

Beperkte verspreiding

**Bestek nr.
16EF/2006/17**

**VITO contract
061100**

**Automatische kartering
voor opvolging areaal
slikken en schorren Zeeschelde**

Eindrapport

**Luc Bertels, Rik Houthuys, Bart Deronde & Els Knaeps (VITO)
Bart Vandevoorde & Erika Van de Bergh (INBO)**

**In opdracht van het Vlaamse Ministerie van Openbare Werken van
de Vlaamse Overheid, afdeling Maritieme Toegang**

2008/TAP/R/076

Oktober 2008

Inhoud

Inleiding.....	5
1. Beschrijving van de hyperspectrale data	7
2. Beschrijving van de classificatiemethode.....	11
2.1. Data voorbereiding	11
2.2. Aanmaak van deelgebiedcomposieten.....	13
2.3. Aanmaak van het detailmasker.....	15
2.4. Aanmaak van het water en schaduw masker	18
2.5. Aanmaak van het vegetatie/niet-vegetatie masker	23
2.6. Aanmaak van de binnendijkse/buitendijkse vegetatie/niet-vegetatiemaskers.....	25
2.7. Aanmaak van het buitendijkse vaste structurenmasker.....	27
2.8. Aanmaak van drie microfytobenthos (MFB) maskers	30
2.9. Aanmaak van het platen en slikken masker.....	33
2.10. Aanmaak van vier sediment maskers	35
2.11. Tussentijdse classificatie	40
2.12. Classificatie van de schorren en dijken	43
3. Praktische uitvoering van de classificatie.....	49
3.1. Classificatie groepering.....	49
3.2. Validatie van de classificatie	52
4. Cartografie van de Schelde.....	55
4.1. Klassieke kartering : omschrijving van de opdracht	55
4.1.1. Te karteren objecten :	55
4.1.2. Leveringsformaat.....	55
4.1.3. Bijkomende afspraken	55
4.2. Terreinwerk	57
4.3. Bron van de objecten en bespreking van de planimetrische nauwkeurigheid.....	58
4.3.1. Bron van de topografische objecten	58
4.3.2. Bespreking van de nauwkeurigheid van de klassieke topografische kartering	59
4.4. Opbouw van de topografische objecten-databank.....	60
4.4.1. Wijze van aanmaken van de topografische databank.....	60
4.4.2. Cartografisch model en topologische opbouw	62
4.4.3. Objecten en objectcodes	63
4.5. Hoogteopname.....	68
4.5.1. Uitvoering van de opname.....	68
4.5.2. Omzetting naar hoogtemodel en grafische weergave ten behoeve van de digitalisatie van de dijklijnen.....	68
4.5.3. Toelichting bij het gebruik van de hoogteopname	69
4.6. Verwijderen van de hoogtepunten op water	73
4.6.1. Afweging van de methodes	73
4.6.2. Concrete verwijdering van laserscanpunten op het water	76
4.7. Steekkaarten	78
4.8. Beschrijving van de geleverde databank	78
5. Referenties.....	79
ANNEX 1. Specificatie van de hyperspectrale- en laserscanner.....	81
ANNEX 2. Keuring van de hoogteopnames	83

ANNEX 3.	Interactieve manuele geocorrectie	93
ANNEX 4.	Trainingsets en validatieresultaten	97
ANNEX 5.	Bedekkingoppervlakten	105
ANNEX 7.	Oplevering van de hyperspectrale data.....	127
ANNEX 8.	Oplevering van de klassieke cartografie.....	133

Inleiding

Voor het beheer van de getijdenrivieren gebruikt de Vlaamse overheid (onder meer de afdeling Maritieme Toegang) actuele en gedetailleerde kaarten. Deze kaarten bevatten naast de verharde dijkstructuren, zoals kades, sluizen, wegen, e.d. ook de platen, slikken, schorren en dijkvegetatie. De schorren en dijkvegetatie zijn hierin gedifferentieerd naar een aantal typische plantensoorten of plantenassociaties, terwijl de platen en slikken gedifferentieerd zijn naar een aantal sedimenttypes.

De Vlaamse overheid wenst de aanmaak en bijwerking van haar kaartbestanden te automatiseren en doet hiervoor een beroep op de recentste technologie. In het onderhavige project wordt gebruik gemaakt van hyperspectrale vliegtuigregistraties waarvan, d.m.v. een geavanceerde klassering, sediment en vegetatie klassenkaarten afgeleid worden. Het digitale terreinmodel (DTM) dat gebruikt wordt voor de geometrische correctie van de vliegtuigregistraties dient meteen ook als up-to-date registratie van de dijkhoogten en ligging van de dijkknikken. Tevens werd van de beschikbare opnamen gebruikt gemaakt om de kartering van de infrastructuur ter hoogte van de waterkeringen bij te werken.

De op vliegtuigregistraties gebaseerde kartering laat toe om grote gebieden op homogene wijze te bedekken. In één trek werden alle getijrivieren aldus gekarteerd. Het gaat om de getijrivieren behorende tot de basisopdracht (Zeeschelde van de sluizen te Gent tot de Nederlandse grens, de Rupel en de Durme – totale lengte ongeveer 151 km) en tot de optionele opdracht (Zenne tot Zemst, Dijle tot Haacht, Beneden-Nete, Grote Nete tot Itegem en Kleine Nete tot Grobbendonk – totale lengte ongeveer 88 km).

Gedurende de maanden juli en augustus 2007 vond een vliegcampagne plaats waarbij hyperspectrale en LiDAR data werd opgenomen boven het Schelde- en Netestroomgebied. Hierbij werd in totaal meer dan 230 km rivier opgemeten.

De AISA-Eagle hyperspectrale sensor nam 32 spectrale banden op in het visuele en nabij infrarode deel (VIS/NIR) van het elektromagnetisch spectrum met een grondresolutie van 1 m. Een expertsysteem werd ontwikkeld dat in verschillende stappen, o.a. gebruik makend van een ISODATA classificatie en Lineaire Discriminant Analyse (LDA), de hyperspectrale data verwerkte tot een bruikbare kaart.

Een laserscanner, Riegl LMS-Q560, werd gebruikt om de LiDAR dataset met een resolutie van 1 punt per m² op te meten. Van deze dataset werd een DEM afgeleid waarna hiervan door filtertechnieken een DTM bekomen werd. Deze hoogtemodellen werden in de eerste plaats gebruikt om informatie af te leiden over hoogte, helling en aspect van de dijken en oevers.

Een combinatie van teledetectietechnieken kon succesvol worden aangewend voor het verkrijgen van een gedetailleerde kartering van het Schelde- en Netestroomgebied. De gebruikte methodes en resultaten zijn in dit rapport in detail besproken.

1. Beschrijving van de hyperspectrale data

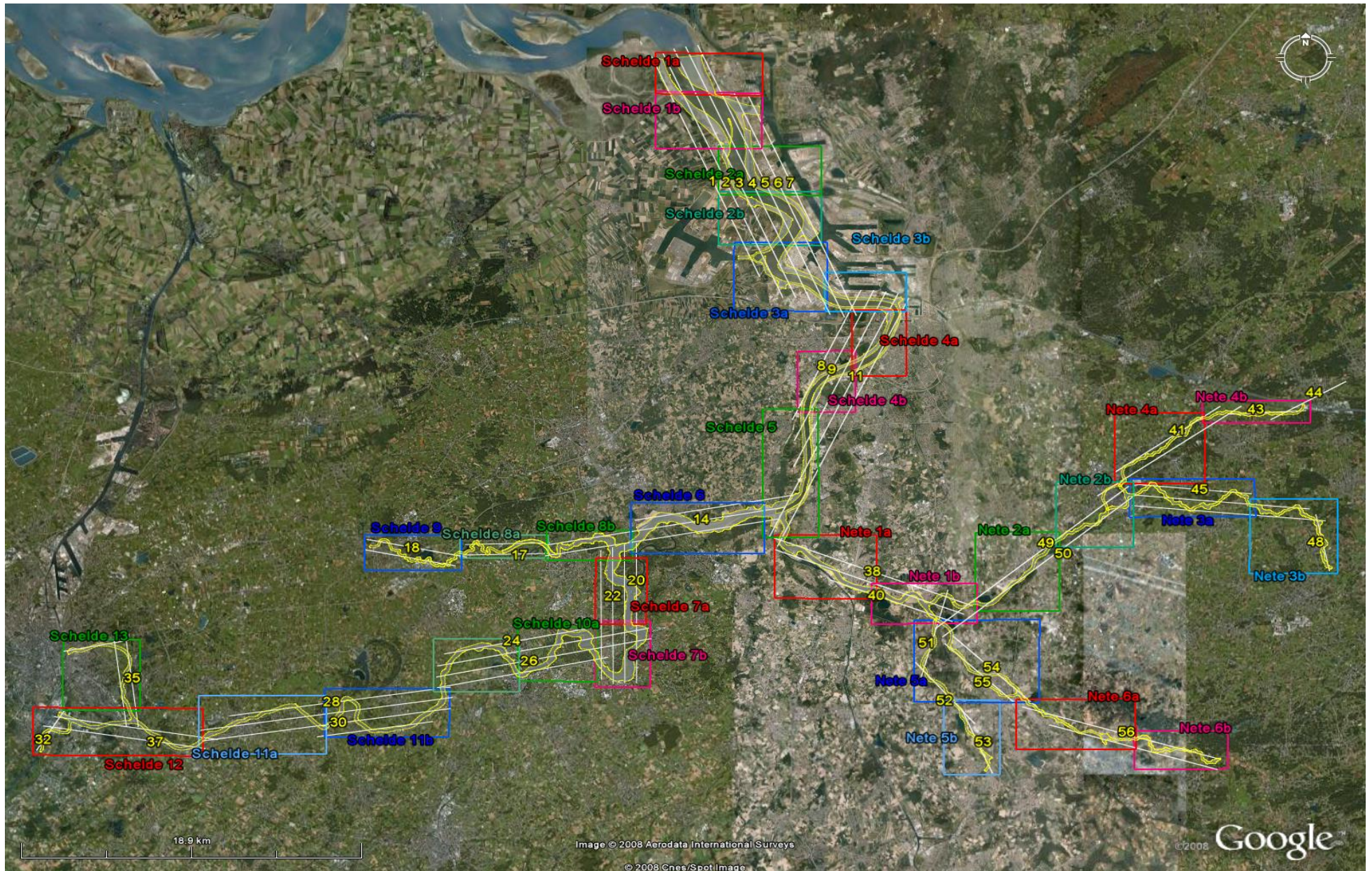
De weinig zonnige zomer van 2007 en de beperkingen in verband met de laagwaterstanden had als gevolg dat de hyperspectrale beelden werden opgenomen op vier verschillende datums, n.l. op 1 en 24 augustus, 23 en 25 september. Zie rapport ‘Automatisatie kartering voor opvolging areaal slikken en schorren Zeeschelde; Rapportage Hyperspectrale vlucht en laserscanning; Oktober 2007’. De sensorspecificaties werden vermeld in rapport ‘Automatisatie kartering voor opvolging areaal slikken en schorren Zeeschelde; Specificaties hyperspectrale en laserscanner; Mei 2007’. In paragraaf ANNEX 1 ‘Specificatie van de hyperspectrale- en laserscanner’,

Tabel 12 staan de specificaties van de hyperspectrale AISA Eagle sensor. Tabel 13 vermeld de gebruikte bandsettings. De specificaties van de laserscanner staan vermeld in Tabel 14.

De hoeveelheid hyperspectrale data die voor dit project werd opgenomen is enorm groot. Na radiometrische, geometrische en atmosferische correctie bedraagt de totale bestandsgrootte meer dan 240 Gbyte. De 57 vluchtlijnen zijn vervat in databestanden met een grootte variërend van één tot meer dan zeven Gbyte. Om de verwerking van de data mogelijk te maken werd het volledige stroomgebied opgesplitst in 33 deelgebieden zoals weergegeven in Figuur 1. De coördinaten van de hoekpunten van deze deelgebieden zijn weergegeven in Tabel 1. In ANNEX 7 ‘Oplevering van de hyperspectrale data’ staat beschreven welke data werd opgeleverd.

Tabel 1. Coördinaten van de linker bovenhoek en de rechter onderhoek van de 33 deelgebieden.

Deelgebieden		N			W			Z			O		
#	(Lat/Lon)	(°)	(')	(")	(°)	(')	(")	(°)	(')	(")	(°)	(')	(")
1	Schelde 1a	51	22	35	4	12	30	51	21	15	4	17	35
2	Schelde 1b	51	21	20	4	12	30	51	19	25	4	17	35
2	Schelde 2a	51	19	30	4	15	20	51	17	55	4	20	25
4	Schelde 2b	51	18	5	4	15	30	51	16	15	4	20	25
5	Schelde 3a	51	16	20	4	16	15	51	14	0	4	20	40
6	Schelde 3b	51	15	20	4	20	35	51	14	0	4	24	25
7	Schelde 4a	51	14	5	4	21	50	51	11	55	4	24	25
8	Schelde 4b	51	12	45	4	19	10	51	10	45	4	22	0
9	Schelde 5	51	10	50	4	17	35	51	6	35	4	20	15
10	Schelde 6	51	7	50	4	11	20	51	6	5	4	17	40
11	Schelde 7a	51	5	55	4	9	40	51	3	45	4	12	5
12	Schelde 7b	51	3	50	4	9	40	51	1	40	4	12	15
13	Schelde 8a	51	6	40	4	3	15	51	5	55	4	7	25
14	Schelde 8b	51	6	50	4	7	20	51	5	50	4	11	25
15	Schelde 9	51	6	40	3	58	43	51	5	30	4	3	20
16	Schelde 10a	51	3	40	4	6	0	51	1	50	4	9	45
17	Schelde 10b	51	3	15	4	2	0	51	1	30	4	6	5
18	Schelde 11a	51	1	20	3	51	0	50	59	25	3	56	55
19	Schelde 11b	51	1	35	3	56	50	51	0	0	4	2	45
20	Schelde 12	51	0	55	3	43	0	50	59	20	3	51	5
21	Schelde 13	51	3	10	3	44	25	51	0	51	3	48	5
22	Nete 1a	51	6	40	4	18	5	51	4	35	4	23	0
23	Nete 1b	51	5	5	4	22	45	51	3	45	4	27	45
24	Nete 2a	51	6	45	4	27	40	51	4	10	4	31	40
25	Nete 2b	51	8	25	4	31	30	51	6	15	4	35	10
26	Nete 3a	51	8	30	4	35	0	51	7	15	4	41	0
27	Nete 3b	51	7	50	4	40	45	51	5	20	4	44	50
28	Nete 4a	51	10	40	4	34	20	51	8	20	4	38	35
29	Nete 4b	51	11	5	4	38	30	51	10	20	4	43	40
30	Nete 5a	51	3	50	4	24	45	51	1	10	4	30	40
31	Nete 5b	51	1	15	4	26	10	50	58	45	4	28	50
32	Nete 6a	51	1	15	4	29	35	50	59	35	4	35	15
33	Nete 6b	51	0	10	4	35	10	50	58	55	4	39	35



Figuur 1. De 33 deelgebieden bedekken het stroomgebied van de Zeeschelde, Durme en Rupel, het Nete bekken, de Zenne en de Dijle.

2. Beschrijving van de classificatiemethode

2.1. Data voorbereiding

Een pre-processing van de hyperspectrale data is nodig om de door de AISA sensor opgenomen ruwe databestanden te corrigeren tot radiometrisch, geometrisch en atmosferisch gecorrigeerde beelden.

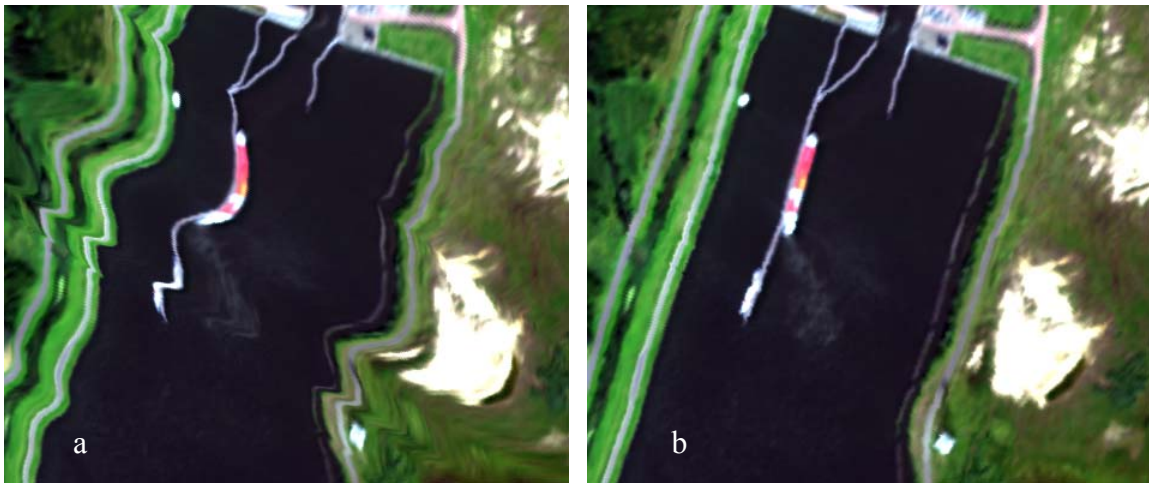
De radiometrische correctie werd uitgevoerd door de dataleverancier. Deze dient om de ruwe digitale nummers zoals opgemeten door de hyperspectrale sensor om te zetten in een fysische grootheid, n.l. radiantie ($\text{nW cm}^{-2} \text{sr}^{-1} \text{nm}^{-1}$).

De atmosferische en geometrische correctie werd uitgevoerd in het Central Data Processing Center (CDPC) van de VITO. De radianties die door de hyperspectrale sensor worden opgemeten zijn sterk afhankelijk van atmosferische omstandigheden (verstrooiing en absorptie door moleculen en aerosoldeeltjes). Voor deze effecten moet worden gecorrigeerd zodat uiteindelijk reflectanties verkregen worden. Dit is de verhouding van de hoeveelheid gereflecteerde elektromagnetische straling tot de hoeveelheid inkomende elektromagnetische straling. Door reflectantiewaarden te gebruiken zijn de spectra van verschillende hyperspectrale beelden met elkaar te vergelijken.

Gedurende geo-correctie van de hyperspectrale beelden wordt gebruik gemaakt van een DEM (Digital Elevation Model) van het gebied, attitude data (de zogenaamde roll, pitch en yaw van het vliegtuig) en GPS data die samen de positie van het vliegtuig gedurende de meetcampagne weergeven. Om een hoge positionele nauwkeurigheid van de opgemeten data te bekomen wordt in postprocessing een differentiële correctie van de GPS data uitgevoerd. Het bleek echter dat deze differentiële correctie niet was toegepast bij de opname van de slikken en schorren dataset waardoor de positionele nauwkeurigheid van deze data ontoereikend was. De vluchten overdoen was geen optie; deze tekortkoming bij de registraties werd pas opgemerkt na levering van de dataset door de onderaannemer, op het einde van het opnameseizoen. Om dit probleem op te lossen werd software ontwikkeld die, gebruik makend van georeferende orthofoto's en manuele interactie, de beelden nagenoeg perfect kon georefereren. De gebruikte methode is in detail beschreven in ANNEX 3 'Interactieve manuele geocorrectie'.

Voor twee vluchtlijnen, 11a en 11b, was er een bijkomend probleem. De synchronisatie tussen de opgenomen hyperspectrale scanlijnen en de bijhorende attitude data bleek niet te

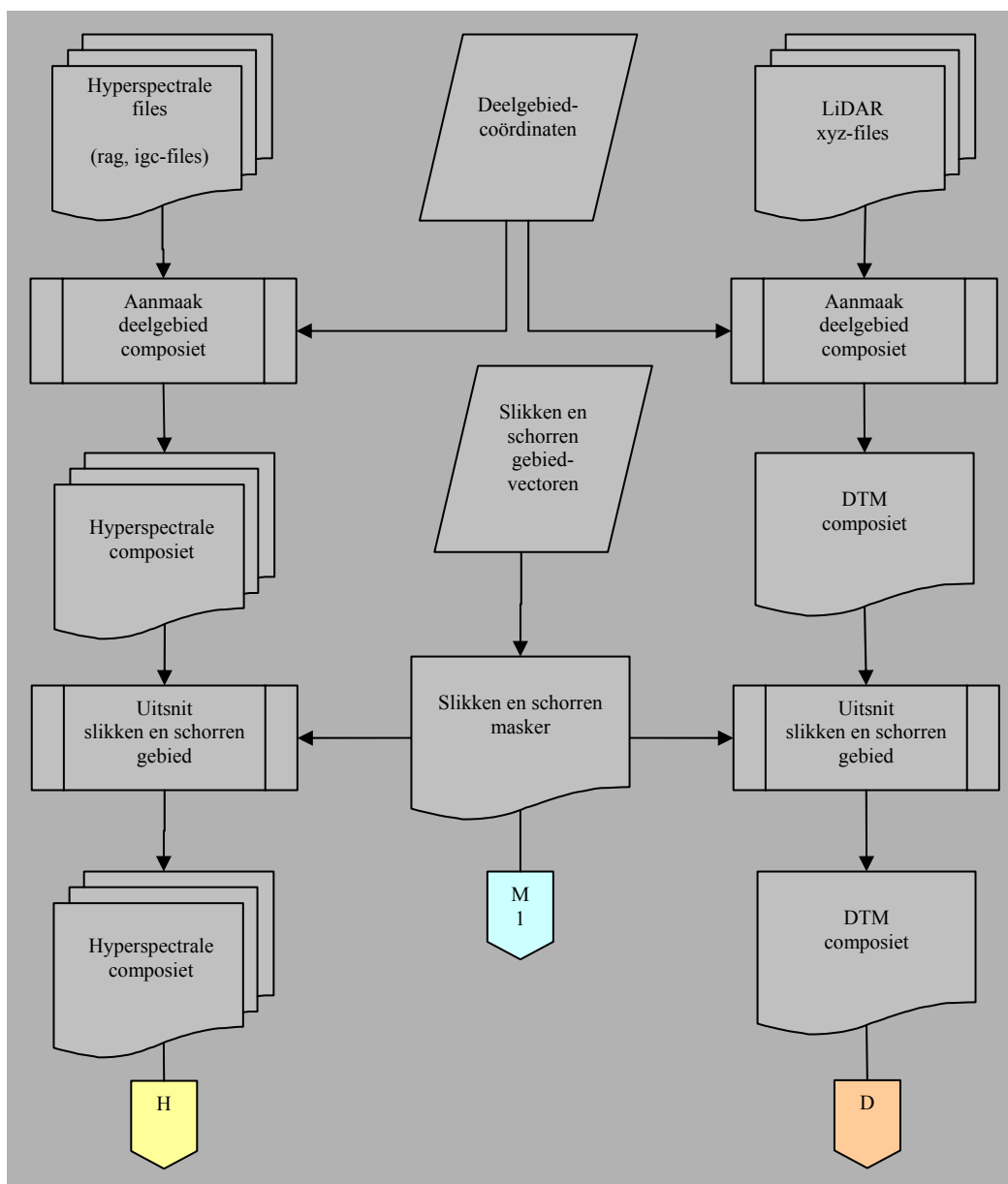
kloppen. De oorzaak voor dit probleem is niet gekend. Het probleem werd opgelost door de attitudedata vijf scanlijnen te verschuiven. Deze verschuiving werd proefondervindelijk bepaald. Onderstaande Figuur 2 toont een uitsnit uit het beeld, voor (a) en na (b) de correctie van het synchronisatieprobleem.



Figuur 2. a) Door een synchronisatiefout tussen de scanlijnen en de attitudedata kon de geometrische correctie niet op de juiste manier gebeuren. b) Door de attitudedata over vijf scanlijnen te verschuiven kon het synchronisatieprobleem worden opgelost en werd de geometrische correctie op de juiste manier uitgevoerd.

De radiometrisch, atmosferisch, geometrisch en interactief geometrisch gecorrigeerde (rag, igc-files) hyperspectrale beelden zijn nu klaar voor verdere verwerking.

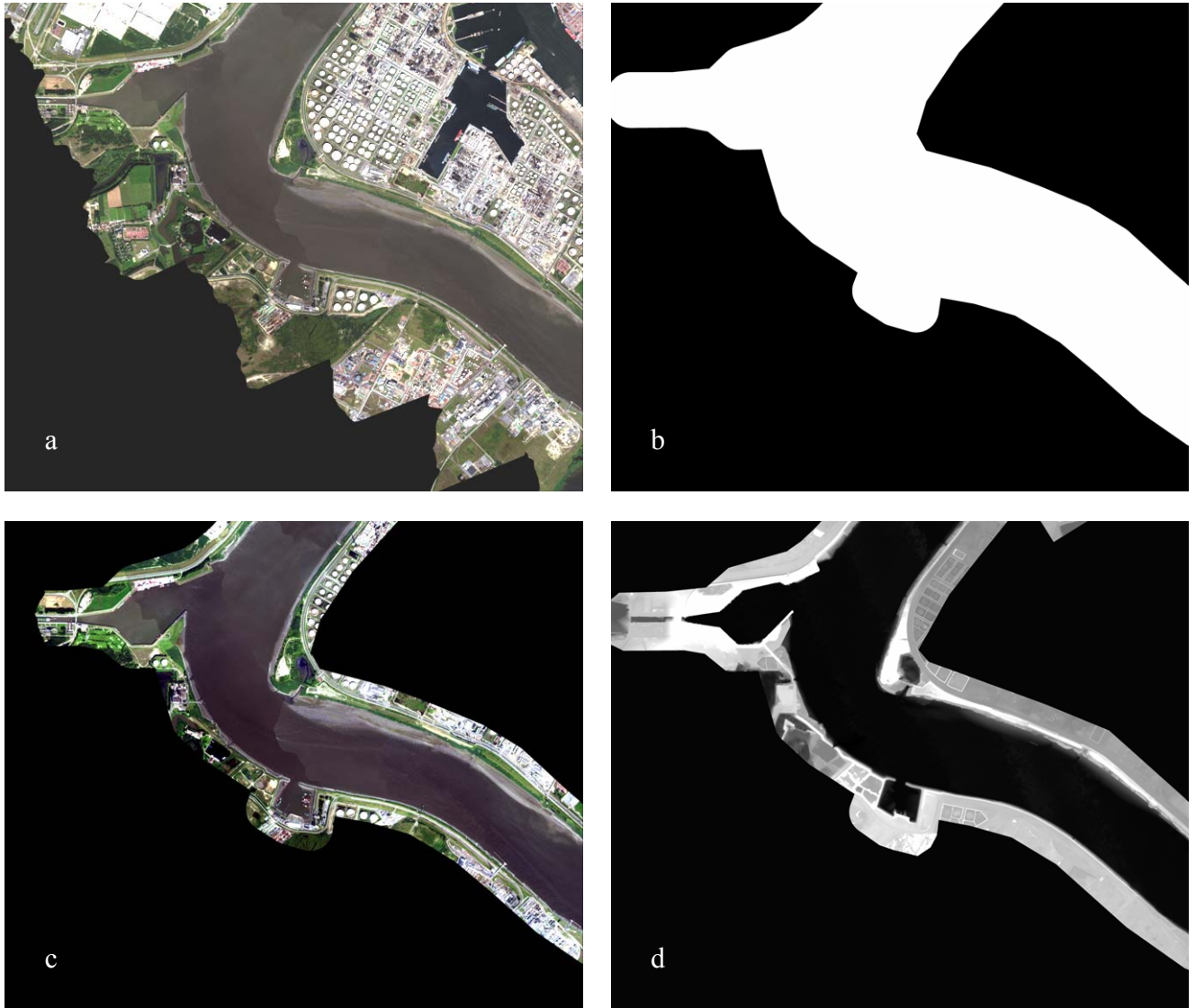
2.2. Aanmaak van deelgebiedcomposieten



Figuur 3. Schematisch overzicht van de stappen nodig om van de radiometrisch, geometrisch en atmosferisch gecorrigeerde hyperspectrale beelden en van de ruwe xyz-LiDAR files, resp. een hyperspectrale deelgebiedcomposiet (H) en DTM deelgebiedcomposiet (D) te maken. Door toepassing van een ‘Slikken en Schorren masker’ (M1), dat afgeleid werd van slikken en schorren gebiedsvectoren, werd alle niet relevante data verwijderd.

Figuur 3 toont het schematisch overzicht voor de aanmaak van een hyperspectrale en DTM deelgebiedcomposiet. Gebruikmakend van de deelgebiedcoördinaten (Tabel 1) werden uit de verschillende hyperspectrale rag,igc-files de corresponderende deelgebieden uitgeknipt waarmee vervolgens de deelgebiedcomposiet werd aangemaakt (Figuur 4a). Een gelijkaardige bewerking werd uitgevoerd op de ruwe LiDAR xyz-files waardoor DTM deelgebiedcomposieten werden verkregen.

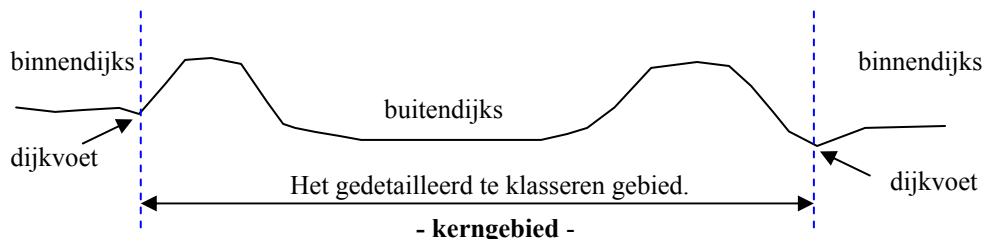
De slikken en schorren gebiedsvectoren bakenen het interessegebied met een ruime marge af. Van deze vectoren werd een intermediair slikken- en schorrenmasker (M1) afgeleid (Figuur 4b) dat gebruikt werd om niet relevante hyperspectrale data en DTM data uit te maskeren (resp. Figuur 4c en Figuur 4d). De bekomen hyperspectrale beeldcomposiet (H) en DTM composiet (D) zijn nu klaar voor verdere processing.



Figuur 4. a) De composiet Schelde_3a samengesteld uit delen van zeven verschillende hyperspectrale beelden. b) Het datamasker afgeleid van de slikken en schorren gebiedsvectoren. Dit datamasker werd toegepast op de hyperspectrale composiet en op de DTM composiet waardoor alle niet relevante data uit de hyperspectrale composiet (c) en DTM composiet (d) werd verwijderd. Het slikken en schorren interessegebied is nu met een ruime marge afgebakend.

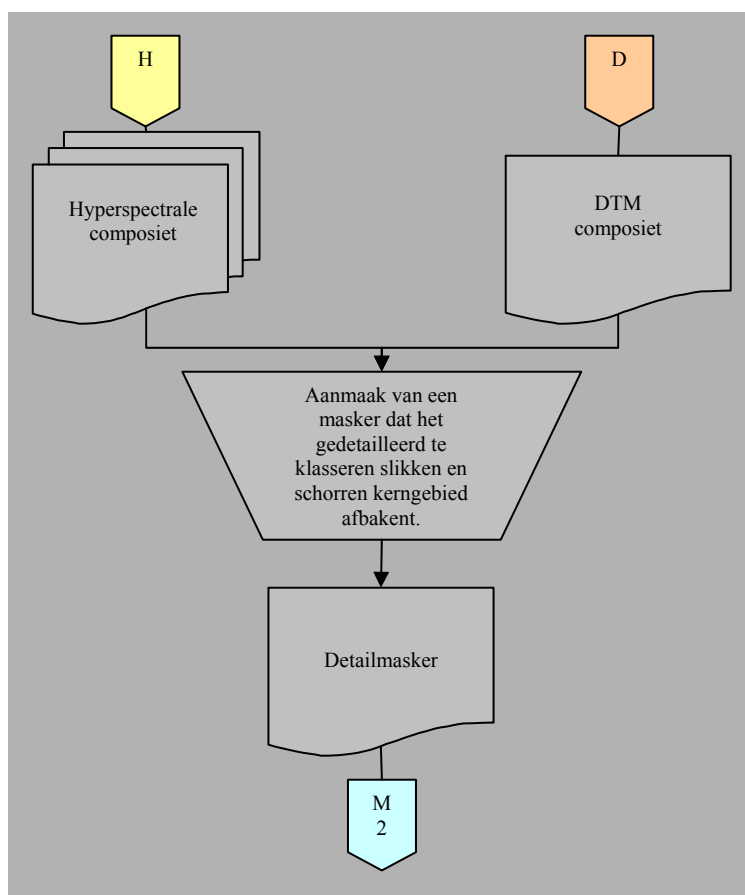
2.3. Aanmaak van het detailmasker

Het gedetailleerd te klasseren slikken en schorren interessegebied, verder het kerngebied genoemd, werd gedefinieerd als het gebied tussen de binnendijkse voeten (Figuur 5). Op plaatsen waar de dijken ontbreken, b.v. omwille van industriële infrastructuur, havens e.d. werd de kade of verharde weg gebruikt als afbakening.



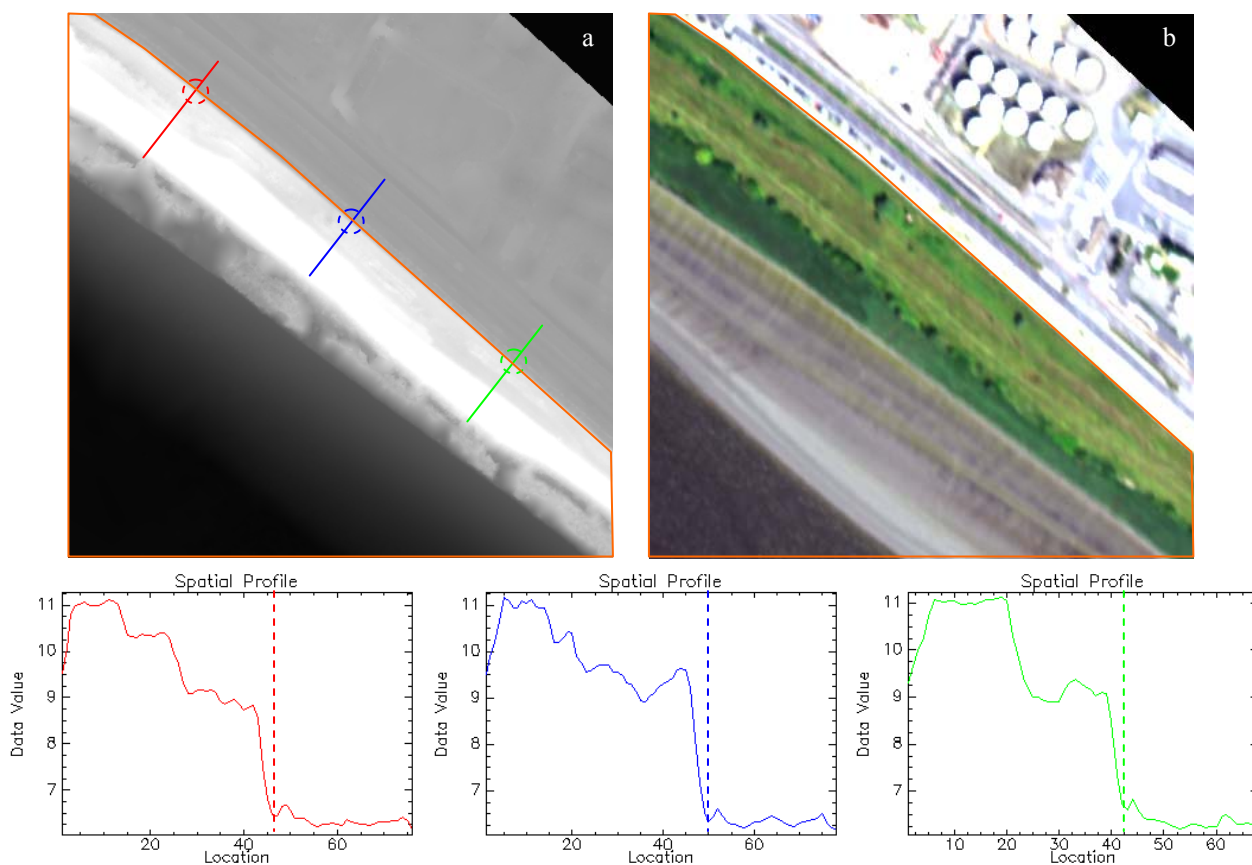
Figuur 5. Afbakening van het gedetailleerd te klasseren gebied tussen de binnendijkse dijkvoeten. Dit gebied wordt verder het kerngebied genoemd.

Figuur 6 geeft een schematisch overzicht van de stappen nodig voor de aanmaak van het detailmasker dat het eigenlijke interessegebied of kerngebied afbakt.



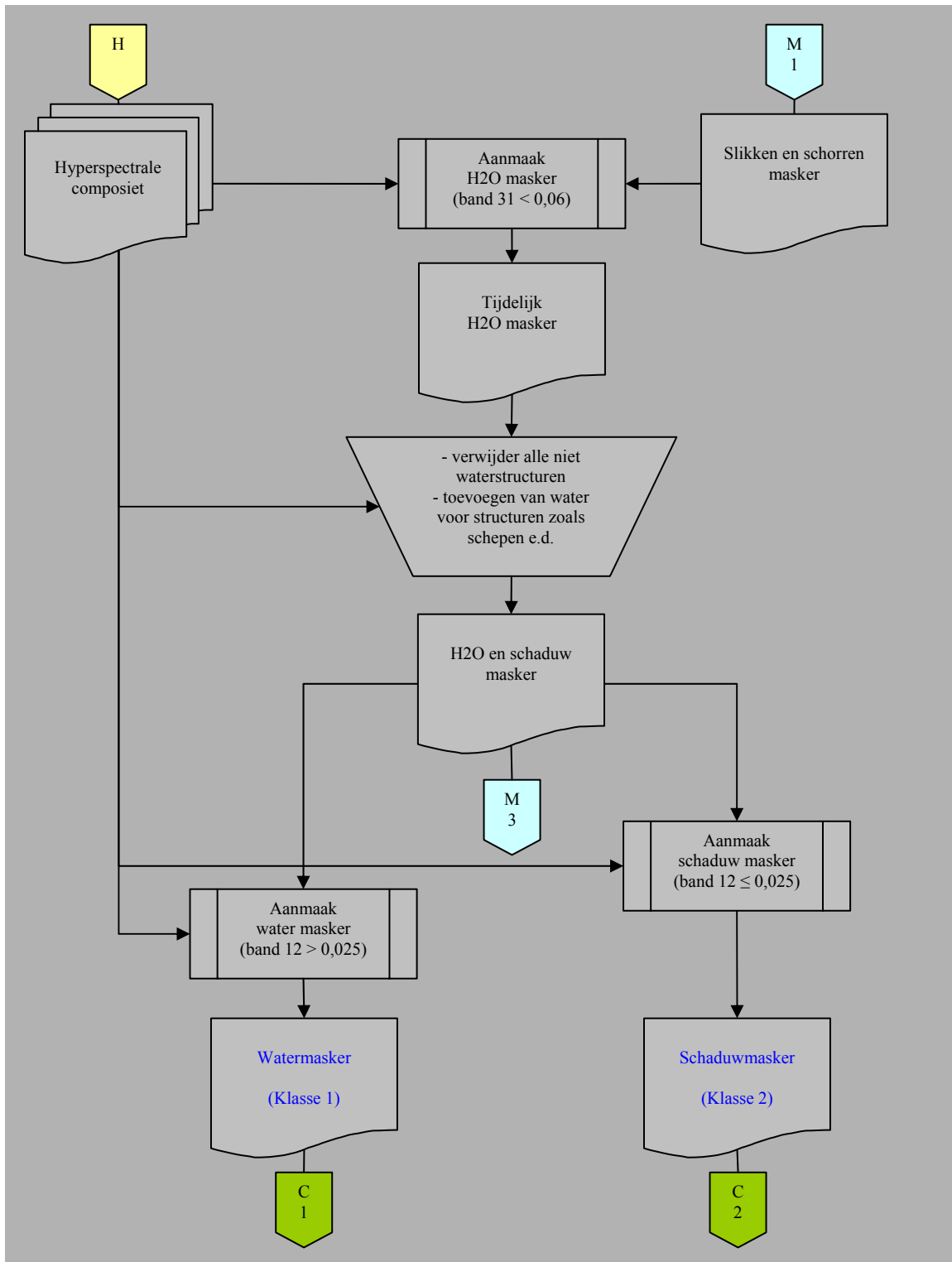
Figuur 6. Schematisch overzicht van de stappen nodig voor de aanmaak van het detailmasker. Gebruik makend van de DTM composiet (D) tezamen met een visuele interpretatie van de hyperspectrale composiet (H) kon een detailmasker (M2) worden aangemaakt dat het kerngebied afbakt.

Het gedetailleerd te klasseren kerngebied werd bepaald d.m.v. de DTM composiet (D) en visuele interpretatie van het hyperspectrale beeld (H). Daartoe werden in de DTM composiet spatiale profielen genomen over de dijk (Figuur 7a). Deze profielen weerspiegelen de topografie van de dijk. De binnendijkse voet van de dijk kon nu eenvoudig worden gelokaliseerd zoals aangegeven met de verticale stippellijn op de spatiale profielen. Deze locatie kon worden overgebracht op de DTM composiet zoals aangegeven met de gestippelde cirkels. Door deze punten te verbinden kon het kerngebied worden afgebakend. Een visuele interpretatie van het hyperspectrale beeld was hierbij een handig hulpmiddel (Figuur 7b). Het afgebakende gebied werd gebruikt voor de aanmaak, d.m.v. Regions Of Interest (ROIs), van een intermediair detailmasker (M2) (Figuur 8) dat in de volgende processtappen werd gebruikt om het gedetailleerd te klasseren gebied af te bakenen.



Figuur 7. a) Door arbitraire profielen te nemen dwars over de dijk kon de binnendijkse dijkvoet worden bepaald. b) Door deze informatie te combineren met een visuele interpretatie van het hyperspectrale beeld kon het gedetailleerd te klasseren gebied of kerngebied worden afgebakend.

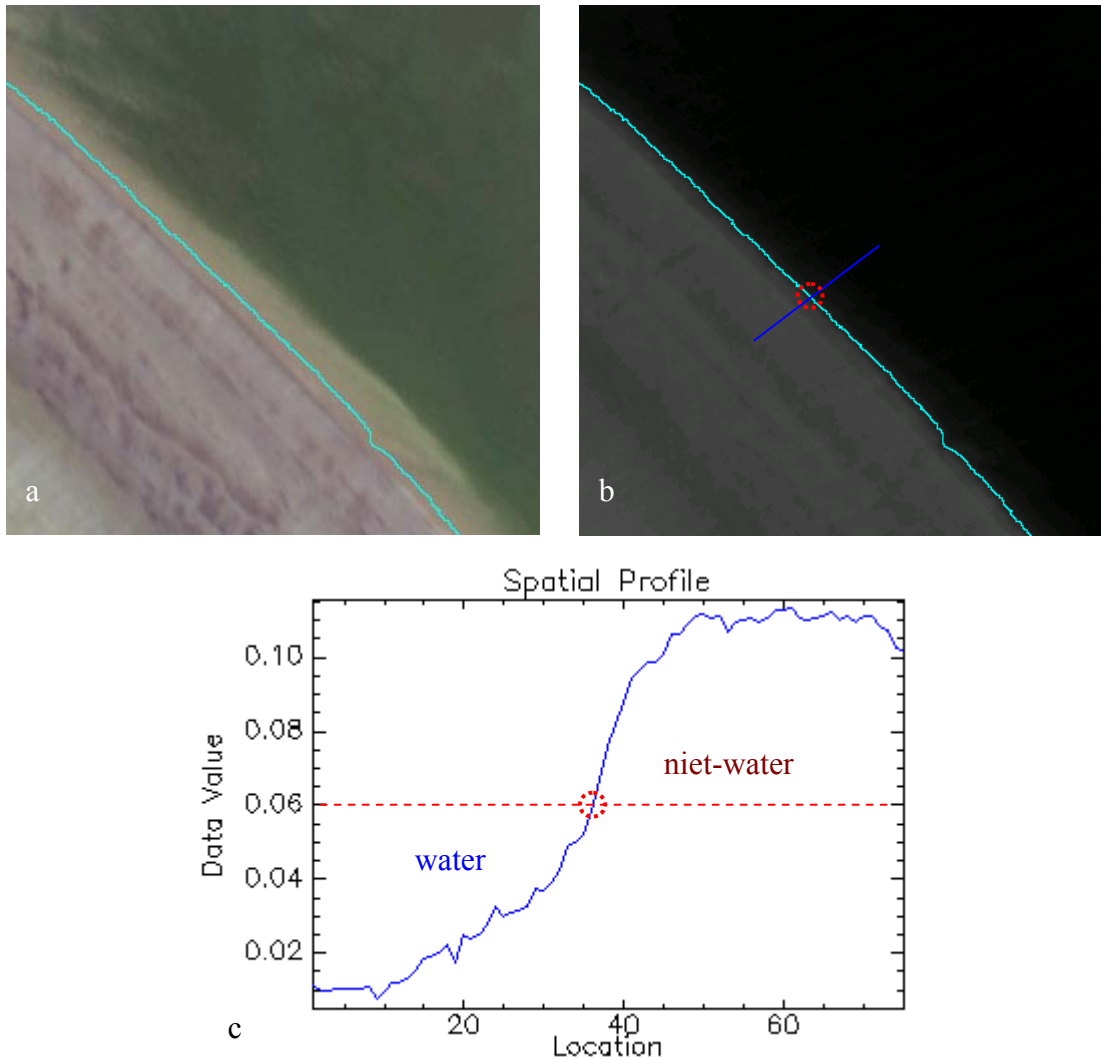
2.4. Aanmaak van het water en schaduw masker



Figuur 9. Schematisch overzicht van de verschillende stappen nodig voor de aanmaak van het water- en schaduwmasker. Als input werd een NIR band (band 31, 863 nm) van de hyperspectrale composiet (H) en het slikken en schorrenmasker (M1) gebruikt. Het bekomen watermasker was intermediair en diende te worden opgekuist: alle niet-water structuren dienden te worden verwijderd; water diende toegevoegd te worden voor schepen e.d. Het bekomen water- en schaduwmasker (M3) omsloot naast water ook schaduwstructuren. Gebruik makend van een groene band (band 12, 591 nm) van de hyperspectrale composiet werd dit watermasker opgesplitst in een zuiver watermasker (C1) en een schaduwmasker (C2).

De kartering van het Schelde en Nete stroomgebied was gebaseerd op een expertsysteem dat in verschillende stappen kennis en gegevens gebruikt om de verschillende gebieden binnen het stroomgebied te definiëren en te karteren.

Het aandeel van de oppervlakte aan water binnen het te karteren gebied is aanzienlijk, zeker in de Beneden-Zeeschelde. Maar ook in de Boven-Zeeschelde en zijn zijrivieren alsook in het Netebekken, is het aandeel water in de vorm van rivieren, meren en plassen aanzienlijk. Daarom was een eerste logische stap de aanmaak van watermaskers die gebruikt werden om de waterpartijen te scheiden van de overige data. Naast water is schaduw een veelvoorkomende structuur die classificatie van andere structuren kan bemoeilijken. Figuur 9 geeft een schematisch overzicht voor de aanmaak van het water- en schaduwmasker. De detectie van water binnen de hyperspectrale dataset was gebaseerd op de lage reflectantiewaarde voor water in het NIR golflengtegebied van het elektromagnetisch spectrum. Praktisch werd band 31 (863 nm) gebruikt. Wanneer de reflectantie in deze band kleiner was dan limietwaarde van 0,06 werd water verondersteld. De limietwaarde werd op de hyperspectrale beelden empirisch bepaald. Figuur 10a geeft een visuele voorstelling van het hyperspectrale beeld. Figuur 10b toont band 31, hierop is duidelijk de overgang van water naar land zichtbaar. De lichtblauwe lijn geeft de watergrens weer, het is de overgang van een zeer lage reflectantie boven het water naar een hogere reflectantie boven land, in dit geval nat zand. Figuur 10c toont het spatiale profiel volgens de blauwe lijn in (b), de rode cirkel duidt op de overgang water/niet-water bij de limietwaarde van 0,06.



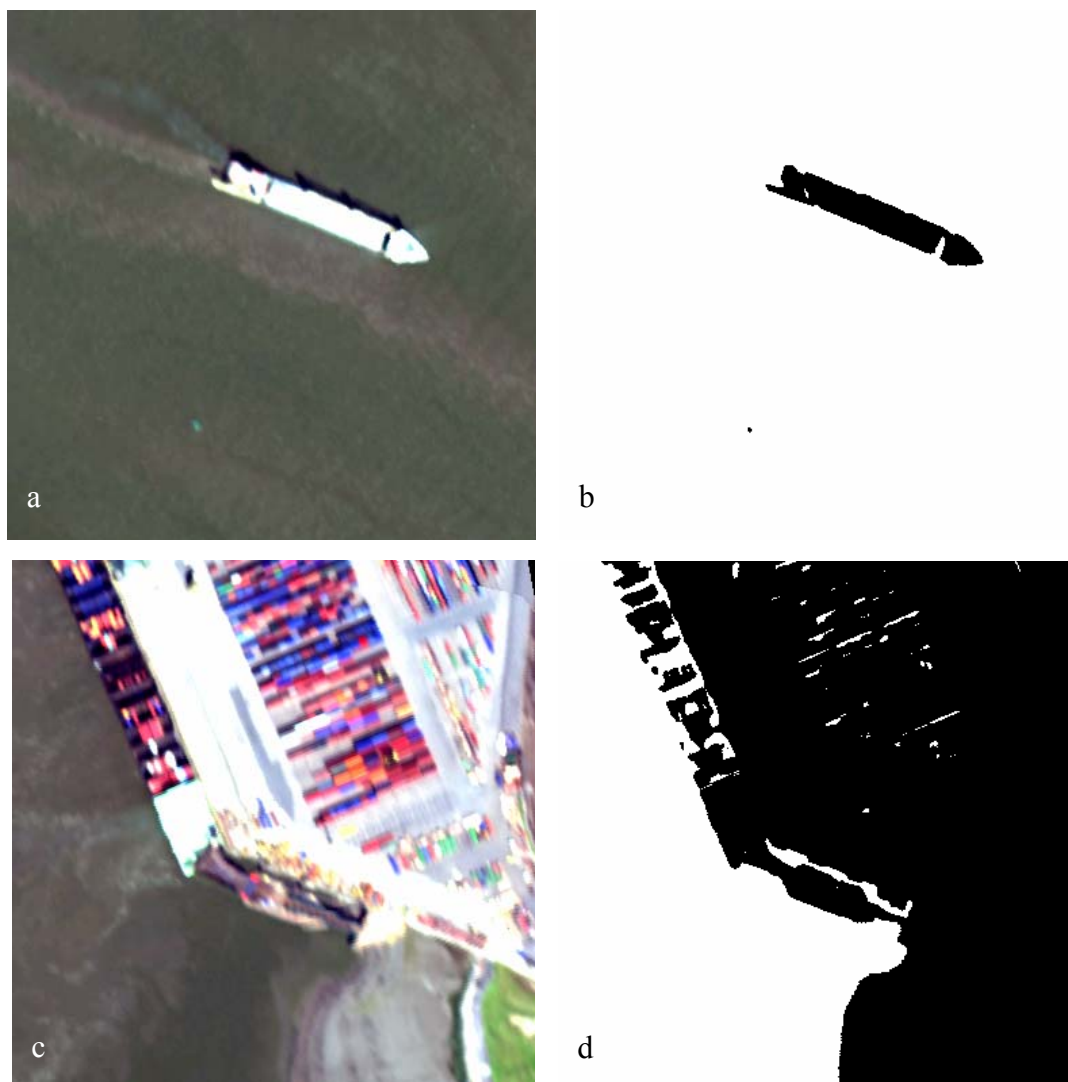
Figuur 10. a) Hier wordt een RGB uitsnede uit het hyperspectrale deelgebied Schelde_2b, getoond. **b)** Hier wordt de zelfde uitsnit in de NIR band 31 (863 nm) getoond. Duidelijk te zien is de overgang van water naar land. De reflectantie boven water is zeer laag, boven niet-water, in dit geval nat zand, stijgt de reflectantie. De watergrens is aangegeven met de lichtblauwe lijn, het is de overgang van een zeer lage reflectantie naar een waarde hoger dan 0,06. **c)** Toont het spatiale profiel volgens de blauwe lijn in (b). De grensovergang water/niet-water bij de limietwaarde van 0,06 is aangegeven met de rode cirkel.

Het op deze manier bekomen water- en schaduwmasker (M3), werd verondersteld alle waterstructuren te bevatten. Deze methode is echter niet perfect en vertoonde een aantal gebreken:

- t.g.v. lage reflectantiewaarden voor sommige landoppervlakken in het NIR werd water gedetecteerd dat er geen was
- schepen op de rivieren zorgden er voor dat water niet gedetecteerd werd
- schaduw t.g.v. bomen, struiken en andere hoge structuren werd eveneens als water gedetecteerd

De eerste twee gebreken konden manueel worden rechtgezet door visuele interpretatie van het hyperspectrale beeld tezamen met het watermasker. Niet gedetecteerde waterpartijen

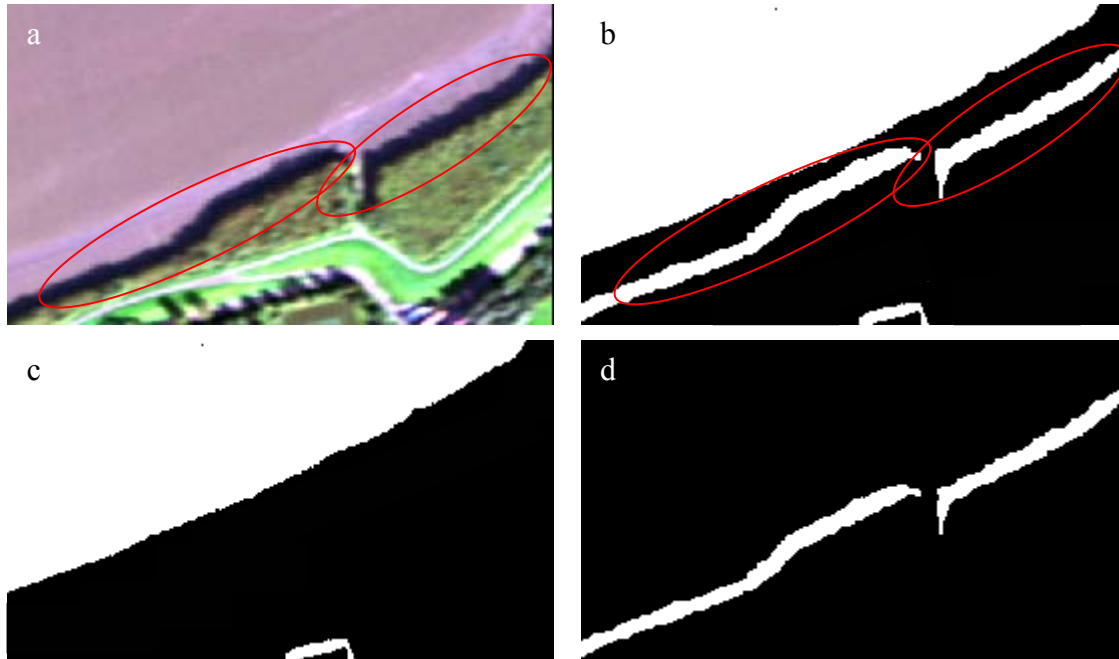
werden toegevoegd (Figuur 11a, b) en verkeerdelijk gedetecteerde waterpartijen werden verwijderd (Figuur 11c, d).



Figuur 11. a) De RGB uitsnit, uit het hyperspectrale deelgebied Schelde_2b, toont een schip op de rivier. b) In het watermasker werd dit schip perfect gedetecteerd. c) Deze RGB uitsnit toont een deel van de kade. d) Een aantal structuren op deze kade werden als water gedetecteerd. Door manuele interventie konden deze artefacten worden rechtgezet.

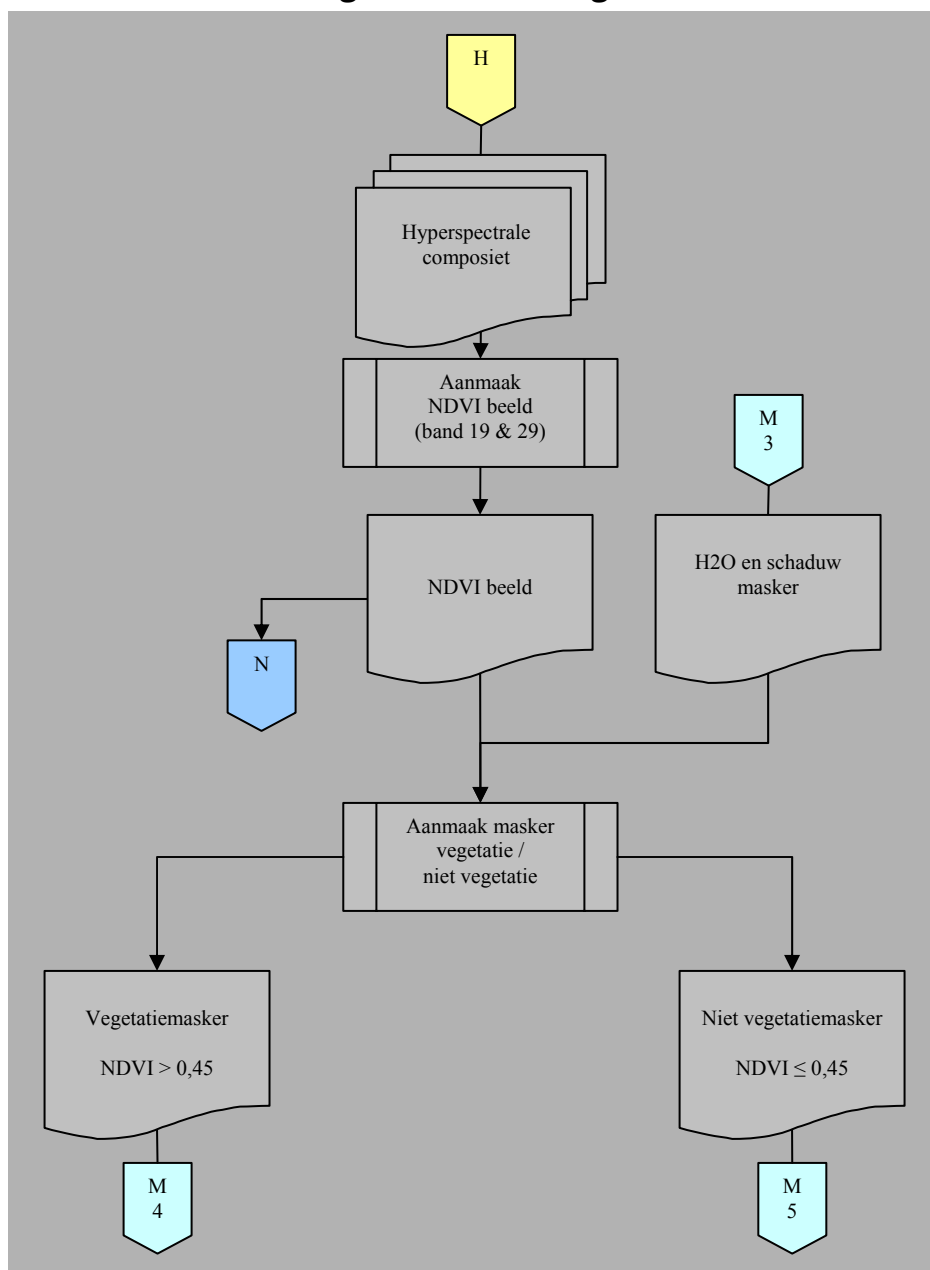
Door lage reflectantie t.g.v. schaduw was er een overdetectie van waterpartijen, vooral op de oevers langs de rivieren (Figuur 12a, b). Het was daarom nodig schaduw van water te scheiden. Dit werd bekomen door de reflectantie in het groene golflengtegebied in rekening te brengen. Praktisch werd band 12 (591 nm) gebruikt. Schaduw in dit deel van het elektromagnetische spectrum vertoont een lagere reflectantie dan water. De limietwaarde om schaduw van water te scheiden werd empirisch op de hyperspectrale beelden bepaald. Schaduw bleek een reflectantiewaarde kleiner dan 0,025 te hebben, terwijl de reflectantiewaarde van water hoger lag. Op deze manier kon een nagenoeg perfect water- en schaduwmasker worden gecreëerd (resp. Figuur 12c, d). Deze twee maskers, in Figuur 9

aangeduid met resp. C1 en C2, werden in een latere processtap gebruikt om de klasse ‘Water’ en ‘Schaduw’ te definiëren.



Figuur 12. a) Deze hyperspectrale RGB uitsnit, uit het deelgebied Schelde_8b, toont in rood omcirkeld schaduwpartijen op de oever. b) In het watermasker worden deze schaduwen gedetecteerd als water. Om deze schaduw van water te scheiden werd een bijkomend schaduwmasker gemaakt dat gebaseerd is op de lagere reflectantie van schaduw in het groene deel van het elektromagnetische spectrum.

2.5. Aanmaak van het vegetatie/niet-vegetatie masker



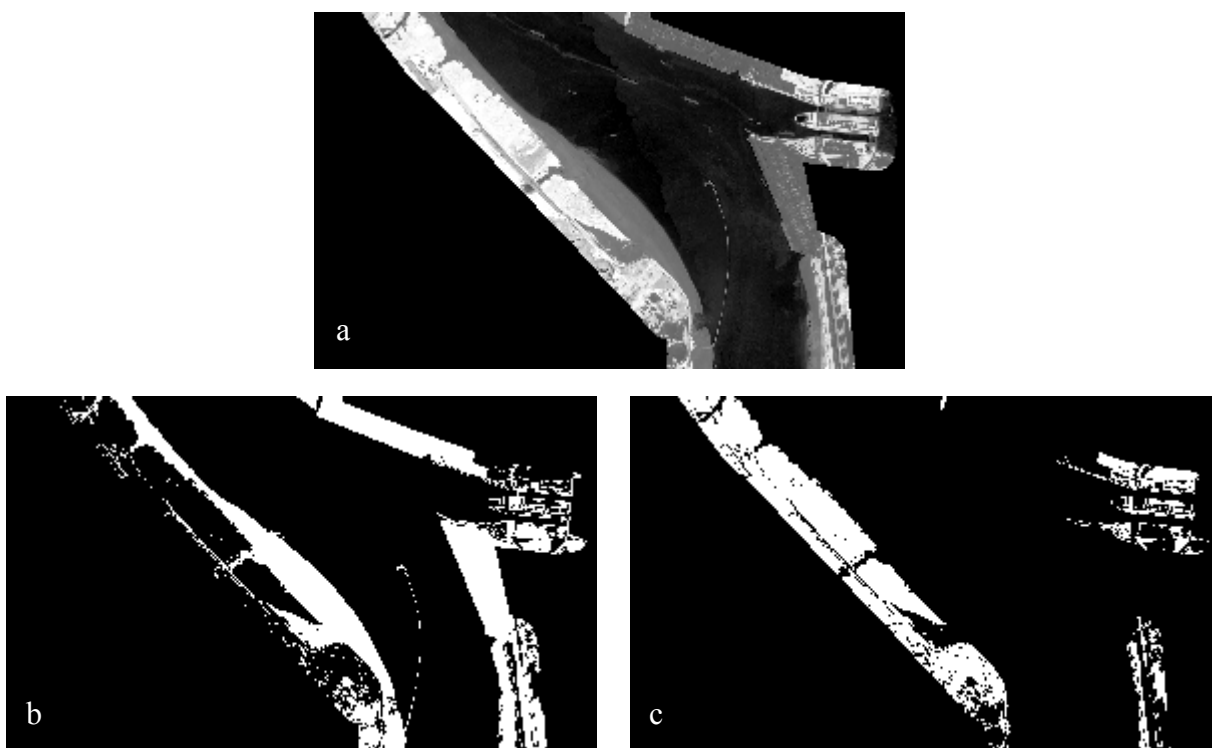
Figuur 13. Schematisch overzicht voor de aanmaak van een vegetatiemasker (M4) en een niet-vegetatiemasker (M5). Daartoe werd een NDVI beeld (N) berekend op alle data van de hyperspectrale composiet (H). Bij de aanmaak van het vegetatie/niet-vegetatiemasker werd rekening gehouden met het water- en schaduwmasker (M3).

Een volgende logische stap in de processtap was het onderscheid tussen vegetatie en niet-vegetatie. Figuur 13 geeft hiervan een schematisch overzicht. Het onderscheid tussen vegetatie en niet-vegetatie werd gemaakt aan de hand van een limietwaarde op de NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Dit is de genormaliseerde verhouding tussen de reflectantie van een band in het rode (band 19, 666 nm) en het NIR (band 29, 774 nm)

gebied van het elektromagnetisch spectrum volgens (1). Hierin is ρ_{red} de reflectantie van de rode band en ρ_{NIR} de reflectantie van de NIR band.

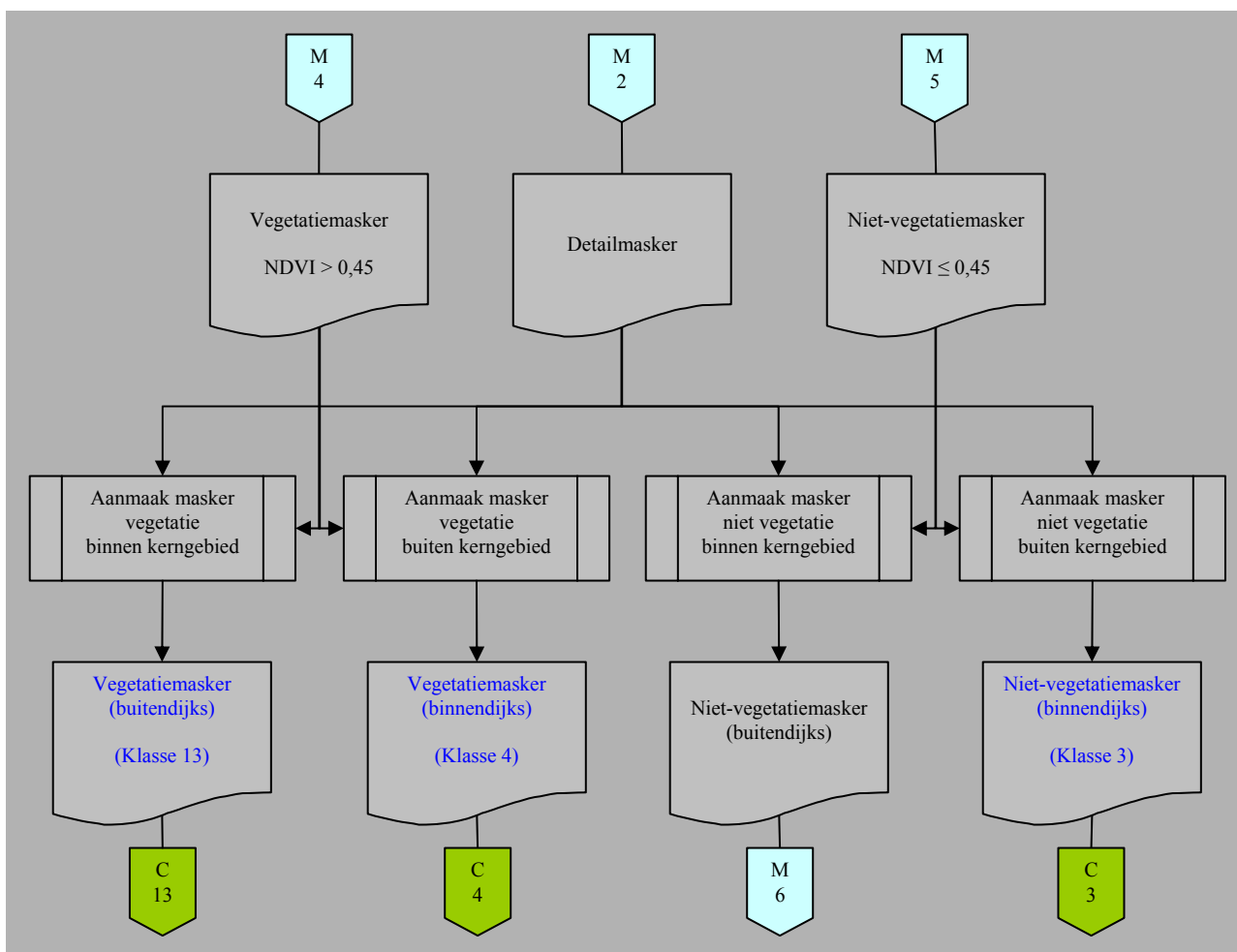
$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{red}}{\rho_{NIR} + \rho_{red}} \quad (1)$$

De limietwaarde om vegetatie van niet-vegetatie te scheiden werd empirisch op het hyperspectrale beeld bepaald. Een pixel met een NDVI waarde groter dan 0,45 behoort tot vegetatie, NDVI waarden kleiner of gelijk aan 0,45 behoort tot niet-vegetatie. Het NDVI beeld (N), (Figuur 14a) werd berekend op alle data van de composiet (H). Bij de aanmaak van het hiervan afgeleide niet-vegetatiemasker (M5), (Figuur 14b) en het vegetatiemasker (M4), (Figuur 14c) werd rekening gehouden met het water- en schaduwmasker (M3). Het vegetatie-/niet-vegetatiemasker zijn intermediair en worden in een volgende processtap gebruikt voor de aanmaak van binnendijkse/buitendijkse vegetatie/niet-vegetatiemaskers.



Figuur 14. a) Het op het hyperspectrale beeld van deelgebied Schelde_1b berekende NDVI beeld. b) Het afgeleide niet-vegetatiemasker. c) Het afgeleide vegetatiemasker.

2.6. Aanmaak van de binnendijkse/buitendijkse vegetatie/niet-vegetatiemaskers



Figuur 15. Schema voor de aanmaak van het binnendijks/buitendijks vegetatie/niet-vegetatiemasker. Gebruik makend van een logische combinatie van het vegetatiemasker (M4), het niet-vegetatiemasker (M5) en het detailmasker (M2) dat het kerngebied afbakt konden de maskers ‘Vegetatie (binnendijks)’ (C4), ‘Niet-vegetatie (binnendijks)’ (C3) en ‘Vegetatie (buitendijks)’ (C13), ‘Niet-vegetatie (buitendijks)’ (M6) aangemaakt worden.

Figuur 15 geeft een schematisch overzicht voor de aanmaak van de binnendijkse/buitendijkse vegetatie/niet-vegetatie maskers. Vegetatie binnen het slikken en schorren gebied maar buiten het kerngebied werd niet verder gedifferentieerd. Hiervoor werd een masker aangemaakt, m.n. het binnendijkse vegetatiemasker (C4), (Figuur 16a), volgens (2) waarbij ‘&’ staat voor een logische AND en ‘~’ staat voor de logische NOT.

$$\text{Vegetatiemasker} \& \sim \text{Detailmasker} = \text{Vegetatiemasker (binnendijks)} \quad (2)$$

Hetzelfde geldt voor alle niet-vegetatie buiten het kerngebied, hiervoor werd een masker aangemaakt, m.n. het binnendijkse niet-vegetatiemasker (C3), (Figuur 16b), volgens (3).

$$\text{Niet-vegetatiemasker} \& \sim \text{Detailmasker} = \text{Niet-vegetatiemasker (binnendijks)} \quad (3)$$

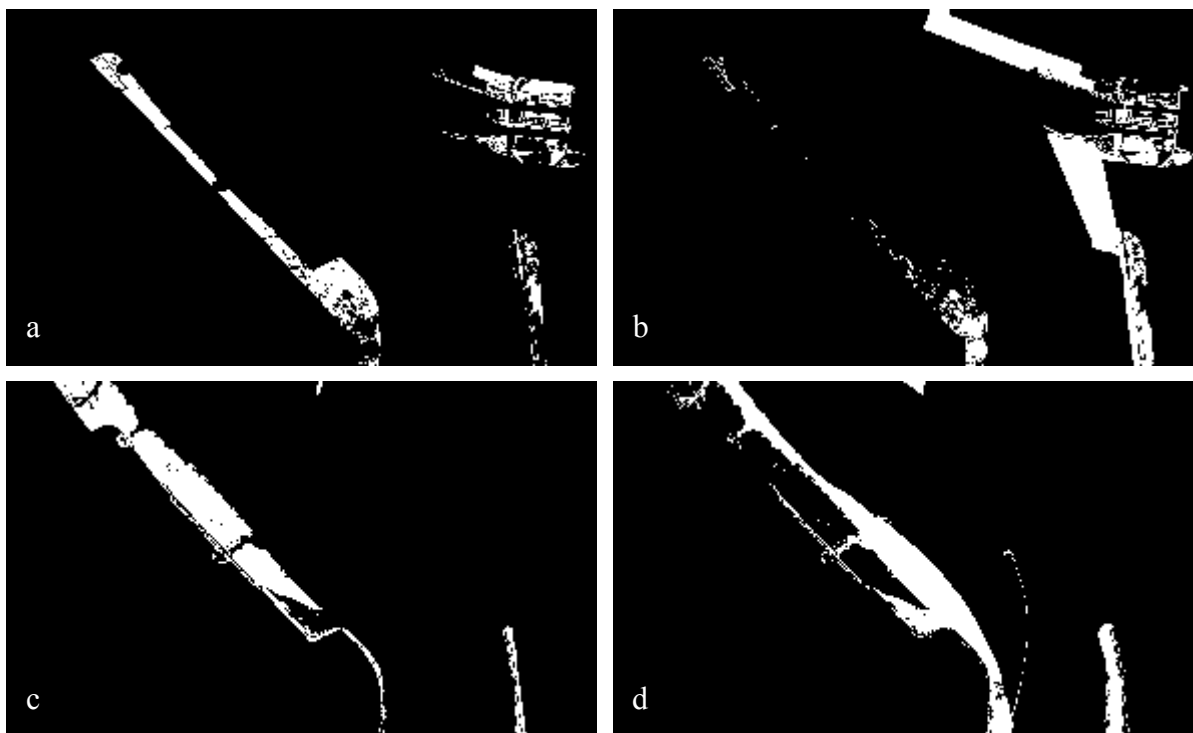
Voor vegetatie binnen het kerngebied werd een masker aangemaakt, m.n. het buitendijkse vegetatiemasker (C13), (Figuur 16c), volgens (4).

$$\text{Vegetatiemasker} \& \text{Detailmasker} = \text{Vegetatiemasker (buitendijks)} \quad (4)$$

Voor niet-vegetatie binnen het kerngebied werd een masker aangemaakt, m.n. het buitendijkse niet-vegetatiemasker (M6), (Figuur 16d), volgens (5) waarmee in een volgende processtap de slikken werden gedifferentieerd.

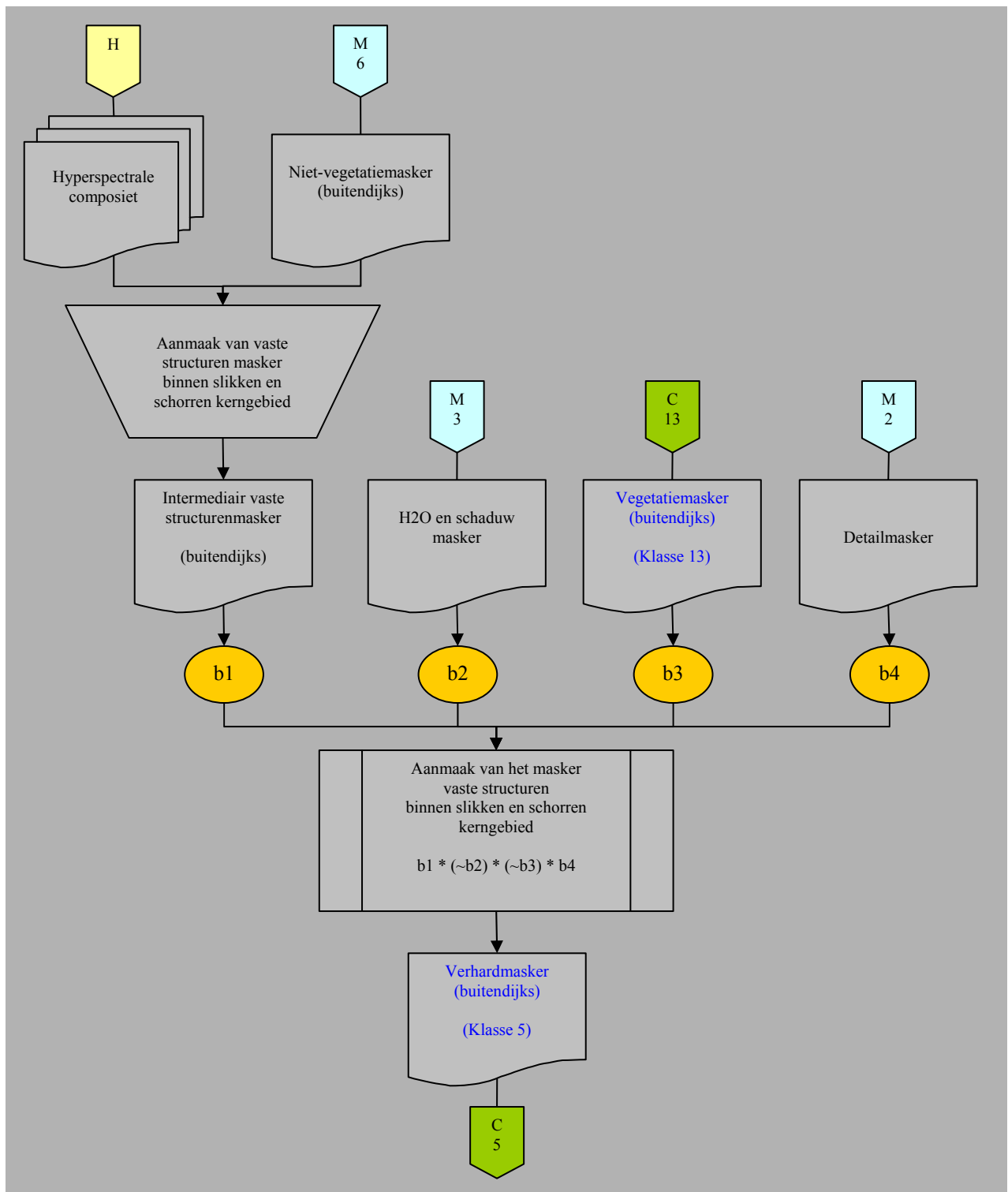
$$\text{Niet-vegetatiemasker} \& \text{Detailmasker} = \text{Niet-vegetatiemasker (buitendijks)} \quad (5)$$

Het masker C3 werd in een latere processtap gebruikt om de klasse ‘Niet-vegetatie (binnendijks)’ aan te maken, met het masker C4 werd de klasse ‘Vegetatie (binnendijks)’ aangemaakt. De verschillende schorren- en dijkvegetaties werden in een latere processtap bekomen door het masker C4 verder te differentiëren. Het masker M6 werd in een latere processtap gebruikt om de verschillende sedimentklassen aan te maken.



Figuur 16. a) Het binnendijkse vegetatiemasker (C4). b) Het binnendijkse niet-vegetatiemasker (C3). c) Het buitendijkse vegetatiemasker (C13). d) Het buitendijkse niet-vegetatiemasker (M6). Alle getoonde maskers zijn van deelgebied Schelde_1b.

2.7. Aanmaak van het buitendijkse vaste structurenmasker

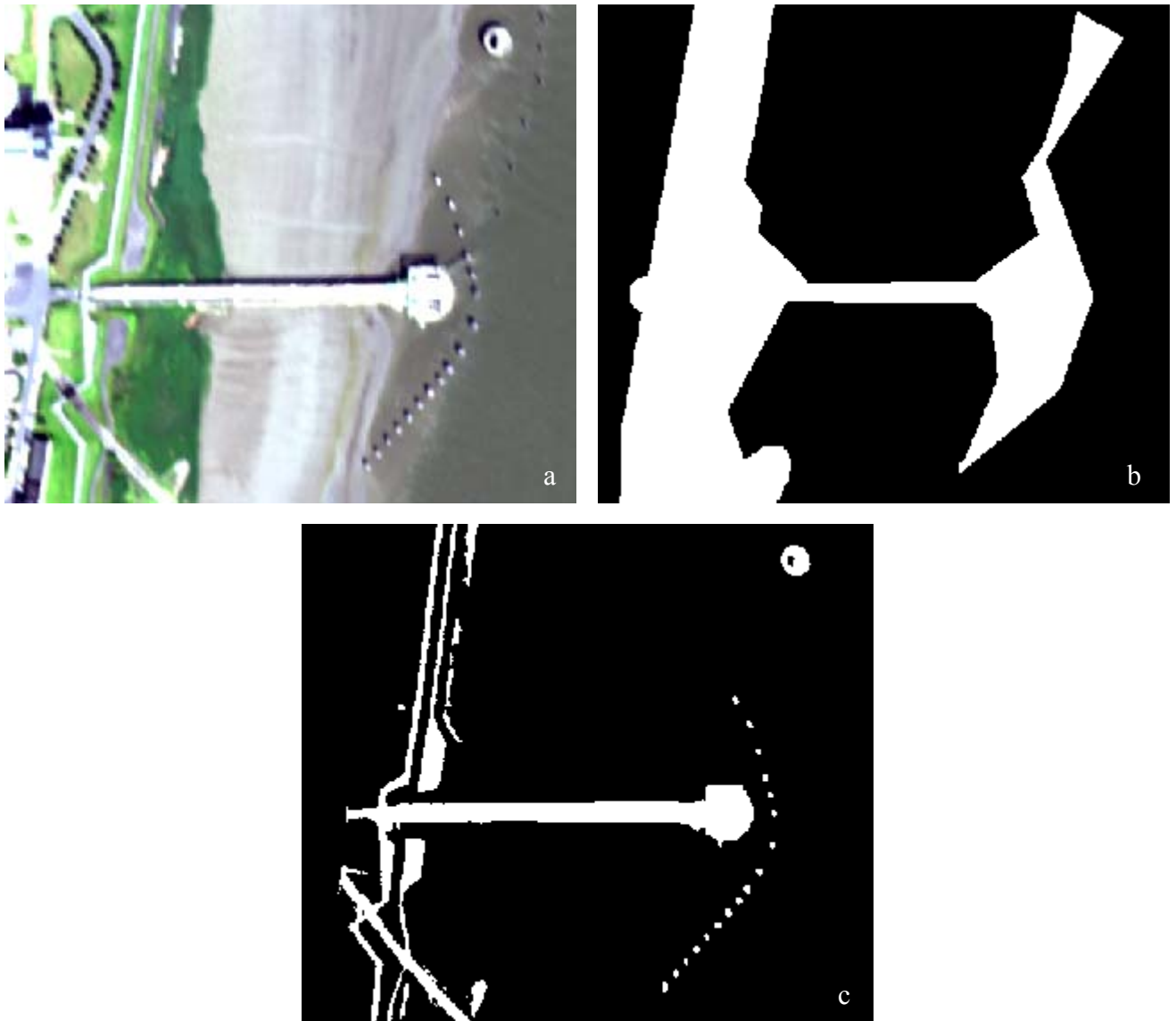


Figuur 17. Binnen de buitendijkse niet-vegetatie komen naast zandplaten en slikken ook antropogene structuren voor. Door visuele interpretatie van de hyperspectrale composiet (H) en het buitendijkse niet-vegetatiemasker (M6) konden sommige antropogene structuren worden geselecteerd. Hiervan werd een buitendijks Verhardmasker (C5) afgeleid waarbij rekening gehouden werd met de omvang van het kerngebied (M2), de aanwezigheid van buitendijkse vegetatie (C13) en water en schaduw (M3).

Figuur 17 geeft een schematisch overzicht voor de aanmaak van het buitendijkse verharde structurenmasker. In het buitendijkse niet-vegetatiemasker (M6) zitten naast zandplaten en slikken ook antropogene structuren zoals bruggen, wegen, dijkstructuren, e.d. Deze antropogene structuren dienen te worden onderscheiden van de zandplaten en slikken. Daartoe werd de hyperspectrale composiet (H) samen met het buitendijks niet-vegetatiemasker (M6) visueel geïnspecteerd. Sommige antropogene structuren waren eenvoudig te herkennen (Figuur 18a) en werden d.m.v. beeldverwerking als Regions Of Interest (ROIs) geselecteerd waarna van deze ROIs een intermediair vaste structurenmasker (Figuur 18b) werd aangemaakt. De ROIs sloten de antropogene structuren niet exact in, deze waren met een ruimere marge afgebakend. Daardoor konden ze buiten het kerngebied vallen of overlappen met water, schaduw of buitendijkse vegetatie. Hiermee diende rekening gehouden te worden bij de aanmaak van het buitendijks verhardmasker (C5). Enkel antropogene structuren binnen het kerngebied die niet overlappen met vegetatie of met water mochten in het masker overblijven. Voor de aanmaak van het buitendijkse verhardmasker (C5) werd volgende bewerking uitgevoerd:

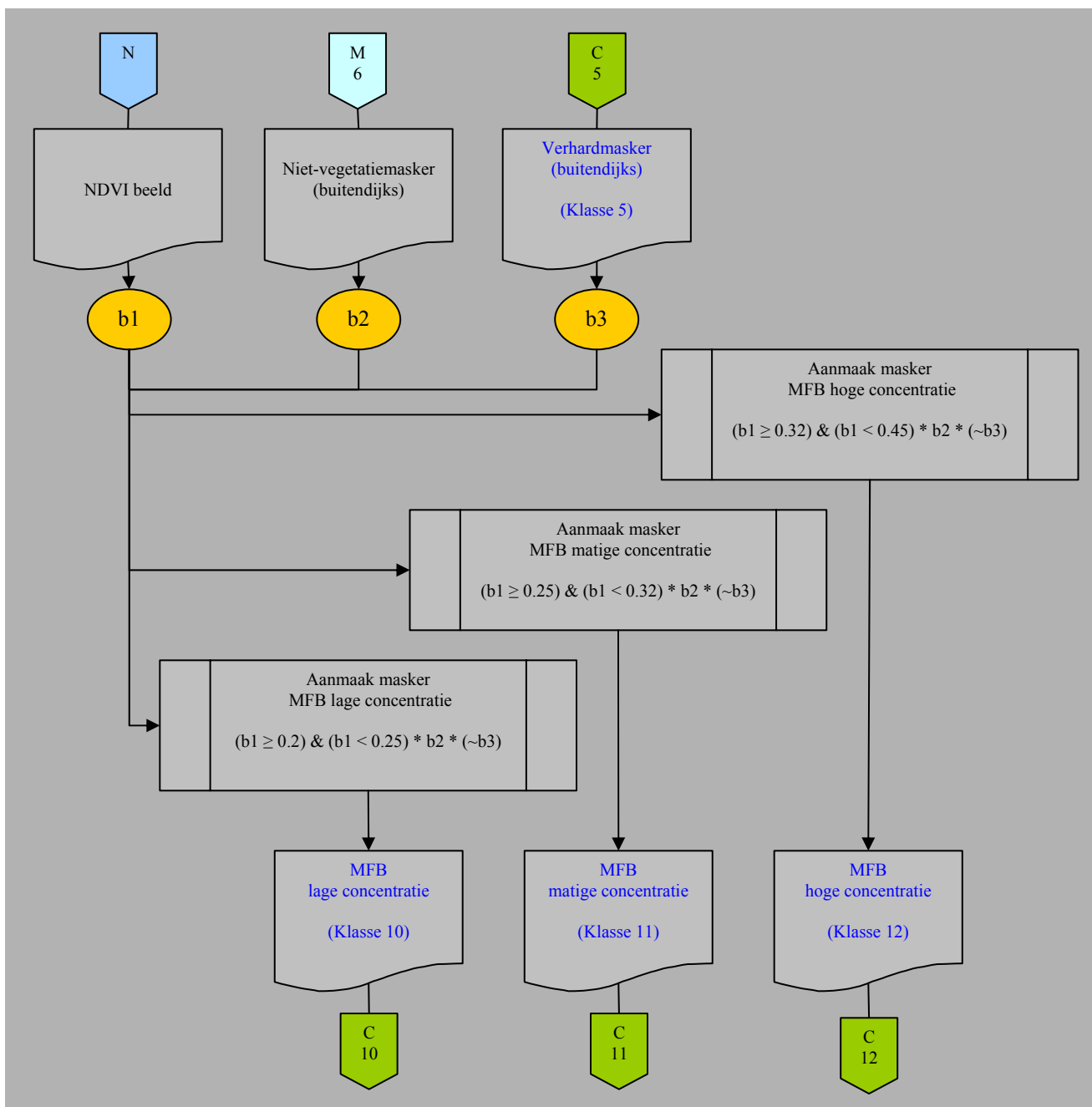
$$b1*(\sim b2)*(\sim b3)*b4 = \text{verhardmasker buitendijks} \quad (6)$$

Hierin is **b1** het intermediaire vaste structurenmasker, **b2** is het water- en schaduwmasker, **b3** is het buitendijkse vegetatiemasker, **b4** het detailmasker dat het kerngebied omsluit, ‘ $\sim$ ’ is de logische NOT functie en ‘*’ is het rekenkundig product. Het masker C5 (Figuur 18c) werd in een latere processtep gebruikt voor de klasse ‘Verhard (buitendijks)’.



Figuur 18. a) Deze RGB uitsnit van deelgebied Schelde_2a, toont een aantal buitendijkse antropogene structuren. b) D.m.v. Regions Of Interest (ROIs) werden deze antropogene structuren geselecteerd (hier niet getoond) waarna hiervan een masker werd af geleid. c) Rekening houdend met het water en schaduwmasker (M3), het buitendijkse vegetatiemasker (C13) en het detailmasker (M2) kon een buitendijks verhardmasker (C5) worden aangemaakt.

2.8. Aanmaak van drie microfytobenthos (MFB) maskers



Figuur 19. Op de buitendijkse platen en slikken komt microfytobenthos (MFB) voor dat zich kenmerkt door de aanwezigheid van chlorofyl. Dit chlorofyl weerspiegelt zich in de NDVI waarde van het berekende NDVI beeld (N), m.a.w. de NDVI waarde wordt door de concentratie MFB bepaald. De platen en slikken werden geselecteerd rekening houdend met het buitendijkse niet-vegetatiemasker (M6) en het buitendijkse verhardmasker (C5). Aan de hand hiervan kunnen drie maskers aangemaakt worden: ‘MFB lage concentratie’ (C10), ‘MFB matige concentratie’ (C11) en ‘MFB hoge concentratie’ (C12).

De platen en slikken in het rivierenstroomgebied werden geklasseerd in vier sedimentklassen, n.l. ‘Droog zand’, ‘Nat zand’, ‘Water verzadigd sediment’ en ‘Nat

slibhoudend zand' en drie MFB klassen die gedefinieerd werden door hun concentratie, n.l. lage, matige en hoge concentratie MFB. In deze paragraaf wordt de aanmaak van de drie MFB klassen besproken, in de volgende paragraaf wordt de aanmaak van de vier sedimentklassen besproken.

Het berekende NDVI beeld (N) werd gemaskeerd met het buitendijks niet-vegetatiemasker (M6) en het buitendijks verhard masker (C5) waardoor enkel de relevante data, m.n. de platen en slikken, overblijft. Door op de NDVI waarde te differentiëren kon onderscheid gemaakt worden tussen de concentratie MFB zoals het classificatieschema in Figuur 19 laat zien. Een vergelijkbare classificatie werd toegepast in de studie van Kromkamp (2006). In de studie van Kromkamp (2006) werd echter een vegetatie-index gebruikt gebaseerd op de verhouding tussen 2 banden, n.l. 754 nm en 561 nm. Bij deze index kleiner dan 0,2 wordt MFB verondersteld, bij een index groter dan 0,2 wordt schor verondersteld. Deze index was echter sterk gecorreleerd met de hier berekende NDVI waarden die dan ook in deze analyse gebruikt werd. De gebruikte limieten voor het onderscheid tussen de MFB klassen werden arbitrair bepaald.

Tabel 2. NDVI differentiatie wordt gebruikt om het MFB te differentiëren naar concentratie.

NDVI min	NDVI max	Klasse
0,2	0,25	Lage concentratie MFB
0,25	0,3	Matige concentratie MFB
0,3	0,45	Hoge concentratie MFB

Voor de aanmaak van de drie MFB maskers werden volgende bewerkingen uitgevoerd:

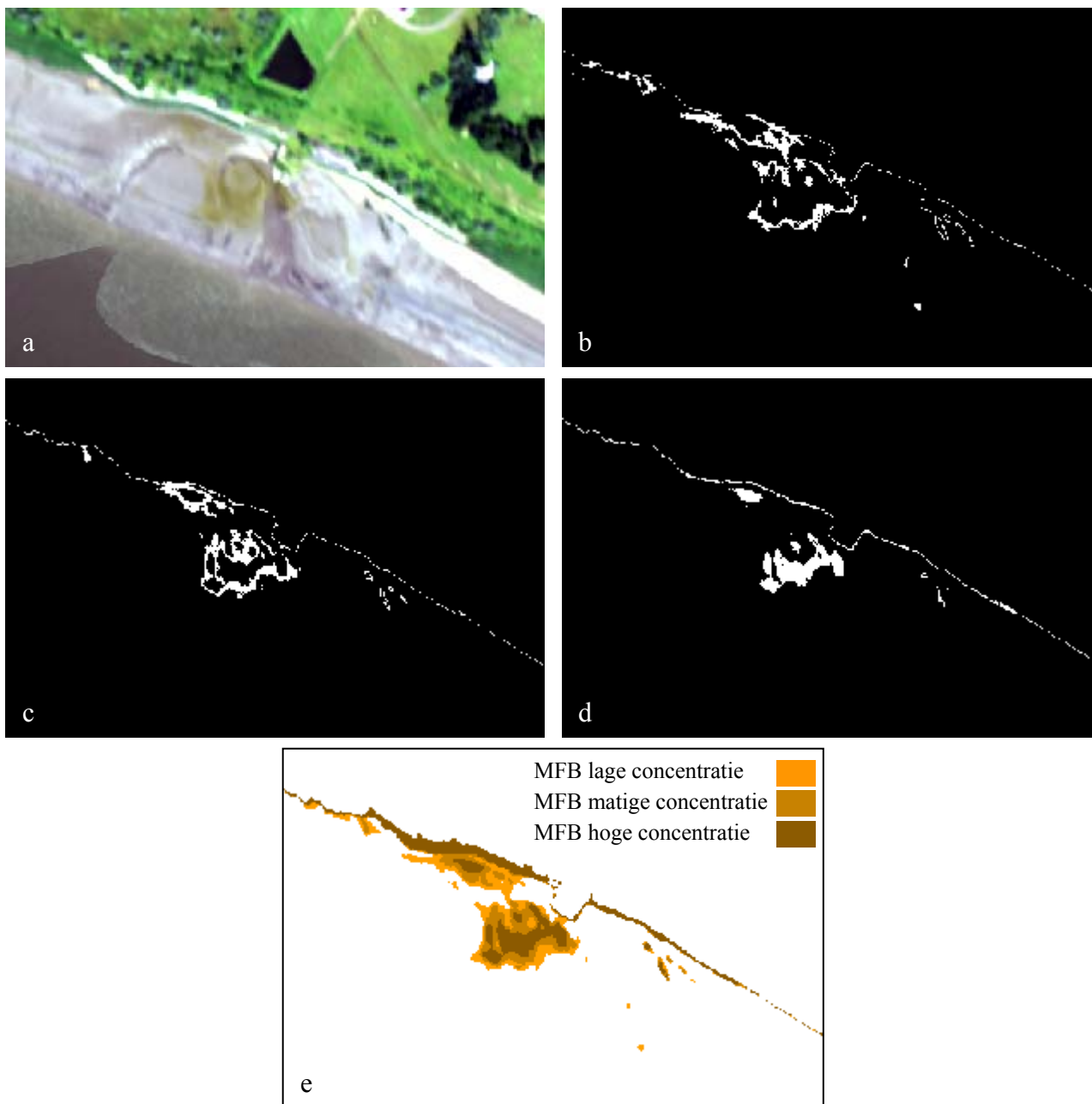
$$(b1 \geq 0.2) \& (b1 < 0.25) * (b2) * (\sim b3) = \text{MFB lage concentratie} \quad (7)$$

$$(b1 \geq 0.25) \& (b1 < 0.32) * (b2) * (\sim b3) = \text{MFB matige concentratie} \quad (8)$$

$$(b1 \geq 0.32) \& (b1 < 0.45) * (b2) * (\sim b3) = \text{MFB hoge concentratie} \quad (9)$$

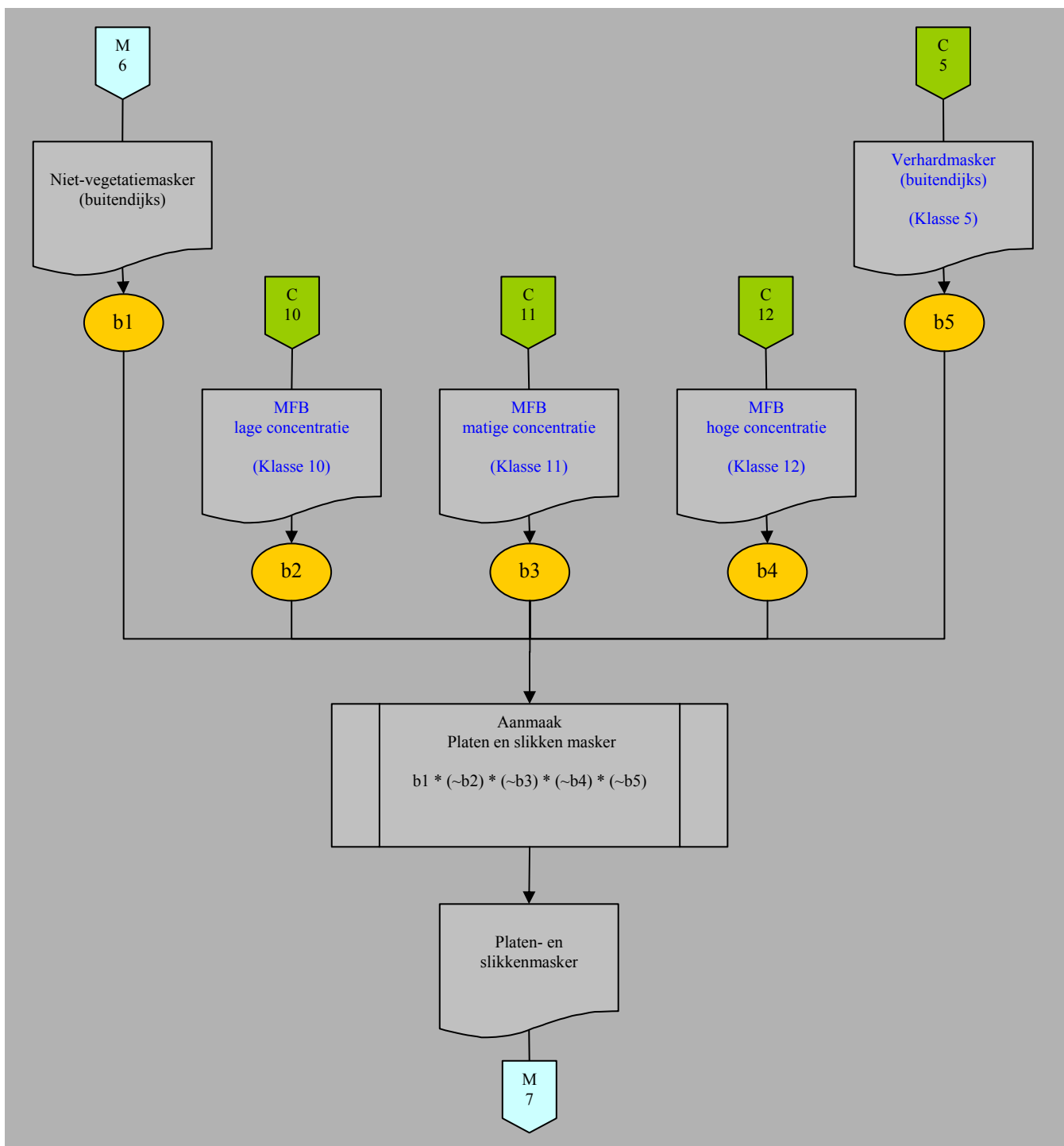
Hierin is **b1** het NDVI beeld, **b2** is het buitendijkse niet-vegetatiemasker, **b3** is het buitendijkse verhardmasker, '~' is de logische NOT functie en '*' is het rekenkundig product. De maskers C10, C11 en C12 werden in een latere processtap gebruikt voor de aanmaak van de klassen resp. 'MFB lage concentratie', 'MFB matige concentratie' en 'MFB hoge concentratie'.

Figuur 20a toont een RGB uitsnit van deelgebied Schelde_2a. Hierop zijn een deel van de slikken te zien. Figuur 20a, b en c tonen de aangemaakte maskers voor de drie MFB concentraties. Van deze maskers worden later de drie MFB klassen gemaakt zoals Figuur 20e laat zien.



Figuur 20. a) Deze RGB uitsnit van deelgebied Schelde 2a, toont de aanwezigheid van MFB op de slikken. In een aantal stappen werd dit MFB gedifferentieerd in verschillende concentraties: lage (b), matige (c) en hoge concentratie (d). e) Deze uitsnit toont een gekleurde composiet van de drie MFB klassen.

2.9. Aanmaak van het platen en slikken masker



Figuur 21. Schematische voorstelling voor de aanmaak van een masker (M7) dat de platen en slikken omvat met enkel die delen waarop geen MFB voorkomt. Dit masker wordt in een volgende processtap gebruikt voor differentiatie van de platen en slikken. Voor de aanmaak van dit masker wordt gebruik gemaakt van het buitendijkse niet-vegetatiemasker (M6) en het buitendijkse vaste structurenmasker (C5) samen met de drie MFB maskers (C10, C11 en C12).

Figuur 21 toont het schematische overzicht voor de aanmaak van het platen en slikkenmasker. Voordat de sedimentklassen op de platen en slikken kunnen worden gedifferentieerd diende een masker aangemaakt te worden dat enkel die delen van de platen en slikken omvat waarop geen MFB voorkomt. Dit masker werd aangemaakt door gebruik te maken van de drie eerder berekende MFB maskers (C10, C11 en C12), het buitendijkse niet-vegetatiemasker (M6) en het buitendijkse verhardmasker (C5). Voor de aanmaak van het platen- en slikkenmasker (M7) werd volgende bewerking uitgevoerd:

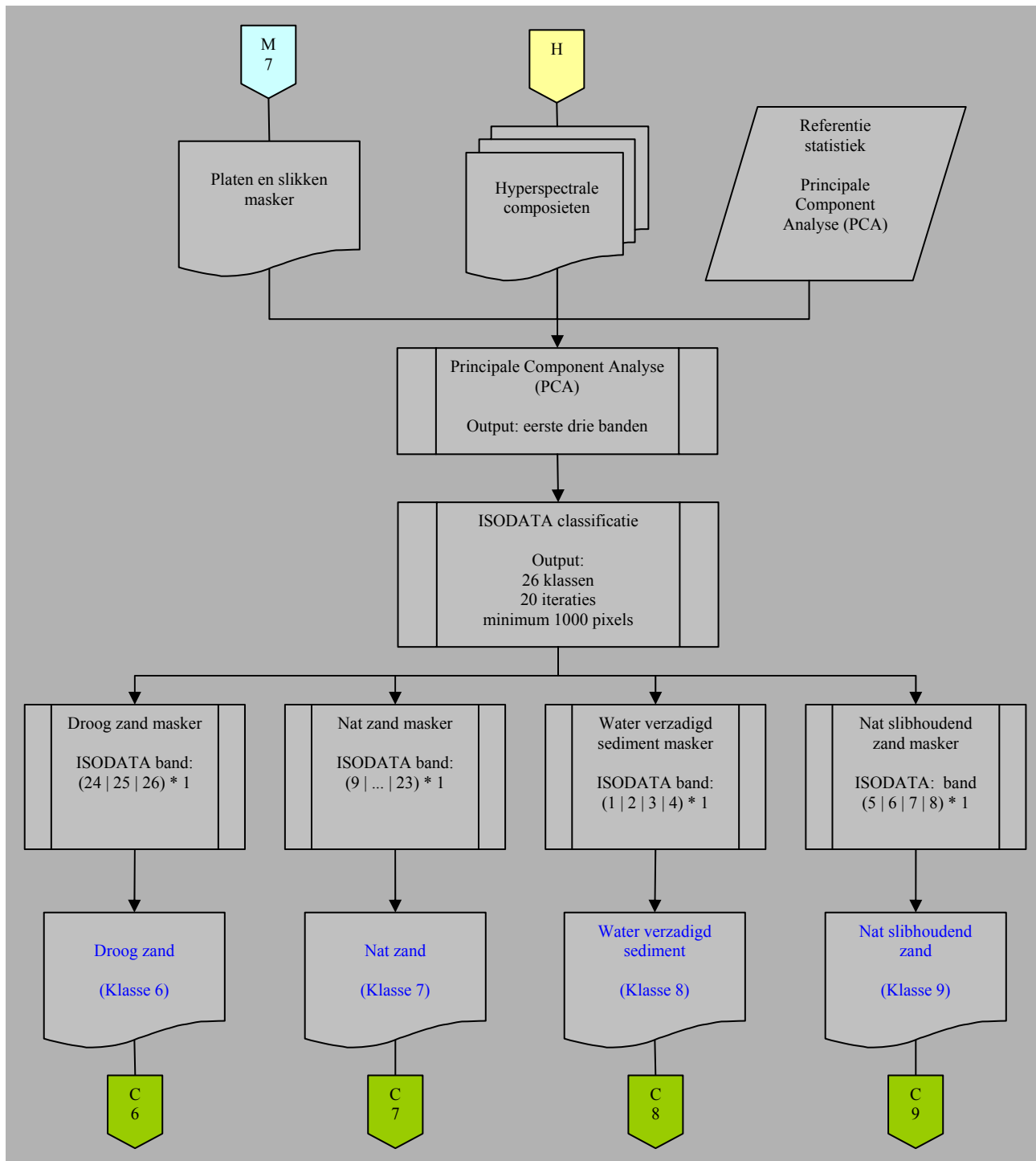
$$(b1) * (\sim b2) * (\sim b3) * (\sim b4) * (\sim b5) = \text{Platen en slikken masker} \quad (10)$$

Hierin is **b1** het buitendijkse niet-vegetatiemasker, **b2**, **b3**, **b4** zijn de drie MFB maskers, resp. lage, matige en hoge concentratie MFB, **b5** is het buitendijkse verhardmasker, ‘~’ is de logische NOT functie en ‘*’ is het rekenkundig product. Het intermediaire platen en slikkenmasker (M7) werd in een volgende processtap gebruikt voor differentiatie van de vier sediment maskers. Figuur 22a toont de RGB voorstelling van de hyperspectrale composiet van deelgebied Schelde_1a. Het berekende platen- en slikkenmasker (Figuur 22b) bevat enkel de gebieden waarvoor sedimentklassen moeten worden gedifferentieerd.



Figuur 22. a) RGB voorstelling van het hyperspectrale beeld van het volledige deelgebied Schelde_1a. b) Het platen- en slikkenmasker (M7) van het volledige deelgebied Schelde_1a.

2.10. Aanmaak van vier sediment maskers



Figuur 23. De platen en slikken werden geklasseerd in vier sedimentklassen d.m.v. Principale Component Analyse (PCA) gebruik makend van referentie statistieken. Vervolgens werd de PCA analyse gevolgd door een ongesuperviseerde ISODATA classificatie. De classificatie liep in 20 iteraties met 26 klassen als output en waarbij iedere klasse minstens 1000 pixels diende te bevatten.

Omdat de vier sedimentklassen, droog zand, nat zand, water verzadigd sediment en nat slibhoudend zand, enkel op de niet met MFB bedekte platen en slikken dienden berekend te

worden, werd het platen en slikken masker (M7) aangemaakt. Figuur 23 toont hiervan het schematisch overzicht. De vier sedimentklassen werden geklasseerd d.m.v. een ongesuperviseerde ISODATA classificatie zoals deze eerder werd toegepast op het Walsoorden project. Dit project, uitgevoerd in 2007 op de Walsoordenplaat, behelsde het in kaart brengen van de verschillende sedimentklassen (D. van der Wal, 2008). Daar voor dit project dezelfde AISA sensor gebruikt werd en de data pre-processing op dezelfde manier gebeurde als voor dit slikken en schorren project kon de classificatiemethode worden overgenomen.

Om de hyperspectrale dataset te reduceren en de inherente ruis van de beeldinformatie te scheiden werd een principale componentenanalyse (PCA) uitgevoerd. Een PCA projecteert de data in een orthogonale ruimte waarbij de variantie van de hyperspectrale dataset wordt gemaximaliseerd. Tegelijkertijd worden PCA statistieken berekend en bewaard. De betekenisvolle beeldinformatie is daarna terug te vinden in de eerste banden van het PCA getransformeerde beeld, de andere banden zullen steeds meer ruis bevatten en zijn dus niet bruikbaar. De PCA statistieken van het voornoemde Walsoorden project werden als referentie gebruikt bij het uitvoeren van de PCA transformatie voor de verschillende deelgebieden van het slikken en schorren project.

Na de PCA transformatie werd voor ieder deelgebied een niet-gesuperviseerde ISODATA classificatie uitgevoerd op de eerste 3 banden van het PCA geroteerde beeld. Er werd voor een ISODATA classificatiemethode gekozen omdat deze op een snelle en controleerbare manier toelaat de data van de verschillende deelgebieden op een vergelijkbare manier te klasseren. De classificatie werd uitgevoerd zodat 26 klassen werden verkregen in 20 iteraties. Deze klassen werden vervolgens gereduceerd tot 4 klassen door gebruik te maken van de gegevens verkregen uit de veldmetingen uitgevoerd tijdens het Walsoorden project. Deze veldgegevens leverden informatie op over o.a. korrelgrootteverdeling en slibgehalte. Op de 'Plaat van Walsoorden' waren gegevens verzameld op 48 meetpunten, tevens was voor elk van deze punten de geografische locatie ingemeten met GPS. Daardoor konden deze 48 meetpunten via georeferentie op het geklasseerde beeld van Walsoorden worden geplaatst waarna de 26 ISODATA klassen konden worden geanalyseerd en gelabeld (Tabel 3). Uit de analyse van de meetgegevens kon worden afgeleid dat wanneer de mediaan van de korrelgrootte (MD50) groter werd dan $160\text{ }\mu\text{m}$ en het slibgehalte gelijk was aan 0% we steeds te maken hadden met zand. Door de beeldspectra van de 15 door ISODATA bekomen zandklassen onderling te vergelijken kon deze klasse verder worden opgesplitst in twee groepen. Een aantal zandspectra hadden duidelijk verlaagde reflectantiewaarden, wat kon worden toegeschreven aan de aanwezigheid van water in het zandsubstraat (Figuur 24). Vandaar de opdeling in de klassen 'nat zand' en 'droog zand'. Verder kon worden afgeleid dat wanneer het slibgehalte groter werd dan 3% we steeds te maken hadden met de klasse 'nat slibhoudend zand'. Een aantal meetpunten werden, omwille van hun hoge NDVI

waarden, geklasseerd in schor of MFB en werden daarom buiten beschouwing gelaten bij het analyseren van de sedimentklassen. In onderstaande Tabel 3 zijn deze weergegeven met de indicatie Chl (Chlorofyl).

Tabel 3. Aan de hand van mediane korrelgrootte en slibgehalte van het substraat kan onderscheid gemaakt worden tussen zand en slibhoudend zand. Het onderscheid tussen nat en droog zand kon worden gemaakt aan de hand van het spectrale profiel. Deze tabel bevat de analyses van de sediment staalnamen op de plaat van Walsoorden. Deze staalnamen en de analyse werden uitgevoerd onder leiding van dr. D. van der Wal van het Nederlands instituut voor ecologie (NIOO-KNAW).

Monster- Naam / Meetlocatie	Mediaan Korrelgrootte (μm)	Slibgehalte (%)	Isodata klasse	Monster- Naam / Meetlocatie	Mediaan Korrelgrootte (μm)	Slibgehalte (%)	Isodata klasse
B01	187,14	0	24 (DZ)	B25	178,51	0	23 (DZ)
B02	154,71	2,38	7 (NS)	B26	145,37	8,29	7 (NS)
B03	128,31	21,22	7 (NS)	B27	155,4	10,3	16 (NZ)
B04	89,03	34,37	4 (NS)	B28	128,67	18,14	Chl
B05	204,13	0	16 (NZ)	B29	200,71	0	15 (NZ)
B06	184,82	0	2 (NS)	B30	259,91	0	17 (NZ)
B07	165,03	0	4 (NS)	B31	186,47	0	15 (NZ)
B08	114,74	20,89	Chl	B32	241,08	1,85	16 (NZ)
B09	155,69	7,26	2 (NS)	B33	223,97	0	17 (NZ)
B10	116,27	19,91	4 (NS)	B34	239,46	2,24	22 (NZ)
B11	110,73	15,44	5 (NS)	B35	233,53	0	17 (NZ)
B12	165,56	0	24 (DZ)	B36	223,36	0	*
B13	253,21	0	19 (NZ)	B37	186,42	0	16 (NZ)
B14	203,5	0	16 (NZ)	B38	150,97	9,58	7 (NS)
B15	176,17	0	11 (NS)	B39	198,51	0	25 (DZ)
B16	130,98	12,59	Chl	B40	180,94	0	24 (DZ)
B17	147,18	8,91	Chl	B41	167,88	0	26 (DZ)
B18	96,35	31,99	Chl	B42	172,6	0	24 (DZ)
B19	64,66	48,81	Chl	B43	138,47	5,82	11 (NS)
B20	171,05	0	17 (NZ)	B44	146,31	0,03	19 (NZ)
B21	191,64	0	Chl	B45	139,32	0,18	5 (NS)
B22	162,07	7	7 (NS)	B46	179,06	0	19 (NZ)
B23	206,59	0	12 (NZ)	B47	184,87	0	14 (NZ)
B24	206,05	0	23 (DZ)	B48	132,69	12,33	4 (NS)

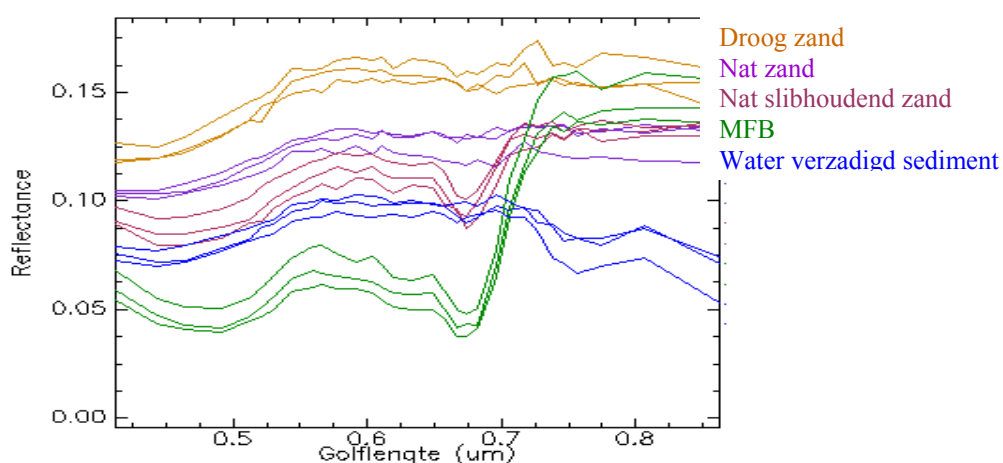
Wanneer we na labelen de ISODATA klassen en hun labels vergelijken zien we dat de slibhoudende klassen voorkomen bij een ISODATA klasse kleiner dan 12. Zoals in Figuur 24 te zien is, zijn de spectrale profielen van de als ‘Water verzadigd sediment’ geklasseerde pixels (blauw), duidelijk verlaagd t.o.v. de spectrale profielen van de als ‘Nat zand’ geklasseerde pixels (paars). De oorzaak van deze verlaagde reflectantie is de aanwezigheid van een dunne waterlaag op het sediment. Deze spectra bleken overeen te komen met de pixels geklasseerd als ISODATA klasse 1, 6 en 9. Daarom werden deze klassen gelabeld als ‘Water verzadigd sediment’. De ISODATA klassen vanaf 12 zijn gelabeld als zand. Deze zandklasse kon verder worden opgedeeld in twee subklassen: ISODATA klasse 12 tem. 22 kon als ‘nat zand’ worden gelabeld, ISODATA klasse 23 tem. 26 kon als ‘droog zand’ worden gelabeld. Dit onderscheid werd gemaakt op basis van het reflectantieniveau.

Zoals in Figuur 24 te zien is zijn de spectra van de als ‘Nat zand’ geklasseerde pixels (paars) duidelijk verlaagd t.o.v. de spectra van de als ‘Droog zand’ geklasseerde pixels (oranje). Tabel 4 geeft een overzicht van de ISODATA klassen en hun labels.

Tabel 4. Uit de analyse van de veldmetingen konden de labels van de ISODATA klassen worden afgeleid. De slib klassen kwamen voor tot klasse 12, waarbij klasse 1, 6 en 9 als ‘Water verzadigd zand’ werden gelabeld. Klasse 12 tem. 22 werd als ‘Nat zand’ gelabeld en klasse 23 tem. 26 werd als ‘Droog zand’ gelabeld.

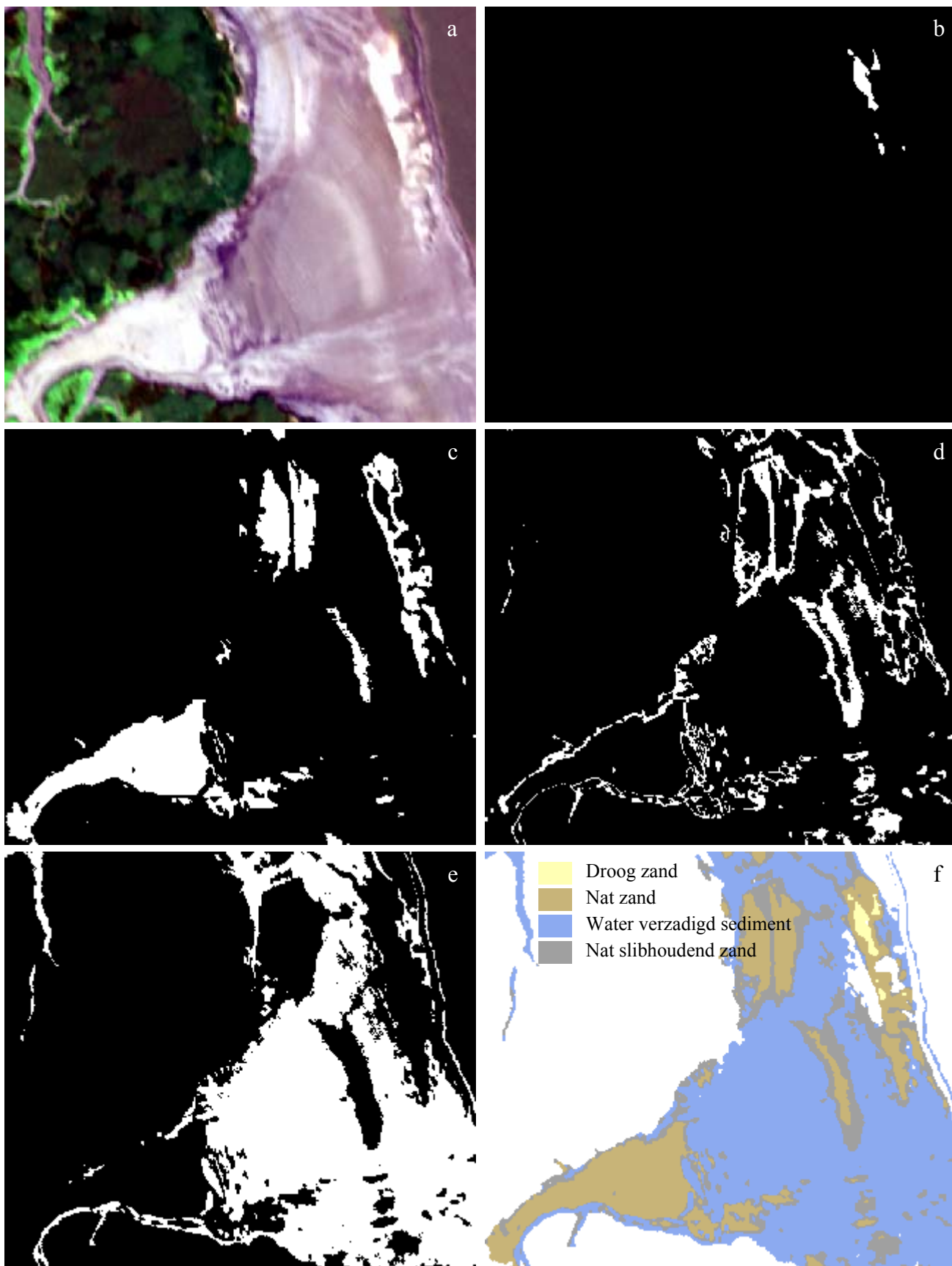
ISODATA klassen	
Klasse	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26
	Water verzadigd sediment
	Nat slibhoudend zand
	Nat zand
	Droog zand

Onderstaande Figuur 24 toont een aantal spectra, genomen op de plaat van Walsoorden, voor verschillende klassen. Hieruit blijkt duidelijk het verschil tussen de spectra van de klasse ‘Droog zand’ en ‘Nat zand’. De vorm van het spectrale profiel blijft vergelijkbaar maar de gemiddelde reflectantie van ‘Nat zand’ daalt met ongeveer 3%. ‘Water verzadigd sediment’ heeft t.o.v. ‘Nat zand’ eveneens een verlaagde reflectantie met ongeveer 3%, waarbij de reflectantie in het NIR duidelijk sterker afneemt t.g.v. de water absorptie. De gemiddelde reflectantie van ‘Nat slibhoudend zand’ is vergelijkbaar met ‘Nat zand’ maar er vormt zich een duidelijk absorptiekenmerk rond de 680 nm dat toe te schrijven is aan de aanwezigheid van chlorofyl van in het ‘Nat slibhoudend zand’ achtergebleven MFB. Het geklasseerde MFB daarentegen heeft een veel sterker uitgesproken vegetatieprofiel, het MFB komt hier in een verhoogde concentratie voor als een bedekkende laag aan het oppervlak van het sediment.



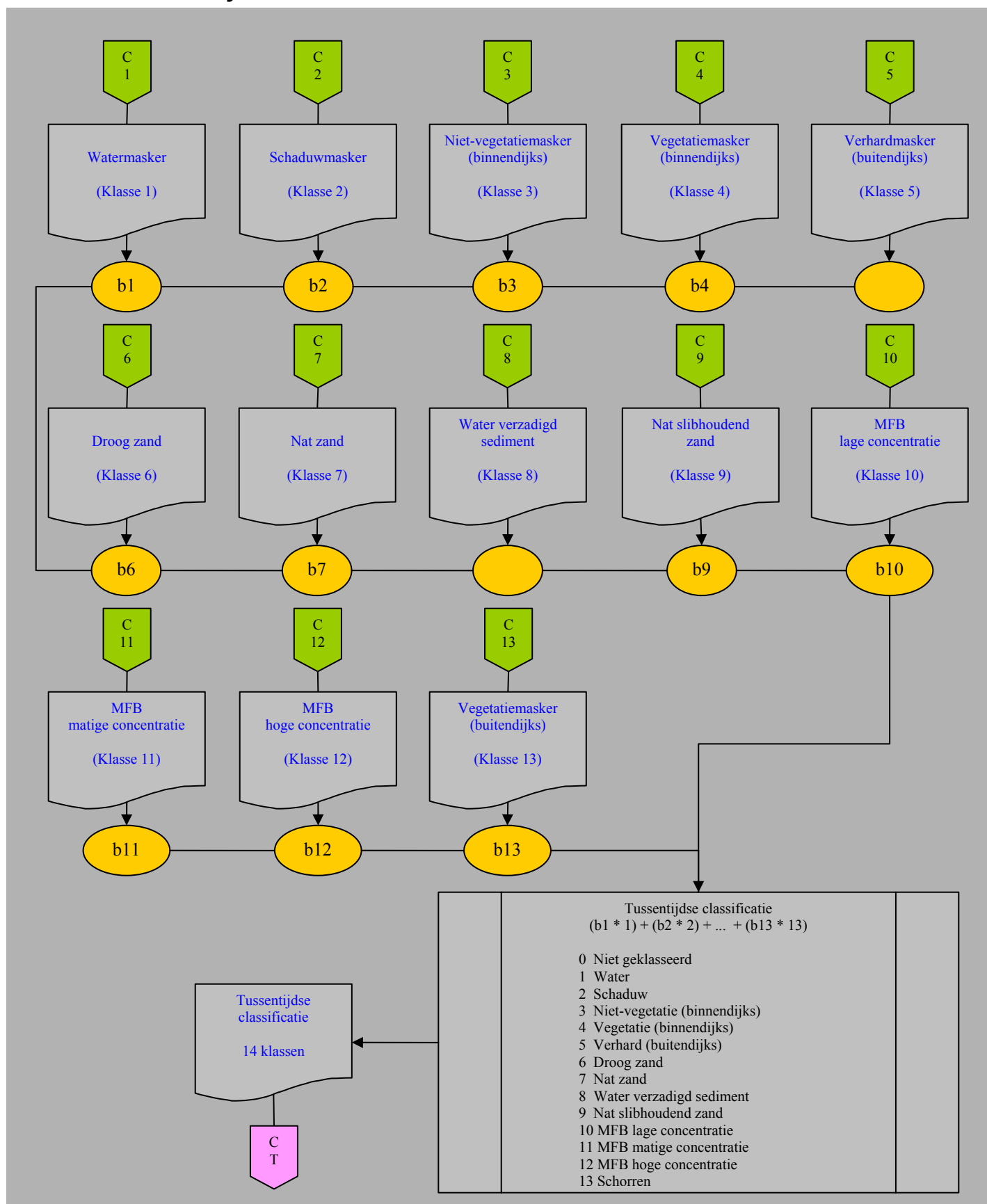
Figuur 24. De spectra, genomen op Molenplaat, laten duidelijk de spectrale verschillen zien tussen ‘Droog zand’, ‘Nat zand’, ‘Nat slibhoudend zand’, ‘MFB’ en ‘Water verzadigd sediment’.

Figuur 25 toont een uitsnit van deelgebied Schelde_1a met de daarvan afgeleide sedimentmaskers en een ingekleurde composiet van deze maskers.



Figuur 25. a) RGB uitsnit van deelgebied Schelde_1a waarop de verschillende sedimentklassen kunnen worden gelokaliseerd. Voor de sedimentklassen werden verschillende maskers berekend: droog zand (b), nat zand (c), water verzadigd sediment (d) en nat slibhoudend zand. f) Deze uitsnit toont een ingekleurde composiet van de vier sedimentmaskers.

2.11. Tussentijdse classificatie



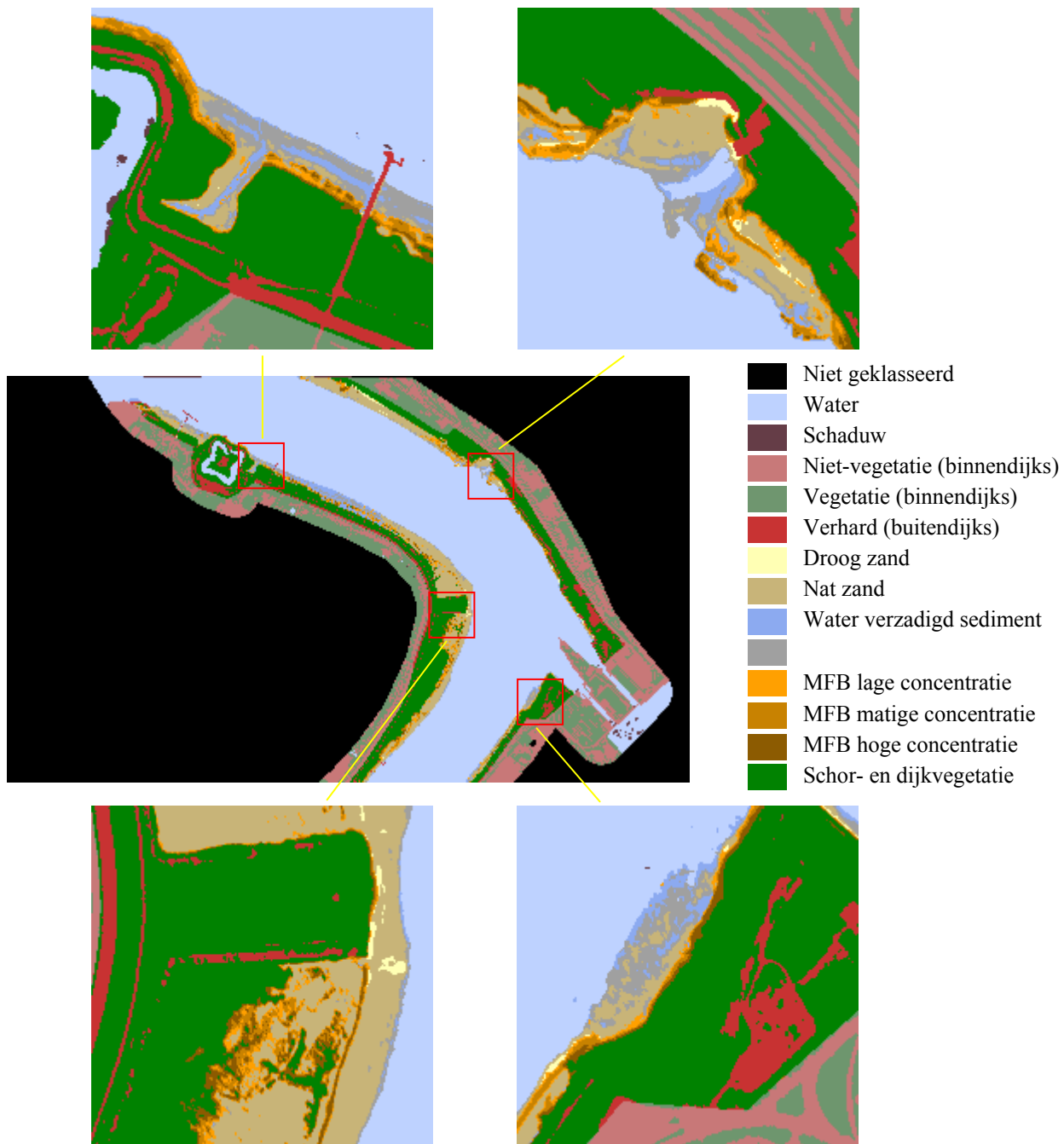
Figuur 26. De 13 berekende maskers werden getransformeerd tot een geklasseerd beeld.

Tot op dit moment in het classificatieproces werden reeds 13 betekenisvolle klassen verkregen weliswaar in de vorm van maskers die als data-inhoud enkel de waarden 0 en 1 hebben. Deze maskers konden echter eenvoudig samengevoegd worden tot een geklasseerd beeld zoals schematisch is weergegeven in Figuur 26. Hiervoor werd volgende bewerking uitgevoerd:

$$(b1*1)+(b2*2)+...+(b13*13) = \textit{Tussentijdse Classificatie} \quad (11)$$

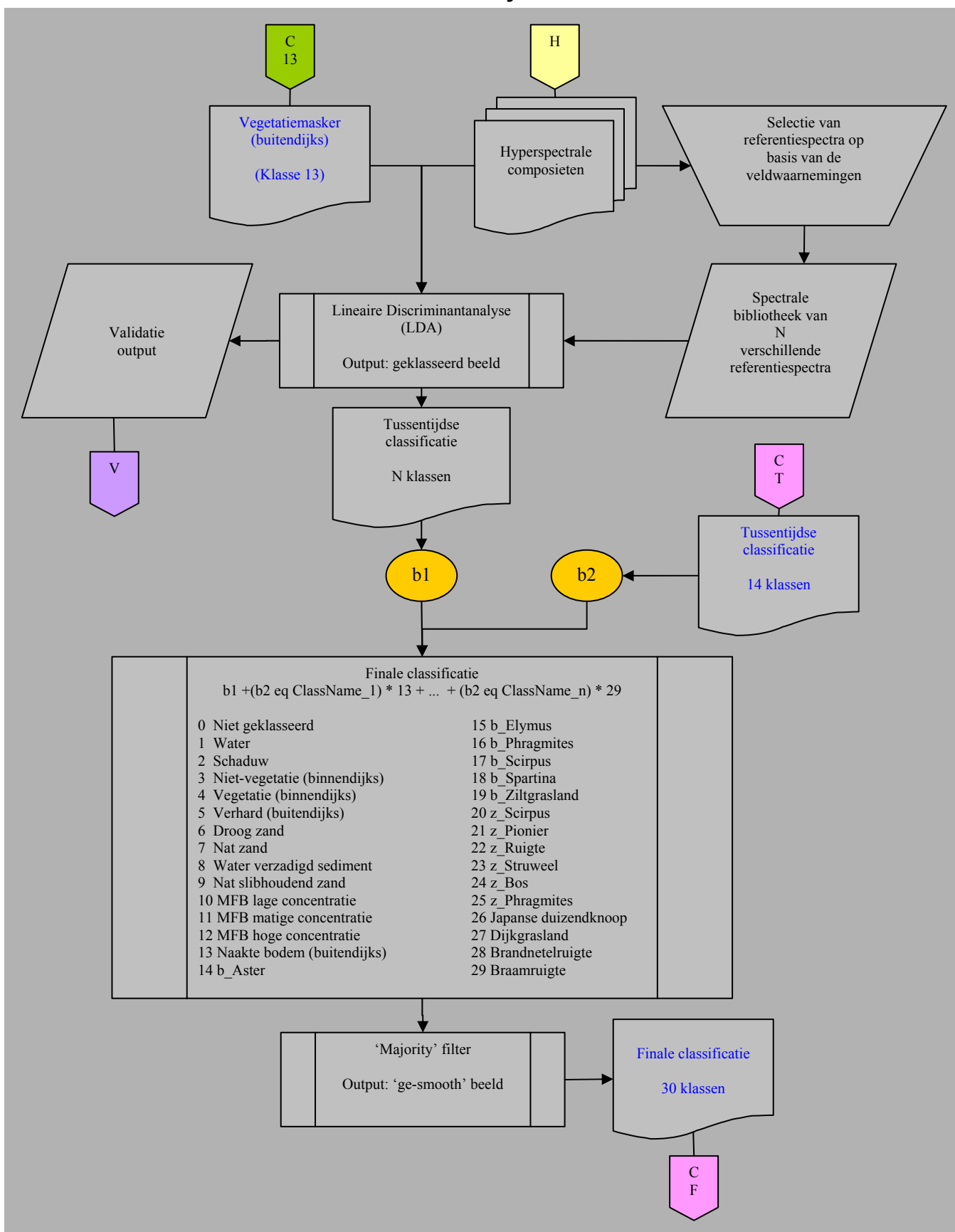
Hierin is **b1** het watermasker (C1), **b2** is het schaduwmasker (C2), **b13** is het buitendijkse vegetatiemasker (C13). Niet alle maskers zijn in deze formule weergegeven, doch ze werden alle gebruikt. Het resultaat is een geklasseerd beeld waarin 14 klassen voorkomen, de niet geklasseerde pixels zijn ondergebracht in de klasse ‘Niet geklasseerd’.

Figuur 27 toont het tussentijdse classificatieresultaat voor deelgebied Schelde_1b. De tussentijdse classificatie bestaat uit 14 klassen. De niet geklasseerde gebieden worden aangegeven met de klasse ‘Niet geklasseerd’. De ‘Schor- en dijkvegetatie’ klasse werd in een volgende processingstap verder gedifferentieerd.



Figuur 27. Tussentijds classificatieresultaat van deelgebied Schelde_2b. De classificatie bestaat uit 14 klassen. De schor- en dijkvegetatie klassen werden in een volgende processtap verder gedifferentieerd.

2.12. Classificatie van de schorren en dijken



Figuur 28. De laatste stap in de classificatie van de slikken en schorren is de differentiatie van de schorren en dijkvegetatie. Hiervoor werd een Lineaire Discriminantanalyse toegepast.

Figuur 28 toont schematisch de differentiatie van de schorren en dijkvegetatie. In deze belangrijke processtap werden de schor- en dijkvegetaties verder gedifferentieerd naar een aantal vooraf gedefinieerde vegetatietypes of plantenassociaties. In paragraaf 3. ‘Praktische uitvoering van de classificatie’ wordt besproken op welke manier de verzamelde grondwaarheid werd gebruikt voor de aanmaak van verschillende trainingsets en welke vegetatietypes- en associaties werden gedefinieerd voor de verschillende deelgebieden. De gebruikte classificatiemethode is gebaseerd op Lineaire Discriminantanalyse (LDA). Deze methode is uitgebreid beschreven in een wetenschappelijk artikel, Kempeneers, 2004, vermeld in paragraaf ‘0. Referenties’. Een validatie van de classificatie (V) werd eveneens uitgevoerd. De trainingsets en de validatieresultaten zijn opgelijst in ANNEX 4 ‘Trainingsets en validatieresultaten’.

Het resultaat van de LDA classificatie en het tussentijdse classificatieresultaat (CT) worden nu samengesmolten tot een finaal classificatieresultaat (CF) gebruik makend van volgende bewerking

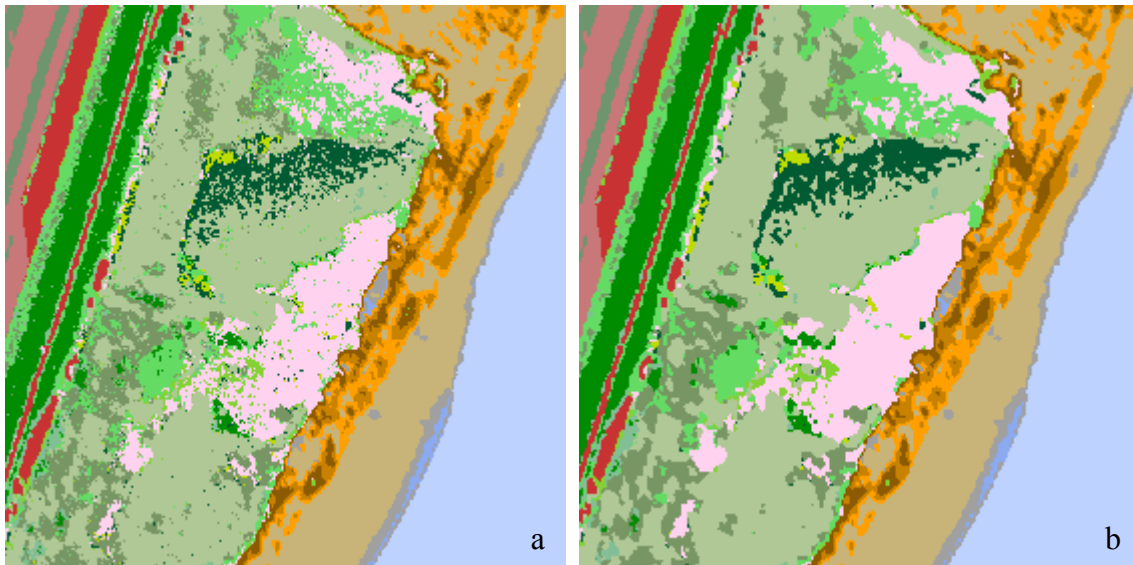
$$b1 + (b2 \text{ eq } \textit{Classname_1}) * 13 + \dots + (b2 \text{ eq } \textit{Classname_n}) * 29 = \textit{Finale Classificatie} \quad (12)$$

Hierin is **b1** de eerder berekende tussentijdse classificatie en **b2** het classificatieresultaat van LDA. Elke klasse binnen een classificatiebeeld heeft een klassenidentiteit. Deze hebben een waarde van 0 tot n klassen. Bij samensmelting van twee onafhankelijke classificatiebeelden dienen deze klassenidentiteiten uniek gemaakt te worden. Dit gedaan door op de klassennaam van het LDA beeld te controleren en de klassenidentiteit hiervan aan te passen aan een vooraf gedefinieerde unieke klassenidentiteit voor die bepaalde klasse. Een legende van de klassen, met hun unieke klassenidentiteit, naamgeving en kleurcodes, die gebruikt werden in de finale classificatie, is opgelijst in Tabel 5.

Tabel 5. Overzicht van de 30 klassen met hun unieke identiteit, naamgeving en kleurcodes.

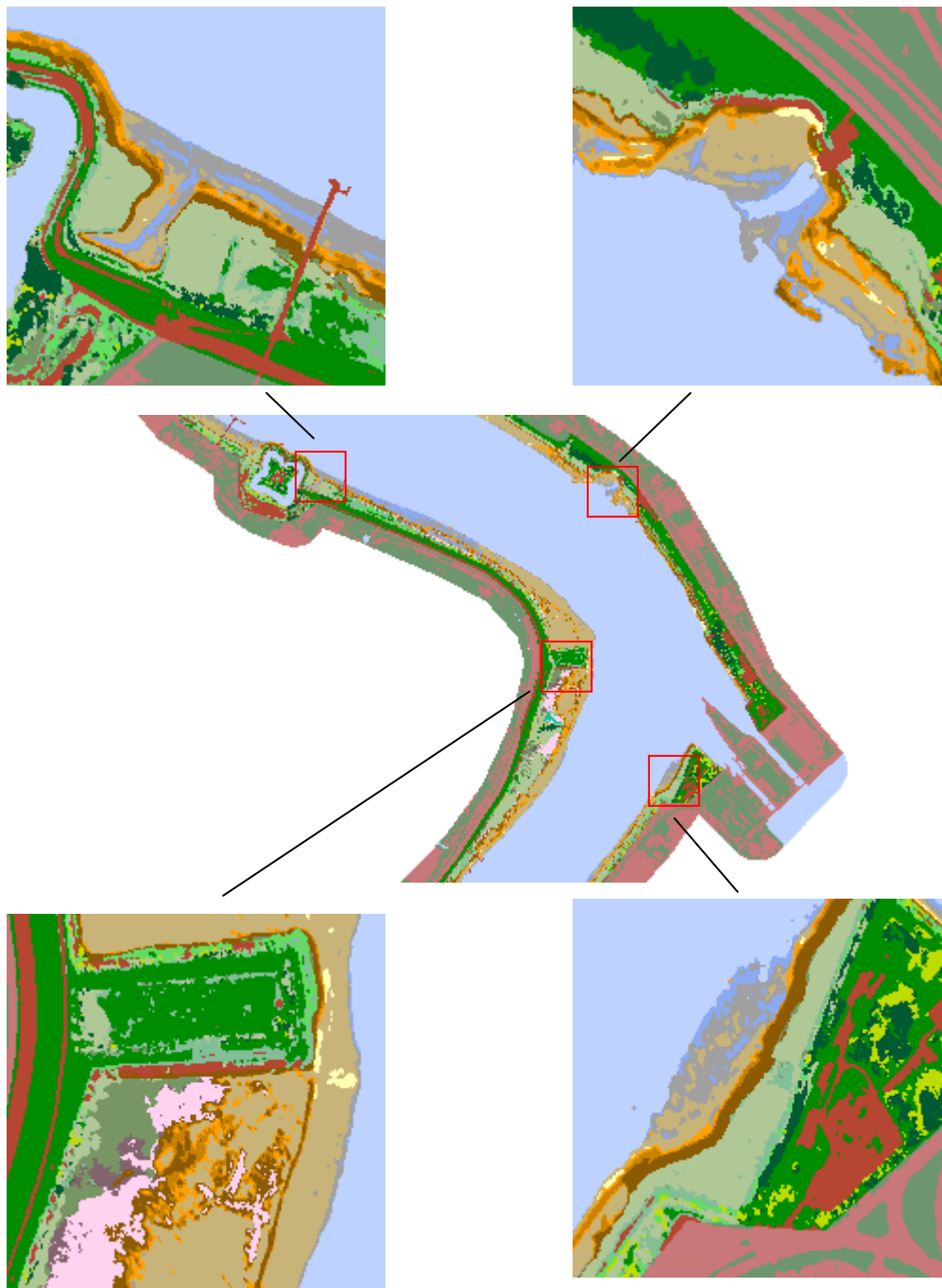
Klassen-identiteit	Klassen	R	G	B	
0	Niet geklasseerd	255	255	255	
1	Water	190	210	255	
2	Schaduw	100	60	70	
3	Niet-vegetatie (binnendijks)	200	120	120	
4	Vegetatie (binnendijks)	110	150	110	
5	Verhard (buitendijks)	180	70	50	
6	Naakte bodem (buitendijks)	200	100	0	
Slikken					
7	Droog zand	255	255	180	
8	Nat zand	200	180	120	
9	Water verzadigd sediment	140	170	240	
10	Nat slibhoudend zand	160	160	160	
11	MFB lage concentratie	255	160	0	
12	MFB matige concentratie	200	130	0	
13	MFB hoge concentratie	140	90	0	
Brakwatervegetatie					
14	Aster	255	210	240	
15	Elymus	130	190	150	
16	Phragmites	175	200	150	
17	Scirpus	120	150	100	
18	Spartina	130	120	50	
19	Ziltgrasland	100	220	100	
Zoetwatervegetatie					
20	Scirpus	160	170	0	
21	Pionier	0	200	160	
22	Ruigte	130	100	110	
23	Struweel	190	220	0	
24	Bos	0	90	50	
25	Phragmites	175	200	120	
Dijkvegetatie					
26	Japanse duizendknoop	210	255	115	
27	Dijkgrasland	0	140	0	
28	Brandnetelruigte	160	150	210	
29	Braamruigte	245	160	120	

Figuur 29a toont een uitsnit van een finale classificatie. Dit beeld geeft een gespikkelde indruk wat te wijten is aan de aanwezigheid van geïsoleerde pixels van een bepaalde klasse binnen een andere grotere klasse. Door ‘majority’ filtering toe te passen werd een ‘ge-smooth’ beeld verkregen (Figuur 29b). ‘Majority’ filtering maakt gebruik van een ‘kernel’ van 3 bij 3 pixels. Deze ‘kernel’ loopt van links naar rechts en van boven naar onder, pixel per pixel, over het beeld. Telkens wordt de klasse van de centrale pixel vervangen door de meest voorkomende klasse binnen de ‘kernel’.



Figuur 29. a) Het finale classificatieresultaat geeft een gespikkelde indruk door de aanwezigheid van geïsoleerde kleine klassen binnen een andere grotere klasse. b) Door toepassing van een 'majority' filter met een 'kernel' grootte van drie bij drie pixels werd een 'gesmooth' beeld verkregen.

Figuur 30 toont het finale classificatieresultaat voor deelgebied Schelde_2b. Er wordt ingezoomd op een aantal gebieden zodat duidelijk te zien is dat de schor- en dijkvegetatie verder gedifferentieerd werd. Het zijn deze finale classificatieresultaten van de verschillende deelgebieden die gebruikt werden voor de aanmaak van de verschillende steekkaarten



Figuur 30. Finaal classificatieresultaat van deelgebied Schelde_2b. De classificatie bestaat uit 30 klassen. De schor- en dijkvegetatie klassen werden verder gedifferentieerd naar een aantal vooraf gedefinieerde vegetatiesoorten of plantenassociaties.

3. Praktische uitvoering van de classificatie

3.1. *Classificatie groepering*

Voor de differentiatie van de schorren en dijkvegetatie werd gebruik gemaakt van een gesuperviseerde classificatie methode n.l. Lineaire Discriminantanalyse (LDA). Deze steunt op in het veld verzamelde grondwaarheid. De geometrische locatie van de veldwaarnemingen wordt overgebracht op de georefereerde beelden waarna de corresponderende spectra werden geëxtraheerd in een spectrale bibliotheek. Deze spectrale bibliotheek wordt vervolgens gebruikt als trainingsset voor de gesuperviseerde LDA classificatie methode.

De vliegtuigopnames van de hyperspectrale dataset gebeurden op verschillende datums, d.w.z. dat er tussen de verschillende opnames enkele weken verschil zit. Daar de spectrale signatuur van de vegetatie varieert met de tijd heeft dit consequenties voor het samenstellen van de spectrale bibliotheek. M.a.w. men mag een spectrale bibliotheek die samengesteld is met spectra van beelden opgenomen op 1 augustus niet gebruiken voor een gesuperviseerde classificatie van beelden opgenomen eind augustus of later. Het was dus nodig de verschillende deelgebieden te groeperen naar opnamedatum en vervolgens voor elke groep beelden, behorende bij een bepaalde opnamedatum, een andere spectrale bibliotheek samen te stellen. Deze spectrale bibliotheken of trainingsets zijn voor de verschillende deelgebieden opgelijst in ANNEX 4 ‘Trainingsets en validatieresultaten’. Een voorbeeld van een trainingset wordt getoond in Tabel 6. Deze trainingset, gebruikt voor de classificatie van de deelgebieden Schelde_1a, -1b, -2a en -2b, bevat de spectra van zes brakwater plantenassociaties (Aster, Elymus, Phragmites, Scirpus, Spartina en Ziltgrasland), twee zoetwater vegetatietypes (Bos en Struweel) en één dijk vegetatietype (Dijkgrasland). Deze spectra werden geëxtraheerd uit 8 deelgebieden waarvan de spectrale beelden opgenomen werden op 1 augustus 2007. De ‘Aster’ referentiespectra werden geëxtraheerd uit de deelgebieden Schelde_1a en -1b, de ‘Elymus’ referentiespectra werden geëxtraheerd uit de deelgebieden Schelde_1a, -1b en -2b, enz.

Tabel 7 toont de 33 deelgebieden met de vluchtlijnen waaruit deze deelgebieden zijn samengesteld. Bijgevolg is de opnamedatum voor ieder deelgebied gekend. Afhankelijk van het deelgebied en de opnamedatum kon een trainingset worden afgeleid. In totaal werden negen verschillende trainingsets samengesteld (A, B, ... H).

Tabel 6. Trainingset voor de LDA classificatie van deelgebied Schelde_1a, -1b, -2a en -2b, samengesteld uit spectrale bibliotheken die geëxtraheerd werden uit de deelgebieden Schelde_1a, -1b, -2a, -2b, -7a, -7b, -10a en -10b. Deze trainingset bevat spectra van zes brakwater plantenassociaties, twee zoetwater vegetatietypes en één dijk vegetatietype.

Voor deelgebieden: Schelde_1a, 1b, 2a en 2b, gevlogen op 01/08/2007									
Grondwaarheid	Vegetatietype						Zoetwatervegetatie		Dijkvegetatie
	Brakwatervegetatie								
Schelde_1a	Aster	Elymus	Phragmites	Scirpus	Spartina	Ziltgrasland			Dijkgrasland
Schelde_1b		Elymus	Phragmites		Spartina	Ziltgrasland			Dijkgrasland
Schelde_2a			Phragmites			Ziltgrasland			Dijkgrasland
Schelde_2b	Aster	Elymus	Phragmites	Scirpus	Spartina				Dijkgrasland
Schelde_7a							Bos	Struweel	
Schelde_7b								Struweel	
Schelde_10a								Struweel	
Schelde_10b								Struweel	

Tabel 7. Overzicht van de 33 deelgebieden met de daarin voorkomende vluchtlijnen. De opnamedatum is vermeld alsook de trainingset die nodig is om het corresponderende deelgebied te klasseren.

Deelgebied	Vluchtlijn	Opnamedatum	Trainingset
Schelde s1a	1a, 2b, 3a, 4b, 5a, 6b, 7a	1/aug	A
Schelde s1b	1a, 2b, 3a, 4b, 5a, 6b, 7a	1/aug	A
Schelde s2a	1b, 2a,b, 3a,b, 4a,b, 5a,b, 6b, 7a	1/aug	A
Schelde s2b	1b, 2a, 3b, 4a, 5b, 6a,b, 7a,b	1/aug	A
Schelde s3a	1b, 2a, 3b, 4a, 5b, 6a, 7b	1/aug	B
Schelde s3b	5b, 6a, 7b, 8, 9, 10a, 11b, 12b	1/aug	B
Schelde s4a	9, 10a,b, 11b, 12a	1/aug	B
Schelde s4b	8, 9, 10a,b, 11b, 12a	1/aug	B
Schelde s5	8, 9, 10b, 11a, 12b, 13, 14a, 15b	1/aug	B
Schelde s6	13, 14a,b, 15a,b	23 & 25/sep	C
Schelde s7a	20, 21, 22, 23	1/aug	D
Schelde s7b	20, 21, 22, 23, 25b, 26a	1/aug	D
Schelde s8a	16, 17	24/aug	E
Schelde s8b	14b, 15a, 21, 22, 23	23 & 25/sep	C
Schelde s9	17, 18, 19	24/aug	E
Schelde s10a	24, 25a, 25b, 26a, 26b, 27	1/aug	D
Schelde s10b	24, 25a, 26b, 27	1/aug	D
Schelde s11a	28b, 29a, 29b, 30b	24/aug	E
Schelde s11b	28a, 28b, 29b, 30a, 30b, 31	24/aug	E
Schelde s12	32, 34, 35, 36, 37	24/aug	E
Schelde s13	33, 34, 35	23 & 25/sep	F
Nete n1a	38a,b, 39, 40	1/aug	G
Nete n1b	38b, 39, 40	1/aug	G
Nete n2a	38b, 39, 49a,b, 50a,b	23/sep	H
Nete n2b	42, 45, 47, 49b, 50a	23/sep	H
Nete n3a	45, 46, 47, 50a	23/sep	H
Nete n3b	46, 47, 48	23/sep	H
Nete n4a	42, 43	23/sep	H
Nete n4b	41, 42, 43, 44	23/sep	H
Nete n5a	49a, 50b, 51, 52, 54, 55	23/sep	H
Nete n5b	52, 53	23/sep	H
Nete n6a	56a,b, 57a,b	23/sep	H
Nete n6b	56a,b, 57a,b	23/sep	H

3.2. Validatie van de classificatie

Om een idee te krijgen van de accuraatheid van de LDA classificatie werd een validatie uitgevoerd. De resultaten van deze validatie zijn opgelijst in ANNEX 4 ‘Trainingsets en validatieresultaten’. De validatie van de LDA classificatie werd uitgevoerd door willekeurig 50% van spectra uit de spectrale bibliotheek te gebruiken als trainingspectra voor de LDA ‘classifier’. De resterende 50% van de spectra uit de spectrale bibliotheek werd gebruikt om de LDA ‘classifier’ te valideren. Dit gebeurt door de validatiespectra te klasseren met de getrainde LDA ‘classifier’ en vervolgens te kijken naar de juistheid van de classificatie.

Tabel 8 toont de confusiematrix berekend voor trainingset A. Tabel 9 geeft voor deze trainingset een overzicht van het totaal aantal trainingspectra, de ‘user’ accuraatheid en de ‘producer’ accuraatheid. De confusiematrix geeft weer hoeveel validatiespectra juist geklasseerd werden en aan welke klasse de niet juist geklasseerde validatiespectra werden toegekend. B.v. voor b_Elymus zijn er in totaal 146 spectra (Tabel 9). De helft hiervan worden gebruikt voor training van de classifier, de andere helft wordt gebruikt voor validatie, dit is het totaal van de rij in van de confusiematrix, n.l. 73. 72 spectra werden juist geklasseerd, terwijl er 1 spectrum verkeerdelijk werd toegewezen aan de klasse b_Ziltgrasland (klasse id. 5). Het totaal aantal spectra toegewezen aan de klasse b_Elymus is 76 (het totaal van de kolom). Aan de klasse b_Elymus werden dus verkeerdelijk 4 andere spectra toegewezen, 3 van b_Ziltgrasland en 1 van d_Dijkgrasland.

Om deze verhoudingen uit te drukken wordt de ‘producer’ accuraatheid en de ‘user’ accuraatheid gebruikt. De ‘producer’ accuraatheid is een maat voor de waarschijnlijkheid dat de ‘classifier’ een beeldpixel de juiste klasse heeft toegekend. Het is de verhouding van het aantal juist geklasseerde pixels van een bepaalde klasse tot het werkelijke totaal aantal pixels van die bepaalde klasse. In dit voorbeeld voor b_Elymus: $72 / 73 = 0,99$. De ‘user’ accuraatheid is een maat voor de waarschijnlijkheid dat een pixel geklasseerd als een bepaalde klasse in werkelijkheid effectief tot die klasse behoort. Het is de verhouding van het aantal juist geklasseerde pixels van een bepaalde klasse tot het totaal aantal pixels toegekend aan die bepaalde klasse. In dit voorbeeld voor b_Elymus: $72 / 76 = 0,95$.

Om een globaal idee te krijgen van het classificatieresultaat wordt de totaal gemiddelde, totaal gewogen en de ‘kappa’ coëfficiënt berekend (Tabel 10). De gemiddeld accuraatheid is de verhouding van het totaal aantal juist geklasseerde pixels (som van de diagonale waarden in de confusiematrix) tot het totaal aantal pixels (som van de rijtotalen).

De gewogen accuraatheid houdt rekening met het totaal aantal pixels binnen een klasse. Vooreerst wordt de verhouding genomen van het aantal juist geklasseerde pixels van een klasse tot het totaal aantal pixels binnen die klasse. Vervolgens wordt het gemiddelde genomen van deze verhoudingen.

De ‘kappa’ coëfficiënt is een andere manier om de accuraatheid van de classificatie uit te drukken. Het is een statistische grootheid die de mate van correctheid van de classificatie uitdrukt. Deze waarde ligt tussen 0 en 1, waarbij 1 een perfecte classificatie voorstelt.

Tabel 8. Confusiematrix voor trainingset A.

Classes	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0 b_Aster	65	0	0	0	1	3	0	0	5
1 b_Elymus	0	72	0	0	0	1	0	0	0
2 b_Phragmites	0	0	220	0	0	0	0	0	0
3 b_Scirpus	2	0	2	35	1	0	0	3	1
4 b_Spartina	3	0	2	1	13	0	0	0	0
5 b_Ziltgrasland	4	3	0	0	0	44	0	0	0
6 d_Dijkgrasland	0	1	0	0	0	0	93	0	0
7 z_Struweel	0	0	0	0	0	0	0	694	15
8 z_Bos	0	0	0	0	0	0	0	34	614

Tabel 9. ‘User’ en Producer’ accuraatheid berekend op trainingset A.

Classes	#samples	user Acc (%)	prod Acc (%)
0	148	88	88
1	146	95	99
2	440	98	100
3	89	97	80
4	39	87	68
5	102	92	86
6	188	100	99
7	1419	95	98
8	1296	97	95

Tabel 10. Om een globaal idee te krijgen van het classificatieresultaat worden een aantal afgeleide parameters

Kappa:	0,94
Totaal gewogen (%):	96
Totaal gemiddeld (%):	90

Tabel 11 geeft de accuraatheid van de classificatieresultaten voor de acht trainingsets weer. De gemiddelde en gewogen accuraatheid liggen voor de eerste zeven trainingsets boven de 90% enkel voor trainingset H is de gewogen accuraatheid 83% en de gemiddelde accuraatheid 80%. Eenzelfde vergelijkbaar scenario geldt voor de kappa coëfficiënt, deze ligt rond de 0,9 of hoger voor de eerste zeven trainingsets en daalt tot 0,8 voor trainingset H. Trainingset H werd gebruikt voor differentiatie van de dijken van de Nete, Dijle en Zenne. De oorzaak voor de lagere accuraatheid van trainingset H is toe te schrijven aan de

afmetingen van de ruimtelijke structuren op deze dijken. Meestal zijn deze vrij smal waardoor de opnamen in de hyperspectrale dataset resulteert in “mixed” pixels die minder nauwkeurig te klasseren zijn.

Algemeen kan men besluiten dat de hoge waarden voor de accuraatheid van de verschillende trainingsets aangeven dat classificatieresultaten voor de schorren en dijkvegetatie een hoge betrouwbaarheid hebben en de werkelijkheid zeer sterk benaderen.

Tabel 11. Overzicht van de accuraatheid van de classificatieresultaten.

Trainingsets	A	B	C	D	E	F	G	H
Aantal klassen:	9	12	11	11	10	9	11	9
Kappa:	0,94	0,88	0,89	0,9	0,97	0,96	0,93	0,8
Totaal gewogen (%):	96	91	92	92	98	97	95	83
Totaal gemiddeld (%):	90	88	94	91	97	91	94	80

4. Cartografie van de Schelde

4.1. *Klassieke kartering : omschrijving van de opdracht*

4.1.1. Te karteren objecten :

- kaai-infrastructuur
- scheepswerf
- haventjes
- kunstwerken
- gebouwen binnen de winterdijk of deel uitmakend van de waterkering
- bruggen
- dijkkrui verhardingen
- voet en kruin van dijken

4.1.2. Leveringsformaat

- in ArcView compatibel formaat (shapefile)
- X, Y in Lambert72 en Z in TAW

4.1.3. Bijkomende afspraken

1. Op een overlegvergadering te Antwerpen op 26/07/2007 met *Herman Iemants* werden volgende afspraken gemaakt :
 - het te leveren digitaal bestand, in Lambert72 projectie en TAW, moet topologisch aansluiten met de huidige topografiedatabank van AWZ Maritieme Toegang
 - de kartering mag in X,Y en Z is niet nodig
 - de bestaande databank van de afdeling Maritieme Toegang werd ter beschikking gesteld in de vorm van twee shapefiles. De hierin aanwezige lijnobjecten zijn grotendeels afkomstig van luchtfotogrametrie daterend van 1999 en later of enerzijds op basis van luchtfoto's met schaal 1/5000 anderzijds van landmeting :
 - oeverbez_lam_DTM.shp: Beneden-Zeeschelde (stroomafwaarts monding Rupel tot Nederlandse grens)
 - oeverboz_lam_DTM.shp: Boven-Zeeschelde (stroomopwaarts monding Rupel), deze bevat :

- o Zeeschelde tot Gent maar niet de Tijarm in Merelbeke
 - o Durme tot Waasmunster maar niet tot Lokeren
 - o Rupel
 - o Beneden-Nete stroomafwaarts tot Lier maar niet Lier en Kleine en Grote Nete
 - o Beneden-Dijle tot het Zennegat maar niet de Zenne en Dijle stroomopwaarts vanaf het Zennegat
- voor de te gebruiken codes van de objecten is er een attributenlijst beschikbaar: "lijnobjectcode.xls"
 - in de kolom schaal: nog niets invullen
 - in de kolom bron: "VITO Hypersp 2007"
 - datum: datum meetvlucht. De meetvluchten bestrijken gedeelten van het projectgebied, maar alle meetvluchten hadden in augustus en september 2007 plaats, daarom wordt in het datum-veld "aug-sep 07" ingevuld
 - wegen : worden gekarteerd via wegrand
2. Hoogtelijnen: op de overlegvergadering van 20 februari 2008 is beslist dat er geen hoogtelijnen moeten worden geleverd en dat de bestaande hoogtepunten op het water moeten worden verwijderd. Aanvankelijk werd getracht de bestaande databanken "Oeverboz_lam_DTM.shp" en "Oeverbez_lam_DTM.shp" bij te werken maar het werken in deze databanken leidde stevast tot dataverlies, "vasthangen" en inconsistente geometrie in de objecten. Na analyse van het probleem werden twee mogelijke oorzaken geïdentificeerd :
- de ter beschikking gestelde databank is geprojecteerd, wat wil zeggen dat de originele coördinaten via het toegevoegd projectiesysteem doorlopend omgerekend worden naar Lambert72. Normaal gezien zou het GIS deze berekening moeten aankunnen maar misschien speelt de grootte van de databank in het nadeel. Op onregelmatige tijdstippen tijdens het werken verscheen een waarschuwing van het GIS i.v.m. het verschil in projectiesysteem stellend dat "unexpected results may occur".
 - de ter beschikking gestelde databank is opgebouwd uit zeer veel gefragmenteerde objecten. Bij het bewerken werd getracht een consistente structuur op te bouwen waarbij aaneensluitende fragmenten samengevoegd werden. Indien deze fragmenten echter op het kleinste niveau niet perfect aansluiten kunnen er "multi-part" polylijnen ontstaan. Het geografisch bewerken

van multi-part objecten blijkt problemen te kunnen opleveren in de samenhang met de attributentabel. Wanneer de samenhang verloren gaat is de databank zelf onbruikbaar geworden.

Hierover werd met Herman Iemants overlegd op 22/11/2007. Er werd toen afgesproken om een onafhankelijke databank op te bouwen vanaf nul, in een niet-geprojecteerde werkruimte en in Lambert 72, overeenkomstig het bestek.

Alleszins is de kwaliteit van de geografische data die aldus worden opgebouwd superieur aan de bestaande databank. Onze geleverde databank is geometrisch en topologisch consistent en logisch opgebouwd, uiteraard volgens het bij het Bestuur gebruikte uitgebreide coderingssysteem.

4.2. *Terreinwerk*

Sommige objecten met betrekking tot de waterkering kunnen moeilijk of met onvoldoende zekerheid geïnterpreteerd worden op luchtopnamen.

Het gaat met name om:

- zeer smalle lineaire objecten, zoals waterkerende muren
- alle objecten die zich bevinden onder bruggen of in de “schaduw” (niet zichtbare zijde) van gebouwen of hoge verticale wanden
- puntvormige objecten, zoals sommige afwateringsmonden
- de precieze aansluiting van de dijktop met bruggen, taluds, muren, e.d.
- de aard van de dijktopverharding

Daarom werd, in dezelfde periode als de luchtopnamen, n.l. in juli/september 2007, een terreinbezoek uitgevoerd. Om praktische redenen gebeurde dit per fiets. Bij vanuit de lucht moeilijk zichtbare of interpreteerbare objecten werden foto's gemaakt. Een 3000-tal digitale foto's werden aldus verzameld. Ieder stuk van de te karteren waterkeringen werd op beide oevers afgefietst. Enkele privé-sites (zoals industriële complexen langs het water) werden niet bezocht maar voldoende vanaf de tegenoverliggende oever geobserveerd.

Het gedeelte vanaf Antwerpen Centrum tot de Nederlandse grens werd bezocht per schip ter gelegenheid van een vogeltelling. Hierbij werd dicht bij de beide oevers gevaren en konden objecten m.b.t. de waterkering worden genoteerd en gefotografeerd.

De waarnemingen werden ingetekend op kopieën van de topografische kaart en later verwerkt bij de eigenlijke kartering. Het terreinwerk is een hulp bij de kartering en de terreindocumenten maken geen voorwerp van levering uit in onderhavige opdracht.

4.3. Bron van de objecten en bespreking van de planimetrische nauwkeurigheid

4.3.1. Bron van de topografische objecten

De kartering is bijgewerkt tot de hyperspectrale beelden van augustus/september 2007. Deze beelden hebben een spatiale resolutie van één meter en laten niet toe om veel detail in de objecten te herkennen. Daarom werd essentieel gekarteerd op de meest recent beschikbare orthofoto's. Deze beelden hebben een hoge spatiale resolutie, typisch 25 à 30 cm en zijn aangemaakt in opdracht van de provinciebesturen en AGIV. Aanvullend stelde de Antwerpse firma Aerodata International Surveys, onderaannemer voor de uitvoering van de hyperspectrale vlucht, vanaf mei 2008 een orthofotobedekking ter beschikking bestaande uit opnamen verricht in het vroege voorjaar van 2007. Deze ortho's hebben een spatiale resolutie van 40 cm. Van alle voldoende grote terreinobjecten werd na het intekenen gecontroleerd of ze overeenstemmen met de hyperspectrale opnamen van augustus/september 2007. In het bijzonder werd tijdens het terreinwerk genoteerd op welke plaatsen nieuwe constructies aanwezig zijn of waar werken in uitvoering waren. Daar werd bijzondere aandacht gegeven aan een update tot de hyperspectrale meetvlucht.

Specifiek dienden de volgende multispectrale orthofotobedekkingen voor de klassieke topografische kartering :

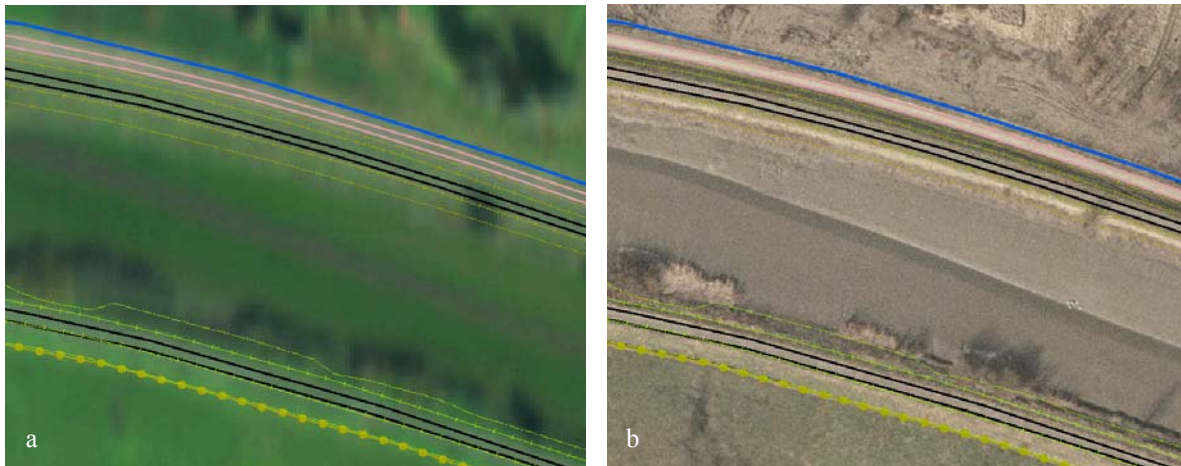
4.3.1.1. voor het minimale gebied (Zeeschelde, Rupel en Durme)

- de ortho's 'Oost-Vlaanderen 2 en Antwerpen' werden als basisachtergrond genomen. Metadata :
 - o bron : provincie Oost-Vlaanderen, Antwerpen, AGIV
 - o Oost-Vlaanderen 2 : opname voorjaar 2006, resolutie ca. 25 cm
 - o Antwerpen : opname maart 2003, resolutie 25 cm
- aanvullend werden de ortho's gebruikt (ter beschikking gesteld door Aerodata) met 40 cm resolutie, opname voorjaar 2007, voornamelijk ter verificatie van objecten en om nieuw aangelegde zones aan te vullen
- tevens zijn de basisbestanden 'oeverBeZ_lam_DTM' en 'oeverBoZ_lam_DTM' van Maritieme Toegang ter beschikking. Deze databank bestaat uit een mozaïek van objecten met diverse oorsprong. Ze dekt hoofdzakelijk het basisgebied van onderhavige opdracht. Deze set werd vooral gebruikt voor het overnemen van kaaimuren ten noorden van Antwerpen en rond de grote, recent opgemeten sluizen (Merelbeke, Dendermonde, Wintam, e.a.)

- een RGB bandselectie uit de hyperspectrale registraties 2007 werd gebruikt om de correctheid en het “up-to-date-zijn” van het hele projectgebied te controleren en bij te brengen

4.3.1.2. voor het optionele gebied (Zenne, Dijle, Nete)

- als basis werd gewerkt op de door Aerodata ter beschikking gestelde ortho's, opgenomen in het voorjaar van 2007, met een grondresolutie van 40 cm
- de digitalisatie werd aangevuld met objecten herkenbaar op de ortho's ‘Antwerpen en Vlaams-Brabant’ van het AGIV (opnamedatum maart 2003 voor Antwerpen en voorjaar 2002 voor Vlaams-Brabant) voor zover deze objecten in 2007 nog aanwezig zijn. De AGIV-ortho's hebben een spatiale resolutie van 25 cm en laten vaak toe objecten te herkennen onder bomen daar deze opname in het vroege voorjaar gebeurde. Anderzijds vertonen deze ortho's lange schaduwuitlopen (Figuur 31)
- een RGB bandselectie uit de hyperspectrale registraties 2007 werd gebruikt om de correctheid en het up-to-date-zijn van het hele projectgebied te controleren en bij te brengen



Figuur 31. a) Uitsnit van de RGB banden uit het hyperspectrale beeld. b) Zelfde uitsnit uit de AGIV orthofoto van 2006. Beide figuren tonen de Durme bij laagwater. De afstand tussen de zuidelijke- en noordelijke dijk kruin bedraagt ongeveer 65 meter.

4.3.2. Bespreking van de nauwkeurigheid van de klassieke topografische kartering

4.3.2.1. Planimetrische nauwkeurigheid van de objecten

De verschillende gebruikte ortho's, de hyperspectrale registraties en ook het terreinoppervlak weergegeven op basis van de laserscanning-opname (zie verder), blijken over uitgestrekte gebieden een verschuiving van ca. 1 meter, soms tot 2 meter, t.o.v. elkaar

te vertonen. De verschuiving treedt nagenoeg enkel op in de Y-richting. Het was ons in onderhavig project niet mogelijk te achterhalen welke van de verschillende bronnen het meest precies in ligging was.

De verschuiving is ook merkbaar t.o.v. sommige gebieden in de bestaande databank van het Bestuur.

Bijgevolg is 1 à 2 meter de absolute planimetrische nauwkeurigheid van onze kartering.

4.3.2.2. Relatieve planimetrische nauwkeurigheid

Binnen eenzelfde gebied werd telkens op dezelfde achtergrond gewerkt. Dat betekent in de praktijk dat alle objecten t.o.v. elkaar correct zijn weergegeven. Mocht het Bestuur een correctie willen toepassen in planimetrie, dan kan deze voor grote deelgebieden ineens worden toegepast d.m.v. een translatie.

4.3.2.3. Interpretatienauwkeurigheid

Objecten kunnen maar herkend worden voor zover de spatiale resolutie van de orthofoto's dit toelaat. In die zin zijn de provinciale ortho's, met hun resolutie van 25 cm, het interessantst. Als vuistregel kan men stellen dat objecten kunnen herkend worden zodra ze grover zijn dan anderhalve maal de spatiale resolutie. De menselijke geest is echter in staat om door associatie en inleving in de omgeving, fijnere objecten te reconstrueren. Deze reconstructie blijft een interpretatie. De interpretatie werd in onderhavig project zeer sterk geholpen door het terreinwerk, de terreinnota's en de vele terreinfo's. Aldus konden vaak draadafsluitingen of vangrails nog worden herkend. Deze lijnvormige objecten bevinden zich op de grens van het herkenbare.

Voor objecten die duidelijk in de luchtopnames aanwezig waren maar die niet of niet erg zeker konden worden herkend, werd in het attributenveld "omschrijving" van de databank een opmerking in die zin opgenomen. Het gaat om een zeer gering aantal objecten.

Het regelmatig aan- en uitzetten van de werkweergave van de verschillende beschikbare ortho's verhoogde de herkenning van objecten.

4.4. Opbouw van de topografische objecten-databank

4.4.1. Wijze van aanmaken van de topografische databank

Essentieel werden de topografische objecten in de projectzone, zoals gespecificeerd in het bestek, gedigitaliseerd op het scherm bovenop de hierboven genoemde orthofoto's.

Een klassieke cartografische terreinweergave is steeds een modellering van de aanwezige terreinobjecten in functie van de brondocumenten en de werkschaal. Een lijnvormig object

wordt weergegeven door een (vectoriële) lijn, een puntvormig object door een (vector)punt en een vlakvormig object door een (vectoriële) veelhoek. Zo wordt een wegrand gedigitaliseerd als een gebroken lijn (polylijn), een gebouw als een veelhoek (polygoon) en een paal als een punt. Vloeiende lijnen worden gemodelleerd als gebroken lijnen met een voldoende aantal punten om de kromming weer te geven.

De werkschaal werd gekozen in functie van de beeldresolutie van de orthobronnen en de uitgestrektheid van het te karteren gebied. Veelal werd gewerkt op een schaal van 1/750 of 1/600.

Bij het digitaliseren werden de volgende werkregels gevolgd :

- geen over-interpretatie: bv. grachten die waarschijnlijk doorlopen onder bomen werden toch niet gedigitaliseerd indien ze op geen enkele bron herkenbaar waren en er geen terreininformatie beschikbaar was
- geen “opsmuk” van rechthoekige objecten : het grondvlak van vele gebouwen is in werkelijkheid rechthoekig, maar door de schaal waarop gedigitaliseerd wordt, de resolutiebeperking van de ortho's en interpretatiegrenzen (bv. onderscheid schaduw – zijwand – terras of bijgebouw ...) worden meestal onregelmatige polygonen gerealiseerd, die lijken op rechthoeken. De objecten zouden in een nabewerkingstap vervangen kunnen worden door best passende rechthoeken. Toch werd dit niet gedaan omdat hierdoor geen bijkomende informatie over de topografische objecten wordt gecreëerd. Bovendien zijn er toch vaak bij gebouwen andere dan rechte hoeken aanwezig
- achterkanten van objecten: ge-orthorectificeerde luchtopnamen zijn in oorsprong opnamen vanuit één opnamecentrum. Hierdoor liggen grote objecten, zoals gebouwen, plat en is er maar één kant waarneembaar. Bij de kartering werd gepoogd het grondvlak van gebouwen en constructies weer te geven. In de mate van het mogelijke (vaak ook door combinatie met opnamen op een ander tijdstip) werd gepoogd de achterkant van het gebouw correct weer te geven
- hoge objecten: door de aard van het bij ortho-aanmaak gebruikt hoogtemodel zijn scherpe, hoge objecten, zoals bruggen en kaaimuren, vaak niet altijd op hun werkelijke x,y-positie gelegen. Net bij deze objecten vertonen de gebruikte hoogtemodellen vaak afwijkingen. Afhankelijk van het feit of de voet of de top van het object in het hoogtemodel behouden is, kan het object verschoven zijn
- in de mate van het mogelijke werden wegen, gebouwen, grachten, e.d. onder bomen gedigitaliseerd. In bosrijke gebieden is dit niet evident. Omdat vaak fragmentarisch

toch objecten worden herkend werd ervoor gekozen in die gevallen eerder schematische omlijnningen in de databank op te nemen. Zo komen rond de Kleine Nete zeer veel vijvertjes voor die omringd zijn door bos. Deze werden indien mogelijk toch schematisch weergegeven.

4.4.2. Cartografisch model en topologische opbouw

Zoals in GIS toepassingen gebruikelijk, worden de topografische objecten ingedeeld in drie klassen:

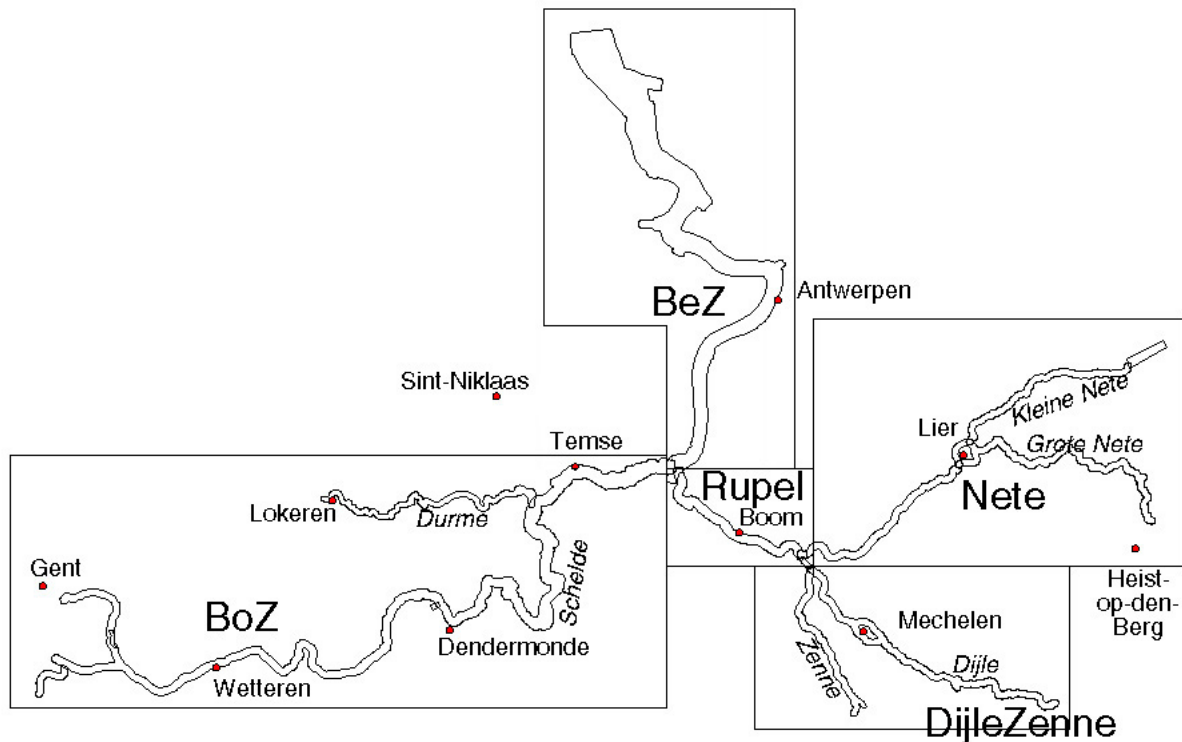
- punten (points)
- gebroken lijnen (polylines)
- veelhoeken (polygons)

In paragraaf ‘4.8 Beschrijving van de geleverde databank’ staan enkele tabellen die aangeven welke objecten in welke klasse werden ondergebracht. Het ESRI-shapefileformaat vereist dat de objecten van de verschillende klassen in verschillende shapefiles worden ondergebracht. Bij de kartering werden de objecten per aaneensluitend deelgebied ondergebracht in een shapefile met een herkenbare naam :

- BeZ : Beneden Zeeschelde vanaf de Rupelmonding over Antwerpen-Centrum tot de Nederlandse grens
- BoZ : Boven-Zeeschelde vanaf de Rupelmonding over Dendermonde en Wetteren tot Gentbrugge en Merelbeke. Bevat eveneens de Durme tot de dam te Lokeren
- Rupel : bevat ook de monding van het Zeekanaal Brussel-Rupel en de monding van Nete en Dijle
- Nete : de Beneden-Nete, Grote Nete tot Hallaar en Kleine Nete tot de monding van de Aa
- DijleZenne : de Dijle over Mechelen tot Haacht, het Zennegat en de Zenne tot Zemst

Het voorvoegsel in de naam van de shapefile maakt duidelijk welke objectklasse de shapefile bevat:

- Punten_ (ESRI geometrietype “POINT”)
- Lijnen_ (ESRI geometrietype “LINE”)
- Vlakken_ (ESRI geometrietype “POLYGON”)



Figuur 32. De vijf rechthoeken geven de indeling van de shapefiles weer.

Bij de opbouw van de cartografische databank werden volgende regels gevolgd inzake geometrische en topologische opbouw :

- de aaneengrenzende deel-shapefiles sluiten geometrisch aan elkaar
- objecten worden zoveel mogelijk als een eenheid gedigitaliseerd. Hierdoor ontstaan soms objecten, zoals b.v. een wegrand, met zeer veel knikpunten of vertices.
- objecten die op het terrein bij elkaar aansluiten, zoals b.v. een verhardingsrand aan een gebouwgevel, zijn ook in de databank topologisch aan elkaar aangesloten.

Onveranderde gebouwen van het “Zeeschelde” gedeelte zijn overgenomen van de gebouwlijnen uit de bestaande databank van de Maritieme Toegang, aangezien die databank vaak gebaseerd is op stereofotogrammetrie of landmeting, waarbij het grondvlak van gebouwen goed kan worden in kaart gebracht. Ook de kaaimuren van de grote kunstwerken, zoals opgesomd in het bestek, zijn overgenomen. Alle andere features van de geleverde databank zijn volkomen nieuw.

4.4.3. Objecten en objectcodes

De objecten worden geïdentificeerd door hun type en worden weergegeven door een code (Figuur 33). De codes die in gebruik zijn bij het Bestuur werden overgenomen. Er werden echter enkele codes toegevoegd. Deze zijn opgenomen in het bestand

“lijnobjectcode_VITO.xls”. Bestaande codes staan vetgedrukt in de kolom “Code”, nieuw toegevoegde codes staan vetgedrukt in de kolom “omschrijving”.

Weergavesymbolen klassieke cartografie			
PUNTTYPE	LIJNTYPE		
1032 laag punt in dijktop 1322 ijzeren paal 1323 dukdalf 1641 signaalbord 1642 boei 1651 peilschaal 1831 puntvormige constructie op dijk 1921 ijzeren afwateringsbuis met deksel			
VLAKTTYPE			
1340 ponton 1590 kraan, havenkraan 1650 tijhuisje 1680 hoogspanningsmast 1683 pyloon verlichting 1721 pijler van brug 1830 gebouw op waterkering 2010 gebouw niet op waterkering 2030 tank, bekken, zwembad 2040 pompstation 2050 radartoren			
	1010 dijkkruin, rivierzijde RO 1011 dijkkruin, rivierzijde LO 1020 dijkkruin, landzijde RO 1021 dijkkruin, landzijde LO 1031 dijkkruin, midden LO 1040 voet dijk, rivierzijde RO 1041 voet dijk, rivierzijde LO 1050 voet dijk, landzijde RO 1051 voet dijk, landzijde LO 1060 kaaimuur 1070 keermuur 1071 deur in keermuur 1072 steunmuur 1073 landhoofd, oevermuur 1074 schanskorven 1080 damplanken/damwand 1090 stuw 1150 kamlijn platform 1221 bovenrand stenen glooiing 1230 dam/leidam 1240 kribbe 1250 rijswerk/beschoeiing 1290 waterlijn	1310 steiger hout, ijzer 1311 steiger beton 1320 staketsel/remmingswerk 1330 loopbrug/trap/ladder 1340 ponton 1350 slipway 1380 sluisdeur 1450 vijverrand 1460 waterloop 1480 droogdok 1490 talud kanaal/droogdok 1510 pijpleiding onder water 1520 kabel onder water 1550 afvoerleiding onder water 1560 pijpleiding bovengronds 1580 afvoerleiding bovengronds 1590 kraan, havenkraan 1610 leidingen, buizen 1640 seinbord 1720 brug over waterweg 1721 pijler van brug 1760 spoorbrug 1770 spoorrail in haven	1780 verharding op dijk 1781 voetweg op dijk 1782 halfverharding op dijk 1783 onverharde weg op dijk 1784 veerlijn 1790 perceelrand 1820 afsluiting, haag, perceel 1825 afscheidingsmuur 1830 gebouw op waterkering 1850 stenen trap 1920 uitwateringssluis 1960 duiker 2040 pompstation 3010 weg (niet op dijk) 3012 half verharde weg (id.) 3013 voetweg (id.) 3020 autosnelweg 3030 as van spoorweg 3040 bovenkant talud 3110 brug, niet over waterweg 5120 werken in uitvoering 9080 onbekend

Figuur 33. Overzicht van de gebruikte objecten en objectcodes.

Een beschrijving van de gebruikte codes en de wijze waarop deze codes geïnterpreteerd werden vindt men in paragraaf '4.8 Beschrijving van de geleverde databank'. Figuur 34 toont een schematische weergave van een dijkdoorsnede met de benaming van de verschillende delen.

Als groep objecten vormen de kniklijnen (dijkkruin en dijkvoet) een soort apart. Zij werden als laatste gedigitaliseerd en zijn onafhankelijk van de andere objecten. Inderdaad valt een dijkknik niet automatisch samen met de rand van de wegverharding op de dijk. De bron van deze objecten is het hoogtemodel op basis van laserscanning. Het hoogtemodel en zijn verwerking worden in de volgende paragrafen beschreven. Hier volgt eerst een toelichting over de kniklijnen als object in de geleverde databank.

Zeker de voornaamste waterkerende dijk werd, wat kniklijnen betreft, geheel in kaart gebracht.

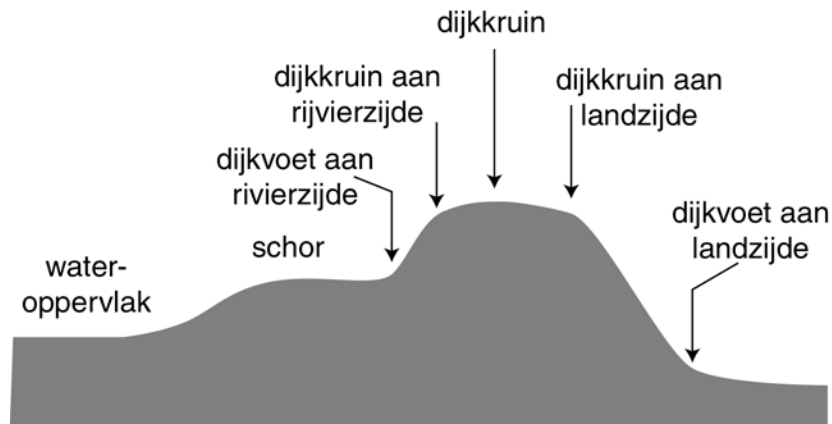
Op enkele plaatsen bevinden zich resten van oudere, lagere dijken aan de rivierzijde. Indien deze geen deel uitmaken van de aaneensluitende, waterkerende dijk, werden de kniklijnen ervan niet afzonderlijk gekarteerd.

Op enkele plaatsen bevinden zich landwaarts nieuwe dijken rond nieuw aangelegde overstroombare gebieden. Deze dijken zijn slechts zelden waterkerend. Zij werden vaak gekarteerd via de weg die erop loopt, maar de kniklijnen werden niet afzonderlijk gekarteerd (de dijken vallen vaak buiten de met laserscanning bedekte zone).

Per dijk werden vier lijnen getekend : de rivierwaartse voet- en kruinlijn en de landwaartse voet- en kruinlijn. Deze lijnen worden beschouwd t.o.v. het *dijklichaam*, d.w.z. dat geen begrenzingen van bestortingen op de oever worden getekend. Hierdoor is vaak de *rivierwaartse voetknik* niet te interpreteren, aangezien de oever verder loopt onder water.

De ingetekende dijkkruin en dijkvoet zijn kniklijnen, dit zijn lijnen die in de langsrichting van de dijk de voornaamste buigpunten verbinden in het dwarsprofiel van de dijk. Aldus wordt niet altijd de kruinlijn zelf getekend. Dan zou er immers vaak maar één lijn per dijklichaam weer te vinden zijn. Meestal, voor volmaakt trapeziumvormige doorsneden, is de rivierwaartse en landwaartse bovenste kniklijn wel gelijk aan de begrenzing van het kruinvlak.

Voorbeeld van een convex dijkprofiel, waar eerder de kniklijnen dan de kruinlijn werd bepaald :



Figuur 34. Schematische weergave van een dijkddoorsnede meet de naamgeving van de verschillende delen.

In het bestand met de topografie zijn de “dijkkruijn aan rivierzijde” en “dijkkruijn aan landzijde” de aanwezige objecten, met code 1010 (1011) en 1020 (1021), en niet de dijkkruijn zelf.

Convexe dijkprofielen vinden we eerder terug in het optionele gebied, met name bij de Dijle en Nete.

De code (lijntype) geeft aan om welke kniklijn het gaat. De vierde positie in de code maakt onderscheid tussen linker- (1) en rechteroever (0).

Op plaatsen waar een keermuur of steunmuur in of op de dijk aanwezig is, valt de rivierwaartse, respectievelijk landwaartse kniklijn samen met deze muur. In dat geval werd geen kniklijn getekend.

Op plaatsen waar de dijk aanleunt bij even hoog of hoger gelegen land, werden geen landwaartse kniklijnen getekend.

De dijkvoet aan de rivierzijde werd enkel ingetekend wanneer er een “platform” of knik naar de droogstaande rivierbodem in het hoogtemodel te herkennen is. Wanneer het dijktalud ononderbroken doorloopt onder de waterspiegel, is geen dijkvoet ingetekend.

Enkele hiaten in het langsverloop van de kruin- en voetlijnen hebben eerder te maken met onvolkomenheden in het hoogtemodel zelf. Het gaat om onvolkomenheden eigen aan de remote sensing techniek van laserscanning, die hieronder worden beschreven. In het totaal doen die onvolkomenheden zich voor in een zeer klein gedeelte van de kilometerlengte van de dijken. Hierop wordt verder ingegaan.

4.5. Hoogteopname

4.5.1. Uitvoering van de opname

Er werd in onderhavige opdracht een opname van de terreinhoogte (maaiveldhoogte) uitgevoerd. De opname is gebaseerd op vliegtuiglaserscanning. In afwijking van het bestek, werd tijdens de eerste stuurgroepvergadering op 4 mei 2007 beslist om een hogedichtheidopname te realiseren. Dit werd van belang geacht voor het precies bepalen van de kruin van de waterkeringen. De laserscanopname gebeurde met een gemiddelde punt dichtheid van 1 punt/m² i.p.v. de oorspronkelijk voorziene 1 punt/ 4 m².

De vluchten die het hele gebied bij laagwater bestrijken, hadden plaats op 4 opnamedagen in augustus 2007. Hier wordt verwezen naar het leveringsrapport van die opname, uitgevoerd door onderaannemer Aerodata International Surveys (ANNEX 6 ‘Rapportage hyperspectrale vlucht en laserscan’).

De opname werd gekeurd op bedekking, punt dichtheid, nauwkeurigheid in hoogte en planimetrische nauwkeurigheid, en filteren van de niet-maaiveldpunten (ANNEX 2 ‘Keuring van de hoogteopnames’).

De hoogte-opname is in de eerste plaats een up-to-date opname ten behoeve van het Bestuur.

In de tweede plaats diende ze als bron voor de objecten “dijkkruin” en “dijkvoet” in de cartografische databank 2007.

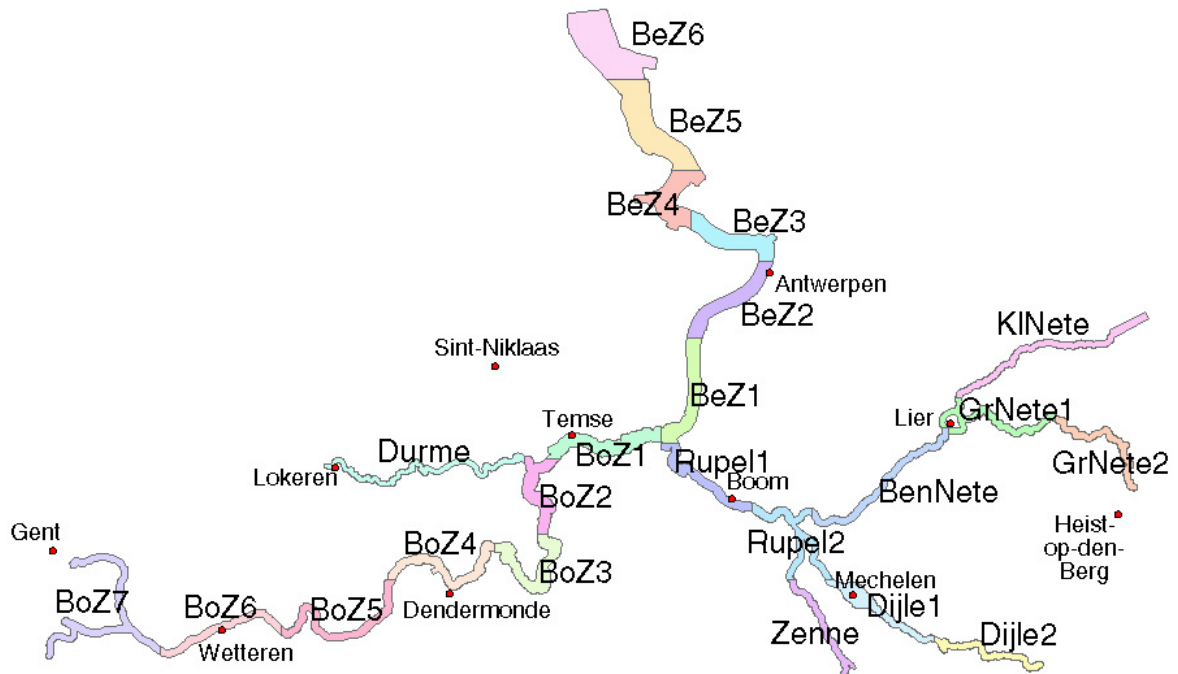
In een overleg dd. 20 februari 2008 werd beslist om geen vereenvoudigde (op overbodige, redundante punten gefilterde) hoogtepuntensets aan te maken. Tevens is het niet nodig om hoogtelijnen om de meter te leveren in de cartografische databank.

4.5.2. Omzetting naar hoogtemodel en grafische weergave ten behoeve van de digitalisatie van de dijklijnen

Er zijn ten behoeve van de opbouw van de cartografische databank hoogtemodellen gemaakt per deelzone. Deze hoogtemodellen kunnen in GIS d.m.v. inkleuring volgens hoogte worden weergegeven. Tevens kunnen er hoogtelijnen op worden bepaald.

Van de ASCII-bestanden met de laserscanpunten wordt eerst een TIN (triangular irregular network) aangemaakt, en daarvan een grid (regelmatig rooster in GIS-formaat). Het grid wordt aangemaakt met een celafmeting van 1 meter.

De grote hoeveelheid punten noopte tot een indeling in deelgebieden. De onderstaande Figuur 35 geeft de indeling weer. Er werden in het totaal 24 grids aangemaakt.



Figuur 35. Indeling van het stroomgebied in 24 deelgebieden of grids.

4.5.3. Toelichting bij het gebruik van de hoogteopname

Een hoogtemodel gebaseerd op laserscanning is een nauwkeurige, objectieve en gedetailleerde weergave van de terreinhoogte.

Het thans geleverde hoogtemodel voldoet aan de gestelde specificaties en de verwijdering van punten die niet tot het maaiveld behoren, kan als zeer geslaagd beschouwd worden.

Toch is het hoogtemodel nog geen perfecte weergave over het hele gebied. De tekortkomingen zijn eigen aan het werken met laserscanning, en men dient met deze eigenschappen rekening te houden.

Zo worden sommige punten van het terrein (bv. in de straalshaduw van een muur of een steile oever) niet bereikt door de scanner. Op deze plaatsen werd geïnterpoleerd tussen de omgevende punten om een bedekking met dichtheid 1 x 1 meter te bekomen. Tevens worden sommige punten bij het wegfilteren van niet-maaiveldpunten niet herkend als “niet-maaiveldpunt”. Dat kan het geval zijn bij zeer dichte vegetatie zoals bij zeer dicht begroeide schorren of bij bepaalde bossen met dicht vegetatiedek.

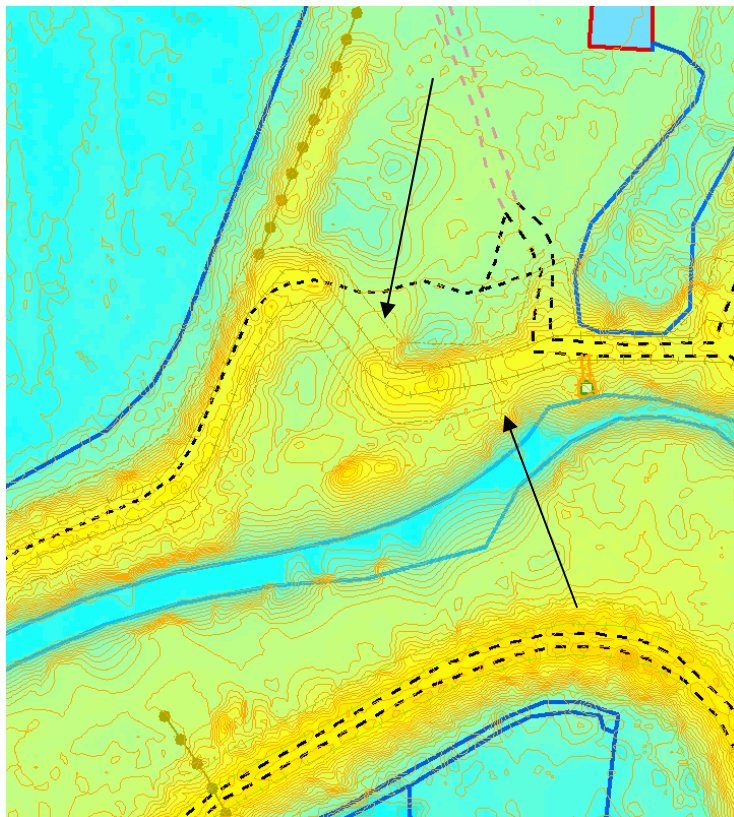
Men dient bij het gebruik dan ook rekening te houden met volgende richtlijnen :

- het hoogtemodel toont “laagtes” in de dijkrijnhoogte *onder bomen*. Deze artefacten zijn het gevolg van interpolaties tussen behouden, laag liggende punten ter weerszijden van het dijklichaam. Bij het intekenen van de dijkkniklijnen werd ernaar gestreefd de ware knik, zelfs onder bomen, weer te geven.
- onder bruggen en bij verticale structuren zoals kaaimuren is het hoogtemodel niet betrouwbaar en komen eigenaardige interpolaties voor .
- de filtering van niet-maaiveldpunten in zeer dichte vegetatie is vaak niet zo goed gelukt : dit is ook een vrijwel onmogelijke opgave. Bij het intekenen van de dijkvoet- en –kruinlijnen werd getracht “door” het hoogtemodel heen te kijken en zoveel mogelijk de ware kniklijn te karteren. De terreinopnames en foto’s waren hierbij uiteraard nuttig.

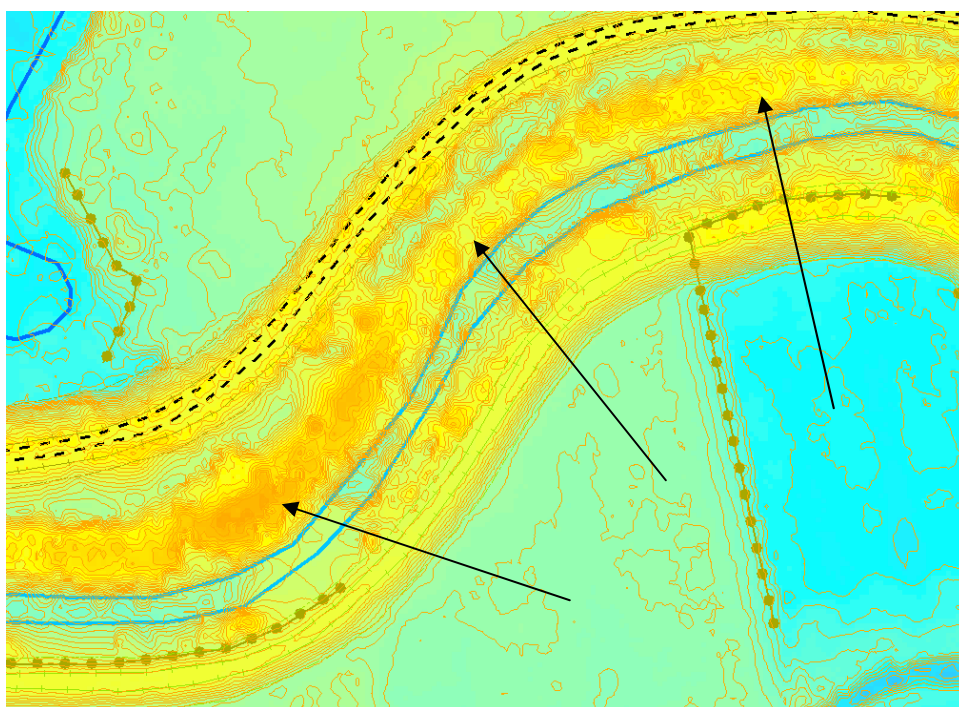
4.5.3.1. Enkele specifieke opmerkingen i.v.m. de kniklijnen op de winterdijken afgeleid uit het hoogtemodel :

Werken met het hoogtemodel vraagt meer interpretatie bij de kleinere getijrivieren, waar de vegetatie zeer dicht kan zijn. Zo voor de Durme (Figuur 36, Figuur 37 en Figuur 38 verduidelijken dit):

- het verloop van de winterdijk ten noorden van de Durme is niet volledig bedekt door het projectgebied en bijgevolg door het hoogtemodel, nl. nabij de kruising van de E17 met de Durme en net ten noorden van Hamme;
- op een aantal plaatsen langs de Durme is de begroeiing zeer dicht. Hier treden meermaals valse interpolaties op, waarbij punten onder vegetatie weggefilterd zijn en laag liggende punten ten noorden en ten zuiden van het dijklichaam door lage punten verbonden worden. Het is niet altijd zeker of het dijklichaam doorloopt. Ook op het terrein zijn deze plaatsen niet altijd bereikbaar of meteen overzichtelijk. Dit is bijvoorbeeld het geval op de noorddijk van de Durme net ten westen van de “Mira”-brug.
- op enkele andere plaatsen tussen Waasmunster en de E17 is de begroeiing zo dicht dat de dijk niet goed bedekt is met laserscanpunten en vaak zijn er interpolaties “doorheen” het dijklichaam. Voor het intekenen van de kniklijnen moest er herhaaldelijk teruggegrepen worden naar de terreinwaarnemingen.



Figuur 36. Plaats met schijnbare bressen in de noorddijk van de Durme, tussen Waasmunster en de E17, het gevolg van wegfiltering van punten op het vegetatiedek en interpolatie van lage punten ten noorden en ten zuiden van de dijk. De dijkknikken werden doorgetekend. Dergelijke situaties werden ook aangetroffen op de noorddijk van de Dijle tussen Rijmenam en Haacht, en vrij vaak langs de Netes.



Figuur 37. Schijnbare dijk binnen de bedding : het gevolg van zeer dichte vegetatie, waarop de laserpunten niet weggefilterd zijn. Tussen Waasmunster en de E17.



Figuur 38. Hoge vegetatie tussen de dijk en het water. Zelfde plaats als het kaartje hierboven.

Algemeen vraagt het intekenen van de dijk-kniklijnen interpretatie waar het hoogtemodel verstoord is door de aanwezige, dichte vegetatie en bos.

In het hoogtemodel van de Dijle doet zich een randinterpolatie-probleem tussen deelblokken van de opname voor. Hierdoor kunnen geen kniklijnen ingetekend worden op een stukje van de zuidelijke dijk, afwaarts van de Hansbrug in Haacht.

De vegetatie langs de zuidoever van de Beneden-Nete, tussen de rivier en het oud Netekanaal, thans drinkwaterwinning, is zo dicht dat er geen grondpunten op de landzijde van de dijk overbleven na filtering zodat het dijktalud er niet goed gemodelleerd is.

Hetzelfde geldt voor de Kleine Nete tussen Lier en Nijlen en rond Grobbendonk. Vooral de zuidoordijk in het hele stuk opwaarts van het Albertkanaal is slecht gemodelleerd waar er bossen of bomenrijen aanwezig zijn. In het bijzonder is de met loofbomen bezette zuidoordijk van de Kleine Nete in de kilometer net afwaarts van de samenvloeiing van Kleine Nete en Aa slecht gemodelleerd. Tevens is de zuidoordijk in het dorp van Grobbendonk, ten noorden

van de Troon (voormalige spoorlijn Herentals-Grobbendonk), niet goed weergegeven in het hoogtemodel.

Op de vesten van Lier zijn een aantal “doorbraken” te zien, waar het hoogtemodel geïnterpoleerd is tussen laag gelegen punten ter weerszijden van de dijk. Verder zijn er heel wat “doorbraken” in de buurt van Itegem. Hier bevinden zich weliswaar geïsoleerde, maar vaak dicht beboste percelen langs de Nete.

De kniklijnen die het dijklichaam weergeven, werden waar mogelijk correct doorgetekend bij schijnbare “bressen” of “bruggen” in het hoogtemodel. Op plaatsen waar geen aanvulling door interpretatie mogelijk was, zijn de kniklijnen onderbroken.

4.6. Verwijderen van de hoogtepunten op water

Het Bestuur wenst te voorkomen dat punten die geïnterpoleerd zijn op het wateroppervlak, als terreinpunten zouden worden beschouwd. Hiertoe werd in overleg dd. 20 februari 2008 afgesproken de hoogtepunten op het water te verwijderen.

Theoretisch zijn vijf methodes ter beschikking :

- bepalen van water/niet-water uit de LiDAR intensiteitsdata
- via de gemeten waterstanden de lokale waterlijn op moment van opname bepalen
- via de klassering “water” op de hyperspectrale beelden
- via hellingswaarden
- de lokale waterlijn interactief afleiden uit de LiDAR-grids

4.6.1. Afweging van de methodes

4.6.1.1. Via de LiDAR intensiteitswaarden

Deze waarden werden niet contractueel gevraagd en meegeleverd.

4.6.1.2. Via gemeten waterstanden op moment van opname

In sommige gebieden ligt naast elkaar op het water een hoge zone, dan een lage, dan een hoge, dan weer een lage. Het hoogteverschil tussen deze zones bedraagt meer dan een meter. Deze zones zijn afkomstig van vliegstroken, die bij andere waterstanden werden overvlogen.

De geleverde puntenbestanden zijn in veel gevallen mozaïeken van zulke stroken die elkaar overlappen. De punten dragen geen tijdstempel en het is onmogelijk uit te maken uit welke vliegstrook de punten afkomstig zijn.

In de praktijk is het dus onmogelijk of zeer tijdrovend om de zones uit te zoeken, waar welke waterstand als drempel zou moeten worden genomen. Bovendien is er een bijkomende mogelijkheid tot introduceren van fouten door kleine vergissingen, bv. aan elkaar koppelen van waarnemingen afkomstig van een verschillend tijdstip.

4.6.1.3. Via de klassering “water” op de hyperspectrale beelden

Dit is geen optie, omdat de hyperspectrale vlucht op andere datums werd uitgevoerd dan de laserscanvluchten. Men zou dan in sommige gebieden punten op het water behouden en in andere gebieden punten, die werkelijk laag op de oever gelegen zijn, weggooien.

4.6.1.4. Via hellingswaarden

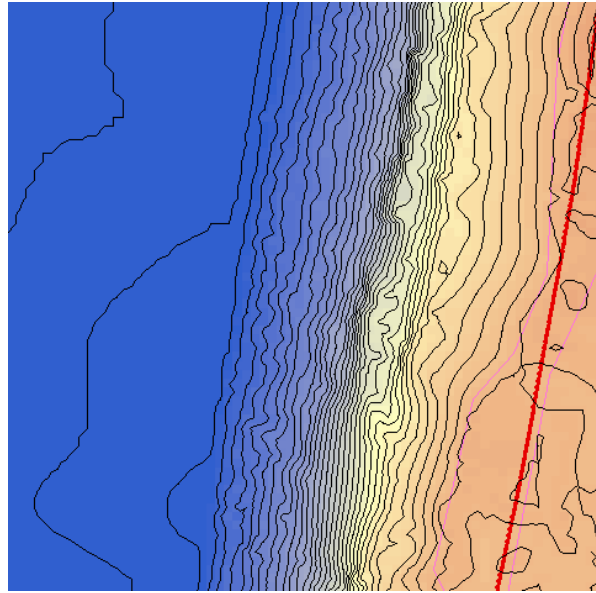
Een andere mogelijkheid is het aanmaken van een grid van hellingswaarden. Het komt er op neer dat een wateroppervlak in het LiDAR beeld zichtbaar is als een een min of meer vlak oppervlak. De waterlijn is dan die lijn waar de helling (bijna) nul wordt.

Hier treden natuurlijk dezelfde complicaties op wanneer bv schepen langs de oever liggen, en wanneer punten uit verschillende vliegstroken afkomstig zijn.

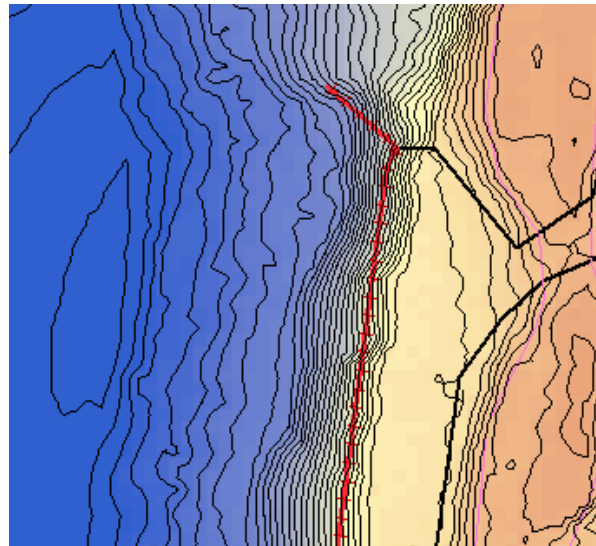
In feite komt het werken op een hellingskaart neer op intekenen van water-land interface op een hoogtelijnenkaart. Het verschil is dat men zich bij werken op hoogtelijnen zelf de hellingen en knikken moet voorstellen. Dit is echter geen probleem voor een geomorfoloog, die hierop getraind is. Het berekenen van hoogtelijnen biedt het voordeel dat knikken in groter ruimtelijk detail kunnen worden voorgesteld, door bv. hoogtelijnen met klein interval te berekenen.

4.6.1.5. Via interactief intekenen van de lokale, momentane waterlijn op grid en hoogtelijnen

Hiertoe wordt het grid gepast ingekleurd om de hoogtezone rond de waterlijn met maximaal kleurcontrast weer te geven. Op het grid worden tevens hoogtelijnen berekend, bv. om de 0.20 m.



Figuur 39. Deze uitsnit toont een sterk vergroot gebiedje (van links naar rechts ongeveer 75 m). Het is onmiddellijk duidelijk waar de waterlijn ligt, nl. waar de hoogtelijnenafstand in het blauw ingekleurde gebied heel breed wordt.



Figuur 40. Deze uitsnit toont een kaaimuur (rode lijn) met een lichte helling aan de waterzijde.

Op plaatsen met kaaien en afritten helpt de kartering van de topografische objecten. Zo is in Figuur 40 de rode lijn een kaaimuur, en zou het kunnen dat de punten tot de voet van de kaaimuur waterpunten zijn. In dit specifiek geval echter is er toch een zichtbare helling onder de kaaimuur aanwezig, en dit weten we uit het terreinwerk, foto in Figuur 41.



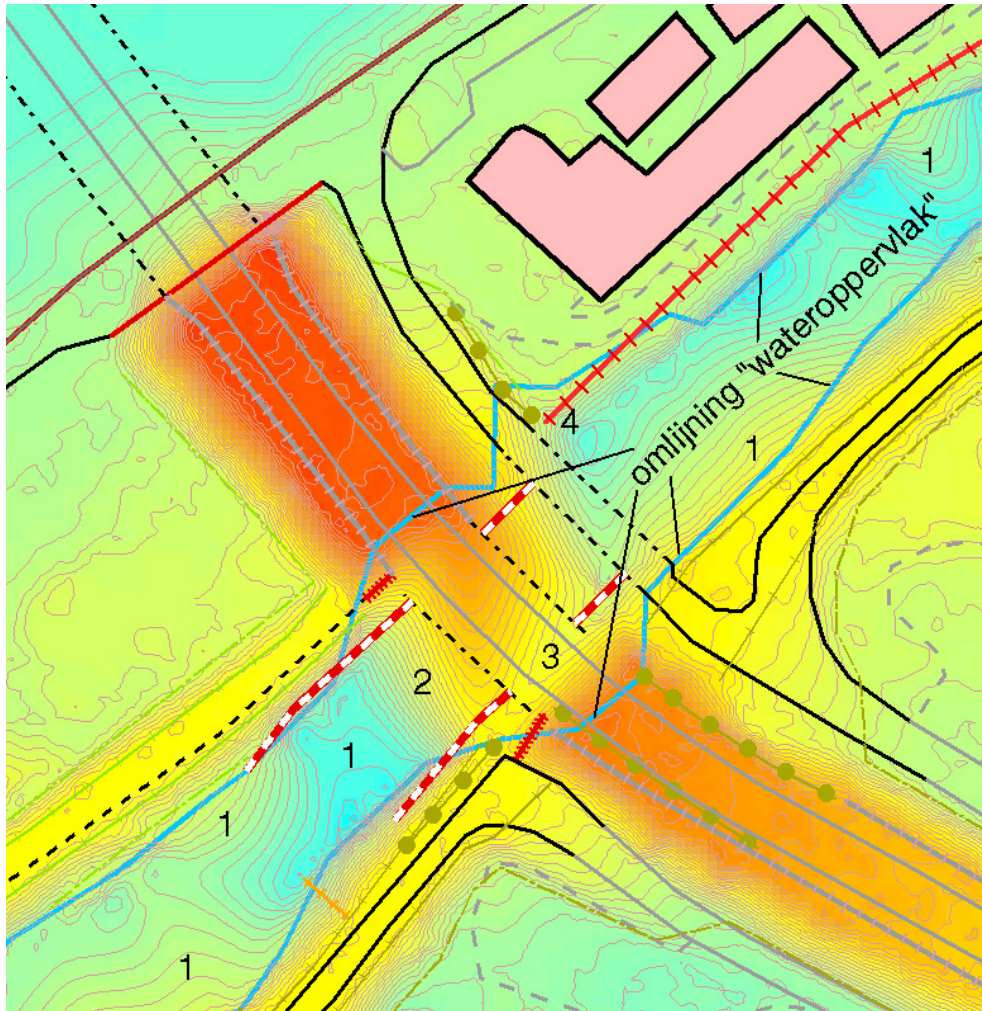
Figuur 41. Foto van een kaaimuur met ervoor een lichte helling.

4.6.2. Concrete verwijdering van laserscanpunten op het water

Er wordt een omgrenzing gecreëerd “Wateromlijning.shp” (polygon). Hiertoe wordt gewerkt op de gekleurde weergegeven hoogtegrids, waarop nog hoogtelijnen om de 0,20 m. Meestal is de omlijning gelijk aan de momentane waterlijn.

De omlijning omgrent ook andere punten die niet tot het maaiveld horen, zoals interpolaties tussen constructies in het water en de oever, interpolaties tussen niet-uitgefilterde reflecties op vegetatiedek en het wateroppervlak. Dergelijke zones met foutieve interpolaties werden echter enkel verwijderd indien ze grenzen aan het wateroppervlak.

Het bepalen van de zone waarbinnen hoogtepunten moeten worden verwijderd omdat deze het maaiveld niet correct weergeven, gebeurt voornamelijk aan de hand van een interpretatie van het verloop van de hoogtelijnen. Hiertoe werd gewerkt met hoogtelijnen met een equidistantie van 20 cm. Het algemeen verloop van de hoogtelijnen, geïnterpreteerd tegen een degelijke geomorfologische kennis van het gebied, laat toe zones te omlijnen waarin het maaiveld door het hoogtemodel niet correct wordt weergegeven.



Figuur 42. Illustratie bij het bepalen van de zone waarbinnen de hoogtepunten worden verwijderd. De zone is begrensd door de “omlijning wateroppervlak”.

Figuur 42 toont een uitsnit op grote schaal (het gebouw in het noorden van de figuur is 44 meter lang) van het hoogtemodel van de Kleine Nete ter hoogte van de brug van Nijlen. De “omlijning wateroppervlak” omsluit ook gebieden met foutieve interpolaties. 1 : foutieve interpolaties op het wateroppervlak zelf, met vaak bruggen tussen de oevers of tussen de oevers en reflecties op het water; 2 : foutieve interpolatie tussen brugdek en wateroppervlak; 3 : foutieve interpolatie onder brugdek; 4 : foutieve interpolaties ter hoogte van een waterkerende muur. Van het hoogtemodel buiten (ten noorden en zuiden) van de weergegeven “omlijning wateroppervlak” mag aangenomen worden dat het het maaiveld over het algemeen correct weergeeft.

Eenmaal de “omlijning wateroppervlak” getekend, worden in alle 24 puntenbestanden die samen het gebied van de getijderivieren bedekken, de punten die binnen de omlijning liggen, verwijderd.

Het resultaat is een reeks van 24 bestanden met maaiveldpunten, waaruit de punten op het water en punten die het gevolg zijn van foutieve interpolaties grenzend aan het wateroppervlak, verwijderd zijn. De bestanden dragen dezelfde naam als de 24 grids (zie figuur hierboven), met de toevoeging “_w.txt”.

4.7. Steekkaarten

Een set steekkaarten verschaft een beknopt overzicht van de verrichte beeldklasseringen en de klassieke cartografie.

Centraal bevindt zich op iedere steekkaart het geklasseerde hyperspectrale beeld.

In overdruk is de klassieke topografische kartering weergegeven, en dit vooral om de omgeving te kunnen situeren.

Doorgaans zijn de steekkaarten op schaal 1/10.000; voor de brede Schelde ten noorden van Antwerpen is de schaal 1/15.000. Bij die schaal kunnen de tegenoverliggende oevers nog op één steekkaart t.o.v. elkaar gesitueerd worden. De steekkaarten worden in een afzonderlijke bundel op formaat A3 geleverd.

4.8. Beschrijving van de geleverde databank

Deze staat beschreven in ANNEX 8 ‘Oplevering van de klassieke cartografie’

5. Referenties

- P. Kempeneers, S. De Backer, B. Deronde, L. Bertels, W. Debruyn, P. Scheunders, *Classifying hyperspectral airborne imagery for vegetation survey along coastlines*, 2004, *Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Anchorage, USA, pp. 1475-1478.
- J.C. Kromkamp, E.P. Morris, R.M. Forster, C. Honeywill, S. Hagerthey, D.M. Paterson, *Relationship of Intertidal Surface Sediment Chlorophyll Concentration to Hyperspectral Reflectance and Chlorophyll Fluorescence*, 2006, *Estuaries and Coasts*; 29(2):183-196
- D. van der Wal, P.M.J. Herman, R.M. Foster, T. Ysebaert, F. Rossi, E. Knaeps, Y.M.G. Plancke, S.J. Ides, *Distribution and dynamics of intertidal macrobenthos predicted from remote sensing: response to microphytobenthos and environment*, 2008, *Marine ecology progress series*; Vol. 367:57-72.

ANNEX 1. Specificatie van de hyperspectrale- en laserscanner

Tabel 12. Specificatie van de hyperspectrale AISA Eagle sensor.

	Field-of-View (FOV)	39.7°
	Instantaneous FOV (IFOV)	0.039°
	Pixel number	1024
	Flight altitude	1418m
	Swath width	1000m
	Across/Along track GSD	1x 1m
	Wavelength	412 – 867 nm
	FWHM (bands 1:4, 5: 28, 29:32)	25, 2, 28 nm
	Number of bands	32
	Overlapping	34%
	Line spacing	650m

Tabel 13. Bandsettings van de AISA Eagle sensor.

Band nr.	Centrale golflengte	FWHM	Band nr.	Centrale golflengte	FWHM
1	412.9	25.08	17	647.3	2.24
2	438.0	25.08	18	658.5	2.24
3	463.1	25.08	19	669.7	2.24
4	489.2	22.99	20	678.6	2.24
5	508.0	2.09	21	689.8	2.24
6	520.6	2.14	22	701.0	2.24
7	531.6	2.2	23	710.0	2.24
8	544.8	2.2	24	718.9	2.24
9	555.8	2.2	25	728.0	2.28
10	566.8	2.2	26	737.1	2.28
11	577.8	2.24	27	746.2	2.28
12	591.3	2.24	28	755.3	2.28
13	600.2	2.24	29	775.56	27.36
14	611.4	2.24	30	830.60	27.36
15	622.6	2.24	31	885.64	29.64
16	633.8	2.24	32	940.68	29.64

Tabel 14. Specificatie van de LiDAR Riegl LMS Q560 scanner.

	Laser pulse rate	50khz
	Scan Angle (FOV)	60°
	Max scan incidence	30°
	Flight altitude	1000m
	Swath width	1150m
	Laser beam footprint diameter	0.5m
	Scan frequency	52hz
	Flight speed	46m/s (90knots)
	Point density	1 point/m²
	Overlapping	51%
	Line spacing	550m

ANNEX 2. Keuring van de hoogteopnames

De keuring van de LiDAR data (ruw en gefilterd), aangeleverd door de onderaannemer Aerodata, werd uitgevoerd door Rik Houthuys, voor VITO, op 26,27 en 28 december 2007. De ruwe data zit vervat in xyz-bestanden waarvan de naamgeving is opgebouwd uit de Lambert coördinaat in km van de linker benedenhoek van het kilometerhok. Bv. DTM104186.xyz bevat alle punten in het kilometerhok van X 104 tot net niet 105 en Y 186 tot net geen 187.

1. Keuring van de bedekking

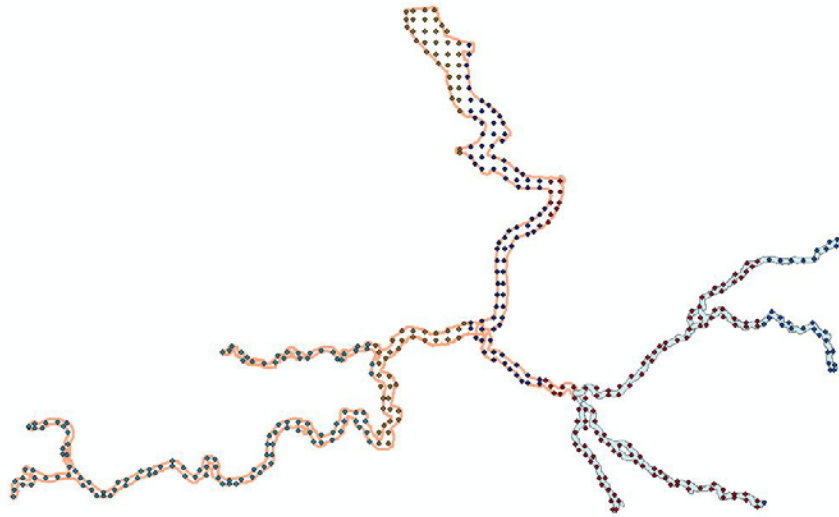
De te bedekken zone is afgebakend door een aantal vectoren welke vervat zijn in een aantal bestanden:

- “Zone_nete_dijle_zenne_bis” (bis duidt op de toevoeging van het stukje Kleine Nete ten noorden van het Albertkanaal in Grobbendonk)
- “Zoneschelde_bis” (bis duidt op de toevoeging van een klein stukje te Heusden-Gent en te Dendermonde)

Volgende DTM bestanden bedekken het gebied:

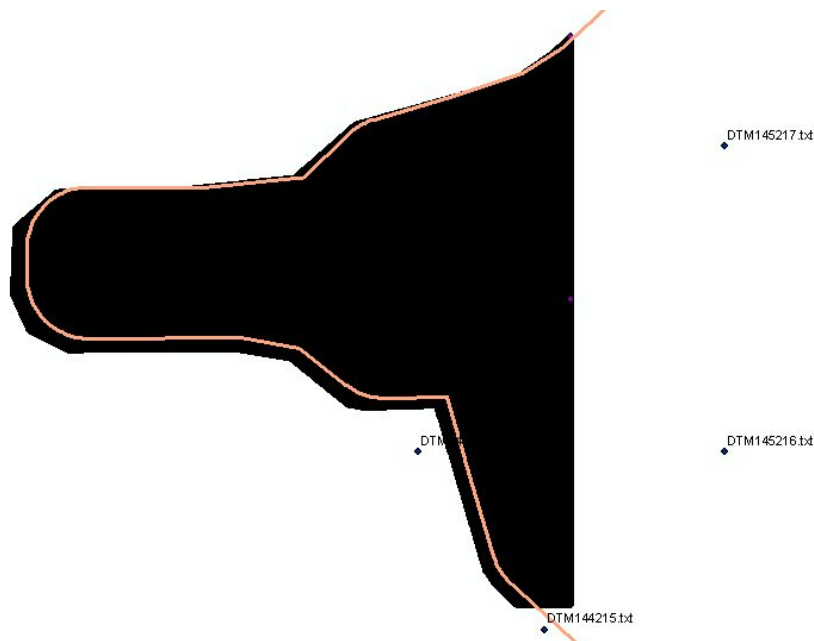
- DTM_asc_1 bedekt de Boven Zeeschelde van Gent tot Baasrode en ook de Durme
- DTM_asc_2 bedekt de Boven Zeeschelde van Baasrode tot Temse en van de Beneden Zeeschelde het stuk bij de Nederlandse grens
- DTM_asc_3 bedekt het grootste deel van de Beneden Zeeschelde op- en afwaarts Antwerpen-centrum en van de Rupel
- DTM_asc_4 bedekt Antwerpen-centrum, het bovenste stukje Rupel, en alles van de Zenne, Dijle en Nete behalve de meest opwaartse delen van de Dijle en de Nete
- DTM_asc_5 bedekt de meest opwaartse delen van de Kleine en Grote Nete en het stukje van de Dijle rond Haacht

De grenzen tussen deze 5 gebieden lopen noord-zuid. De bestanden Middelpunten1 tot ...5.txt geven de middelpunten van de gefilterde laserpunt bestanden weer (Figuur 43). Hieruit kan besloten worden dat de bedekking volledig is.



Figuur 43. Deze kaart van het te karteren stroomgebied geeft de bedekking van de LiDAR data weer. De punten duiden op het middelpunt van de gefilterde DTM laserpunten bestanden.

Figuur 44 toont een detail van de LiDAR opnamen ter hoogte van de Kallosluis. Het is een voorstelling van de laserpulsen, in zwart weergegeven, die vervat zijn in de bestanden: DTM143216, DTM143217, DTM144216 en DTM144217. De vector waarbinnen de opnames dienen te gebeuren is eveneens weergegeven. De LiDAR opnames zijn dus bedekkend.



Figuur 44. Detail van de LiDAR opnamen ter hoogte van de Kallosluis. De gekleurde lijn geeft de contour van het op te nemen gebied weer. In zwart wordt de LiDAR opname voorgesteld.

Op een aantal plaatsen merk ik een afwijking met de te bedekken contour: nabij Gent tot 10 m, nabij Melle tot 30 m, zowel te weinig als te veel. Dit is aanvaardbaar daar de contour het

gedetailleerd op te meten gebied met een ruime marge afbakent (225 m breed is vanaf de as van de rivier).

Besluit: met betrekking tot ‘bedekking’ mag de LiDAR data aanvaard worden.

2. Controle op de punt dichtheid

De controle werd uitgevoerd op twee gebieden uit opname 2 (“fs002a.txt”) in de omgeving van de Kallosluis, eenmaal ten noorden en eenmaal ten zuiden van de toegangsgeul naar de sluis. Er blijken 8661 respectievelijk 8974 punten per ha aanwezig te zijn, of ongeveer 0,9 per m². Wanneer rekening wordt gehouden met overlappende stroken, zal de dichtheid allicht groter zijn dan 1 per m². In de gefilterde DTM bestanden blijken punten om de meter te zitten, zoals overeengekomen in de technische specificatie. Ze volgen een rooster (met punten op oneven veelvoud van 0,5 m) en werden wellicht bekomen zoals beschreven in de overeenkomst van Aerodata met de VITO, n.l. door wegfilteren van uitschieters en niet-maaiveldpunten, en door nadien te interpoleren voor de gebieden zonder data. De twee hierboven genoemde testgebieden bleken telkens in de gefilterde bestanden precies 10.000 punten per ha of 1 om de meter te bezitten.

Besluit: met betrekking tot ‘punt dichtheid’ mag de LiDAR data aanvaard worden..

3. Controle op de hoogtenauwkeurigheid

De specificaties voor het laserscan dtm bedroegen, wat verticale nauwkeurigheid betreft, een absolute afwijking van $\pm 10 \pm 10$ cm (standaarddeviatie).

Aanvankelijk werd voor de controle op de absolute hoogteligging het 5x5 meter grid DHM Vlaanderen. In twee testgebieden ter hoogte van Gent leverde dat een gemiddeld hoogteverschil van 16-17 cm op. Deze afwijking is onaanvaardbaar. We twijfelen enigszins over de nauwkeurigheid van de referentieset zelf. Op harde topografie zou ze een absolute nauwkeurigheid in de buurt van 7 ± 8 cm hebben (bron : AGIV).

Op 4 januari 2008 wordt beslist om drie testgebieden op de grond op te meten met een GPS-toestel. . Er werd op gelet dat een aantal, minstens vijf, punten in een vlak liggen – liefst horizontaal, of anders in zijn geheel licht hellend -, zodat mag aangenomen worden dat, op enkele cm na, het vlak gedefinieerd is door de 5 punten. Er werd telkens 10 à 15 minuten geregistreerd teneinde de coördinaten zo nauwkeurig mogelijk te meten.

3.1. Antwerpen Linkeroever Noord

Ligging : parking aan de westzijde van de Gloriantlaan, nabij de Thonetlaan.

Coördinaat van het middelpunt : 151200, 231895.

Er werden 6 terreinpunten opgemeten.

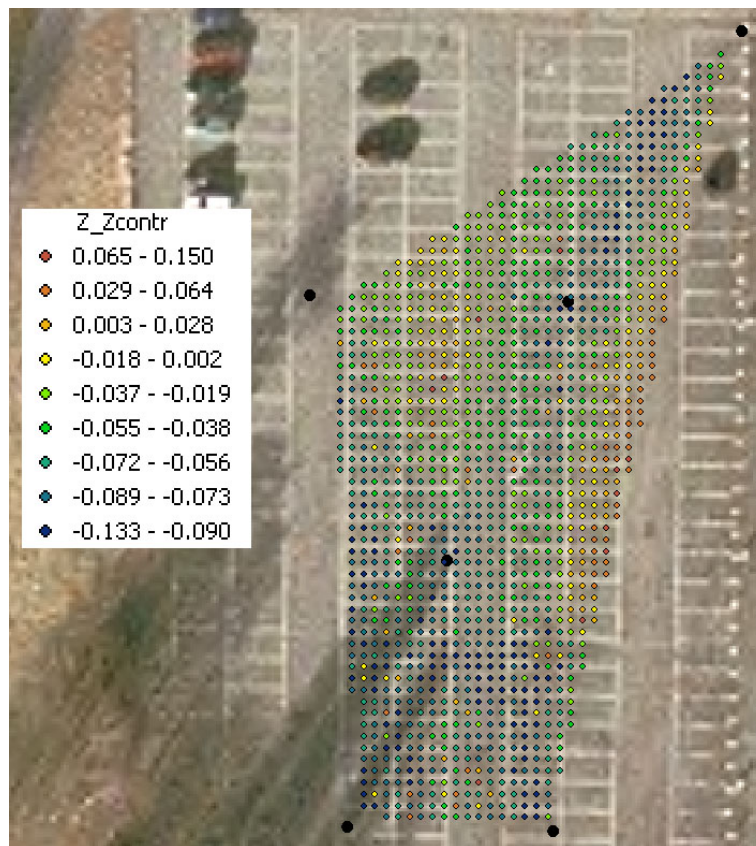
Op de punten is het laserscan-dtm gemiddeld 10 cm lager dan de terreinpunten.

gemiddelde	-0.099
stdev	0.021
n	6

Maakt men een oppervlak-interpolatie, dan blijkt voor de laserscan-punten gelegen op een 1 x 1 rooster gemiddeld slechts 5 cm hoogteverschil.

gemiddelde	-0.047
stdev	0.037
n	1356

Onderstaande Figuur 45 toont de ruimtelijke spreiding van de hoogteverschillen. Merk op dat de punten met het grootste hoogteverschil op de ribben tussen de 6 terreinpunten liggen. Het kleinere hoogteverschil voor het oppervlak volgt uit de aard van het referentievlak dat enigszins bol is. Deze toevallige omstandigheid verkleint in dit geval het gemiddeld hoogteverschil.



Figuur 45. Weergave van de hoogteverschillen ($Z_{dtm2007}$) min ($Z_{terrJan2008}$).

3.2. Bornem-Sas

Parking tussen de rijksweg N16 Willebroek-Temse en het sas van de Oude Schelde.

Coördinaat van het middelpunt : 139355, 200950.

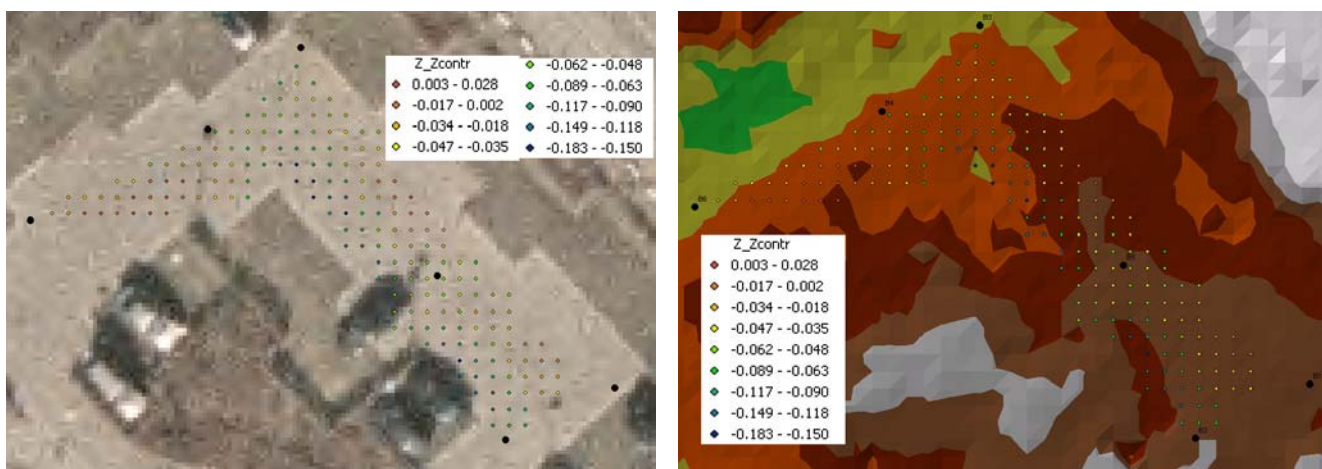
Er werden 6 terreinpunten opgemeten. Op de punten is het laserscan-dtm gemiddeld 7 cm lager dan de terreinpunten.

gemiddelde	-0.070
stdev	0.019
n	6

Maakt men een oppervlak-interpolatie, dan blijkt voor de laserscan-punten gelegen op een 1 x 1 rooster gemiddeld slechts 5,5 cm hoogteverschil.

gemiddelde	-0.055
stdev	0.040
n	192

Onderstaande Figuur 46 toont de ruimtelijke spreiding van de hoogteverschillen. De punten met de kleinste hoogteverschillen liggen op plaatsen waar de lokaal convexe aard van het terrein en kleiner hoogteverschil bevoordelen. Op enkele andere lokale depressies zijn de hoogteverschillen dan weer het grootst.



Figuur 46. Ruimtelijke spreiding van de hoogteverschillen.

3.3. Grobbendonk

Parking op het uiteinde van de Industrieweg in Grobbendonk, tussen het Albertkanaal en de E313, nabij de Kleine Nete.

Coördinaat van het middelpunt : 174720, 207820.

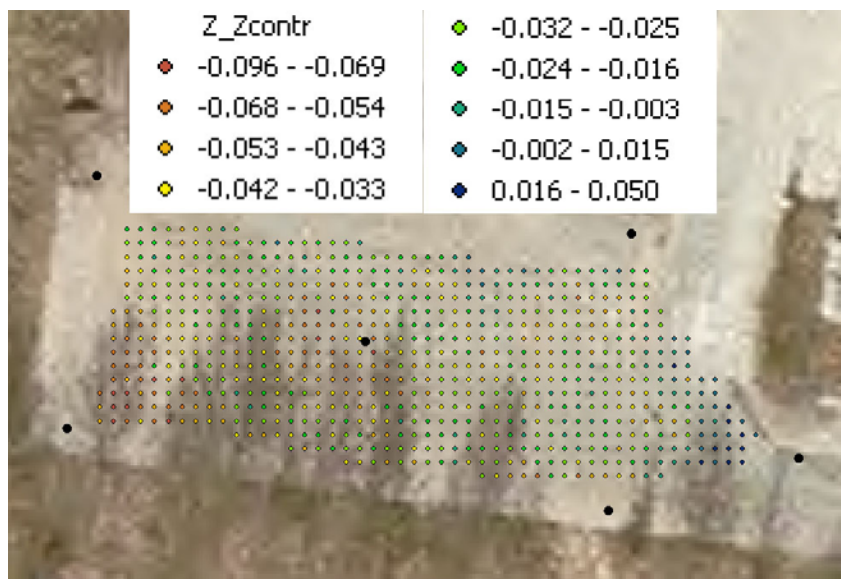
Er werden 6 terreinpunten opgemeten. Op de punten is het laserscan-dtm gemiddeld 7 cm lager dan de terreinpunten.

gemiddelde	-0.040
stdev	0.019
n	6

Maakt men een oppervlak-interpolatie, dan blijkt voor de laserscan-punten gelegen op een 1 x 1 rooster gemiddeld slechts 3 cm hoogteverschil.

gemiddelde	-0.030
stdev	0.018
n	684

Onderstaande Figuur 47 toont de ruimtelijke spreiding van de hoogteverschillen. Het hele terrein helt zeer licht af van noord naar zuid. De grootste hoogteverschillen zijn verbonden met het punt linksonder op de figuur. Hier bevindt zich een lokale depressie in het terrein dat grotere hoogteverschillen oplevert.



Figuur 47. Ruimtelijke spreiding van de hoogteverschillen.

3.4. Conclusie

De specificaties voor het laserscan dtm bedroegen, wat verticale nauwkeurigheid betreft, een absolute afwijking van $\pm 10 \pm 10$ cm (standaarddeviatie).

Op twee terreinen in de omgeving van Gent bedraagt de gemiddelde waarde voor $Z-Z_{ref}$ op een effen verhard terrein ruim 16 ± 8 cm. De referentie is het DHM Vlaanderen, dat op harde topografie een absolute nauwkeurigheid in de buurt van 7 ± 8 cm zou hebben (bron : AGIV).

Weliswaar is deze fout gecumuleerd met de toegelaten fout in onze specificaties van het dtm nog net binnen de vastgestelde afwijking, maar er werd beslist om met grotere nauwkeurigheid enkele verspreid gelegen terreinen terrestrisch op te meten met RTK-GPS. Voor een parking op Antwerpen Linkeroever werd een hoogteverschil $Z-Z_{ref}$ van -10 ± 2 cm gemeten. Wordt een terreinoppervlak gemodelleerd tussen de opgemeten hoogtepunten, dan daalt het gemiddelde hoogteverschil tot -5 ± 4 cm.

Op een parking te Bornem-Sas is het hoogteverschil op de meetpunten -7 ± 2 cm en voor het gemodelleerd oppervlak -6 ± 4 cm.

Op een parking langs de Kleine Nete te Grobbendonk is het hoogteverschil op de meetpunten -4 ± 2 cm en voor het gemodelleerd oppervlak -3 ± 2 cm.

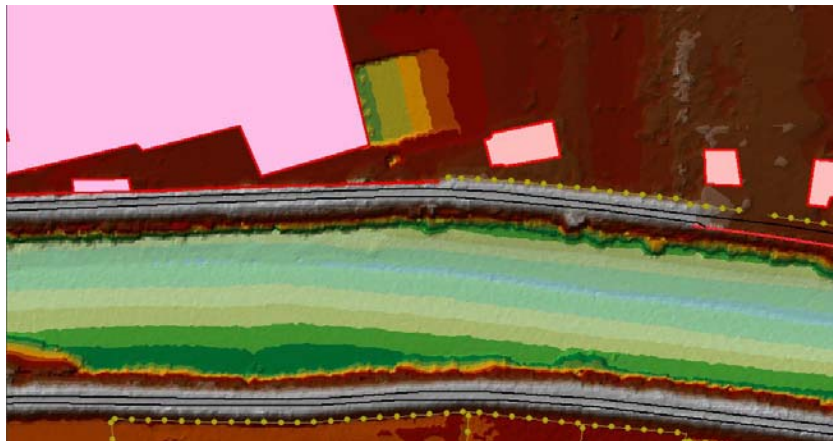
Deze verschillen moeten afgewogen worden tegenover de precisie van de RTK-GPS metingen.

De tweede controle valt binnen de specificaties en op basis hiervan moeten we het accepteren.

Bijkomend wordt vastgesteld dat het laserscan dtm zich te “hoog” bevond t.o.v. het DHM Vlaanderen in Gent en daarna te “laag” t.o.v. de terrestrisch gemeten punten, waardoor het in ieder geval een "gemiddelde" positie inneemt, wat pleit voor de nauwkeurigheidswaarde.

4. Planimetrische nauwkeurigheid

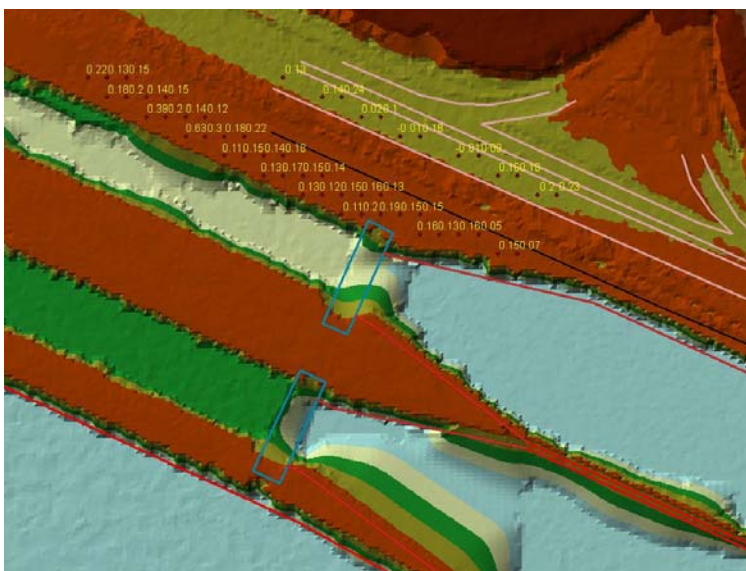
- Testgebied 1 parking bij Gent: behoorlijke overeenstemming tussen planimetrie op basis van orthofoto Oost-Vlaanderen 2006 en knikken in DTM. Merk op dat de keermuren niet uit het DTM af te leiden zijn. In onderstaande Figuur 48 zijn de twee fietspaden langs de Schelde te zien. Ze zijn ongeveer 2,5 m breed. Voor het meest zuidelijke fietspad is de afwijking hoogstens 0,5 m. Het noordelijke fietspad ligt correct in het DTM (t.o.v. de ortho).



Figuur 48. Detail van de topografie voor testgebied 1.

- Testgebied 2 sluis Melle (Figuur 49): behoorlijke overeenstemming tussen planimetrie op basis van orthofoto Oost-Vlaanderen 2006 en knikken in DTM. Merk op dat de kaaimuren in de planimetrie t.o.v. het DTM2007 2 à 3 meter te zuidelijk liggen. Deze lijnen werden overgenomen uit de planimetrie die door de afdeling Maritieme Toegang ter beschikking was gesteld. Een reeds eerder gemaakte opmerking is dat alle planimetrie in de omgeving van Gent ongeveer 2 meter te zuidelijk ligt t.o.v. de tweede reeks ortho's. Aangezien het DTM nu ook

noordelijker ligt, zou dit er kunnen op wijzen dat de tweede reeks ortho's correct ligt.



Figuur 49. Detail van de topografie voor testgebied 2.

Besluit: met betrekking tot ‘planimetrie’ mag de LiDAR data aanvaard worden. De eerste resultaten wijzen op een voldoende juiste planimetrische ligging (n.l. 0,5 meter in x- en y-richting).

5. Ruis op de hoogte

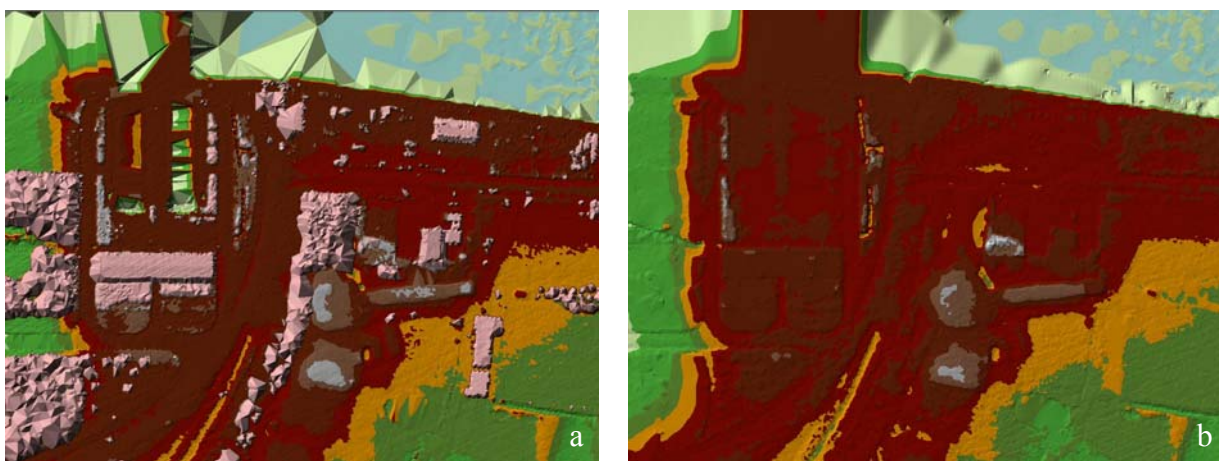
Op sommige vlakke oppervlakken zoals gemaaide graspercelen is een streeppatroon aanwezig dat zou kunnen toe te schrijven zijn aan ruis op de meting. In de ergste gevallen is de ruis van de orde van 5 cm. Een deel van de “ruis” kan echter ook te wijten zijn aan het maaipatroon. De hoogteruis binnen de meting is wellicht kleiner dan 5 cm.

6. Automatische filtering niet-maaiveldpunten

Figuur 50 toont een uitsnit van een orthofoto van het sluisgebouw ter hoogte van het Kallosluis.



Figuur 50. Orthofoto van het sluisgebouw ter hoogte van het Kallosluis.



Figuur 51. a) Ruwe laserscandata vlucht 2007 ter hoogte van het Kallosluis. b) Op niet-maaiveldpunten gefilterde laserscandata van hetzelfde gebied.

Figuur 51a toont de ruwe laserscandata voor het gebied ter hoogte van het sluisgebouw bij het Kallosluis, Figuur 51b toont hetzelfde gebied gefilterd op niet-maaiveldpunten. Op deze data kan volgende analyse gevoerd worden:

- De kaaïen en bruggen zijn niet als dusdanig gedetecteerd en door interpolatie ontstaan er verkeerdelijk “landhellingen” en “landbruggen”.
- De landbrug ter hoogte van de sluisdeuren is wellicht te wijten aan het feit dat de sluisdeuren dicht waren bij de vlucht. De brug van de verkeersweg daarentegen stond wellicht open.
- Enigszins ten onrechte is de sluisdeurput verwijderd en als egaal terrein weergegeven.

Extra aandacht zal dus moeten gaan naar kaaïen en bruggen. Ook ten onrechte worden sommige draadafsluitingen behouden als lange richels.

Wel werden correct verwijderd :

- de brugbogen
- de gebouwen
- containers
- de hoge vegetatie en de struikmassieven
- auto's op de wegen

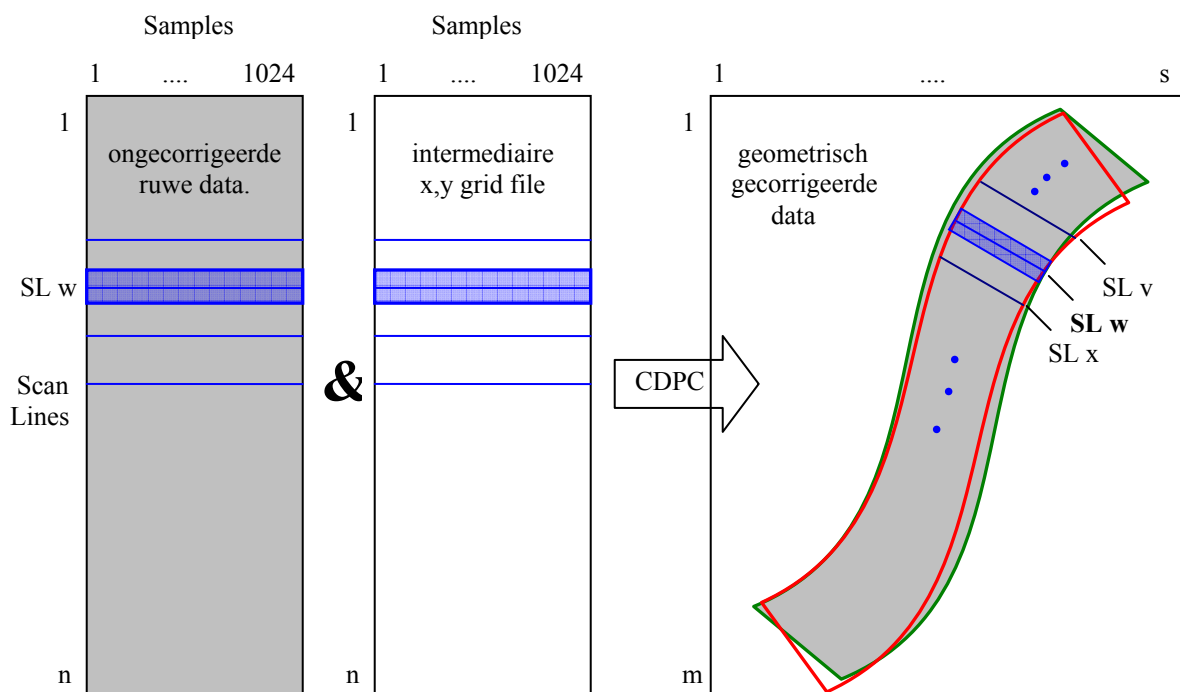
Correct werden behouden

- geïsoleerde heuvels (ook de zandbulten ten noorden van de sluis, zijn terecht behouden)
- taluds
- grachten

Besluit: de filtering is behoorlijk en volgens de verwachtingen uitgevoerd.

ANNEX 3. Interactieve manuele geocorrectie

Gedurende geometrische correctie van de hyperspectrale beelden in het CDPC van de VITO wordt voor ieder beeld een intermediaire file aangemaakt met daarin de x en y coördinaten voor iedere pixel van het ongecorrigeerde beeld. Deze x en y coördinaten worden berekend gebruik makend van de attitude en GPS data. Daar niet gecorrigeerde GPS data gebruikt werd is de geometrische nauwkeurigheid van het geometrisch gecorrigeerde beeld ontoereikend. Dit is schematisch weergegeven in Figuur 52. De rode contour stelt het geometrisch gecorrigeerde beeld voor waarvan de geometrische nauwkeurigheid ontoereikend is. De juiste geometrische locatie wordt voorgesteld door de groene contour. De blauwe lijnen stellen een aantal scanlijnen voor zoals die door de AISA sensor zijn opgenomen.

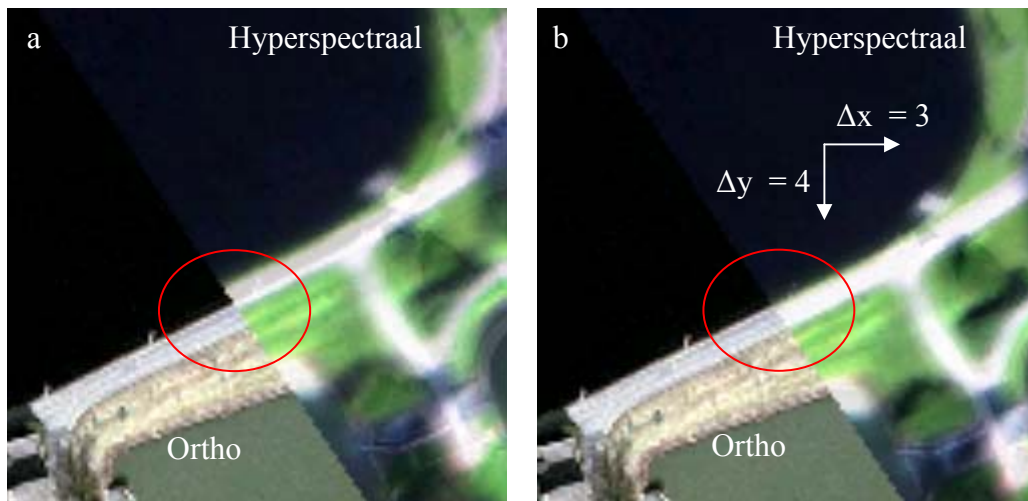


Figuur 52. Schematische voorstelling van de geometrische correctie zoals die in het CDPC van de VITO gebeurt. De ruwe sensor data wordt via een intermediaire x,y grid file naar een geometrisch gecorrigeerd beeld omgezet. Door het gebruik van niet gecorrigeerde GPS data ligt het geometrisch gecorrigeerd beeld niet juist (rode contour). De groene contour stelt hier schematisch de juiste ligging van het beeld voor. In blauw worden enkele scanlijnen rond de centrale scanlijn w voorgesteld. Voor een gedetailleerde uitleg zie tekst.

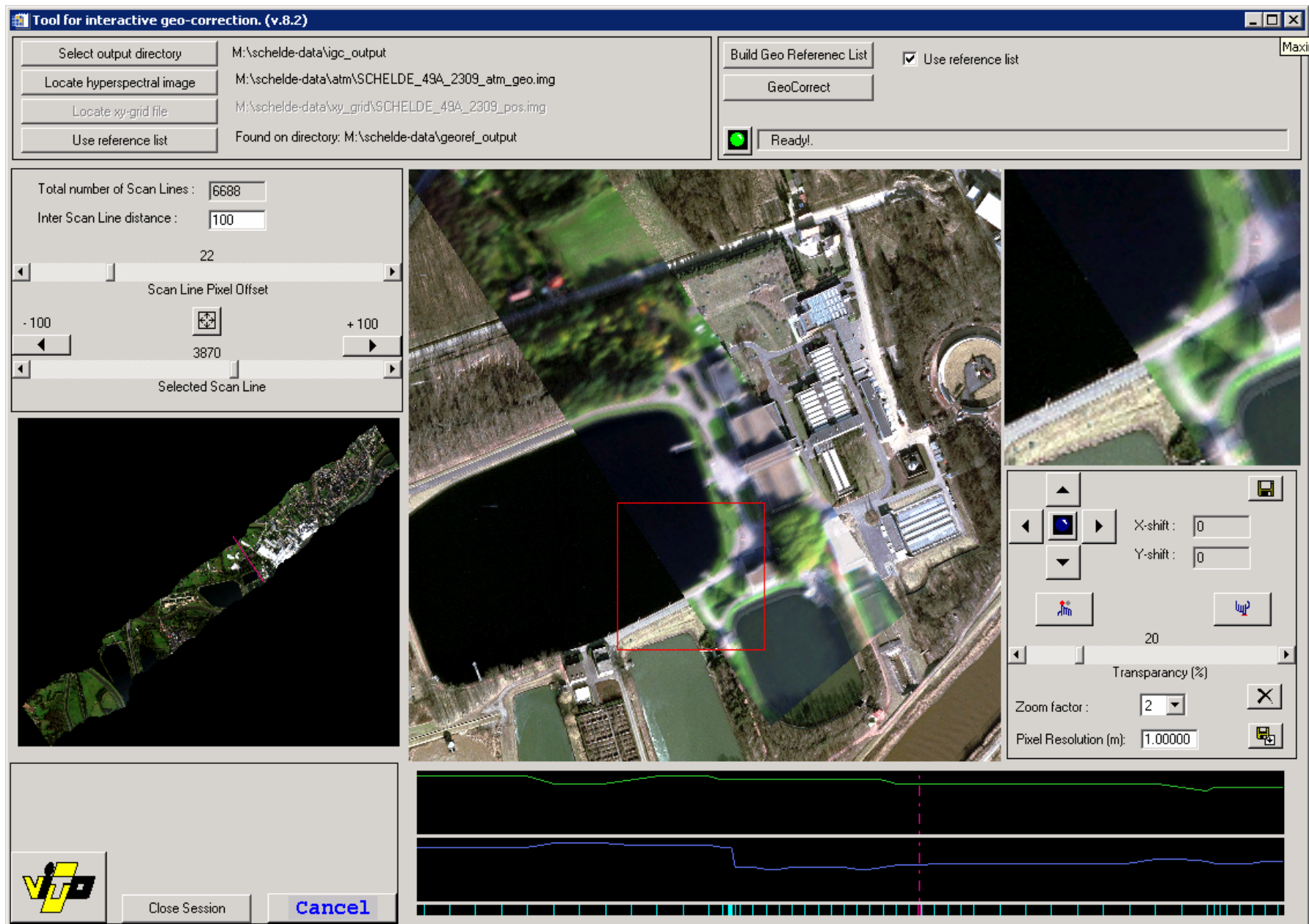
Een correct geometrisch gecorrigeerd beeld wordt bekomen door iedere pixel van de ruwe data te voorzien van een juiste x' -, y' -coördinaat (1) in de intermediaire x,y grid file, waarna het beeld opnieuw geometrisch wordt gecorrigeerd in het CDPC.

$$x' = x + \Delta x \quad y' = y + \Delta y \quad (1)$$

Om Δx en Δy te bepalen werd software ontwikkeld die gebruik maakt van georeferentieerde orthofoto's. Uit het onnauwkeurig georeferentieerde beeld worden een aantal aangrenzende scanlijnen geknipt (b.v. 100) en vervolgens transparant en georeferentieerd over de orthofoto gelegd. We kunnen nu eenvoudig zien dat de georeferentie van de uitgesneden scanlijnen niet klopt vermits beide beelden niet exact op elkaar vallen (Figuur 53a). Door de uitgesneden scanlijnen een aantal pixels in de x en y richting te verschuiven kunnen de beide beelden exact op elkaar gelegd worden (Figuur 53b). De benodigde Δx en Δy zijn nu bepaald en worden geregistreerd voor de centrale scanlijn. Deze bewerking wordt herhaald voor scanlijnen die n aantal (b.v. 100) scanlijnen verder liggen. Dit is nodig omdat de geometrische onnauwkeurigheid niet constant is maar langzaam en willekeurig varieert over de verschillende scanlijnen. Wanneer op deze manier het ganse beeld is afgehandeld kunnen de geregistreerde Δx 's en Δy 's geïnterpoleerd worden over alle scanlijnen. De bekomen Δx 's en Δy 's worden vervolgens, tijdens het opnieuw geometrisch corrigeren door het CPDC, in rekening gebracht waardoor een correct geometrisch gecorrigeerd beeld wordt bekomen.



Figuur 53 (a) Een aantal scanlijnen, uitgesneden uit het hyperspectrale beeld, worden georeferentieerd en transparant over de orthofoto gelegd. Duidelijk is te zien dat deze scanlijnen niet op de juiste locatie liggen. (b) Door de uitgesneden scanlijnen een aantal pixels ($\Delta x=4$, $\Delta y=4$) in de x en y richting te verschuiven kunnen de scanlijnen op de juiste locatie gelegd worden.



Figuur 54. Software tool voor het manueel interactief geocorrigeren van onnauwkeurig georeferenceerde beelden

ANNEX 4. Trainingsets en validatieresultaten

1. Trainingset A

Voor deelgebieden: Schelde 1a, 1b, 2a en 2b, gevlogen op 01/08/2007									
Grondwaarheid	Vegetatietype Brakwatervegetatie						Zoetwatervegetatie		Dijkvegetatie
Schelde_1a	Aster	Elymus	Phragmites	Scirpus	Spartina	Ziltgrasland			Dijkgrasland
Schelde_1b		Elymus	Phragmites		Spartina	Ziltgrasland			Dijkgrasland
Schelde_2a			Phragmites			Ziltgrasland			Dijkgrasland
Schelde_2b	Aster	Elymus	Phragmites	Scirpus	Spartina				Dijkgrasland
Schelde_7a							Bos	Struweel	
Schelde_7b								Struweel	
Schelde_10a								Struweel	
Schelde_10b								Struweel	

Classes	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0 b_Aster	65	0	0	0	1	3	0	0	5
1 b_Elymus	0	72	0	0	0	1	0	0	0
2 b_Phragmites	0	0	220	0	0	0	0	0	0
3 b_Scirpus	2	0	2	35	1	0	0	3	1
4 b_Spartina	3	0	2	1	13	0	0	0	0
5 b_Ziltgrasland	4	3	0	0	0	44	0	0	0
6 d_Dijkgrasland	0	1	0	0	0	0	93	0	0
7 z_Struweel	0	0	0	0	0	0	0	694	15
8 z_Bos	0	0	0	0	0	0	0	34	614

Classes	#samples	user Acc	prod Acc
0	148	88	88
1	146	95	99
2	440	98	100
3	89	97	80
4	39	87	68
5	102	92	86
6	188	100	99
7	1419	95	98
8	1296	97	95

Kappa: 0,94
totaal gewogen: 96
totaal gemiddeld: 90

2. Trainingset B

Voor deelgebieden: Schelde_3a, 3b, 4a, 4b en 5, gevlogen op 01/08/2007

Grondwaarheid	Vegetatietype									
	Brakwatervegetatie					Dijkvegetatie				
Schelde_1a	Phragmites	Scirpus								
Schelde_1b	Phragmites									
Schelde_2a	Phragmites									
Schelde_2b	Phragmites	Scirpus								
Schelde_3a								Brandnetelruigte	Dijkgrasland	
Schelde_4a										Jap. duizendknoop
Schelde_5			Phragmites		Ruigte	Scirpus	Braamruigte	Brandnetelruigte	Dijkgrasland	Jap. duizendknoop
Schelde_7a		Bos			Ruigte	Scirpus	Struweel	Braamruigte	Dijkgrasland	
Schelde_7b		Bos		Pionier	Ruigte		Struweel	Brandnetelruigte	Dijkgrasland	Jap. duizendknoop
Schelde_10a		Bos		Pionier	Ruigte	Scirpus	Struweel	Braamruigte	Brandnetelruigte	Dijkgrasland
Schelde_10b		Bos		Pionier	Ruigte	Scirpus	Struweel	Brandnetelruigte	Dijkgrasland	

Classes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0 d_Japanse_duizendknoop	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 d_Dijkgrasland	5	87	14	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2 d_Brandnetelruigte	1	7	72	2	0	1	0	1	22	6	0	0
3 d_Braamruigte	1	0	1	10	0	0	1	0	0	0	0	0
4 b_Phragmites	0	0	0	0	218	0	0	0	0	0	1	1
5 b_Scirpus	1	0	0	0	1	37	1	1	0	3	0	0
6 z_Scirpus	0	0	0	0	1	0	41	0	0	0	0	0
7 z_Pionier	0	1	2	0	0	1	0	42	0	0	6	0
8 z_Ruigte	3	2	24	6	1	0	0	1	348	8	21	0
9 z_Struweel	0	0	0	0	0	0	0	0	26	676	7	0
10 z_Bos	0	0	1	1	0	0	0	0	17	31	598	0
11 z_Phragmites	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	78

Classes	#samples	user Acc	prod Acc
0	26	54	100
1	215	90	81
2	225	63	64
3	26	50	77
4	440	99	99
5	89	95	84
6	85	95	98
7	106	93	81
8	828	84	84
9	1419	93	95
10	1296	94	92
11	157	99	100

Kappa: 0,88
totaal gewogen: 91
totaal gemiddeld: 88

3. Trainingset C

Voor deelgebieden: Schelde_6 en 8b gevlogen op 23/08/2007 en 25/08/2007

Grondwaarheid	Vegetatietype										Andere
	Zoetwatervegetatie					Dijkvegetatie					
Schelde_6	Bos	Phragmites	Pionier		Scirpus	Struweel	Braamruigte	Brandnetelruigte	Dijkgrasland	Jap. duizendknoop	Schaduw
Schelde_8b	Bos	Phragmites		Ruigte		Struweel		Brandnetelruigte	Dijkgrasland	Jap. duizendknoop	Schaduw

Classes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0 d_Japanse_duizendknoop	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 d_Dijkgrasland	0	42	1	0	0	0	0	0	1	0	0
2 d_Brandnetelruigte	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0
3 d_Braamruigte	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
4 z_Scirpus	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0
5 z_Pionier	0	0	0	0	0	11	0	2	3	0	0
6 z_Ruigte	0	0	0	0	0	0	35	0	0	0	0
7 z_Struweel	0	0	0	0	0	0	0	499	39	0	2
8 z_Bos	0	0	0	0	0	0	0	53	705	1	14
9 z_Phragmites	0	0	0	0	0	1	0	0	0	125	0
10 Schaduw	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	181

Classes	#samples	user Acc	prod Acc
0	26	100	100
1	89	100	95
2	53	96	100
3	8	100	100
4	27	100	100
5	32	92	69
6	71	100	100
7	1081	90	92
8	1547	92	91
9	252	99	99
10	404	92	90

Kappa: 0,89
totaal gewogen: 92
totaal gemiddeld: 94

4. Trainingset D

Voor deelgebieden: Schelde_7a, 7b, 10a en 10b gevlogen op 01/08/2007

Grondwaarheid	Vegetatietype										Andere
	Zoetwatervegetatie						Dijkvegetatie				
Schelde_7a	Bos	Phragmites		Ruigte	Scirpus	Struweel	Braamruigte	Brandnetelruigte	Dijkgrasland		Schaduw
Schelde_7b	Bos		Pionier	Ruigte		Struweel			Dijkgrasland	Jap. duizendknoop	
Schelde_10a	Bos		Pionier	Ruigte	Scirpus	Struweel	Braamruigte	Brandnetelruigte	Dijkgrasland		Schaduw
Schelde_10b	Bos	Phragmites	Pionier	Ruigte	Scirpus	Struweel		Brandnetelruigte	Dijkgrasland		Schaduw

Classes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0 d_Japanse_duizendknoop	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 d_Dijkgrasland	0	87	9	0	0	0	2	0	0	0	0
2 d_Brandnetelruigte	0	6	71	0	0	0	9	8	1	3	0
3 d_Braamruigte	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0
4 z_Scirpus	0	0	0	0	32	1	0	0	0	0	0
5 z_Pionier	0	0	1	0	5	41	0	0	5	0	0
6 z_Ruigte	0	0	9	0	0	0	231	5	18	0	0
7 z_Struweel	0	0	2	0	0	0	17	677	13	0	0
8 z_Bos	0	0	1	0	0	0	8	20	598	3	18
9 z_Phragmites	0	0	0	0	0	0	0	0	3	70	0
10 Schaduw	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	157

Classes	#samples	user Acc	prod Acc
0	8	100	100
1	197	94	89
2	197	76	72
3	17	100	100
4	67	86	97
5	106	98	79
6	526	87	88
7	1419	95	95
8	1296	93	92
9	147	92	96
10	328	90	96

Kappa: 0,90
totaal gewogen: 92
totaal gemiddeld: 91

5. Trainingset E

Voor deelgebied: Schelde_8a, 9, 11a, 11b en 12 gevlogen op 24/08/2007

Grondwaarheid	Vegetatietype										Andere
	Zoetwatervegetatie					Dijkvegetatie					
Schelde_8a				Ruigte							
Schelde_11a			Pionier					Dijkgrasland	Jap. duizendknoop		
Schelde_11b	Bos	Phragmites	Pionier	Ruigte	Struweel		Brandnetelruigte	Dijkgrasland	Jap. duizendknoop	Schaduw	
Schelde_12						Braamruigte		Dijkgrasland	Jap. duizendknoop		

Classes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0 d_Japanse_duizendknoop	78	2	1	0	0	1	0	0	0	0
1 d_Dijkgrasland	1	79	1	0	0	0	0	0	0	0
2 d_Brandnetelruigte	1	0	12	0	0	0	0	0	0	0
3 d_Braamruigte	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
4 z_Pionier	0	0	1	0	21	0	0	0	0	0
5 z_Ruigte	0	0	0	0	0	138	13	0	0	0
6 z_Phragmites	0	0	0	0	0	7	247	1	0	0
7 z_Bos	0	0	0	0	0	0	1	322	0	0
8 z_Struweel	0	0	0	0	0	0	0	0	298	0
9 Schaduw	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59

Classes	#samples	user Acc	prod Acc
0	165	98	95
1	162	98	98
2	26	80	92
3	8	100	100
4	44	100	95
5	302	95	91
6	510	95	97
7	646	100	100
8	597	100	100
9	119	100	100

Kappa: 0,97
totaal gewogen: 98
totaal gemiddeld: 97

6. Trainingset F

Voor deelgebied: Schelde_13 gevlogen op 25/09/2007

Grondwaarheid	Vegetatietype									
	Zoetwatervegetatie					Dijkvegetatie			Andere	
Schelde_13	Bos	Phragmites	Pionier	Ruigte	Struweel	Dijkgrasland	Jap. duizendknoop	Schaduw	MFB hoge Conc	

Classes	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0 d_Japanse_duizendknoop	120	0	0	0	0	0	0	0	1
1 d_Dijkgrasland	2	22	0	0	0	0	0	0	2
2 z_Pionier	0	0	74	0	0	0	8	0	0
3 z_Struweel	0	0	4	229	0	0	0	0	1
4 z_Bos	0	0	0	3	4	0	0	0	0
5 z_Phragmites	0	3	1	0	0	191	0	0	8
6 MFB hoge concentratie	0	0	0	0	0	0	225	0	0
7 Schaduw	0	0	0	0	0	0	0	85	0
8 z_Ruigte	2	0	2	0	0	0	0	0	83

Classes	#samples	user Acc	prod Acc
0	243	97	99
1	53	88	85
2	164	91	90
3	469	99	98
4	15	100	57
5	406	100	94
6	450	97	100
7	170	100	100
8	175	87	95

Kappa: 0,96
totaal gewogen: 97
totaal gemiddeld: 91

7. Trainingset G

Voor deelgebied: Nete_1a en 1b gevlogen op 01/08/2007

Grondwaarheid	Vegetatietype										
	Zoetwatervegetatie						Dijkvegetatie				Andere
Nete_1a	Bos	Phragmites		Ruigte	Scirpus	Struweel	Braamruigte	Brandnetelruigte	Dijkgrasland	Jap. duizendknoop	Schaduw
nete_1b	Bos		Pionier	Ruigte		Struweel		Brandnetelruigte	Dijkgrasland	Jap. duizendknoop	Schaduw

Classes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0 d_Braamruigte	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 d_Brandnetelruigte	0	206	0	0	0	0	3	0	9	0	0
2 d_Dijkgrasland	0	0	143	0	0	0	0	0	0	0	0
3 d_Japanse_duizendknoop	0	0	0	26	0	0	1	0	0	0	4
4 Schaduw	0	0	0	0	39	0	0	0	0	0	0
5 z_Bos	0	0	0	0	0	262	0	0	0	0	11
6 z_Phragmites	0	23	1	0	0	0	618	0	2	1	3
7 z_Pionier	0	0	0	0	0	0	0	13	0	2	0
8 z_Ruigte	0	17	0	0	0	0	5	0	310	0	0
9 z_Scirpus	0	0	0	0	0	0	1	0	0	13	0
10 z_Struweel	0	0	0	0	0	12	3	0	0	1	156

Classes	#samples	user Acc	prod Acc
0	8	100	100
1	437	84	94
2	287	99	100
3	62	100	84
4	78	100	100
5	547	96	96
6	1296	98	95
7	30	100	87
8	665	97	93
9	28	76	93
10	344	90	91

Kappa: 0,93
totaal gewogen: 95
totaal gemiddeld: 94

8. Trainingset H

Voor deelgebied: Nete 2a, 2b, 3a, 3b, 4a, 4b, 5a, 5b, 6a en 6b gevlogen op 23/09/2007

Grondwaarheid	Vegetatietype								
	Zoetwatervegetatie				Dijkvegetatie				Andere
Nete_5a	Phragmites	Pionier	Ruigte	Struweel	Braamruigte	Brandnetelruigte	Dijkgrasland	Jap. duizendknoop	Schaduw

Classes	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0 d_Braamruigte	2	0	0	0	0	0	0	0	0
1 d_Brandnetelruigte	0	13	1	1	0	0	0	0	0
2 d_Dijkgrasland	0	0	29	0	0	0	0	0	0
3 d_Japanse_duizendknoop	0	3	3	12	0	0	0	0	0
4 z_Phragmites	0	2	0	0	13	2	1	0	0
5 z_pionier	0	0	2	0	0	26	0	0	0
6 z_ruigte	0	0	0	0	0	3	3	0	1
7 Schaduw	0	0	0	0	0	1	1	17	0
8 Struweel	0	5	0	1	1	0	0	0	18

Classes	#samples	user Acc	prod Acc
0	148	88	88
1	146	95	99
2	440	98	100
3	89	97	80
4	39	87	68
5	102	92	86
6	188	100	99
7	1419	95	98
8	1296	97	95

Kappa: 0,80
totaal gewogen: 83
totaal gemiddeld: 80

ANNEX 5. Bedekkingoppervlakten

1. Oppervlakte aan Slikken

Tabel 15. Overzicht van de oppervlaktetotalen van de sedimenttypes en MFB concentraties voor de verschillende schorregebieden.

Oppervlakte (ha)	Droog_zand	Nat_zand	Water_versadigd_sediment	Nat_slibhoudend_zand	MFB_lage_concentratie	MFB_matige_concentratie	MFB_hoge_concentratie	Totaal
Appelschor	0,00	0,00	0,05	0,00	0,08	0,04	0,10	0,26
Boudewijnsluis - Fort Lillo	1,54	14,09	1,07	1,96	2,14	1,78	2,66	25,25
Brede Schoren	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,14	0,22
Brug_Boom - SOW	0,59	4,41	0,64	2,05	4,55	2,06	1,66	15,96
Bunt	0,01	0,10	0,01	0,05	0,54	0,59	1,11	2,39
Burchtse_weel_Royerssluis	0,12	5,76	1,22	1,03	0,55	0,38	1,05	10,10
Cramp	0,00	0,00	0,08	0,00	0,10	0,19	0,31	0,69
De_Fles	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,10	0,04	0,18
Dendermondebrug - kade_Baasrode	0,00	0,00	0,20	0,00	0,95	3,04	2,91	7,10
Driegoten	0,00	0,22	0,65	0,27	0,40	0,58	0,56	2,68
Durme_nabij_Molsbroek	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Durme_E17_Waasmunster	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,15	0,19
Durme_Waasmunster_Hamme	0,03	2,79	1,13	0,33	3,15	2,00	2,08	11,52
Durme_Hamme_monding	0,08	1,35	0,01	0,07	2,37	2,41	2,36	8,64
E17 - Heusdenbrug	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,11	5,76	5,87
Fort_Liefkenshoek	0,03	2,89	0,64	1,96	0,51	0,58	1,26	7,87
Fort_Lillo - grens	1,98	29,01	1,91	6,08	1,09	0,73	2,57	43,37
Galgenschoor	0,01	23,78	9,91	7,60	1,30	1,58	4,82	49,00
Gentbruggebrug - E17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,06	9,37	9,44
Groot_Buitenschoor	3,72	79,89	0,75	5,75	0,70	1,17	2,41	94,39
Groot_Schoor_van_Grembergen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,15	0,25	0,43
Groot_Schoor_van_Hamme	0,00	0,00	0,45	0,00	0,31	0,27	0,43	1,46
Heusdenbrug - R4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	1,35	2,75	4,59
KBR_schor_ten_N_van_Barbierbeek	0,00	0,02	0,02	0,01	0,12	0,29	0,26	0,71
KBR_schor_ten_Z_van_Kallebeek	0,34	3,87	0,08	0,11	0,70	0,57	0,85	6,53
KBR_schor_tss_Kallebeek_en_Barbierbeek	0,08	1,58	0,14	0,16	0,91	0,68	0,95	4,51
Kade_Baasrode - veer_Driegoten	0,00	0,10	0,63	0,06	1,47	3,69	2,04	7,98
Ketenissepolder_N	0,03	11,53	4,00	3,10	1,51	1,33	1,61	23,10
Ketenissepolder_Z	0,20	10,22	0,12	0,62	2,20	2,08	2,51	17,96
Kijkverdriet	0,00	0,68	0,00	0,00	0,24	0,17	0,17	1,27
Konkelschoor	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,04	0,09
Mellebrug - Wetterenbrug	0,06	0,17	0,46	0,00	0,22	0,75	1,01	2,67
Nieuw_schor_van_Appels	0,00	0,00	0,16	0,00	0,21	0,41	0,48	1,26

Notelaar	0,00	0,49	1,41	1,89	0,62	0,24	0,22	4,87
Oosterweel	0,03	4,27	0,09	0,16	0,47	0,16	0,26	5,44
Paddebeek	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,23
Pottelbergschor	0,00	0,00	0,01	0,00	0,10	0,15	0,12	0,39
R4_-_Mellebrug	0,00	0,00	0,09	0,00	0,12	0,72	1,18	2,11
Rietsnijderij	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Royerssluis_Bouwdewijnsluit	0,81	30,95	4,14	7,17	9,26	5,94	6,00	64,27
Schor_Brezenweider	0,01	0,37	0,13	0,27	0,57	0,17	0,07	1,59
Schor_bij_Niel	0,00	1,18	0,21	0,26	1,42	0,79	0,58	4,46
Schor_van_Wintam	0,02	0,51	0,02	0,09	1,39	0,79	0,65	3,47
Rupelmonding_-_Burchtse_weel	0,94	13,16	1,20	3,06	5,06	3,78	3,71	30,92
Rupelmonding_-_Brug_Boom	0,61	8,24	1,03	2,51	3,57	2,28	1,86	20,10
Scheldeschoor	0,00	0,00	0,04	0,00	0,21	0,23	0,22	0,70
Schoonaardebrug_-_Dendermondebrug	0,00	0,00	0,39	0,00	1,12	1,85	2,51	5,87
Schor_van_Ouden_Doel_N	0,06	12,08	1,23	1,87	1,16	0,47	1,35	18,23
Schor_van_Ouden_Doel_Z	0,02	23,88	1,20	5,27	0,58	0,22	0,55	31,73
Schor_voor_Galgenweel	0,00	4,53	0,91	1,07	0,20	0,04	0,31	7,06
Schor_aan_Durmemonding	0,18	0,15	0,01	0,18	0,20	0,26	0,15	1,12
Schor_bij_Branst	0,00	0,86	0,09	0,34	0,69	0,67	0,52	3,17
Schor_bij_Gespoelde_put	0,00	0,18	0,05	0,17	0,44	0,26	0,22	1,32
Schor_bij_Heusden	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,38	0,41
Schor_van_Mariekerke	0,00	0,00	0,23	0,00	0,37	0,55	0,83	1,98
Schor_van_Vlassenbroek_W	0,00	0,00	0,07	0,00	0,12	0,27	0,61	1,07
Schor_van_Zele	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,47	0,53	1,17
Sluis_Dampoort_-_Gentbruggebrug	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,09	2,49	2,60
St_Annastrand	0,31	1,74	0,06	0,06	0,03	0,03	0,04	2,27
St-Amandsschoor	0,00	0,00	0,06	0,00	0,17	0,30	0,19	0,73
Temsebrug	0,00	0,49	1,42	0,86	0,21	0,10	0,17	3,26
Temsebrug_-_Rupelmonding	0,69	9,03	0,88	1,44	1,62	1,27	1,62	16,55
Uitbergenbrug_-_Schoonaardebrug	0,00	0,05	0,00	0,01	0,22	0,57	1,38	2,24
Veer_Driegoten_-_Temsebrug	0,12	2,11	0,92	0,62	1,14	0,49	0,33	5,73
Vlassenbroek_O	0,00	0,00	0,10	0,00	0,30	0,34	0,70	1,45
Wetterenbrug_-_Uitbergenbrug	0,01	0,03	0,02	0,00	0,08	0,71	1,30	2,15
t Stort bij Weert	0,00	1,38	0,03	0,20	0,34	0,32	0,37	2,64
Totaal:	12,65	308,18	40,38	58,73	58,84	53,87	86,33	618,98

2. Oppervlakte aan brakwatervegetatie

Tabel 16. Overzicht van de oppervlaktetotalen van de brakwatervegetatie voor de verschillende schorrengebieden.

Oppervlakte (ha)	b_Aster	b_Elymus	b_Phragmites	b_Scirpus	b_Spartina	b_Ziltgrasland	Totaal
Appelschor	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Boudewijnsdijk - Fort Lillo	0,01	0,88	4,03	0,28	0,14	1,78	7,10
Brede Schoren	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Brug Boom - SOW	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bunt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Burchtse weel Royerssluis	0,00	0,00	3,56	0,13	0,00	0,00	3,69
Cramp	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
De Fles	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dendermondebrug - kade Baasrode	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Driegoten	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Durme nabij Molsbroek	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Durme E17 Waasmunster	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Durme Waasmunster Hamme	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Durme Hamme monding	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
E17 - Heusdenbrug	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fort Liefkenshoek	0,00	0,45	3,28	0,18	0,02	0,65	4,59
Fort Lillo - grens	0,07	0,49	2,81	1,83	0,05	0,59	5,84
Galgenschoor	0,36	2,08	27,56	3,62	0,11	3,18	36,91
Gentbruggebrug - E17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Groot Buitenschoor	0,02	1,71	7,89	3,56	0,05	1,23	14,46
Groot Schoor van Grembergen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Groot Schoor van Hamme	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Heusdenbrug - R4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
KBR schor ten N van Barbierbeek	0,00	0,00	0,33	0,01	0,00	0,00	0,34
KBR schor ten Z van Kallebeek	0,00	0,00	2,04	0,09	0,00	0,00	2,13
KBR schor tss Kallebeek en Barbierbeek	0,00	0,00	1,60	0,05	0,00	0,00	1,65
Kade Baasrode - veer Driegoten	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ketenissepolder N	0,75	1,14	0,51	0,57	0,05	2,02	5,05
Ketenissepolder Z	2,96	1,08	8,40	1,86	0,06	0,37	14,73
Kijkverdriet	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Konkelschoor	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mellebrug - Wetterenbrug	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nieuw schor van Appels	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Notelaar	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Oosterweel	0,00	0,00	4,26	0,01	0,00	0,00	4,27
Paddebeek	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pottelbergsschor	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
R4 - Mellebrug	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rietsnijderij	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Royerssluis Bouwdewijnsdijk	0,00	0,39	19,21	2,29	0,02	0,14	22,06

Schor_Brezenweider	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Schor_bij_Niel	0,00	0,00	1,77	0,06	0,00	0,00	1,83
Schor_van_Wintam	0,00	0,00	0,66	0,02	0,00	0,00	0,68
Rupelmonding_-_Burchtse_weel	0,00	0,00	1,65	1,05	0,00	0,00	2,71
Rupelmonding_-_Brug_Boom	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Scheldeschoor	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Schoonaardebrug_-_Dendermondebrug	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Schor_van_Ouden_Doel_N	0,37	4,69	17,13	1,34	0,21	6,30	30,04
Schor_van_Ouden_Doel_Z	0,46	2,38	8,55	1,81	0,00	3,87	17,07
Schor_voor_Galgenweel	0,00	0,00	4,33	0,12	0,00	0,00	4,45
Schor_aan_Durmemonding	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Schor_bij_Branst	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Schor_bij_Gespoelde_put	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Schor_bij_Heusden	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Schor_van_Mariekerke	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Schor_van_Vlassenbroek_W	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Schor_van_Zele	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sluis_Dampoort_-_Gentbruggebrug	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
St_Annastrand	0,00	0,00	1,03	0,00	0,00	0,00	1,03
St-Amandsschoor	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Temsebrug	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Temsebrug_-_Rupelmonding	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,15
Uitbergenbrug_-_Schoonaardebrug	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Veer_Driegoten_-_Temsebrug	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vlassenbroek_O	0,00	0,00	1,14	0,00	0,00	0,00	1,14
Wetterenbrug_-_Uitbergenbrug	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
t Stort bij Weert	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Totaal:	5,00	15,30	121,77	19,01	0,71	20,13	181,93

3. Oppervlakte aan zoetwatervegetatie

Tabel 17. Overzicht van de oppervlaktetotalen van de zoetwatervegetatie voor de verschillende schorrengebieden.

Oppervlakte (ha)	z_Scirpus	z_Pionier	z_Ruigte	z_Struweel	z_Bos	z_Phragmites	Totaal
Appelschor	0,00	0,11	0,24	0,89	0,67	0,00	1,91
Boudewijnsluis - Fort_Lillo	0,00	0,00	0,00	0,07	0,47	0,01	0,55
Brede_Schoren	0,00	0,28	0,12	0,74	0,59	2,35	4,08
Brug_Boom_- _SOW	0,57	2,06	4,08	3,86	4,03	2,09	16,69
Bunt	0,18	0,68	1,70	2,73	8,11	1,74	15,14
Burchtse_weel_Royerssluis	0,10	0,01	0,90	0,43	0,83	0,03	2,29
Cramp	0,04	0,15	0,91	3,97	2,42	0,02	7,51
De_Fles	0,05	0,05	0,14	0,07	1,00	0,01	1,33
Dendermondebrug - _kade_Baasrode	0,51	2,67	1,95	2,69	7,27	0,85	15,94
Driegoten	0,54	0,31	1,27	15,07	3,59	0,03	20,81
Durme_nabij_Molsbroek	0,00	0,38	2,09	0,16	1,03	5,40	9,05
Durme_E17_Waasmunster	0,00	1,33	12,48	3,60	2,87	1,43	21,70
Durme_Waasmunster_Hamme	0,30	2,67	2,41	3,90	5,47	4,54	19,29
Durme_Hamme_monding	0,70	0,53	0,68	2,04	6,72	2,28	12,96
E17 - Heusdenbrug	0,00	1,88	0,27	0,56	0,03	0,55	3,29
Fort_Liefkenshoek	0,00	0,00	0,00	0,19	0,13	0,00	0,33
Fort_Lillo - _grens	0,00	0,00	0,49	0,03	0,54	0,02	1,09
Galgenschoor	0,00	0,00	0,00	0,03	0,41	0,00	0,44
Gentbruggebrug - _E17	0,00	2,37	0,54	0,39	0,01	1,57	4,88
Groot_Buitenschoor	0,00	0,00	0,00	0,02	0,17	0,00	0,18
Groot_Schoor_van_Grembergen	0,01	0,06	1,22	3,75	2,04	0,97	8,05
Groot_Schoor_van_Hamme	0,60	0,63	6,52	10,52	15,53	0,18	33,98
Heusdenbrug - _R4	0,00	1,71	1,46	0,06	0,05	0,94	4,22
KBR_schor_ten_N_van_Barbierbeek	0,00	0,00	0,50	0,10	1,19	1,23	3,04
KBR_schor_ten_Z_van_Kallebeek	0,16	0,06	8,25	1,16	4,44	0,38	14,45
KBR_schor_tss_Kallebeek_en_Barbierbeek	0,01	0,00	1,34	0,08	2,09	4,73	8,26
Kade_Baasrode - _veer_Driegoten	1,68	1,33	0,81	2,21	3,92	0,66	10,61
Ketenissepolder_N	0,00	0,00	0,00	0,39	0,09	0,00	0,48
Ketenissepolder_Z	0,09	0,33	1,26	0,28	0,47	0,00	2,43
Kijkverdriet	0,06	0,05	0,01	0,65	1,19	1,71	3,67
Konkelschoor	0,00	0,16	0,21	0,02	0,06	1,30	1,75
Mellebrug - _Wetterenbrug	0,00	1,72	0,90	0,12	3,08	1,01	6,82
Nieuw_schor_van_Appels	0,03	0,13	0,29	0,16	0,75	0,32	1,67
Notelaar	0,11	0,91	0,51	9,94	8,75	4,62	24,85
Oosterweel	0,03	0,00	0,06	0,05	0,49	0,04	0,67
Paddebeek	0,00	0,42	0,28	0,03	0,06	0,41	1,19
Pottelbergschor	0,03	0,02	0,85	0,97	3,00	0,03	4,89
R4 - Mellebrug	0,00	2,00	0,34	0,02	0,20	0,48	3,04
Rietsnijderij	0,00	0,11	1,18	0,09	0,04	0,36	1,79
Royerssluis_Bouwdewijnsluis	0,79	0,87	2,10	0,93	0,79	0,58	6,06
Schor_Brezenweider	0,10	0,30	0,98	0,42	0,81	0,56	3,16

Schor_bij_Niel	0,09	0,27	3,53	1,93	1,93	2,13	9,87
Schor_van_Wintam	0,07	0,00	1,28	1,03	0,69	0,10	3,18
Rupelmonding_-_Burchtse_weel	0,84	0,23	2,91	1,40	1,45	0,13	6,95
Rupelmonding_-_Brug_Boom	0,77	1,24	0,53	3,04	2,00	1,62	9,19
Scheldeschoor	0,02	0,23	0,16	0,06	0,40	0,06	0,93
Schoonaardebrug_-_Dendermondebrug	0,20	2,92	1,56	0,93	2,45	2,26	10,31
Schor_van_Ouden_Doel_N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	0,00	0,37
Schor_van_Ouden_Doel_Z	0,00	0,00	0,07	0,00	0,14	0,00	0,21
Schor_voor_Galgenweel	0,01	0,01	0,75	0,02	0,26	0,38	1,44
Schor_aan_Durmemonding	0,11	0,37	1,60	2,24	3,47	0,85	8,65
Schor_bij_Branst	0,63	0,34	3,33	13,79	3,47	0,55	22,10
Schor_bij_Gespoelde_put	0,17	0,26	0,15	0,65	0,47	0,43	2,14
Schor_bij_Heusden	0,00	0,18	0,01	0,03	0,00	0,21	0,43
Schor_van_Mariekerke	0,51	1,00	1,87	6,92	3,25	0,12	13,67
Schor_van_Vlassenbroek_W	0,01	0,04	0,93	1,42	2,57	1,43	6,41
Schor_van_Zele	0,07	0,38	0,72	1,22	3,21	0,32	5,90
Sluis_Dampoort_-_Gentbruggebrug	0,00	0,30	0,04	0,17	0,00	0,41	0,91
St_Annstrand	0,00	0,01	0,07	0,00	0,00	0,00	0,08
St-Amandsschoor	0,26	0,18	1,92	4,78	1,97	0,04	9,15
Temsebrug	0,01	0,50	0,81	2,78	4,05	0,59	8,74
Temsebrug_-_Rupelmonding	1,28	1,27	2,05	2,17	4,12	4,58	15,48
Uitbergenbrug_-_Schoonaardebrug	0,00	2,56	1,98	0,10	2,96	1,67	9,27
Veer_Driegoten_-_Temsebrug	0,29	0,18	0,17	0,94	2,58	1,17	5,32
Vlassenbroek_O	0,04	0,20	1,04	2,51	1,55	0,98	6,32
Wetterenbrug_-_Uitbergenbrug	0,00	2,05	1,13	0,37	2,09	1,33	6,97
t Stort bij Weert	0,05	0,15	1,25	18,73	3,63	0,02	23,83
Totaal:	12,15	41,12	89,20	140,63	144,48	64,79	492,36

4. Oppervlakte aan dijkvegetatie

Tabel 18. Overzicht van de oppervlaktetotalen van de dijkvegetatie voor de verschillende schorrengebieden.

Oppervlakte (ha)	d_Jap_duizendknoop	d_Dijkgrasland	d_Brandnetelruigte	d_Braamruigte	Totaal
Appelschor	0,01	0,01	0,26	0,00	0,28
Boudewijnsuis -_Fort_Lillo	0,00	0,67	0,00	0,00	0,67
Brede_Schoren	0,11	0,09	0,50	0,21	0,91
Brug_Boom_-_SOW	0,41	0,86	1,05	0,36	2,68
Bunt	0,28	0,65	7,53	0,07	8,52
Burchtse_weel_Royerssluis	0,07	0,62	0,30	0,03	1,01
Cramp	0,03	0,05	0,22	0,00	0,30
De_Fles	0,01	0,00	0,12	0,00	0,14
Dendermondebrug_-_kade_Baasrode	0,15	1,24	3,62	0,18	5,20
Driegoten	0,11	0,41	1,87	0,03	2,42
Durme_nabij_Molsbroek	0,11	0,31	0,37	0,11	0,90
Durme_E17_Waasmunster	1,79	4,16	5,23	1,01	12,19
Durme_Waasmunster_Hamme	1,36	2,29	3,17	0,36	7,18
Durme_Hamme_monding	0,41	1,49	1,37	0,04	3,32
E17_-_Heusdenbrug	0,16	0,11	0,00	0,00	0,27
Fort_Liefkenshoek	0,00	0,47	0,00	0,00	0,47
Fort_Lillo_-_grens	0,00	0,91	0,00	0,00	0,91
Galgenschoor	0,00	2,02	0,00	0,00	2,02
Gentbruggebrug_-_E17	0,29	0,09	0,00	0,00	0,38
Groot_Buitenschoor	0,00	2,64	0,00	0,00	2,64
Groot_Schoor_van_Grembergen	0,01	0,19	0,53	0,02	0,75
Groot_Schoor_van_Hamme	0,06	0,20	1,42	0,04	1,71
Heusdenbrug_-_R4	0,07	0,08	0,03	0,00	0,18
KBR_schor_ten_N_van_Barbierbeek	0,11	0,94	0,12	0,02	1,20
KBR_schor_ten_Z_van_Kallebeek	0,09	1,34	3,78	0,34	5,55
KBR_schor_tss_Kallebeek_en_Barbierbeek	0,01	1,70	0,04	0,00	1,75
Kade_Baasrode_-_veer_Driegoten	0,22	0,69	3,19	0,27	4,38
Ketenissepolder_N	0,00	1,25	0,00	0,00	1,25
Ketenissepolder_Z	0,01	1,60	0,17	0,00	1,78
Kijkverdriet	0,03	0,53	0,28	0,00	0,85
Konkelschoor	0,10	0,12	0,58	0,11	0,91
Mellebrug_-_Wetterenbrug	1,19	0,61	1,80	0,38	3,96
Nieuw_schor_van_Appels	0,00	0,10	0,40	0,02	0,53
Notelaar	0,31	0,47	1,15	0,06	1,99
Oosterweel	0,01	1,90	1,56	0,00	3,47
Paddebeek	0,09	0,54	0,17	0,00	0,79
Pottelbergschor	0,00	0,27	1,31	0,10	1,68
R4_-_Mellebrug	0,13	0,20	0,71	0,09	1,12
Rietsnijderij	0,02	0,07	0,10	0,02	0,21

Royerssluis_Bouwdewijnsuis	0,08	2,40	2,40	0,05	4,93
Schor_Brezenweider	0,11	0,11	0,39	0,03	0,63
Schor_bij_Niel	0,46	0,60	2,00	0,22	3,27
Schor_van_Wintam	0,01	0,42	0,30	0,11	0,83
Rupelmonding_-_Burchtse_weel	0,18	1,46	1,21	0,10	2,95
Rupelmonding_-_Brug_Boom	0,28	0,36	0,29	0,03	0,96
Scheldeschoor	0,00	0,24	0,25	0,00	0,50
Schoonaardebrug_-_Dendermondebrug	0,84	1,96	2,50	0,41	5,70
Schor_van_Ouden_Doel_N	0,00	0,63	0,00	0,00	0,63
Schor_van_Ouden_Doel_Z	0,00	0,16	0,00	0,00	0,16
Schor_voor_Galgenweel	0,17	0,22	0,64	0,01	1,04
Schor_aan_Durmemonding	0,12	0,26	1,81	0,05	2,23
Schor_bij_Branst	0,15	1,31	1,13	0,14	2,72
Schor_bij_Gespoelde_put	0,01	0,32	0,57	0,00	0,90
Schor_bij_Heusden	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
Schor_van_Mariekerke	0,08	0,06	0,66	0,01	0,81
Schor_van_Vlassenbroek_W	0,04	0,29	0,91	0,06	1,30
Schor_van_Zele	0,02	0,47	1,49	0,33	2,31
Sluis_Dampoort_-_Gentbruggebrug	0,04	0,00	0,00	0,00	0,04
St_Annastrand	0,00	0,21	0,02	0,03	0,25
St-Amandsschoor	0,01	0,06	0,70	0,01	0,78
Temsebrug	0,07	0,26	0,39	0,01	0,73
Temsebrug_-_Rupelmonding	0,53	1,73	9,89	0,42	12,57
Uitbergenbrug_-_Schoonaardebrug	1,07	0,71	1,49	0,17	3,45
Veer_Driegoten_-_Temsebrug	0,19	0,38	0,65	0,07	1,29
Vlassenbroek_O	0,02	0,53	0,83	0,01	1,38
Wetterenbrug_-_Uitbergenbrug	1,60	0,65	0,85	0,36	3,46
t Stort bij Weert	0,03	0,22	2,65	0,05	2,94
Totaal:	13,81	47,92	76,95	6,56	145,25

5. Oppervlaktetotalen

Tabel 19. Overzicht van de oppervlaktetotalen voor de verschillende schorrengebieden.

Oppervlakte (ha)	Slikken	Brakwatervegetatie	zoetwatervegetatie	Dijkvegetatie	Overige (water, verharde structuren, naakte bodem, schaduw)	Totale oppervlakte
Appelschor	0,26	0,00	1,91	0,28	0,17	2,62
Boudewijnsdijk - Fort Lillo	25,25	7,10	0,55	0,67	5,47	39,04
Brede Schoren	0,22	0,00	4,08	0,91	0,29	5,50
Brug Boom - SOW	15,96	0,00	16,69	2,68	3,16	38,49
Bunt	2,39	0,00	15,14	8,52	4,07	30,12
Burchtse weel Royersdijk	10,10	3,69	2,29	1,01	3,86	20,95
Cramp	0,69	0,00	7,51	0,30	0,79	9,29
De Fles	0,18	0,00	1,33	0,14	0,20	1,85
Dendermondebrug - kade Baasrode	7,10	0,00	15,94	5,20	17,22	45,46
Driegoten	2,68	0,00	20,81	2,42	4,19	30,10
Durme nabij Molsbroek	0,00	0,00	9,05	0,90	0,89	10,84
Durme E17 Waasmunster	0,19	0,00	21,70	12,19	3,16	37,23
Durme Waasmunster Hamme	11,52	0,00	19,29	7,18	10,17	48,15
Durme Hamme monding	8,64	0,00	12,96	3,32	5,98	30,91
E17 - Heusdenbrug	5,87	0,00	3,29	0,27	1,24	10,67
Fort Liefkenshoek	7,87	4,59	0,33	0,47	6,64	19,90
Fort Lillo - grens	43,37	5,84	1,09	0,91	7,93	59,13
Galgenschoor	49,00	36,91	0,44	2,02	2,93	91,31
Gentbruggebrug - E17	9,44	0,00	4,88	0,38	1,04	15,74
Groot Buitenschoor	94,39	14,46	0,18	2,64	11,46	123,14
Groot Schoor van Grembergen	0,43	0,00	8,05	0,75	0,36	9,61
Groot Schoor van Hamme	1,46	0,00	33,98	1,71	2,91	40,07
Heusdenbrug - R4	4,59	0,00	4,22	0,18	1,36	10,34
KBR schor ten N van Barbierbeek	0,71	0,34	3,04	1,20	0,15	5,43
KBR schor ten Z van Kallebeek	6,53	2,13	14,45	5,55	0,33	28,98
KBR schor tss Kallebeek en Barbierbeek	4,51	1,65	8,26	1,75	0,15	16,31
Kade Baasrode - veer Driegoten	7,98	0,00	10,61	4,38	38,83	61,80
Ketenissepolder N	23,10	5,05	0,48	1,25	3,00	32,89
Ketenissepolder Z	17,96	14,73	2,43	1,78	2,22	39,12
Kijkverdriet	1,27	0,00	3,67	0,85	1,22	7,02
Konkelschoor	0,09	0,00	1,75	0,91	0,40	3,15
Mellebrug - Wetterenbrug	2,67	0,00	6,82	3,96	31,58	45,04
Nieuw schor van Appels	1,26	0,00	1,67	0,53	0,33	3,79
Notelaar	4,87	0,00	24,85	1,99	5,28	36,98
Oosterweel	5,44	4,27	0,67	3,47	0,15	13,99
Paddebeek	0,23	0,00	1,19	0,79	0,43	2,64
Pottelbergschor	0,39	0,00	4,89	1,68	0,60	7,56
R4 - Mellebrug	2,11	0,00	3,04	1,12	4,43	10,70
Rietsnijderij	0,00	0,00	1,79	0,21	0,08	2,07

Royerssluis_Bouwdewijnsluis	64,27	22,06	6,06	4,93	8,90	106,22
Schor_Brezenweider	1,59	0,00	3,16	0,63	0,63	6,02
Schor_bij_Niel	4,46	1,83	9,87	3,27	0,37	19,80
Schor_van_Wintam	3,47	0,68	3,18	0,83	0,19	8,35
Rupelmonding_-_Burchtse_weel	30,92	2,71	6,95	2,95	2,99	46,52
Rupelmonding_-_Brug_Boom	20,10	0,00	9,19	0,96	65,71	95,96
Scheldeschoor	0,70	0,00	0,93	0,50	0,11	2,24
Schoonaardebrug_-_Dendermondebrug	5,87	0,00	10,31	5,70	48,64	70,52
Schor_van_Ouden_Doel_N	18,23	30,04	0,37	0,63	0,47	49,74
Schor_van_Ouden_Doel_Z	31,73	17,07	0,21	0,16	1,37	50,54
Schor_voor_Galgenweel	7,06	4,45	1,44	1,04	2,01	16,00
Schor_aan_Durmemonding	1,12	0,00	8,65	2,23	2,07	14,08
Schor_bij_Branst	3,17	0,00	22,10	2,72	2,02	30,02
Schor_bij_Gespoelde_put	1,32	0,00	2,14	0,90	0,83	5,20
Schor_bij_Heusden	0,41	0,00	0,43	0,01	0,09	0,93
Schor_van_Mariekerke	1,98	0,00	13,67	0,81	0,92	17,38
Schor_van_Vlassenbroek_W	1,07	0,00	6,41	1,30	0,44	9,23
Schor_van_Zele	1,17	0,00	5,90	2,31	0,80	10,18
Sluis_Dampoort_-_Gentbruggebrug	2,60	0,00	0,91	0,04	0,54	4,09
St_Annastrand	2,27	1,03	0,08	0,25	0,73	4,38
St-Amandsschoor	0,73	0,00	9,15	0,78	0,66	11,32
Temsebrug	3,26	0,00	8,74	0,73	2,00	14,73
Temsebrug_-_Rupelmonding	16,55	0,15	15,48	12,57	48,36	93,11
Uitbergenbrug_-_Schoonaardebrug	2,24	0,00	9,27	3,45	41,72	56,68
Veer_Driegoten_-_Temsebrug	5,73	0,00	5,32	1,29	37,55	49,89
Vlassenbroek_O	1,45	1,14	6,32	1,38	0,96	11,25
Wetterenbrug_-_Uitbergenbrug	2,15	0,00	6,97	3,46	40,80	53,37
t Stort bij Weert	2,64	0,00	23,83	2,94	0,87	30,27
Totaal:	618,98	181,93	492,36	145,25	497,43	1935,95

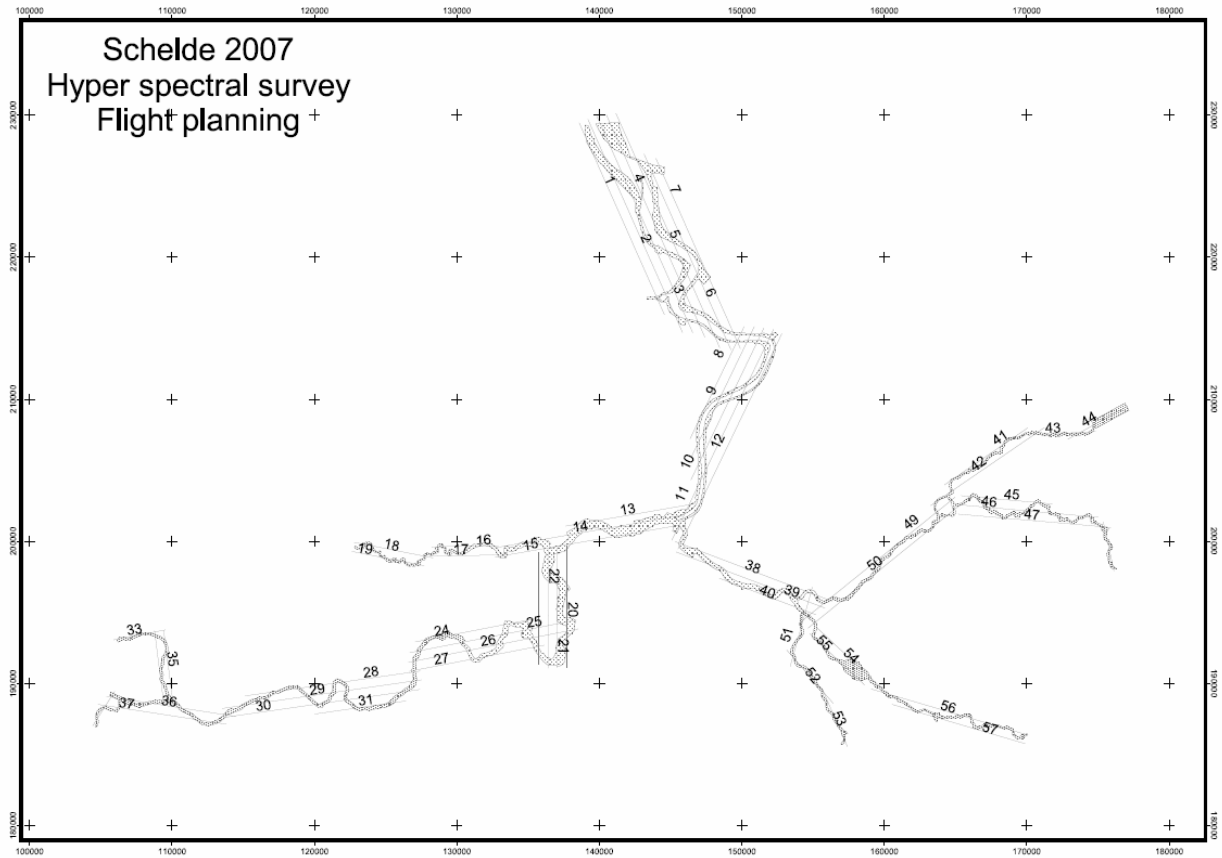
**AUTOMATISATIE KARTERING VOOR
OPVOLGING AREAAL SLIKKEN EN SCHORREN
ZEESCHELDE**

Rapportage hyperspectrale vlucht en laserscanning

datum: oktober 2007

1.1. Overgevlogen gebied

Het overzichtkaartje in Figuur 55 geeft de ligging weer van de verschillende vluchtlijnen.



Figuur 55. Overzichtkaartje hyperspectrale vluchtlijnen

1.2. Datum van de vluchten

Deze vluchtlijnen werden opgenomen op de volgende 4 dagen :

- o 1 augustus 2007 :
 - o lijn 1 t.e.m. lijn 12
 - o lijn 38 t.e.m. lijn 40
 - o lijn 20 t.e.m. lijn 26
- o 24 augustus 2007 :
 - o lijn 16 t.e.m. lijn 19
 - o lijn 28 t.e.m. lijn 31
 - o lijn 36 en 37

- o 23 september 2007:
 - o lijn 27
 - o lijn 32 t.e.m. 35
 - o lijn 41 t.e.m. lijn 57
- o 25 september 2007 :
 - o lijn 13,14 en 15

1.3. Weersgesteldheid, vertrek en aankomsttijd, coördinaten

Vluchlijn (nr)	Datum	Start (UTC)	Eind (UTC)	Viegrichting (°)	begincoördinaten	eindcoördinaten	Weersomstandigheden
1	01-Aug-2007	10:36	10:41	156	51.3796575,4.2019904	51.2512666,4.2937384	goede zichtbaarheid, lichte cirrus
2	01-Aug-2007	10:44	10:47	336	51.2428992,4.3097374	51.3787476,4.2131480	goede zichtbaarheid, lichte cirrus
3	01-Aug-2007	10:51	10:56	156	51.3874388,4.2166944	51.2390742,4.3227186	goede zichtbaarheid, lichte cirrus
4	01-Aug-2007	10:58	11:03	336	51.2354214,4.3346443	51.3807223,4.2322436	goede zichtbaarheid, lichte cirrus
5	01-Aug-2007	11:07	11:12	156	51.3884682,4.2366098	51.2288127,4.3502628	goede zichtbaarheid, lichte cirrus
6	01-Aug-2007	11:15	11:18	336	51.2278911,4.3618396	51.3581247,4.2688848	goede zichtbaarheid, lichte cirrus
7	01-Aug-2007	11:21	11:26	156	51.3561395,4.2805320	51.2286224,4.3706767	goede zichtbaarheid, lichte cirrus
8	01-Aug-2007	11:30	11:33	206	51.2527368,4.3785111	51.1703612,4.3155267	goede zichtbaarheid, lichte cirrus
9	01-Aug-2007	11:36	11:38	26	51.1584607,4.3154376	51.2482679,4.3849223	goede zichtbaarheid, lichte cirrus
10	01-Aug-2007	11:41	11:44	206	51.2542541,4.3990635	51.1459239,4.3168588	goede zichtbaarheid, lichte cirrus
11	01-Aug-2007	11:47	11:52	26	51.1040491,4.2947742	51.2478738,4.4056933	goede zichtbaarheid, lichte cirrus
12	01-Aug-2007	11:54	12:00	206	51.2501360,4.4168610	51.1737570,4.3587647	goede zichtbaarheid, lichte cirrus
38	01-Aug-2007	12:03	12:06	111	51.1113843,4.2919800	51.0706712,4.4648481	goede zichtbaarheid, lichte cirrus
39	01-Aug-2007	12:08	12:11	291	51.0550205,4.4643967	51.1056437,4.2944532	goede zichtbaarheid, lichte cirrus
40	01-Aug-2007	12:15	12:17	111	51.0890088,4.3364089	51.0621208,4.4477205	goede zichtbaarheid, lichte cirrus
20	01-Aug-2007	13:03	13:06	180	51.1124084,4.1944208	51.0268964,4.1951118	goede zichtbaarheid, lichte cirrus
21	01-Aug-2007	13:09	13:11	380	51.0216128,4.1857994	51.1098260,4.1850274	goede zichtbaarheid, lichte cirrus
22	01-Aug-2007	13:13	13:16	180	51.1114825,4.1761633	51.0260911,4.1772001	goede zichtbaarheid, lichte cirrus
23	01-Aug-2007	13:18	13:20	360	51.0249973,4.1671639	51.1067223,4.1665876	goede zichtbaarheid, lichte cirrus
24	01-Aug-2007	13:24	13:27	260	51.0615831,4.1738963	51.0445027,4.0371003	goede zichtbaarheid, lichte cirrus
25	01-Aug-2007	13:30	13:33	80	51.0371509,4.0224655	51.0599577,4.2072225	goede zichtbaarheid, lichte cirrus
26	01-Aug-2007	13:36	13:39	260	51.0551669,4.2129485	51.0321518,4.0320149	goede zichtbaarheid, lichte cirrus
16	24-Aug-2007	08:39	09:41	270	51.106823,4.146610	51.105431,4.055276	goede zichtbaarheid
17	24-Aug-2007	08:44	08:46	90	51.095894,4.039744	51.100677,4.131935	goede zichtbaarheid
28	24-Aug-2007	08:51	08:55	262	51.028679,4.064314	51.010056,3.867422	goede zichtbaarheid
29	24-Aug-2007	08:59	09:04	80	51.001087,3.832421	51.021652,4.054332	goede zichtbaarheid
30	24-Aug-2007	09:06	09:11	262	51.016983,4.066313	50.996307,3.847286	goede zichtbaarheid
31	24-Aug-2007	09:13	09:16	80	50.997952,3.927577	51.008610,4.038710	goede zichtbaarheid
19	24-Aug-2007	09:22	09:24	101	51.104164,3.965990	51.093338,4.055149	goede zichtbaarheid, zeer kleine cumulus wolken
18	24-Aug-2007	09:26	09:28	281	51.096771,4.074769	51.108711,3.977406	goede zichtbaarheid, beetje cumulus wolken
36	24-Aug-2007	09:34	09:37	280	50.996262,3.880922	51.010349,3.730356	goede zichtbaarheid, zeer kleine cumulus wolken
37	24-Aug-2007	09:40	09:43	90	51.005932,3.714252	50.992615,3.858297	goede zichtbaarheid, zeer kleine cumulus wolken
27	23-Sep-2007	08:16	08:18	259	51.046112,4.189782	51.026524,4.034657	goede zichtbaarheid
51	23-Sep-2007	08:30	08:32	15	51.015873,4.412552	51.082359,4.441979	goede zichtbaarheid
49	23-Sep-2007	08:37	08:41	51	51.054501,4.420774	51.138809,4.586560	goede zichtbaarheid
50	23-Sep-2007	08:44	08:49	231	51.136677,4.598126	51.053257,4.433517	goede zichtbaarheid
54	23-Sep-2007	08:53	08:56	133	51.060173,4.437027	51.014557,4.514007	goede zichtbaarheid
55	23-Sep-2007	08:58	09:00	313	51.012791,4.502737	51.052204,4.436354	goede zichtbaarheid
52	23-Sep-2007	09:04	09:06	139	51.044491,4.410139	51.005447,4.463906	goede zichtbaarheid
53	23-Sep-2007	09:10	09:12	157	51.021664,4.447158	50.977905,4.477001	goede zichtbaarheid
32	23-Sep-2007	09:28	09:30	32	50.984600,3.714291	51.015392,3.744776	goede zichtbaarheid
33	23-Sep-2007	09:33	09:34	79	51.044930,3.734717	51.052494,3.796376	goede zichtbaarheid
34	23-Sep-2007	09:37	09:39	172	51.056263,3.781211	51.002766,3.792773	goede zichtbaarheid
35	23-Sep-2007	09:42	09:44	353	50.998482,3.802666	51.053730,3.791103	goede zichtbaarheid
42	23-Sep-2007	09:57	10:01	56	51.129131,4.552382	51.182514,4.677008	goede zichtbaarheid
41	23-Sep-2007	10:04	10:06	236	51.183884,4.663759	51.143898,4.570579	goede zichtbaarheid
45	23-Sep-2007	10:10	10:12	95	51.138767,4.582259	51.132755,4.685832	goede zichtbaarheid
46	23-Sep-2007	10:16	10:19	275	51.123859,4.733497	51.132824,4.583603	goede zichtbaarheid
47	23-Sep-2007	10:22	10:26	95	51.127419,4.579340	51.117729,4.743613	goede zichtbaarheid
56	23-Sep-2007	10:33	10:37	287	50.985523,4.663655	51.016808,4.496452	goede zichtbaarheid
57	23-Sep-2007	10:40	10:44	107	51.007587,4.513351	50.979801,4.661823	goede zichtbaarheid, kleine cumulus wolken
48	23-Sep-2007	10:48	10:50	349	51.085804,4.744533	51.124508,4.731527	goede zichtbaarheid, kleine cumulus wolken
44	23-Sep-2007	10:53	10:55	61	51.171234,4.689562	51.196854,4.764005	hier en daar cumulus wolken
43	23-Sep-2007	10:58	11:00	267	51.178661,4.734066	51.176449,4.659715	hier en daar cumulus wolken
43	23-Sep-2007	11:03	11:05	87	51.176403,4.657962	51.178757,4.730314	herhaling, hier en daar cumulus wolken
44	23-Sep-2007	11:09	11:11	241	51.197063,4.765052	51.171829,4.682420	herhaling, hier en daar cumulus wolken
13	25-Sep-2007	08:12	08:15	80	51.118244,4.184404	51.133274,4.322162	goede zichtbaarheid
14	25-Sep-2007	08:22	08:27	260	51.127762,4.319051	51.105259,4.120790	goede zichtbaarheid, 35 min te vroeg
15	25-Sep-2007	08:31	08:35	80	51.098911,4.115860	51.120243,4.312429	goede zichtbaarheid, 30 min te vroeg
15	25-Sep-2007	09:03	09:09	260	51.120739,4.313792	51.098827,4.119941	herhaling, goede zichtbaarheid, beetje wolken
14	25-Sep-2007	09:12	09:16	80	51.104778,4.116641	51.126759,4.316655	herhaling, goede zichtbaarheid, beetje wolken

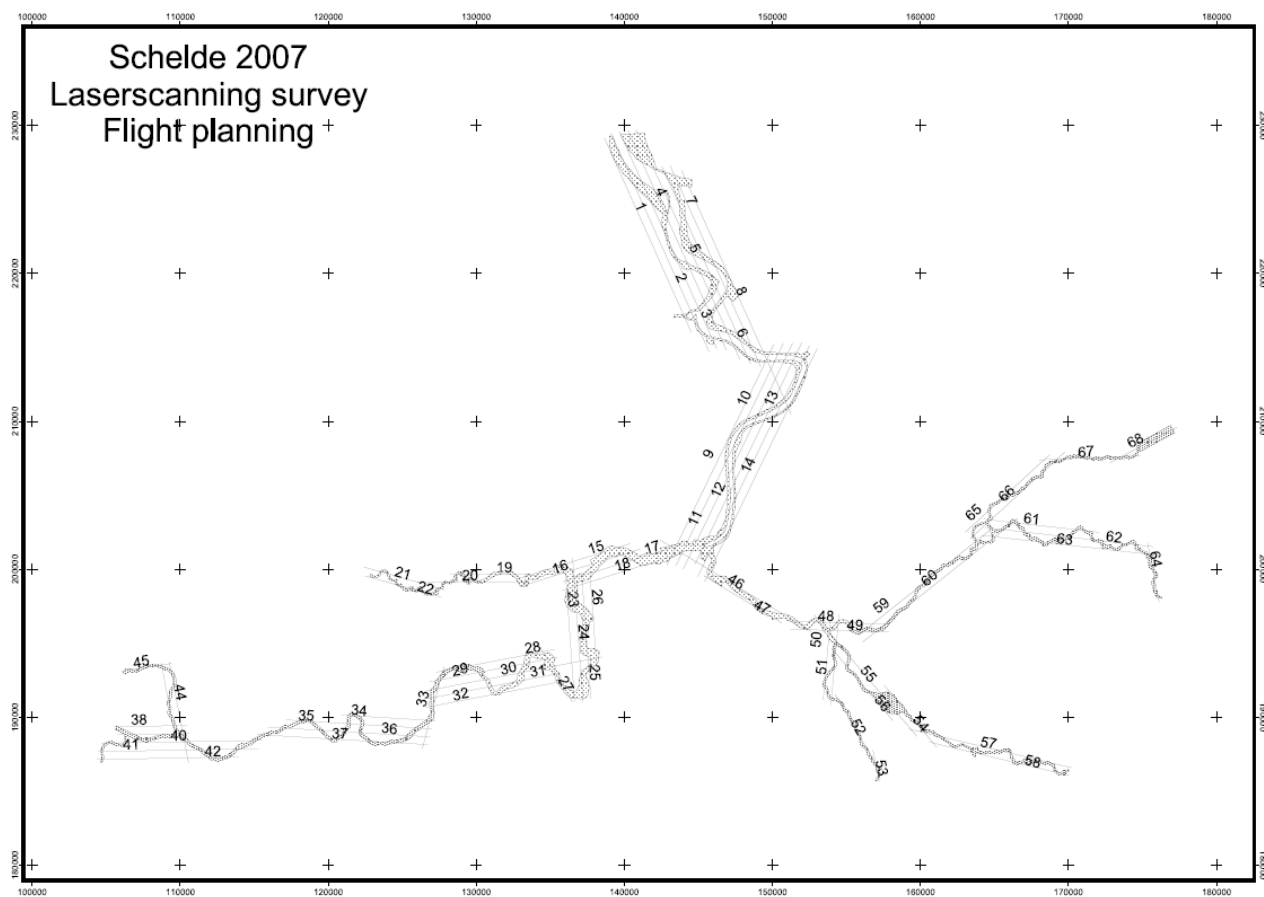
1.4. Quicklooks, GPS en INS data

De quicklooks en GPS/INS gegevens van de verschillende vluchtlijnen kunnen worden teruggevonden op bijgevoegde CDrom. De quicklooks bevatten de ruwe beelden in JPEG formaat weergegeven in RGB kleuren. Deze ruwe beelden zijn ongecorrigeerd. Ze bevatten dus nog geen coördinaten en zijn ook nog vertekend door de beweging (roll, pitch, yaw) van het vliegtuig.

2. Rapportage laserscanning vlucht

2.1. Overgevlogen gebied

Het overzichtkaartje in Figuur 56 geeft de ligging weer van de verschillende vluchtlijnen.



Figuur 56. Overzichtkaartje laser scanning vluchtlijnen

2.2. Datum van de vluchten

Deze vluchtlijnen werden opgenomen op de volgende 4 dagen :

- o 14 augustus 2007
- o 27 augustus 2007
- o 29 augustus 2007
- o 30 augustus 2007

2.3. Weersgesteldheid, vertrek en aankomsttijd, volgorde vluchtlijnen

De vluchtrapporten voor de verschillende vliegdagen (Figuur 57 tem. Figuur 61) bevatten de volgende gegevens :

- o volgorde van de verschillende vluchtlijnen
- o vertrek- en aankomsttijd per vluchtlijn

o weersgesteldheid

2.4. dGPS en INS data

De dGPS/INS data kunnen worden teruggevonden op bijgeleverde CDrom.

FLIGHT: Y07.C01

Take-off	11:18	UTC
Landing	15:21	UTC
Flight Time	4:03	

Aircraft Stop Moving: UTC

Apollonix Stop Logging:	UTC
-------------------------	-----

Remarks	x		EXP.	ASA	FID.	AUX.	UCD-file
	x						
	x	Film 1					
	x	Film 2					
Flight conditions	x CAVOK, strong wind	Film 3					
	x	Film 4					

122

International Flight Operations

Aircraft Stop Moving:	UTC
Appliance Stop Loading:	UTC

Remarks		EXP.	ASA	FID.	AUX.	UCD-file
	Film 1					
	Film 2					
Flight conditions	Film 3					
	Film 4					

FLIGHT: Y07.C03

Applanix Start Logging:	UTC	Aircraft Stop Moving:	UTC
Aircraft Start Moving:	UTC	Applanix Stop Logging:	UTC

[illegible]

Remarks	* ATC clearance at 0910 UTC		EXP.	ASA	FID.	AUX.	UCD-file
	*	Film 1					
	*	Film 2					
Flight conditions	* sct 3000ft, lots of thermic	Film 3					
	*	Film 4					

124

FLIGHT: Y07.C04

Remarks	* Clouds too low / AGL2500ft		EXP.	ASA	FID.	AUX.	UCD-file
	*						
	*	Film 1					
	*	Film 2					
Flight conditions	* sct 2700ft, lots of thermic	Film 3					
	*	Film 4					

International Flight Operations

DATE	: 30-08-2007	ROUTE	: EBAW	Take-off	12:16	UTC
AIRCRAFT	: <u>D-EBMW (Q207)</u>		EBAW	Landing	12:49	UTC
PILOT	: <u>Marc</u>			Flight Time	0:33	
NAVIGATOR	: <u>Heinrich</u>					
CAMERA	: <u>Laser Rieg-LMS/Q560</u>	Applanix Start Logging:	UTC	Aircraft Stop Moving:	UTC	
ScanRate - FOV	: <u>52Hz-60degrees</u>	Aircraft Start Moving:	UTC	Applanix Stop Logging:	UTC	
Pulse Freq	: 100kHz					

[illegible][illegible]

Remarks		EXP.	ASA	FID.	AUX.	UCD-file
	Film 1					
	Film 2					
Flight conditions	Film 3					
	Film 4					

Figuur 61. Vluchtrapport laserscanning 30 augustus

ANNEX 7. Oplevering van de hyperspectrale data

AUTOMATISATIE KARTERING VOOR OPVOLGING AREAAL SLIKKEN EN SCHORREN ZEESCHELDE

Oplevering hyperspectrale data

datum: april 2008

A. Inhoud van de disk

Subfolder: **raw**

De ongecorrigeerde ruwe beelden in ENVI formaat.

Subfolder: **navigatie**

De navigatiedata van de hyperspectrale vluchtlijnen.

Subfolder: **atm_geo**

De geometrische en atmosferisch gecorrigeerde oppervlaktereflectantie beelden in ENVI formaat.

Subfolder: **geo_atm_igc**

De manueel geometrisch gecorrigeerde oppervlaktereflectantie beelden in ENVI formaat.

Subfolder: **GeoTiff\hyperspectral**

De “GeoTiff” beelden van de hyperspectrale beelden onder subfolder “geo_atm_igc”.

Subfolder: **GeoTiff\composieten\hyperspectraal**

De “GeoTiff” beelden van de hyperspectrale composieten.

Subfolder: **GeoTiff\composieten\DTM**

De “GeoTiff” beelden van de DTM composieten.

Subfolder: **envi_dtm_composieten**

De DTM composieten in ENVI formaat.

Subfolder: **Bijkomende info**

- Een ASCII bestand met de centrale golflengte en de FWHM van de 32 AISA banden.
- Dit bestand.

Subfolder: **ENVI freelook**

- Code die toelaat de ENVI beelden te openen en te visualiseren, en enkele basisbewerkingen (Z profiel, pixel waarden, afstandsmeting) uit te voeren.

B. Formaat en Naamgeving van de hyperspectrale beelden

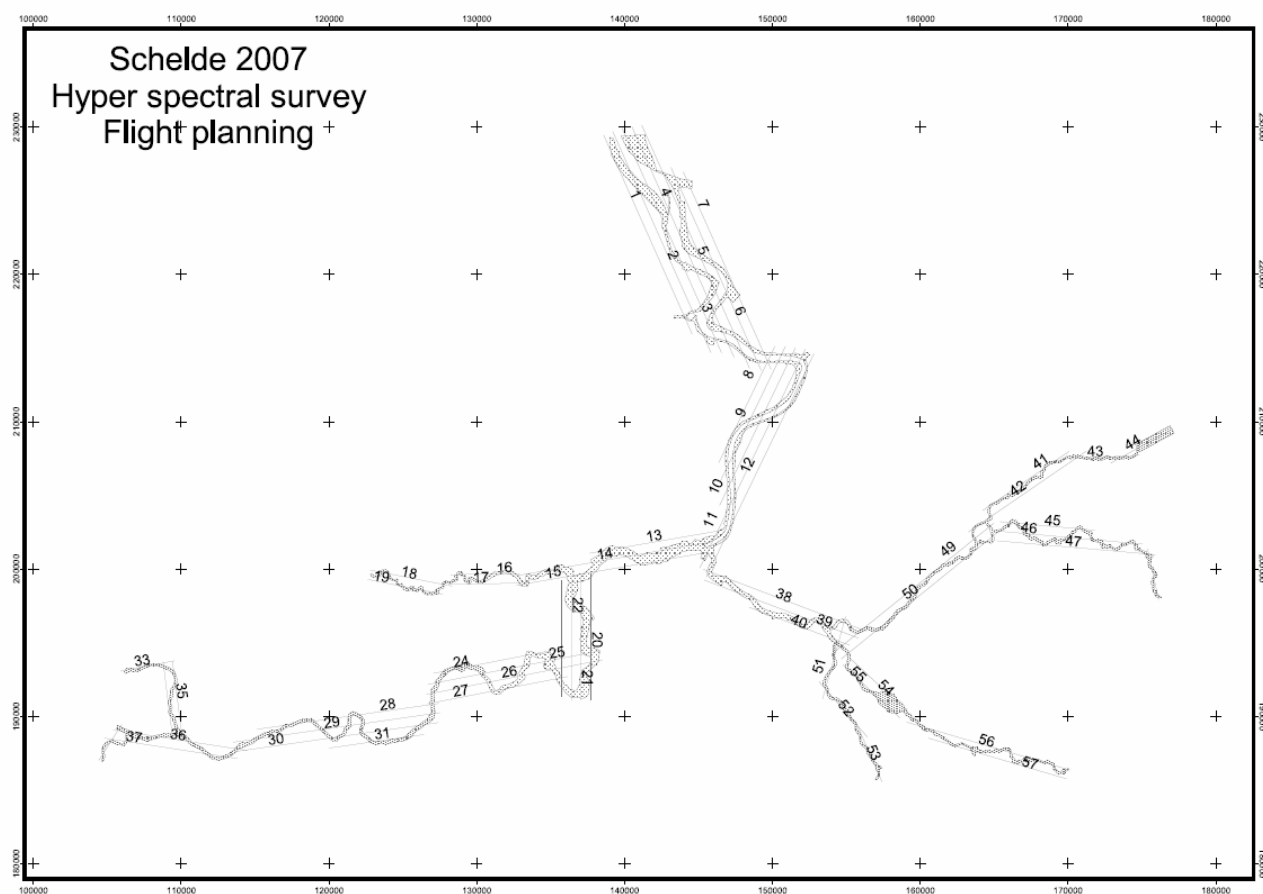
De hyperspectrale beelden worden geleverd in standaard ENVI formaat. Dit formaat bevat de beelden in raster formaat (Band Sequential, BSQ) en zijn voorzien van een header (*.hdr). De volgende conventie werd gebruikt voor de naamgeving van de beelden:

SCHELDE_LijnNr_DagMaand_ProcessingNiveau

Naast de ENVI bestanden werden eveneens GeoTiff bestanden aangemaakt. Alle geometrische gecorrigeerde beelden hebben een pixelresolutie van 1 m x 1 m en staan in het Lambert 72 coördinatenstelsel. De radiantiebeelden hebben als datatype “16-bit unsigned integer”, de geometrische en atmosferisch gecorrigeerde beelden hebben een “floating point” datatype.

Vluchlijnummer (LijnNr)

Het overzichtkaartje in Figuur 62 geeft de ligging weer van de verschillende vluchtlijnen. Lange vluchtlijnen werden omwille van de grote hoeveelheid data in 2 gesplitst en krijgen de vermelding A of B na het lijnnummer.



Figuur 62. Overzicht van de 57 vluchtlijnen die gevlogen werden boven het stroomgebied.

Datum (DagMaand)

De 57 vluchtlijnen werden gevlogen op vier verschillende dagen:

- o 1 augustus 2007 : 0108
- o 24 augustus 2007 : 2408
- o 23 september 2007: 2309

o 25 september 2007 : 2509

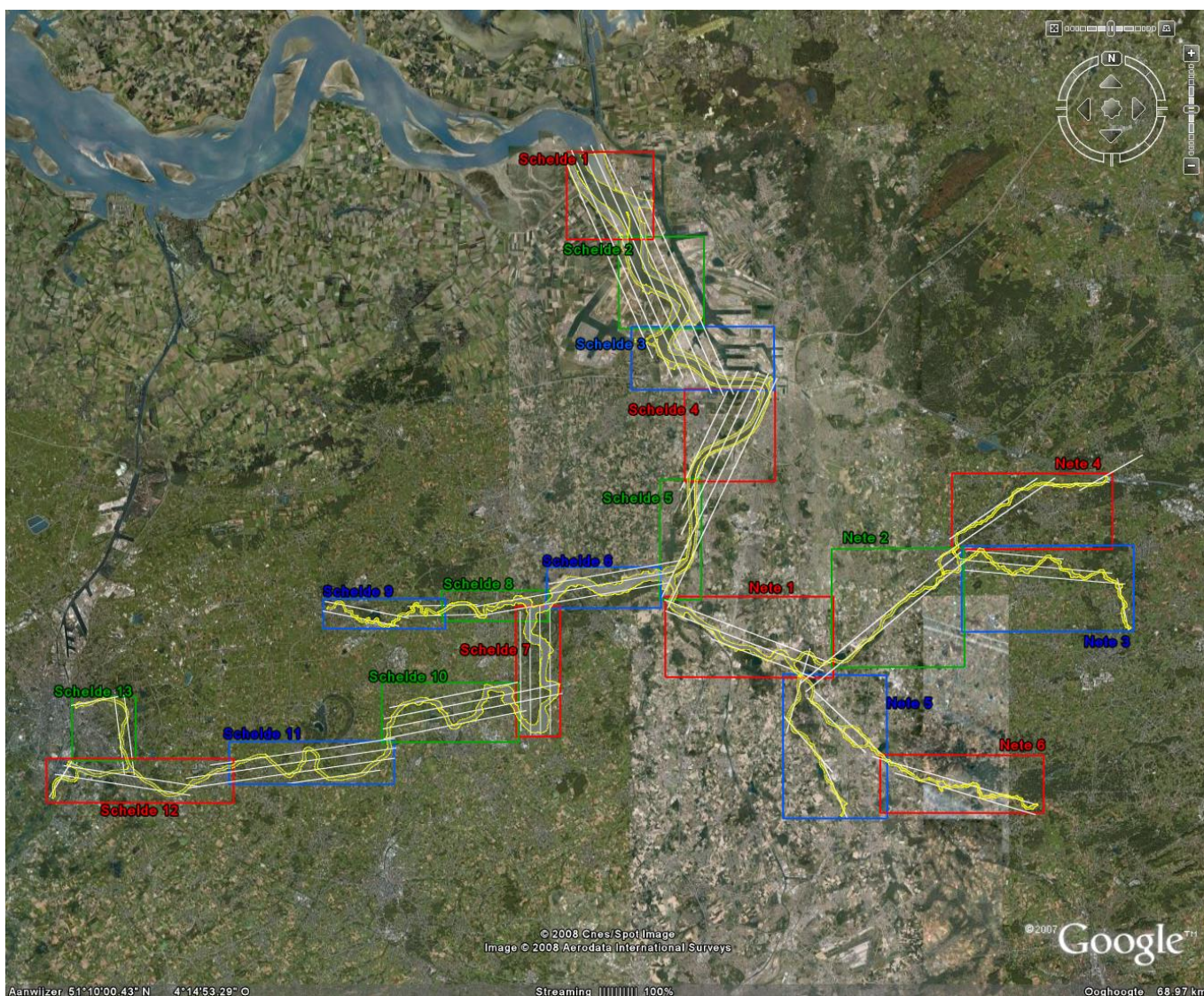
ProcessingNiveau

- o geen processing level vermeld: radiometrisch gecorrigeerde beelden (“at-sensor radiance”)
- o geo_atm: geometrisch gecorrigeerde oppervlakte-reflectantiebeelden, dus na geometrische en atmosferische correctie
- o geo_atm_igc: manueel geometrisch gecorrigeerde oppervlakte reflectantiebeelden, dus na geometrische, atmosferische en manueel geometrische correctie

De ‘geometrisch en radiometrisch’ en de ‘niet-geometrisch gecorrigeerde oppervlakte-reflectantiebeelden na atmosferische correctie’ werden niet geleverd daar deze beelden niet rechtstreeks bruikbaar zijn. Ze vormen eigenlijk een tussenstap in de processing van de ruwe sensor data naar volledig gecorrigeerde (radiometrisch, geometrisch en atmosferisch) beelden.

C. Naamgeving van de composieten

Daar de hoeveelheid data van het ganse stroomgebied enorm groot is werd voor de verwerking van de gegevens het stroomgebied opgesplitst in 33 deelgebieden zoals aangegeven in Figuur 63. De coördinaten van de hoekpunten en de namen van de deelgebieden zijn weergegeven in Tabel 20.



Figuur 63. De 33 deelgebieden van het 'Slikken en Schorren' stroomgebied.

Tabel 20. Coördinaten van de linker bovenhoek en de rechter onderhoek van de 33 deelgebieden.

Deelgebied	N			W			Z			O		
(Lat/Lon)	(°)	(")	(')	(°)	(")	(')	(°)	(")	(')	(°)	(")	(')
Schelde 1a	51	22	35	4	12	30	51	21	15	4	17	35
Schelde 1b	51	21	20	4	12	30	51	19	25	4	17	35
Schelde 2a	51	19	30	4	15	20	51	17	55	4	20	25
Schelde 2b	51	18	5	4	15	30	51	16	15	4	20	25
Schelde 3a	51	16	20	4	16	15	51	14	0	4	20	40
Schelde 3b	51	15	20	4	20	35	51	14	0	4	24	25
Schelde 4a	51	14	5	4	21	50	51	11	55	4	24	25
Schelde 4b	51	12	45	4	19	10	51	10	45	4	22	0
Schelde 5	51	10	50	4	17	35	51	6	35	4	20	15
Schelde 6	51	7	50	4	11	20	51	6	5	4	17	40
Schelde 7a	51	5	55	4	9	40	51	3	45	4	12	5
Schelde 7b	51	3	50	4	9	40	51	1	40	4	12	15
Schelde 8a	51	6	40	4	3	15	51	5	55	4	7	25
Schelde 8b	51	6	50	4	7	20	51	5	50	4	11	25
Schelde 9	51	6	40	3	58	43	51	5	30	4	3	20
Schelde 10a	51	3	40	4	6	0	51	1	50	4	9	45
Schelde 10b	51	3	15	4	2	0	51	1	30	4	6	5
Schelde 11a	51	1	20	3	51	0	50	59	25	3	56	55
Schelde 11b	51	1	35	3	56	50	51	0	0	4	2	45
Schelde 12	51	0	55	3	43	0	50	59	20	3	51	5
Schelde 13	51	3	10	3	44	25	51	0	51	3	48	5
Nete 1a	51	6	40	4	18	5	51	4	35	4	23	0
Nete 1b	51	5	5	4	22	45	51	3	45	4	27	45
Nete 2a	51	6	45	4	27	40	51	4	10	4	31	40
Nete 2b	51	8	25	4	31	30	51	6	15	4	35	10
Nete 3a	51	8	30	4	35	0	51	7	15	4	41	0
Nete 3b	51	7	50	4	40	45	51	5	20	4	44	50
Nete 4a	51	10	40	4	34	20	51	8	20	4	38	35
Nete 4b	51	11	5	4	38	30	51	10	20	4	43	40
Nete 5a	51	3	50	4	24	45	51	1	10	4	30	40
Nete 5b	51	1	15	4	26	10	50	58	45	4	28	50
Nete 6a	51	1	15	4	29	35	50	59	35	4	35	15
Nete 6b	51	0	10	4	35	10	50	58	55	4	39	35

ANNEX 8. Oplevering van de klassieke cartografie

1. Klassieke cartografie

De geleverde bestanden zijn een cartografische weergave van de topografische objecten op en rond de waterkeringen.

Tevens bevatten ze de dijk kruin- en -voetlijnen.

1.1. Bestandsformaat en naam

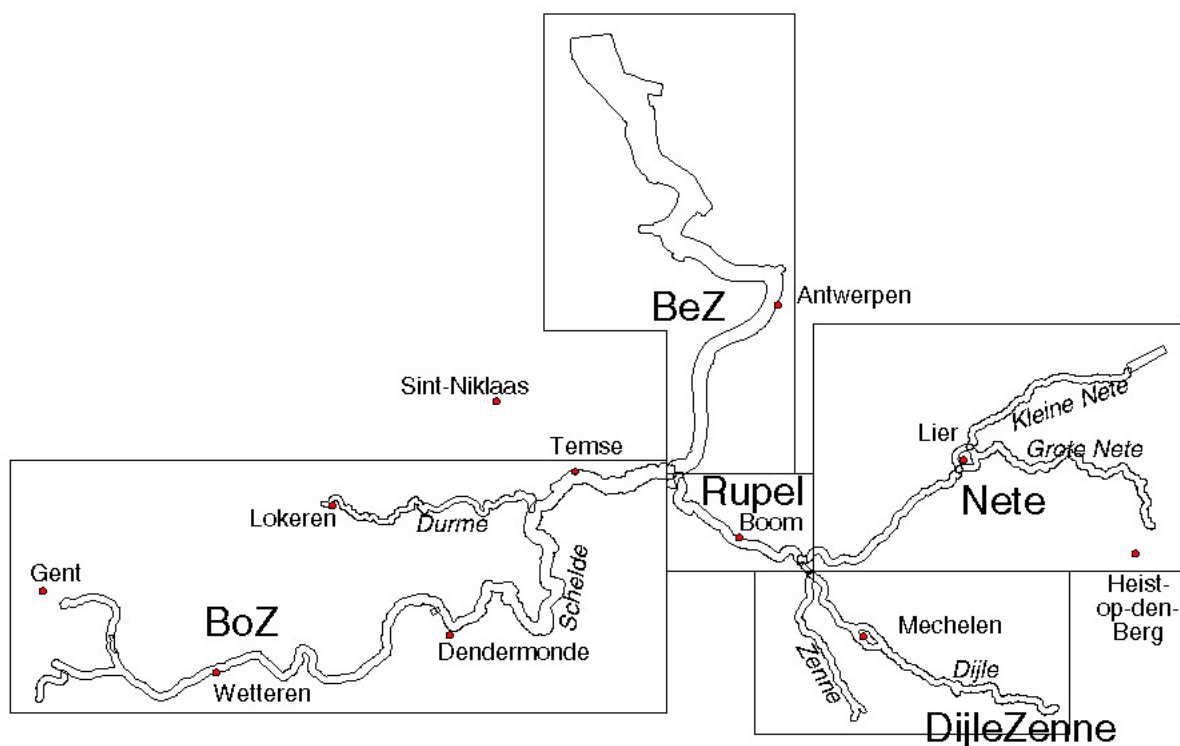
De bestanden zijn geleverd in het ESRI shapefile-formaat. De naam bevat een aanduiding van het bedekte gebied :

- BeZ : Beneden Zeeschelde vanaf de Rupelmonding over Antwerpen-Centrum tot de Nederlandse grens
- BoZ : Boven-Zeeschelde vanaf de Rupelmonding over Dendermonde en Wetteren tot Gentbrugge en Merelbeke. Bevat eveneens de Durme tot de dam te Lokeren
- Rupel : bevat ook de monding van het Zeekanaal Brussel-Rupel en de monding van Nete en Dijle
- Nete : de Beneden-Nete, Grote Nete tot Hallaar en Kleine Nete tot de monding van de Aa
- DijleZenne : de Dijle over Mechelen tot Haacht, het Zennegat en de Zenne tot Zemst

Het voorvoegsel in de naam van de shapefile

- Punten_ (ESRI geometrietype "POINT")
- Lijnen_ (ESRI geometrietype "LINE")
- Vlakken_ (ESRI geometrietype "POLYGON")

maakt duidelijk welke objectklasse de shapefile bevat.



Figuur 64. De vijf rechthoeken geven de indeling van de shapefiles weer.

1.2. Objecten per shapefiletype

Onderstaande in vet nieuw gedefinieerde codes of interpretatie eigen aan de onderhavige kartering. De lijnen bevatten alle lineaire elementen, eveneens plassen en vijvers, via hun rand.

Tabel 21. Codes voor de dijklijnen.

Code	Verklaring
1010	dijkkruin, rivierzijde rechteroever
1011	dijkkruin, rivierzijde linkeroever
1020	dijkkruin, landzijde rechteroever
1021	dijkkruin, landzijde linkeroever
1030	dijkkruin, midden, rechteroever (enkel bij smalle tracés)
1031	dijkkruin, midden, linkeroever (enkel bij smalle tracés)
1040	voet dijk, rivierzijde rechteroever
1041	voet dijk, rivierzijde linkeroever
1050	voet dijk, landzijde rechteroever
1051	voet dijk, landzijde linkeroever

Tabel 22. Codes voor de overige lijnen.

Code	Verklaring
1060	kaaimuur, aanligplaats, kaaimuur in dokken en sluizen
1070	keermuur; vaak betonnen muurtje bovenop de dijk ter hoogte van bebouwing
1071	deur in keermuur

1072	steunmuur; specifiek als onderdeel van de waterkering of als steunmuur in de grond
1073	steunmuur van constructie; landhoofd, oevermuur indien geen kaai
1074	schanskorven (bovenkant)
1080	damplanken/damwand; indien het geen keermuur is, zoniet 1070
1090	stuw
1221	bovenrand van stenen glooiing of betonnen glooiing als versteviging van oever of berm
1230	dam/leidam; aslijn van (vaak overstroombare) dam
1240	kribbe (kamlijn of omlijning kruinvlak)
1250	rijswerk/beschoeiing (oeververdediging), ook palenrij
1290	waterlijn (enkel voor niet-getijdewateren gebruikt, zoals bij laterale kanalen of dokken)
1310	steiger (in hout of ijzer)
1311	steiger in beton
1320	staketsel/remmingswerk/dukdalf/strandhoofdpalen
1330	loopbrug/trap/ladder (gebruikt voor relatief lichte constructies in ijzer of hout)
1350	slipway; de randen, soms ook rails in de helling
1380	sluisdeur
1450	omranding van brede wateroppervlakken zoals vijvers en plassen, die niet tot het getijwater behoren
1460	as van waterloop indien smal. Bij brede waterlopen, ca. 2 meter of meer, werden de oevers getekend
1480	droogdok
1510 en 1520	ondergrondse pijpleiding, respectievelijk kabel(s). Ligging steeds indicatief, op basis van het terreinwerk en de palen die in de buurt bovengronds de leidingen aangeven. Vaak zijn de palen niet op de luchtopnamen te zien
1560	pijpleiding boven de grond
1580	afvoerleiding, bv. bij afwatering over de dijk, persleiding
1610	leidingen, buizen (op steiger/wal) (meestal gebruikt in petroleuminstallaties)
1640	seinbord
1720	brug (waterweg)
1760	spoorbrug (waterweg). NB sommige kregen code 1720
1770	spoor in haven (meestal genomen voor rails van kranen)
1780	jaagpad, weg; rand van de dijkkruinverharding of rand van verharde wegen op of horend tot de waterkering
1781	voetweg (op de waterkering)
1782	halfverharde weg (horend tot de waterkering)
1783	onverharde weg (horend tot de waterkering)
1784	veerlijn (verbinding via overzetboot)
1820	afsluiting, perceelsscheiding, haag, maar ook vangrail, leuning
1825	muur (baksteen, betonplaten) als afscheiding
1850	stenen trap
1920	uitwateringssluiss (bovenkant betonnen muren die een uitwateringsconstructie omringen)
1960	duiker (bovenkant kopmuur) (getekend wanneer de duiker geen waterkerende klep heeft)
2110	gevellijn gesloten bebouwing
3010	rand van weg die niet tot de waterkering hoort. Soms ook rand binnen wegverharding, zoals stoeprand of rijbaanrand
3012	rand van half verharde weg die niet tot de waterkering hoort
3013	voetweg die niet tot de waterkering hoort
3020	als 3010 maar voor autosnelweg, expressweg
3030	as van spoorweg (per spoor) (code 3031 werd niet gebruikt)
3040	bovenkant talud wegberm of spoorwegberm
3110	brugrand (niet over waterweg)

Tabel 23. Codes voor de punten.

Code	Verklaring
1032	laag punt in dijktop (zoals gezien tijdens het terreinwerk)
1322	ijzeren paal
1323	dukdaaf
1641	signaalbord
1642	boei
1651	peilschaal
1831	puntvormige constructie op dijk, zoals een standbeeld
1921	ijzeren afwateringsbuis met deksel
9080	onbekend puntobject

Tabel 24. Codes voor de vlakken.

Code	Verklaring
1340	ponton
1590	kraan, havenkraan
1650	tijhuisje
1680	hoogspanningsmast (voetvlak)
1683	pyloon verlichting (voetvlak)
1721	pijler van brug
1830	gebouw op waterkering
2010	gebouw niet op waterkering
2030	tank, maar ook bekken van zuiveringsinstallatie, zwembad
2040	pompstation
2060	silo (meestal werd echter 2030 gebruikt, omdat op luchtopnamen niet duidelijk is of het om een silo of een tank gaat)
2090	schouw

De lijst van de codes is ook opgenomen in het Excel-bestand “lijnobjectcode_VITO.xls”.

1.3. Beschrijving van de attributen

De attribuentabel is gestructureerd op dezelfde manier als de bestaande databank bij Maritieme Toegang.

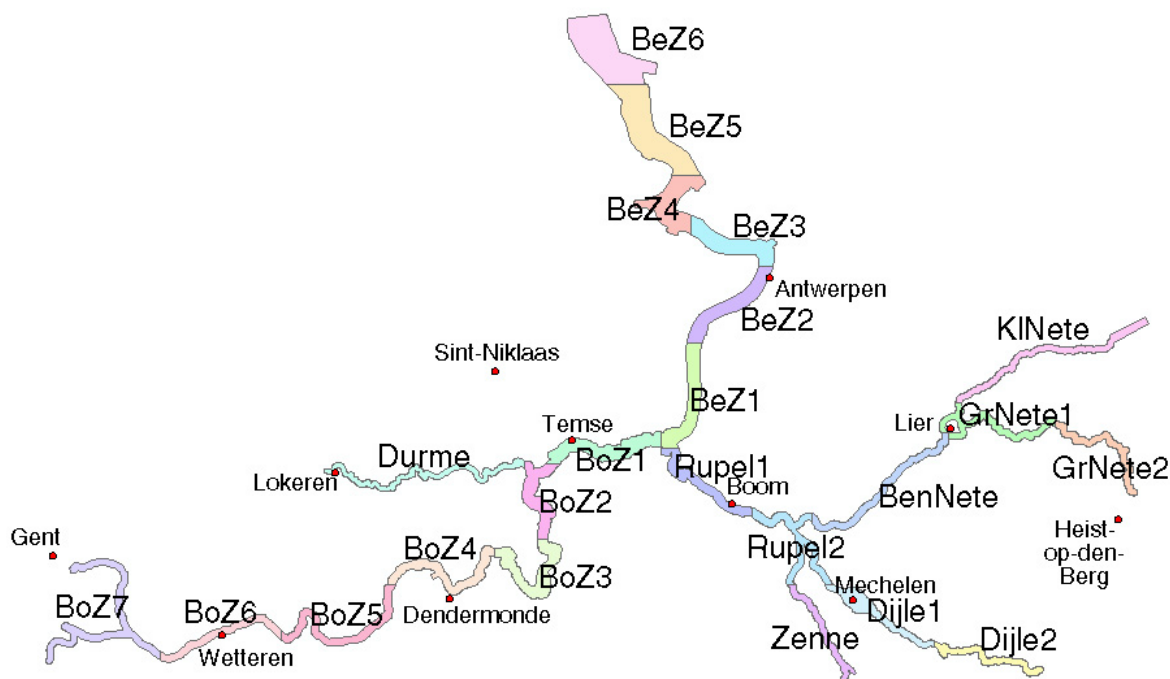
De volgende attributen zijn aanwezig :

- LIJNTYPE (resp. PUNTTYPE, VLAKTTYPE): de code bestaande uit 4 lettertekens, zoals hierboven opgesomd
- SCHAAL : de waarde 0. Inderdaad is de opname vrij schaalonafhankelijk. Het intekenen van de objecten gebeurde op vrij grote schaal, meestal 1/750 en vaak ook 1/600
- BRON : de tekststring “VITO Hypersp 2007” : duidt de oorsprong van de objecten aan

- DATUM : de tekststring “aug-sep 07” : tijdstip van de hyperspectrale vluchten

2. Indeling van de hoogtedata

Het opgenomen gebied is ingedeeld in aangrenzende deelgebieden. De geleverde bestanden zijn ASCII-bestanden, deze zijn inleesbaar in alle courante software voor hydrografische of GIS-doeleinden. De punten die geïnterpoleerd waren nabij steile oevers en de punten gelegen op het momentane wateroppervlak zijn verwijderd. Uit de naam van de bestanden kan men de ligging afleiden (Figuur 65). De naam wordt gevolgd door “_w.txt” als aanduiding dat er geen punten op het rivieroppervlak voorkomen. Per lijn vindt men een ‘x’ , ‘y’ en ‘z’ waarde waarin x en y de coördinaten zijn in Lambert 72 en z de hoogte in TAW).



Figuur 65. De hoogtedata voor het ganse stroomgebied is opgedeeld in verschillende deelgebieden. De naamgeving van de deelgebieden en van de bestanden die de hoogtedata bevatten is afgeleid van de ligging.