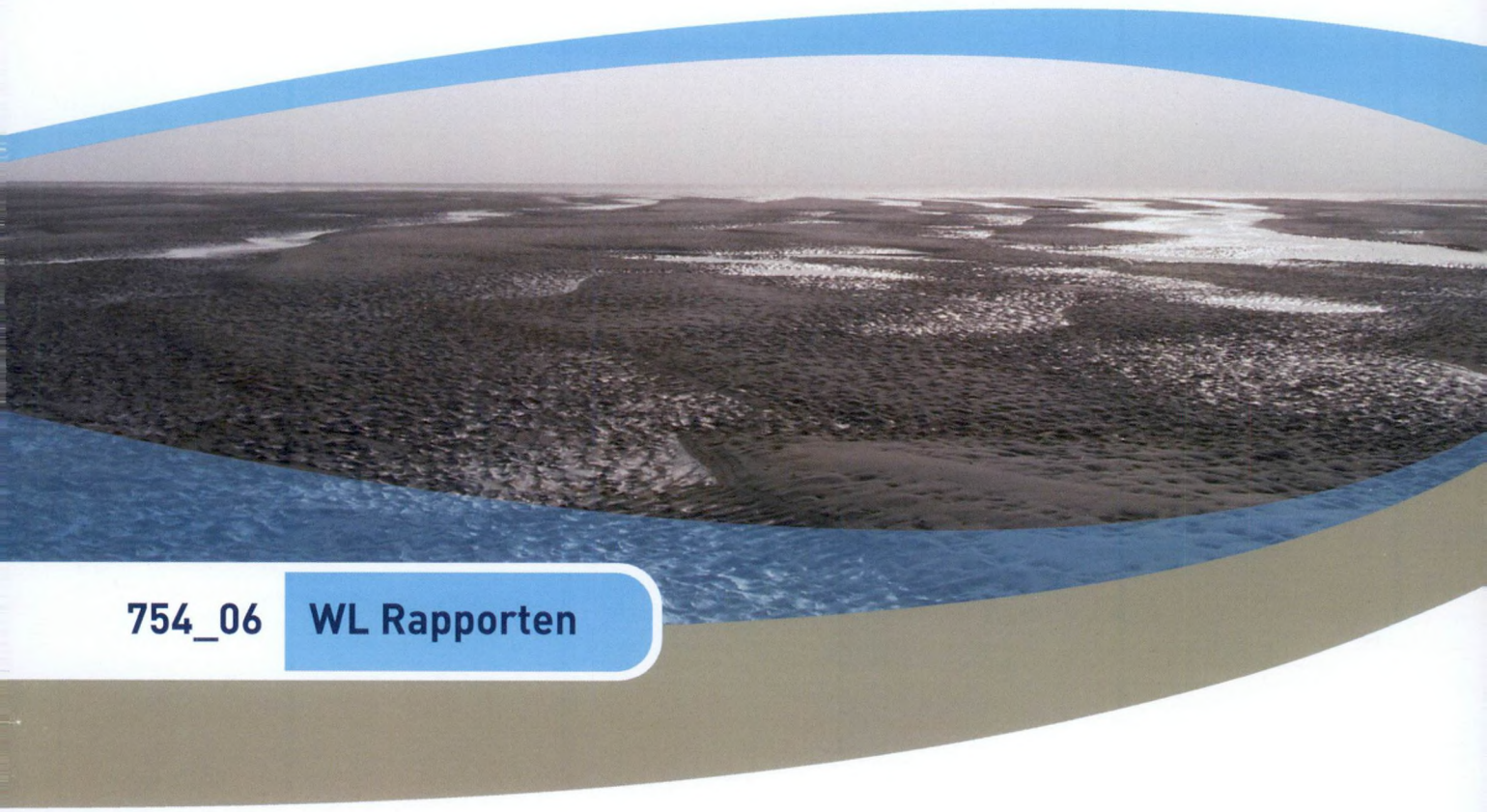
waterbouwkundig
LABORATORIUM

# Habitatmapping Westerschelde

## Deelrapport 1
## CLASSIFICATIE OP BASIS VAN BODEMVORMEN EN HYDRODYNAMICA



754_06 WL Rapporten

www.watlab.be

Vlaamse overheid

153990

waterbouwkundig LABORATORIUM

# Habitatmapping Westerschelde

## Deelrapport 1: classificatie op basis van bodemvormen en hydrodynamica

Plancke, Y.; Vos, G.; De Mulder, T.; Mostaert, F.

juni 2009

WL2009R754_06_rev3_0

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Plancke, Y.; Vos, G.; De Mulder, T.; Mostaert, F. (2009). Habitatmapping Westerschelde - Deelrapport 1: classificatie op basis van bodemvormen en hydrodynamica. WL Rapporten, 754-06. Waterbouwkundig Laboratorium. Antwerpen, België

**Waterbouwkundig Laboratorium**
*Flanders Hydraulics Research*

Berchemlei 115
B-2140 Antwerpen
Tel. +32 (0)3 224 60 35
Fax +32 (0)3 224 60 36
E-mail: waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be
www.watlab.be

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaandelijke schriftelijke toestemming van de uitgever.

FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

## Documentidentificatie

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Titel: | Habitatmapping Westerschelde - Deelrapport 1: classificatie op basis van bodemvormen en hydrodynamica | | | |
| Opdrachtgever: | MOW - afdeling Maritieme Toegang | | Ref.: | WL2009R754_06_rev3_0 |
| Keywords (3-5): | Habitatmapping, Westerschelde, bodemvormen, hydrodynamica, ecologie | | | |
| Tekst (p.): | 46 | | Tabellen (p.): | 5 |
| Bijlagen (p.): | | | Figuren (p.): | 140 |
| Vertrouwelijk: | ☒ Ja | Uitzondering: | ☒ Opdrachtgever | |
| | | | ☐ Intern | |
| | | | ☐ Vlaamse overheid | |
| | | Vrijgegeven vanaf | | |
| | ☐ Nee | | ☐ Online beschikbaar | |

## Goedkeuring

| **Auteur** | **Revisor** | **Projectleider** | **Afdelingshoofd** |
|---|---|---|---|
| ir. Plancke Yves | ir. Ides Stefaan | ir. Plancke Yves | Dr. Mostaert Frank |
| Msc. Vos Gwendy | | | |

## Revisies

| Nr. | Datum | Omschrijving | Auteur |
|---|---|---|---|
| 1_0 | 29/08/2008 | Conceptversie (eerste draft) | Plancke, Y. ; Vos, G. |
| 1_1 | 22/12/2008 | Concept versie (volledig) | Plancke, Y. ; Vos, G. |
| 2_0 | 21/01/2009 | Inhoudelijk revisie (SIS) | Plancke, Y. ; Vos, G. |
| 2_1 | 02/02/2009 | Commentaren opdrachtgever | Roose, Frederik |
| 3_0 | 03/06/2009 | Definitieve versie | Plancke, Y. ; Vos, G. |

## Abstract

In het streefbeeld uit de LangeTermijnVisie (LTV) en in de Ontwikkelingsschets (OS) 2010 voor het Scheldeestuarium worden intergetijden- en ondiepwatergebieden omwille van hun ecologische waarde als belangrijke fysieke systeemkenmerken van de Westerschelde omschreven. Momenteel is slechts weinig bekend over welke fysische en morfologische processen het voorkomen (in ruimte en tijd) van ecologisch waardevolle ondiepwatergebieden bepalen. Het doel van dit project is na te gaan welke relatie er bestaat tussen de fysische, sedimentologische en ecologische karakteristieken in de Westerschelde en te komen tot een classificatie van ondiepe subtidale gebieden in de Westerschelde volgens hun ecologische waarde ("ecotopen"). Hiertoe werd gebruik gemaakt van de enorme dataset van zowel morfologische als ecologische gegevens, die beschikbaar is uit het project "Alternatieve stortlocaties in de Westerschelde: pilootproject Walsoorden".

In het eerste deel van deze studie werden de topo-bathymetrische gegevens ("wintersituatie" opname d.d. maart 2007) onderzocht naar het voorkomen van bepaalde bodemvormen. Hierbij werden 24 deelgebieden onderscheiden, welke werden ingedeeld in 7 klassen volgens lengte en hoogte van de bodemvormen. Tevens werd ook een indeling gemaakt op basis van de asymmetrie van de bodemvormen. Bij deze indeling volgens bodemvormen werd een grote variatie in bodemvormen teruggevonden binnen het studiegebied. De gemiddelde lengte van de bodemvormen varieert tussen 5 en 50m, terwijl de gemiddelde hoogte varieert tussen enkele cm en 2m.

Vervolgens werd ingegaan op de seizoenale variatie: de analyse naar bodemvormen werd herhaald voor de topo-bathymetrische opname d.d. september 2007 ("zomersituatie"). Hieruit bleek dat de hoogte en lengte van de bodemvormen afnam voor de deelgebieden die gelegen zijn in de schaduwzones van de droogvallende platen.

De bodemvormen in de nevengeulen ondergaan slechts kleine veranderingen. Wat asymmetrie betreft werd er in een aantal deelgebieden een verminderde asymmetrie vastgesteld, toch bleven alle vloeddominante deelgebieden vloeddominant en vice versa.

In het tweede deel van deze studie werd met behulp van een numeriek hydrodynamisch model een onderverdeling gemaakt volgens de waterbeweging. Voor de indeling volgens waterbeweging werden 2 (en hiervan afgeleide) parameters gehanteerd: enerzijds de gemiddelde en maximale snelheden bij eb en vloed, anderzijds de tijdsduur dat een bepaalde grenswaarde (80 cm/s) overschreden wordt bij eb en vloed. Op basis van de snelheden werd een indeling gemaakt in 4 hoofdklassen.

In het derde deel van deze studie werd getracht relaties te vinden tussen de bodemvormen en de hydrodynamische karakteristieken. Hiervoor werden 2 hypothesen geformuleerd.

- "De dynamiek in de waterbeweging is de drijvende kracht voor het creëren van bodemvormen. Naarmate de dynamiek groter wordt, zullen ook de bodemvormen groter worden"
- "De residuele stroming bepaalt de asymmetrie van de bodemvormen. Des te dominanter eb of vloed, des te groter de asymmetrie van de bodemvormen"

Beide hypotheses werden getoetst, maar enkel voor de tweede kon er een duidelijke relatie vastgesteld worden tussen de betrokken parameters, zijnde asymmetrie van de bodemvormen en hydrodynamische karakteristieken.

---

# Inhoudstafel

Inhoudstafel ..... I
Lijst van de tabellen ..... I
Lijst van de figuren ..... II
1 Inleiding ..... 1
2 Doel van de opdracht ..... 2
3 Plan van aanpak ..... 3
4 Beschrijving van het studiegebied ..... 5
5 Analyse van de bodemvormen ..... 7
5.1 Beschrijving methodiek ..... 7
5.2 Gevoeligheidanalyse routine bodemvormen ..... 10
5.3 Resultaten ..... 12
6 Analyse van de waterbeweging ..... 25
6.1 Beschrijving van het numerieke model ..... 25
6.2 Gevoeligheidsanalyse ..... 26
6.3 Resultaten hydrodynamische berekeningen ..... 29
6.4 Classificatie op basis van waterbeweging ..... 31
7 Relatie tussen bodemvormen en hydrodynamica ..... 37
7.1 Hypothese 1 ..... 37
7.2 Hypothese 2 ..... 40
8 Voorstel voor bemonsteringslocaties meetcampagne ..... 42
9 Conclusies ..... 43
10 Aanbevelingen ..... 45
11 Referenties ..... 46
Bijlage 1 – Tabellen ..... T1
Bijlage 2 – Figuren ..... F1


FORMULIER: F-WL-PP10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

# Lijst van de tabellen

## *Rapport*

Tabel 1: Vergelijking manueel afgeleide en berekende karakteristieken ..... 11

Tabel 2: Onderverdeling in klassen volgens gemiddelde hoogte en lengte van de bodemvormen ..... 15

Tabel 3: Onderverdeling in klassen volgens gemiddelde asymmetrie van de bodemvormen ..... 16

Tabel 4: Onderverdeling in klassen volgens gemiddelde hoogte en lengte van de bodemvormen ..... 18

Tabel 5: Onderverdeling in klassen volgens gemiddelde asymmetrie van de bodemvormen (zomer) ..... 19

Tabel 6: Overzicht uitvoerde simulatie bij gevoeligheidsanalyse ..... 26

Tabel 7: Overzicht definitieve modelinstellingen ..... 29

Tabel 8: Overzicht getij te Walsoorden "doodtij" ..... 30

Tabel 9: Overzicht getij te Walsoorden "gemiddeld getij" ..... 30

Tabel 10: Overzicht getij te Walsoorden "springtij" ..... 31

Tabel 11: Overzicht klassen hydrodynamische karakteristieken (horizontaal VLOED – verticaal EB) ..... 32

Tabel 12: Aantal voorkomens klasse bodemvorm binnen klasse waterbeweging (snelheid) ..... 37

Tabel 13: Klassen verschil tijdsduur overschrijden grenswaarde vloed – eb ..... 38

Tabel 14: Aantal voorkomens klasse bodemvorm binnen klasse waterbeweging (tijdsduur) ..... 39

## *Bijlage 1*

Tabel 1.1: Profielidentificatie door volgnummers ..... T1

Tabel 1.2: Indeling van deelgebieden naar seizoenale variatie in hoogte/lengte klasse ..... T2

Tabel 1.3 Voorkomen klassen waterbeweging (snelheidsgrootte) per deelgebied bodemvormen ..... T3

Tabel 1.4 Voorkomen klassen waterbeweging (tijdsduur) per deelgebied bodemvormen en volgens ruimtelijk dekkend veld ..... T4

Tabel 1.5 :Voorstel monstername ecologie ..... T5



FORMULIER: F-IVL-FP10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2007

# Lijst van de figuren

## *Rapport*

Figuur 1: Overzicht van het studiegebied ..... 5

Figuur 2: Bepaling van karakteristieke parameters a.d.h.v. Matlab-routine (stap 2 – 4) ..... 9

Figuur 3: Karakteristieke parameters voor analyse van de bodemvormen (stap 5 – 7) ..... 10

Figuur 4: Overzicht van de verschillende deelgebieden ..... 13

Figuur 5: Overzicht van de verschillende raaien ..... 14

Figuur 6: Indeling volgens gemiddelde hoogte en gemiddelde lengte van de bodemvormen ..... 16

Figuur 7: Indeling volgens gemiddelde asymmetrie van de bodemvormen ..... 17

Figuur 8: Indeling volgens gemiddelde hoogte en gemiddelde lengte bodemvormen zomerconditie ..... 19

Figuur 9: Indeling volgens gemiddelde asymmetrie van de bodemvormen bij zomerconditie ..... 20

Figuur 10: Topo-bathymetrische verschilkaart tussen winter- en zomerconditie ..... 21

Figuur 11: Verschil tussen hoogte/lengte klassen in winter en zomer ..... 22

Figuur 12 – Effect van Floating Average 60 op analyse ..... 23

Figuur 13: Verschil tussen asymmetrie klassen in winter en zomer ..... 24

Figuur 14: Gevoeligheidsanalyse – waterstand te Hansweert ..... 27

Figuur 15: Gevoeligheidsanalyse – stroomsnelheid te punt Plaat van Walsoorden ..... 28

Figuur 16: Gevoeligheidsanalyse – stroomsnelheid te Schaar van Waarde ..... 28

Figuur 17: Indeling volgens gemiddelde hydrodynamische karakteristieken bij gemiddeld getij ..... 32

Figuur 18: Indeling volgens gemiddelde hydrodynamische karakteristieken bij springtij ..... 33

Figuur 19: Indeling in klassen volgens hydrodynamische karakteristieken ..... 35

Figuur 20: Verhouding gemiddelde vloedsnelheid - gemiddelde ebsnelheid bij gemiddeld getij ..... 36

Figuur 21: Verhouding gemiddelde vloedsnelheid - gemiddelde ebsnelheid bij springtij ..... 36

Figuur 22: Classificatie op basis van de gemiddelde vloedsnelheid en de bodemligging ..... 40

Figuur 23: Voorstel monstername ecologie en vissen (afgestemd met NIOO-CEME) ..... 42



FORMULIER: F-WL-PP10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

## *Bijlage 2*

Figuur A1 - Invloed van periode voor floating average voor profiel G1 (boven) en L2 (onder)

Figuur A2 - Invloed van filter gemiddelde waarde op de hoogte (boven) en de lengte (onder)

Figuur A3 - Invloed van filter gemiddelde waarde op de asymmetrie

Figuur A4 - Overzicht gemiddelde hoogte (boven) en lengte (onder) van de bodemvormen per raai bij winterconditie

Figuur A5 - Overzicht gemiddelde asymmetrie (boven) en steilheid (onder) van de bodemvormen per raai bij winterconditie

Figuur A6 - Deelgebied A winterconditie: profielen (boven) en frequentiediagramma raai A1 (onder)

Figuur A7 - Deelgebied B winterconditie: profielen

Figuur A8 - Deelgebied B winterconditie: frequentiediagramma raai B1 (boven) en raai B3 (onder)

Figuur A9 - Deelgebied B winterconditie: frequentiediagramma raai B4 (boven) en raai B5 (onder)

Figuur A10 - Deelgebied C winterconditie: profielen

Figuur A11 - Deelgebied C winterconditie: frequentiediagramma raai C2 (boven) en raai C3 (onder)

Figuur A12 - Deelgebied C winterconditie: frequentiediagramma raai C4 (boven) en raai C5 (onder)

Figuur A13 - Deelgebied D winterconditie: profielen

Figuur A14 - Deelgebied D winterconditie: frequentiediagramma raai D1 (boven) en raai D2 (onder)

Figuur A15 - Deelgebied E winterconditie: profielen (boven) en frequentiediagramma raai E1 (onder)

Figuur A16 - Deelgebied F winterconditie: profielen

Figuur A17 - Deelgebied F winterconditie: frequentiediagramma raai F1 (boven) en raai F2 (onder)

Figuur A18 - Deelgebied G winterconditie: profielen (boven) en frequentiediagramma raai G1 (onder)

Figuur A19 - Deelgebied H winterconditie: profielen

Figuur A20 - Deelgebied H winterconditie: frequentiediagramma raai H2 (boven) en raai H3 (onder)

Figuur A21 - Deelgebied I winterconditie: profielen (boven) en frequentiediagramma raai I1 (onder)

Figuur A22 - Deelgebied J winterconditie: profielen (boven) en frequentiediagramma raai J1 (onder)

Figuur A23 - Deelgebied K winterconditie: profielen

Figuur A24 - Deelgebied K winterconditie: frequentiediagramma raai K1 (boven) en raai K2 (onder)

Figuur A25 - Deelgebied L winterconditie: profielen (boven) en frequentiediagramma raai L1 (onder)

Figuur A26 - Deelgebied L winterconditie: frequentiediagramma raai L2 (boven) en raai L3 (onder)

Figuur A27 - Deelgebied M winterconditie: profielen (boven) en frequentiediagramma raai M1 (onder)

Figuur A28 - Deelgebied N winterconditie: profielen (boven) en frequentiediagramma raai N1 (onder)

Figuur A29 - Deelgebied N winterconditie: frequentiediagramma raai N2 (boven) en raai N3 (onder)



FORMULIER: F-WL-FR15-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/01/2008

Figuur A30 - Deelgebied O winterconditie: profielen (boven) en frequentiediagramma raai O1 (onder)

Figuur A31 - Deelgebied P winterconditie: profielen

Figuur A32 - Deelgebied P winterconditie: frequentiediagramma raai P1 (boven) en raai P2 (onder)

Figuur A33 - Deelgebied Q winterconditie: profielen (boven) en frequentiediagramma raai Q1 (onder)

Figuur A34 - Deelgebied R winterconditie: profielen

Figuur A35 - Deelgebied R winterconditie: frequentiediagramma raai R1 (boven) en raai R2 (onder)

Figuur A36 - Deelgebied S winterconditie: profielen (boven) en frequentiediagramma raai S1 (onder)

Figuur A37 - Deelgebied T winterconditie: profielen

Figuur A38 - Deelgebied T winterconditie: frequentiediagramma raai T1 (boven) en raai T3 (onder)

Figuur A39 - Deelgebied U winterconditie: profielen

Figuur A40 - Deelgebied U winterconditie: frequentiediagramma raai U2 (boven) en raai U3 (onder)

Figuur A41 - Deelgebied V winterconditie: profielen (boven) en frequentiediagramma raai V2 (onder)

Figuur A42 - Deelgebied W winterconditie: profielen (boven) en frequentiediagramma raai W1 (onder)

Figuur A43 - Deelgebied W winterconditie: frequentiediagramma raai W2 (boven) en raai W3 (onder)

Figuur A44 - Deelgebied Y winterconditie: profielen (boven) en frequentiediagramma raai Y1 (onder)

Figuur A45 - Overzicht gemiddelde hoogte (boven) en lengte (onder) van de bodemvormen per raai bij zomerconditie

Figuur A46 - Overzicht gemiddelde asymmetrie (boven) en steilheid (onder) van de bodemvormen per raai bij zomerconditie

Figuur A47 - Deelgebied A zomerconditie: profielen (boven) en frequentiediagramma raai A1 (onder)

Figuur A48 - Deelgebied B zomerconditie: profielen

Figuur A49 - Deelgebied B zomerconditie: frequentiediagramma raai B1 (boven) en raai B3 (onder)

Figuur A50 - Deelgebied B zomerconditie: frequentiediagramma raai B4 (boven) en raai B5 (onder)

Figuur A51 - Deelgebied C zomerconditie: profielen

Figuur A52 - Deelgebied C zomerconditie: frequentiediagramma raai C2 (boven) en raai C3 (onder)

Figuur A53 - Deelgebied C zomerconditie: frequentiediagramma raai C4 (boven) en raai C5 (onder)

Figuur A54 - Deelgebied D zomerconditie: profielen

Figuur A55 - Deelgebied D zomerconditie: frequentiediagramma raai D1 (boven) en raai D2 (onder)

Figuur A56 - Deelgebied E zomerconditie: profielen (boven) en frequentiediagramma raai E1 (onder)

Figuur A57 - Deelgebied F zomerconditie: profielen

Figuur A58 - Deelgebied F zomerconditie: frequentiediagramma raai F1 (boven) en raai F2 (onder)

Figuur A59 - Deelgebied G zomerconditie: profielen (boven) en frequentiediagramma raai G1 (onder)

Figuur A60 - Deelgebied H zomerconditie: profielen

Figuur A61 - Deelgebied H zomerconditie: frequentiediagramma raai H2 (boven) en raai H3 (onder)

Figuur A62 - Deelgebied I zomerconditie: profielen (boven) en frequentiediagramma raai I1 (onder)



FORMULIER: F-WL-FP10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Figuur A63 - Deelgebied J zomerconditie: profielen (boven) en frequentiediagramma raai J1 (onder)

Figuur A64 - Deelgebied K zomerconditie: profielen

Figuur A65 - Deelgebied K zomerconditie: frequentiediagramma raai K1 (boven) en raai K2 (onder)

Figuur A66 - Deelgebied L zomerconditie: profielen (boven) en frequentiediagramma raai L1 (onder)

Figuur A67 - Deelgebied L zomerconditie: frequentiediagramma raai L2 (boven) en raai L3 (onder)

Figuur A68 - Deelgebied M zomerconditie: profielen (boven) en frequentiediagramma raai M1 (onder)

Figuur A69 - Deelgebied N zomerconditie: profielen (boven) en frequentiediagramma raai N1 (onder)

Figuur A70 - Deelgebied N zomerconditie: frequentiediagramma raai N2 (boven) en raai N3 (onder)

Figuur A71 - Deelgebied O zomerconditie: profielen (boven) en frequentiediagramma raai O1 (onder)

Figuur A72 - Deelgebied P zomerconditie: profielen

Figuur A73 - Deelgebied P zomerconditie: frequentiediagramma raai P1 (boven) en raai P2 (onder)

Figuur A74 - Deelgebied Q zomerconditie: profielen (boven) en frequentiediagramma raai Q1 (onder)

Figuur A75 - Deelgebied R zomerconditie: profielen

Figuur A76 - Deelgebied R zomerconditie: frequentiediagramma raai R1 (boven) en raai R2 (onder)

Figuur A77 - Deelgebied S zomerconditie: profielen (boven) en frequentiediagramma raai S1 (onder)

Figuur A78 - Deelgebied T zomerconditie: profielen

Figuur A79 - Deelgebied T zomerconditie: frequentiediagramma raai T1 (boven) en raai T3 (onder)

Figuur A80 - Deelgebied U zomerconditie: profielen

Figuur A81 - Deelgebied U zomerconditie: frequentiediagramma raai U2 (boven) en raai U3 (onder)

Figuur A82 - Deelgebied V zomerconditie: profielen (boven) en frequentiediagramma raai V2 (onder)

Figuur A83 - Deelgebied W zomerconditie: profielen (boven) en frequentiediagramma raai W1 (onder)

Figuur A84 - Deelgebied W zomerconditie: frequentiediagramma raai W2 (boven) en raai W3 (onder)

Figuur A85 - Deelgebied Y zomerconditie: profielen (boven) en frequentiediagramma raai Y1 (onder)

Figuur A86 - Vergelijking tussen hoogte bij winterconditie en zomerconditie (filter 75%)

Figuur A87 - Vergelijking tussen asymmetrie bij winterconditie en zomerconditie (filter 75%)

Figuur A88 - Vergelijking profiel winter- en zomerconditie voor klasse 1, deelgebied P (boven) en klasse 2, deelgebied N (onder)

Figuur A89 - Vergelijking profiel winter- en zomerconditie voor klasse 3, deelgebied Q (boven) en klasse 4, deelgebied E (onder)

Figuur A90 - Vergelijking profiel winter- en zomerconditie voor klasse 4, deelgebied C

Figuur A91 - Vergelijking profiel winter- en zomerconditie voor klasse 4, deelgebied Y (boven) en klasse 5, deelgebied O (onder)

Figuur A92 - Vergelijking profiel winter- en zomerconditie voor klasse 6, deelgebied L (boven) en klasse 7, deelgebied G (onder)



FORMULIER: F-WL-FP19-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Figuur B1 - Gemiddelde stroomsnelheid bij gemiddeld getij bij vloed (boven) en bij eb (onder)

Figuur B2 - Maximale stroomsnelheid bij gemiddeld getij bij vloed (boven) en bij eb (onder)

Figuur B3 - Gemiddelde stroomsnelheid bij springtij bij vloed (boven) en bij eb (onder)

Figuur B4 - Maximale stroomsnelheid bij springtij bij vloed (boven) en bij eb (onder)

Figuur B5 - Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai A1

Figuur B6 - Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai B1 en raai B3

Figuur B7 - Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai B4 en raai B5

Figuur B8 - Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai C2 en raai C3

Figuur B9 - Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai C4 en raai C5

Figuur B10 - Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai D1 en raai D2

Figuur B11 - Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai E1

Figuur B12 - Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai F1 en raai F2

Figuur B13 - Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai G1

Figuur B14 - Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai H2 en raai H3

Figuur B15 - Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai I1

Figuur B16 - Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai J1

Figuur B17 - Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai K1 en raai K2

Figuur B18 - Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai L1 en raai L2

Figuur B19 - Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai L3

Figuur B20 - Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai M1

Figuur B21 - Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai N1 en raai N2

Figuur B22 - Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai N3

Figuur B23 - Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai O1

Figuur B24 - Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai P1 en raai P2

Figuur B25 - Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai Q1

Figuur B26 - Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai R3 en raai R4

Figuur B27 - Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai S1

Figuur B28 - Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai T1 en raai T3

Figuur B29 - Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai U2 en raai U3

Figuur B30 - Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai V2

Figuur B31 - Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai W1 en raai W2

Figuur B32 - Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai W3

Figuur B33 - Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai Y1

Figuur B34 - Classificatie waterbeweging maximale snelheden gemiddeld getij (run 101) (boven) en springtij



FORMULIER: F-WL-PP10-1 revisie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2008

(run 102) onder

Figuur B35 - Tijdsduur dat grenswaarde (80 cm/s) wordt overschreden bij springtij bij vloed (boven) en bij eb (onder) - methode 1

Figuur B36 - Tijdsduur dat grenswaarde (80 cm/s) wordt overschreden bij springtij bij vloed (boven) en bij eb (onder) - methode 2

Figuur B37 - Tijdsduur dat grenswaarde (80 cm/s) wordt overschreden bij springtij - verschil tussen vloed en eb - methode 2

Figuur B38 - Bodemschuifspanning voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai A1 (boven) en raai B1 (onder)

Figuur B39 - Bodemschuifspanning voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai E1 (boven) en raai F1 (onder)

Figuur B40 - Bodemschuifspanning voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai L1 (boven) en raai L2 (onder)

Figuur B41 - Bodemschuifspanning voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai N2 (boven) en raai W1 (onder)

Figuur B42 - Bodemschuifspanning voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai Y1

Figuur C1 - Gevoeligheidsanalyse waterbewegingsmodel waterstand - Terneuzen en Hansweert

Figuur C2 - Gevoeligheidsanalyse waterbewegingsmodel waterstand - Bath en Antwerpen

Figuur C3 - Gevoeligheidsanalyse waterbewegingsmodel stroomsnelheid - Drempel Schaar van Valkenisse en Geul Schaar van Waarde

Figuur C4 - Gevoeligheidsanalyse waterbewegingsmodel stroomsnelheid - Zandtong Valkenisse en Zuidelijke zandtong Walsoorden

Figuur C5 - Gevoeligheidsanalyse waterbewegingsmodel stroomsnelheid - Noordelijke rand plaat van Walsoorden en slik van Waarde

Figuur C6 - Gevoeligheidsanalyse waterbewegingsmodel stroomsnelheid - punt Plaat van Walsoorden en secundaire vloedgeul



FORMULIER: F-WL-PV-10-1 Versie 02.1
GELDIG VANAF: 17/09/2009

# 1 Inleiding

In het streefbeeld uit de LangeTermijnVisie (LTV) en in de Ontwikkelingsschets (OS) 2010 voor het Schelde-estuarium worden intergetijden- en ondiepwatergebieden als belangrijke fysieke systeemkenmerken van de Westerschelde omschreven. Vanuit de ecologie (met name het bodemleven en daarvan afhankelijke vissen en vogels) stelt de OS dat laagdynamische ondiepwatergebieden en intergetijdengebieden het meest interessant zijn. Lage dynamiek wordt vaak gekoppeld aan een bepaalde snelheid van de waterstroming (bijv. in het Zoute Ecotopenstelsel [*Bouma et al., 2005*]) en resulteert in slibrijke, voedselrijke ondiepwater- en intergetijdengebieden. Volgens een alternatieve benadering wordt dynamiek ingedeeld volgens het voorkomen van bepaalde bodemvormen.

Momenteel is slechts weinig bekend over welke fysische en morfologische processen het voorkomen (in ruimte en tijd) van ecologisch waardevolle ondiepwatergebieden bepalen en er is dan ook weinig bekend over waar dergelijke gebieden voorkomen in de Westerschelde. Om het inzicht hierin te vergroten, is deze opdracht geformuleerd, waarbij een exploitatie van de enorme dataset van zowel morfologische als ecologische gegevens, die beschikbaar is uit het project "Alternatieve stortlocaties in de Westerschelde: pilootproject Walsoorden", cruciaal is.



FORMULIER: FWL-FP10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/01/2007

# 2 Doel van de opdracht

De LTV definieert in haar streefbeeld 2030 voor de Westerschelde de instandhouding/versterking van een dynamisch estuarien systeem van hoofd- en nevengeulen met tussenliggende intergetijdengebieden (platen) en gebieden met ondiep water: het zogenaamde meergeulenstelsel. Toch kennen de uitspraken met betrekking tot het ondiepwatergebied een grote onzekerheid. Er wordt verondersteld dat (laagdynamisch) ondiep water (tussen –2 en –5 m NAP) een belangrijke functie heeft als foerageergebied voor opgroeiende jonge vis ("kinderkamerfunctie") en als refugium voor getijmigreerders zoals garnalen. Deze veronderstelling berust op ervaringen in andere gebieden en het is ook niet duidelijk of alle delen van het ondiep water even waardevol zijn. Weinig is bekend over welke fysische en morfologische processen het voorkomen (in ruimte en tijd) van ecologisch waardevolle ondiepwatergebieden bepalen en er is dan ook weinig bekend over waar dergelijke gebieden voorkomen in de Westerschelde.

Om de doorvertaling van de (verwachte) veranderingen in het fysische systeem van de Westerschelde naar veranderingen in het voorkomen van planten en dieren mogelijk te maken, is het noodzakelijk het verband tussen het voorkomen van die organismen en de fysische omstandigheden te beschrijven op een synoptische wijze. De fysische processen worden hierbij beschouwd als belangrijke drager van de ecologische processen (zie boven). Deze benadering is uitgewerkt in de ecotopenbenadering van het Zoute wateren EcotopenStelsel. Ecotopen zijn deelgebieden, herkenbaar op het landschapsniveau, waar bepaalde planten en dieren samenleven. Die deelgebieden kunnen op een kaart weergegeven worden. Ecotopen met dezelfde gebiedskenmerken behoren tot hetzelfde ecotooptype en herbergen min of meer dezelfde levensgemeenschap. Een ecotopenstelsel is een classificatiesysteem van ecotopen waarin de verschillende aanwezige ecotopen op overzichtelijke wijze gerangschikt zijn. Het doel van het ecotopenstelsel is het in kaart brengen van het potentiële voorkomen van levensgemeenschappen, het voorspellen van veranderingen in het systeem of het vergelijken van het systeem met een situatie uit het verleden. Met het uitgewerkte ecotopenstelsel heeft men een instrument waarmee men ecologisch interessante en ecologisch oninteressante gebieden kan onderscheiden op basis van fysische omgevingsfactoren (zoutgehalte, diepte/droogvalduur, sedimentsamenstelling, stroomsnelheid). De kennis over de relaties tussen de ecotooptypen en het voorkomen van organismen is echter nog te beperkt om degelijke uitspraken over de gevolgen van areaalveranderingen voor organismen te kunnen doen. Met name de relatie tussen hydrodynamica, morfodynamica en ecologische karakteristieken is nog onvoldoende bekend.

Het doel van dit project is na te gaan welke relatie er bestaat tussen de fysische, sedimentologische en ecologische karakteristieken in de Westerschelde en te komen tot een classificatie van ondiepe subtidale gebieden in de Westerschelde volgens hun ecologische waarde. Om te komen tot dergelijke relaties zijn (veld)gegevens noodzakelijk. Binnen het project "Alternatieve stortlocaties in de Westerschelde: pilootproject Walsoorden" is er een zeer waardevolle en uitgebreide dataset beschikbaar van topo-bathymetrische opnames, aangevuld met fysische metingen en een ecologische monitoring in het gebied op en rond de Plaat van Walsoorden. Uitgevoerde analyses [*NIOO, 2006 & NIOO, 2007 & WLB, 2006 & WLB, 2007a & WLB, 2008d*] leerden ons dat binnen een beperkt gebied er een uitzonderlijke en onverwachte diversiteit kan bestaan van bodemvormen. Tevens is gebleken dat er ook seizoenale variaties bestaan in de bodemvormen. Dit, gekoppeld met de seizoenale variaties in de ecologie (en mogelijk sedimentologie), wordt binnen deze opdracht onderzocht.

Deze te ontwikkelen nieuwe inzichten zullen tevens als randvoorwaarde gehanteerd worden bij de sturing van de bagger- en stortwerkzaamheden die plaatsvinden in de Westerschelde om de toegankelijkheid tot de havens te garanderen. Hierbij zullen de ecologische waardevolle gebieden zo min mogelijk beïnvloed worden door de stortingen, terwijl in andere gebieden op een pro-actieve manier getracht zal worden om door middel van stortingen ecologisch waardevolle gebieden te creëren.


FORMULIER: F-WL-PP10-1 versie 02
GELDIG VANAF 17/01/2009

# 3 Plan van aanpak

Dit onderzoek beoogt het maken van synoptische GIS-kaarten van (delen) van het ondiepwatergebied voor de verschillende fysische, morfologische en ecologische karakteristieken. De combinatie van de verschillende kaarten moet tot een bruikbare ecotopenkaart leiden voor het (ondiep) subtidale gebied. Het onderzoek is opgesplitst in 2 luiken:

- in een eerste luik wordt een gedetailleerde analyse uitgevoerd op de beschikbare datasets die verzameld werden in het kader van het project "Alternatieve stortlocaties in de Westerschelde: pilootproject Walsoorden", alsook op bijkomende gegevens die specifiek in het kader van dit project worden ingewonnen; deze analyse dient te resulteren in een bruikbare ecotopenkaart voor het subtidale gebied;
- in een tweede luik wordt een voorstel van methodiek gepresenteerd om deze classificatie uit te breiden naar de volledige Westerschelde.

Voor het eerste luik van deze opdracht (gebied rond de Plaat van Walsoorden) wordt volgende systematiek gevolgd:

1. *Analyse topo-bathymetrische gegevens en classificatie van de aanwezige bodemvormen volgens hun karakteristieken (lengte, hoogte, steilheid, oriëntatie);*
2. *Bepalen hydrodynamische karakteristieken voor de deelgebieden*
3. *Koppelen van topo-batymetrische gegevens met hydrodynamische karakteristieken => classificatie van "fysiotopen";*
4. *Bepalen (a posteriori) karakteristieken van bodemsamenstelling (slibgehalte, gehalten fijn, middelfijn, middelgrof, grof zand) in de verschillende onderscheiden fysiotopen;*
5. *Bepalen (a posteriori) karakteristieken van macrobenthos (diversiteit, dichtheid, biomassa) in de verschillende onderscheiden fysiotopen/ecotopen;*
6. *Bepalen (a posteriori) karakteristieken van garnalen en vissen in de verschillende onderscheiden fysiotopen/ecotopen;*
7. *Onderzoek relaties bodemvormen – hydrodynamica – sedimentsamenstelling – benthos/vissen*
8. *Ruimtelijke indeling volgens ecologische waarde (habitat mapping)*

Dit deelrapport gaat in op de onderdelen 1 tot 3 van dit eerste luik. De overige onderdelen zullen worden uitgevoerd door NIOO-CEME en IMARES (onderdeel 7).

Voor het tweede luik van deze opdracht (uitbreiding naar volledige Westerschelde) zal gebruik gemaakt worden van de resultaten bekomen uit het eerste luik. Dit tweede luik zal volgende aspecten behandelen:

1. *welke relevante parameters moeten onderzocht worden om de ecologische waarde van subtidale (ondiep)watergebieden te bepalen; het gaat hier om zowel de morfologische, hydrodynamische als ecologische parameters;*
2. *welke inspanning (in ruimte en tijd) is nodig om een goede inschatting te krijgen van de ruimtelijke en temporele variatie van de bepalende fysische en ecologische processen; wat is de optimale selectie van metingen om in staat te zijn een kaart op te maken van fysiotopen en ecotopen voor de ondiepwatergebieden van de volledige Westerschelde; hierbij wordt een prioritering voorgesteld van de metingen rekening houdend met:*
    a. *belang voor opmaken ecotopenkaart*
    b. *praktische uitvoerbaarheid metingen*
    c. *optimale afstemming/integratie metingen*
    d. *kostprijs uitvoeren en verwerking metingen*


FORMULIER: [illegible]
CELDIC VANAF [illegible]

3. *op basis van de huidige kennis van het systeem bepalen welke subtidale (ondiepwater)gebieden in de Westerschelde prioritair zijn voor nader onderzoek.*

Dit tweede luik zal uitgevoerd worden door NIOO-CEME, bijgestaan door WL Borgerhout en IMARES.



FORMULIER: F-WL-PP10-I versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

# 4 Beschrijving van het studiegebied

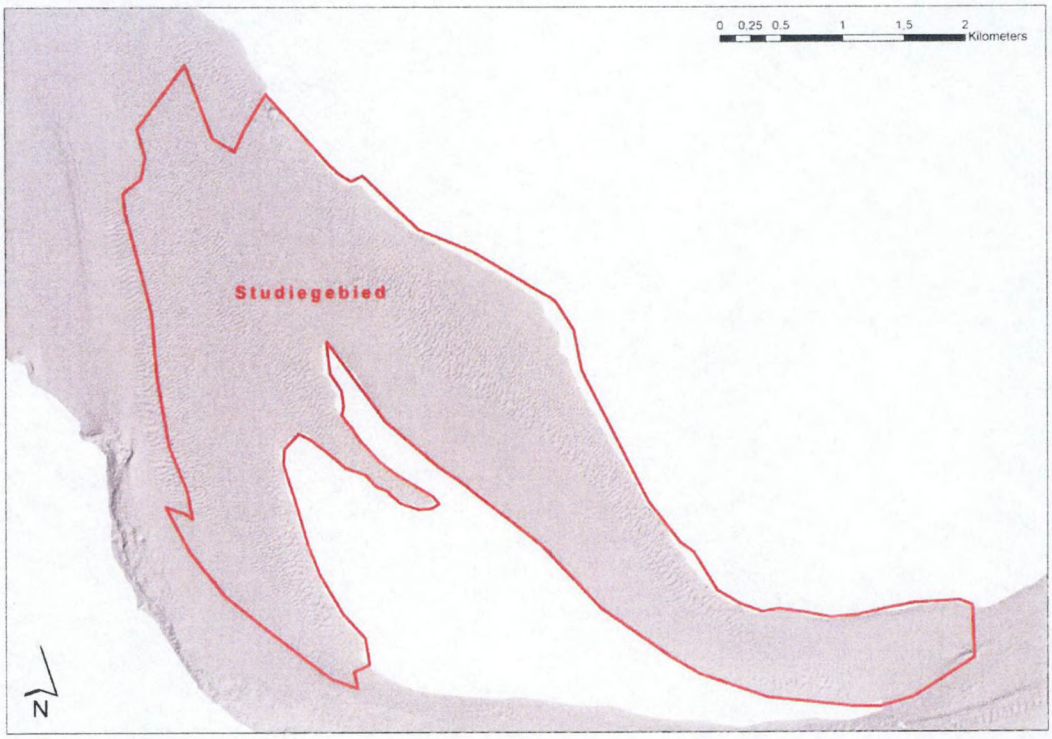
In het eerste luik van deze opdracht wordt toegespitst op het gebied tussen Bath en Hansweert in de Westerschelde. Sinds november 2004 werd dit gebied uitgebreid gemonitord in het kader van het project "Alternatieve stortlocaties in de Westerschelde: pilootproject Walsoorden".

In september en oktober 2002 werd door het Institut für Wasserbau in opdracht van ProSes een uitgebreide meetcampagne uitgevoerd nabij de plaat van Walsoorden, waarbij met behulp van DGPS-vlotters de stroompatronen werden opgemeten bij verschillende getijcondities. De beschrijving van deze metingen en de resultaten zijn terug te vinden in [*IWA, 2003*].

Met behulp van multibeam echo sounding werd met een hoge frequentie (2 wekelijks, later afgebouwd naar 3 maandelijks) de topo-bathymetrie van het gebied rond de plaat van Walsoorden opgemeten. Hierbij werd een onderscheid gemaakt tussen een beperkt gebied nabij de zeewaartse punt van de plaat van Walsoorden ("zone B") en een uitgestrekt gebied met opwaartse grens ter hoogte van Bath en afwaartse grens ter hoogte van Hansweert ("zone A"). Voor een gedetailleerde oplijsting van de uitgevoerde opnames wordt verwezen naar [*WLB, 2006 & WLB, 2008d*].

Daarnaast werden nabij de plaat van Walsoorden meerdere meetcampagnes uitgevoerd waarbij o.a. de stroomsnelheid, sedimentconcentratie en het sedimenttransport gedurende een volledige getijcyclus – zgn. 13u-meetcampagne – werd opgemeten. De beschrijving van de meetcampagnes en de resultaten zijn terug te vinden in [*WLB, 2007b*].

Voor dit project werd het studiegebied uitgebreid van het ondiepwatergebied rond de plaat van Walsoorden naar de zone van de Schaar van Valkenisse en Schaar van Waarde begrensd door de drempel van Valkenisse in het oosten, de rechteroever in het noorden en de rode boeienlijn in het westen (figuur 1).




*Figuur 1: Overzicht van het studiegebied*

Binnen het eerste luik van deze studie werd bij de analyse van de bodemvormen gebruik gemaakt van


FORMULIER: F-WL-FR-10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/6/2009

de topo-bathymetrische opnames van het uitgestrekte gebied ("zone A") van 2007. Daarnaast werden ook de resultaten van de sedimenttransport metingen gebruikt bij de classificatie in de deelgebieden. Bij de gevoeligheidsanalyse van het numerieke model werd ter validatie gebruik gemaakt van de DGPS-vlotter metingen.



FORMULIER: F-WL-PR10-I (versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

# 5 Analyse van de bodemvormen

In de eerste stap worden de topo-bathymetrische gegevens (opname W25 d.d. maart 2007) onderzocht naar het voorkomen van bepaalde klassen van bodemvormen. De verschillende bodemvormen worden ingedeeld op basis van een aantal karakteristieken.

Daar gebleken is dat de bodemvormen een seizoenale variatie kunnen ondergaan, werd de variabiliteit onderzocht voor zowel wintercondities (bodemopname W25 d.d. maart 2007), als zomercondities (bodemopname W28 d.d. september 2007).

In volgende stap (hoofdstuk 6) zal een soortgelijke methodiek gevolgd worden om tot een indeling te komen op basis van hydrodynamische karakteristieken. Vervolgens zal nagegaan worden of er een relatie bestaat tussen het voorkomen van bepaalde bodemvormen en bepaalde hydrodynamische karakteristieken. Hierbij dient opgemerkt te worden dat in de volgende werkwijze een analyse van de bodemvormen gebeurt op een bepaalde toestand van de topo-bathymetrie. Er is geen garantie dat de aanwezige bodemvormen aangepast zijn aan de heersende hydrodynamische condities. De mogelijkheid bestaat dat omwille van de hydrodynamische en morfologische dynamiek (met de interactie tussen beide) bepaalde structuren qua bodemvormen in ontwikkeling zijn (cfr. gebieden onderhevig aan sterke erosie of sedimentatie) of overblijven van bij vroegere hydrodynamische condities (zgn. remanente bodemvormen). Dit kan binnen de huidge studie slechts zeer beperkt worden meegenomen. Daarnaast bestaat de mogelijkheid dat er, voornamelijk voor de kleinere bodemvormen, een variatie van de bodemvorm ontstaat door de eb- en vloedstroming. Dit kan van invloed zijn op de asymmetrie, doch kan hier niet worden meegenomen.

## 5.1 Beschrijving methodiek

Door het ontbreken van routines binnen een GIS omgeving waarmee bodemvormen uit 3D topo-bathymetrische kaarten geanalyseerd kunnen worden, werd volgende methodiek gevolgd voor het opmaken van de classificatie van het studiegebied op basis van bodemvormen:

1. Visuele afbakening van de verschillende deelgebieden op basis van bodemvorm karakteristieken zichtbaar op de "shaded view" voorstelling
2. Definiëren van te analyseren raaien binnen de verschillende deelgebieden
3. Analyse van de raaien naar karakteristieke parameters
4. Aanpassen van de afbakening van de deelgebieden
5. Classificatie van de deelgebieden in beperkt aantal klassen op basis van de karakteristieke parameters

Hieronder worden de verschillende stappen nader toegelicht.

### 5.1.1 Visuele afbakening van de verschillende deelgebieden

Uitgangspunt voor deze visuele afbakening van de verschillende deelgebieden is een zgn. "shaded view" kaart van de topo-bathymetrische opname bij wintercondities (W25 d.d. maart 2007) van het studiegebied. Hierbij wordt vanuit een bepaalde hoek licht gestraald op de bodemkaart waardoor de bodemvormen zichtbaar worden. Voor het studiegebied werd nagegaan welke hoek toeliet de bodemvormen optimaal in beeld te brengen. Als meest optimale richting werd de stroomrichting gevonden, daar de richting van de kruinen en de dalen van de bodemvormen loodrecht op de stroomrichting verwacht worden. In de Westerschelde waar er zowel eb- als vloedstromen voorkomen binnen een getijcyclus, kunnen dus 2 voorkeursrichtingen bepaald worden die onderling ongeveer 180° afwijken.

Voor het studiegebied varieert deze richting daarenboven geleidelijk: aan de zeewaartse rand bedraagt deze richting bij vloed ca. 315 °N terwijl aan de landwaartse rand de richting bij vloed ca. 270 °N


FORMULIER: F-WL-PP10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/09/2003

bedraagt. Uiteindelijk werd de afbakening van de deelgebieden uitgevoerd voor een hoek van 315 °N daar dit voor het grootste gedeelte van het studiegebied overeenkomt met de stroomrichting bij de vloed.

Op basis van deze "shaded view" voorstelling werd verschillende deelgebieden afgebakend. De grens werd visueel vastgesteld daar waar zich schijnbaar een verandering in voorkomende bodemvorm voordoet.

### 5.1.2 Definiëren van te analyseren raaien binnen de verschillende deelgebieden

Gelet op het ontbreken van routines in een GIS-omgeving waarmee een ruimtelijke analyse van de bodemvormen kan uitgevoerd worden, werd een vereenvoudiging toegepast. Hierbij wordt overgeschakeld op een 1D aanpak, waarbij binnen elk deelgebied een aantal raaien worden gedefinieerd. Er wordt verondersteld dat deze raaien representatief zijn voor het volledige deelgebied. Voor deze raaien werd een analyse uitgevoerd naar karakteristieke parameters. Om voldoende bodemvormen op te nemen in één raai werd een lengte van 1000 m vooropgesteld. Voor sommige kleinere gebieden kon deze lengte niet aangehouden worden en werden kortere raaien gedefinieerd. Per deelgebied werden waar mogelijk telkens 3 raaien gedefinieerd. In kleinere deelgebieden was het soms mogelijk om maar 1 of 2 raaien te definiëren. De dieptegegevens voor deze raaien werden vanuit de GIS omgeving uitgevoerd op basis van een gebiedsdekkend 1m * 1m rooster opgemeten met de multibeam echo sounding techniek. Deze gegevens vormden het uitgangspunt voor de analyse die in de volgende stap plaatsvond.

### 5.1.3 Analyse van de raaien naar karakteristieke parameters

Voor elke raai werden volgende karakteristieke parameters afgeleid:

- Lengte van de individuele bodemvormen
- Hoogte van de individuele bodemvormen
- Asymmetrie van de individuele bodemvormen (gedefinieerd als de lengteverhouding van de zeewaartse zijde ten opzichte van de landwaartse zijde)
- Gemiddelde steilheid van de bodemvormen per raai (gedefinieerd als de verhouding van de gemiddelde hoogte tot de gemiddelde lengte van de bodemvormen van deze raai)

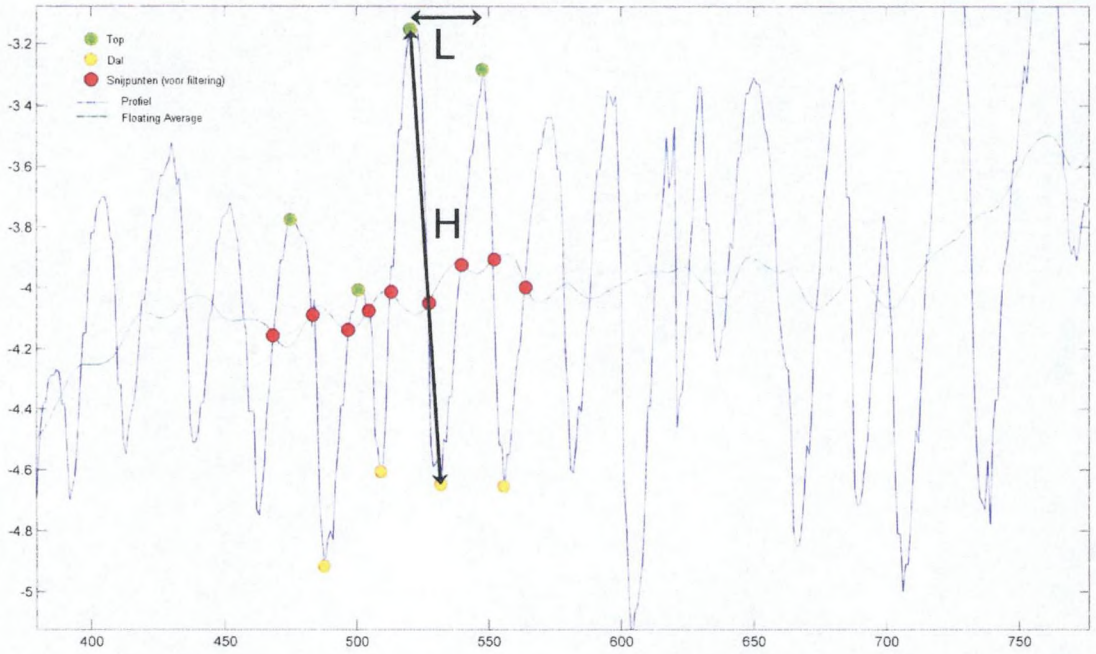
Deze analyse gebeurde met een zelf ontworpen routine die binnen Matlab werd geprogrammeerd. Het uitgangspunt voor de gehanteerd methodiek was de Bedform Tracking Tool [*van der Mark et al., 2007*]. In loop van het project werd deze Bedform Tracking Tool (BTT) ter beschikking gesteld door de makers ervan, doch vanwege praktische beperkingen werd deze niet ingezet bij de uitgevoerde analyses.

De uitgangspunten van de analyse voor het bepalen van de karakteristieke parameters van de bodemvormen, zijn als volgt (figuren 2 en 3):

1. Bepalen van de periode voor het floating average om aanwezige trends uit de raai te verwijderen. Deze periode voor het floating average wordt zodanig gekozen dat de trends verwijderd worden zonder de individuele bodemvormen te verliezen. Er wordt dus een filter toegepast op de originele data om op éénvoudige manier de analyse van de karakteristieken van de individuele bodemvormen te kunnen uitvoeren.
2. Verwijderen van de trend in de bodemligging door de waarde bepaald via floating average af te trekken van de originele data (figuur 2)
3. Bepalen van de posities van de snijpunten van het gefilterde signaal met de 0-lijn (figuur 2, rode stippen)
4. Bepalen van de posities de toppen en dalen van het gefilterde signaal. Uitgangspunt hierbij is dat tussen snijpunt met de 0-lijn ofwel een dal, ofwel een top dient te liggen. (figuur 2, respectievelijk groene stip voor top en gele stip voor dal)

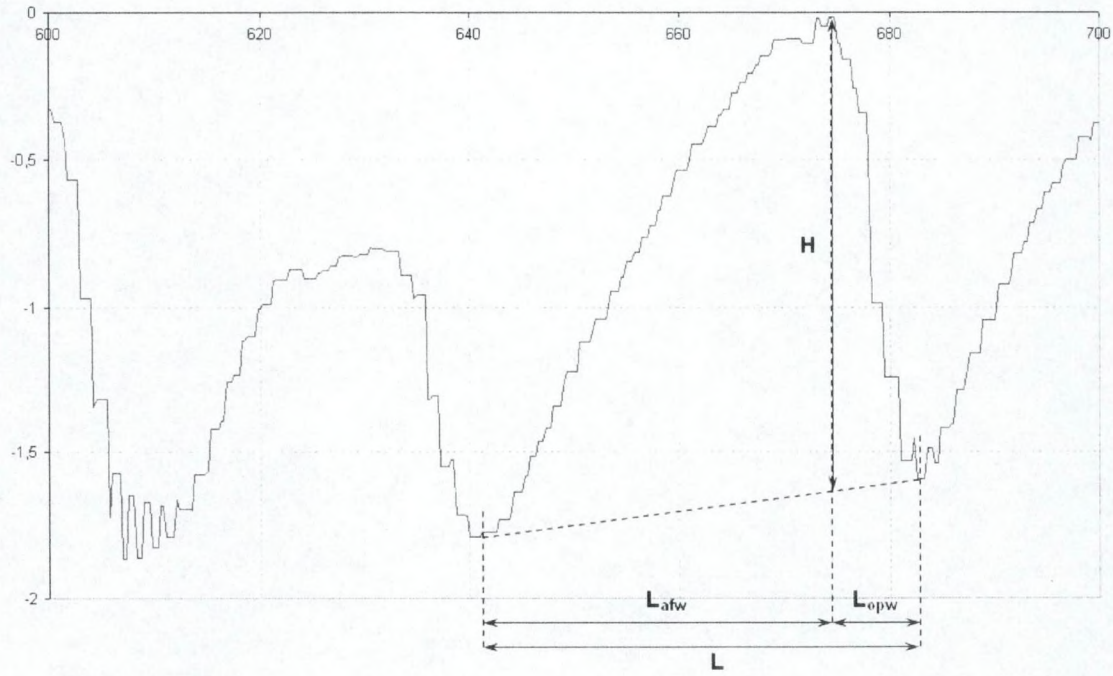

FORMULIER: WL-FP10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2019

5. Bepalen van de lengte van elke individuele bodemvorm van de betreffende raai. De lengte wordt gedefinieerd als de afstand tussen 2 opeenvolgende toppen. (figuur 3)
6. Bepalen van de hoogte van elke individuele bodemvorm van de betreffende raai. De hoogte wordt gedefinieerd als het verschil tussen de hoogte van de top en de hoogte van het daaropvolgende dal. (figuur 3)
7. Bepalen van de asymmetrie van elke individuele bodemvorm van de betreffende raai. De asymmetrie wordt gedefinieerd als de verhouding van de stijging ($L_{afw}$) tot de daling ($L_{opw}$) van de bodemvorm. Een bodemvorm wordt beschouwd van dal tot dal. (figuur 3)
8. Bepalen van de gemiddelde steilheid per raai. De steilheid wordt gedefinieerd als de verhouding van de hoogte H tot de totale lengte L van de bodemvorm. Een bodemvorm wordt beschouwd van dal tot dal. (figuur 3)




*Figuur 2: Bepaling van karakteristieke parameters a.d.h.v. Matlab-routine (stap 2 – 4)*


FORMULIER: FWL-FP10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/01/2012




*Figuur 3: Karakteristieke parameters voor analyse van de bodemvormen (stap 5 – 7)*

Deze karakteristieken per individuele bodemvorm werden vervolgens gemiddeld per raai. Dit resulteert in een gemiddelde waarde (en bijbehorende standaarddeviatie) voor de lengte, hoogte en asymmetrie van de bodemvormen per raai. Op basis van deze gemiddelde waarde werden de extrema verwijderd die buiten het interval [0,25 * gemiddelde; 1,75 * gemiddelde] gelegen zijn en werd een nieuw gemiddelde bepaald. Dit interval werd bepaald op basis van een gevoeligheidsanalyse die in § 5.2.3 wordt beschreven.

De verschillende raaien werden gedefinieerd van zeewaarts naar landwaarts. Een waarde van de asymmetrie groter dan 1 betekent dat de zeewaartse zijde langer is dan de landwaartse. Dit duidt op vloeddominatie. Andersom betekent een waarde kleiner dan 1 dat de zeewaartse zijde korter is dan de landwaartse . Dit wijst op ebdominatie.

### 5.1.4 Aanpassen van de afbakening van de deelgebieden

Op basis van de in de vorige stap bepaalde gemiddelde waarden per raaien voor de verschillende karakteristieken, wordt een eerste onderverdeling in een beperkt aantal klassen gemaakt. Aan de hand van de karakteristieken per raai, alsook de variatie binnen 1 raai, wordt de indeling in deelgebieden geëvalueerd en waar nodig aangepast. Dit zal leiden tot een aanpassing van de deelgebieden, met mogelijk het definiëren van nieuwe raaien.

### 5.1.5 Classificatie van de deelgebieden in beperkt aantal klassen op basis van de karakteristieke parameters

Om de verschillende deelgebieden te groeperen in een werkbaar aantal klassen (vooropgesteld werd maximaal 10 klassen te gebruiken), worden de gemiddelde karakteristieken met elkaar vergeleken. Op basis hiervan worden 2 classificaties opgemaakt: enerzijds een classificatie op basis van de gemiddelde hoogte en lengte van de bodemvormen, anderzijds een classificatie op basis van de asymmetrie van de bodemvormen.

## 5.2 Gevoeligheidanalyse routine bodemvormen

### 5.2.1 Validatie door manuele afleiding karakteristieke parameters

In het oorspronkelijke plan van aanpak was voorzien de karakteristieke parameters van de


FORMULIER F-WL-PP10-1 versie 02
GELDIG VANAF 17/06/2009

bodemvormen manueel af te leiden. Dit is op zich een subjectievere manier, waardoor uiteindelijk geopteerd is om een eigen routine binnen Matlab te ontwikkelen. Om de toepasbaarheid van deze routine na te gaan werden weliswaar voor een aantal raaien (10) manueel de karakteristieke parameters afgeleid.

Bij deze manuele afleiding worden per raai willekeurig 10 (omwille van het arbeidsintensieve karakter van deze methode) bodemvormen geselecteerd, waarvan telkens de hoogte en lengte bepaald werd. Hiervan werd de gemiddelde waarde berekend wat als karakteristiek voor de betreffende raai werd genomen. De zo bepaalde waarden werden vergeleken met de karakteristieke parameters berekend met behulp van de Matlab routine. De resultaten hiervan worden weergegeven in tabel 1.

*Tabel 1: Vergelijking manueel afgeleide en berekende karakteristieken (kleuren duiden op de hoogte/lengte klasse waarin het profiel ingedeeld wordt – kleurencode zie tabel 2)*

| | **Manuele afleiding** | | **Matlabroutine** | | **Percentuele Afwijking** | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Profiel | Hoogte [m] | Lengte [m] | Hoogte [m] | Lengte [m] | Hoogte [%] | Lengte [%] |
| H2 | 0.47 | 11.0 | 0.39 | 11.1 | 18 | 1 |
| W1 | 0.33 | 8.6 | 0.34 | 11.3 | 3 | 31 |
| V1 | 1.31 | 36.5 | 1.39 | 37.4 | 6 | 2 |
| B1 | 1.21 | 17.6 | 1.10 | 18.5 | 9 | 5 |
| B2 | 0.89 | 24.8 | 0.74 | 21.2 | 17 | 15 |
| B3 | 1.32 | 25.4 | 1.09 | 23.6 | 18 | 7 |
| B4 | 1.27 | 26.9 | 1.11 | 25.8 | 12 | 4 |
| B5 | 1.32 | 28.0 | 1.21 | 29.7 | 9 | 6 |
| N1 | 0.23 | 7.2 | 0.23 | 6.5 | 1 | 10 |
| Q1 | 0.56 | 15.9 | 0.52 | 15.5 | 8 | 3 |

Uit deze vergelijking blijkt dat, hoewel de procentuele afwijking tussen de karakteristieke parameters bepaald volgens beide methoden beperkt blijft tot 20%, met één uitzondering tot 30%, beide waarden meestal van dezelfde grootteorde zijn. Daarnaast vallen alle geanalyseerde profielen in dezelfde hoogte-lengteklasse (zie par. 5.3.5) voor beide methoden voor het bepalen van de gemiddelde hoogte en lengte.

Bij deze steekproef werden in de manuele methode slechts 10 bodemvormen per raai geselecteerd, waardoor de kans op afwijkende waarden zeker bij onregelmatige profielen reëel is. Deze vergelijking geeft aan dat de hierboven gehanteerde methoden slechts een beperkte onderlinge afwijking vertonen voor de gemiddelde hoogte en lengte. Daardoor is aangetoond dat de Matlab routine geschikt is voor het afleiden van deze karakteristieke parameters, met dit voordeel dat deze methode objectief is en alle bodemvormen van de betreffende raai in de analyse meeneemt.

### 5.2.2 Invloed van periode voor floating average

Met behulp van een floating average worden aanwezige trends uit de raai verwijderd. Deze periode voor het floating average wordt zodanig gekozen dat de trends (cfr. variatie bodemligging) verwijderd worden zonder de individuele bodemvormen te verliezen. Het is dus een filter die toegepast wordt op de originele data om op éénvoudige manier de analyse van de karakteristieken van de individuele bodemvormen te kunnen uitvoeren.

De bepaling van de periode van het floating average is doorslaggevend voor een goede werking van de hoger beschreven routine. Bij elk snijpunt van floating average en profiellijn wordt immers gezocht naar een top of dal ten opzichte van het vorige snijpunt en dus in wezen een nieuwe bodemvorm gedefinieerd. Figuur A1 geeft voor profielen G1 en L2 een voorstelling van de invloed van verschillende floating averages. Beide profielen tonen aan dat een te kleine periode voor het floating average (FA=10) nadelig is, aangezien het originele profiel op die manier te dicht benaderd wordt en zelfs kleine


FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2019

onregelmatigheden en 'ruis' meegenomen worden in de analyse. Bij profiel G1 wordt ook het effect van een te grote floating average duidelijk. Bij floating average 100 worden een aantal bodemvormen, m.n. rond 250 m en rond 325 m, niet meegenomen, waar dat bij floating average 60 wel het geval is.

Per profiel werd telkens via trial and error de meest opportune waarde voor het floating average bepaald. Voor vrij vlakke profielen zoals P1 (figuur A32) kan deze waarde vrij laag liggen, rond de 15, voor de meer onregelmatige profielen, met eventueel secundaire bodemvormen die niet mogen opgenomen worden in de analyse, zoals B5 (figuur A9), kan de waarde oplopen tot 200.

### 5.2.3 Invloed van filter gemiddelde waarde

Om de invloed op de karakteristieke parameters van zowel door menselijk ingrijpen geïntroduceerde onregelmatigheden (bv. zandwinputten) als extreme waarden geïntroduceerd door de gehanteerde werkwijze (met name floating average), te beperken, werd besloten om een filter te gebruiken op basis van de gemiddelde waarde. Om de optimale filter te bepalen werden voor de raaien uit deelgebieden C, N en P (zie figuur 5) drie verschillende filters getest. De extreme waarden voor lengte, hoogte en asymmetrie die respectievelijk meer dan 50%, 75% en 90% afweken van het gemiddelde waarden werden verwijderd, waarna een nieuw gemiddelde werd bepaald. Figuren A2 en A3 tonen de resultaten van deze gevoeligheidsanalyse. De foutbalken geven telkens de standaarddeviatie weer, de punten de gemiddelde waarde.

Bij de lengte blijft de invloed van de filter beperkt tot minder dan 1 meter. Bij de hoogte is de afwijking kleiner dan 5 centimeter. De asymmetrie ondervindt relatief gezien de grootste invloed, met verschillen tot 0,15. Hier is ook te zien dat de ruwe data duidelijk afwijkt van de gefilterde data, meer dan de verschillende types gefilterde data onderling. Dit is te verklaren door de secundaire bodemvormen die door toepassing van het floating average in bepaalde gevallen worden meegenomen. Hierbij is het mogelijk dat de stijging of de daling zeer klein is (~ 1m), waardoor de waarden van asymmetrie zeer klein of zeer groot worden. Het gebruik van een filter is dus wel degelijk aangewezen. Vanwege het relatief kleine verschil tussen de verschillende filters onderling werd gekozen om voor de analyse de filter van 75% te gebruiken. Op deze manier worden voldoende bodemvormen per profiel overgehouden, terwijl de uitersten (vaak secundaire vormen die niet wenselijk zijn voor de analyse) niet worden meegenomen.

## 5.3 Resultaten

### 5.3.1 Visuele afbakening van de verschillende deelgebieden

Op basis van de zgn. "shaded view" kaart van de topo-bathymetrische opname van het studiegebied werd een eerste indeling in deelgebieden opgemaakt. De gebruikte opname dateert van maart 2007 (W25) en is representatief voor de "winter[1]" situatie. Als hoek van belichting werd 315 °N gehanteerd. De verschillende deelgebieden worden hier onderscheiden door een verschil in bodemvormen die visueel kunnen vastgesteld worden.

### 5.3.2 Definiëren van te analyseren raaien binnen de verschillende deelgebieden

Op basis van deze eerste indeling in deelgebieden werden 22 deelgebieden en 41 raaien gedefinieerd. Deze raaien werden allemaal geanalyseerd naar de aanwezige bodemvormen in de raai.

### 5.3.3 Analyse van de raaien naar karakteristieke parameters

Voor elke raai werden de karakteristieke parameters bepaald. Hierbij werd elke individuele bodemvorm binnen de raai geanalyseerd. Deze karakteristieken per individuele bodemvorm werden vervolgens gemiddeld per raai. Dit resulteert in een gemiddelde waarde (en bijbehorende standaarddeviatie) voor de lengte, hoogte en asymmetrie van de bodemvormen per raai. Op basis van deze gemiddelde waarde werden de extrema verwijderd die buiten het interval [0,25 * gemiddelde; 1,75 * gemiddelde] gelegen

[1] De maand maart wordt beschouwd als "winter" situatie omwille van de periode met relatief meer stormen. Dit kan van belang zijn voor de bodemvormen.

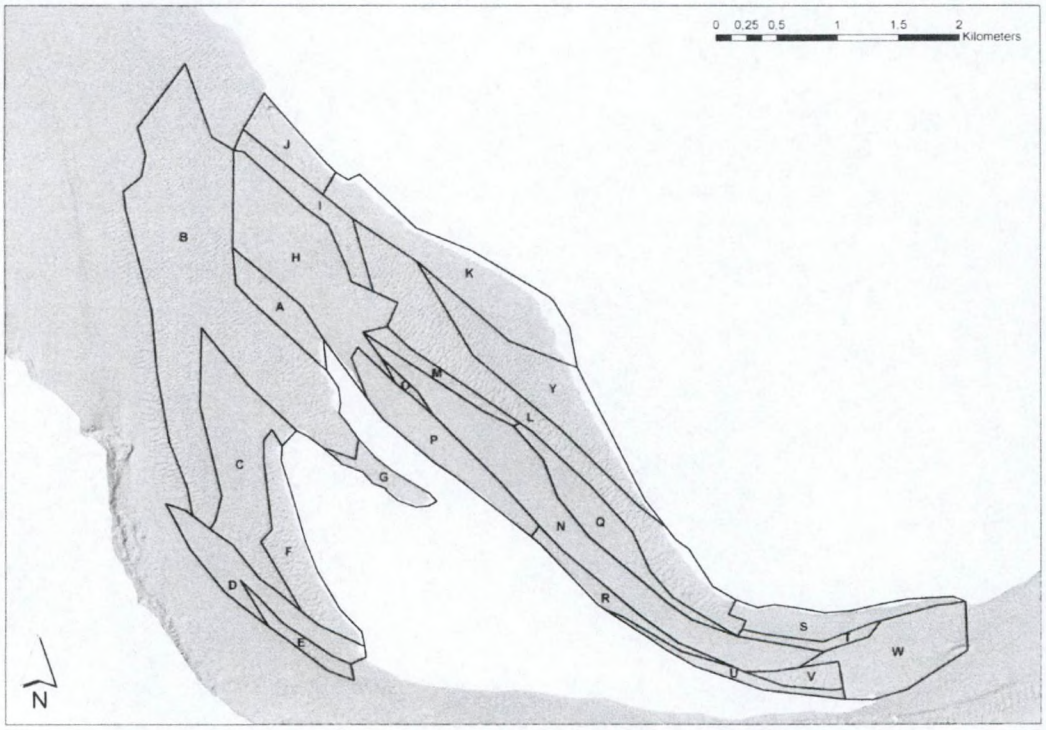


FORMULIER: F-WL-FR10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

zijn en werd een nieuw gemiddelde bepaald. Daarnaast werd ook per raai de gemiddelde steilheid bepaald.

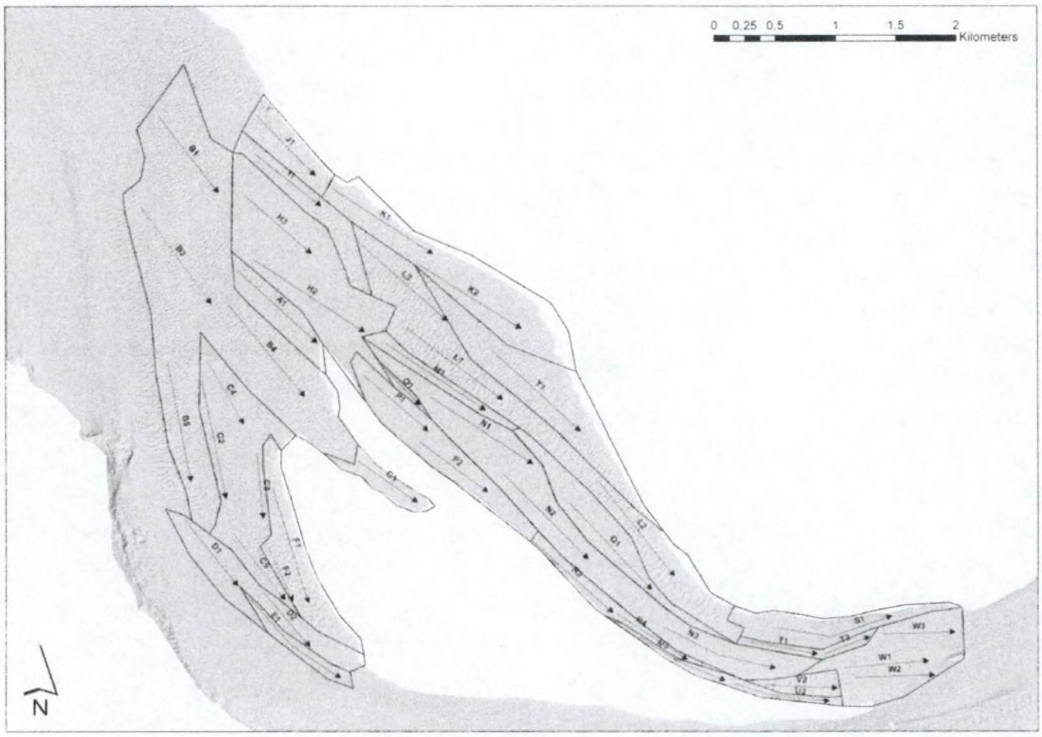
### 5.3.4 Aanpassen van de afbakening van de deelgebieden

Op basis van de in de vorige stap bepaalde gemiddelde waarden per raai voor de verschillende karakteristieken, werd een eerste onderverdeling in een beperkt aantal klassen gemaakt. Op basis hiervan werd de oorspronkelijke indeling aangepast. Dit gebeurde aan de hand van de karakteristieken per raai, alsook de variatie binnen 1 raai. De nieuwe indeling bevat 24 deelgebieden (figuur 4). Hierdoor kwamen 10 raaien uit de oorspronkelijke indeling te vervallen en werden 13 nieuwe raaien gedefinieerd (figuur 5). Voor deze nieuwe raaien werden de karakteristieke parameters bepaald. Deze indeling bleek een classificatie in een beperkt aantal klassen toe te laten. Een overzicht van de gemiddelde karakteristieken per raai zijn in figuur A4 en A5 terug te vinden. In bijlage A wordt een overzicht gegeven van de naamgeving van de verschillende raaien behorend bij het gebruikte volgnummer in de grafieken. De profielen en bijhorende frequentiediagramma voor de parameters hoogte, lengte en asymmetrie worden voor elke raai voorgesteld in figuur A6 tot A44.




*Figuur 4: Overzicht van de verschillende deelgebieden*


FORMULIER F-WL-PR10-I versie 02
GELDIG VANAF 17/04/2009




*Figuur 5: Overzicht van de verschillende raaien*

De verschillende raaien werden gedefinieerd van zeewaarts naar landwaarts. Een waarde van de asymmetrie groter dan 1 betekent dat de zeewaartse zijde langer is dan de landwaartse. Dit duidt op vloeddominatie. Andersom betekent een waarde kleiner dan 1 dat de zeewaartse zijde korter is dan de landwaartse. Dit wijst op ebdominatie.

### 5.3.5 Classificatie van de deelgebieden in beperkt aan klassen op basis van de karakteristieke parameters – situatie "winter"

In de volgende stap werden de gemiddelde karakteristieken geanalyseerd. Op basis hiervan werden 2 classificaties opgemaakt: enerzijds een classificatie op basis van de gemiddelde hoogte en lengte van de bodemvormen, anderzijds een classificatie op basis van de asymmetrie van de bodemvormen. Als bijkomende classificatieparameter werd ook de karakteristiek steilheid in overweging genomen. Deze parameter wordt berekend door de gefilterde lengte van de bodemvormen te delen door de gefilterde breedte. Figuur A5 (onder) geeft de bekomen waarden voor steilheid. Via kleurcodes wordt weergegeven welke raaien in eenzelfde lengte/breedte klasse zitten. Uit deze grafieken blijkt dat de steilheid vrij breed gespreid is, niet alleen binnen dezelfde klasse, maar eveneens binnen eenzelfde deelgebied (bv. variatie binnen deelgebied B en deelgebied T). Er werd dan ook besloten dat steilheid geen geschikte parameter is voor het classificeren van de afgebakende deelgebieden.

De classificatie van de bodemvormen op basis van de gemiddelde hoogte en lengte resulteert in de definitie van 7 klassen. Deze worden hieronder in tabel 2 beschreven.



FORMULIER: F-WL-PP10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2013

*Tabel 2: Onderverdeling in klassen volgens gemiddelde hoogte en lengte van de bodemvormen*

| ***Klasse*** | ***Beschrijving karakteristieken*** | ***Deelgebieden*** |
|---|---|---|
| | | |
| Klasse 1 | Quasi vlak:<br>▪ Gemiddelde hoogte < 5 cm<br>▪ Gemiddelde lengte < 10 m | P, S |
| Klasse 2 | Ribbels 1:<br>▪ Gemiddelde hoogte ~ 15 à 30 cm<br>▪ Gemiddelde lengte ~ 10 m | N, R, U(*), W |
| Klasse 3 | Ribbels 2:<br>▪ Gemiddelde hoogte ~ 30 à 50 cm<br>▪ Gemiddelde lengte ~ 10 à 15 m | D, H, J, Q |
| Klasse 4 | Duinen 1:<br>▪ Gemiddelde hoogte ~ 50 à 100 cm<br>▪ Gemiddelde lengte ~ 15 à 25 m | A, C, E, K, M, T, Y |
| Klasse 5 | Duinen 2:<br>▪ Gemiddelde hoogte ~ 100 à 150 cm<br>▪ Gemiddelde lengte ~ 15 à 30 m | B, I, O |
| Klasse 6 | Duinen 3:<br>▪ Gemiddelde hoogte > 150 cm<br>▪ Gemiddelde lengte > 30 m | F, L, V(**) |
| Klasse 7 | Duinen 4:<br>▪ Gemiddelde hoogte < 100 cm<br>▪ Gemiddelde lengte > 30 m | G |

(*) Het deelgebied U kan niet éénduidig binnen één van de voorgestelde klassen ondergebracht worden. Op basis van de karakteristieken kan dit deelgebied ondergebracht worden in klasse 2 "Ribbels 1". Hierbij dient opgemerkt te worden dat binnen de afzonderlijke raaien een grote diversiteit aan bodemvormen voorkomt, waardoor deze indeling niet optimaal is.

(**) Het deelgebied V kan niet éénduidig binnen één van de voorgestelde klassen ondergebracht worden. Op basis van de karakteristieken kan dit deelgebied ondergebracht worden in klasse 4 "Duinen 1". Visueel lijkt dit deelgebied echter nauw aan te sluiten bij klasse 6 "Duinen 3". Dit kan ook teruggevonden worden in het frequentiediagram voor de hoogte en de lengte. Op basis hiervan is besloten dit deelgebied in klasse 6 onder te brengen.

De classificatie van de bodemvormen op basis van de gemiddelde asymmetrie resulteert in de definitie van 4 klassen[2]. Deze worden hieronder in tabel 2 beschreven. Een waarde van de asymmetrie groter dan 1 betekent dat de zeewaartse zijde langer is dan de landwaartse. Dit duidt op vloeddominatie. Andersom wijst een waarde kleiner dan 1 op ebdominatie.

[2] Er werd geen 5e klasse "Sterk ebgedomineerd" gedefinieerd daar geen van de deelgebieden een waarde van asymmetrie < 0,50 heeft.

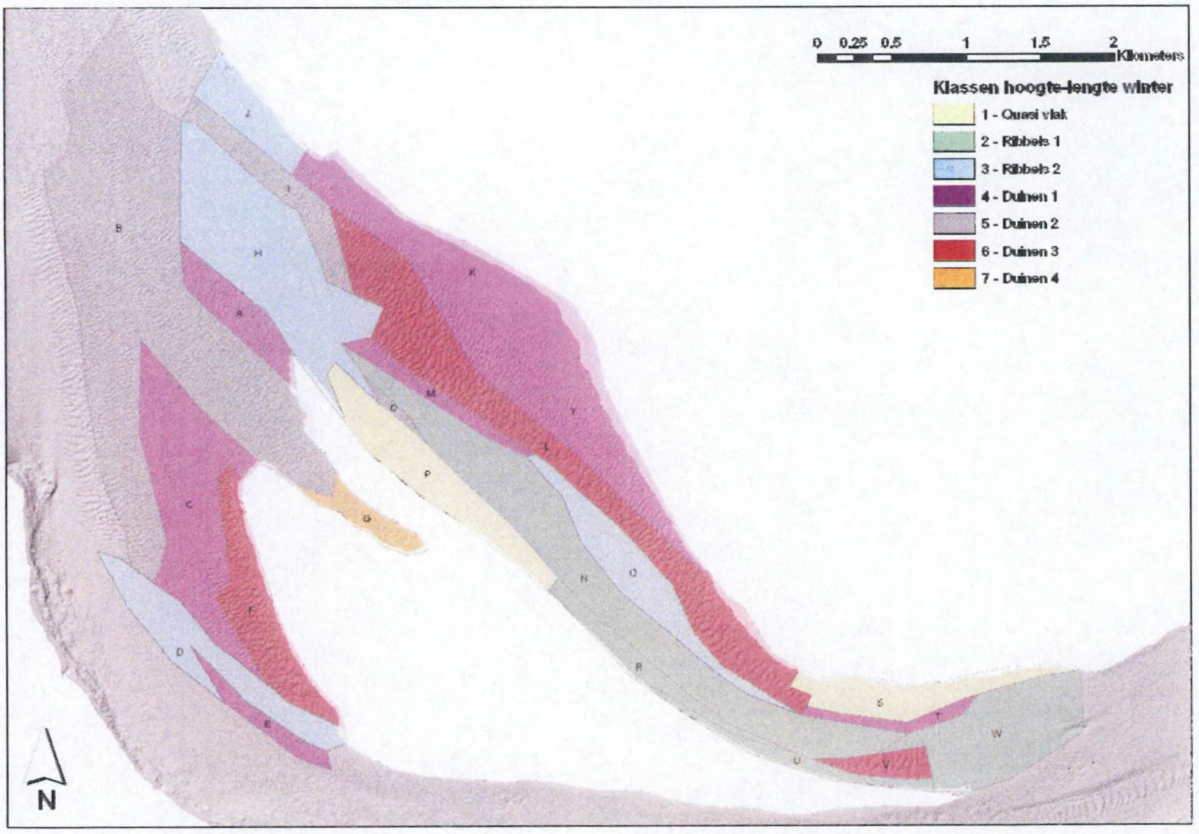


FORMULIER: T-WL-FP10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

*Tabel 3: Onderverdeling in klassen volgens gemiddelde asymmetrie van de bodemvormen*

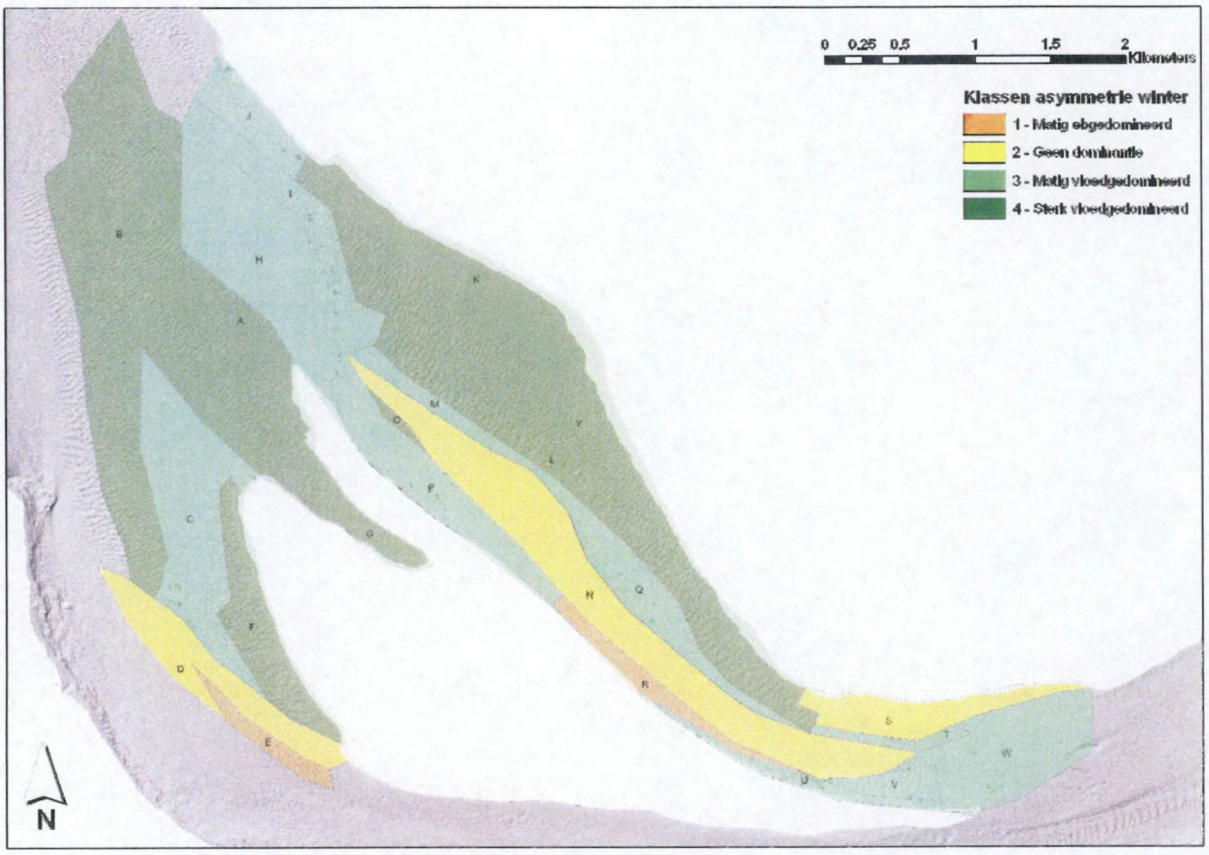
| ***Klasse*** | ***Beschrijving karakteristieken*** | ***Deelgebieden*** |
|---|---|---|
| | | |
| Klasse 1 | Matig ebgedomineerd:<br>▪ Asymmetrie < 0,90 | E, R |
| Klasse 2 | Geen uitgesproken dominantie:<br>▪ Asymmetrie tussen 0,90 en 1,10 | D, N, S |
| Klasse 3 | Matig vloedgedomineerd:<br>▪ Asymmetrie tussen 1,10 en 1,50 | C, H, I, J, M, P, Q, T, U, V, W |
| Klasse 4 | Sterk vloedgedomineerd:<br>▪ Asymmetrie > 1,50 | A, B, F, G, K, L, O, Y |

Aan de hand van deze twee classificatiemethoden kan een ruimtelijk dekkend patroon gegenereerd worden, weergegeven in figuur 6 en figuur 7.




*Figuur 6: Indeling volgens gemiddelde hoogte en gemiddelde lengte van de bodemvormen*


FORMULIER: F-WL-FP10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2019




*Figuur 7: Indeling volgens gemiddelde asymmetrie van de bodemvormen*

### 5.3.6 Classificatie van de deelgebieden in beperkt aantal klassen op basis van de karakteristieke parameters – situatie "zomer"

Om de invloed van de seizoenale variatie op de bodemvormen na te gaan, werd dezelfde analyse uitgevoerd voor de situatie "zomer". Hiervoor werd de topo-bathymetrische opname van september 2007 (W28) gebruikt.

Er werd geen nieuwe afbakening van deelgebieden gemaakt voor de zomerconditie, en er werden geen nieuwe raaien gedefinieerd. Dit kan als gevolg hebben dat bepaalde gebieden mogelijk niet meer goed zijn afgebakend. Het gebruik van identieke raaien voor de analyse van zomer en winter maakt echter de vergelijking van de twee toestanden eenvoudiger. Ook hier werd per raai een gemiddelde van elk van de karakteristieke parameters genomen, om vervolgens een gefilterd gemiddelde te berekenen. Een overzicht van de gemiddelde karakteristieken per raai zijn in figuur A45 en A46 terug te vinden. De profielen en frequentiediagramma voor de parameters hoogte, lengte en asymmetrie worden voor elke raai voorgesteld in figuur A47 tot A85.

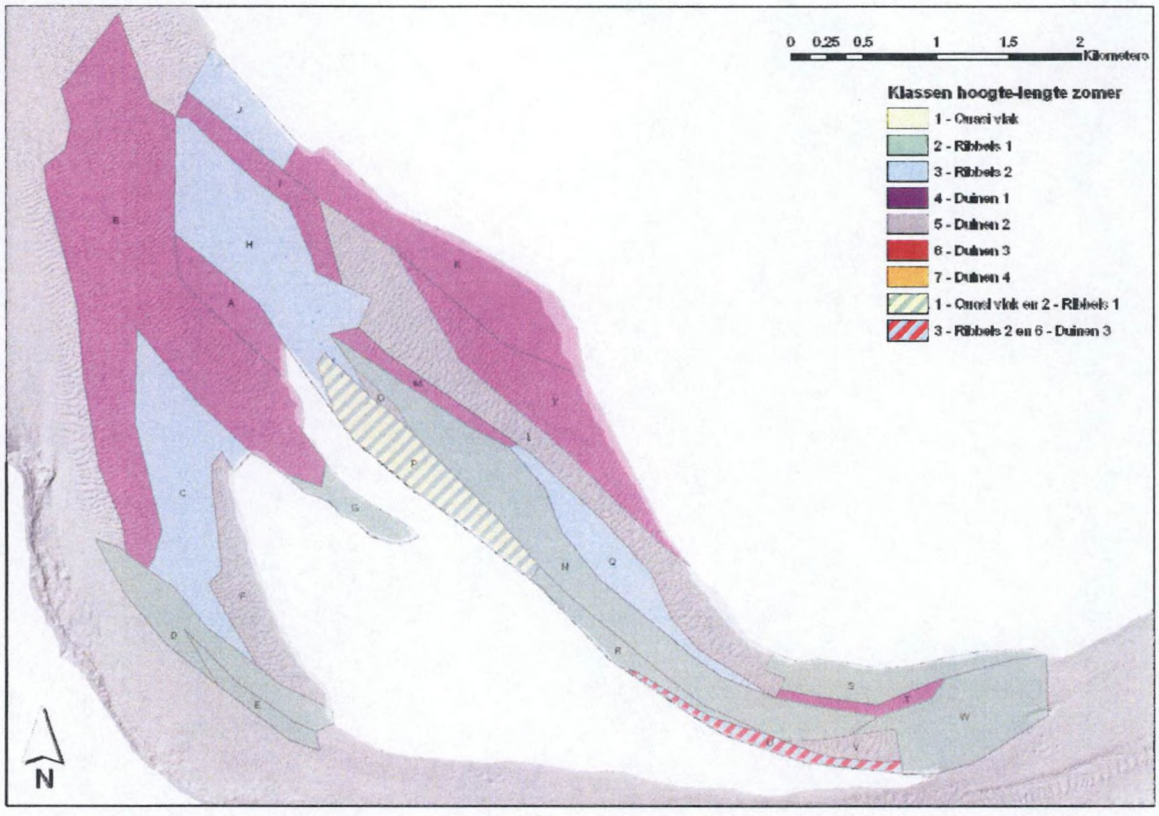
De deelgebieden werden opnieuw ingedeeld binnen de 7 klassen van hoogte- en lengte-karakteristieken die bij de winterconditie opgesteld werden. Het bleek echter niet altijd mogelijk de verschillende raaien uit één deelgebied binnen één klasse in te delen. Voor een aantal deelgebieden vielen de karakteristieken van de afwijkende raai net buiten de gehanteerden grenswaarden voor hoogte en/of lengte van deze klasse. Het betreffende deelgebied werd dan ingedeeld in de overheersende klasse, waarbinnen de meeste van de raaien ingedeeld kunnen worden (deze deelgebieden werden in tabel 4 aangeduid met *). Voor een aantal deelgebieden waren de verschillen tussen de verschillende raaien echter zo groot dat een opsplitsing van deze gebieden zich opdrong. In onderstaande tabel worden in dit laatste geval de afzonderlijke raaien aan de betreffende klasse toegekend. In figuur 8 worden deze gebieden aangegeven door een arcering bestaande uit de kleuren van de betreffende klassen die binnen dit deelgebied voorkomen.


FORMULIER: FWL-FP10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/01/2008

*Tabel 4: Onderverdeling in klassen volgens gemiddelde hoogte en lengte van de bodemvormen (zomer)*

| ***Klasse*** | ***Beschrijving karakteristieken*** | ***Deelgebieden*** |
|---|---|---|
| | | |
| Klasse 1 | Quasi vlak:<br>▪ Gemiddelde hoogte < 5 cm<br>▪ Gemiddelde lengte < 10 m | P2 |
| Klasse 2 | Ribbels 1:<br>▪ Gemiddelde hoogte ~ 15 à 30 cm<br>▪ Gemiddelde lengte ~ 10 m | D, E, G, N*, P1, R*, S, W |
| Klasse 3 | Ribbels 2:<br>▪ Gemiddelde hoogte ~ 30 à 50 cm<br>▪ Gemiddelde lengte ~ 10 à 15 m | C, H, J, Q, U3 |
| Klasse 4 | Duinen 1:<br>▪ Gemiddelde hoogte ~ 50 à 100 cm<br>▪ Gemiddelde lengte ~ 15 à 25 m | A, B*, I, K, M, T, Y |
| Klasse 5 | Duinen 2:<br>▪ Gemiddelde hoogte ~ 100 à 150 cm<br>▪ Gemiddelde lengte ~ 15 à 30 m | F, L*, O, V |
| Klasse 6 | Duinen 3:<br>▪ Gemiddelde hoogte > 150 cm<br>▪ Gemiddelde lengte > 30 m | U2 |
| Klasse 7 | Duinen 4:<br>▪ Gemiddelde hoogte < 100 cm<br>▪ Gemiddelde lengte > 30 m | |


FORMULIER: FMIL-PP10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/11/2010




*Figuur 8: Indeling volgens gemiddelde hoogte en gemiddelde lengte van de bodemvormen bij zomerconditie*

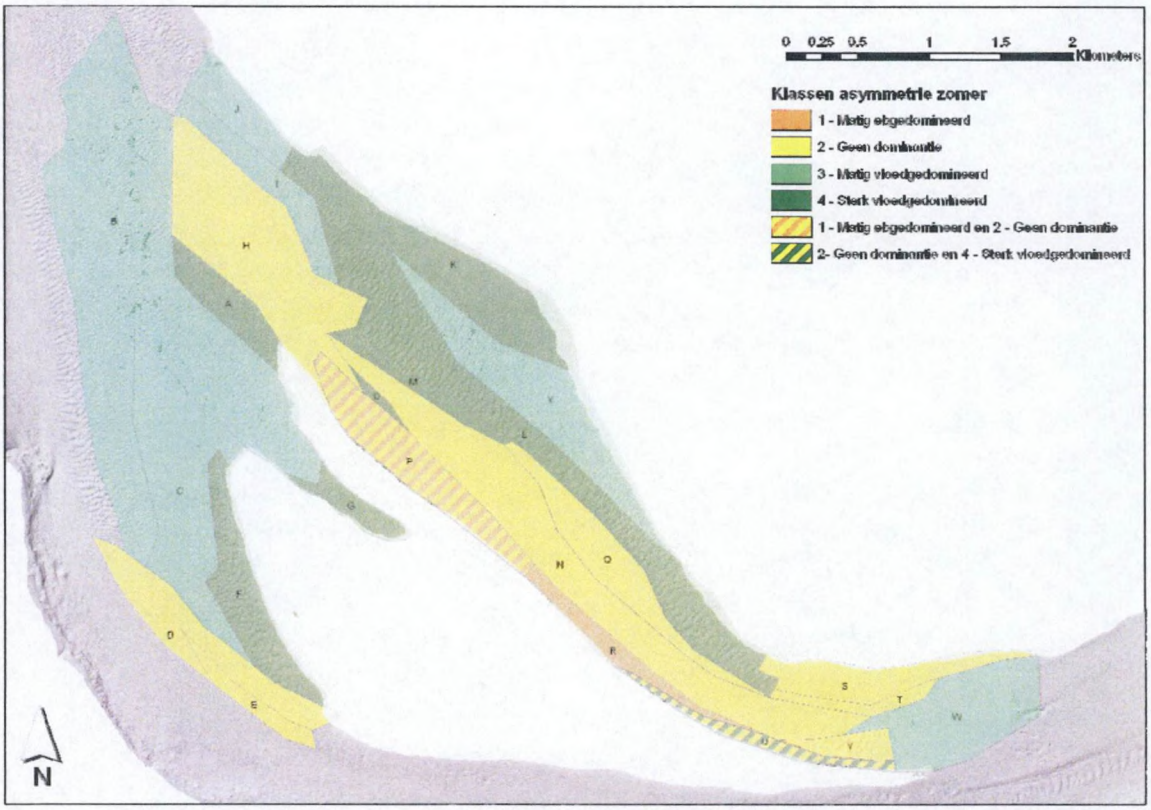
De classificatie van de bodemvormen op basis van de gemiddelde asymmetrie wordt weergegeven in tabel 5. Ook hier was het nodig een aantal deelgebieden op te splitsen volgens hun afzonderlijke raaien, en werden een drietal deelgebieden ondanks een licht afwijkende raai binnen één klasse gecatalogeerd (opnieuw aangeduid met *).

*Tabel 5: Onderverdeling in klassen volgens gemiddelde asymmetrie van de bodemvormen (zomer)*

| ***Klasse*** | ***Beschrijving karakteristieken*** | ***Deelgebieden*** |
|---|---|---|
| | | |
| Klasse 1 | Matig ebgedomineerd:<br>▪ Asymmetrie < 0,90 | R, P1 |
| Klasse 2 | Geen uitgesproken dominantie:<br>▪ Asymmetrie tussen 0,90 en 1,10 | D, E, H, N*, P2, Q, S, T*, U3, V |
| Klasse 3 | Matig vloedgedomineerd:<br>▪ Asymmetrie tussen 1,10 en 1,50 | B*, C, I, J, W, Y |
| Klasse 4 | Sterk vloedgedomineerd:<br>▪ Asymmetrie > 1,50 | A, F, G, K, L, M, O, U2 |

De grafische weergave van deze classificatie wordt gegeven in figuur 9.


FORMULIER: FAVL-PR10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/09/2008




*Figuur 9: Indeling volgens gemiddelde asymmetrie van de bodemvormen bij zomerconditie*

### 5.3.7 Vergelijking topo-bathymetrie bij winter- en zomercondities

Een verschilkaart tussen de topo-bathymetrische opnames bij winter- en zomerconditie (W28-W25) wordt weergegeven in figuur 10.

Op de verschilkaart is vast te stellen dat de sedimentatie-erosiepatronen binnen eenzelfde deelgebied kunnen verschillen. Binnen deelgebied B is een duidelijk onderscheid vast te stellen tussen de zone langs de plaatrand (raai B4) die aan sedimentatie onderhevig is (transport van gestort materiaal naar de plaat toe) en de zone verder van plaat (raai B3) die aan erosie onderhevig is (erosie van gestort materiaal bij de proefstortingen). Ook voor het gebied in de Schaar van Valkenisse is een verschil vast te stellen: zo is N2 morfologisch redelijk stabiel tot zelfs lichte sedimentatie, terwijl N3 aan erosie onderhevig is. Ook langs de noordoostelijke rand van de Plaat van Walsoorden komen verschillen binnen eenzelfde deelgebied voor, met in het bijzonder deelgebied P (met voor P2 sterke sedimentatie) en deelgebied U (met voor U3 een sterke erosie).

Figuren A88 tot A92 geven telkens voor één deelgebied uit elke hoogte-lengteklasse een vergelijking van winter- en zomerprofielen. Voor klasse 4 werden 3 deelgebieden (C, E en Y) vergeleken.

Bij deelgebied P (figuur A88 boven) valt onmiddellijk op dat de raaien in de zomer ongeveer een halve meter hoger liggen dan in de winter. Zoals reeds bleek uit de analyse van de topo-bathymetrische verschilkaart ligt dit gebied inderdaad binnen een sedimentatiezone. Verder valt de verschillende ontwikkeling van de twee afzonderlijke profielen op. Profiel P1 ontwikkelt grotere bodemvormen, bij profiel P2 zijn kleinere bodemvormen zichtbaar in de zomer, met uitzondering van de oostelijke zijde, die zich blijkbaar eerder op dezelfde manier ontwikkelt als profiel P2. De tweedeling binnen dit gebied, die reeds eerder vastgesteld werd, komt hier dus opnieuw tot uiting.

Voor deelgebieden N (figuur A88 onder) en Q (figuur A89 boven) is er tussen winter en zomer bijna geen verschil in afmeting waar te nemen, zij blijven dan ook in dezelfde klasse.

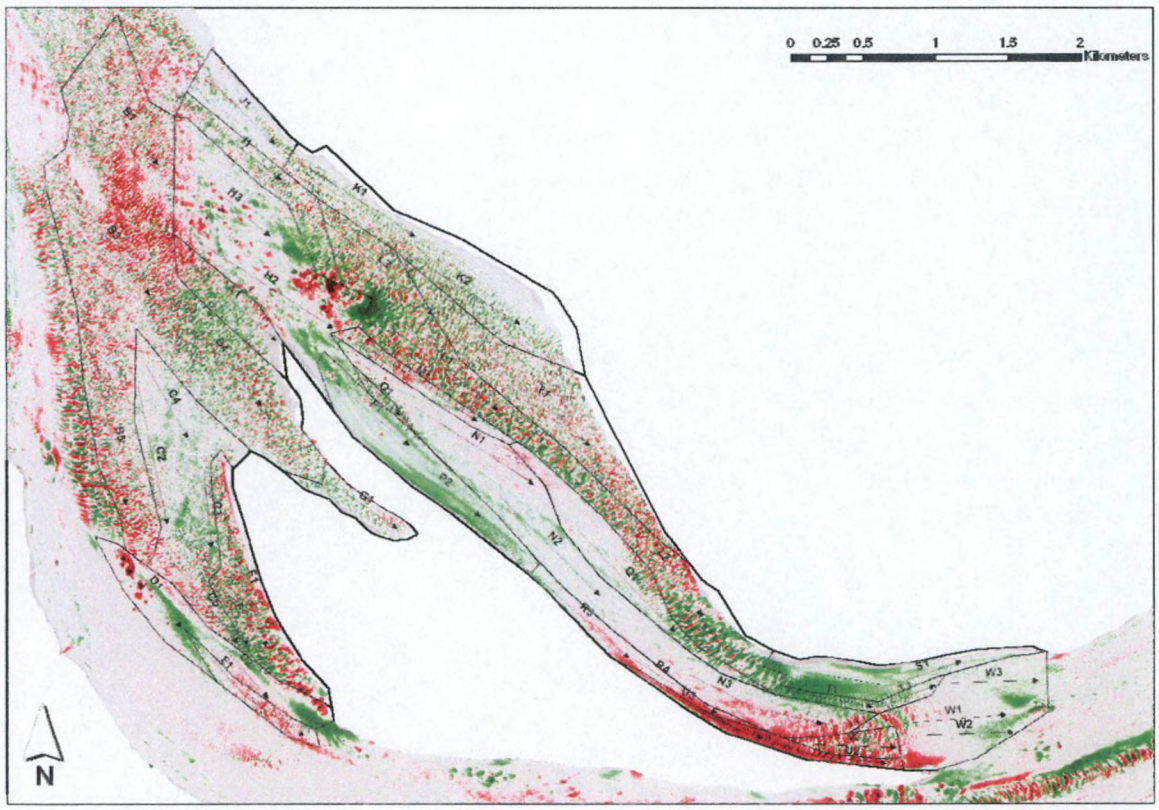

FORMULIER: F-WL-PP10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/11/2009

Deelgebieden E (figuur A89 onder), C (figuur A90) en Y (figuur A91 boven), die alle drie tot klasse 4 behoren, vertonen naar de zomer toe kleinere bodemvormen. Dit is het meest uitgesproken voor deelgebied E, bij deelgebied Y lijkt vooral de lengte van de bodemvormen af te nemen, de verandering van de hoogte is minder uitgesproken. Dit laatste deelgebied Y blijft dan ook in dezelfde klasse, terwijl E en C naar de zomer toe een klasse dalen.

Deelgebied O (figuur A91 onder) lijkt naar de zomer iets grotere bodemvormen te ontwikkelen, en dat bleek ook uit de vergelijking van de gemiddelde waarden voor hoogte tussen lengte en zomer (figuur A86 onder). De stijging is echter niet zo sterk dat dit gebied daardoor in een hogere klasse terechtkomt.

Deelgebied L (figuur A92 boven) daalt in de zomer een klasse en dat blijkt ook uit de bodemvormen, die voor alledrie de raaien korter en lager worden.

Bij deelgebied G (figuur A92 onder) is de ontwikkeling van de secundaire bodemvormen in de zomer duidelijk zichtbaar. De primaire bodemvormen blijven echter duidelijk zichtbaar en wijzigen niet van afmeting.




*Figuur 10: Topo-bathymetrische verschilkaart tussen winter- en zomerconditie*

### 5.3.8 Vergelijking classificatie bij winter- en zomercondities – hoogte en lengte

Figuur 11 geeft een beeld van de verschillen naar hoogte/lengte klassen tussen de winter- en zomerconditie voor de verschillende deelgebieden. De gearceerde gebieden zijn deze waarbinnen de verschillende raaien bij zomercondities niet binnen één klasse konden worden ingedeeld.

Op basis van deze figuur kunnen 2 vaststellingen gedaan worden:

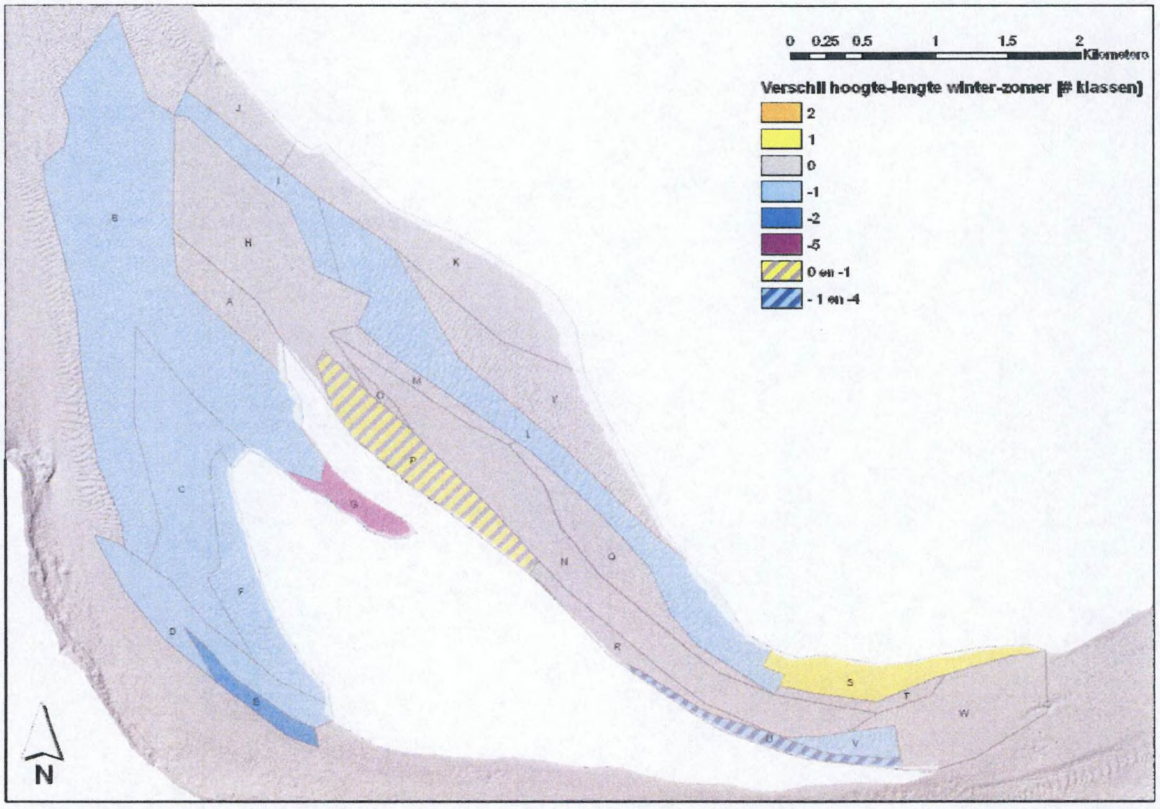
- Slechts in 2 deelgebieden nemen de dimensies van de bodemvormen toe (toename van 1 klasse): P en S. Net in deze 2 deelgebieden is uit de topo-bathymetrische verschilkaart af te leiden dat er sedimentatie optreedt. Indien de verschilkaart van de wintersituatie 2007 (W25) ten opzichte van de zomersituatie 2006 (W19) wordt vergeleken, kan hiervoor een vergelijkbare sedimentatie vastgesteld worden als voor winter – zomer 2007. Het ontwikkelen van deze


FORMULIER: F-WL-PP10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

bodemvormen hangt niet samen met een reductie in sedimentatiesnelheid.

- In de deelgebieden gelegen in de schaduwzones van respectievelijk de Plaat van Walsoorden (B, C, D, F) en Platen van Valkenisse (I, L) nemen de dimensies van de bodemvormen af (daling van 1 klasse). Deelgebied Y vormt hierop een uitzondering, al dient hiervoor opgemerkt te worden dat dit gebied de verbinding vormt tussen de Schaar van Waarde en de Zimmergeul. Vermoedelijk is de voor deze gebieden vastgestelde daling in klasse te verklaren door het verschil in dynamiek tussen de winter en zomer. Ook in andere jaren kan een vergelijkbare ontwikkeling vastgesteld worden.

De overige deelgebieden kunnen worden ingedeeld in dezelfde klasse, zowel voor winter- als zomercondities.




*Figuur 11: Verschil tussen hoogte/lengte klassen in winter en zomer*

Indien gekeken wordt naar de seizoenale variatie per klasse (bijlage 1 - tabel 2) kan vastgesteld worden dat er een zekere structuur zit in het stijgen dan wel dalen in klasse van de verschillende deelgebieden. De deelgebieden uit klasse 1 stijgen allemaal van winter- naar zomersituatie, de deelgebieden uit klasse 2 blijven gelijk of stijgen, klasse 3 blijft grotendeels gelijk, klasse 4 blijft gelijk of daalt, klasse 5 tot en met 7 dalen. De variatie in bodemhoogte en -lengte is dus kleiner in de zomer dan in de winter.

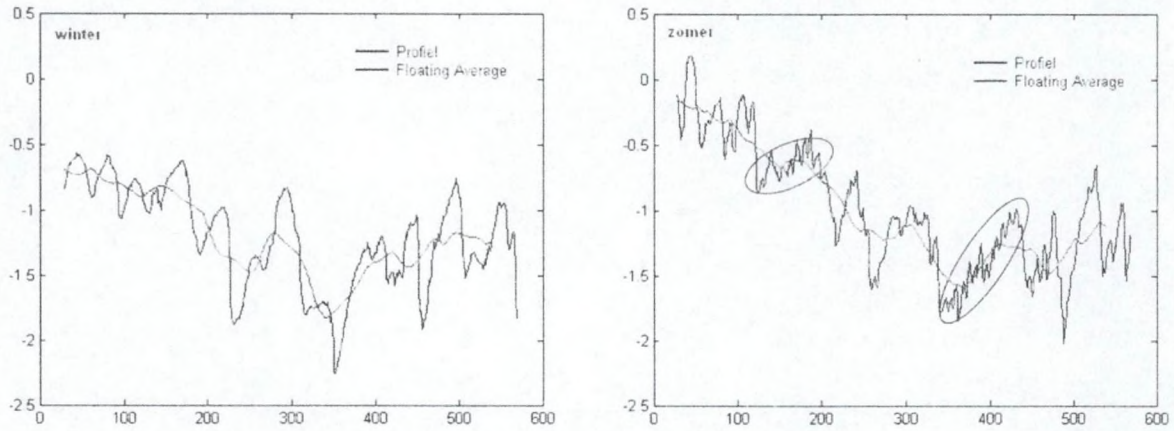
Uitzondering in het geheel is deelgebied G: dit gebied kan voor de zomer ingedeeld worden in klasse 2, terwijl dit voor de winterconditie binnen geen van de 6 klassen kon worden ingedeeld. Belangrijk voor dit gebied is op te merken dat zich voor de zomersituatie secundaire bodemvormen ontwikkelen op de reeds bestaande bodemvormen. Bij het gekozen floating average worden een aantal van deze kleine bodemvormen meegenomen in de analyse (zie figuur 12), wat in een andere verdeling van de karakteristieke parameters resulteert. Aanpassing van het floating average window naar een kleinere waarde (zie par. 5.2.2), zodat alle secundaire bodemvormen meegenomen worden, zou een nog groter verschil opleveren, terwijl de primaire bodemvormen dan volledig buiten beschouwing gelaten zouden worden. Bij een vergroting van het floating average window daarentegen, zou er toch steeds een aantal


FORMULIER: F-WL-PP10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

van de kleinere bodemvormen meegenomen worden, tenzij de waarde zodanig vergroot wordt dat ook een aantal van de grotere bodemvormen niet meegenomen worden. Bovendien is het bodemprofiel tussen winter- en zomer-conditie wezenlijk veranderd, en zou dit niet tot uiting komen indien de secundaire bodemvormen niet meegenomen werden in de analyse.

Wanneer deze seizoenale veranderingen in klassenindeling worden vergeleken met de topo-bathymetrische verschilkaart, is geen éénduidige conclusie op te maken. Zo zijn deelgebieden P en S onderhevig aan sedimentatie en stijgen de bodemvormen in lengte en hoogte. Deelgebied D is ook onderhevig aan sedimentatie maar daalt daarentegen een klasse in bodemvormen. Ook deelgebied T is onderhevig aan sedimentatie maar de bodemvormen blijven hier eerder constant (binnen dezelfde klasse). De deelgebieden die onderhevig zijn aan erosie (E, U, V) vertonen wel allemaal een soortgelijke trend: voor deze deelgebieden kan er een afname in lengte en hoogte van de bodemvormen vastgesteld worden (daling 1 of 2 klassen).

Op basis van deze vaststellingen kan geconcludeerd worden dat voor gebieden onderhevig aan erosie kan gesteld worden dat de bodemvormen in hoogte en lengte zullen afnemen, terwijl voor gebieden onderhevig aan sedimentatie geen éénduidige conclusie kan geformuleerd worden.




*Figuur 12 – Effect van Floating Average 60 op analyse*

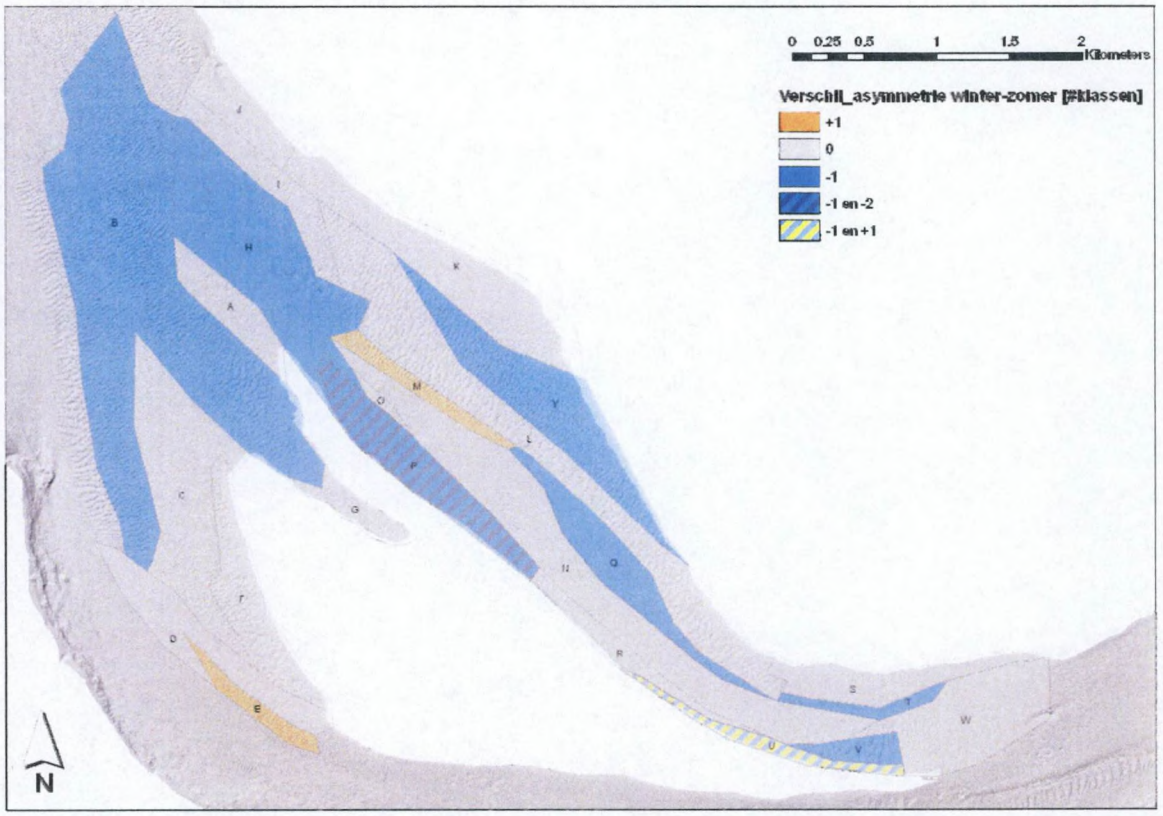
Naast de ruimtelijke variatie per deelgebied, geven figuur A86 en A87 de gemiddelde waarden voor lengte, hoogte en asymmetrie van winter en zomerconditie, voor de filter van 75%, per raai. Opvallend is ook hier de over het algemeen dalende trend, vooral wat betreft de afmetingen van de bodemvormen. Dit bevestigt wat hoger al vastgesteld werd. Uit deze figuren kan echter bijkomend besloten worden, dat zelfs wanneer er geen daling in klasse plaatsvindt, in veel gevallen er toch binnen de klasse een verkleining van de bodemvormen plaats heeft, en dan vooral van de lengte. Dit is bijvoorbeeld het geval voor deelgebied A, M, Q, R, T, W, en Y. De hoogte daalt hierbij niet altijd even consequent. Bij A, Q en Y is er wel een daling, bij M, R4 en T1 een stijging, bij R3, T3 en W blijft de hoogte ongeveer gelijk.

### 5.3.9 Vergelijking classificatie bij winter- en zomercondities – asymmetrie

Figuur 13 geeft een beeld van de verschillen in klassen opgedeeld op basis van bodemvorm asymmetrie tussen de winter- en zomersituatie voor de verschillende deelgebieden. Hieruit blijkt dat zich verschillen voordoen over het volledige studiegebied, doch dat deze verschillen beperkt blijven tot 1 klasse. Wanneer de indeling voor de zomer beschouwd wordt (figuur 9), is een uitgesproken onderscheid te maken tussen de geulen en de schaduwzones van de platen. Dit onderscheid was voor de wintersituatie minder aanwezig. Voor de zomer zijn de deelgebieden die in de geulen liggen quasi allen als symmetrisch ingedeeld. De deelgebieden die in de schaduwzone van een plaat vallen zijn allemaal matig of sterk vloedgedomineerd. Wel lijkt de vloeddominantie voor deze deelgebieden af te nemen ten opzichte van de wintersituatie.


FORMULIER: F-WL-PP10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

Deze afname in vloeddominantie zorgt ervoor dat vooral langs de noordoostelijke rand van de plaat van Walsoorden in de zomer een duidelijk ebdominante zone langs de plaatrand ontstaat, met aansluitend een brede neutrale zone over de Schaar van Valkenisse.




*Figuur 13: Verschil tussen asymmetrie klassen in winter en zomer*

Indien gekeken wordt naar de asymmetrie voor de verschillende raaien per deelgebied zijn de veranderingen veel minder uniform. Zowel in deelgebieden P, L, K, R als U zijn er zowel stijgingen als dalingen, maar enkel in de deelgebieden P en U zijn die verschillen dermate groot dat de afzonderlijke raaien ingedeeld werden in afzonderlijke klassen. Verschillende deelgebieden vertonen ook een licht stijgende asymmetrie, die echter binnen de klassengrenzen blijft (D, O). Deelgebied G vertoont een sterke stijging, maar blijft sterk vloedgedomineerd.

# 6 Analyse van de waterbeweging

In de tweede stap wordt, met behulp van een numeriek model, een indeling gemaakt van het studiegebied op basis van hydrodynamische karakteristieken. In de volgende stap zal nagegaan worden of er een relatie bestaat tussen het voorkomen van bepaalde bodemvormen en bepaalde hydrodynamische karakteristieken.

In deze stap wordt gebruikt gemaakt van een numeriek model (opgezet in Delft3D) dat reeds in eerdere studies werd ingezet [o.a. *FHR, 2003; WLB, 2004 & WLB, 2008b*]. Binnen deze studies werd dit model reeds gevalideerd. Binnen de huidige studie werd een bijkomende gevoeligheids-analyse uitgevoerd om na te gaan wat de invloed is van bepaalde modelinstellingen op de stroomsnelheden in het studiegebied.

Daar het Schelde-estuarium onderhevig is aan de werking van de getijden met enerzijds de halfdaagse getijcyclus (eb en vloed) en anderzijds de halfmaandelijkse variatie (doodtij-springtij), is getracht dit optimaal mee te nemen. Bij de indeling in ecotopen volgens ZES.1 [*Bouma et al, 2005*] wordt uitgegaan van een karakteristieke snelheid welke gedefinieerd wordt als de maximale snelheid binnen een gemiddeld halfdaags getij. Voor de sedimenttransport processen zijn de snelheden boven de grenswaarde voor het begin van beweging van belang. Hierdoor zijn de stromingen die optreden bij een springtij bepalend. Binnen deze studie wordt dan ook gekeken naar zowel de maximale eb- als vloedsnelheden, en dit zowel bij doodtij, gemiddeld getij en springtij.

## 6.1 Beschrijving van het numerieke model

### 6.1.1 Het rekenrooster

Als basis voor het rekenrooster werd Kustzuid versie 3 gebruikt [*afdeling Kust, 2005*]. Het rekenrooster wordt voor deze studie aan de zeewaartse rand begrensd door de raai Westkapelle-Cadzand. Aan de landwaartse zijde wordt de begrenzing te Gent overgenomen uit het originele model. Enkel de Schelde wordt beschouwd: geen van de getijgebonden zijrivieren wordt meegenomen in de modellering. De resolutie van het Kustzuid versie 3 rekenrooster varieert tussen 200 en 300 meter in de Westerschelde en tussen 40 en 400 meter in de Zeeschelde. Aangezien deze resolutie vrij grof is voor het doel van de studie, werd gekozen om het model lokaal te verfijnen in het interessegebied. Het betreft het gebied tussen Bath/Pas van Rilland (t.h.v. B81a) aan de landwaartse kant en Hoedekenskerke-Ossenisse (t.h.v. B39) aan de zeewaartse kant. Dit gebeurde via domein decompositie[3]. Hiervoor werd gebruik gemaakt van het NEVLA model [*WLB, 2004*]: dit model is 9 keer fijner – 3 keer in de richting volgens de thalweg, 3 keer in de richting loodrecht op de thalweg – vergeleken met het Kustzuid versie 3 model.

### 6.1.2 De bathymetrie

Voor de bathymetrie wordt gebruik gemaakt van de meest recente peilingen. Als basis werd de meest recente data gebruikt, die in opdracht van het Waterbouwkundig Laboratorium opgemeten werd in het kader van de morfologische opvolging van de stortproeven nabij de plaat van Walsoorden. Drie verschillende zones kunnen hierbij worden onderscheiden:

- Het gebied tussen Bath en Hansweert (studiegebied) onder 0m GLLWS (multibeam): september 2007.
- Het overige deel van de Westerschelde, inclusief het Verdronken land van Saeftinghe, onder 0m GLLWS (single beam) en het intertidale gebied (laseraltimetrie): vaklodingen 2007.
- Zeeschelde (multibeam, single beam en laseraltimetrie): vaklodingen 2004-2005.

[3] Domein decompositie (DD) biedt het voordeel dat een hoge resolutie in het interessegebied en een minder fijne resolutie erbuiten gerealiseerd wordt waardoor de rekentijd relatief beperkt kan worden.



FORMULIER: FWL-PP10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/12/2007

### 6.1.3 De randvoorwaarden

Een hydrodynamisch numeriek model moet aan de randen gevoed worden door hydrodynamische randvoorwaarden. De periode die voor dit onderzoek is gebruikt, is september - oktober 2007. Als afwaartse randvoorwaarde werd gekozen om de gemeten waterstand te Cadzand en Westkapelle op te leggen. Door gemeten waterstanden op te leggen wordt het effect van de meteorologie op de hydrodynamica onrechtstreeks meegenomen.

Aan de opwaartse randen werd te Rupelmonde het jaargemiddelde debiet van de Rupel opgelegd, terwijl te Gent de jaargemiddelde afvoer van de Schelde werd opgelegd. Het gebruik van jaargemiddelde bovenafvoeren enerzijds en de verwaarlozing van in- en uitstromende getijvolumes langsheen de Rupel anderzijds, maken dat het model aan de opwaartse zijde geen natuurgetrouwe weergave is. Echter in de Westerschelde, waar het interessegebied van deze studie is gelegen, is de invloed van het bovendebiet op de hydrodynamica quasi verwaarloosbaar zodat het model hier wel een natuurgetrouwe weergave is [*WLB, 2008b*].

### 6.1.4 De tijdstap

Voor de berekeningen werd een tijdsstap van 12 seconden gekozen. Voor deze tijdstap blijft het Courantgetal[4] in het fijne DD modelgebied beperkt tot 20. Buiten het interessegebied is het Courantgetal kleiner omwille van de grotere roosterresolutie.

## 6.2 Gevoeligheidsanalyse

In eerdere studies werd het numerieke model reeds meermaals gevalideerd [o.a. *FHR, 2003; WLB, 2004 & WLB 2008b*]. Binnen de huidige studie wordt een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd om na te gaan wat de invloed is van bepaalde modelinstellingen op de stroomsnelheden in het studiegebied. De verschillende instellingen van de uitgevoerde simulaties zijn terug te vinden in tabel 6.

*Tabel 6: Overzicht uitvoerde simulatie bij gevoeligheidsanalyse*

| *RunID* | *Rooster* | *Aantal lagen* | *Viscositeit* | *Sec. stroming* | *Zout* |
|---|---|---|---|---|---|
| 001 | Nevla | 1 (2D) | 6 | Neen | Neen |
| 002 | Nevla | **10 (3D)** | 6 | Neen | Neen |
| 003 | Nevla | 1 (2D) | 6 | **Ja** | Neen |
| 004 | Nevla | 1 (2D) | **HLES** | Neen | Neen |
| 005 | Nevla | 1 (2D) | 6 | Neen | **Ja** |
| 010 | **4 * 2 verfijnd** | 1 (2D) | 6 | Neen | Neen |

Door het ontbreken van nieuwe datasets van stromingsmetingen in het studiegebied is een bijkomende validatie niet mogelijk. Daarom zullen de bekomen resultaten relatief dienen geïnterpreteerd te worden, met andere woorden de snelheidsgrenzen die in dit hoofdstuk worden gehanteerd, kunnen afwijken van de werkelijke stroomsnelheden. Om de numerieke modellen verder te kunnen valideren en kalibreren zouden bijkomende gegevens nodig zijn.

### 6.2.1 Resultaten

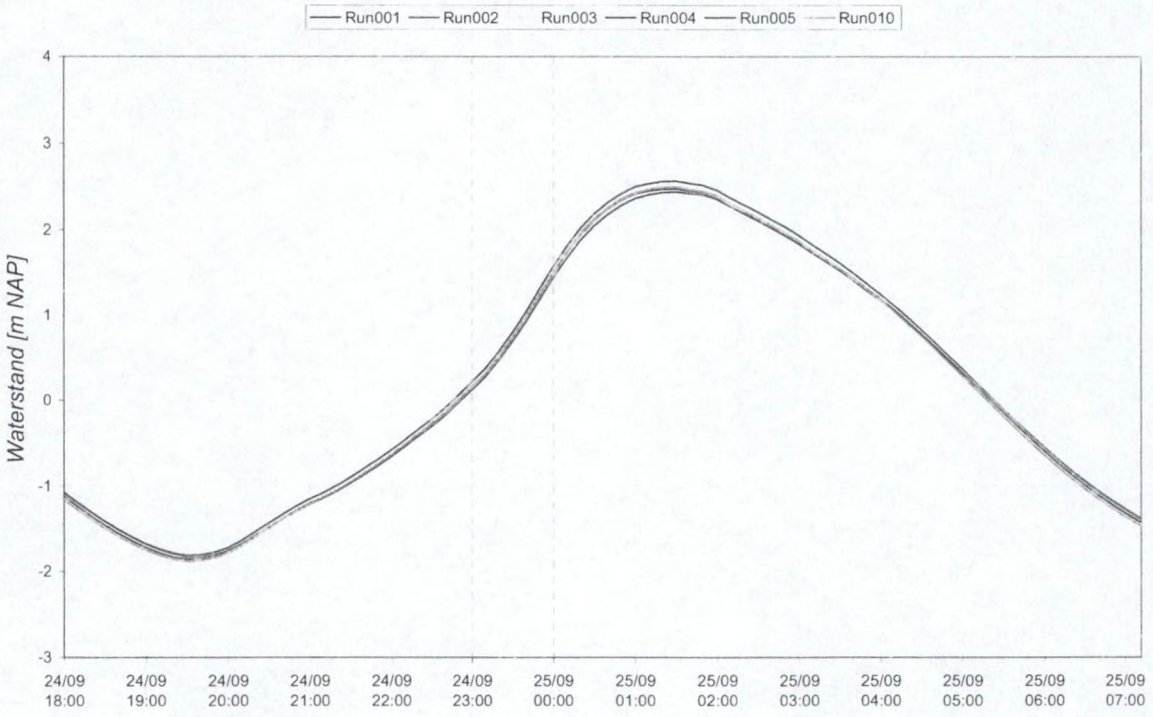
De gevoeligheidsanalyse werd uitgevoerd voor gemiddelde getijcondities. Volgende bemerkingen dienen gemaakt te worden:

[4] De Courantconditie is een wiskundige uitdrukking betreffende de voortplanting van golven in een stroming: bij een volgende tijdstap mag een golf zich niet voorbij het volgende roosterpunt verplaatst hebben. Deze conditie is een nodige voorwaarde voor numerieke stabiliteit. Algemeen wordt gesteld dat een waarde kleiner dan 10 aanvaardbaar is, al kan ook 20 als grens genomen worden.



FORMULIER: F-WL-PP06-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/4/2009

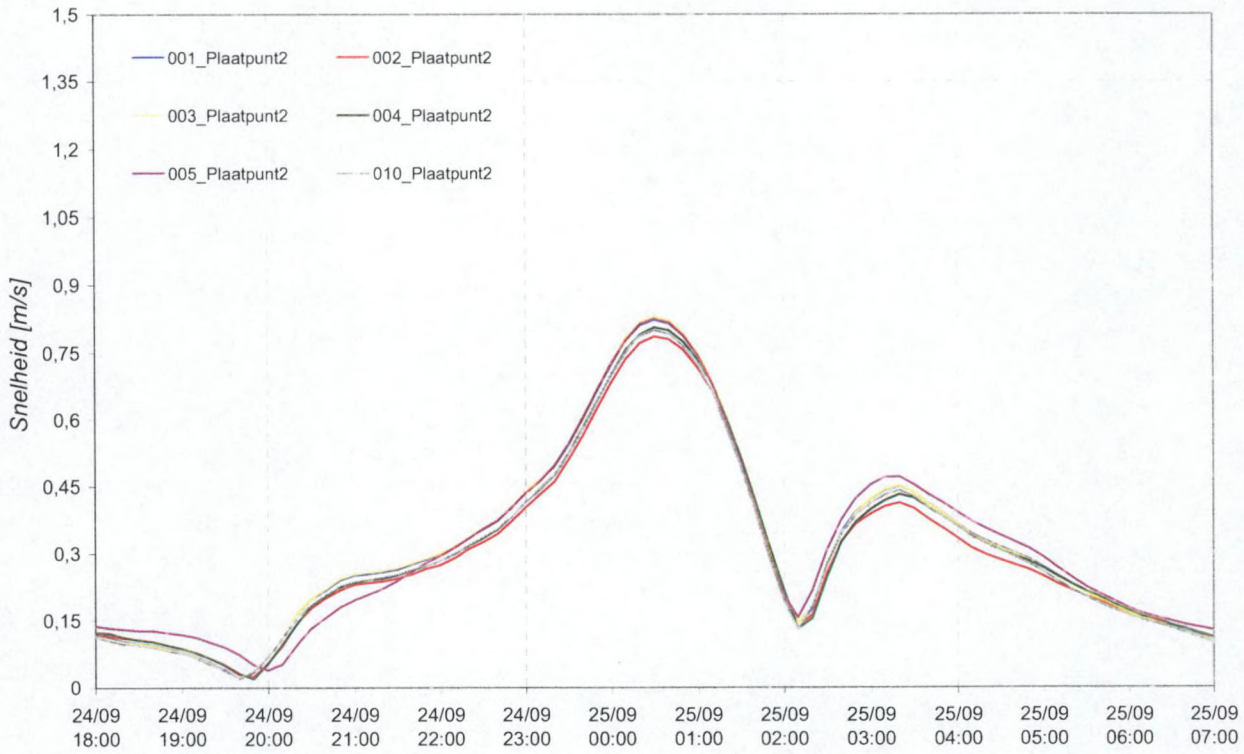
- De vergelijking tussen de verschillende simulaties gebeurt op basis van het verloop van de stroomsnelheden in een aantal karakteristieke punten. Deze werden gekozen op basis van de verwachte verschillen in diverse deelgebieden bij de latere classificatie. Volgende locaties werden meegenomen: zeewaartse plaatpunt, noordelijke plaatrand, vloedschaar, zandtong plaatkant, zandtong geulkant, slikken, drempel (zie figuren C1 – C6).
- Run 002 maakt gebruik van een logaritmische verdeling voor de dikte van lagen. Dit is algemeen aanvaard omwille van het logaritmische karakter van het verticale snelheidsprofiel.
- Run 002 en run 010 resulteren in een rekentijd die aanzienlijk hoger ligt dan deze voor de andere simulatie (ca. 3u vs. ca. 30u).
- Run 005 maakt gebruikt van een initieel zoutveld waarbij niet specifiek is gefocust op de betreffende datum, doch op een zo goed mogelijke overeenkomst inzake het moment binnen het getij waarop de simulatie aanvangt. De doelstelling van deze simulatie was niet het correct reproduceren van gemeten zoutgehaltes, wel de invloed van het zout op de stromingen in beeld te brengen. Gesteld kan worden dat de variatie van het zout over de getijcyclus een relatief goede overeenstemming heeft met de realiteit (i.e. voor deze randvoorwaarden een variatie tussen 17 en 20 ppt in Hansweert).



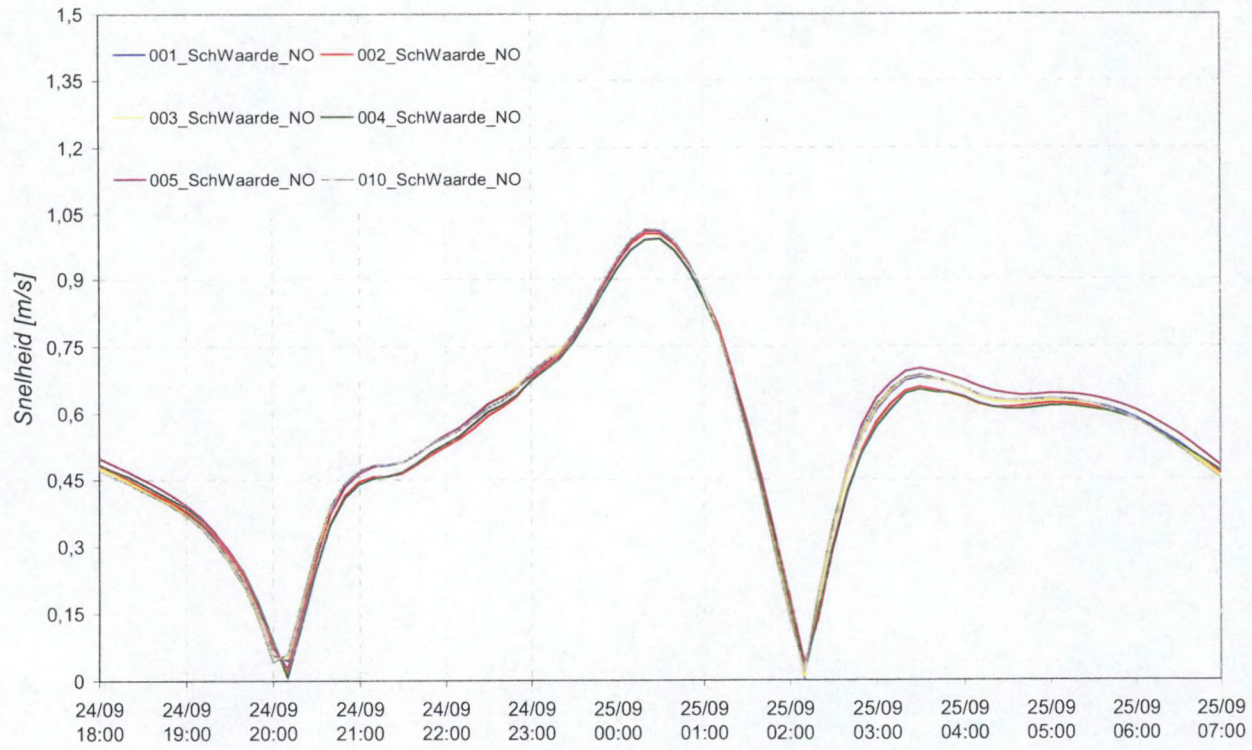

*Figuur 14: Gevoeligheidsanalyse – waterstand te Hansweert*



FORMULIER: F-WL-FP10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009




*Figuur 15: Gevoeligheidsanalyse – stroomsnelheid te punt Plaat van Walsoorden*




*Figuur 16: Gevoeligheidsanalyse – stroomsnelheid te Schaar van Waarde*


FORMULIER: F-WL-PP16-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2014

### 6.2.2 Conclusies gevoeligheidsanalyse

Voor de waterstanden blijven de afwijkingen beperkt tot 10 cm. De simulatie waarbij het zout werd meegenomen geeft aanleiding tot resultaten die systematisch 5 cm hoger liggen dan de andere simulaties.

Voor de stroomsnelheden blijven de afwijkingen bij maximale vloed en maximale eb beperkt tot ca. 5 cm/s. Voor bepaalde locaties zijn de afwijkingen kleiner (cfr. Schaar van Waarde ~ 2 cm/s). Het snelheidsverloop vertoont voor alle simulaties een vergelijkbaar verloop. De simulatie waarbij zout is meegenomen kan voor sommige locaties, met name in de eerste fase van de vloed, licht afwijken van het snelheidsverloop van de andere simulaties. Aangezien deze perioden niet bepalend zijn voor de hydrodynamische karakteristieke parameters die zullen afgeleid worden en het een bijkomende inspanning vergt om de zoutgradiënt correct te reproduceren in het model, is besloten het zout verder niet mee te nemen.

Op basis van deze resultaten is besloten volgende instellingen te hanteren bij de uiteindelijke simulaties voor de classificatie volgens hydrodynamische karakteristieken:

*Tabel 7: Overzicht definitieve modelinstellingen*

| *RunID* | *Rooster* | *Aantal lagen* | *Viscositeit* | *Sec. stroming* | *Zout* |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | Nevla | 1 (2D) | 6 | **Ja** | Neen |

Deze instellingen stemmen overeen met Run 003 van de gevoeligheidsanalyse. De rekentijd blijft bij deze instellingen beperkt tot 150 minuten voor het doorrekenen van 2 getijcycli (25 u).

## 6.3 Resultaten hydrodynamische berekeningen

Met de hierboven beschreven instellingen werden de simulaties uitgevoerd die zullen gebruikt worden bij de classificatie van het studiegebied op basis van hydrodynamische karakteristieken. Een periode van 2 weken werd als uitgangspunt genomen om zowel de doodtij, gemiddeld getij als springtij condities te kunnen meenemen. De volledige simulatieperiode loopt van 18/09/2007 tot 01/10/2007 en volgende deelperioden werden gebruikt:

- Doodtij (run 100): 21-22/09/2007
- Gemiddeld getij (run 101): 24-25/09/2007
- Springtij (run 102): 28-29/09/2007

Bij deze simulaties werden gedurende de volledige getijcyclus (met een interval van 10 minuten) gebiedsdekkende stromingsvelden berekend. Hiervan werden volgende karakteristieke parameters afgeleid:

- Gemiddelde snelheid bij vloed: geeft een beeld van de gemiddelde dynamiek over de vloedperiode
- Gemiddelde snelheid bij eb: geeft een beeld van de gemiddelde dynamiek over de ebperiode
- Verhouding van de gemiddelde vloedsnelheid tot gemiddelde ebsnelheid[5]

[5] Er dient opgemerkt te worden dat de gehanteerde werkwijze aanleiding kan geven tot schijnbare anomalieën. Met name de gemiddelde vloedsnelheid is quasi steeds groter dan de gemiddelde ebsnelheid, wat de indruk kan wekken dat meer water in het estuarium stroomt dan eruit. Dit is niet het geval omdat enerzijds de vloed korter is dan de eb, terwijl ook anderzijds de waterstand mee in beschouwing dient genomen te worden om uitspraak te doen over de eb- en vloedvolumes. Ter validatie werd een raai beschouwd waarover de eb- en vloedvolumes werden bepaald. Hieruit volgt dat deze quasi identiek zijn, met een afwijking van ca. $10^4$ m³ omwille van de dagelijkse ongelijkheid van het getij.



FORMULIER: F-WL-PP10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

- Maximale snelheid bij vloed: geeft een beeld van de maximale dynamiek tijdens de vloedperiode
- Maximale snelheid bij eb: geeft een beeld van de maximale dynamiek tijdens de ebperiode

Op basis hiervan wordt een classificatie gemaakt op basis van hydrodynamische karakteristieken. Dit wordt in par. 6.4 besproken.

### 6.3.1 Doodtij (run 100)

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de omstandigheden voor het doodtij.

*Tabel 8: Overzicht getij te Walsoorden "doodtij"*

| | ***Tijd*** | ***Waterstand [m NAP]*** | ***Getijverschil [m]*** |
|---|---|---|---|
| LW1 | 21/09/2007 15u10 | - 1,24 | |
| HW1 | 21/09/2007 21u50 | + 1,49 | 2,73 |
| LW2 | 22/09/2007 04u10 | - 1,12 | 2,61 |

Het beperkte getijverschil zorgt ervoor dat bij doodtij lage snelheden optreden (gemiddelde snelheden bij vloed worden nooit hoger dan 50 cm/s binnen het studiegebied). Gelet op het feit dat het begin van beweging van het sediment zich voordoet bij 50 à 60 cm/s (vaststelling bij verschillende meetcampagnes nabij de Plaat van Walsoorden [*WLB, 2007b*]), heeft een classificatie voor snelheden die deze waarden niet overschrijden weinig zin in relatie tot het voorkomen van bodemvormen. De resultaten van de doodtij simulatie werden dan ook niet verder gebruikt binnen deze analyse.

### 6.3.2 Gemiddeld getij (run 101)

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de omstandigheden voor het gemiddeld getij.

*Tabel 9: Overzicht getij te Walsoorden "gemiddeld getij"*

| | ***Tijd*** | ***Waterstand [m NAP]*** | ***Getijverschil [m]*** |
|---|---|---|---|
| LW1 | 24/09/2007 19u40 | - 1,92 | |
| HW1 | 25/09/2007 01u40 | + 2,55 | 4,47 |
| LW2 | 25/09/2007 08u00 | - 1,69 | 4,24 |

In figuren B1 en B2 worden de resultaten van deze simulatie weergegeven. Op basis van deze figuren is af te leiden dat zowel de gemiddelde als de maximale vloedsnelheid over het ganse studiegebeid groter is dan de gemiddelde ebsnelheid.

Een groot deel van het studiegebied, met name de punt van de Plaat van Walsoorden en de Schaar van Waarde, wordt bij gemiddeld getij gekenmerkt door een gemiddelde ebstroming kleiner dan 50 cm/s en een gemiddelde vloedstroming tussen 60 en 80 cm/s. Het gebied dichter bij de plaat wordt gekenmerkt door vloedstromingen die kleiner zijn dan 60 cm/s, terwijl deze in het gebied dat grenst aan de plaat (alsook de secundaire vloedgeul) kleiner zijn dan 50 cm/s. Ook langs de rechteroever (nabij Waarde) is een vergelijkbaar patroon terug te vinden. In de Schaar van Valkenisse komt een gemiddelde ebstroming tussen 50 en 60 cm/s voor en een gemiddelde vloedstroming tussen 60 en 80 cm/s. Naar de landwaartse drempel van de Schaar van Valkenisse komen grotere stromingen voor: tot 100 cm/s voor de gemiddelde vloedstroming, terwijl de gemiddelde ebstroming beperkt blijft tot 80 cm/s.

De zandtong nabij de Platen van Valkenisse lijkt een verschillend karakter te hebben dan de zuidelijke zandtong: hoewel beide zandtongen de ebstroming geleiden, splitst de eerste zandtong eerder de vloedstroming waardoor de vloedstroming er beperkt blijft (tot 60 cm/s), terwijl de tweede zandtong overstroomd wordt door sterke vloedstroming (tot 100 cm/s)



FORMULIER: F-WL-FP16.1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/01/2007

### 6.3.3 Springtij (run 102)

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de omstandigheden voor het springtij.

*Tabel 10: Overzicht getij te Walsoorden "springtij"*

| | *Tijd* | *Waterstand [m NAP]* | *Getijverschil [m]* |
|---|---|---|---|
| LW1 | 28/09/2007 22u50 | - 2,60 | |
| HW1 | 29/09/2007 04u30 | + 3,03 | 5,63 |
| LW2 | 29/09/2007 10u50 | - 2,16 | 5,19 |

In figuren B3 en B4 worden de resultaten van deze simulatie weergegeven. Op basis van deze figuren is af te leiden dat zowel de gemiddelde als de maximale vloedsnelheid over het ganse studiegebeid groter is dan de gemiddelde ebsnelheid.

De stroming vertoont bij springtij ongeveer hetzelfde patroon als bij gemiddeld tij, alleen ligt de gemiddelde stroomsnelheid 10 tot 20 cm/s hoger. De zones met de grootste snelheden bij gemiddeld tij stijgen meer in snelheid dan de zones met lagere snelheden. Waar in de Schaar van Waarde en ter hoogte van de punt van de plaat van Walsoorden de stroomsnelheid bij eb nu kleiner blijft dan 60 cm/s (stijging van 10 cm/s), nemen de snelheden ter hoogte van de landwaartse drempel van de Schaar van Valkenisse toe met 20 cm/s (snelheden tot 120 cm/s bij vloed en 100 cm/s bij eb).

Ook hier valt het verschillende karakter van de zuidelijke zandtong en de zandtong nabij de Platen van Valkenisse bij vloedconditie op. De zuidelijke zandtong overstroomt, met grote snelheden als gevolg, de zandtong nabij de Platen van Valkenisse toont niet meer zo duidelijk de splitsing van de vloedstroming, maar de snelheden blijven hier beduidend lager.

## 6.4 Classificatie op basis van waterbeweging

Net zoals bij de bodemvormen wordt voor de waterbeweging geopteerd om 2 types van klassen te definiëren: enerzijds een classificatie op basis van de grootte van de gemiddelde stroomsnelheden, anderzijds een classificatie op basis van de verhouding van de gemiddelde stroomsnelheden.

Voor de eerste classificatie worden klassen gedefinieerd die kunnen worden gerelateerd aan karakteristieke snelheidsgrenzen. Volgende grenzen werden ingevoerd:

- 50 cm/s: grenswaarde van de snelheid die tijdens meetcampagnes naar sedimenttransport werd vastgesteld voor begin van beweging van het locale sediment [*WLB, 2007b & WLB, 2008b*].
- 60 cm/s: bijkomende tussenliggende waarde
- 80 cm/s: grenswaarde van de snelheid die door ZES.1 [*Bouma et al, 2005*] wordt opgelegd om het onderscheid te maken tussen laag- en hoogdynamisch.
- 100 cm/s: bijkomende waarde waarboven het sedimenttransport zeer sterk is

Met deze grenzen werden volgende klassen gedefinieerd. Een aantal klassen komen niet voor in het studiegebied. Deze worden voor de overzichtelijkheid wel gedefinieerd maar niet meegenomen (waarde 0 in Tabel 11).

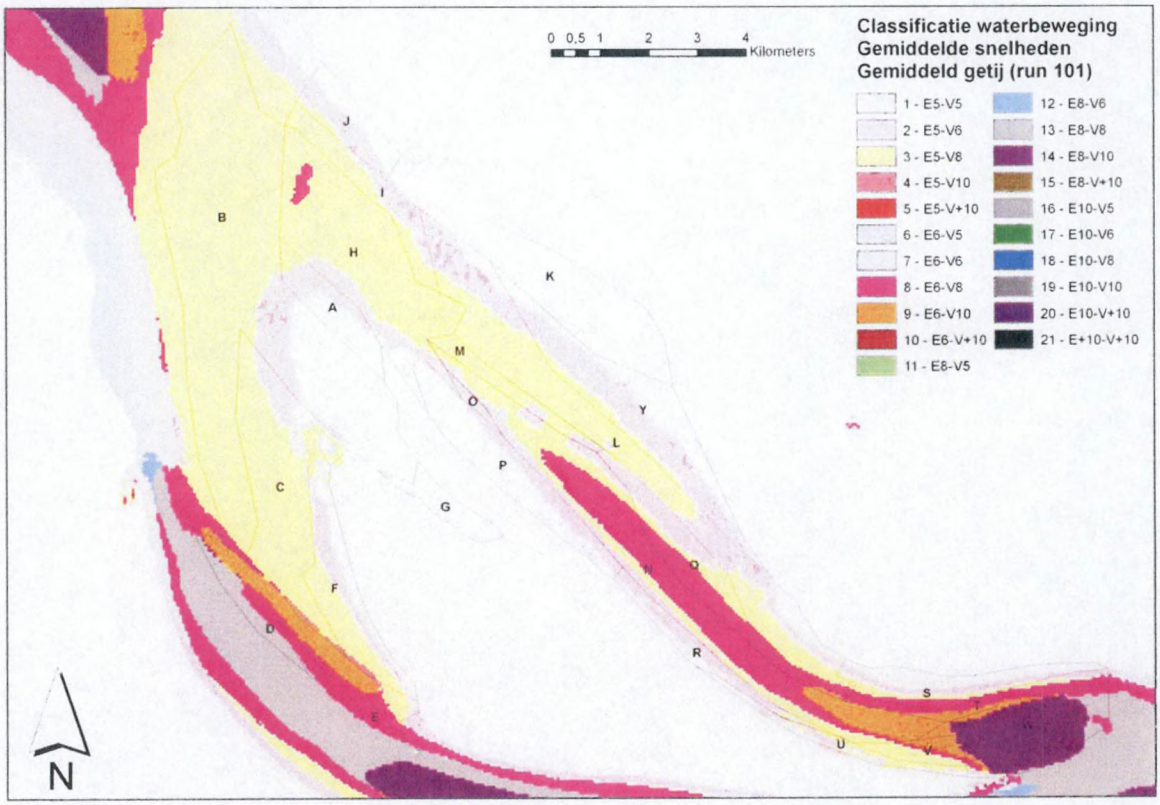


FORMULIER: F-WL-PP10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

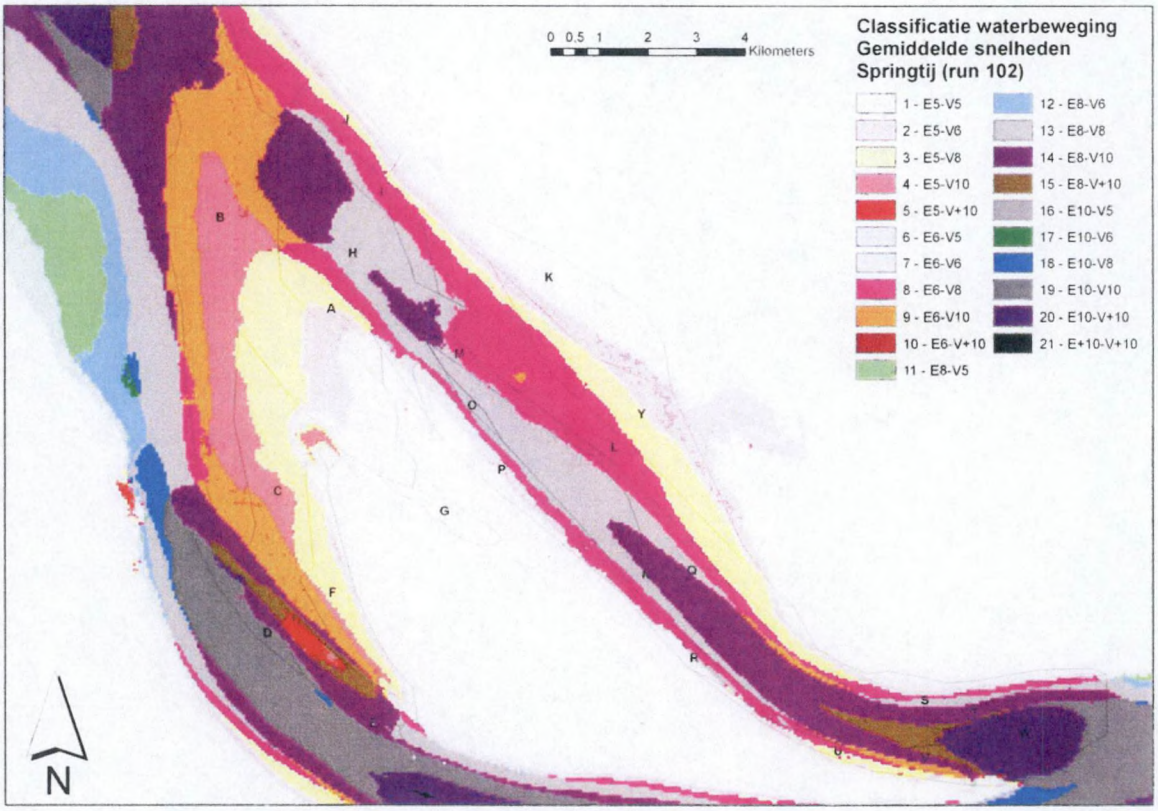
*Tabel 11: Overzicht klassen hydrodynamische karakteristieken (horizontaal VLOED – verticaal EB)*

| [cm/s] | *< 50* | *[50, 60]* | *[60, 80]* | *[80, 100]* | *> 100* |
|---|---|---|---|---|---|
| *< 50* | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| *[50, 60]* | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| *[60, 80]* | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| *[80, 100]* | 0 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| *> 100* | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 |

Deze classificatie resulteert in volgende gebiedsdekkende indeling volgens hydrodynamische karakteristieken (figuur 17 – gemiddeld getij & figuur 18 - springtij).




*Figuur 17: Indeling volgens gemiddelde hydrodynamische karakteristieken bij gemiddeld getij*




*Figuur 18: Indeling volgens gemiddelde hydrodynamische karakteristieken bij springtij*

Binnen het studiegebied kunnen verschillende deelgebieden afgebakend worden op basis van de hydrodynamische karakteristieken. De ruimtelijke patronen in de waterbeweging zijn vergelijkbaar voor zowel de gemiddelde stroomsnelheden, als de maximale stroomsnelheden (figuur B34). Ook tussen gemiddeld getij en springtij is de overeenstemming tussen de ruimtelijke patronen groot. De hieronder beschreven indeling gebeurde op basis van de gemiddelde snelheden bij een springtij. Ter vergelijking wordt daarnaast ook de maximale snelheid mee in beschouwing genomen.

***Klasse 1: gemiddelde ebsnelheid kleiner dan 50 cm/s.***

Bepaalde gebieden vallen bij eb in de schaduw van de droogvallende intergetijdengebieden waardoor de gemiddelde ebsnelheid kleiner dan 50 cm/s blijft. De maximale ebsnelheid in deze zones blijft kleiner dan 80 cm/s. Hierbij zijn binnen het studiegebied 2 belangrijke zones terug te vinden: enerzijds het gebied langs de zeewaartse tip van de Plaat van Walsoorden, anderzijds het gebied langs de zeewaartse kant van de Platen van Valkenisse. Binnen deze zone kan op basis van de gemiddelde vloedsnelheid een verdere indeling gemaakt worden.

Voor de Plaat van Walsoorden neemt de gemiddelde vloedsnelheid toe naarmate de afstand tot de plaat toeneemt – dit stemt ook overeen met een grotere diepte. Hierbij kan een onderscheid gemaakt worden in de deelzone waarbij de gemiddelde vloedsnelheid kleiner dan 80 cm/s blijft of niet. Voor de Platen van Valkenisse blijft de gemiddelde vloedsnelheid binnen de schaduwzone beperkt tot 80 cm/s. Op basis van deze onderverdeling worden 2 subklasses gedefinieerd:

- *Klasse 1.1: gemiddelde vloedsnelheid kleiner dan 80 cm/s*
- *Klasse 1.2: gemiddelde vloedsnelheid groter dan 80 cm/s*

***Klasse 2: gemiddelde ebsnelheid tussen 50 cm/s en 60 cm/s***

Tussen de gebieden die tijdens de eb in de schaduw komen te liggen van droogvallende intergetijdengebieden en de geulen, komen als het ware overgangszones voor. Om deze gebieden


FORMULIER: [illegible]
GELDIG VANAF: [illegible]

binnen deze hydrodynamische classificatie mee te nemen werd een bijkomende klasse gedefinieerd. Hierbij liggen de gemiddelde ebsnelheden bij springtij tussen 50 en 60 cm/s. Voor de vloedsnelheid kan nog een onderscheid gemaakt worden in volgende klassen:

- *Klasse 2.1: gemiddelde vloedsnelheid kleiner dan 80 cm/s*
- *Klasse 2.2: gemiddelde vloedsnelheid groter dan 80 cm/s*

***Klasse 3: gemiddelde ebsnelheid tussen 60 cm/s en 80 cm/s***

In de nevengeul, Schaar van Waarde en Schaar van Valkenisse, liggen de gemiddelde ebsnelheden hoger dan in de hierboven beschreven schaduwzones. Bij springtij liggen deze gemiddelde ebsnelheden tussen 60 en 80 cm/s, terwijl de maximale ebsnelheid groter dan 80 cm/s is.

Een verdere onderverdeling is mogelijk op basis van de gemiddelde vloedsnelheid. De Schaar van Valkenisse is onderhevig is aan grotere vloedsnelheden (meer dan 80 cm/s) in vergelijking met het landwaartse deel van de Schaar van Waarde. De oorzaak van dit patroon is toe te schrijven aan de aanwezigheid van de Platen van Valkenisse en de zandtong die de stroming (zowel eb als vloed) forceert zich te concentreren in een geul met beperktere breedte. Zeewaarts van de zandtong (i.e. Schaar van Waarde) kan de ebstroming uitwaaieren over een grotere breedte (verlengde van schaduwzone Platen van Valkenisse), terwijl bij de vloed de gemiddelde snelheid in de Schaar van Waarde beneden 80 cm/s blijft en in de Schaar van Valkenisse toeneemt tot meer dan 80 cm/s. Wanneer gekeken wordt naar de maximale stroomsnelheden volgt dat in de Schaar van Valkenisse maximale snelheden optreden van meer dan 100 cm/s, zowel bij eb als bij vloed, terwijl in de Schaar van Waarde de maximale ebsnelheid beperkt blijft tot 100 cm/s langs de platen van Walsoorden en 80 cm/s langs de rechteroever.

- *Klasse 3.1: gemiddelde vloedsnelheid kleiner dan 80 cm/s*
- *Klasse 3.2: gemiddelde vloedsnelheid groter dan 80 cm/s*

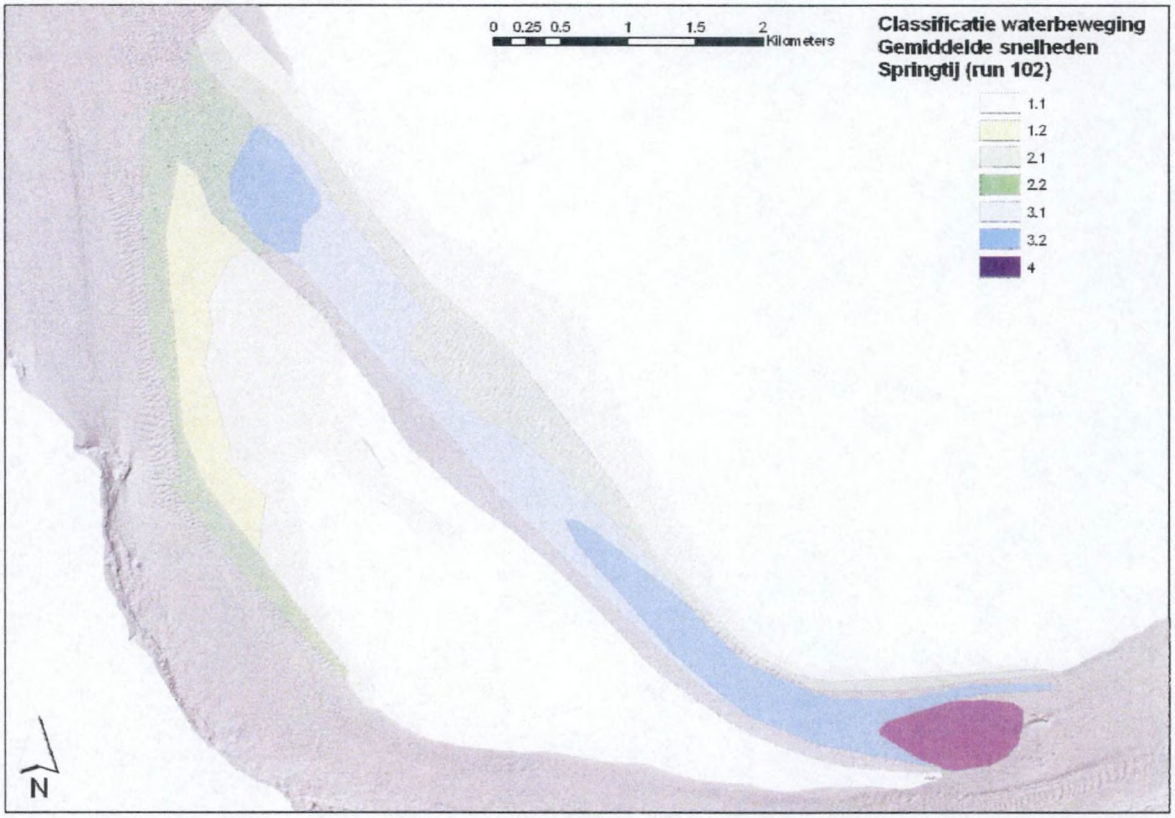
***Klasse 4: gemiddelde ebsnelheid groter dan 80 cm/s***

Nabij de landwaartse drempel van de Schaar van Valkenisse ontstaat een zeer dynamisch gebied waarbij de gemiddelde ebsnelheid meer dan 80 cm/s bedraagt, terwijl de gemiddelde vloedsnelheid meer dan 100 cm/s bedraagt. De maximale vloedsnelheid kan hier bijna 200 cm/s bedragen, wat vergelijkbaar is met de maximale vloedsnelheden in het Zuidergat.

Op basis van de hierboven beschreven klassen kan een onderscheid gemaakt worden in 7 verschillende deelgebieden voor de hydrodynamische karakteristieken. Deze indeling wordt weergegeven op figuur 19.



FORMULIER: F-WL-PP10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

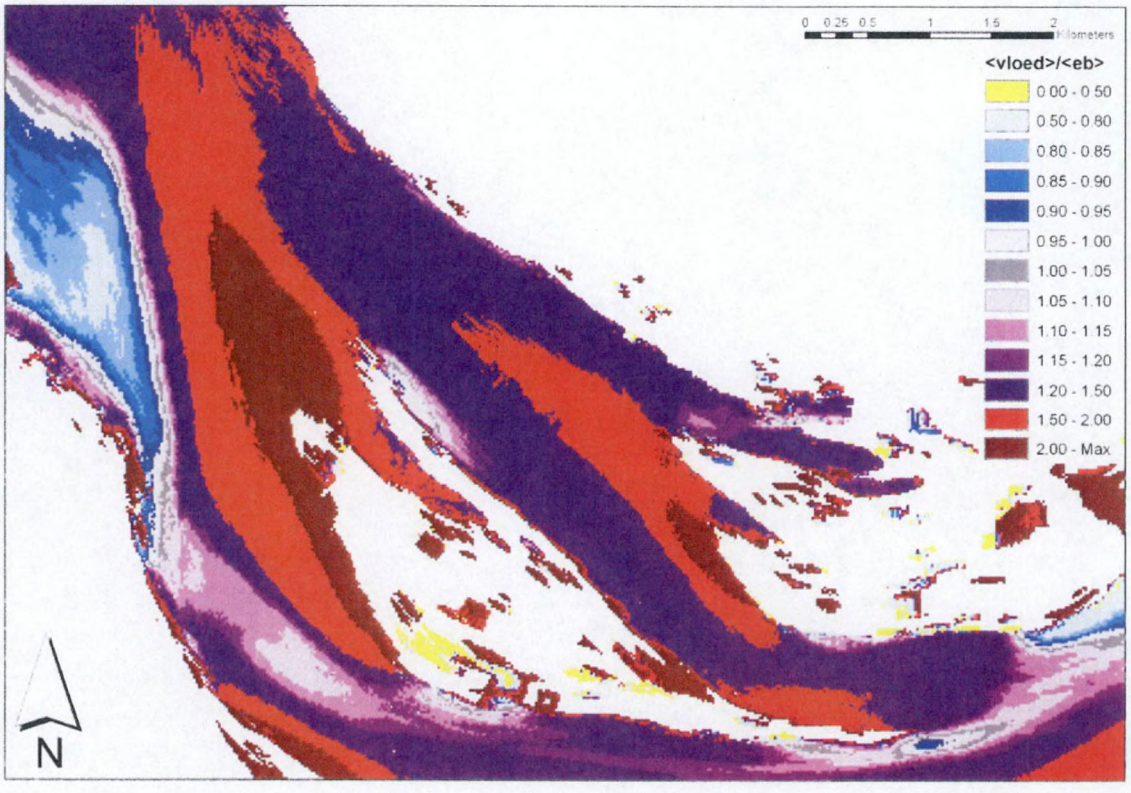



*Figuur 19: Indeling in klassen volgens hydrodynamische karakteristieken*

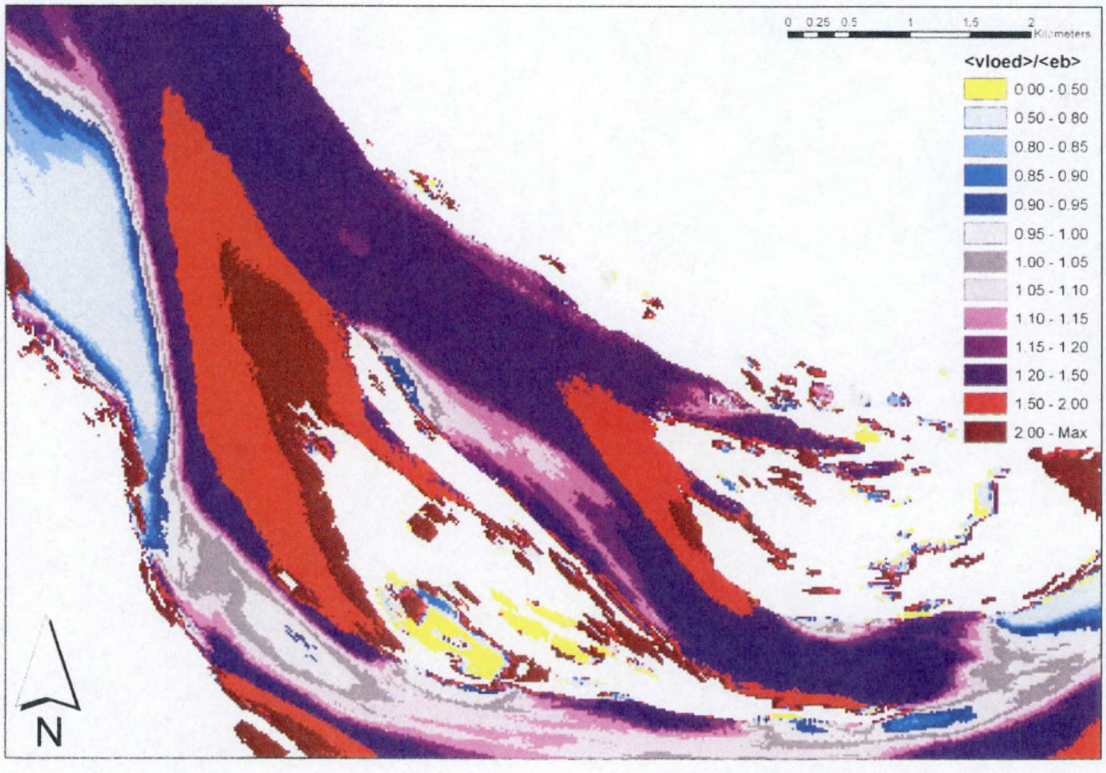
Naast de bovenstaande indeling, werd nog een 2e classificatie gehanteerd. Deze wordt voorgesteld in figuur 20 (gemiddeld getij) en figuur 21 (springtij). Hierbij werd uitgegaan van de verhouding tussen gemiddelde vloedsnelheid en de gemiddelde ebsnelheid. Voor beide getijcondities is het studiegebied quasi volledig vloedgedomineerd. Enkel langs de noordelijke rand van de Plaat van Walsoorden, de zuidelijke rand van de Platen van Valkenisse en de geulkant van de zuidelijke zandtong, komen zones voor die geen dominantie vertonen, of beperkt ebgedomineerd zijn.

Opvallend is wel dat bij springtij de vloeddominantie iets afneemt. Binnen de zones met sterke vloeddominantie (waarden boven 1,5 – (donker) rood) daalt de vloeddominantie licht, wat leidt tot een afname van deze gebieden. Deze verandering treedt zowel op in de nevengeul als in schaduwzones nabij de platen. Deze verandering is te verklaren door de grotere toename in gemiddelde ebsnelheid (figuur B1 – B3 onder) in vergelijking met de gemiddelde vloedsnelheid (figuur B1 – B3 boven).


FORMULIER: F-WL-FP10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2019




*Figuur 20: Verhouding gemiddelde vloedsnelheid - gemiddelde ebsnelheid bij gemiddeld getij*




*Figuur 21: Verhouding gemiddelde vloedsnelheid - gemiddelde ebsnelheid bij springtij*

# 7 Relatie tussen bodemvormen en hydrodynamica

Op basis van de classificaties die voorgesteld werden voor enerzijds de bodemvormen en anderzijds de hydrodynamische karakteristieken, wordt nagegaan of er een relatie bestaat tussen beide aspecten. Hierbij zullen volgende hypothesen getoetst worden:

- Hypothese 1: De dynamiek in de waterbeweging is de drijvende kracht voor het creëren van bodemvormen. Naarmate de dynamiek groter wordt, zullen ook de bodemvormen groter worden.
- Hypothese 2: De residuele stroming bepaalt de asymmetrie van de bodemvormen. Des te dominanter eb of vloed, des te groter de asymmetrie van de bodemvormen.

## 7.1 Hypothese 1

*De dynamiek in de waterbeweging is de drijvende kracht voor het creëren van bodemvormen. Naarmate de dynamiek groter wordt, zullen ook de bodemvormen groter worden.*

In de literatuur wordt de dynamiek van de waterbeweging beschreven volgens "stream power" [o.a. *Allen, 1969 & Simons et al., 1966*]. Stream power is het product van de snelheid v, de diepte D, de helling van de energielijn S en het specifieke gewicht van het sediment $\gamma$. Hierbij dient echter opgemerkt te worden dat in de literatuur de ontwikkeling van bodemvormen bestudeerd is in ofwel stroomgoten in laboratorium omstandigheden, ofwel in rivieren met uni-directionele stroming. Over de ontwikkeling van bodemvormen in estuaria met eb- en vloedstroming is in de literatuur weinig tot geen informatie terug te vinden.

Ten behoeve van dit onderzoek wordt de dynamiek van de waterbeweging beschreven volgens de gemiddelde en maximale snelheden die bij eb en vloed voorkomen. Dit stemt overeen met de classificatie die in hoofdstuk 6 opgemaakt werd. In de tabel 1.3 (bijlage 1) wordt elk deelgebied van de bodemvorm classificatie ingedeeld in 1 of meerdere klassen van de waterbeweging.

Uit deze indeling blijkt dat binnen een bepaald deelgebied van de bodemvorm classificatie, meerdere klassen van de waterbeweging (snelheid) kunnen voorkomen. Om de relatie te kunnen maken tussen de classificatie van de bodemvormen en de waterbeweging (snelheid), worden de verschillende deelgebieden geclusterd volgens klasse van de bodemvormen. Het resultaat hiervan wordt in onderstaande tabel weergegeven.

*Tabel 12: Aantal voorkomens klasse bodemvorm binnen klasse waterbeweging (snelheid)*

| Klasse bodemvorm | Waterbeweging | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1.1 | 1.2 | 2.1 | 2.2 | 3.1 | 3.2 | 4 |
| 1 | 1 | | 1 | | | | |
| 2 | 1 | | 1 | | 1 | 1 | 1 |
| 3 | | | 1 | | 2 | 2 | |
| 4 | 4 | 1 | 2 | 1 | | 1 | |
| 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | | |
| 6 | 2 | | 1 | 1 | | 1 | |
| 7 | 1 | | | | | | |

Op basis van bovenstaande tabel blijkt dat de verschillende klassen van bodemvormen kunnen voorkomen binnen de verschillende klassen in waterbeweging. Een éénduidige relatie tussen de



FORMULIER: F-WL-FR10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

karakteristieken hoogte en lengte van de bodemvormen en de waterbewegingkarakteristieken is niet vast te stellen. Hieruit kan afgeleid worden dat bijkomende aspecten mee in beschouwing moeten worden genomen om een relatie te kunnen opstellen tussen het voorkomen van bepaalde bodemvormen en de waterbeweging.

Hoewel de gemiddelde snelheid een beeld geeft van de stroming gedurende de volledige getijperiode (eb of vloed), zullen voornamelijk de grotere snelheden belangrijk zijn voor het creëren van bepaalde bodemvormen. Om dit aspect mee in beschouwing te nemen, werd een bijkomende parameter gedefinieerd: de tijdsduur tijdens respectievelijk eb en vloed dat een bepaalde grenswaarde van de snelheid wordt overschreden. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat hoe langer deze grenswaarde wordt overschreden, hoe groter de te verwachtte bodemvormen zullen zijn (langere tijdspanne gedurende dewelke de bodemvorm zich kan ontwikkelen). Voor deze analyse werd uitgegaan van het springtij en werd een grenswaarde van 80 cm/s gekozen. Dit stemt overeen met de grenswaarde uit ZES.1 tussen laag- en hoogdynamisch. Er werden 2 werkwijzen gehanteerd:

- Op basis van de stroomsnelheid (tijdreeks per punt – "history file") op het midden van de raaien (uit de analyse van de bodemvormen) werd deze tijdsduur (eb en vloed) bepaald. Wanneer er meerdere raaien binnen één deelgebied aanwezig zijn, werd een gemiddelde waarde bepaald van de tijdsduur voor dit deelgebied. (figuur B35)
- Op basis van de opeenvolgende ruimtelijke velden (i.e. één per 15 minuten) van de stroomsnelheid ("map-file") werd deze tijdsduur afgeleid (eb en vloed). (figuur B36)

Deze eerste werkwijze biedt het voordeel informatie op te leveren per raai uit de analyse van de bodemvorm, terwijl de laatste werkwijze het voordeel biedt een ruimtelijk dekkend beeld weer te geven. Beide werkwijzen worden vergeleken voor het verschil in tijdsduur van overschrijden van de grenswaarde tussen vloed en eb (figuur B37). Hiervoor werden volgende klassen gedefinieerd:

*Tabel 13: Klassen verschil tijdsduur overschrijden grenswaarde vloed – eb*

| Klasse | Verschil in tijdsduur "vloed – eb" |
|---|---|
| E2 – sterk ebgedomineerd | < -90 minuten |
| E1 – matig ebgedomineerd | Tussen -90 en -30 minuten |
| S - symmetrisch | Tussen -30 en 30 minuten |
| V1 – matig vloedgedomineerd | Tussen 30 en 90 minuten |
| V2 – sterk vloedgedomineerd | > 90 minuten |

De resultaten van deze indeling zijn weergegeven in tabel 1.4 (bijlage 1). Hierbij werd zowel de eerste (blauwe arcering) als de tweede (X = dominant klasse, x = aanwezige klasse) werkwijze opgenomen. De dominante klasse stemt in quasi elk deelgebied overeen met de klasse bepaald volgens de raaien. Voor een aantal deelgebieden (D, I, J, Y) komen er verschillende klassen van tijdsduur voor binnen dit deelgebied.

Uit deze indeling blijkt dat binnen een bepaald deelgebied van de bodemvorm classificatie, meerdere klassen van de waterbeweging (tijdsduur) kunnen voorkomen. Om de relatie te kunnen maken tussen de classificatie van de bodemvormen en de waterbeweging (tijdsduur), worden de verschillende deelgebieden geclusterd volgens klasse van bodemvormen. Het resultaat hiervan wordt in onderstaande tabel weergegeven.


FORMULIER: F-WL-FP10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

*Tabel 14: Aantal voorkomens klasse bodemvorm binnen klasse waterbeweging (tijdsduur)*

| Klasse bodemvorm | Klasse tijdsduur overschrijden grenswaarde vloed-eb | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | E2 | E1 | S | V1 | V2 |
| 1 | | | 1 | 1 | |
| 2 | | 1 | 1 | 3 | |
| 3 | | 2 | 1 | | |
| 4 | 1 | | 1 | 1 | 4 |
| 5 | | 2 | | | 1 |
| 6 | | | 1 | | 2 |
| 7 | | | | 1 | |

Op basis van bovenstaande tabel blijkt dat de verschillende klassen van bodemvormen kunnen voorkomen binnen de verschillende klassen in waterbeweging. Hoewel een éénduidige relatie tussen de karakteristieken hoogte en lengte van de bodemvormen en de waterbeweging-karakteristieken (tijdsduur) niet is vast te stellen, kunnen een aantal hoofdlijnen wel worden teruggevonden: voor de kleinere bodemvormen (klasse 1-3) zal het verschil in tijdsduur van het overschrijden van de grenswaarde beperkt blijven (i.e. E1, S, V1). Voor de grotere bodemvormen kan een grotere asymmetrie teruggevonden worden. De eb- of vloeddominantie zorgt ervoor dat de bodemvormen zich kunnen ontwikkelen in hoogte en lengte.. Waarschijnlijk zullen bijkomende aspecten mee in beschouwing moeten worden genomen om een éénduidige relatie te kunnen opstellen tussen het voorkomen van bepaalde bodemvormen en de waterbeweging.

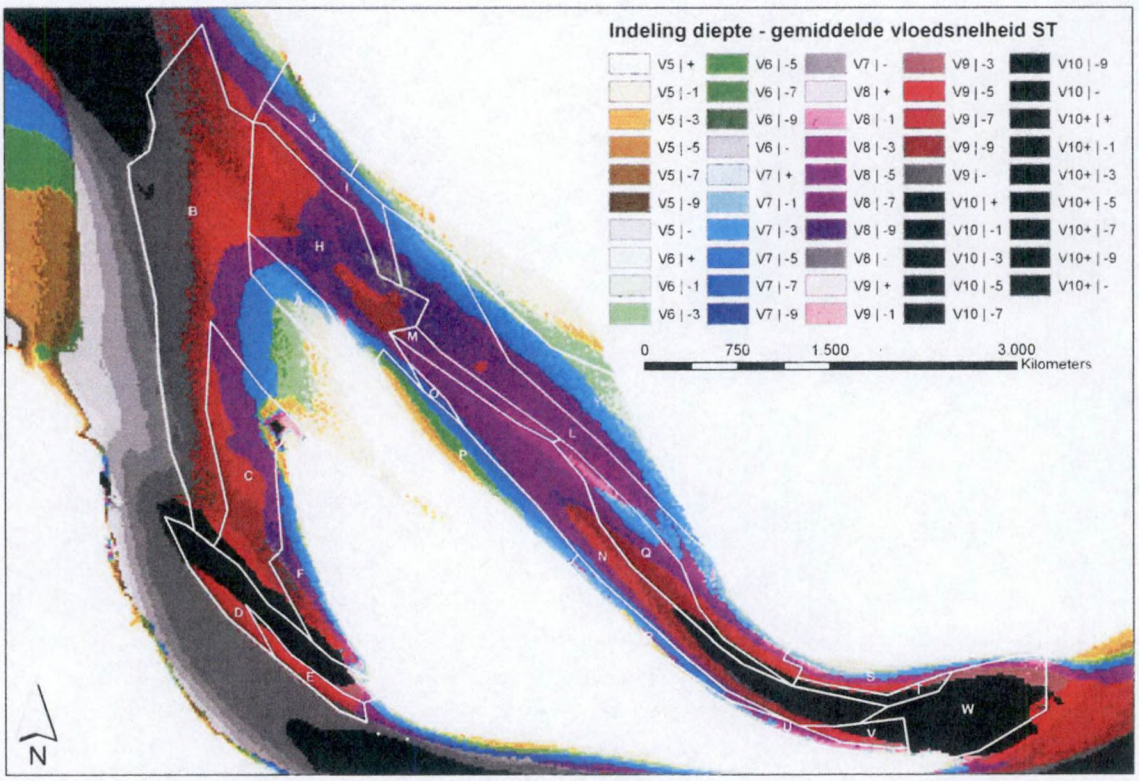
Gelet op het ontbreken van een éénduidige relatie tussen de grootte van de bodemvormen en de waterbeweging, werd bijkomend de waterdiepte meegenomen in de analyse. Dit is weergegeven in figuur 22.

Ook op basis van de eerste analyse van deze indeling blijkt geen relatie terug te vinden tussen de verschillende afgebakende deelgebieden op basis van de bodemvormen en de diepte en hydrodynamische karakteristieken.

Ook de bodemschuifspanning voor een beperkt aantal raaien werd bekeken (zie figuren B38-42). Hierbij dient opgemerkt te worden dat deze gegevens bekomen werden uit de numerieke simulaties. De nauwkeurigheid van deze gegevens is niet gekend. Op basis van een eerste analyse kan ook voor de parameter geen relatie teruggevonden worden met de aanwezige bodemvormen.



FORMULIER: F-WL-FP10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009




*Figuur 22: Classificatie op basis van de gemiddelde vloedsnelheid (per snelheidsklasse van 10 cm/s) en de bodemligging (per diepteklasse van 2 meter) (witte afbakening = indeling op basis van bodemvormen)*

Voor deze eerste hypothese kan geconcludeerd worden dat er geen éénduidige relatie terug te vinden is tussen de grootte van de bodemvormen en de hydrodynamische karakteristieken (zowel gemiddelde als maximale eb- en vloedsnelheid, als de tijdsduur dat een bepaalde grenswaarde wordt overschreden, als de waterdiepte).

## 7.2 Hypothese 2

*De residuele stroming*[6] *bepaalt de asymmetrie van de bodemvormen. Des te dominanter eb of vloed, des te groter de asymmetrie van de bodemvormen.*

Deze 2$^{e}$ hypothese werd getoetst aan de hand van de afgeleide hydrodynamische karakteristieken bij springtij. Gelet op de karakteristieken die bij de toetsing van de eerste hypothese zijn gebruik, werd geopteerd om voor de residuele stroming zowel te kijken naar de verhouding tussen de gemiddelde vloed- en ebsnelheid (figuur 20 en 21), als het verschil tussen de tijdsduur dat de snelheid meer bedraagt dan 80 cm/s bij vloed en eb (figuur B37).

Op basis van de verhouding tussen de gemiddelde vloed- en ebsnelheid is een goede overeenstemming terug te vinden met de asymmetrie van de bodemvormen. Hierbij dient de opmerking gemaakt te worden dat de indeling in klassen volgens asymmetrie van de bodemvormen gebeurd is op basis van een beperkt aantal raaien, terwijl voor de verhouding van de stroomsnelheden gebruik kan gemaakt worden van een ruimtelijk dekkend veld.

Een afwijking is te vinden voor de eb-asymmetrie (deelgebied E en R). Op basis van de verhouding stroomsnelheden valt deelgebied E binnen de symmetrische klasse, terwijl R matig vloedgedomineerd

[6] Het begrip residuele stroming geeft een beeld van het relatieve belang van de eb- en de vloedstroming. Binnen deze studie werden 2 manieren voor het definiëren van de residuele stroming gehanteerd.


FORMULIER: F-WL-PP19-1 versie 02
GELDIG VANAF 17/04/2009

is. De symmetrische deelgebieden volgens de bodemvormen (D, N, S), zijn ook op basis van de verhouding van de stroomsnelheden voor een groot deel symmetrisch. Vanwege het ruimtelijk dekkend veld is het echter mogelijk dat bepaalde zones binnen de deelgebieden licht afwijken van de rest van het deelgebied (cfr. landwaartse deel van deelgebied N). De overige gebieden worden op basis van de verhouding van de stroomsnelheden geklasseerd als vloedgedomineerd. Voor de schaduwzones van de Platen van Valkenisse (deelgebied Y en deels L) en de Plaat van Walsoorden (deelgebieden A, B, C en F) wordt een sterke vloeddominantie teruggevonden. Dit stemt grotendeels overeen met de indeling op basis van de asymmetrie van de bodemvormen.

Op basis van het verschil tussen de tijdsduur dat de snelheid meer bedraagt dan 80 cm/s bij vloed en eb is ook een redelijke overeenstemming terug te vinden met de asymmetrie van de bodemvormen. Ook hierbij dient de opmerking gemaakt te worden dat de indeling in klassen volgens asymmetrie van de bodemvormen gebeurd is op basis van een beperkt aantal raaien, terwijl voor het verschil in tijdsduur gebruik kan gemaakt worden van een ruimtelijk dekkend veld.

Deelgebied E wordt op basis van deze indeling als sterk ebgedomineerd geclassificeerd. Dit is in overeenstemming met de asymmetrie van de bodemvormen. Deelgebied R echter is eerder symmetrisch tot matig vloedgedomineerd. Mogelijk wordt deze afwijking gecreëerd door de roosterschematisatie die in het numeriek model is gebruik en waar de resolutie als beperkende factor optreedt (dit is hier van groter belang dan elders omwille van het steile talud tussen plaat en geul). Opvallend is dat de nevengeul, Schaar van Waarde en Schaar van Valkenisse volgens de indeling met het verschil in tijdsduur, als matig ebgedomineerd wordt geklasseerd. Waar deelgebied N op basis van de bodemvormen symmetrisch is, is deelgebied H volgens de bodemvormen vloedgedomineerd. Dit is een belangrijke afwijking. Voor de overige gebieden is de overeenstemming tussen de indeling op basis van de asymmetrie en de indeling op basis van het verschil in tijdsduur zeer goed.

Voor deze tweede hypothese kan geconcludeerd worden dat er een goede relatie is terug te vinden tussen de asymmetrie van de bodemvormen en de hydrodynamische karakteristieken (zowel verhouding van de gemiddelde vloed- en ebsnelheid, als het verschil in tijdsduur dat een bepaalde grenswaarde wordt overschreden).



FORMULIER: F-WL-PP10-T versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

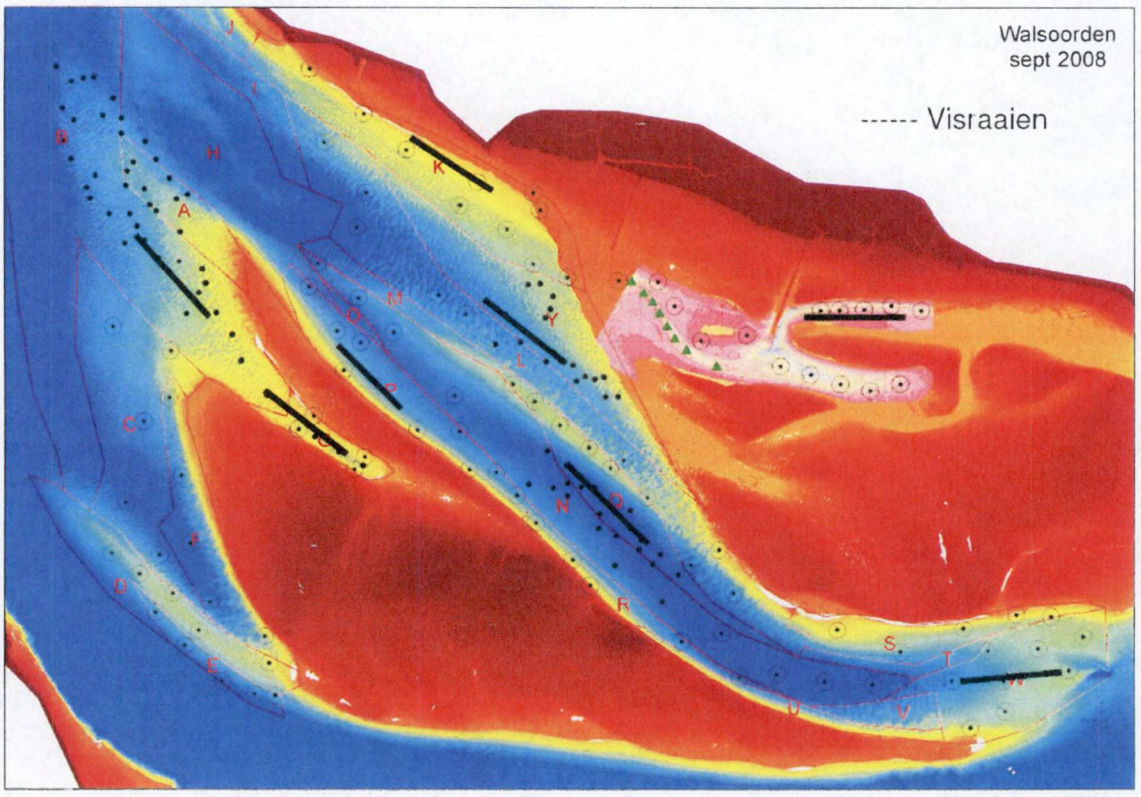
# 8 Voorstel voor bemonsteringslocaties meetcampagne

Op basis van de resultaten uit de analyse van de bodemvormen en de hydrodynamica in het studiegebied nabij de Plaat van Walsoorden, wordt voorgesteld de bemonstering uit te voeren in de verschillende klassen die op basis van de analyse van de karakteristieke parameters gemiddelde hoogte en gemiddelde lengte van de bodemvormen werd opgemaakt.

Daarnaast dient er aandacht besteed te worden dat volgende deelgebieden meegenomen worden in de bemonstering:

- D – zuidelijke zandtong
- E – ebgedomineerde asymmetrie + zuidelijke zandtong
- G – secundaire vloedgeul (gedekt wegens enige zone klasse 7)
- L – zandtong Valkenisse
- P – noordelijke zandtong
- Q – zandtong Valkenisse
- R – ebgedomineerde asymmetrie
- W – sterke stromingen

In tabel 1.5 wordt een gedetailleerd voorstel beschreven voor deze monstername. Naast de beschikbare capaciteit binnen dit project, bleken nog 85 bijkomende monsters genomen te worden binnen het project "Alternatieve stortlocaties Westerschelde – pilootproject Walsoorden". Hiermee werd rekening gehouden in het uiteindelijke voorstel. Daarnaast werd een voorstel geformuleerd voor de visbemonstering (5 visraaien). Dit wordt weergegeven op figuur 23.




*Figuur 23: Voorstel monstername ecologie en vissen (afgestemd met NIOO-CEME)*

# 9 Conclusies

Binnen deze studie is onderzoek uitgevoerd naar de bodemvormen en de waterweging nabij de plaat van Walsoorden, met als doelstelling, mits aanvullende informatie omtrent bodemsamenstelling (luik uitgevoerd door NIOO-CEME) te komen tot een indeling in fysiotopen (i.e. indeling in deelgebieden met vergelijkbare eigenschappen inzake bodemvormen, waterbeweging en bodemsamenstelling). Hierbij werd gebruik gemaakt van de beschikbare datasets die in het kader van de opvolging van de stortproeven langs de zeewaartse punt van Plaat van Walsoorden werden ingewonnen.

In het eerste deel van deze studie werd op basis van de topo-bathymetrie een indeling gemaakt in deelgebieden volgens bodemvormen, welke werden ingedeeld in 7 klassen volgens lengte en hoogte van de bodemvormen. Tevens werd ook een indeling gemaakt op basis van de asymmetrie van de bodemvormen. Bij deze indeling volgens bodemvormen werd een grote variatie in bodemvormen teruggevonden binnen het studiegebied, gaande van een quasi vlakke bodem tot bodemvormen met een lengte van meer dan 30 m en een hoogte van meer dan 100 cm.

Voor de bodemvormen werd ingegaan op de seizoenale variatie. Hiervoor werd de indeling gemaakt voor een wintersituatie (topo-bathymetrie maart 2007) en een zomersituatie (september 2007). Uit de analyse volgt dat inzake hoogte en lengte een verandering vast te stellen is voor de deelgebieden die gelegen zijn in de schaduwzones van de droogvallende intergetijdengebieden Plaat van Walsoorden en Platen van Valkenisse. De bodemvormen in de nevengeulen ondergaan slechts kleine veranderingen. Voorts is vastgesteld dat voor de zones die onderhevig zijn aan erosie een afname in bodemvormen kan worden vastgesteld, terwijl voor de zones die onderhevig zijn aan sedimentatie zowel een afname als een toename van de hoogte en lengte van de bodemvormen kan optreden. Inzake asymmetrie kan in de zomersituatie een duidelijk onderscheid gemaakt worden tussen de schaduwzones van de platen (vloedgedomineerd) en de geulen (symmetrisch). Dit onderscheid is minder uitgesproken aanwezig in de wintersituatie.

In het tweede deel van deze studie werd met behulp van een numeriek hydrodynamisch model een onderverdeling gemaakt volgens de waterbeweging. Voorafgaandelijk werd een gevoeligheids-analyse uitgevoerd met het numerieke model om na te gaan wat de invloed is van bepaalde modelschematisaties/parametrisaties op de waterbeweging. Hieruit werden de meest optimale instellingen afgeleid. Wel dient opgemerkt te worden dat in het kader van dit onderzoek geen extra validatie van het model werd uitgevoerd, doch dat het gebruikte model in voorgaande studie reeds gevalideerd werd op basis van GPS-vlottermetingen.

Voor de indeling volgens waterbeweging werden 2 (en hiervan afgeleide) parameters gehanteerd: enerzijds de gemiddelde/maximale snelheden bij eb en vloed, anderzijds de tijdsduur dat een bepaalde grenswaarde overschreden wordt bij eb en vloed. Op basis van de snelheden werd een indeling gemaakt in 4 hoofdklassen, waarbij uitgegaan werd van een aantal karakteristieke snelheden (o.a. begin van beweging en grens hoog-laagdynamisch volgens ZES.1).

In het derde deel van deze studie werd getracht relaties te vinden tussen de bodemvormen en de hydrodynamische karakteristieken. Hiervoor werden 2 hypothesen geformuleerd.

De eerste hypothese "*De dynamiek in de waterbeweging is de drijvende kracht voor het creëren van bodemvormen. Naarmate de dynamiek groter wordt, zullen ook de bodemvormen groter worden*" werd getoetst gebruik makende van bovenstaande hydrodynamische parameters. Er kon echter geen éénduidige relatie teruggevonden worden tussen de grootte van de bodemvormen en de hydrodynamische karakteristieken (zowel gemiddelde als maximale eb- en vloedsnelheid, als de tijdsduur dat een bepaalde grenswaarde wordt overschreden, als de waterdiepte).

De tweede hypothese "*De residuele stroming bepaalt de asymmetrie van de bodemvormen. Des te dominanter eb of vloed, des te groter de asymmetrie van de bodemvormen*" werd getoetst op basis van afgeleide parameters. Hiervoor kon wel een goede relatie teruggevonden worden tussen de asymmetrie


FORMULIER: 5-WL-FR1C-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/01/2009

van de bodemvormen en de hydrodynamische karakteristieken (zowel verhouding van de gemiddelde vloed- en ebsnelheid, als het verschil in tijdsduur dat een bepaalde grenswaarde wordt overschreden).

Tenslotte fungeerde dit onderzoek als basis voor het definiëren van de monsternamelocaties te gebruiken voor het ecologische en vis gerelateerde deel van deze studie. Het geformuleerde voorstel werd besproken met de overige onderzoeksinstellingen betrokken bij deze studie en de bemonsteringen werden uitgevoerd in september 2008.



FORMULIER: F-WL-PP10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

# 10 Aanbevelingen

***Met betrekking tot de bodemvormen***

De analyse van de seizoenale variatie werd uitgevoerd op basis van de indeling in deelgebieden van de wintersituatie. Voor de zomersituatie werd geen nieuwe afbakening gemaakt, gelet op het arbeidsintensieve karakter van deze taak. Het verdient de aanbeveling na te gaan in welke mate de indeling in deelgebieden (momenteel manuele afbakening van de gebieden op basis van "shaded view" beeld) kan geautomatiseerd worden.

Ten behoeve van de relatie met de ecologie, verdient het de aanbeveling in te gaan op de erosie- en sedimentatiesnelheid in het gebied. Op basis van de beschikbare topo-bathymetrische gegevens kan voor de bemonsteringslocaties de evolutie van de bodemligging in functie de tijd uitgezet worden. Mits een voldoende resolutie in de tijd, kan de snelheid van erosie en sedimentatie hieruit afgeleid worden. Dit kan een cruciale factor zijn voor de bodemdieren, die zich hieraan dienen aan te passen (migratie in/op het sediment). Naast de langdurige trends, zal ook de kortstondige (i.e. tijdens een getijcyclus) evolutie van de bovenste bodemlagen van belang kunnen zijn.

***Met betrekking tot de waterbeweging***

De beschikbaarheid van hydrodynamische datasets (i.e. stroomsnelheden voor de verschillende fazen in het getij bij verschillende getijomstandigheden) voor de validatie van de numerieke modellen is beperkt. Het verdient de aanbeveling om bijkomende gegevens in te winnen om de validatie op stroomsnelheden te verbeteren.

***Met betrekking tot de relatie bodemvormen – waterbeweging***

In de huidige fase van het onderzoek werd geen éénduidige relatie teruggevonden tussen de grootte van de bodemvormen en de waterbeweging. Het verdient de aanbeveling na te gaan in de literatuur of er soortgelijke onderzoeken hebben plaatsgevonden (analyse van in situ gegevens), en welke parameters mogelijks in aanmerking zouden kunnen komen om tot een relatie te komen.

In dit onderzoek is getracht een relatie te leggen tussen de bodemvormen en de waterbeweging. Gelet op het ontbreken van een éénduidige relatie, verdient het de aanbeveling om de tussenliggende processen, en in het bijzonder het sedimenttransport, alsook de beschikbaarheid van sediment en de aanwezigheid van geologische moeilijk erodeerbare lagen, mee in beschouwing te nemen. Hiervoor zijn echter momenteel slechts een beperkte hoeveelheid meetgegevens beschikbaar.

De analyse van de bodemvormen houdt slechts in zeer beperkte mate rekening met de morfodynamische historische ontwikkelingen. Hierdoor bestaat de mogelijkheid dat bepaalde bodemvormen ontstaan zijn bij verschillende hydrodynamische omstandigheden, waardoor de relatie niet kan gelegd worden. Het verdient de aanbeveling na te gaan hoe de bodemvormen binnen het studiegebied zich op de langere termijn hebben ontwikkeld en ontwikkelen.

Gelet op de seizoenale variatie in bodemvormen, verdient het de aanbeveling na te gaan welke hydrodynamische factoren hierbij van invloed kunnen zijn. Hierbij wordt gedacht aan de invloed de golfwerking op het sedimenttransport.

***Met betrekking tot het vervolgonderzoek***

Op basis van de resultaten van de uitgevoerde bemonstering voor de bodemsamenstellingen en de ecologische aspecten, kunnen nieuwe inzichten naar voor komen. Mogelijk geven deze nieuwe inzichten aanleiding tot bijkomende aandachtspunten inzake bodemvormen en waterbeweging. De terugkoppeling van deze nieuwe gegevens naar het hier uitgevoerde onderzoek kan aanleiding geven tot nieuwe inzichten in de onderzochte relaties.


FORMULIER: F-WL-PP10-1 Versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

# 11 Referenties


Afdeling Kust, 2005. "*Evaluatie van hydraulische modellen voor operationele getijvoorspellingen – Deelopdracht 1: evaluatie op basis van Nederlandse randvoorwaarden*", september 2005.

Allen J.R.L., 1968. "*Current ripples*". North Holland Publishing Company, 1968.

Bouma H., D.J. de Jong, F. Twisk, K. Wolfstein, 2005. *"Zoute wateren Ecotopenstelsel (ZES.1) – Voor het in kaart brengen van het potentiële voorkomen van levensgemeenschappen in zoute en brakke rijkswateren"*, juli 2005.

Flanders Hydraulics Research (FHR), 2003. *"M778/1 Alternative dumping strategy Walsoorden – Results physical & numerical modelling"*, november 2003.

Institut für Wasserbau (IWA), 2003. *"Current measurements in the Westerschelde – September and October 2002"*, februari 2003.

NIOO, 2006. *"Alternatieve stortstrategie voor de Westerschelde – Ecologisch monitoringprogramma proefstorting Walsoorden – Rapport 11/11"*, maart 2006.

NIOO, 2007. "*Alternatieve stortstrategie voor de Westerschelde – Voortzetting monitoringprogramma proefstorting Walsoorden – Rapport 6/6*", juni 2007.

Simons D.B., E.V. Richardson, 1966. "*Resistance to flow in alluvial channels*". Geological survey professional paper 422-J. 1966.

van der Mark C.F., A. Blom, 2007. *"A new and widely applicable tool for determining the geometric prperties of bedforms"*, april 2007.

Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout (WLB), 2004. "*M753 2Dh NEVLA Scheldemodel – Bouw en afregeling stromingsmodel*", februari 2004.

Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout (WLB), 2006. "*M754/2C Alternatieve stortstrategie Westerschelde – Eindevaluatie proefstorting Walsoorden*", april 2006.

Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout (WLB), 2007a. *"M791/02 Morfologische analyse van de bagger- en stortintensiteitsdata van 2000 tot en met 2005 – Beneden Zee- en Westerschelde"*, juni 2007.

Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout (WLB), 2007b. *"M754/2B Alternatieve stortstrategie Westerschelde – Verslag 13u meetcampagnes Walsoorden"*, mei 2007.

Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout (WLB), 2008a. *"Westerschelde – Determinatieonderzoek plaatrandstortingen – Deelrapport 1"*, januari 2008.

Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout (WLB), 2008b. *"Westerschelde – Determinatieonderzoek plaatrandstortingen – Deelrapport 2"*, maart 2008.

Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout (WLB), 2008c. *"Westerschelde – Determinatieonderzoek plaatrandstortingen – Deelrapport 3"*, augustus 2008.

Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout (WLB), 2008d. "*M754/3b Alternatieve stortstrategie Westerschelde – Proefstorting Walsoorden – Eindevaluatie proefstorting 2006*", in voorbereiding.




FORMULIER: F-WL-PR10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2007

# Bijlage 1 – Tabellen

*Tabel 1.1: Profielidentificatie door volgnummers*

| *Profiel_ID* | *Volgnummer* | | *Profiel_ID* | *Volgnummer* |
|---|---|---|---|---|
| A1 | 1 | | L1 | 22 |
| B1 | 2 | | L2 | 23 |
| B3 | 3 | | L3 | 24 |
| B4 | 4 | | M1 | 25 |
| B5 | 5 | | N1 | 26 |
| C2 | 6 | | N2 | 27 |
| C3 | 7 | | N3 | 28 |
| C4 | 8 | | O1 | 29 |
| C5 | 9 | | P1 | 30 |
| D1 | 10 | | P2 | 31 |
| D2 | 11 | | Q1 | 32 |
| E1 | 12 | | R3 | 33 |
| F1 | 13 | | R4 | 34 |
| F2 | 14 | | S1 | 35 |
| G1 | 15 | | T1 | 36 |
| H2 | 16 | | T3 | 37 |
| H3 | 17 | | U2 | 38 |
| I1 | 18 | | U3 | 39 |
| J1 | 19 | | V2 | 40 |
| K1 | 20 | | W1 | 41 |
| K2 | 21 | | W2 | 42 |
| | | | W3 | 43 |
| | | | Y1 | 44 |



FORMULIER: F-WL-FP10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/01/2008

*Tabel 1.2: Indeling van deelgebieden naar seizoenale variatie in hoogte/lengte klasse*

| Stijgend | | Dalend | | Gelijk | |
|---|---|---|---|---|---|
| Deelgebied | Klasse | Deelgebied | Klasse | Deelgebied | klasse |
| P | 1 | B | 5 | A | 4 |
| S | 1 | C | 4 | H | 3 |
| U | 2 | D | 3 | J | 2 |
| | | E | 4 | K | 4 |
| | | F | 6 | M | 4 |
| | | G | 7 | N | 2 |
| | | I | 5 | O | 5 |
| | | L | 6 | P | 1 |
| | | V | 6 | Q | 3 |
| | | | | R | 2 |
| | | | | T | 4 |
| | | | | W | 2 |
| | | | | Y | 4 |



FORMULIER: F-WL-PP10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/01/2009

*Tabel 1.3 Voorkomen klassen waterbeweging (snelheidsgrootte) per deelgebied bodemvormen*

| Klasse | Klasse bodemvorm | Klasse waterbeweging (snelheidsgrootte) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1.1 | 1.2 | 2.1 | 2.2 | 3.1 | 3.2 | 4 |
| A | 4 | X | | | | | | |
| B | 5 | X | X | | X | | | |
| C | 4 | X | X | | X | | | |
| D | 3 | | | | | | | |
| E | 4 | | | | | | | |
| F | 6 | X | | | X | | | |
| G | 7 | X | | | | | | |
| H | 3 | | | | | X | X | |
| I | 5 | | | X | | X | | |
| J | 2 | X | | X | | | | |
| K | 4 | X | | | | | | |
| L | 6 | X | | X | | | | |
| M | 4 | | | X | | | | |
| N | 2 | | | | | X | X | |
| O | 5 | | | | | X | | |
| P | 1 | | | | | | | |
| Q | 3 | | | X | | X | X | |
| R | 2 | | | | | | | |
| S | 1 | X | | X | | | | |
| T | 4 | | | | | | X | |
| U | 2 | | | | | | | |
| V | 6 | | | | | | X | |
| W | 2 | | | | | | | X |
| Y | 4 | X | | X | | | | |



FORMULIER: F-WL-FP10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

*Tabel 1.4 Voorkomen klassen waterbeweging (tijdsduur) per deelgebied bodemvormen [werkwijze 1 volgens deelgebied (blauwe arcering) en werkwijze 2 volgens ruimtelijk dekkend veld (X = dominant klasse, x = aanwezige klasse)]*

| Klasse | Klasse bodemvorm | Klasse tijdsduur overschrijden grenswaarde vloed-eb | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | E2 | E1 | S | V1 | V2 |
| A | 4 | | | | x | X |
| B | 5 | | | | x | X |
| C | 4 | | | | | X |
| D | 3 | x | x | x | | |
| E | 4 | X | | | | |
| F | 6 | | | | | X |
| G | 7 | | | | X | |
| H | 3 | | X | | | |
| I | 5 | | x | | | x |
| J | 2 | | | | X | X |
| K | 4 | | | | X | |
| L | 6 | | | | | X |
| M | 4 | | | x | x | X |
| N | 2 | x | X | x | | |
| O | 5 | | X | | | |
| P | 1 | | | x | X | |
| Q | 3 | | X | x | x | |
| R | 2 | | | | X | |
| S | 1 | | | X | | |
| T | 4 | | | X | | |
| U | 2 | | | | x | X |
| V | 6 | | | X | x | |
| W | 2 | | x | X | | |
| Y | 4 | | | | X | X |


FORMULIER: F-WL-PP10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

*Tabel 1.5 :Voorstel monstername ecologie (# project habitatmapping= 100 – # project Walsoorden = 85)*
** monsters i.h.k.v. Walsoorden gemarkeerd in groen (volledig) of geel (deels, eerste cijfer)*

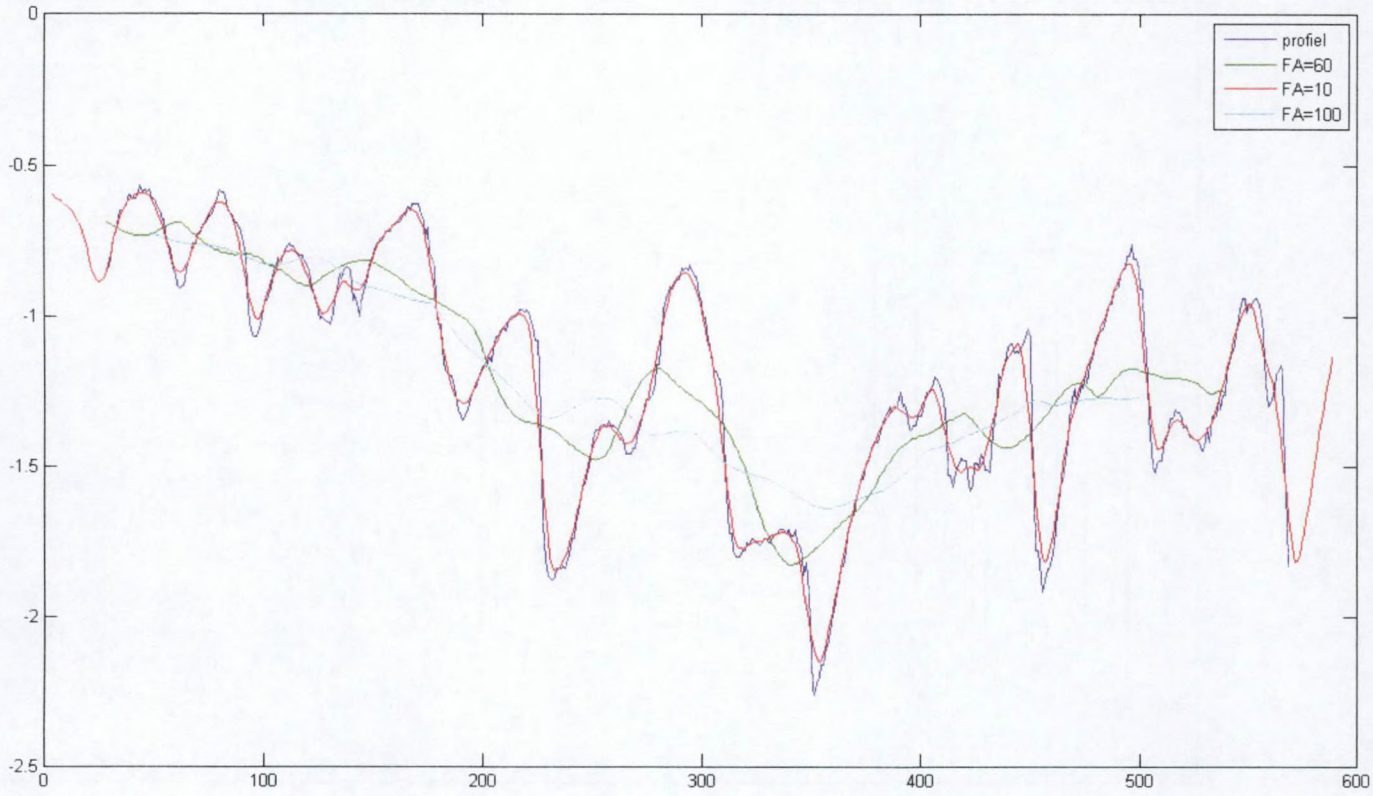
| | Klasse1 | Klasse 2 | Klasse 3 | Klasse 4 | Klasse 5 | Klasse 6 | Klasse 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | | | | 10 | | | |
| B | | | | | 28 | | |
| C | | | | 5 | | | |
| D | | | 5 | | | | |
| E | | | | 5 | | | |
| F | | | | | | 5 | |
| G | | | | | | | 3+4 |
| H | | | 4 | | | | |
| I | | | | | 0 | | |
| J | | 0 | | | | | |
| K | | | | 10 | | | |
| L | | | | | | 2+10 | |
| M | | | | 0 | | | |
| N | | 10+8 | | | | | |
| O | | | | | 0 | | |
| P | 10 | | | | | | |
| Q | | | 10+5 | | | | |
| R | | 5 | | | | | |
| S | 5 | | | | | | |
| T | | | | 0 | | | |
| U | | 0 | | | | | |
| V | | | | | | 0 | |
| W | | 8 | | | | | |
| X | 15 (klasse te bepalen) | | | | | | |
| Y | | | | 18 | | | |
| Totaal | 15 | 31 | 24 | 48 | 28 | 17 | 7 |

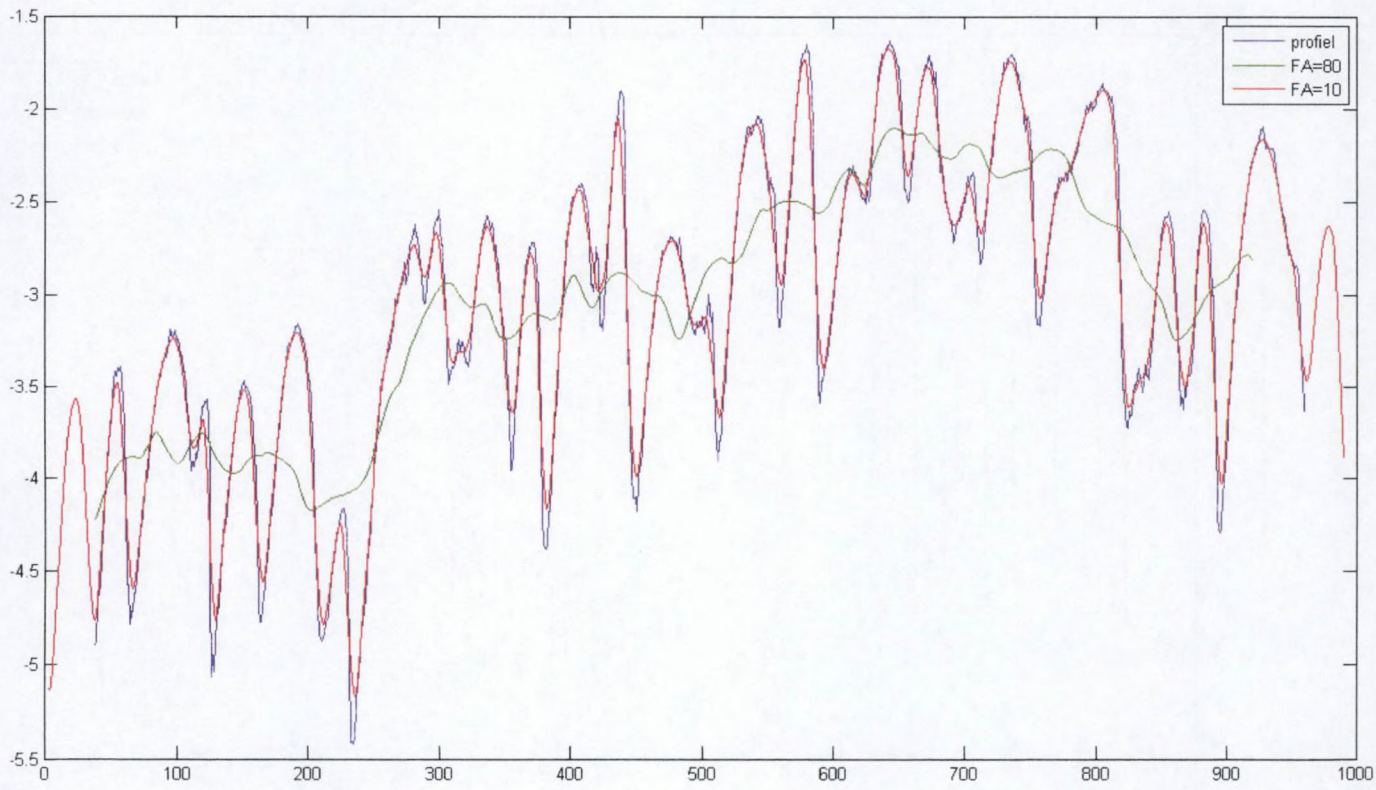

FORMULIER: F-WL-PP10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

# Bijlage 2 – Figuren

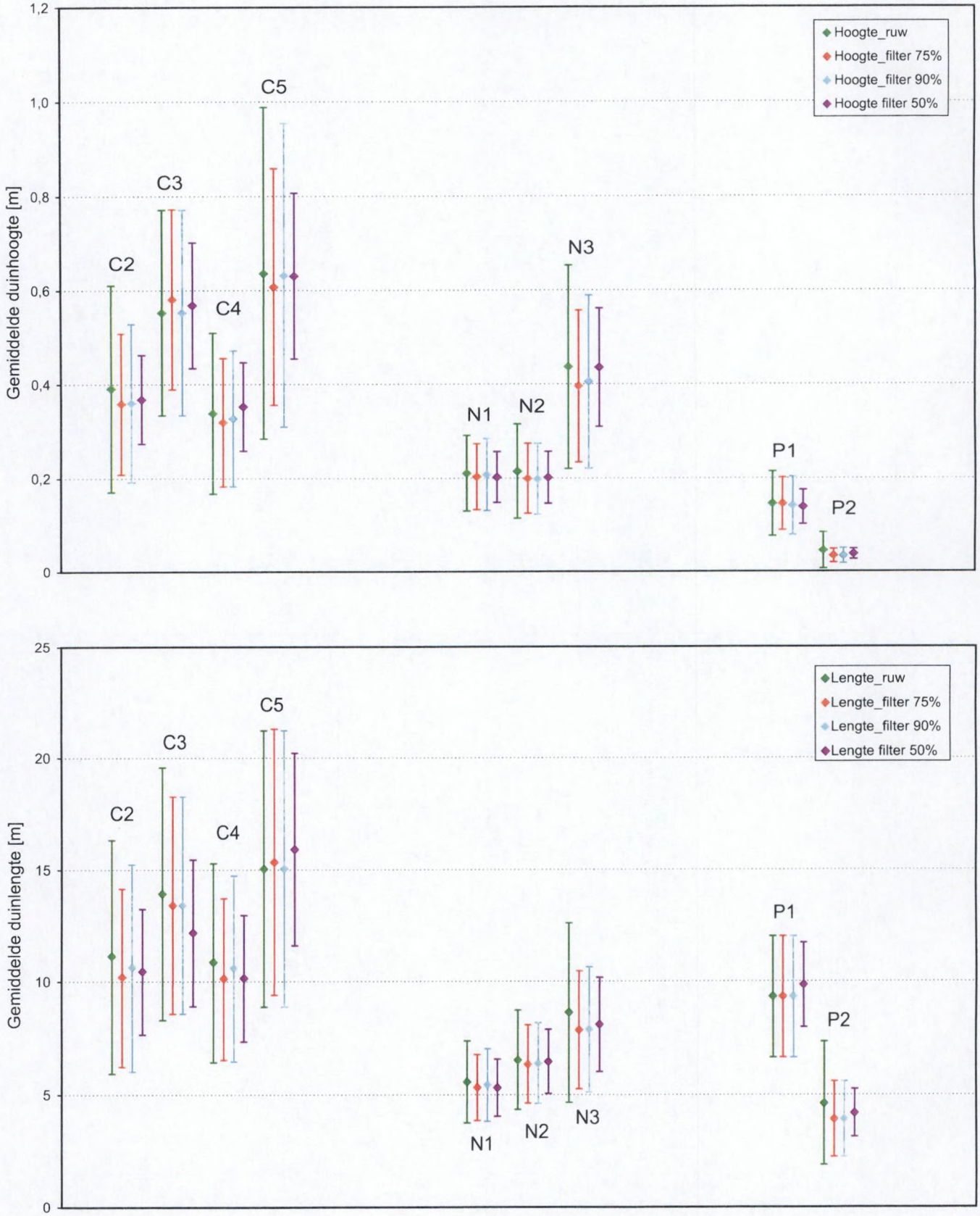


FORMULIER: F-WL-PP10-1 versie 02
GELDIG VANAF: 17/04/2009

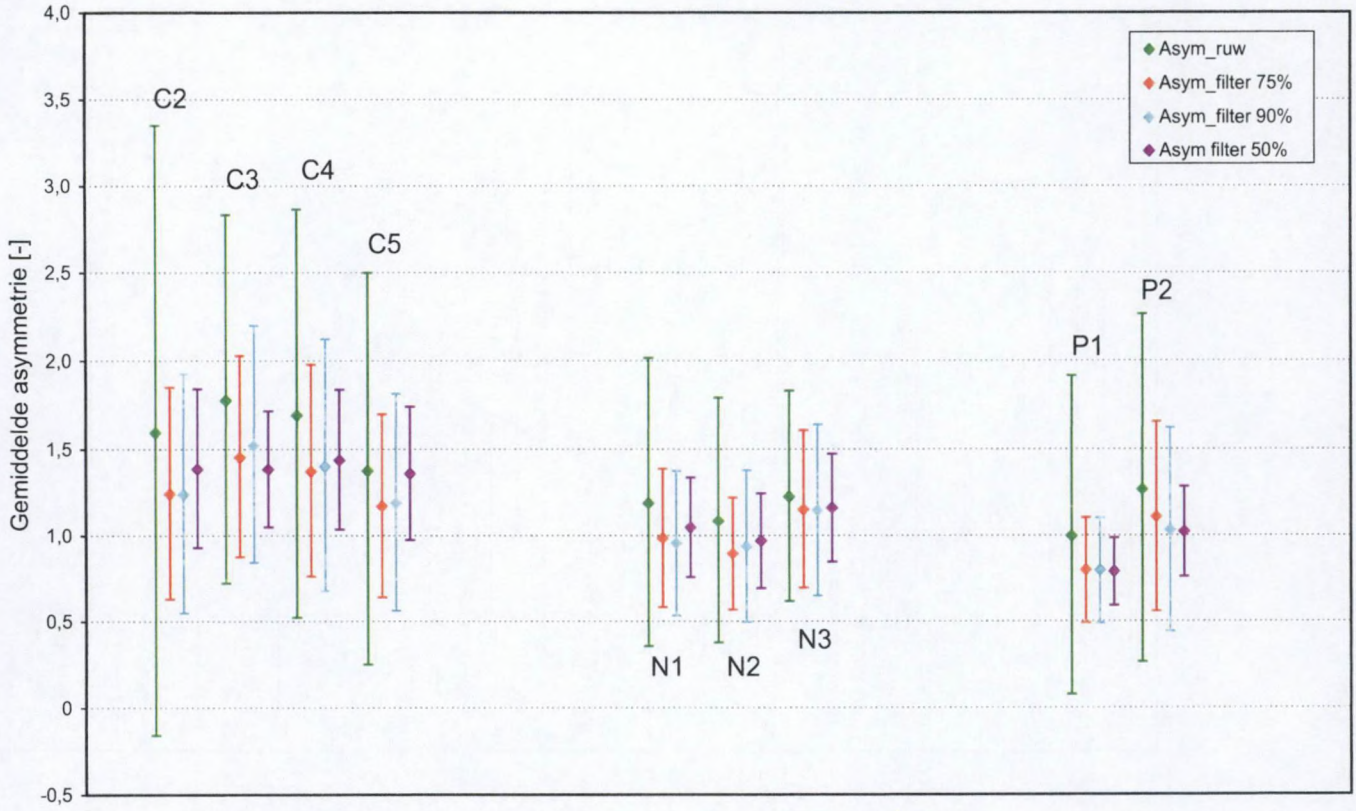


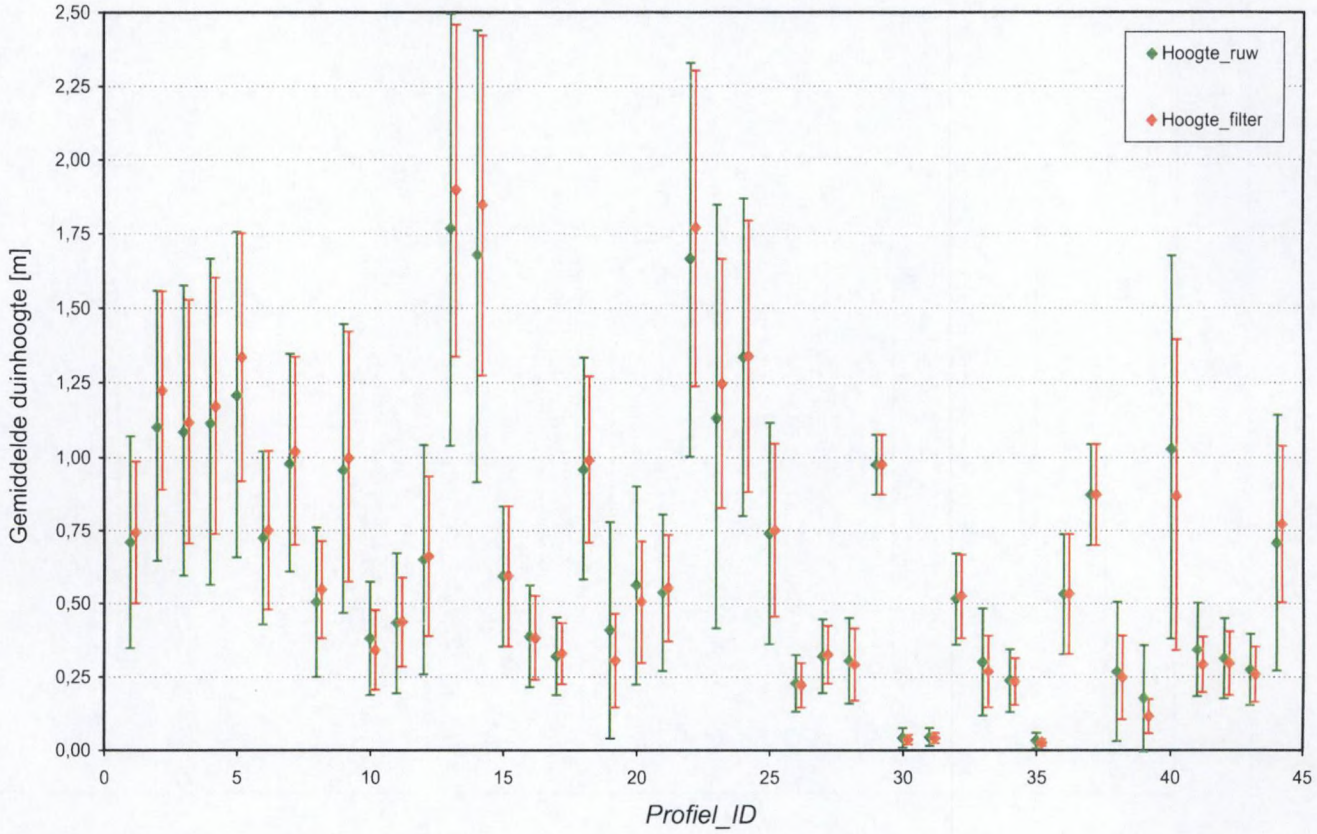

Invloed van periode voor floating average voor profiel G1 (boven) en L2 (onder)

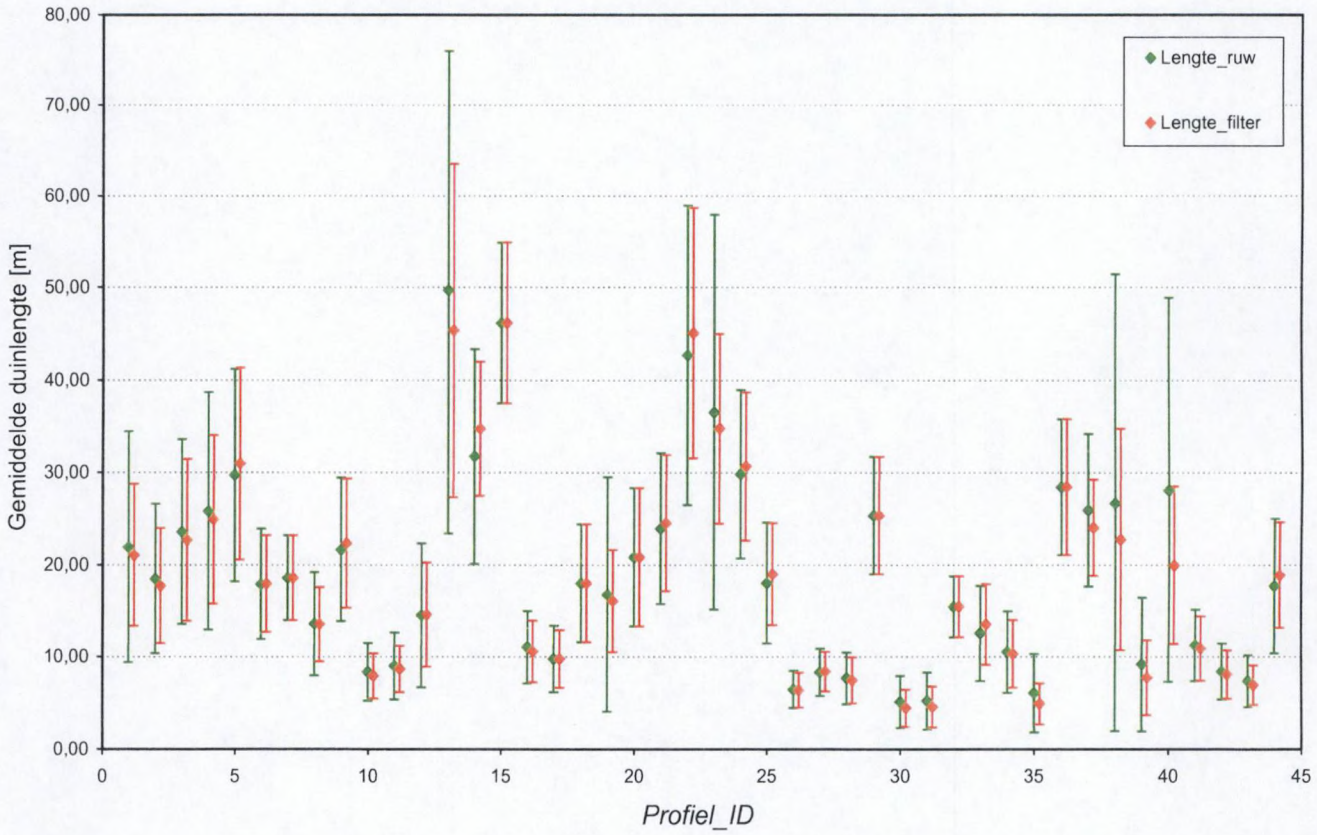



Invloed van de filter op de gemiddelde waarde op de hoogte (boven) en de lengte (onder)

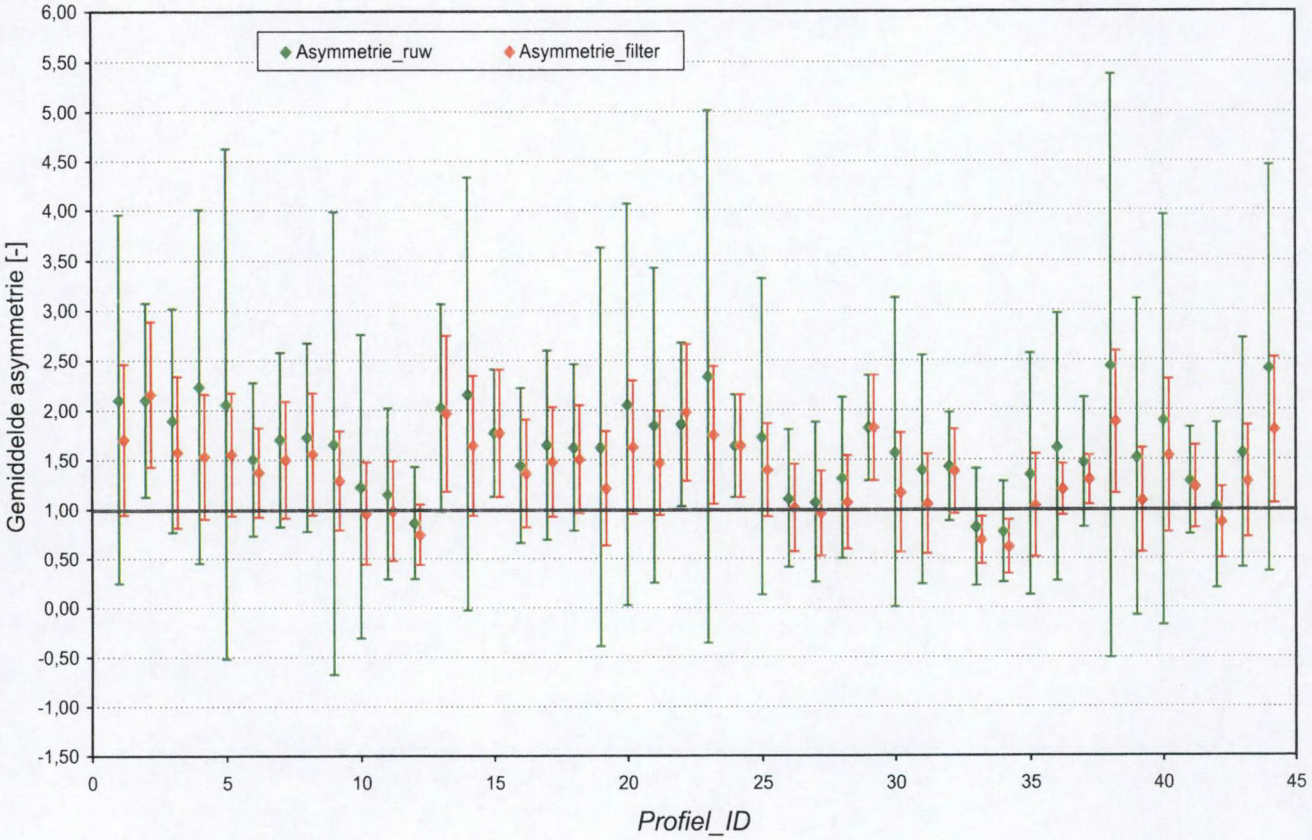


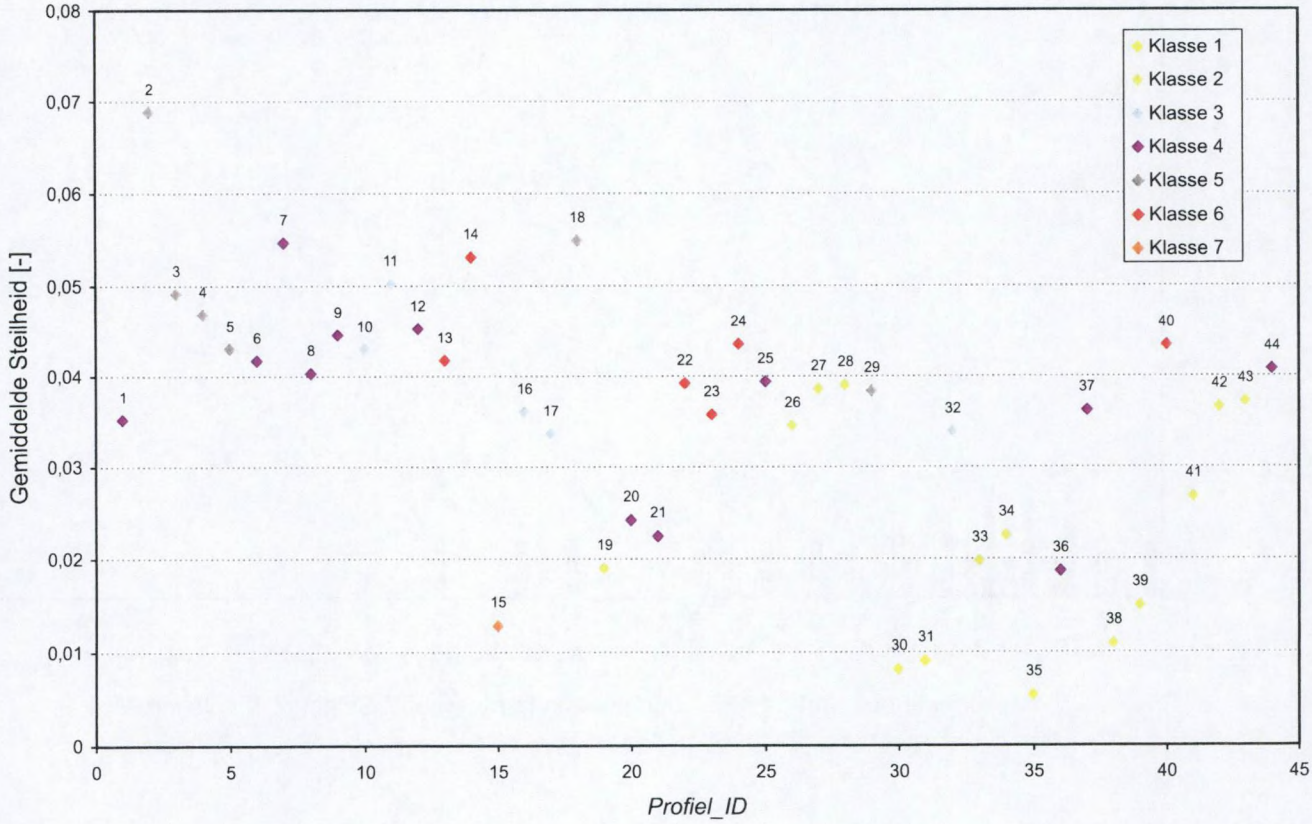

Invloed van filter
Gemiddelde waarde op de asymmetrie



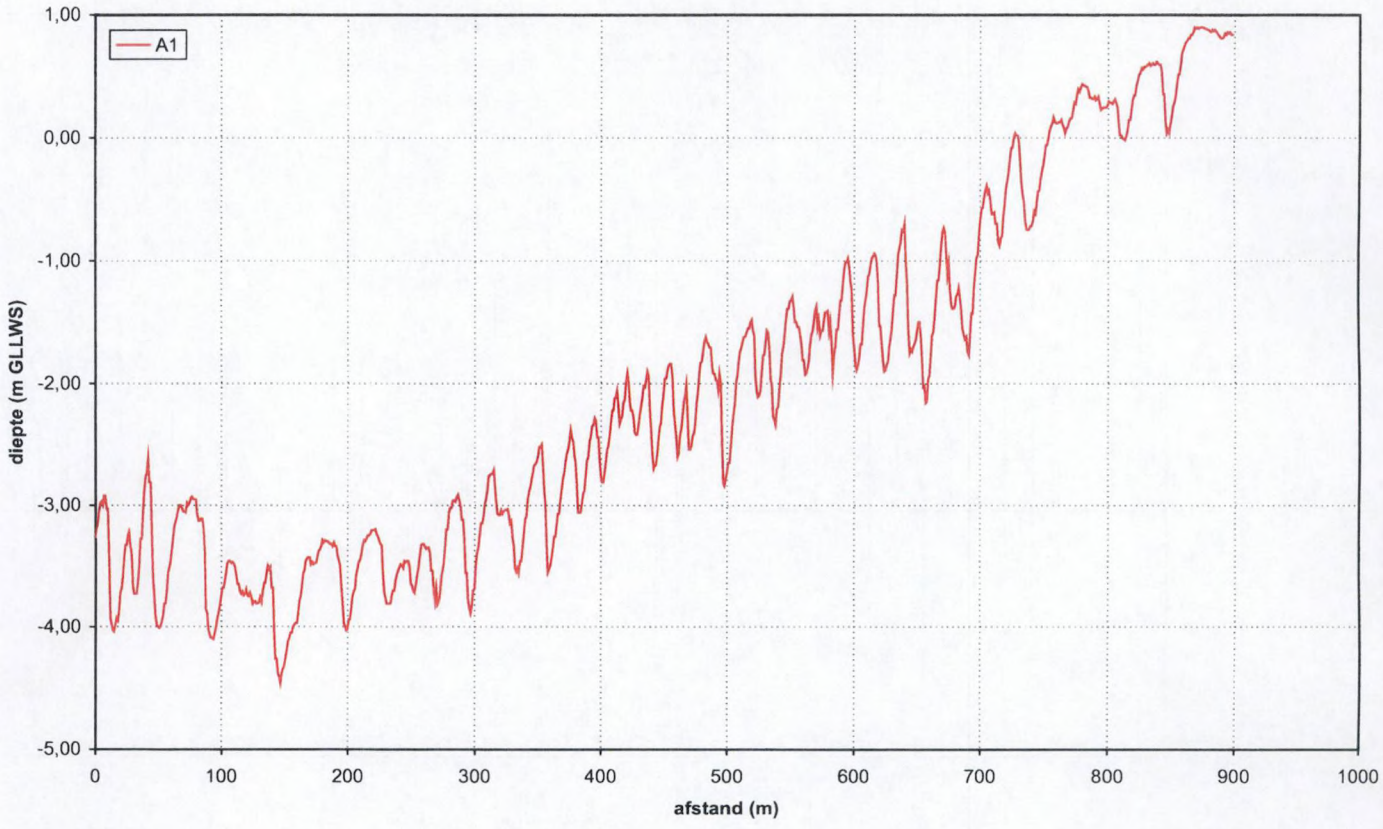



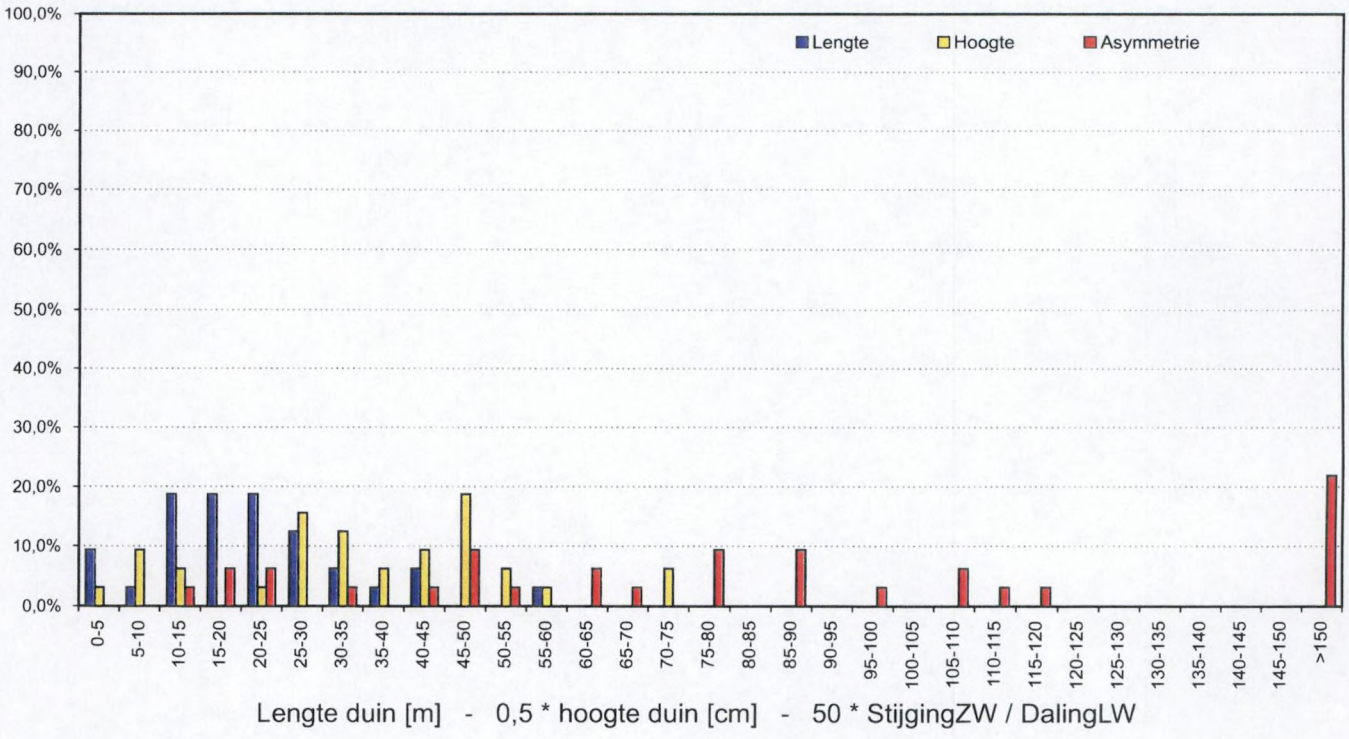

Overzicht gemiddelde hoogte (boven) en lengte (onder) van de bodemvormen per raai bij winterconditie



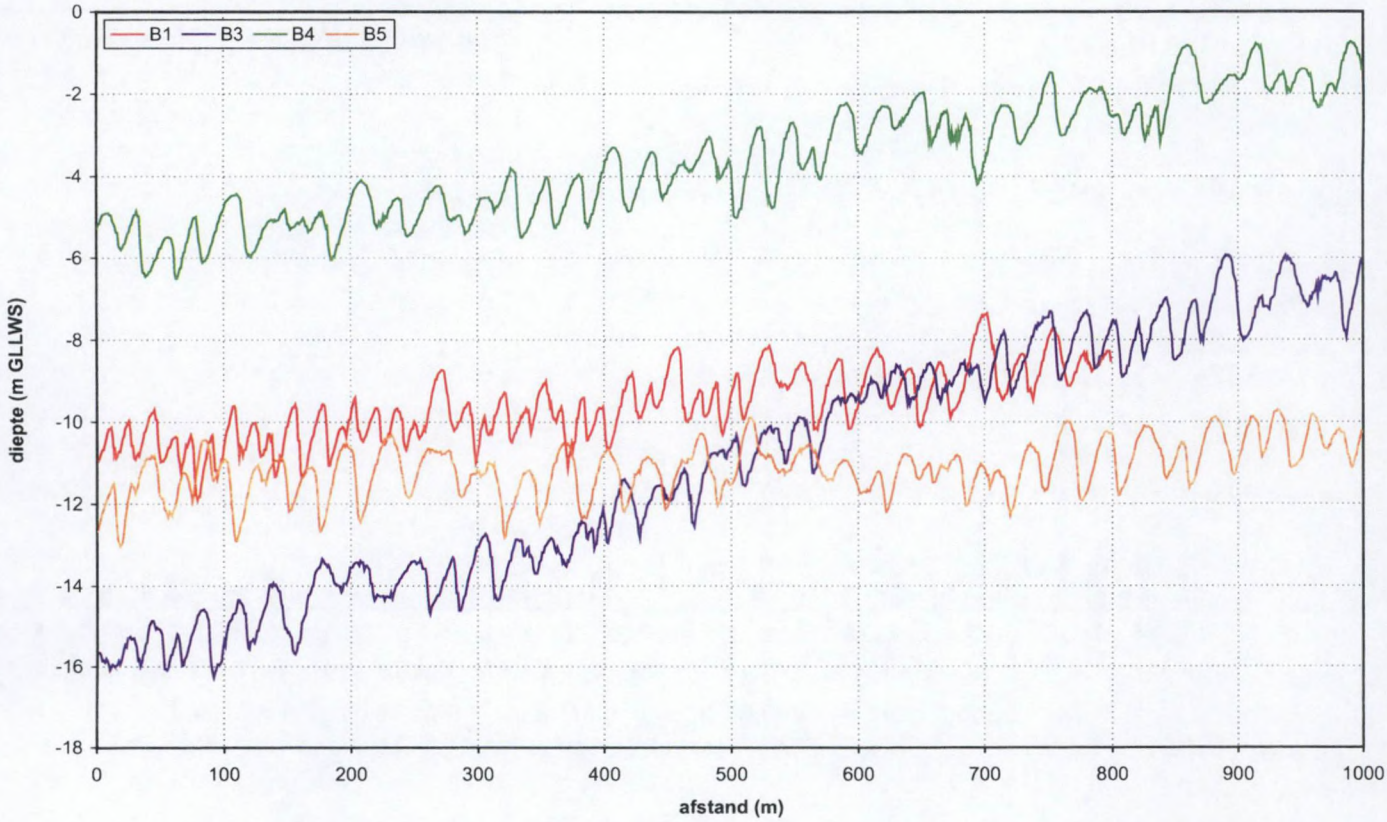




Overzicht gemiddelde asymmetrie (boven) en steilheid (onder) van de bodemvormen per raai bij winterconditie

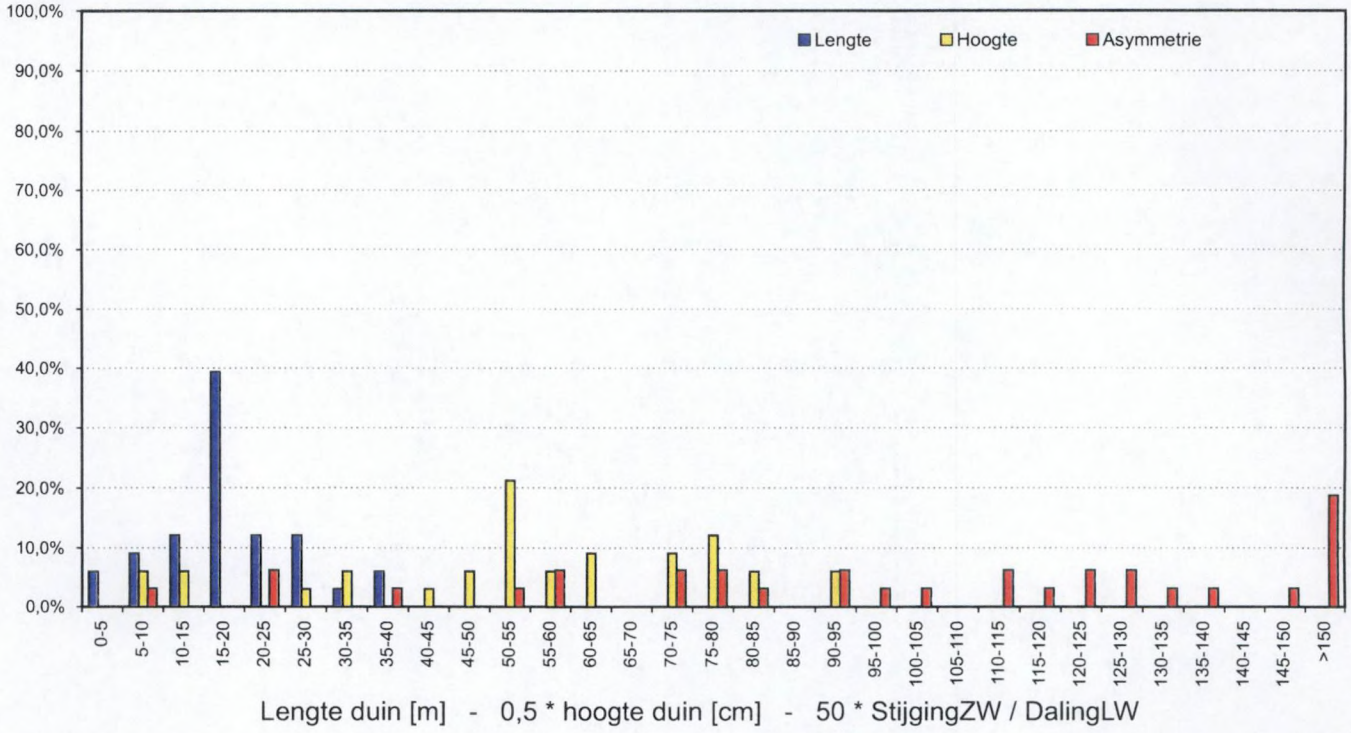


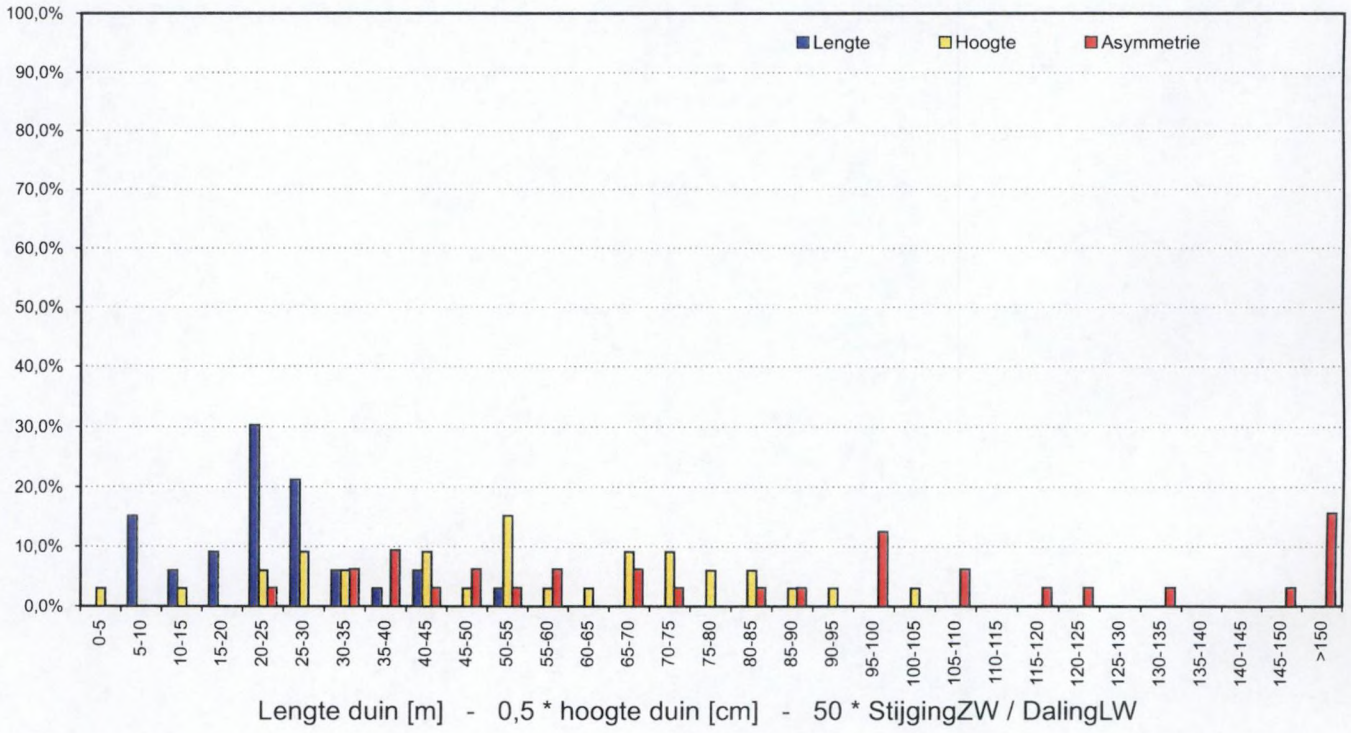




Deelgebied A winterconditie
Profielen (boven) en frequentiediagramma raai A1 (onder)

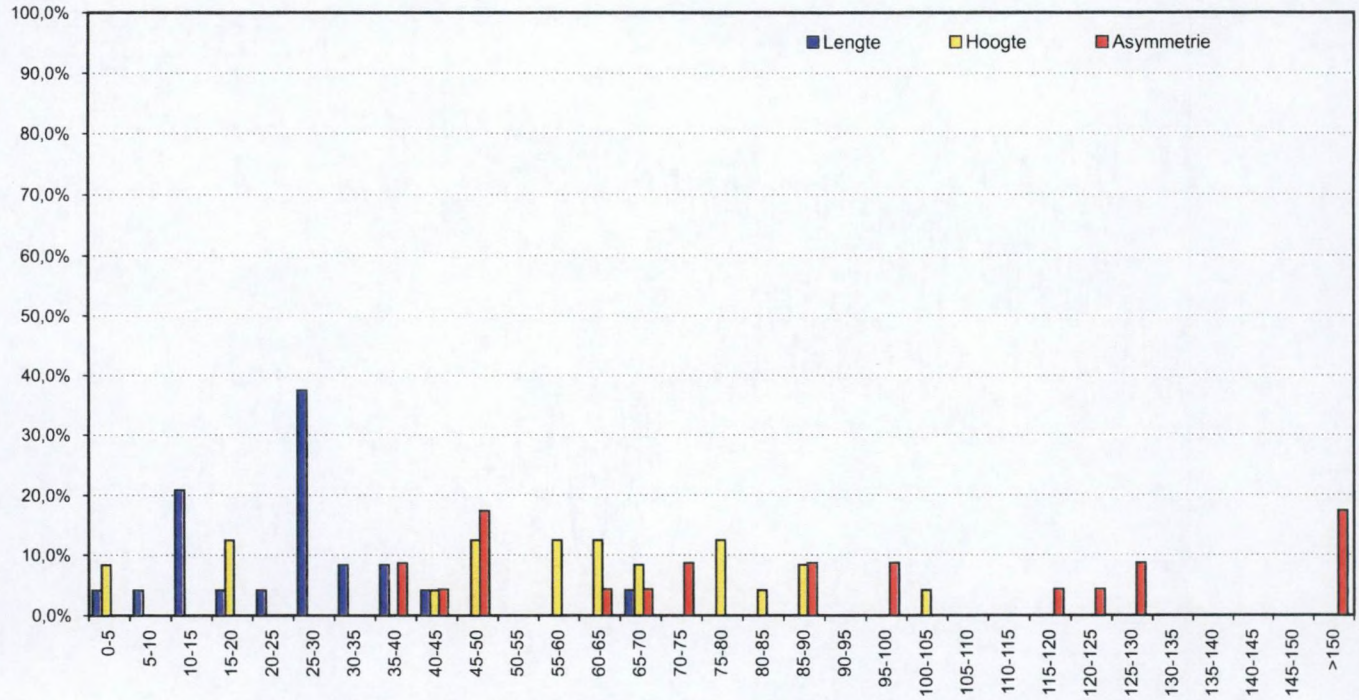


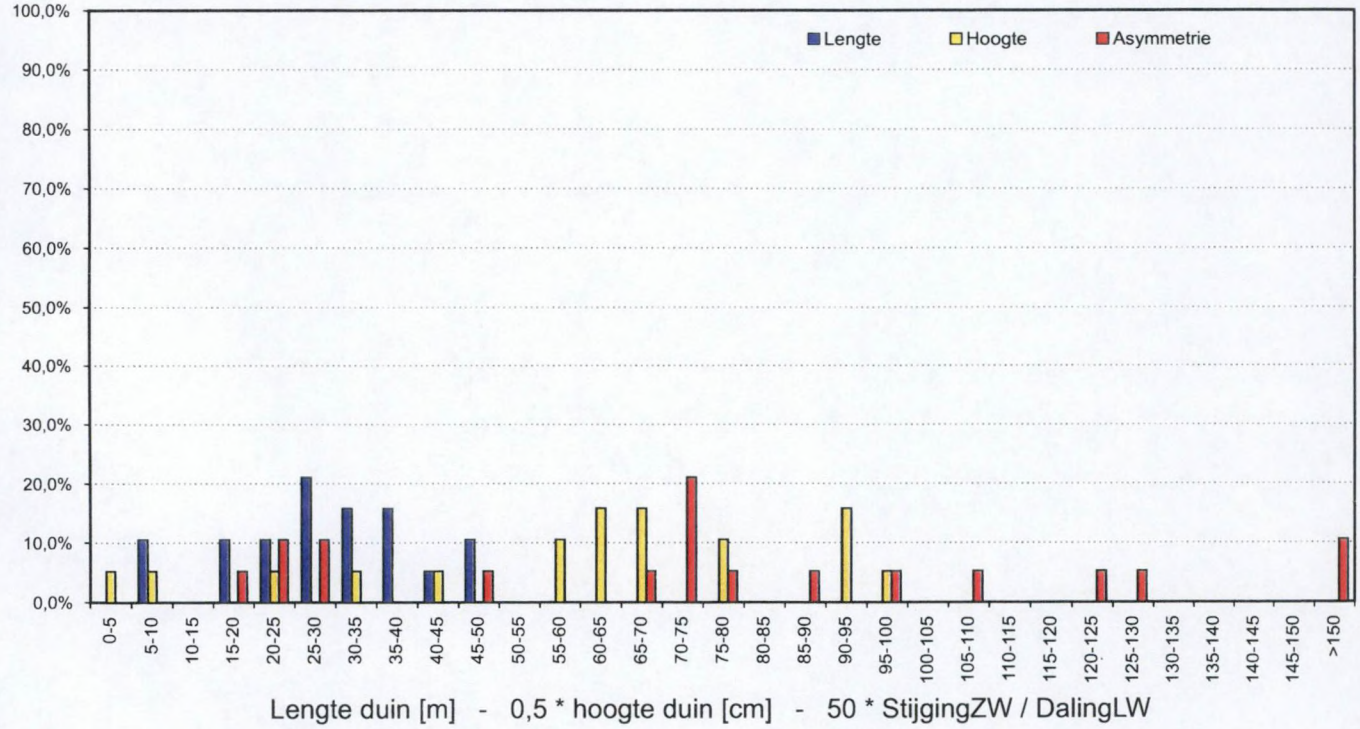

Deelgebied B winterconditie: profielen



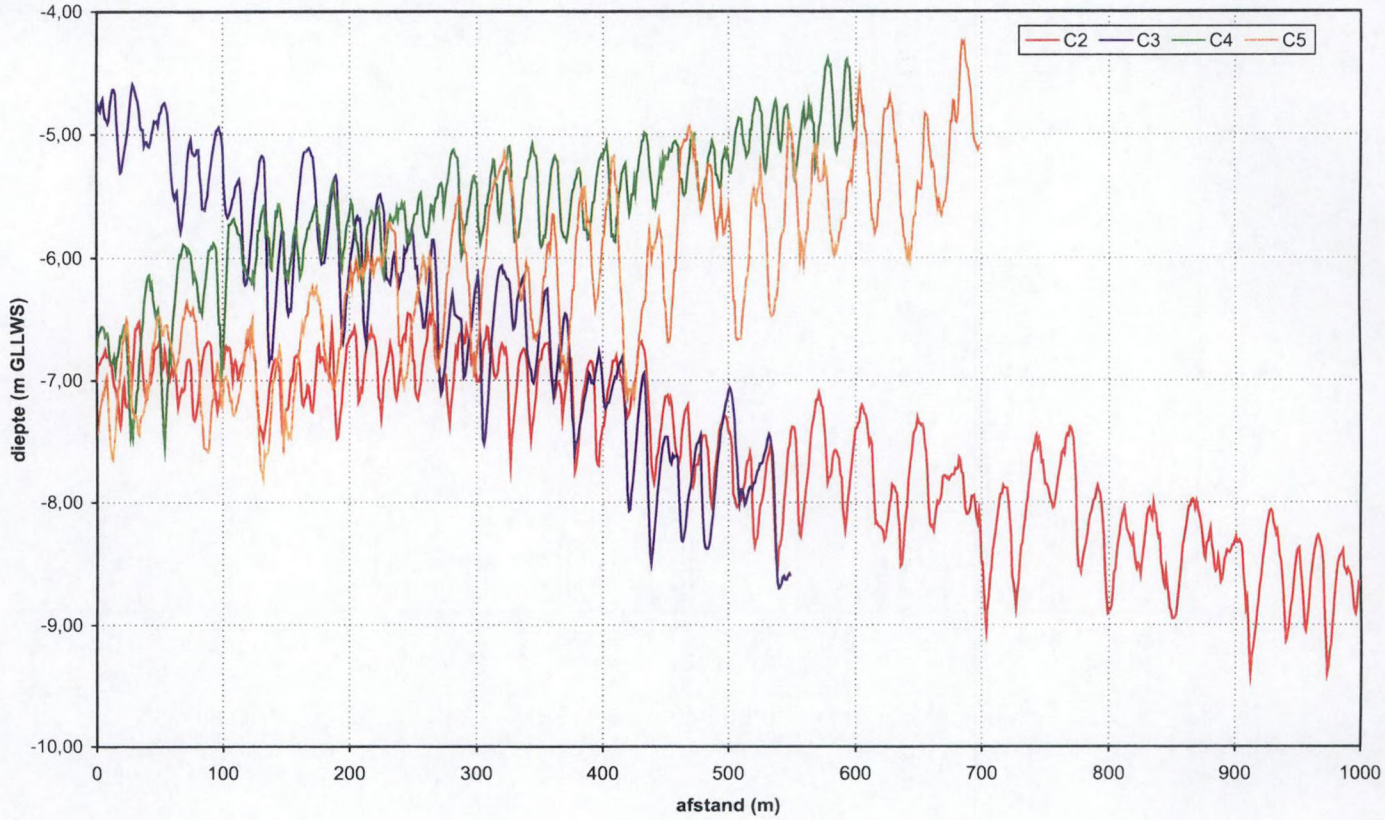




Deelgebied B winterconditie
Frequentiediagramma raai B1 (boven) en raai B3 (onder)

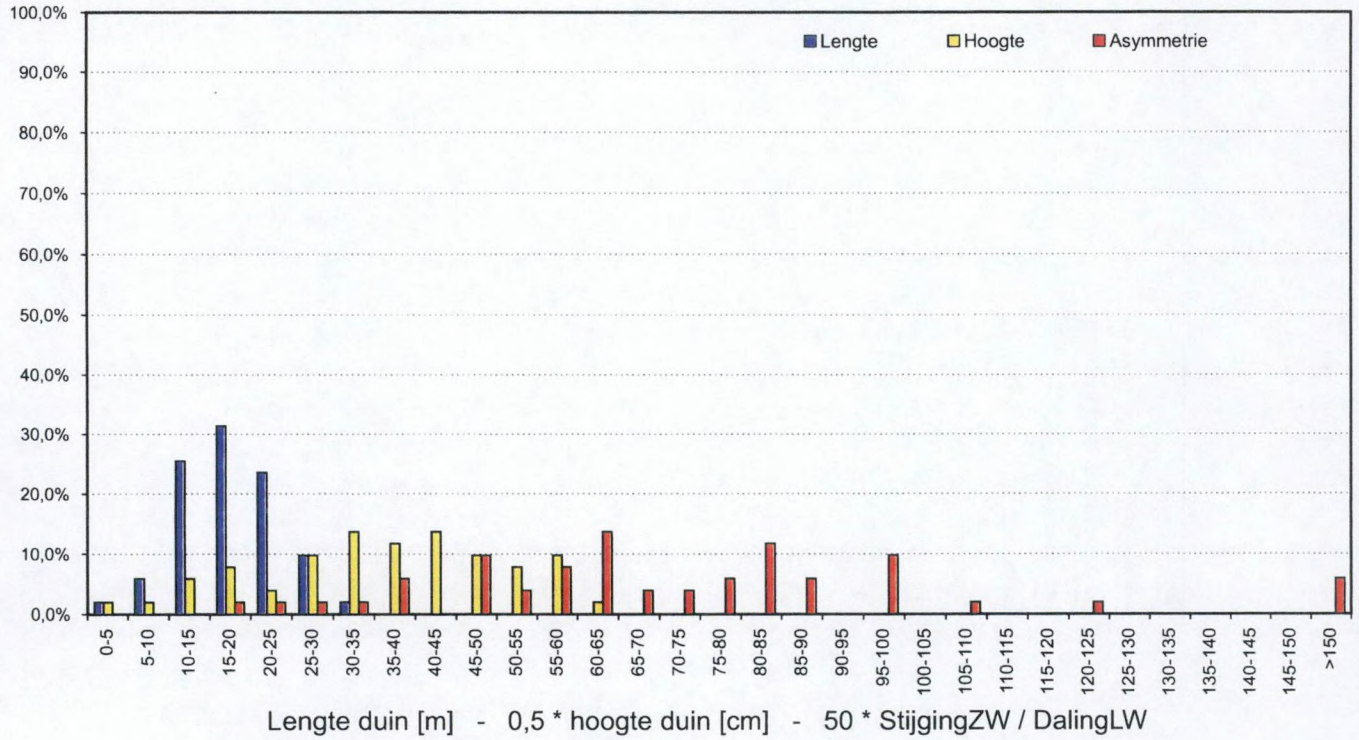


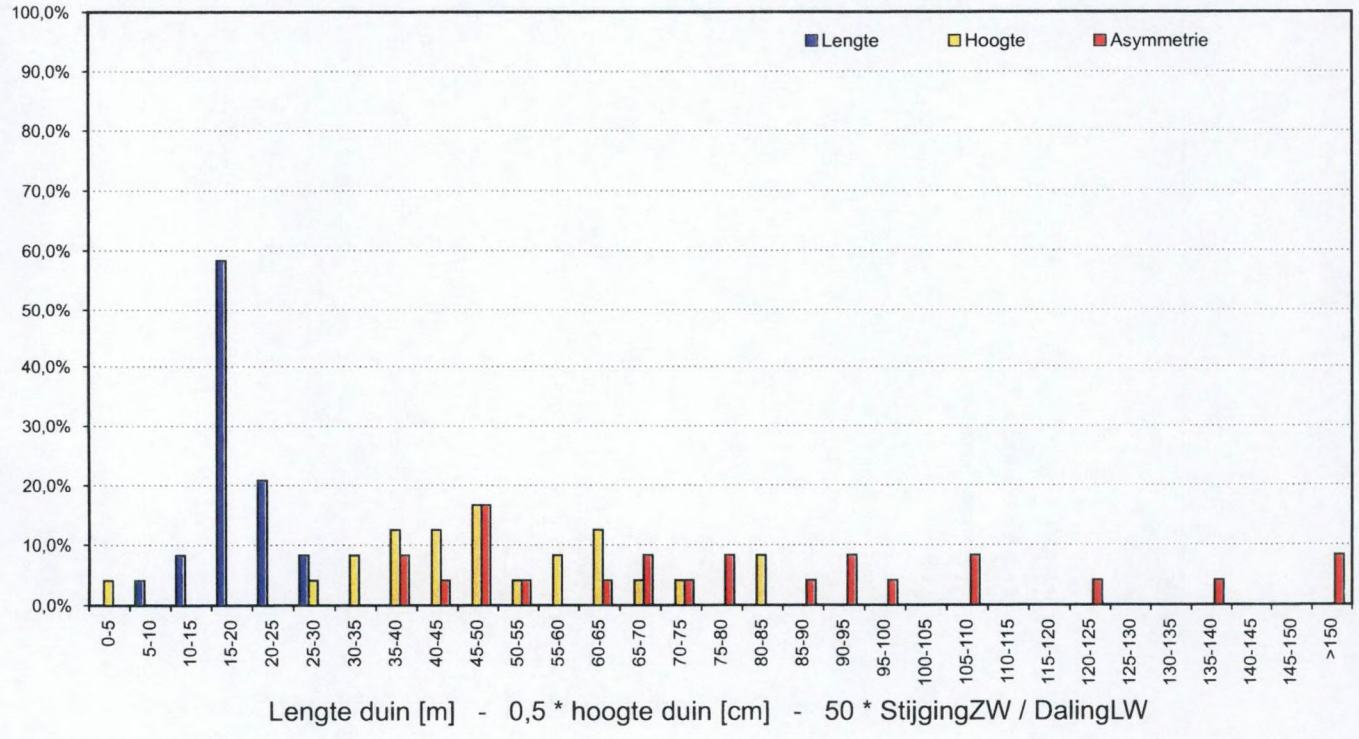




Deelgebied B winterconditie
Frequentiediagramma raai B4 (boven) en raai B5 (onder)

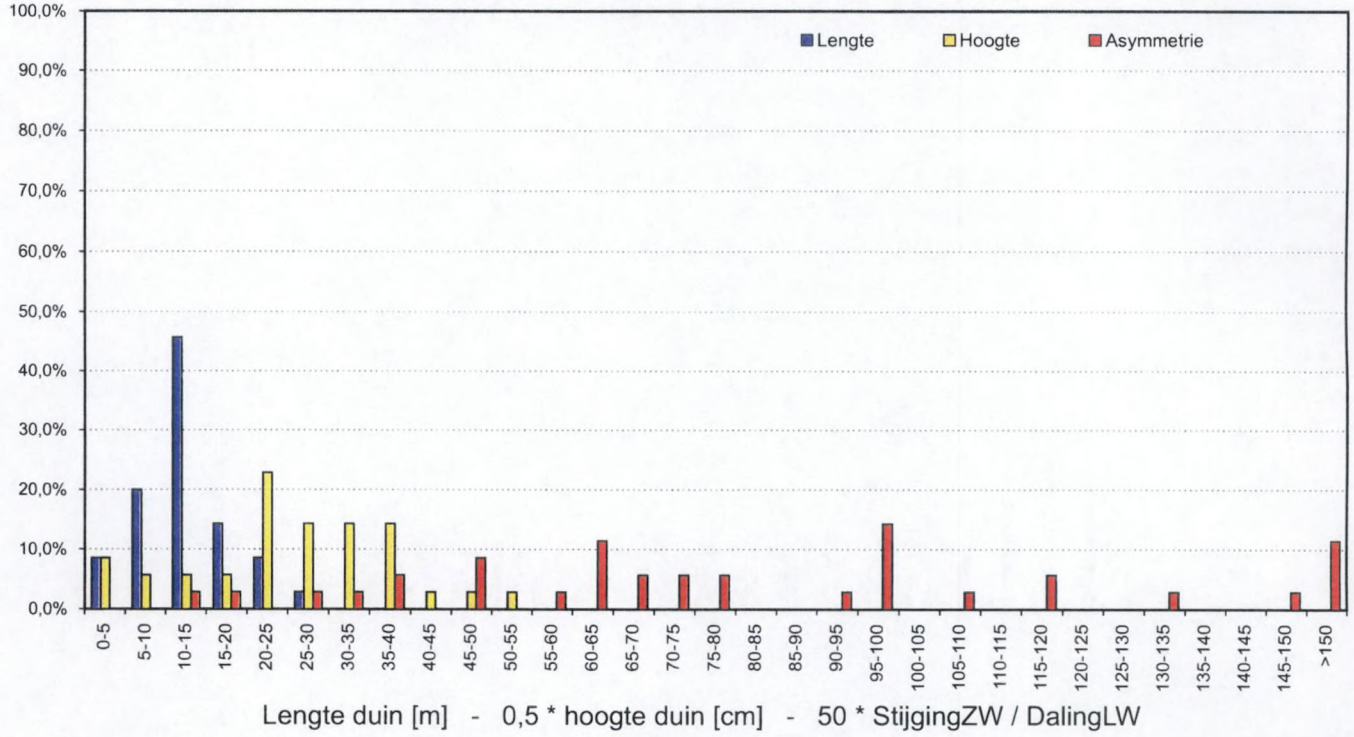


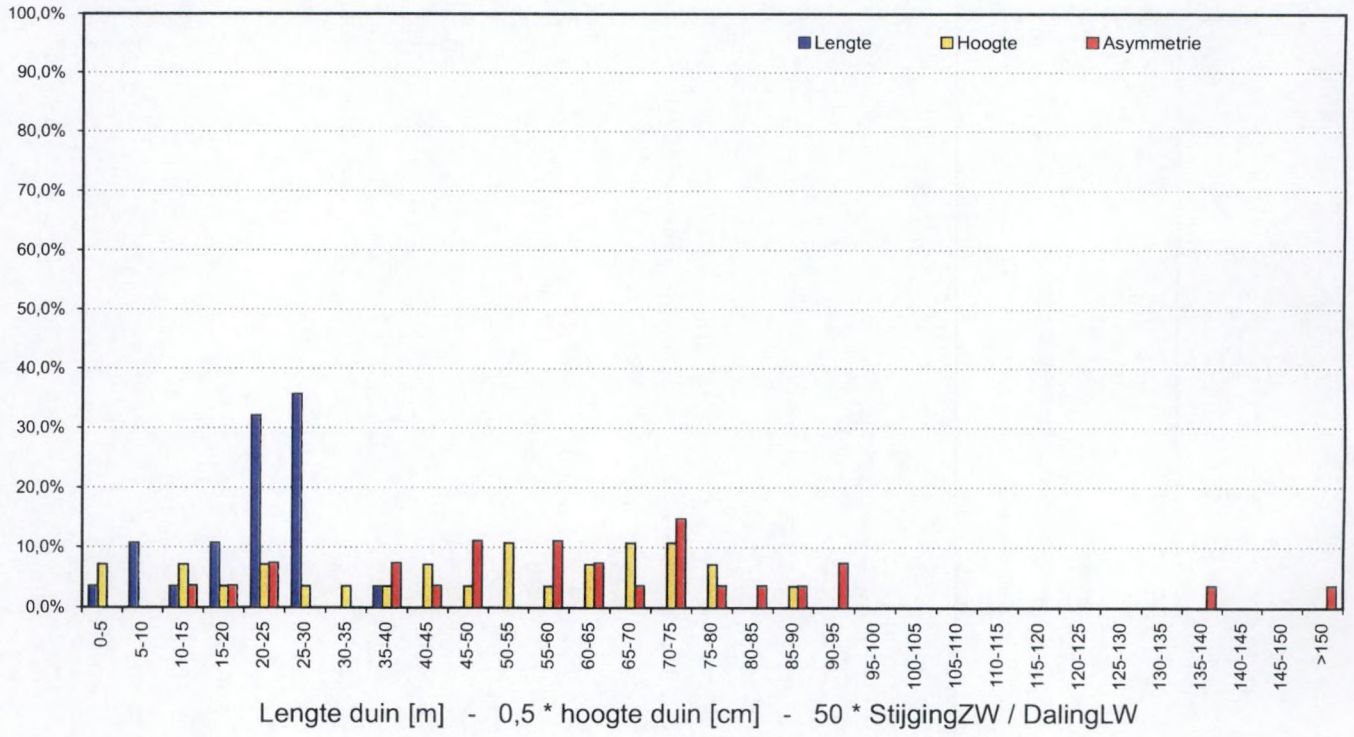

Deelgebied C winterconditie: profielen



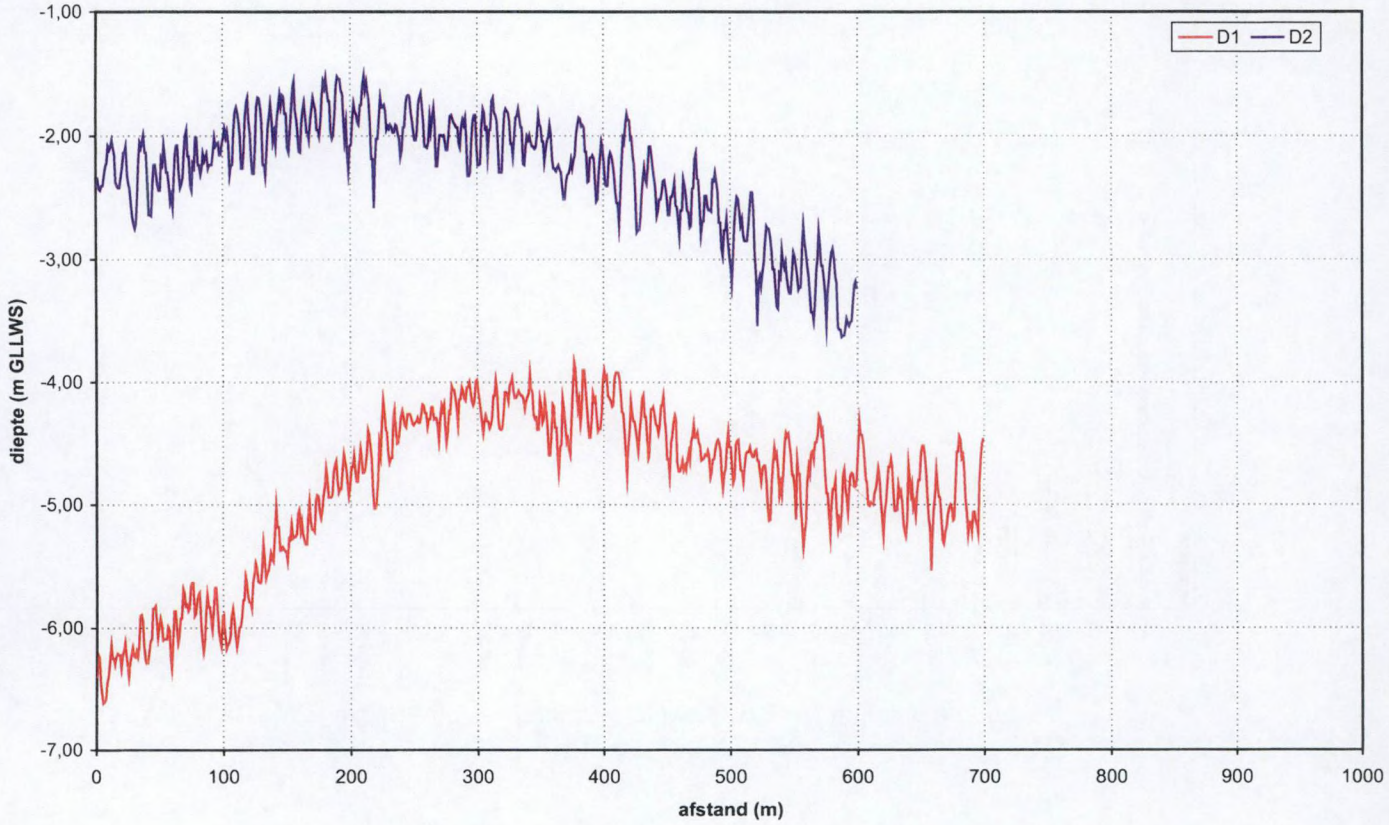




Deelgebied C winterconditie
Frequentiediagramma raai C2 (boven) en raai C3 (onder)



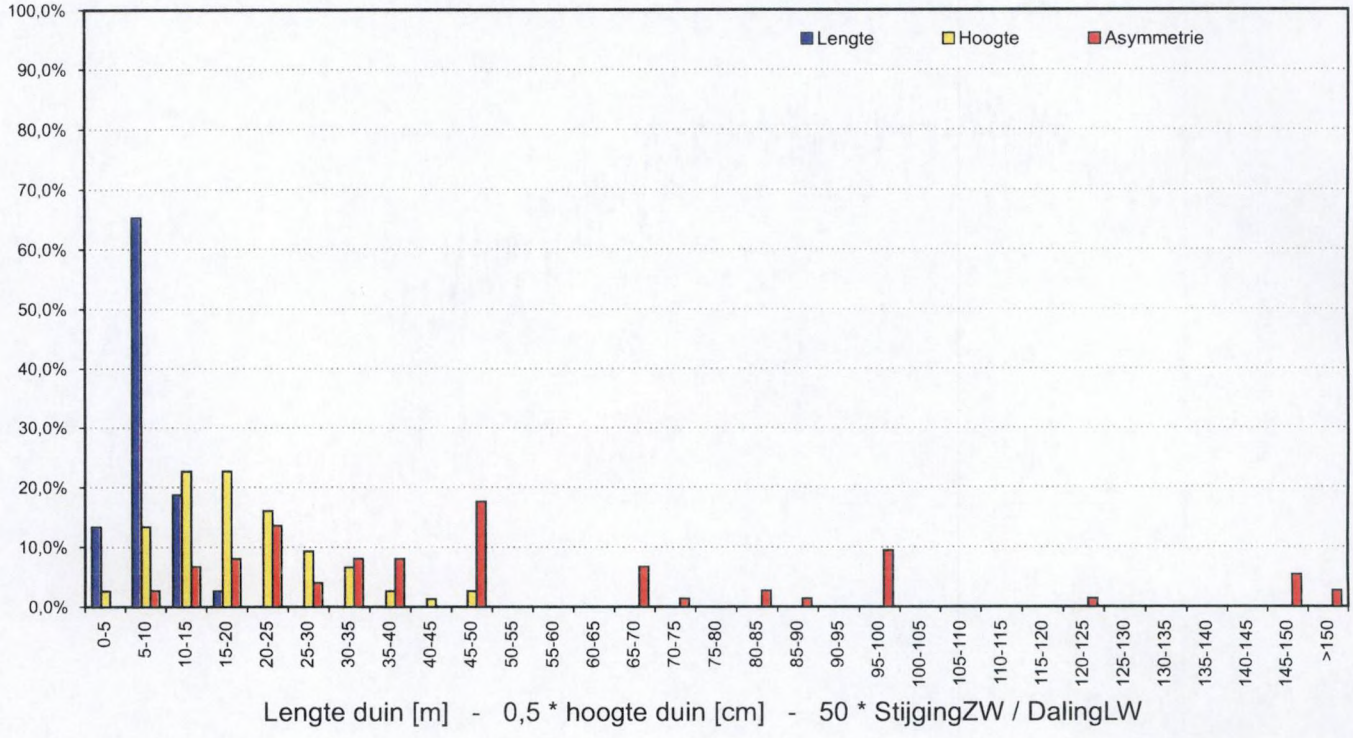

Deelgebied C winterconditie
Frequentiediagramma raai C4 (boven) en raai C5 (onder)

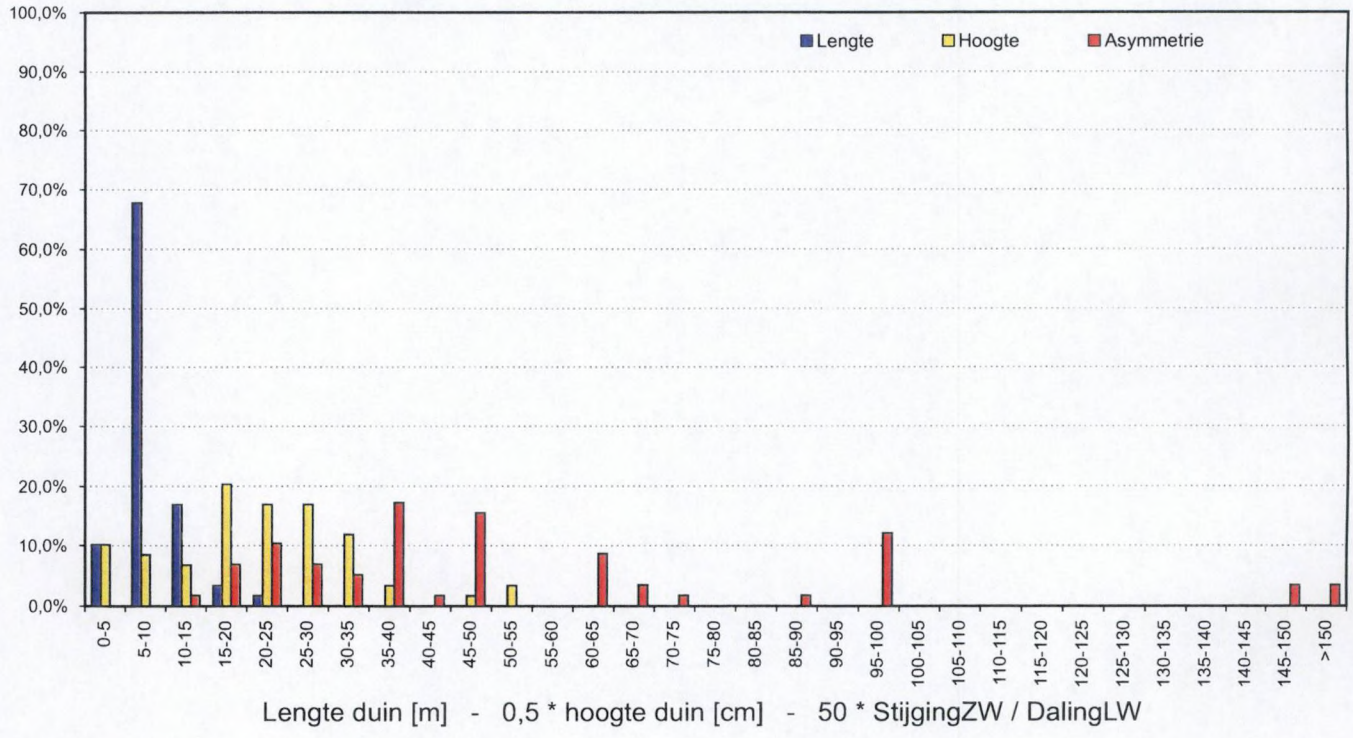



Deelgebied D winterconditie: profielen

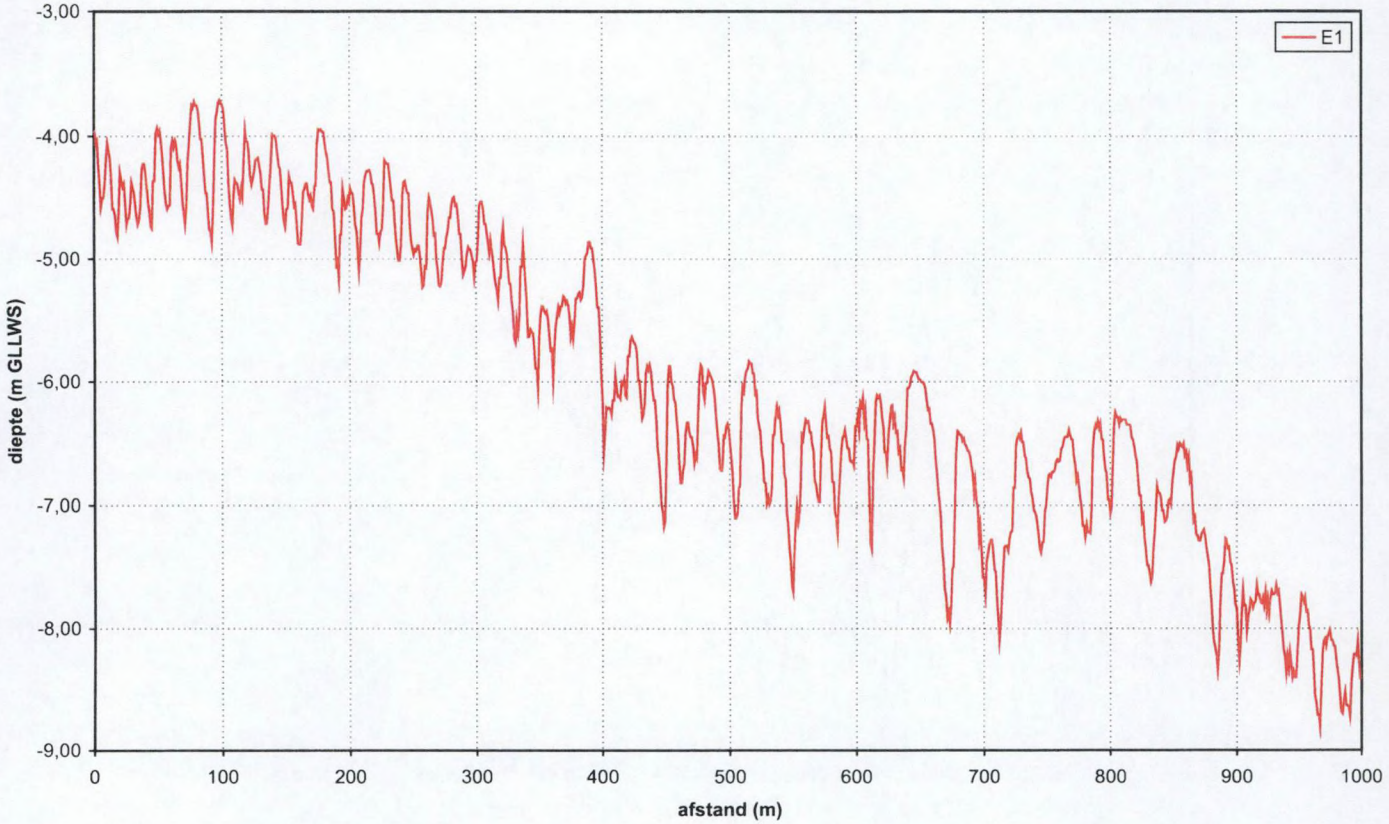
waterbouwkundig LABORATORIUM

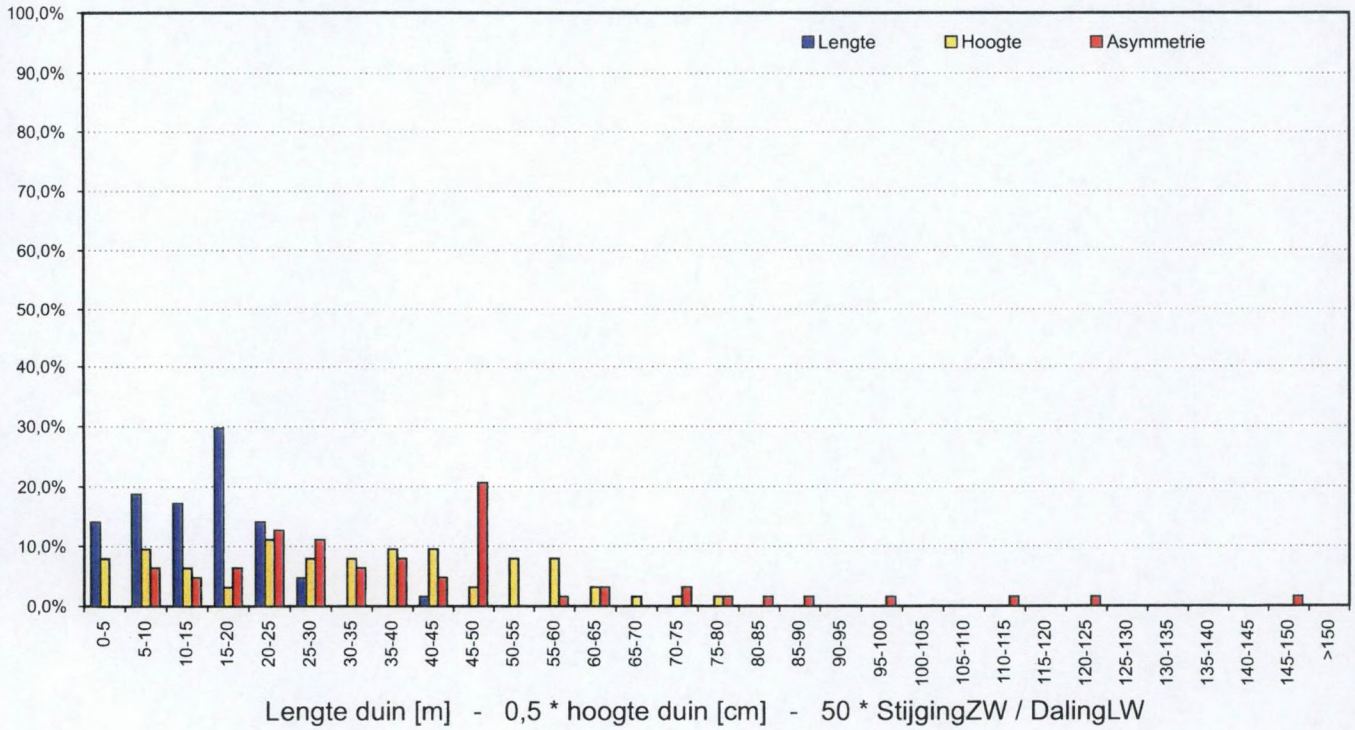
M 754_06 Figuur A13



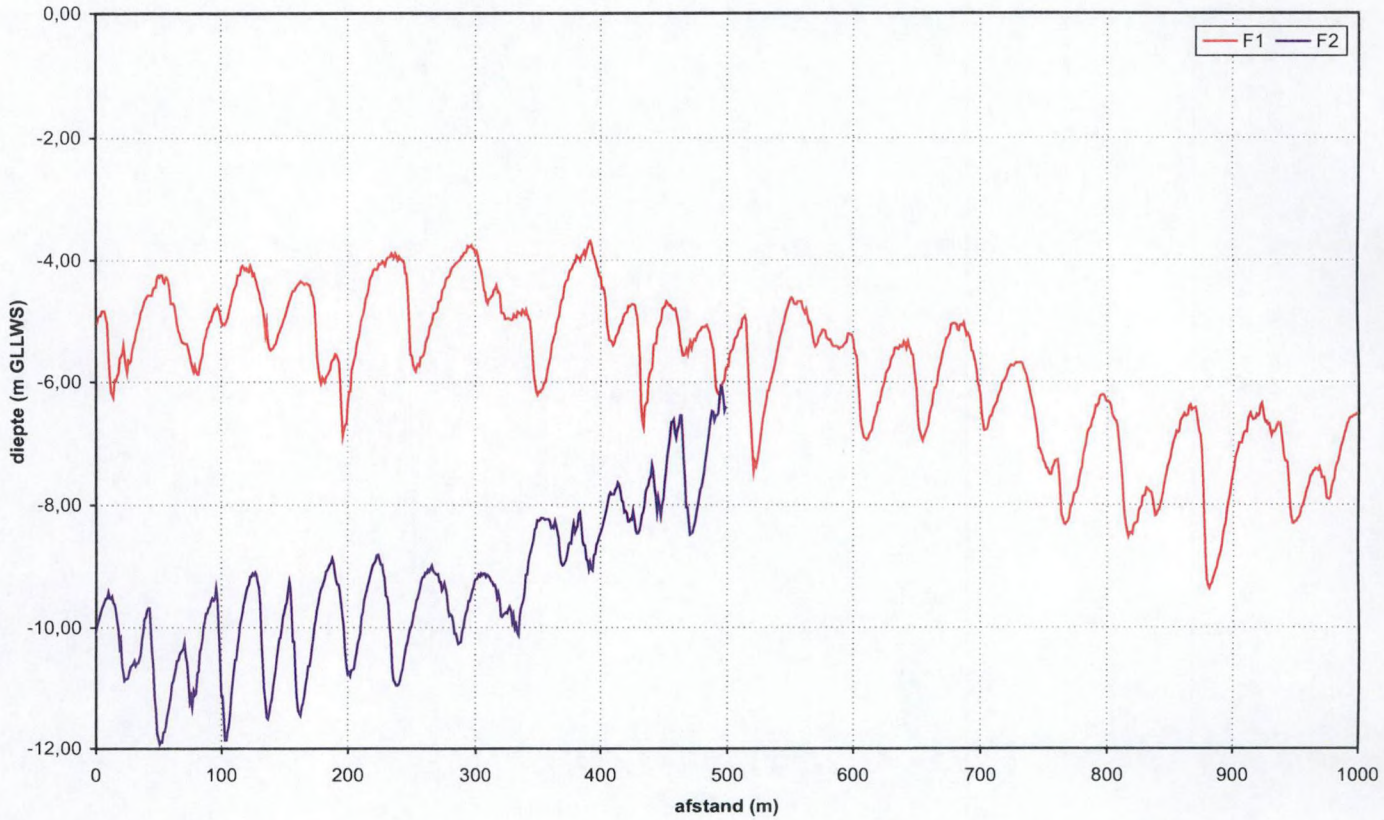




Deelgebied D winterconditie
Frequentiediagramma raai D1 (boven) en raai D2 (onder)

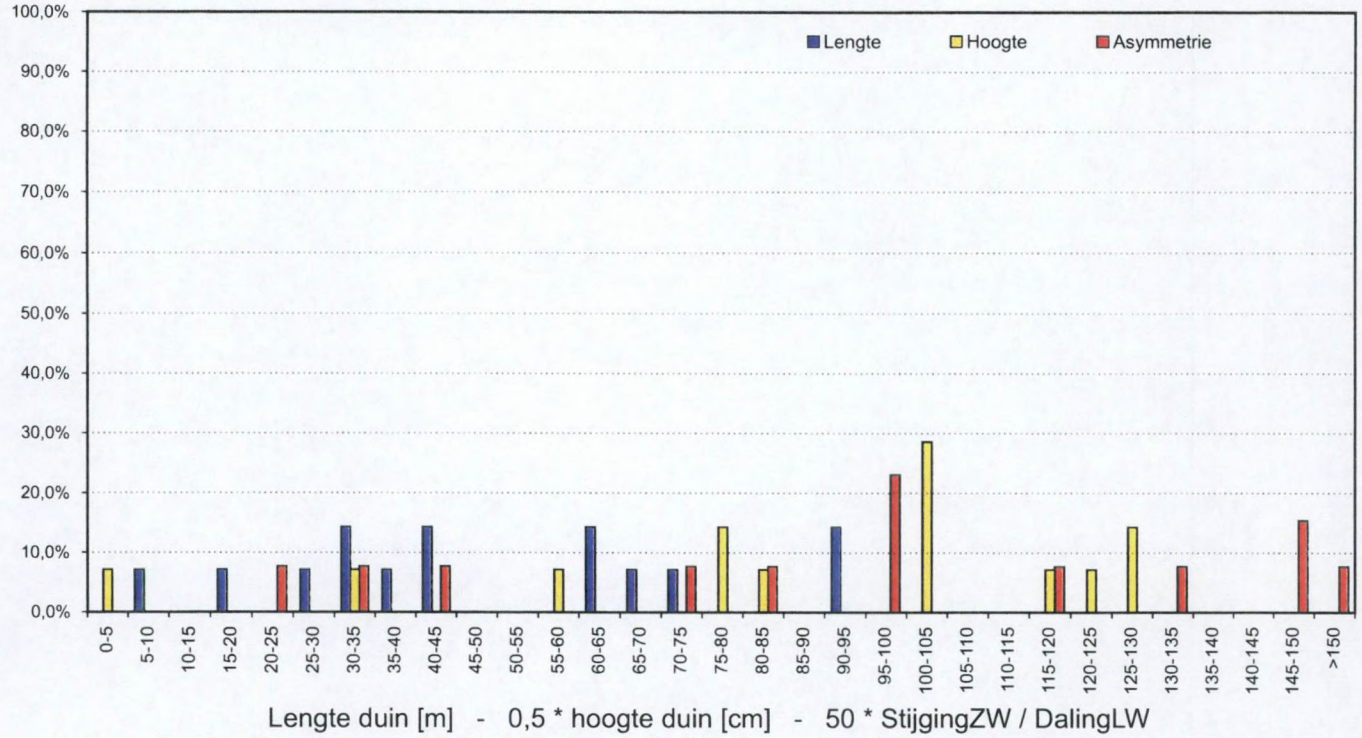


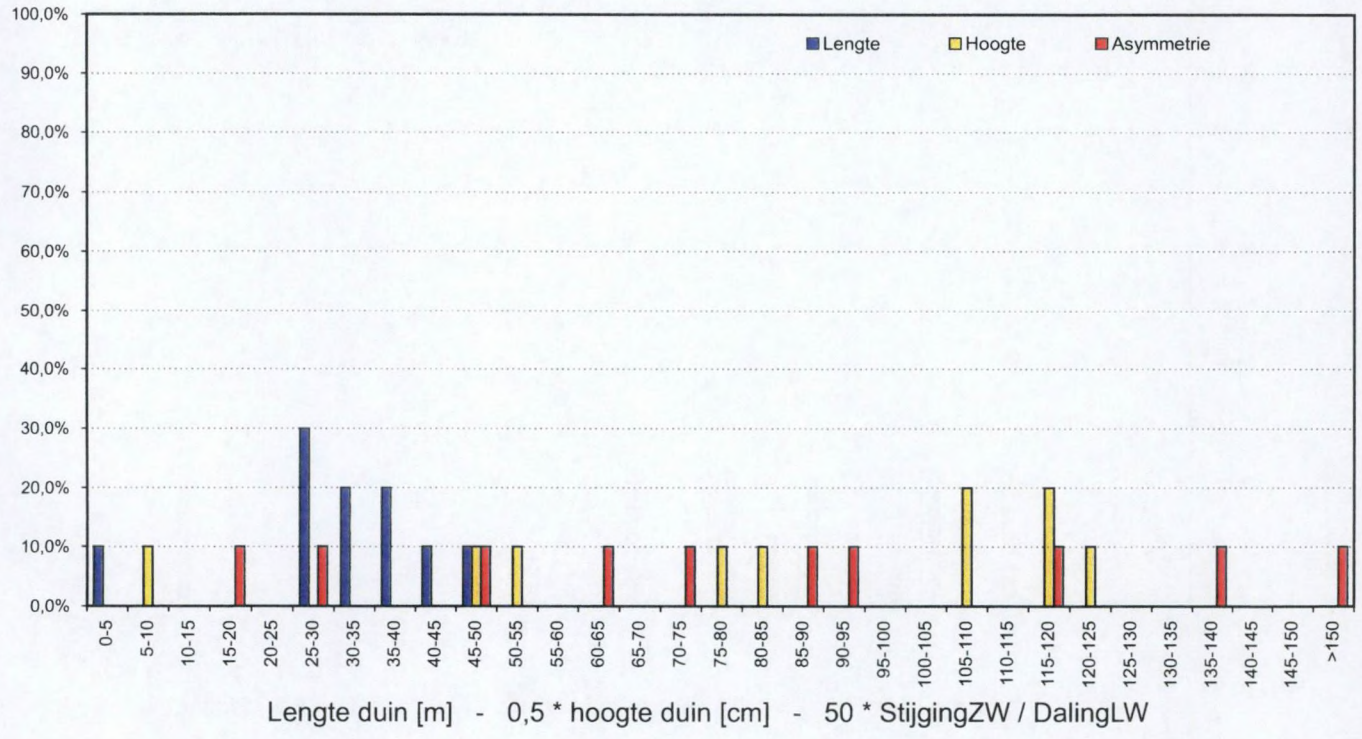




Deelgebied E winterconditie
Profielen (boven) en frequentiediagramma raai E1 (onder)

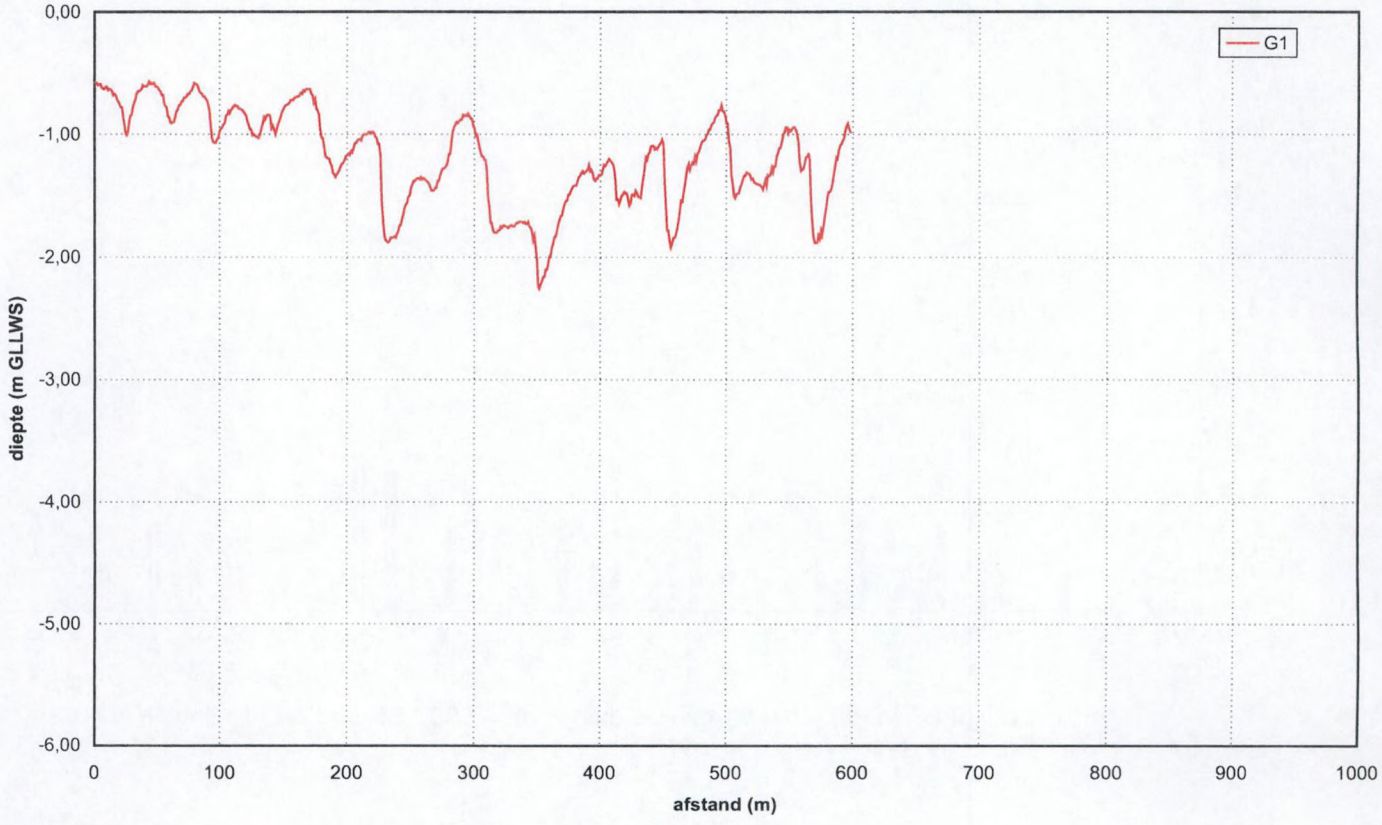


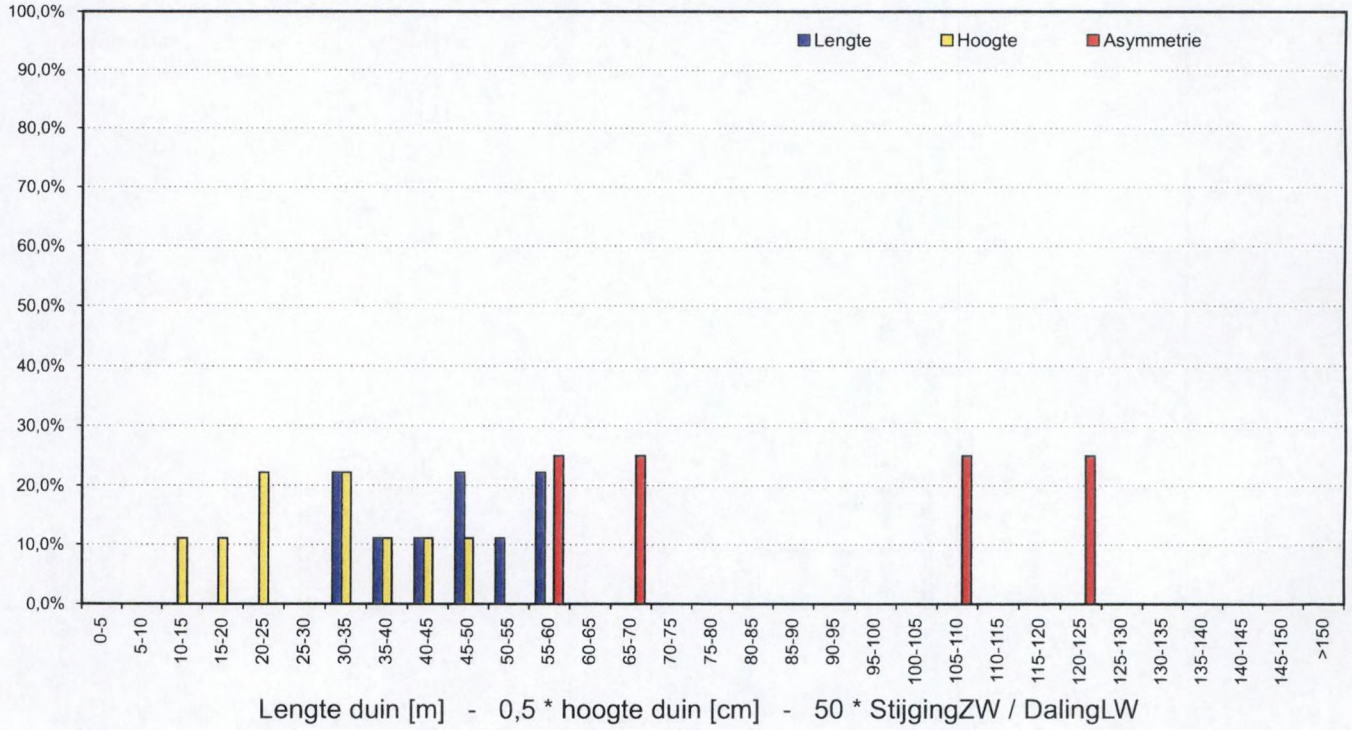

Deelgebied F winterconditie: profielen



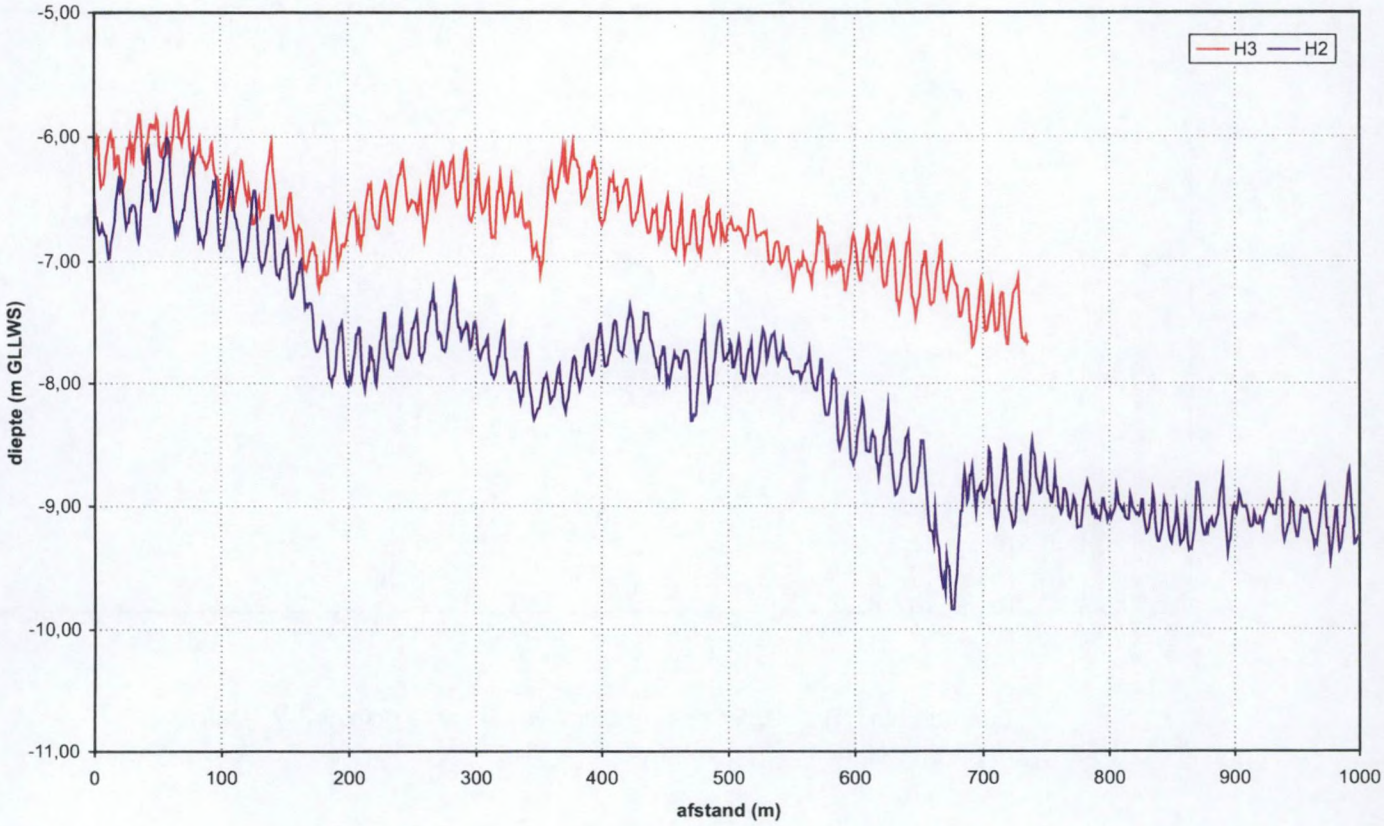




Deelgebied F winterconditie
frequentiediagramma raai F1 (boven) en raai F2 (onder)

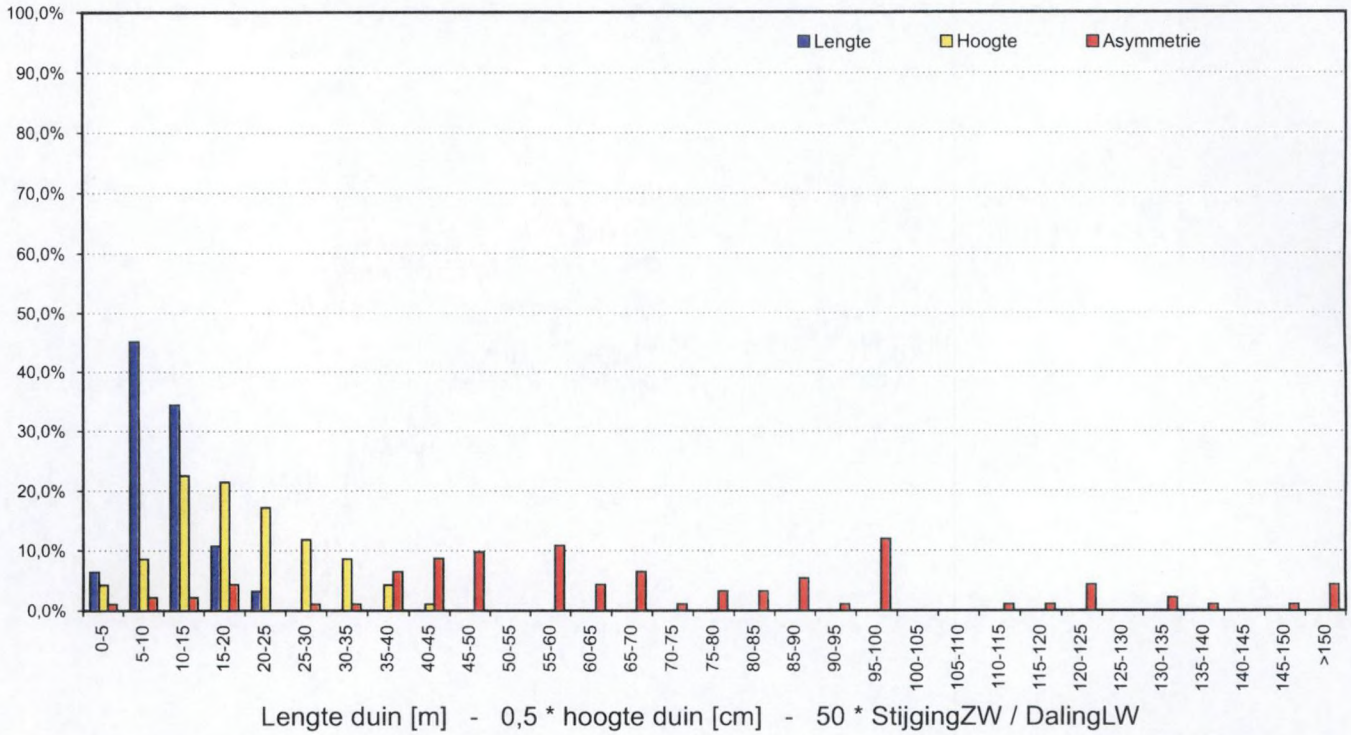


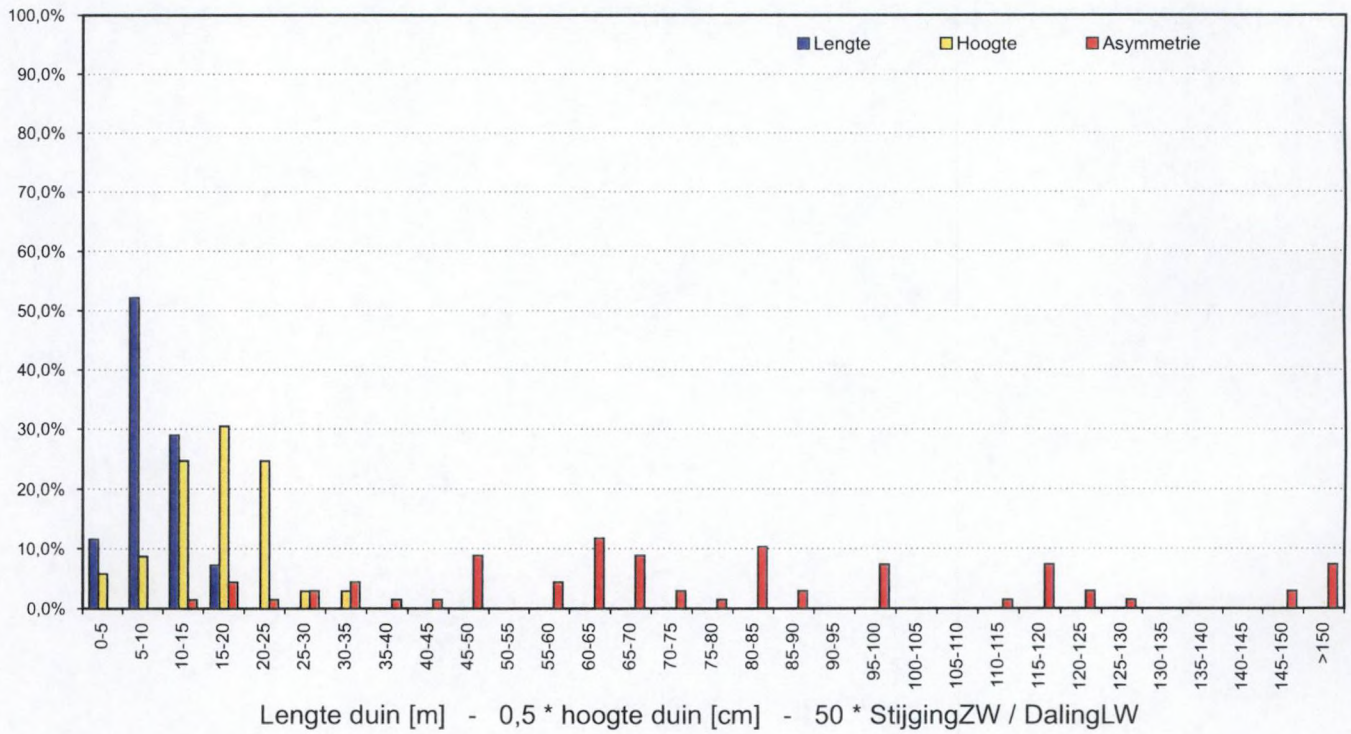




Deelgebied G winterconditie
Profielen (boven) en frequentiediagramma raai G1 (onder)

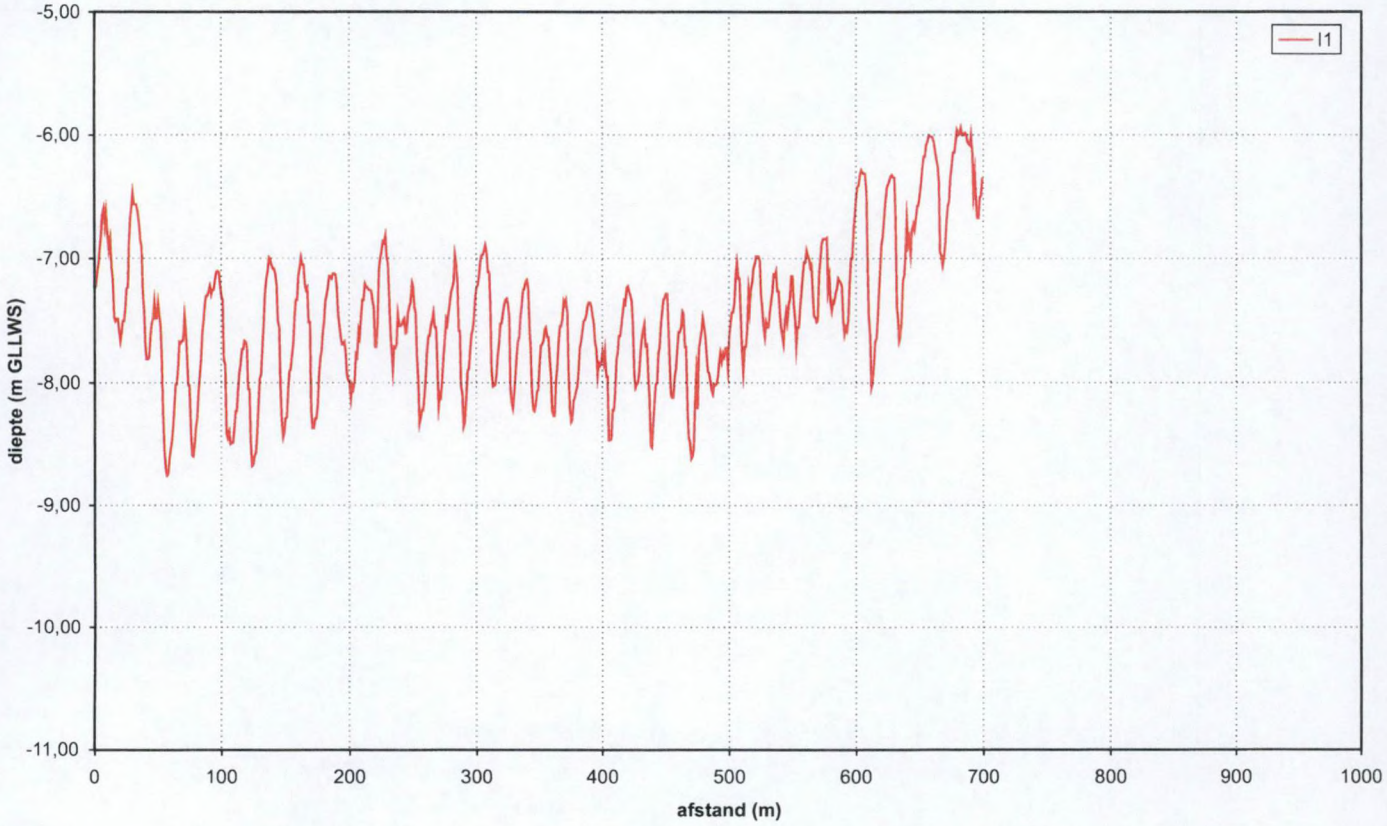


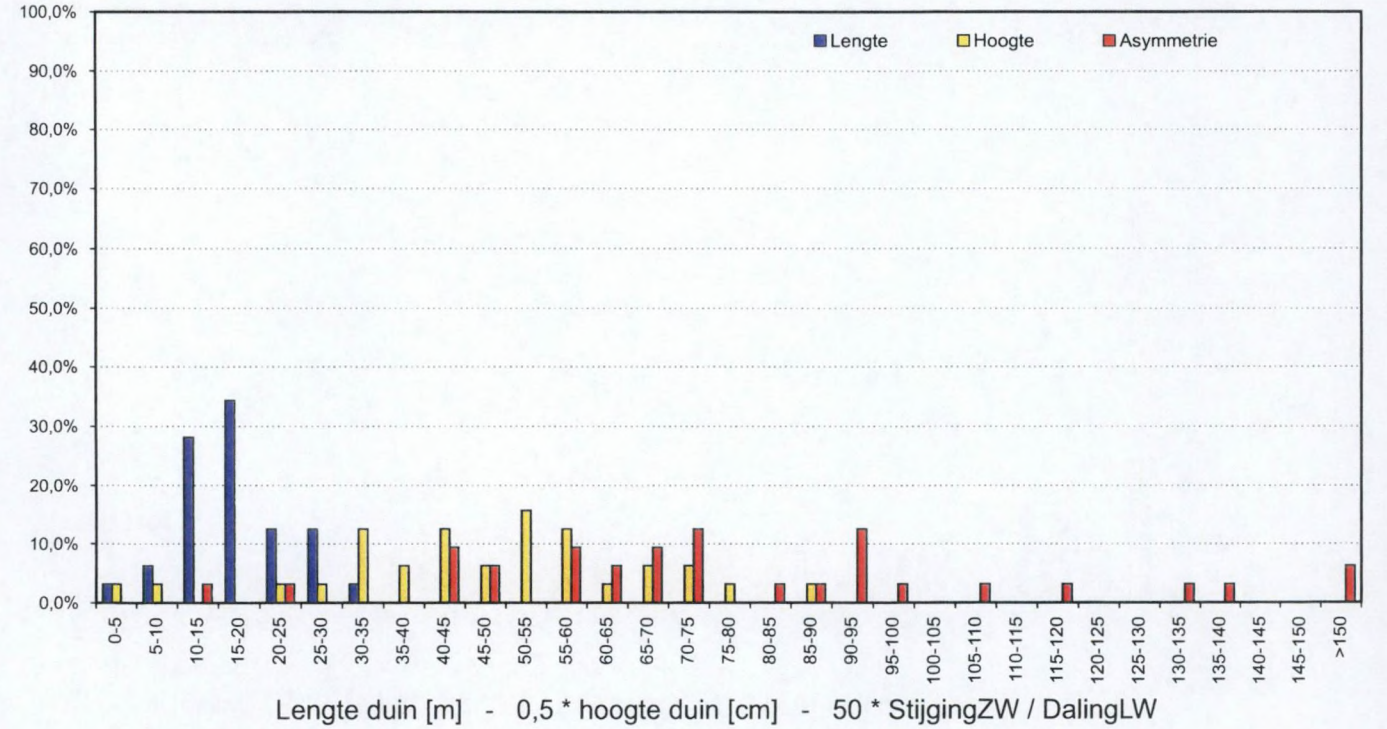

Deelgebied H winterconditie: profielen



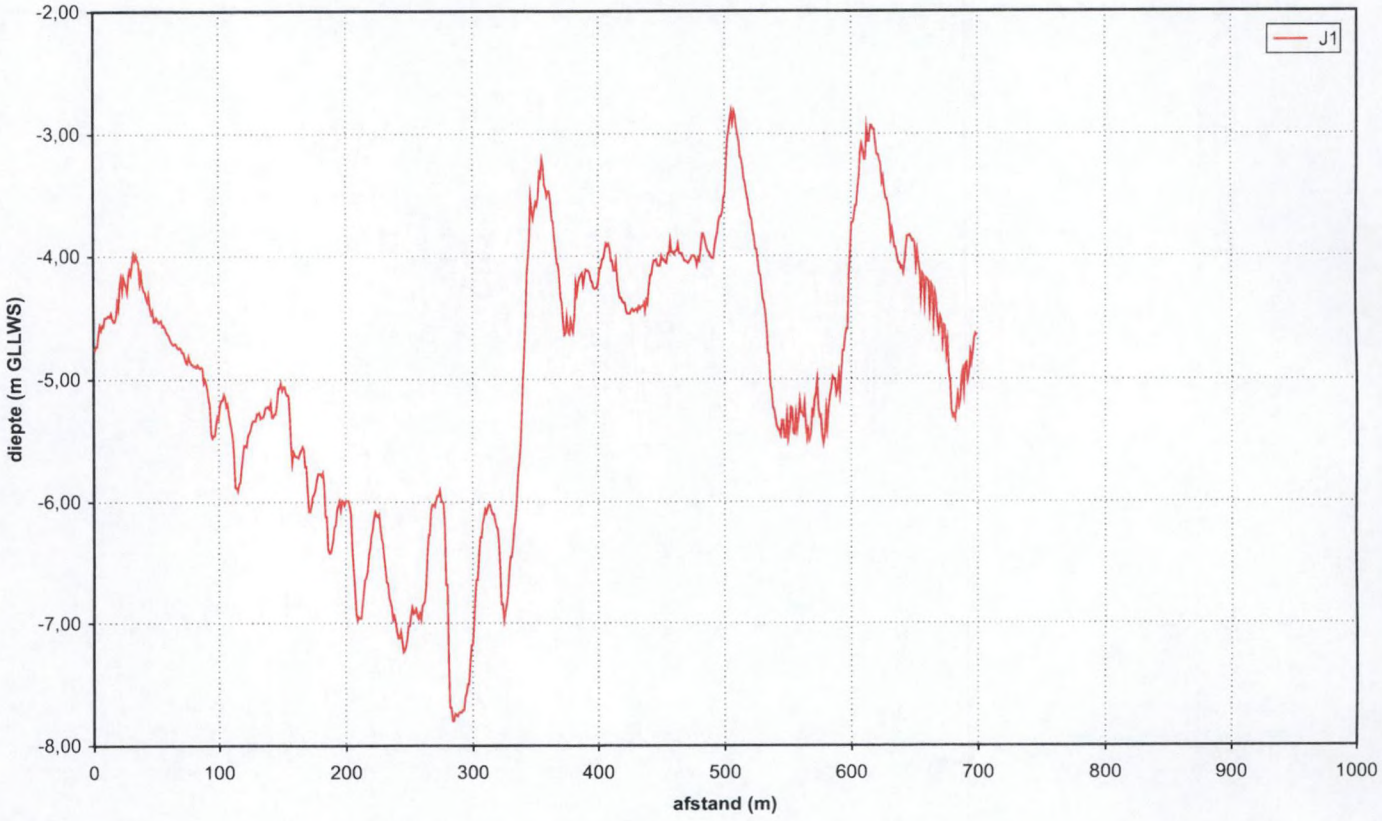



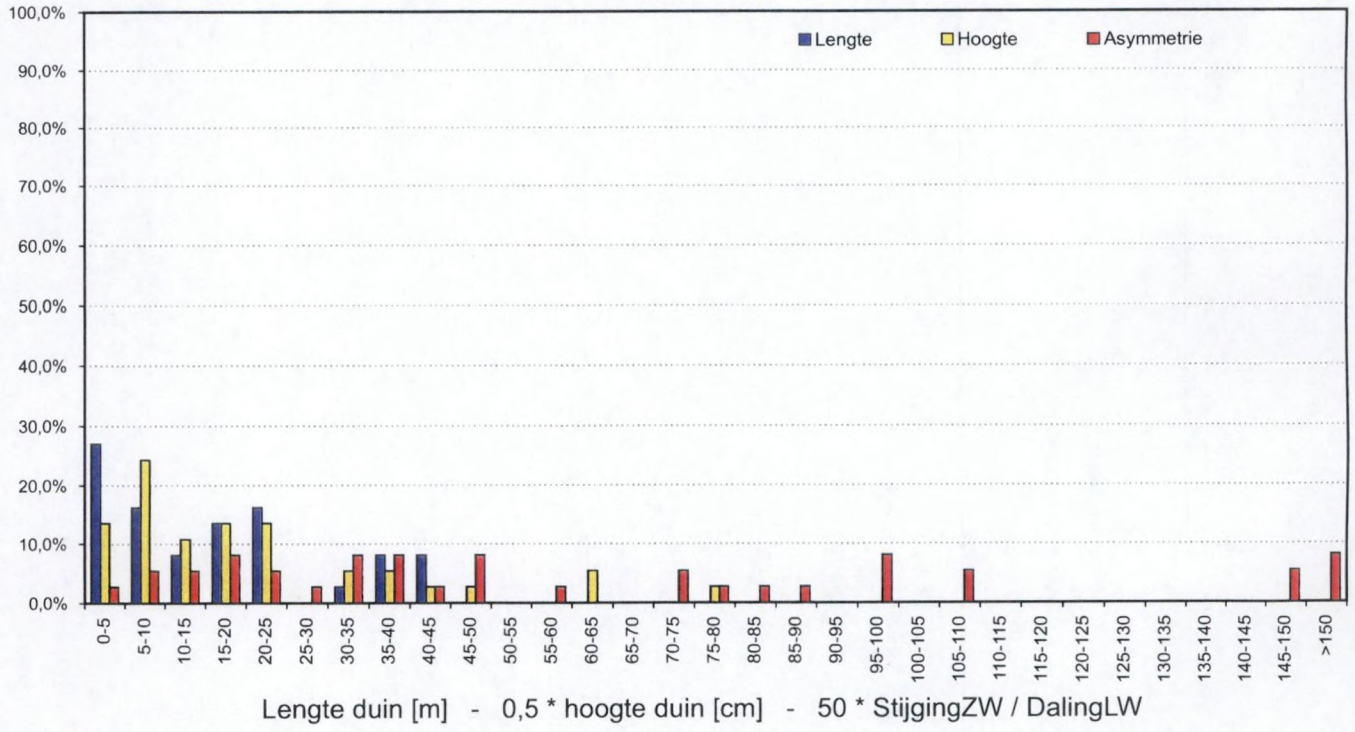

Deelgebied H winterconditie
Frequentiediagramma raai H2 (boven) en raai H3 (onder)



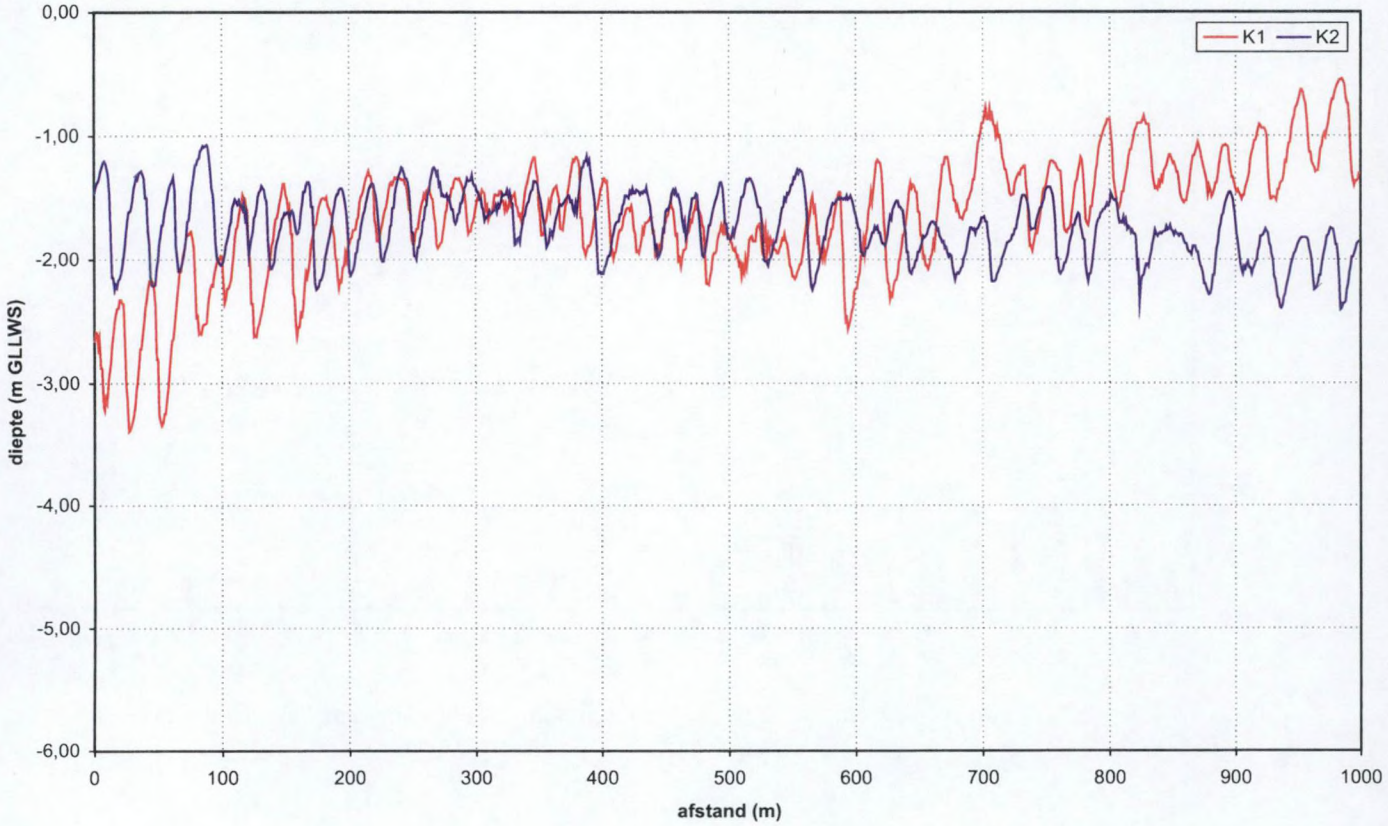




Deelgebied I winterconditie
Profielen (boven) en frequentiediagramma raai I1 (onder)

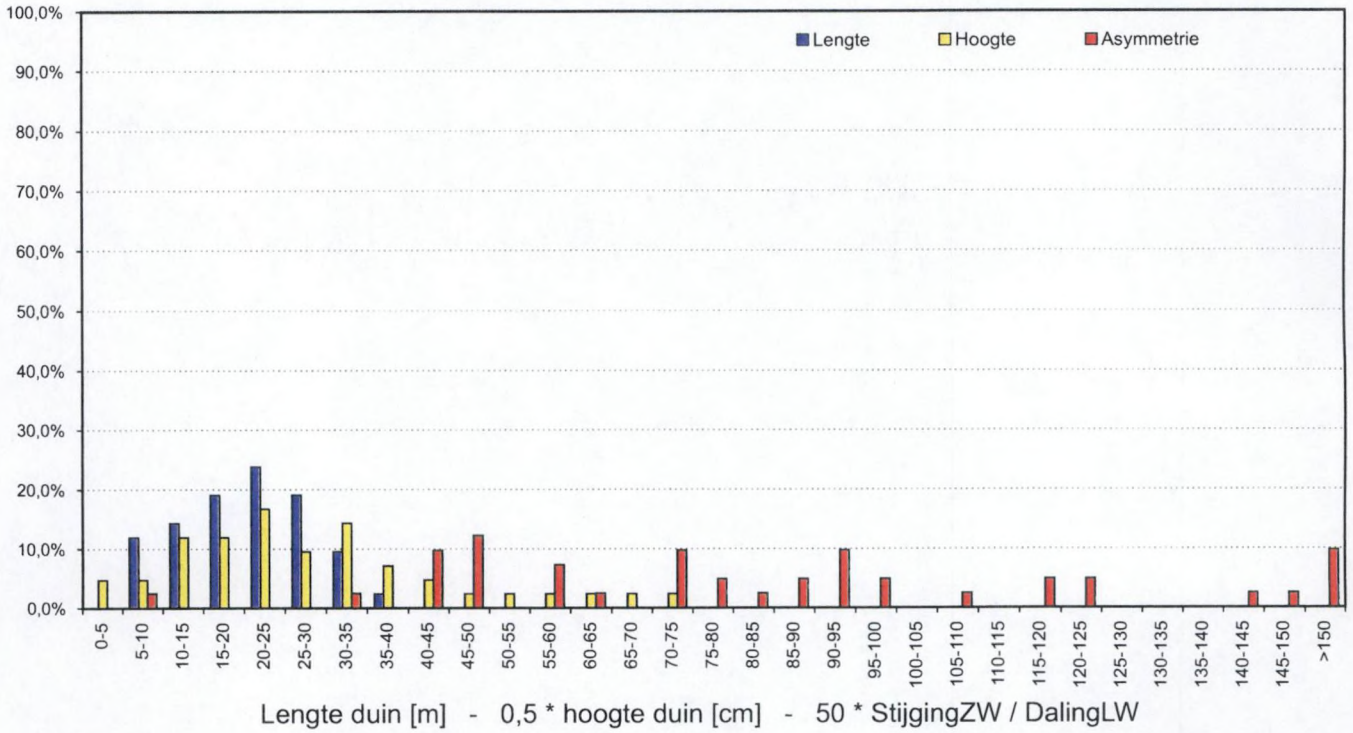


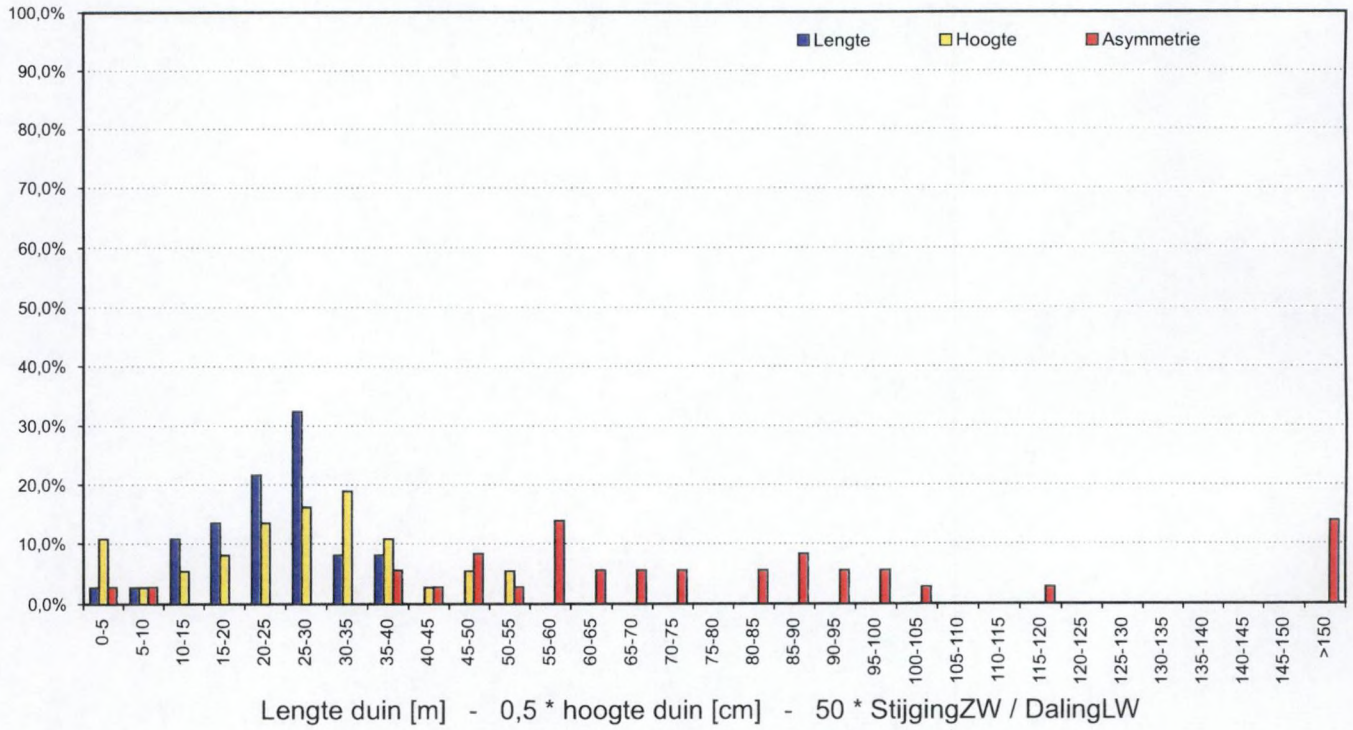




Deelgebied J winterconditie
Profielen (boven) en frequentiediagramma raai J1 (onder)

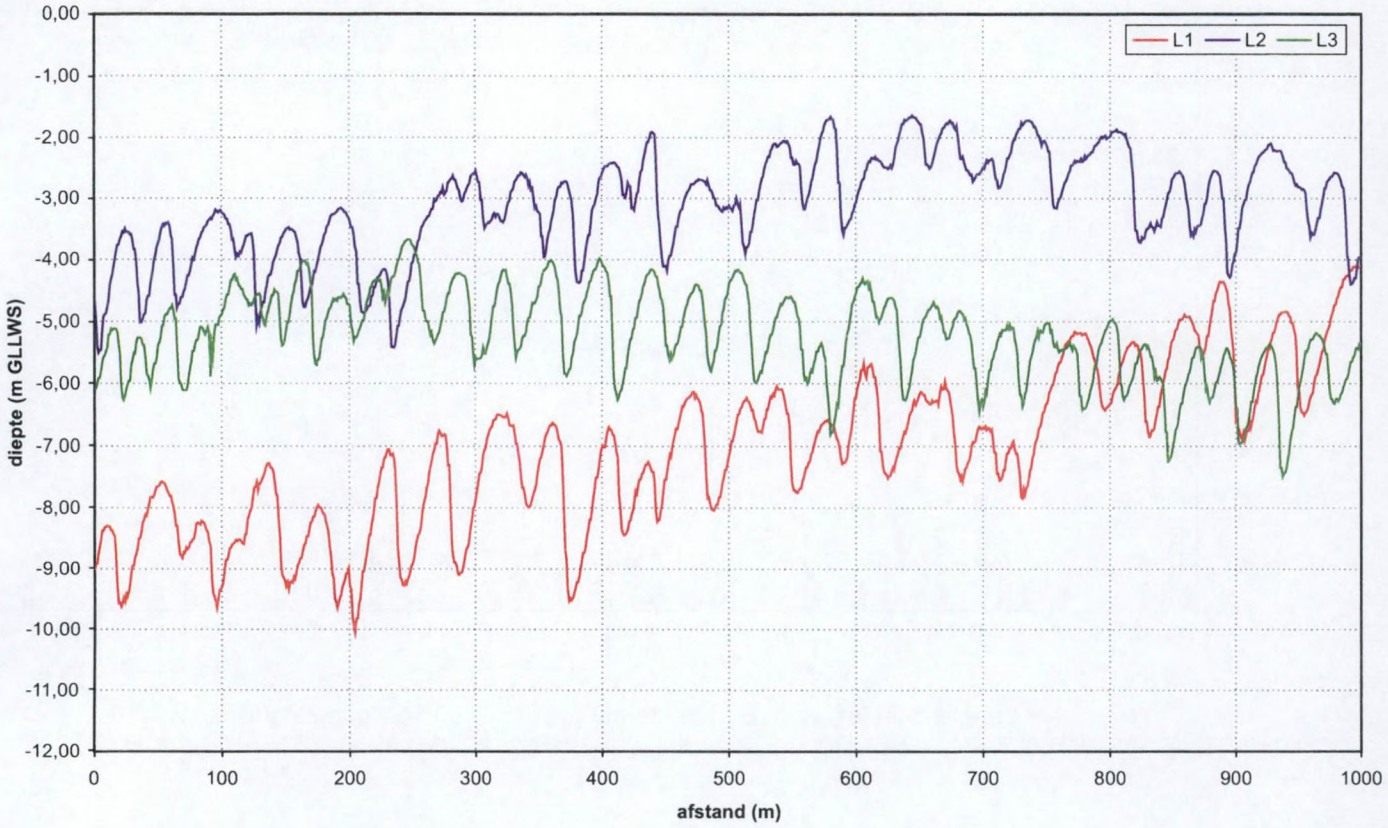


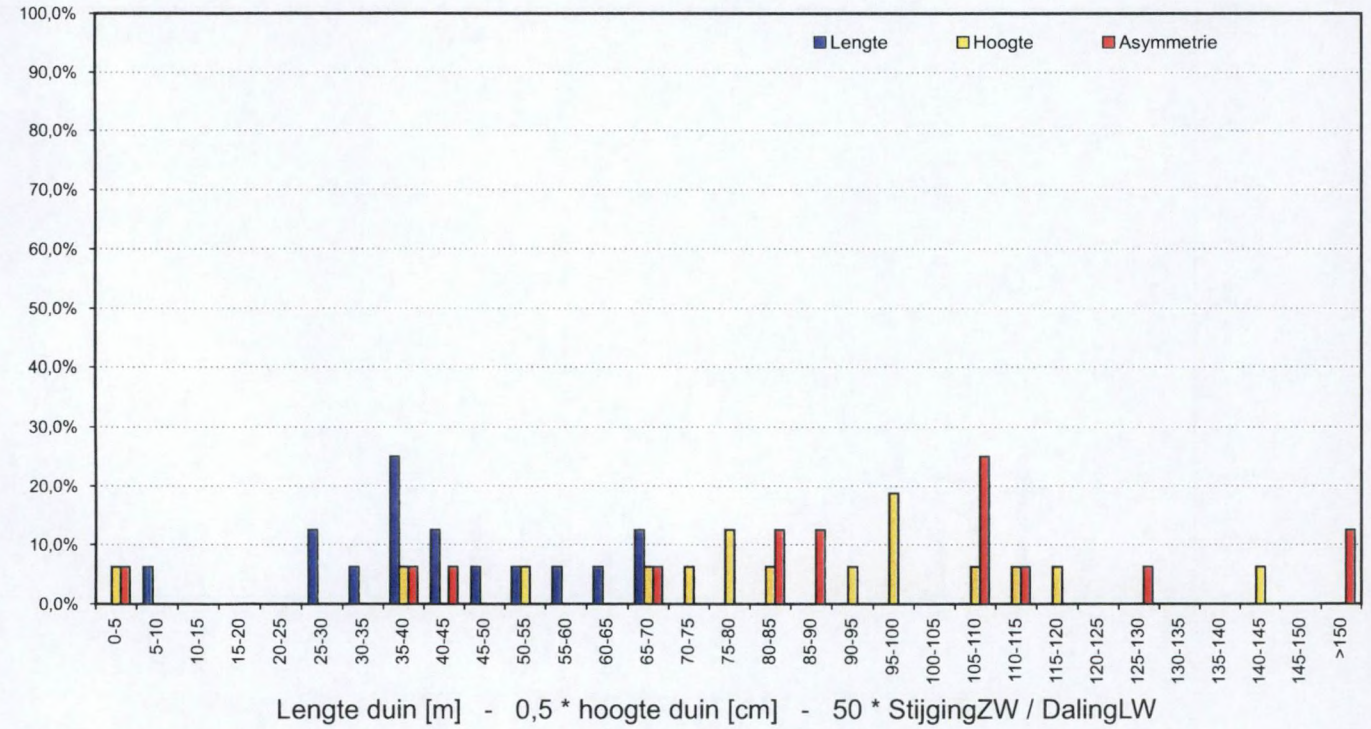

Deelgebied K winterconditie: profielen



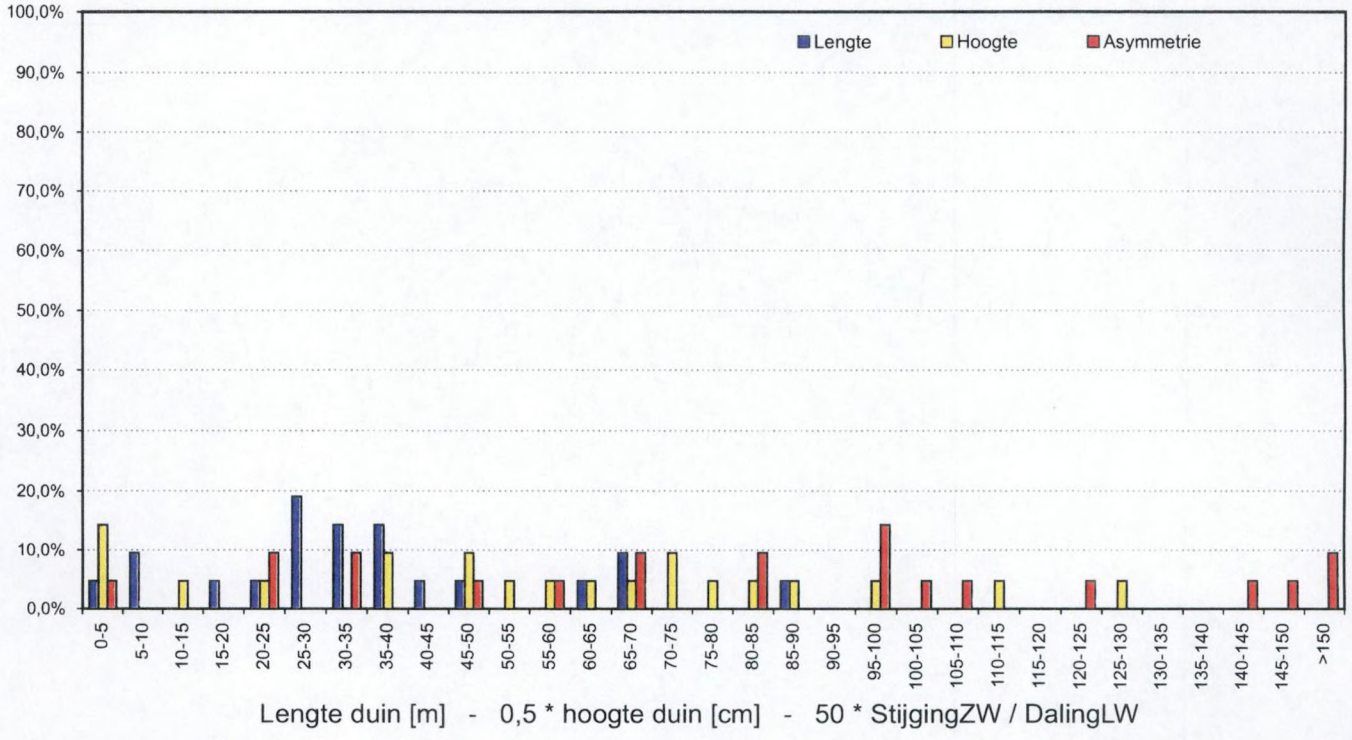



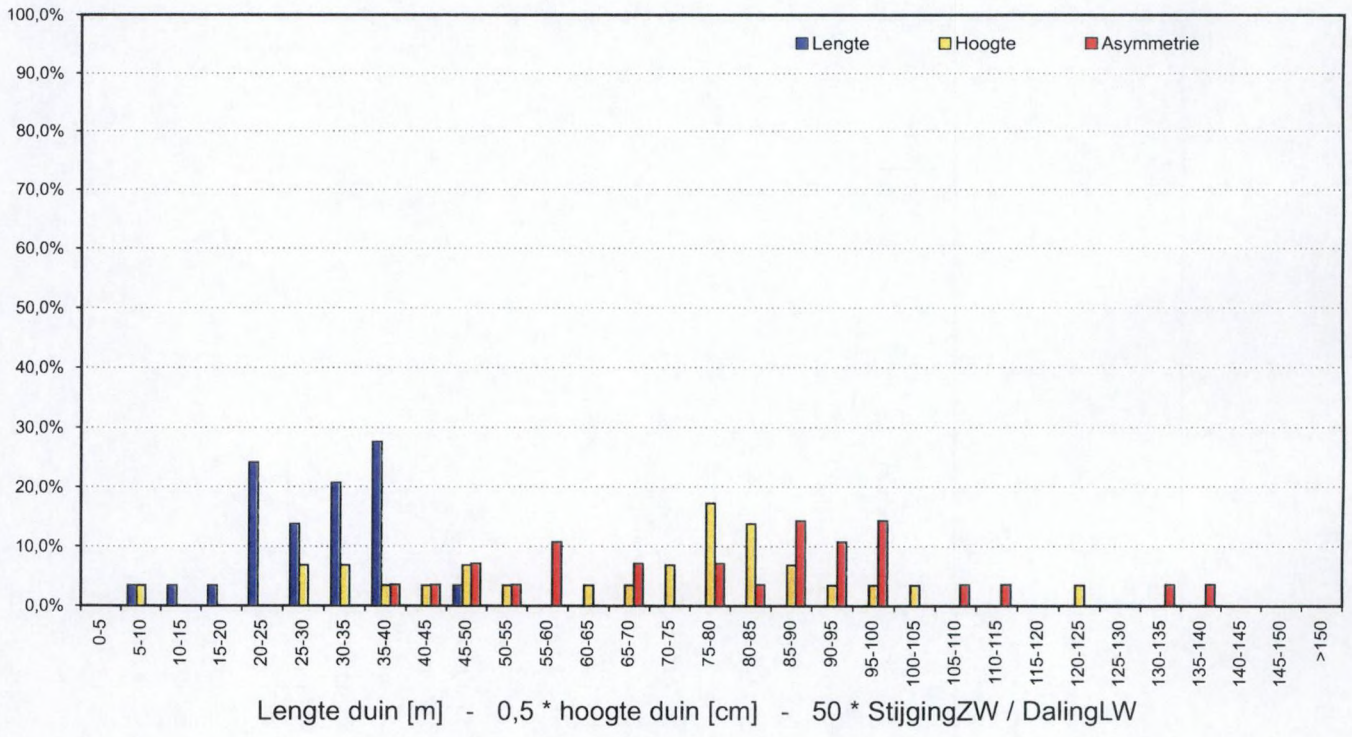

Deelgebied K winterconditie
Frequentiediagramma raai K1 (boven) en raai K2 (onder)



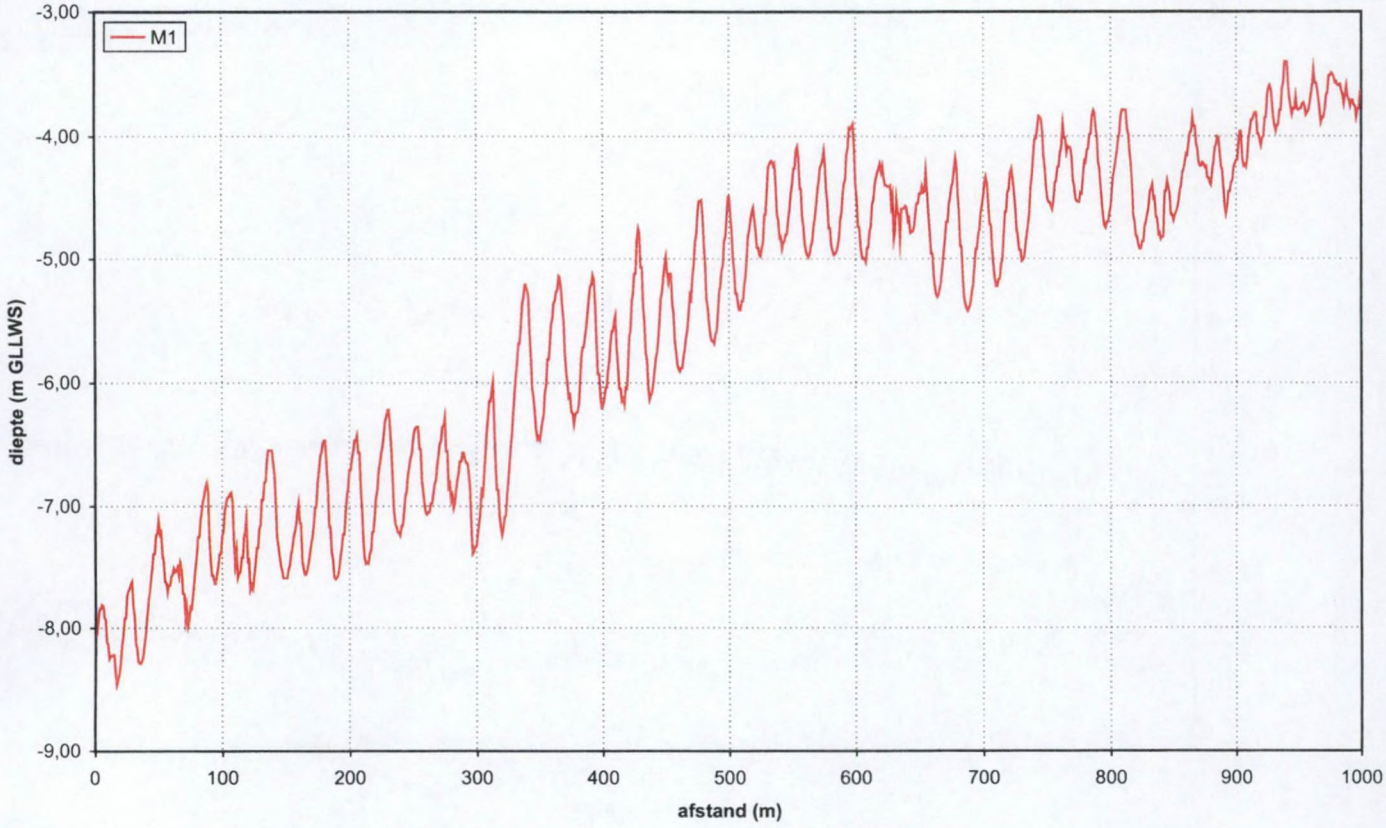



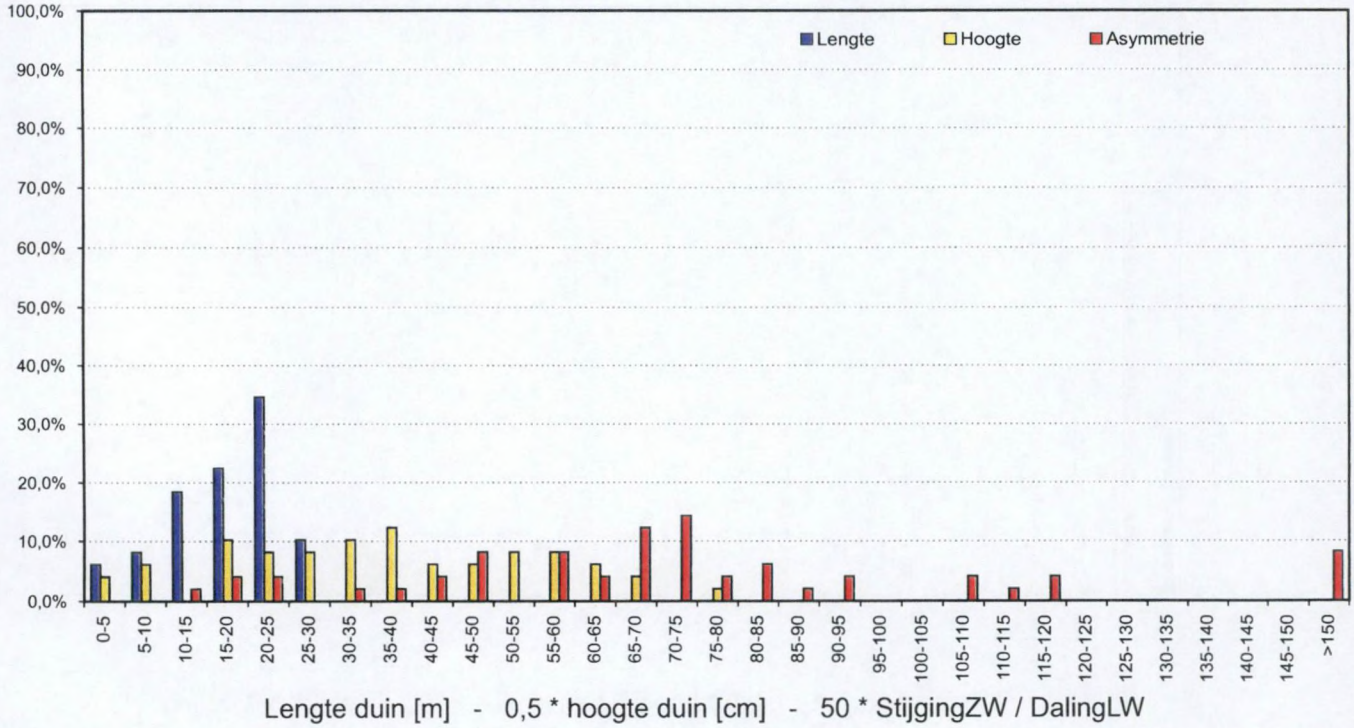

Deelgebied L winterconditie
Profielen (boven) en frequentiediagramma raai L1 (onder)



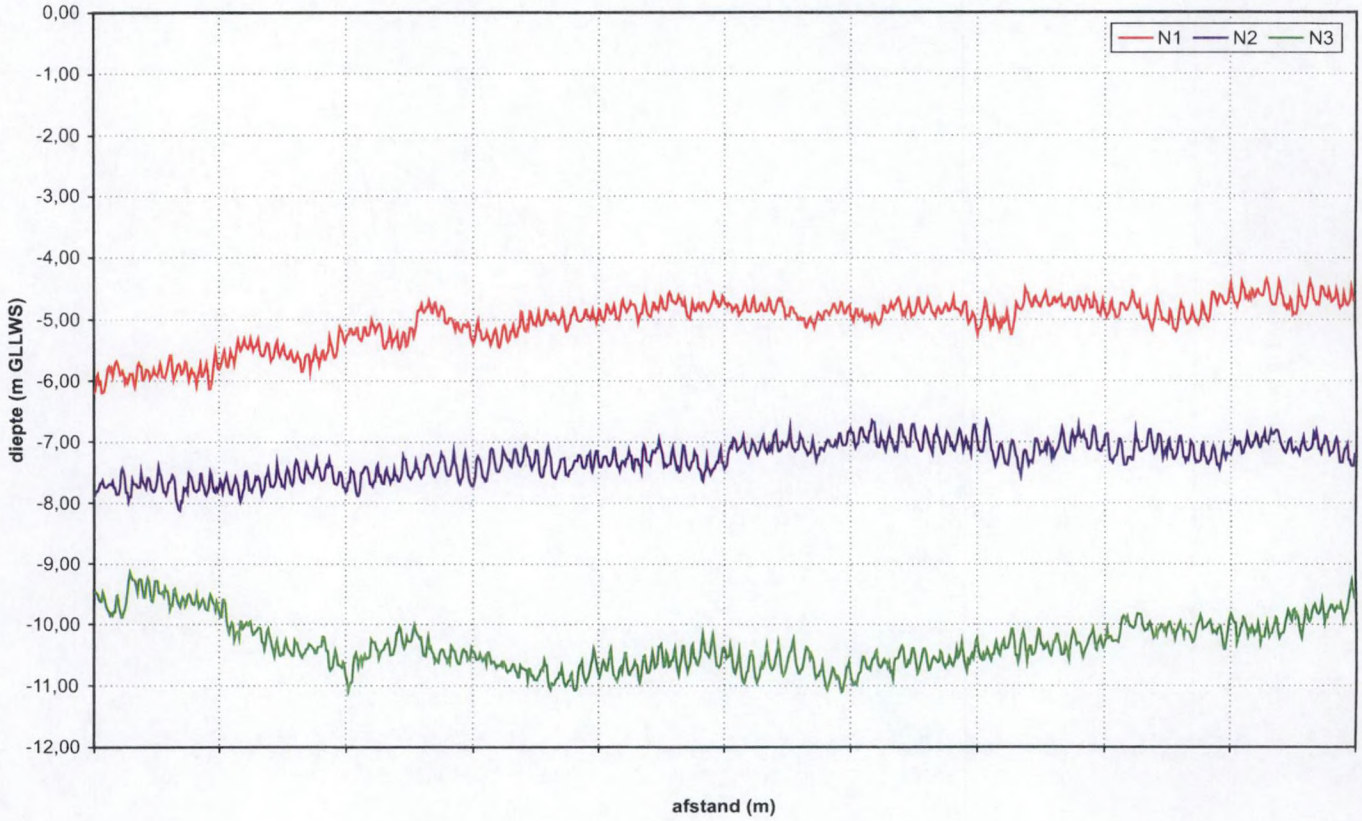



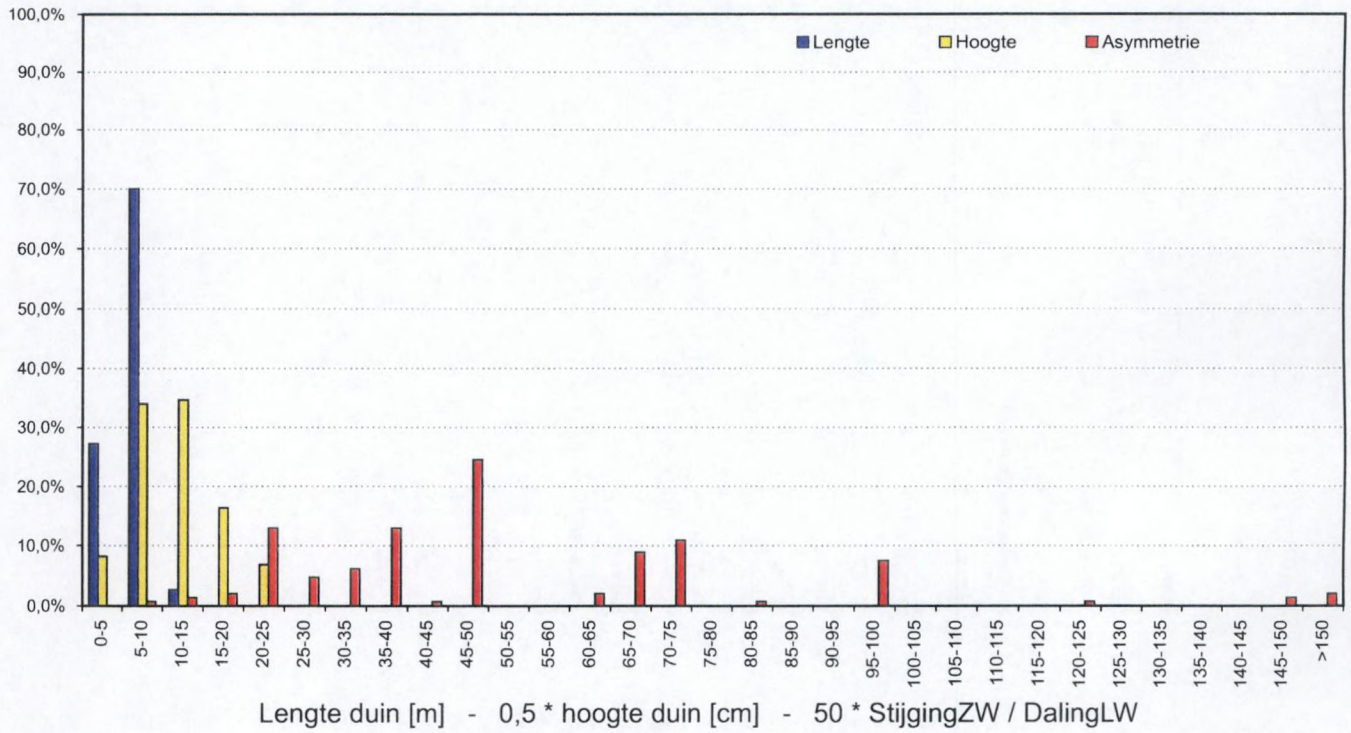

Deelgebied L winterconditie
Frequentiediagramma raai L2 (boven) en raai L3 (onder)



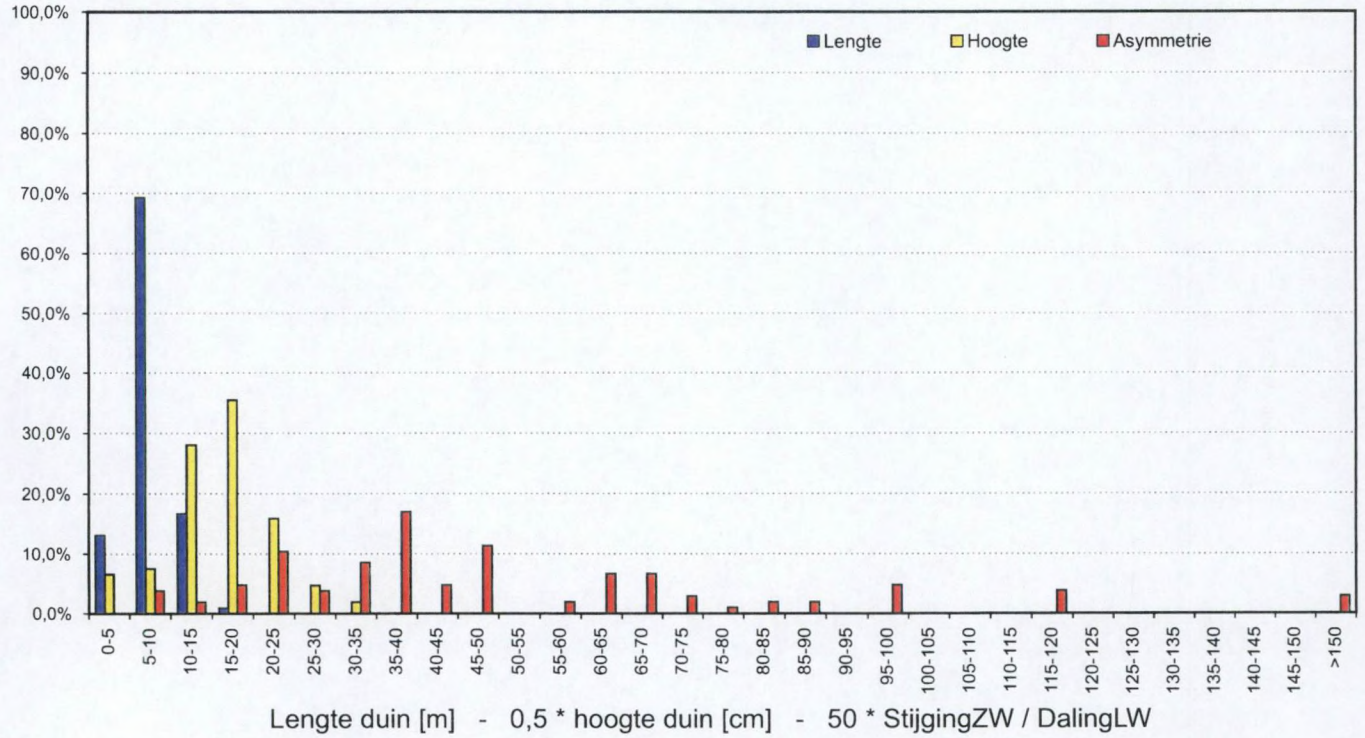



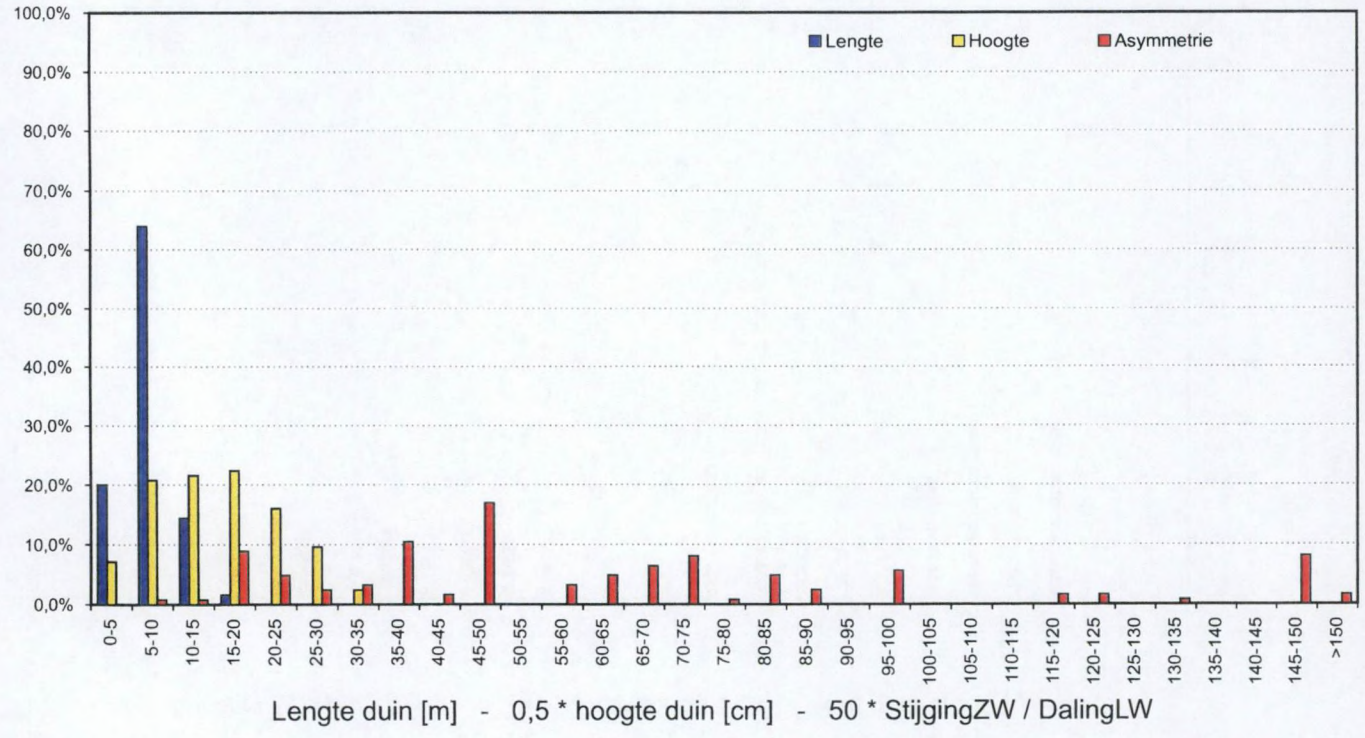

Deelgebied M winterconditie
Profielen (boven) en frequentiediagramma raai M1 (onder)



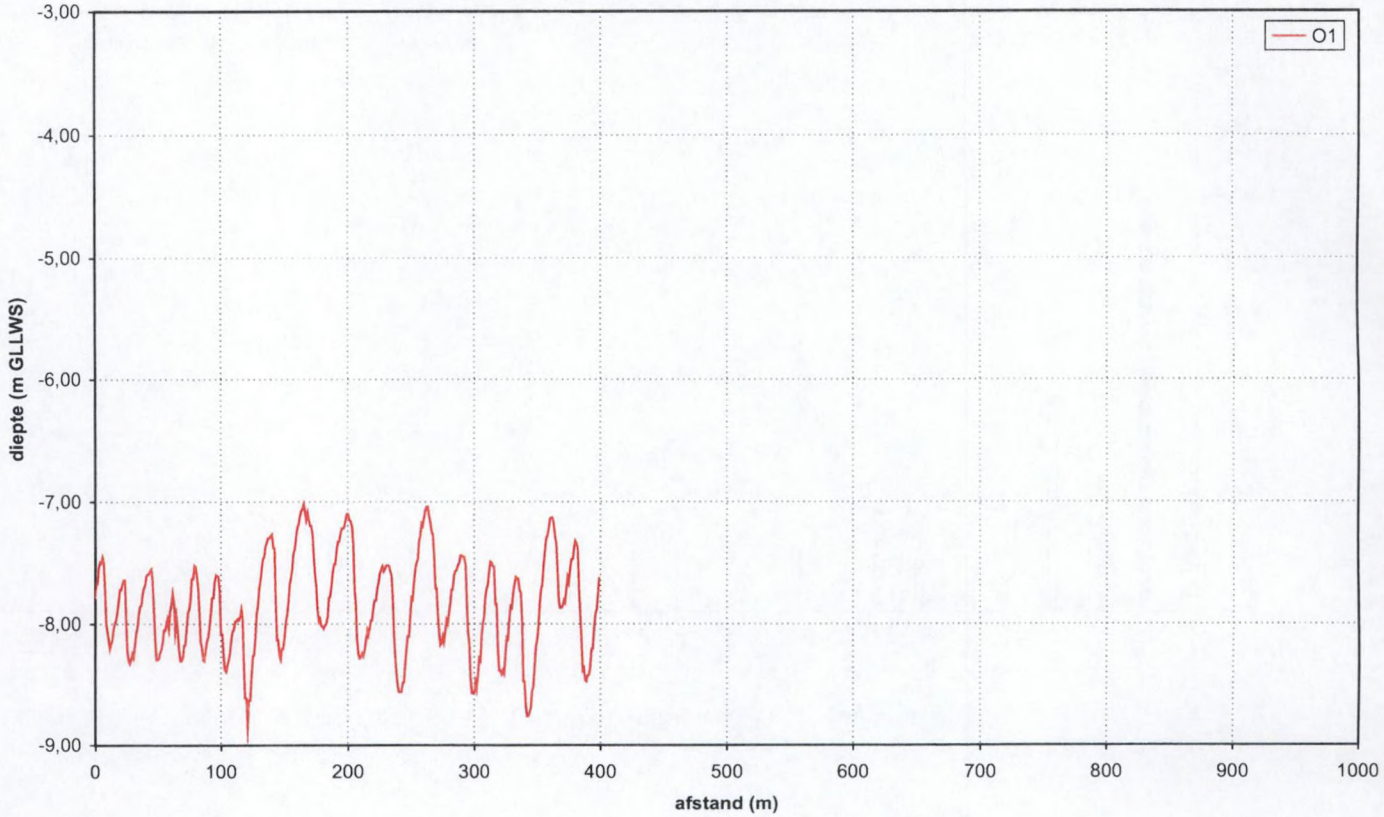



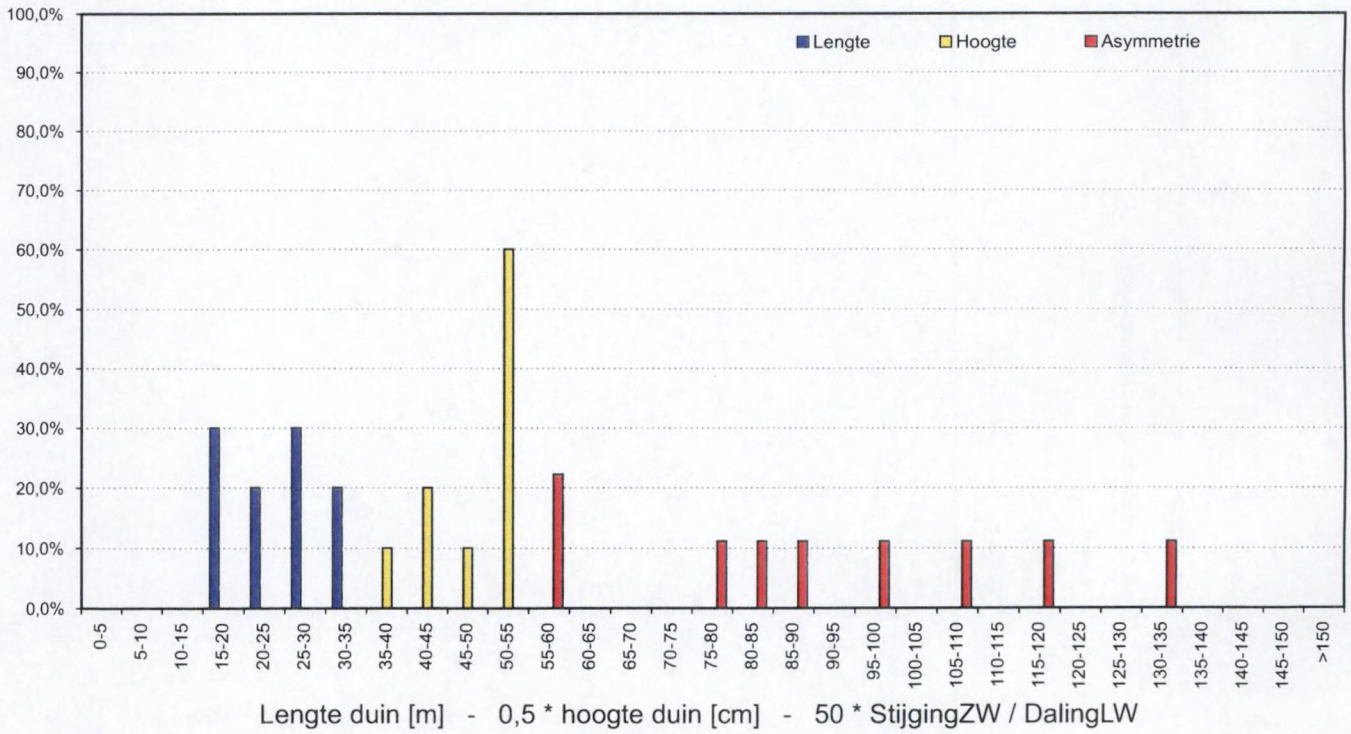

Deelgebied N winterconditie
Profielen (boven) en frequentiediagramma raai N1 (onder)



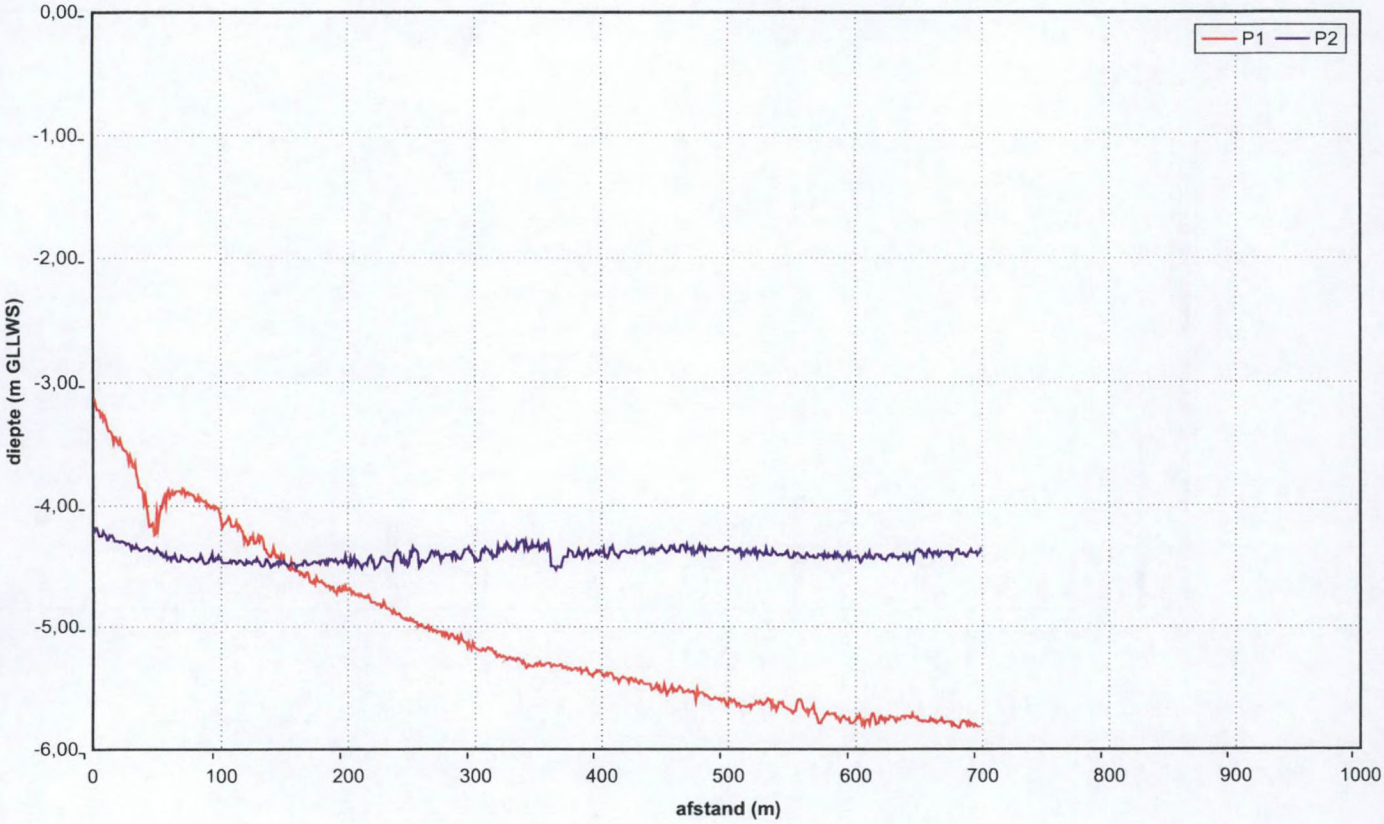




Deelgebied N winterconditie
Frequentiediagramma raai N2 (boven) en raai N3 (onder)

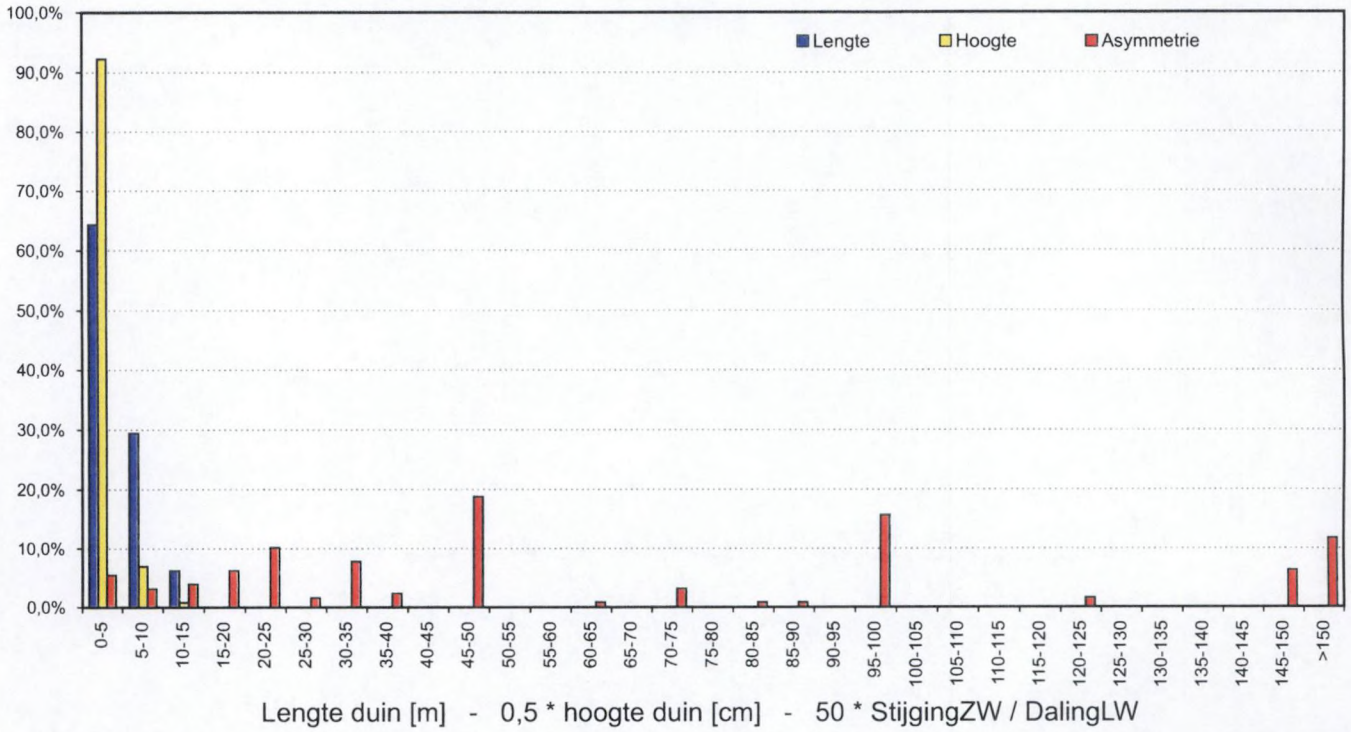


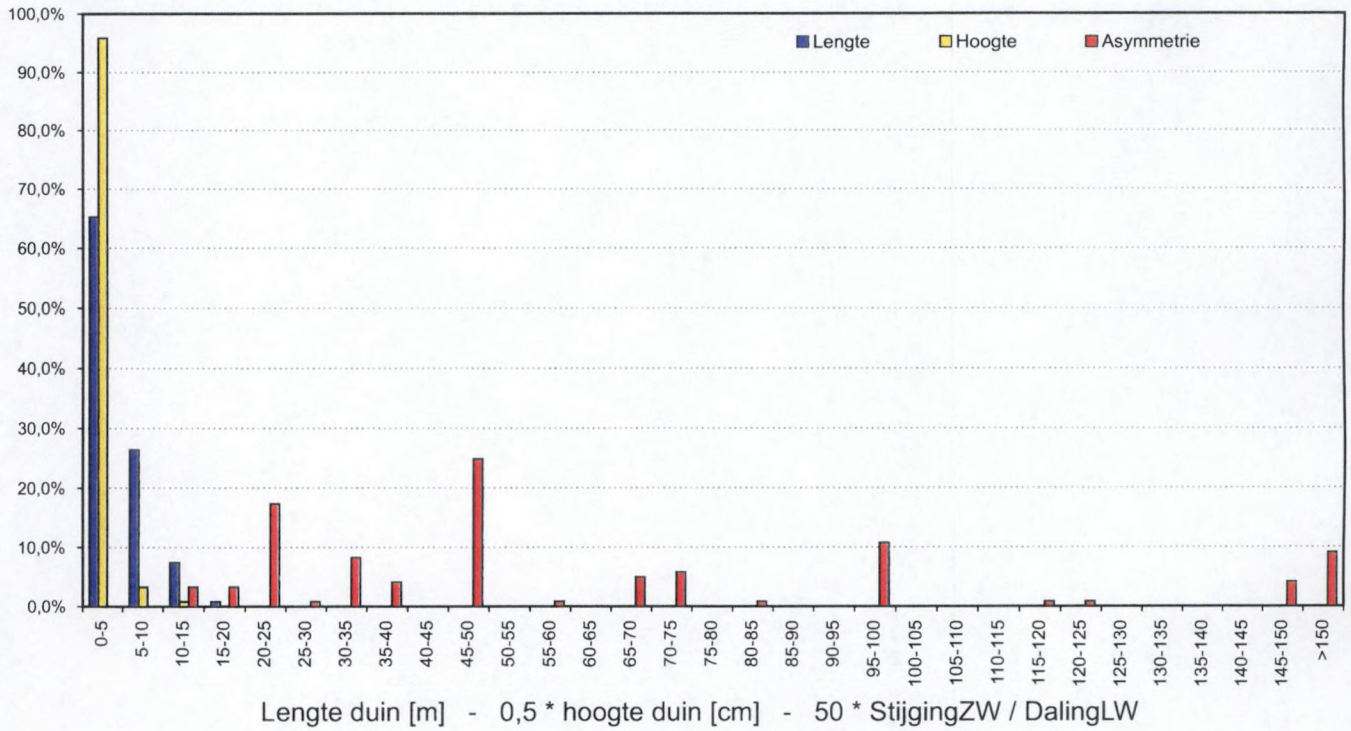




Deelgebied O winterconditie
Profielen (boven) en frequentiediagramma raai O1 (onder)

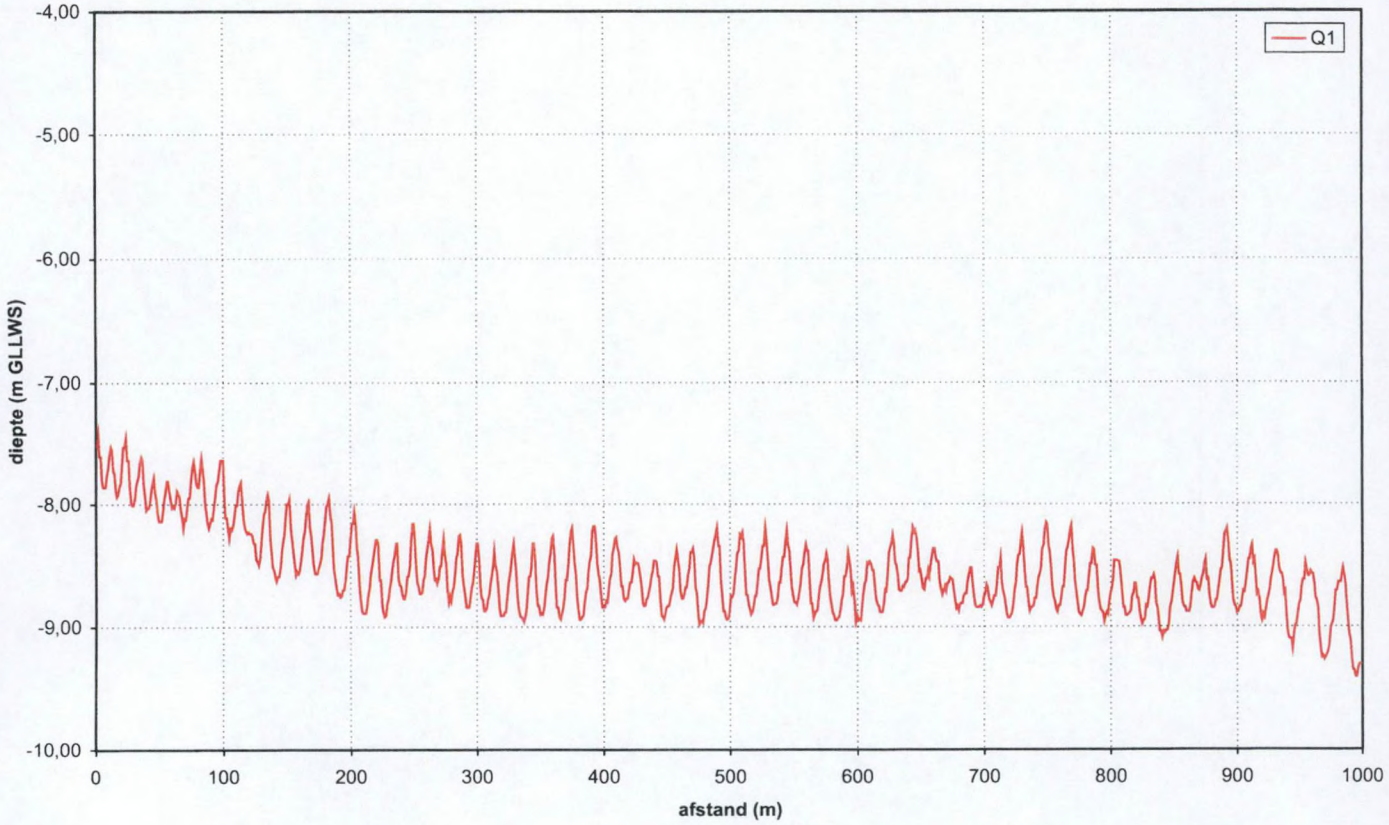


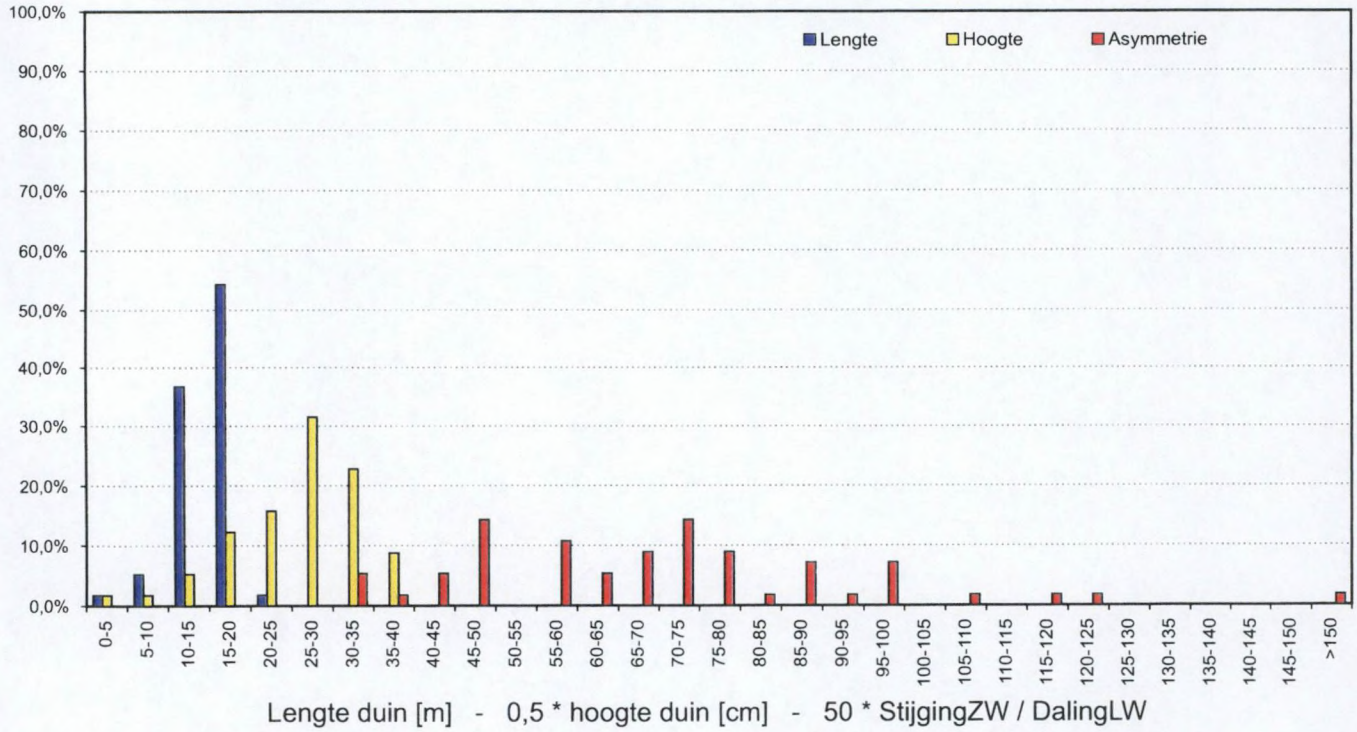

Deelgebied P winterconditie: profielen



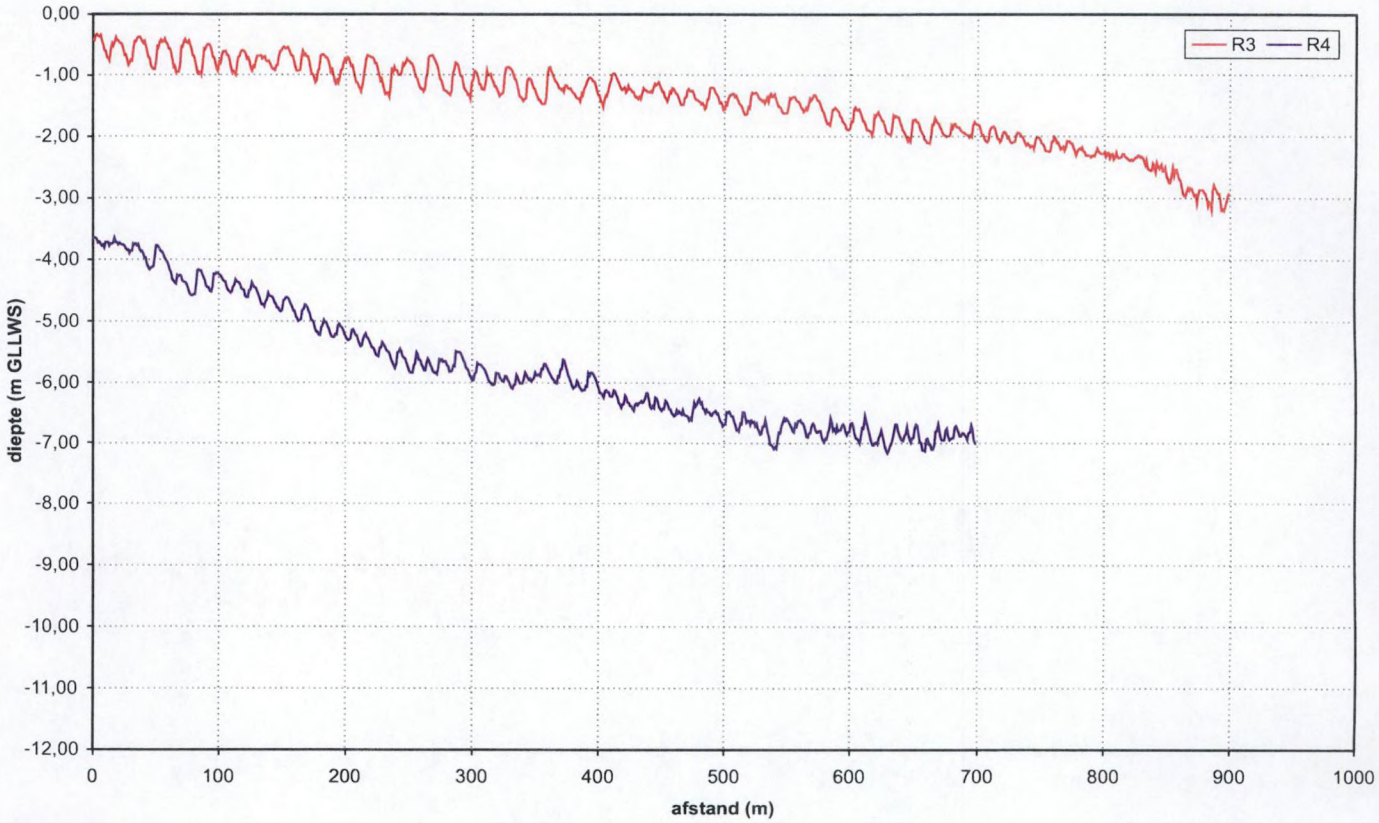




Deelgebied P winterconditie
Frequentiediagramma raai P1 (boven) en raai P2 (onder)

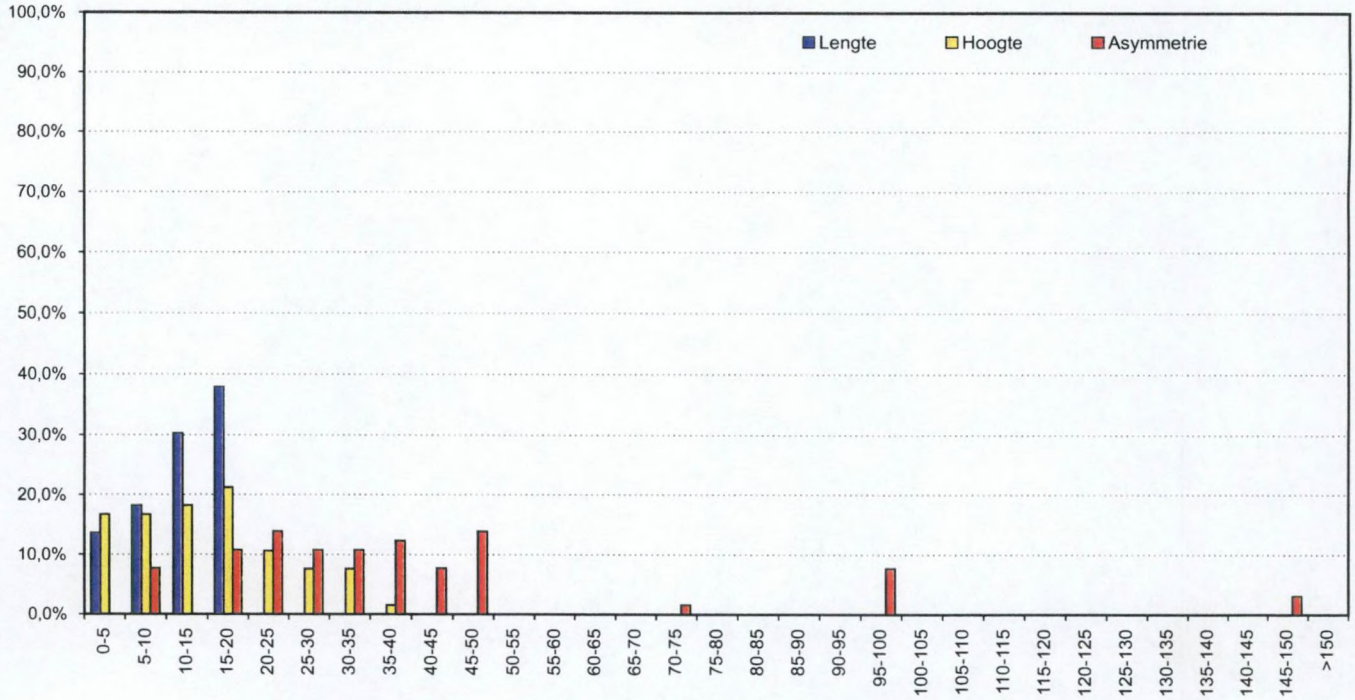


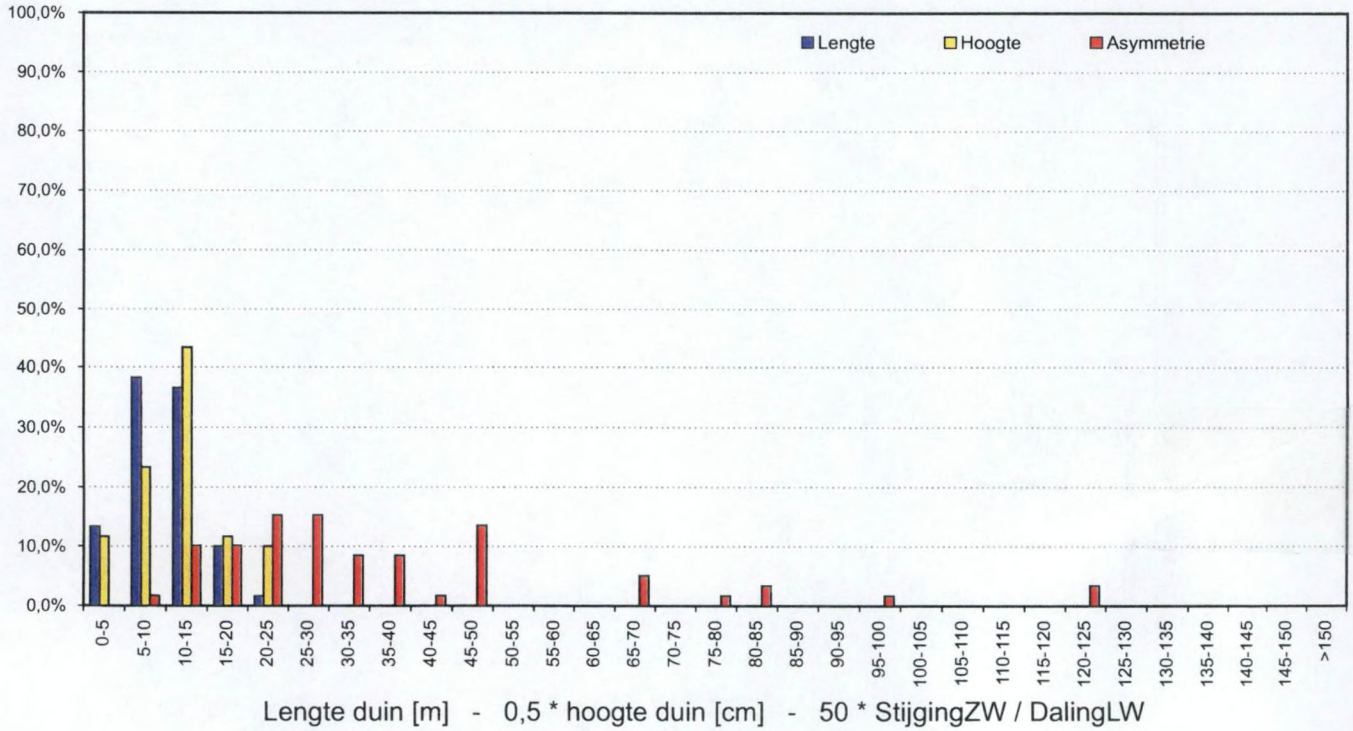




Deelgebied Q winterconditie
Profielen (boven) en frequentiediagramma raai Q1 (onder)

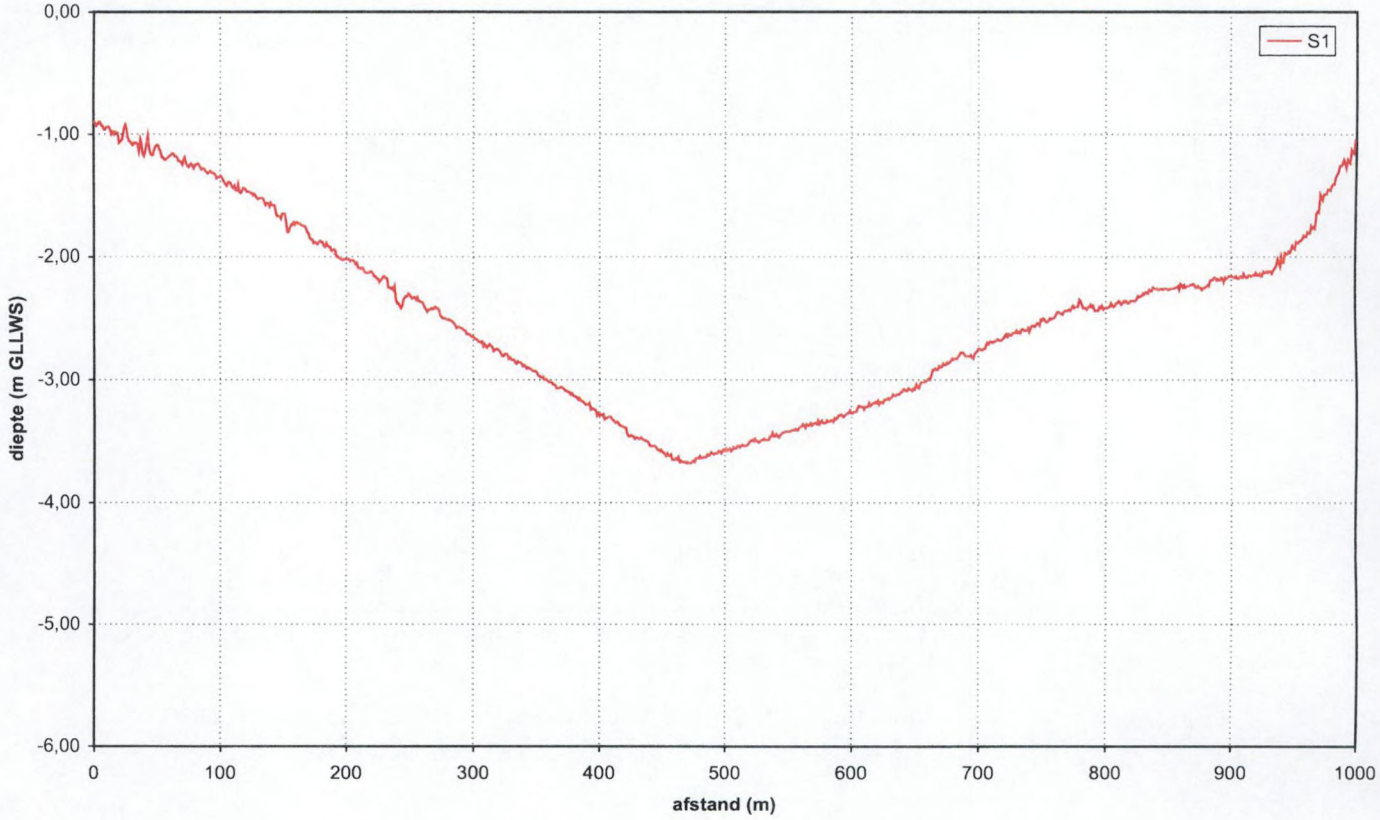


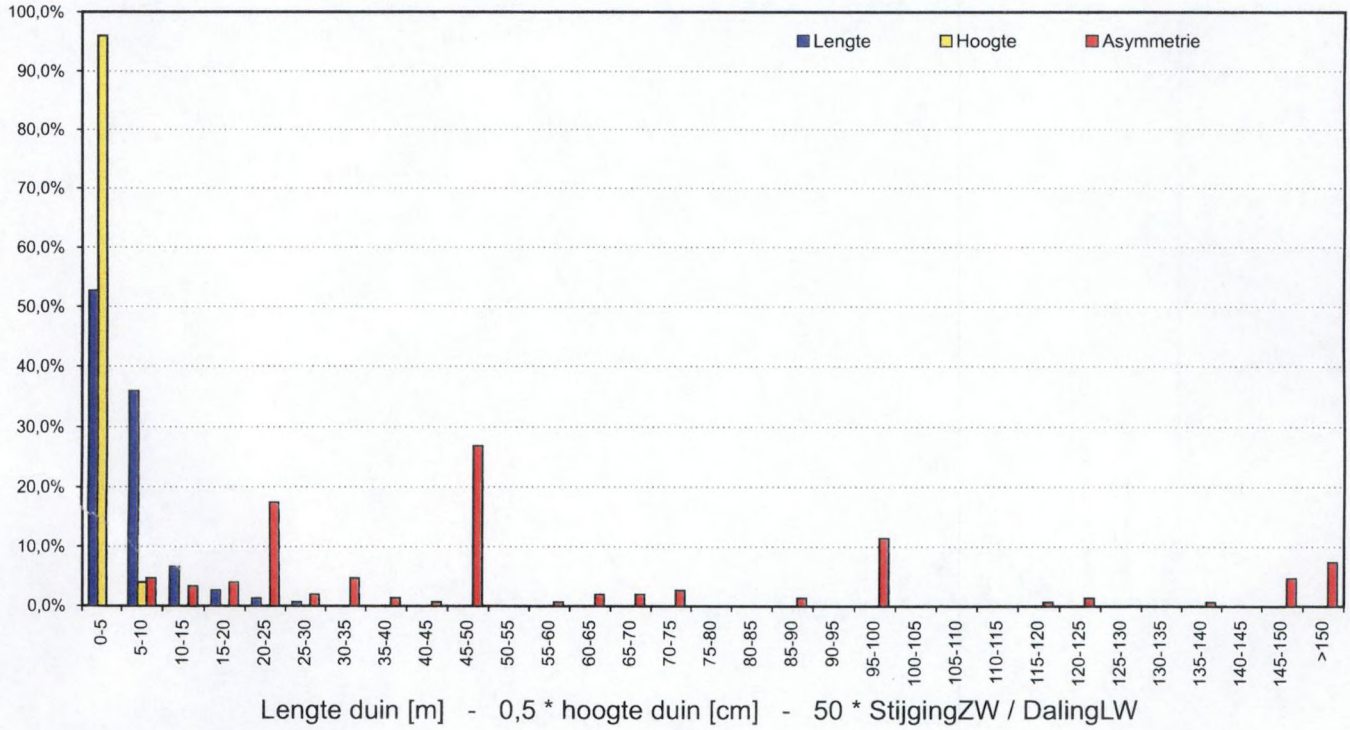

Deelgebied R winterconditie: profielen



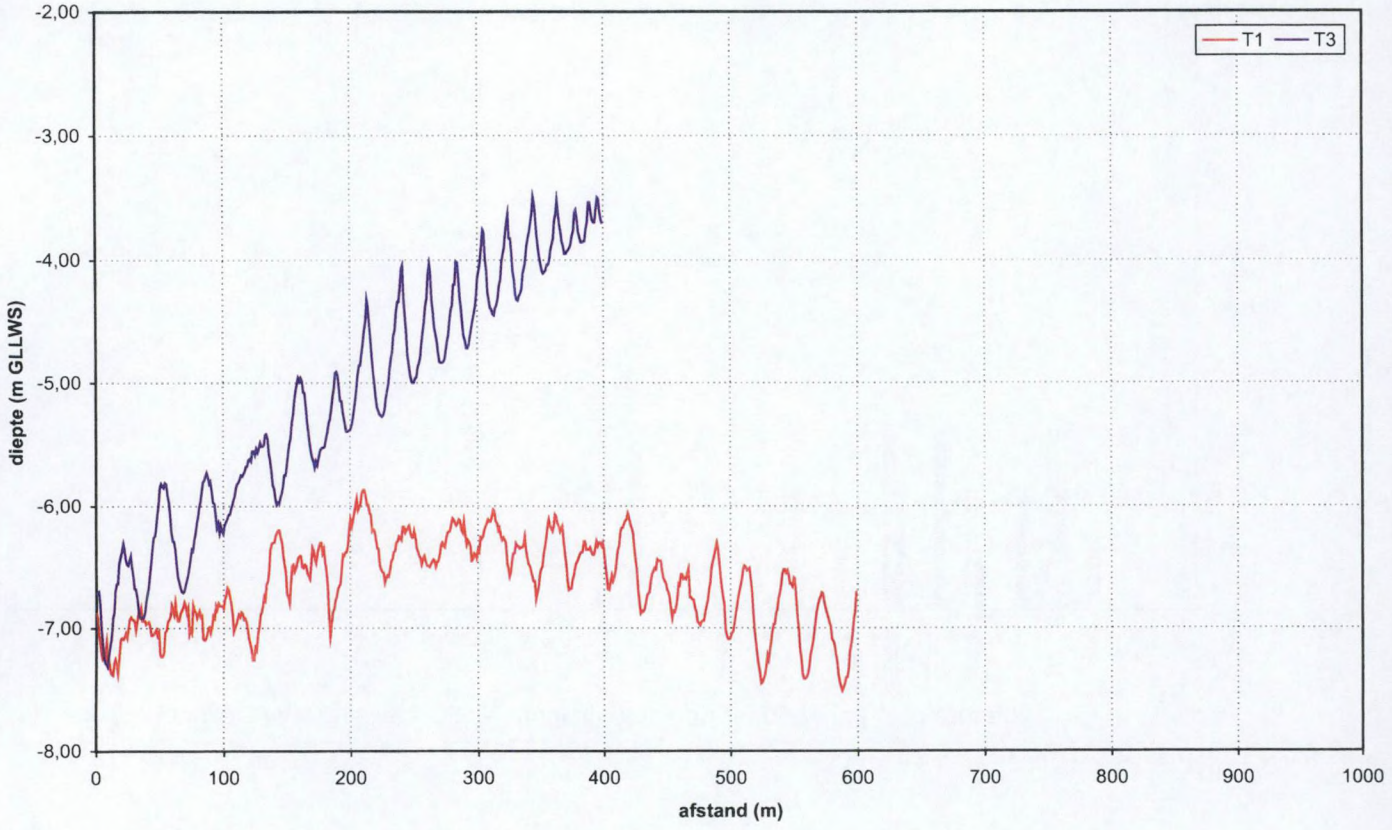




Deelgebied R winterconditie
Frequentiediagramma raai R3 (boven) en raai R4 (onder)

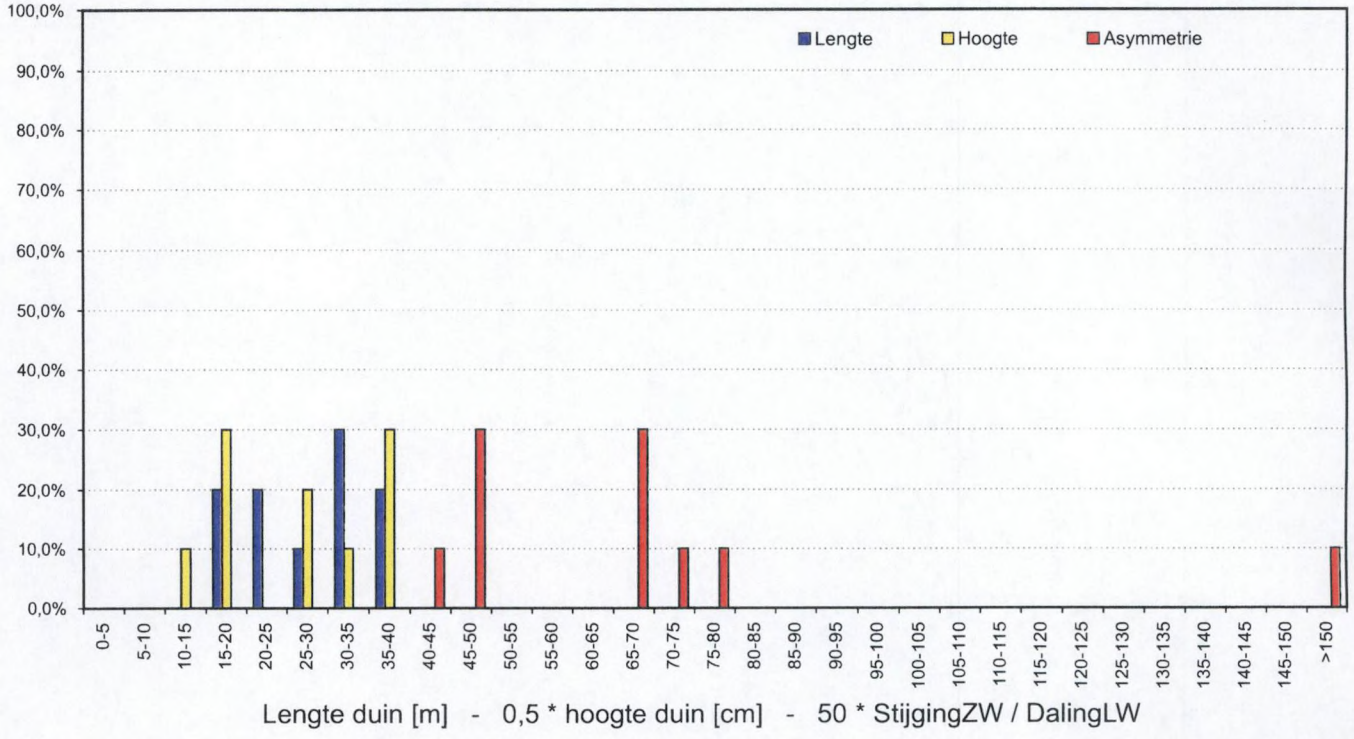


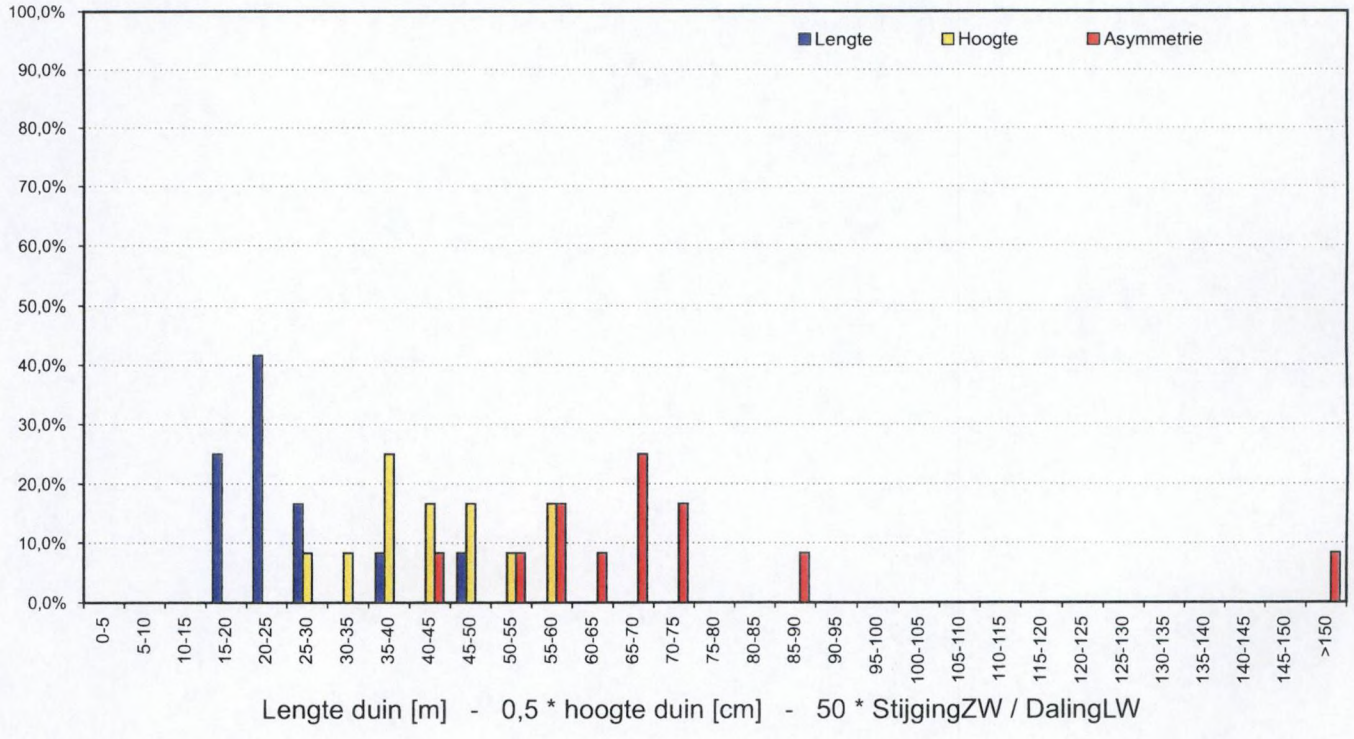




Deelgebied S winterconditie
Profielen (boven) en frequentiediagramma raai S1 (onder)

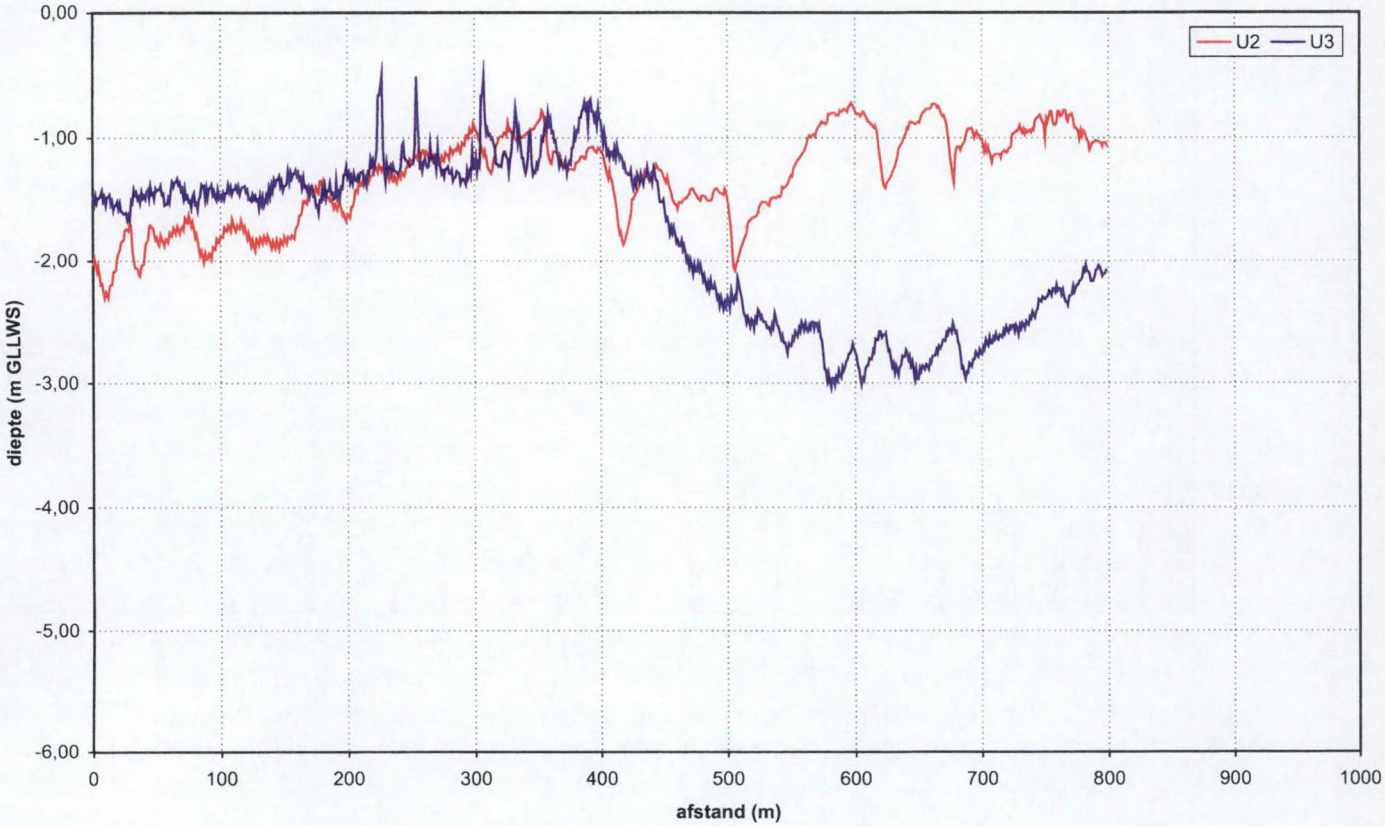



Deelgebied T winterconditie: profielen

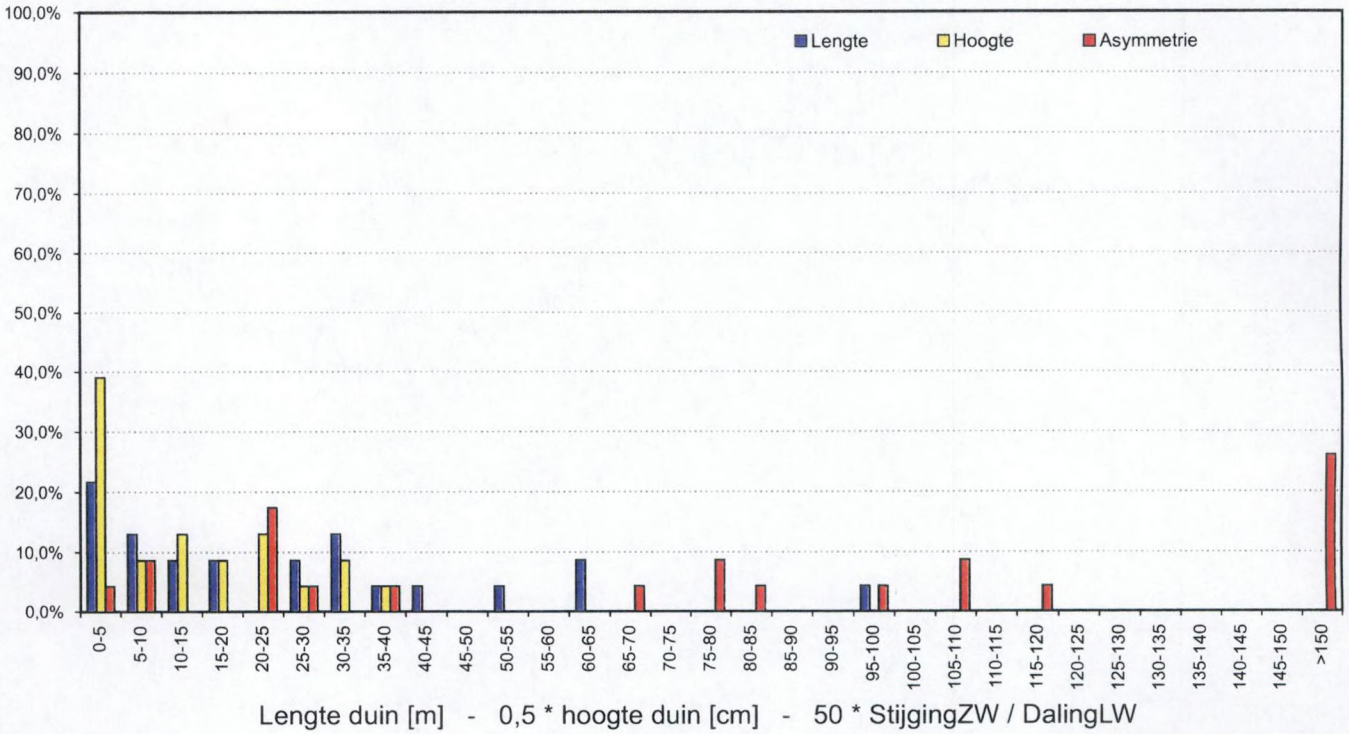


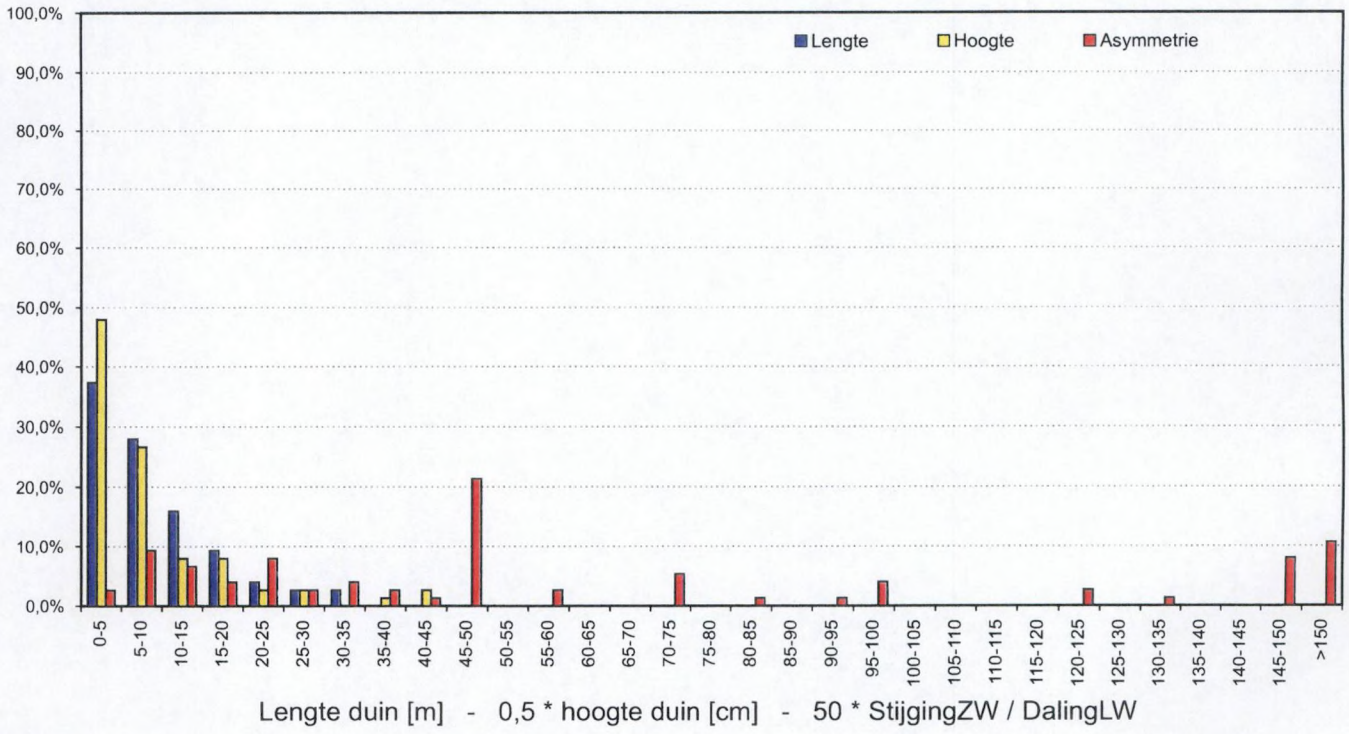




Deelgebied T winterconditie
Frequentiediagramma raai T1 (boven) en raai T3 (onder)

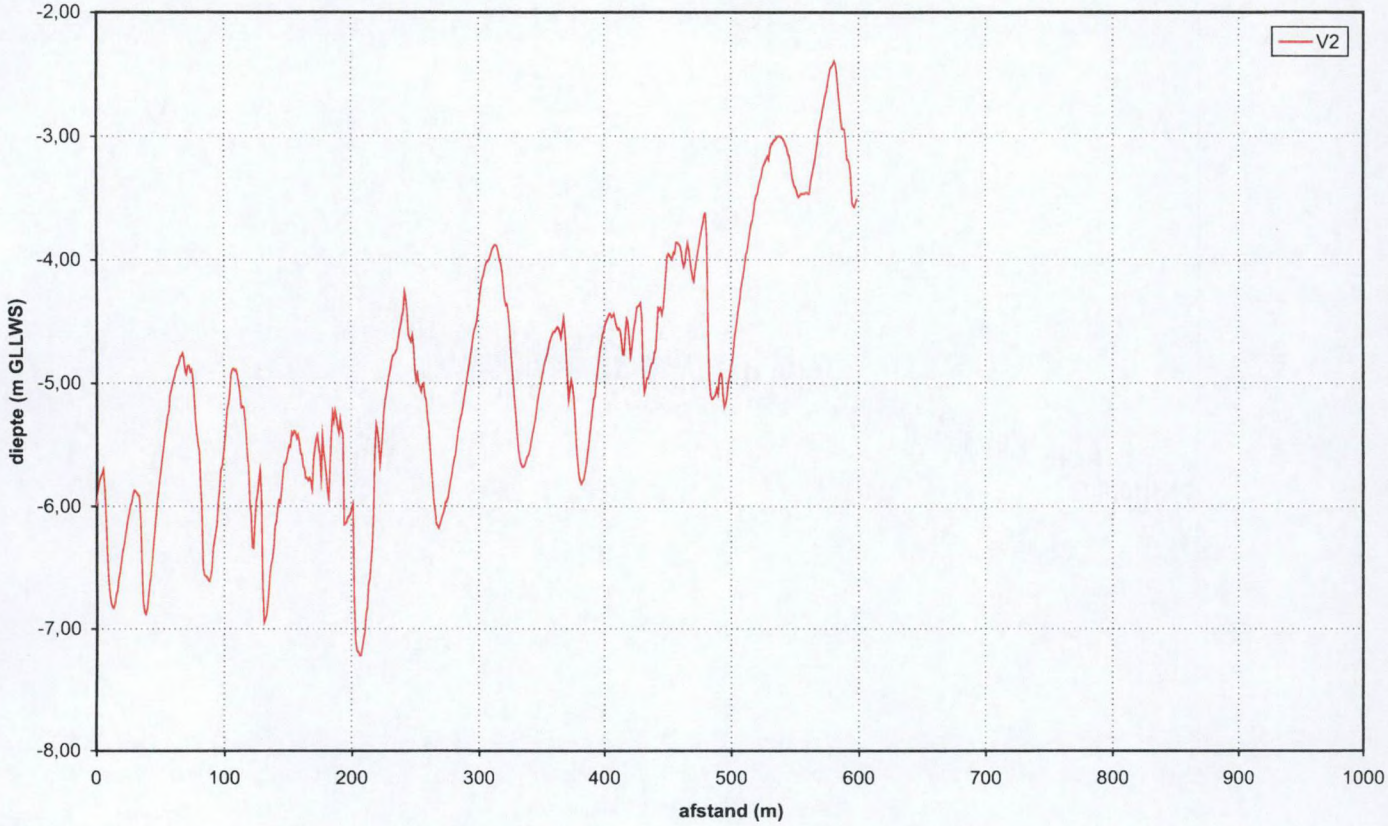


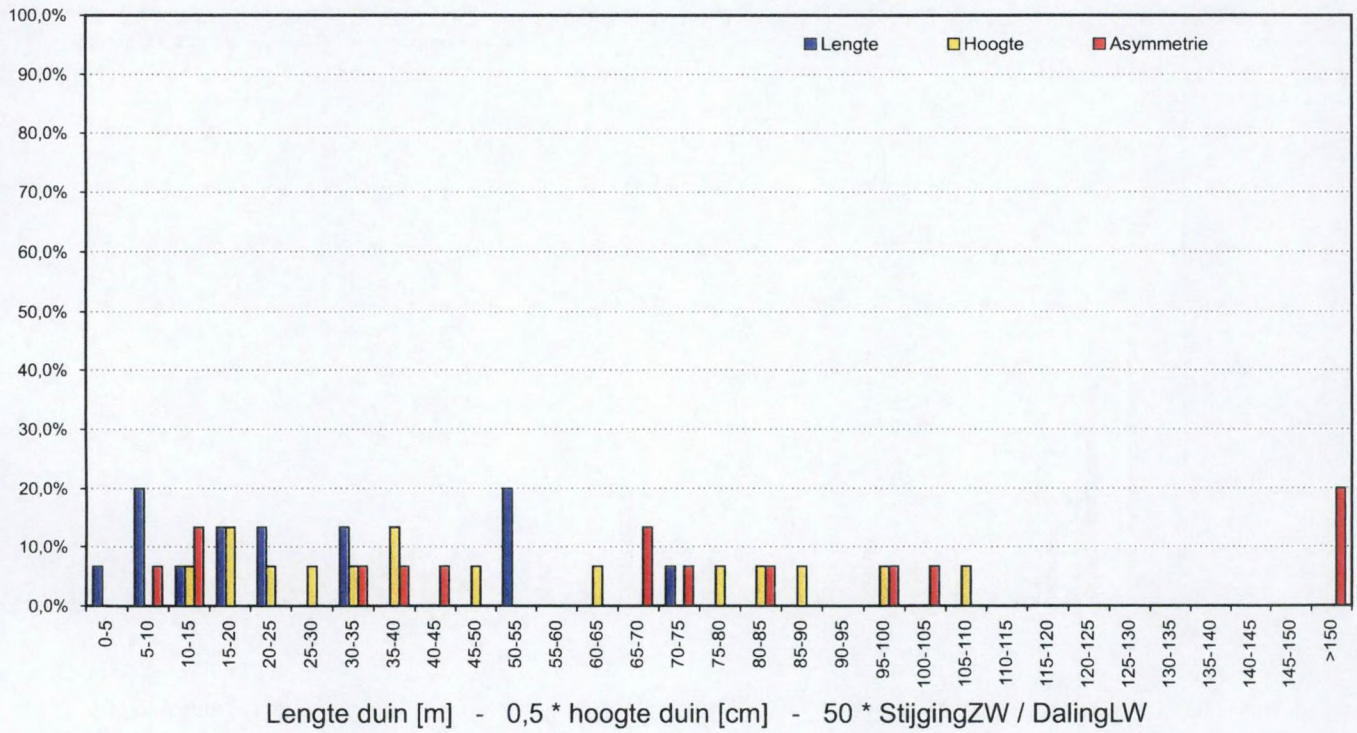

Deelgebied U winterconditie: profielen



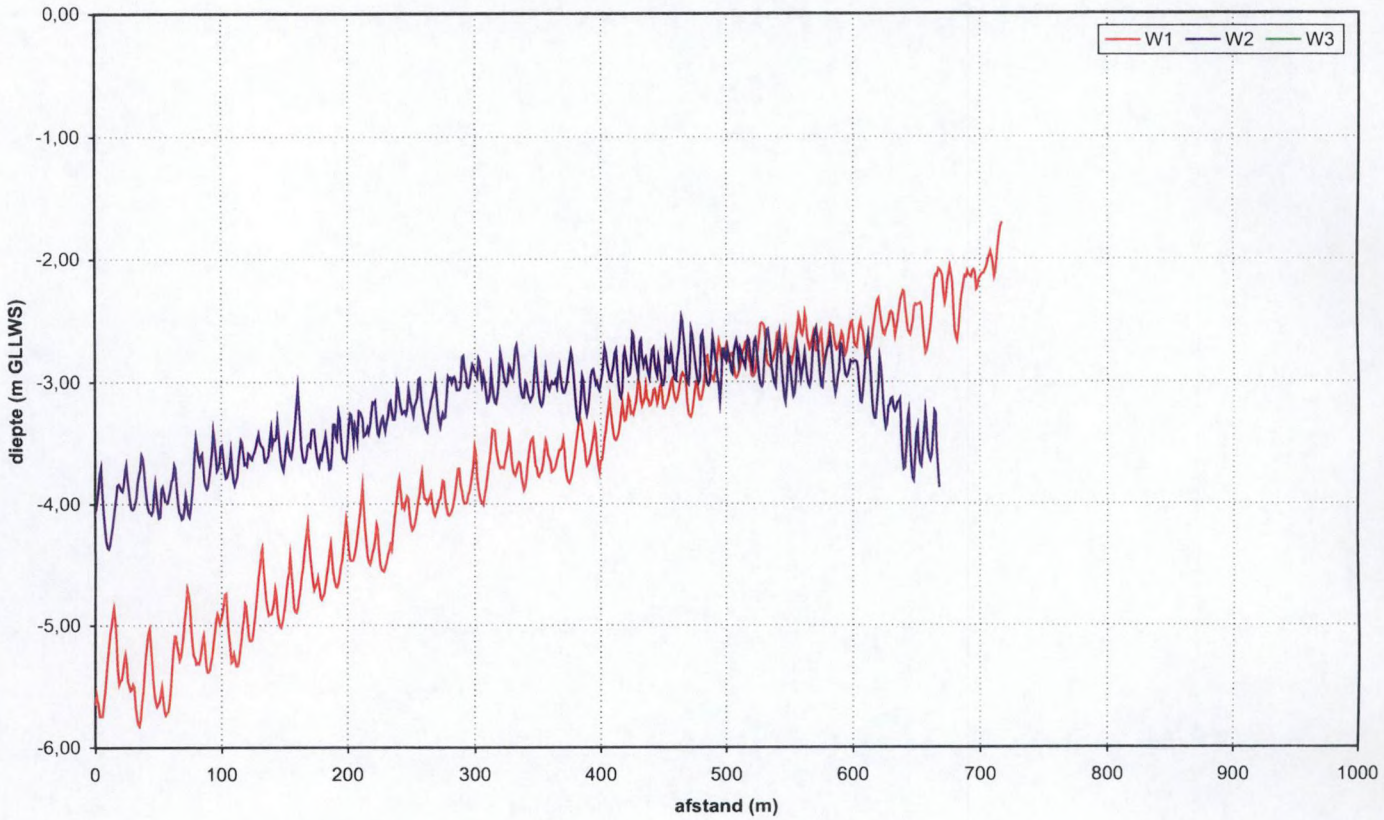



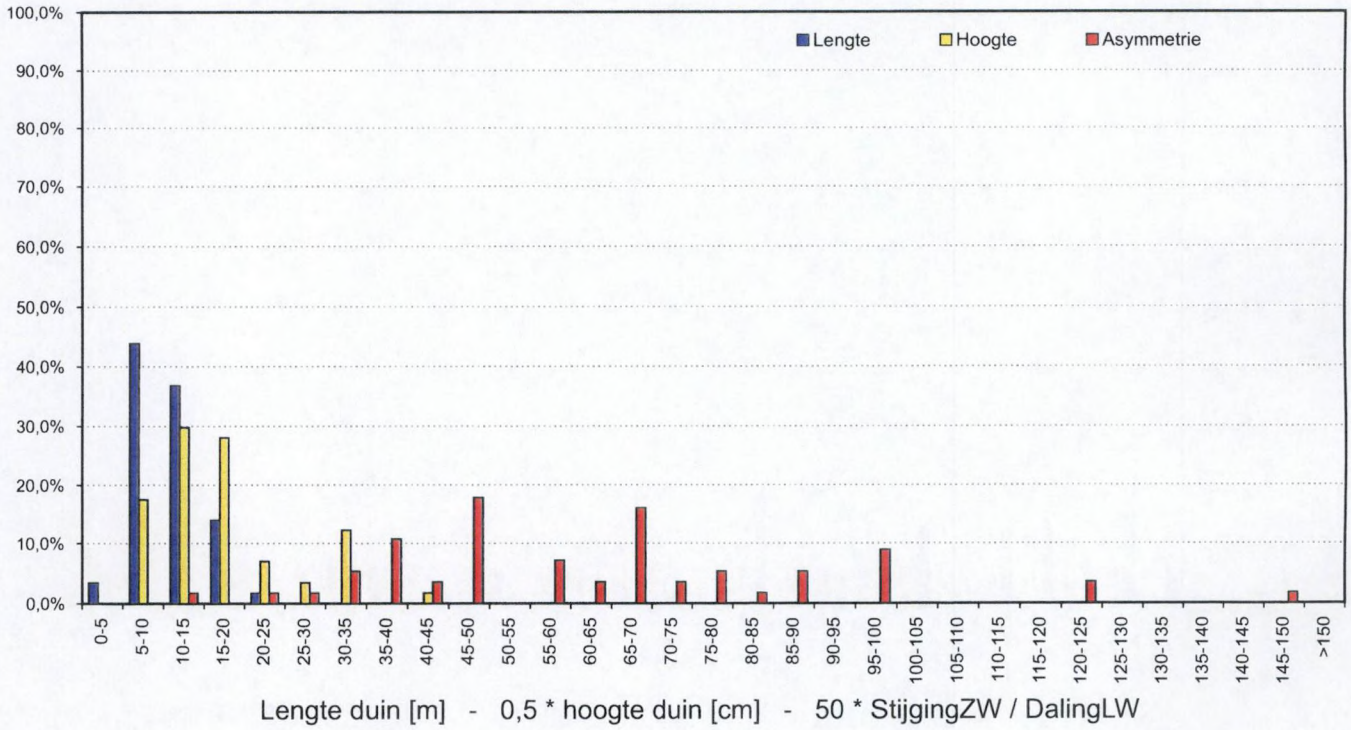

Deelgebied U winterconditie
Frequentiediagramma raai U2 (boven) en raai U3 (onder)



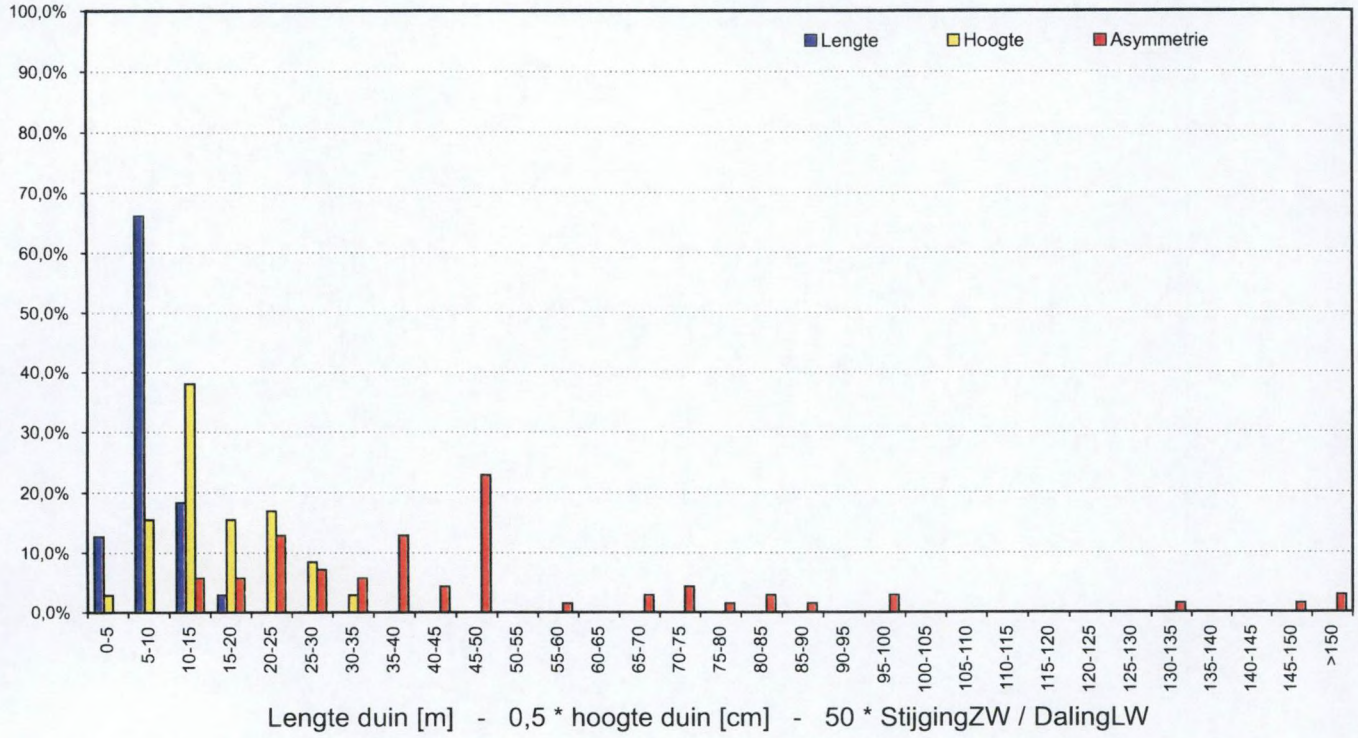



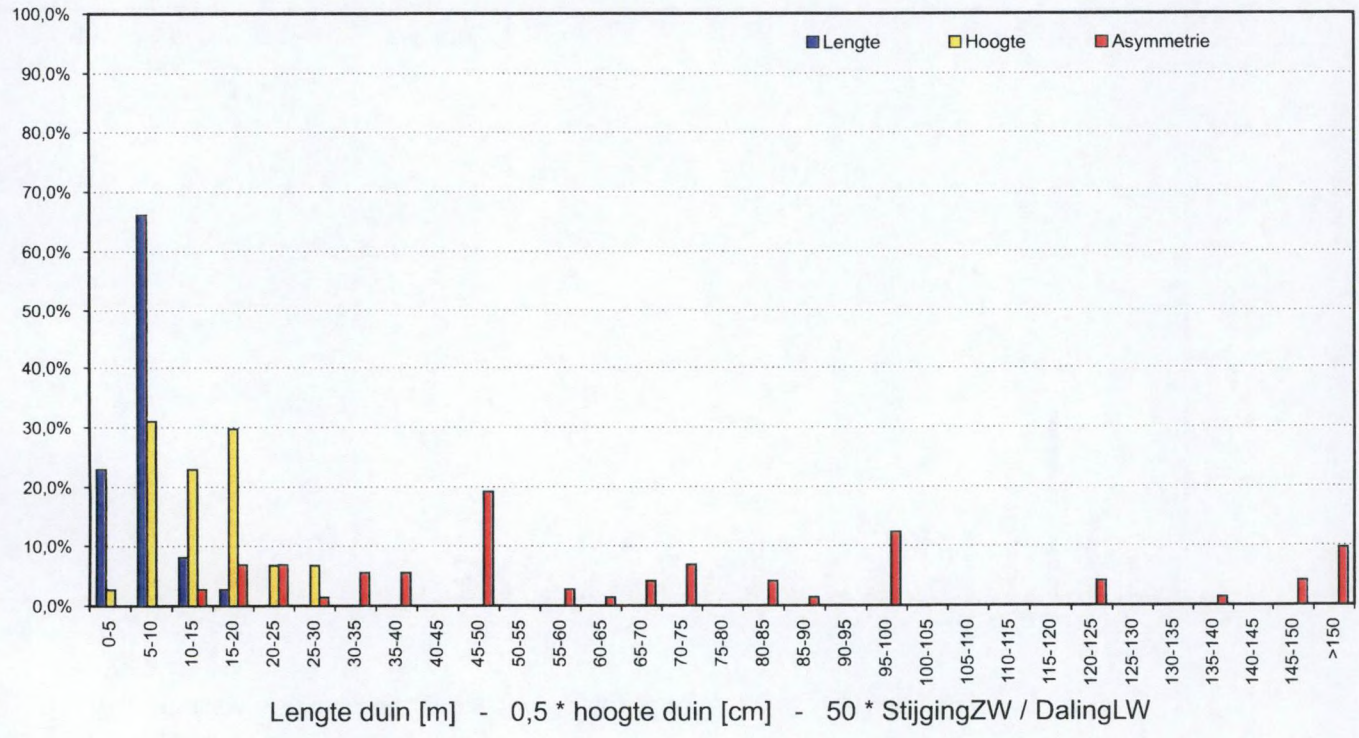

Deelgebied V winterconditie
Profielen (boven) en frequentiediagramma raai V2 (onder)



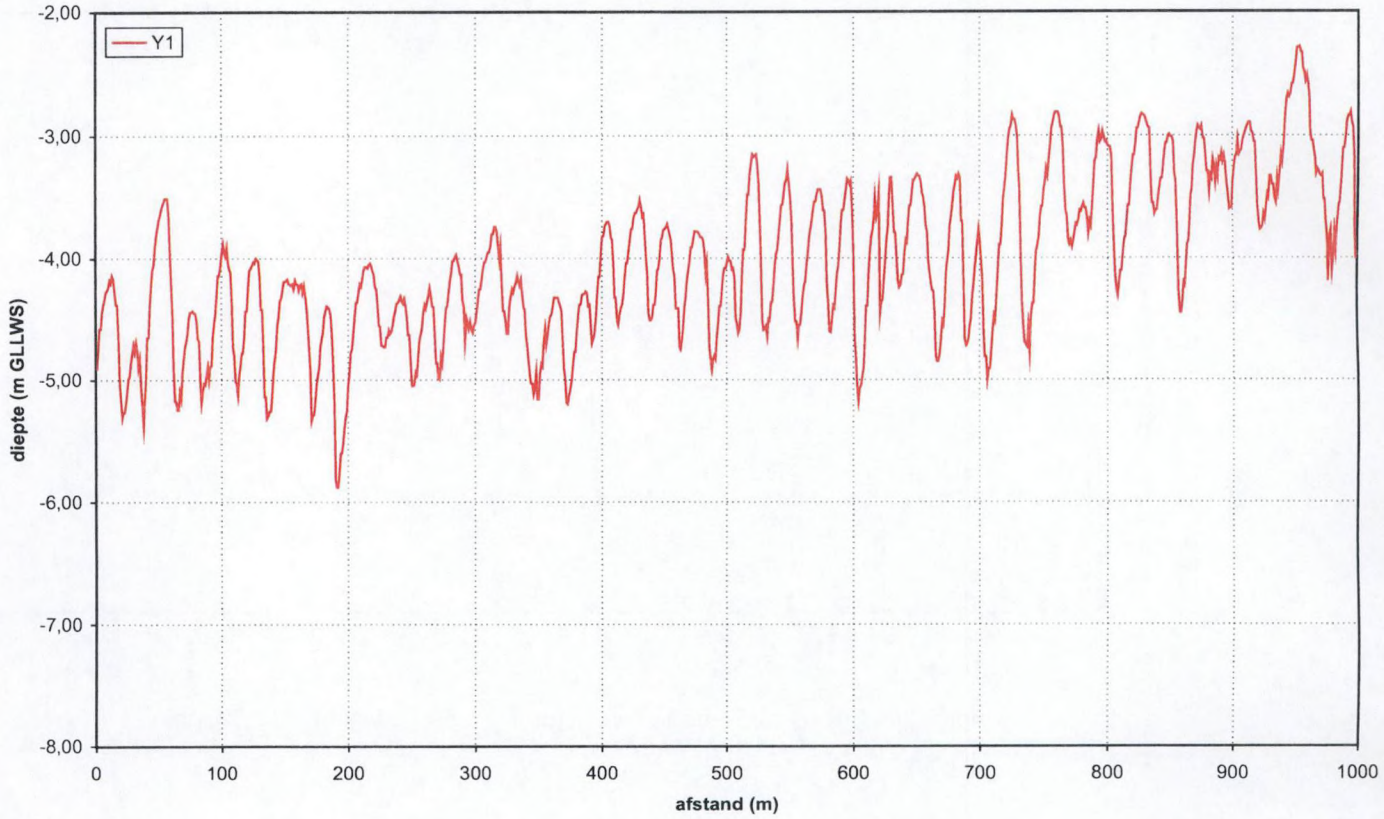



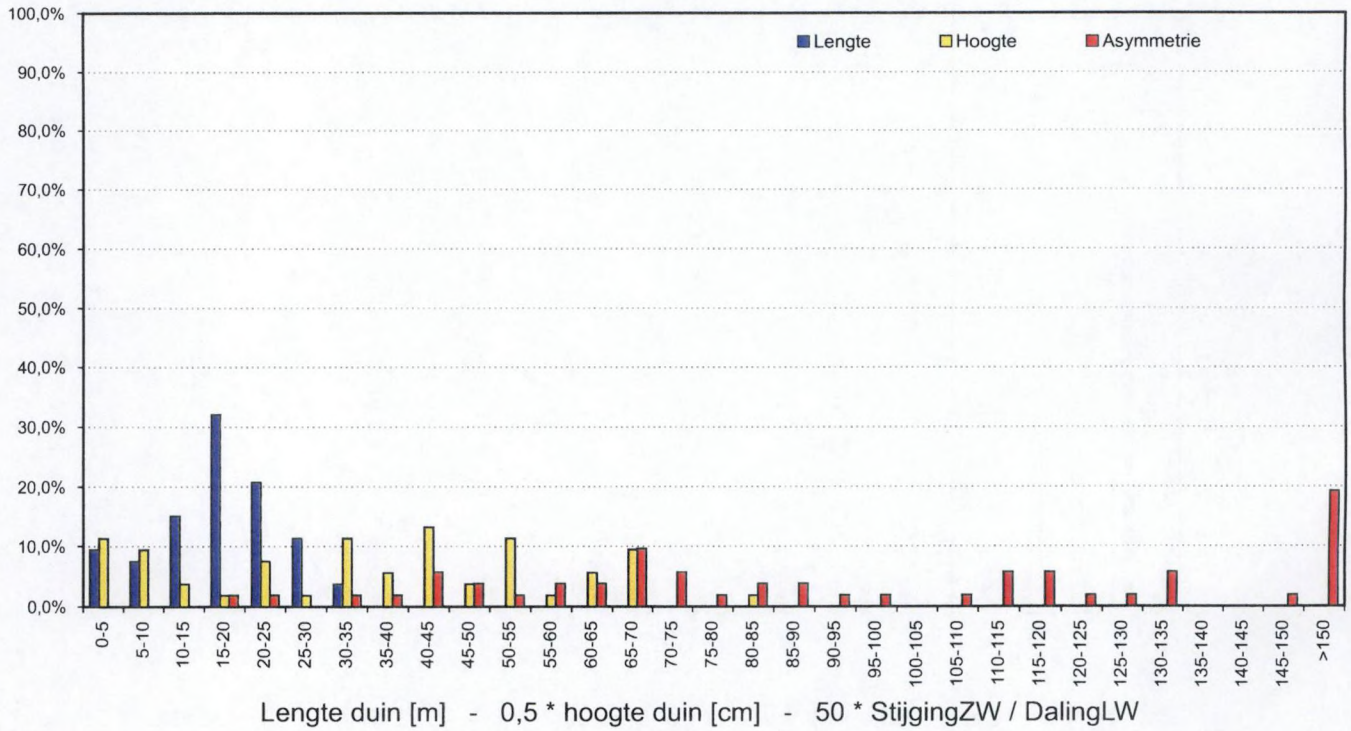

Deelgebied W winterconditie
Profielen (boven) en frequentiediagramma raai W1 (onder)



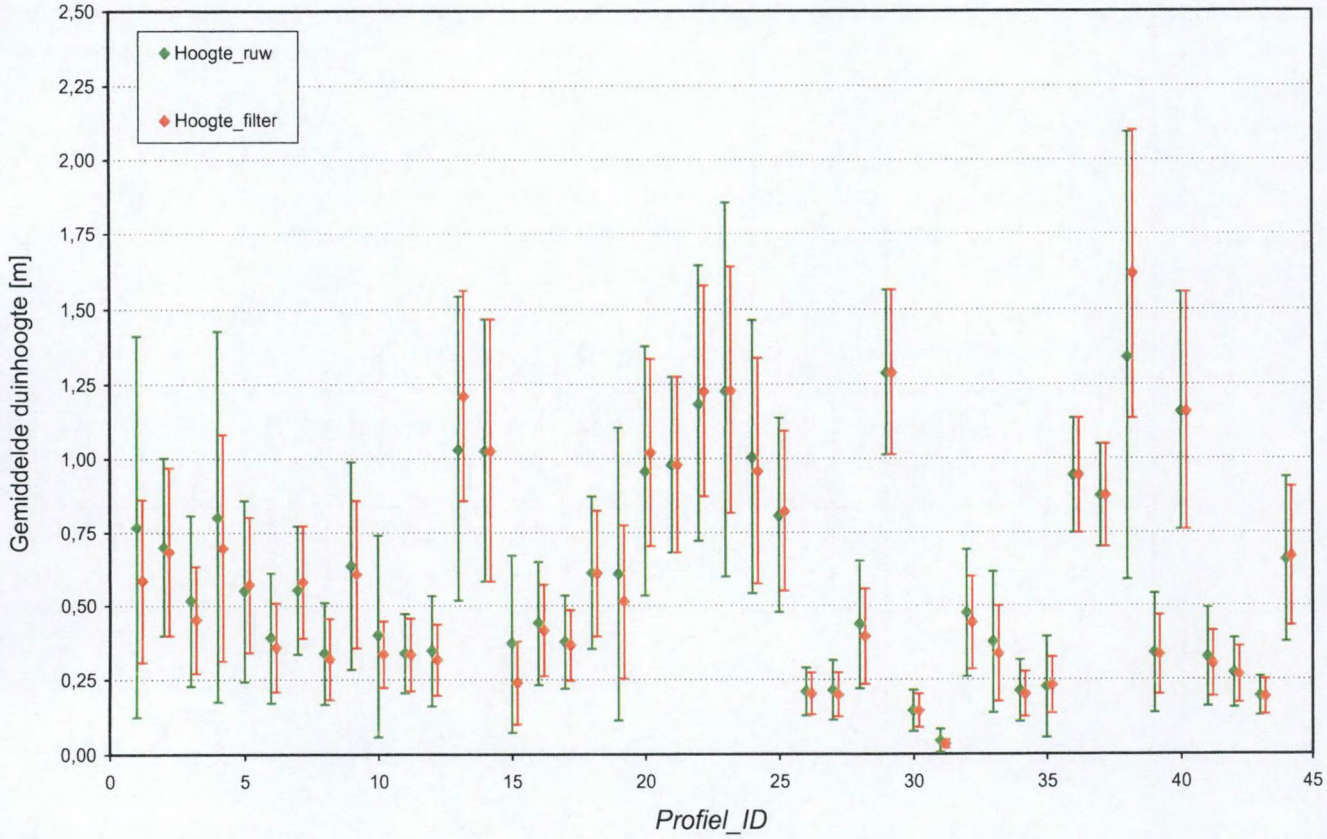



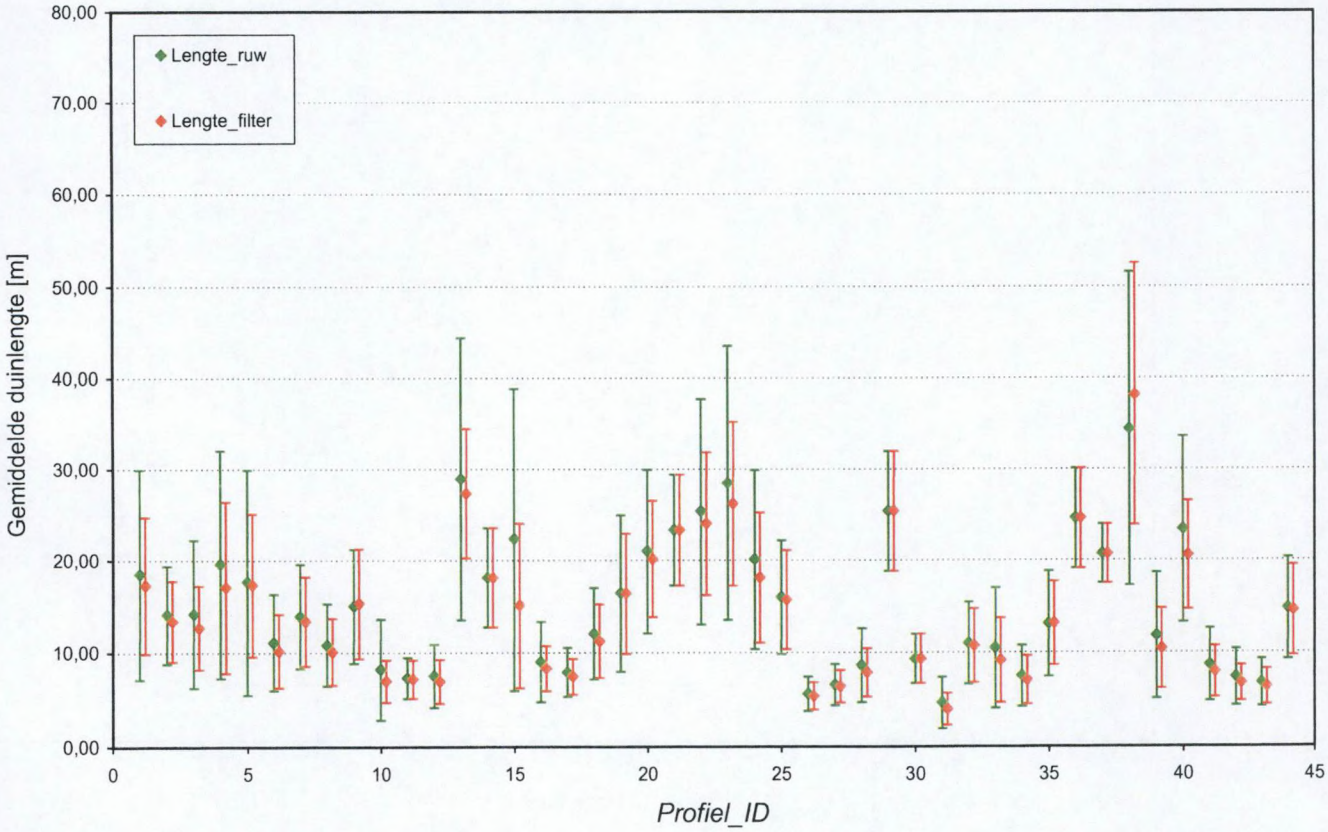

Deelgebied W winterconditie
Frequentiediagramma raai W2 (boven) en raai W3 (onder)



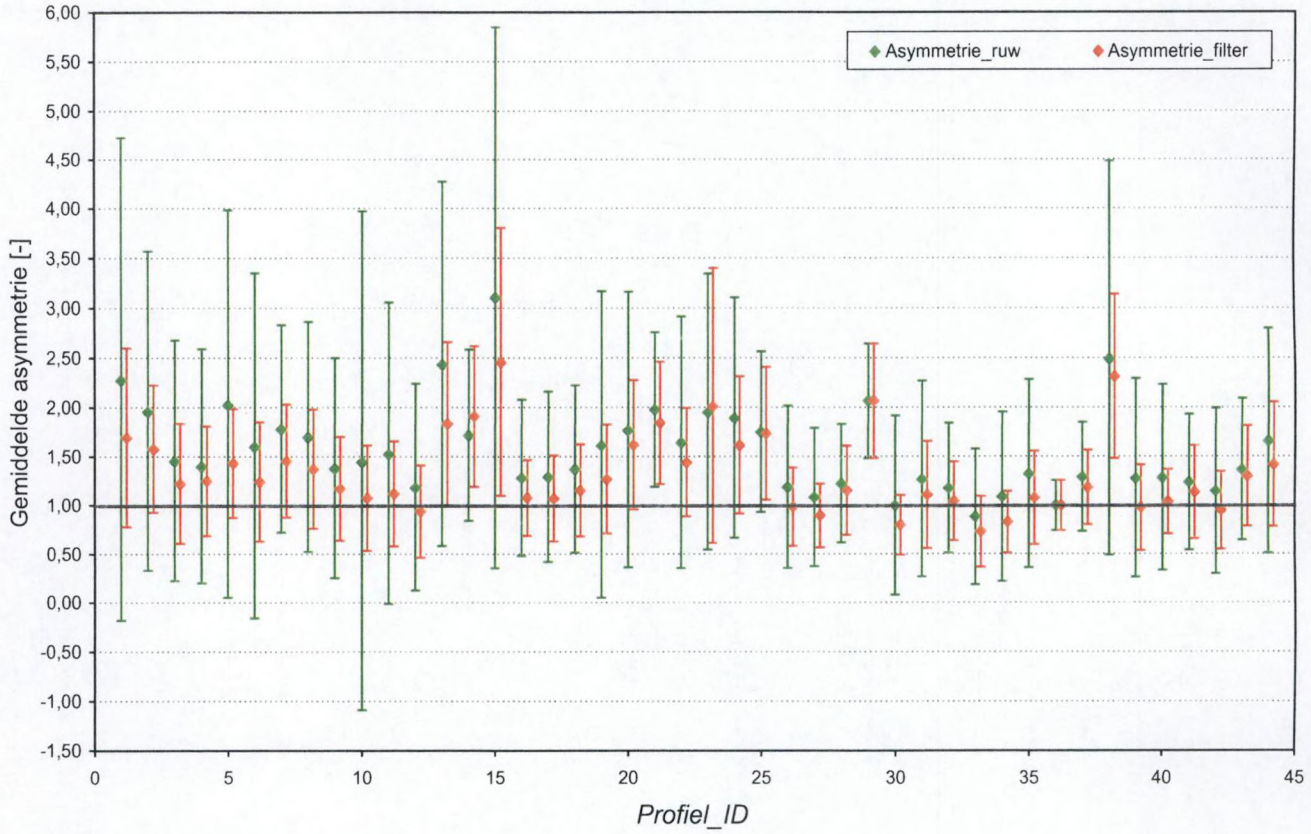



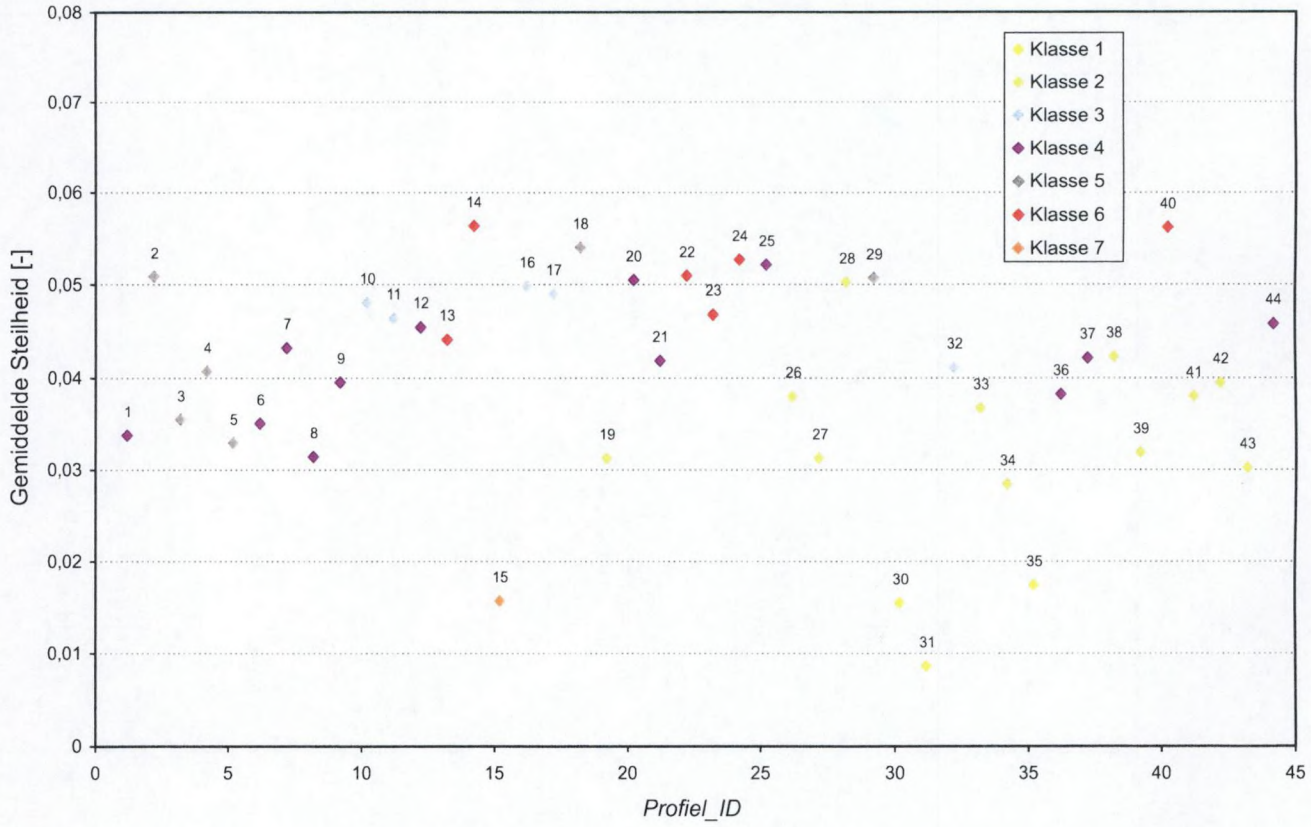

Deelgebied Y winterconditie
Profielen (boven) en frequentiediagramma raai Y1 (onder)



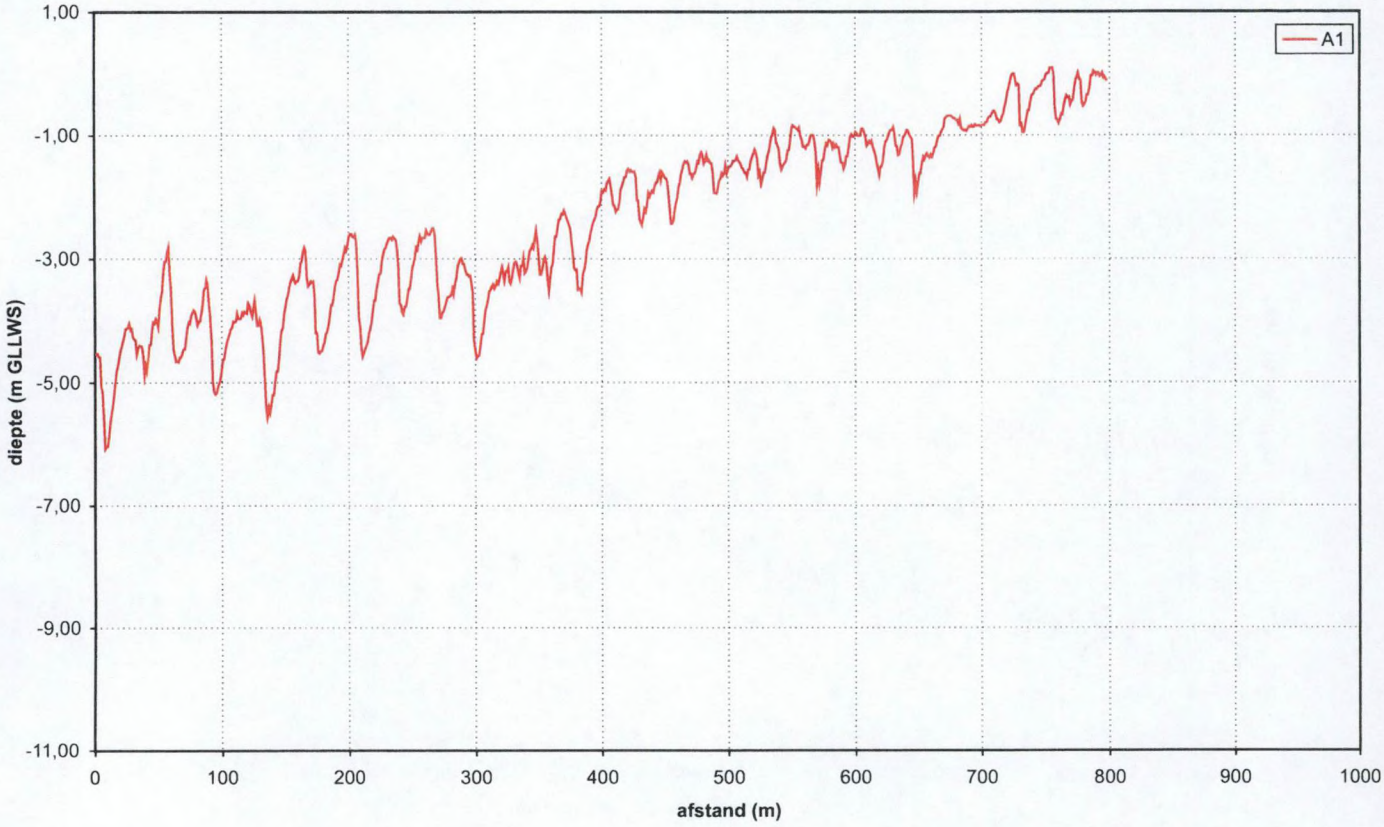



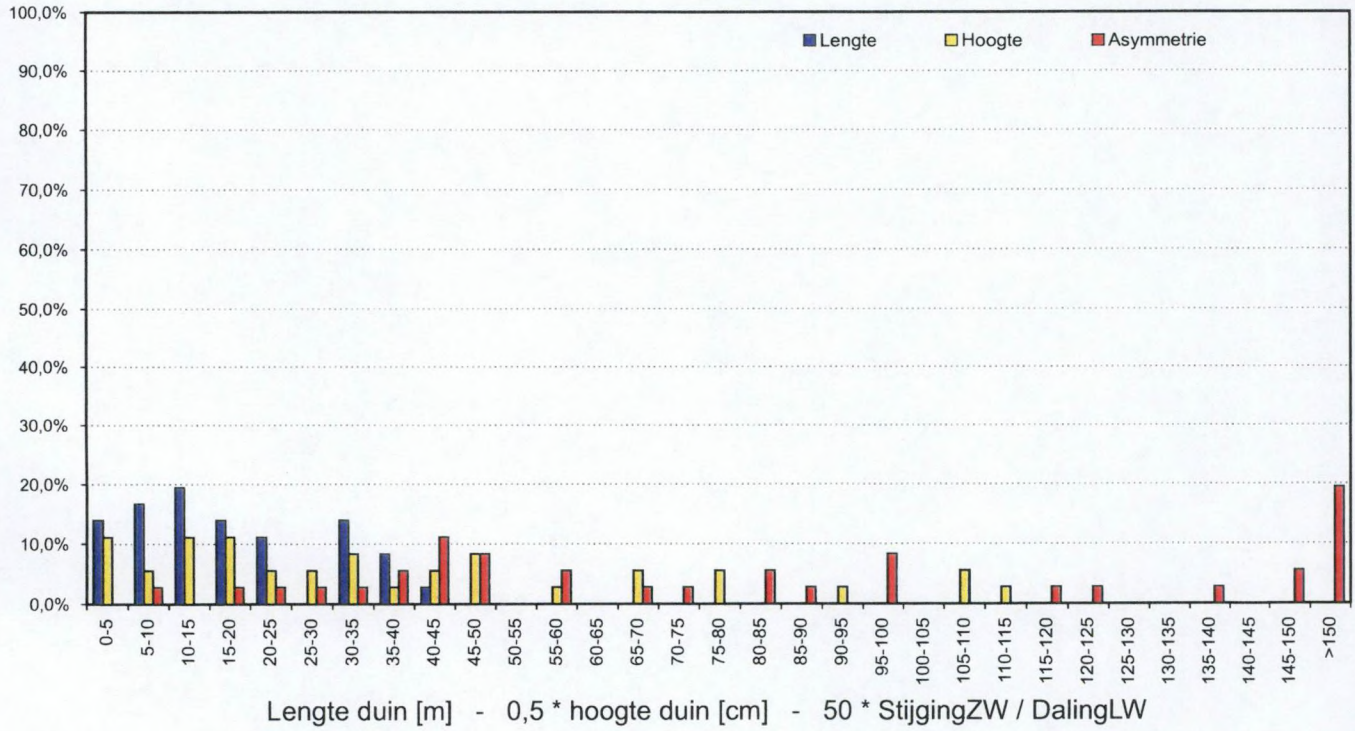

Overzicht gemiddelde hoogte (boven) en lengte (onder) van de bodemvormen per raai bij zomerconditie



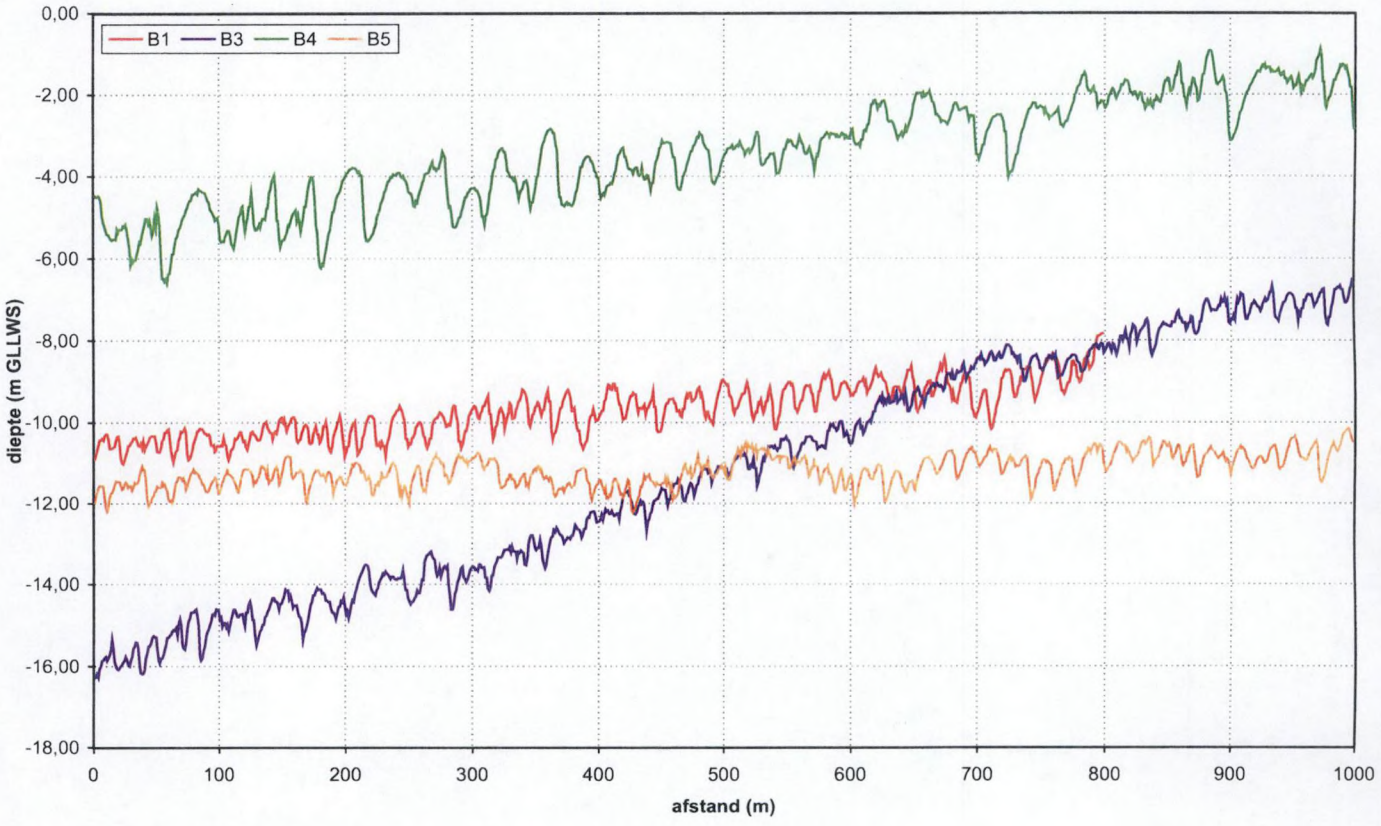




Overzicht gemiddelde asymmetrie (boven) en steilheid (onder) van de bodemvormen per raai bij zomerconditie

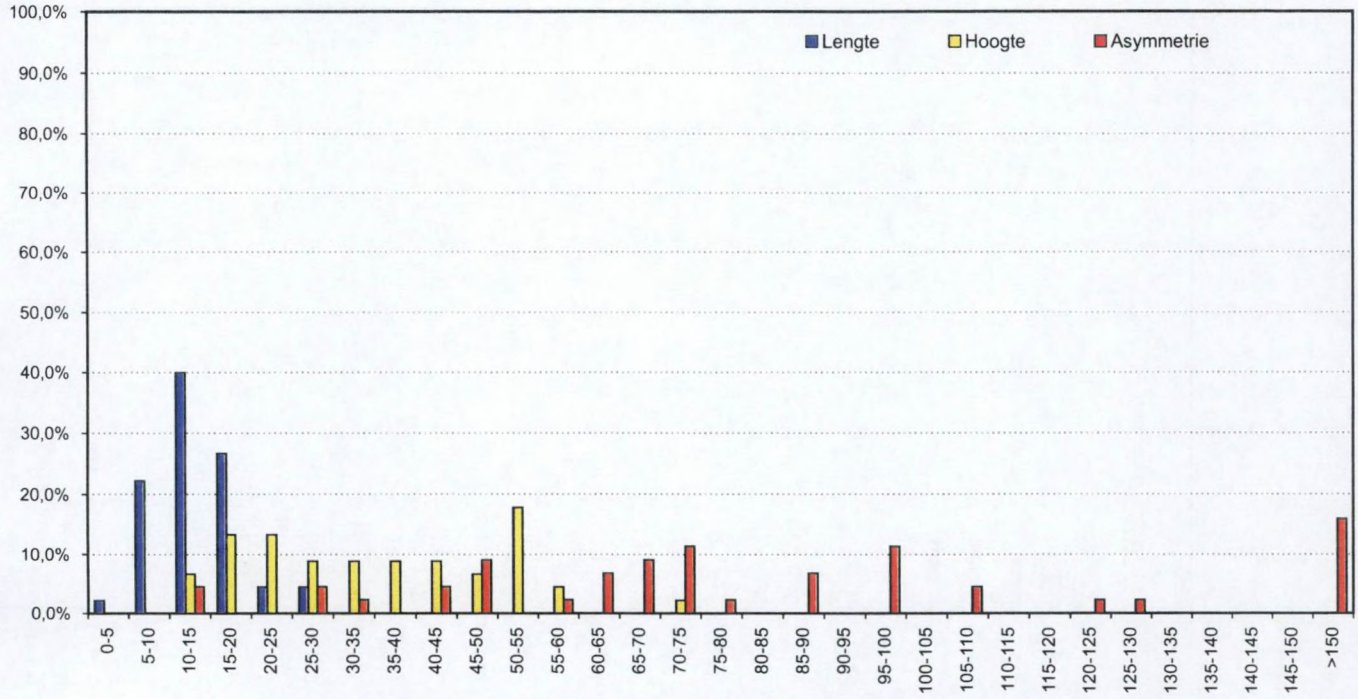


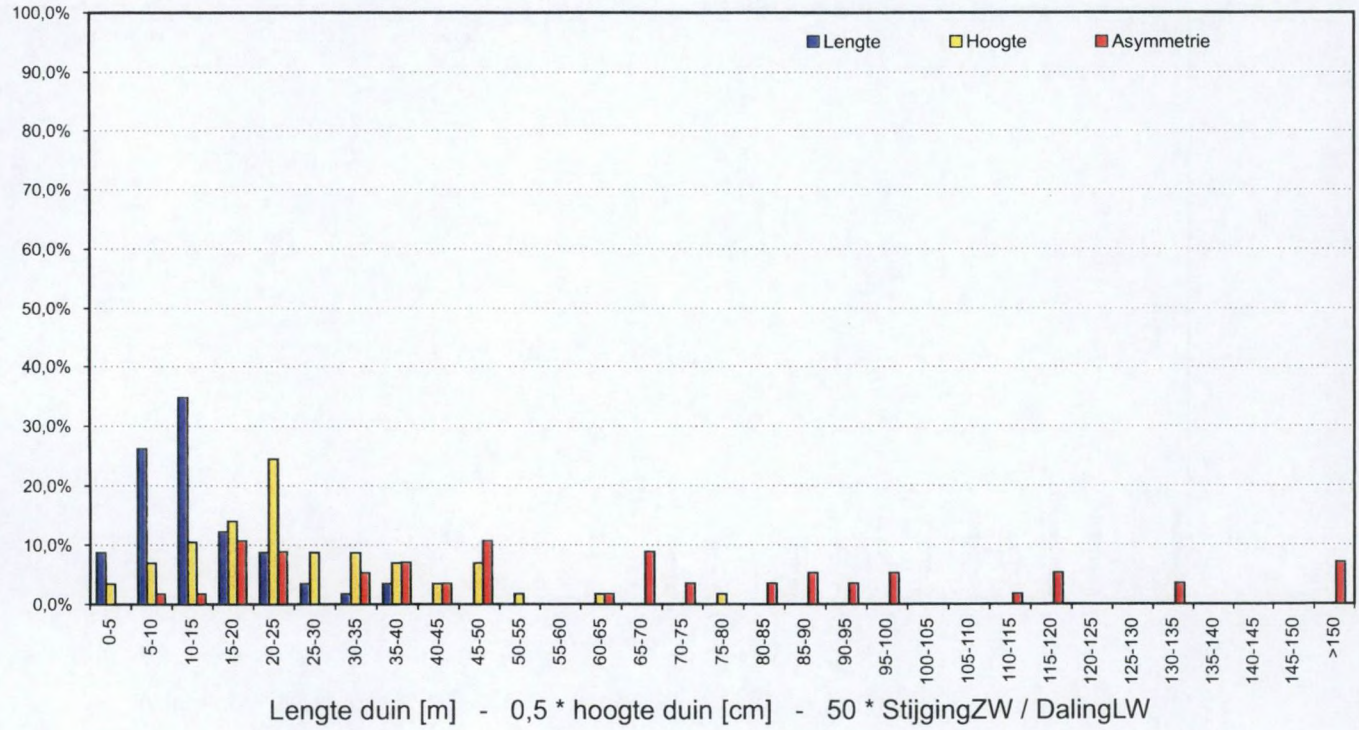




Deelgebied A zomerconditie
Profielen (boven) en frequentiediagramma raai A1 (onder)

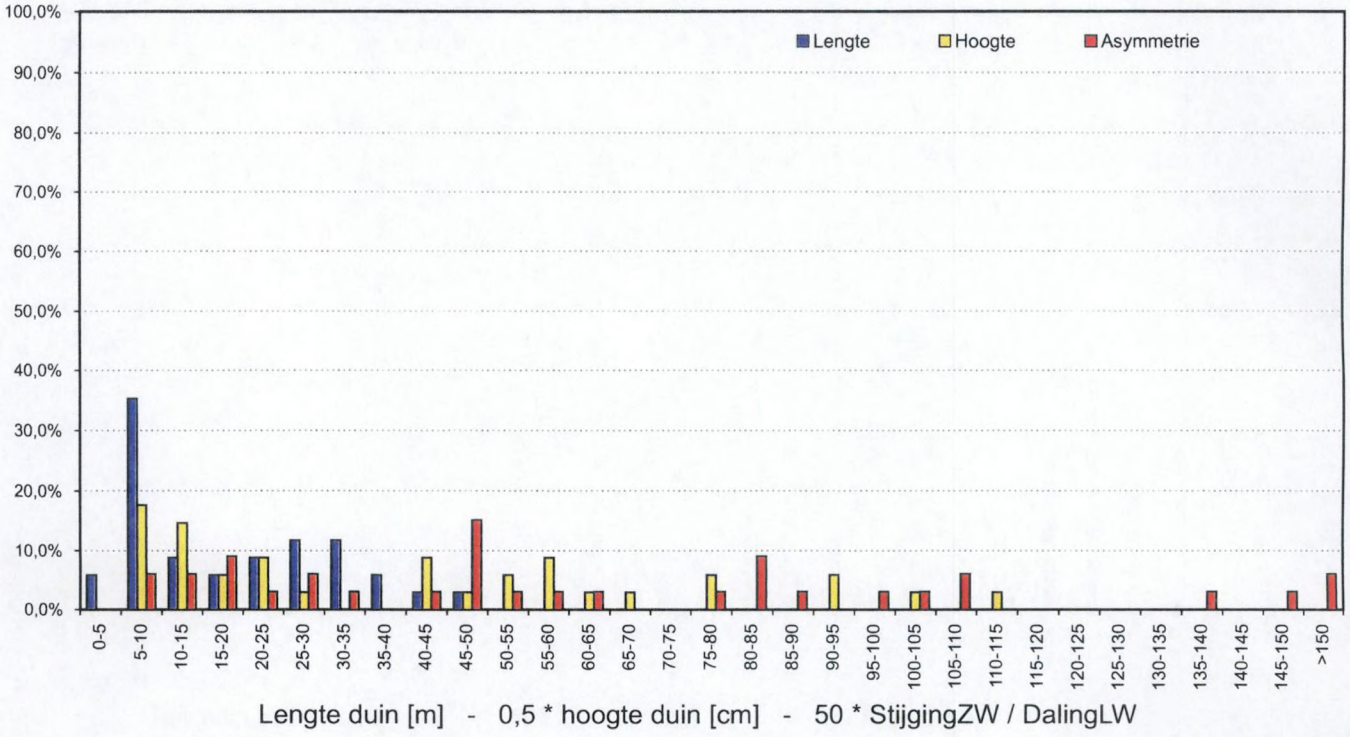


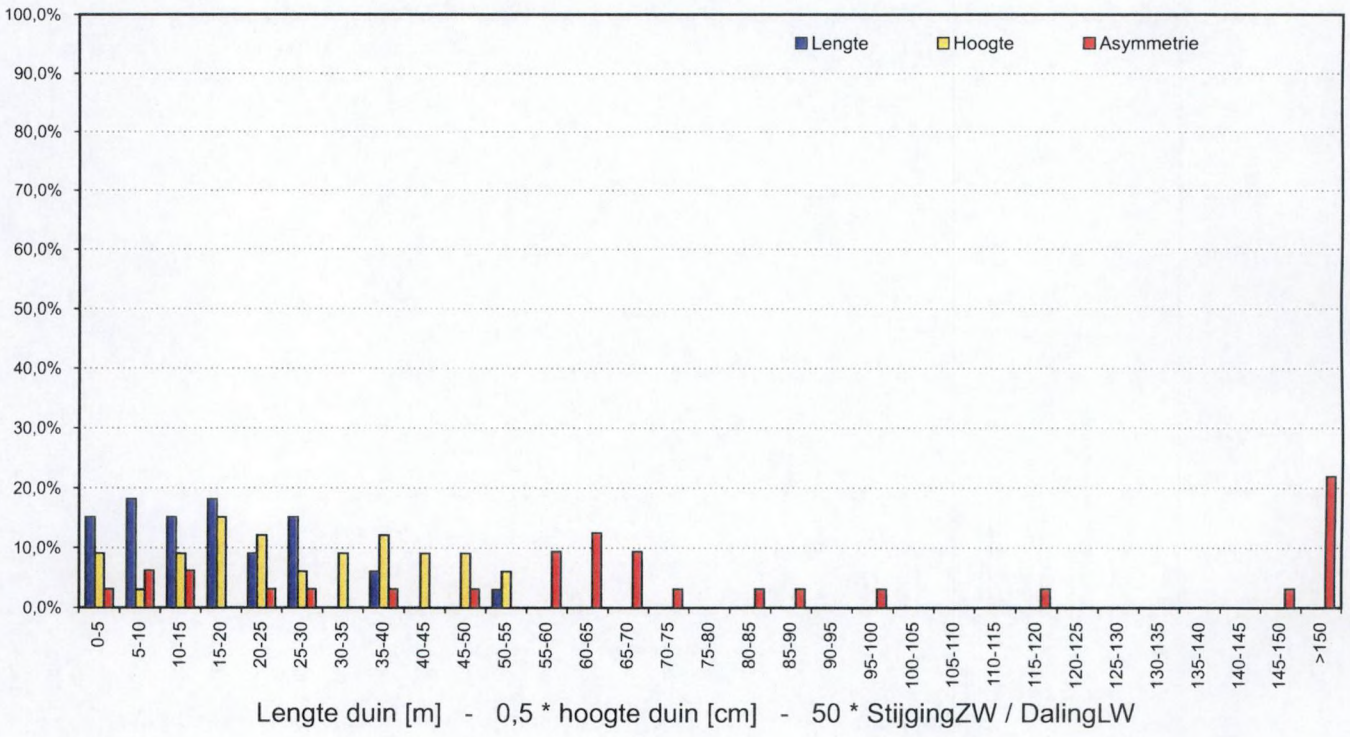

Deelgebied B zomerconditie: profielen



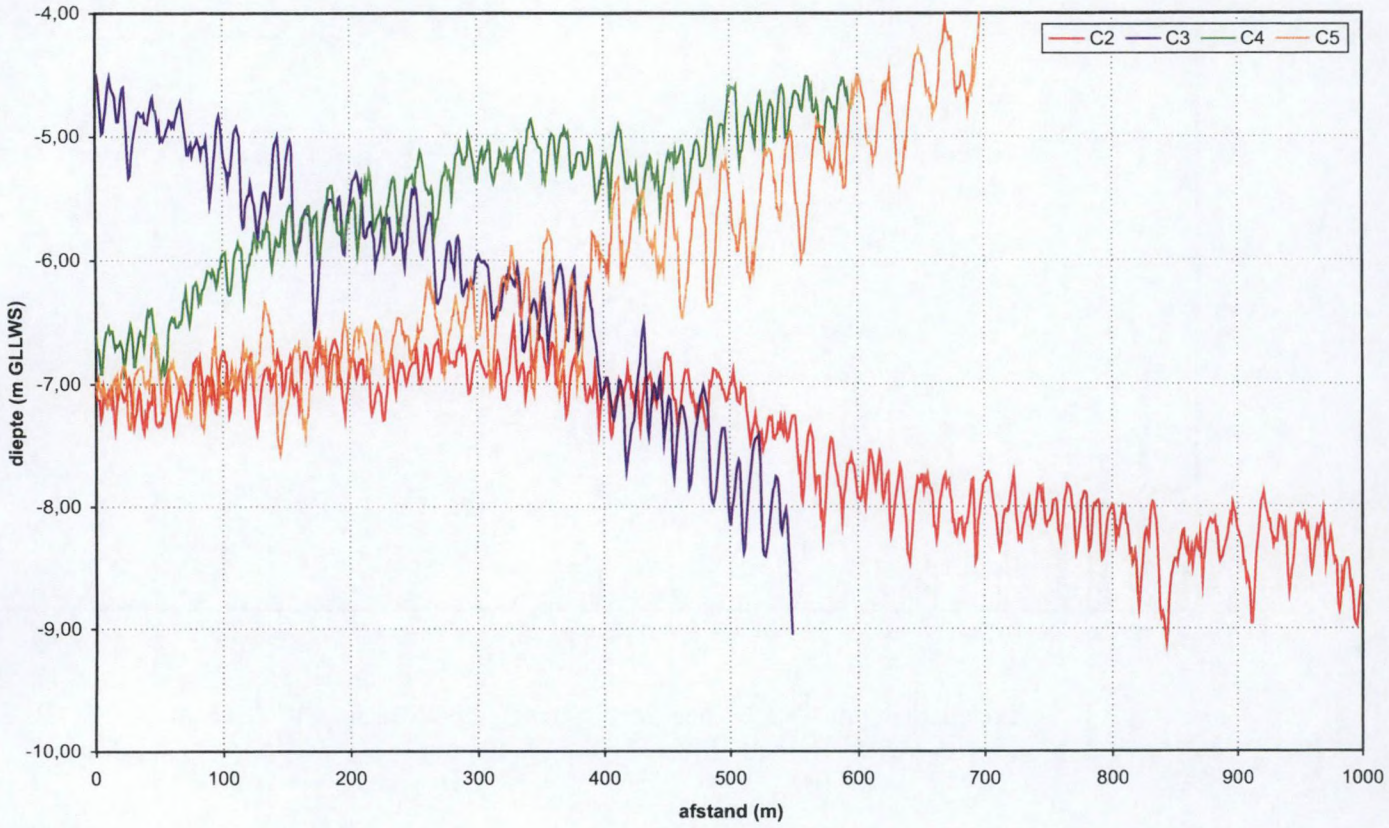




Deelgebied B zomerconditie
Frequentiediagramma raai B1 (boven) en raai B3 (onder)

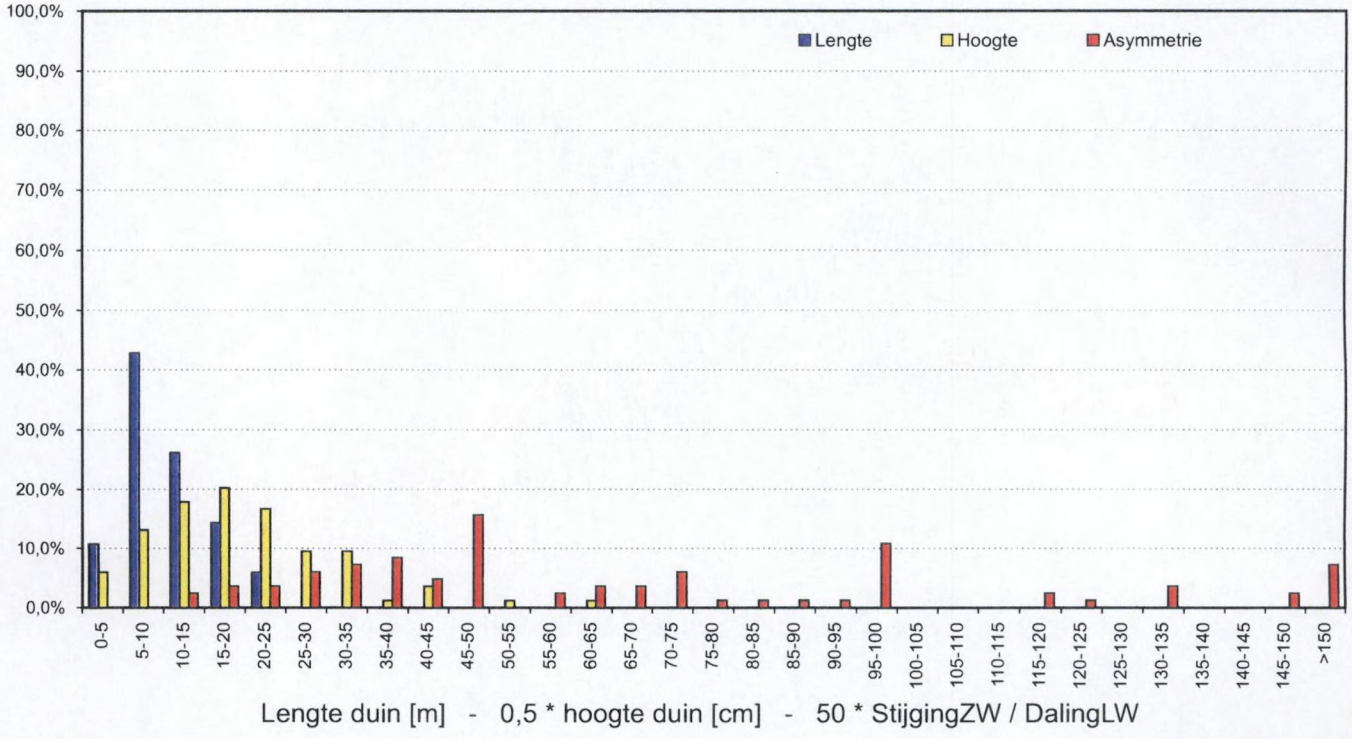


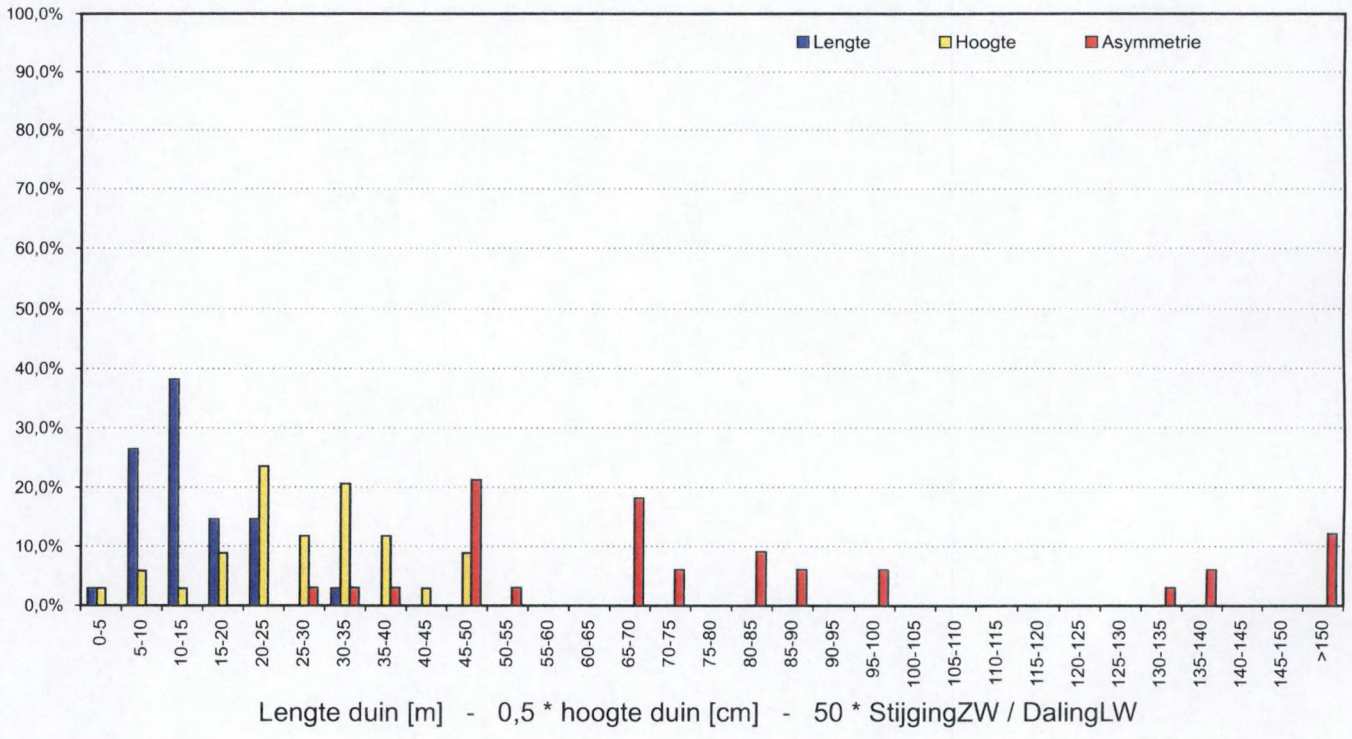




Deelgebied B zomerconditie
Frequentiediagramma raai B4 (boven) en raai B5 (onder)

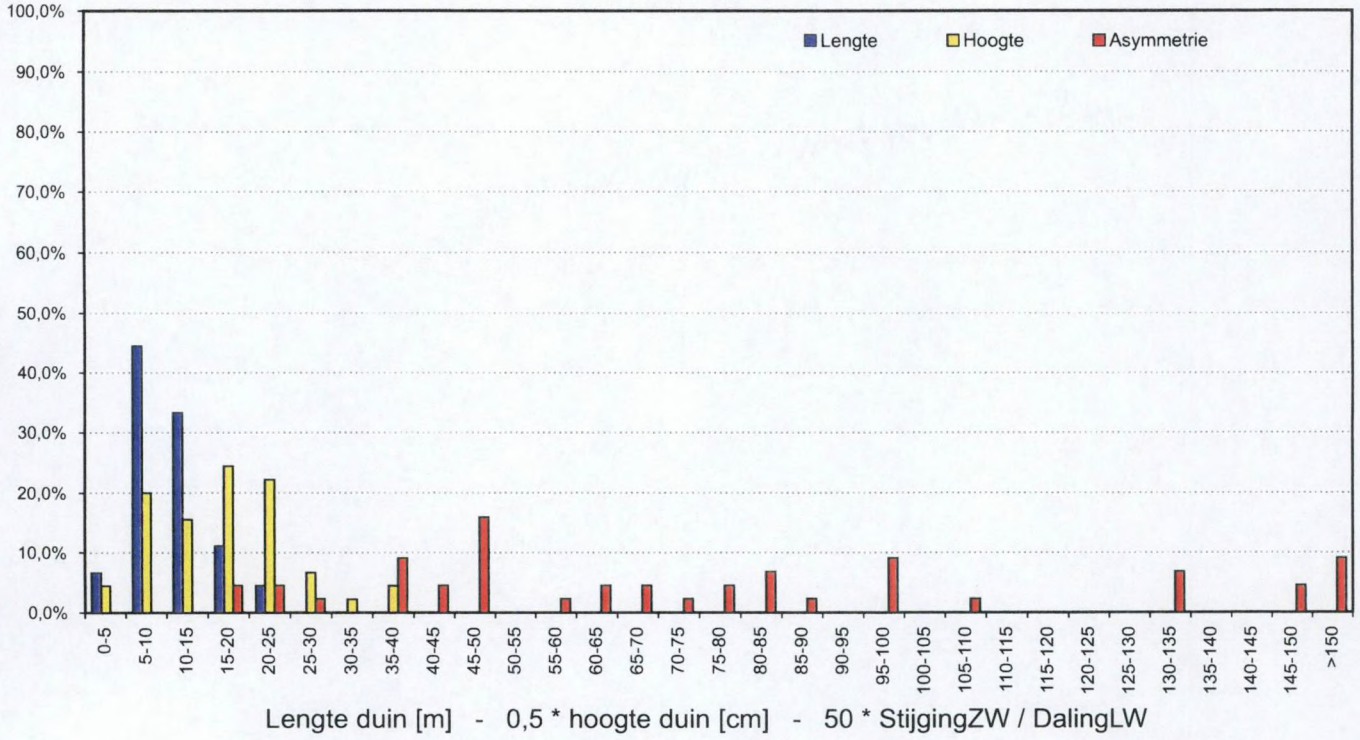


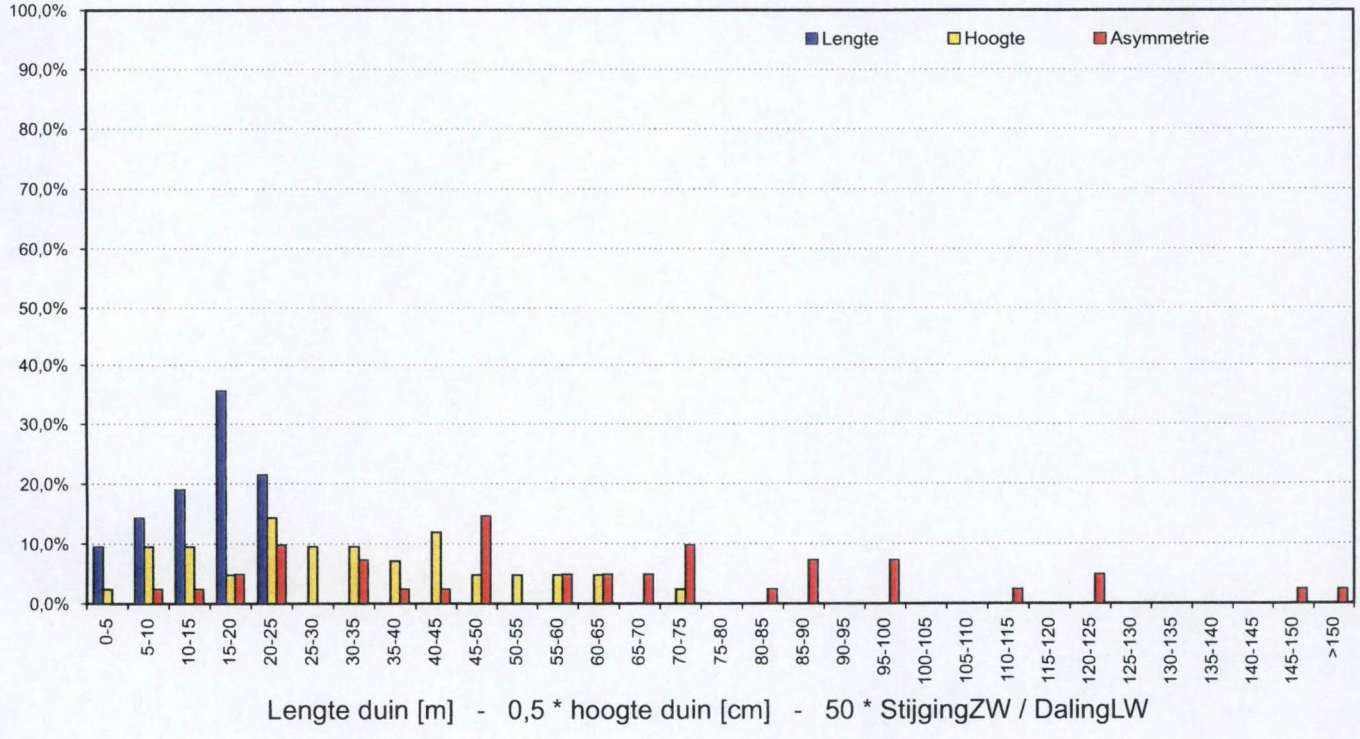

Deelgebied C zomerconditie: profielen



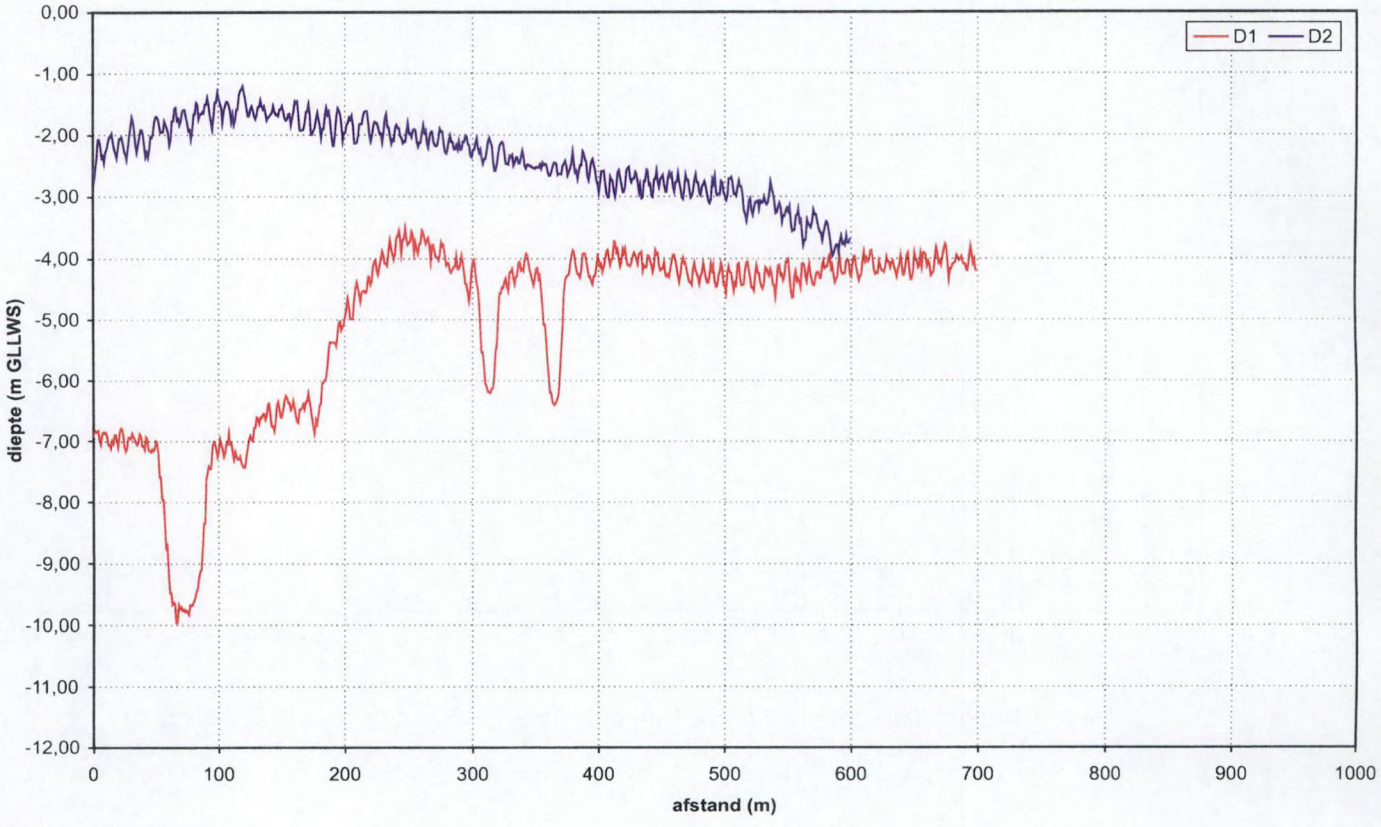




Deelgebied C zomerconditie
Frequentiediagramma raai C2 (boven) en raai C3 (onder)

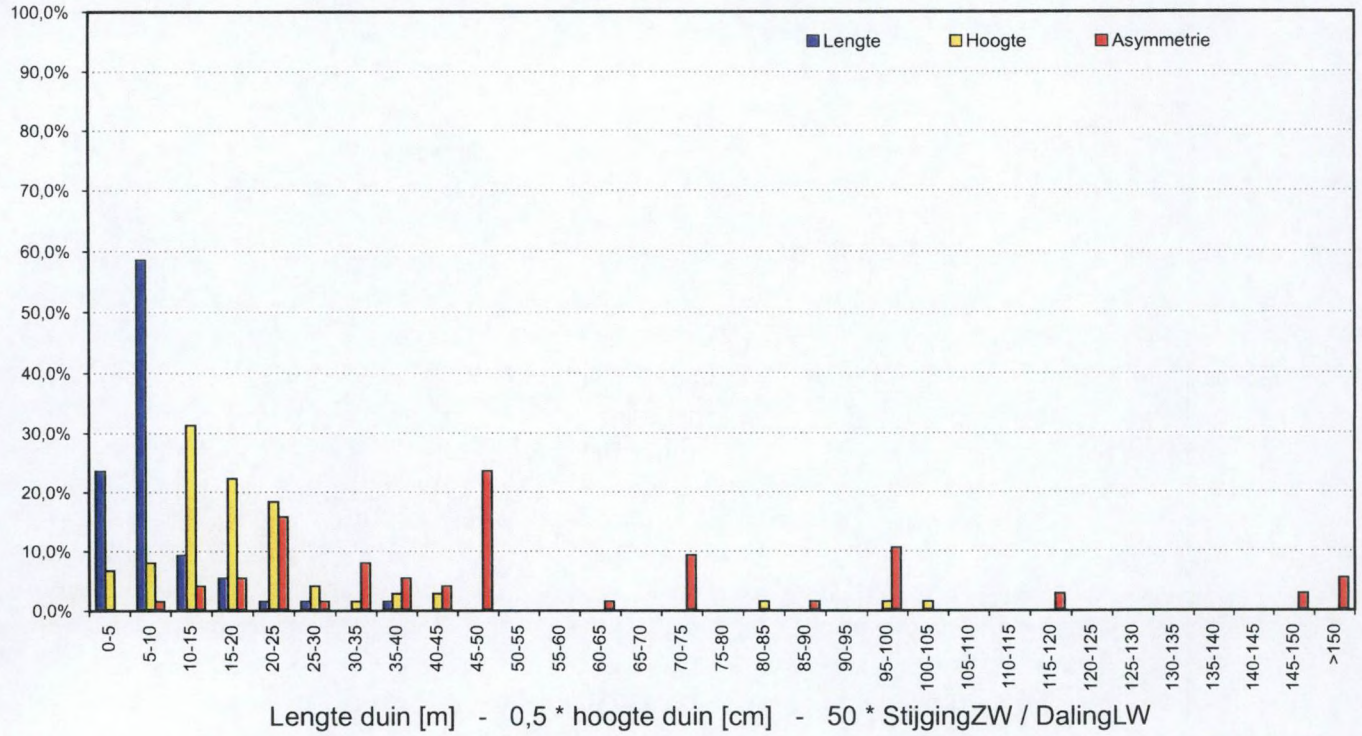


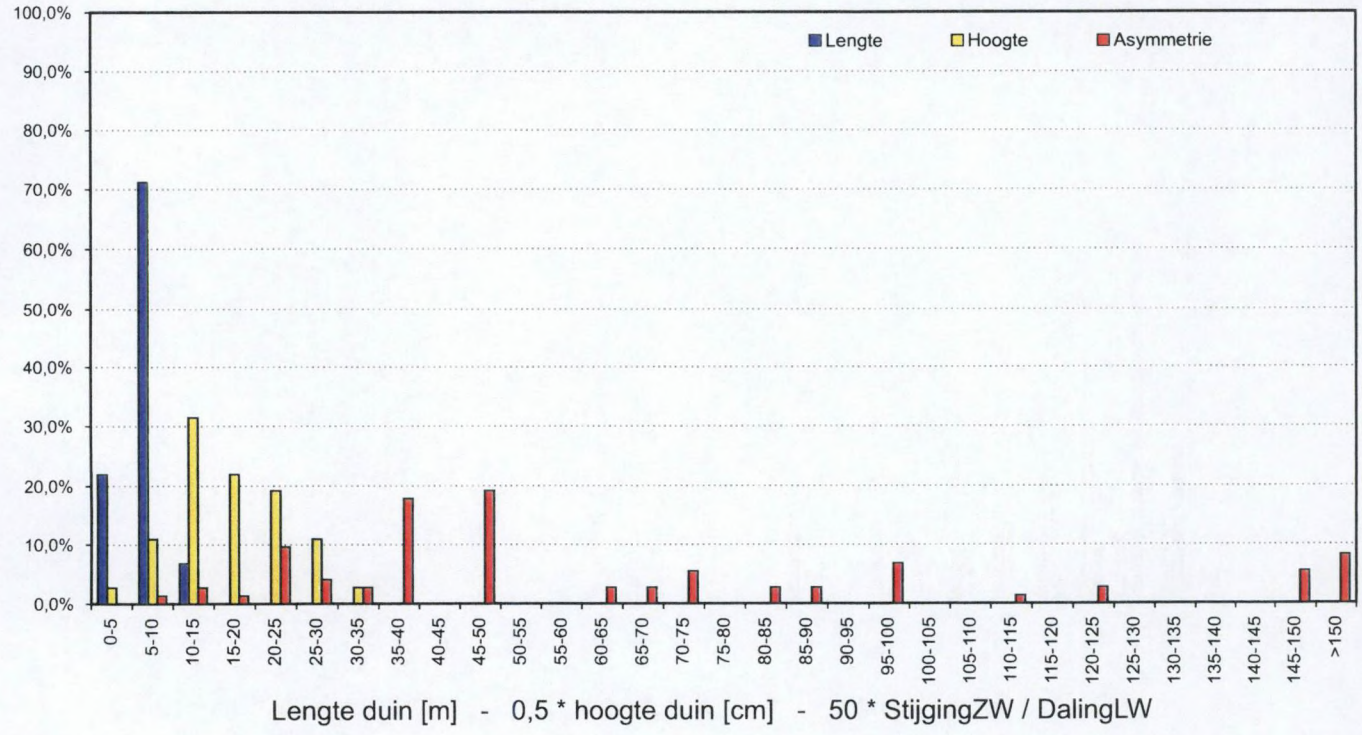




Deelgebied C zomerconditie
Frequentiediagramma raai C4 (boven) en raai C5 (onder)

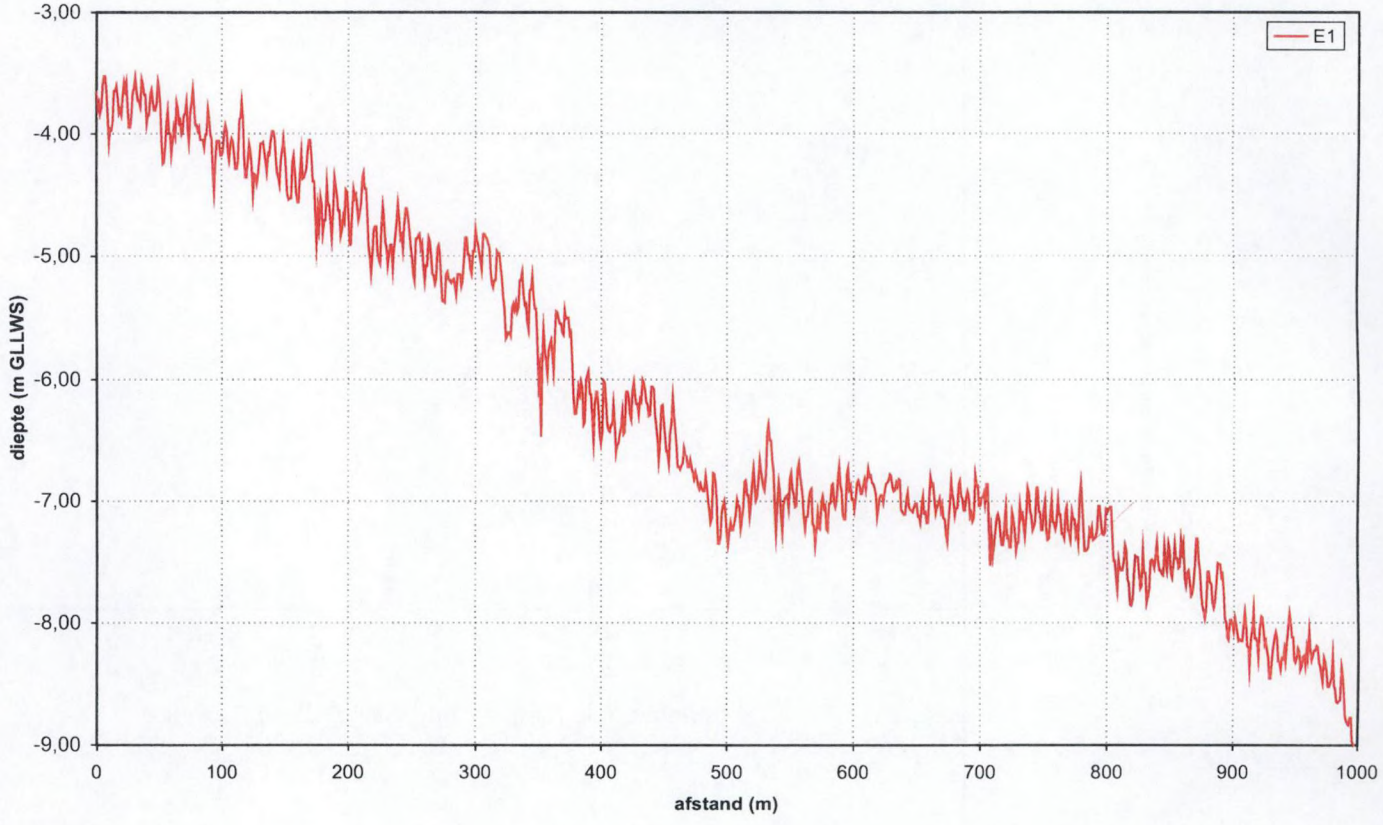


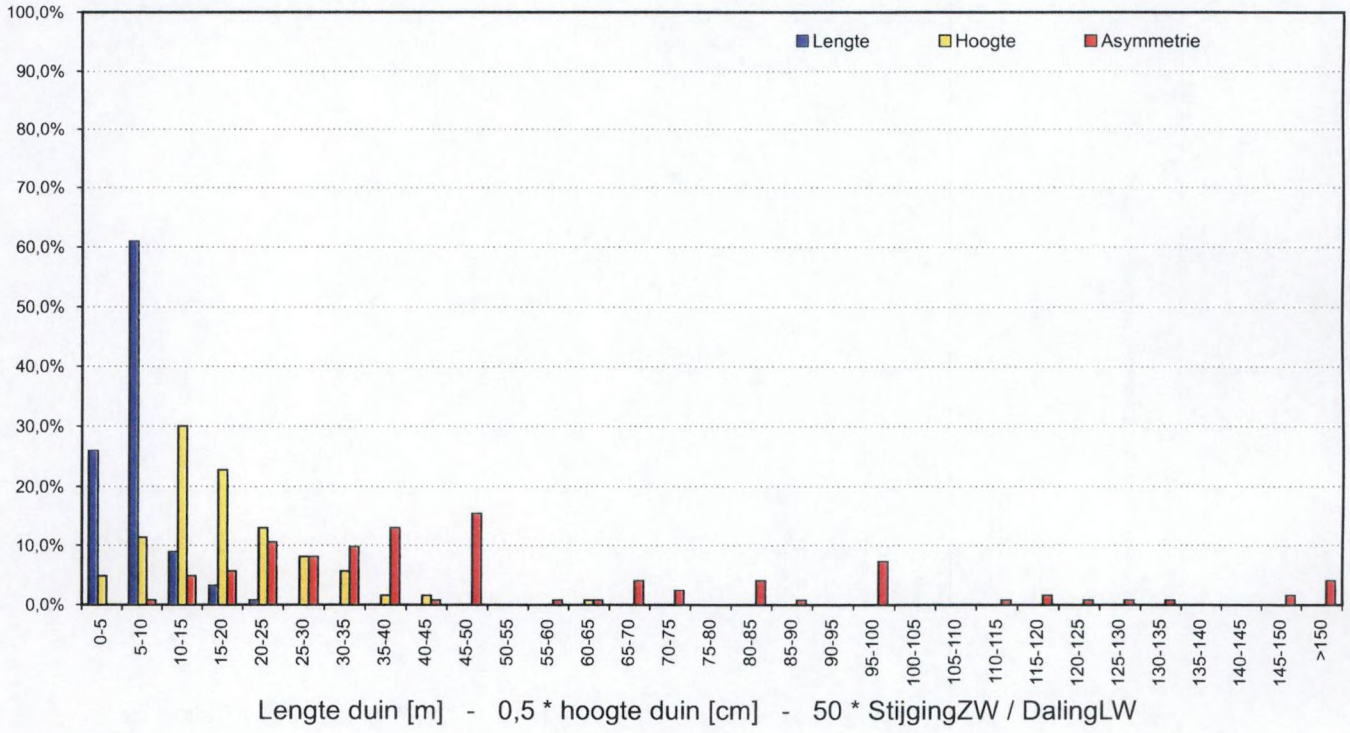

Deelgebied D zomerconditie: profielen



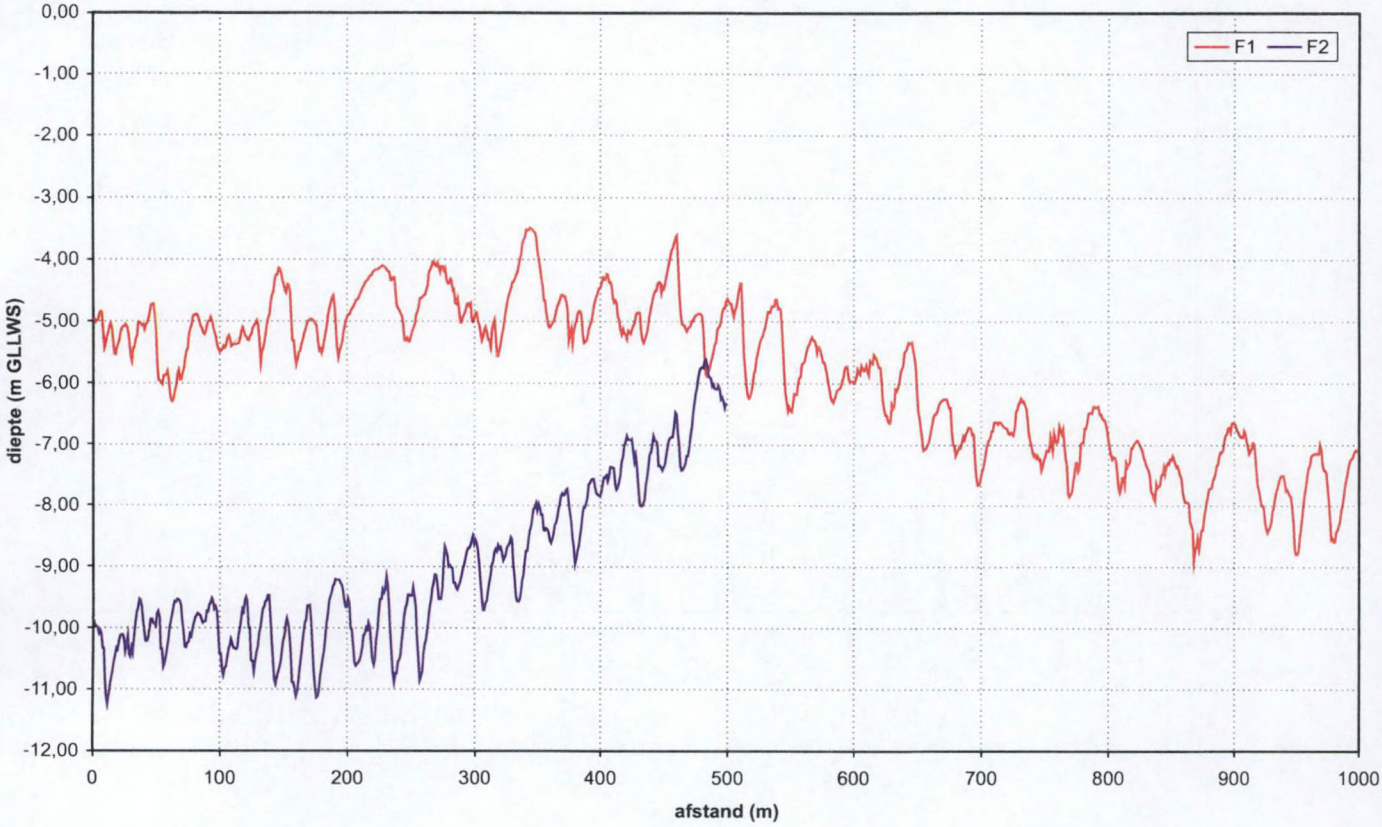




Deelgebied D zomerconditie
Frequentiediagramma raai D1 (boven) en raai D2 (onder)

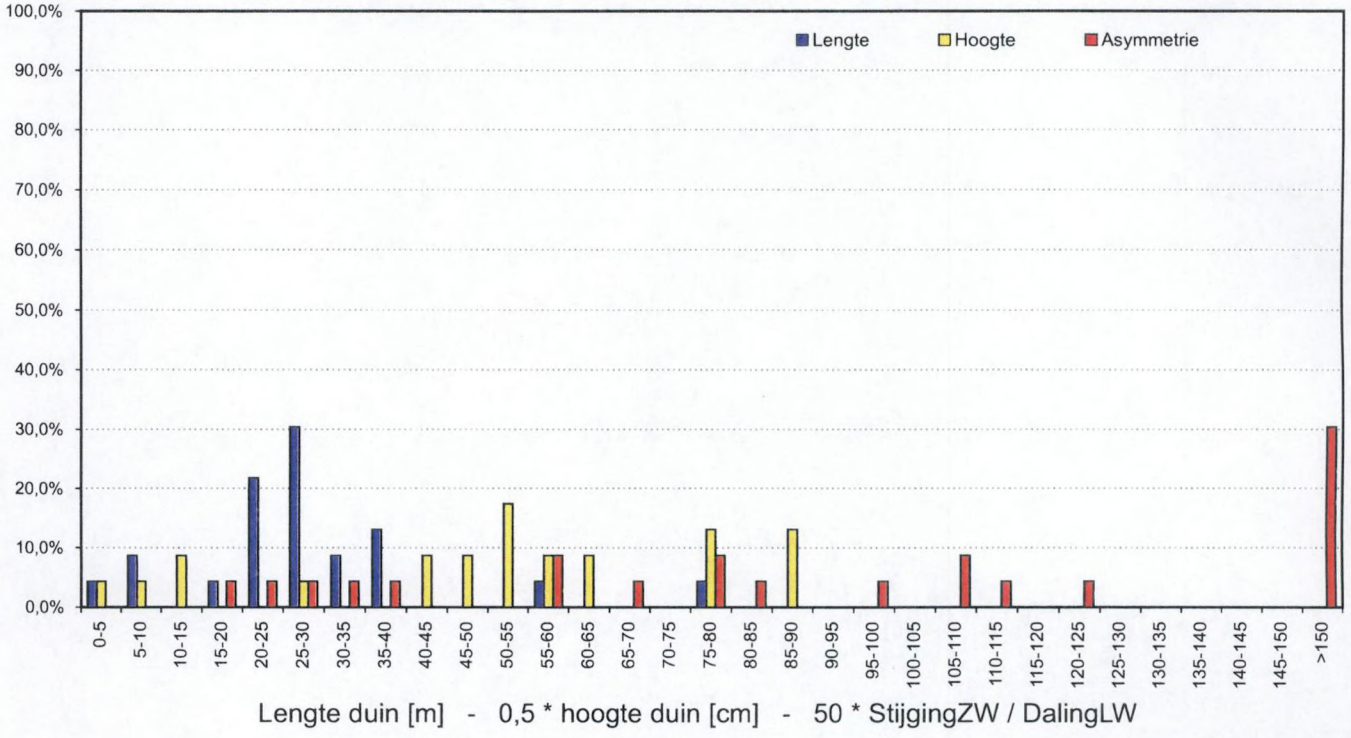


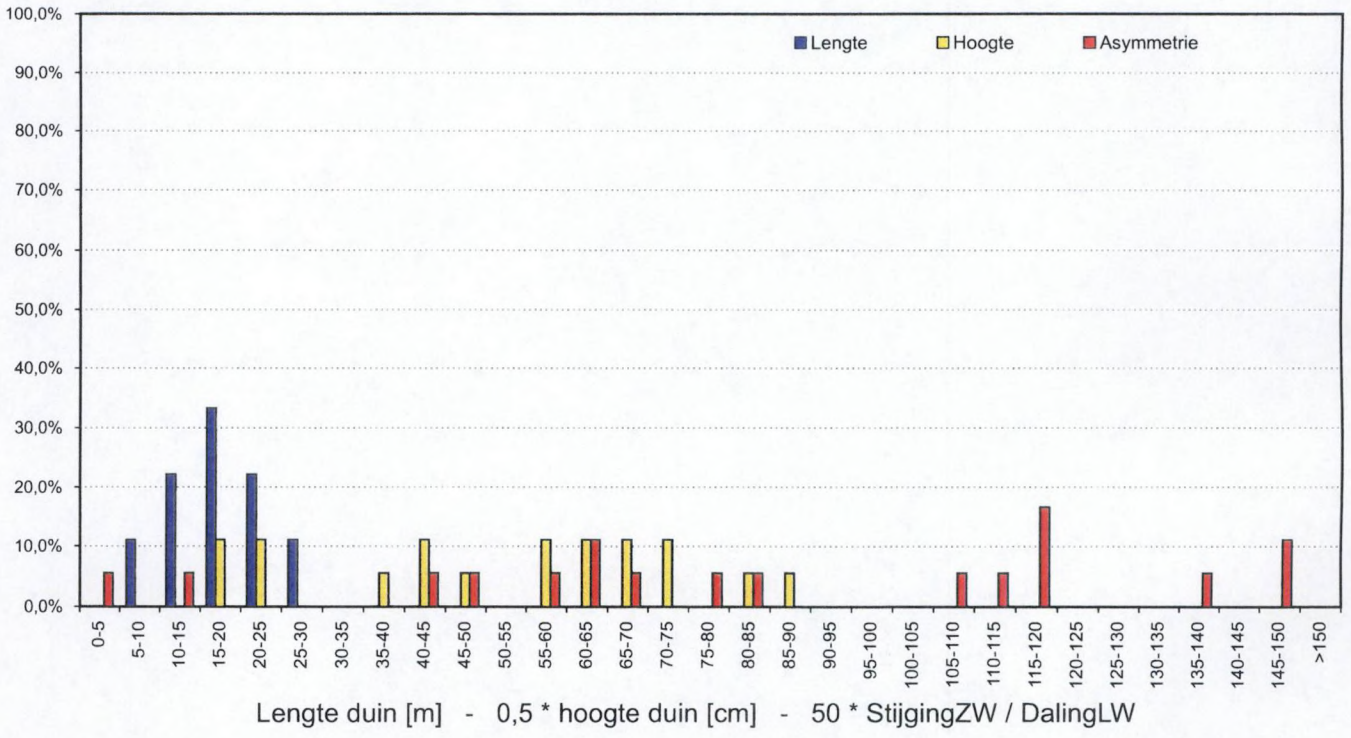




Deelgebied E zomerconditie
Profielen (boven) en frequentiediagramma raai E1 (onder)

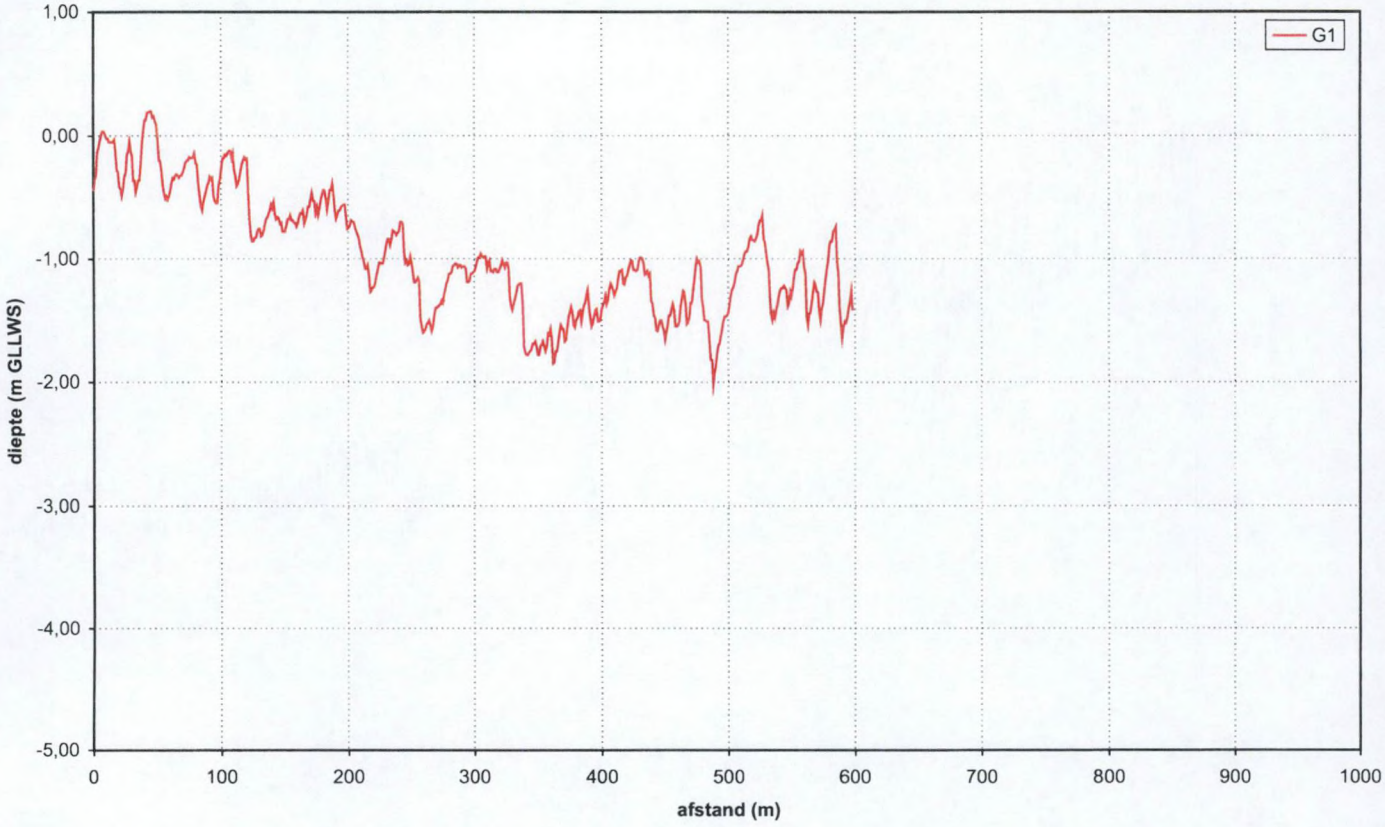


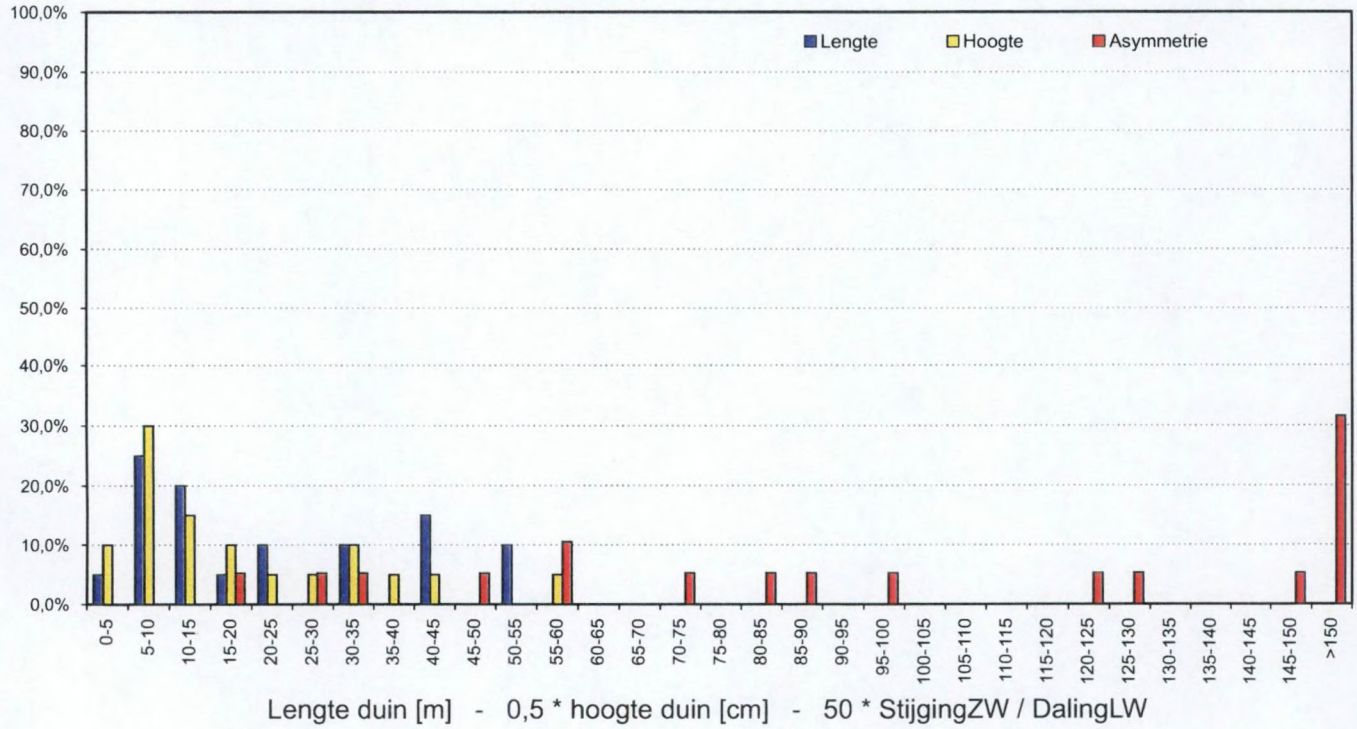

Deelgebied F zomerconditie: profielen



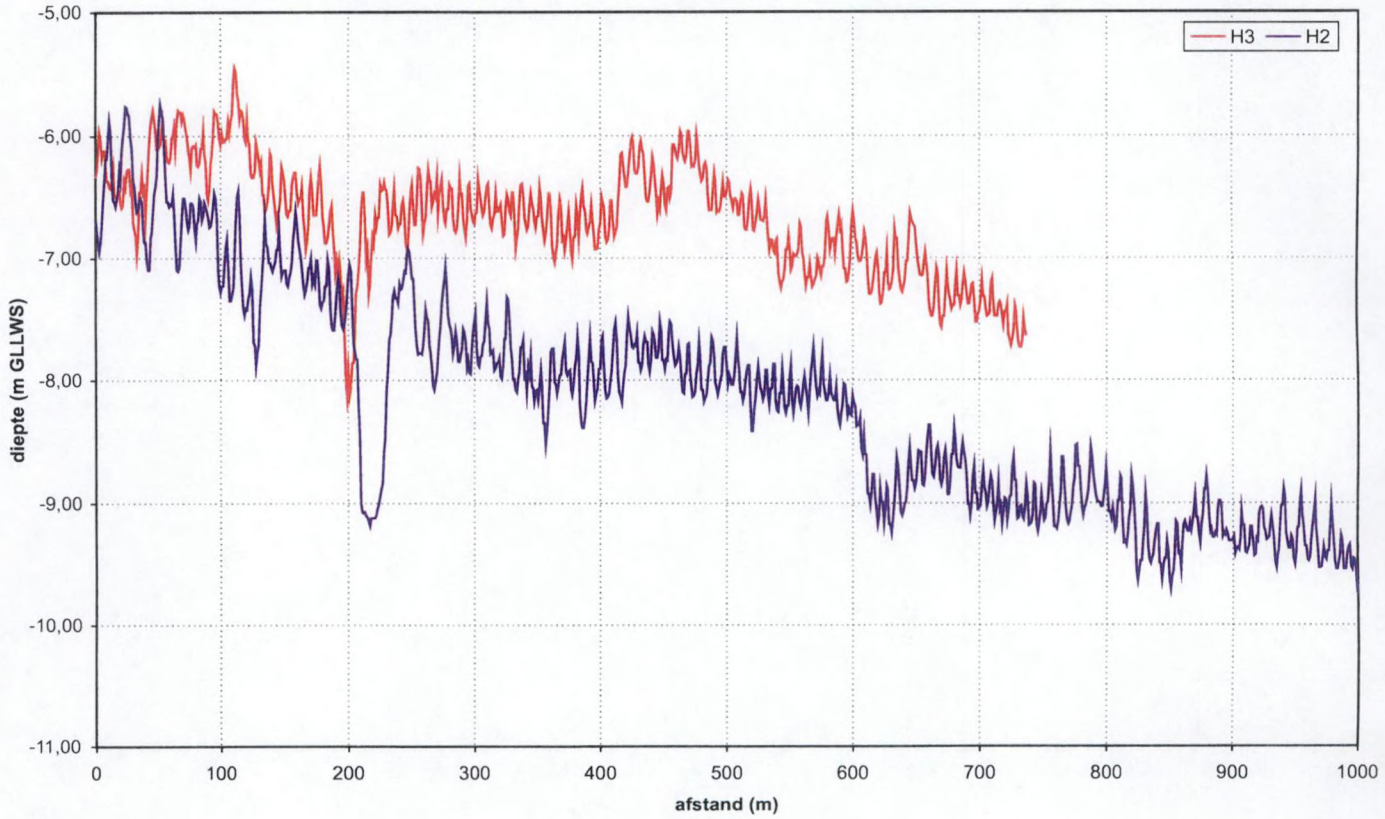




Deelgebied F zomerconditie
Frequentiediagramma raai F1 (boven) en raai F2 (onder)

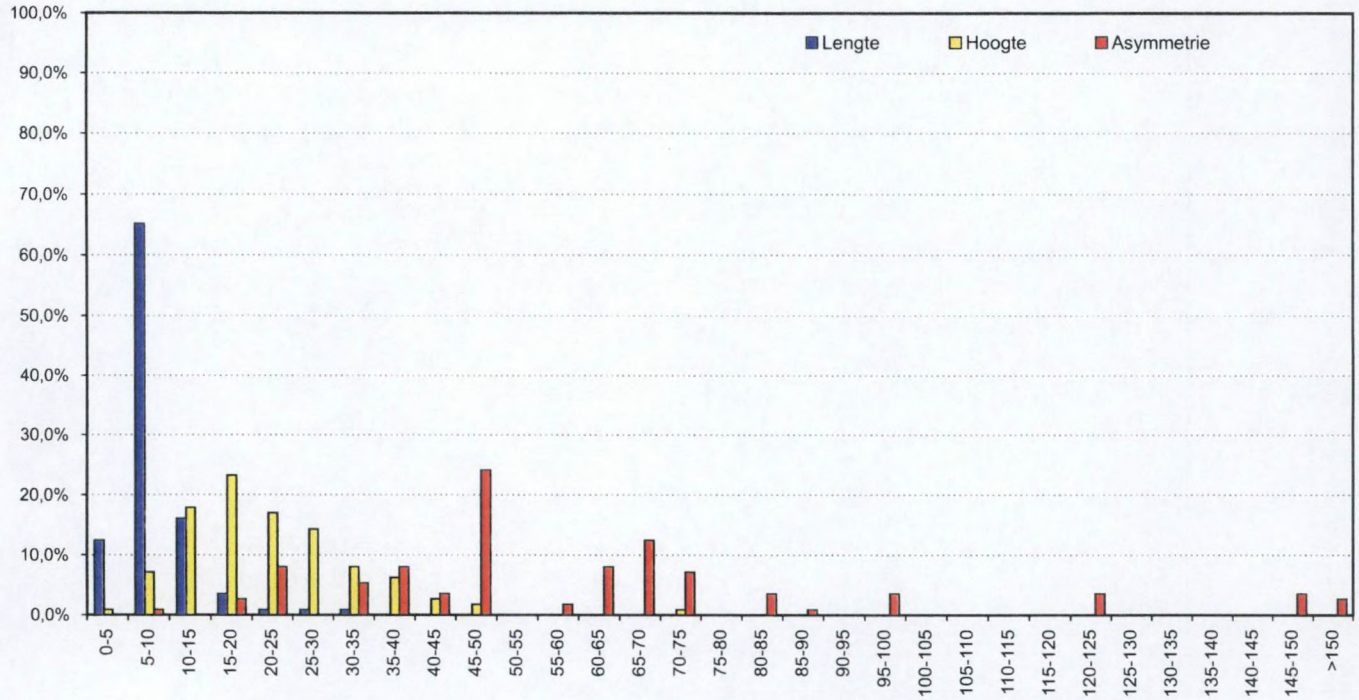


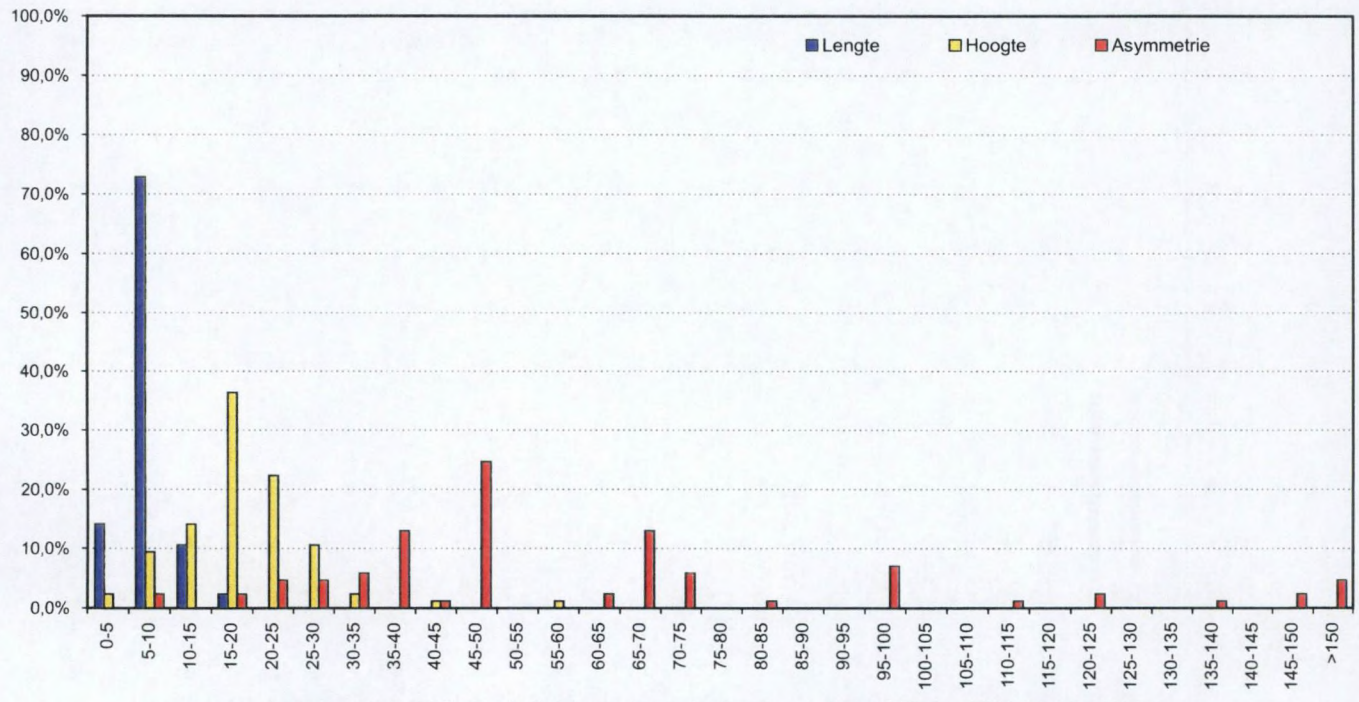




Deelgebied G zomerconditie
Profielen (boven) en frequentiediagramma raai G1 (onder)

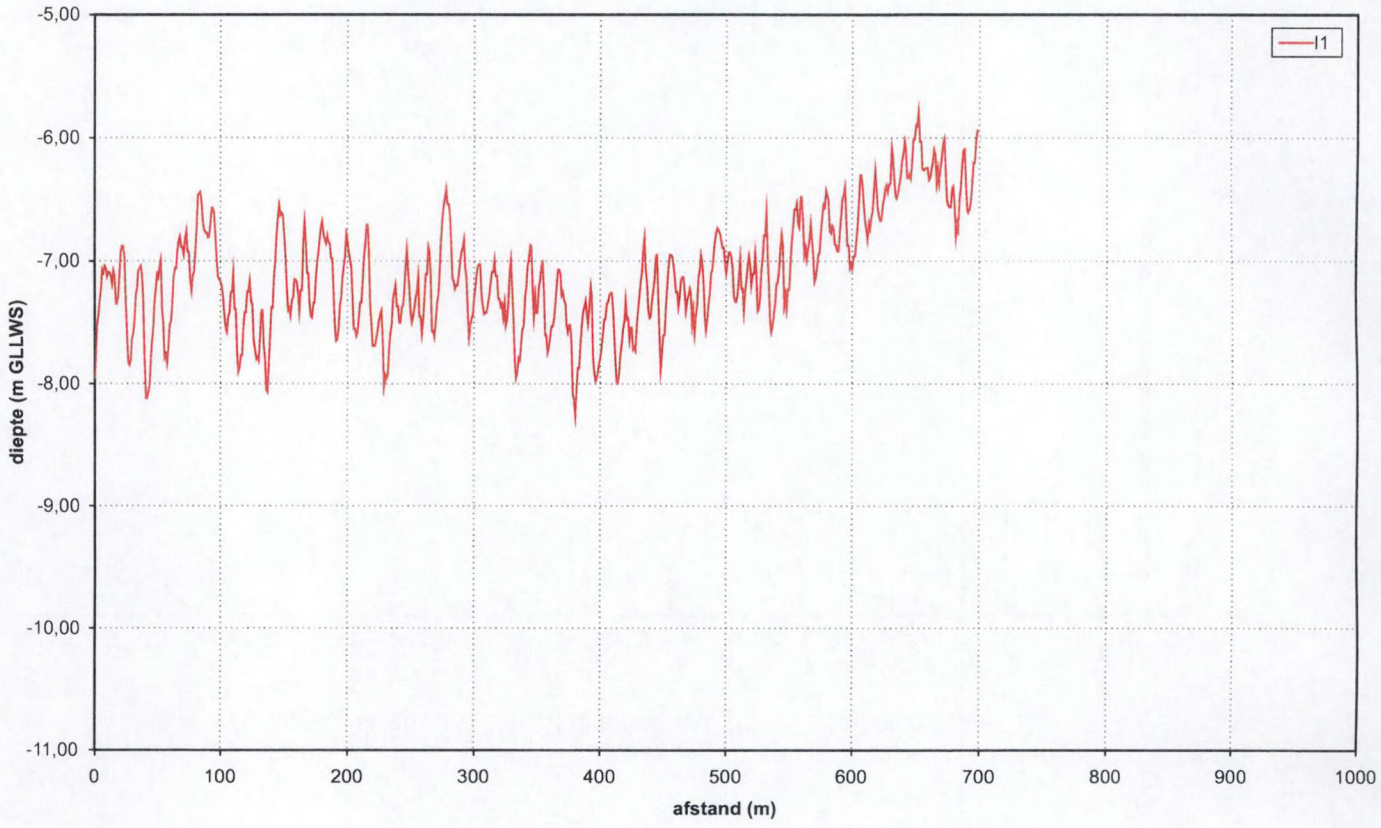


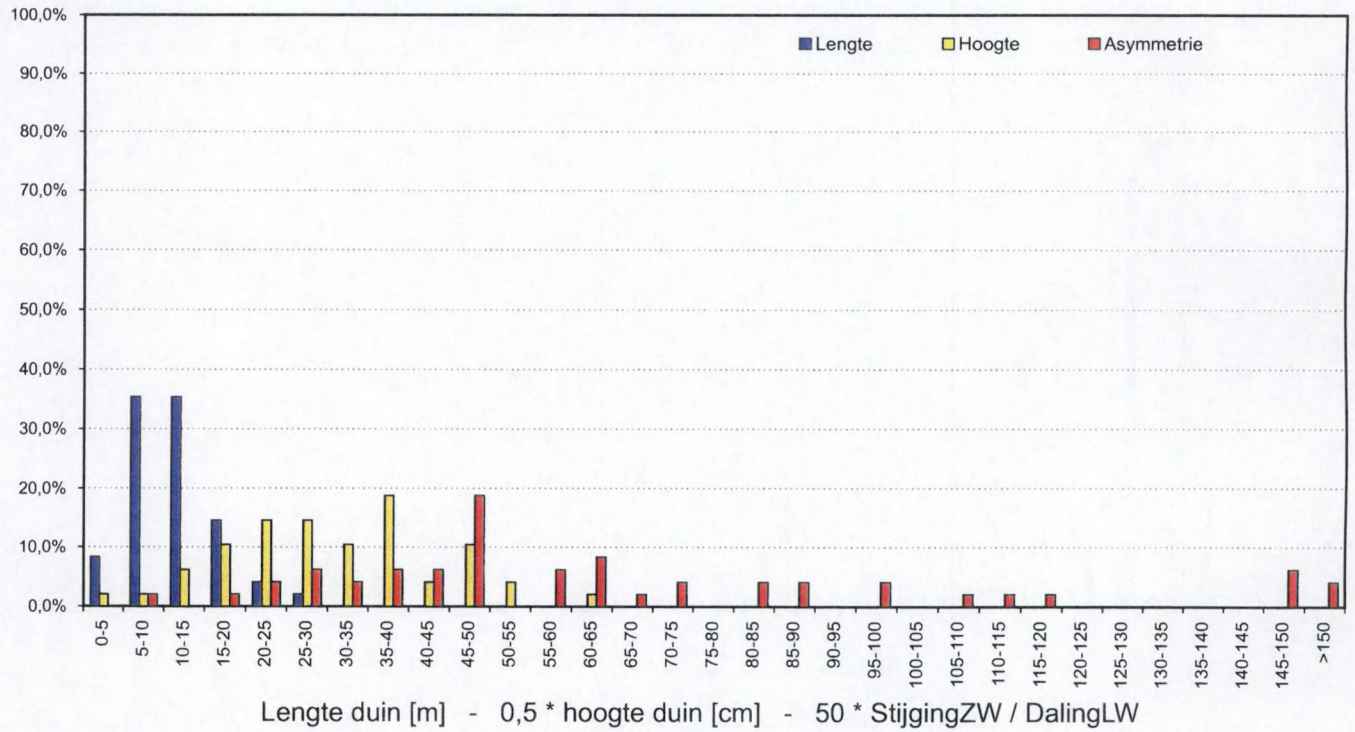

Deelgebied H zomerconditie: profielen



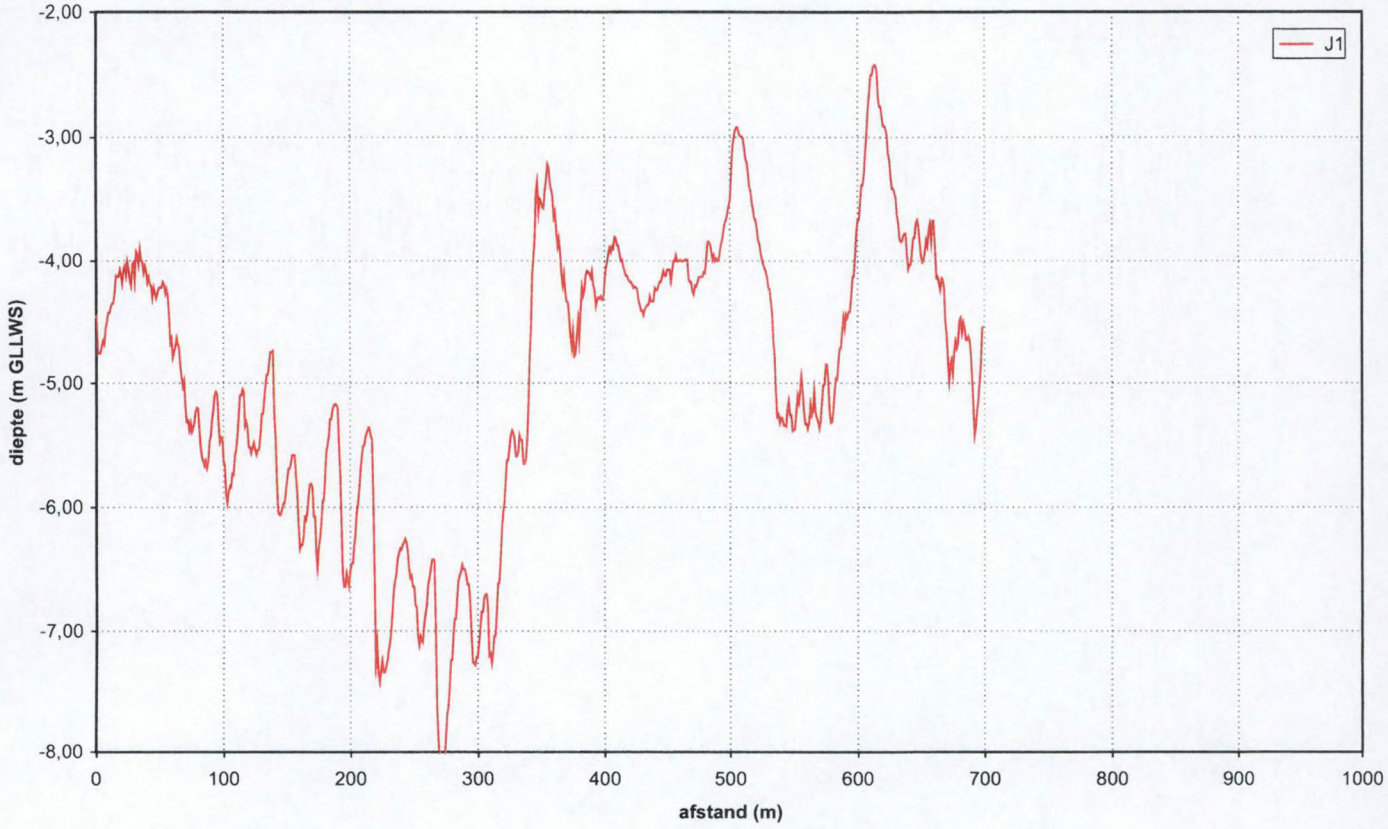



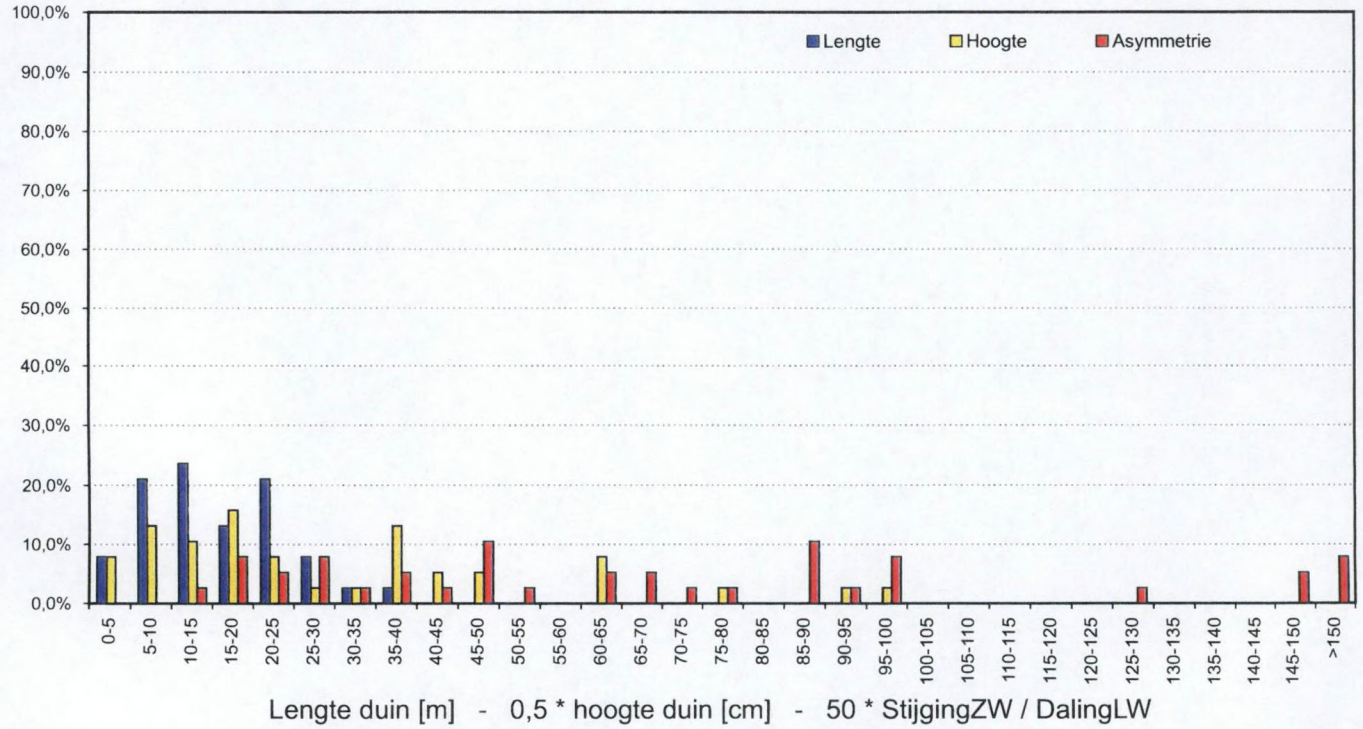

Deelgebied H zomerconditie
Frequentiediagramma raai H2 (boven) en raai H3 (onder)



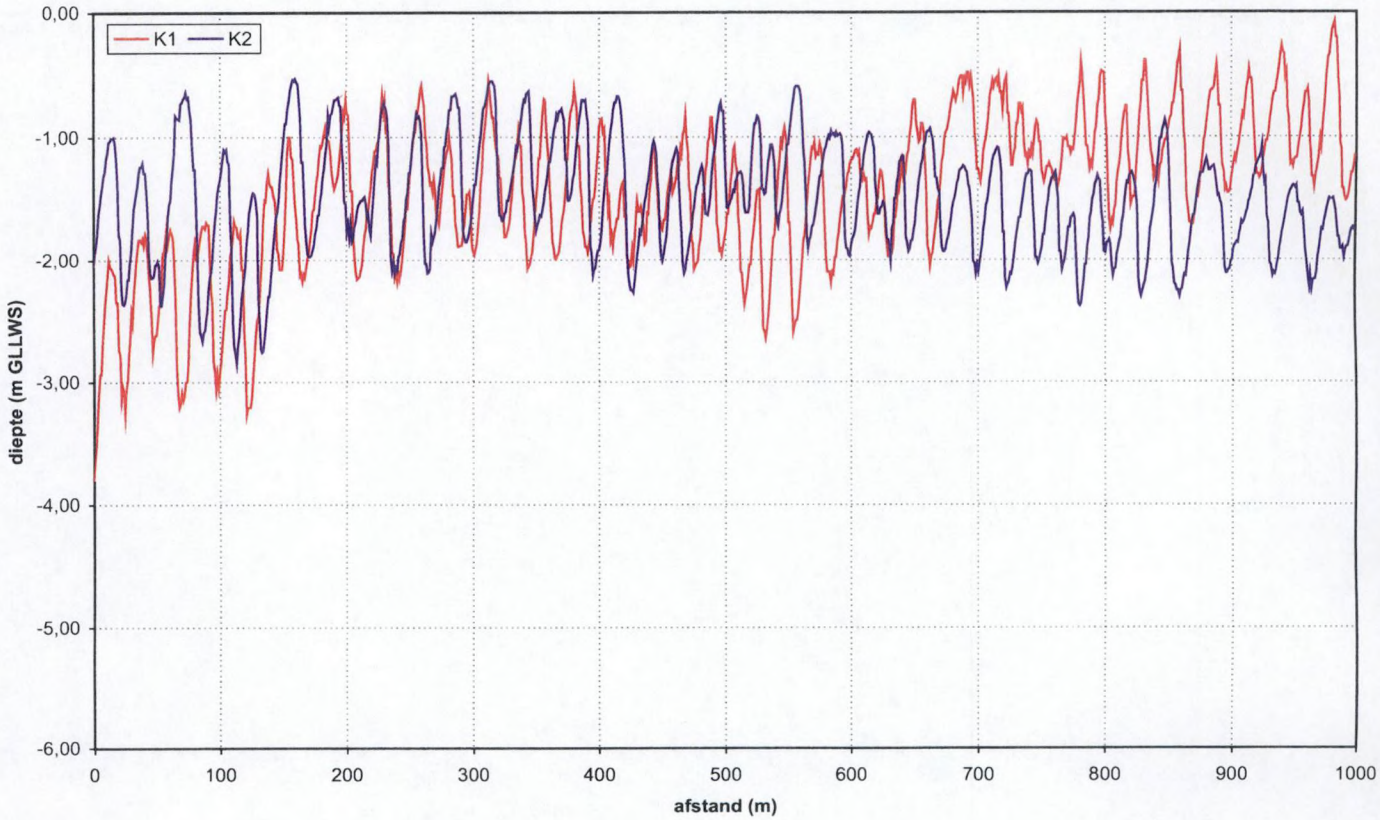




Deelgebied I zomerconditie
Profielen (boven) en frequentiediagramma raai I1 (onder)

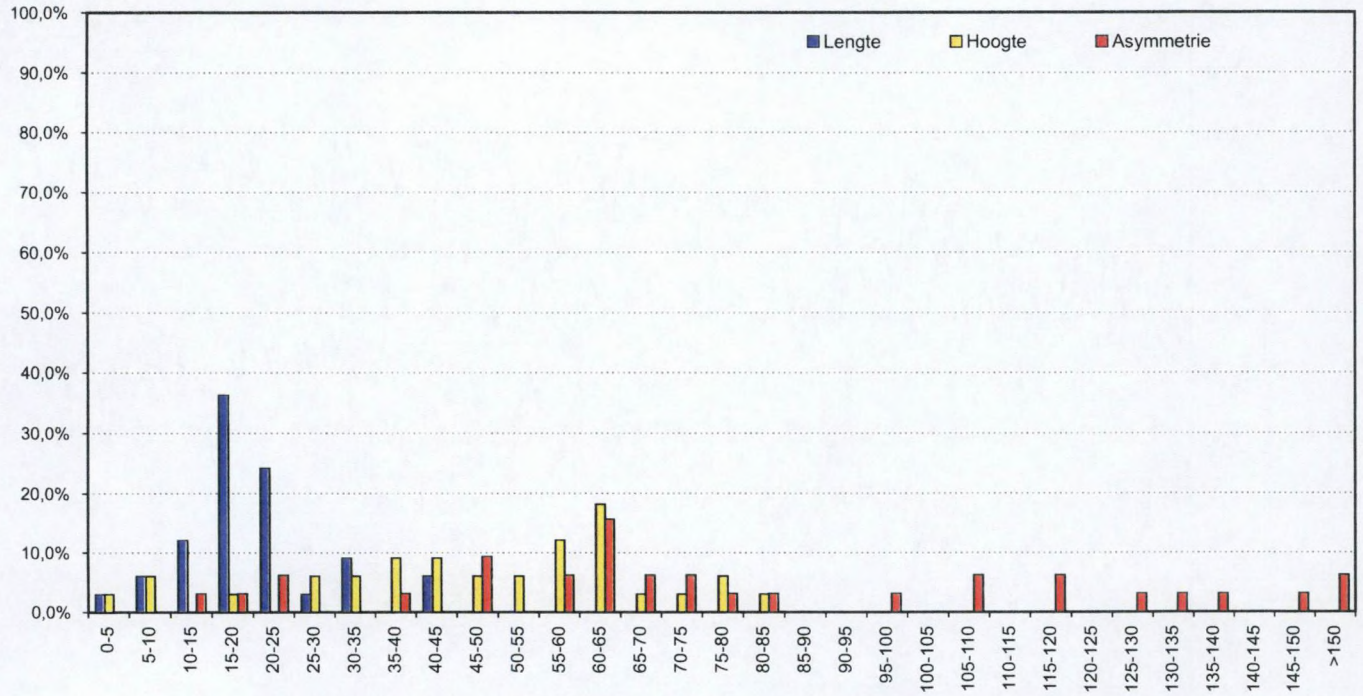


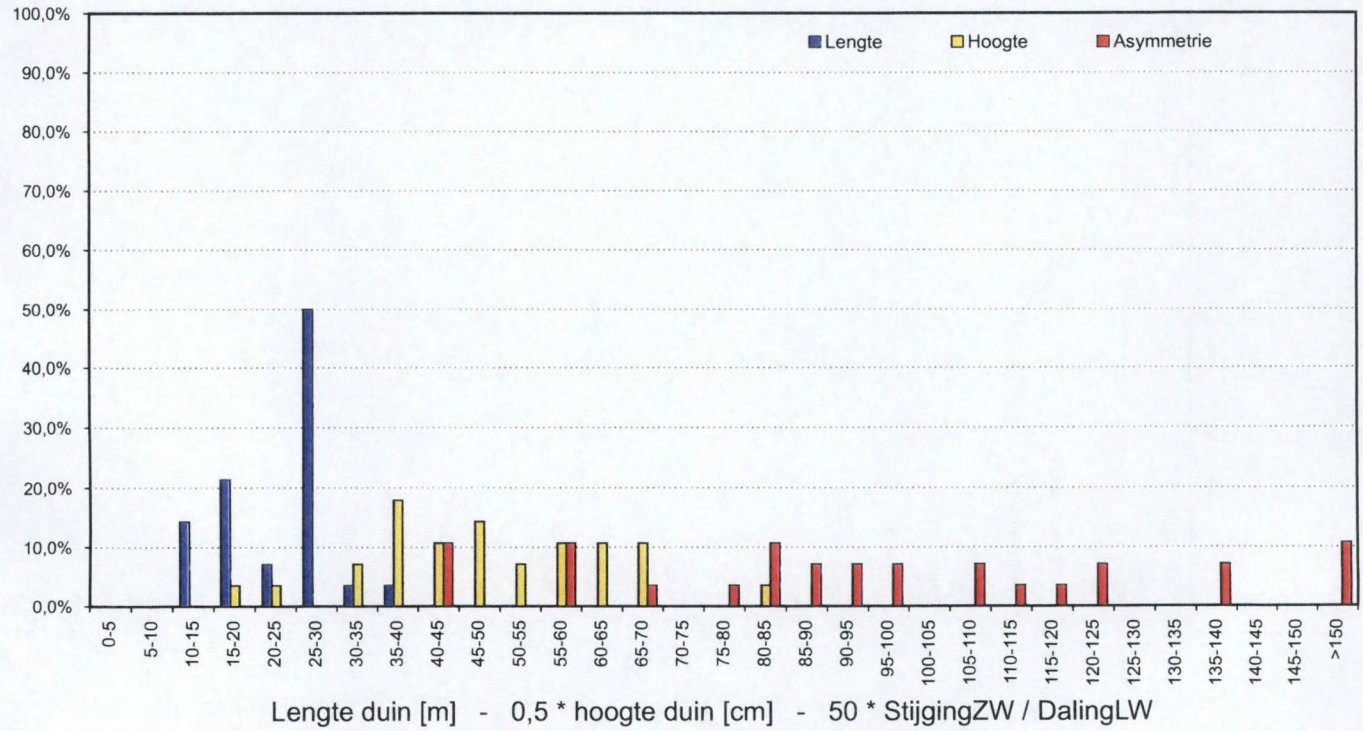




Deelgebied J zomerconditie
Profielen (boven) en frequentiediagramma raai J1 (onder)

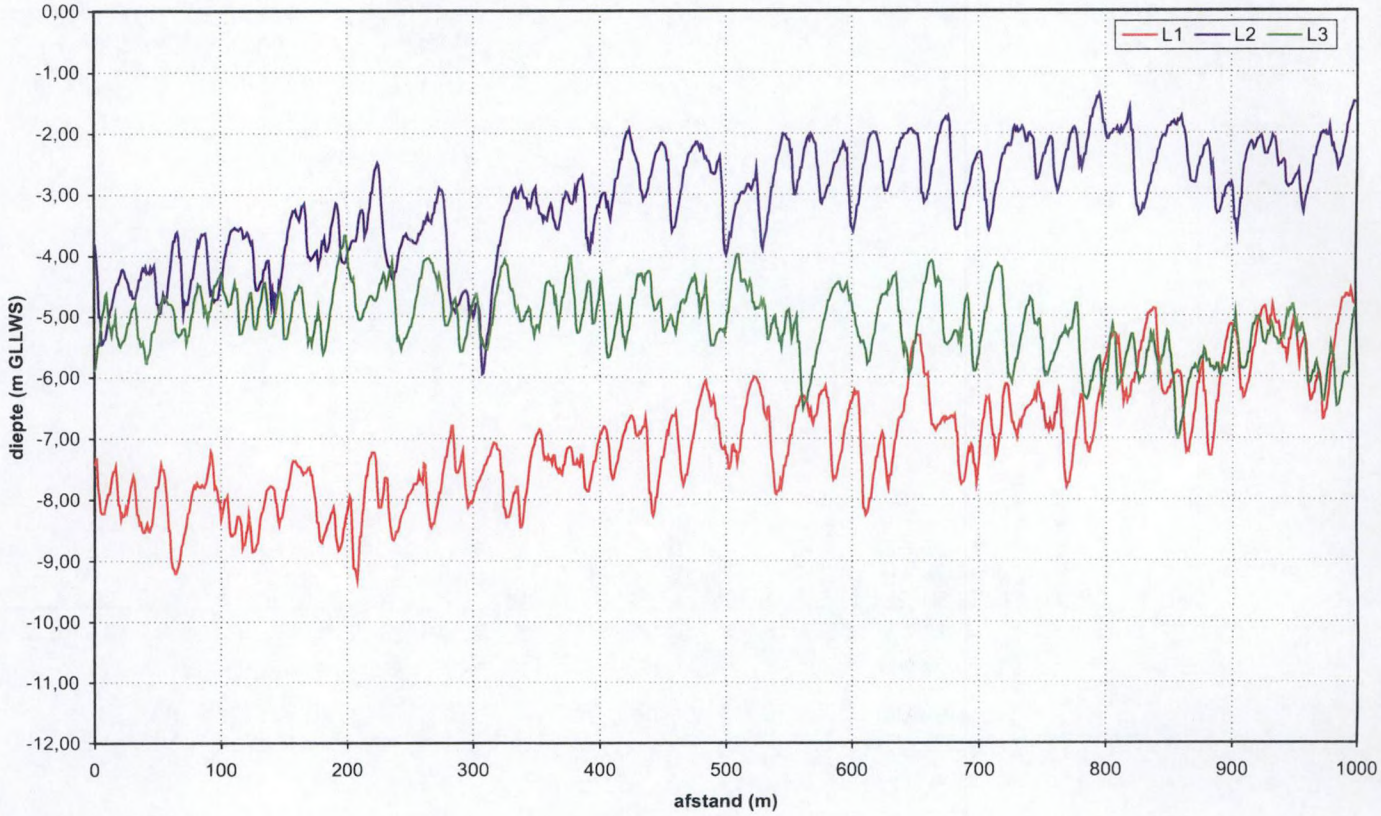


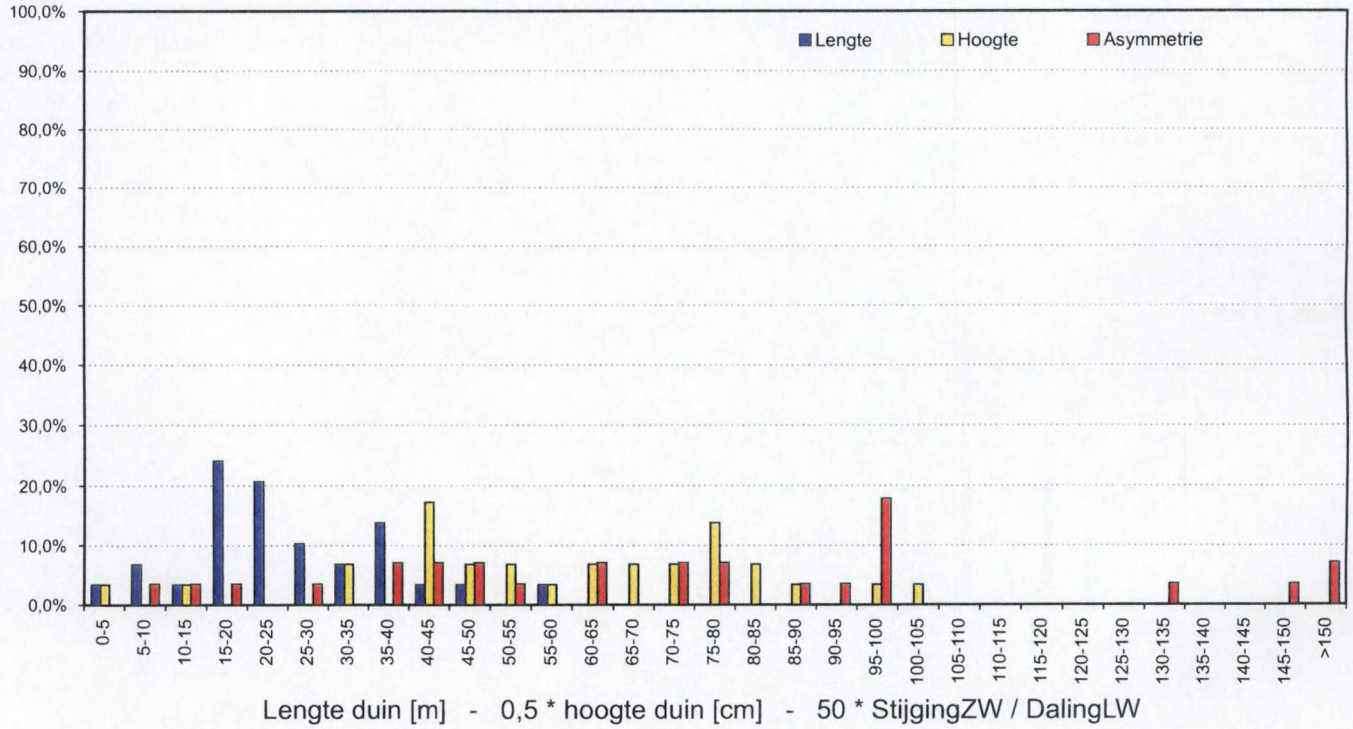

Deelgebied K zomerconditie: profielen



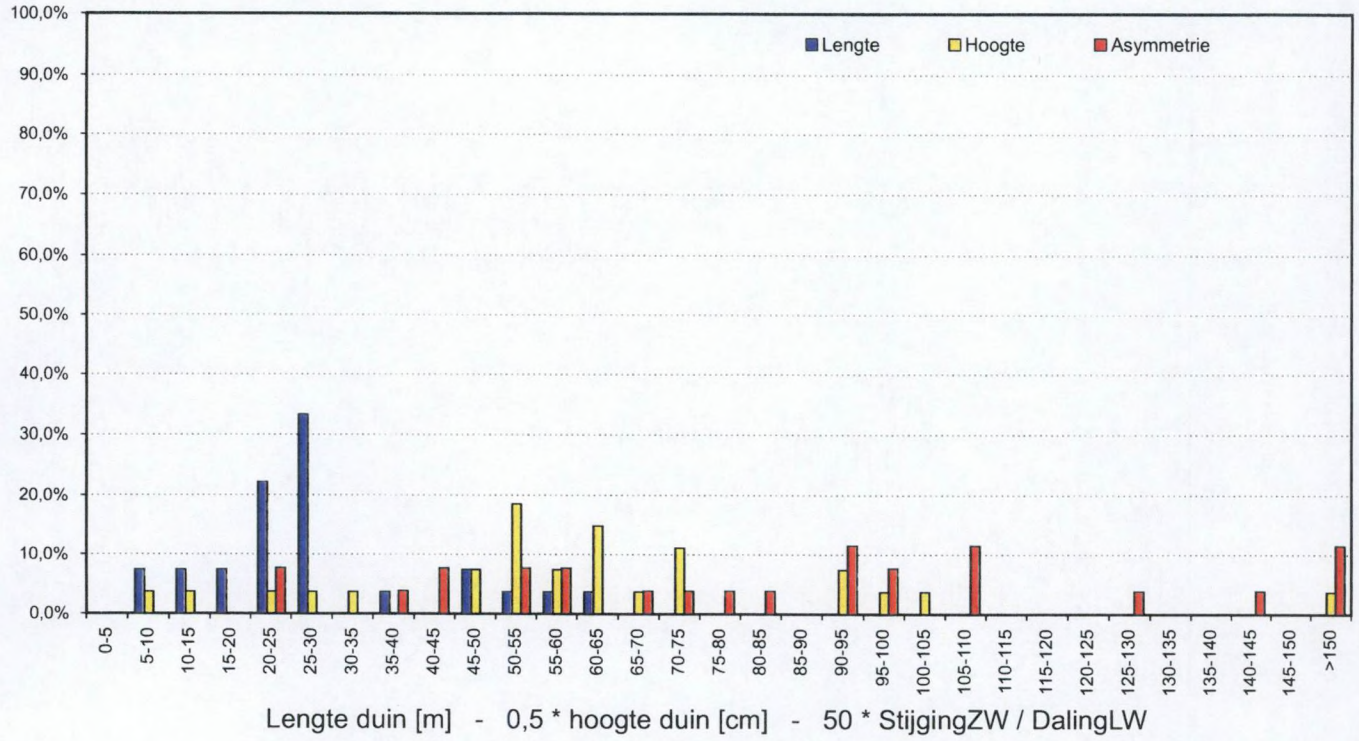



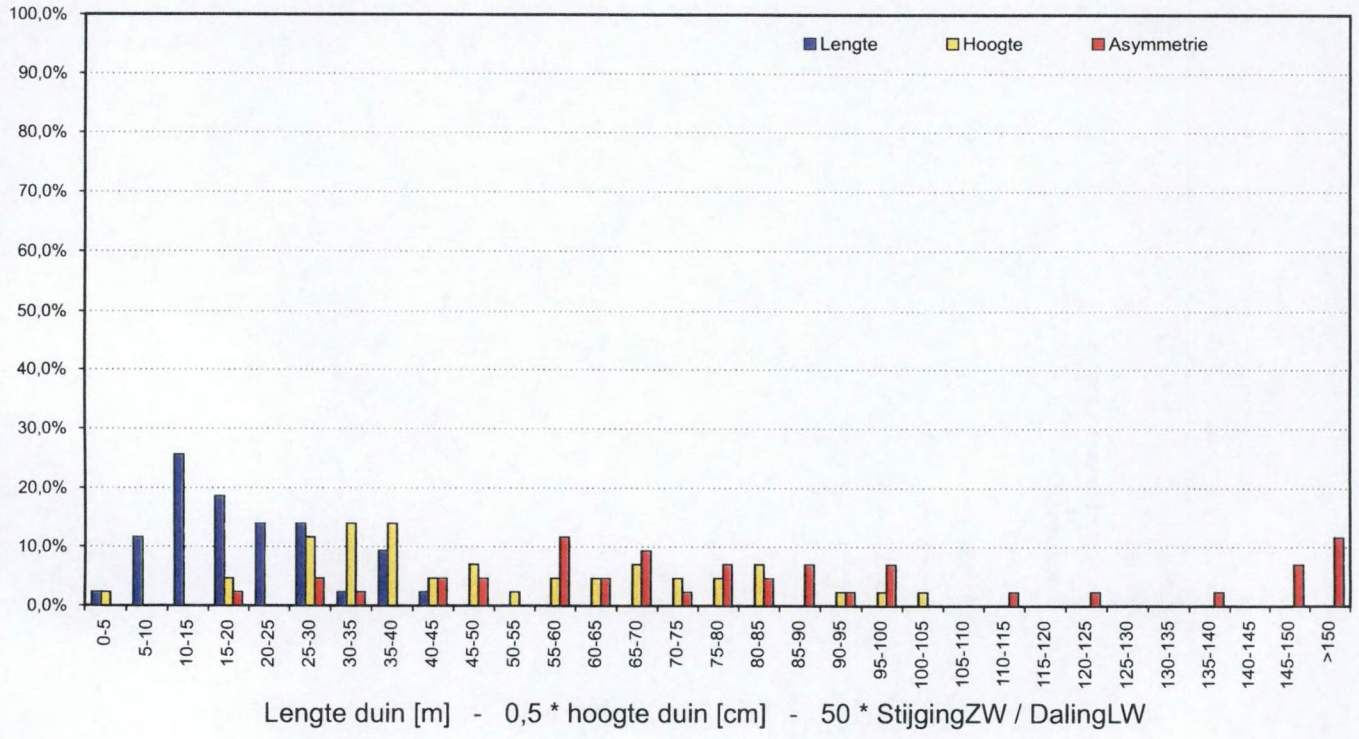

Deelgebied K zomerconditie
Frequentiediagramma raai K1 (boven) en raai K2 (onder)



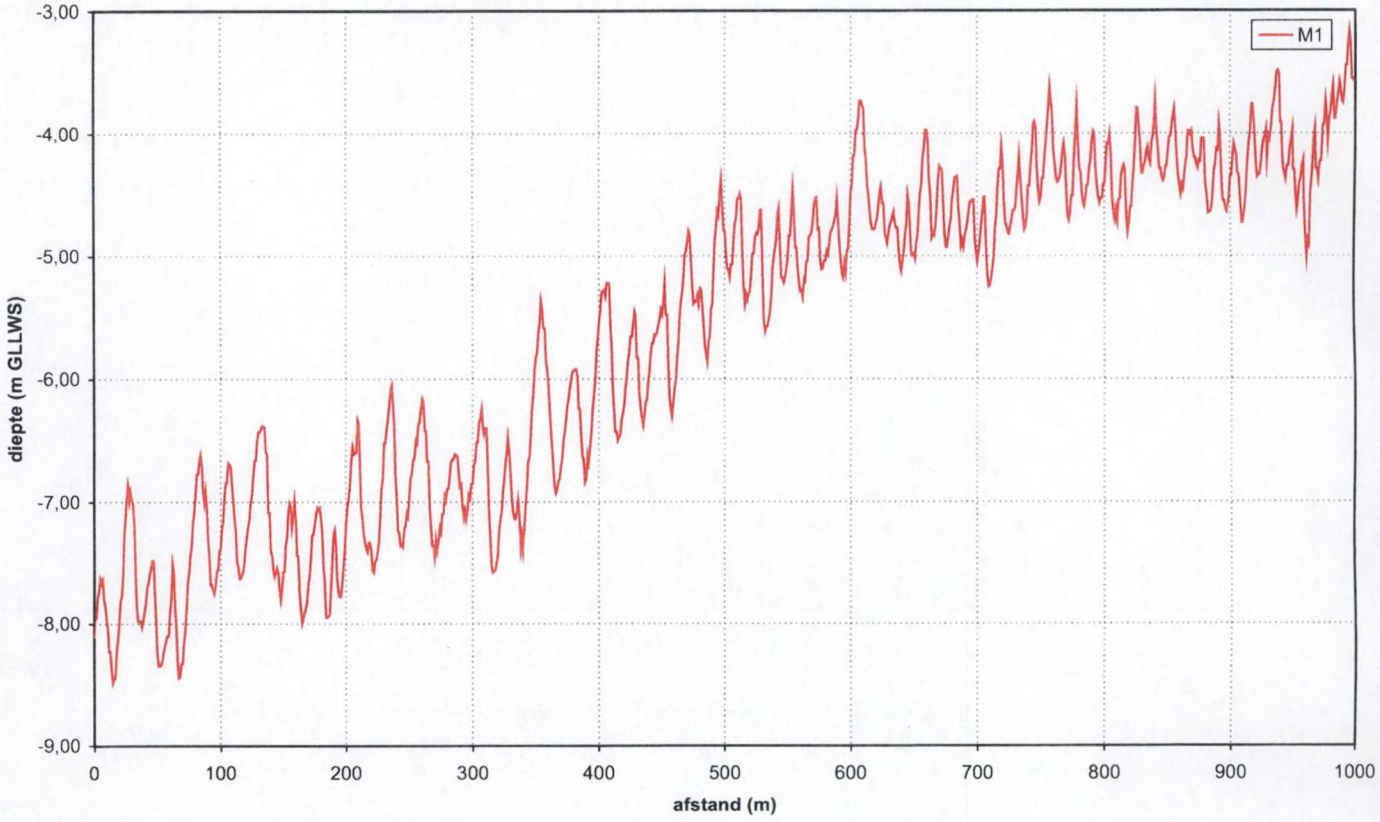



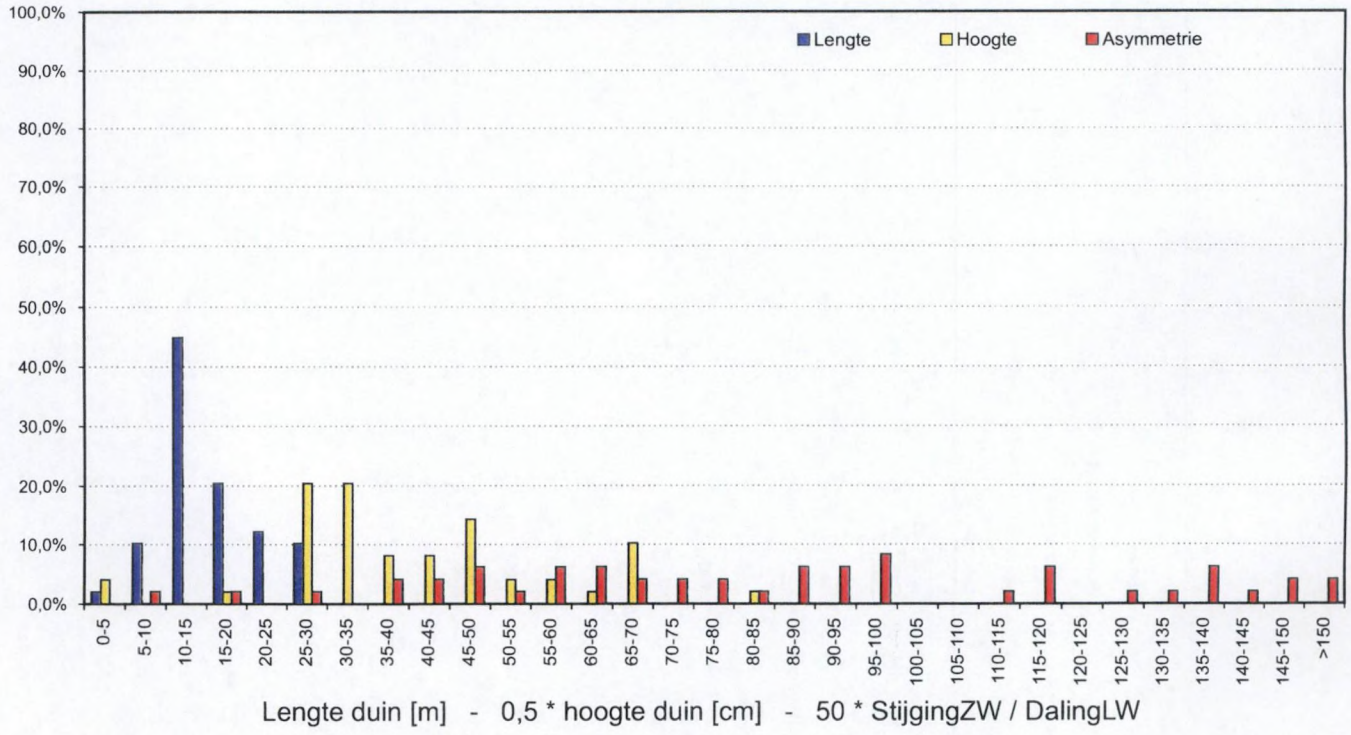

Deelgebied L zomerconditie
Profielen (boven) en frequentiediagramma raai L1 (onder)



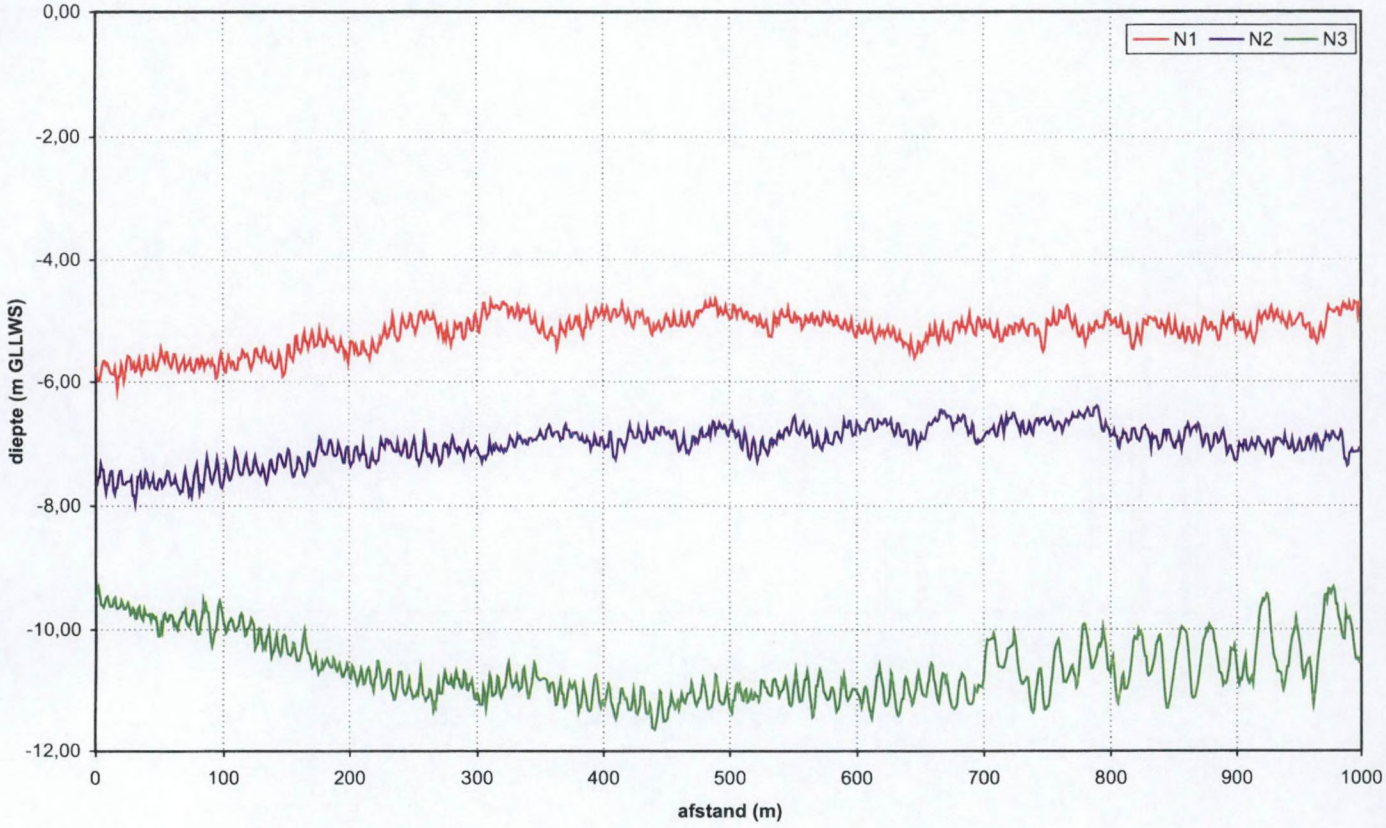



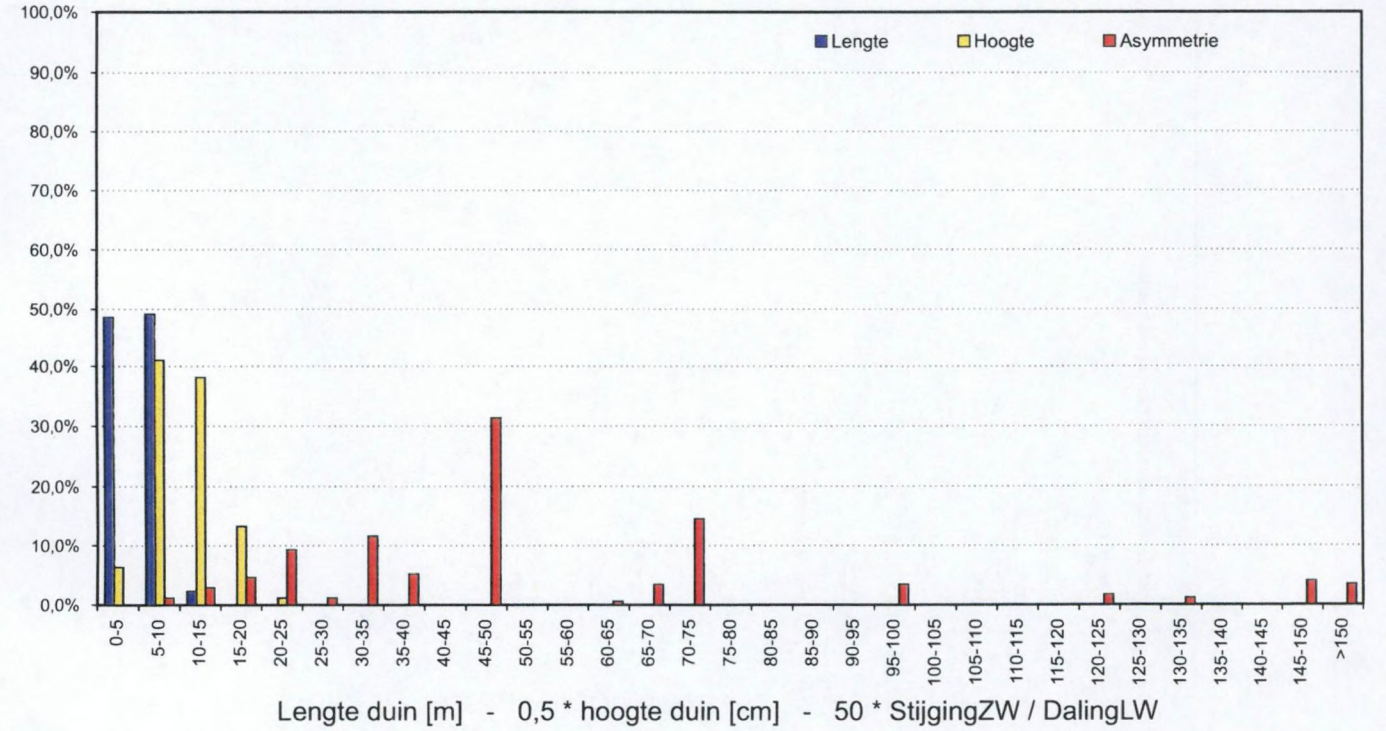

Deelgebied L zomerconditie
Frequentiediagramma raai L2 (boven) en raai L3 (onder)



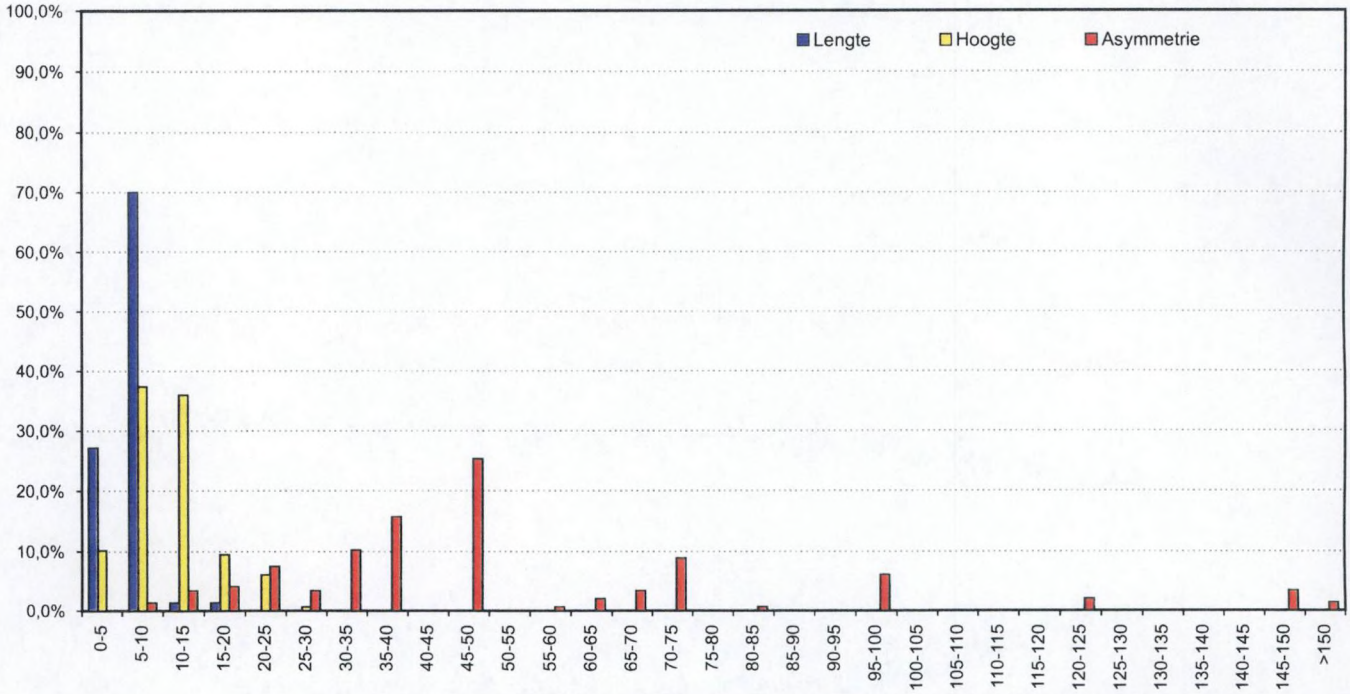



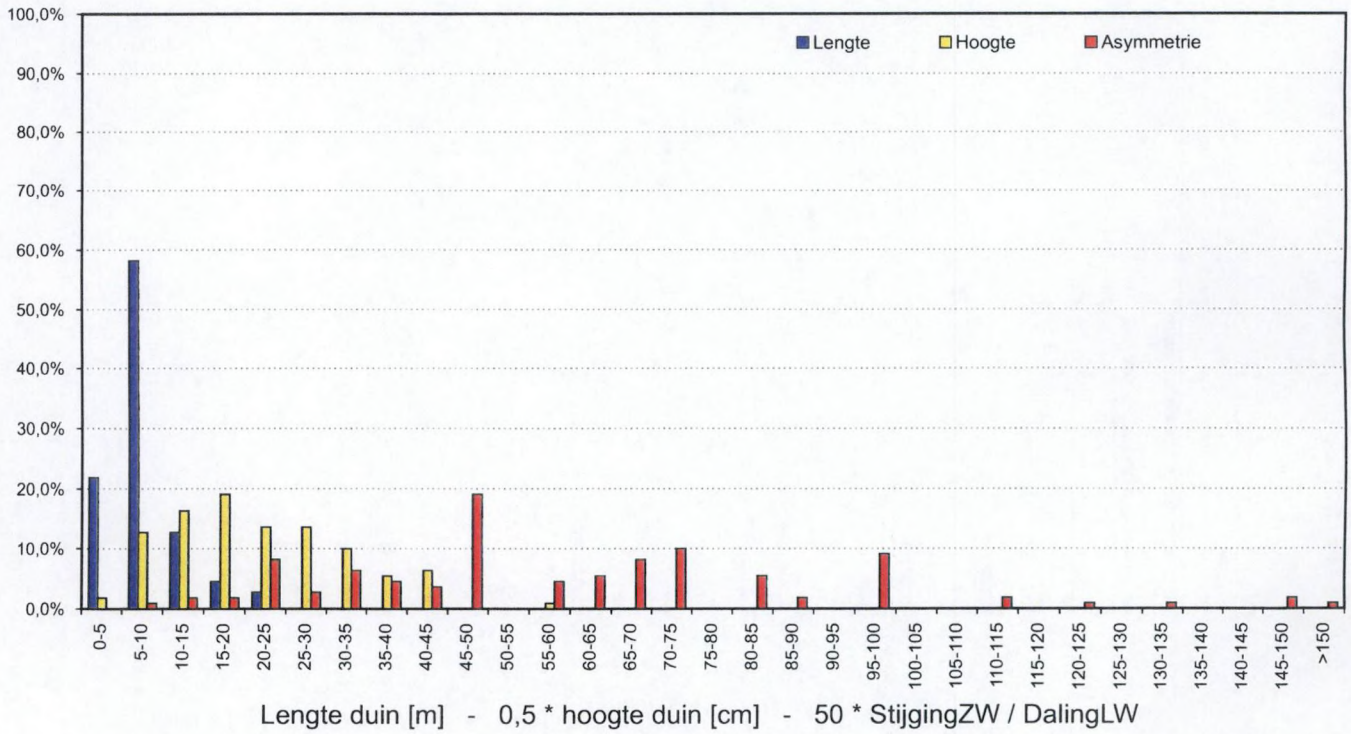

Deelgebied M zomerconditie
Profielen (boven) en frequentiediagramma raai M1 (onder)



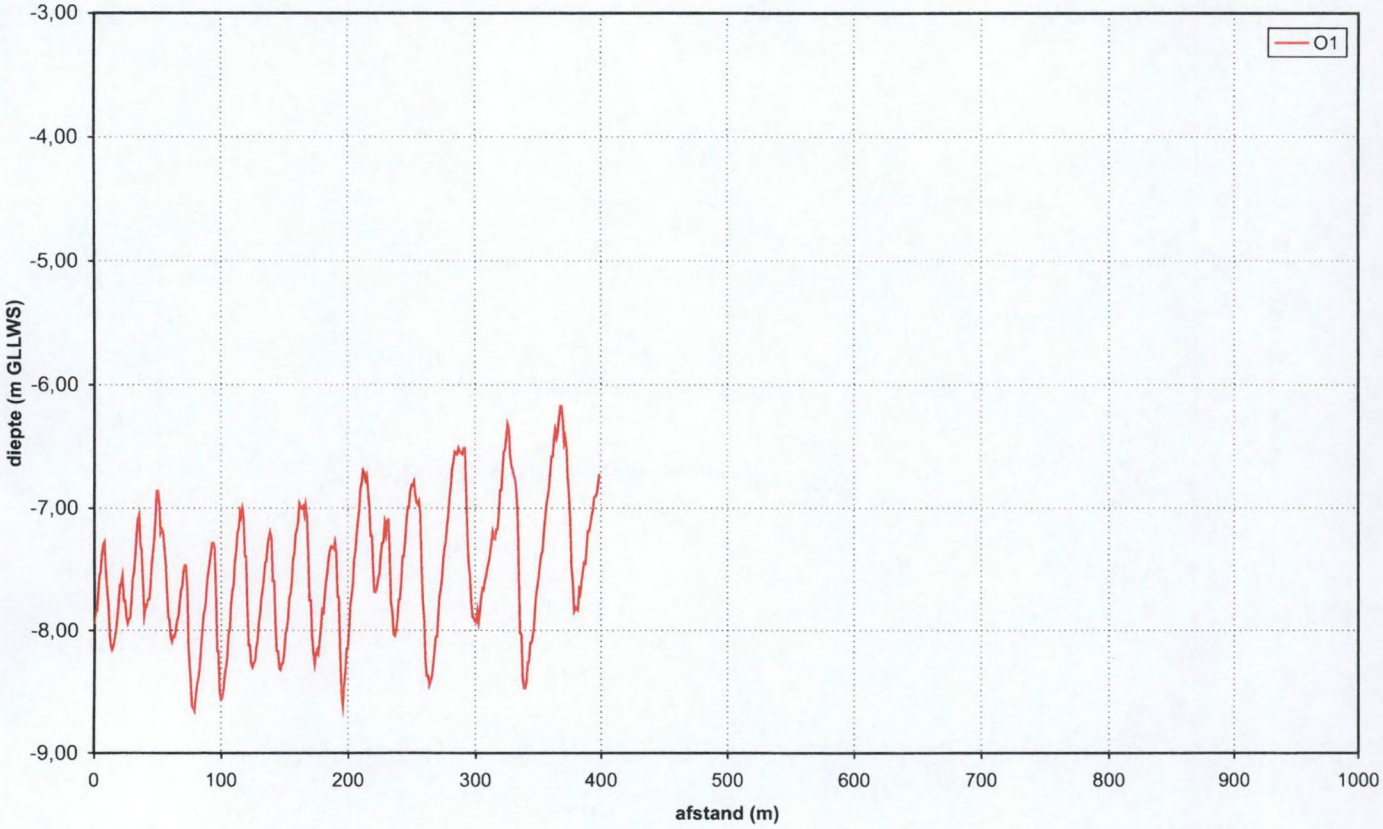



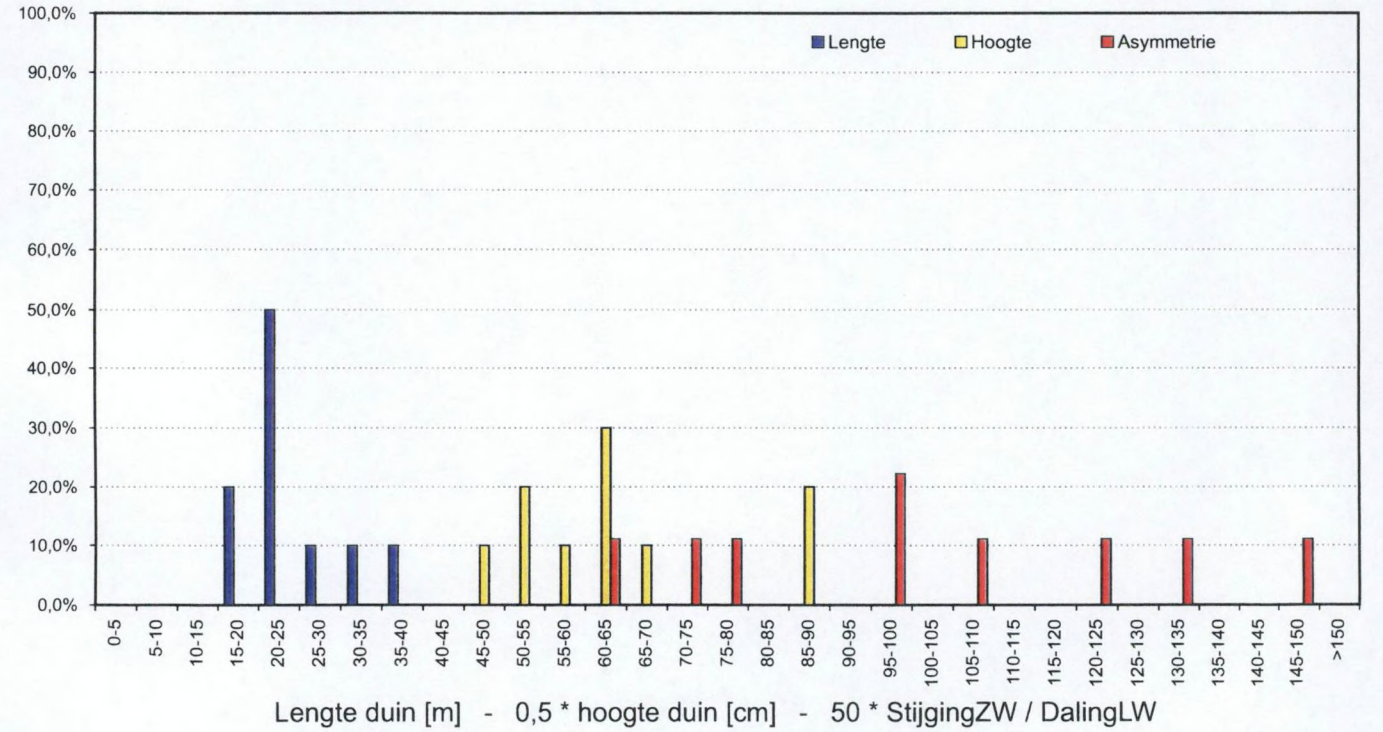

Deelgebied N zomerconditie
Profielen (boven) en frequentiediagramma raai N1 (onder)



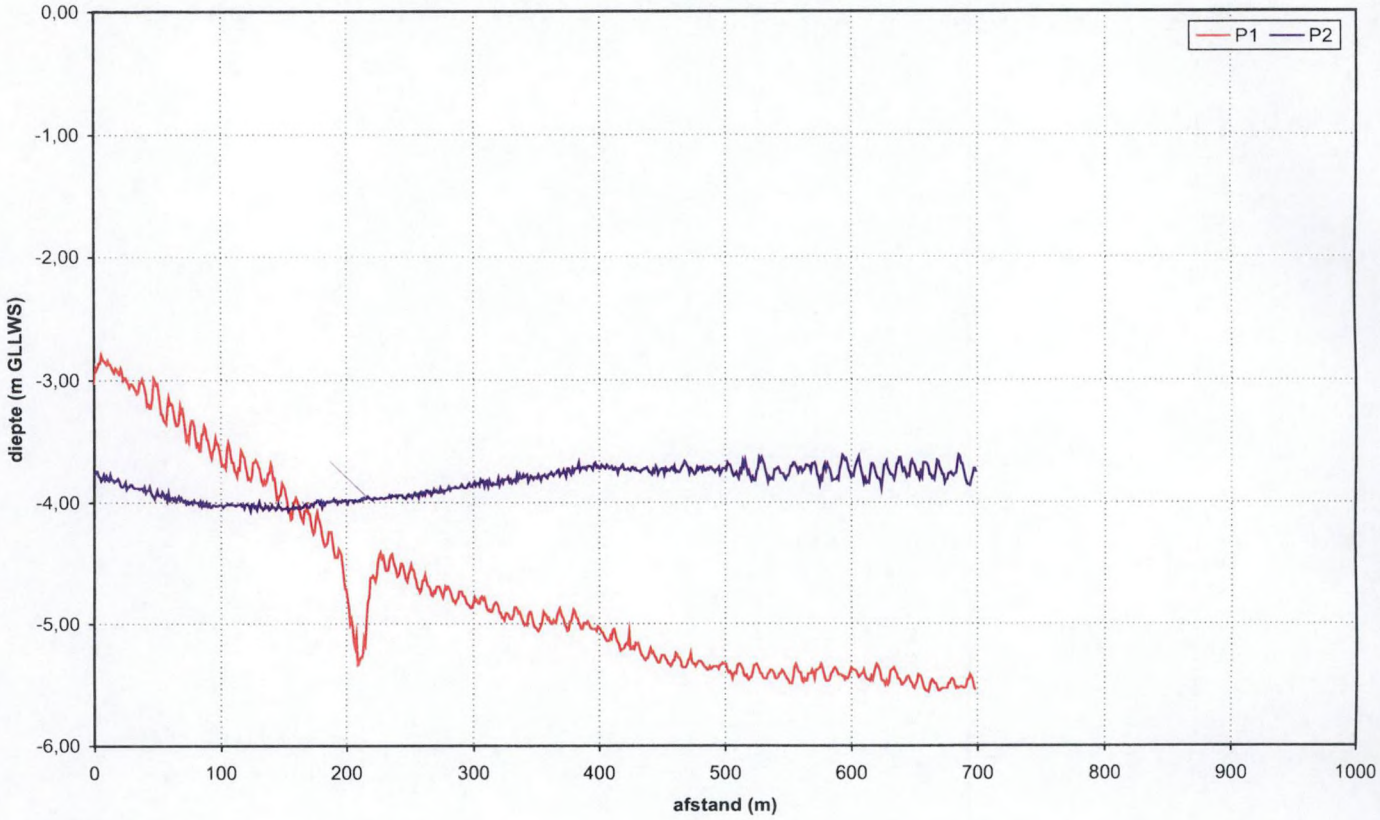




Deelgebied N zomerconditie
Frequentiediagramma raai N2 (boven) en raai N3 (onder)

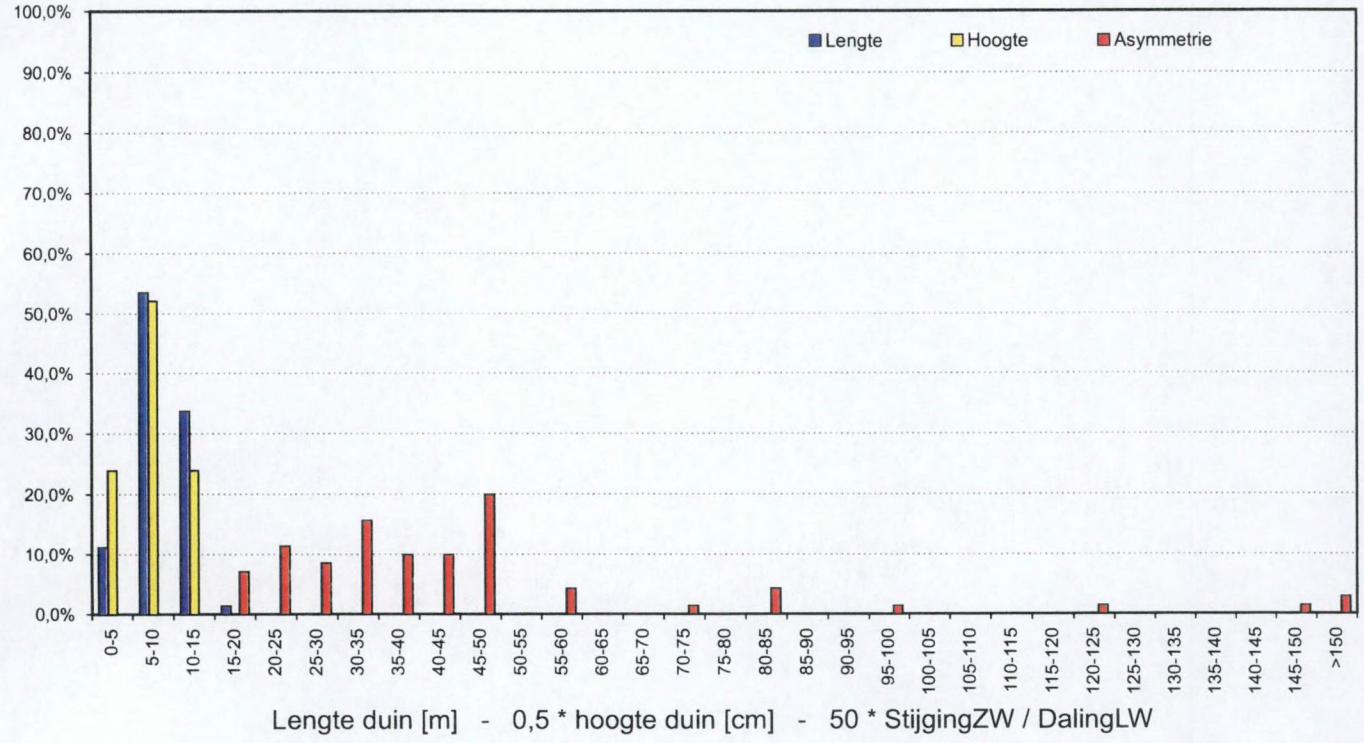


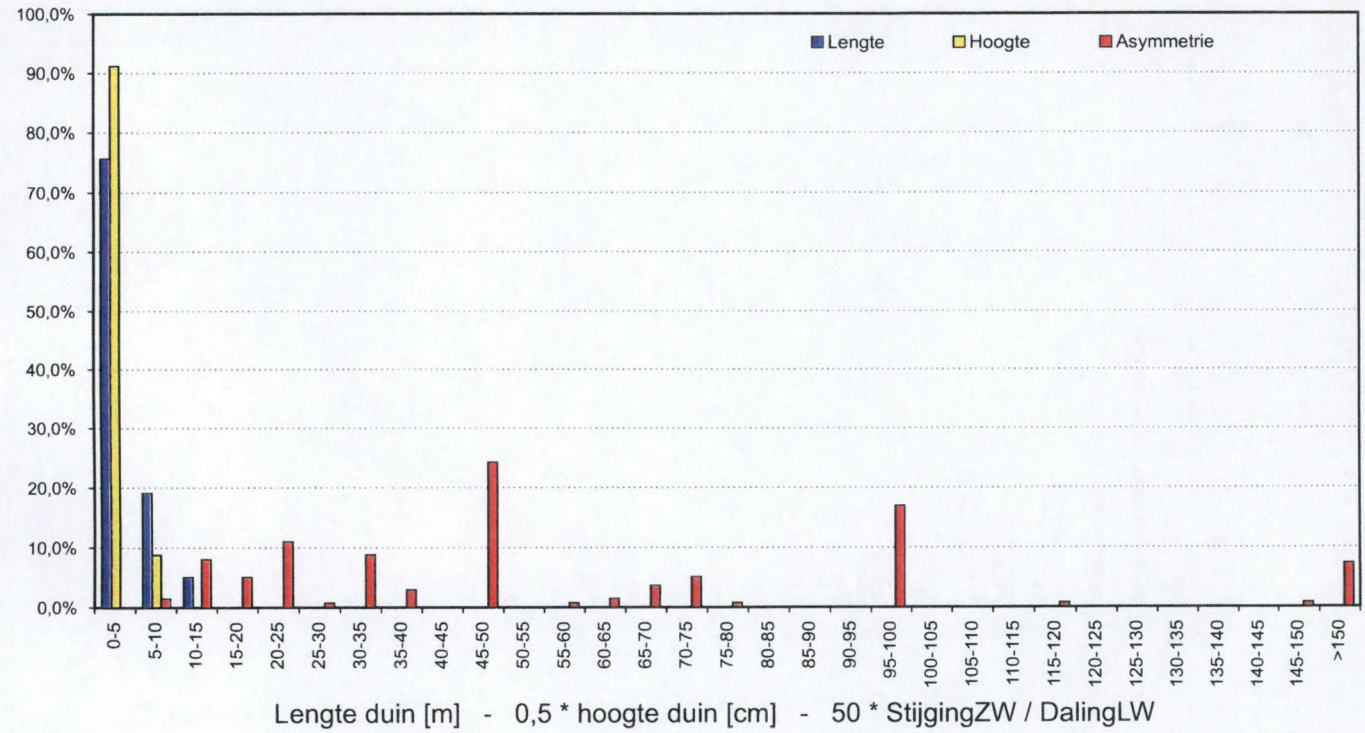




Deelgebied O zomerconditie
Profielen (boven) en frequentiediagramma raai O1 (onder)

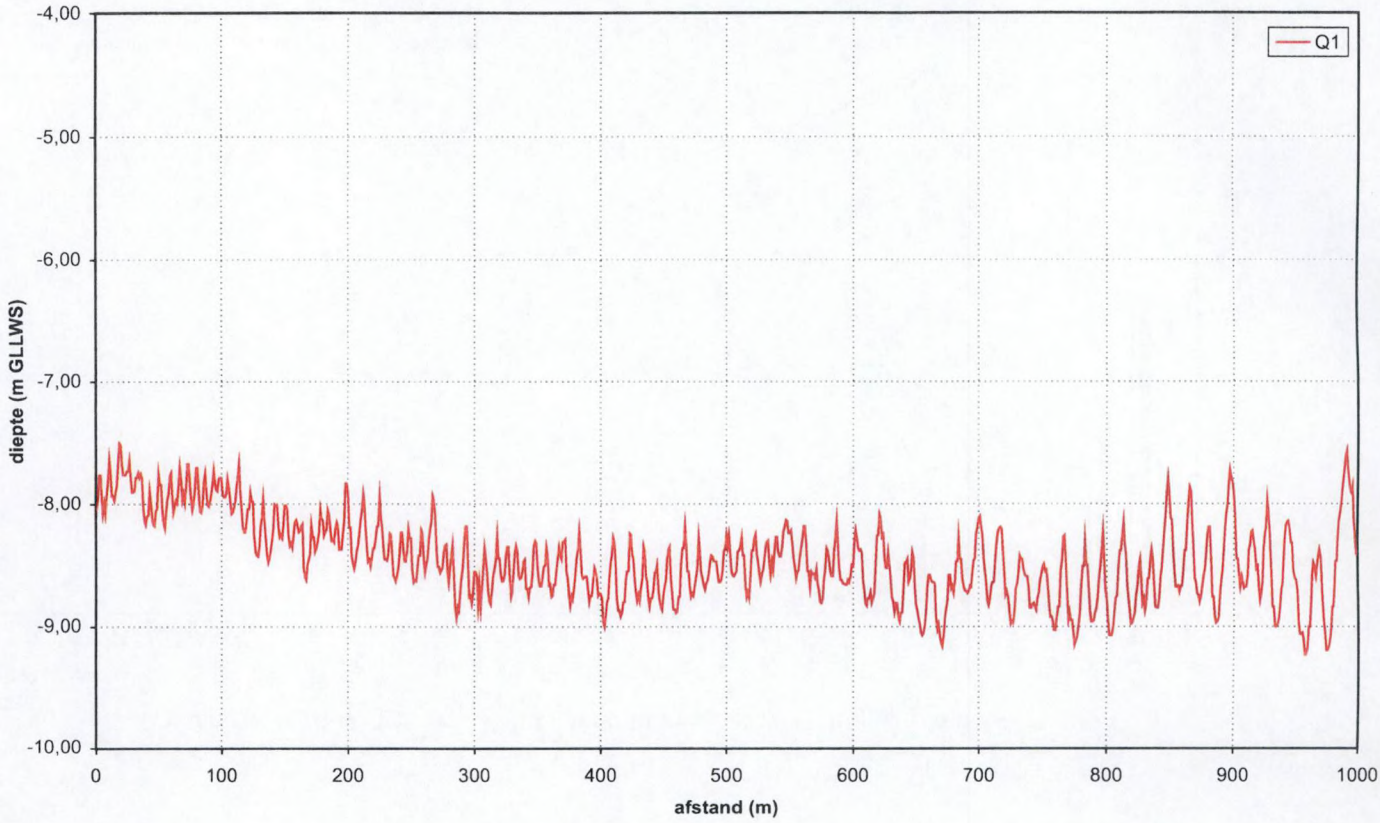


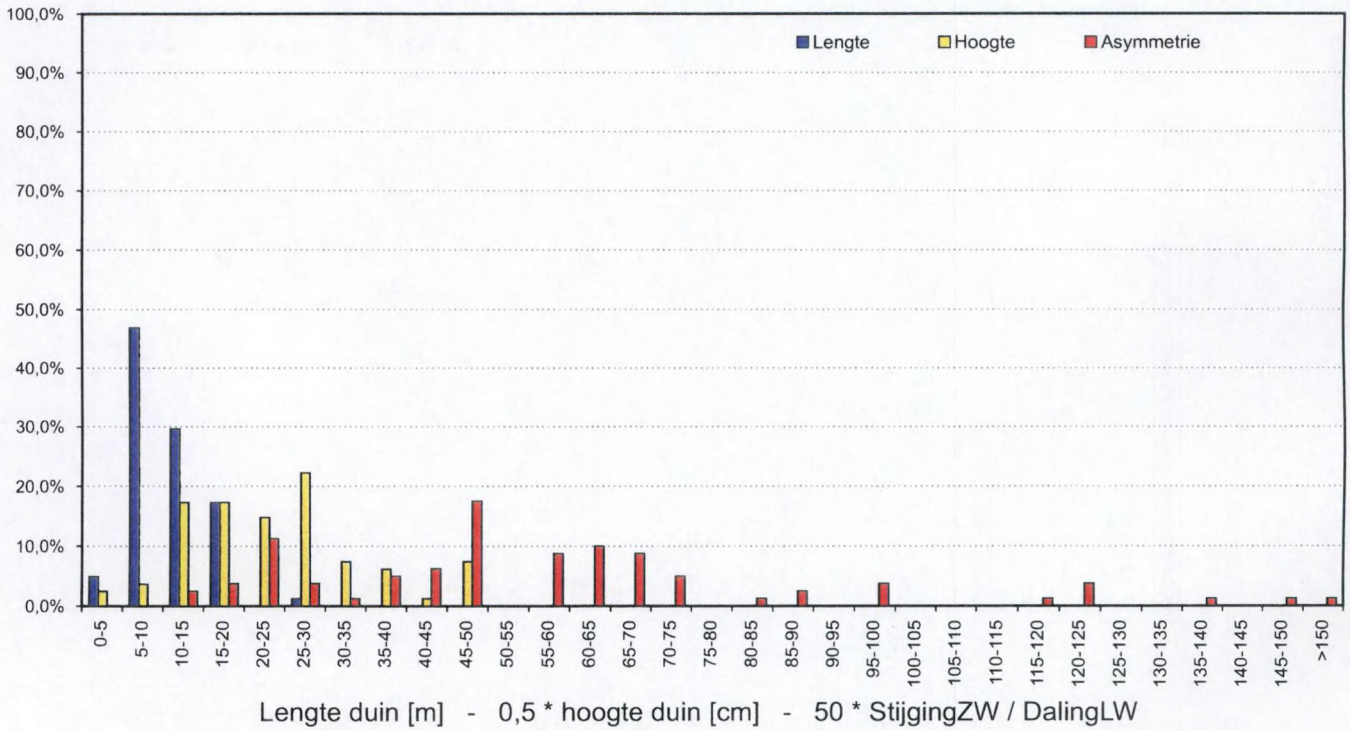

Deelgebied P zomerconditie: profielen



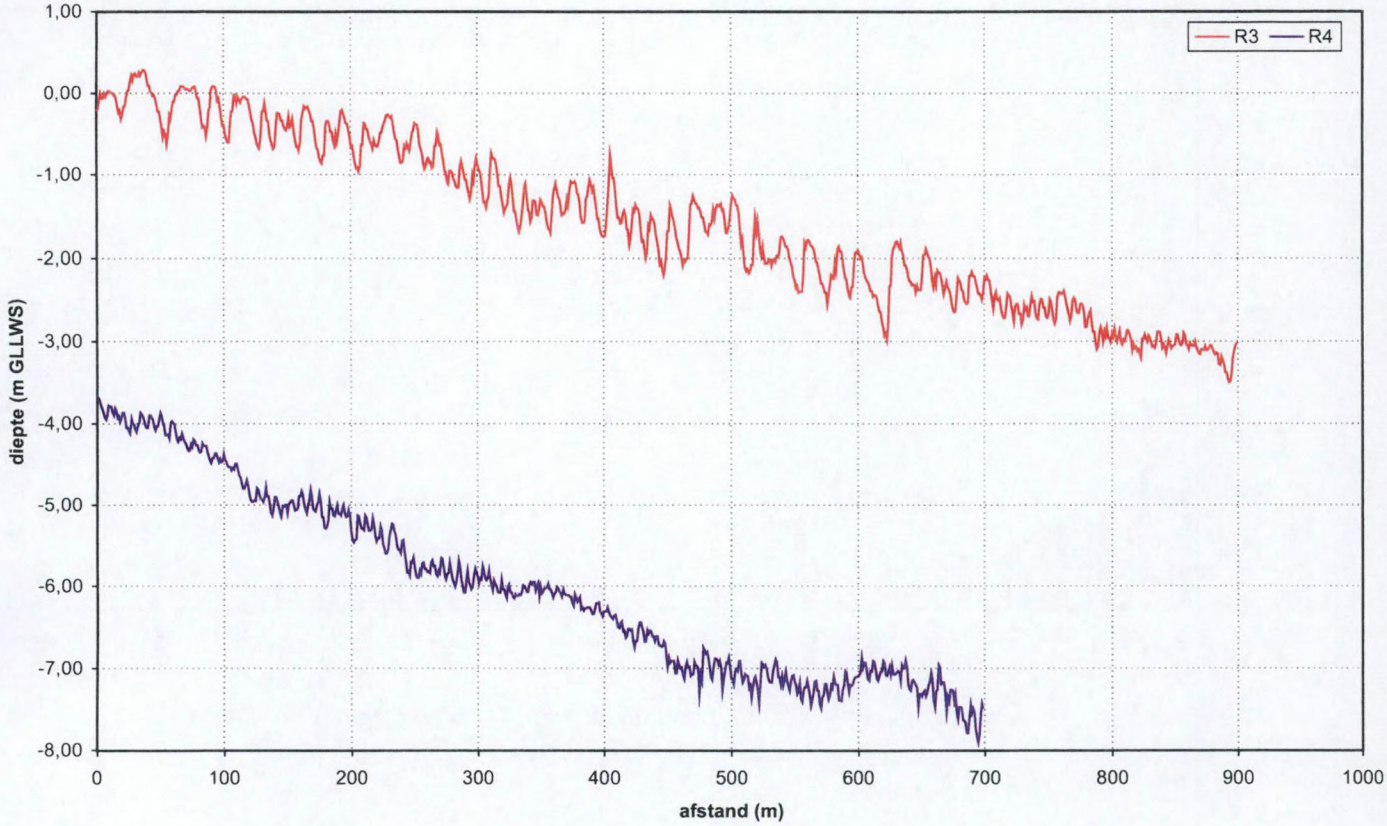




Deelgebied P zomerconditie
Frequentiediagramma raai P1 (boven) en raai P2 (onder)

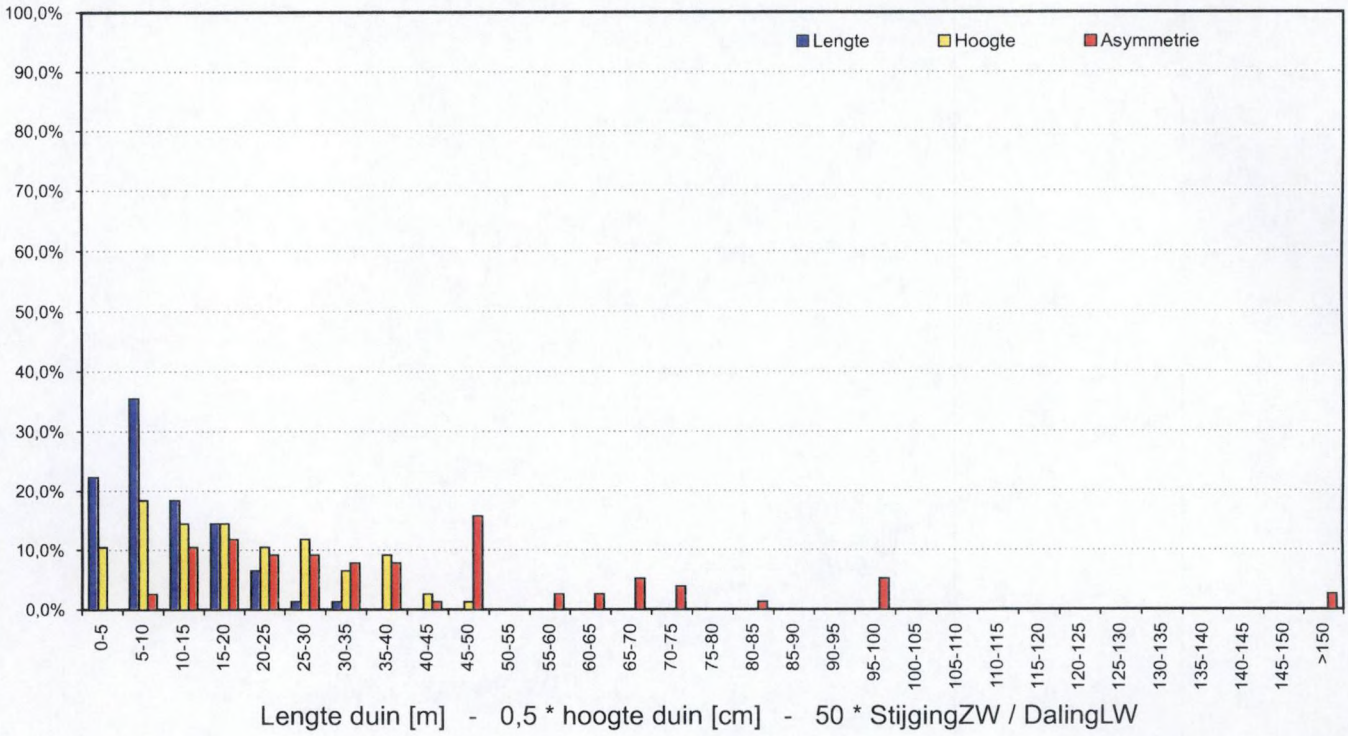


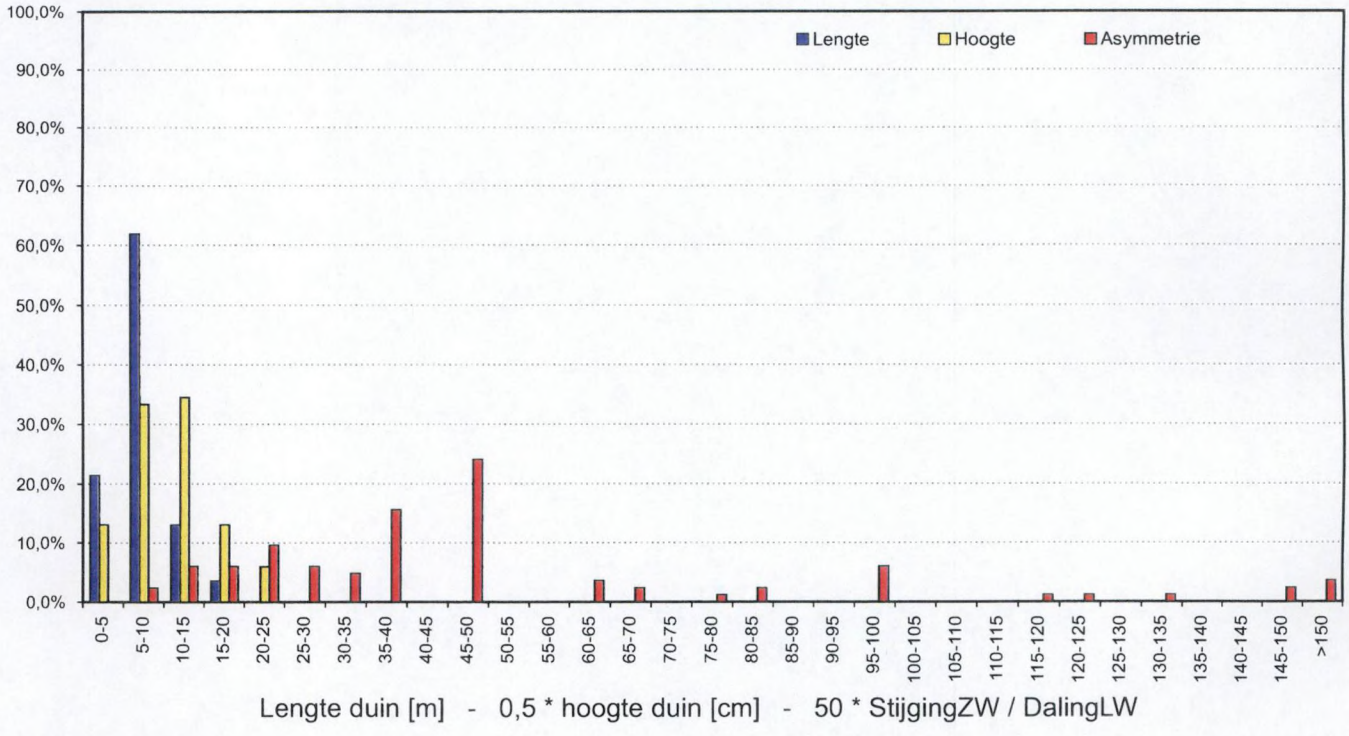




Deelgebied Q zomerconditie
Profielen (boven) en frequentiediagramma raai Q1 (onder)

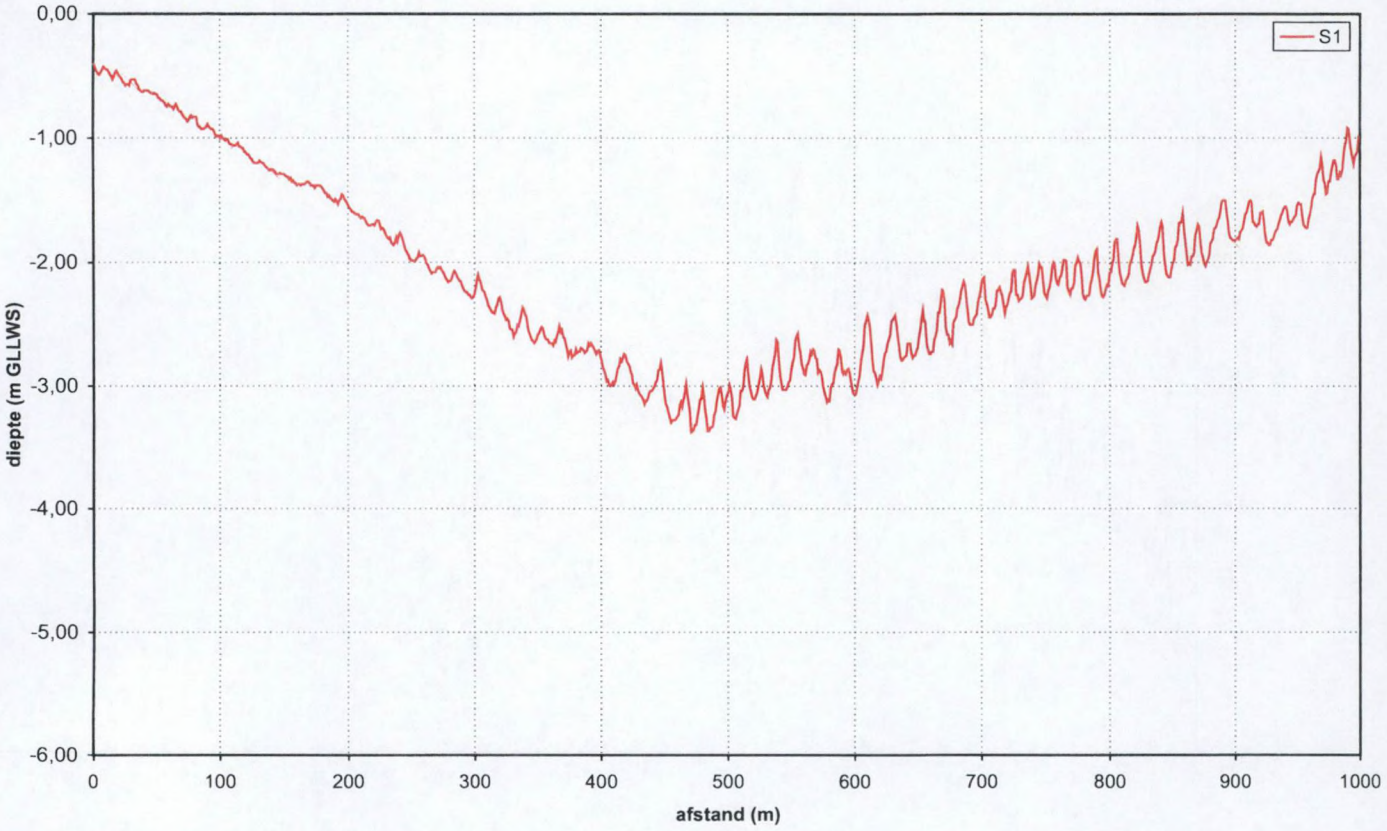


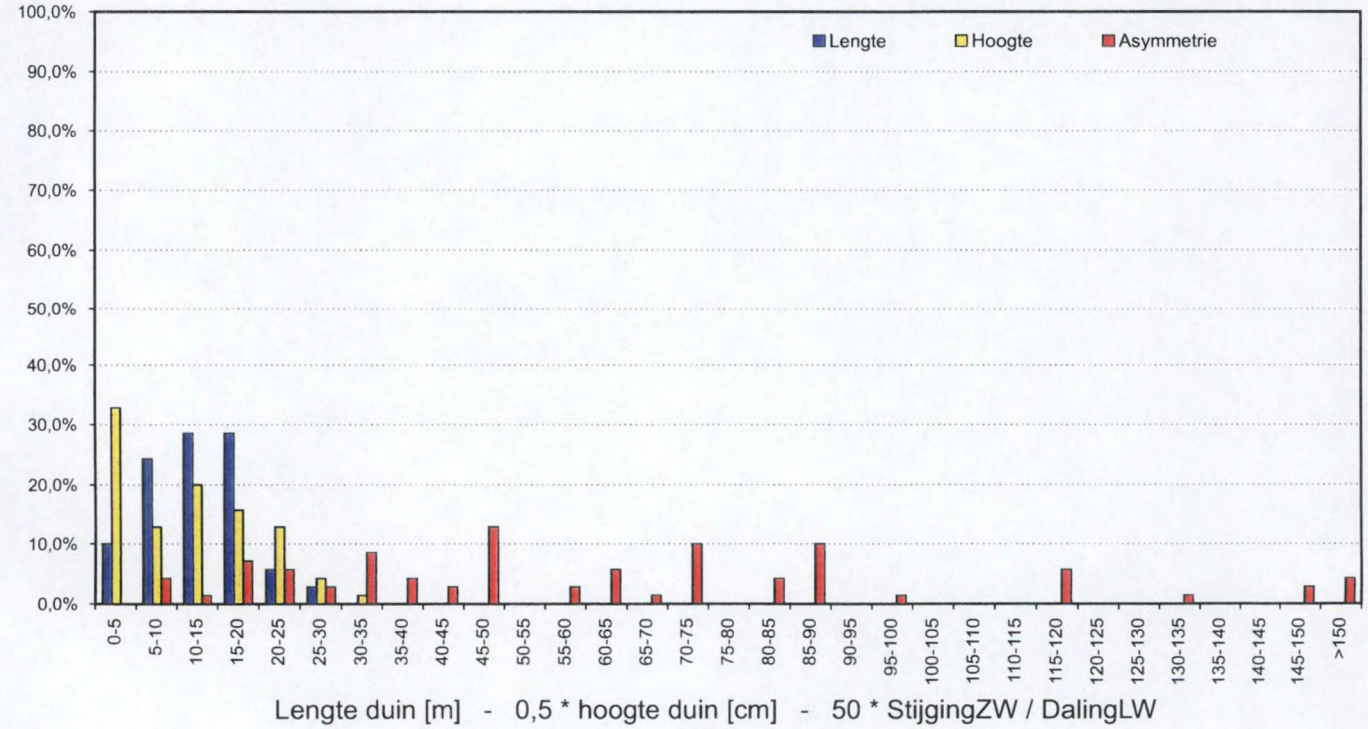

Deelgebied R zomerconditie: profielen



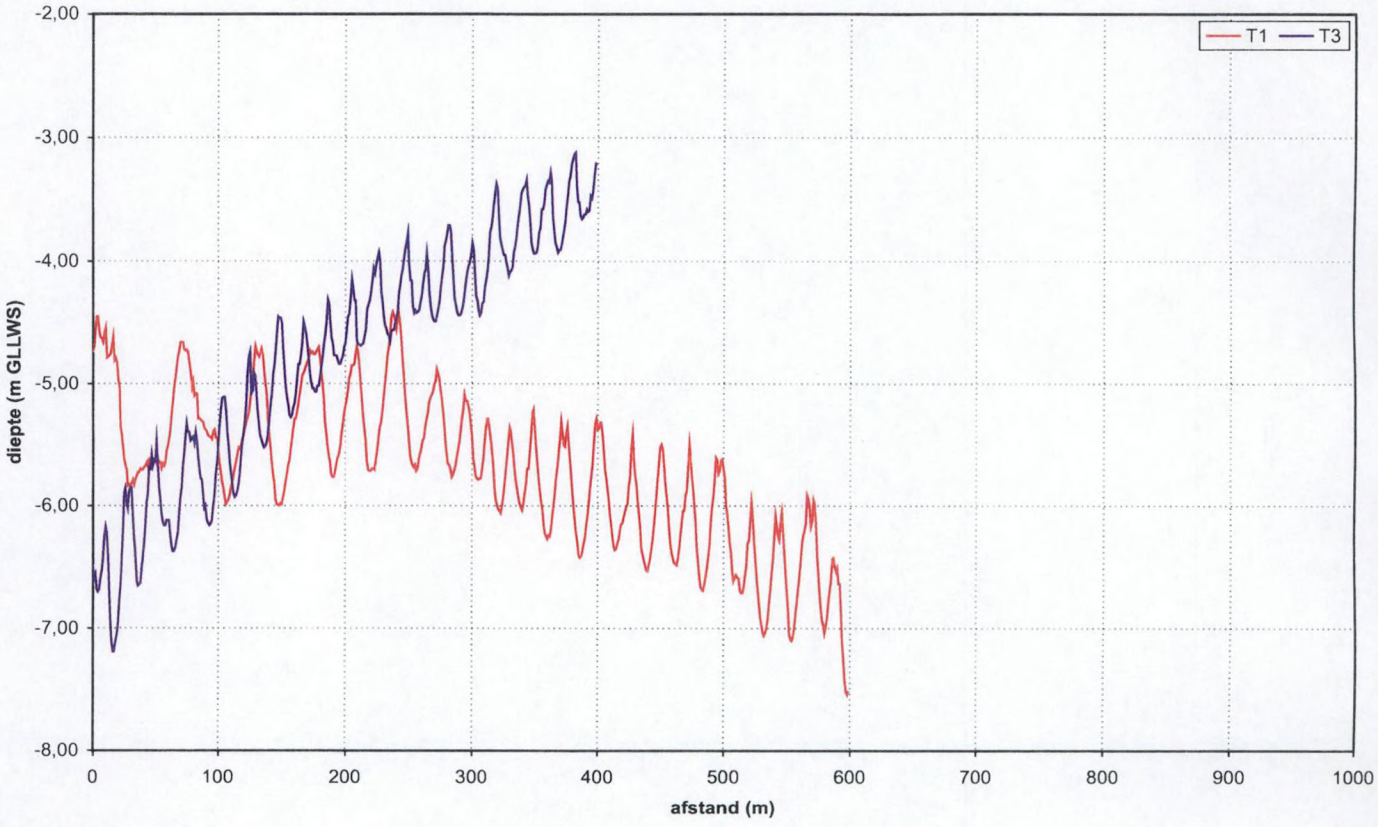




Deelgebied R zomerconditie
Frequentiediagramma raai R3 (boven) en raai R4 (onder)

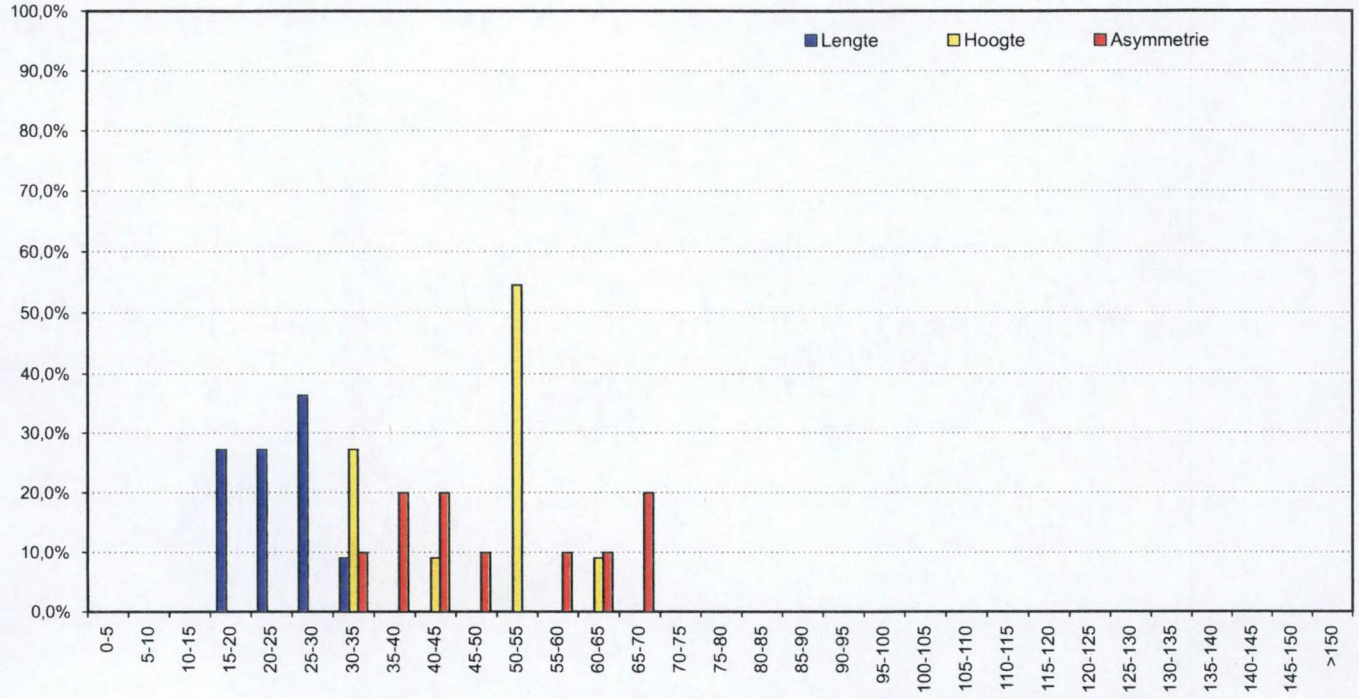


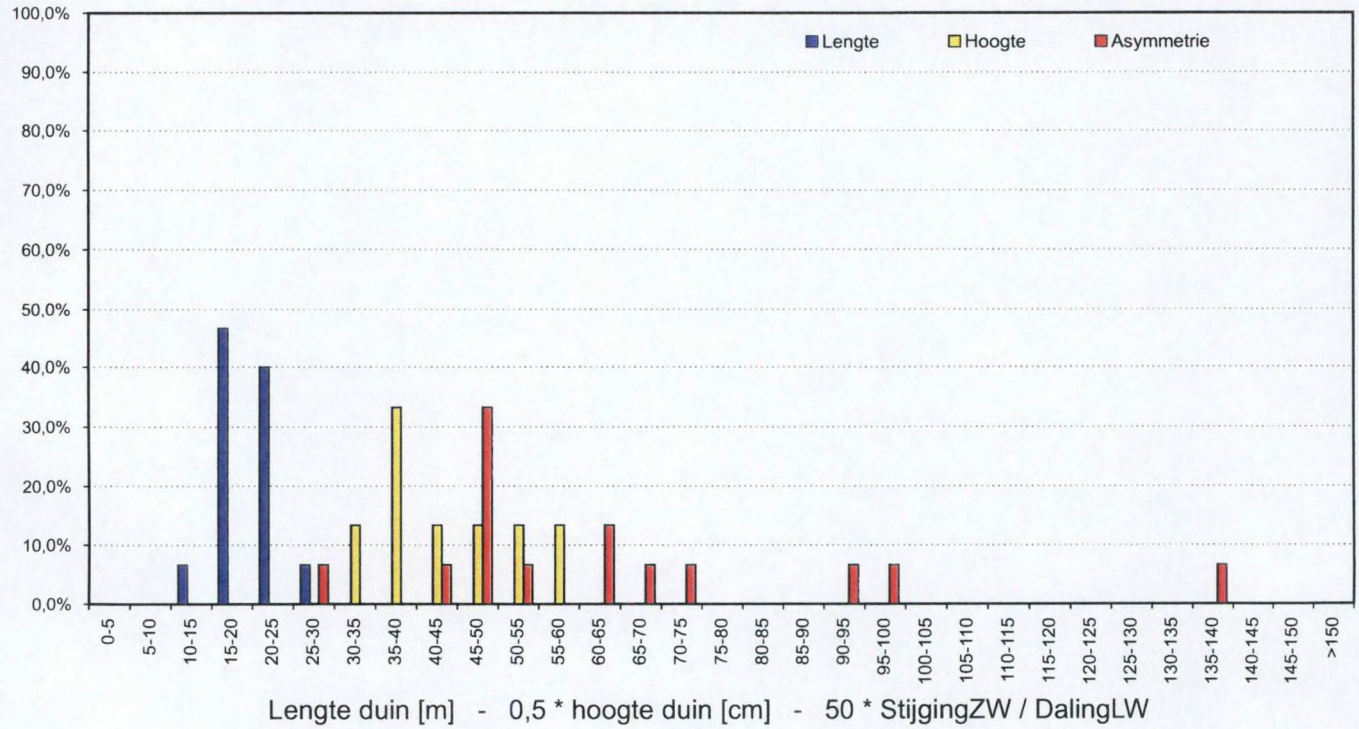




Deelgebied S zomerconditie
Profielen (boven) en frequentiediagramma raai S1 (onder)

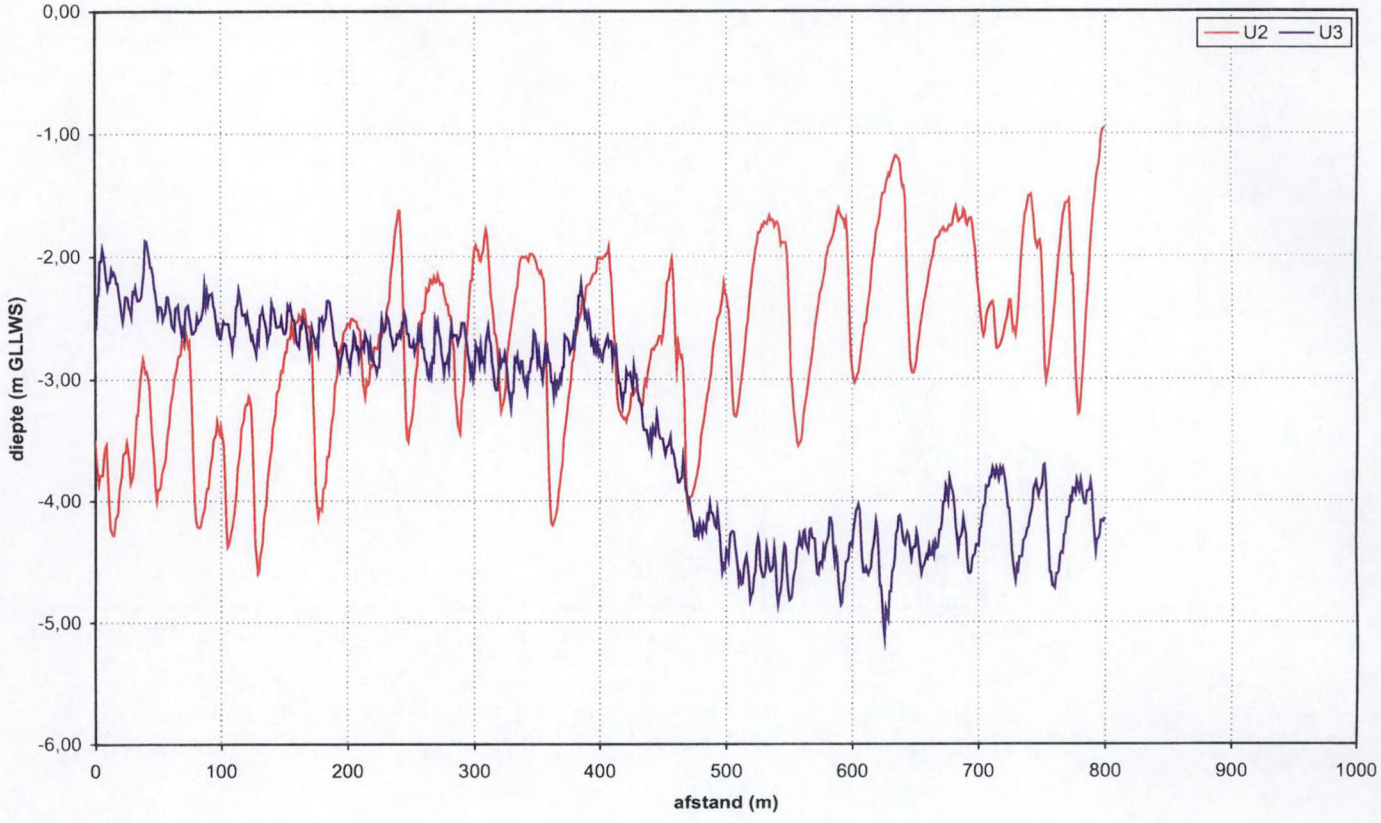



Deelgebied T zomerconditie: profielen

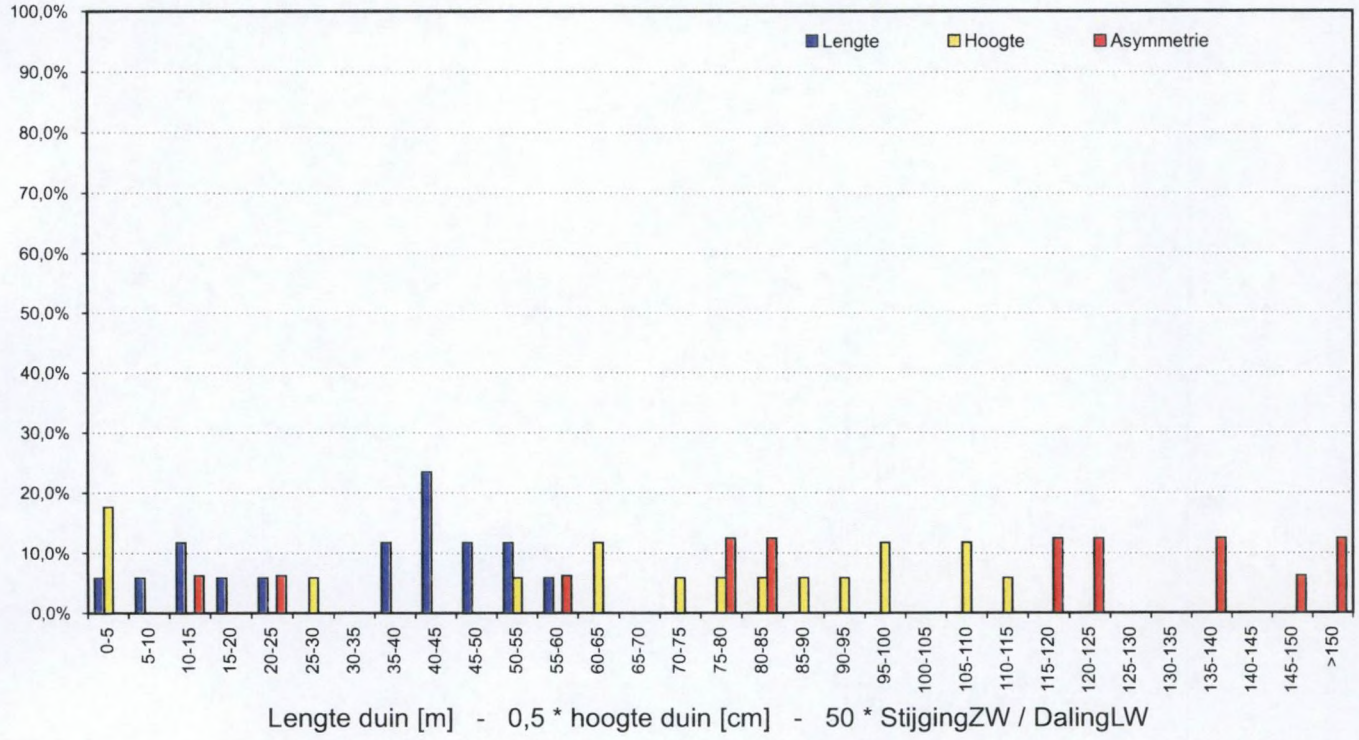


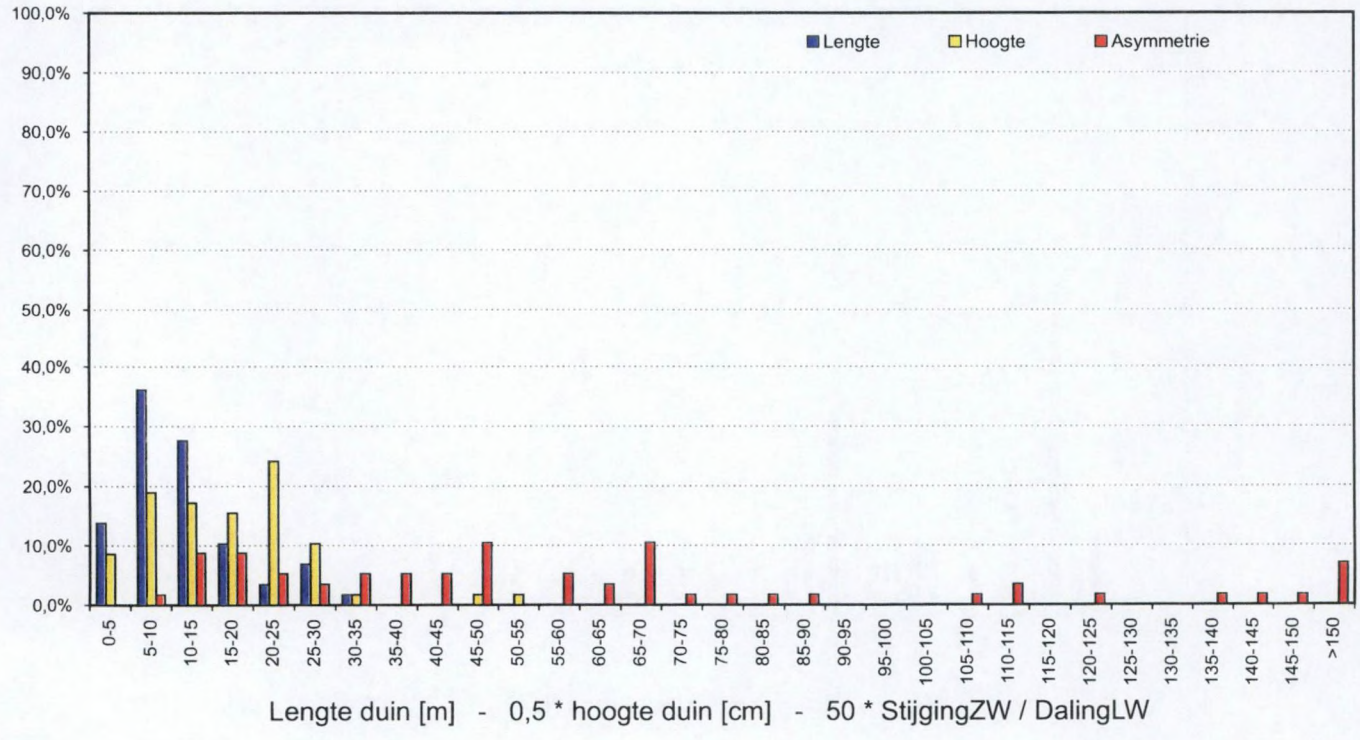




Deelgebied T zomerconditie
Frequentiediagramma raai T1 (boven) en raai T3 (onder)

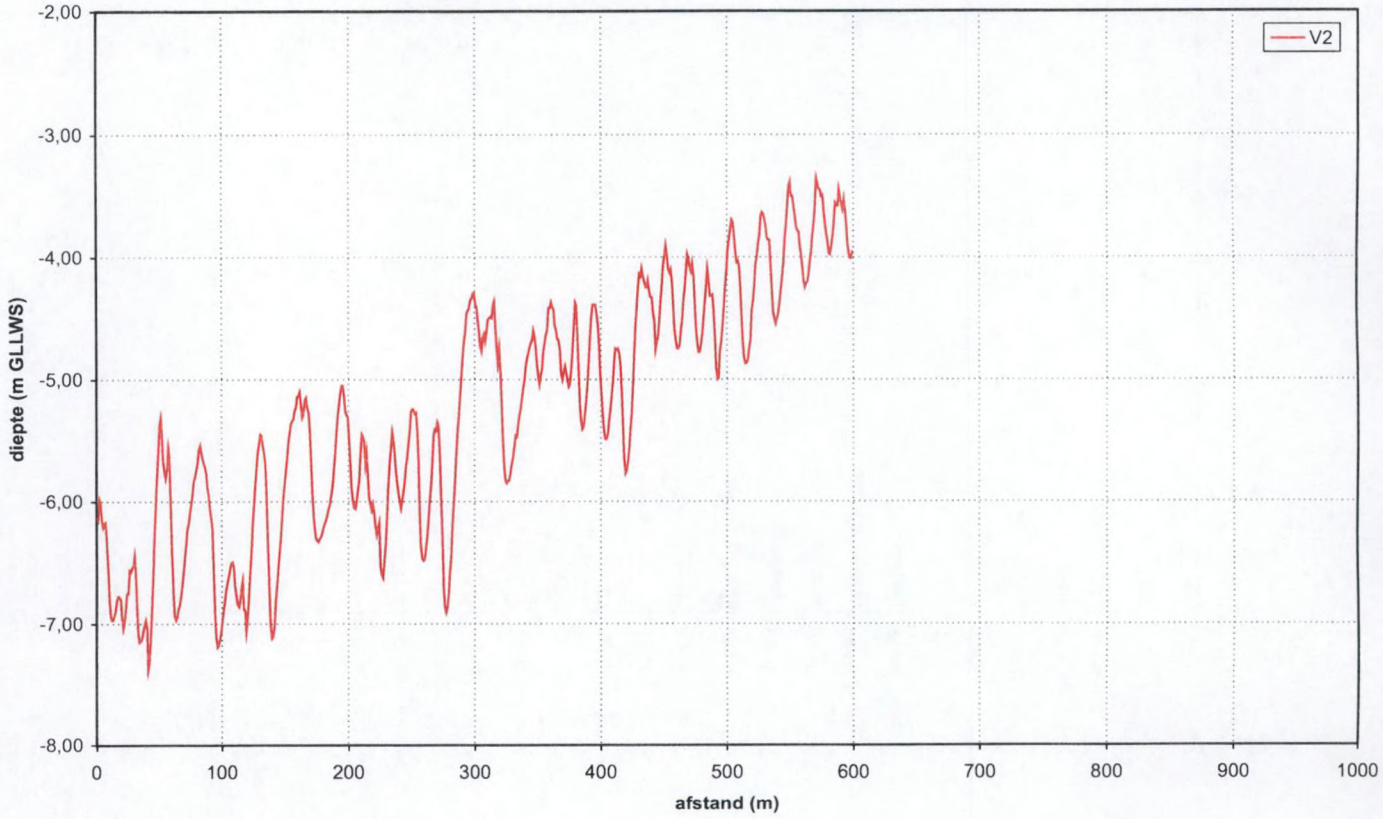


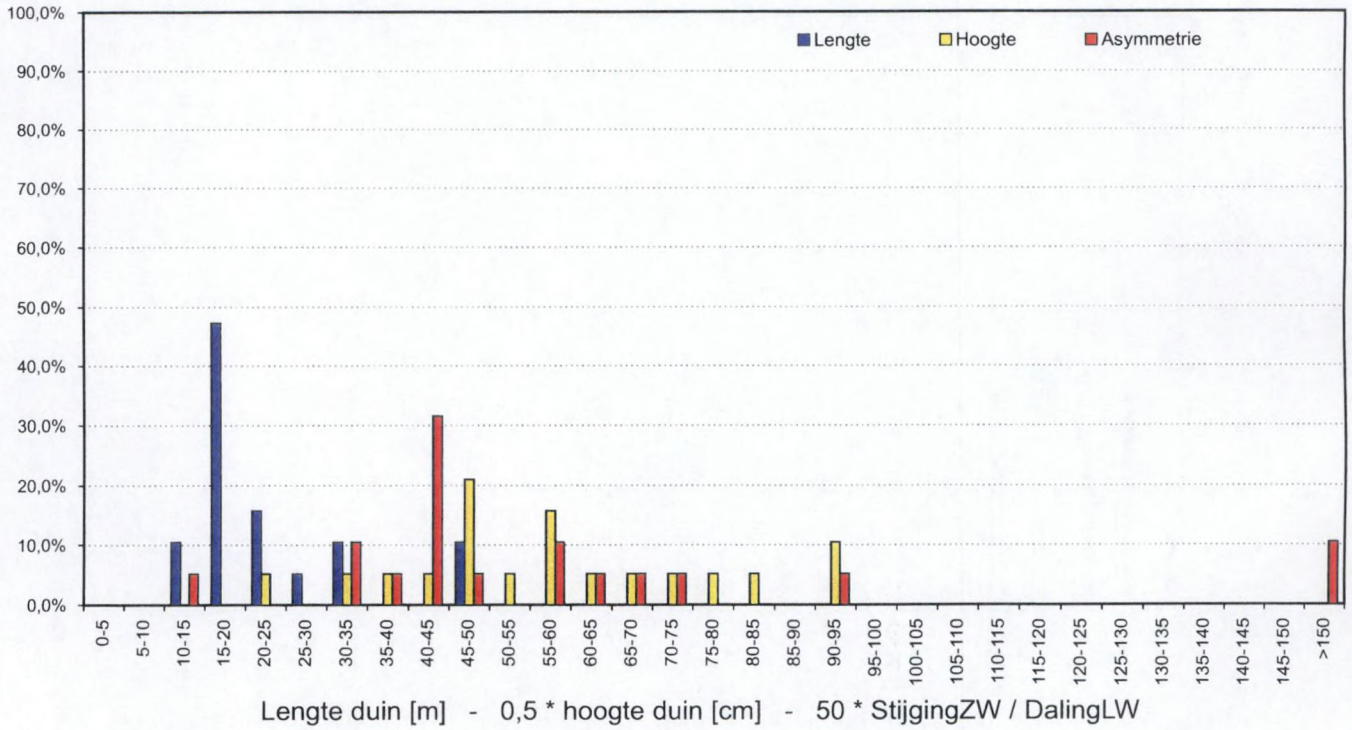

Deelgebied U zomerconditie: profielen



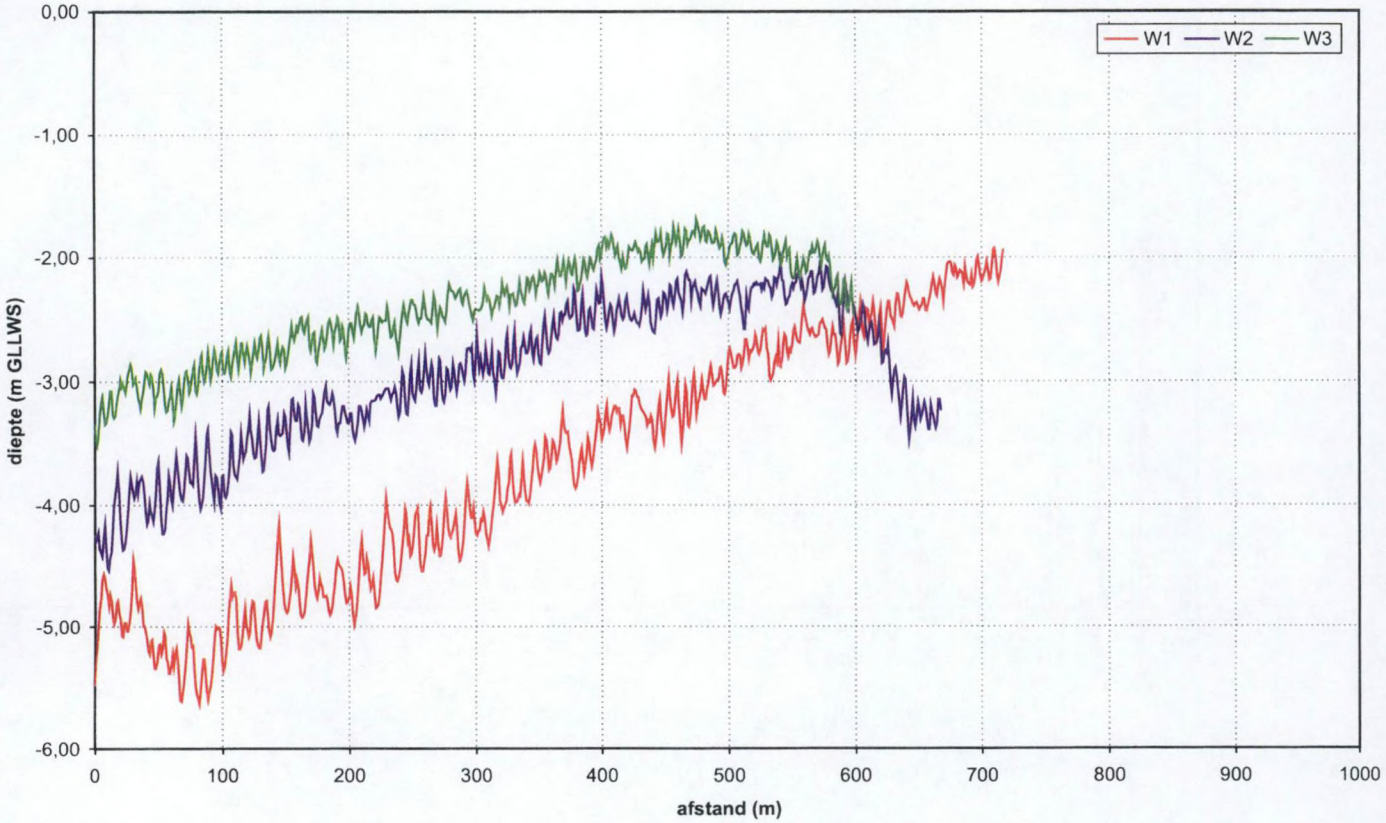



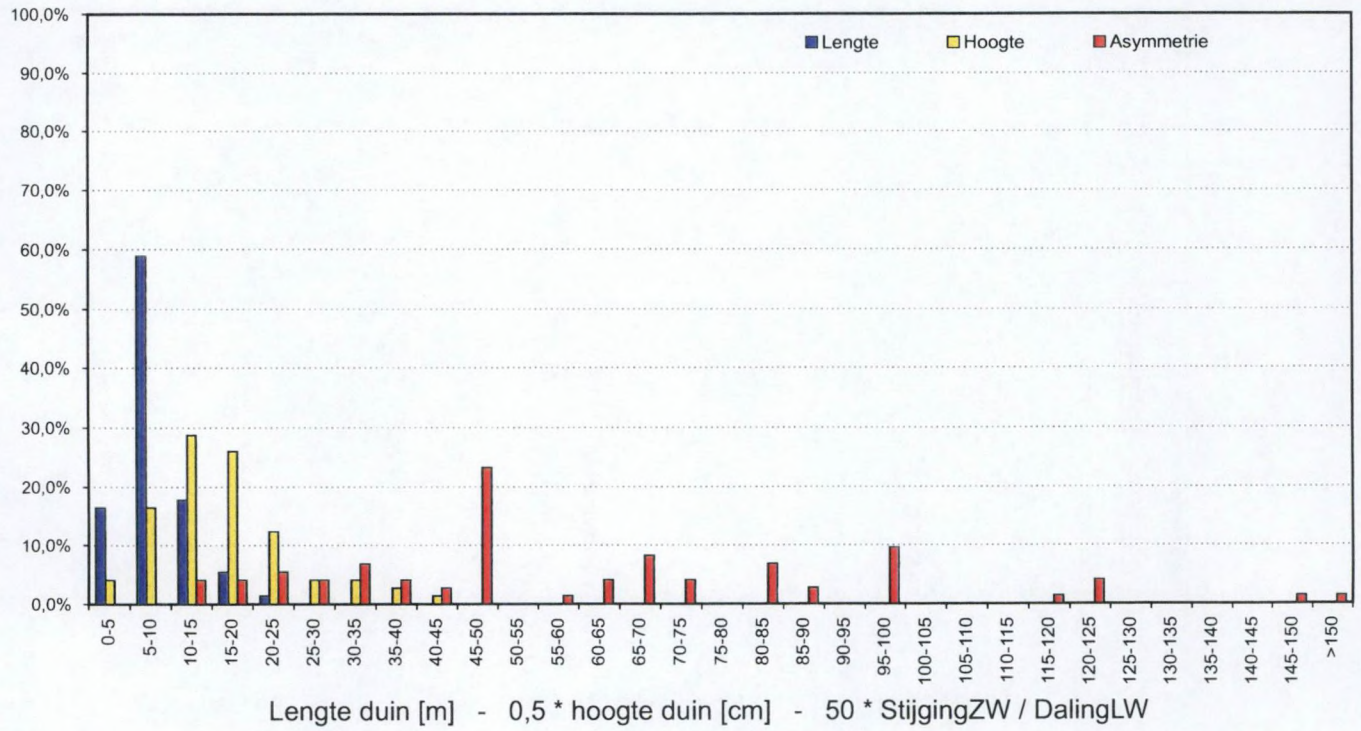

Deelgebied U zomerconditie
Frequentiediagramma raai U2 (boven) en raai U3 (onder)



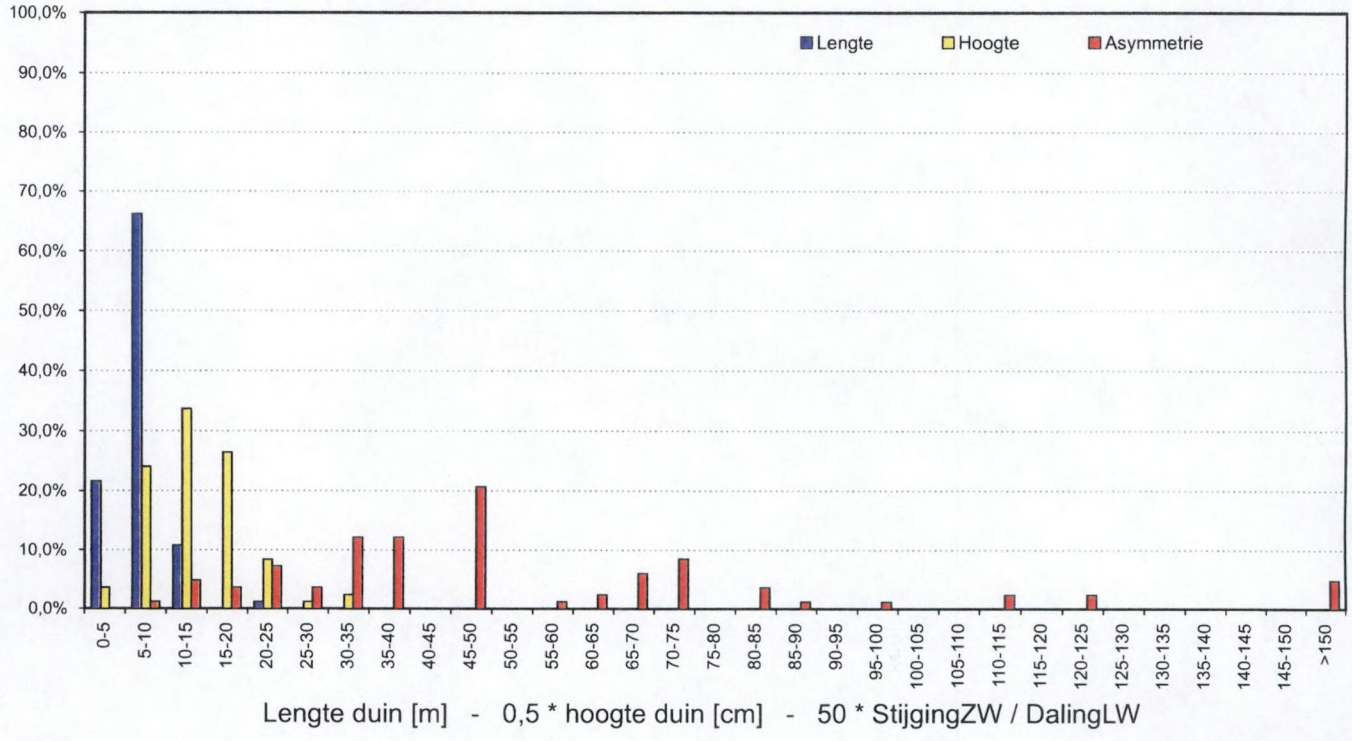



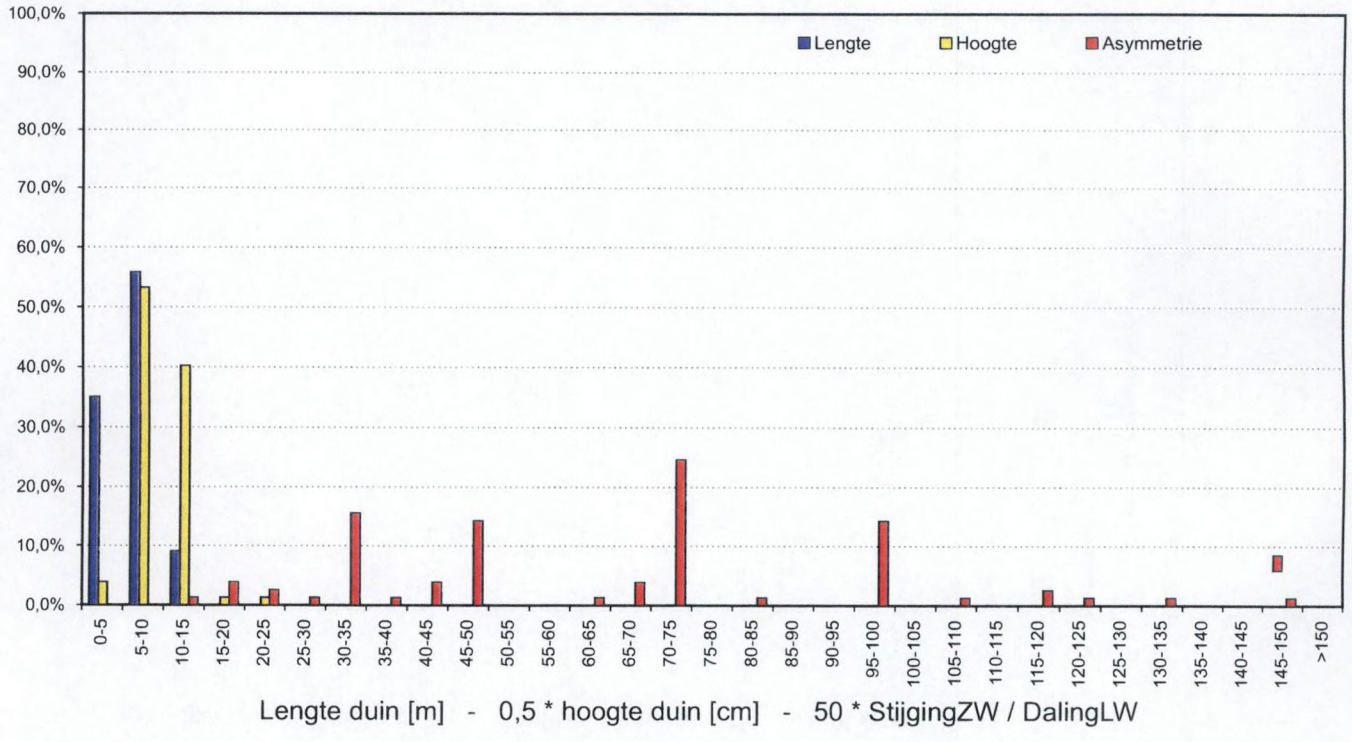

Deelgebied V zomerconditie
Profielen (boven) en frequentiediagramma raai V2 (onder)



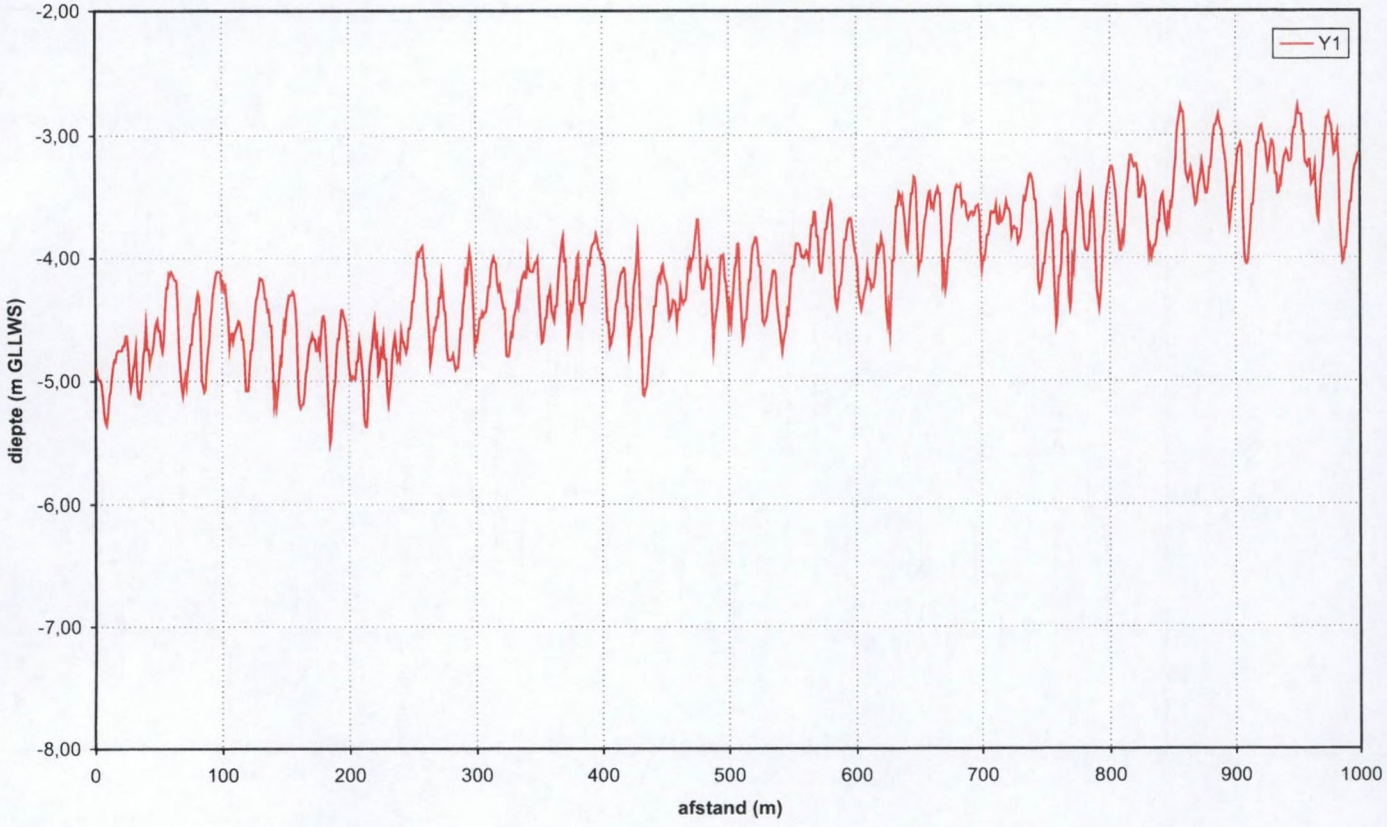



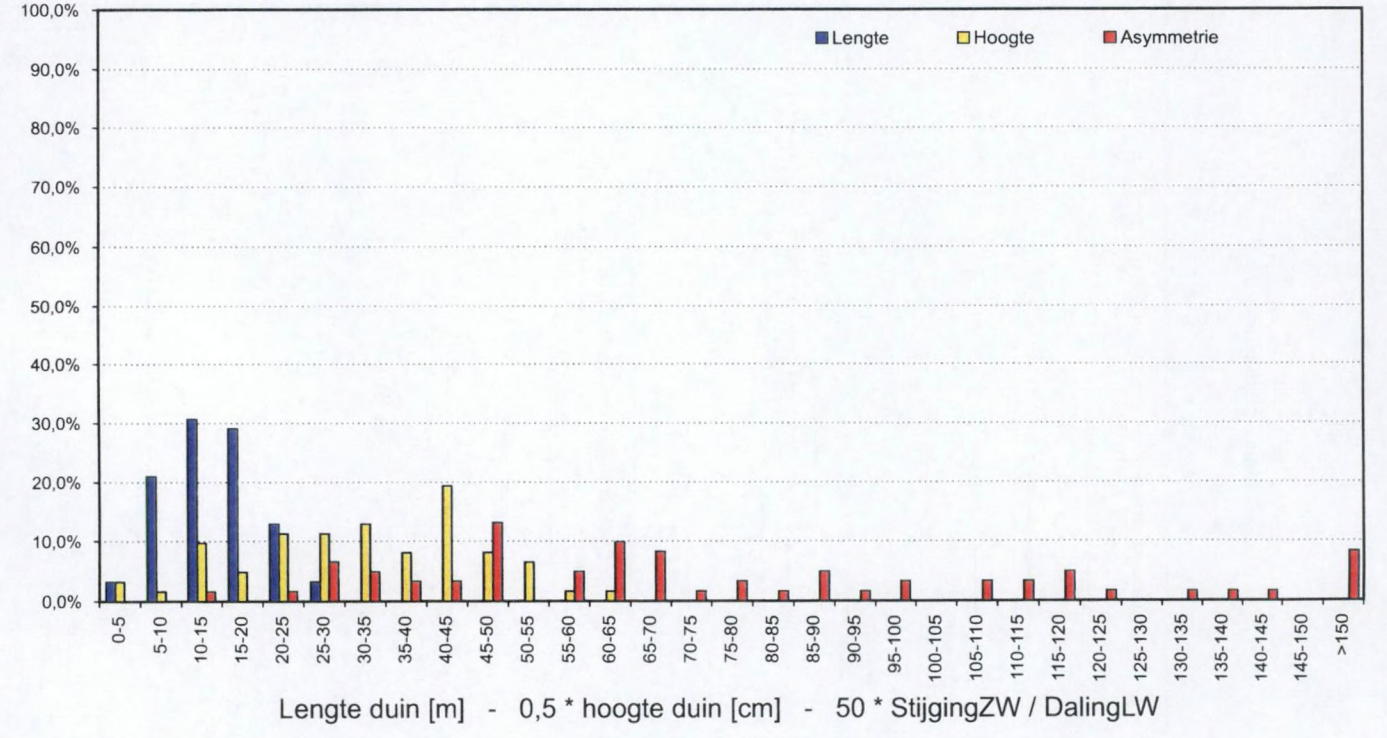

Deelgebied W zomerconditie
Profielen (boven) en frequentiediagramma raai W1 (onder)



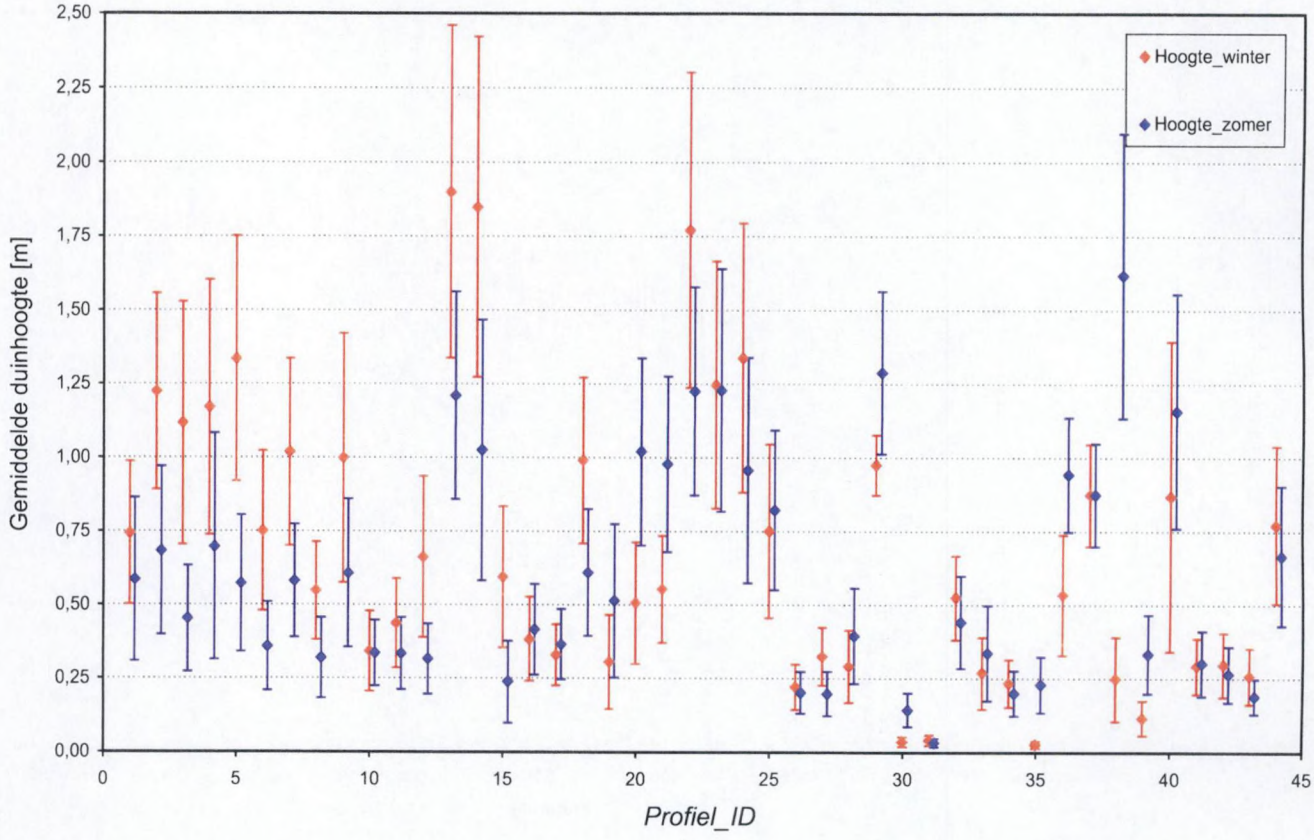



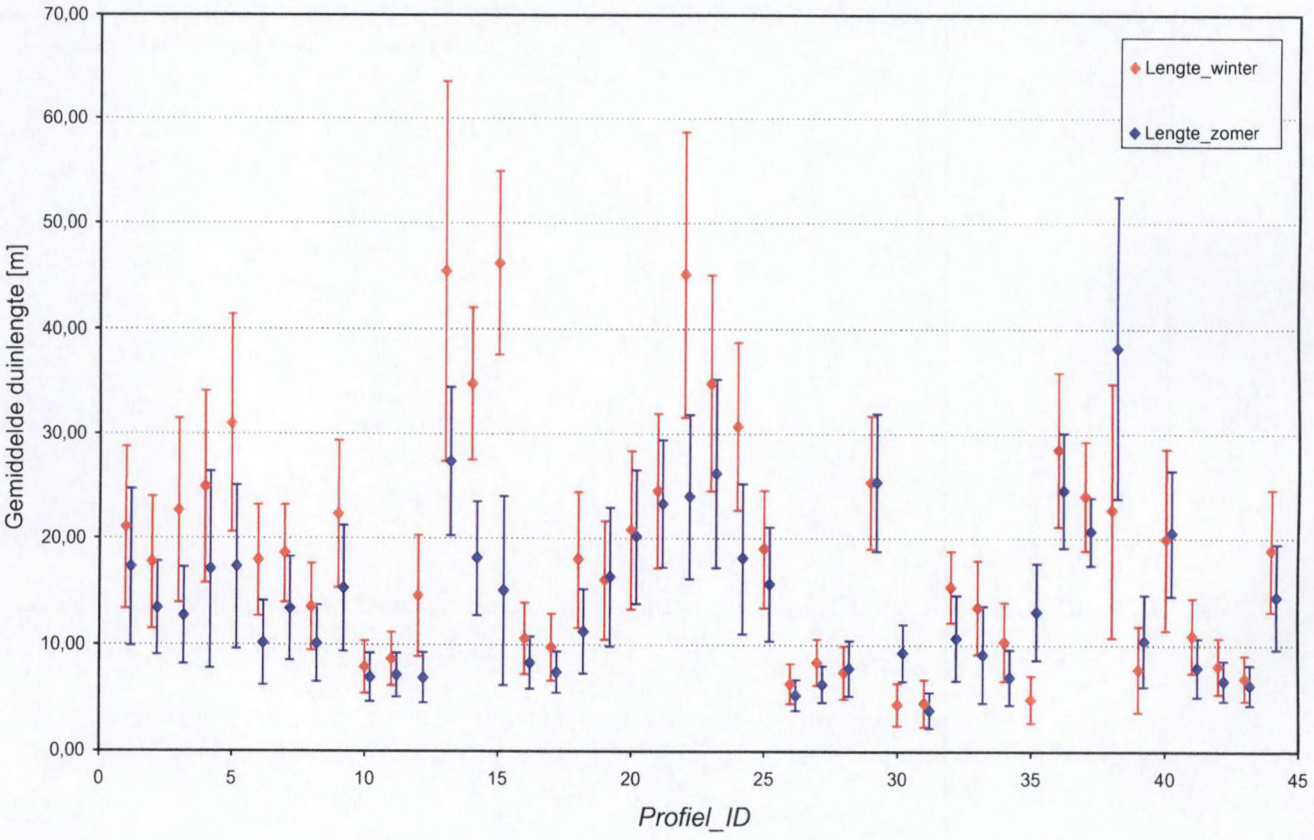

Deelgebied W zomerconditie
Frequentiediagramma raai W2 (boven) en raai W3 (onder)



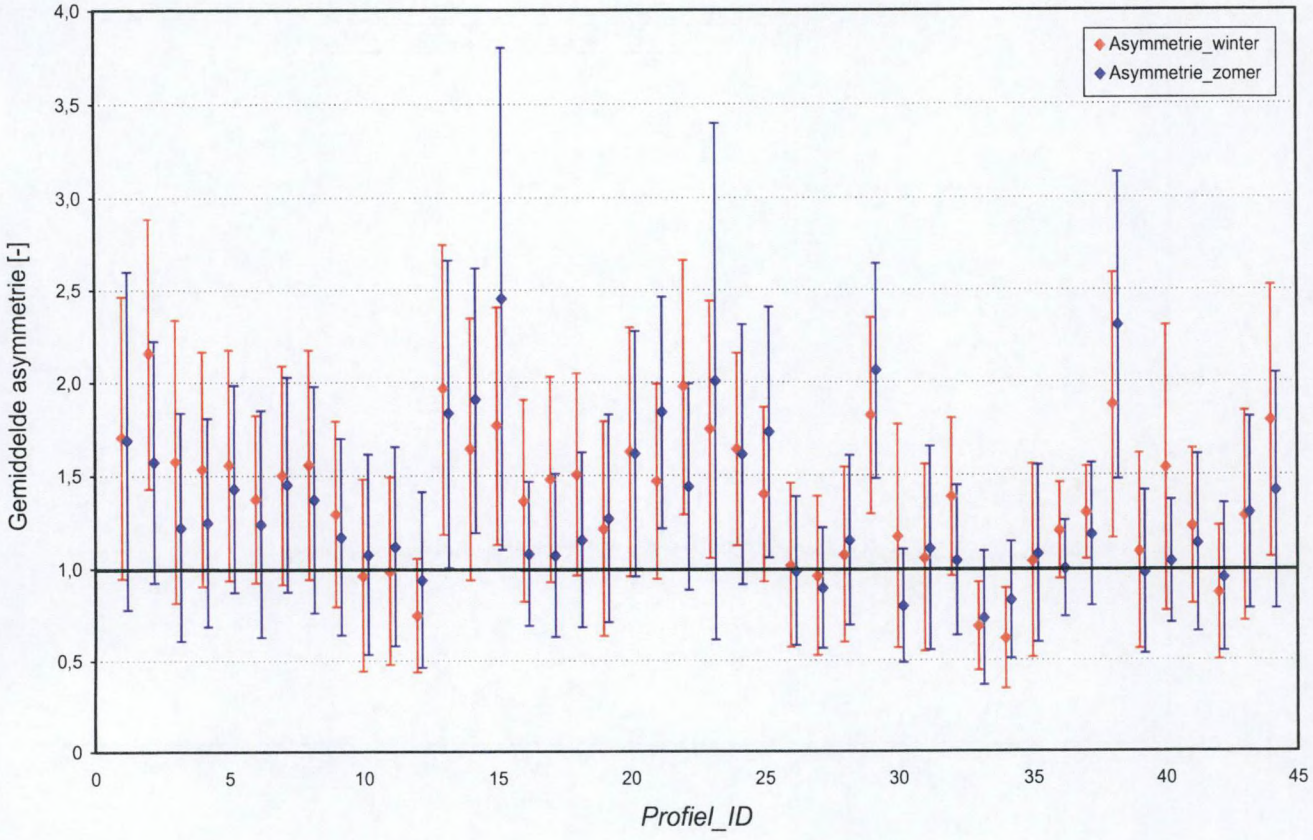




Deelgebied Y zomerconditie
Profielen (boven) en frequentiediagramma raai Y1 (onder)

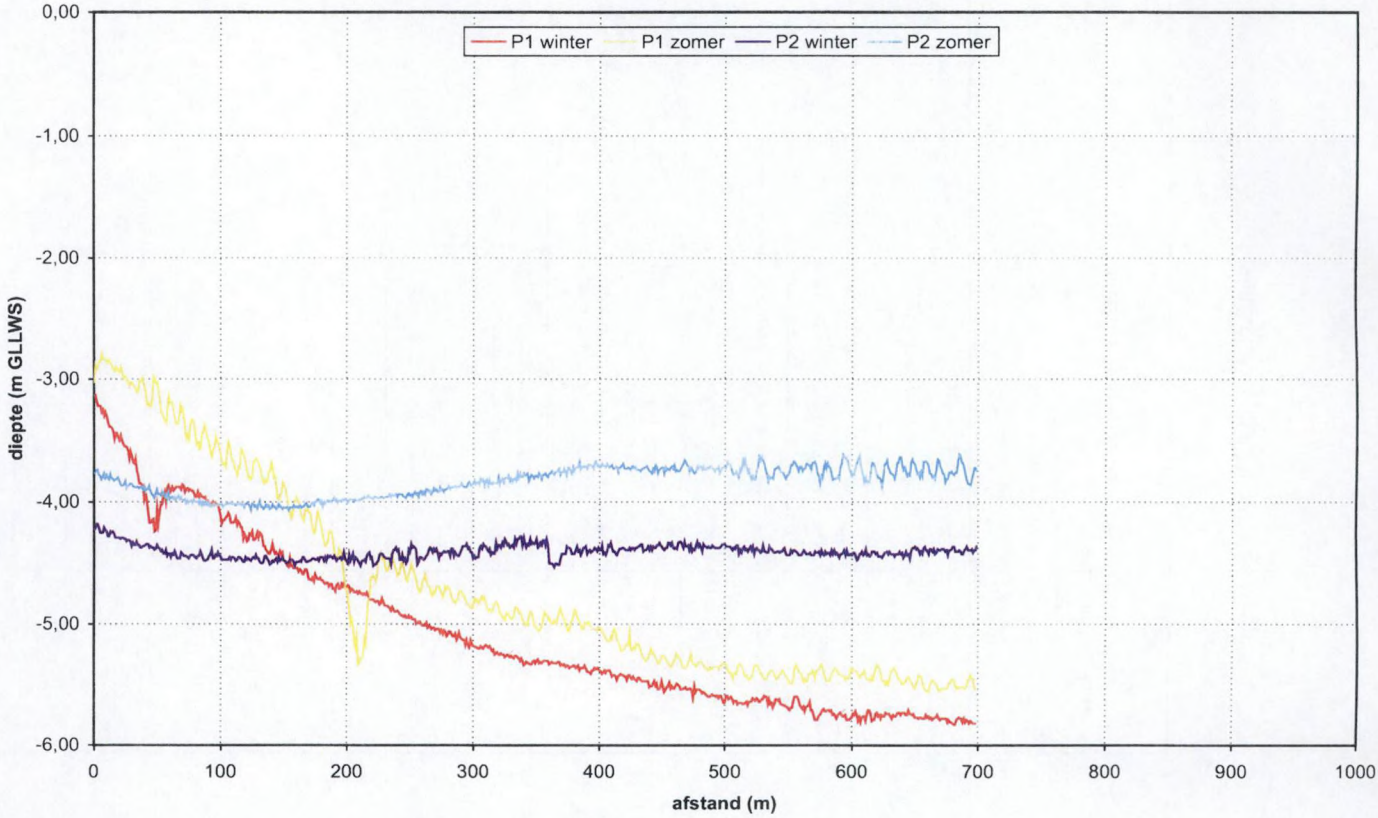


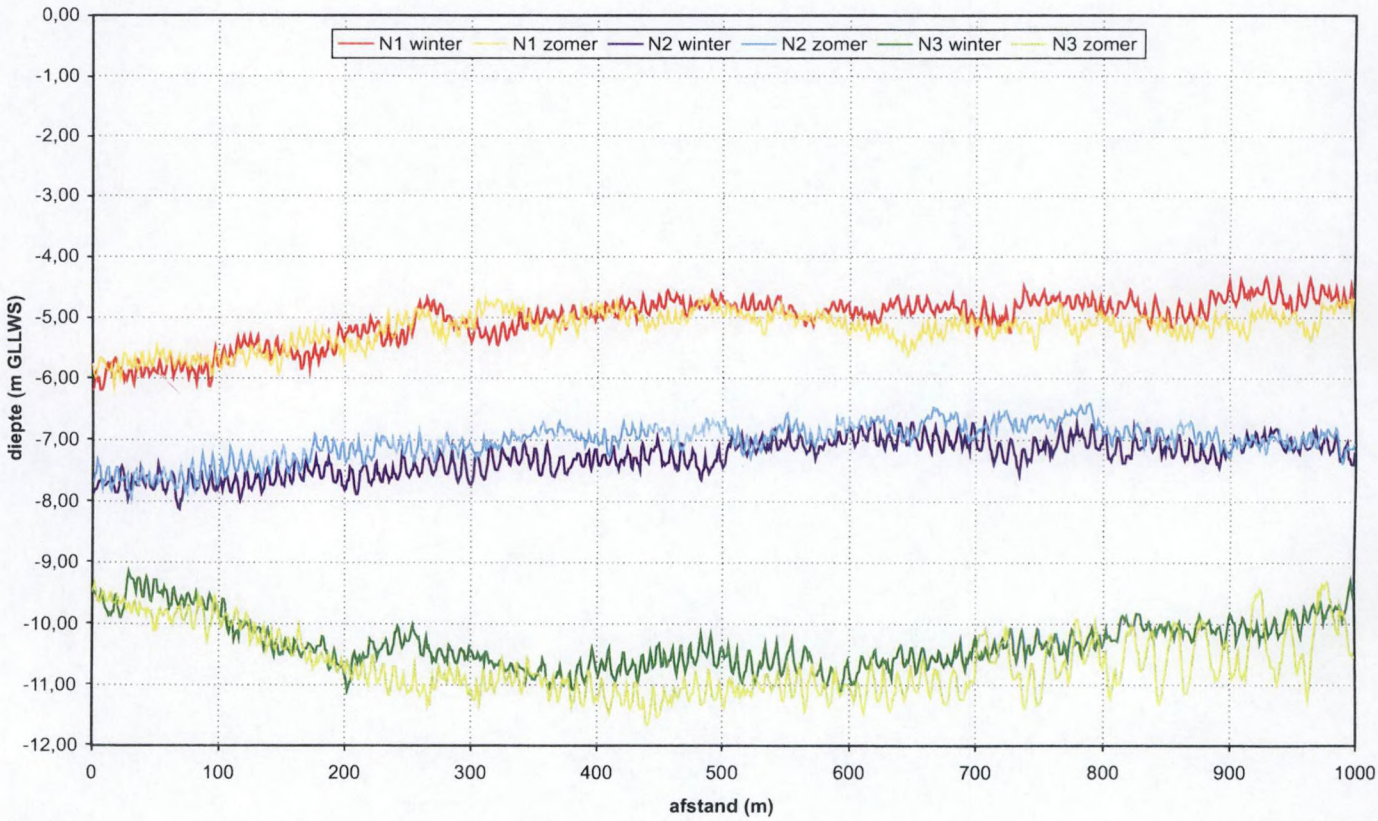




Vergelijking tussen hoogte (boven) en lengte (onder) van de bodemvormen per raai bij zomerconditie (filter 75%)

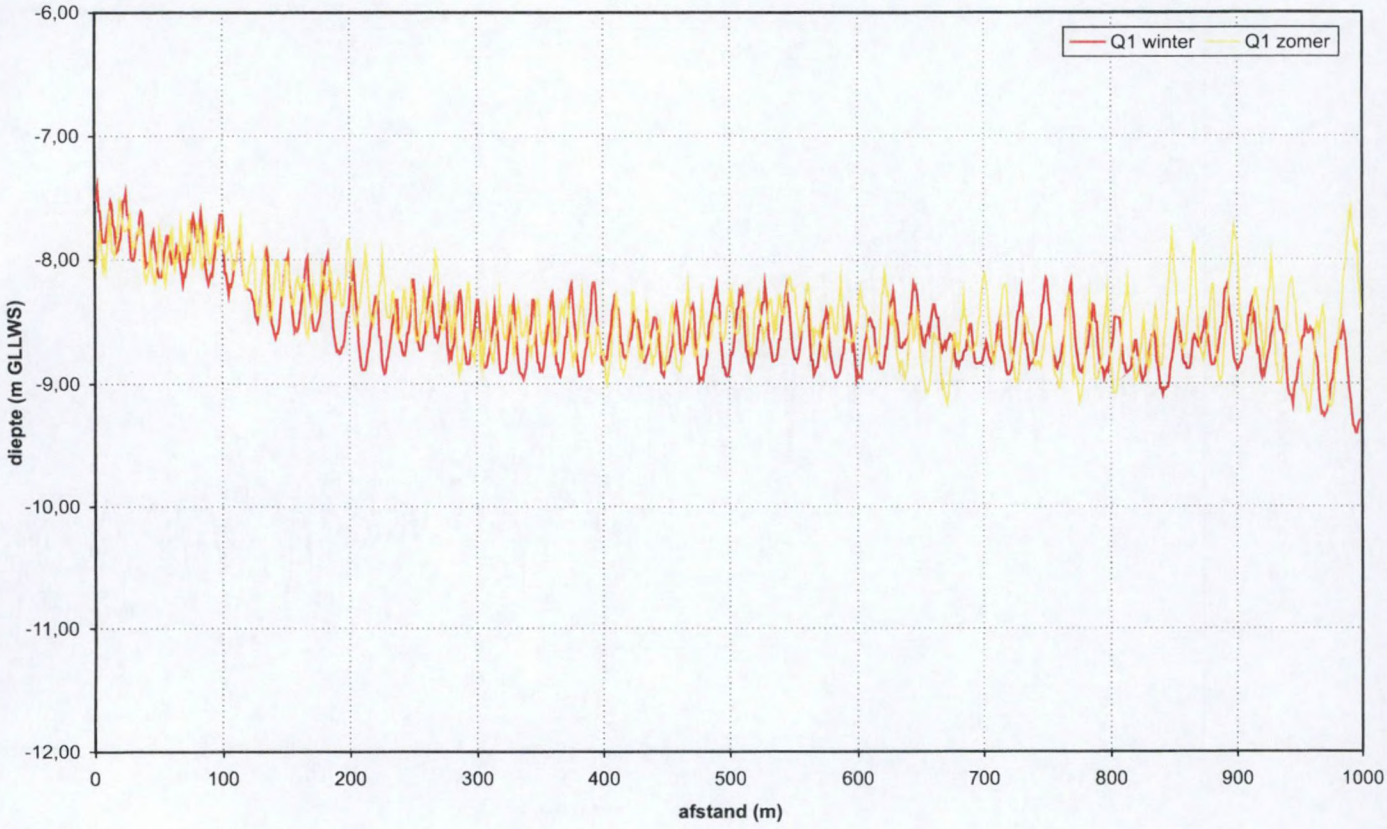


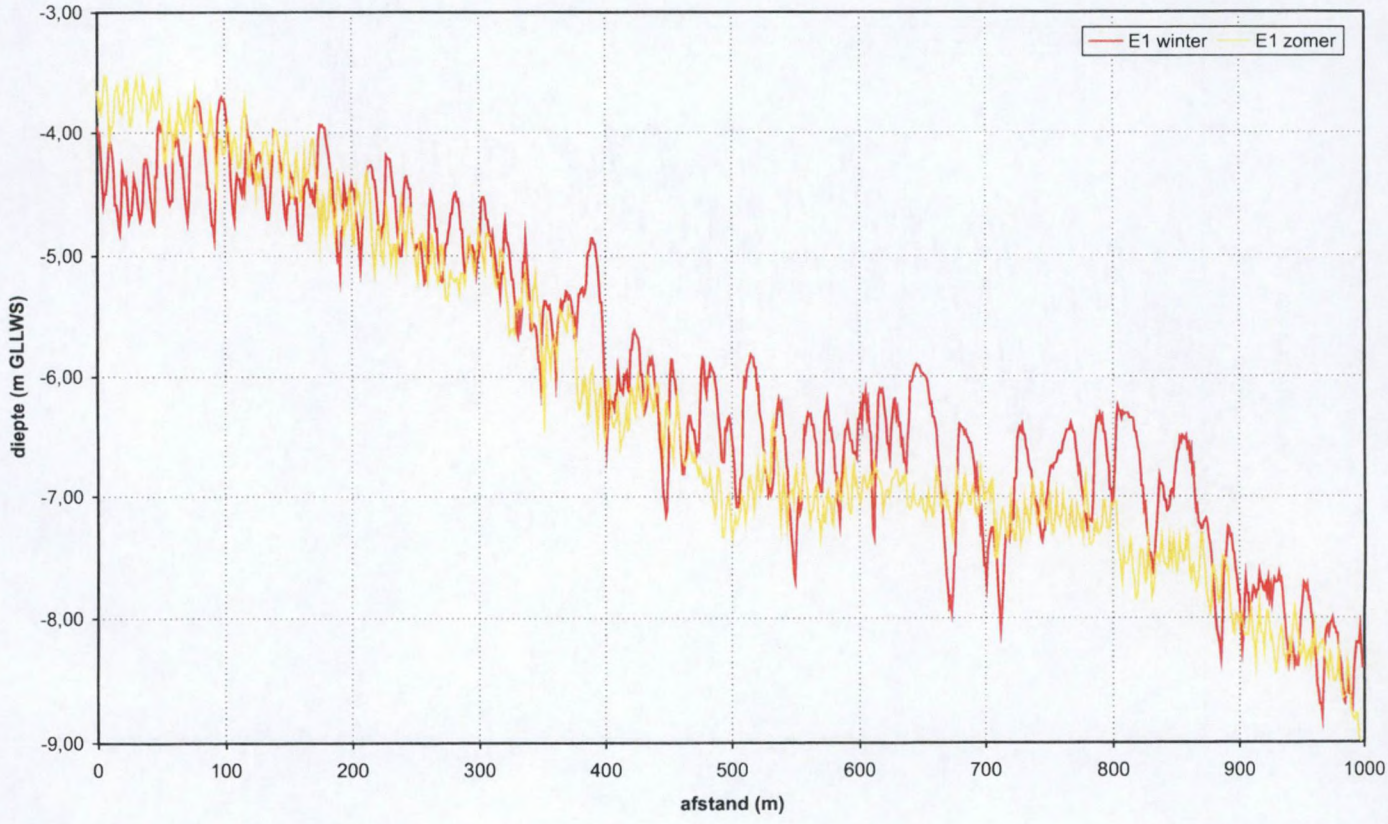

Vergelijking tussen asymmetrie bij winterconditie en zomerconditie (filter 75%)



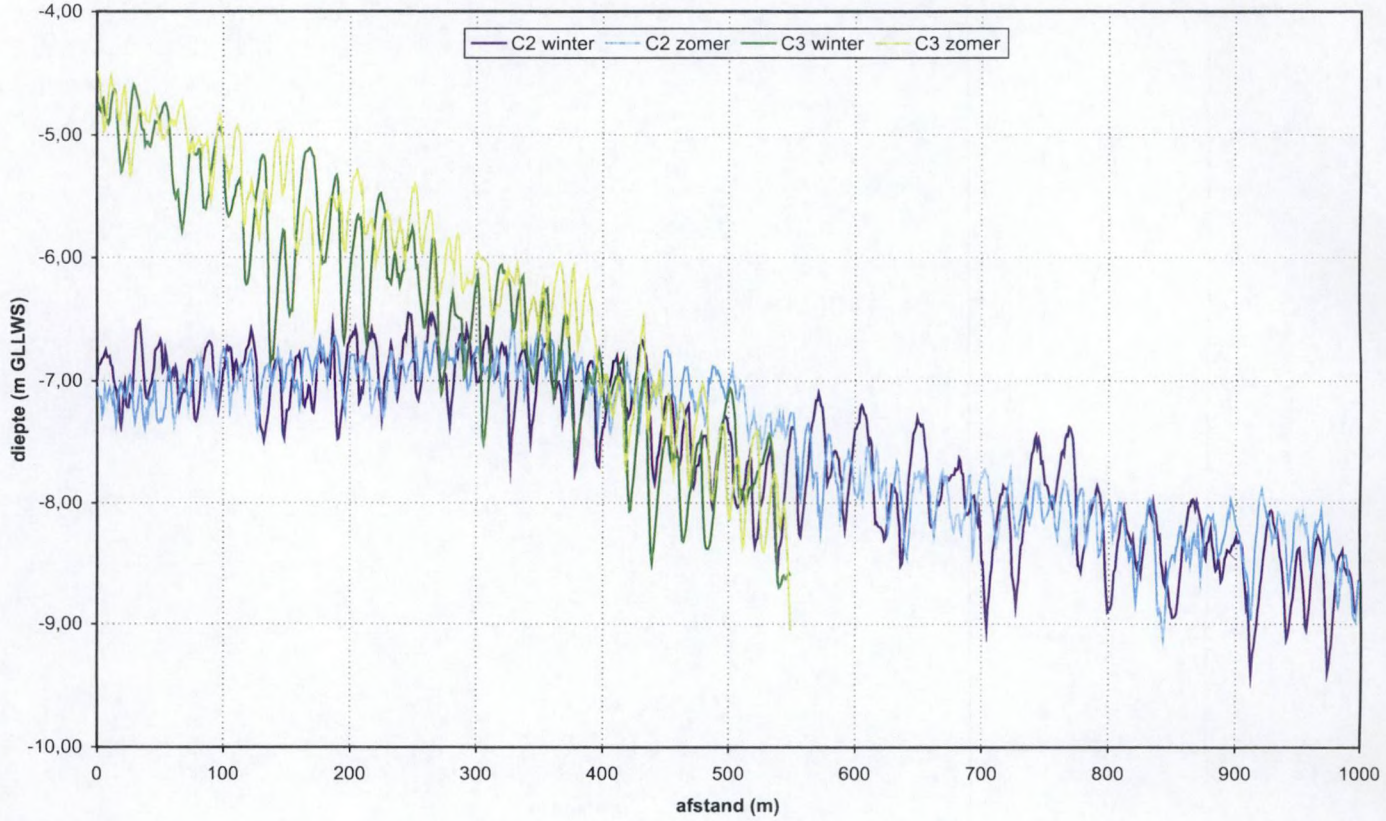



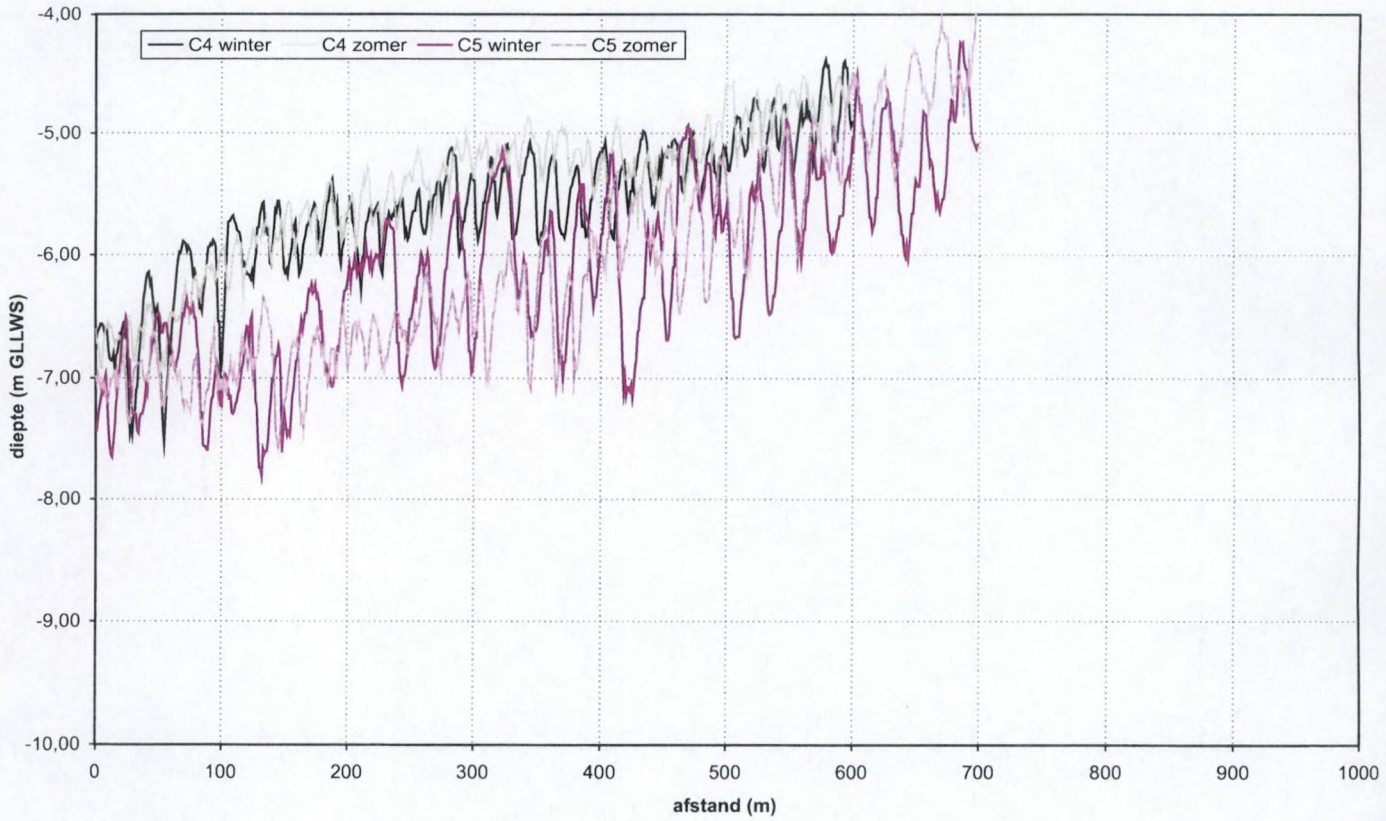

Vergelijking profiel winter- en zomerconditie
Klasse 1; deelgebied P (boven) en klasse 2, deelgebied N (onder)



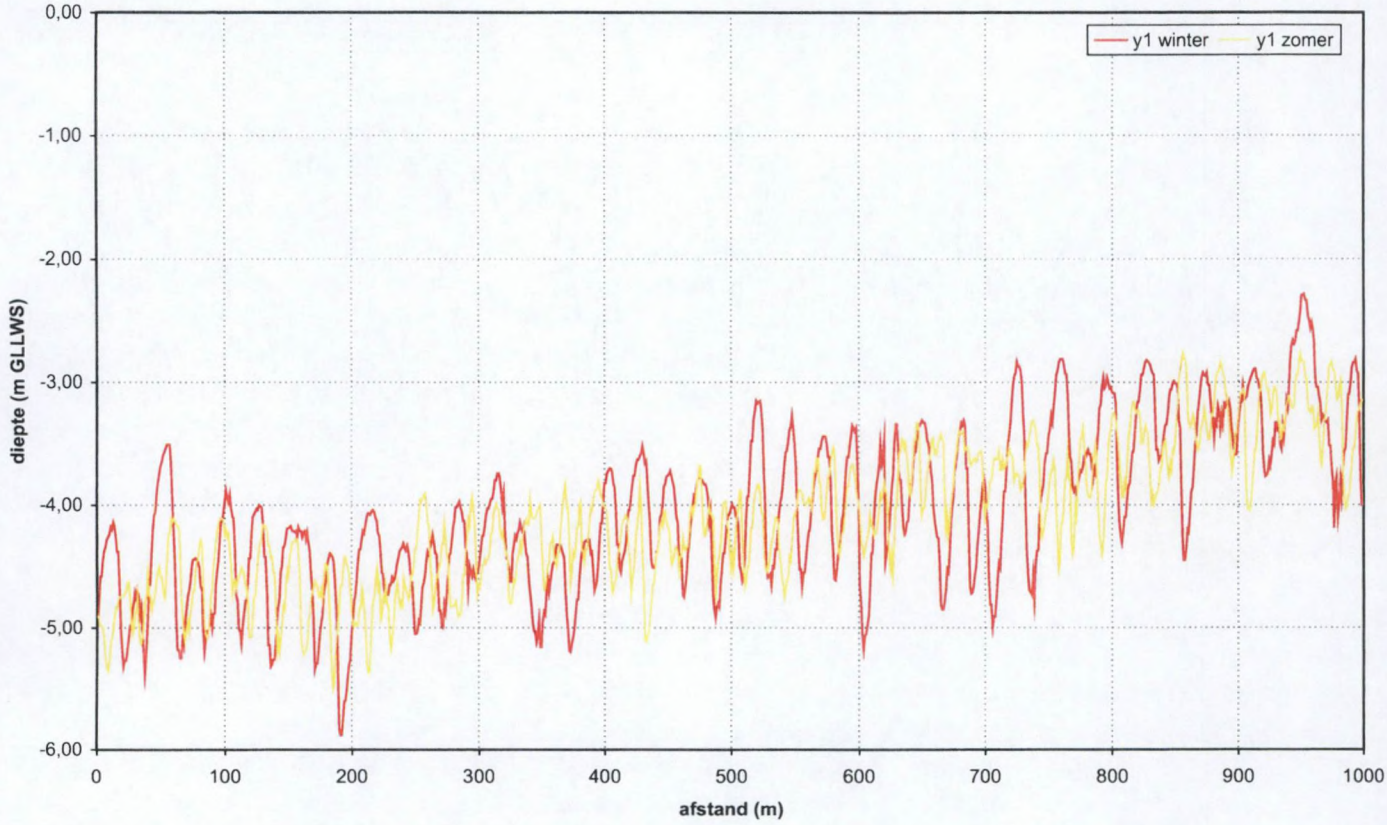



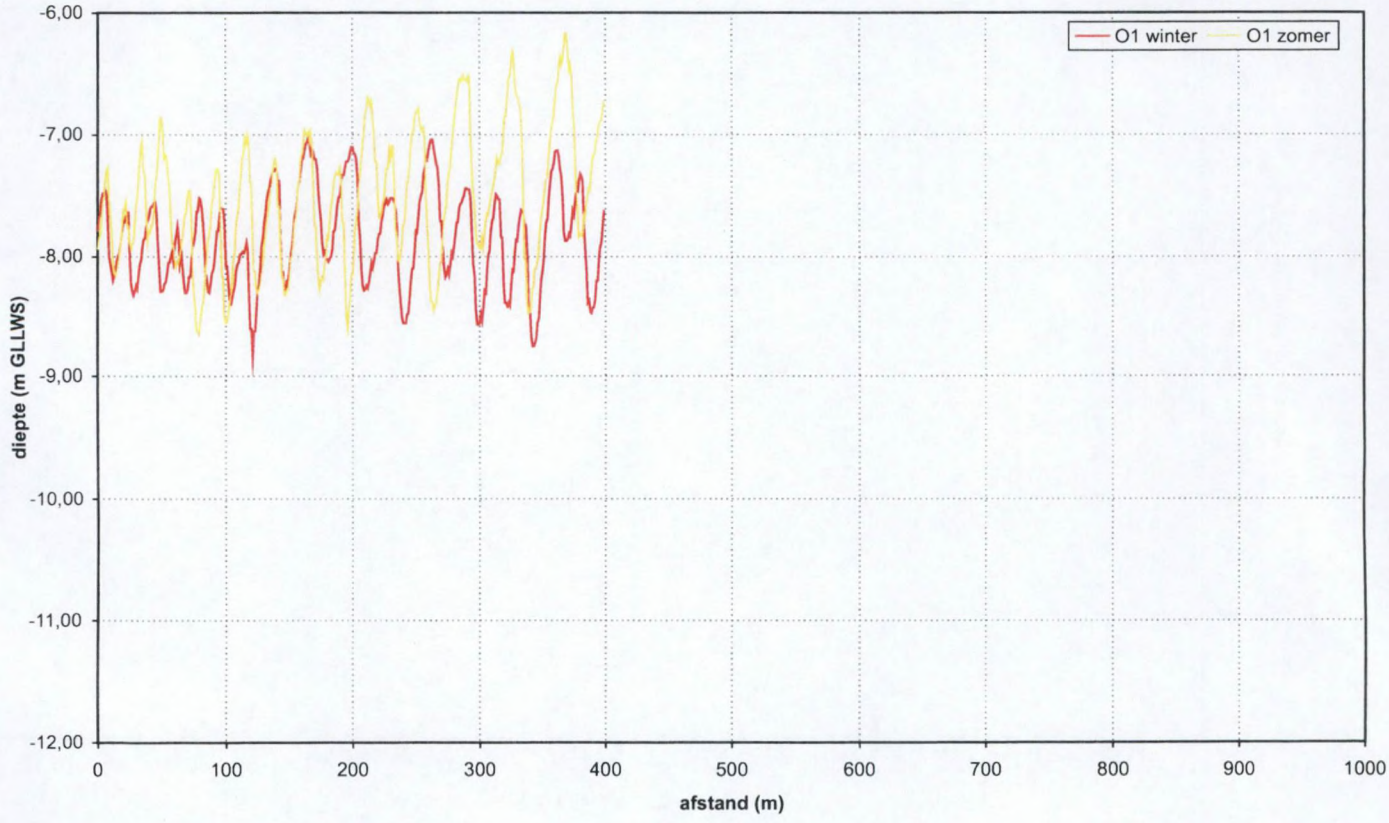

Vergelijking profiel winter- en zomerconditie
Klasse 3; deelgebied Q (boven) en klasse 4, deelgebied E (onder)



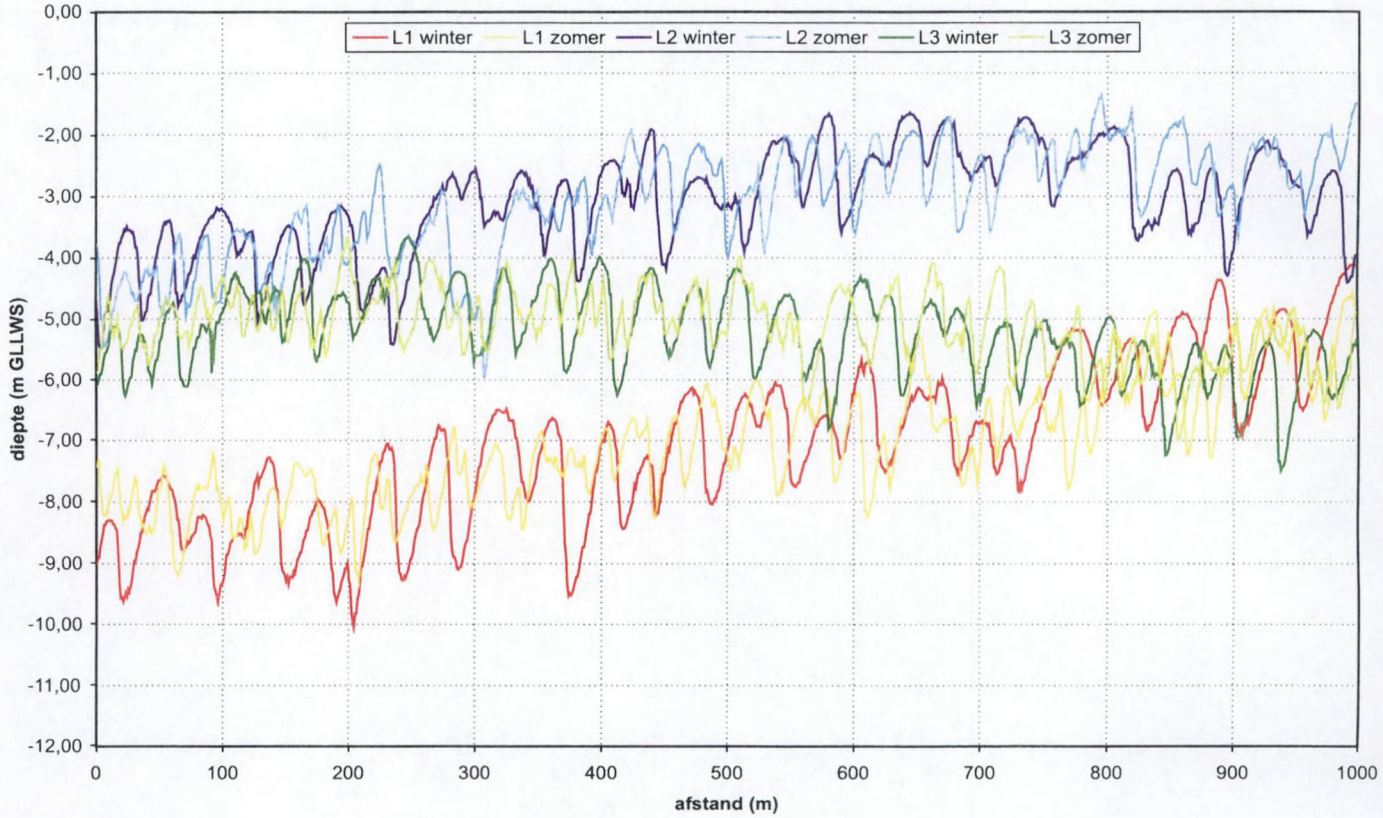



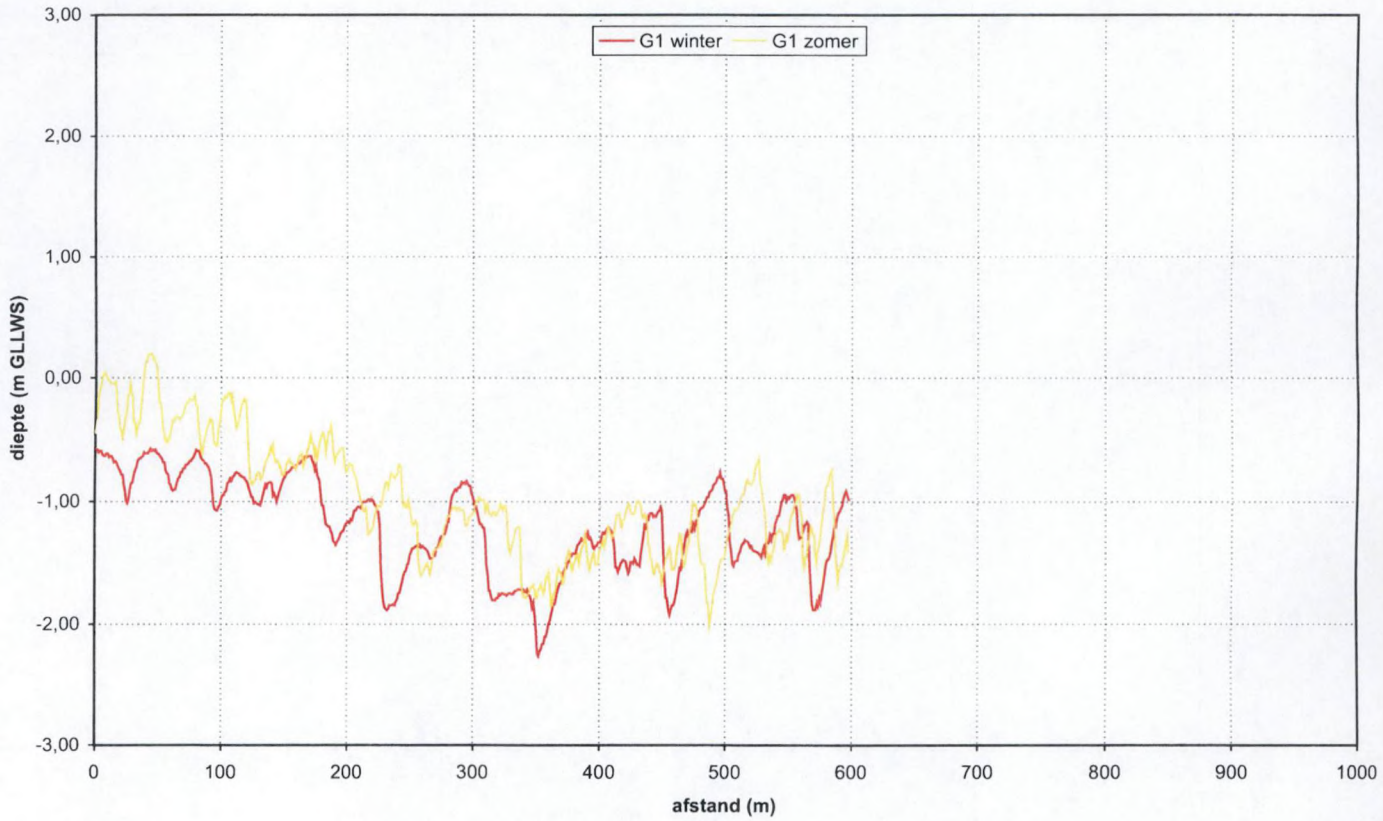

Vergelijking profiel winter- en zomerconditie
Klasse 4, deelgebied C



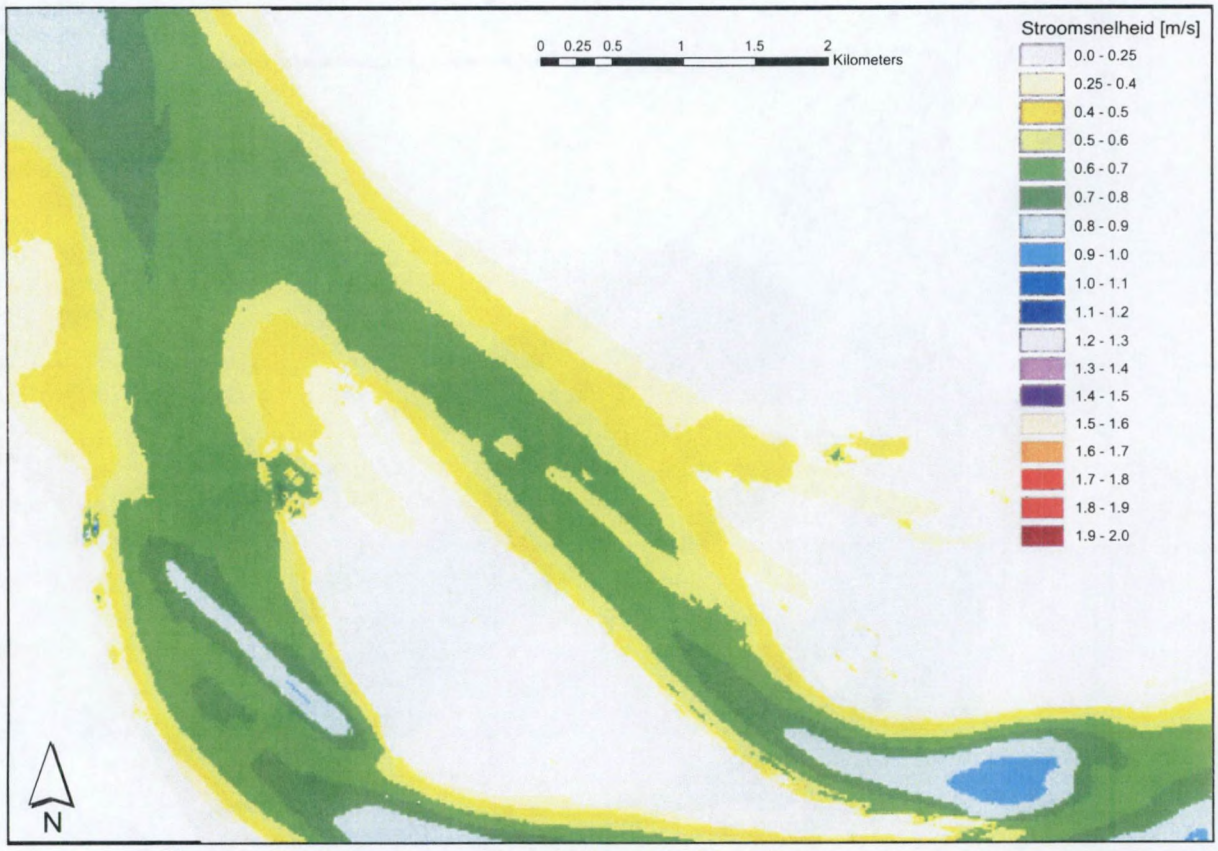



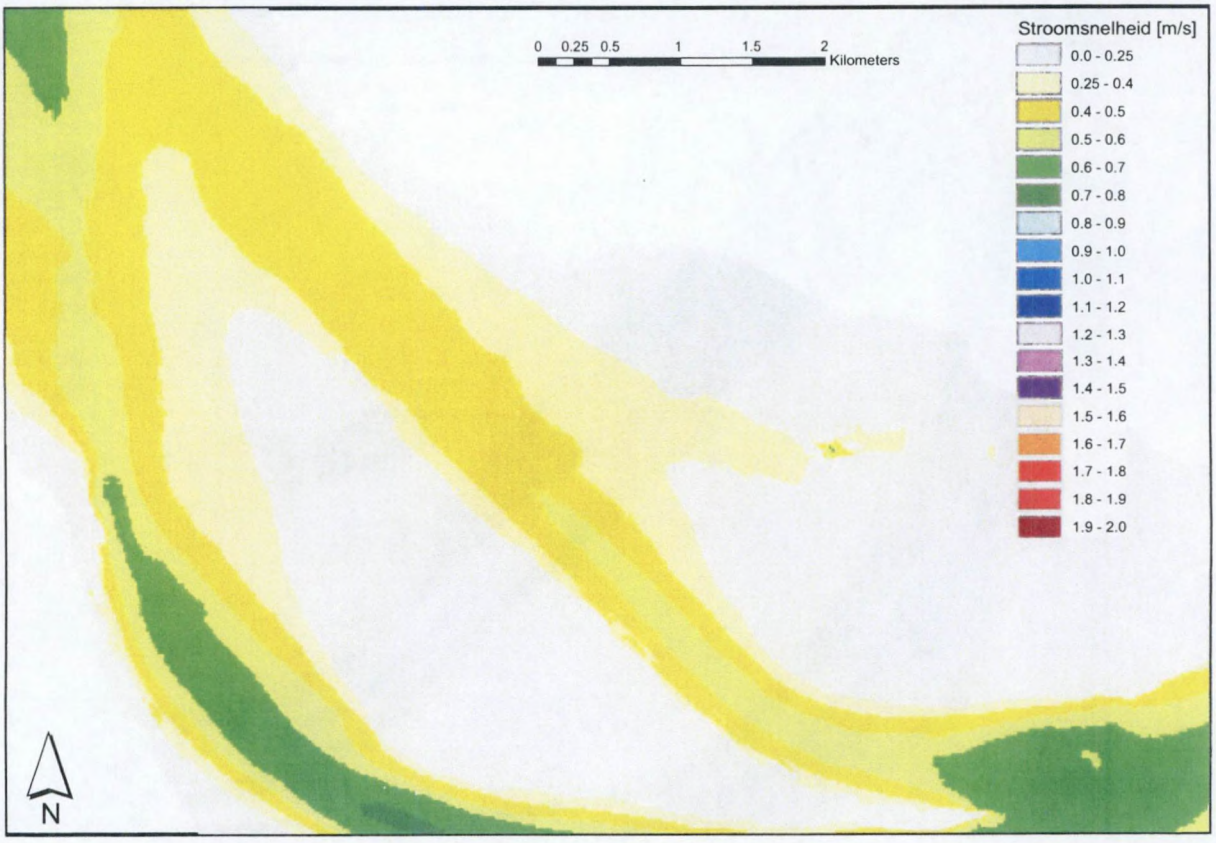

Vergelijking profiel winter- en zomerconditie
Klasse 4; deelgebied Y (boven) en klasse 5, deelgebied O (onder)



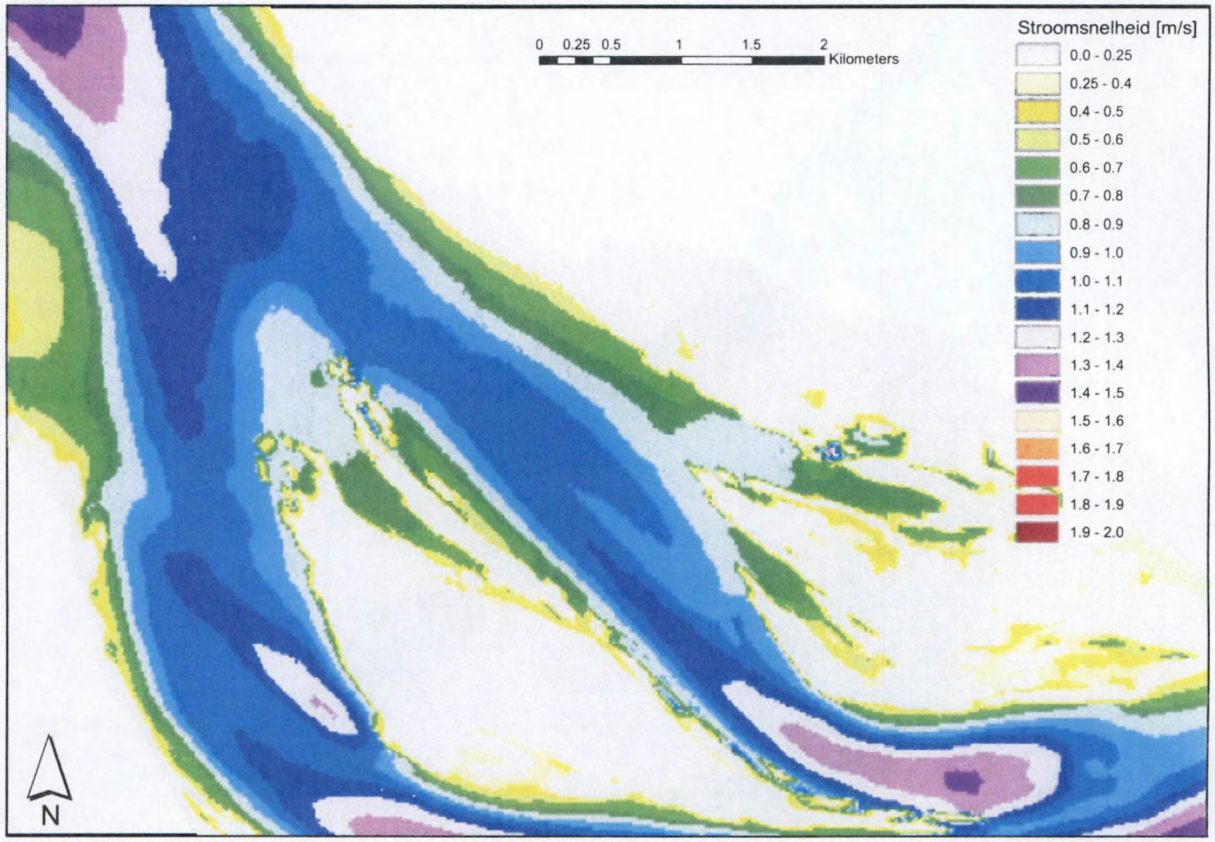



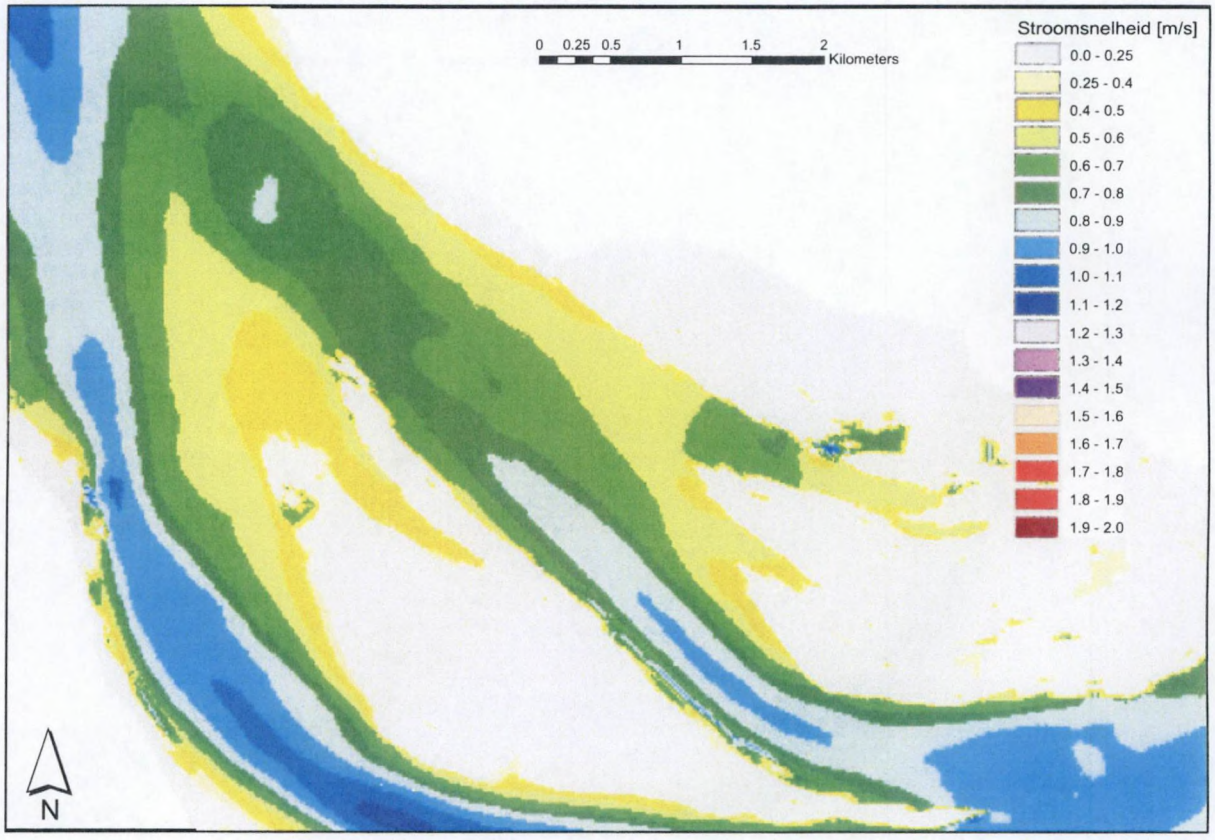

Vergelijking profiel winter- en zomerconditie
Klasse 6; deelgebied L (boven) en klasse 7, deelgebied G (onder)



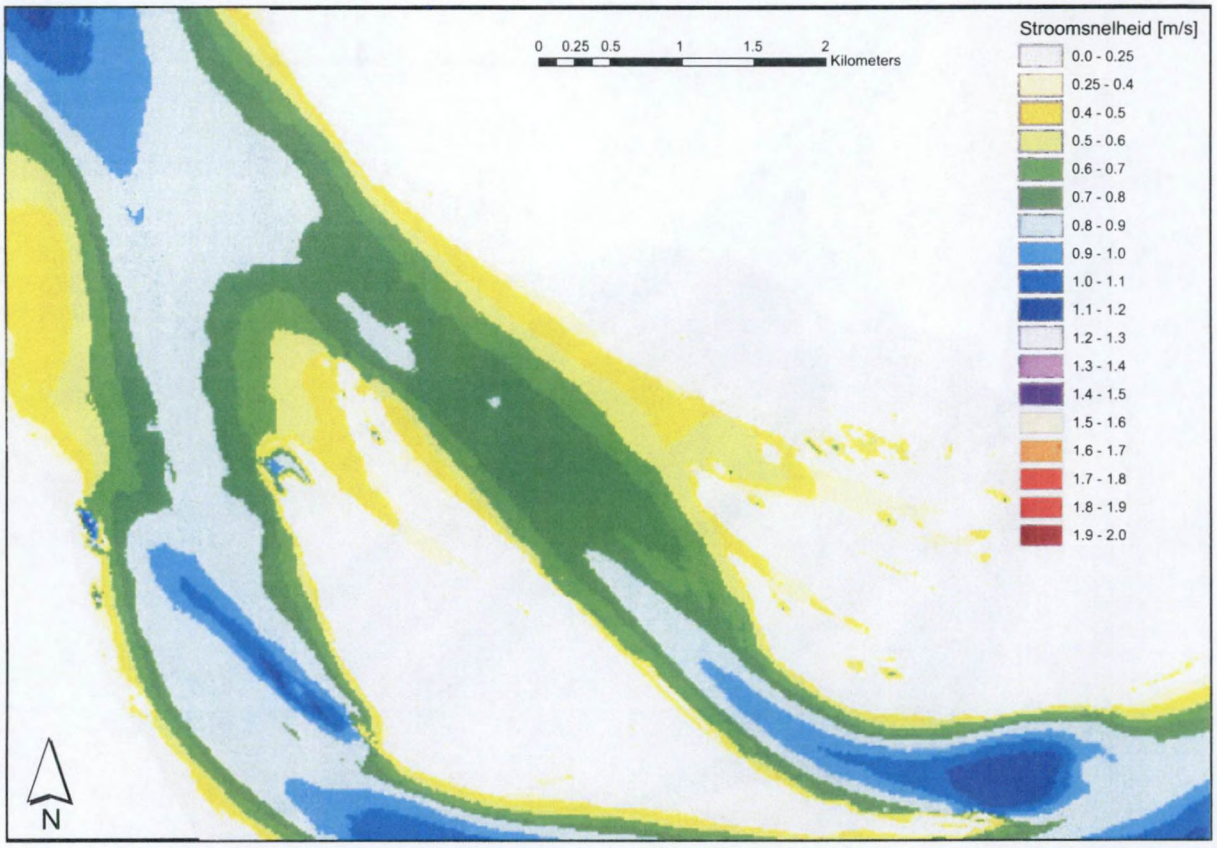



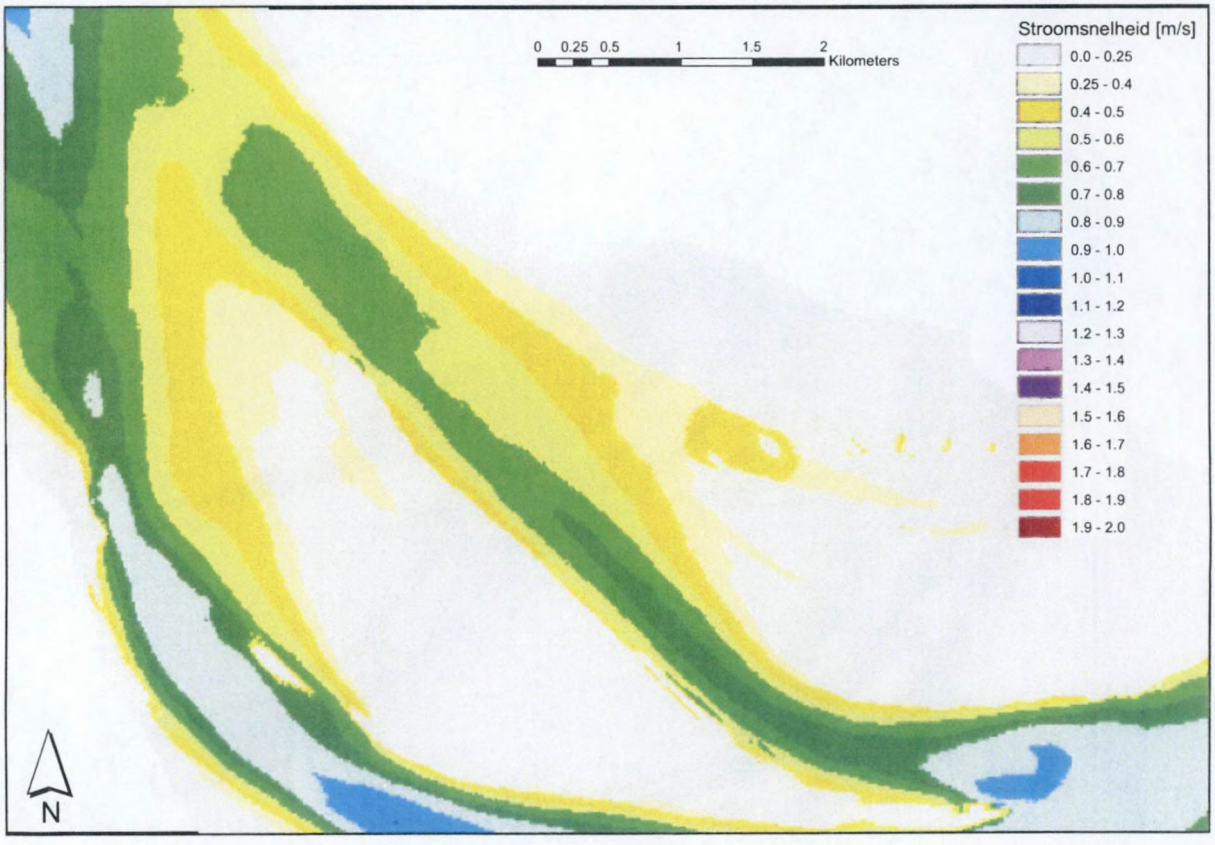

Gemiddelde stroomsnelheid bij gemiddeld getij
bij vloed (boven) en bij eb (onder)



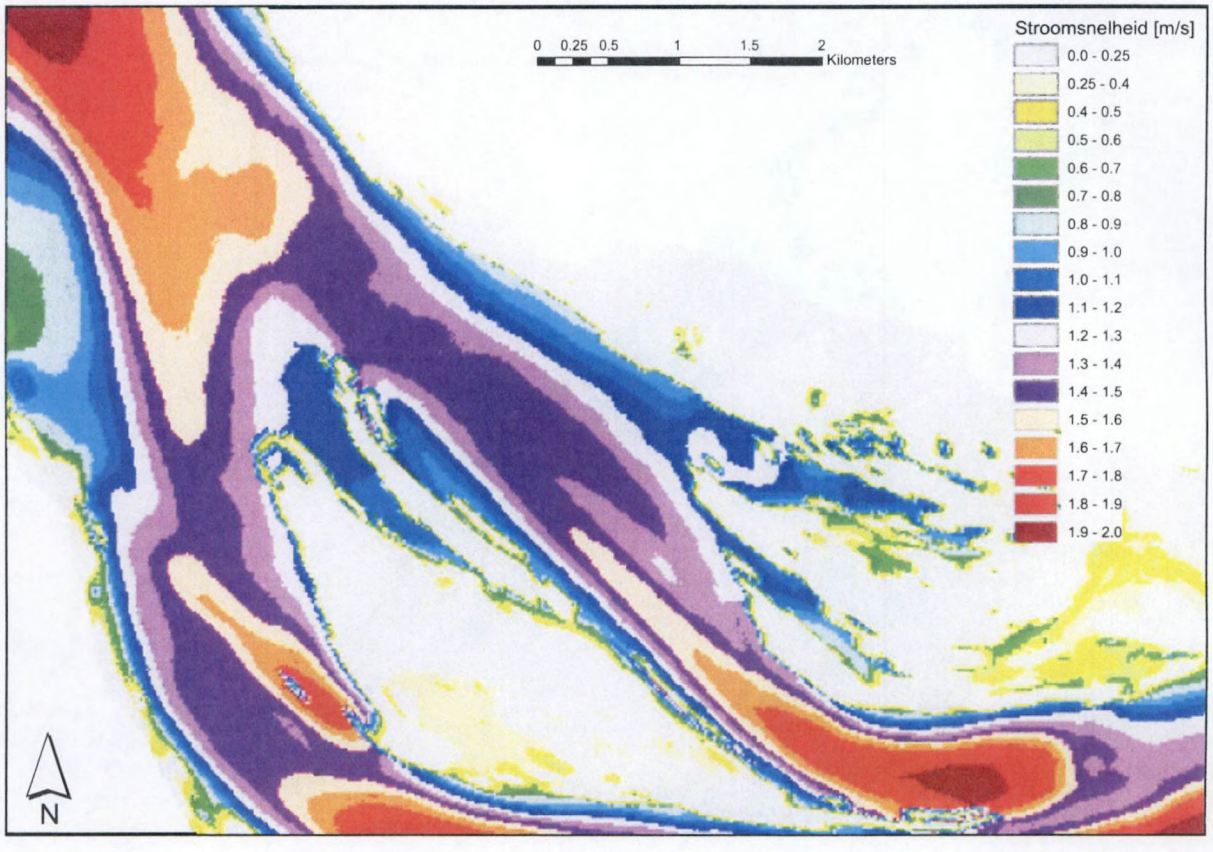



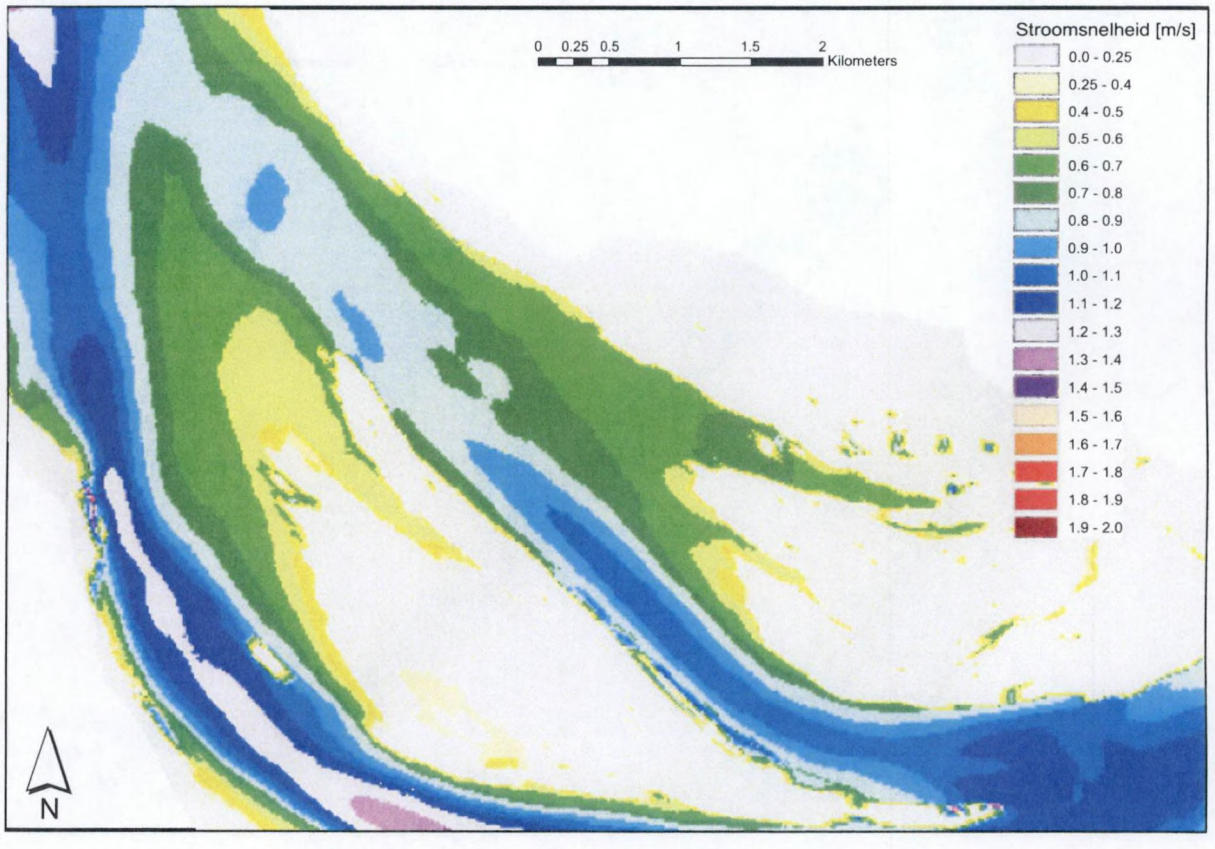

Maximale stroomsnelheid bij gemiddeld getij
bij vloed (boven) en bij eb (onder)



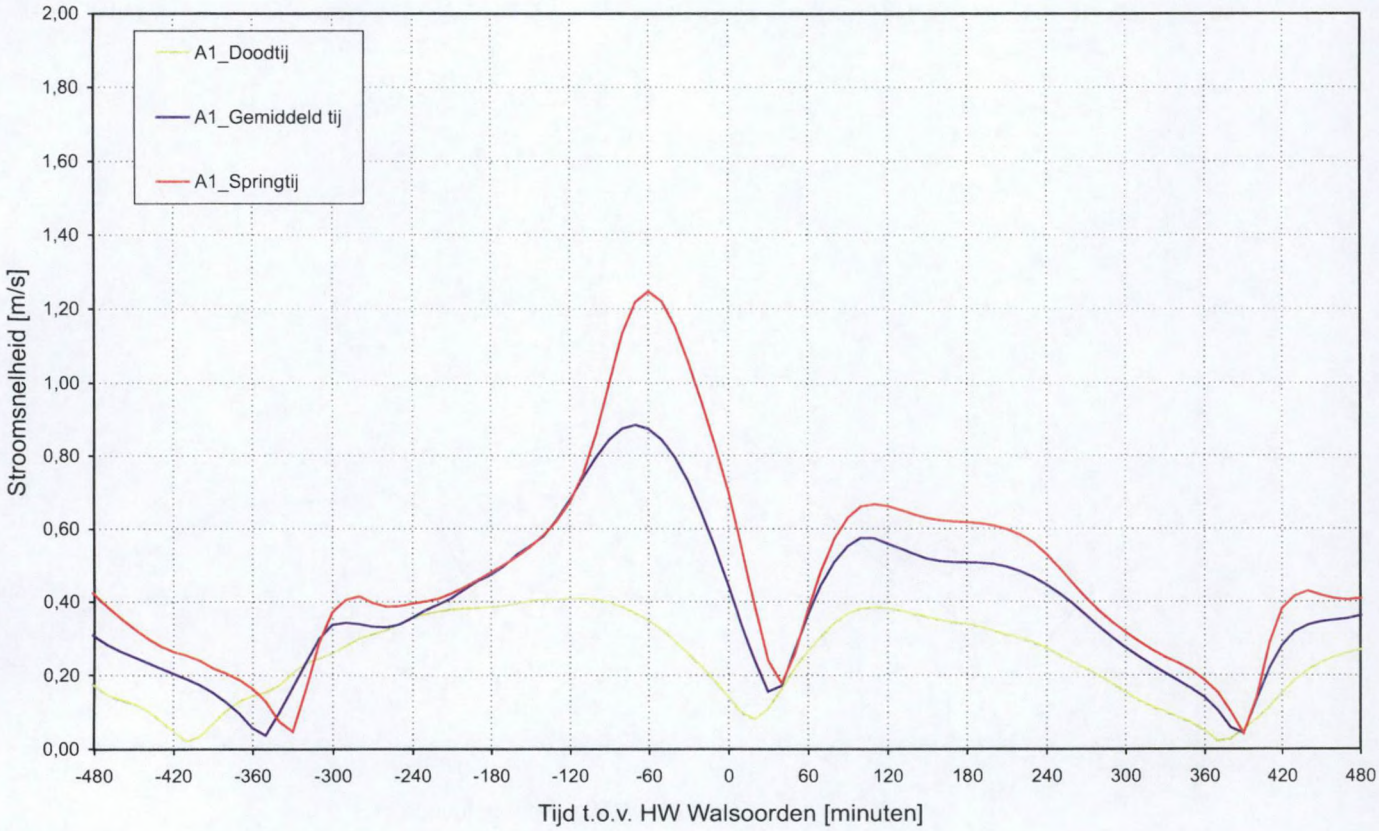




Gemiddelde stroomsnelheid bij springtij
bij vloed (boven) en bij eb (onder)

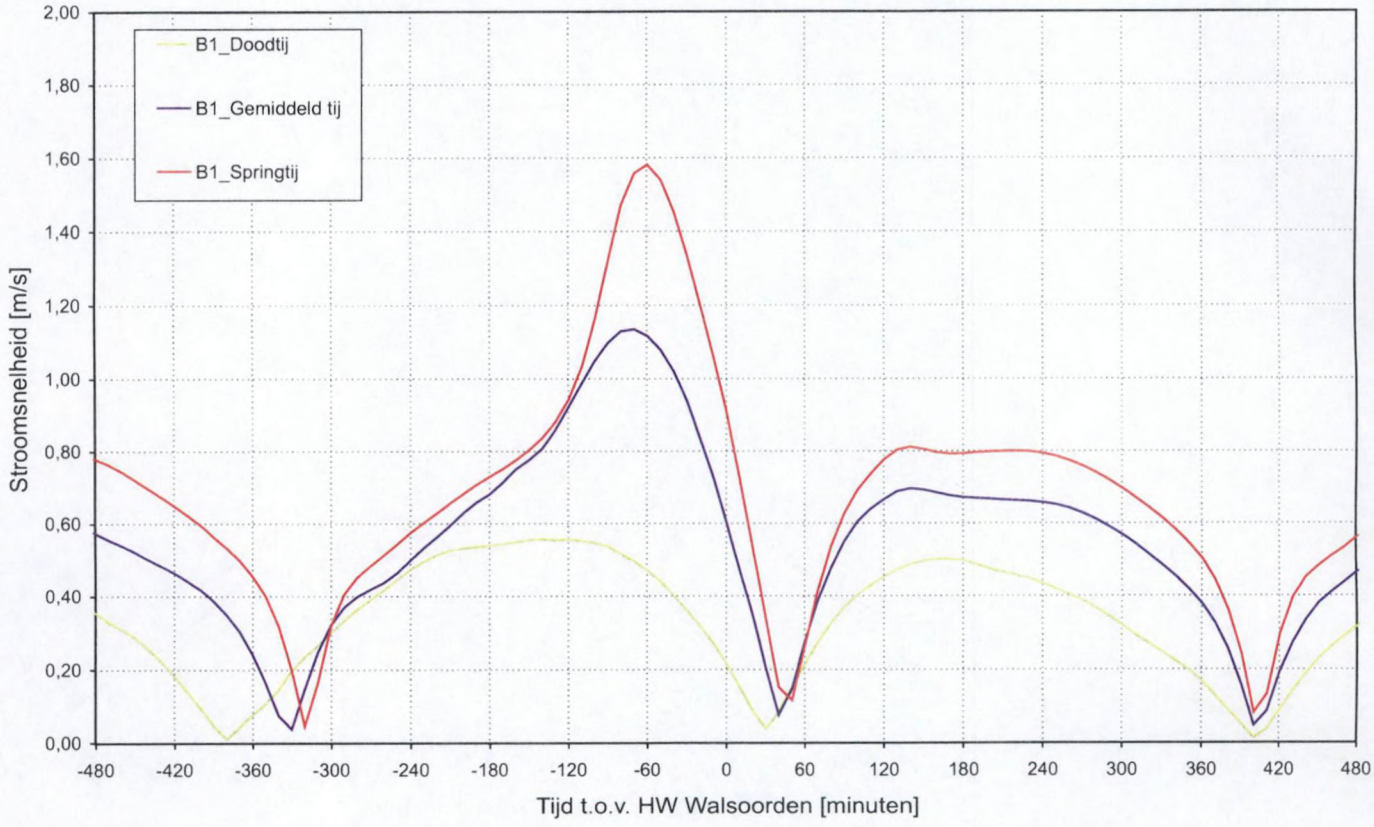


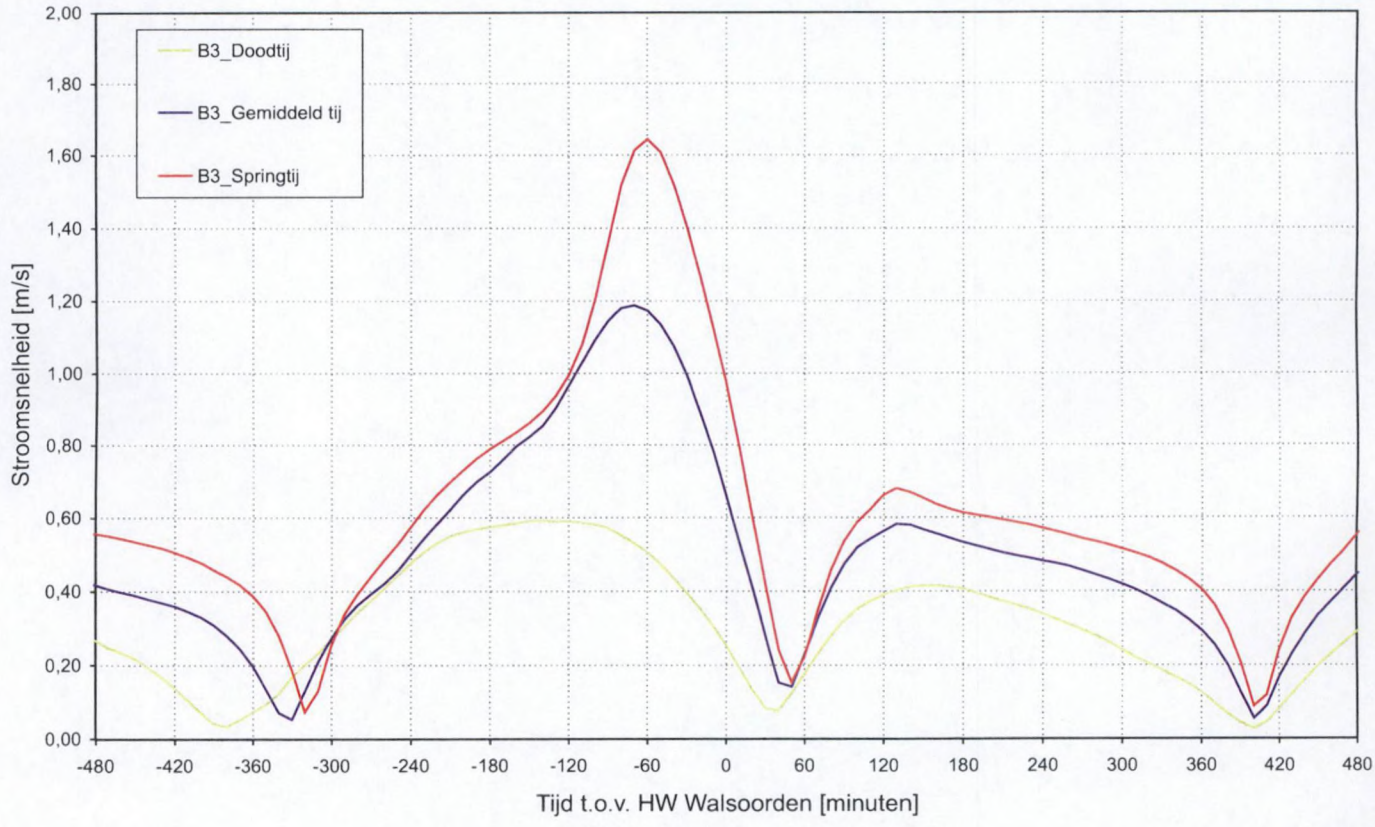




Maximale stroomsnelheid bij springtij
bij vloed (boven) en bij eb (onder)

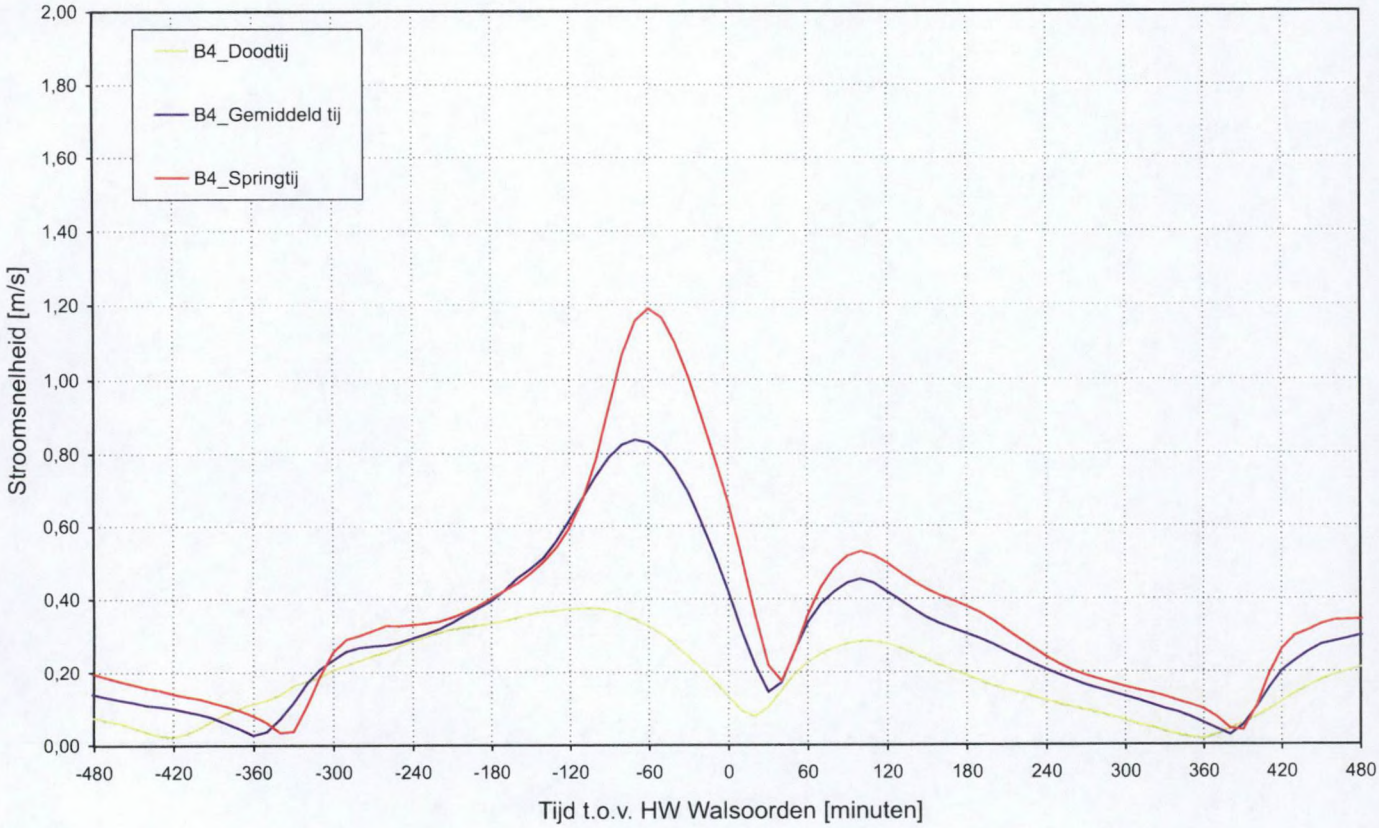


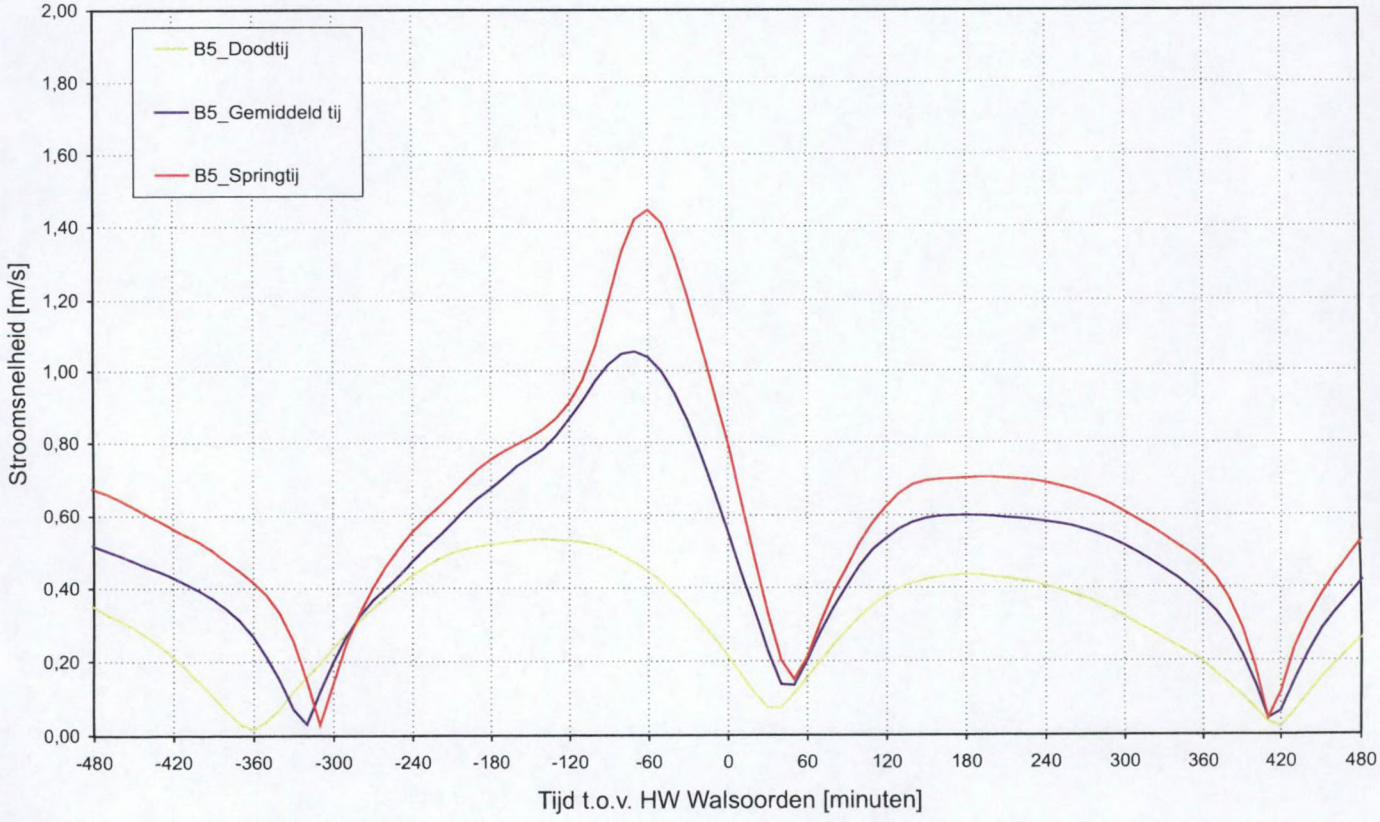

Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai A1



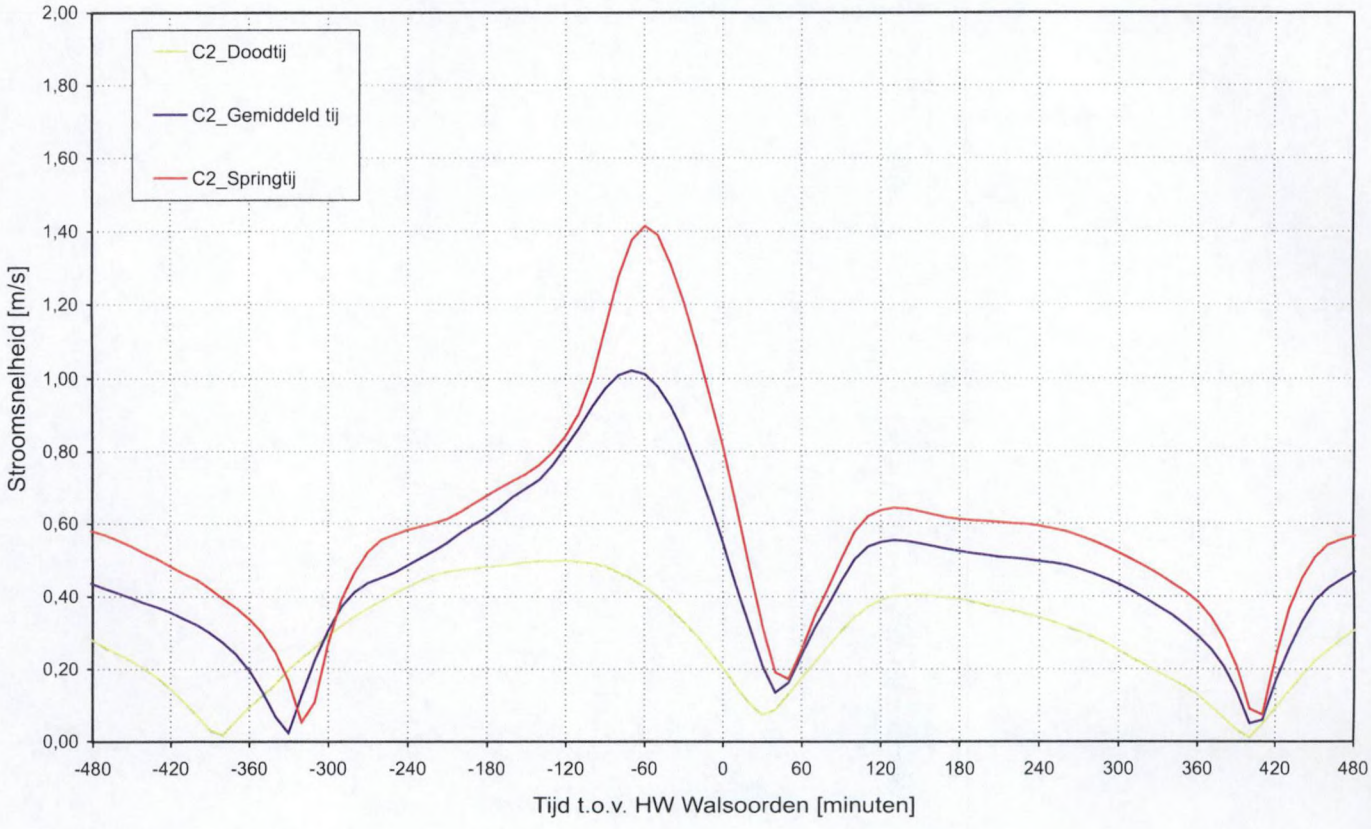



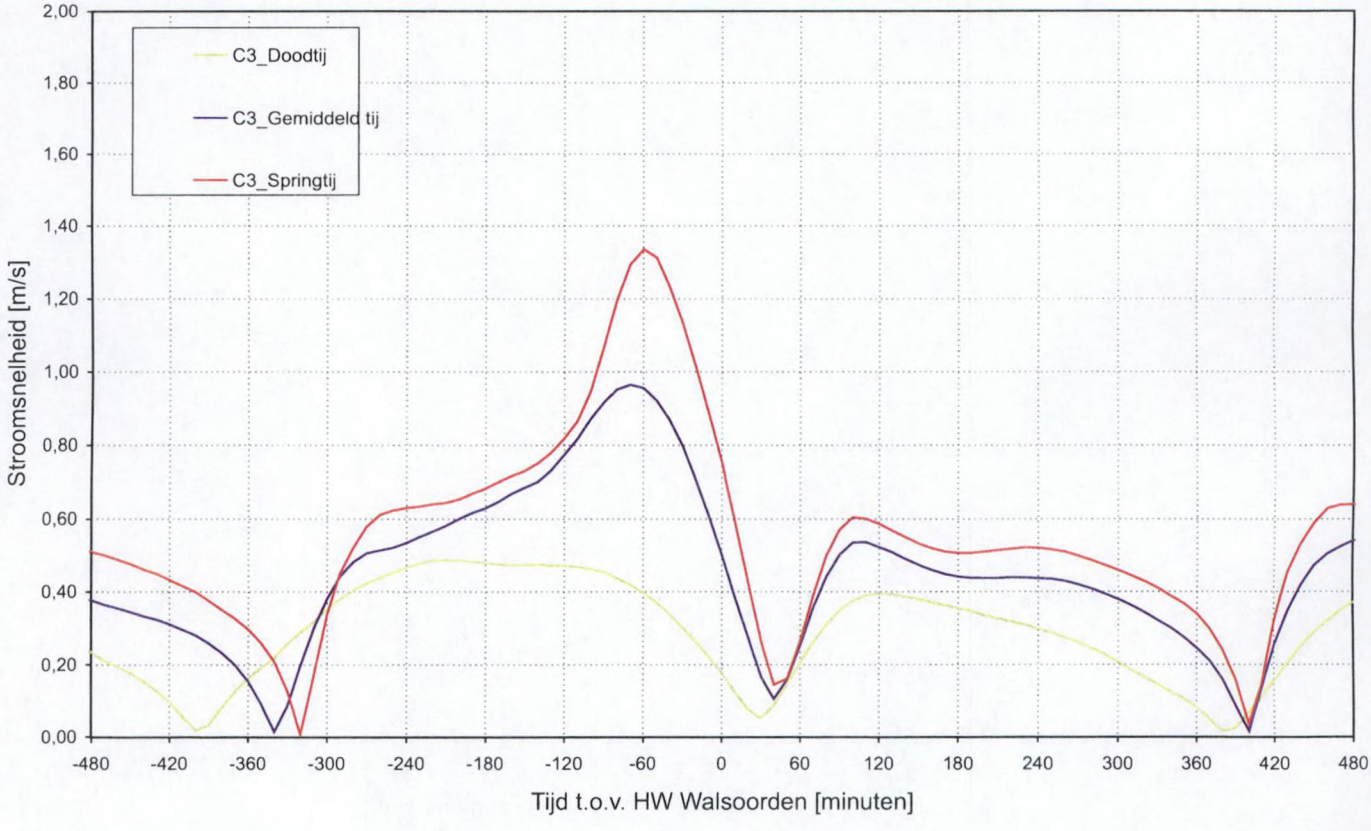

Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai B1 (boven) en raai B3 (onder)



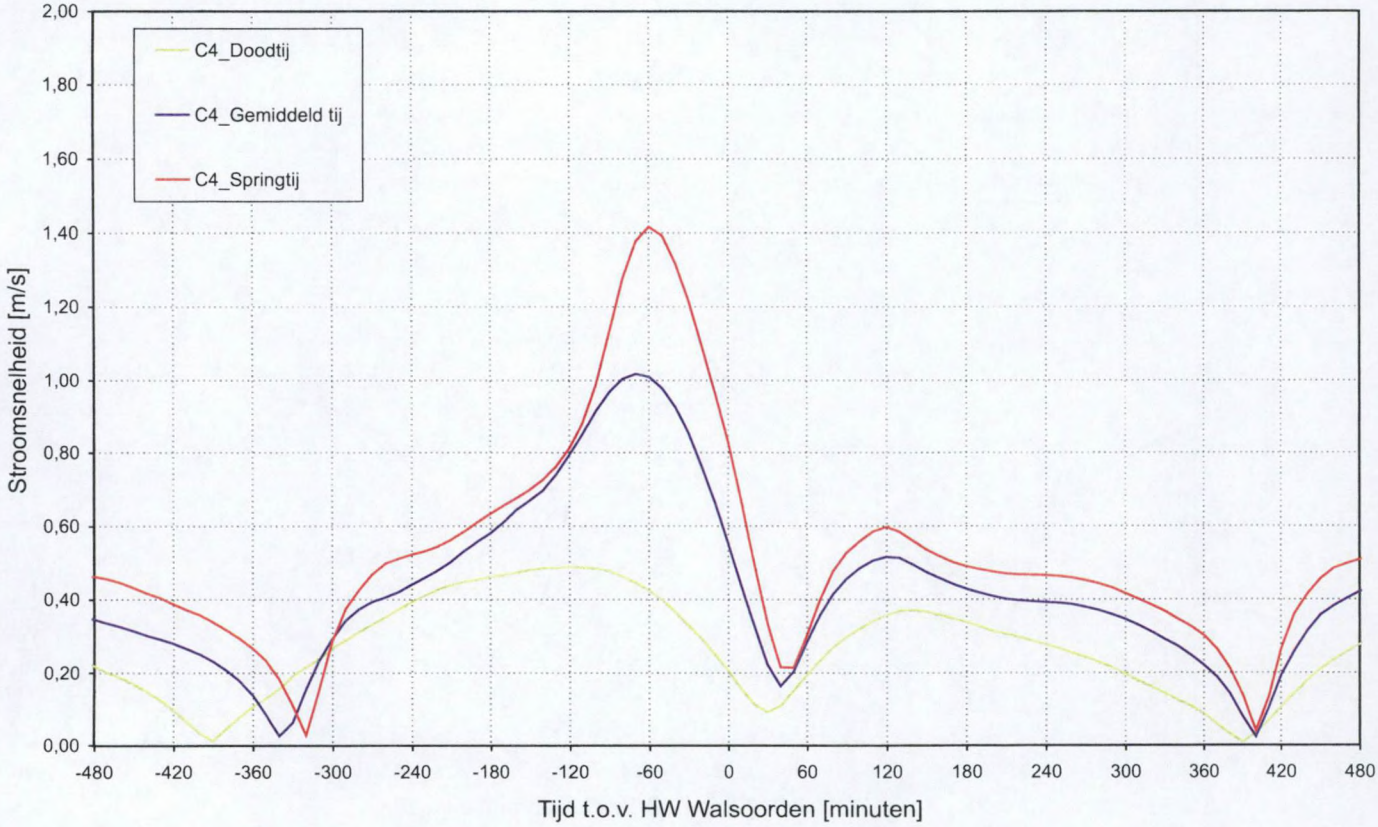



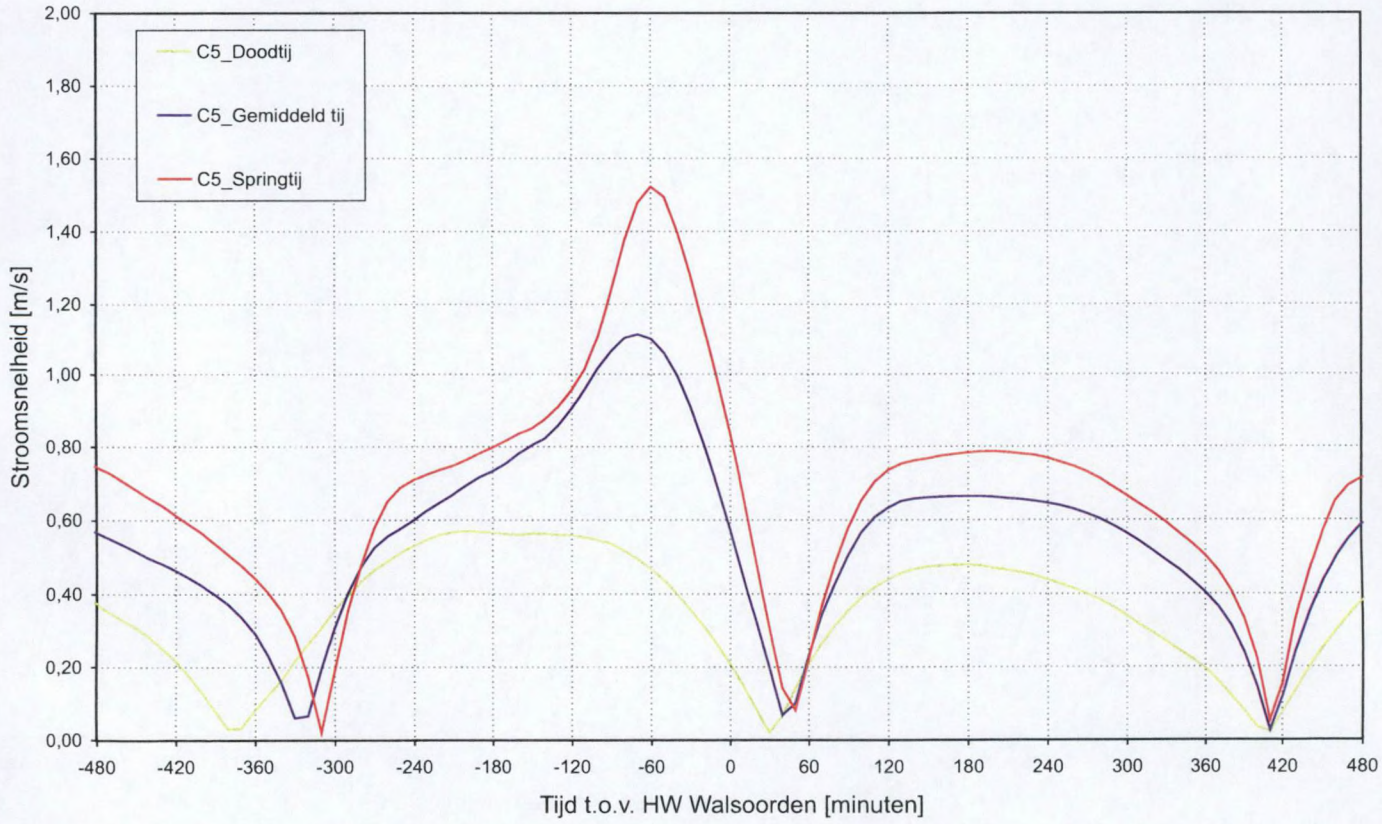

Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai B4 (boven) en raai B5 (onder)



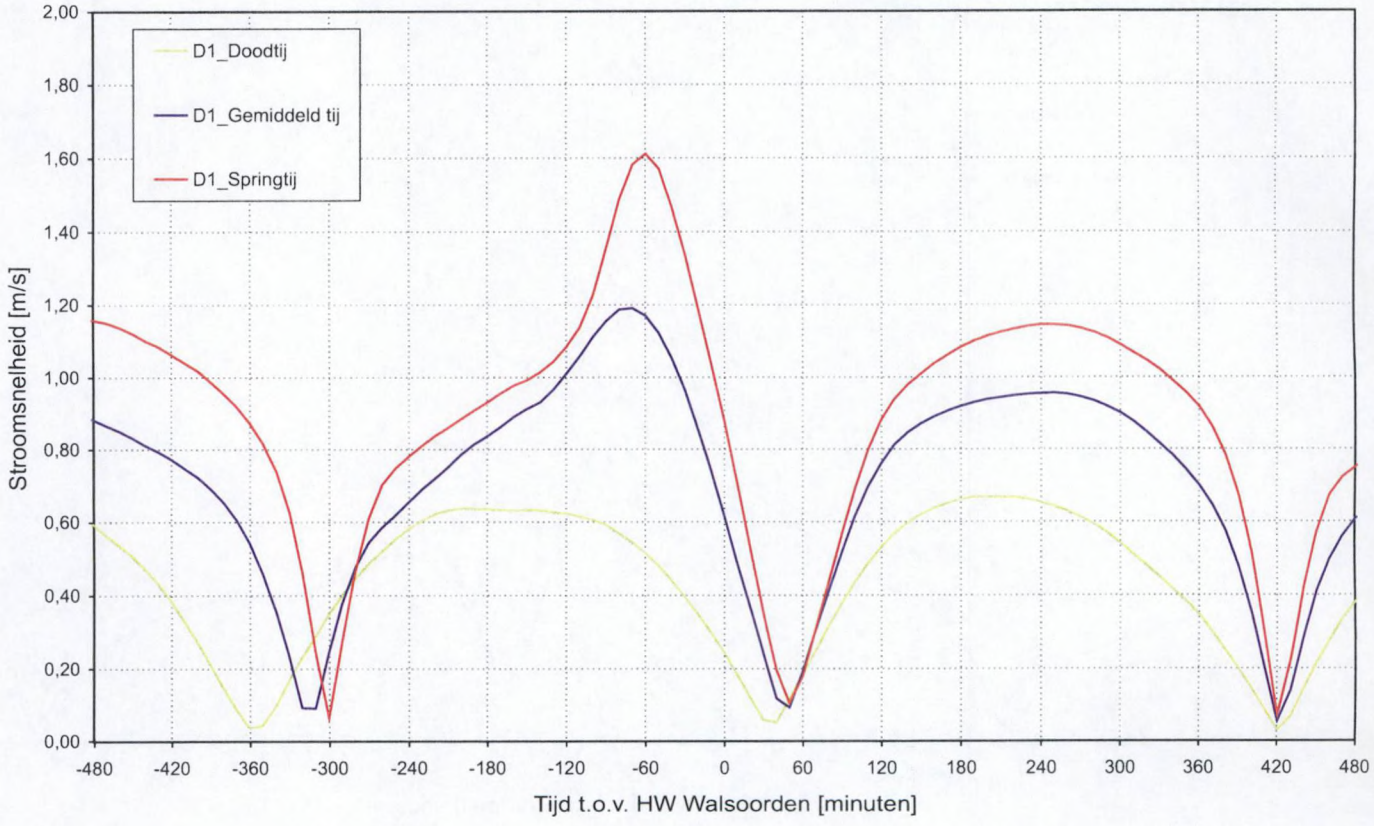



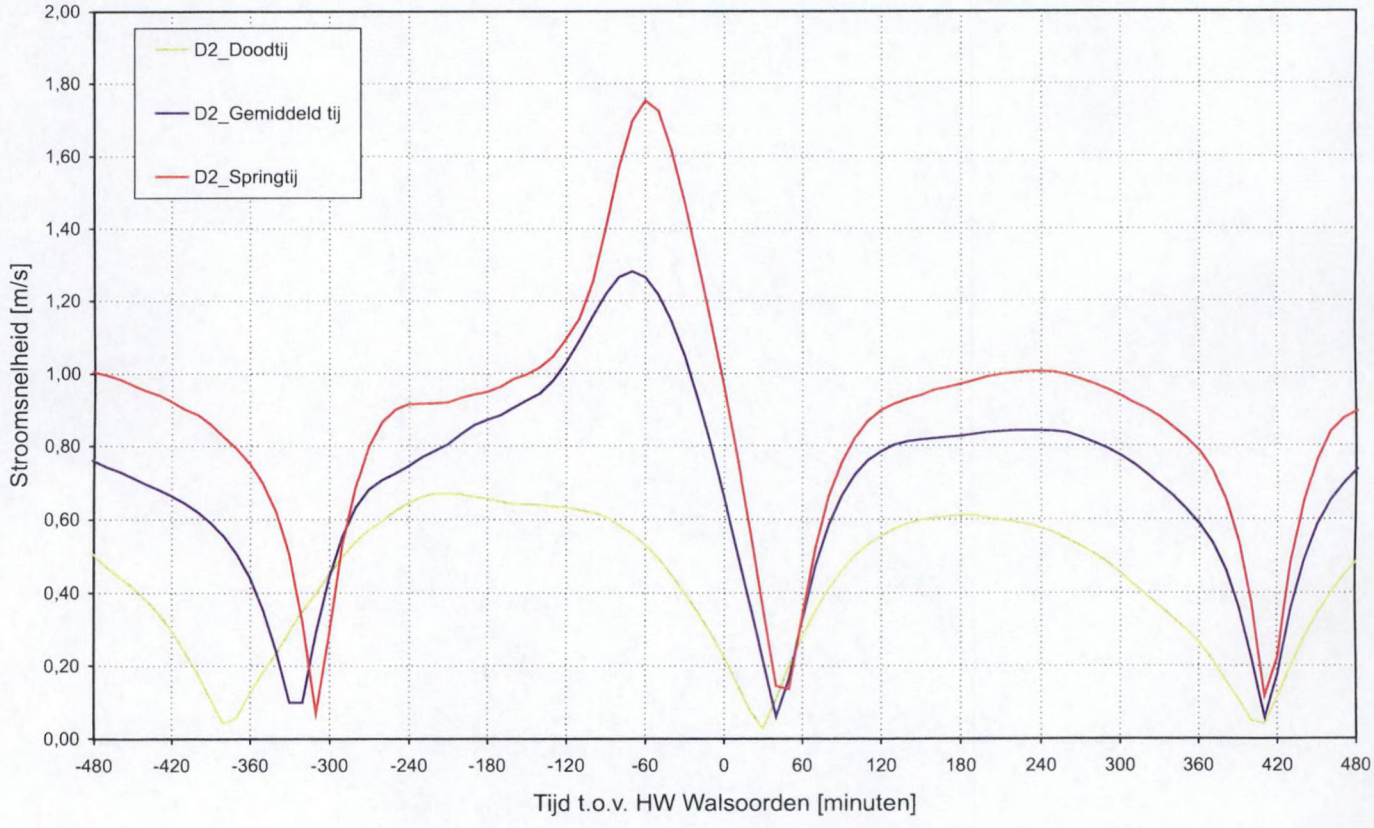

Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai C2 (boven) en raai C3 (onder)er)



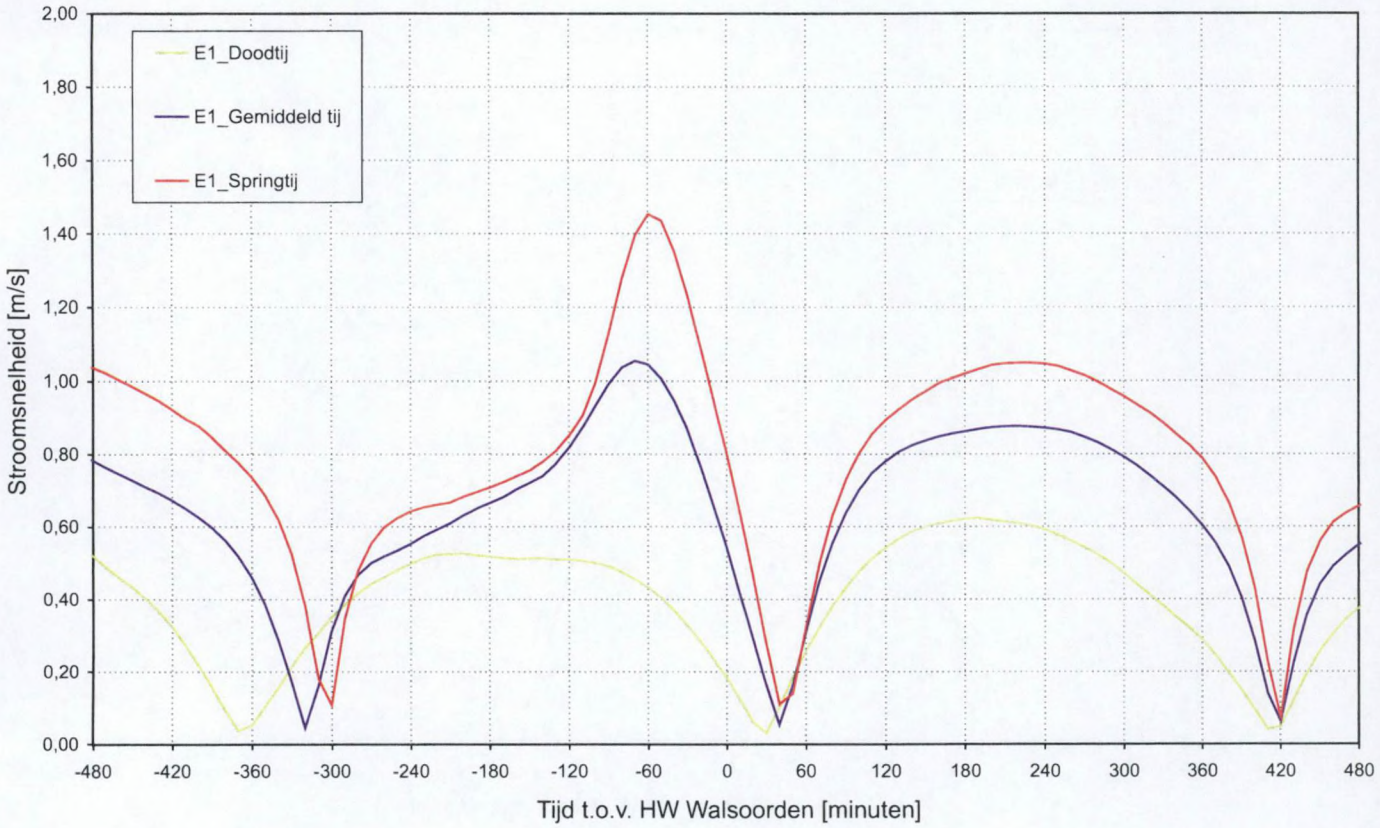




Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai C4 (boven) en raai C5 (onder)

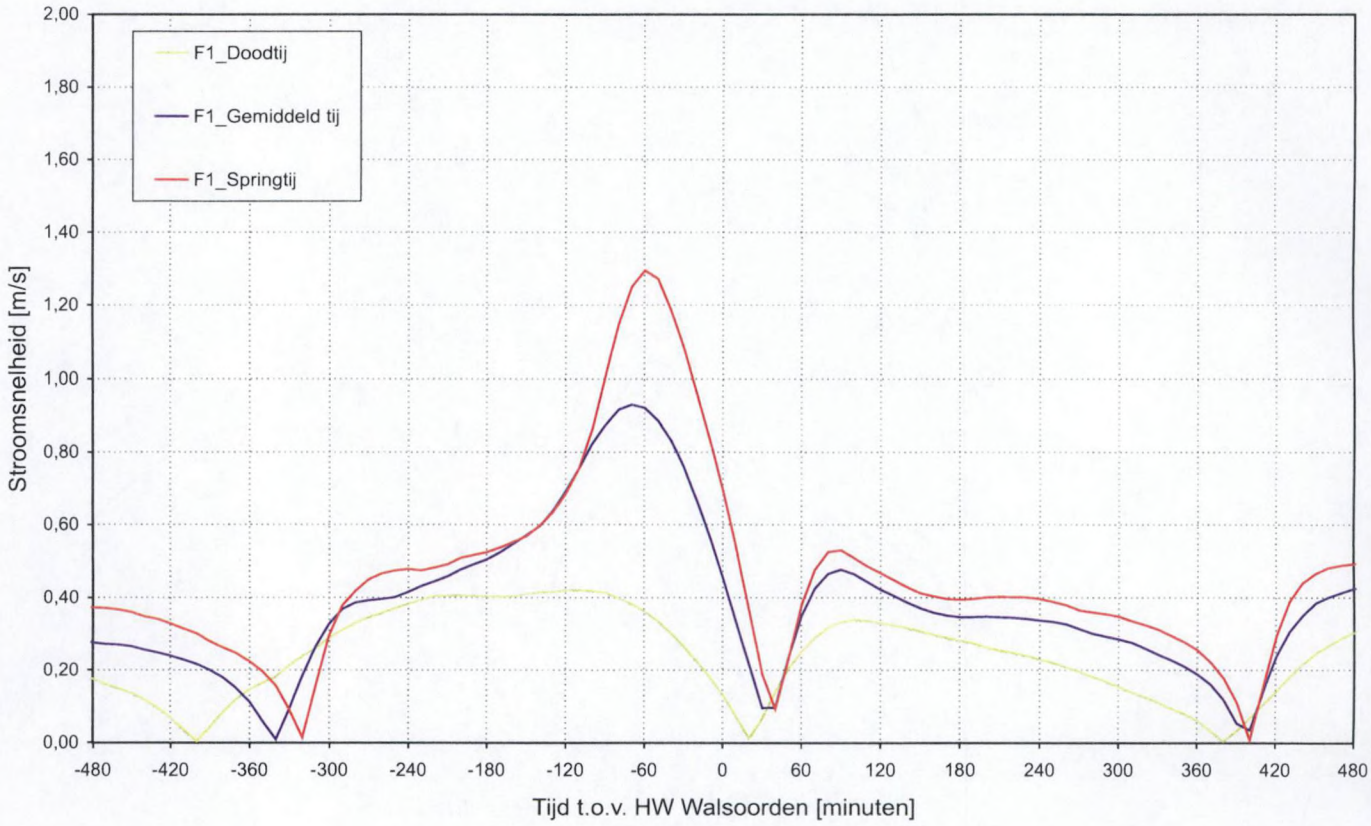


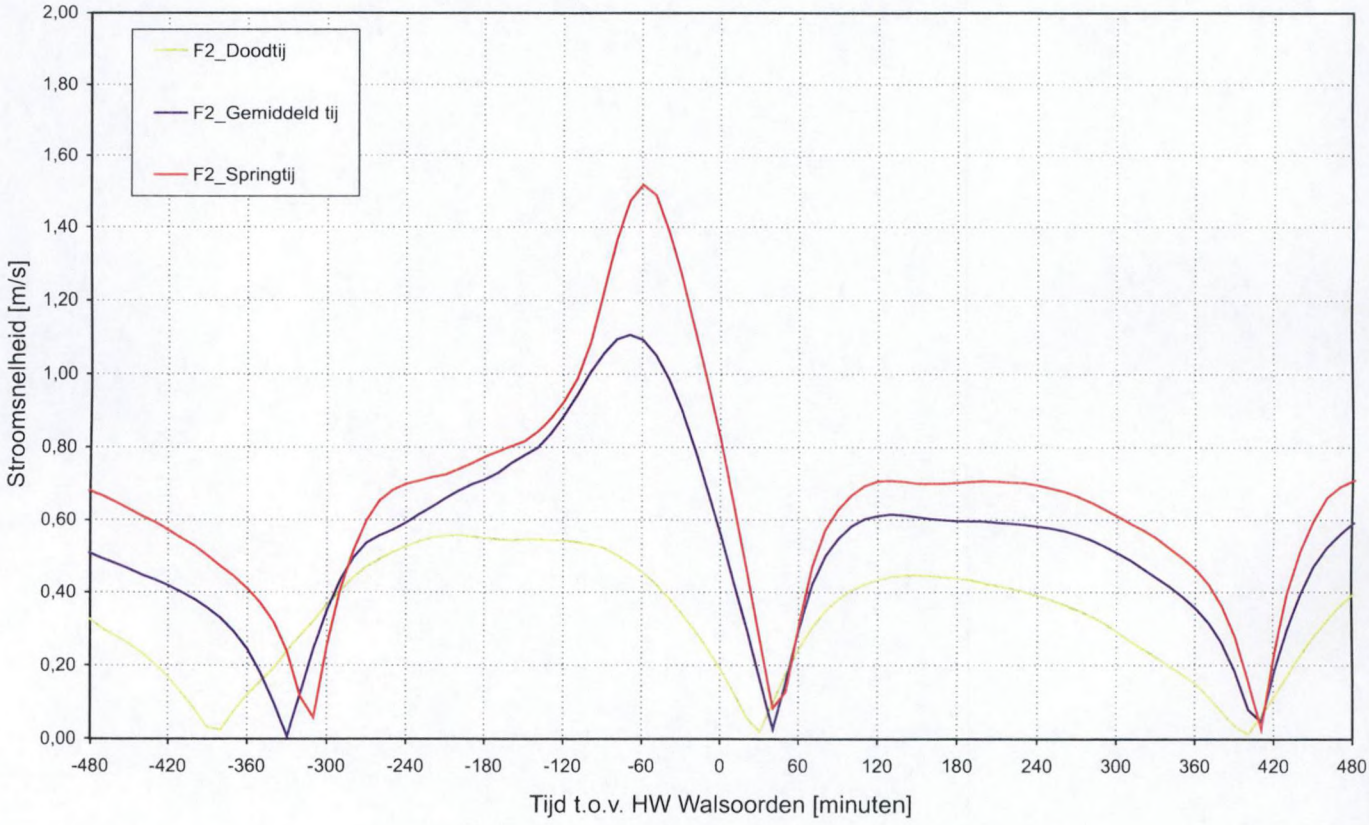




Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai D1 (boven) en raai D2 (onder)

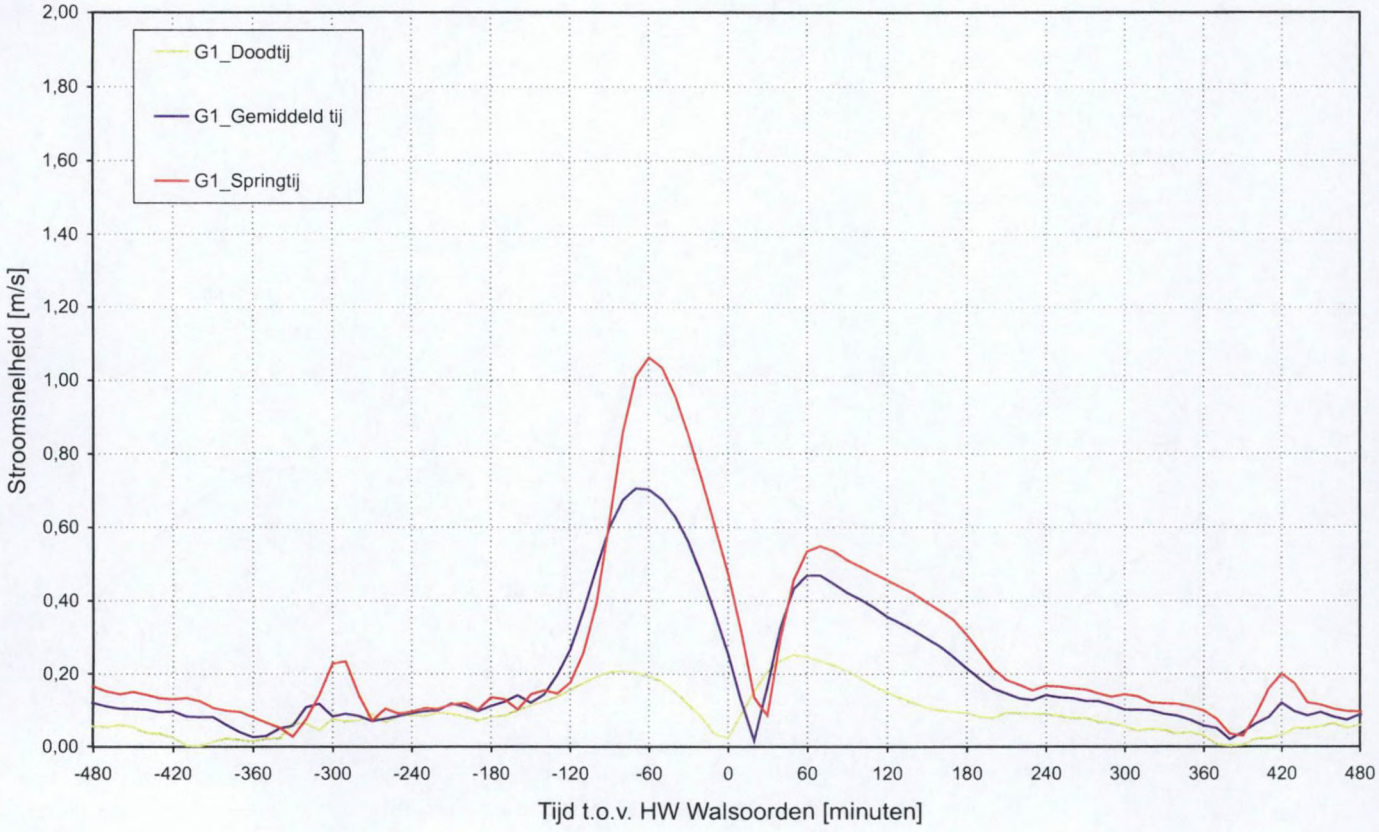



Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai E1

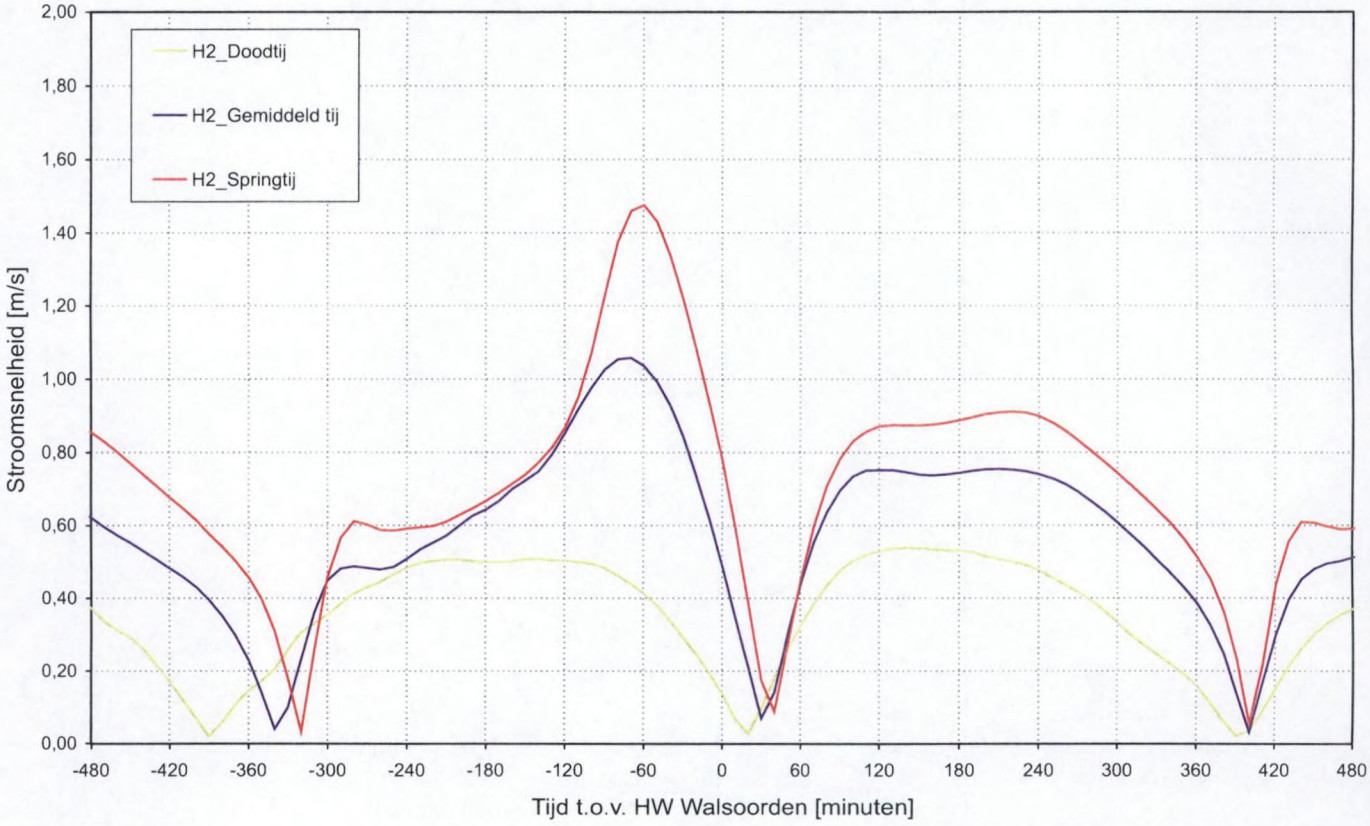


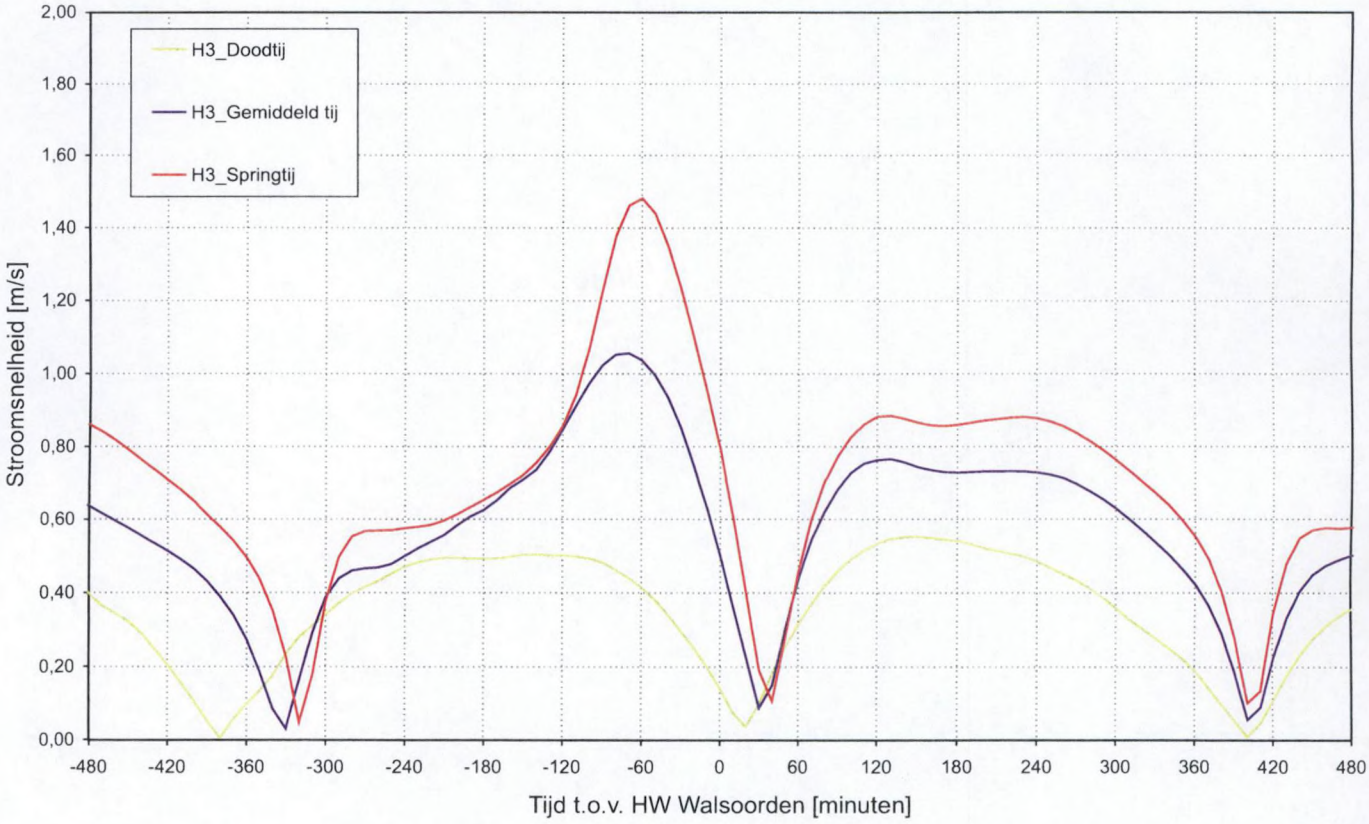




Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai F1 (boven) en raai F2 (onder)

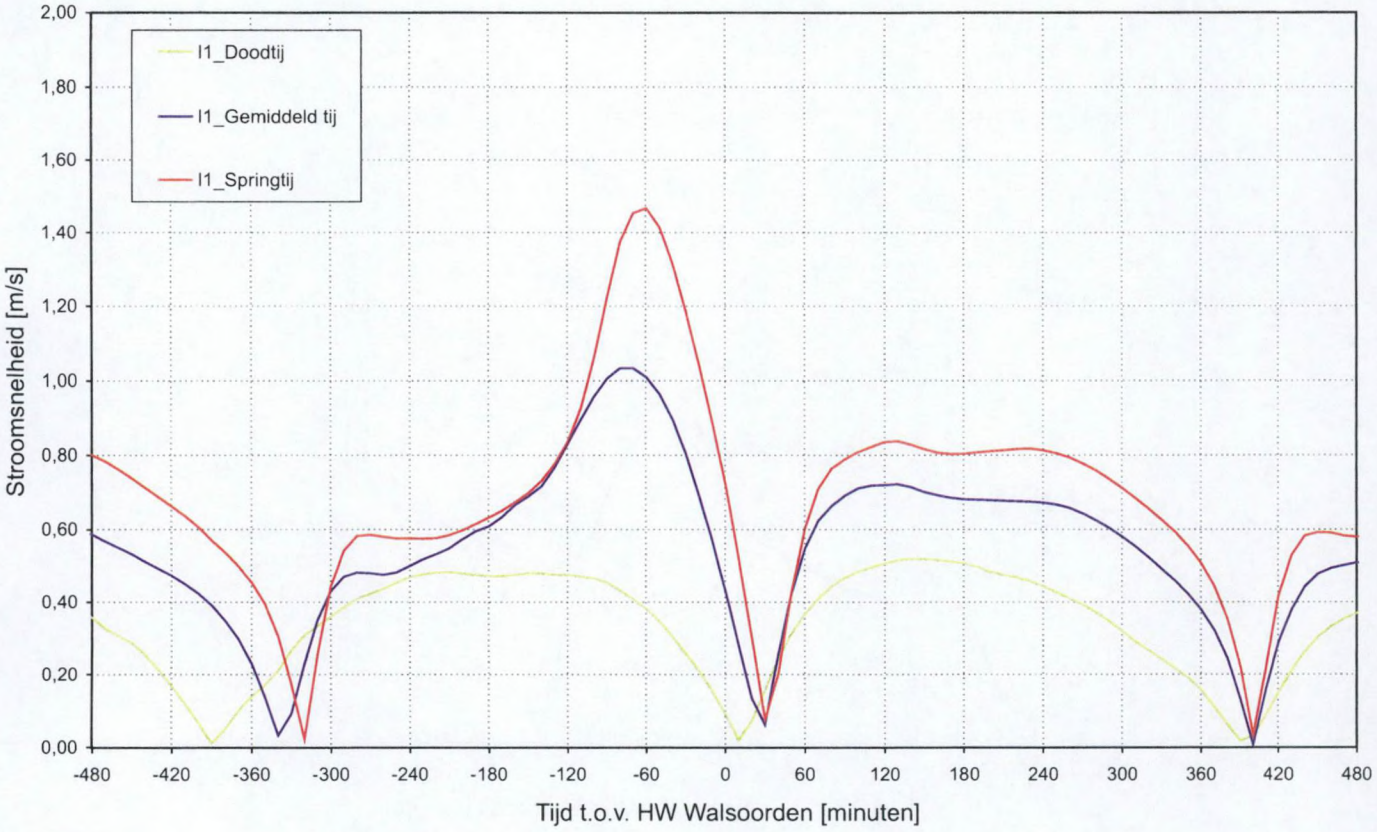



Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai G1

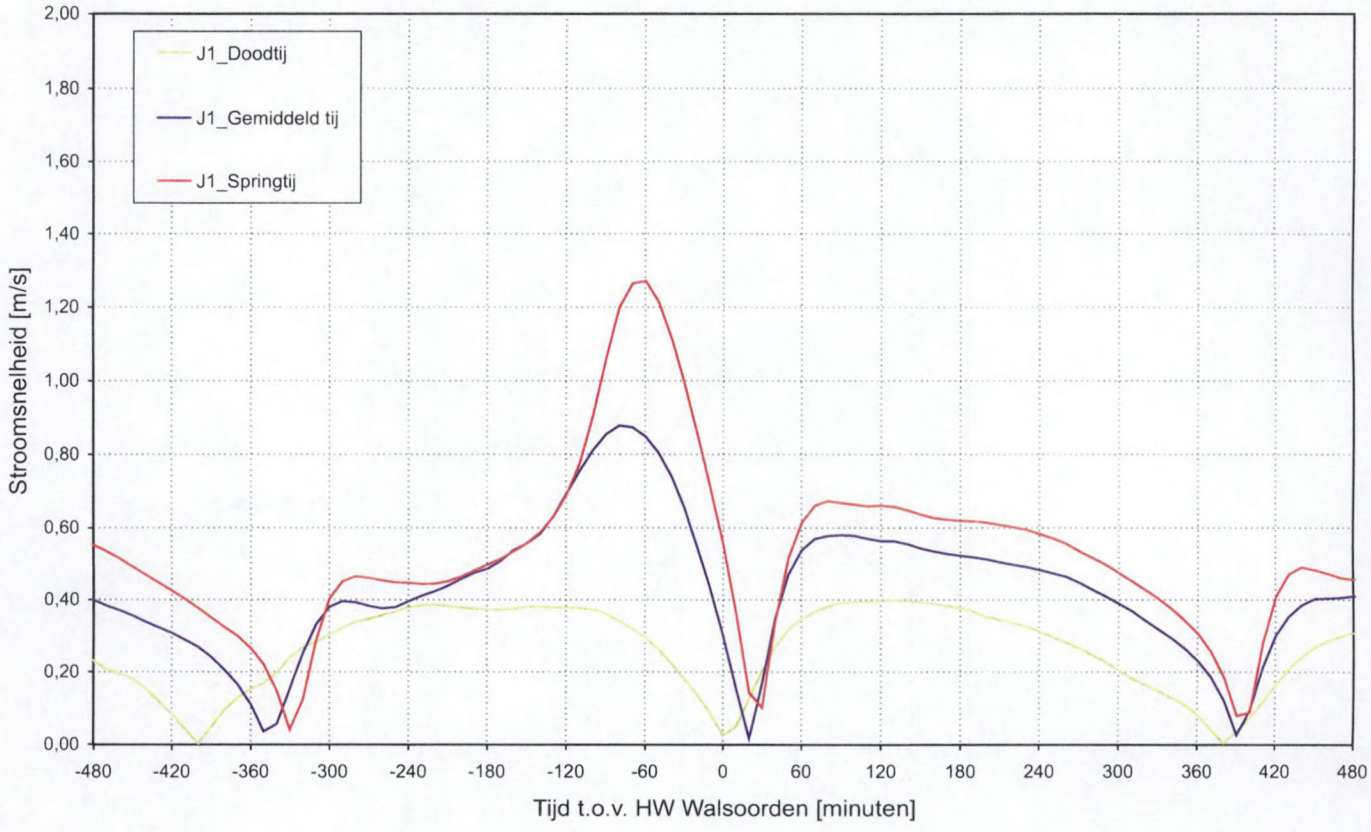


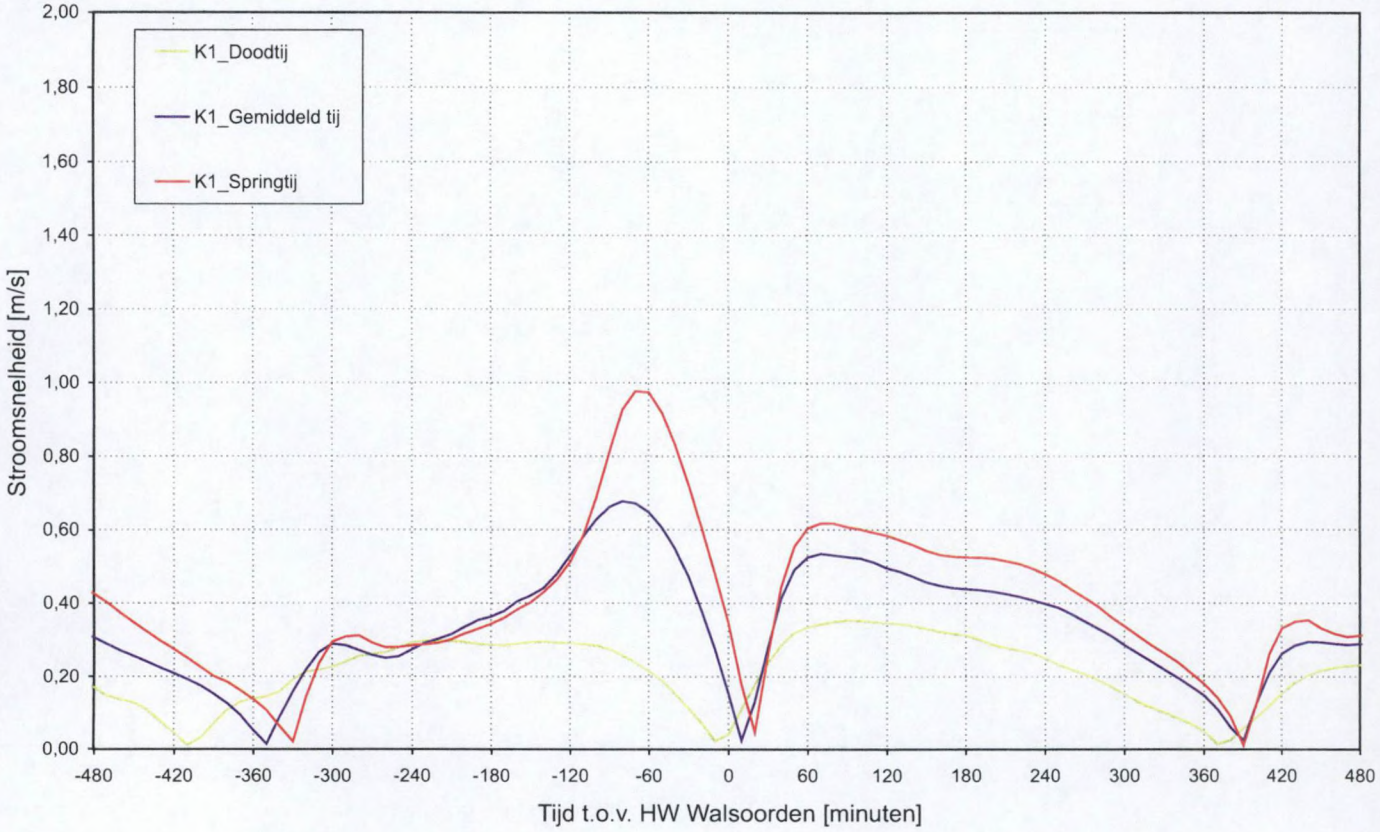

Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai H2 (boven) en raai H3 (onder)

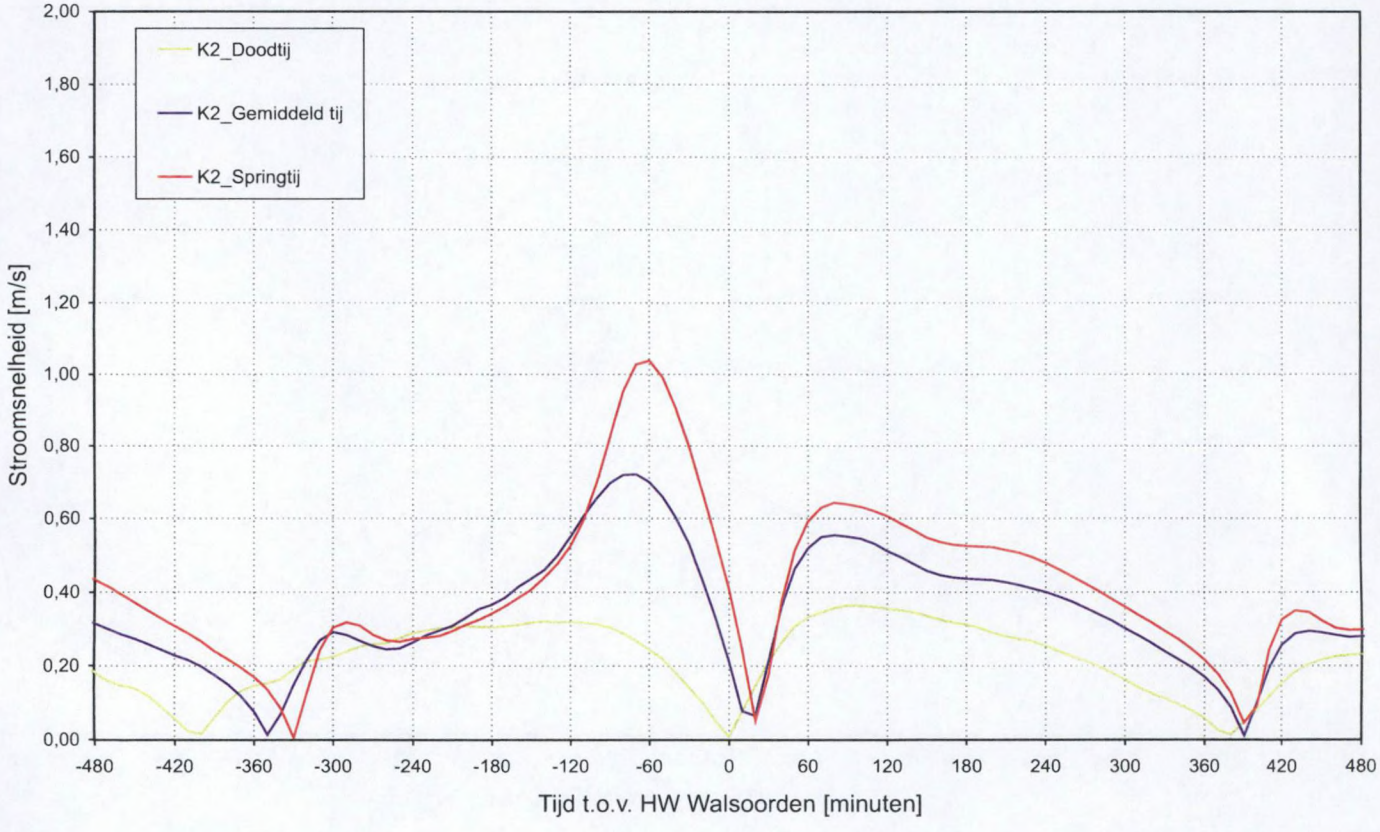



Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai I1

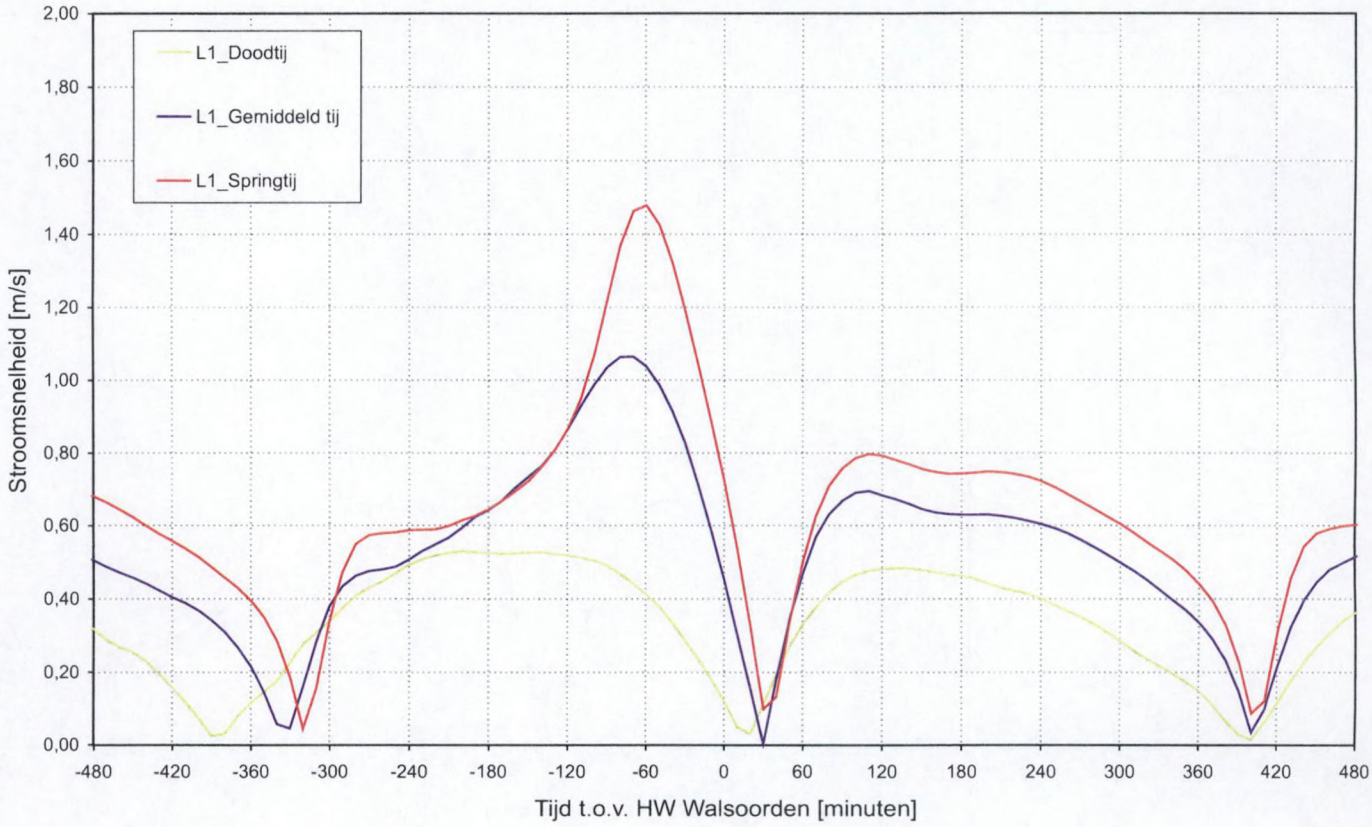


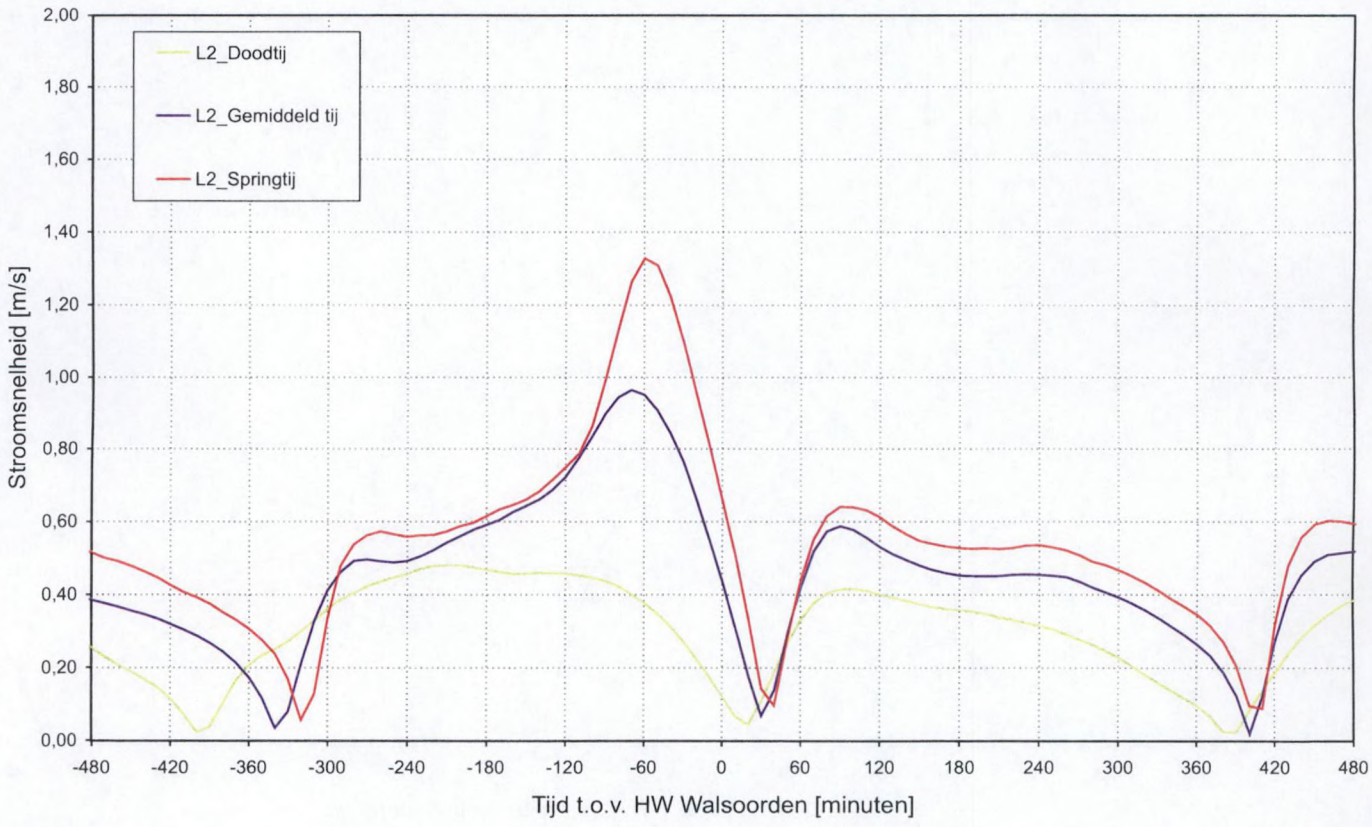

Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai J1



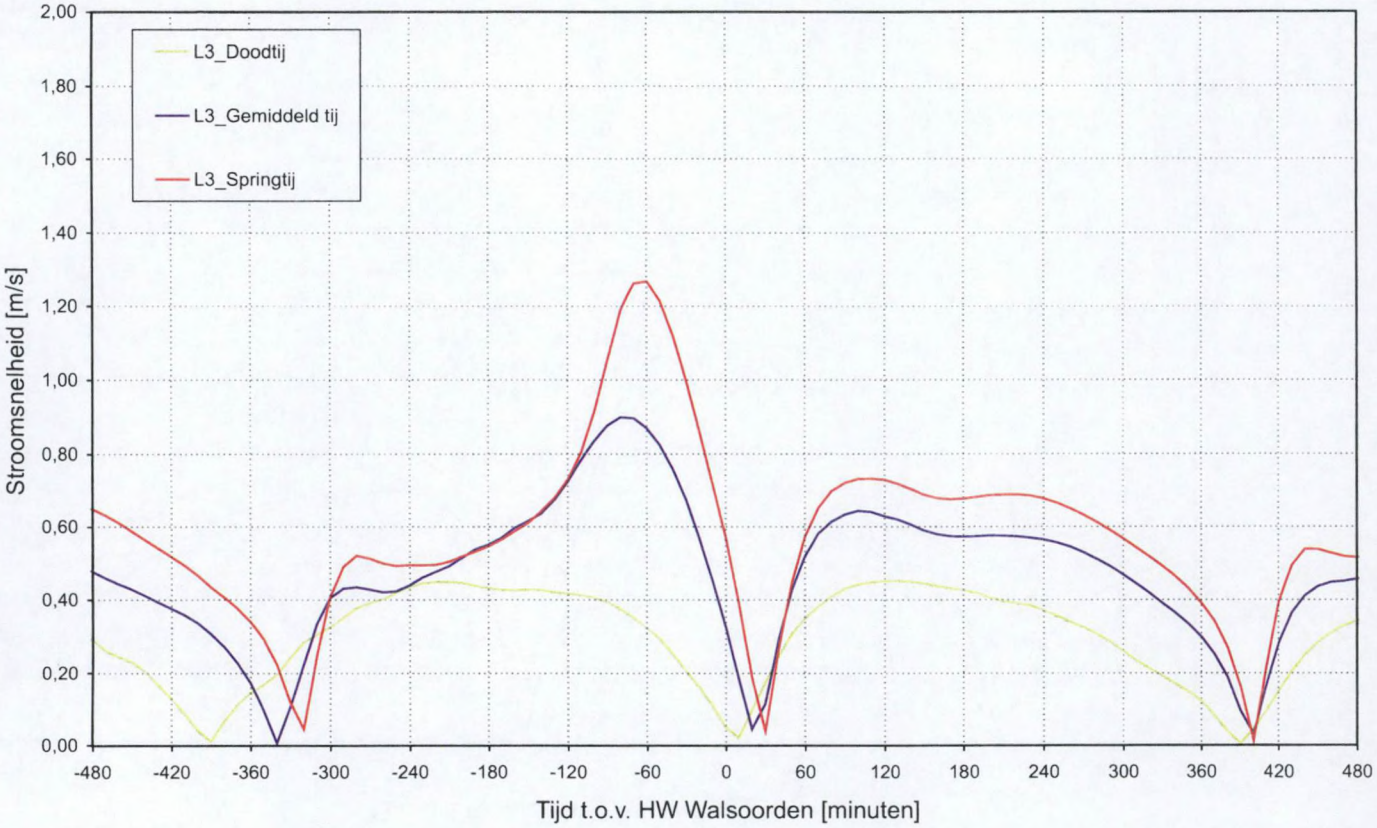




Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai K1 (boven) en raai K2 (onder)

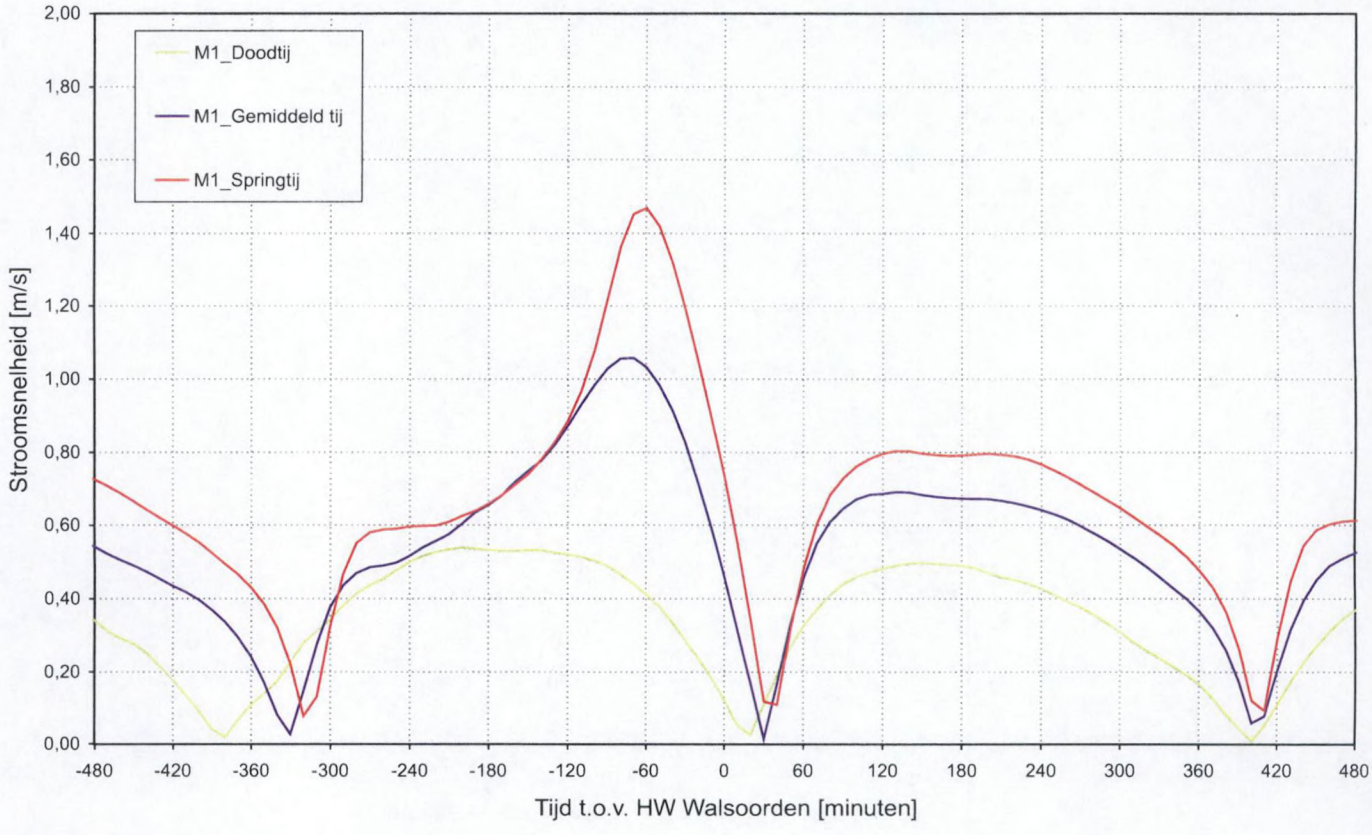


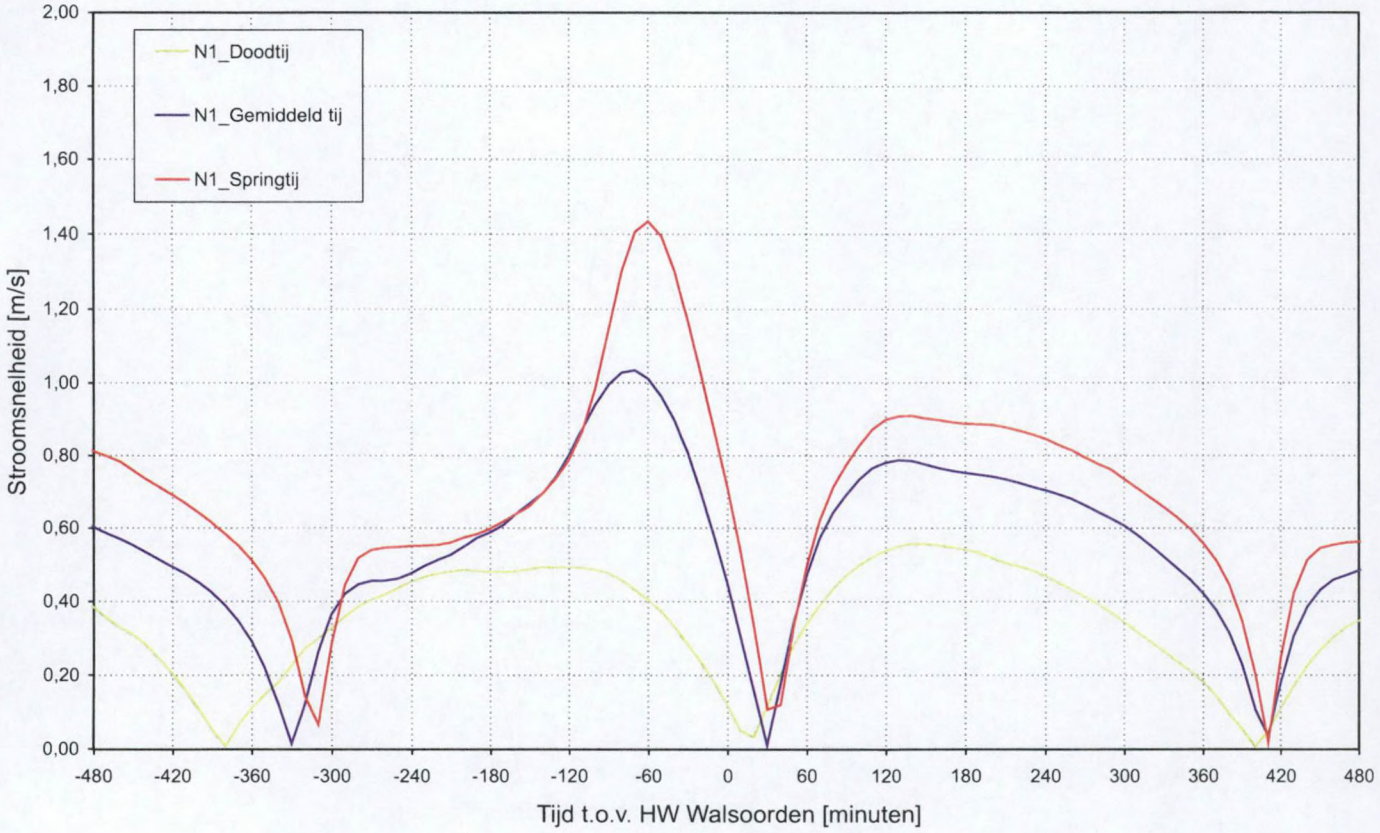

Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai L1 (boven) en raai L2 (onder)

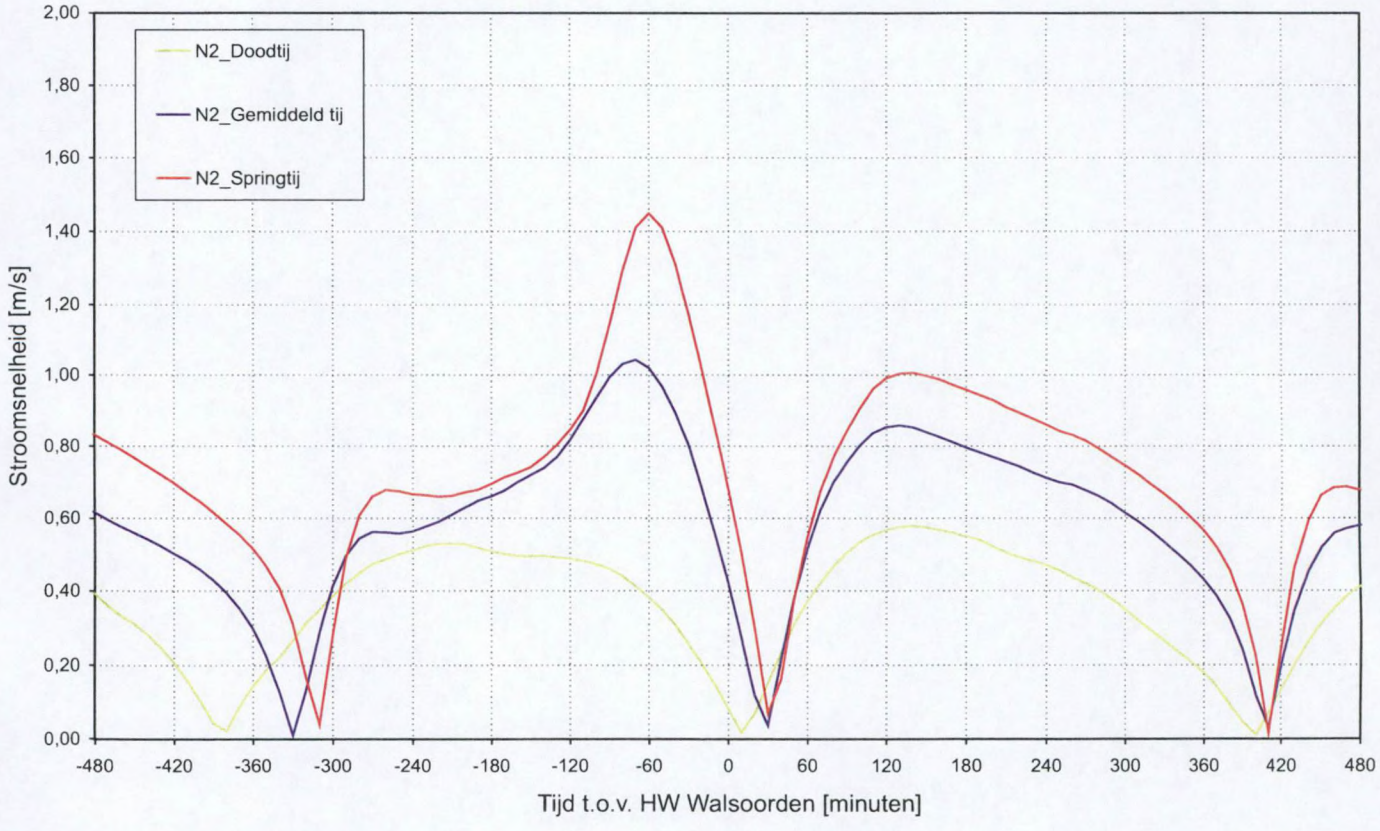



Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai L3

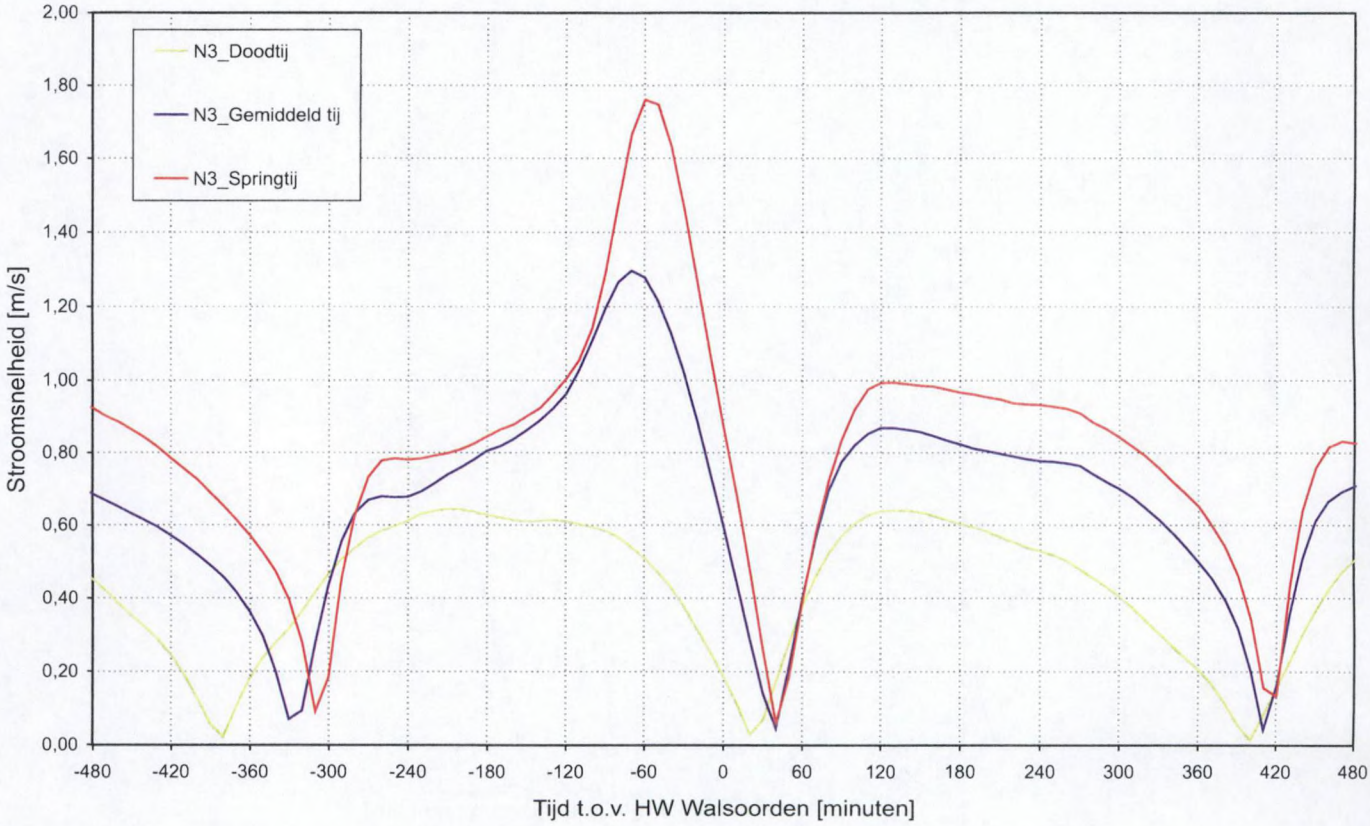



Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai M1

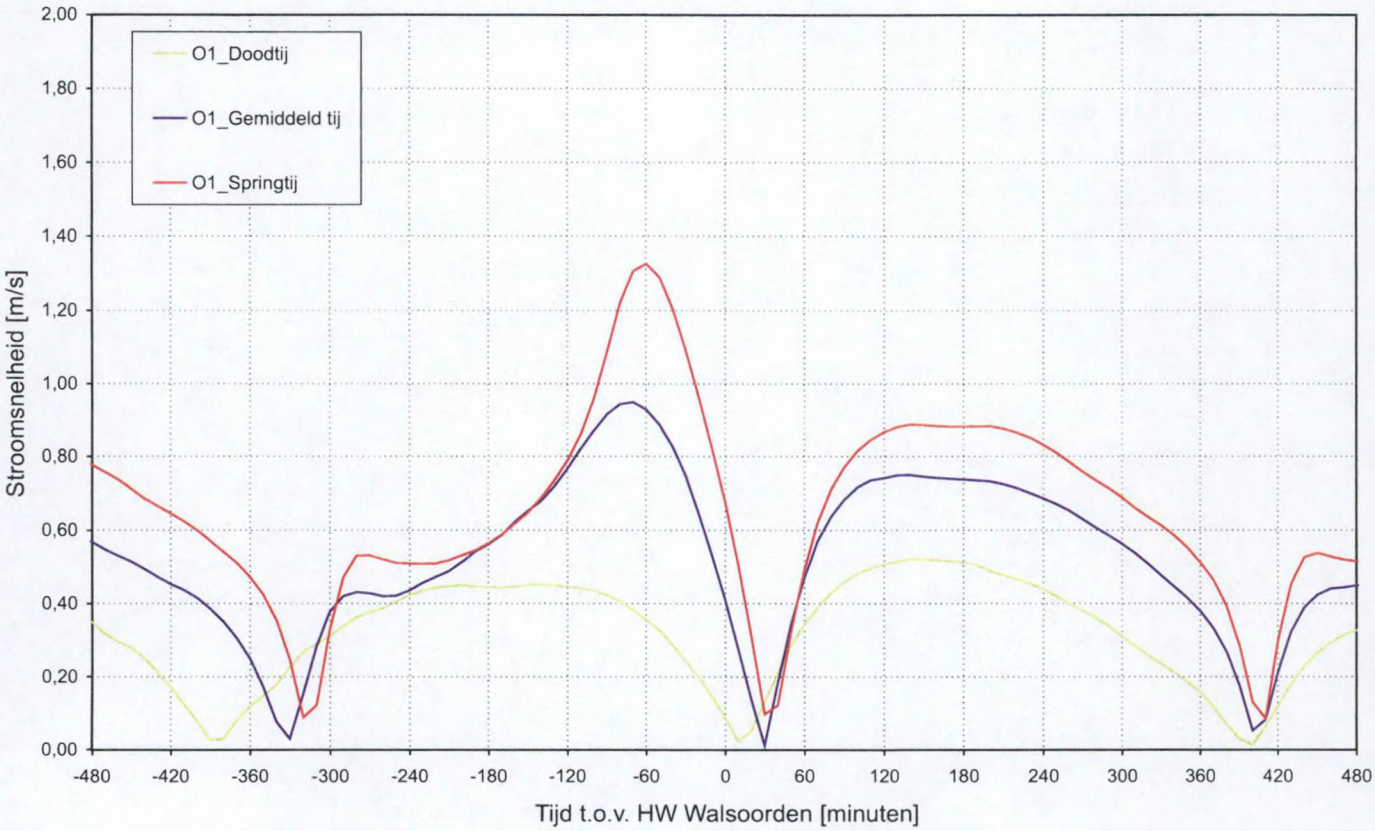


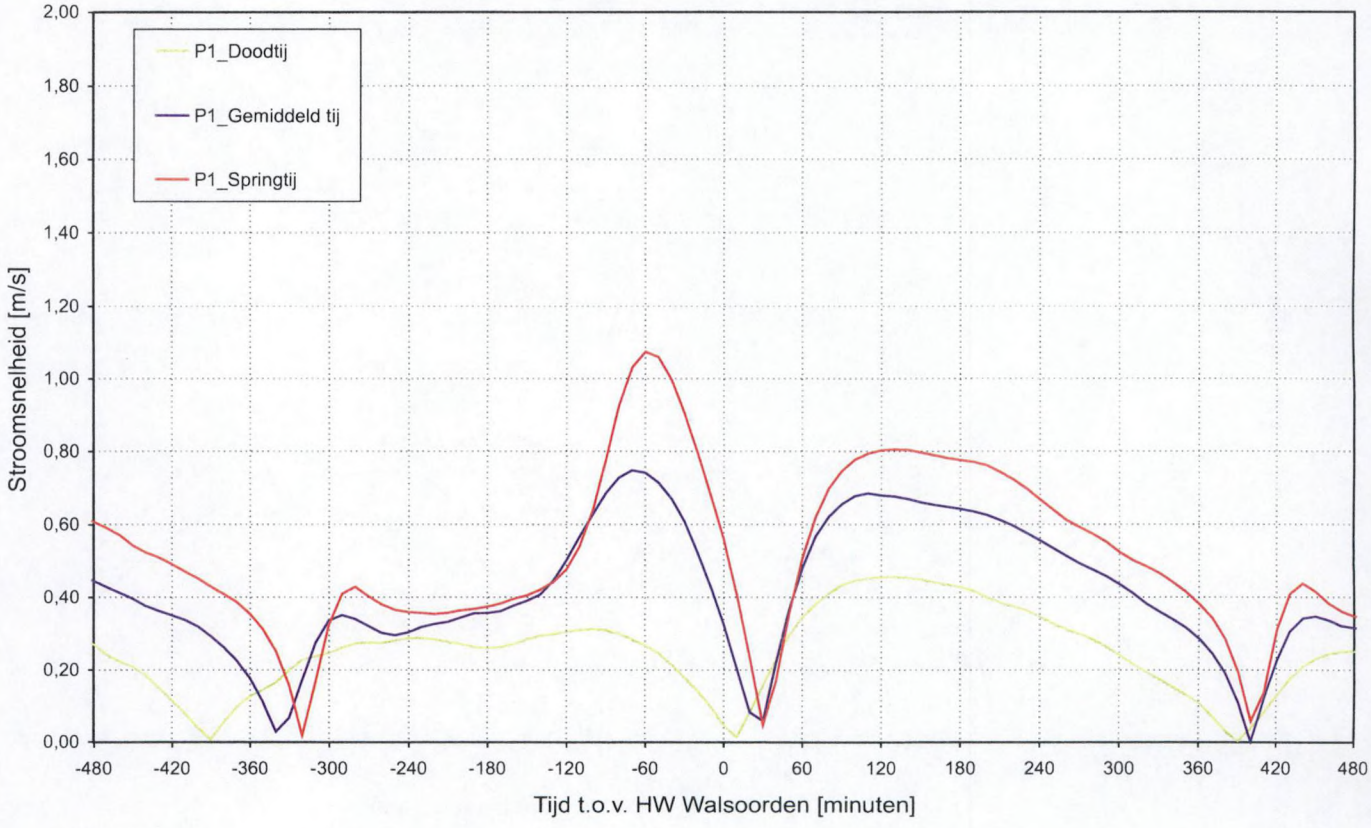

Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai N1 (boven) en raai N2 (onder)

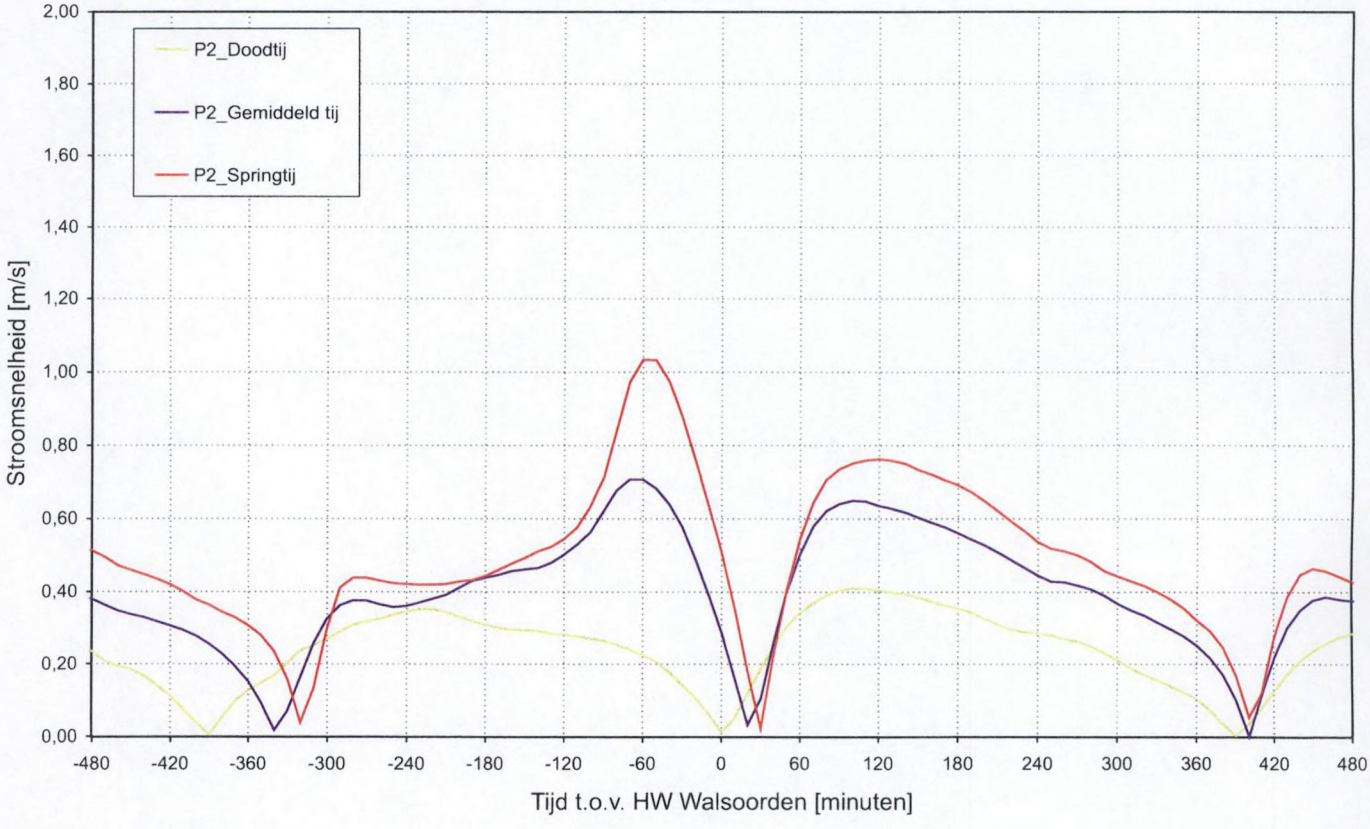



Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai N3

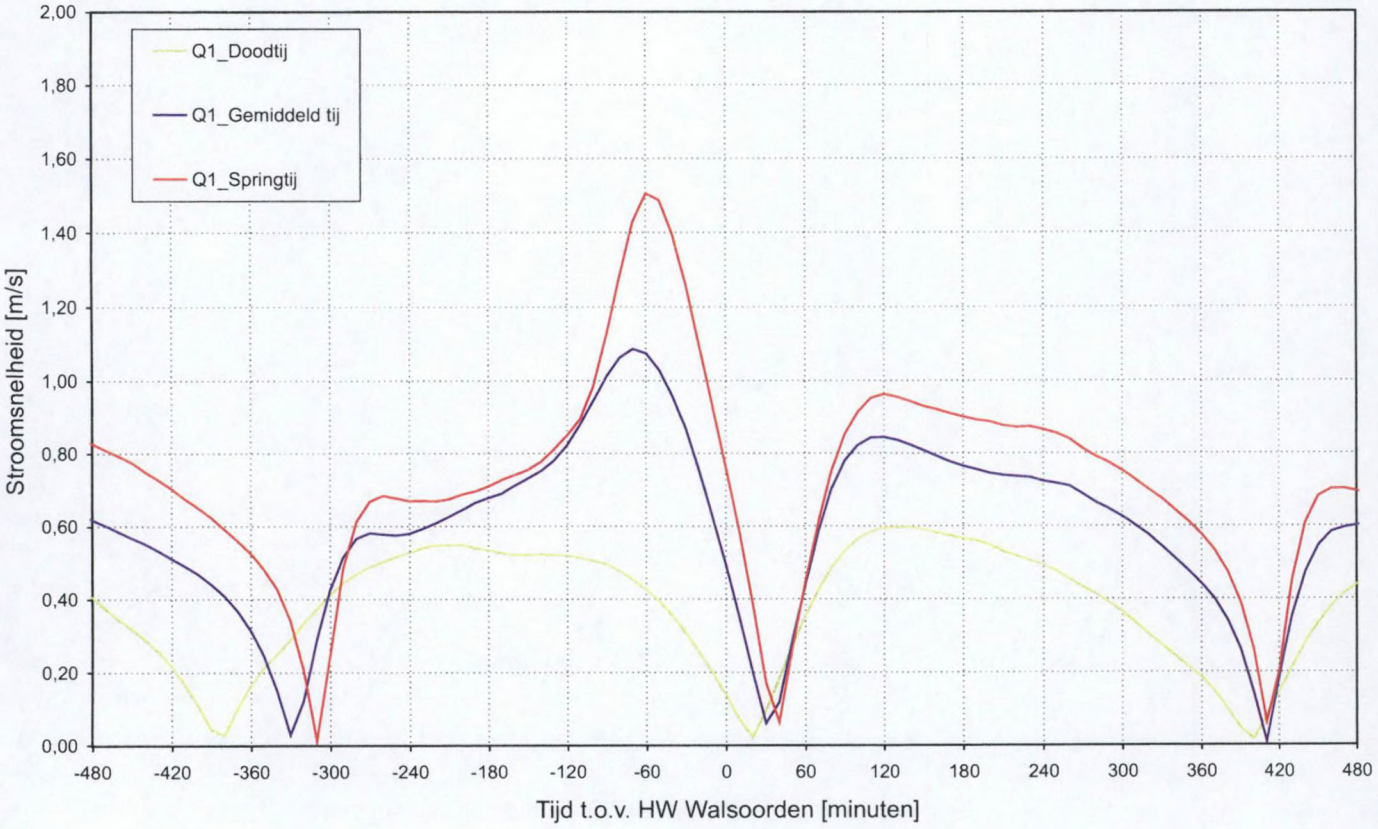



Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai O1

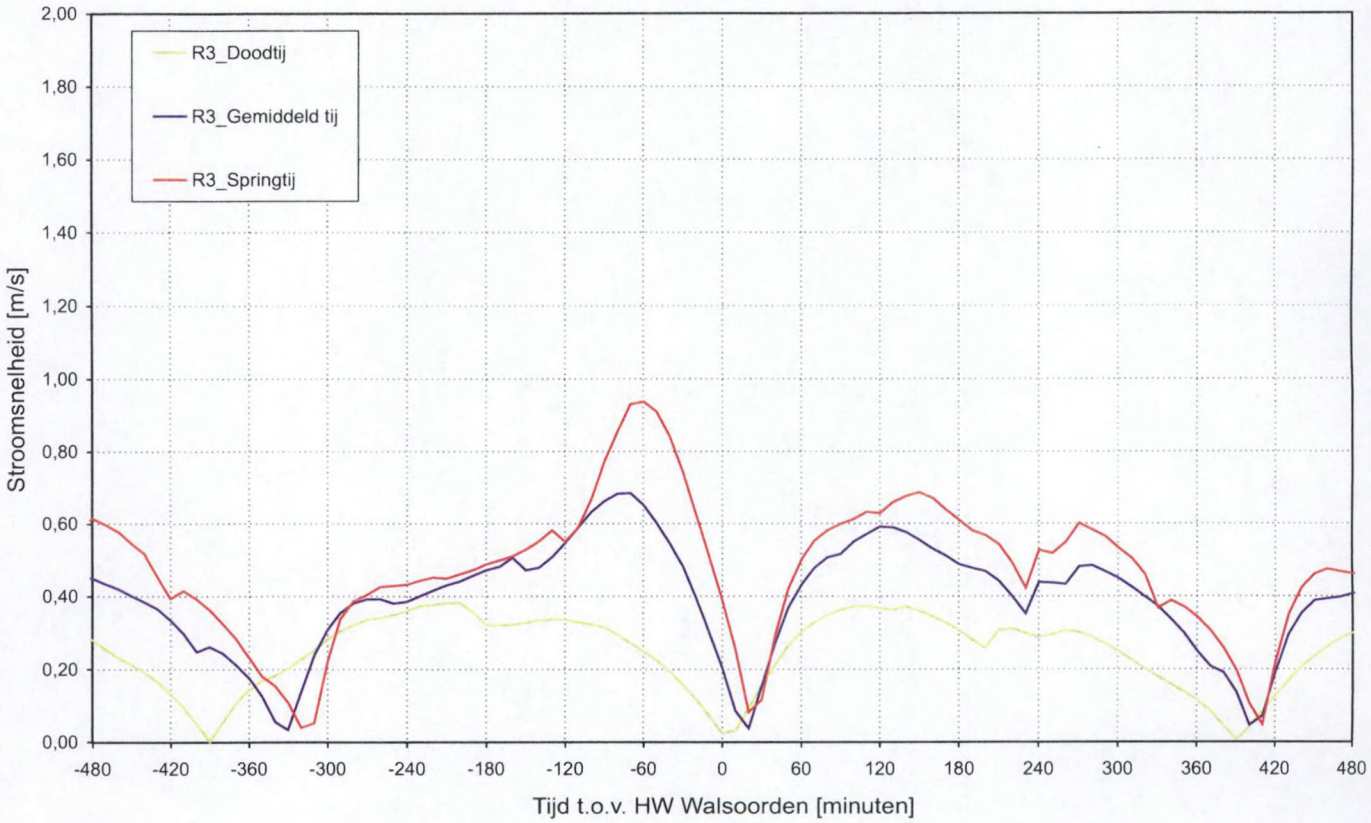


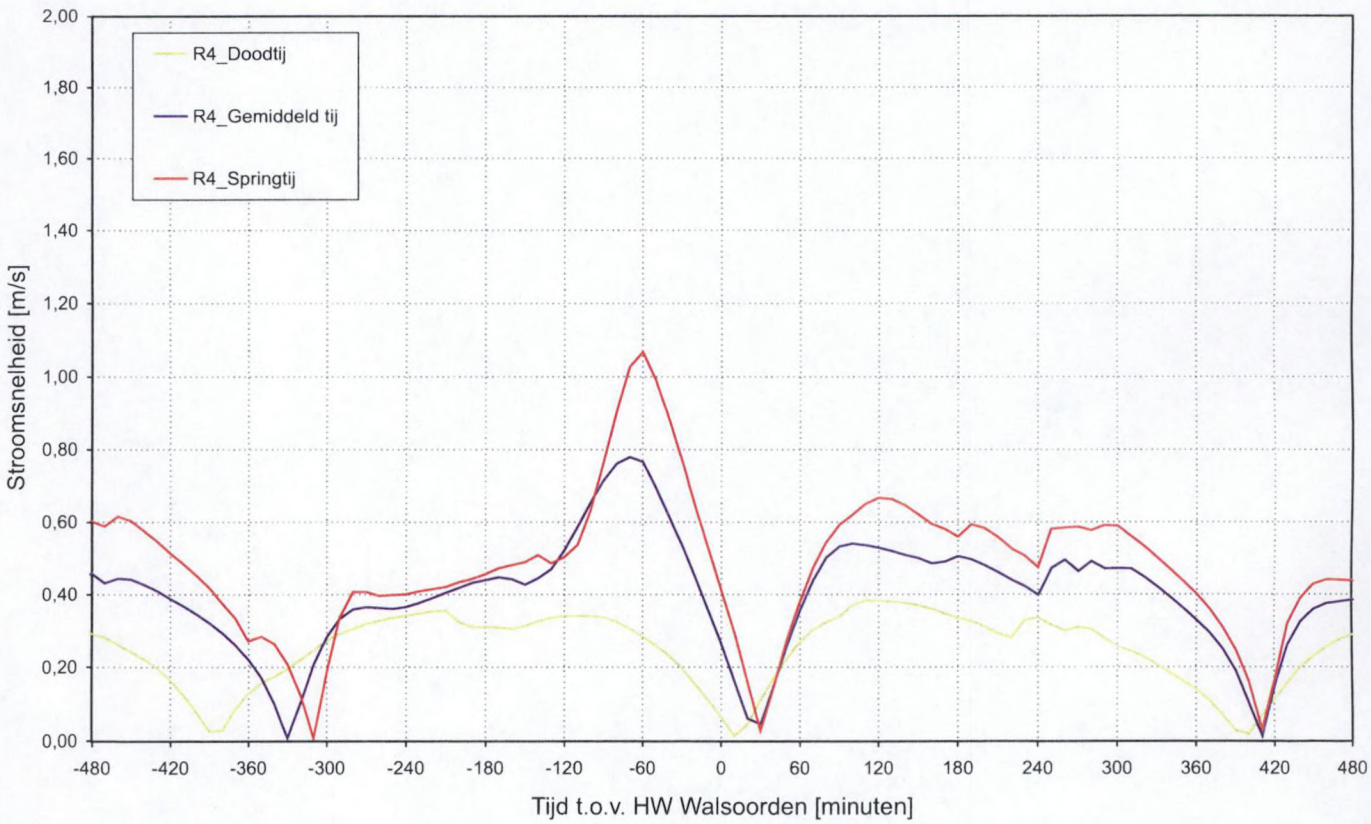




Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai P1 (boven) en raai P2 (onder)

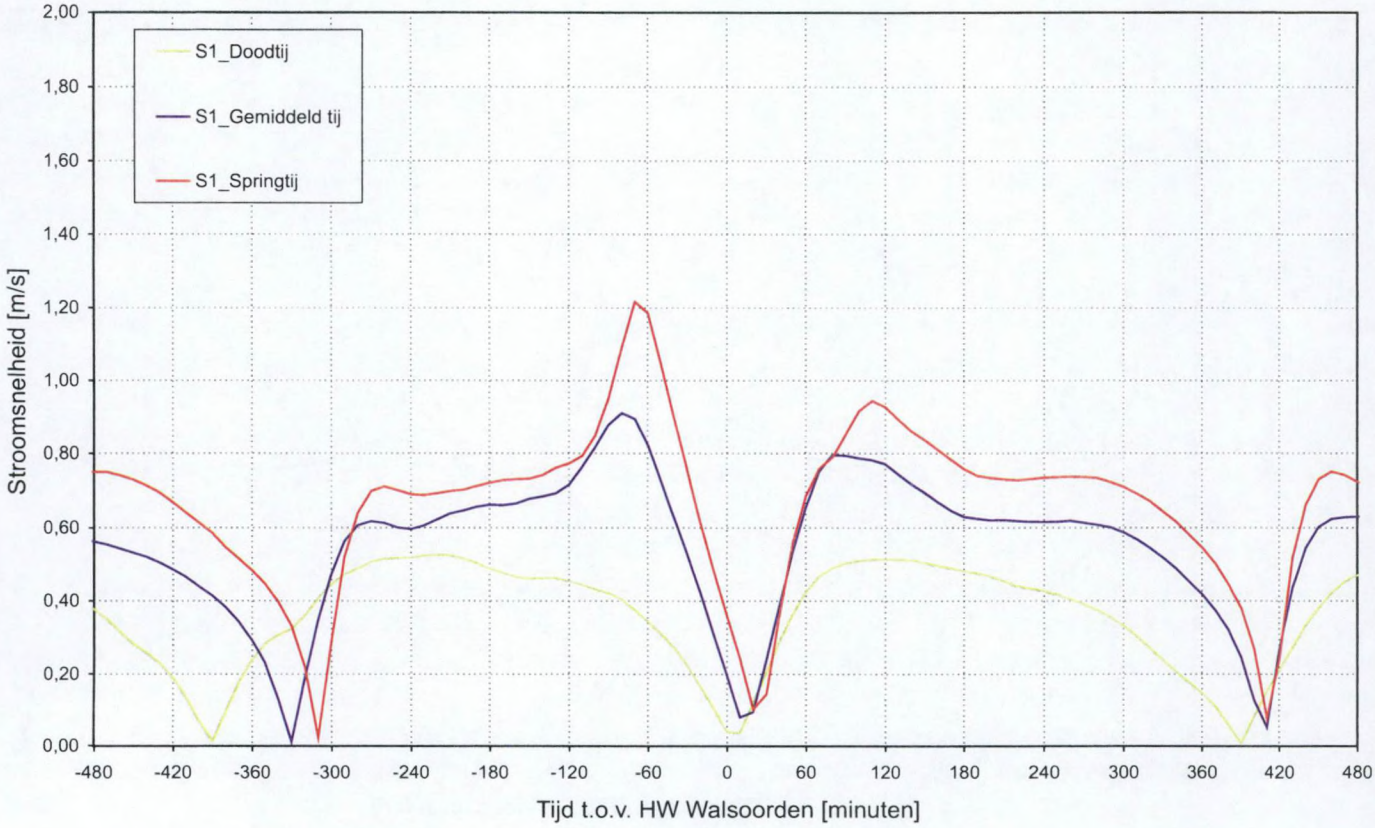



Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai Q1

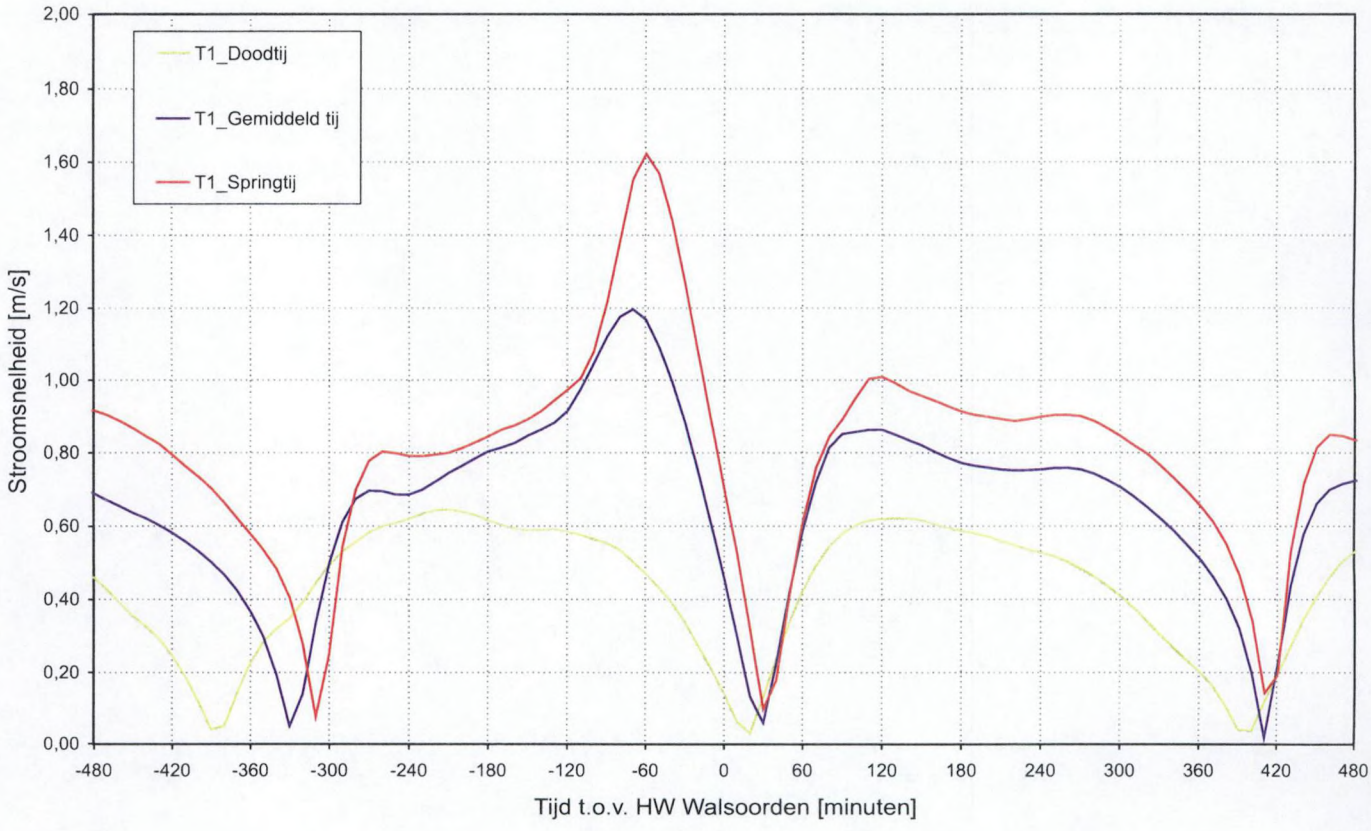


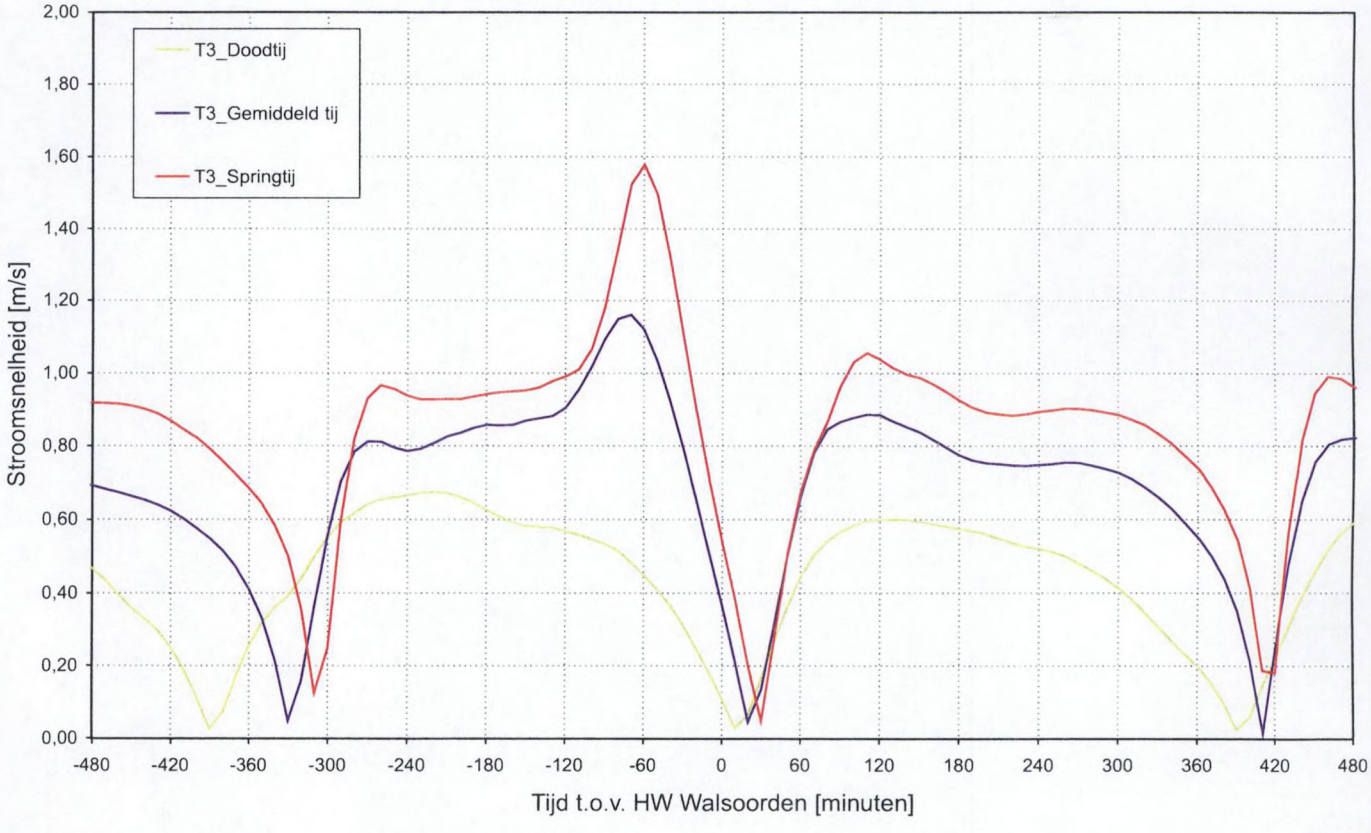




Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai R3 (boven) en raai R4 (onder)

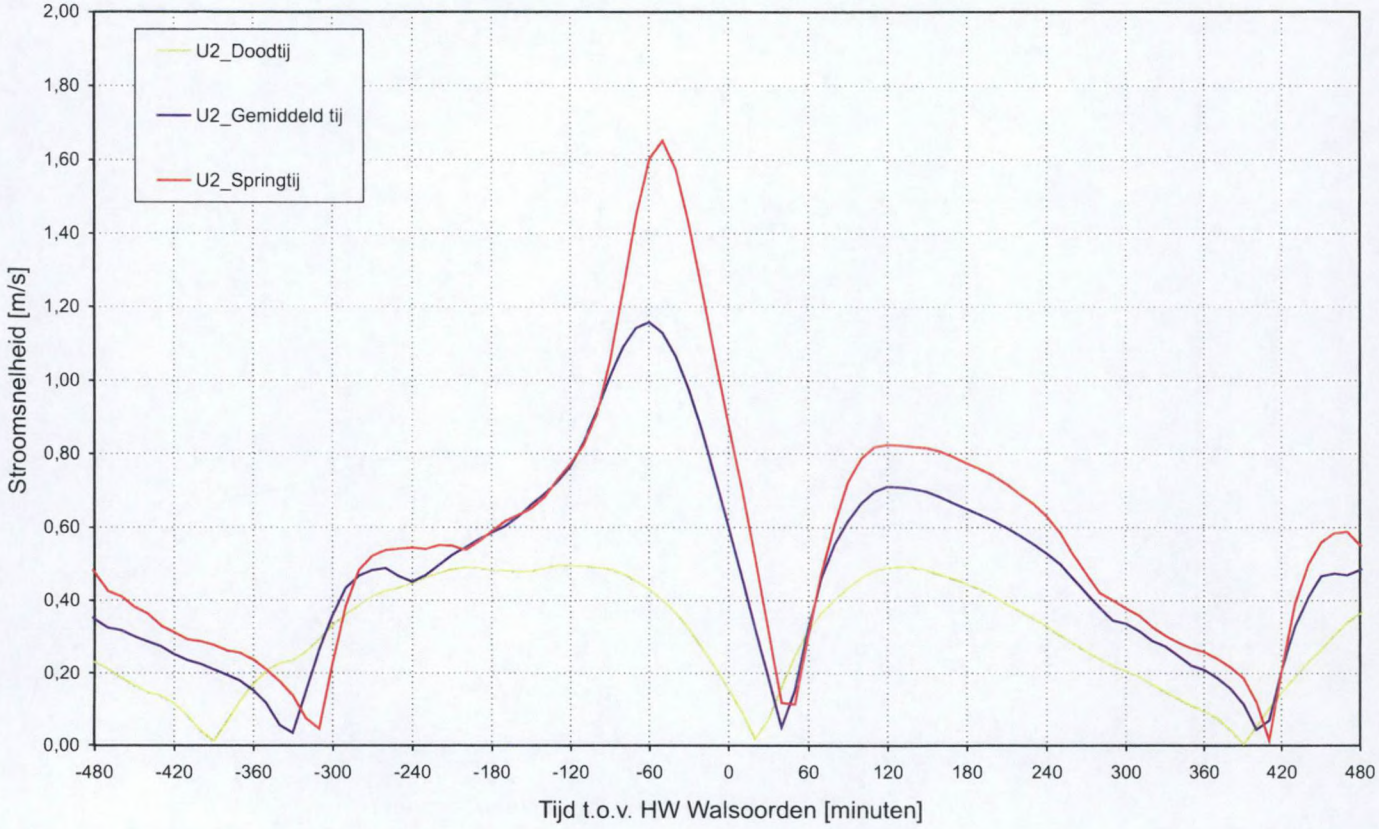


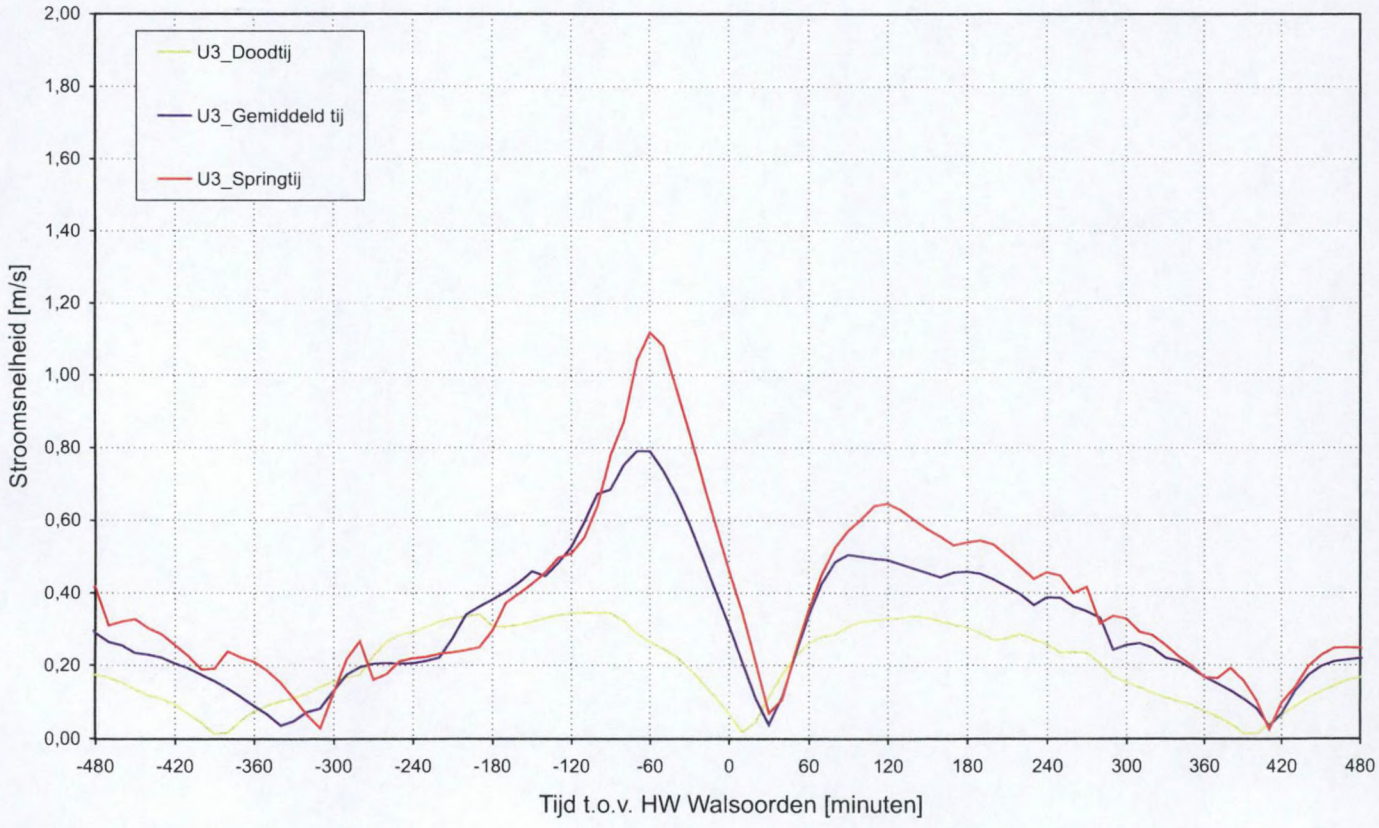

Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai S1



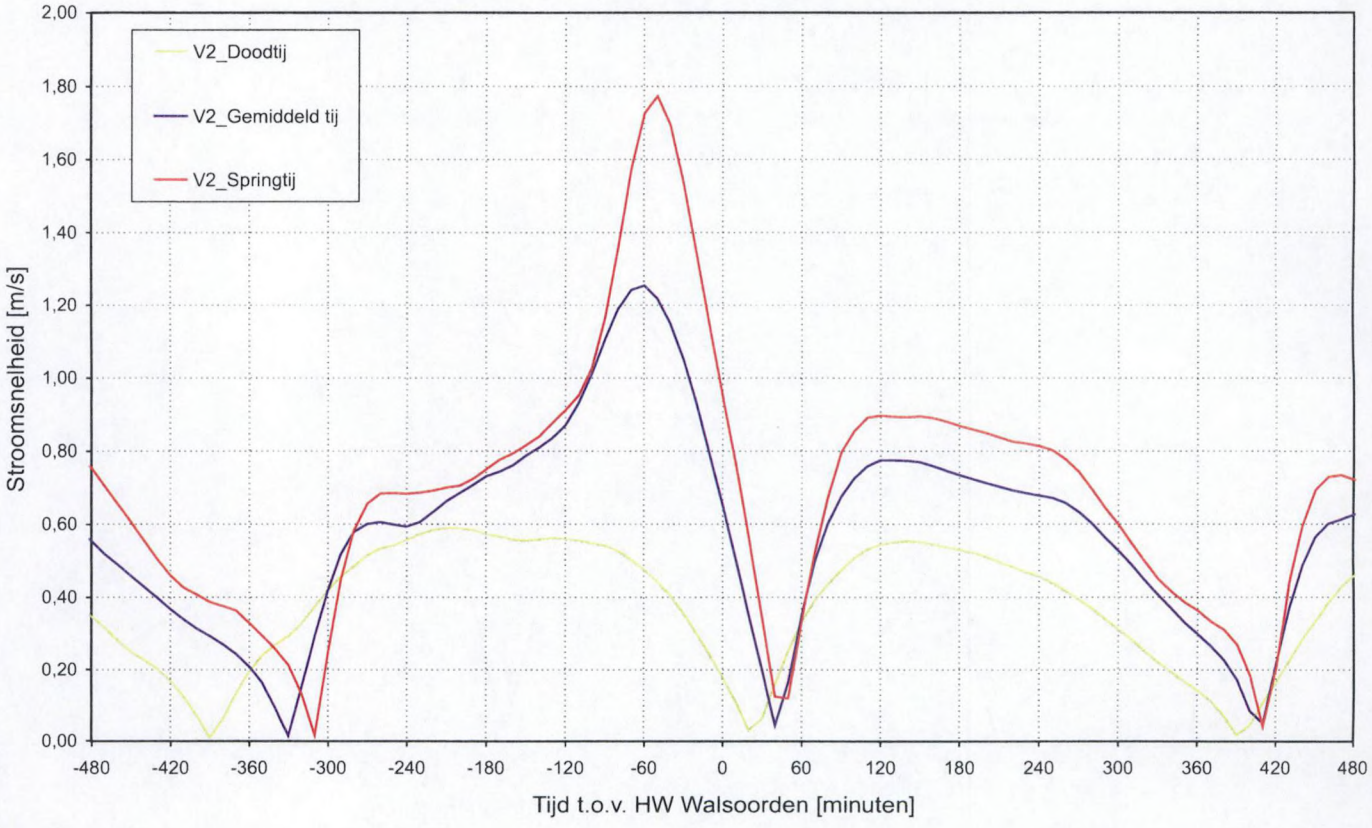




Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai T1 (boven) en raai T3 (onder)

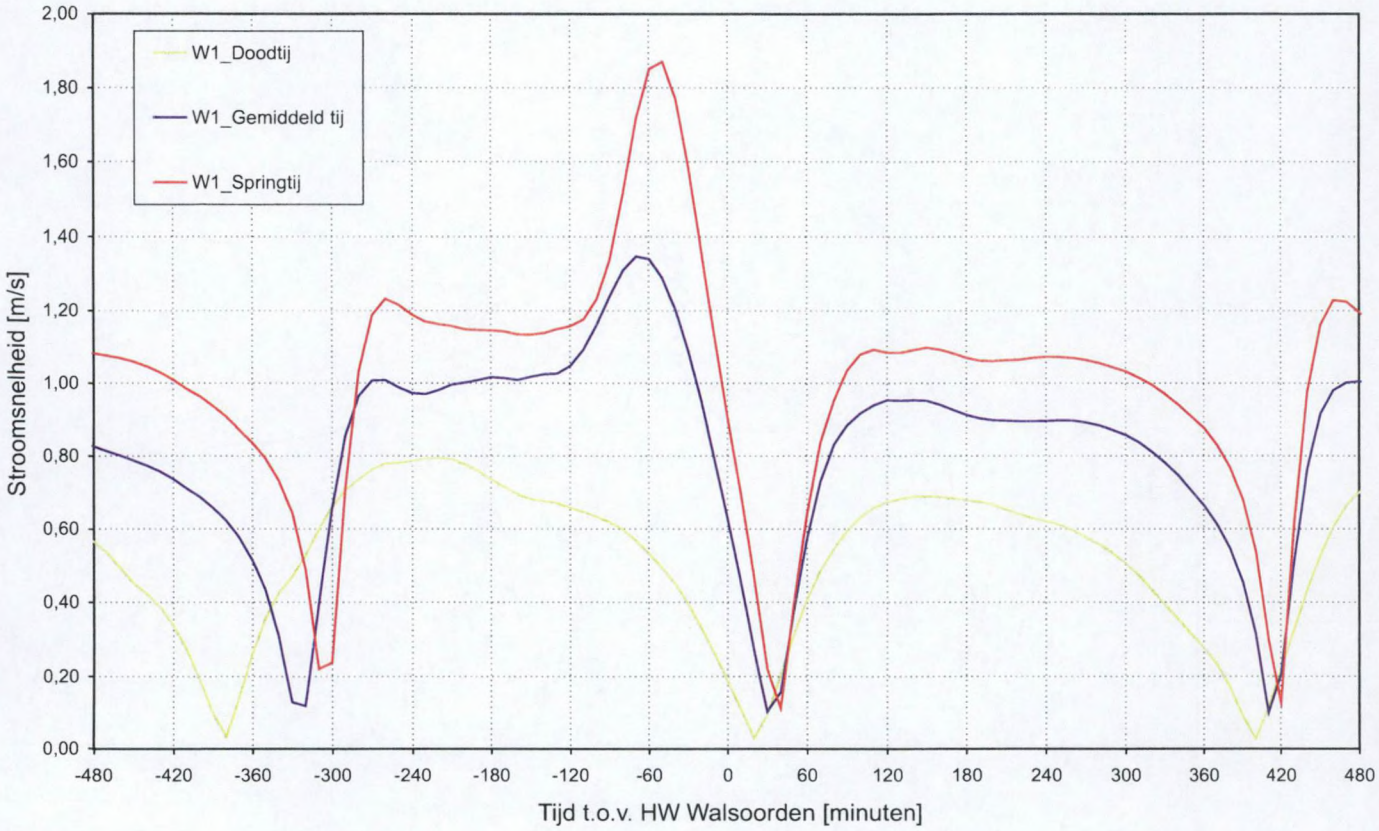


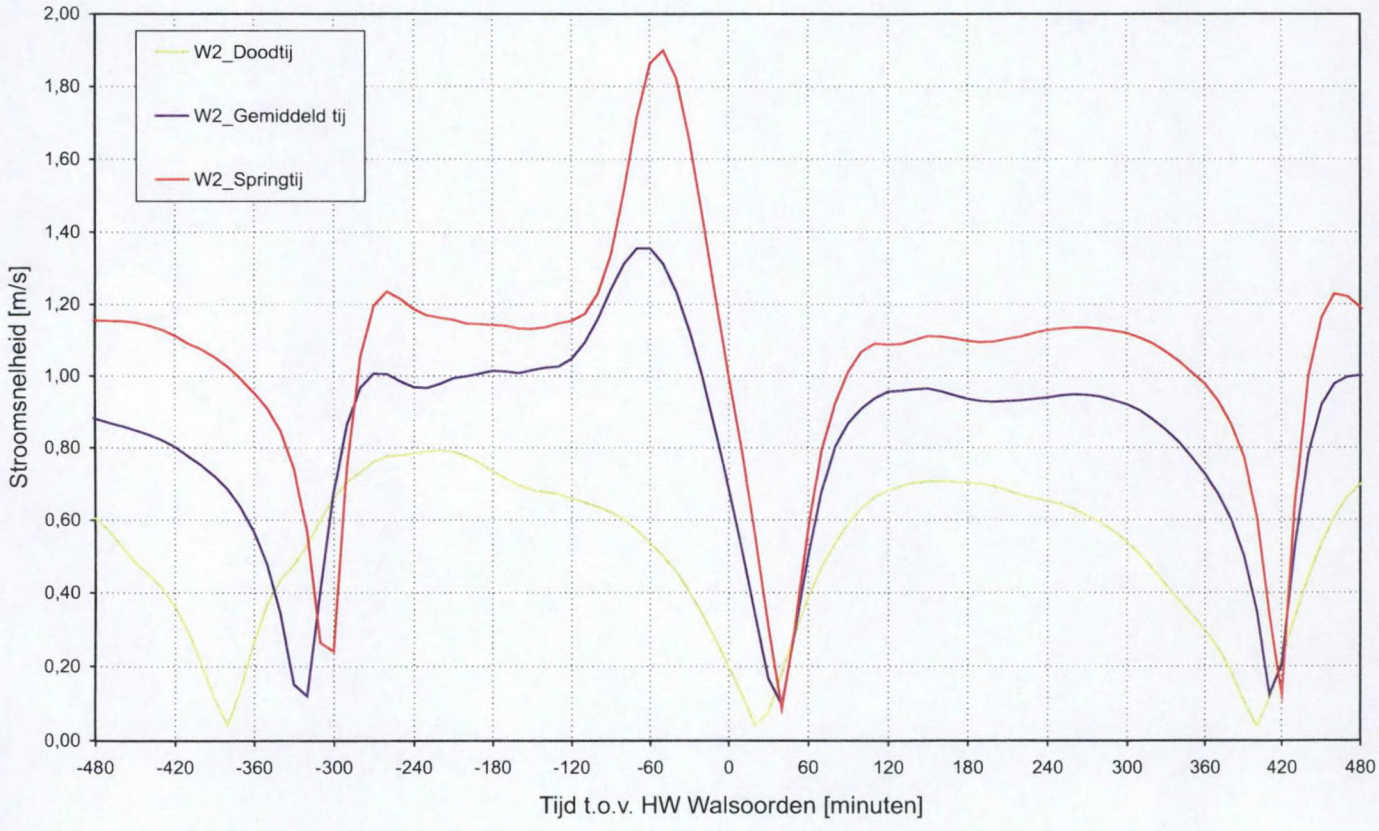




Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai U2 (boven) en raai U3 (onder)

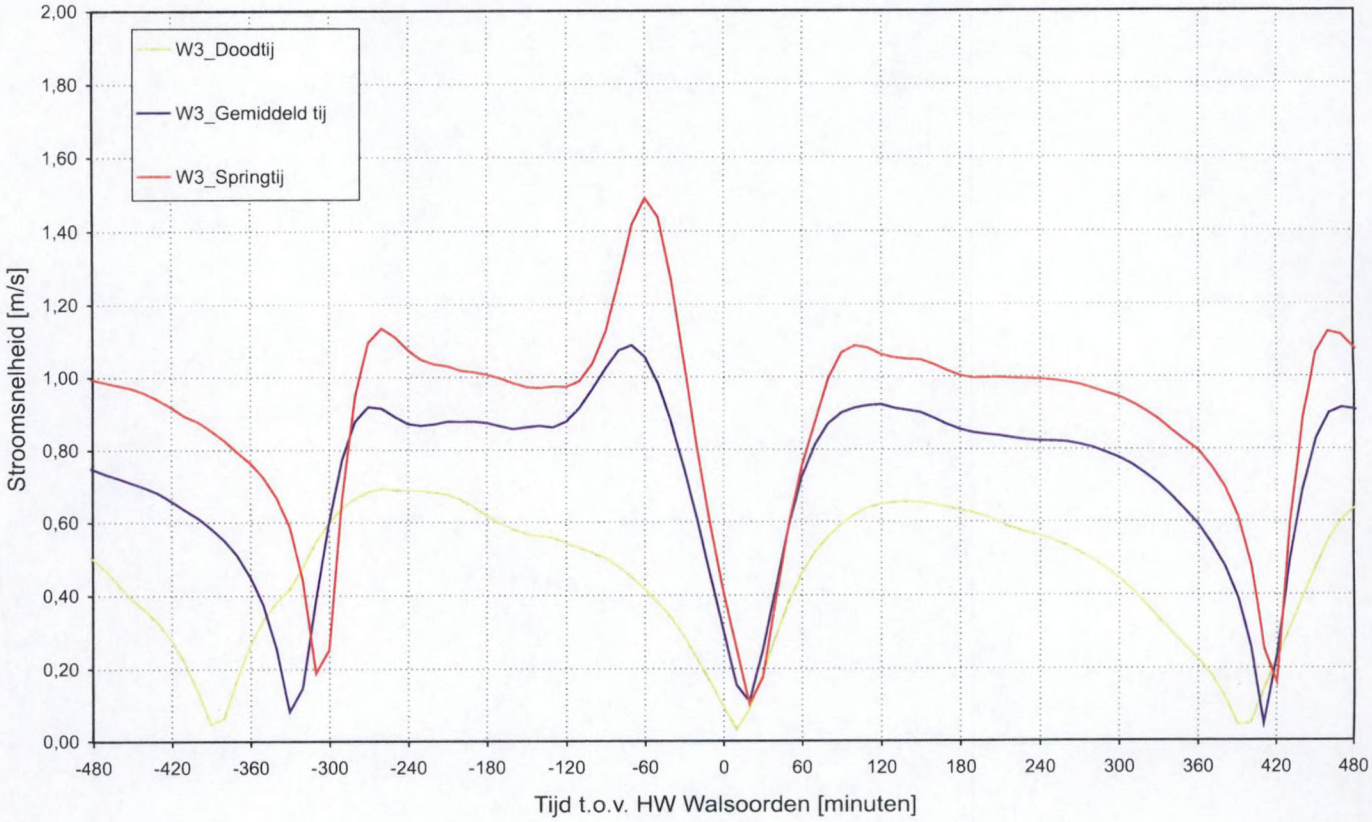



Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai V2

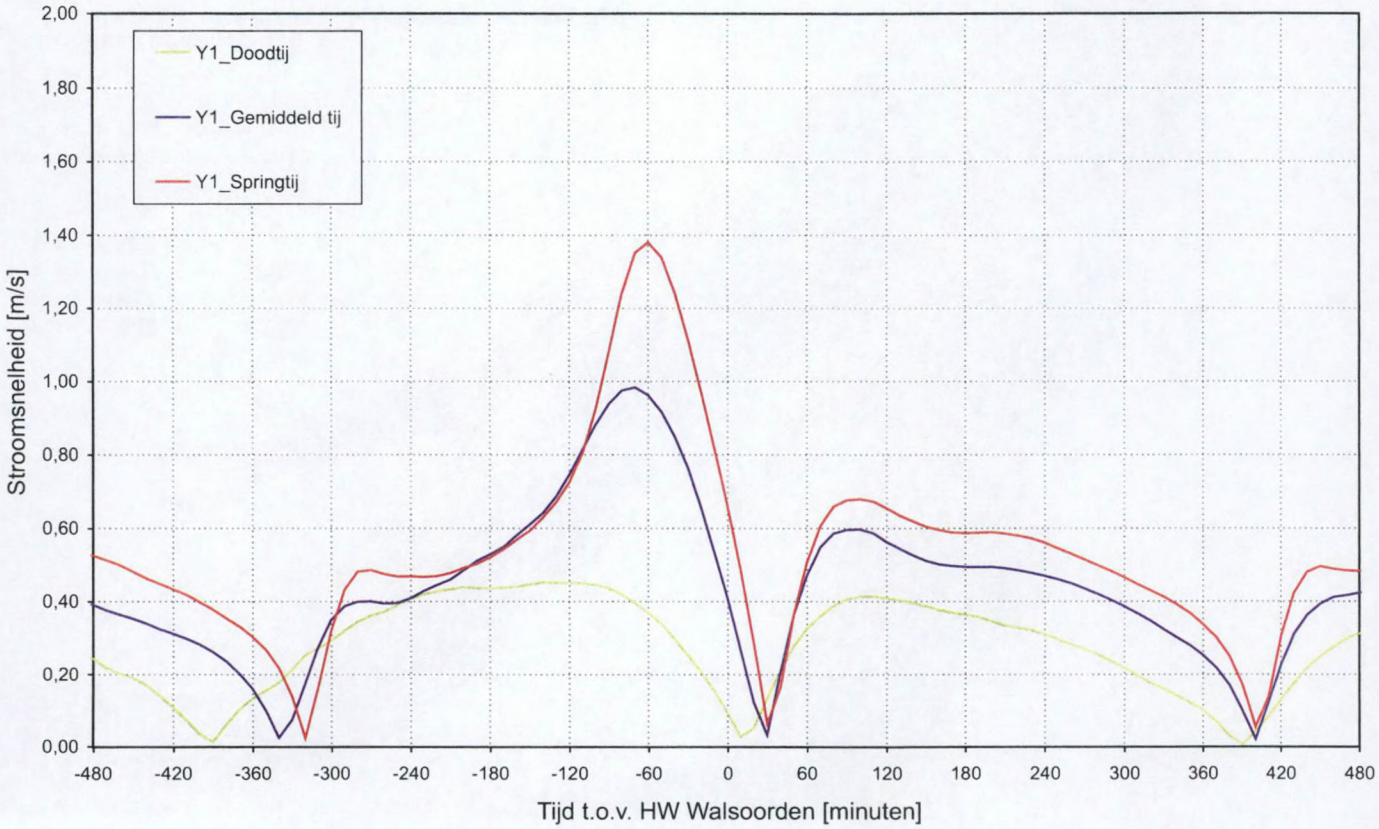


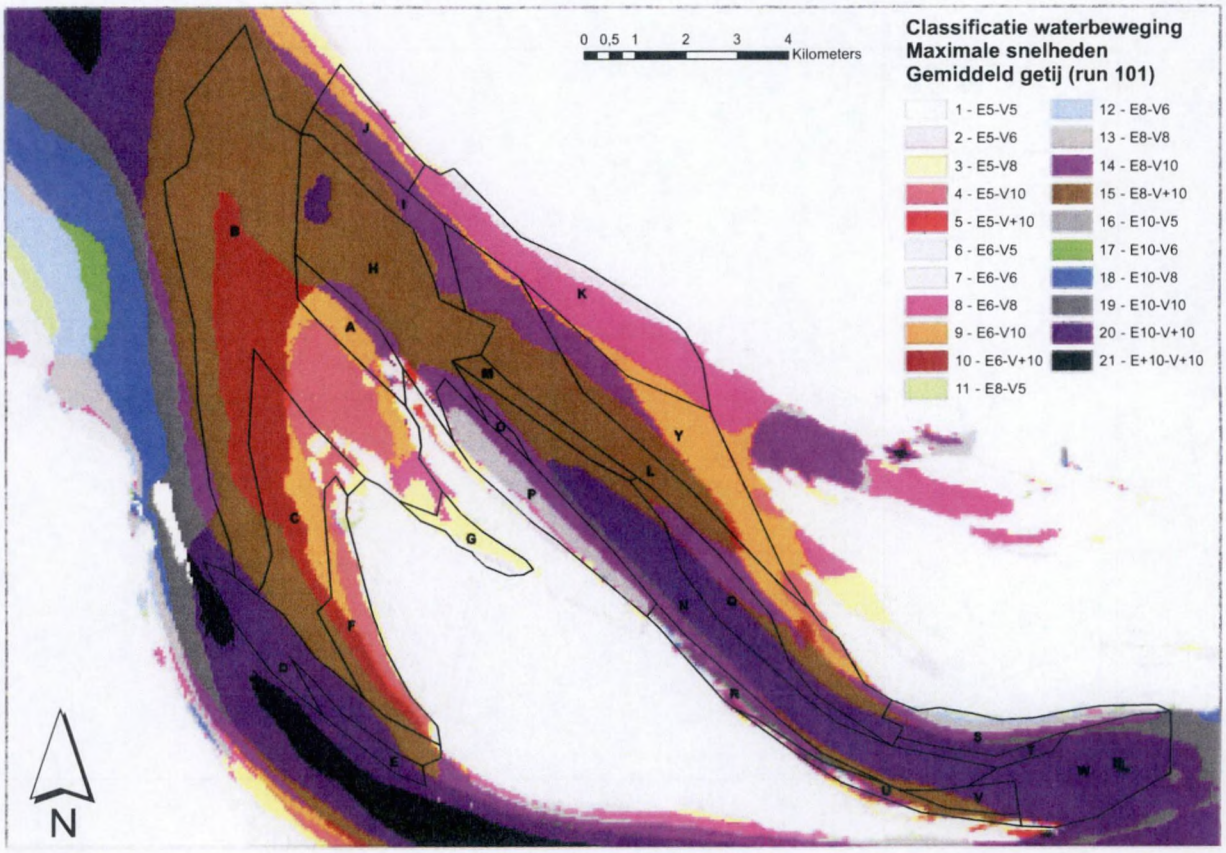

Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai W1 (boven) en raai W2 (onder)

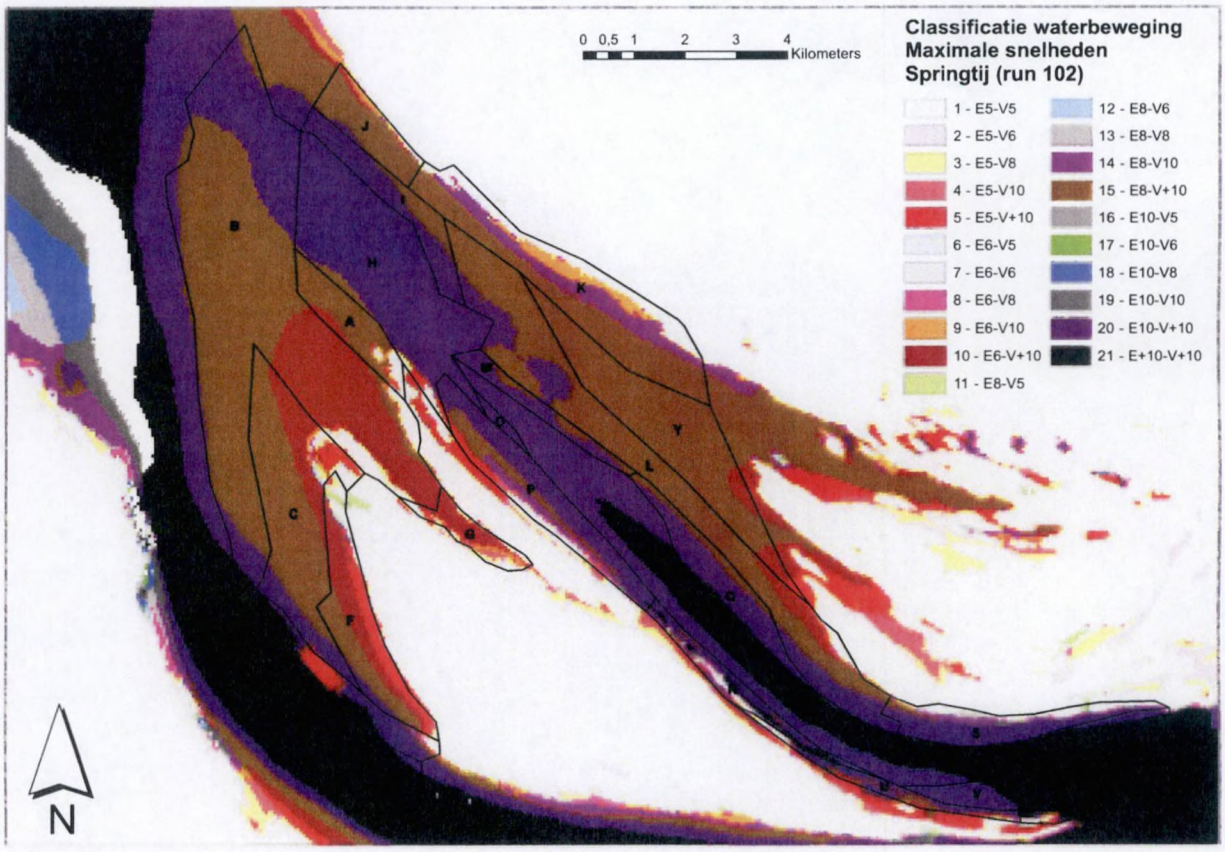



Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai W3

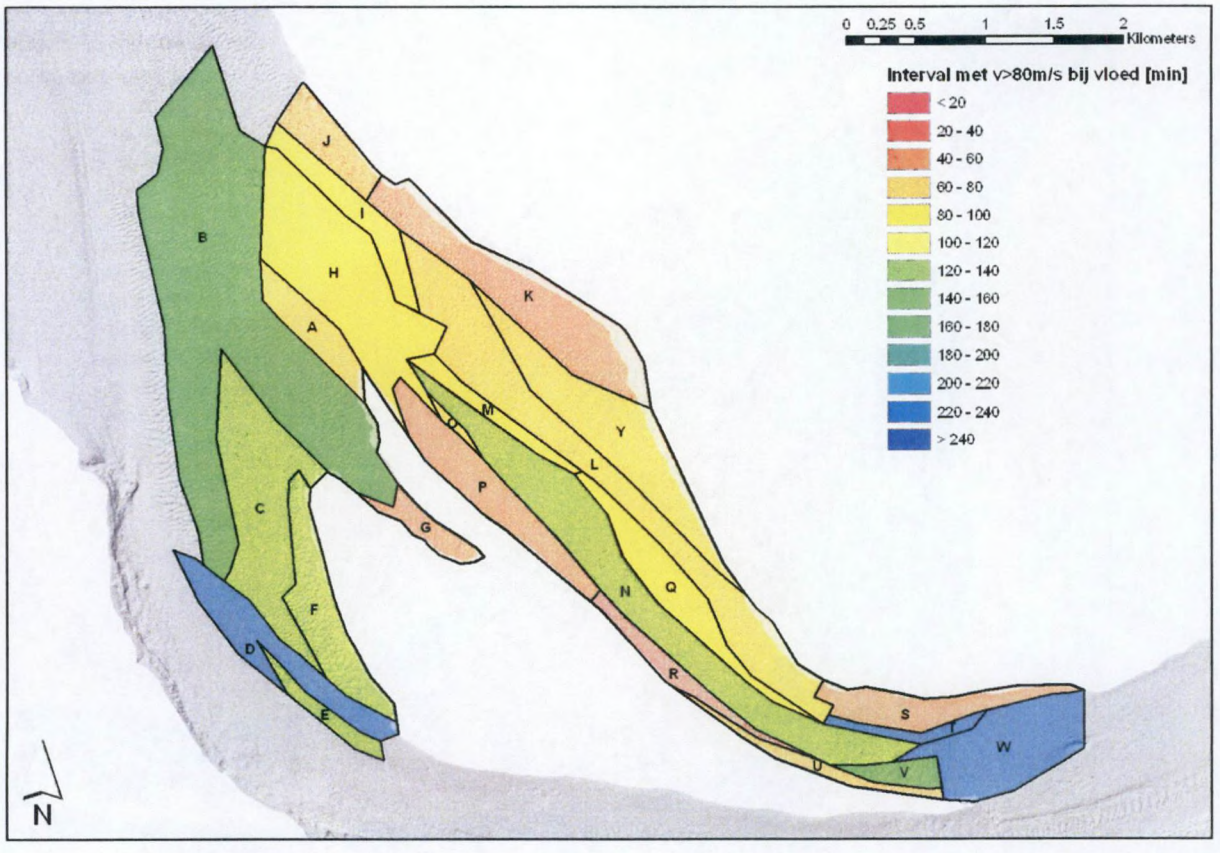


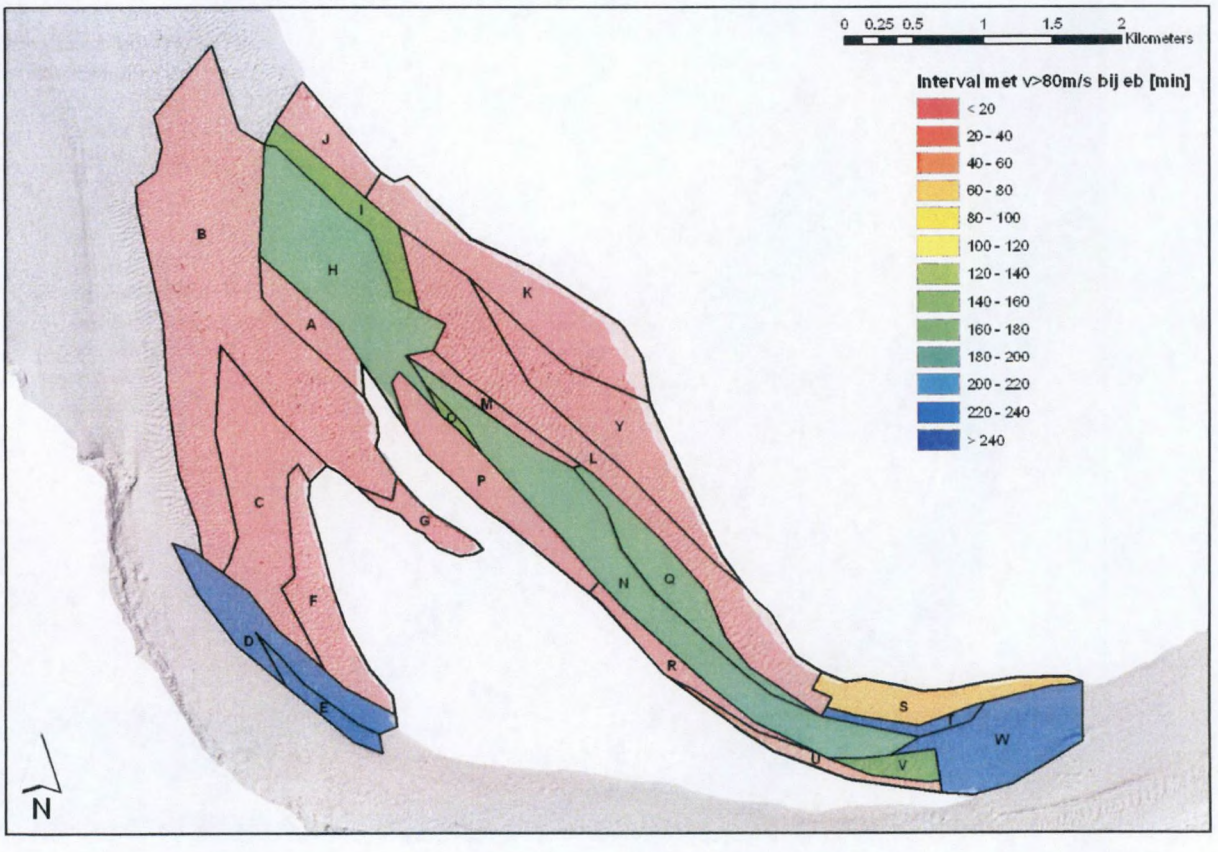

Snelheidsverloop voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai Y1



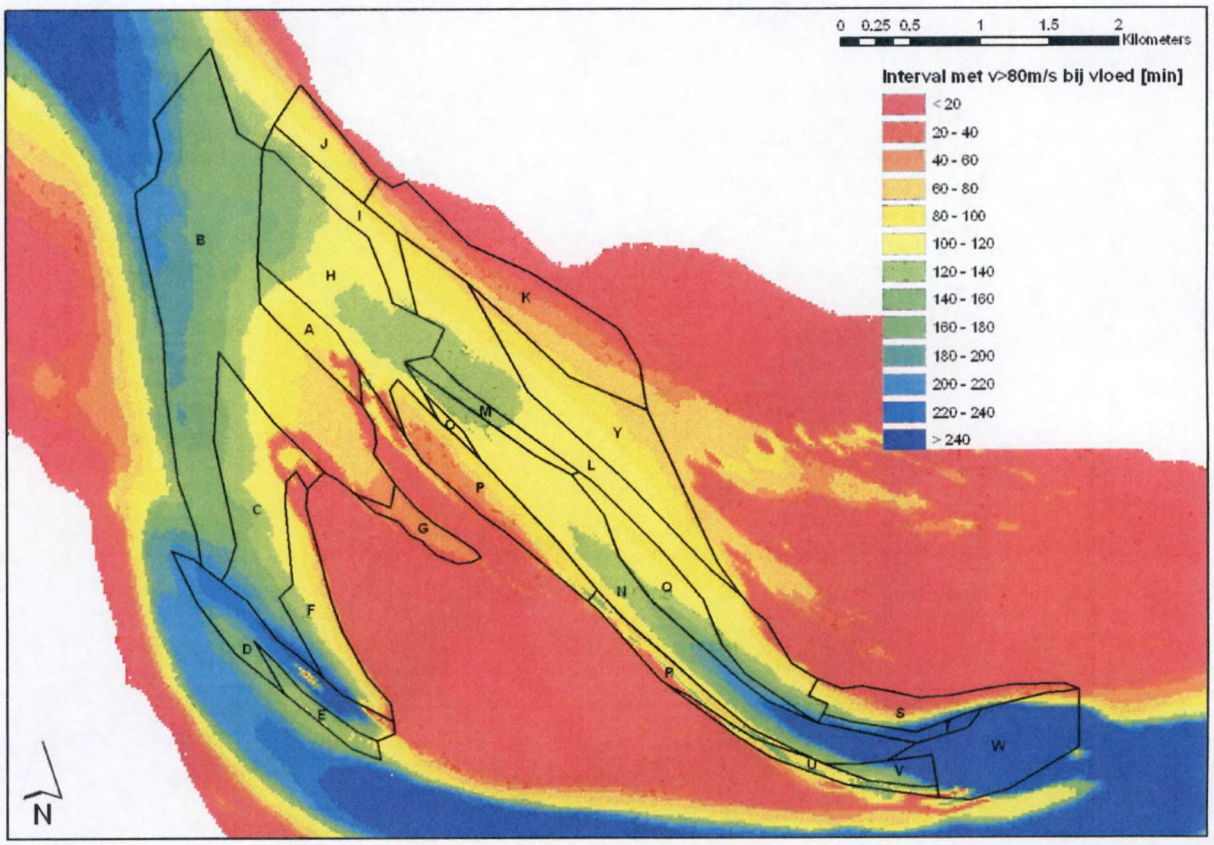



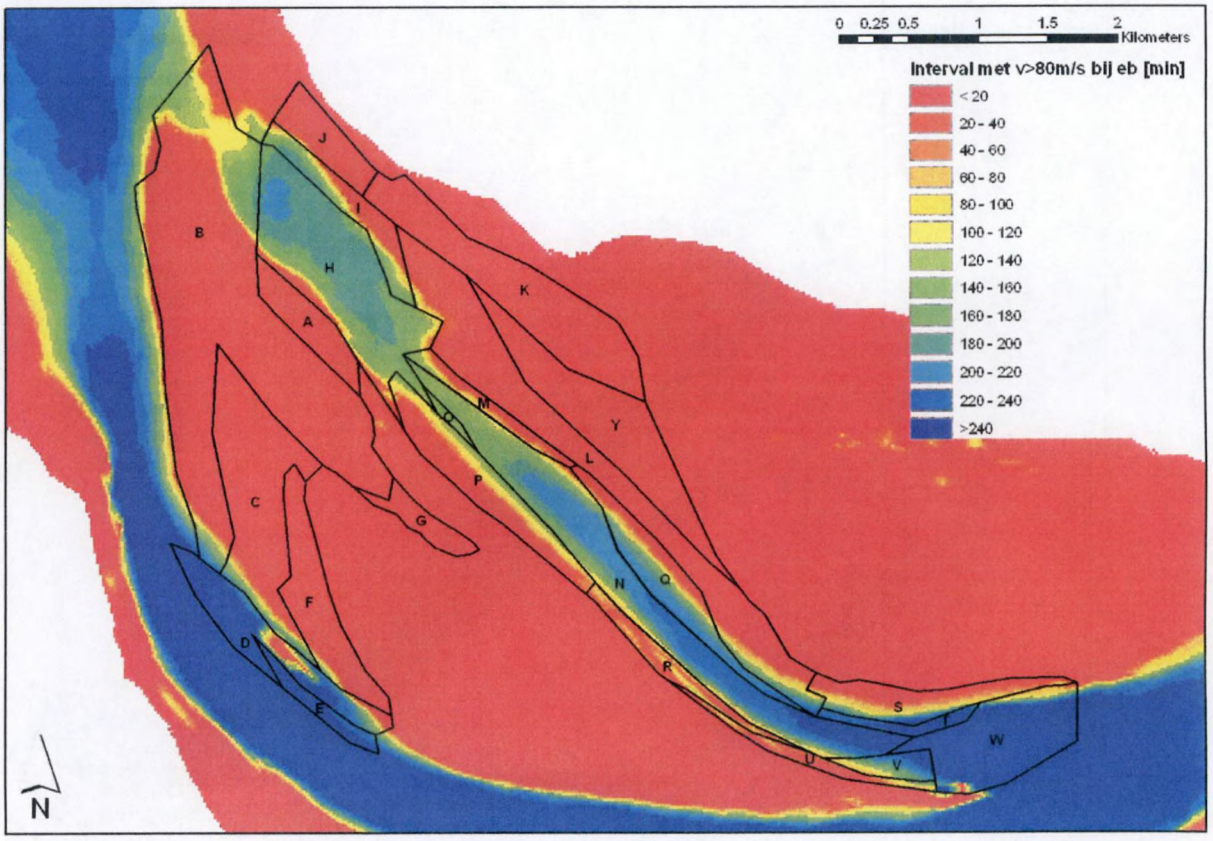

Classificatie waterbeweging maximale snelheden
gemiddeld getij (run 101) (boven) en springtij (run 102) onder



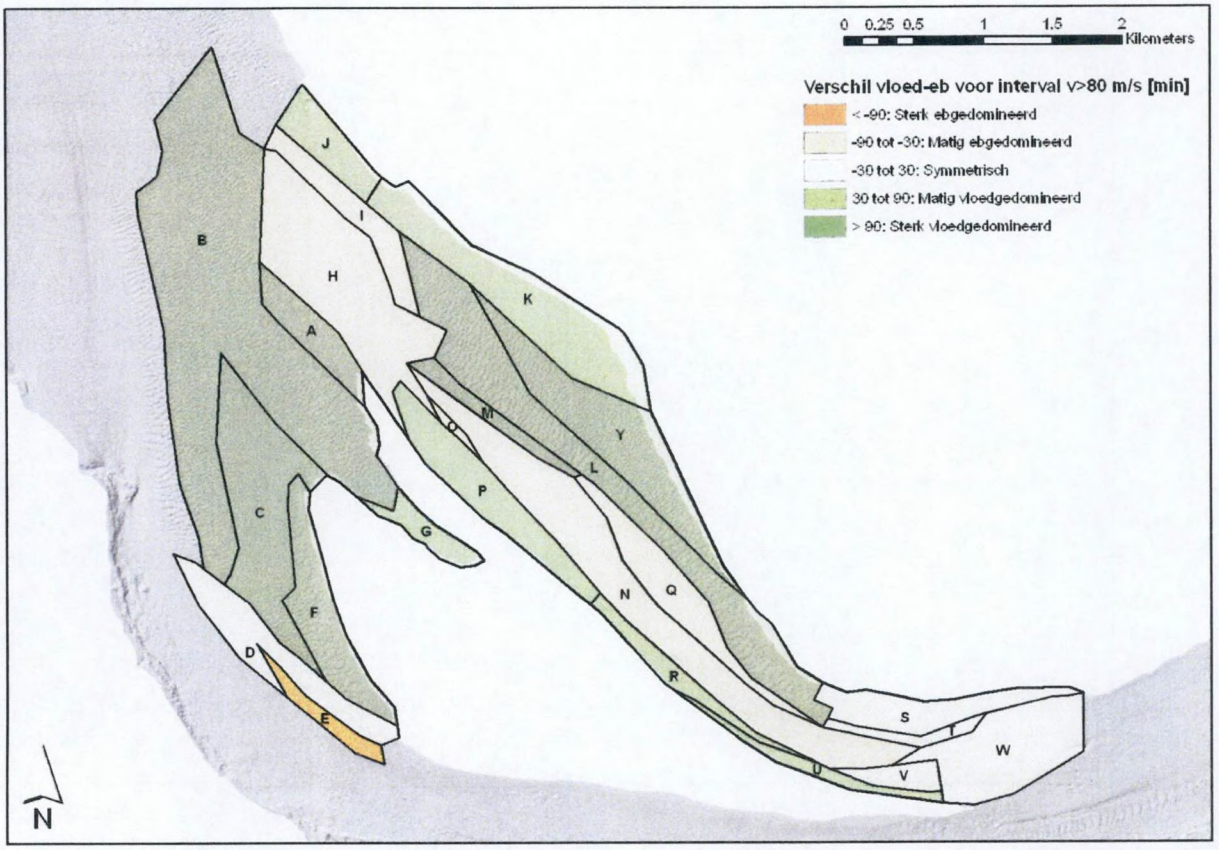



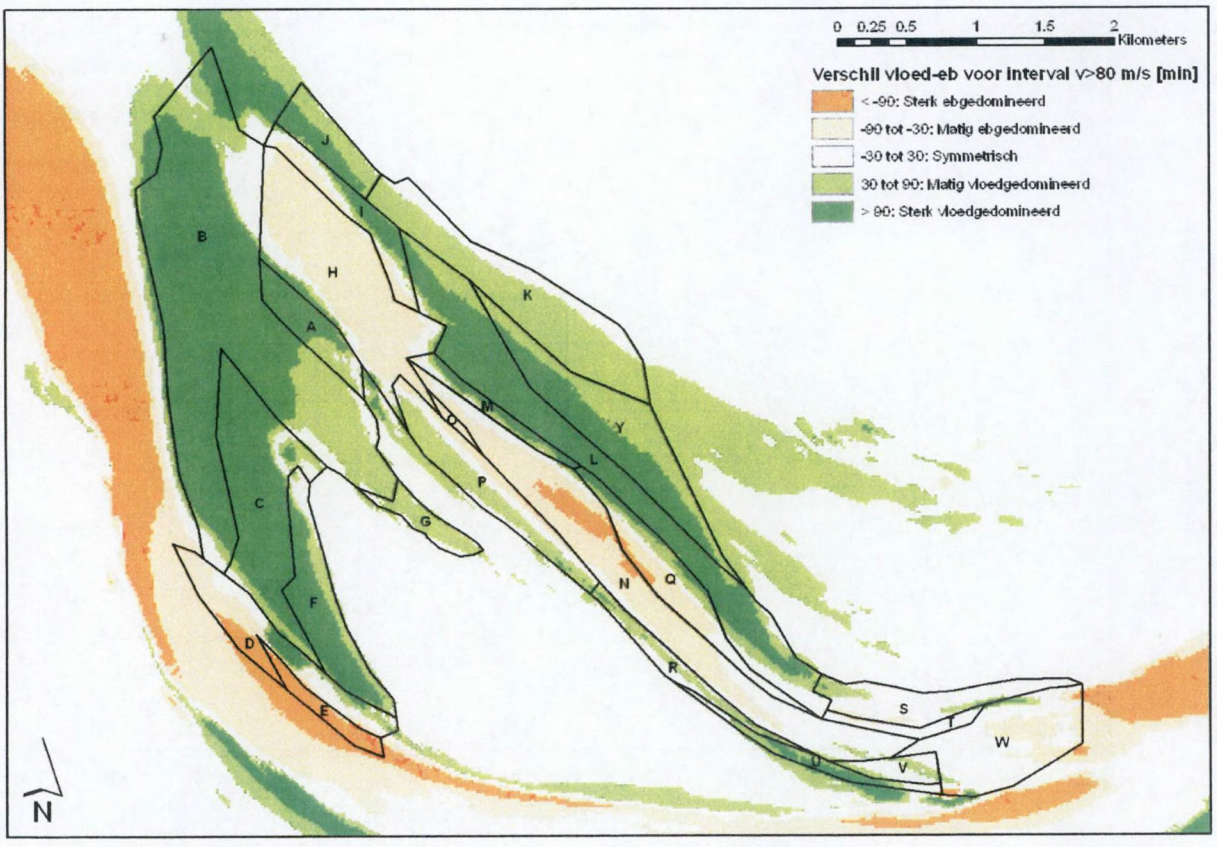

Tijdsduur dat grenswaarde (80 cm/s) wordt overschreden bij springtij bij vloed (boven) en bij eb (onder) - methode 1



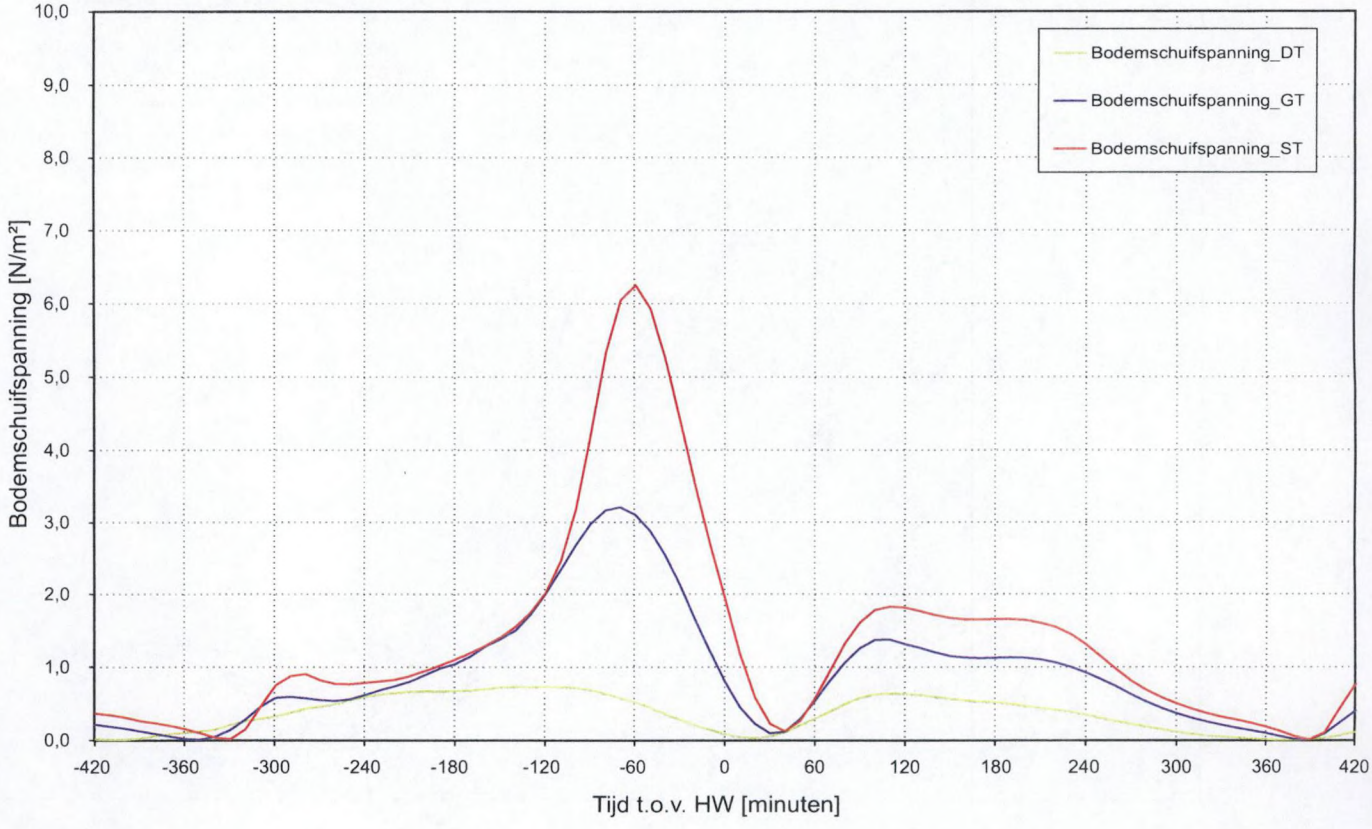



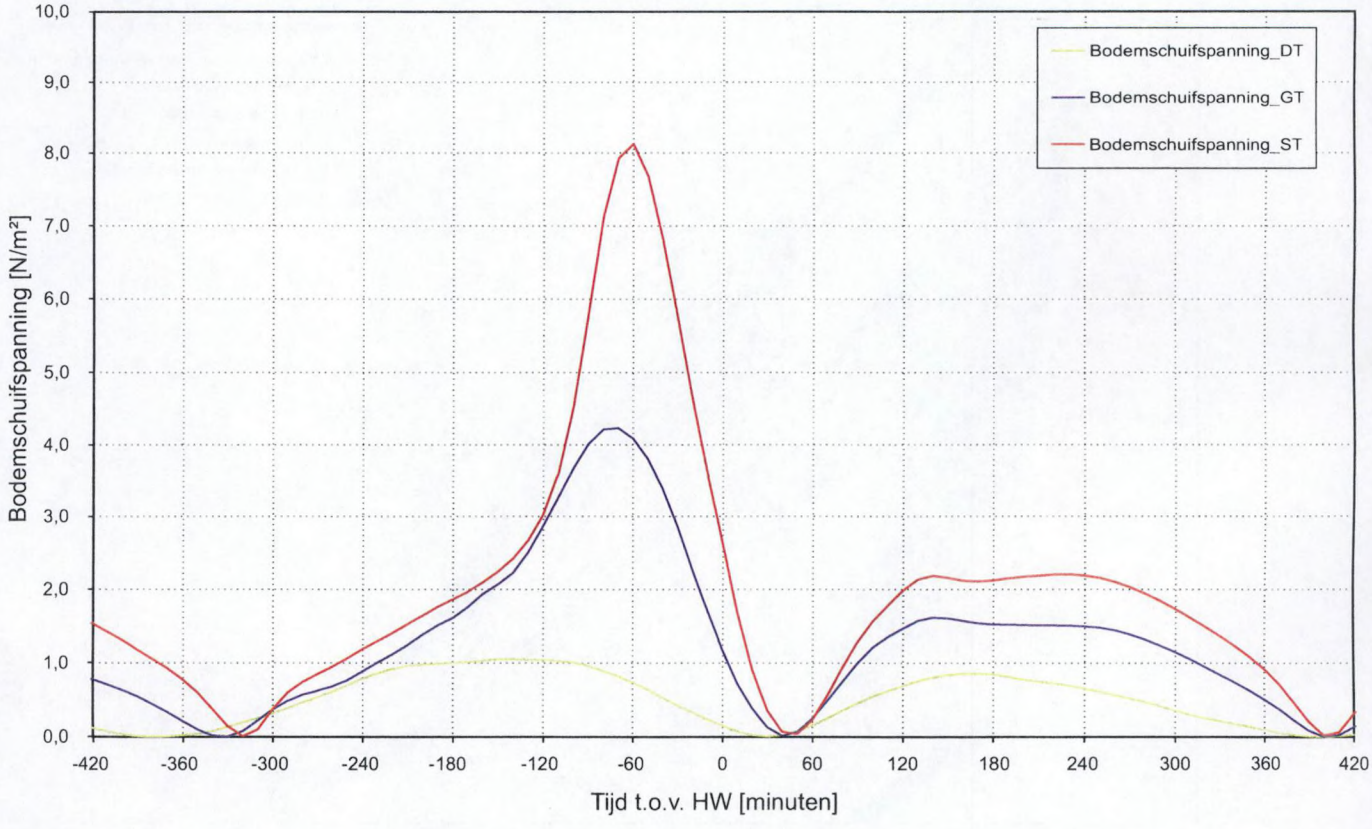

Tijdsduur dat grenswaarde (80 cm/s) wordt overschreden bij springtij bij vloed (boven) en bij eb (onder) - methode 2



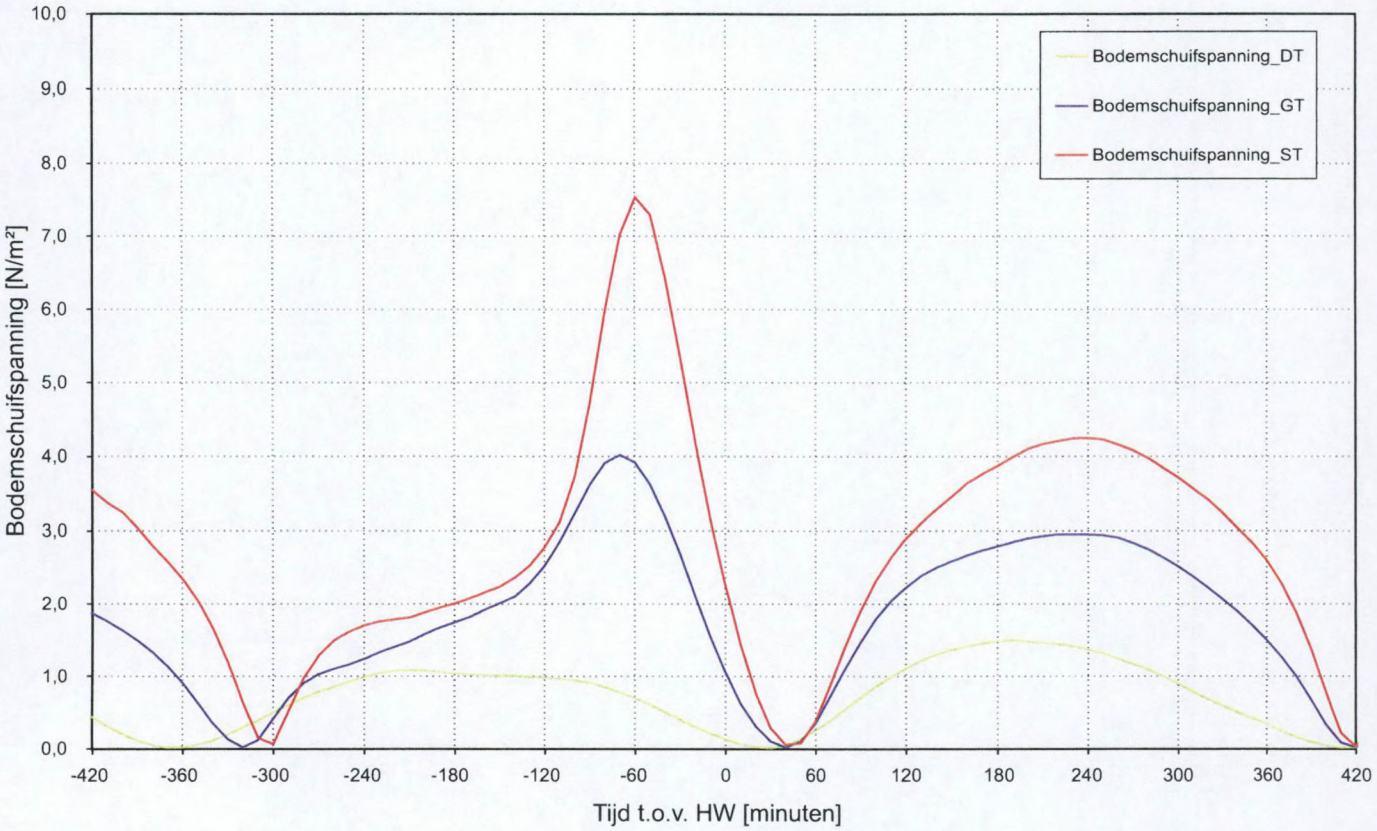



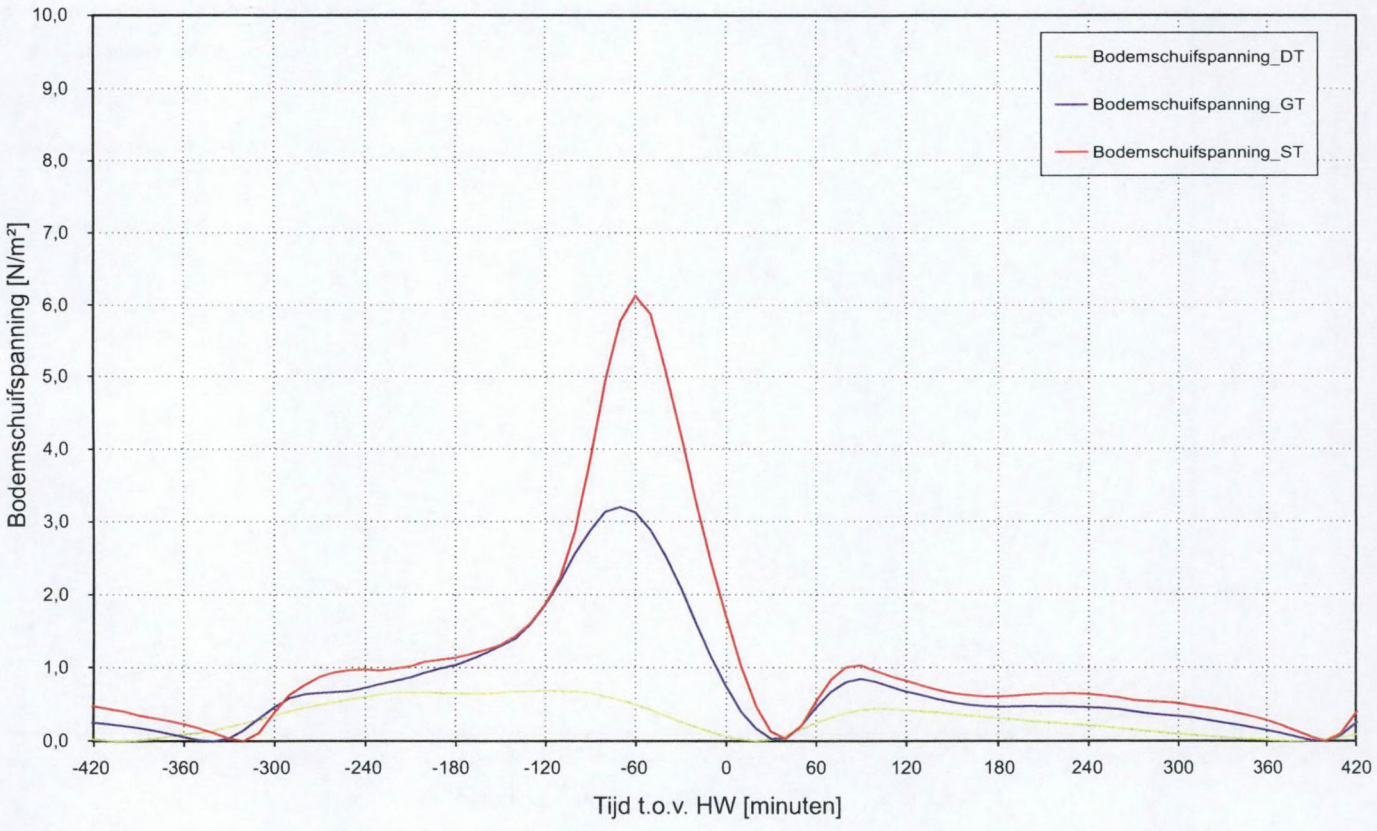

Tijdsduur dat grenswaarde (80 cm/s) wordt overschreden bij springtij verschil tussen vloed en eb - methode 1 (boven) en methode 2 (onder)



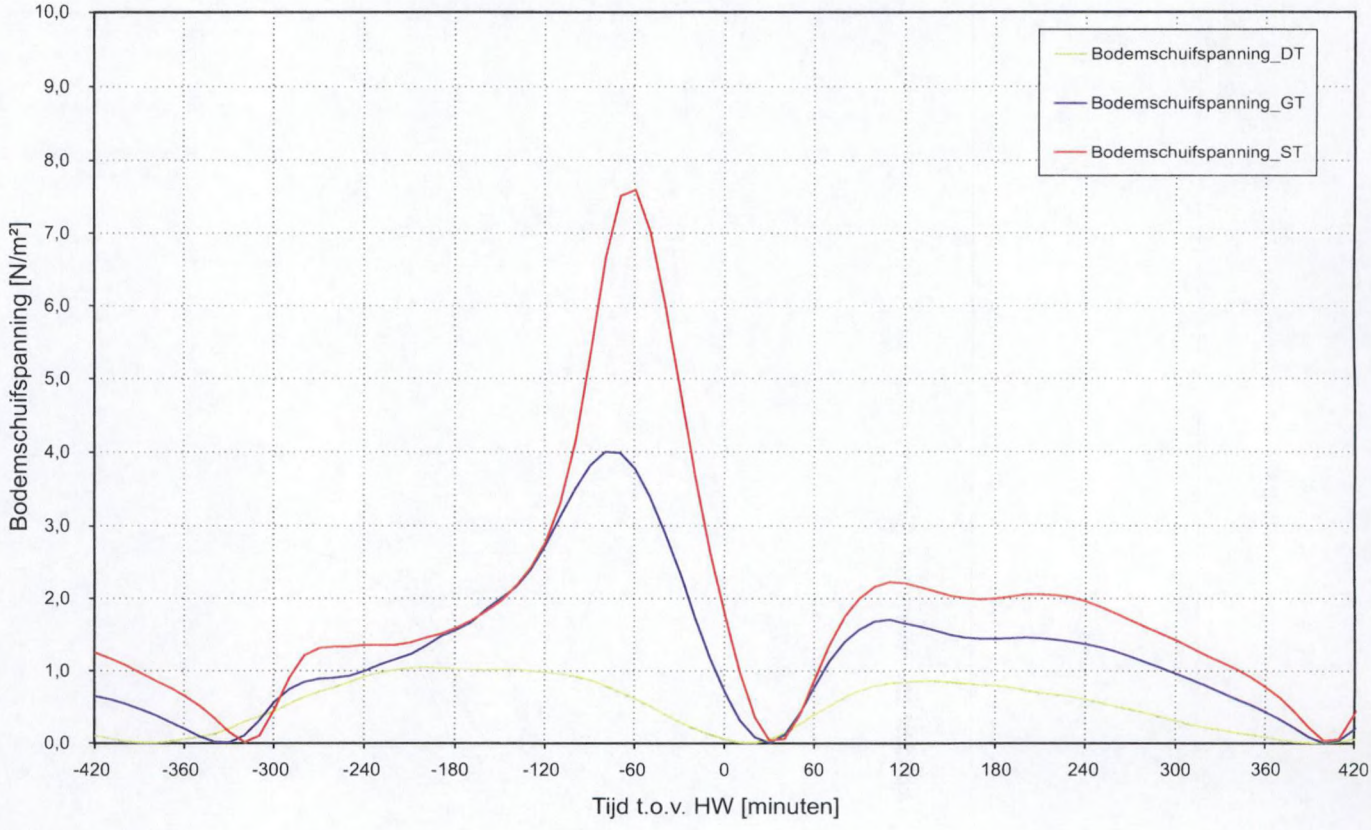



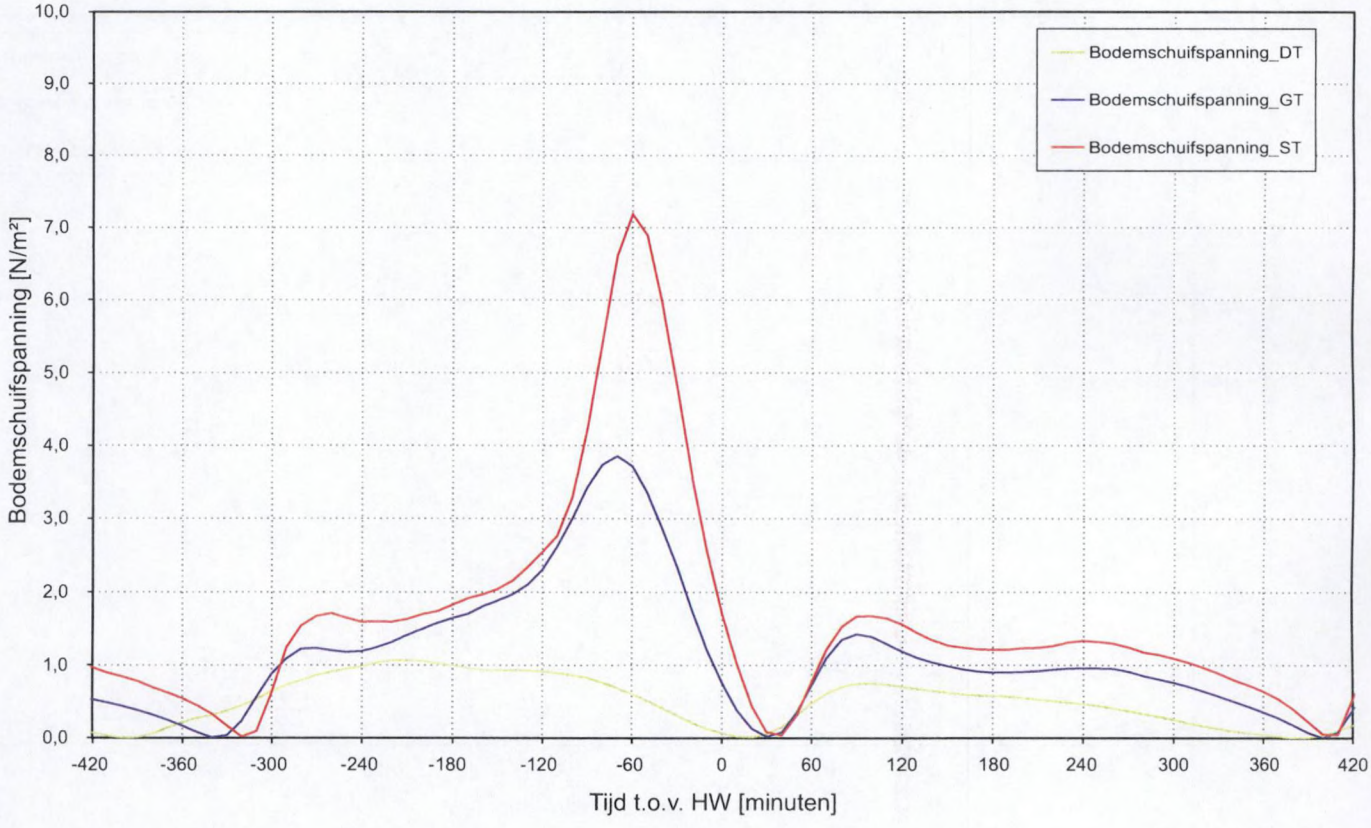

Bodemschuifspanning voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai A1 (boven) en raai B1 (onder)



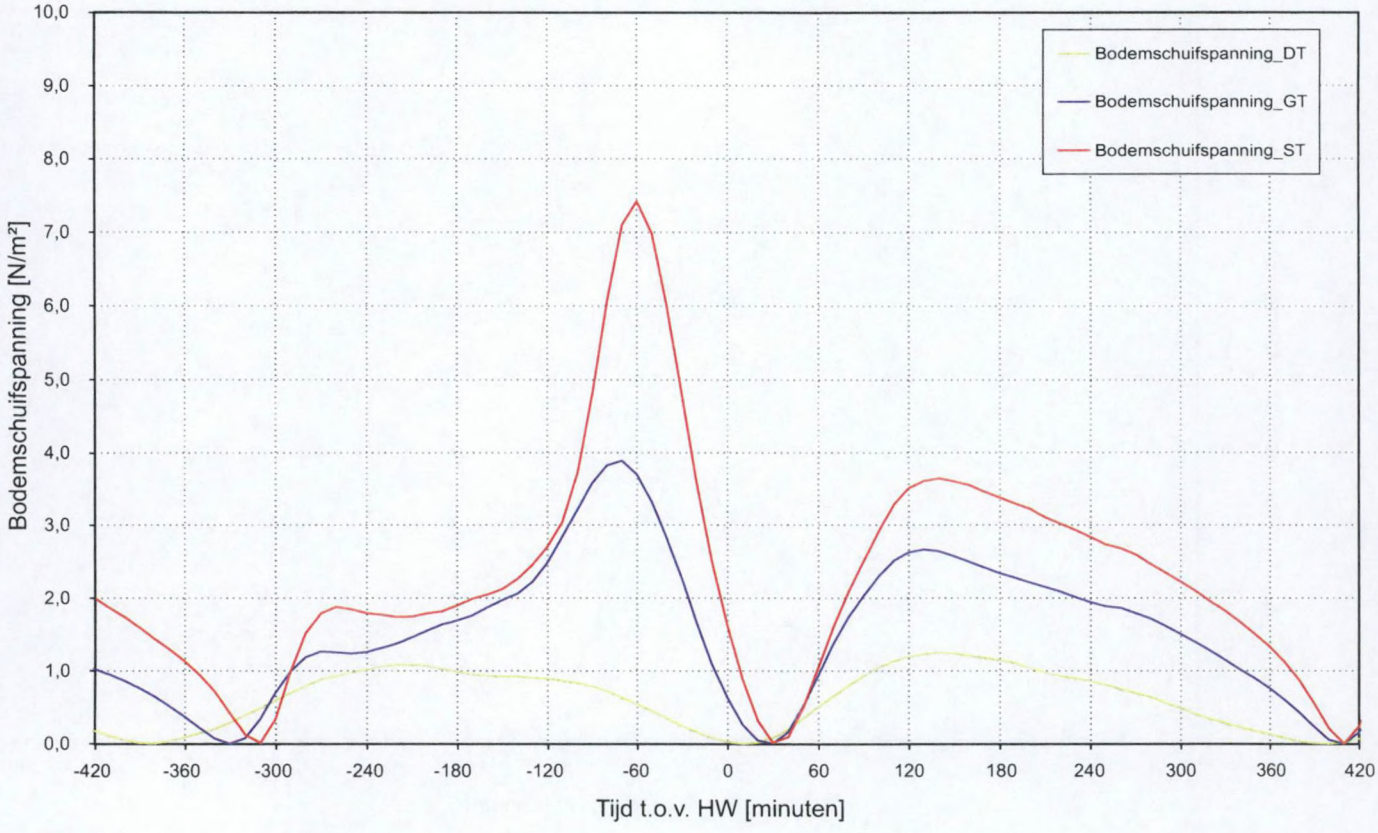



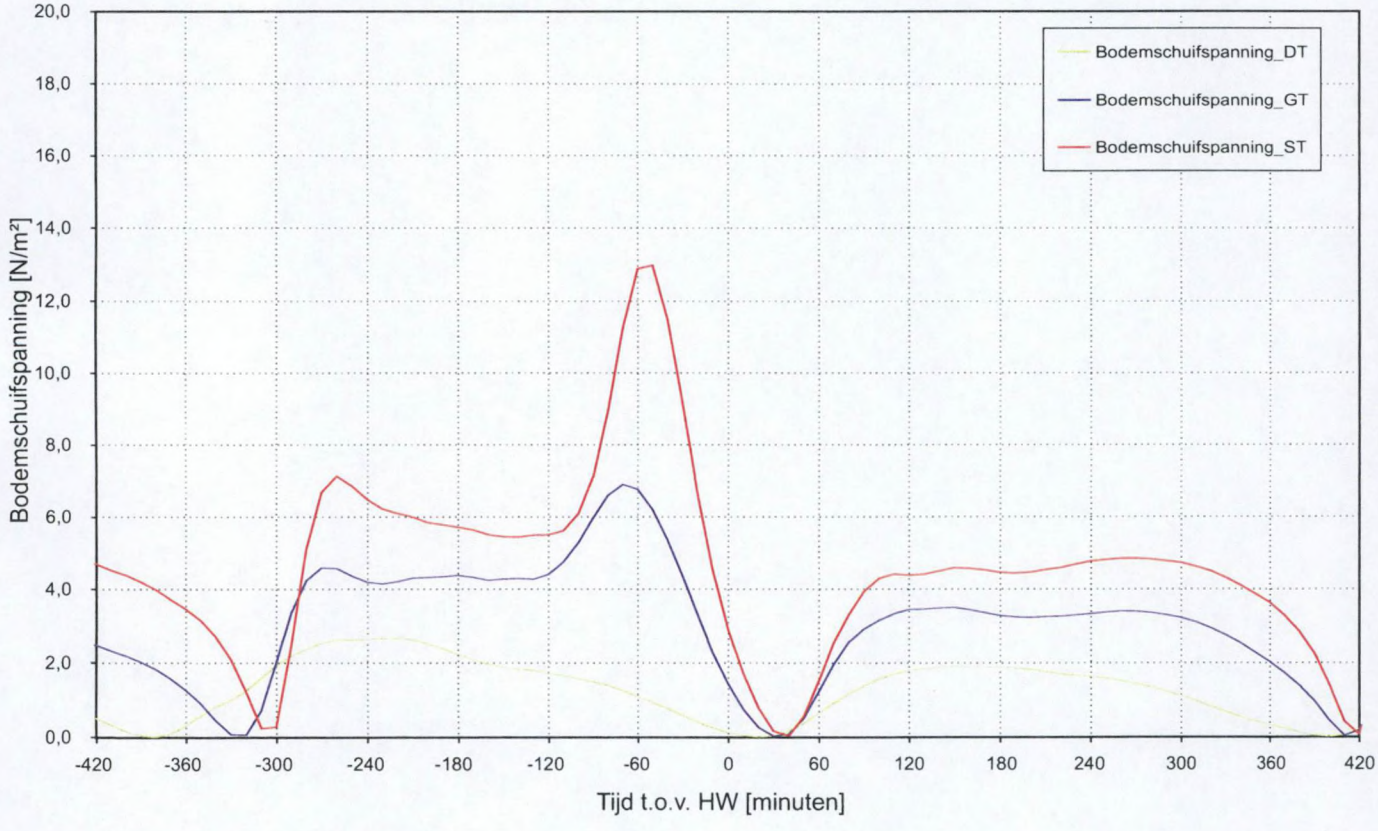

Bodemschuifspanning voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai E1 (boven) en raai F1 (onder)



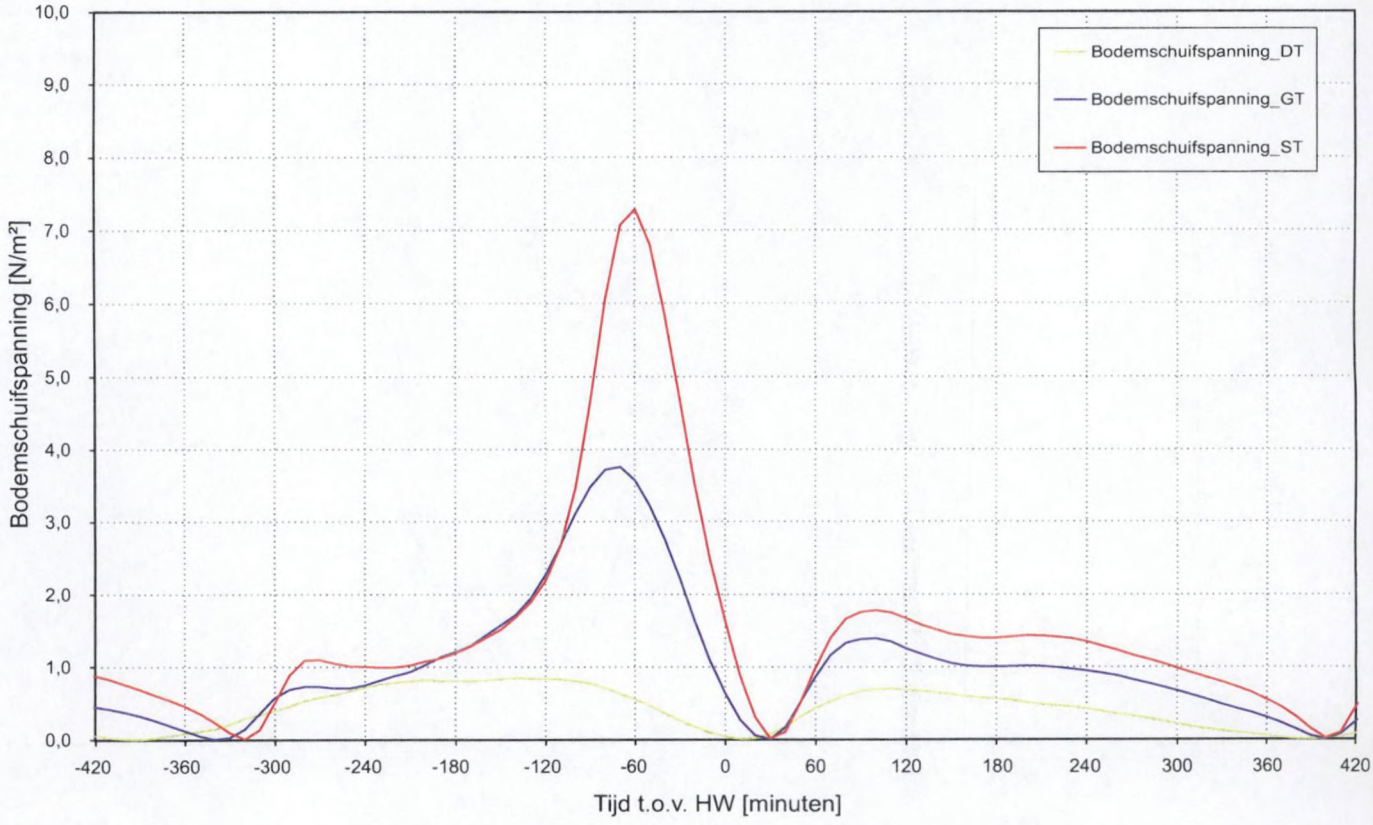




Bodemschuifspanning voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai L1 (boven) en raai L2 (onder)

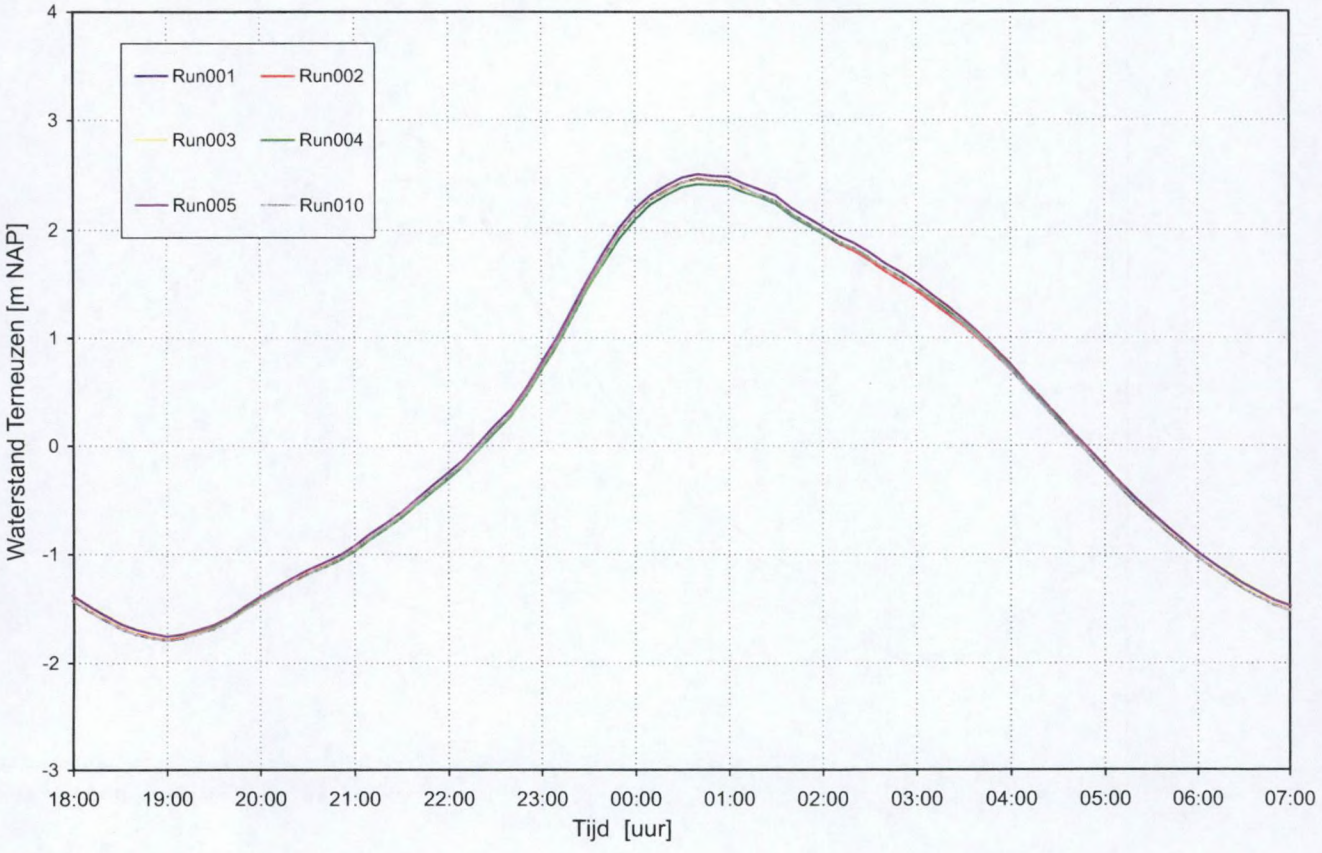


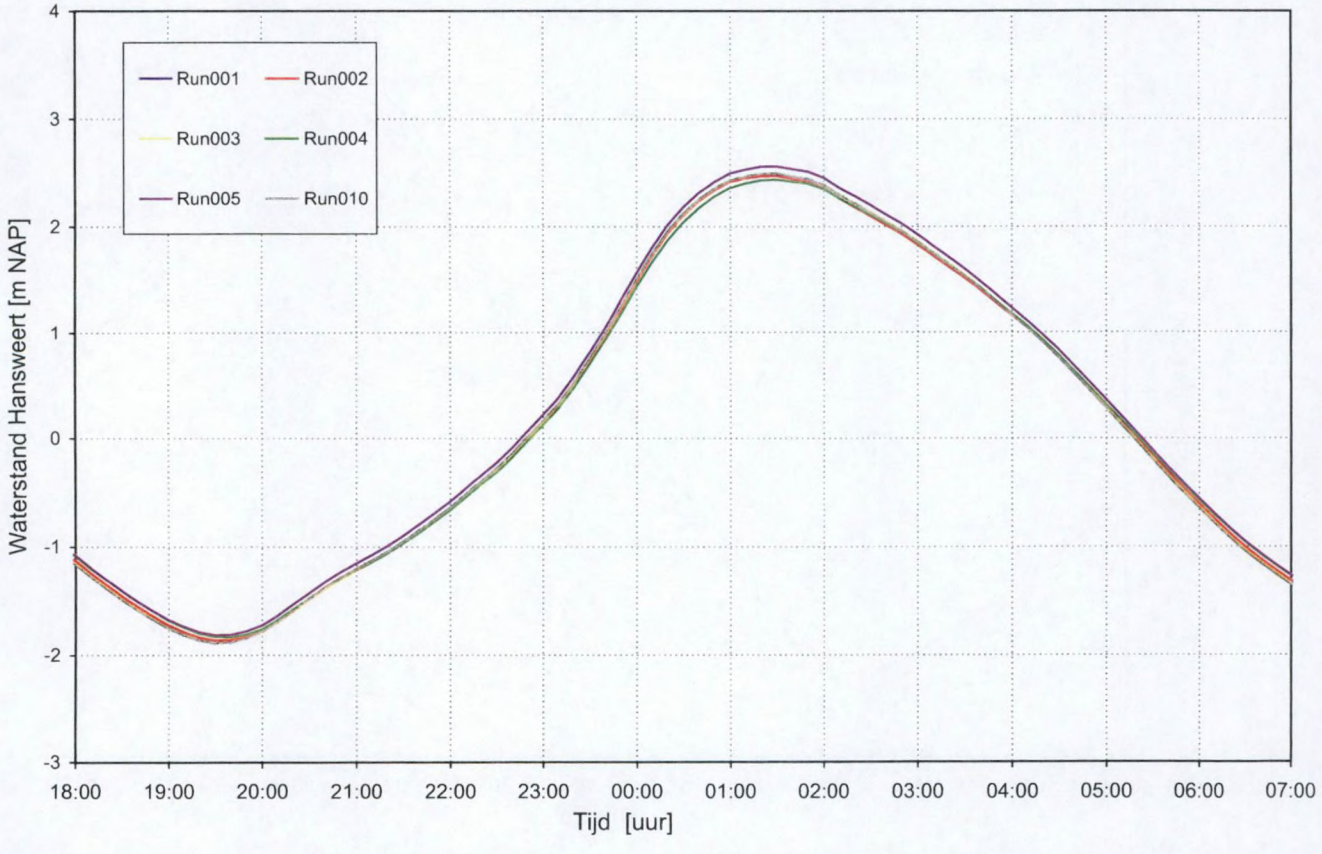




Bodemschuifspanning voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai N2 (boven) en raai W1 (onder)

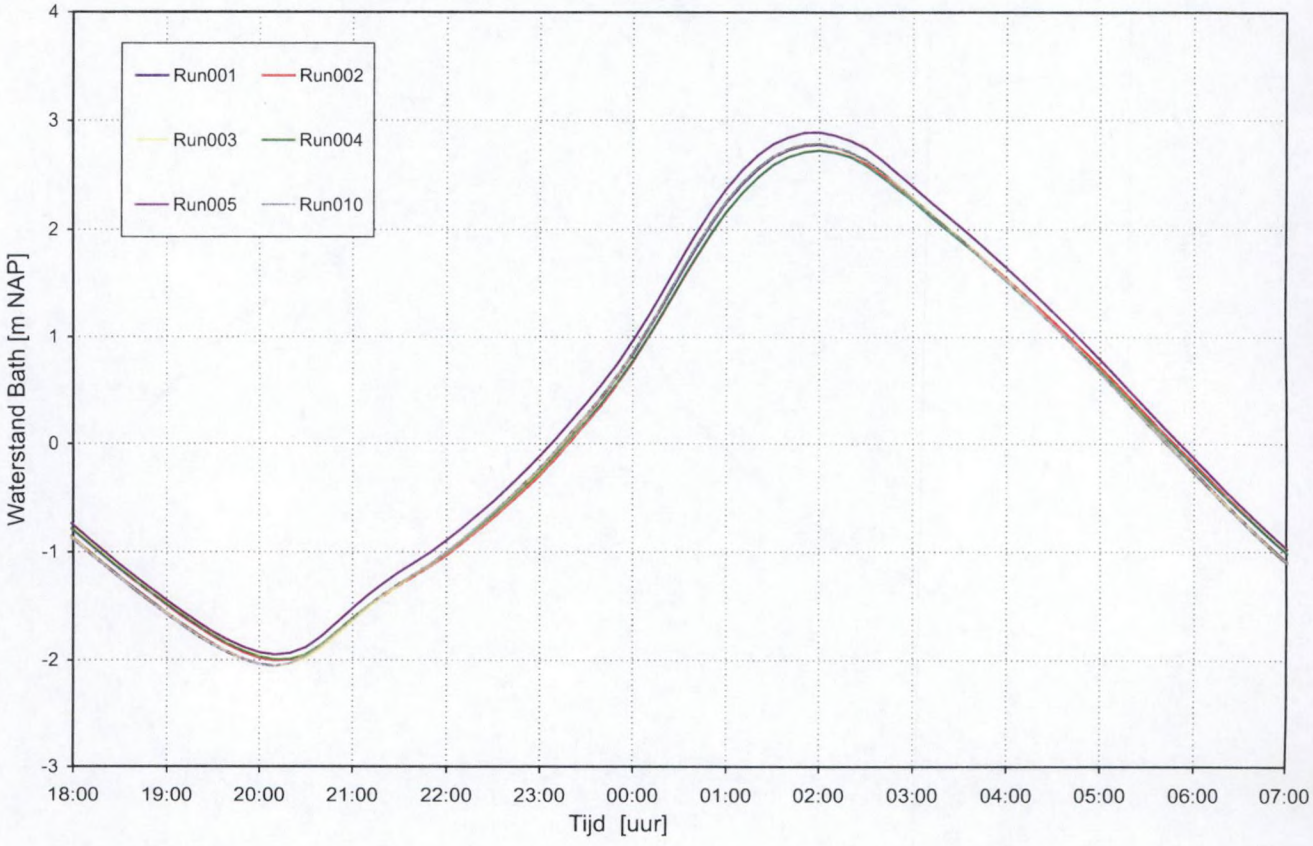


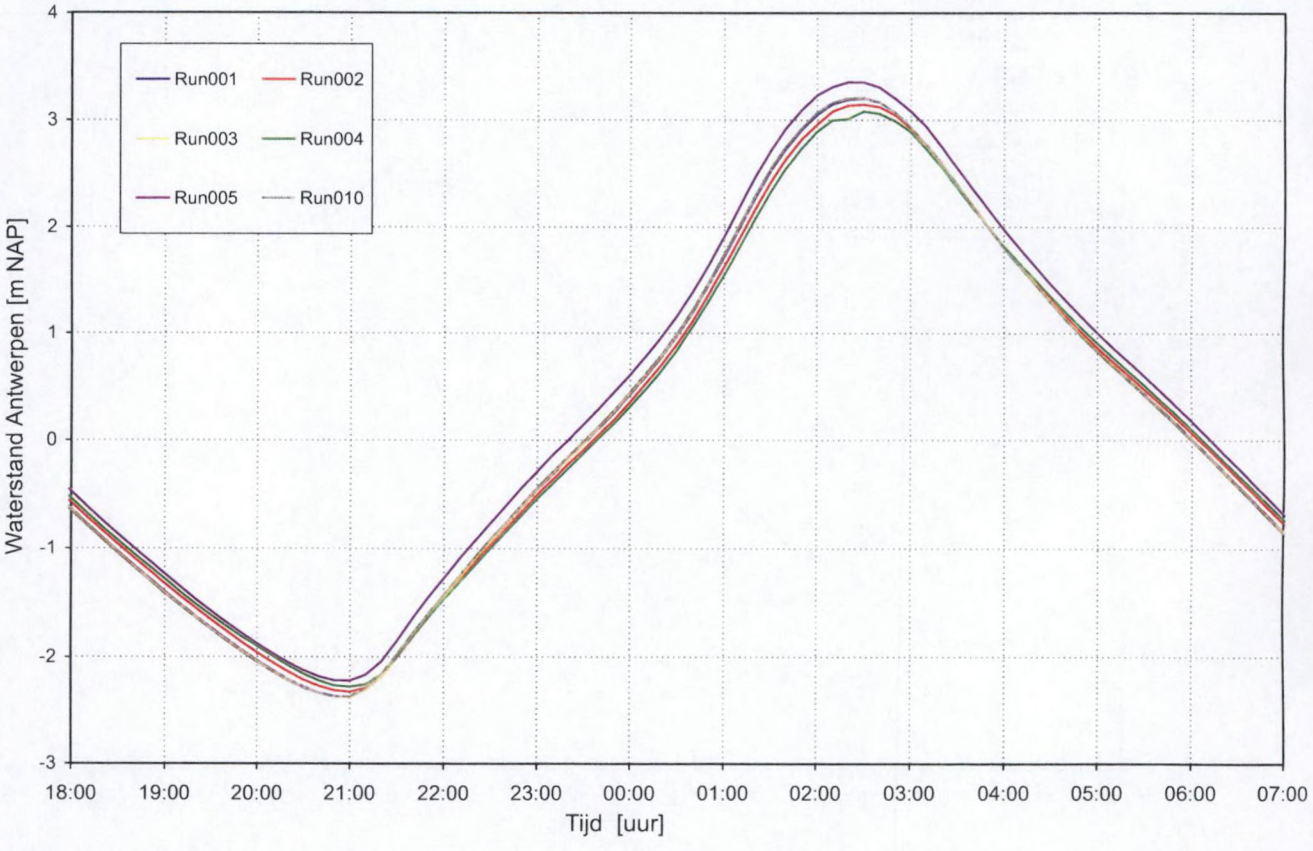

Bodemschuifspanning voor doodtij, gemiddeld tij en springtij t.h.v. raai Y1



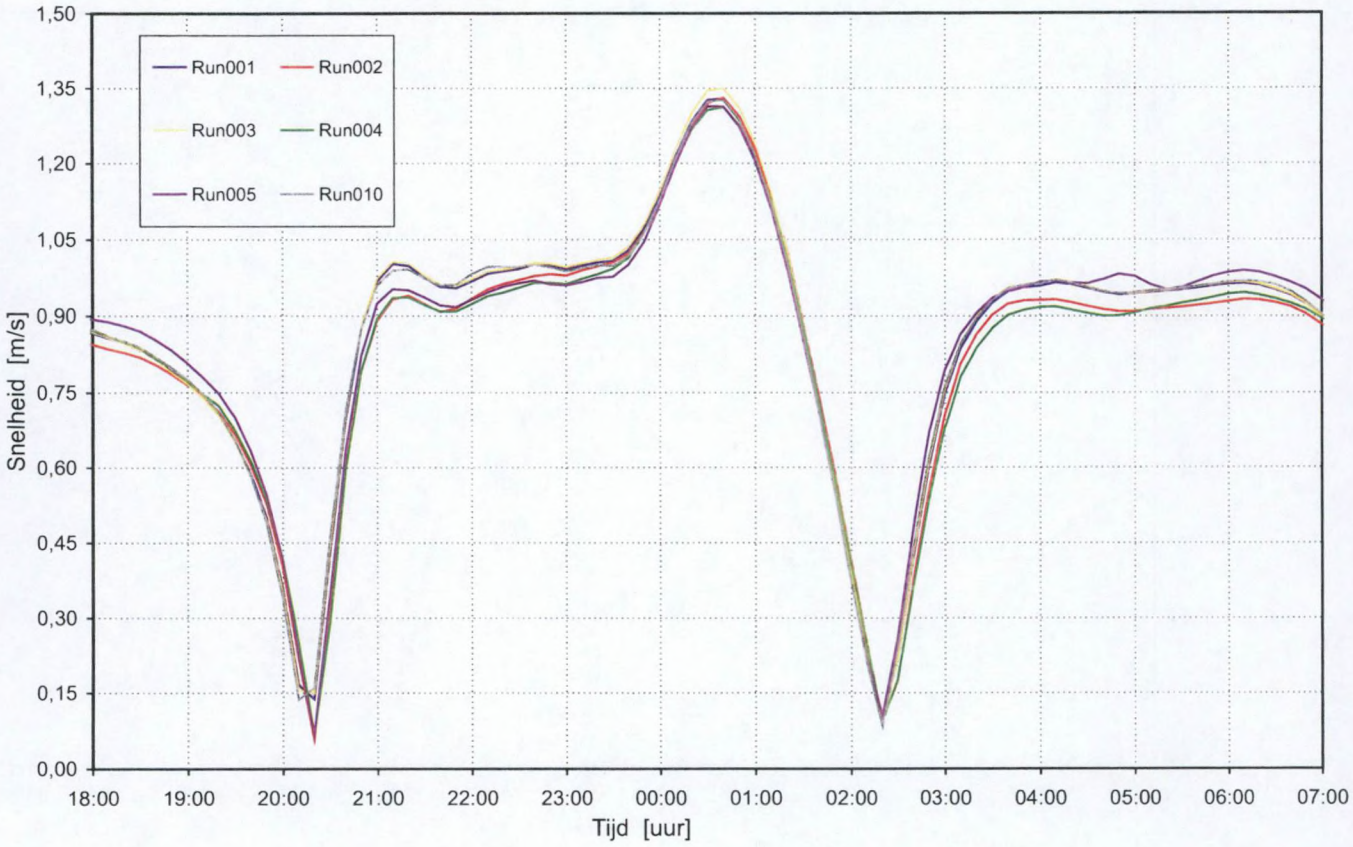



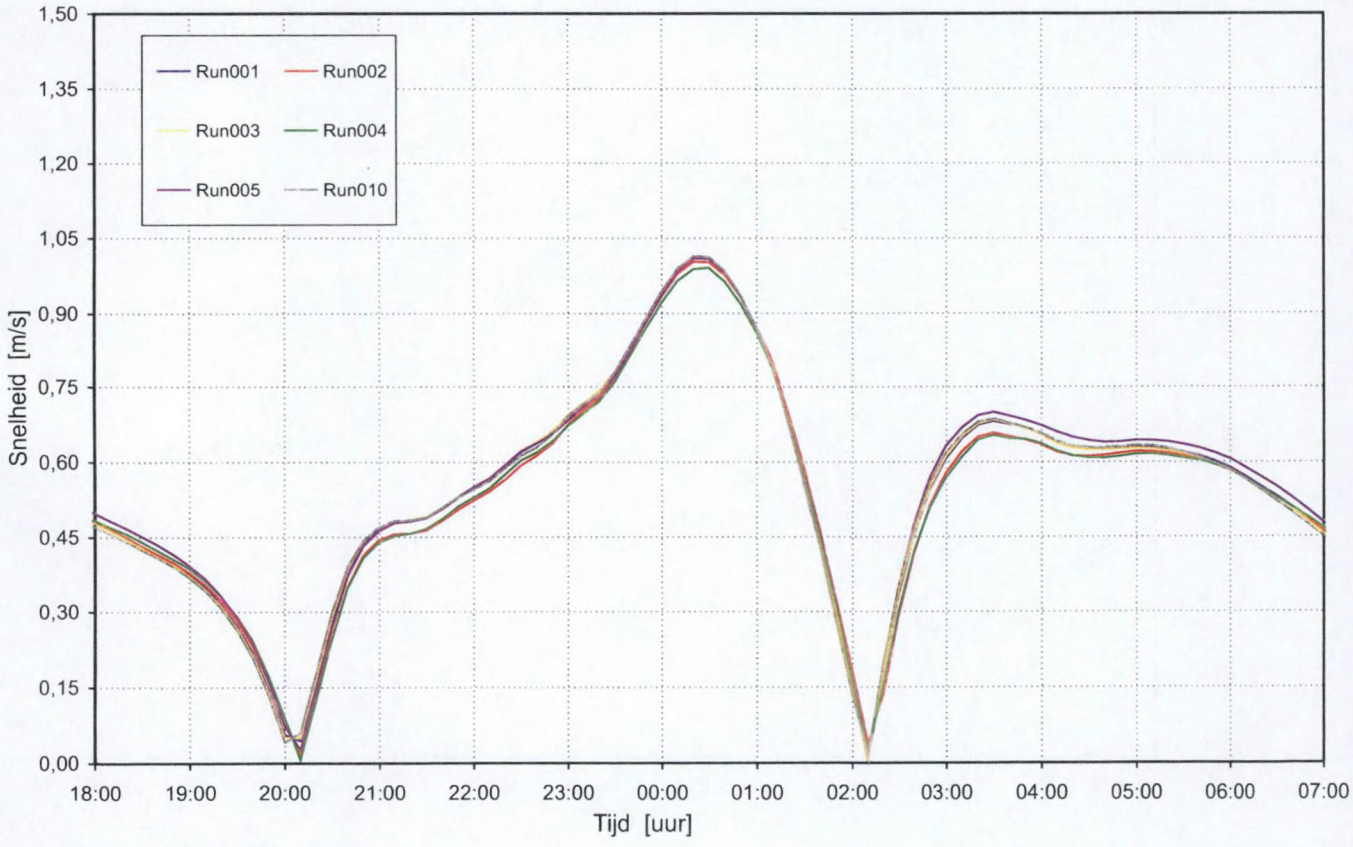

Gevoeligheidsanalyse waterbewegingsmodel waterstand
Terneuzen (boven) en Hansweert (onder)



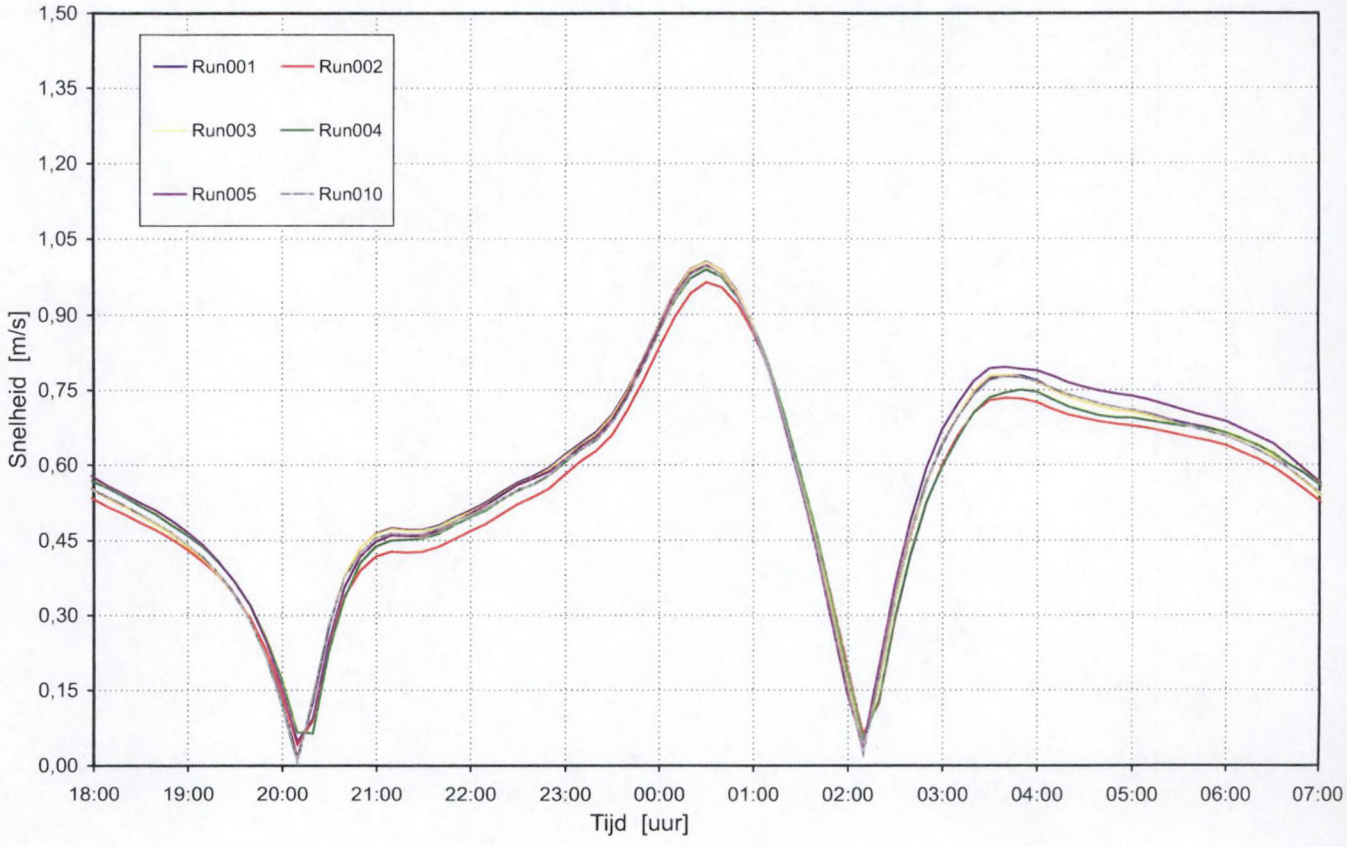



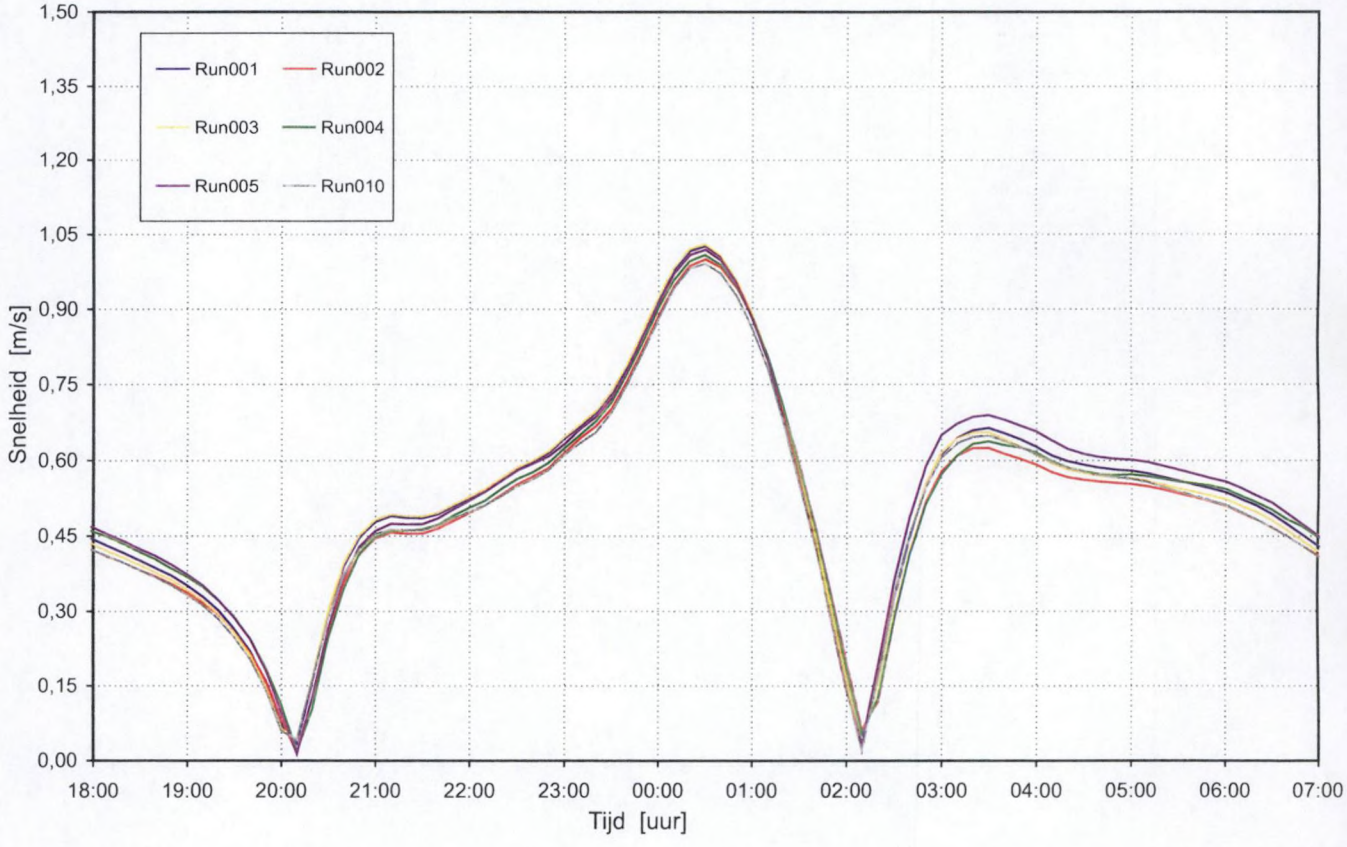

Gevoeligheidsanalyse waterbewegingsmodel waterstand
Bath (boven) en Antwerpen (onder)



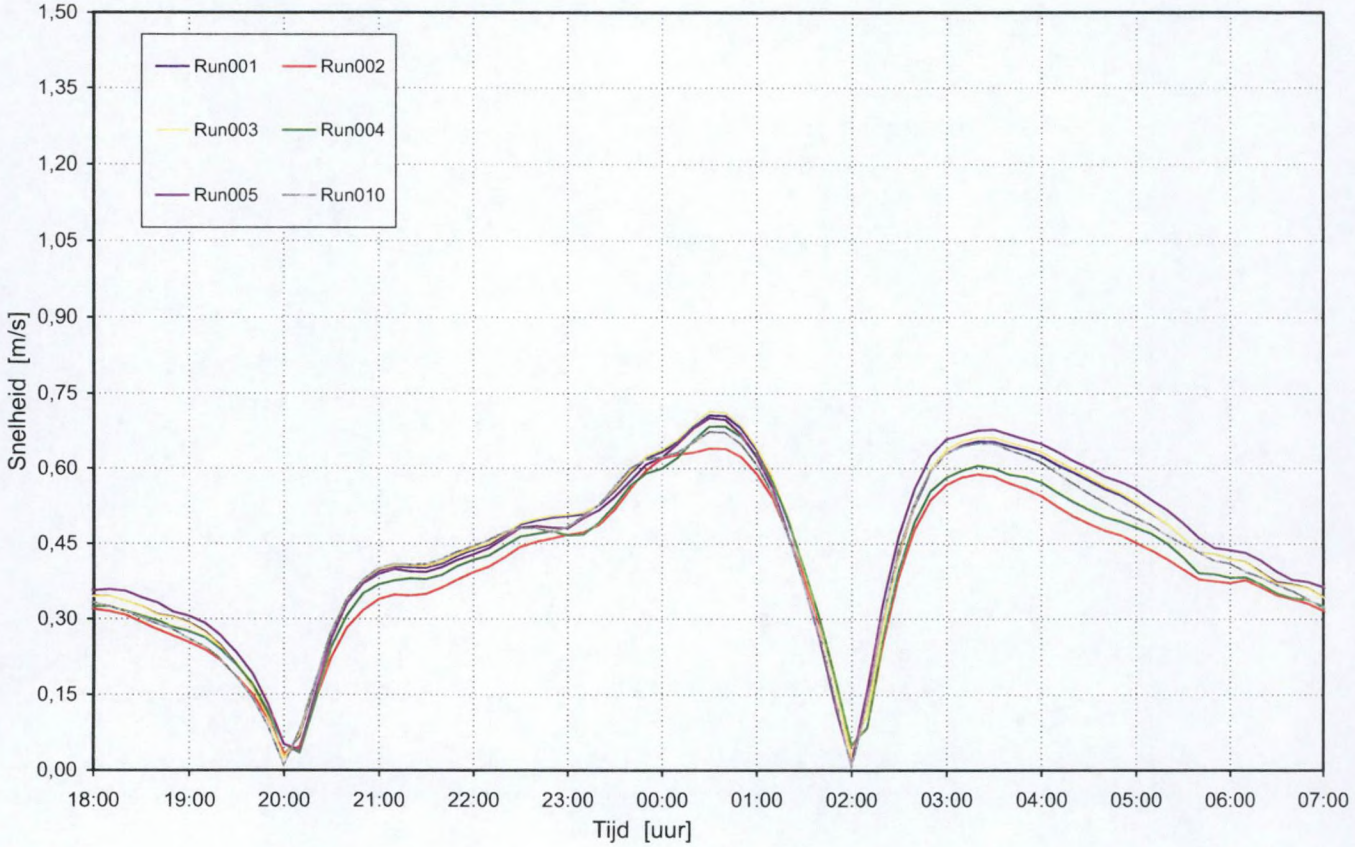



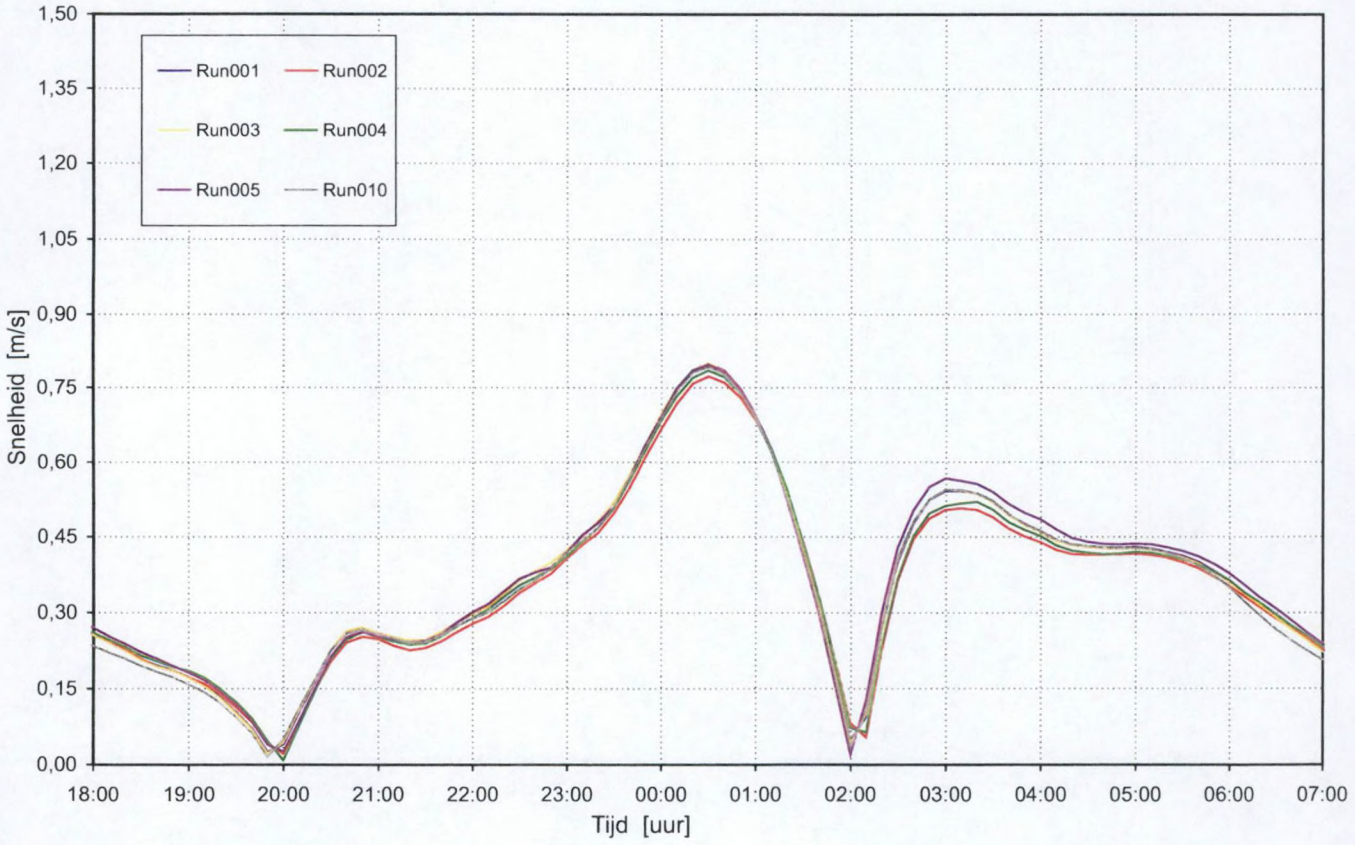

Gevoeligheidsanalyse waterbewegingsmodel stroomsnelheid
Drempel Schaar van Valkenisse (boven) en geul Schaar van Waarde (onder)



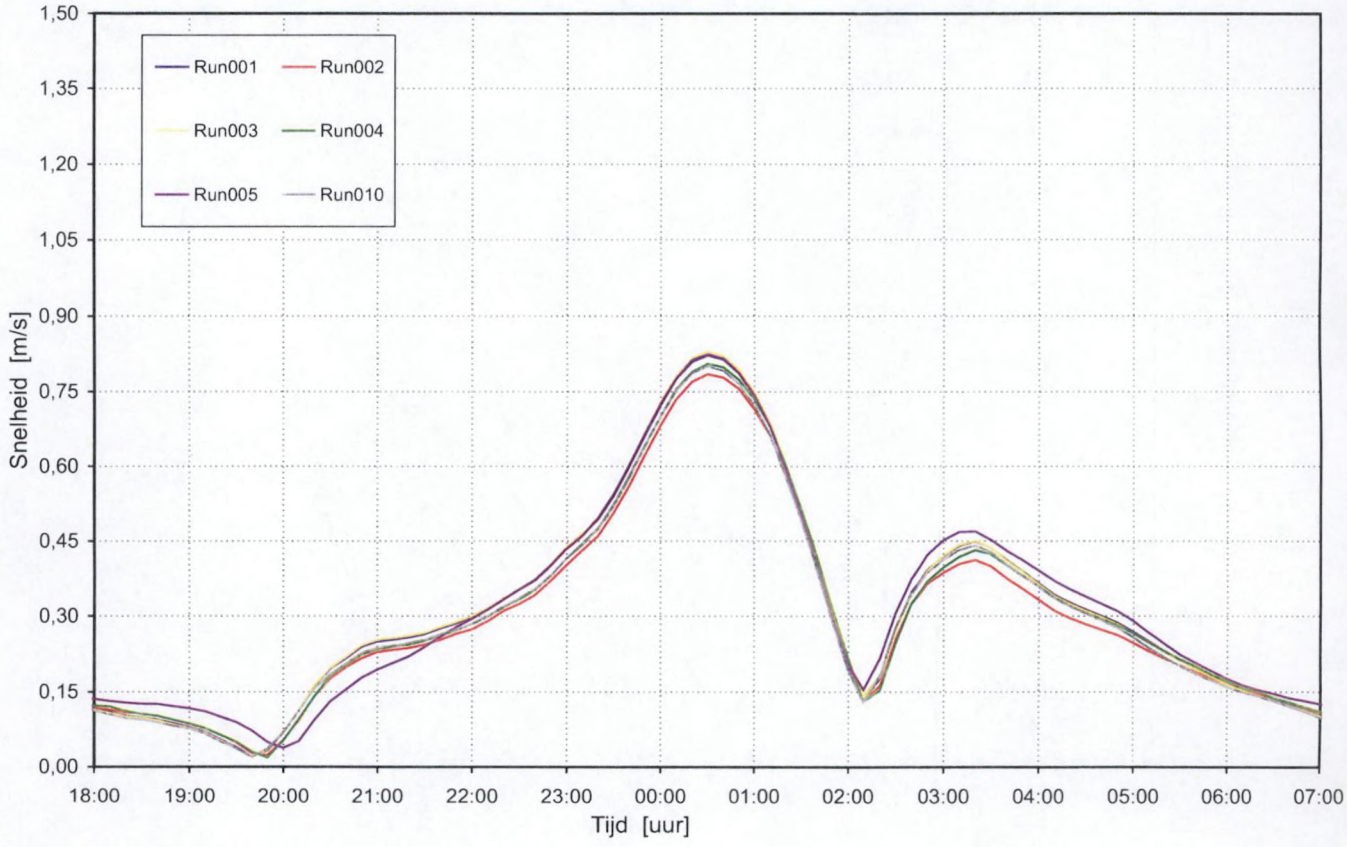



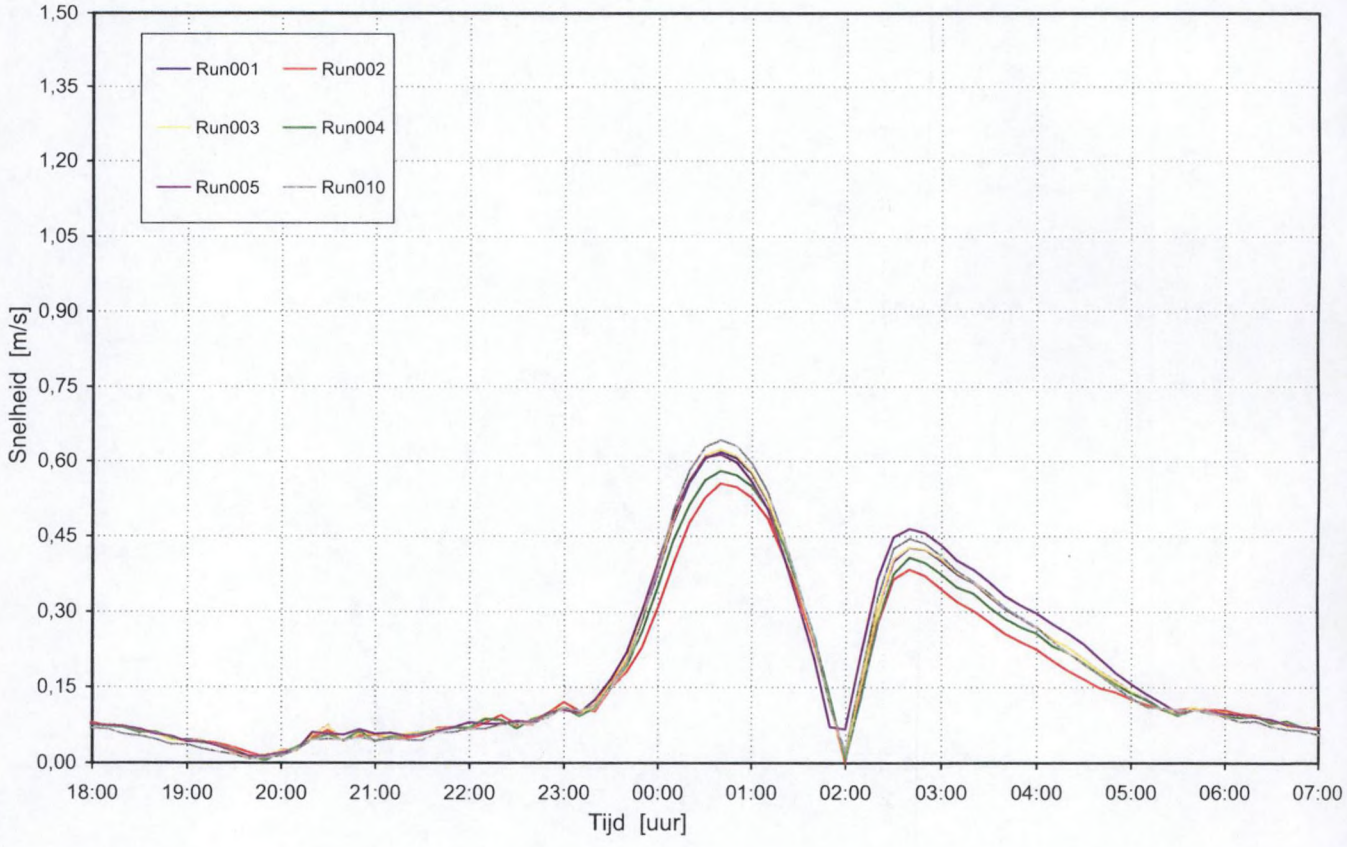

Gevoeligheidsanalyse waterbewegingsmodel stroomsnelheid
Zandtong Valkenisse (boven) en Zuidelijke zandtong Walsoorden (onder)




Gevoeligheidsanalyse waterbewegingsmodel stroomsnelheid
Noordelijke rand plaat van Walsoorden (boven) en slik van Waarde (onder)




Gevoeligheidsanalyse waterbewegingsmodel stroomsnelheid
Punt Plaat van Walsoorden (boven) en secundaire vloedgeul (onder)

**Waterbouwkundig Laboratorium**
*Flanders Hydraulics Research*

Berchemlei 115
B-2140 Antwerpen
Tel. +32 (0)3 224 60 35
Fax +32 (0)3 224 60 36
E-mail: waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be
www.watlab.be