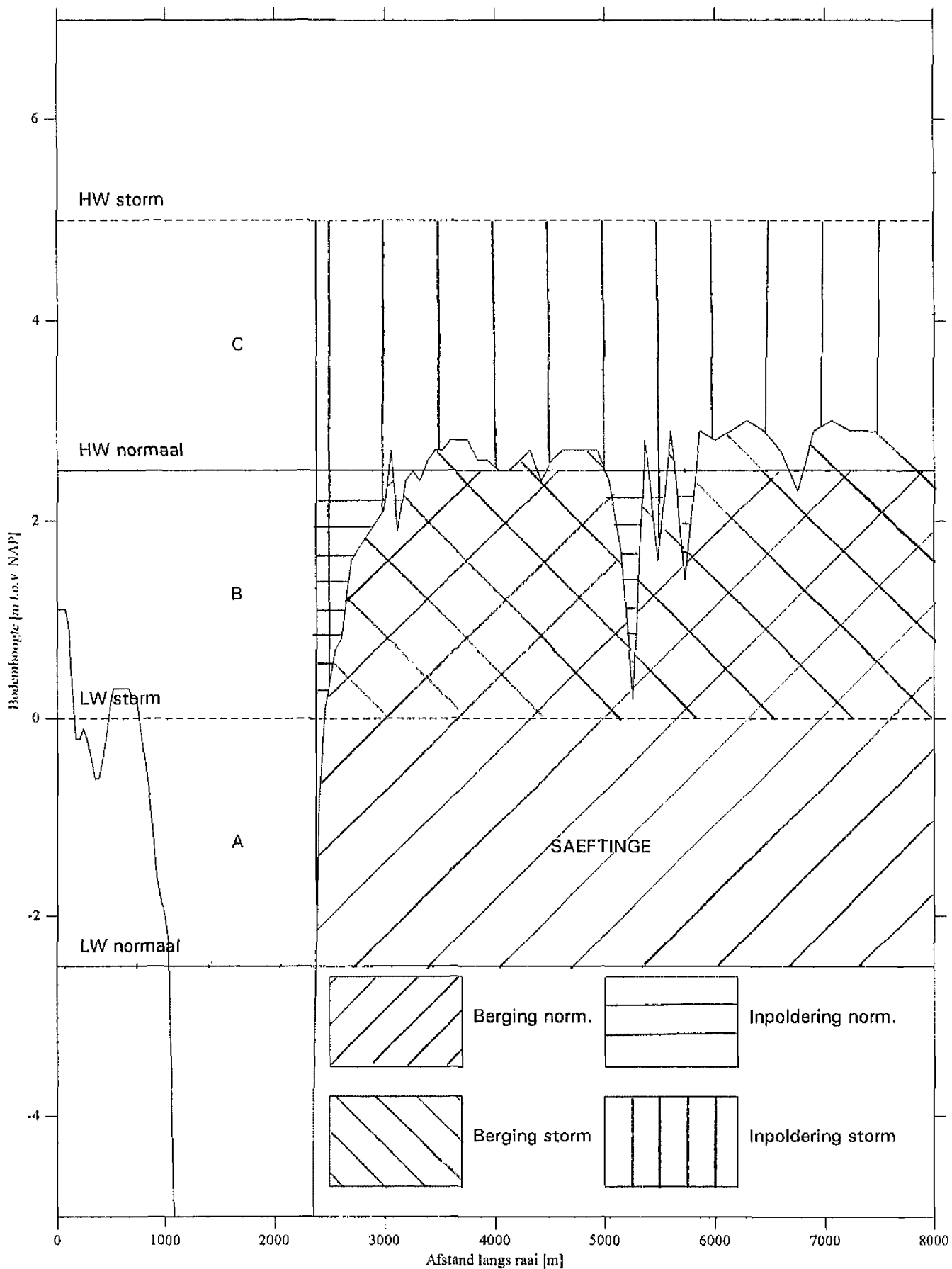
1153

28-Jun-2000









Principeschets berging platen

FIGUUR 6.1

1153

28-Jun-2000