



departement
Mobiliteit en
Openbare Werken

Habitatmapping Zeeschelde

DEELRAPPORT 3 – RELATIES ABIOTIEK



00_028

WL Rapporten

Habitatmapping Zeeschelde

Deelrapport 3 – Relaties abiotiek

Vos, G.; Plancke, Y.; Verwaest, T.; Mostaert, F.

December 2013

WL2013R00_028_3rev2_0

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Vos, G.; Plancke, Y.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2013). Habitatmapping Zeeschelde: Deelrapport 3 – Relaties abiotiek. Versie 2_0. WL Rapporten, 00_028. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.



Waterbouwkundig Laboratorium

Flanders Hydraulics Research

B-2140 Antwerpen

Tel. +32 (0)3 224 60 35

Fax +32 (0)3 224 60 36

E-mail: waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

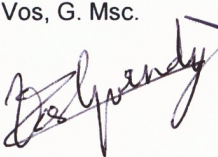
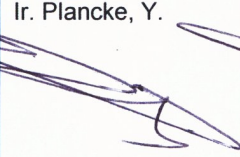
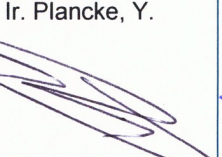
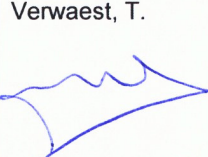

www.watlab.be

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welk andere wijze ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

Documentidentificatie

Titel:	Habitatmapping Zeeschelde: Deelrapport 3 – Relaties abiotiek		
Opdrachtgever:	MOW – Afdeling Maritieme Toegang	Ref.:	WL2013R00_028_3rev2_0
Keywords (3-5):	Habitatmapping, Zeeschelde, bodemvormen, hydrodynamica, ecologie		
Tekst (p.):	115	Bijlagen (p.):	/
Vertrouwelijk:	<input checked="" type="checkbox"/> Ja	Uitzondering:	<input checked="" type="checkbox"/> Opdrachtgever
			<input type="checkbox"/> Intern
			<input type="checkbox"/> Vlaamse overheid
	<input type="checkbox"/> Nee	Vrijgegeven vanaf: -	
	<input type="checkbox"/> Online beschikbaar		

Goedkeuring

Auteur Vos, G. Msc.	Revisor Ir. Plancke, Y.	Projectleider Ir. Plancke, Y.	S&A Directeur Verwaest, T.	Afdelingshoofd Mostaert, F.
				

Revisies

Nr.	Datum	Omschrijving	Auteur(s)
1_0	06/02/2013	Conceptversie	Vos, G.
1_1	08/02/2013	Inhoudelijke revisie	Plancke, Y.
1_2	15/02/2013	Conceptversie II	Vos, G.
1_3	07/08/2013	Revisie opdrachtgever	Projectgroep natuurlijkheid
2_0	19/12/2013	Definitieve versie	Vos, G.

Abstract

In het streefbeeld uit de LangeTermijnVisie (LTV) en in de Ontwikkelingsschets (OS) 2010 voor het Schelde-estuarium worden intergetijden- en ondiepwatergebieden als belangrijke fysieke systeemkenmerken van het Schelde-estuarium omschreven. Vanuit de ecologie stelt de OS dat laagdynamische ondiepwatergebieden en intergetijdengebieden het meest interessant zijn. Lage dynamiek wordt vaak gekoppeld aan de maximale snelheid van de waterstroming, doch ook bodemvormen en andere stromingskarakteristieken zouden bepalend kunnen zijn.

In een eerdere studie werd de relatie abiotiek-biotiek voor de zone rond de Plaat van Walsoorden (Westerschelde) onderzocht, in voorliggende studie wordt onderzocht of deze benadering ook voor de Zeeschelde kan worden toegepast.

Binnen dit rapport wordt onderzocht of er, en zo ja welke, relaties er bestaan tussen de bodemvorm- en stromingskarakteristieken. Hiervoor wordt in de eerste fase gefocust op 4 deelgebieden, verspreid over de verschillende saliniteitszones in de Zeeschelde. Dit zal uiteindelijk uitgebreid worden naar de volledige Zeeschelde en aanleiding geven tot zogehete fyisiotopenkaarten.

In een volgend deelrapport zal de relatie abiotiek-biotiek onderzocht worden.

Inhoudstafel

Inhoudstafel	I
Lijst van de tabellen	II
Lijst van de figuren	III
1. Inleiding	1
2. Doel van de opdracht	2
3. Beschrijving van de deelgebieden	3
4. Methodologie	4
4.1. Bodemvormen	4
4.1.1. Bathymetrie	4
4.1.2. Visuele afbakening van de zones	4
4.1.3. Bepalen van zones zonder bodemvormen	4
4.1.4. Definieren van te analyseren raaien binnen de verschillende deelgebieden	4
4.1.5. Analyse van de raaien naar karakteristieke parameters	5
4.1.6. Classificatie van de zones in beperkt aantal klassen	7
4.2. Waterbeweging	8
4.2.1. Beschrijving van het numerieke model	8
4.2.2. Kalibratie en Validatie	10
4.2.3. Verwerking van de resultaten	11
4.2.4. Classificatie op basis van waterbeweging	11
5. Resultaten	13
5.1. Bodemvormen	13
5.1.1. Studiegebied 1: Schaar van Ouden Doel – Galgeschoor	13
5.1.2. Studiegebied 2: Notelaer – Ballooi	13
5.1.3. Studiegebied 3: Branst	14
5.1.4. Studiegebied 4: Appels - Zele	14
5.2. Waterbeweging	14
5.2.1. Studiegebied 1: Schaar van Ouden Doel – Galgeschoor	14
5.2.2. Studiegebied 2: Notelaer – Ballooi	15
5.2.3. Studiegebied 3: Branst	16
5.2.4. Studiegebied 4: Appels - Zele	17
6. Relatie tussen bodemvormen en hydrodynamica	18
7. Conclusies en aanbevelingen	19
7.1. Conclusies	19
7.2. Aanbevelingen	19
8. Referenties	20
9. Figuren	21

Lijst van de tabellen

Tabel 1 –Onderverdeling in klassen volgens gemiddelde hoogte en lengte van de bodemvormen (Plancke et al, 2008).....	7
Tabel 2 – Onderverdeling in klassen volgens gemiddelde asymmetrie van de bodemvormen (Plancke et al, 2008).....	8
Tabel 3 – Gemiddelde gridcelgrootte per deelgebied.....	9
Tabel 4 – overige modelkarakteristieken van het detailmodel.....	10
Tabel 5 – Overzicht klassen hydrodynamische karakteristieken (horizontaal VLOED – verticaal EB)	12

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Overzicht verschillende deelgebieden (<i>bron: Google Earth</i>).....	3
Figuur 2 – Bepaling van karakteristieke parameters a.d.h.v. Matlab-routine (stap 2 – 4)	6
Figuur 3 – Karakteristieke parameters voor analyse van de bodemvormen (stap 5 – 7).....	7
Figuur 4 – Modelgrid van het gebruikte Delft3D Model (in blauw), met de afwaartse rand in Walsoorden, als onderdeel van het NEVLA model (in grijs).....	9

1. Inleiding

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

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

In 2008-2009 werd door het NIOO-CEME in samenwerking met het Waterbouwkundig Laboratorium en IMARES onderzoek naar dit topic uitgevoerd, gefocust op het gebied rond de Plaat van Walsoorden (Plancke et al., 2008). Uit deze studie volgden volgende aanbevelingen (uit "Habitatmapping Westerschelde - Nota aan de stuurgroep O&M" d.d. januari 2010):

1. Het nieuwe criterium voor het definiëren van ecologisch waardevol gebied werd opgesteld op basis van de beschikbare gegevens van de proefstortingen nabij de Plaat van Walsoorden. Een validatie en verdere verfijning van het criterium is noodzakelijk alvorens dit kan toegepast op het volledige Schelde-estuarium. Op basis van een numerieke modelsimulatie en de actuele bodemligging, zijn de gebieden die aan het criterium voldoen afgebakend. Deze gebieden kunnen als validatie gebruikt worden in een vervolgonderzoek.
2. Daar waar het criterium bepaald werd voor een beperkt gebied in de Westerschelde, verdient het de aanbeveling om bij een validatie gebieden te selecteren langs de volledige saliniteitsgradiënt, dus zowel in de Westerschelde (zout, brak), als in de Zeeschelde (brak, zoet). De bodemdiergemeenschappen veranderen immers langsheen de saliniteitsgradiënt.
3. De meerwaarde van extra omgevingsfactoren zoals het sedimenttransport nabij de bodem, de migratie van bodemvormen en sedimentsamenstelling voor het beter onderscheiden van ecologisch waardevolle gebieden dient nader onderzocht te worden.
4. Daarnaast verdient het de aanbeveling het studiegebied uit te breiden naar het intertidaal. Indien op basis van numerieke (stromings)modellen een habitatclassificatie kan gemaakt worden die in goede overeenstemming is met de werkelijkheid, biedt dit een grotere zekerheid bij de effectenbeoordeling van toekomstige projecten.

2. Doel van de opdracht

Het doel van deze opdracht is zo veel mogelijk in te gaan op de bovenvermelde aanbevelingen. Hierbij kunnen volgende onderdelen onderscheiden worden:

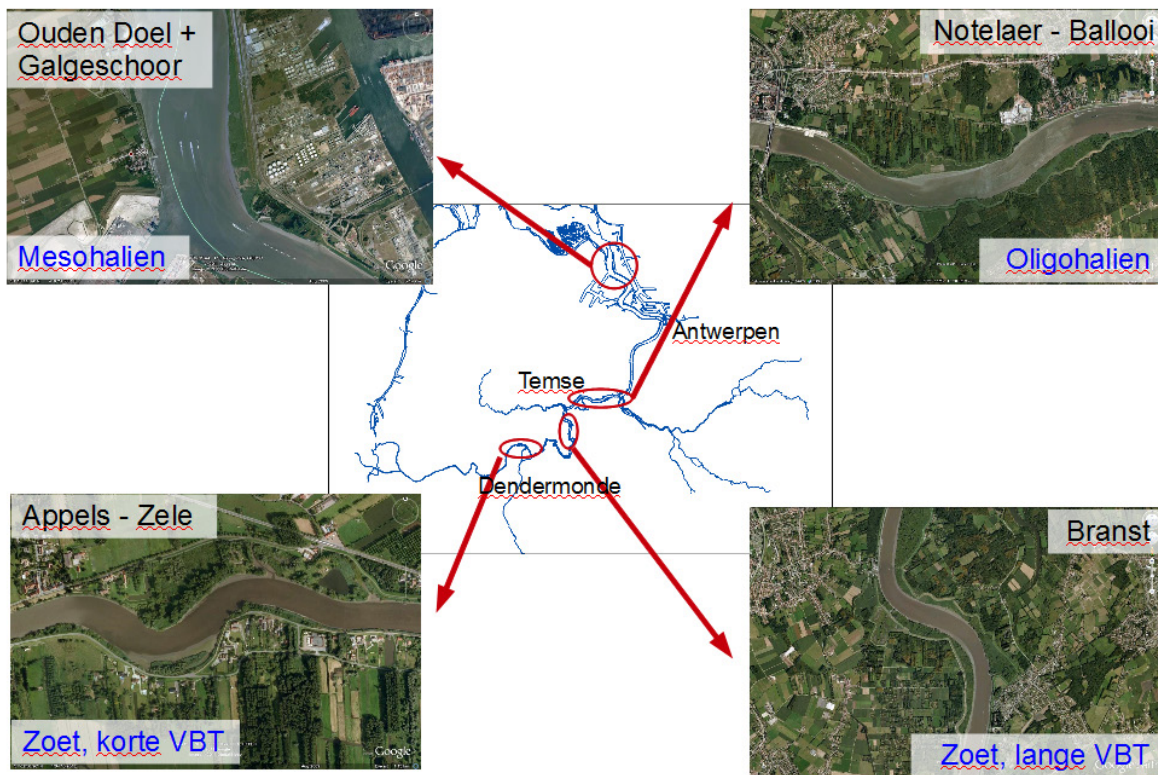
- Onderzoek naar de relaties tussen de fysische, sedimentologische en ecologische karakteristieken in de Zeeschelde en opmaken van een classificatie van ondiepe subtidale gebieden volgens hun ecologische waarde. (i.s.m. INBO) – Habitatmapping Zeeschelde
- Verkenning mogelijkheden uitbreiding naar het intergetijdengebied van het opgestelde criterium. – Uitbreiding intergetijdengebied
- Het aanleveren van de fysiotopenkaart ten behoeve van de validatie van het nieuwe criterium voor andere locaties in de Westerschelde. – Validatie Westerschelde

Binnen dit rapport wordt één aspect van het eerste onderdeel onderzocht. Om de mogelijke relaties tussen de fysische, sedimentologische en ecologische karakteristieken in de Zeeschelde te onderzoeken, is ervoor geopteerd om in een eerste luik gedetailleerd onderzoek uit voeren op 4 verschillende deelgebieden, elk gelegen binnen een bepaalde saliniteitszone. Voorliggend rapport beschrijft de resultaten van de abiotische aspecten (bodenvormen en waterbeweging). Daarnaast zal door het INBO een vergelijkbare oefening gebeuren voor de biotische aspecten. Beide rapporten hebben als doel te komen tot een methodologie om de ecologische waarde van ondiepwatergebieden in de Zeeschelde te beschrijven op basis van abiotische parameters. Deze methodologie zal vervolgens in de 2^e fase van dit onderdeel toegepast worden op de volledige Zeeschelde (“habitatmapping”).

3. Beschrijving van de deelgebieden

Binnen dit eerste luik van de studie zal gedetailleerd onderzoek plaatsvinden in 4 deelgebieden (Figuur 1). Deze deelgebieden werden geselecteerd zodanig dat er binnen elk van de verschillende saliniteitszones in de Zeeschelde telkens een uitgebreid ondiepwatergebied onderzocht kon worden. De geselecteerde deelgebieden zijn:

- Mesohalien: Schaar van Ouden Doel en Galgeschoor
- Oligohalien: Notelaer en Ballooi
- Zoet met lange verblijftijd: Branst
- Zoet met korte verblijftijd: Appels



Figuur 1 – Overzicht verschillende deelgebieden (bron: Google Earth)

4. Methodologie

4.1. Bodemvormen

Voor het opmaken van de classificatie van het studiegebied op basis van bodemvormen werd volgende methodiek gevolgd:

1. Visuele afbakening van de verschillende zones
2. Bepalen van zones **zonder** bodemvormen
3. Definiëren van te analyseren raaien binnen de zones **met** bodemvormen
4. Analyse van de raaien naar karakteristieke parameters (lengte, hoogte en asymmetrie zie Plancke et al., 2008)
5. Classificatie van de zones in beperkt aantal klassen op basis van de karakteristieke parameters

4.1.1. Bathymetrie

De bathymetrie voor de Beneden Zeeschelde is gebaseerd op multibeam metingen uit 2011, aangeleverd door Maritieme Toegang.

De bathymetrische data voor de Boven Zeeschelde en de Rupel zijn samengesteld uit metingen van 2009, 2010 en 2011 (bron: Maritieme Toegang). Voor het intergetijdengebied werden LIDAR metingen uit 2011 gebruikt (bron: Maritieme Toegang). Wanneer LIDAR en bathymetrische data overlappen werd steeds de voorkeur gegeven aan de bathymetrische data.

4.1.2. Visuele afbakening van de zones

Uitgangspunt van de afbakening van de verschillende deelgebieden is een zgn. “shaded view” kaart van de topo-bathymetrische opname van de deelgebieden (zie Figuur A 1 tot Figuur A 5). Hierbij wordt vanuit een bepaalde hoek (Noord is 0°) licht gestraald op de bodemkaart waardoor de bodemvormen zichtbaar worden. Omdat bodemvormen zich ontwikkelen loodrecht op de stroming is de optimale hoek parallel met de dominante stroomrichting. Voor de studiegebieden Galgenschuur werd een hoek van 315° gebruikt, voor de overige studiegebieden werd voor de noord-zuidgeoriënteerde gebieden (Notelaer/Ballooi) een hoek van 0° gebruikt, voor de oost-west georiënteerde gebieden (Branst en Appels) een hoek van 90°.

4.1.3. Bepalen van zones zonder bodemvormen

Bij de bepaling van zones zonder bodemvormen wordt er onderscheid gemaakt tussen vlakke zones en zones met een onregelmatige vorm van de bodem (door de aanwezigheid van moeilijk erodeerbare lagen of ontstaan door menselijk ingrijpen: stortingen, zandwinning). Het onderscheid tussen de zones zonder bodemvormen is niet altijd duidelijk te maken op basis van de topo-bathymetrische opnames. Vooral het herkennen van harde lagen, die zowel een onregelmatig als eerder vlak verloop kunnen kennen, is niet evident. Het verschil tussen deze zones en de juiste klasse waartoe ze behoren zal bij de staalnames duidelijker worden.

4.1.4. Definiëren van te analyseren raaien binnen de verschillende deelgebieden

Gelet op het ontbreken van routines in een GIS-omgeving waarmee een ruimtelijke analyse van de bodemvormen kan uitgevoerd worden, werd een vereenvoudiging toegepast. Hierbij wordt overgeschakeld op een 1D aanpak, waarbij binnen elk deelgebied met bodemvormen een aantal raaien worden gedefinieerd. Er wordt verondersteld dat deze raaien representatief zijn voor het volledige deelgebied. Voor deze raaien werd een analyse uitgevoerd naar karakteristieke parameters. Hierbij werd, waar mogelijk, de lengte van de raaien voldoende lang gemaakt om zeker een representatief aantal bodemvormen voor analyse te selecteren. Voor sommige kleinere gebieden vallen echter slechts een beperkt aantal bodemvormen binnen een raai. De dieptegegevens voor deze raaien werden vanuit de GIS omgeving uitgevoerd op basis van een gebiedsdekkend 1m * 1m rooster. Deze gegevens vormden het uitgangspunt voor de analyse die in de volgende stap plaatsvond.

4.1.5. Analyse van de raaien naar karakteristieke parameters

Afleiden karakteristieke parameters

Voor elke raai werden volgende karakteristieke parameters afgeleid:

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

Deze analyse gebeurde met een zelf ontworpen routine die binnen Matlab werd geprogrammeerd. Het uitgangspunt voor de gehanteerde methodiek was de Bedform Tracking Tool (van der Mark et al., 2007). Deze tool werd eveneens gebruikt in de studie "Habitatmapping Westerschelde" (Plancke et al., 2008).

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

1. Bepalen van de periode voor het floating average om aanwezige trends uit de raai te verwijderen. Deze periode voor het floating average wordt zodanig gekozen dat de trends verwijderd worden zonder de individuele bodemvormen te verliezen. Er wordt dus een filter toegepast op de originele data om op eenvoudige manier de analyse van de karakteristieken van de individuele bodemvormen te kunnen uitvoeren.
2. Verwijderen van de trend in de bodemligging door de waarde bepaald via floating average af te trekken van de originele data (Figuur 2)
3. Bepalen van de posities van de snijpunten van het gefilterde signaal met de 0-lijn (Figuur 2, rode stippen)
4. Bepalen van de posities de toppen en dalen van het gefilterde signaal. Uitgangspunt hierbij is dat tussen snijpunt met de 0-lijn ofwel een dal, ofwel een top dient te liggen. (Figuur 2, respectievelijk groene stip voor top en gele stip voor dal)
5. Bepalen van de lengte van elke individuele bodemvorm van de betreffende raai. De lengte wordt gedefinieerd als de afstand tussen 2 opeenvolgende toppen. (Figuur 3)
6. Bepalen van de hoogte van elke individuele bodemvorm van de betreffende raai. De hoogte wordt gedefinieerd als het verschil tussen de hoogte van de top en de hoogte van het daaropvolgende dal. (Figuur 3)
7. Bepalen van de asymmetrie van elke individuele bodemvorm van de betreffende raai. De asymmetrie wordt gedefinieerd als de verhouding van de stijging (Lafw) tot de daling (Lopw) van de bodemvorm. Een bodemvorm wordt beschouwd van dal tot dal. (Figuur 3)
8. Bepalen van de gemiddelde steilheid per raai. De steilheid wordt gedefinieerd als de verhouding van de hoogte H tot de totale lengte L van de bodemvorm. Een bodemvorm wordt beschouwd van dal tot dal. (Figuur 3)

Deze karakteristieken per individuele bodemvorm werden vervolgens gemiddeld per raai. Dit resulteert in een gemiddelde waarde (en bijbehorende standaarddeviatie) voor de lengte, hoogte en asymmetrie van de bodemvormen per raai. Op basis van deze gemiddelde waarde werden de extrema verwijderd die buiten het interval $[0,25 * \text{gemiddelde}; 1,75 * \text{gemiddelde}]$ gelegen zijn en werd een nieuw gemiddelde bepaald. Dit om zowel door menselijk ingrijpen geïntroduceerde onregelmatigheden (bv. zandwinputten) als extreme waarden geïntroduceerd door de gehanteerde werkwijze (met name floating average), te beperken. Dit interval werd bepaald in de studie "Habitatmapping Westerschelde" (Plancke et al., 2008) op basis van een gevoeligheidsanalyse.

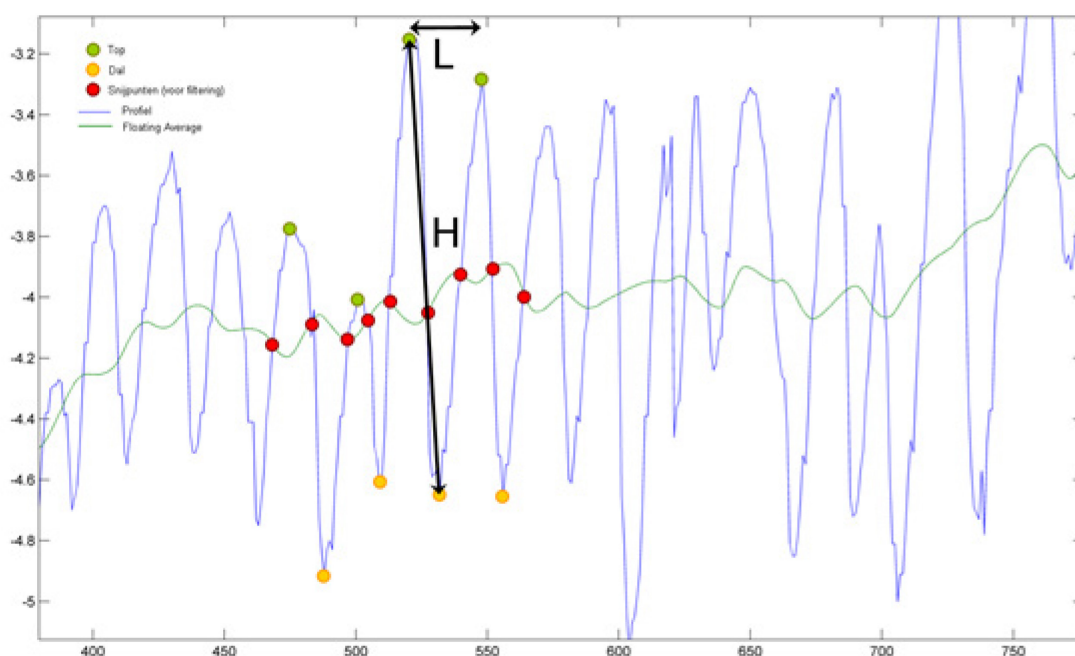
De verschillende raaien werden gedefinieerd van stroomafwaarts naar stroomopwaarts. Een waarde van de asymmetrie groter dan 1 betekent dat de afwaartse zijde langer is dan de opwaartse. Dit duidt op vloeddominatie. Andersom betekent een waarde kleiner dan 1 dat de afwaartse zijde korter is dan de opwaartse. Dit wijst op ebdominantie.

Invloed van periode voor floating average

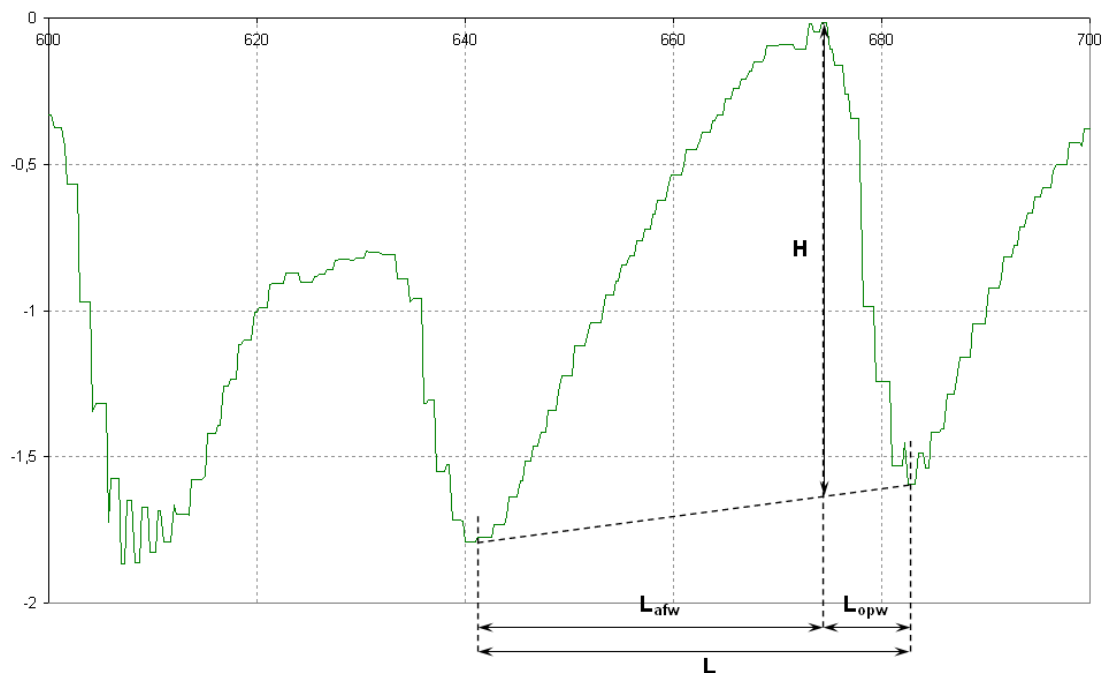
Met behulp van een floating average worden aanwezige trends uit de raai verwijderd. Deze periode voor het floating average wordt zodanig gekozen dat de trends (cfr. variatie bodemligging) verwijderd worden zonder de individuele bodemvormen te verliezen. Het is dus een filter die toegepast wordt op de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

De bepaling van de periode van het floating average is doorslaggevend voor een goede werking van de hoger beschreven routine. Bij elk snijpunt van floating average en profiellijn wordt immers gezocht naar een top of dal ten opzichte van het vorige snijpunt en dus in wezen een nieuwe bodemvorm gedefinieerd. Een te kleine periode voor het floating average is nadelig, aangezien het originele profiel op die manier te dicht benaderd wordt en zelfs kleine onregelmatigheden en 'ruis' meegenomen worden in de analyse. Bij een te grote floating average worden een aantal bodemvormen dan weer niet meegenomen.

Daarom werd per profiel telkens via trial and error de meest opportune waarde voor het floating average bepaald. Voor vrij vlakke profielen kan deze waarde vrij laag liggen, rond de 7, voor de profielen met grotere bodemvormen kan de waarde oplopen tot 60. Bij superpositie van secundaire, kleiner bodemvormen op grotere bodemvormen werd een analyse met 2 afzonderlijke floating averages uitgevoerd.



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



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

4.1.6. Classificatie van de zones in beperkt aantal klassen

Voor de indeling in klassen werd uitgegaan van de klassegrenzen die gebruikt werden in het onderzoek 'Habitatmapping Westerschelde' (Plancke et al., 2008), weergegeven in Tabel 1 voor de indeling naar bodemvormkarakteristieken. De indeling naar asymmetrie wordt weergegeven in Tabel 2. Er werd gekozen om de bestaande indeling te behouden, aangezien dit de vergelijking met de habitatmapping in de Westerschelde vergemakkelijkt. Daarnaast is een verdere verfijning van de classificatie niet zinvol.

Tabel 1 –Onderverdeling in klassen volgens gemiddelde hoogte en lengte van de bodemvormen (Plancke et al, 2008)

Klasse	Beschrijving karakteristieken
Klasse 1	Quasi vlak: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gemiddelde hoogte < 5 cm ▪ Gemiddelde lengte < 10 m
Klasse 2	Ribbels 1: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gemiddelde hoogte ~ 15 à 30 cm ▪ Gemiddelde lengte ~ 10 m
Klasse 3	Ribbels 2: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gemiddelde hoogte ~ 30 à 50 cm ▪ Gemiddelde lengte ~ 10 à 15 m
Klasse 4	Duinen 1: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gemiddelde hoogte ~ 50 à 100 cm ▪ Gemiddelde lengte ~ 15 à 25 m

Klasse 5	Duinen 2: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gemiddelde hoogte ~ 100 à 150 cm ▪ Gemiddelde lengte ~ 15 à 30 m
Klasse 6	Duinen 3: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gemiddelde hoogte > 150 cm ▪ Gemiddelde lengte > 30 m
Klasse 7	Duinen 4: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gemiddelde hoogte < 100 cm ▪ Gemiddelde lengte > 30 m

Tabel 2 – Onderverdeling in klassen volgens gemiddelde asymmetrie van de bodemvormen (Plancke et al, 2008)

Klasse	Beschrijving karakteristieken
Klasse 1	Matig ebgedomineerd: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Asymmetrie < 0,90
Klasse 2	Geen uitgesproken dominantie: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Asymmetrie tussen 0,90 en 1,10
Klasse 3	Matig vloedgedomineerd: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Asymmetrie tussen 1,10 en 1,50
Klasse 4	Sterk vloedgedomineerd: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Asymmetrie > 1,50

4.2. Waterbeweging

In de tweede stap wordt getracht met behulp van een numeriek model een indeling te maken van de detailgebieden op basis van hydrodynamische karakteristieken. Vervolgens zal worden nagegaan of er een relatie bestaat tussen het voorkomen van bepaalde bodemvormen en bepaalde hydrodynamische karakteristieken.

In deze stap wordt gebruik gemaakt van een numeriek model (opgezet in Delft3D) dat wordt beschreven in (Maximova et al., 2013). Hieronder worden de belangrijkste karakteristieken van het model opgelijst.

4.2.1. Beschrijving van het numerieke model

Het rekenrooster

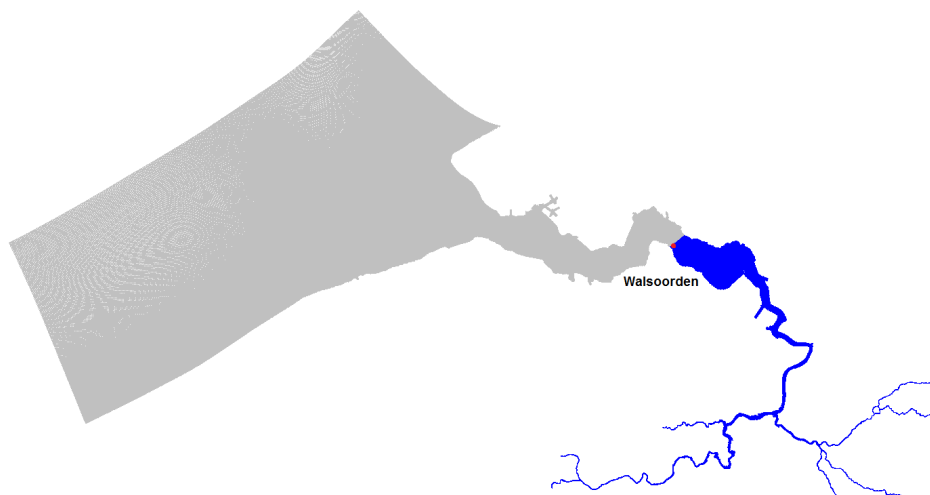
Het NEVLA model (Maximova et al., 2009; Verheyen et al., 2012) voor de Westerschelde, de Zeeschelde en de getijgebonden bijrivieren is te ruw om de snelheden in de deelgebieden met voldoende detail weer te geven. Daarom werd in het kader van dit project een Delft3D model ontwikkeld met verfijnde gridresolutie. Hiervoor werd het NEVLA3D model (Verheyen et al., 2012) 3x3 verfijnd. De gemiddelde gridcelgrootte per deelgebied wordt weergegeven in Figuur A 36 t.e.m. Figuur A 40 geven een beeld van het modelgrid ter hoogte van de respectievelijke deelgebieden.

Tabel 3. Figuur A 36 t.e.m. Figuur A 40 geven een beeld van het modelgrid ter hoogte van de respectievelijke deelgebieden.

Tabel 3 – Gemiddelde gridcelgrootte per deelgebied

Deelgebied	Gemiddelde celgrootte
Schaar van Ouden Doel	26x18m
Galgeschoor	25x11m
Notelaer & Ballooi	36x14m à 32x11m
Branst	35x13m à 25x10m
Appels	32x6m à 29x5m

De afwaartse grens van het model is gelegen bij Walsoorden, de opwaartse grens is gelegen op de grens van de getij-indringing in de bijrivieren (zie Figuur 4). De Noordzee en de Westerschelde afwaarts van Walsoorden werden niet opgenomen in het model om de rekentijd en de grootte van de output files te beperken.



Figuur 4 – Modelgrid van het gebruikte Delft3D Model (in blauw), met de afwaartse rand in Walsoorden, als onderdeel van het NEVLA model (in grijs)

De bathymetrie

De bathymetrie voor de Beneden Zeeschelde is gebaseerd op multibeam metingen uit 2011, aangeleverd door Maritieme Toegang, voor de Westerschelde werden multibeam metingen uit 2011 van Rijkswaterstaat (Nederland) gebruikt.

De bathymetrische data voor de Boven Zeeschelde en de Rupel zijn samengesteld uit metingen van 2009, 2010 en 2011 (bron: Maritieme Toegang). Voor het intergetijdengebied werden LIDAR metingen uit 2011 gebruikt (bron: Maritieme Toegang). Wanneer LIDAR en bathymetrische data overlappen werd steeds de voorkeur gegeven aan de bathymetrische data.

Voor het opwaartse deel van de Rupel (+bijrivieren) en in Zwijnaarde zijn geen recente bathymetrische metingen beschikbaar. In Zwijnaarde werd ervoor geopteerd om de data over te nemen uit het 3D NEVLA model (Verheyen *et al.*, 2012). Voor de Rupel en bijrivieren werden de data geïnterpoleerd op basis van het Sigmapeilingen van 2001.

De randvoorwaarden

Aan de afwaartse rand werden gemeten waterstanden te Walsoorden (HMCZ database) opgelegd van de periode van 19/06/2009 tot 01/07/2009.

Aan de opwaartse zijde werden gemeten debieten opgelegd. Voor de Zenne – Zemst, Dijle – Haacht, Grote Nete – Itegem, Kleine Nete – Grobbendonk en Dender – Appels werden daggemiddelde debieten voor een periode van 1 jaar (van 01/01/2009 tot 31/12/2009) opgelegd. De daggemiddelde debieten voor Spuikanaal Bath werden opgelegd van 01/01/2009 tot 01/01/2010 (*Verheyen et al.*, 2012). Er werd geen debiet opgelegd ter hoogte van Durme – Waasmunster, Boven Zeeschelde – Gentbrugge, Boven Zeeschelde – Zwijnaarde omdat er geen of een verwaarloosbaar debiet was tijdens de geanalyseerde periode.

In de Boven Zeeschelde is wordt het belangrijkste bovendebiet geleverd via het sluizencomplex bij Merelbeke. De debietmetingen ter hoogte van Merelbeke waren echter niet beschikbaar voor de geanalyseerde periode. Daarom werden de dagelijkse debieten van het nabijgelegen station Melle gebruikt.

De tijdstap

Voor de berekeningen werd een tijdstap van 3 seconden gekozen. Op deze manier blijft het Courantgetal binnen de detailgebieden meestal kleiner dan 10 (*Deltares*, 2011). Enkel bij Appels is het Courantgetal op enkele plaatsen iets groter dan 10, maar de gevoeligheidsanalyse toonde aan dat dit geen invloed heeft op de modelresultaten.

Overige modelkarakteristieken

In Tabel 4 worden de overige modelkarakteristieken van het model weergegeven.

Tabel 4 – overige modelkarakteristieken van het detailmodel

Parameter	Waarde
Secundaire stroming	Neen
Initiële waterstand	1.5 m TAW
Horizontale eddy viscositeit	0.3 m ² /s
HLES	Neen
Aantal lagen	1 (2D model)
Versie Delft3D Flow	5.00.00.1234 (Linux)
Zout transport	Neen
Windopzet	Ja
Roughness formula	Manning
Bed roughness value	varying roughness field

4.2.2. Kalibratie en Validatie

Simulatieperiode

De simulatieperiode voor de model kalibratie en –validatie werd gekozen van 22/06/2009 tot 29/06/2009. De inlooperperiode is 1 dag. Deze periode is gekozen op basis van vergelijkbare getijden tijdens de uitgevoerde ADCP metingen.

Kalibratie

De kalibratie gebeurde op basis van zowel snelheidsmetingen als debietmetingen.

Voor de snelheidsgegevens werden data gebruikt van ADCP-langraaien, gevaren ter hoogte van het Galgeschoor, Branst en Notelaer-Ballooi en van ADCP-dwarsraaien ter hoogte van Liefkenshoek,

Driegoten en Schoonaarde. De voor de kalibratie gebruikte debieten waren afkomstig van Liefkenshoek, Oosterweel, Kruike, Boom, Driegoten en Schoonaarde.

Als kalibratieparameters werden de eddy viscositeit en de ruwheid gebruikt. Bij de kalibratie bleek dat de grootste afwijkingen opwaarts voorkwamen.

Validatie

Voor de snelheidsgegevens werden data gebruikt van ADCP-longsraaien, gevaren ter hoogte van het Branst, Notelaer-Ballooi en Appels en van ADCP-dwarsraaien ter hoogte van Oosterweel en Schaar van Ouden Doel. De voor de validatie gebruikte debieten waren afkomstig van het Vaarwater boven Bath en de Ballastplaat.

4.2.3. Verwerking van de resultaten

Elke 10 minuten werd er een map file uitgevoerd voor de periode van 26/06/2009 (03:00) tot 27/06/2009 (01:00). Op deze manier wordt, rekening houdend met de voortplanting van de hoog- en laagwatergolf (het moment van hoog- en laagwater verschilt langsheen het estuarium), gezorgd dat hetzelfde getij over de hele lengte van het estuarium gevolgd kan worden.

Matlab routine

Aan de hand van een matlabroutine worden uit de mapfiles volgende gegevens afgeleid:

- Gemiddelde snelheid bij vloed/eb
- Verhouding gemiddelde snelheid bij vloed / bij eb
- Maximale snelheid bij vloed/eb
- Verhouding maximale snelheid bij vloed / bij eb
- Tijdsduur dat grenssnelheid (65 cm/s) overschreden wordt bij vloed/eb

Hierbij werden volgende stappen doorlopen:

- Op basis van de waterstanden in elk punt werden de tijdstippen van hoog- en laagwater bepaald
- Op basis van de snelheden werden kentering(en) hoogwater en kentering(en) laagwater werden gezocht in de tijdstappen volgend op resp. hoog- en laagwater.
- De hoger genoemde parameters werden bepaald voor vloed tussen kentering laagwater en kentering hoogwater, voor eb tussen kentering hoogwater en kentering laagwater

Deze afgeleide parameters worden vervolgens als (x,y, parameter)-file ingelezen in Qinsy waar aan de hand van de Digipol-interpolatie een gebiedsdekkende kaart wordt gemaakt, met een resolutie van 20x20m.

4.2.4. Classificatie op basis van waterbeweging.

Naar analogie met de studie "Habitatmapping Westerschelde" (Plancke et al., 2008) wordt voor de waterbeweging geopteerd om 2 types van klassen te definiëren: enerzijds een classificatie op basis van de grootte van de gemiddelde en maximale stroomsnelheden, anderzijds een classificatie op basis van de verhouding van de gemiddelde stroomsnelheden.

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

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

Met deze grenzen werden vervolgens klassen gedefinieerd, zoals weergegeven in Tabel 5.

Tabel 5 – Overzicht klassen hydrodynamische karakteristieken (horizontaal VLOED – verticaal EB)

[cm/s]	< 50	[50, 60]	[60, 80]	[80, 100]	> 100
< 50	1	2	3	4	5
[50, 60]	6	7	8	9	10
[60, 80]	11	12	13	14	15
[80, 100]	16	17	18	19	20
> 100	21	22	23	24	25

5. Resultaten

5.1. Bodemvormen

De gemiddelde lengte en hoogte per raai (berekend zoals weergegeven in §4.4.1) worden voor elk van de deelgebieden weergegeven van Figuur A 11 tot en met Figuur A 20. Op basis hiervan werden alle zones in de deelgebieden ingedeeld binnen de bodemvormclassificatie uit Tabel 1. Hiernaast werd ook een klasse 0 gedefinieerd, die overeenkomt met zones met harde lagen of onregelmatige bodem. Waar grotere bodemvormen (van respectievelijk klasse 4 en 5) voorkomen met daarop gesuperponeerd kleinere bodemvormen (“ribbels” ~ klasse 2) worden de overeenkomstige zones aangeduid als behorend tot klasse 4,2, respectievelijk 5,2.

Voor de indeling op basis van asymmetrie werd ook gebruik gemaakt van de klassengrenzen uit het onderzoek ‘Habitatmapping Westerschelde’ (Plancke et al, 2008).

5.1.1. Studiegebied 1: Schaar van Ouden Doel – Galgeschoor

Figuur A 6 en Figuur A 7 geeft voor dit studiegebied de afbakening van de verschillende deelgebieden weer, alsook de ligging van de raaien die gebruikt werden voor het bepalen van de karakteristieken van de bodemvormen. Binnen zowel de Schaar van Ouden Doel (OD) als het Galgeschoor (GS) worden verschillende deelgebieden gekenmerkt door menselijke ingrepen en/of harde lagen (klasse 0). In Ouden Doel zijn er bijvoorbeeld in zone OD_C duidelijk zandwinputten zichtbaar. Ter hoogte van het Galgeschoor is aan de noordzijde van het deelgebied (GS_A) invloed zichtbaar van baggerwerkzaamheden. Voor de overige deelgebieden geven Figuur A 11 (OD) en Figuur A 13 (GS) en Figuur A 12 (OD) en Figuur A 14 (GS) respectievelijk de gemiddelde lengte en hoogte weer van de verschillende bodemvormen per raai. Voor deze raaien is de gemiddelde lengte steeds kleiner dan 15 m, waarbij voor de helft van de raaien de gemiddelde lengte ongeveer 5 m bedraagt. De gemiddelde hoogte van de bodemvormen voor de verschillende raaien is kleiner dan 20 cm. Slechts één deelgebied in het Galgeschoor wordt gekenmerkt door een gemiddelde duinhoogte van ongeveer 50 cm.

Op basis van deze analyse kan geconcludeerd worden dat het merendeel van dit studiegebied gekarakteriseerd wordt door de afwezigheid van uitgesproken bodemvormen (Figuur A 21 en Figuur A 22). Slechts een beperkt aantal deelgebieden wordt gekenmerkt door kleine ribbels (klasse 2) en één zone in het studiegebied Galgeschoor, gelegen langs de rand van de vaargeul, wordt gekenmerkt door grotere ribbels (klasse 3).

Figuur A 26 (OD) en Figuur A 27 (GS) geven de gemiddelde asymmetrie van de bodemvormen per raai weer. Hieruit blijkt dat er voor het merendeel van de deelgebieden geen uitgesproken asymmetrie is. Deze vaststelling is niet verbazend, aangezien het studiegebied niet gekenmerkt wordt door uitgesproken bodemvormen (slechts ribbels). Amper een 5-tal deelgebieden worden gekenmerkt door een vloeddominantie, terwijl ook 2 deelgebieden ebgedomineerd zijn. Beide ebgedomineerde gebieden zijn gelegen langs de rand van de vaargeul. Figuur A 31 en Figuur A 32 geven een ruimtelijk overzicht van de gemiddelde asymmetrie van de bodemvormen per deelgebied.

5.1.2. Studiegebied 2: Notelaer – Ballooi

Figuur A 8 geeft voor dit studiegebied de afbakening van de verschillende deelgebieden weer, alsook de ligging van de raaien die gebruikt werden voor het bepalen van de karakteristieken van de bodemvormen. De zones met bodemvormen blijken vooral voor te komen in het diepere, centrale deel van de Schelde, en niet aan de oevers. Figuur A 15 en Figuur A 16 geven respectievelijk de gemiddelde lengte en hoogte weer van de bodemvormen per raai. Voor een groot aantal van de raaien schommelt de gemiddelde lengte rond de 10 m of minder, maar er zijn hier ook grotere bodemvormen aanwezig van rond de 20 à 30 m tot zelfs 40 m lang. Ook wat de hoogte betreft zijn een groot aantal van de bodemvormen kleiner dan 20 cm, en een aantal bodemvormen bereiken een grotere hoogte, tot maximum 1,5 m.

De diversiteit aan bodemvormen is hier dus groter dan ter hoogte van Ouden Doel en Galgeschoor. Een groot aantal van de zones wordt nog steeds gekenmerkt door afwezigheid van bodemvormen (klasse 0 en 1) (zie Figuur A 23). Deze zones liggen vooral langs de oevers. Bij de zones met uitgesproken bodemvormen komen er naast ribbels van klasse 2 ook grotere bodemvormen voor zoals duinen van

klasse 4, alsook bodemvormen met superpositie: duinen van klasse 4 en 5 met superpositie van ribbels van klasse 2.

Figuur A 28 geeft de gemiddelde asymmetrie van de bodemvormen per raai weer. In het merendeel van de zones is de asymmetrie vloedgedomineerd (asymmetrie > 1). Figuur A 33 geeft een ruimtelijk overzicht van de gemiddelde asymmetrie van de bodemvormen per deelgebied. Meest voorkomend zijn klasse 3 en 4 of voor NOT D en NOT U een combinatie van klasse 3 en 4, ook komen een tweetal klassen voor waar geen duidelijke dominantie (verschillende raaien hebben verschillende karakteristiek) kan toegekend worden (klasse 5 bij NOT_L en NOT_AH). Deze klassen blijken bij de indeling naar bodemvormen klassen met superpositie van kleinere bodemvormen op duinen te zijn. NOT_N is ebgedomineerd en NOT_P vertoont geen duidelijke dominantie.

5.1.3. Studiegebied 3: Branst

Figuur A 9 geeft voor het studiegebied Branst de afbakening van de verschillende deelgebieden weer, alsook de ligging van de raaien die gebruikt werden voor het bepalen van de karakteristieken van de bodemvormen. Ook hier blijken de zones met bodemvormen vooral in de diepere delen voor te komen. Figuur A 17 en Figuur A 18 geven respectievelijk de gemiddelde lengte en hoogte weer van de bodemvormen per raai. Voor het grootste deel van de raaien ligt ook hier weer de lengte rond of onder de 10 m en de hoogte onder de 20 cm. een aantal raaien vertoont grotere afmetingen met maxima rond de 30 m lengte en 0,5 tot 1 m. Ook hier is er dus een onderscheid tussen kleinere bodemvormen (ribbels) en grotere bodemvormen (klasse 4 en 4,2).

Figuur A 29 geeft de gemiddelde asymmetrie van de bodemvormen per raai weer. Ook hier schommelt voor de meeste raaien de waarde tussen 1 en 2 (vloedgedomineerd), slechts enkele raaien zijn ebgedomineerd. Figuur A 34 geeft een ruimtelijk overzicht van de gemiddelde asymmetrie van de bodemvormen per deelgebied. Enkel BR_J (geen duidelijke dominantie) en BR_S (ebgedomineerd) zijn niet vloedgedomineerd. Deze twee zones liggen net in een bocht. Alle overige zones met bodemvormen zijn matig tot sterk vloedgedomineerd (klasse 3 en 4).

5.1.4. Studiegebied 4: Appels - Zele

Figuur A 10 geeft voor het studiegebied Appels de afbakening van de verschillende deelgebieden weer, alsook de ligging van de raaien die gebruikt werden voor het bepalen van de karakteristieken van de bodemvormen. Slechts in een beperkt aantal zones kunnen bodemvormen teruggevonden worden, ook hier weer eerder centraal gelegen in de Schelde. Figuur A 19 en Figuur A 20 geven respectievelijk de gemiddelde lengte en hoogte weer van de bodemvormen per raai. De bodemvormen zijn hier merkkelijk kleiner dan in de studiegebieden Branst en Notelaer en Ballooi, wat ook kan verwacht worden verder stroomopwaarts. Buiten zone AP_R (ribbels 3) behoren alle zones met bodemvormen tot de klasse ribbels 2, wat betekent dat de lengte rond de 10 m schommelt en de hoogte rond de 20 cm.

Figuur A 30 geeft de gemiddelde asymmetrie van de bodemvormen per raai weer. De meeste raaien hebben een asymmetriewaarde tussen 1 en 2, voor enkele ligt de waarde iets boven de 2. Dit wil zeggen dat er geen ebgedomineerde zones voorkomen in het studiegebied Appels (zie ook Figuur A 35), enkel zones AP_R en AP_L hebben geen uitgesproken dominantie.

5.2. Waterbeweging

5.2.1. Studiegebied 1: Schaar van Ouden Doel – Galgeschoor

Aangezien de resolutie van het rekenrooster van het numerieke model hoog is, worden bepaalde bathymetrische patronen meegenomen in de modelbathymetrie. Dit zorgt ervoor dat in de stromingsresultaten variaties kunnen voorkomen op kleine schaal, door o.a. de aanwezigheid van zandwinputten, als grootschalige bodemvormen ter hoogte van de afwaartse grens van de Schaar van Ouden Doel.

Figuur A 41 (gemiddelde) en Figuur A 53 (maximale) geven de karakteristieke ebsnelheden voor dit studiegebied. Hieruit volgt dat voor de Schaar van Ouden Doel de ebsnelheden (zowel gemiddeld als maximaal) geleidelijk toenemen naarmate de afstand tot de strekdam kleiner wordt.

De gemiddelde, respectievelijk maximale ebsnelheden blijven beperkt tot 70 cm/s | 100 cm/s nabij de strekdam en nemen af tot maximaal 40 cm/s | 80 cm/s meer afwaarts. Ter hoogte van het Galgeschoor neemt de ebsnelheid geleidelijk toe naarmate de diepte toeneemt (van 30 cm/s naar 70 cm/s voor de gemiddelde ebsnelheid, van 50 cm/s naar 100 cm/s voor de maximale ebsnelheid). Aanvullend aan deze ruimtelijke patronen (bekomen uit interpolatie van de modelresultaten naar een rooster met resolutie 20x20 m), geven Figuur A 73 en Figuur A 85 deze karakteristieken weer op een geaggregeerd niveau van deelgebieden.

Figuur A 45 (gemiddelde) en Figuur A 57 (maximale) geven de karakteristieke vloednelheden voor dit studiegebied. Hieruit volgt dat voor de Schaar van Ouden Doel de vloednelheden (zowel gemiddeld als maximaal) geleidelijk afnemen naarmate de afstand tot de strekdam kleiner wordt. De gemiddelde, respectievelijk maximale ebsnelheden bedragen 60 cm/s | 110 cm/s nabij de strekdam en nemen toe tot maximaal 70 cm/s | 130 cm/s meer afwaarts. Ter hoogte van het Galgeschoor neemt de vloednelheid geleidelijk toe naarmate de diepte toeneemt (van 50 cm/s naar 70 cm/s voor de gemiddelde vloednelheid, van 80 cm/s naar 130 cm/s voor de maximale vloednelheid). Aanvullend aan deze ruimtelijke patronen, geven Figuur A 77 en Figuur A 89 deze karakteristieken weer op een geaggregeerd niveau van deelgebieden.

Op basis van de karakteristieke eb- en vloednelheden, kan het studiegebied ingedeeld worden volgens de klassen uit Tabel 5. Voor de gemiddelde snelheden (Figuur A 61) valt de Schaar van Ouden Doel hoofdzakelijk in te delen in klasse 2 (dichter bij de strekdam en de oever) en klasse 3 (afwaartse kant van het studiegebied). Ook het Galgeschoor behoort tot deze klassen, waarbij de diepere delen tot klasse 3 en zelfs klasse 4 toebehoren. Voor de maximale snelheden (Figuur A 65) valt de Schaar van Ouden Doel hoofdzakelijk in te delen in klasse 15, terwijl het deel dicht bij de strekdam in klasse 20 valt. Het Galgeschoor vertoont een variatie in klassen volgens de diepte: de zones nabij de laagwaterlijn behoren tot klasse 19, de aangrenzend deel tot klasse 15 en de zones grenzend aan de vaargeul tot klasse 20.

Figuur A 69 geeft de verhouding weer van de gemiddelde vloed- en ebsnelheid voor het studiegebied. Hieruit volgt dat het grootste deel van de Schaar van Ouden Doel sterk tot matig vloedgedomineerd is. Na de strekdam echter, is er een zone waar er ebdominatie is. Voor het Galgeschoor bestaat er een duidelijk onderscheid: het gedeelte afwaarts van Lillo is duidelijk vloedgedomineerd, terwijl deel opwaarts van Lillo ebgedomineerd is. Deze patronen kunnen verklaard worden door de invloed van met name de vloedstroming: in het afwaartse deel komt de vloedstroming over de strekdam van Ouden Doel en beïnvloedt zo het afwaartse deel van het Galgeschoor. Het opwaartse deel bevindt zich echter achter de bocht van Lillo, waarbij de vloedstroming "oversteekt" van de reheroever afwaarts naar de linkeroever opwaarts. Hierdoor komt het opwaartse deel van het Galgeschoor en de Plaat van Lillo in de luwte te liggen bij de vloed. Aanvullend aan deze ruimtelijke patronen, geeft Figuur A 93 deze karakteristiek weer op een geaggregeerd niveau van deelgebieden.

Naast de hierboven beschreven karakteristieken, worden in Figuur A 49 (op basis van geïnterpoleerde modelresultaten) en Figuur A 81 (geaggregeerd op niveau van de deelgebieden) ook de duur dat de stroomsnelheid gedurende een volledige getijcyclus (springtij) groter is dan 65 cm/s gepresenteerd. Hieruit blijkt dat in de diepere delen deze duur groter is dan 240 minuten. De Schaar van Ouden Doel vormt hierop een uitzondering: door de aanwezigheid van de strekdam wordt bij de lagere waterstanden het water weggeleid van de Schaar. Hierdoor blijft de duur in de Schaar beperkt tot ongeveer 150 minuten. Daarnaast neemt de duur af naarmate ook de diepte (Figuur A 97) afneemt. Langsheen de oevers (zowel Schaar van Ouden Doel als Galgeschoor) komen er smalle stroken voor waar de duur kleiner is dan 100 minuten.

5.2.2. Studiegebied 2: Notelaer – Ballooi

Figuur A 42 (gemiddelde) en Figuur A 54 (maximale) geven de karakteristieke ebsnelheden voor dit studiegebied. Hieruit volgt dat voor de ebsnelheden (zowel gemiddeld als maximaal) toenemen met de diepte (Figuur A 98 geeft een overzicht van de diepte geaggregeerd per zone). De gemiddelde, respectievelijk maximale ebsnelheden bereiken maxima van 90 à 100 cm/s | 110 à 120 cm/s. Aanvullend aan deze ruimtelijke patronen (bekomen uit interpolatie van de modelresultaten naar een rooster met resolutie 20x20 m), geven Figuur A 74 en Figuur A 86 deze karakteristieken weer op een geaggregeerd niveau van deelgebieden.

Figuur A 46 (gemiddelde) en Figuur A 58 (maximale) geven de karakteristieke vloodsnelheden voor dit studiegebied. Hieruit volgt dat voor Notelaer en Ballooi de vloodsnelheden (zowel gemiddeld als maximaal) toenemen naarmate de diepte groter wordt. De gemiddelde, respectievelijk maximale vloodsnelheden bedragen 80 à 90 cm/s | 130 à 140 cm/s in de diepste delen van het studiegebied. Wat de gemiddelde snelheden betreft zijn de ebsnelheden dus groter dan de vloodsnelheden, terwijl de maximale vloodsnelheden de maximale ebsnelheden overtreffen. Aanvullend aan deze ruimtelijke patronen, geven Figuur A 78 en Figuur A 90 deze karakteristieken weer op een geaggregeerd niveau van deelgebieden.

Op basis van de karakteristieke eb- en vloodsnelheden, kan het studiegebied ingedeeld worden volgens de klassen uit Tabel 5. Voor de gemiddelde snelheden (Figuur A 62) valt het centrale deel van het studiegebied vooral binnen de klassen 18 en 19. Meer richting de oever komen de klassen voor die gekenmerkt worden door lagere vloed- en ebsnelheden, m.n (van diep naar ondiep) klasse 13, klasse 8, 3, 2 en 1. Voor de maximale snelheden (Figuur A 66) is het patroon gelijkaardig: van diep naar ondiep komen de klassen 25, 20, 15, 10 en 5 voor. Voor elk van deze klassen is de vloodsnelheid groter dan 100 cm/s. Het is dus enkel de ebsnelheid die in dit geval het onderscheid maakt.

Figuur A 70 geeft de verhouding weer van de gemiddelde vloed- en ebsnelheid voor het studiegebied. Hieruit volgt dat in het diepste deel van het studiegebied de stroming geen duidelijke dominantie vertoont (grijze zone). Verder is telkens 1 oever sterk tot matig vloedgedomineerd. De andere, overliggende oever is dan ebgedomineerd. Oorzaak van deze patronen is dat bij eb de ene oever fungeert als stootoever, en bij vloed de andere oever. Aanvullend aan deze ruimtelijke patronen, geeft Figuur A 94 deze karakteristiek weer op een geaggregeerd niveau van deelgebieden.

Naast de hierboven beschreven karakteristieken, worden in Figuur A 50 (op basis van geïnterpoleerde modelresultaten) en Figuur A 82 (geaggregeerd op niveau van de deelgebieden) ook de duur dat de stroomsnelheid gedurende een volledige getijcyclus (springtij) groter is dan 65 cm/s gepresenteerd. Hieruit blijkt dat deze, buiten aan de oevers overal groter is dan 240 minuten.

5.2.3. Studiegebied 3: Branst

Figuur A 43 (gemiddelde) en Figuur A 55 (maximale) geven de karakteristieke ebsnelheden voor dit studiegebied. Hieruit volgt dat voor de ebsnelheden (zowel gemiddeld als maximaal) toenemen met de diepte (Figuur A 99 geeft een overzicht van de diepte geaggregeerd per zone). De gemiddelde, respectievelijk maximale ebsnelheden bereiken maxima van 90 à 100 cm/s | 110 à 120 cm/s. Aanvullend aan deze ruimtelijke patronen (bekomen uit interpolatie van de modelresultaten naar een rooster met resolutie 20x20 m), geven Figuur A 75 en Figuur A 87 deze karakteristieken weer op een geaggregeerd niveau van deelgebieden.

Figuur A 47 (gemiddelde) en Figuur A 59 (maximale) geven de karakteristieke vloodsnelheden voor dit studiegebied. Hieruit volgt dat voor studiegebied Branst de vloodsnelheden eveneens (zowel gemiddeld als maximaal) toenemen naarmate de diepte groter wordt. De gemiddelde, respectievelijk maximale vloodsnelheden bedragen 90 à 100 cm/s | 140 à 150 cm/s in de diepste delen van het studiegebied. Wat de gemiddelde snelheden betreft zijn de ebsnelheden over een groter gebied 90 à 100 cm/s dan bij de vloodsnelheden. De gemiddelde ebsnelheden zijn dus opnieuw iets groter dan de vloodsnelheden, terwijl de maximale vloodsnelheden de maximale ebsnelheden overtreffen. Aanvullend aan deze ruimtelijke patronen, geven Figuur A 79 en Figuur A 91 deze karakteristieken weer op een geaggregeerd niveau van deelgebieden.

Op basis van de karakteristieke eb- en vloodsnelheden, kan het studiegebied ingedeeld worden volgens de klassen uit Tabel 5. Voor de gemiddelde snelheden (Figuur A 63) valt het centrale deel van het studiegebied vooral binnen de klassen 19 en 18. Meer richting de oever komen de klassen voor die gekenmerkt worden door lagere ebsnelheden, m.n (van diep naar ondiep) klasse 13, klasse 8, 3, 2 en 1. Voor de maximale snelheden (Figuur A 67) is het patroon gelijkaardig maar is er een verschil tussen beide oevers: aan een oever lopen de klassen van de centrale klasse 25 over klasse 20, 15, 10 en 5 tot het ondiepe oevergedeelte (waar klassen 4, 3, 2 en 1 beperkt voorkomen. De klassenindeling wordt hier dus enkel bepaald door een daling van de ebsnelheden, de vloodsnelheid blijft boven de 100 cm/s (met uitzondering van vlak tegen de oever). Aan de overliggende oever is de vloodsnelheid wel bepalend in de daling en blijft de ebsnelheid daarentegen vrij lang hoog. Van diep naar ondiep komen hier namelijk achtereenvolgens klasse 24, 19, 17, 13, 12 en 8 voor. Aan de oever vinden we klassen 3 en 2, bij erg lage vloed en ebsnelheden. Na elke bocht verwisselen de karakteristieken van de oevers van kant.

Figuur A 71 geeft de verhouding weer van de gemiddelde vloed- en ebsnelheid voor het studiegebied. Ook hier is het verschil tussen 2 overliggende oevers merkbaar, waarbij de oevers na elke bocht van eigenschap wisselen. Telkens is één oever sterk tot matig vloedgedomineerd. De andere, overliggende oever is ebgedomineerd. Waar de karakteristieken van de oevers van kant wisselen komt een grijze zone voor waar geen duidelijke dominantie is. Oorzaak van deze patronen is dat bij eb de ene oever fungeert als stootoever, en bij vloed de andere oever. Aanvullend aan deze ruimtelijke patronen, geeft Figuur A 95 deze karakteristiek weer op een geaggregeerd niveau van deelgebieden.

Naast de hierboven beschreven karakteristieken, worden in Figuur A 51 (op basis van geïnterpoleerde modelresultaten) en Figuur A 83 (geaggregeerd op niveau van de deelgebieden) ook de duur dat de stroomsnelheid gedurende een volledige getijcyclus (springtij) groter is dan 65 cm/s gepresenteerd. Hieruit blijkt dat deze, buiten aan de oevers overal groter is dan 240 minuten.

5.2.4. Studiegebied 4: Appels - Zele

Figuur A 44 (gemiddelde) en Figuur A 56 (maximale) geven de karakteristieke ebsnelheden voor dit studiegebied. Hieruit volgt dat voor de ebsnelheden (zowel gemiddeld als maximaal) toenemen met de diepte (Figuur A 100 geeft een overzicht van de diepte geaggregeerd per zone). De gemiddelde, respectievelijk maximale ebsnelheden bereiken maxima van 80 à 90 cm/s | 110 à 120 cm/s. Aanvullend aan deze ruimtelijke patronen (bekomen uit interpolatie van de modelresultaten naar een rooster met resolutie 20x20 m), geven Figuur A 76 en Figuur A 88 deze karakteristieken weer op een geaggregeerd niveau van deelgebieden.

Figuur A 48 (gemiddelde) en Figuur A 60 (maximale) geven de karakteristieke vloodsnelheden voor dit studiegebied. Hieruit volgt dat voor studiegebied Appels de vloodsnelheden eveneens (zowel gemiddeld als maximaal) toenemen naarmate de diepte groter wordt. De gemiddelde, respectievelijk maximale vloodsnelheden bedragen 80 à 90 cm/s | 150 à 160 cm/s in de diepste delen van het studiegebied. Wat de gemiddelde snelheden betreft zijn de ebsnelheden dus groter dan de vloodsnelheden, terwijl de maximale vloodsnelheden de maximale ebsnelheden overtreffen. Aanvullend aan deze ruimtelijke patronen, geven Figuur A 80 en Figuur A 92 deze karakteristieken weer op een geaggregeerd niveau van deelgebieden.

Op basis van de karakteristieke eb- en vloodsnelheden, kan het studiegebied ingedeeld worden volgens de klassen uit Tabel 5. Voor de gemiddelde snelheden (Figuur A 64) valt het centrale deel van het studiegebied vooral binnen de klassen 19, 18 en 13. Meer richting de oever komen aan de ene oever de klassen voor die gekenmerkt worden door lagere ebsnelheden, m.n (van diep naar ondiep) klasse 8 en 3 (en aan de oever 2 en 1). Aan de andere oever dalen vooral de vloodsnelheden en komen klassen 12, 11, en 6 (en aan de oever 1). De karakteristieken van de oever wisselen weer na elke bocht van kant. Voor de maximale snelheden (Figuur A 68) is het patroon gelijkaardig maar is er geen verschil tussen beide oevers: de klassen van de centrale klasse 25 over klasse 20, 15, 10 en 5 tot de oever. De klassenindeling wordt hier dus enkel bepaald door een daling van de ebsnelheden, de vloodsnelheid blijft boven de 100 cm/s.

Figuur A 72 geeft de verhouding weer van de gemiddelde vloed- en ebsnelheid voor het studiegebied. Ook hier is het verschil tussen 2 overliggende oevers merkbaar, waarbij de oevers na elke bocht van eigenschap wisselen. Telkens is één oever sterk tot matig vloedgedomineerd. De andere, overliggende oever is ebgedomineerd. In het diepste deel van de Schelde komt een grijze zone zonder duidelijke dominantie voor. Oorzaak van deze patronen is dat bij eb de ene oever fungeert als stootoever, en bij vloed de andere oever. Aanvullend aan deze ruimtelijke patronen, geeft Figuur A 96 deze karakteristiek weer op een geaggregeerd niveau van deelgebieden.

Naast de hierboven beschreven karakteristieken, worden in Figuur A 52 (op basis van geïnterpoleerde modelresultaten) en Figuur A 84 (geaggregeerd op niveau van de deelgebieden) ook de duur dat de stroomsnelheid gedurende een volledige getijcyclus (springtij) groter is dan 65 cm/s gepresenteerd. Hieruit blijkt dat deze, buiten aan de oevers overal groter is dan 240 minuten. In Appels is de rand waar de overschrijdingsduur minder dan 120 minuten bedraagt en minder aanmerkelijk breder dan bij de andere studiegebieden.

6. Relatie tussen bodemvormen en hydrodynamica

Op basis van de classificaties die voorgesteld werden voor enerzijds de bodemvormen en anderzijds de hydrodynamische karakteristieken, wordt nagegaan of er een relatie bestaat tussen beide aspecten. Hiervoor werden een aantal hydrodynamische karakteristieken toegekend aan de in hoofdstuk 4 bepaalde bodemvormklassen (zie figuren met karakteristiek op geaggregeerd niveau: Figuur A 73 tot en met Figuur A 100).

Hierna werd via scatterplots het verband gezocht tussen de fysische eigenschappen van de bodemvormen (i.e. hoogte, lengte en diepte) en de verschillende hydrodynamische parameters.

Allereerst werd gekeken naar het verband tussen de fysische eigenschappen. Figuur A 101 geeft aan dat er een duidelijk lineair verband is tussen de lengte en de hoogte van de bodemvormen, wat ook in de lijn van de verwachting ligt. Figuur A 102 toont aan dat er geen duidelijk verband is tussen de diepte en de grootte van de bodemvormen.

Figuur A 103 tot en met Figuur A 105 geven voor de verschillende deelgebieden het verband tussen de hoogte, respectievelijk de lengte en de maximale eb- en vloed snelheid en de duur dat de snelheid kleiner is dan 65 cm/s.

Wat betreft de hoogte/lengte versus de maximale eb- en vloed snelheden (Figuur A 103 en Figuur A 104) is er geen duidelijke trend zichtbaar. Grote bodemvormen komen vrij weinig voor, maar lijken vooral bij hogere snelheden op te treden. Kleinere bodemvormen komen zowel bij hoge als bij lagere snelheden voor. Hetzelfde kan afgeleid worden uit de lengte en hoogte vs. duur dat de snelheid hoger is dan 65 cm/s (Figuur A 105). Kleinere bodemvormen komen ook voor bij hogere overschrijdingsduur, maar grotere bodemvormen werden niet teruggevonden bij kleine overschrijdingsduur.

7. Conclusies en aanbevelingen

7.1. Conclusies

In het kader van deze studie werd voor 4 gebieden in de Zeeschelde nagegaan of er een relatie bestaat tussen bepaalde abiotische parameters. In de eerste fase werd per deelgebied een indeling gemaakt naar bodemvormen terwijl in een tweede fase de hydrodynamische parameters beschouwd werden. In vergelijking met de indeling naar bodemvormklassen in de Westerschelde (“Habitatmapping Westerschelde”; Plancke et al., 2008) is er binnen de Zeeschelde minder diversiteit te vinden. Ook zijn de bodemvormen over het algemeen kleiner.

De onderzoeksgebieden Ouden Doel en Galgenschoor, in de Beneden-Zeeschelde zijn vrij sterk beïnvloed door menselijke ingrepen, wat maakt dat hier slechts weinig zones voorkomen met bodemvormen en een algemene conclusie omtrent voorkomen van bodemvormen en relaties met de hydrodynamiek moeilijk te maken is. Er komen slechts enkele zones voor met bodemvormen. Bovendien vallen al deze bodemvormen binnen de categorie ‘ribbels’.

Voor de overige deelgebieden, gelegen in de Boven-Zeeschelde, is er meer diversiteit. Naast zones met kleinere ribbels zijn er ook duinen aanwezig en in de studiegebieden Notelaer/Ballooi en Branst komen er ook duinen met superpositie van kleinere ribbels voor. In studiegebied Appels komen geen duinen voor, maar wel de klasse van de grootste ribbels. Er werd vastgesteld dat de zones met bodemvormen vooral voorkwamen in het de diepere delen waar ook hogere stroomsnelheden voorkomen. Langs de oevers komen weinig bodemvormen voor.

Wat asymmetrie betreft zijn de meeste klassen vloedgedomineerd, maar in elk studiegebied komen er enkele klassen voor die ebgedomineerd zijn. Er kan echter geen duidelijk verband gelegd worden tussen soort dominantie en locatie van de betreffende zone.

Uit de hydrodynamische analyse komen enkele duidelijke patronen naar voren. Bij het studiegebied Ouden Doel is het effect van de strekdam zichtbaar: enkel bij hogere waterstanden (van zodra de strekdam overstroomd is) zijn er hogere stroomsnelheden waar te nemen in het gebied. Bij lagere waterstanden ligt het gebied in de luwte van de strekdam. Voor het overige blijken in alle studiegebieden de snelheden toe te nemen met de diepte. De overschrijdingsduur van een snelheid van 65 cm/s is bijna overal hoger dan 240 minuten, met uitzondering aan de oevers en in de luwte achter de strekdam.

De vloed/ebverhouding toont een duidelijk patroon in alle studiegebieden, m.n. langs elke oever een alternerend patroon van eb- en vloedgedomineerde zones, waarbij bij elke bocht de oever van karakteristiek verandert (van eb- naar vloedgedomineerd of omgekeerd). De overliggende oever vertoont hetzelfde patroon, maar telkens de tegengestelde dominantie. Oorzaak van dit patroon is het feit dat de opwaartse zijde van de binnenbocht ebgedomineerd en afwaartse zijde van de binnenbocht vloedgedomineerd.

Bij het opmaken van een classificatie volgens hydrodynamische karakteristieken komen hoger beschreven patronen ook tot uiting.

Een duidelijk verband tussen bodemvormkarakteristieken kan niet direct gevonden worden. Er is mogelijks een stijgend verband tussen de grootte van bodemvormen en de snelheids grootte, en eveneens tussen grootte van de bodemvormen en de overschrijdingsduur. De relaties zijn echter niet echt uitgesproken.

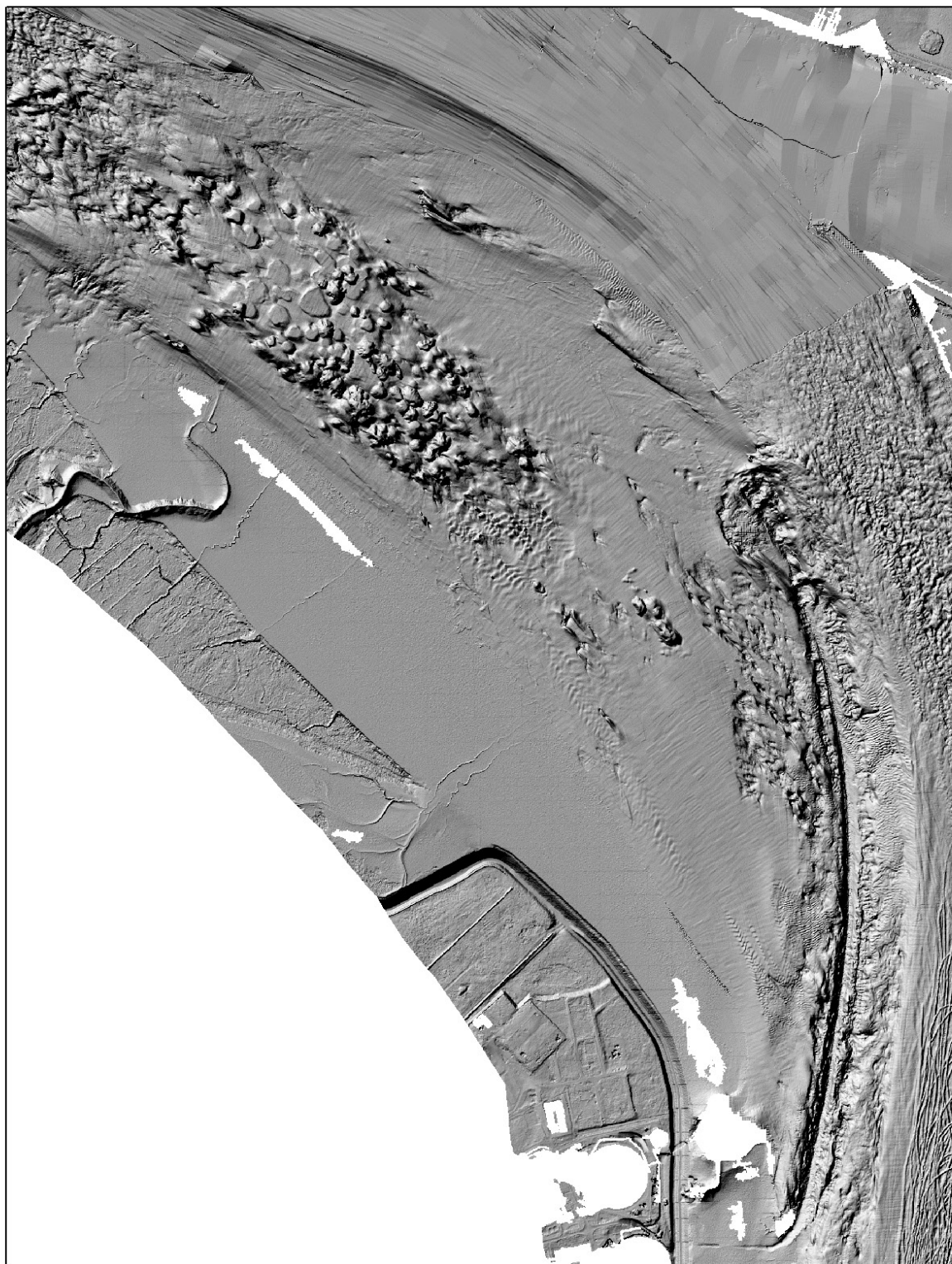
7.2. Aanbevelingen

Aangezien de grotere bodemvormen slechts in weinig zones voorkomen, is het vinden van duidelijke relaties tussen hydrodynamische en fysische karakteristieken moeilijk. Een uitbreiding van de analyse zodat met een grotere diversiteit van bodemvormen gewerkt kan worden zou mogelijk duidelijker resultaten opleveren.

8. Referenties

- Bouma H., de Jong D.J., Twisk F., Wolfstein K. 2005. "Zoute wateren Ecotopenstelsel (ZES.1) – Voor het in kaart brengen van het potentiële voorkomen van levensgemeenschappen in zoute en brakke rijkswateren", juli 2005.
- van der Mark C.F., A. Blom, 2007. "A new and widely applicable tool for determining the geometric properties of bedforms", april 2007.
- Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout (WLB), 2007. "M754/2B Alternatieve stortstrategie Westerschelde – Verslag 13u meetcampagnes Walsoorden", mei 2007.
- Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout (WLB), 2008. "Westerschelde – Determinatieonderzoek plaatrandstortingen – Deelrapport 2", maart 2008.
- Plancke Y., Vos G., De Mulder, T., Mostaert, F. 2009 *Habitatmapping Westerschelde – Deelrapport 1: classificatie op basis van bodemvormen en hydrodynamica*. WL Rapporten, 754-06. Waterbouwkundig Laboratorium, Antwerpen, België.
- Maximova, T.; Ides, S.; De Mulder, T.; Mostaert, F. 2009. *Verbetering 2D randvoorwaardenmodel. Deelrapport 4: Extra aanpassingen Zeeschelde*. WL Rapporten, 753_09. Flanders Hydraulics Research, Antwerp, Belgium
- Verheyen, B.; Leyssen, G.; Vanlede, J.; Schramkowski, G.; Mostaert, F. 2012. *Verbetering randvoorwaardenmodel: Deelrapport 7: Afregeling van het 3D Scheldemodel*. WL Rapporten, 753_09. Flanders Hydraulics Research & IMDC: Antwerp, Belgium
- Maximova, T., Vanlede, J., Plancke, Y., Verwaest, T., Mostaert, F. 2013. *Habitatmapping ondiep water Zeeschelde: Deelrapport 2 - Numeriek 2D model. Version 1.2*. WL Rapporten, 00_028. Flanders Hydraulics Research. Antwerp, Belgium

9. Figuren

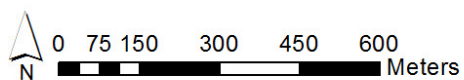


Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde

Auteur: Vos G.

Revisor: Plancke Y.

Datum van opmaak: 06/08/2012



waterbouwkundig
LABORATORIUM

Figuur A 1 – Shaded view Doelpolder



Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde

Auteur: Vos G.

Revisor: Plancke Y.

Datum van opmaak: 06/08/2012



0 125 250 500 750 1.000
Meters

 waterbouwkundig
LABORATORIUM

Figuur A 2 – Shaded view Galgeschoor



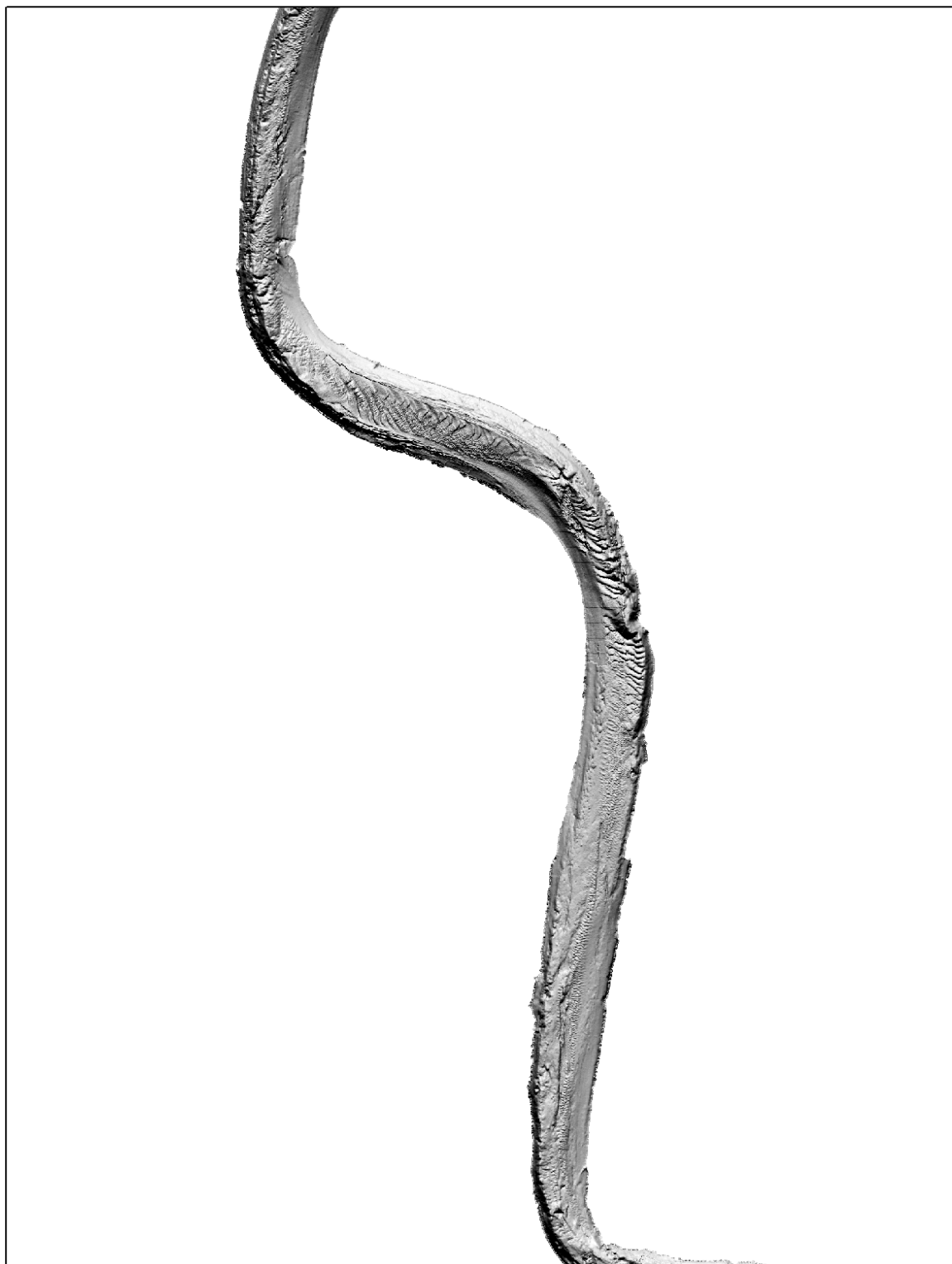
Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde
Auteur: Vos G.
Revisor: Plancke Y.
Datum van opmaak: 07/08/2012



0 135 270 540 810 1.080 Meters



Figuur A 3 – Shaded view Notelaer-Ballooi



Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde

Auteur: Vos G.

Revisor: Plancke Y.

Datum van opmaak: 06/08/2012



0 125 250 500 750 1.000 Meters

waterbouwkundig
LABORATORIUM

Figuur A 4 – Shaded view Branst



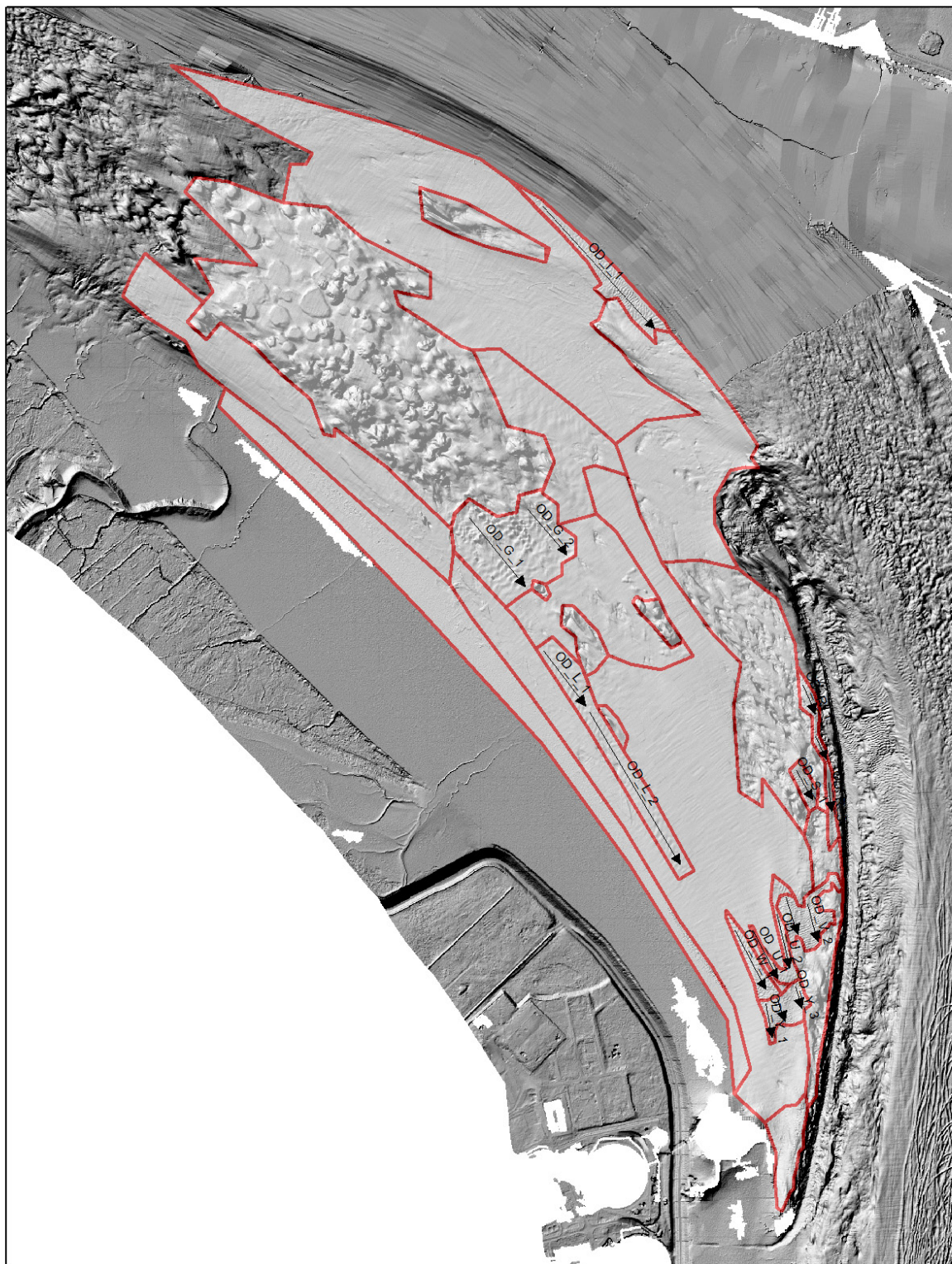
Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde
Auteur: Vos G.
Revisor: Plancke Y.
Datum van opmaak: 07/08/2012



0 37,5 75 150 225 300 Meters



Figuur A 5 – Shaded view Appels



Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde

Auteur: Vos G.

Revisor: Plancke Y.

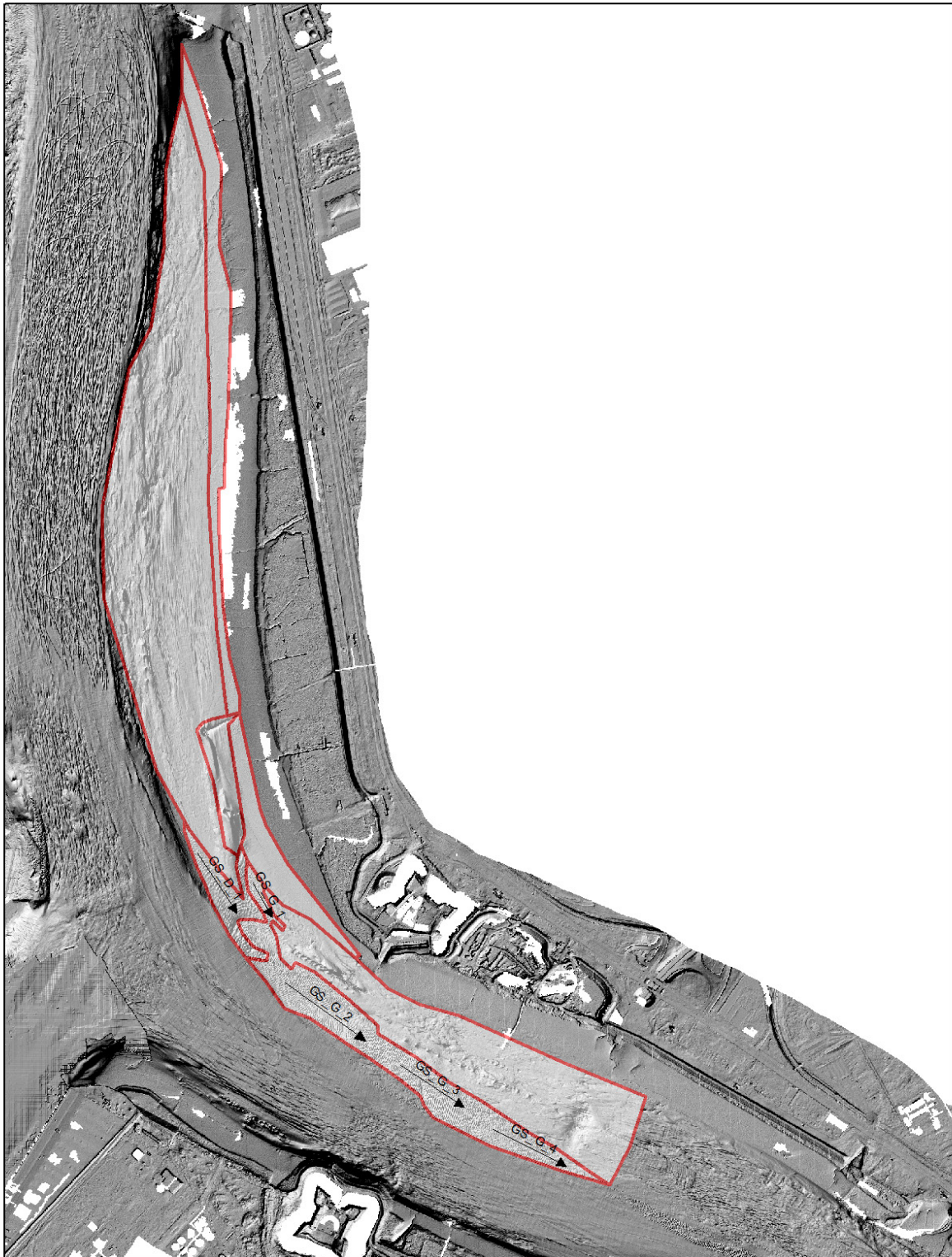
Datum van opmaak: 06/08/2012



0 75 150 300 450 600 Meters



Figuur A 6 – Ligging raaien in deelgebied Ouden Doel



Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde

Auteur: Vos G.

Revisor: Plancke Y.

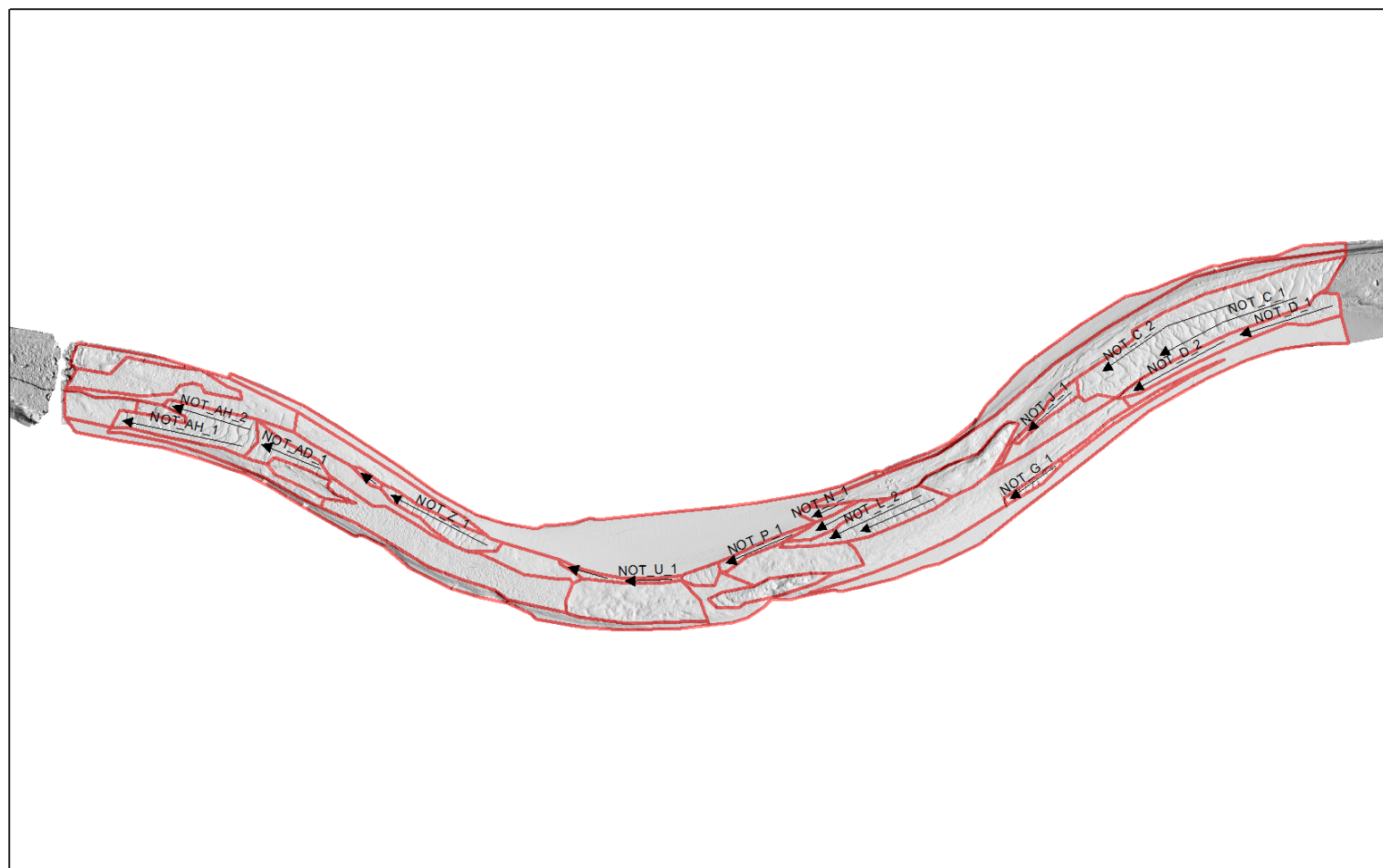
Datum van opmaak: 06/08/2012



0 125 250 500 750 1.000
Meters



Figuur A 7 – Ligging raaien in deelgebied Galgeschoor



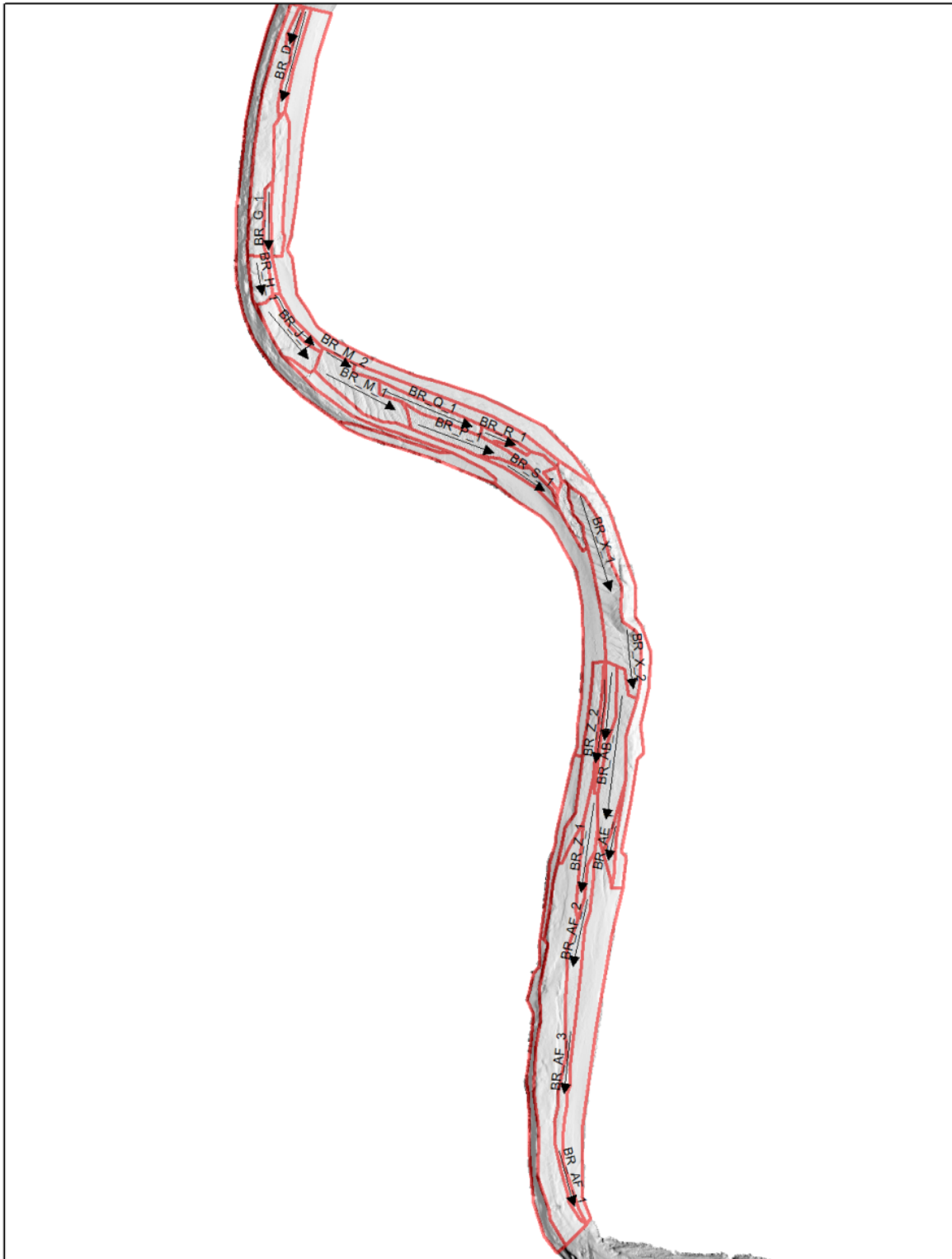
Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde
Auteur: Vos G.
Revisor: Plancke Y.
Datum van opmaak: 07/08/2012



0 135 270 540 810 1.080
Meters



Figuur A 8 – Ligging raaien in deelgebied Notelaer-Ballooi



Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde

Auteur: Vos G.

Revisor: Plancke Y.

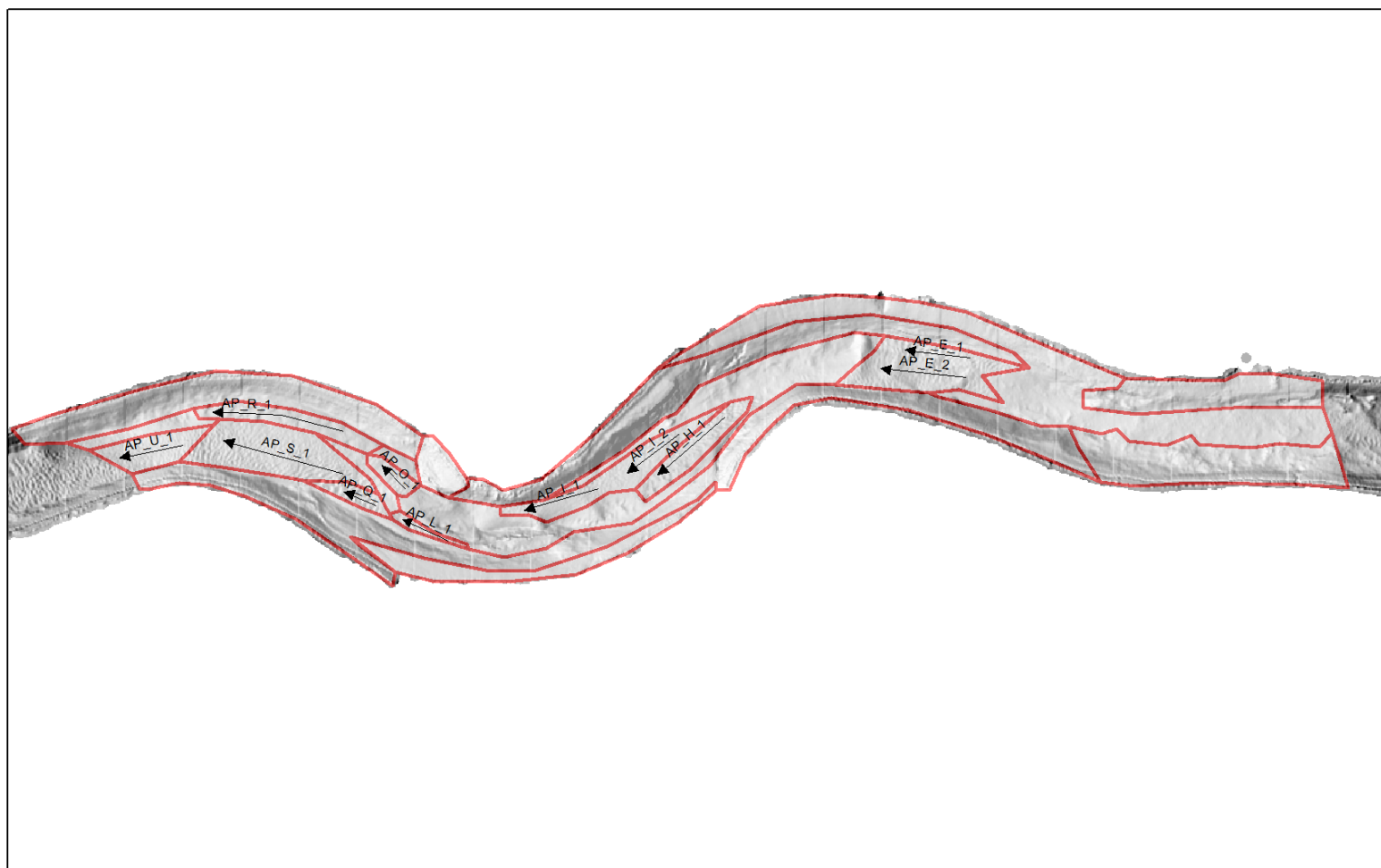
Datum van opmaak: 06/08/2012



0 125 250 500 750 1.000 Meters



Figuur A 9 – Ligging raaien in deelgebied Branst



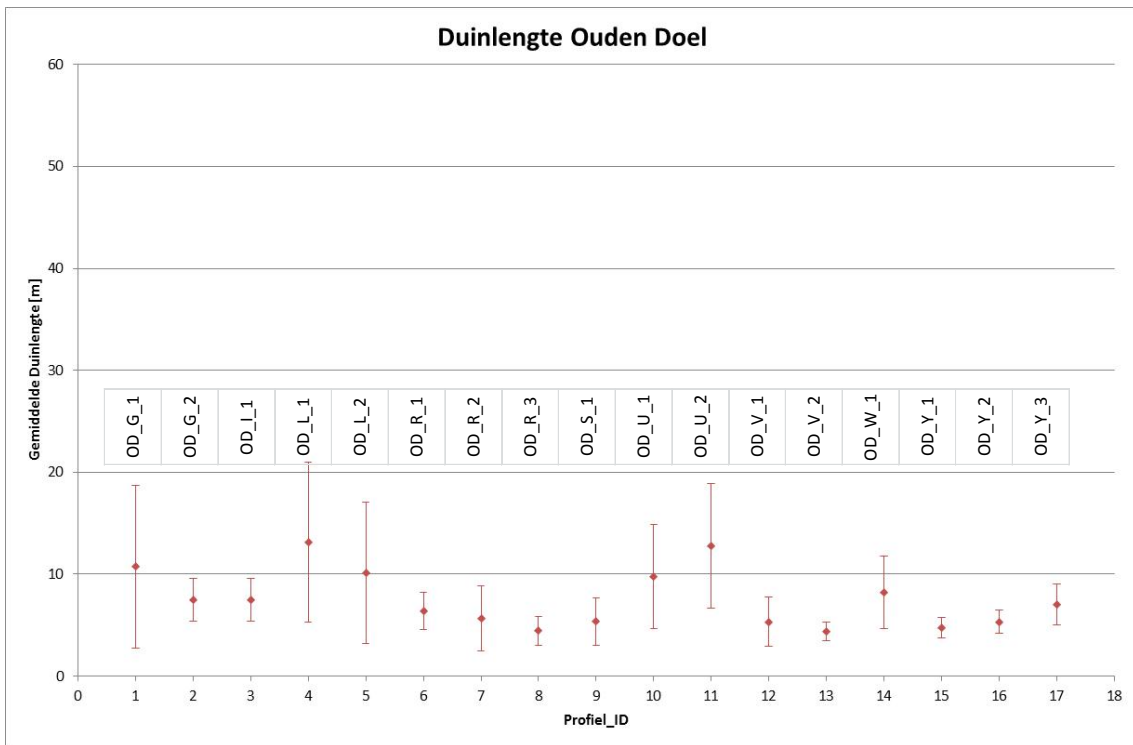
Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde
Auteur: Vos G.
Revisor: Plancke Y.
Datum van opmaak: 07/08/2012



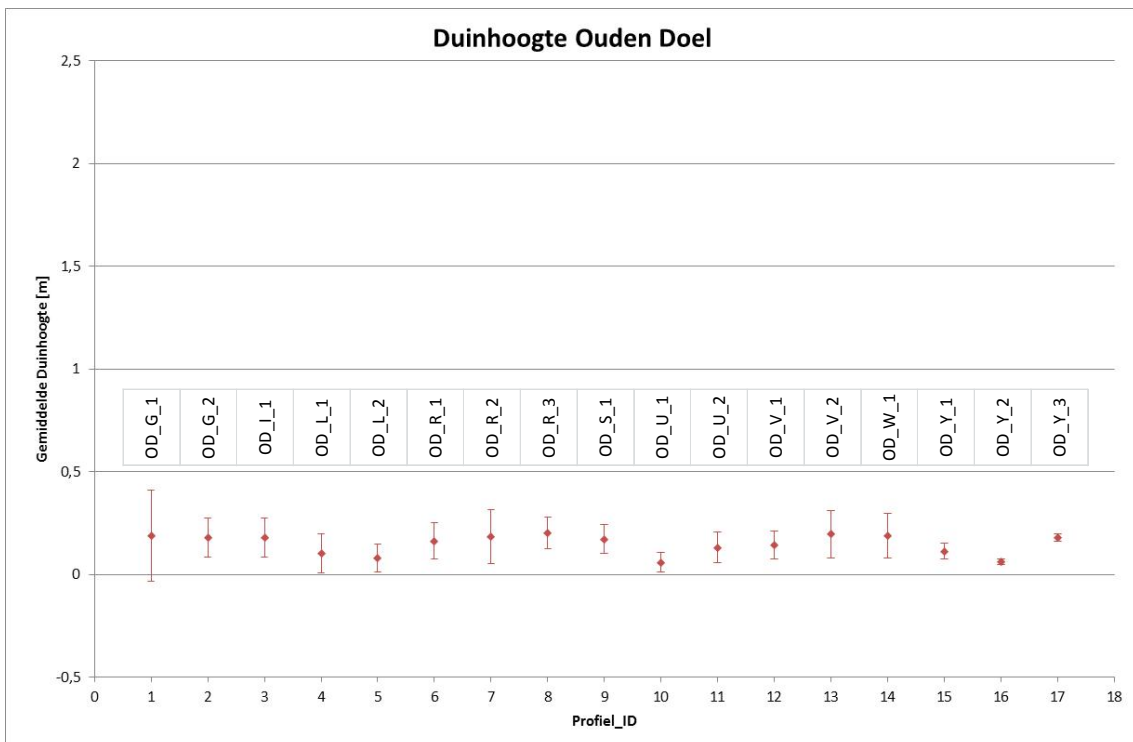
0 37,5 75 150 225 300 Meters



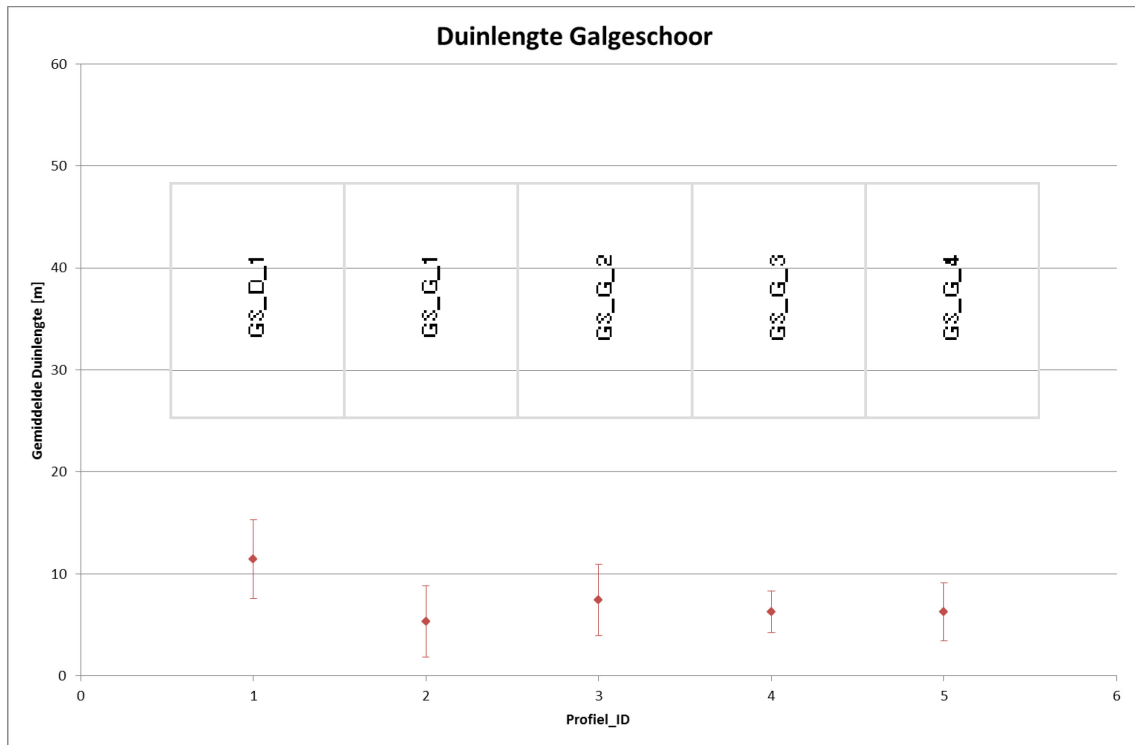
Figuur A 10 – Ligging raaien in deelgebied Appels



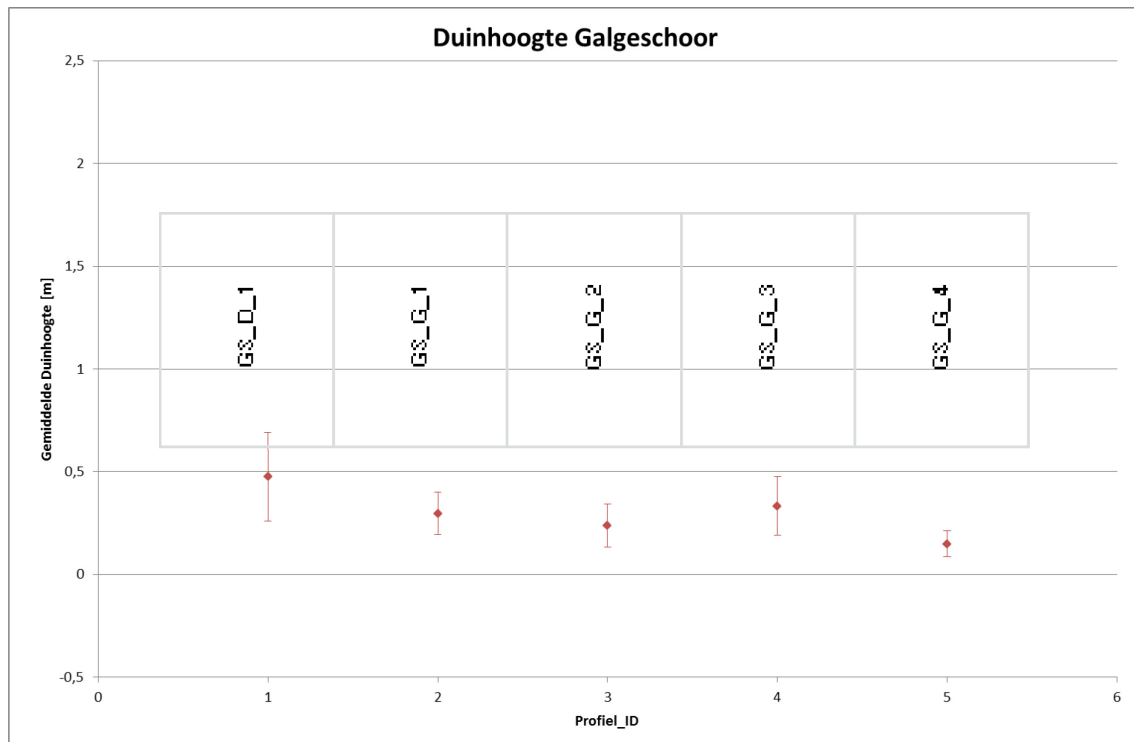
Figuur A 11 – Gemiddelde duinlengte per profiel ter hoogte van Ouden Doel



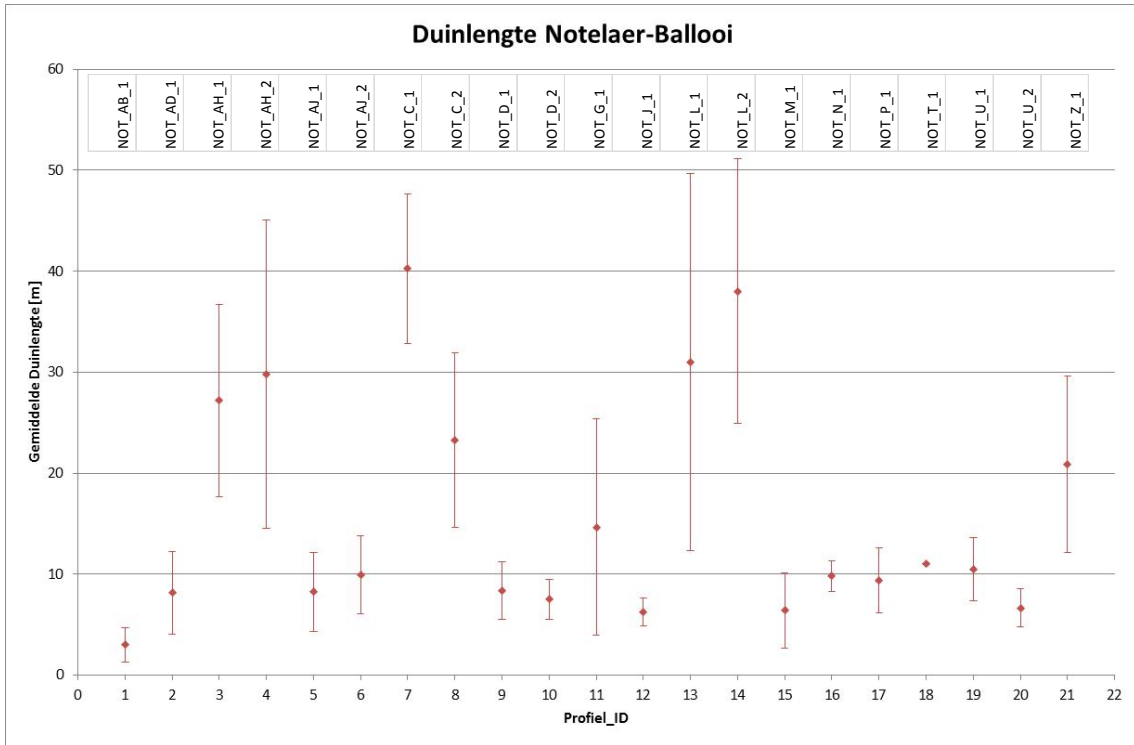
Figuur A 12 – Gemiddelde duinhoogte per profiel ter hoogte van Ouden Doel



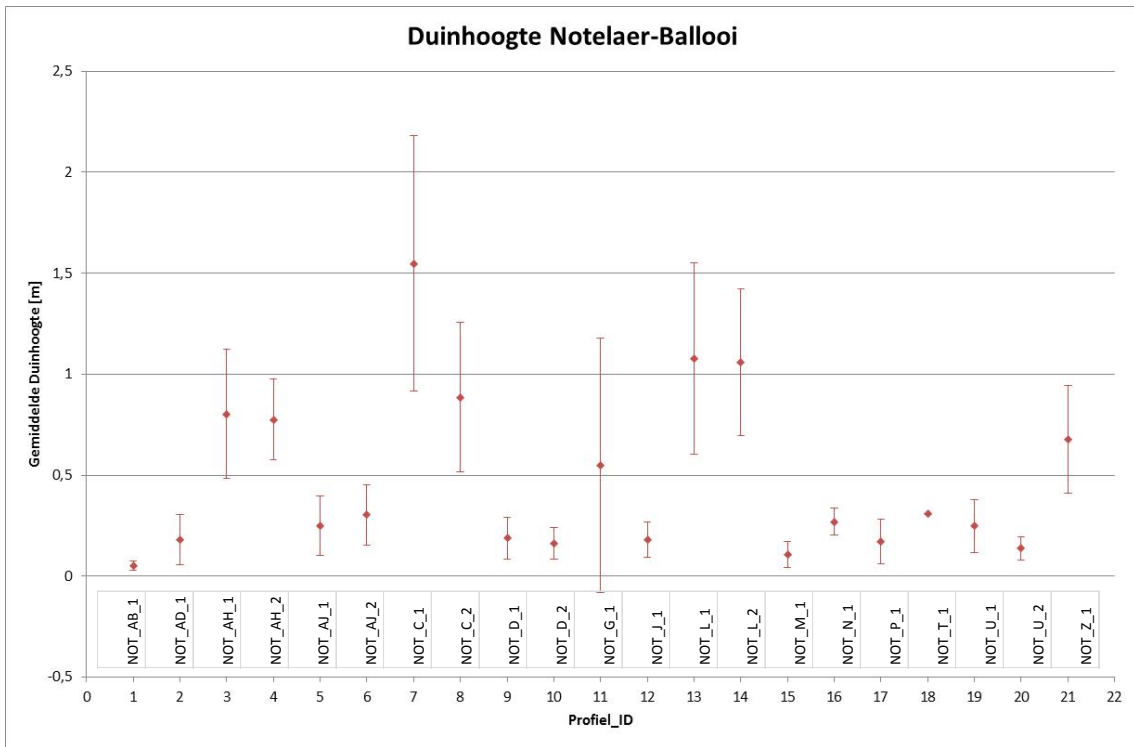
Figuur A 13 - Gemiddelde duinlengte per profiel ter hoogte van Galgeschoor



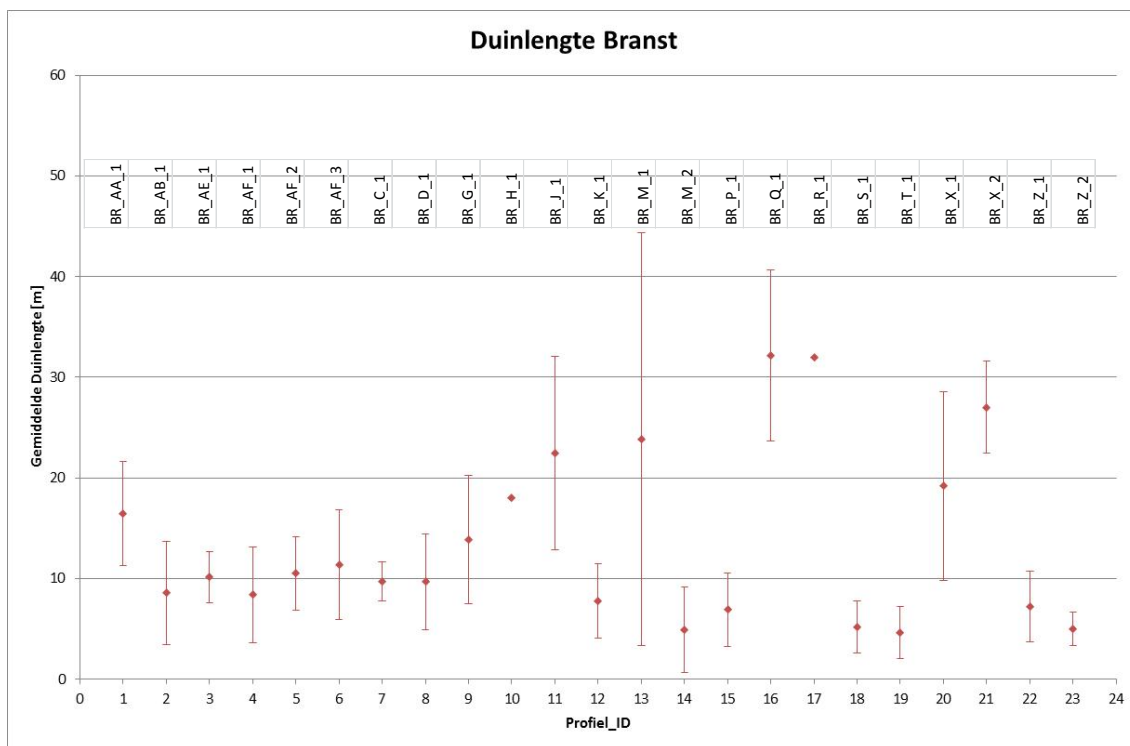
Figuur A 14 – Gemiddelde duinhoogte per profiel ter hoogte van Galgeschoor



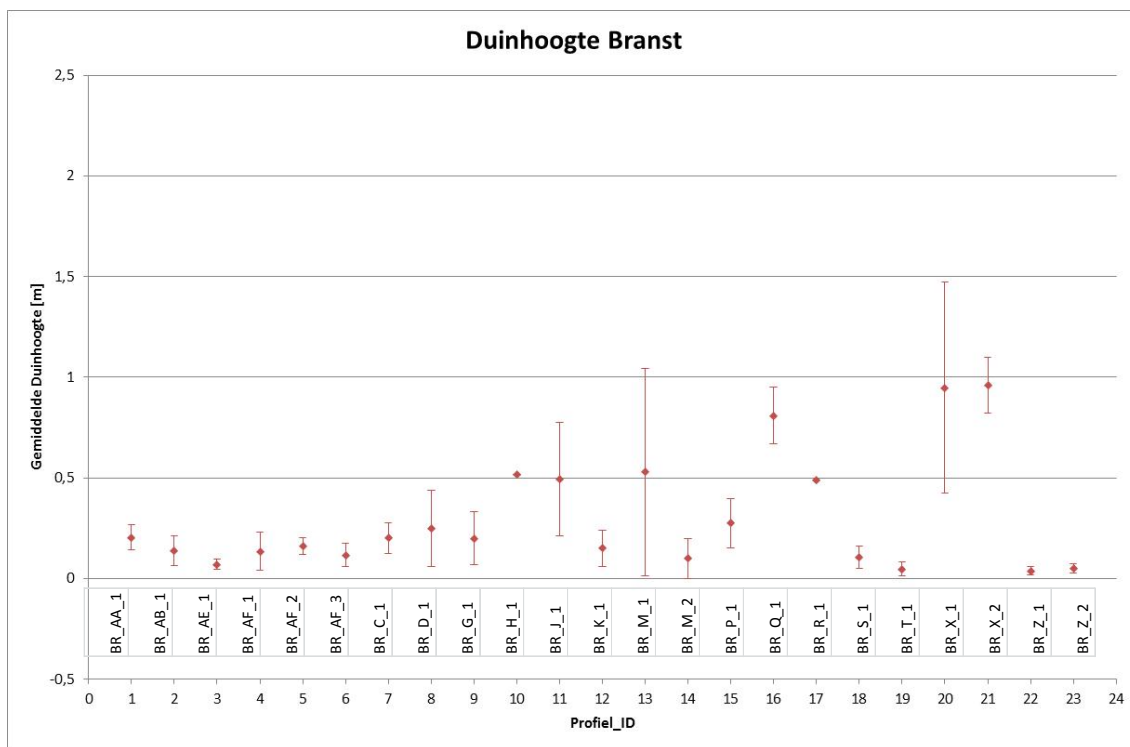
Figuur A 15 – Gemiddelde duinlengte per profiel ter hoogte van Notelaer-Ballooi



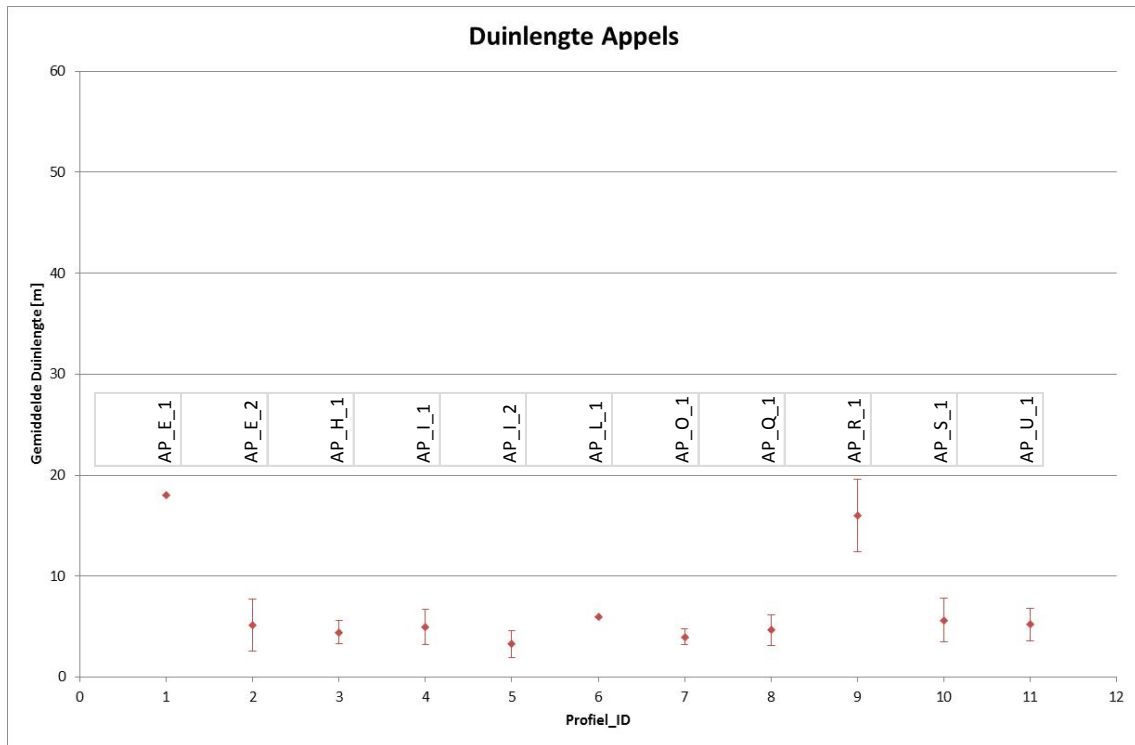
Figuur A 16 – Gemiddelde duinhoogte per profiel ter hoogte van Notelaer-Ballooi



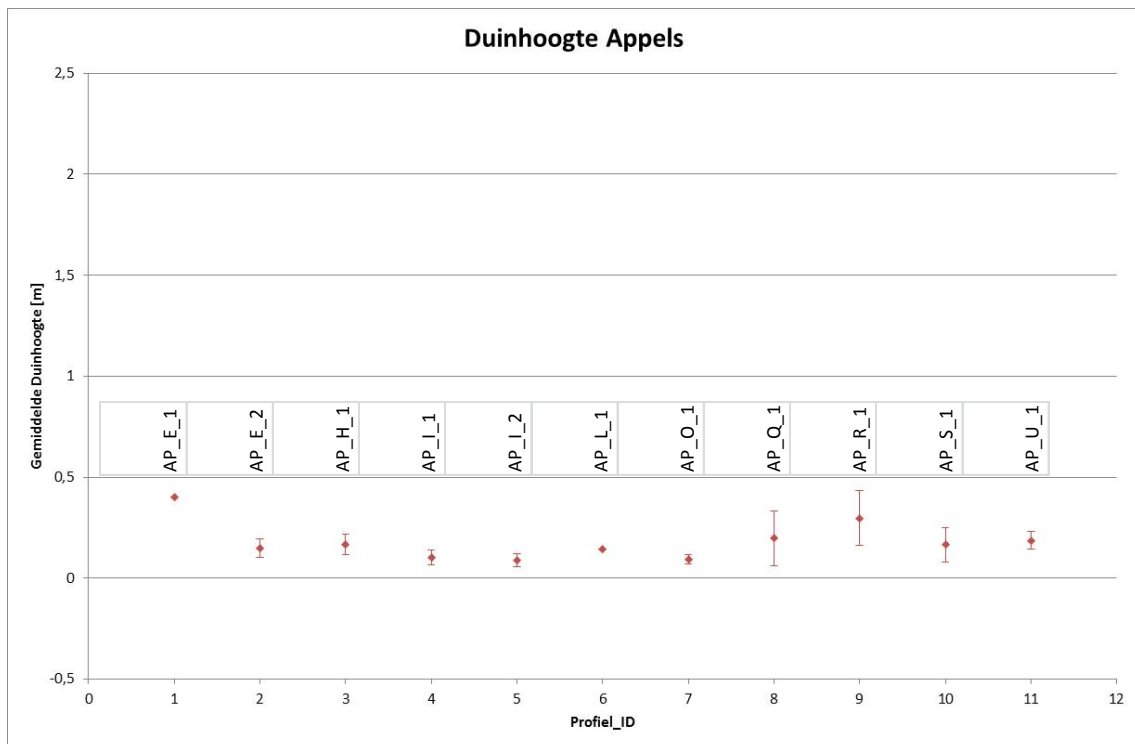
Figuur A 17 – Gemiddelde duinlengte per profiel ter hoogte van Branst



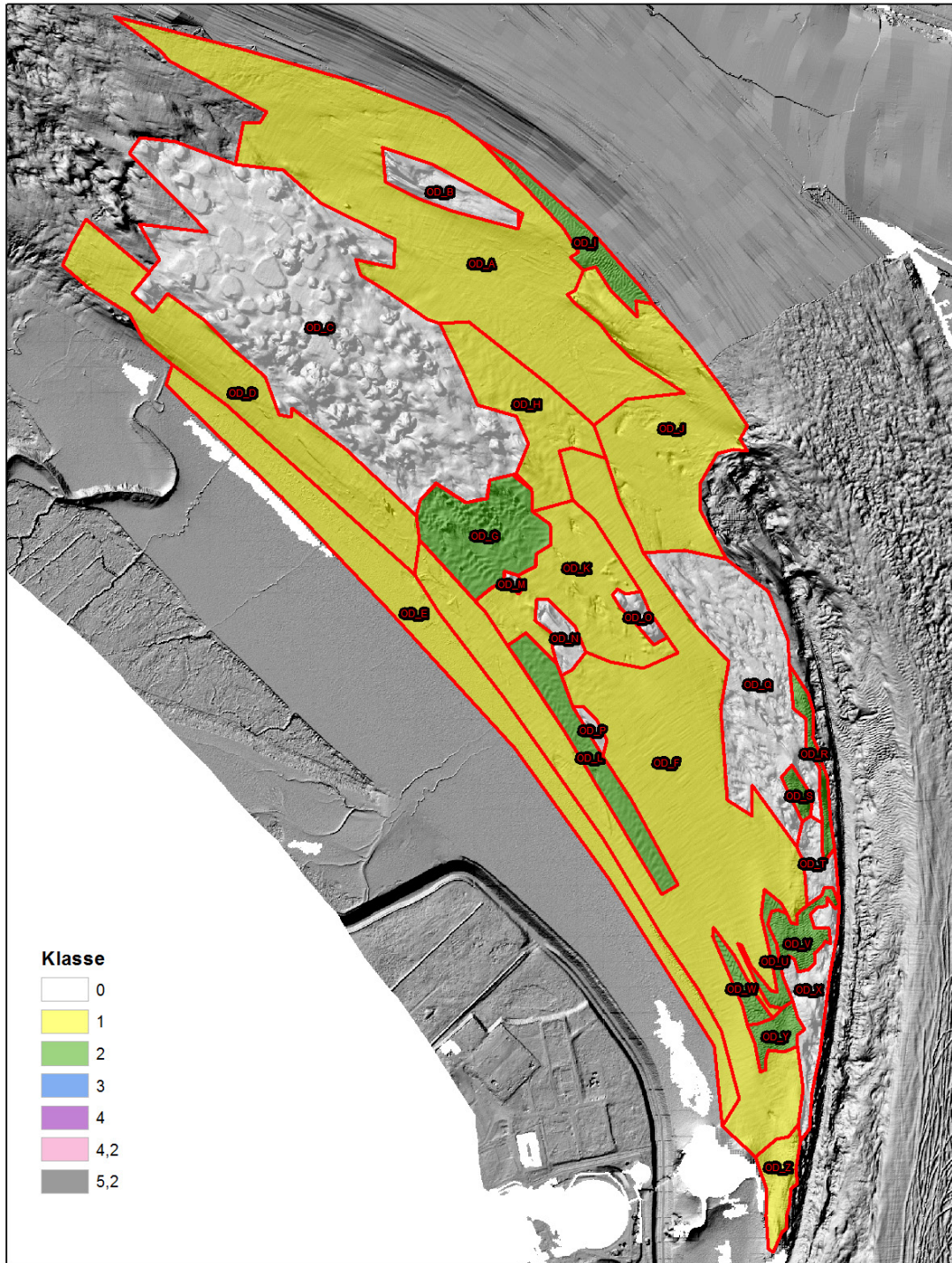
Figuur A 18 – Gemiddelde duinhoogte per profiel ter hoogte van Branst



Figuur A 19 – Gemiddelde duinlengte per profiel ter hoogte van Appels



Figuur A 20 – Gemiddelde duinhoogte per profiel ter hoogte van Appels



Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde

Auteur: Vos G.

Revisor: Plancke Y.

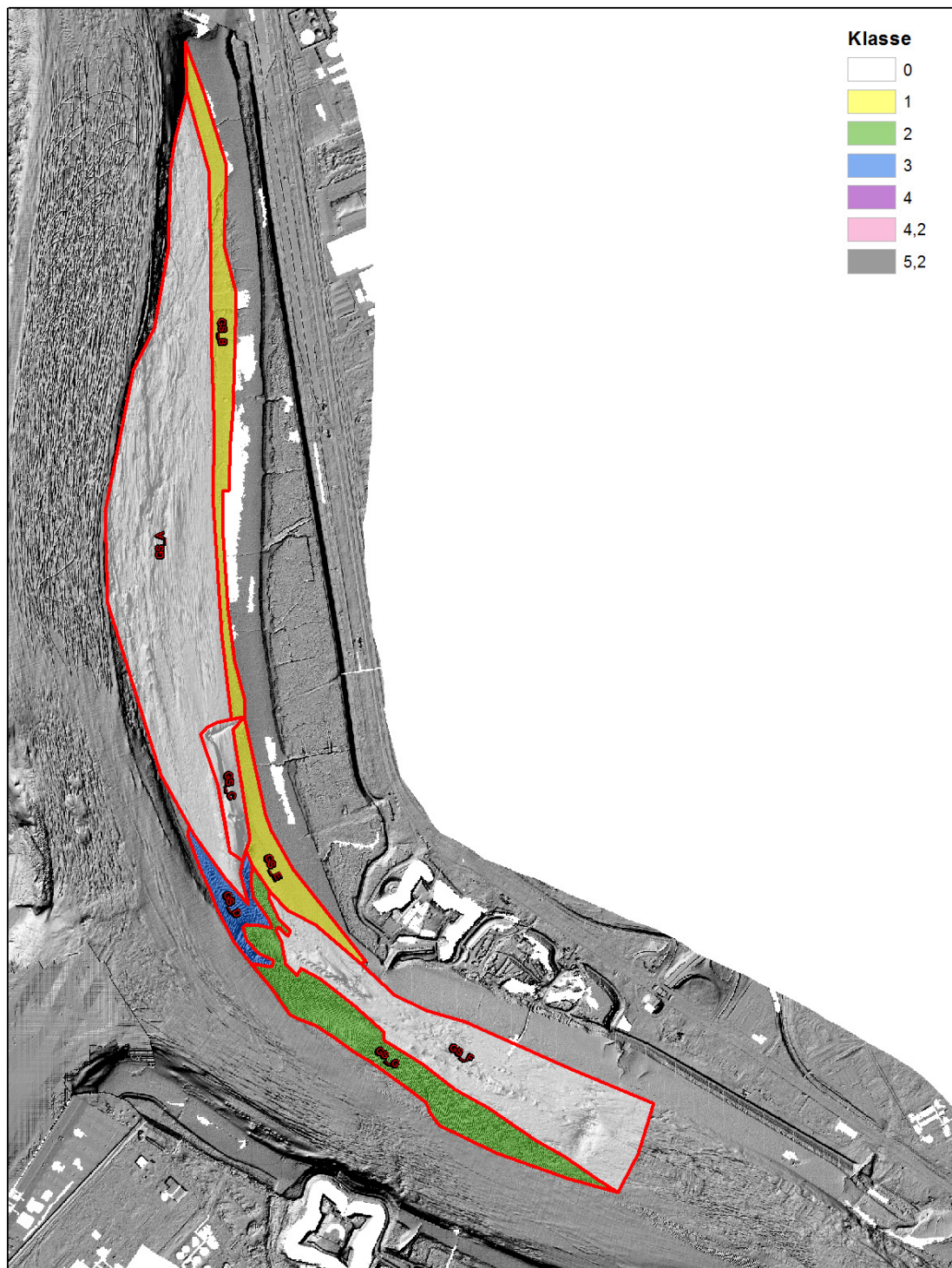
Datum van opmaak: 06/08/2012



0 62,5 125 250 375 500 Meters



Figuur A 21 – Indeling bodemvormen deelgebied Ouden Doel

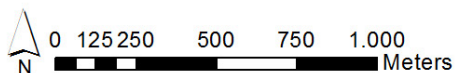


Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde

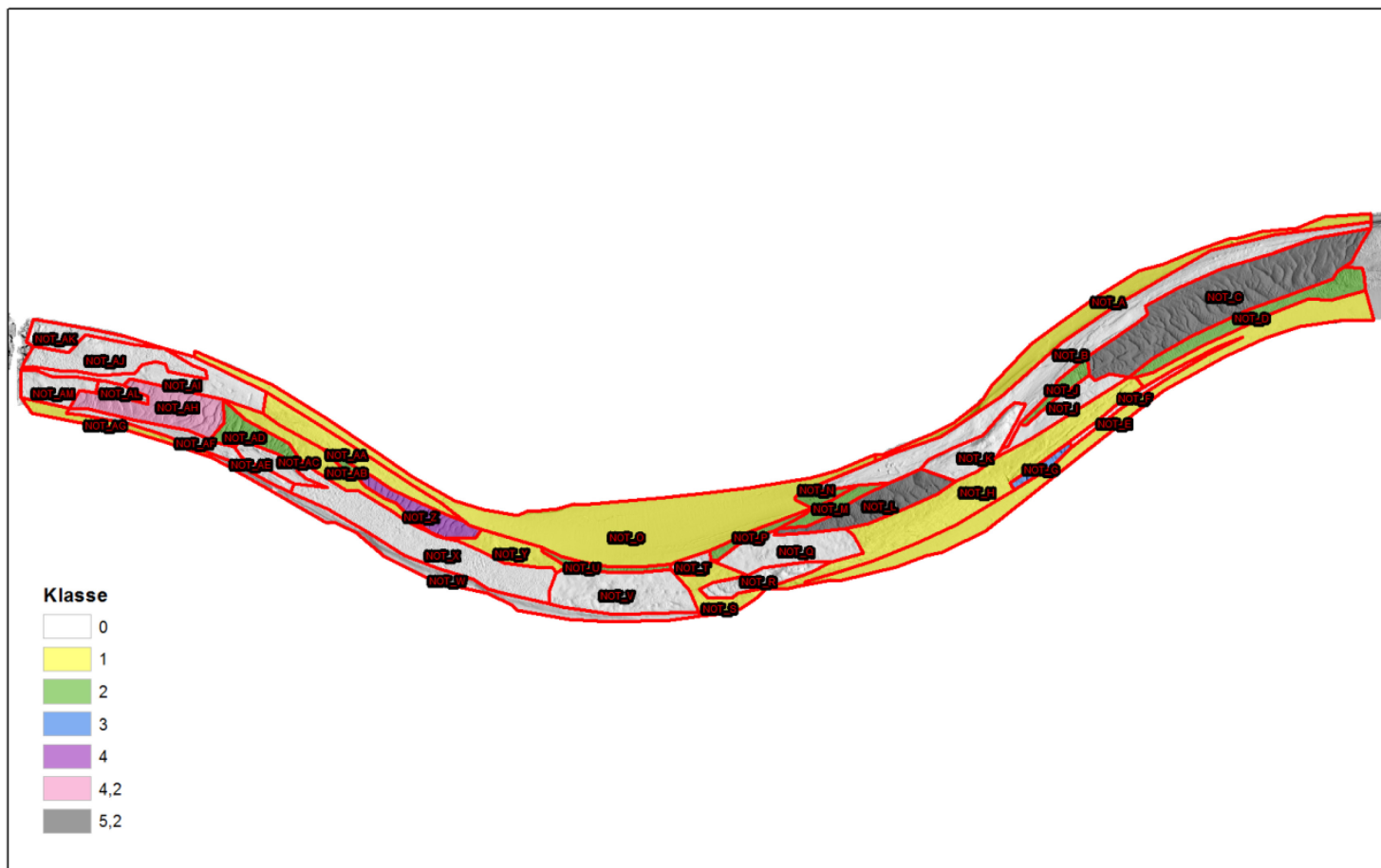
Auteur: Vos G.

Revisor: Plancke Y.

Datum van opmaak: 06/08/2012



Figuur A 22 – Indeling bodemvormen deelgebied Galgeschoor



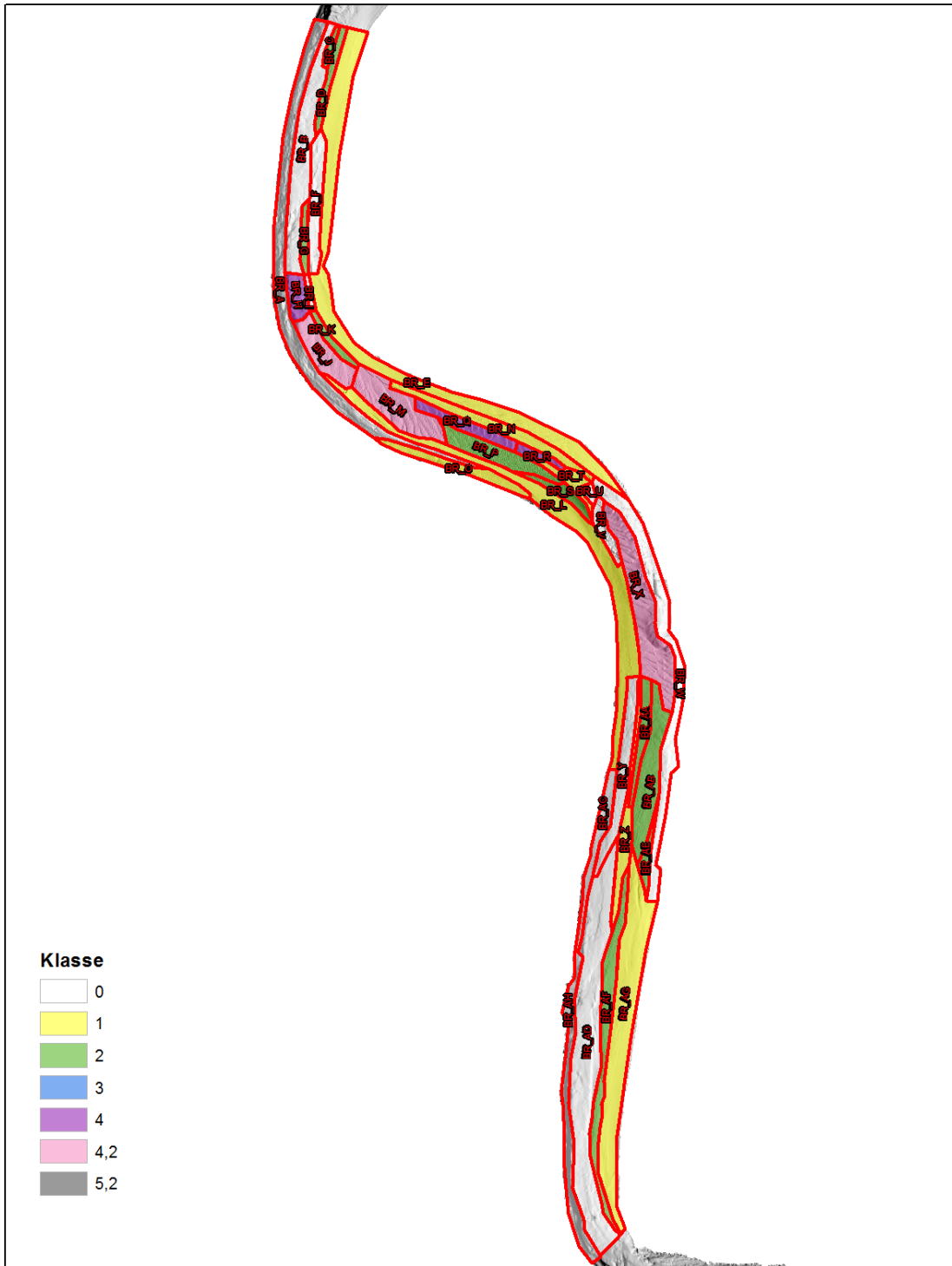
Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde
 Auteur: Vos G.
 Revisor: Plancke Y.
 Datum van opmaak: 07/08/2012



0 125 250 500 750 1.000
 Meters



Figuur A 23 – Indeling bodemvormen deelgebied Notelaer-Ballooi



Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde

Auteur: Vos G.

Revisor: Plancke Y.

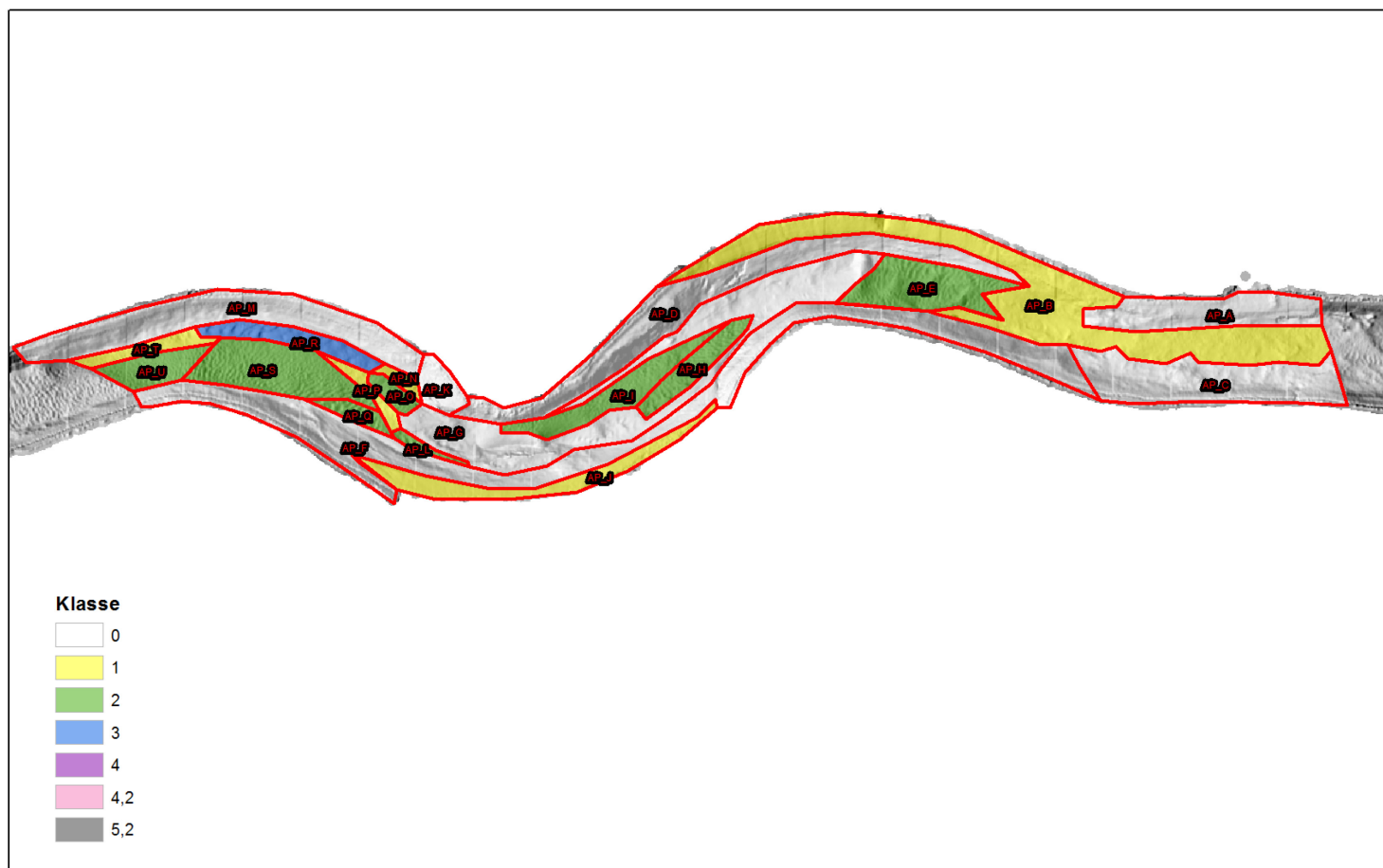
Datum van opmaak: 06/08/2012



0 125 250 500 750 1.000 Meters



Figuur A 24 – Indeling bodemvormen deelgebied Branst



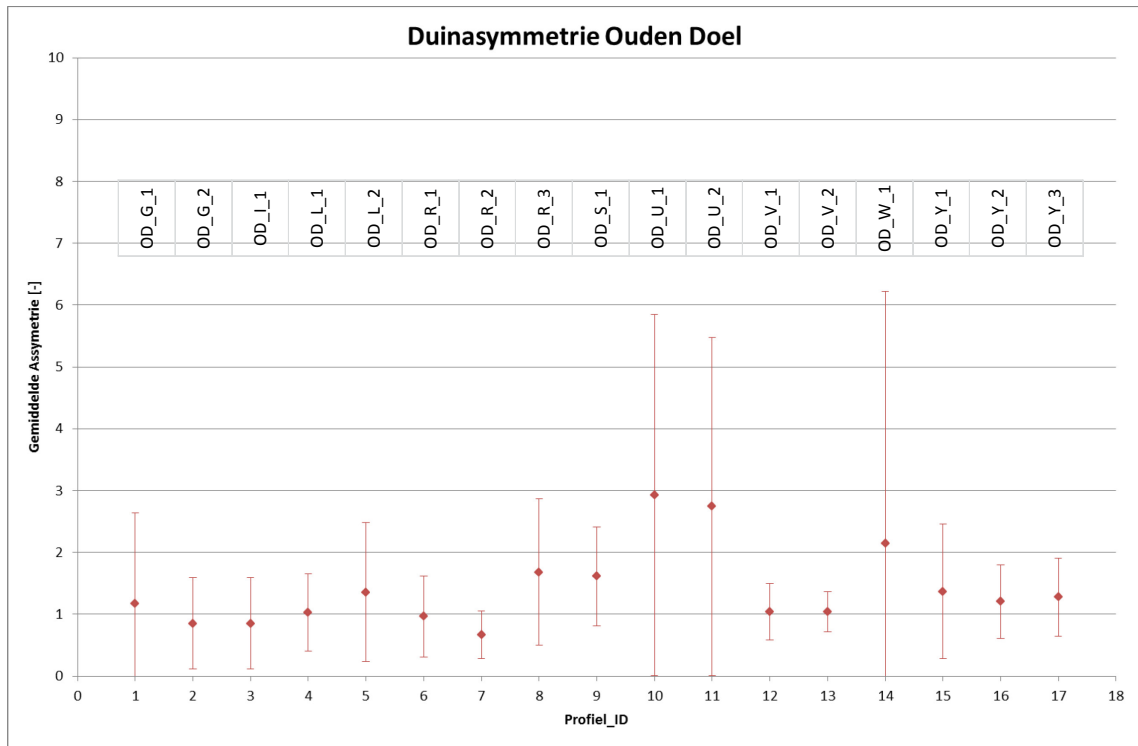
Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde
 Auteur: Vos G.
 Revisor: Plancke Y.
 Datum van opmaak: 07/08/2012



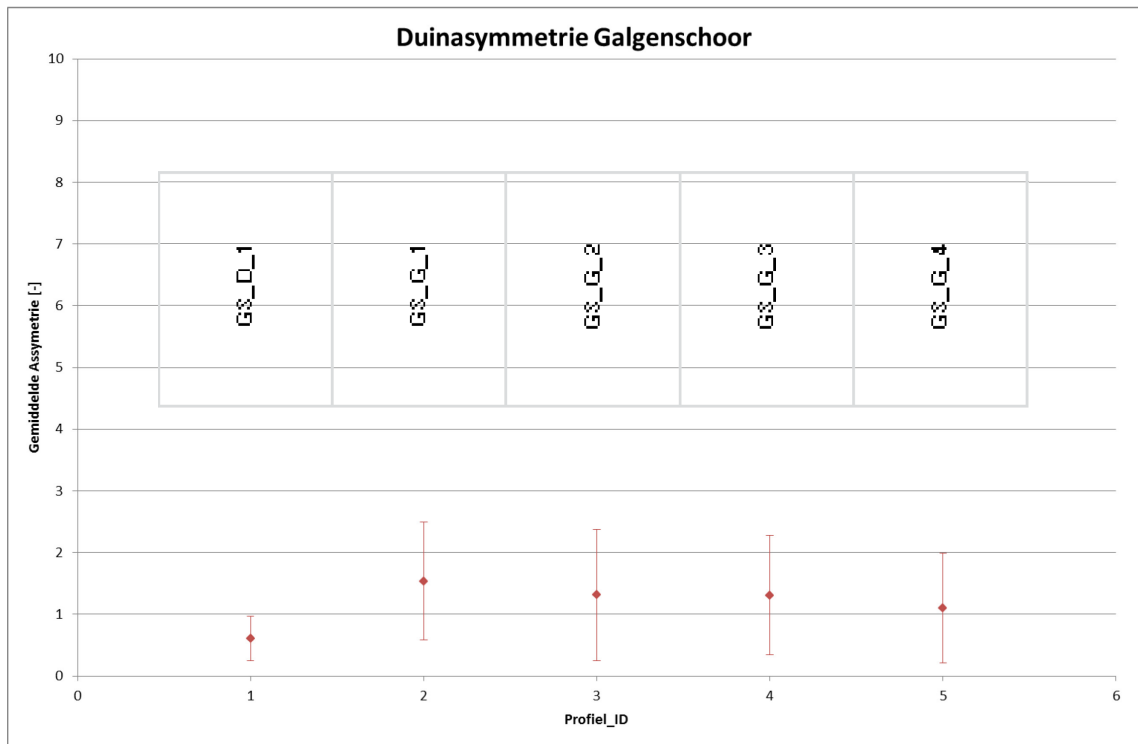
0 37,5 75 150 225 300 Meters



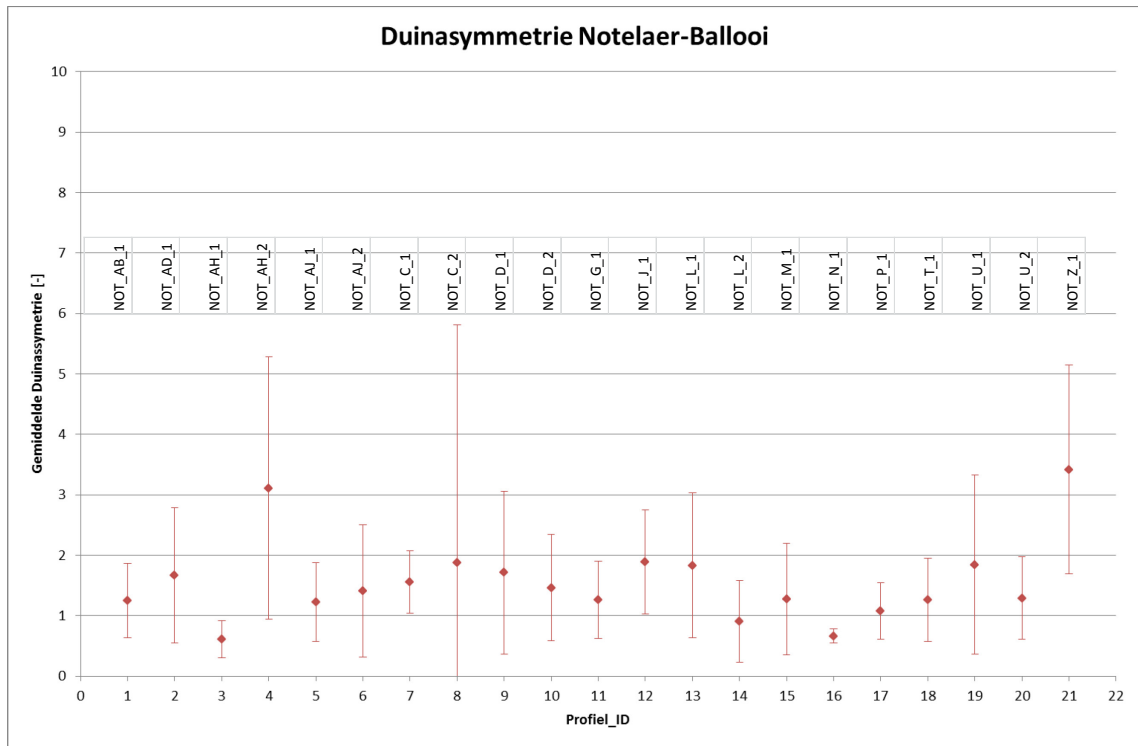
Figuur A 25 – Indeling bodemvormen deelgebied Appels



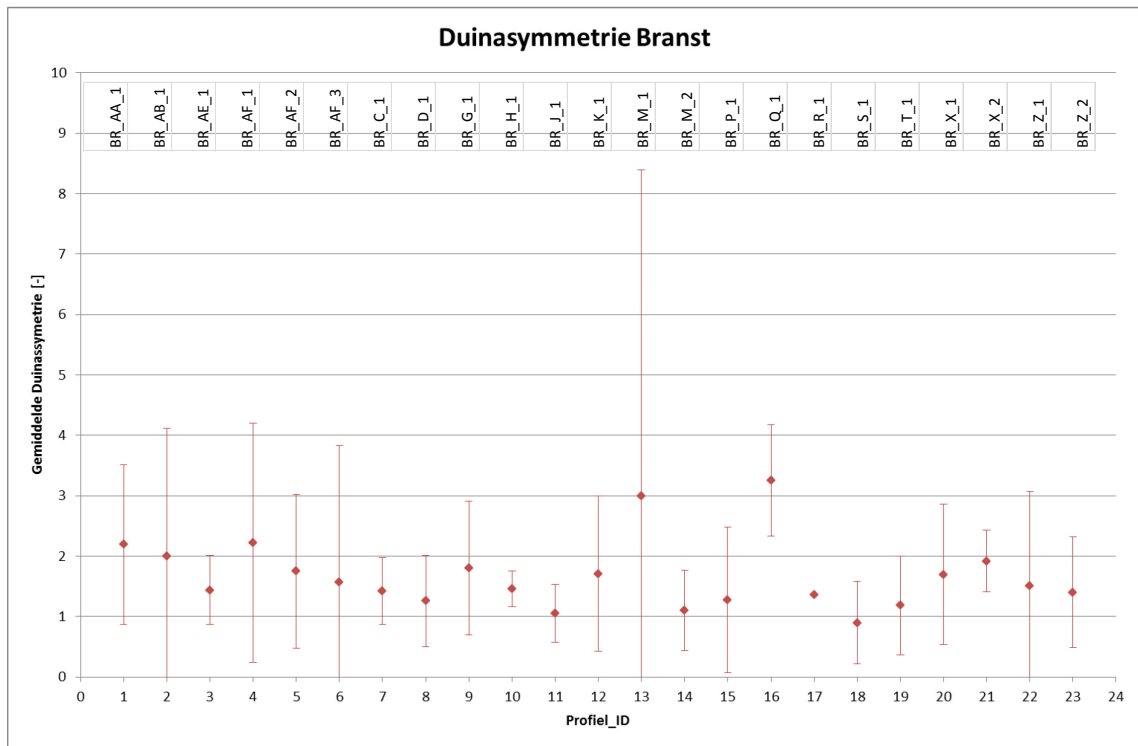
Figuur A 26 – Gemiddelde duinasymmetrie per profiel ter hoogte van Ouden Doel



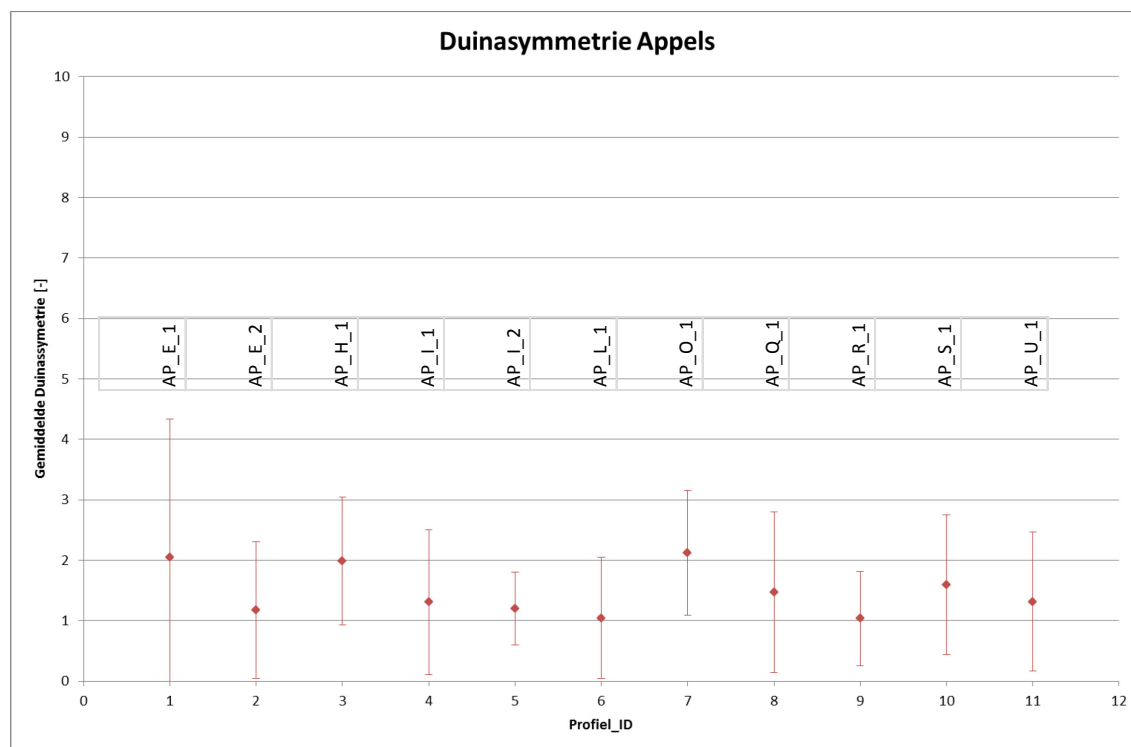
Figuur A 27 – Gemiddelde duinasymmetrie per profiel ter hoogte van Galgenschuur



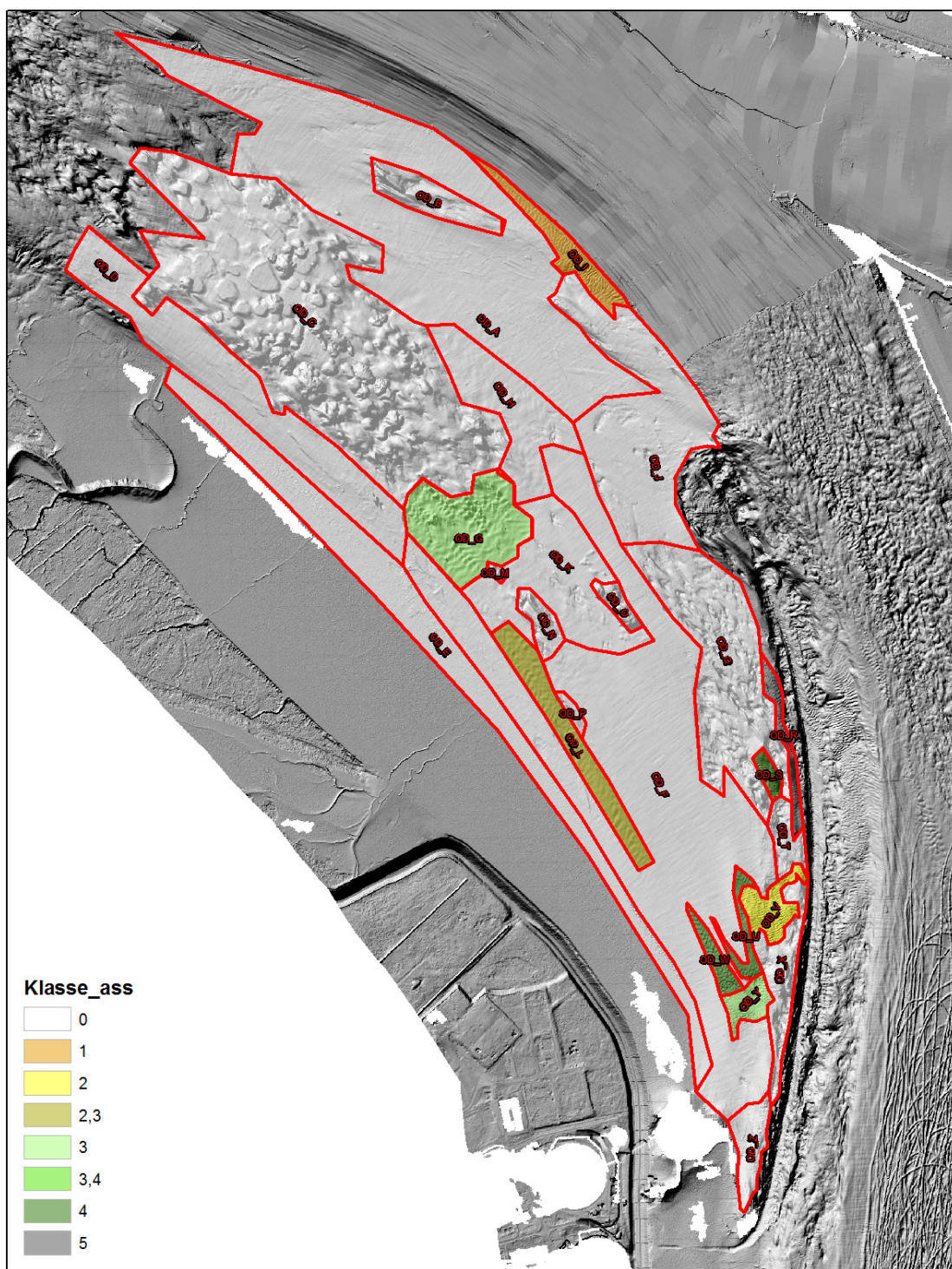
Figuur A 28 – Gemiddelde duinasymmetrie per profiel ter hoogte van Notelaer-Ballooi



Figuur A 29 – Gemiddelde duinasymmetrie per profiel ter hoogte van Branst



Figuur A 30 – Gemiddelde duinasymmetrie per profiel ter hoogte van Appels



Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde

Auteur: Vos G.

Revisor: Plancke Y.

Datum van opmaak: 06/08/2012



0 75 150 300 450 600 Meters

waterbouwkundig
LABORATORIUM

Figuur A 31 – Indeling volgens asymmetrie ter hoogte van deelgebied Ouden Doel



Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde

Auteur: Vos G.

Revisor: Plancke Y.

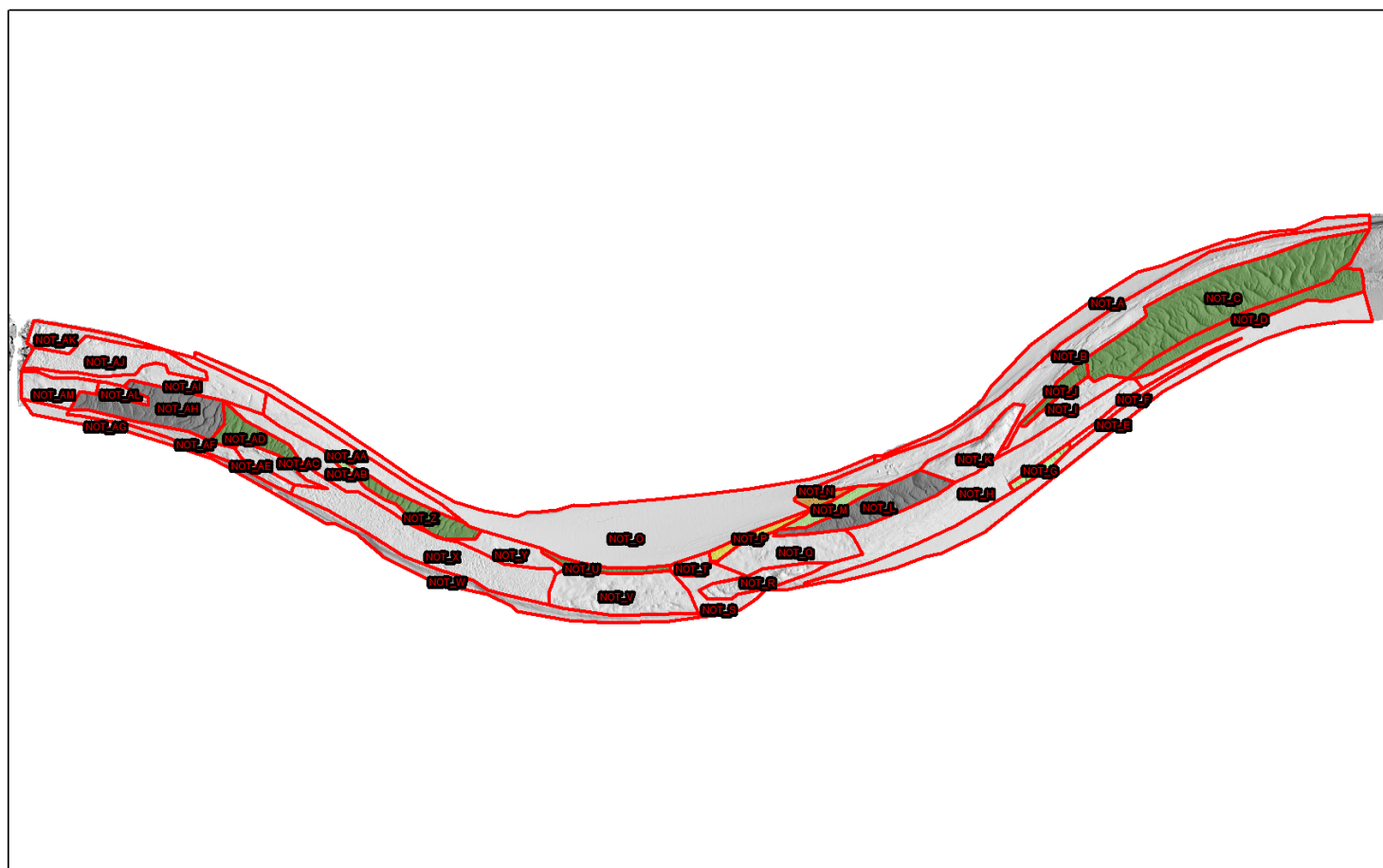
Datum van opmaak: 06/08/2012



0 125 250 500 750 1.000
Meters

waterbouwkundig
LABORATORIUM

Figuur A 32 – Indeling volgens asymmetrie ter hoogte van Galgeschoor



Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde
Auteur: Vos G.
Revisor: Plancke Y.
Datum van opmaak: 07/08/2012



0 135 270 540 810 1.080
Meters



Figuur A 33 – Indeling volgens asymmetrie ter hoogte van deelgebied Notelaer-Ballooi



Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde

Auteur: Vos G.

Revisor: Plancke Y.

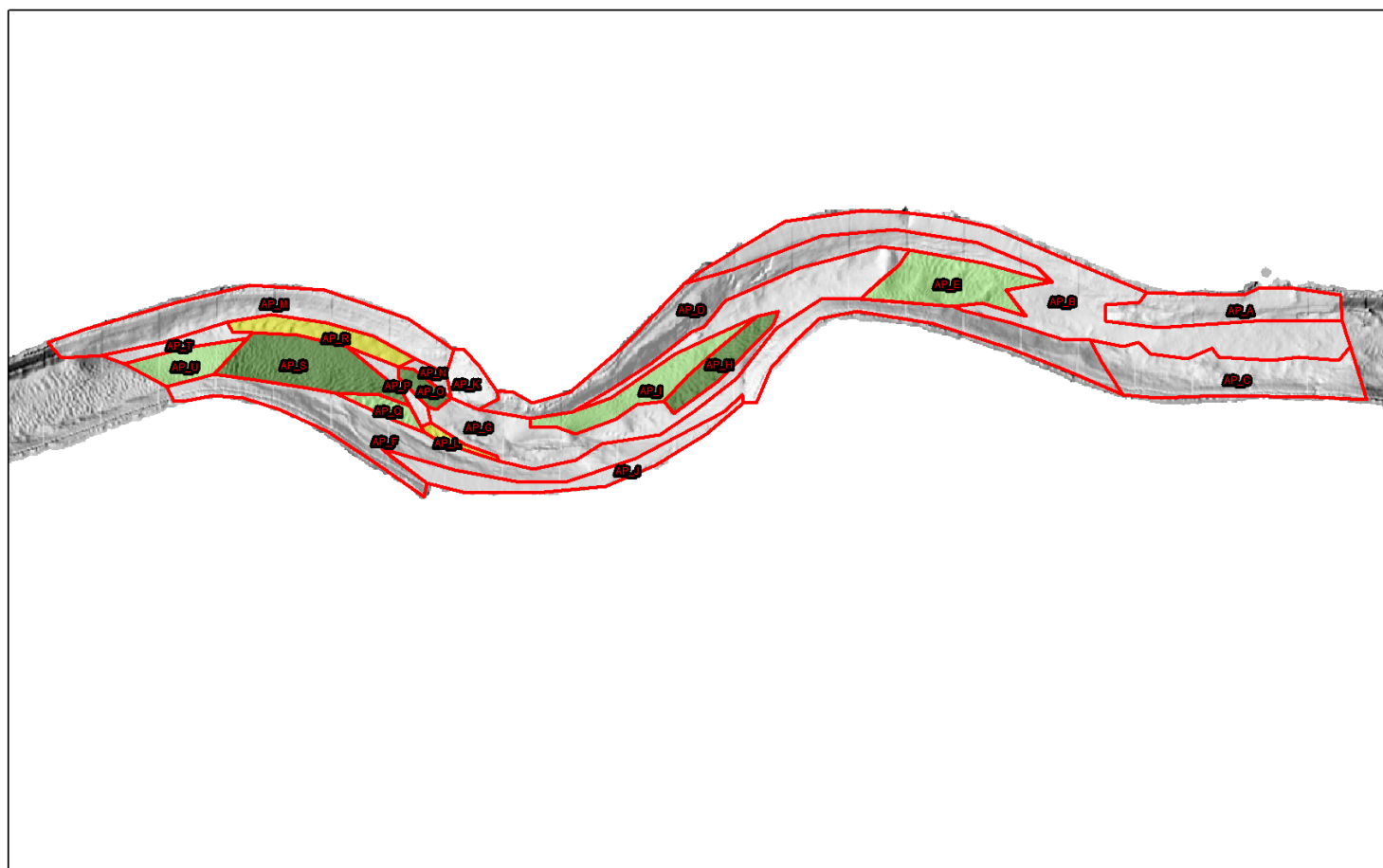
Datum van opmaak: 06/08/2012



0 125 250 500 750 1.000
Meters

waterbouwkundig
LABORATORIUM

Figuur A 34 – Indeling volgens asymmetrie ter hoogte van deelgebied Branst



Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde
Auteur: Vos G.
Revisor: Plancke Y.
Datum van opmaak: 07/08/2012



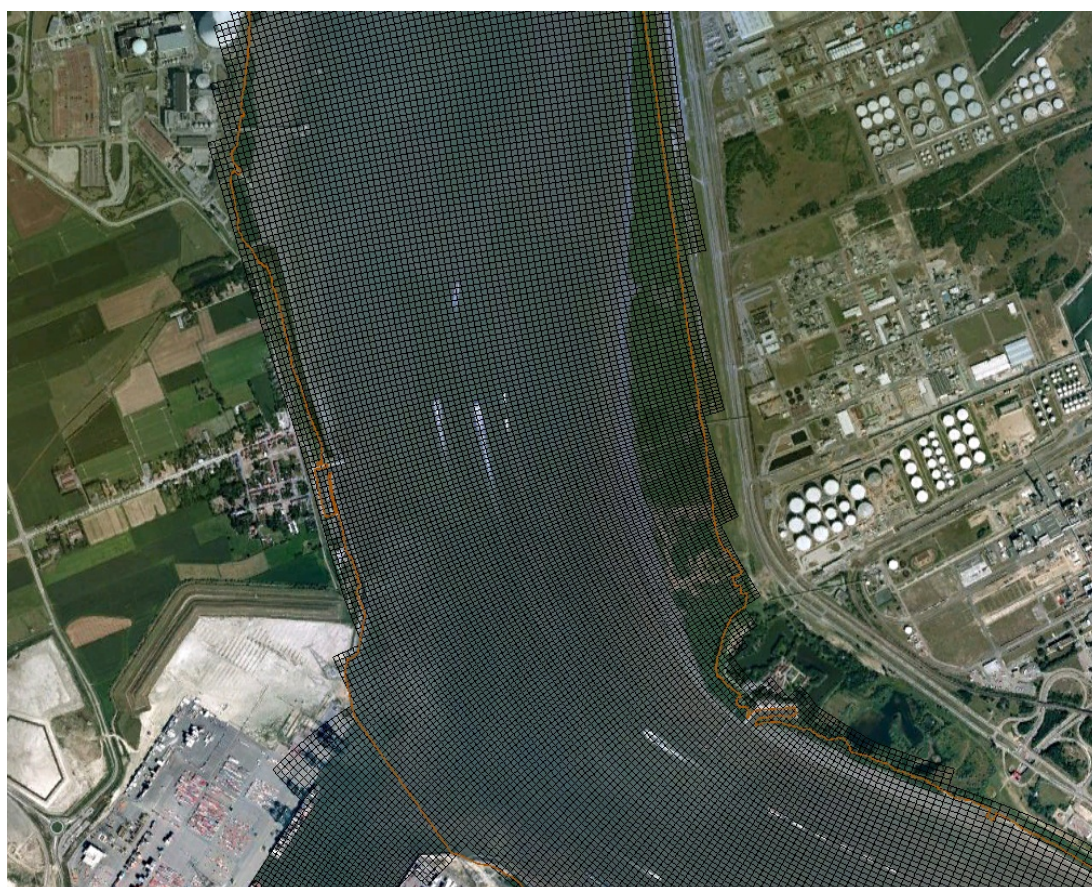
0 37,5 75 150 225 300 Meters



Figuur A 35 – Indeling volgens asymmetrie ter hoogte van deelgebied Appels



Figuur A 36 - Modelgrid ter hoogte Schaar van Ouden Doel



Figuur A 37 - Modelgrid ter hoogte van Galgeschoor



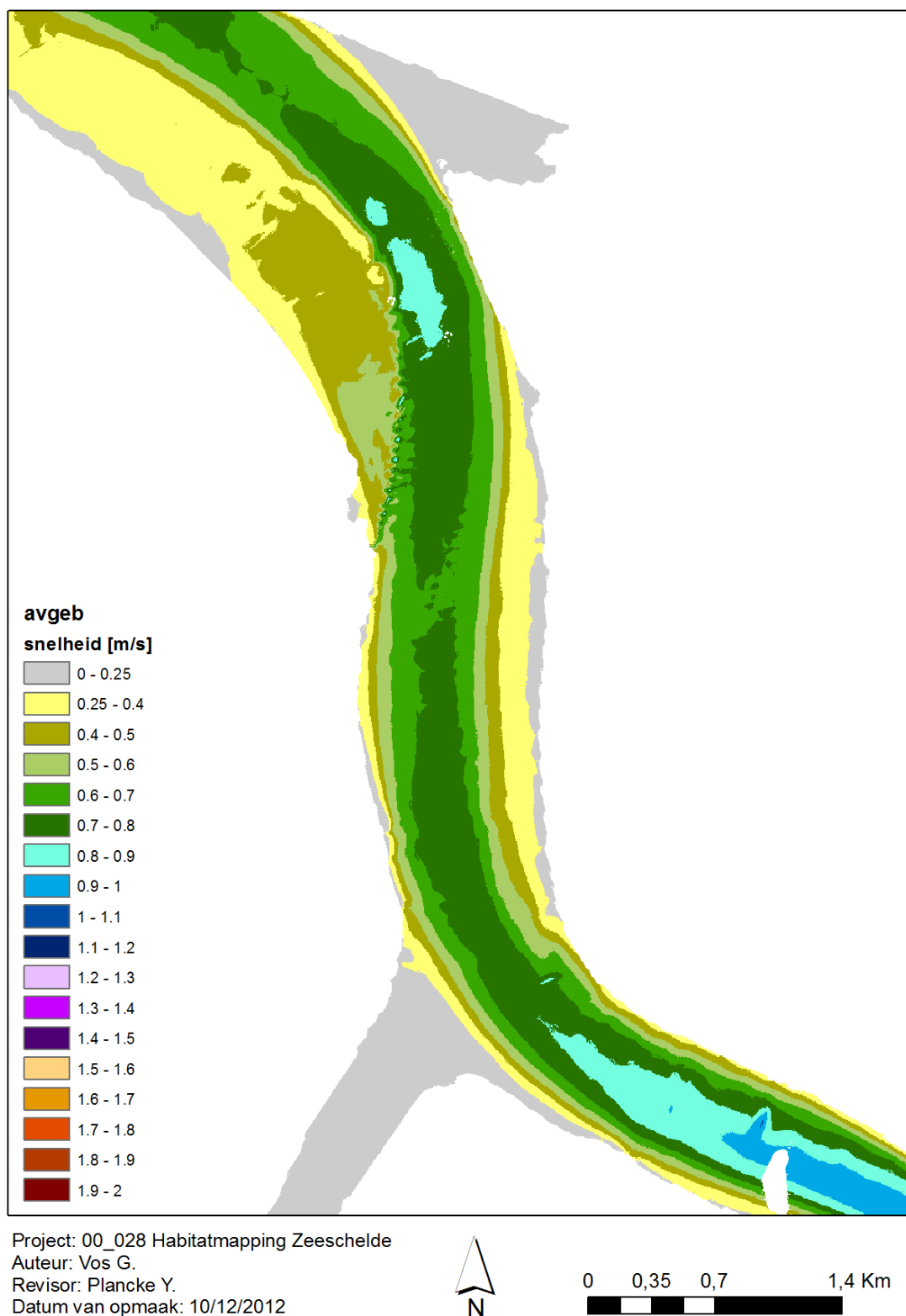
Figuur A 38 - Modelgrid ter hoogte van Notelaer en Ballooi



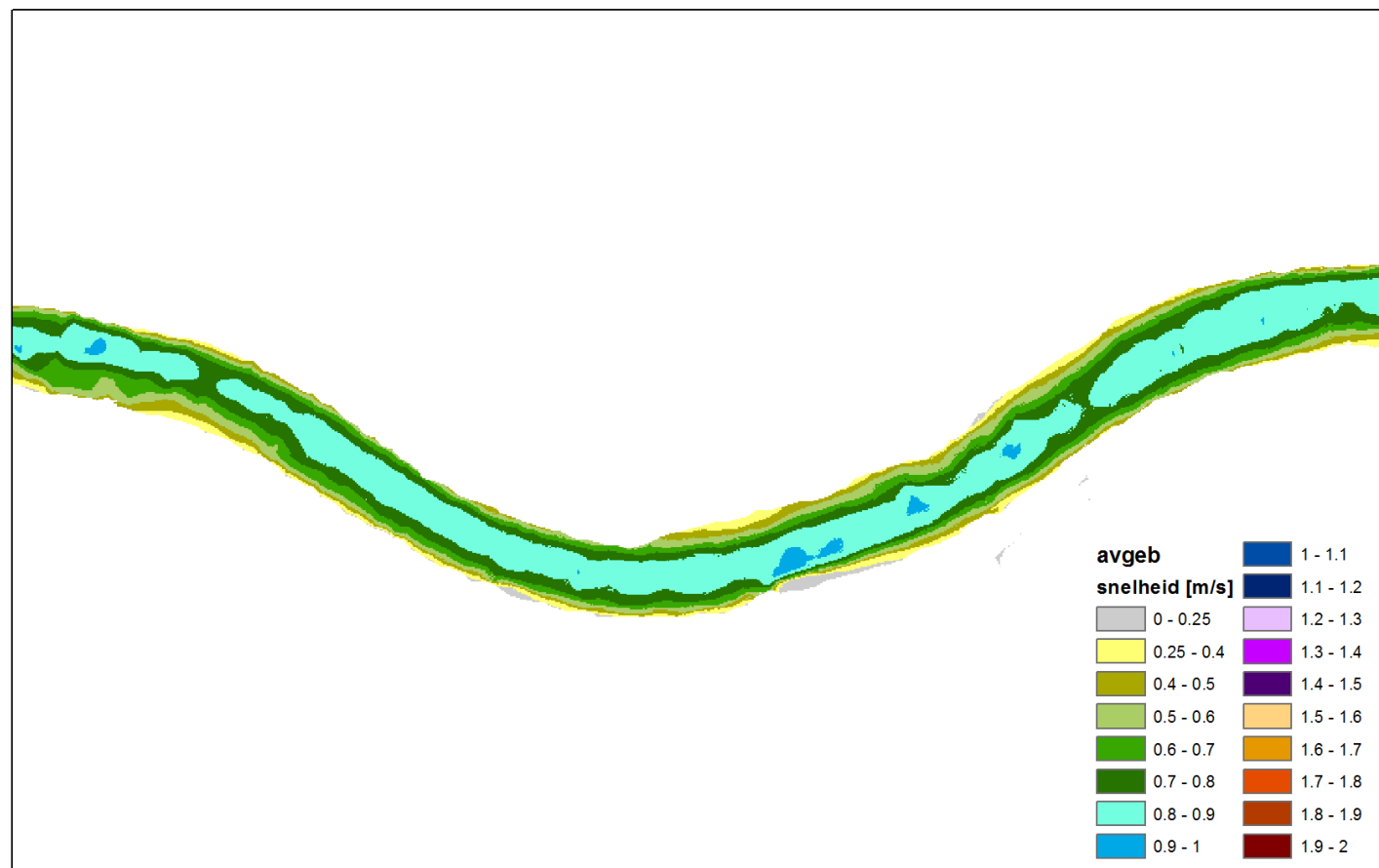
Figuur A 39 – Modelgrid ter hoogte van Branst



Figuur A 40 - Modelgrid ter hoogte van Appels



Figuur A 41 – Gemiddelde ebsnelheid ter hoogte van Ouden Doel en het Galgeschoor

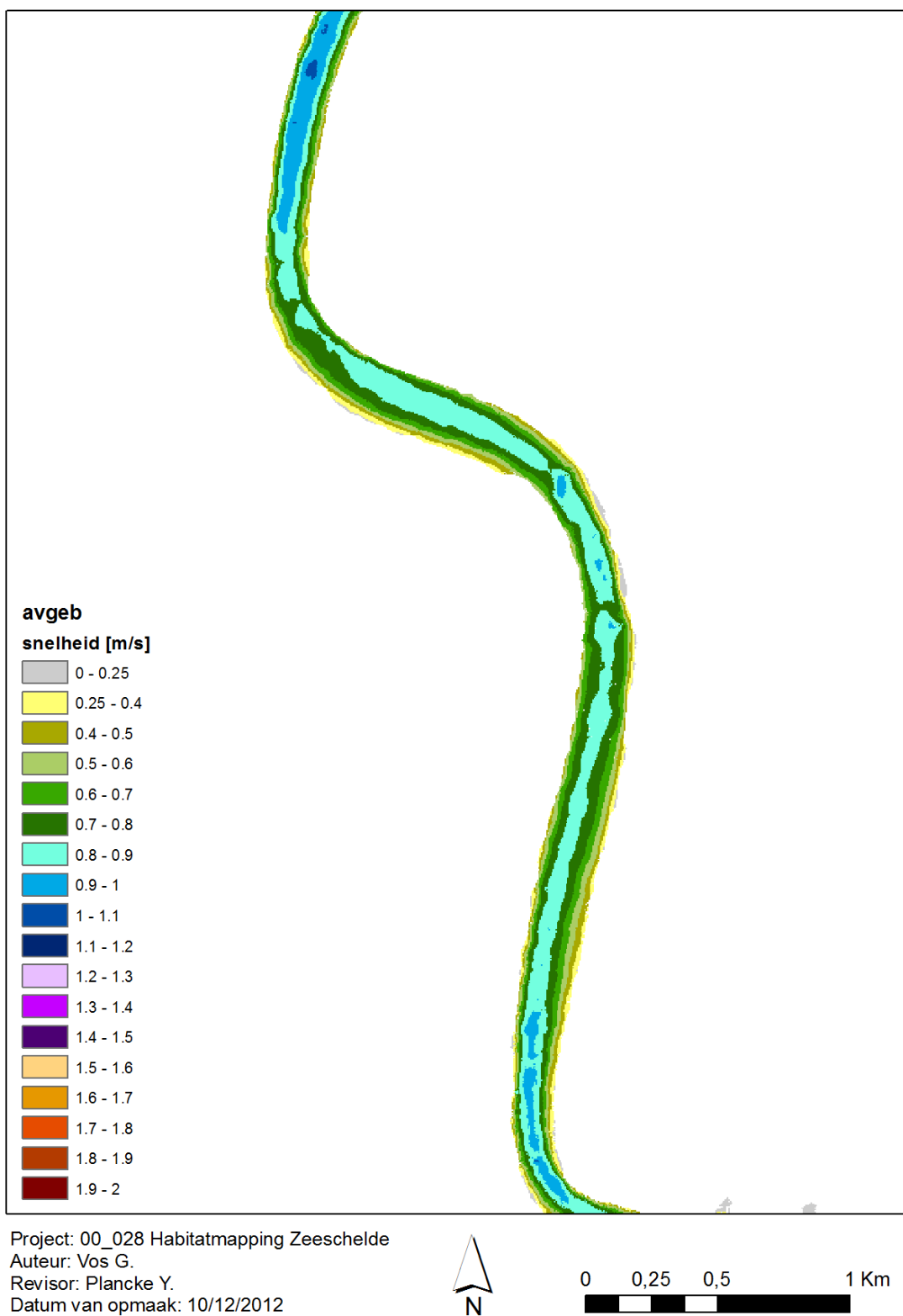


Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde
 Auteur: Vos G.
 Revisor: Plancke Y.
 Datum van opmaak: 10/12/2012

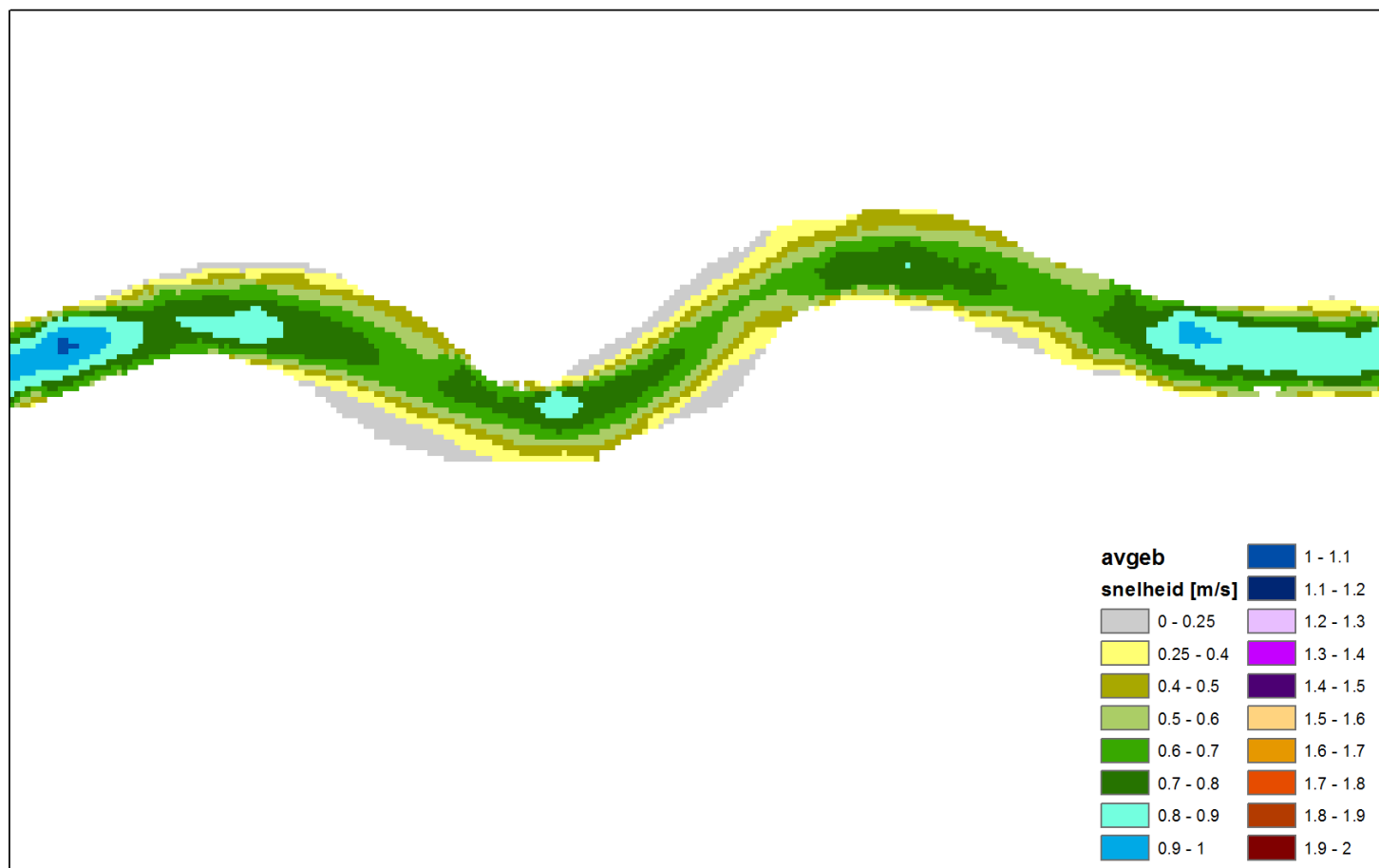


0 0,2 0,4 0,8 Km

Figuur A 42 – Gemiddelde ebsnelheid ter hoogte van Notelaer en Ballooi



Figuur A 43 – Gemiddelde ebsnelheid ter hoogte van Branst

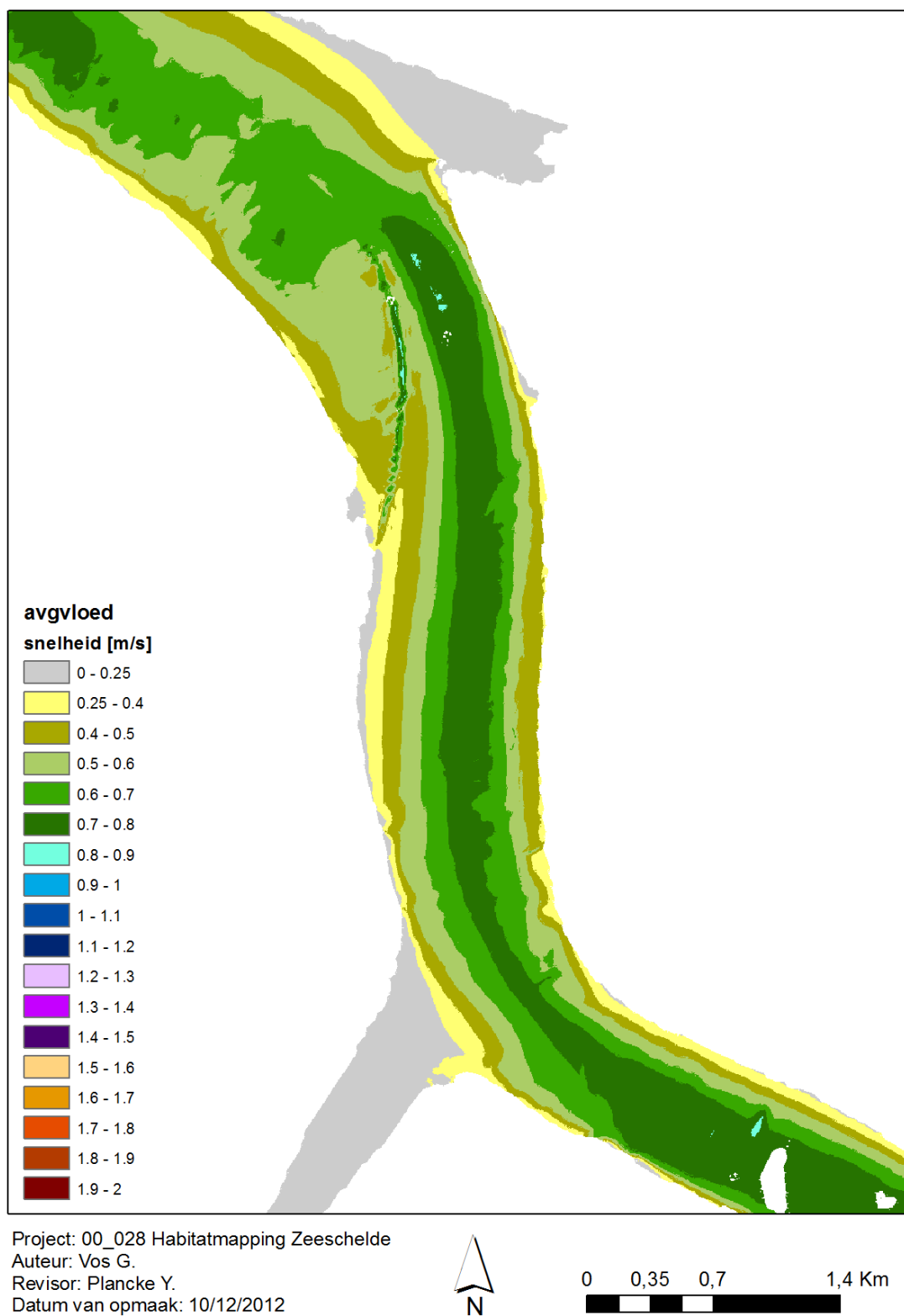


Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde
 Auteur: Vos G.
 Revisor: Plancke Y.
 Datum van opmaak: 10/12/2012

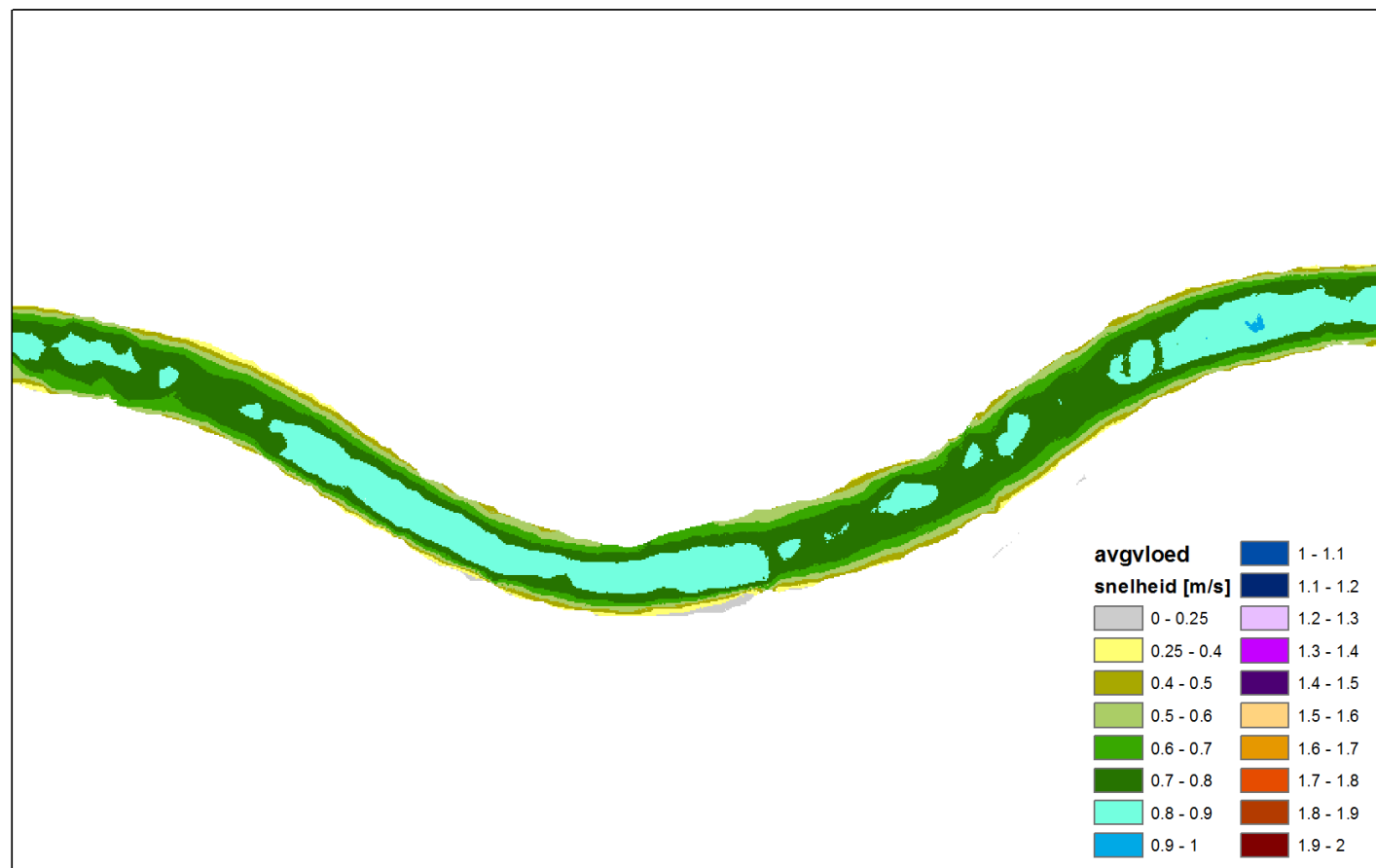


0 0,05 0,1 0,2 Km

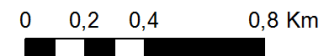
Figuur A 44 – Gemiddelde ebsnelheid ter hoogte van Appels



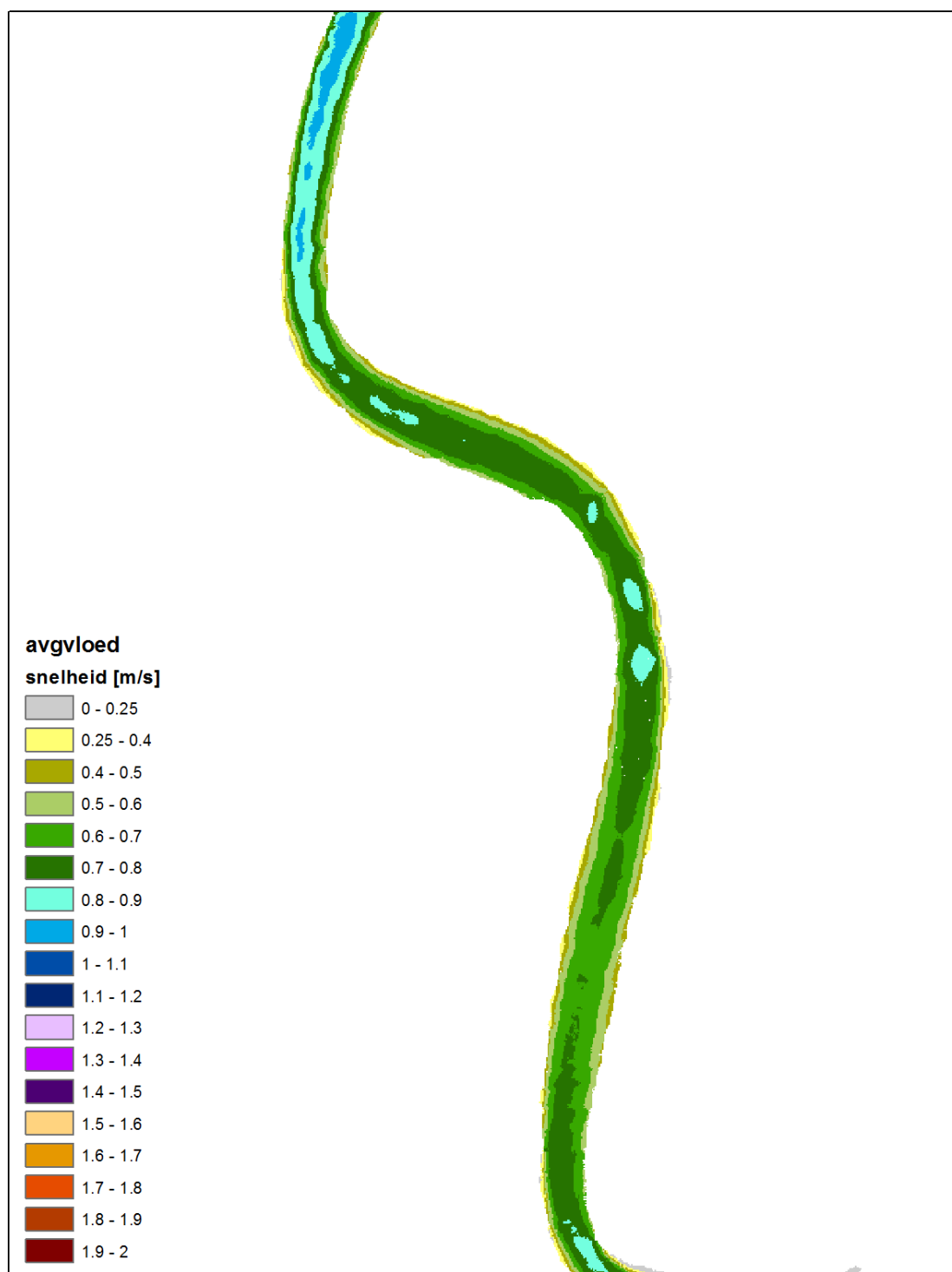
Figuur A 45 – Gemiddelde vloedsnelheid ter hoogte van Ouden Doel en het Galgeschoor



Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde
 Auteur: Vos G.
 Revisor: Plancke Y.
 Datum van opmaak: 10/12/2012



Figuur A 46 – Gemiddelde vloedsnelheid ter hoogte van Notelaer en Ballooi

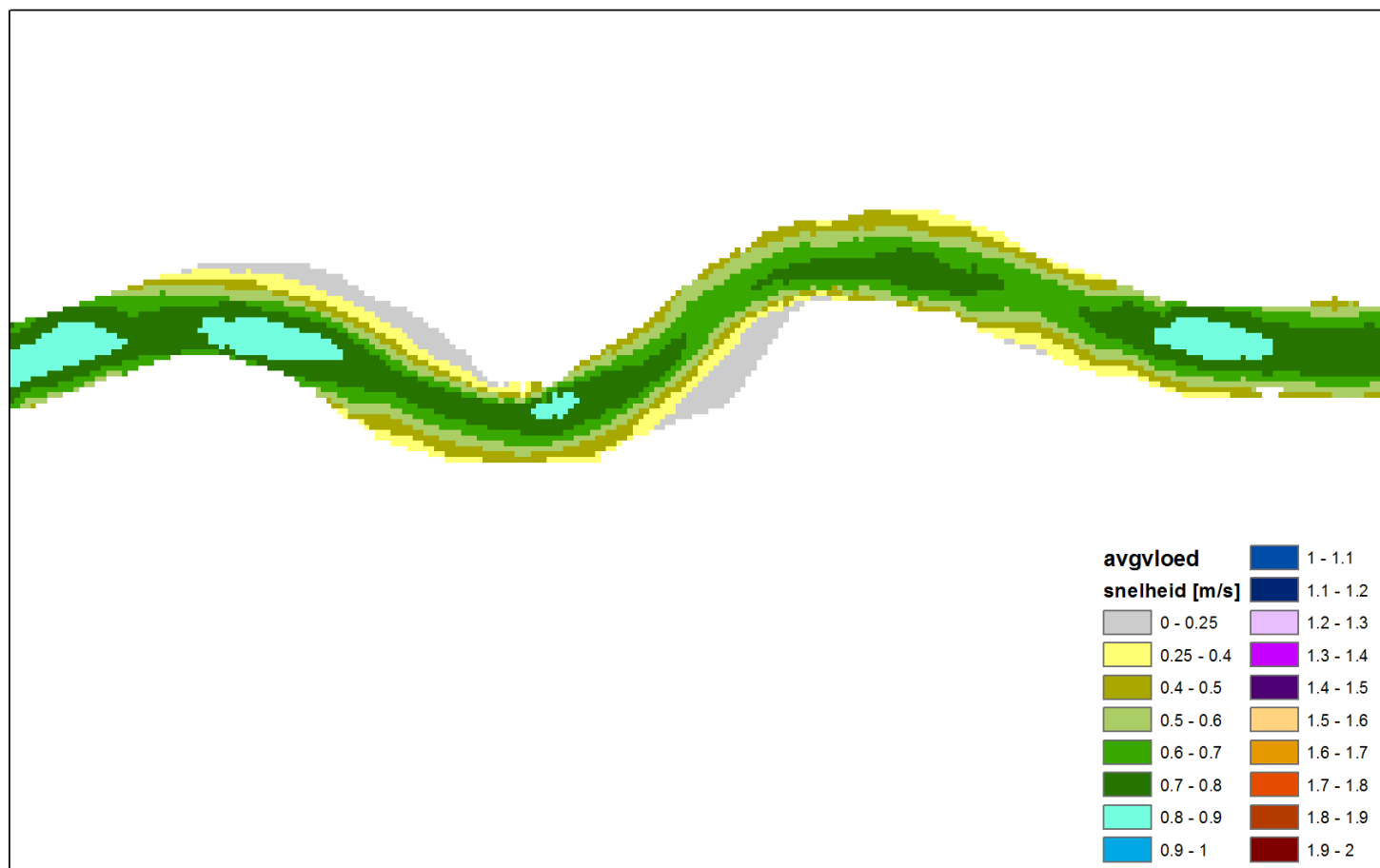


Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde
Auteur: Vos G.
Revisor: Plancke Y.
Datum van opmaak: 10/12/2012



0 0,25 0,5 1 Km

Figuur A 47 – Gemiddelde vloedsnelheid ter hoogte van Branst

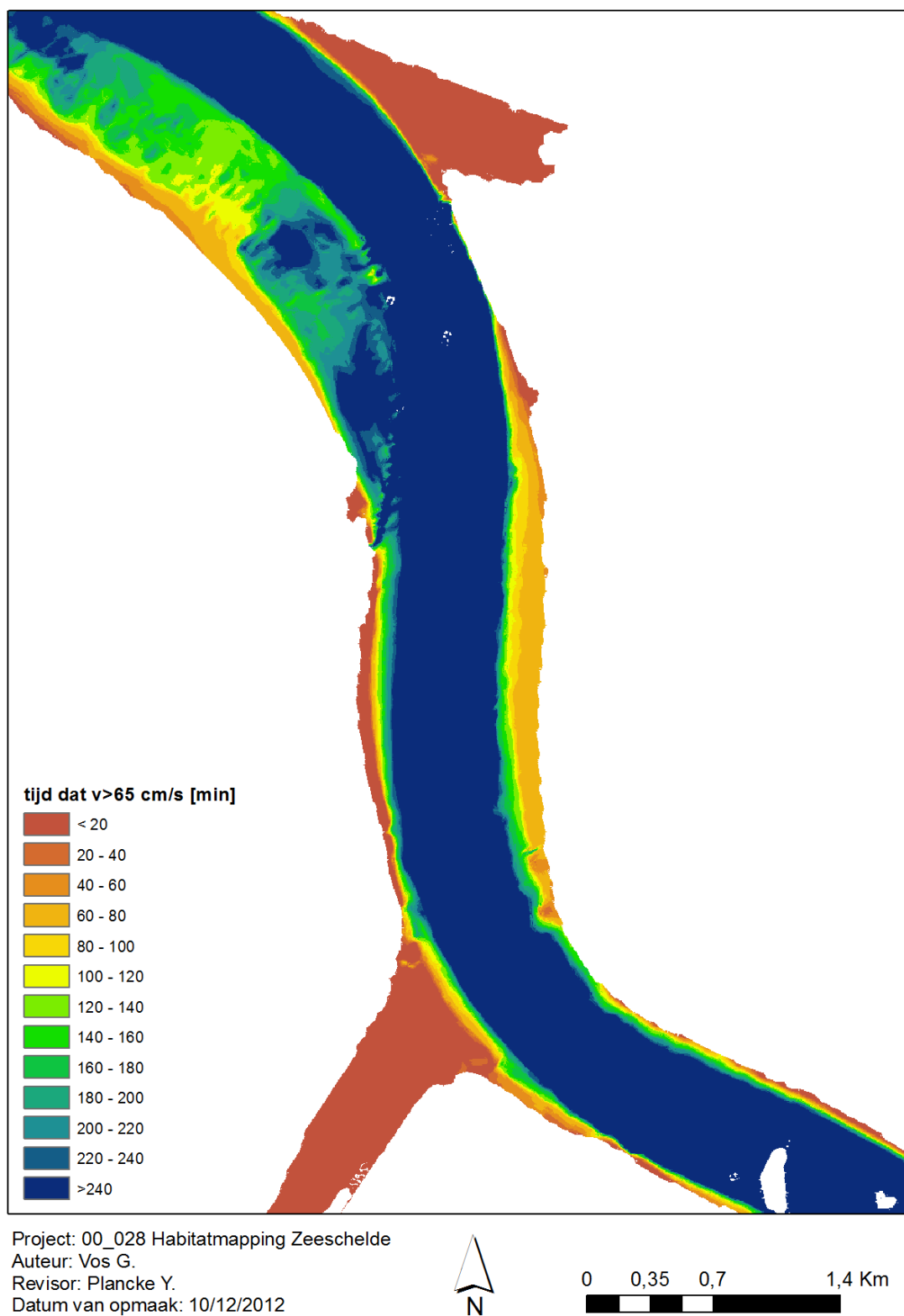


Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde
 Auteur: Vos G.
 Revisor: Plancke Y.
 Datum van opmaak: 10/12/2012

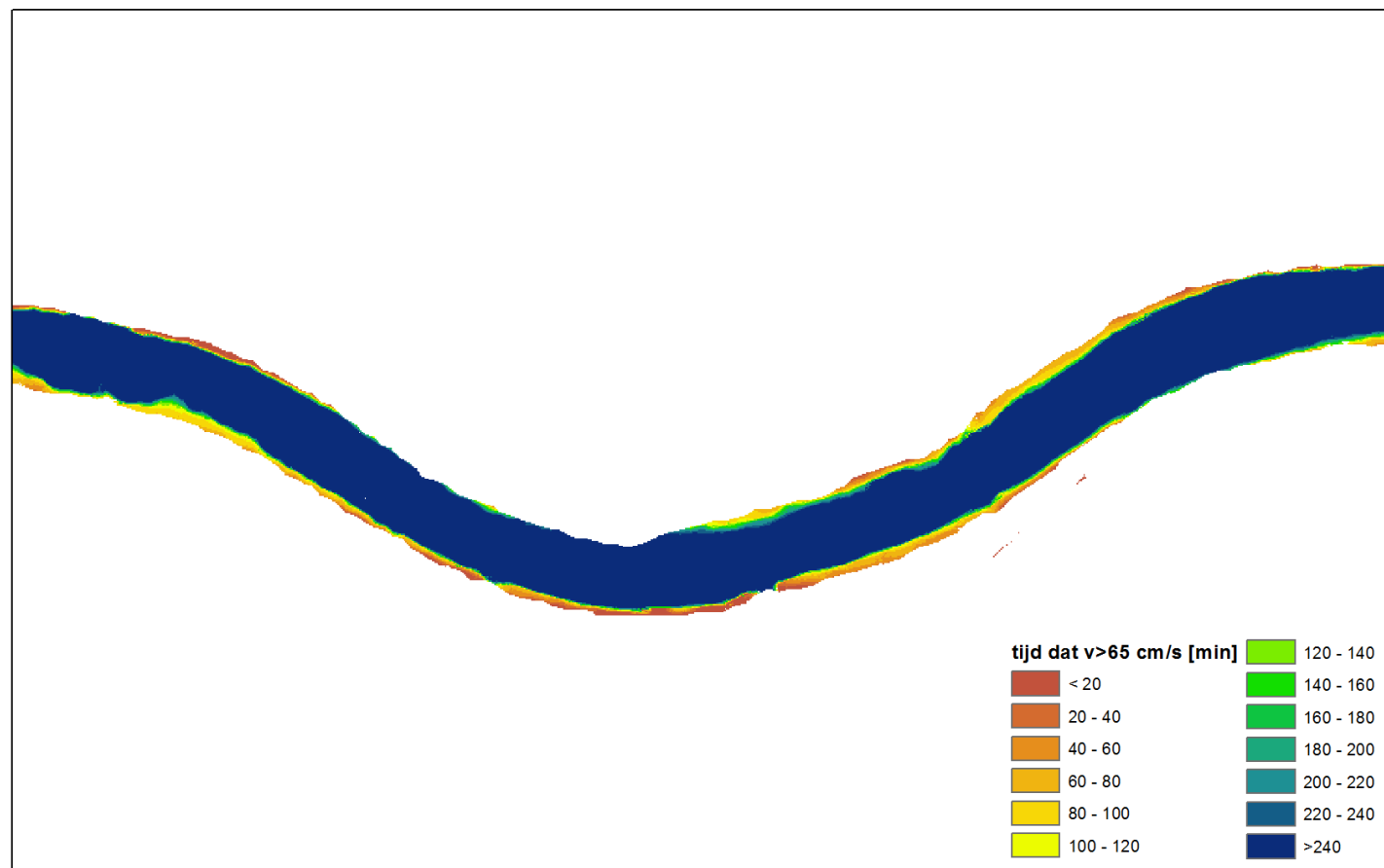


0 0,05 0,1 0,2 Km

Figuur A 48 – Gemiddelde vloedsnelheid ter hoogte van Appels



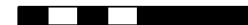
Figuur A 49 – Tijd dat snelheid > 65 cm/s ter hoogte van Ouden Doel en het Galgeschoor



Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde
Auteur: Vos G.
Revisor: Plancke Y.
Datum van opmaak: 10/12/2012



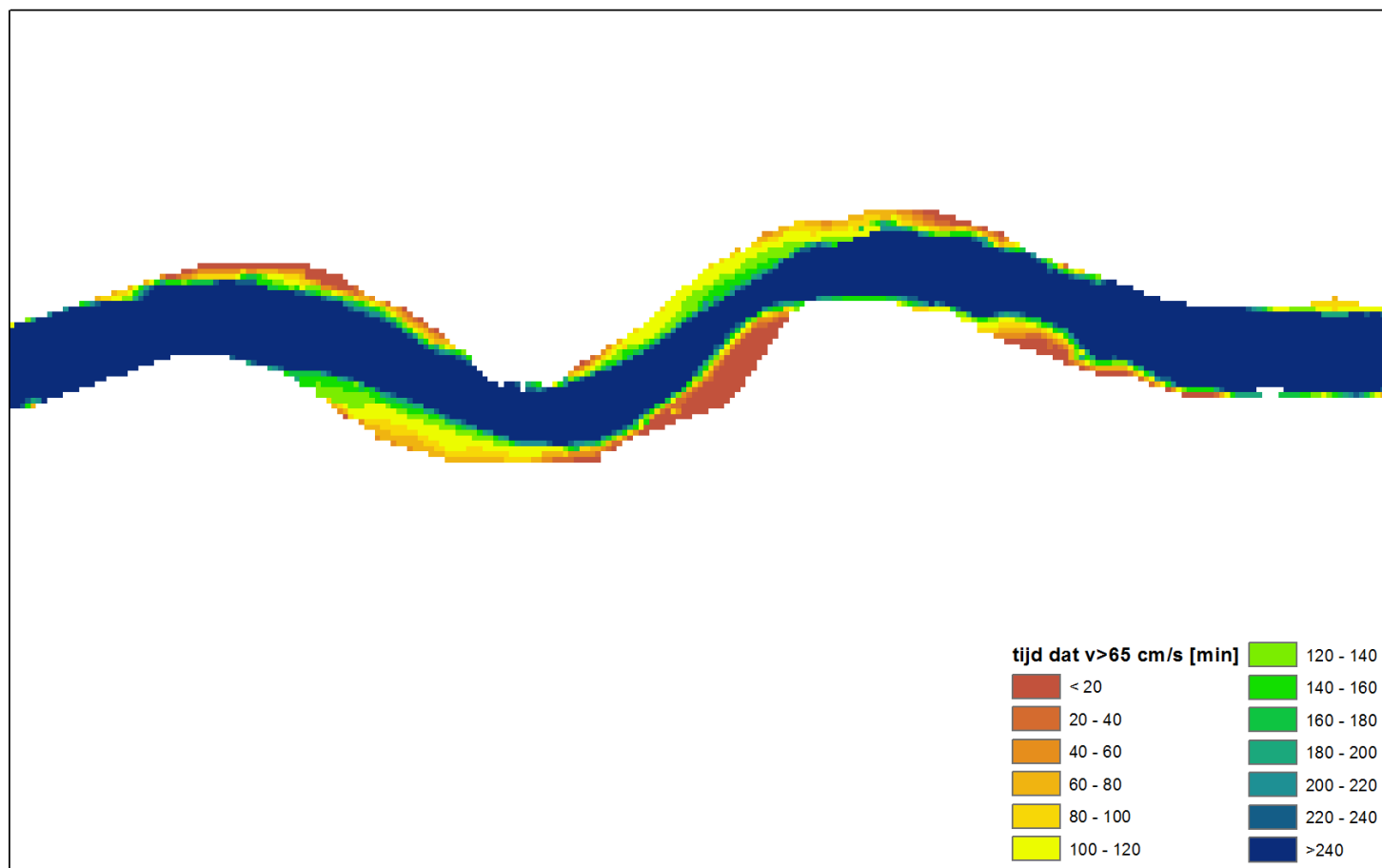
0 0,2 0,4 0,8 Km



Figuur A 50 – Tijd dat snelheid > 65 cm/s ter hoogte van Notelaer en Ballooi



Figuur A 51 - Tijd dat snelheid > 65 cm/s ter hoogte van Branst

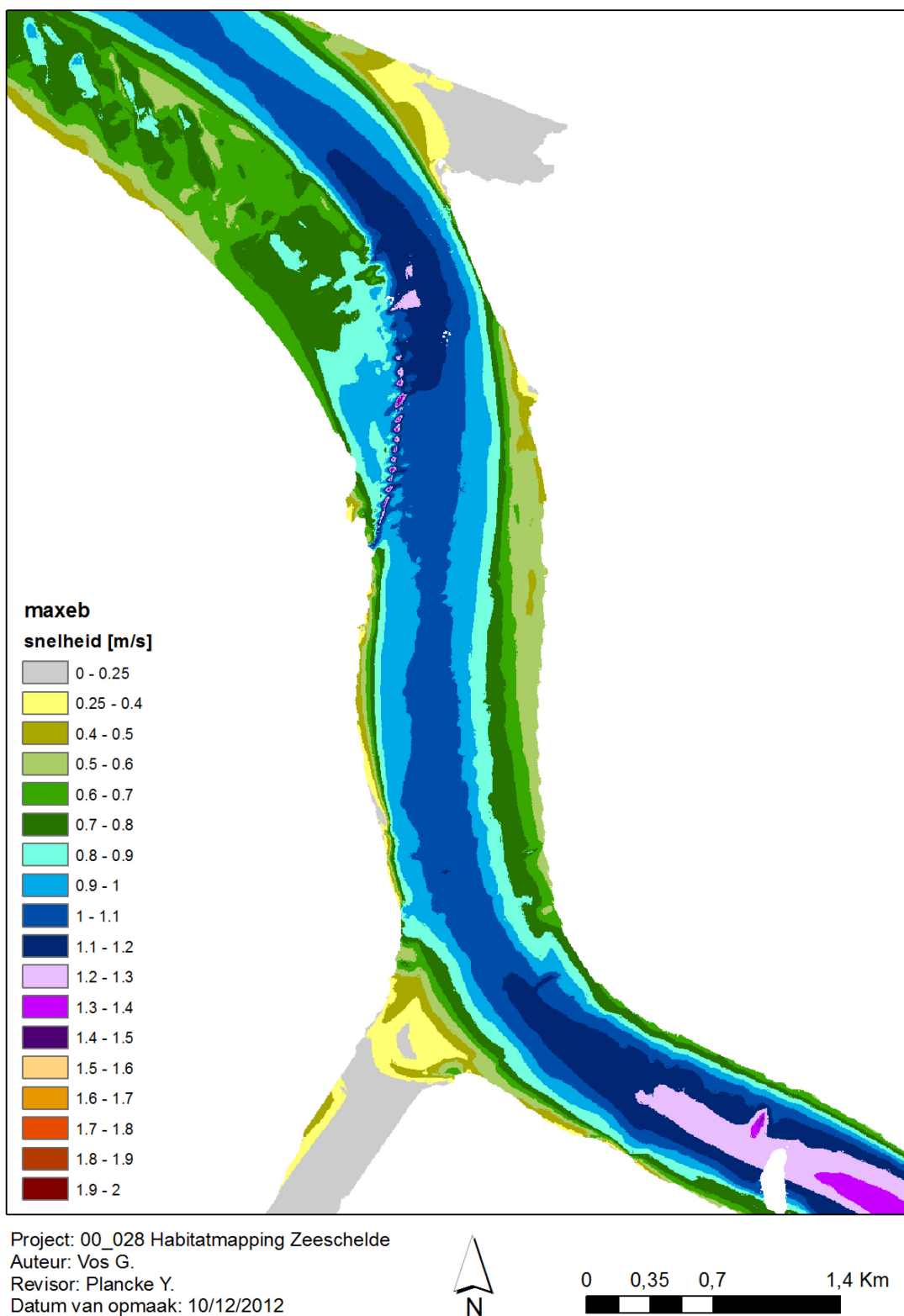


Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde
 Auteur: Vos G.
 Revisor: Plancke Y.
 Datum van opmaak: 10/12/2012

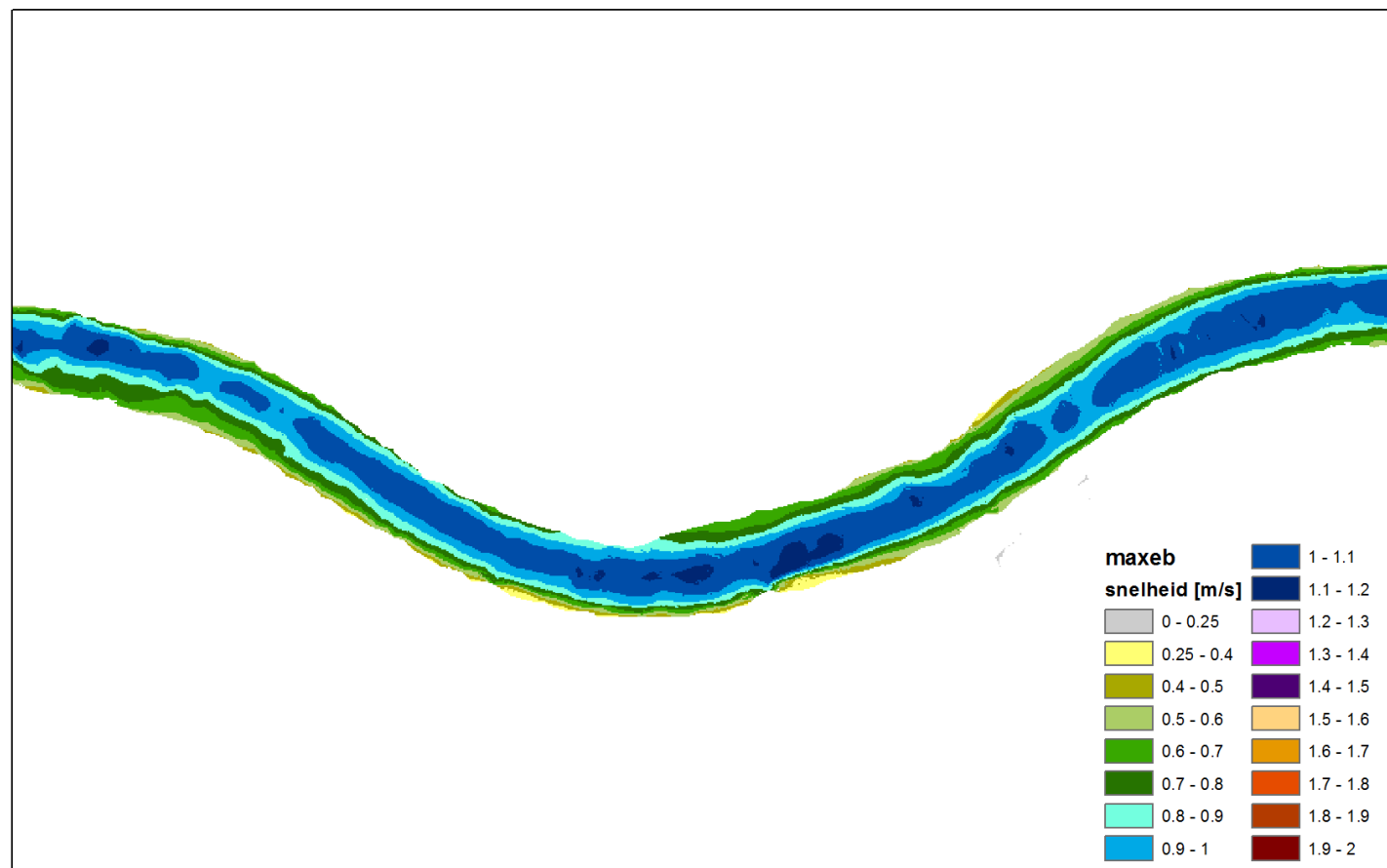


0 0,05 0,1 0,2 Km

Figuur A 52 – Tijd dat snelheid > 65 cm/s ter hoogte van Appels



Figuur A 53 – Maximale ebsnelheid ter hoogte van Ouden Doel en het Galgeschoor

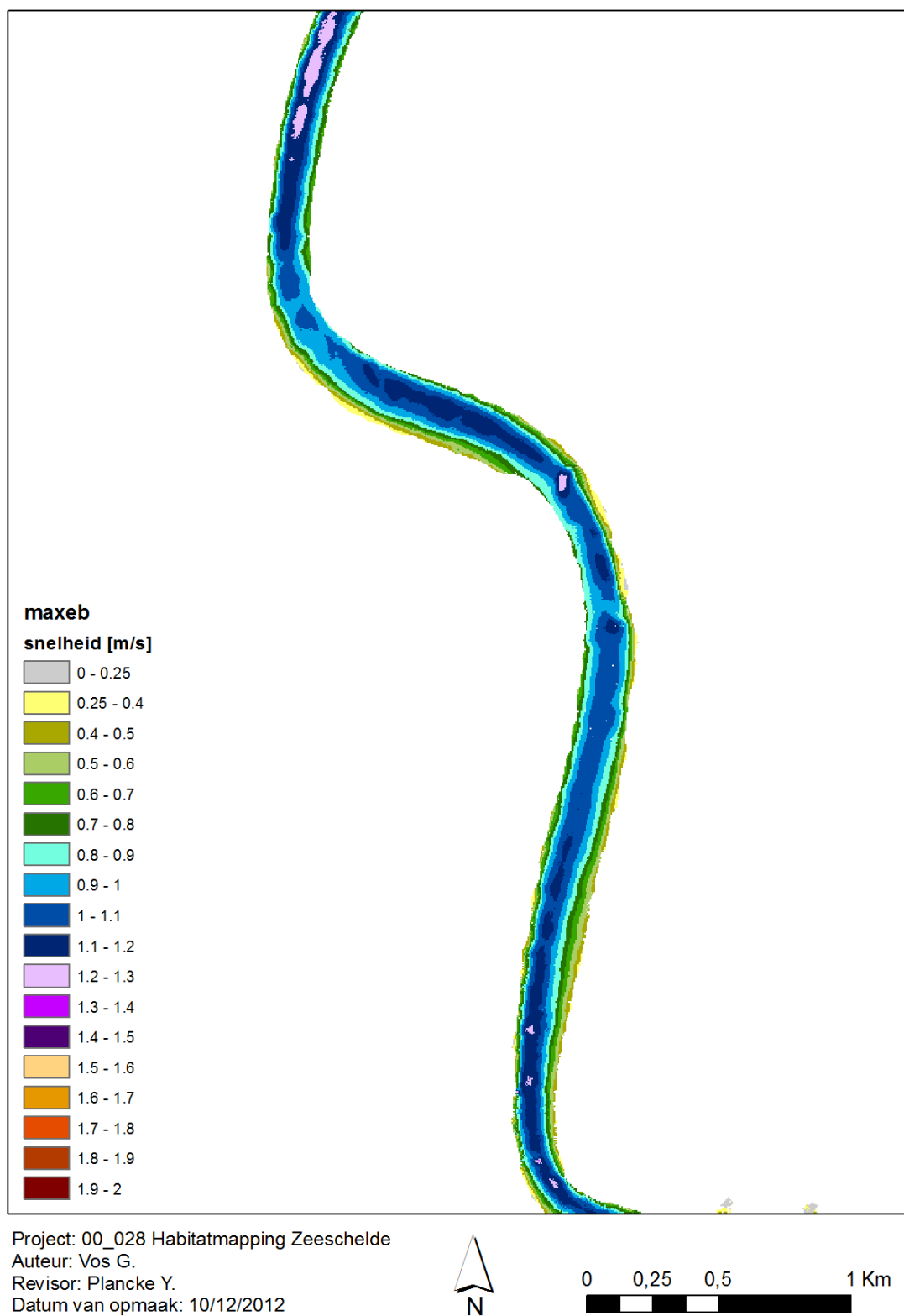


Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde
 Auteur: Vos G.
 Revisor: Plancke Y.
 Datum van opmaak: 10/12/2012

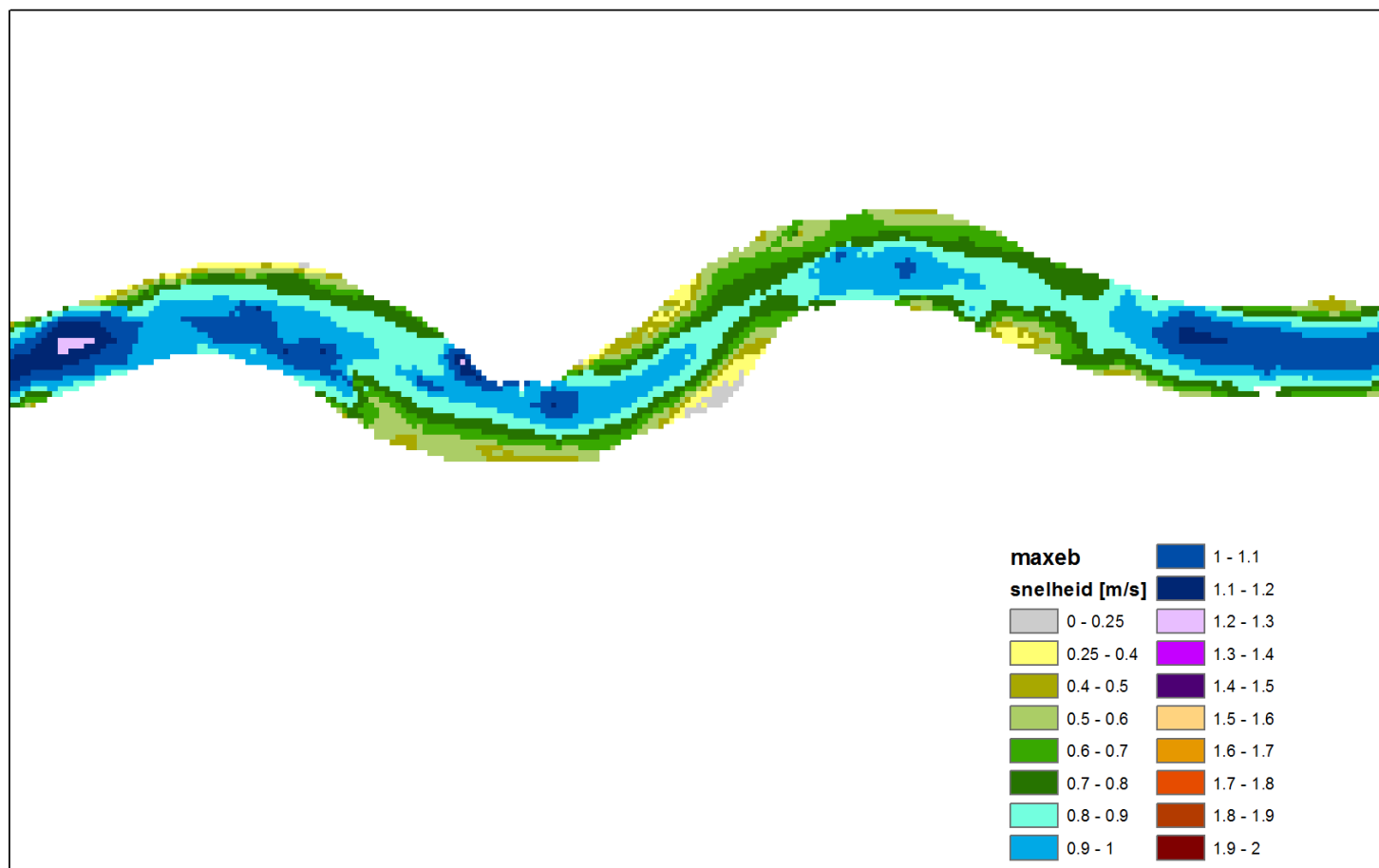


0 0,2 0,4 0,8 Km

Figuur A 54 – Maximale ebsnelheid ter hoogte van Notelaer en Ballooi



Figuur A 55 – Maximale ebsnelheid ter hoogte van Branst

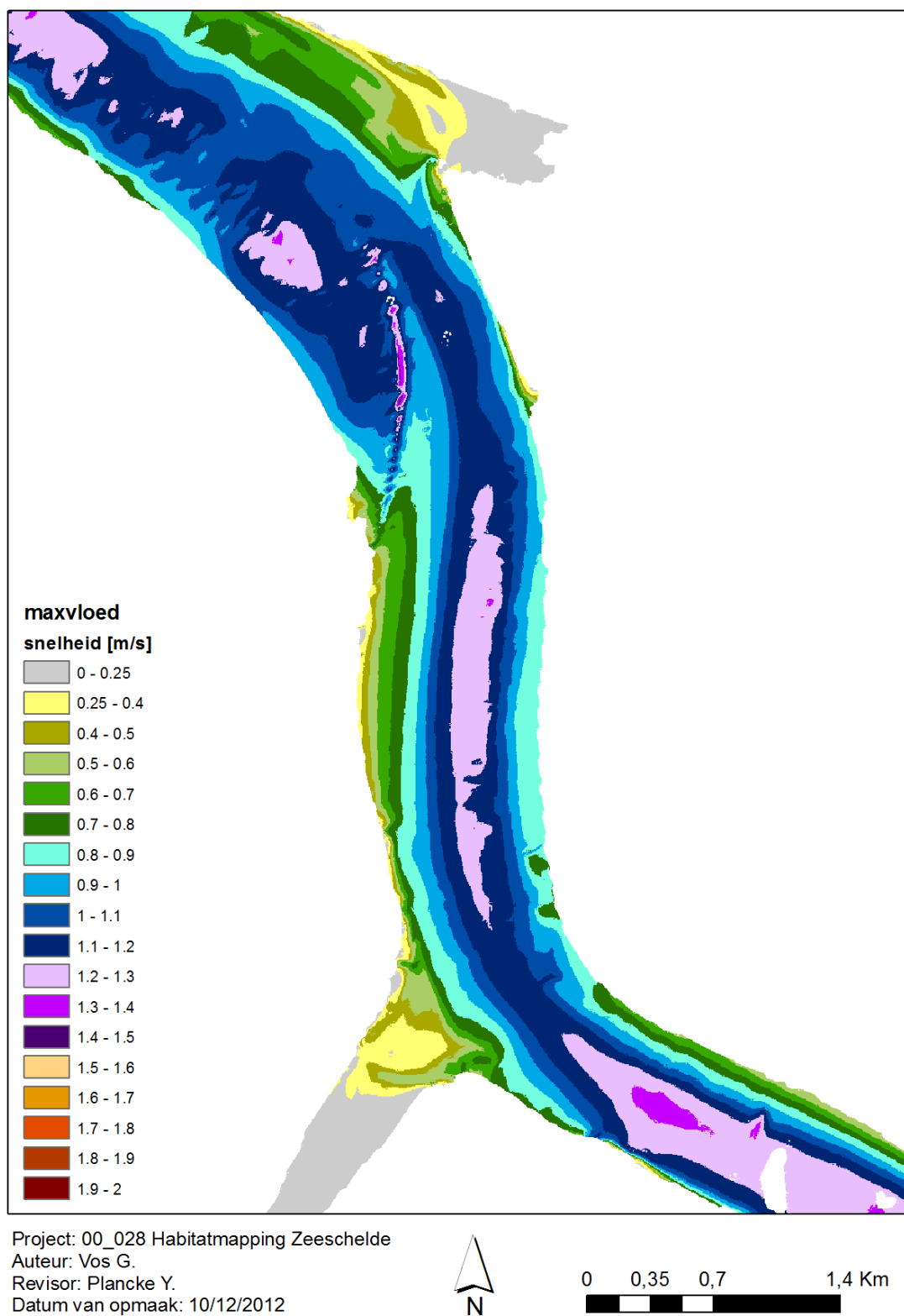


Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde
 Auteur: Vos G.
 Revisor: Plancke Y.
 Datum van opmaak: 10/12/2012

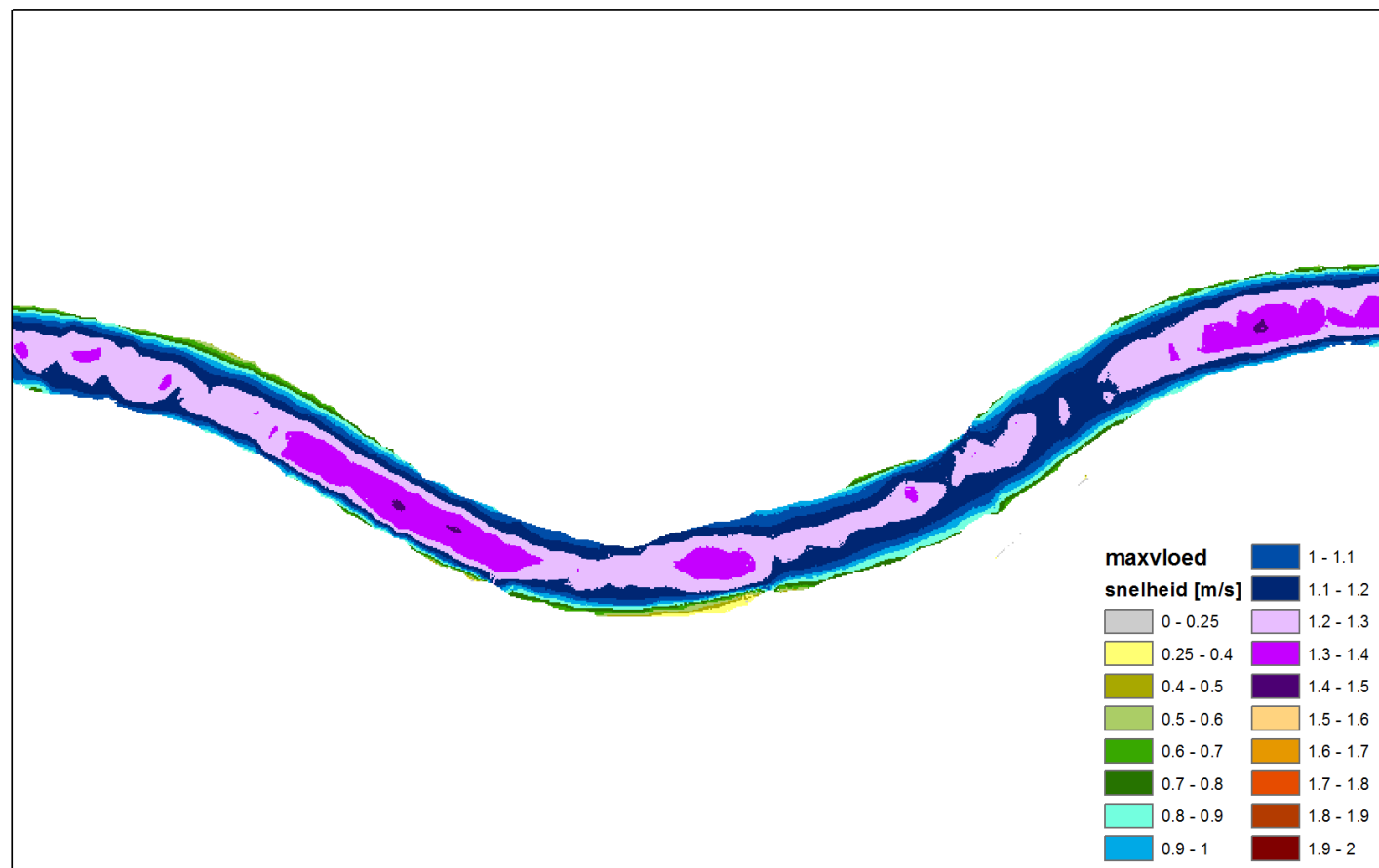


0 0,05 0,1 0,2 Km

Figuur A 56 – Maximale ebsnelheid ter hoogte van Appels



Figuur A 57 – Maximale vloedsnelheid ter hoogte van Ouden Doel en Galgeschoor

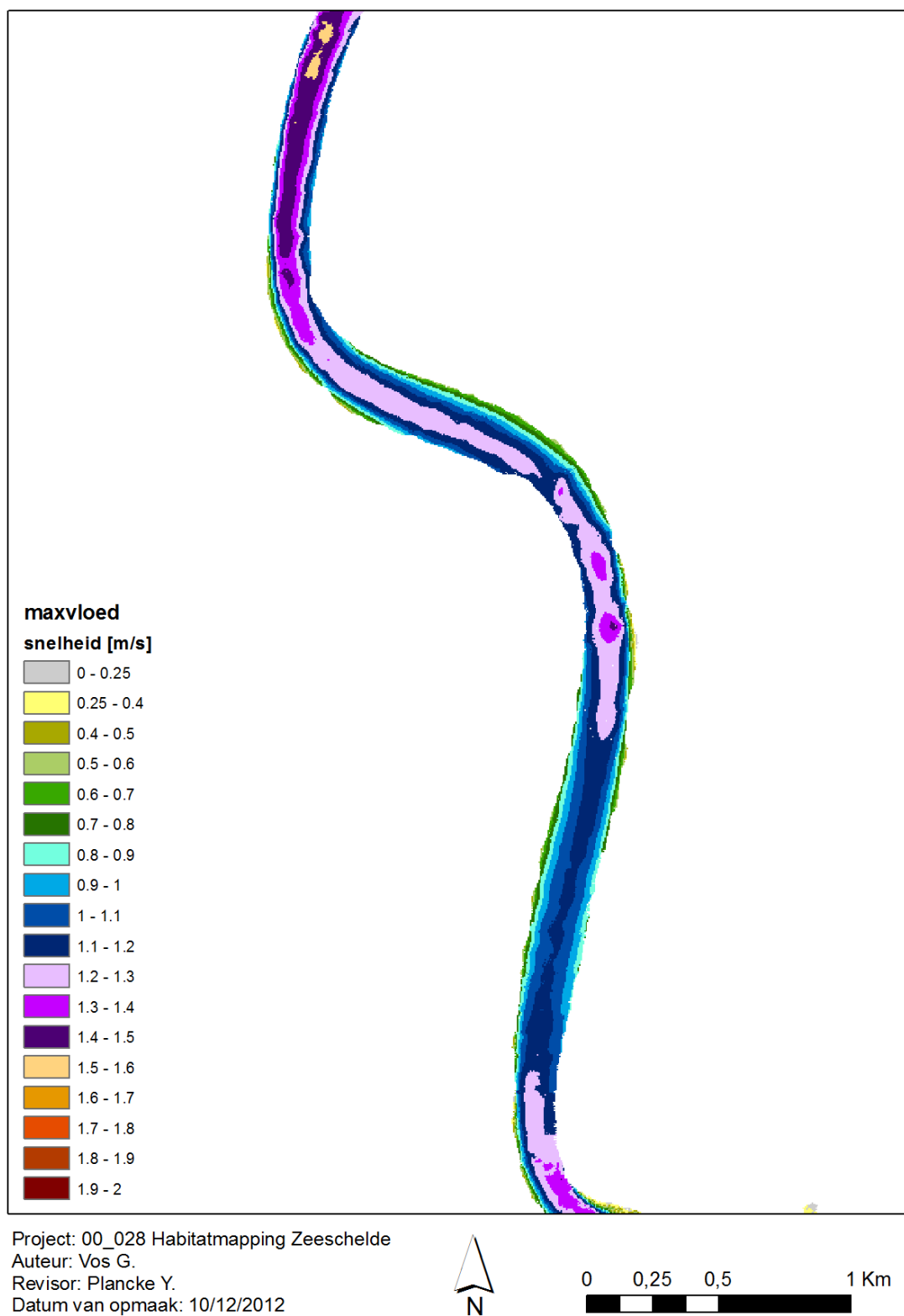


Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde
 Auteur: Vos G.
 Revisor: Plancke Y.
 Datum van opmaak: 10/12/2012

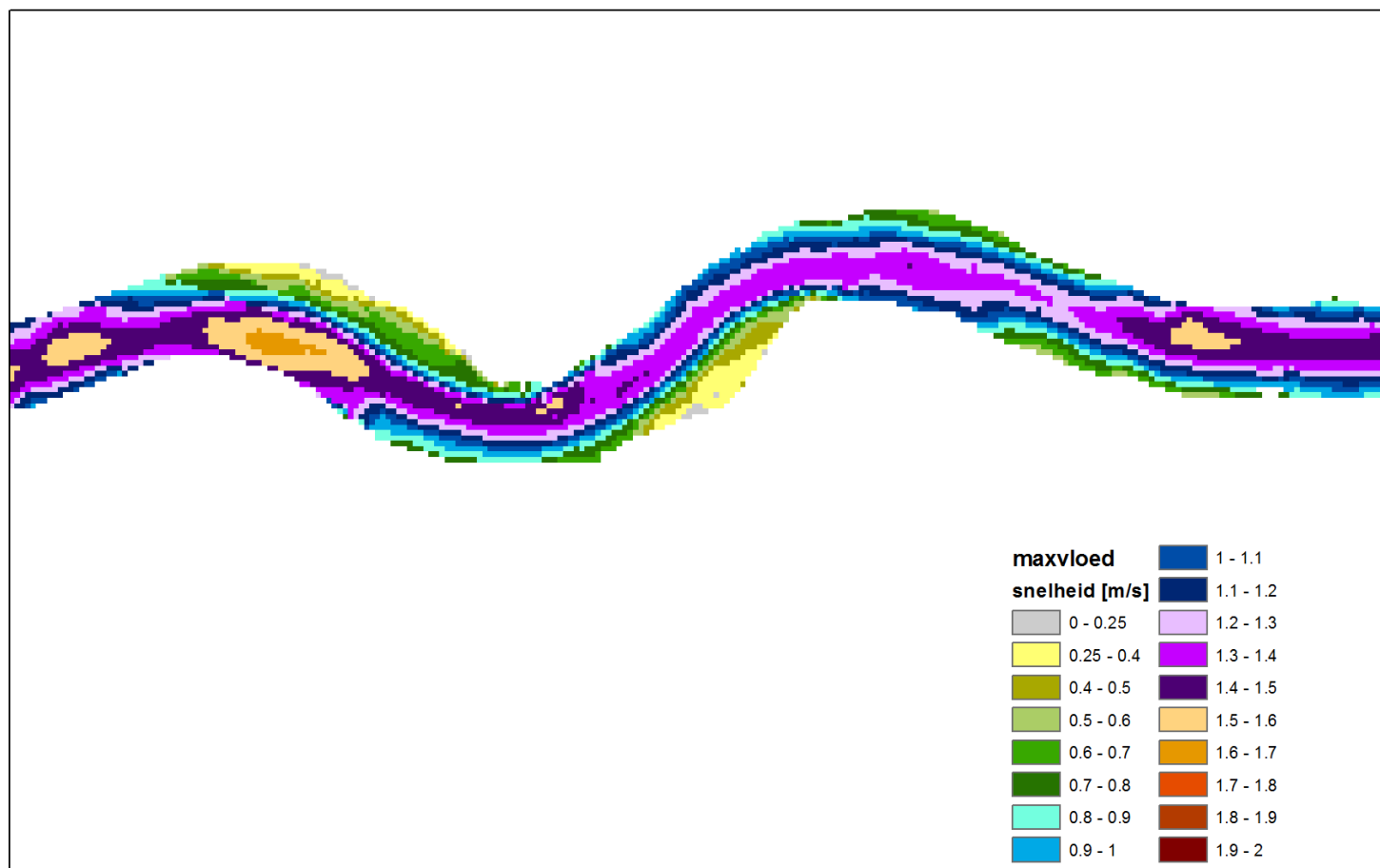


0 0,2 0,4 0,8 Km

Figuur A 58 – Maximale vloedsnelheid ter hoogte van Notelaer en Ballooi



Figuur A 59 – Maximale vloedsnelheid ter hoogte van Branst

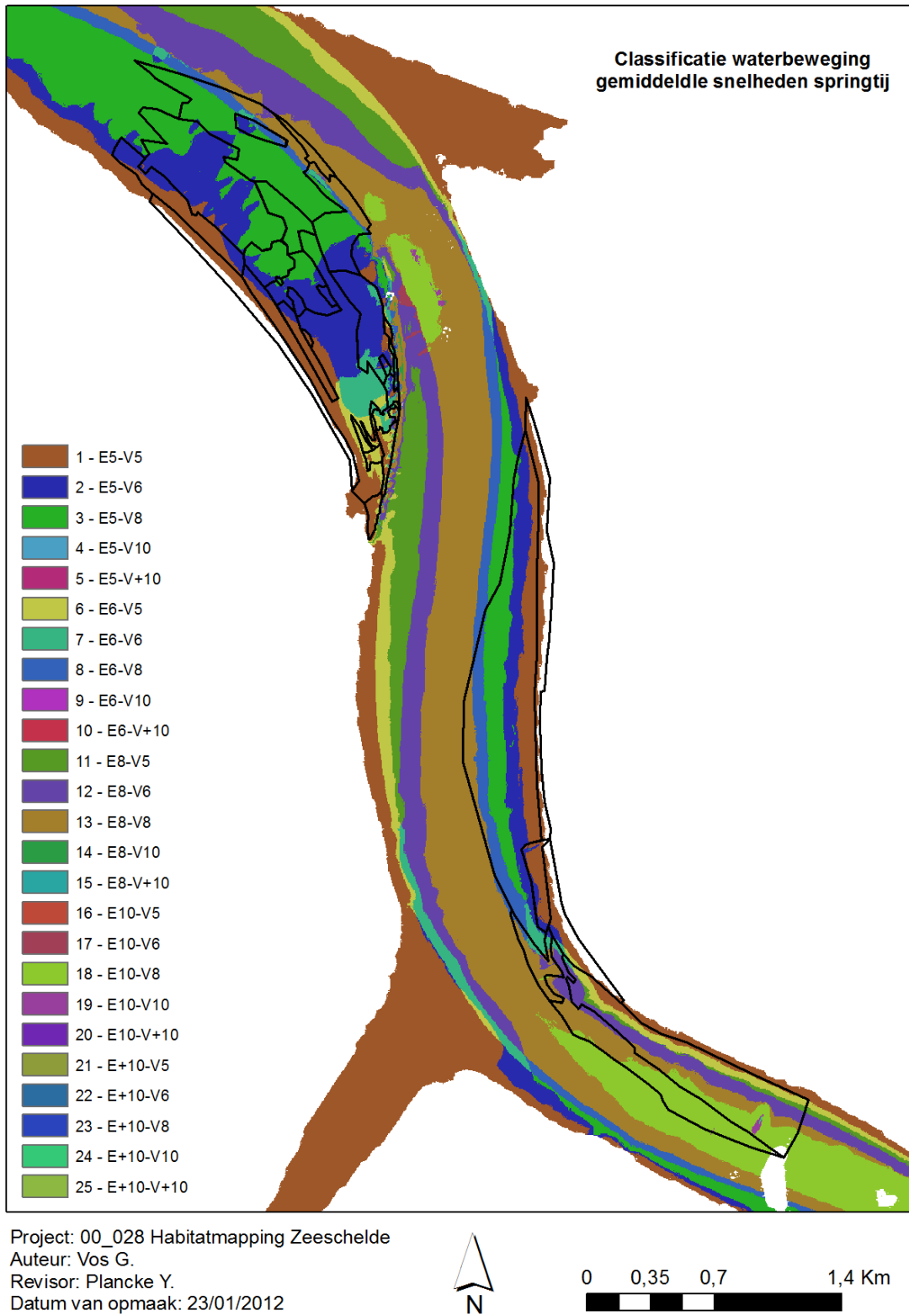


Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde
 Auteur: Vos G.
 Revisor: Plancke Y.
 Datum van opmaak: 10/12/2012

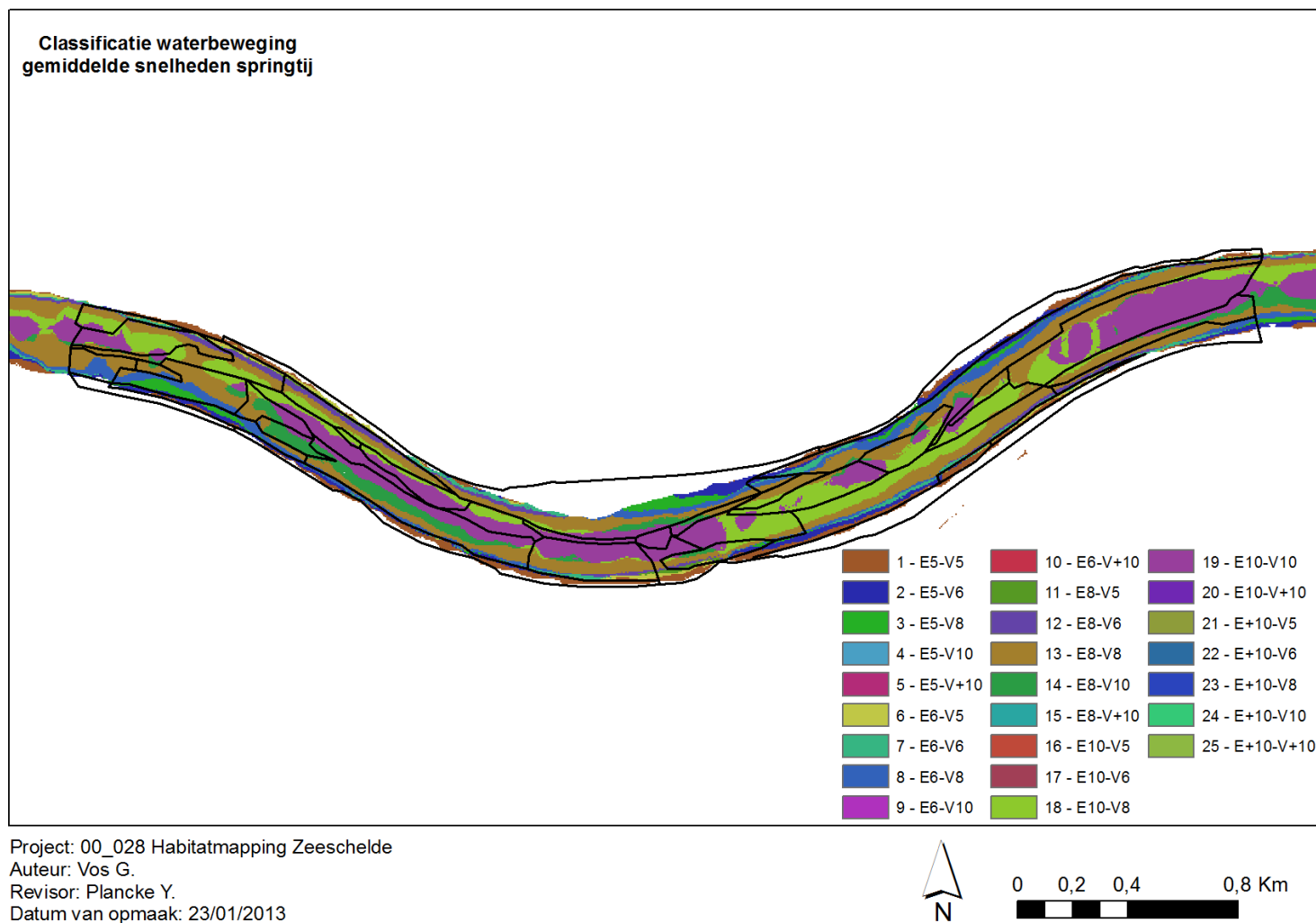


0 0,05 0,1 0,2 Km

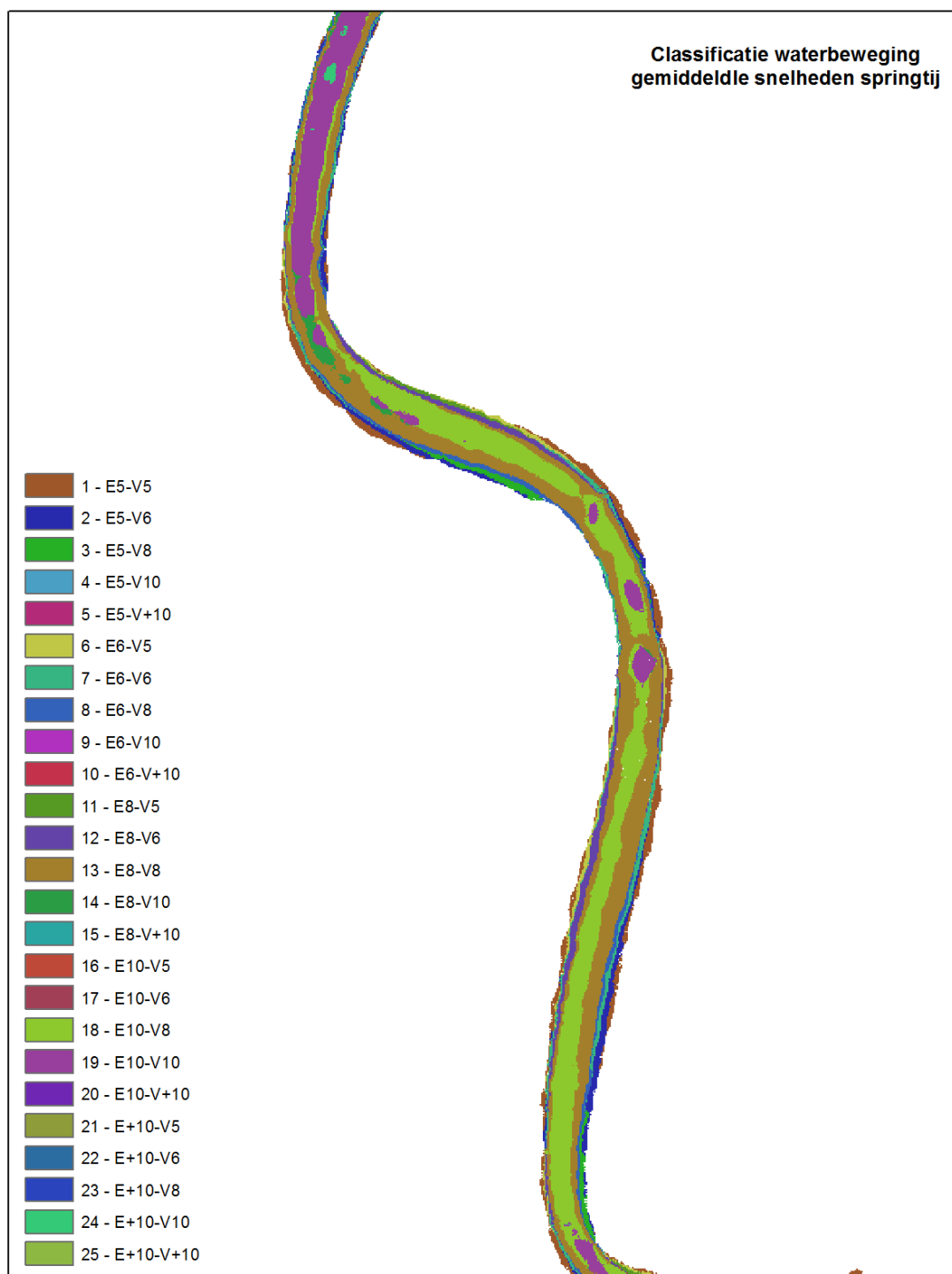
Figuur A 60 – Maximale vloedsnelheid ter hoogte van Appels



Figuur A 61 – Indeling Ouden Doel en Galgeschoor volgens gemiddelde snelheid bij springtij



Figuur A 62 –Indeling Notelaer en Ballooi volgens gemiddelde snelheid bij springtij

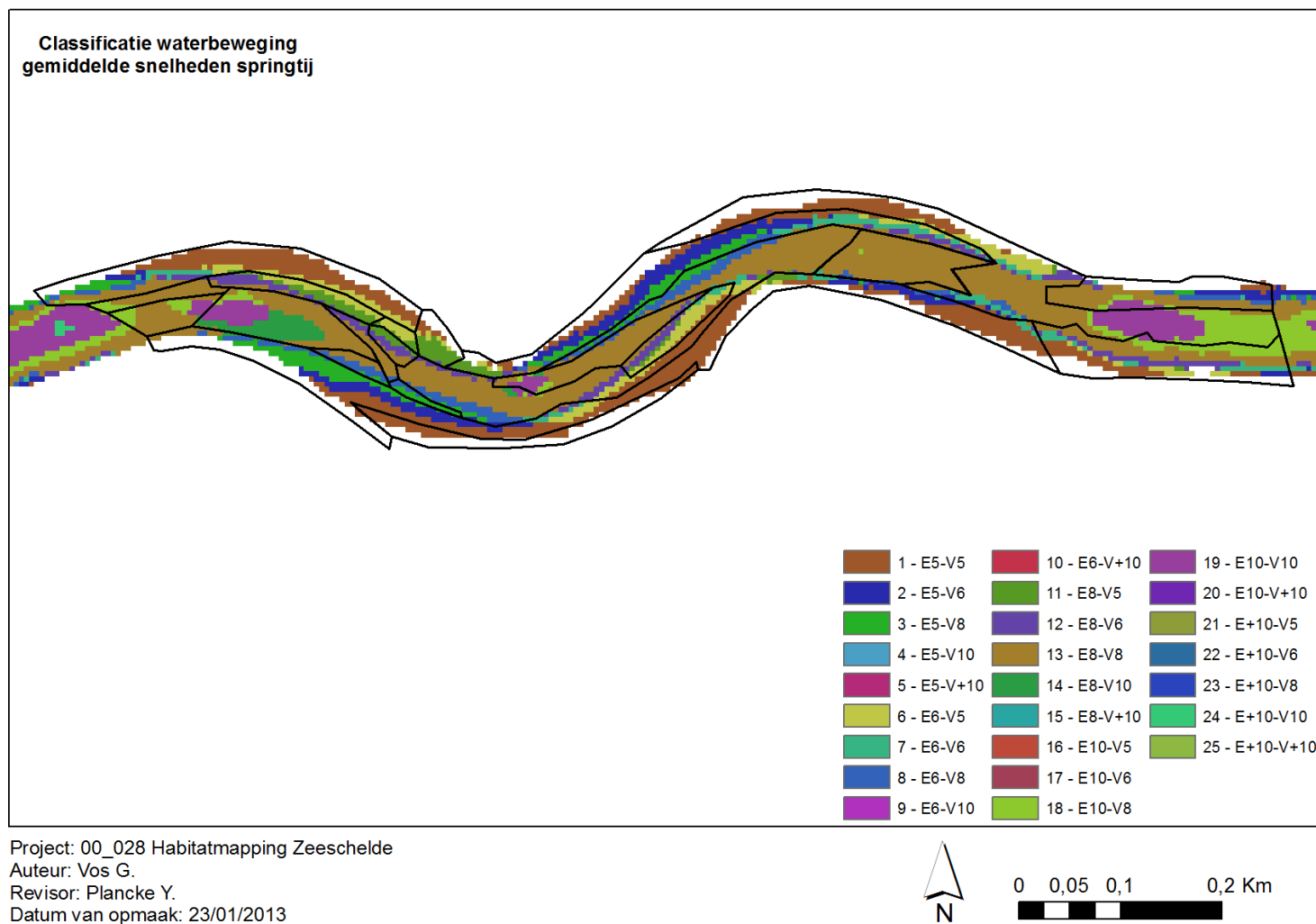


Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde
 Auteur: Vos G.
 Revisor: Plancke Y.
 Datum van opmaak: 23/01/2012

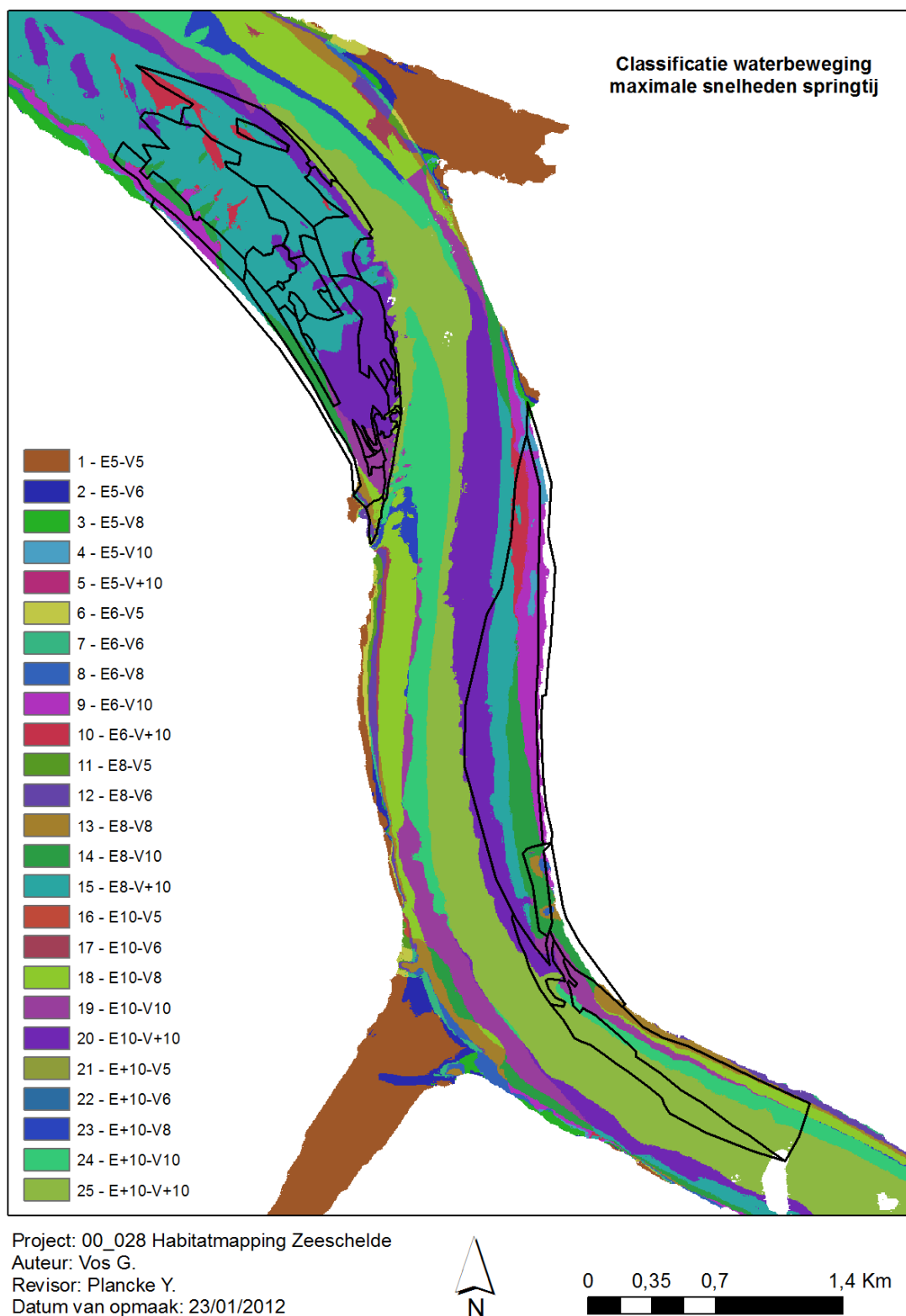


0 0,25 0,5 1 Km

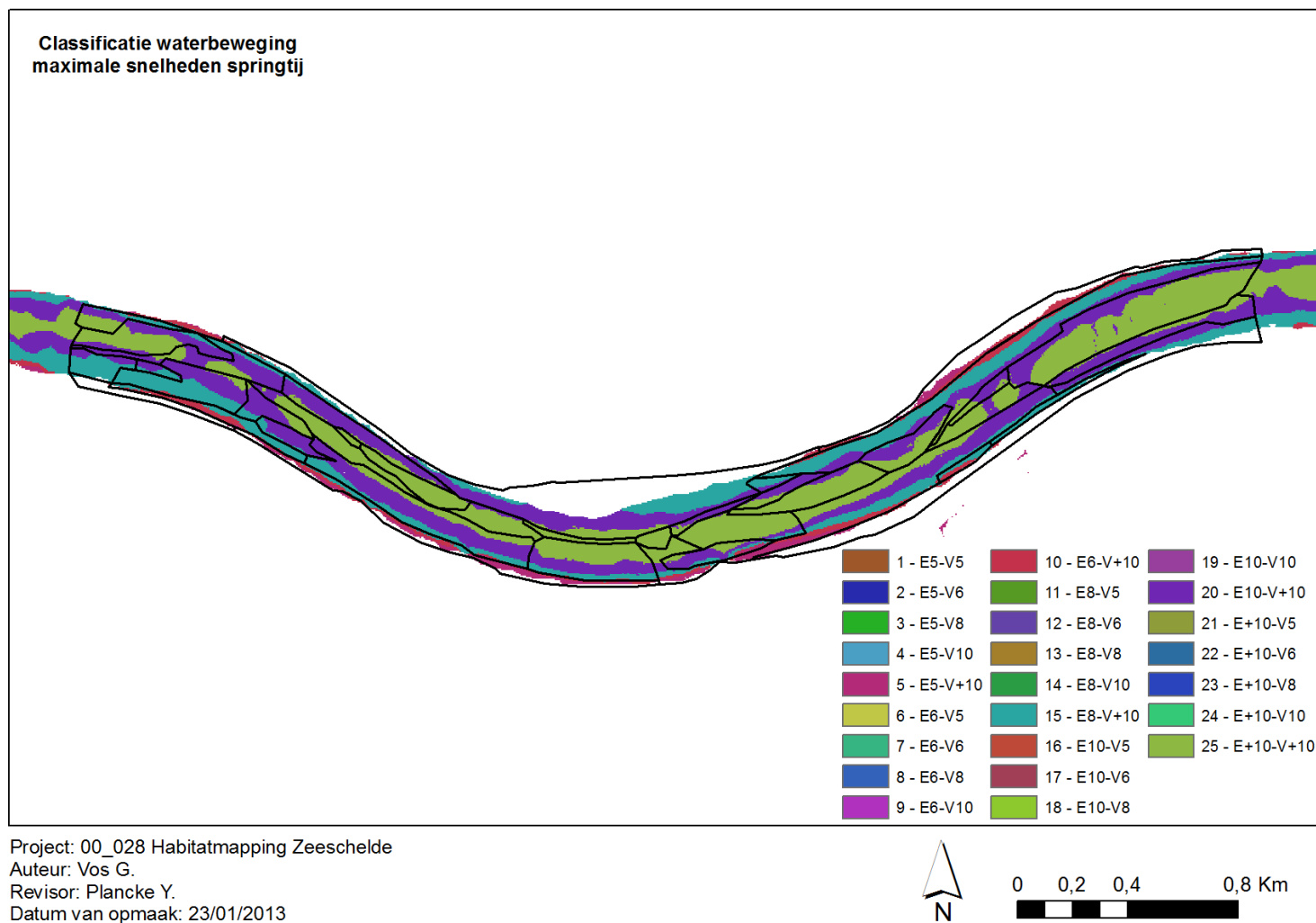
Figuur A 63 – Indeling Branst volgens gemiddelde snelheid bij springtij



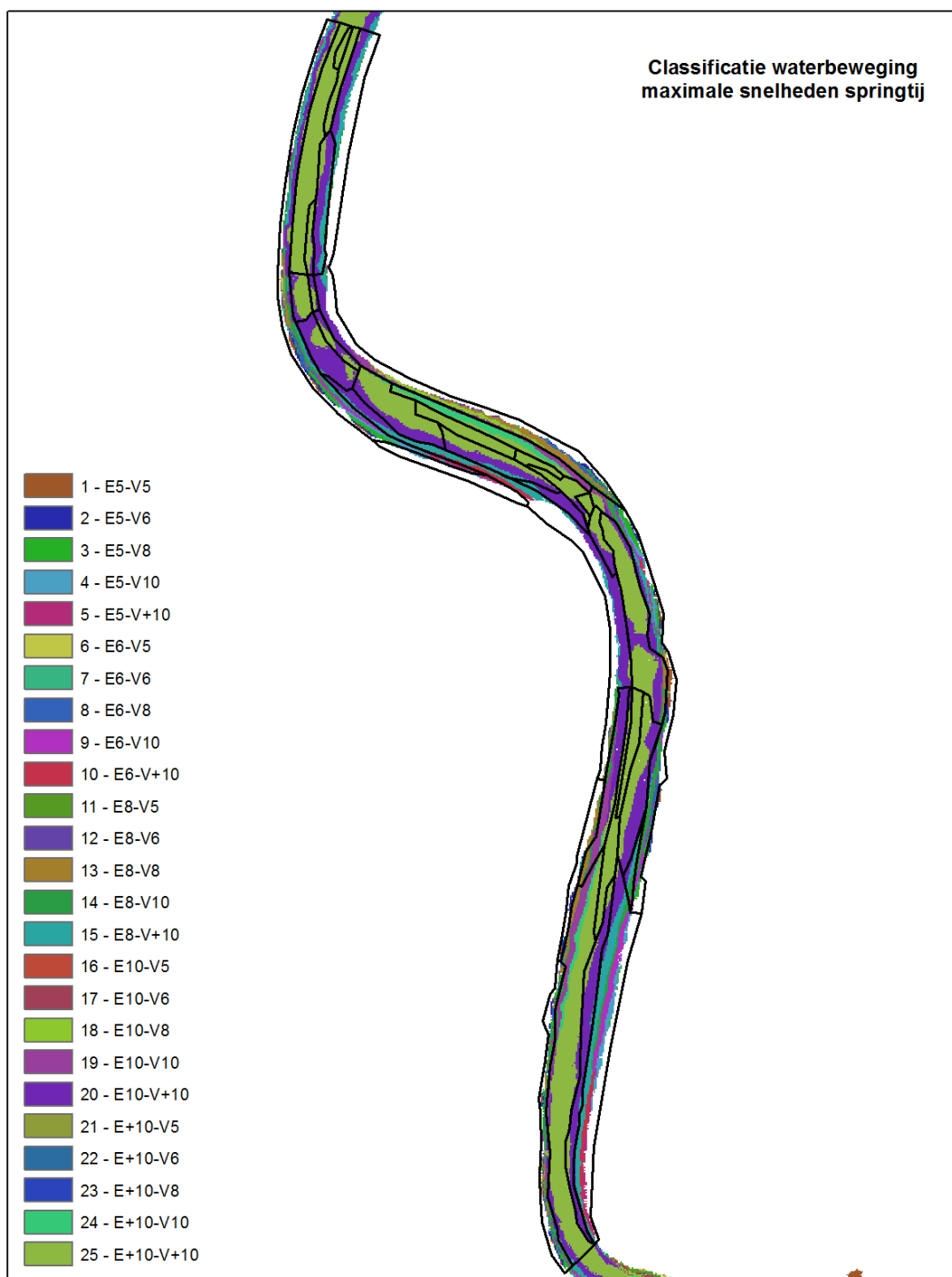
Figuur A 64 – Indeling Appels volgens gemiddelde snelheid bij springtij



Figuur A 65 – Indeling Ouden Doel en Galgeschoor volgens maximale snelheid bij springtij



Figuur A 66 –Indeling Notelaer en Ballooi volgens maximale snelheid bij springtij

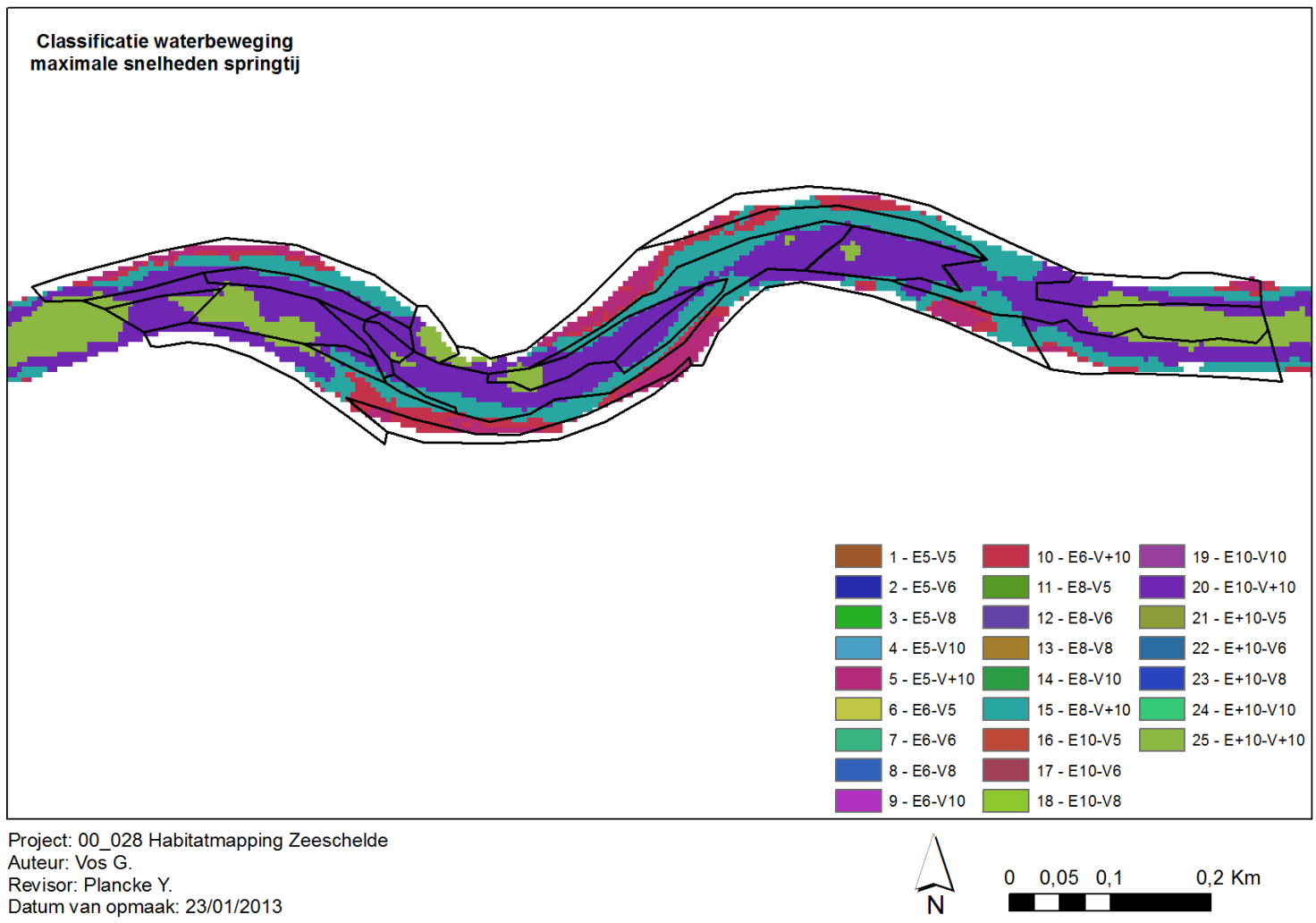


Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde
 Auteur: Vos G.
 Revisor: Plancke Y.
 Datum van opmaak: 23/01/2012

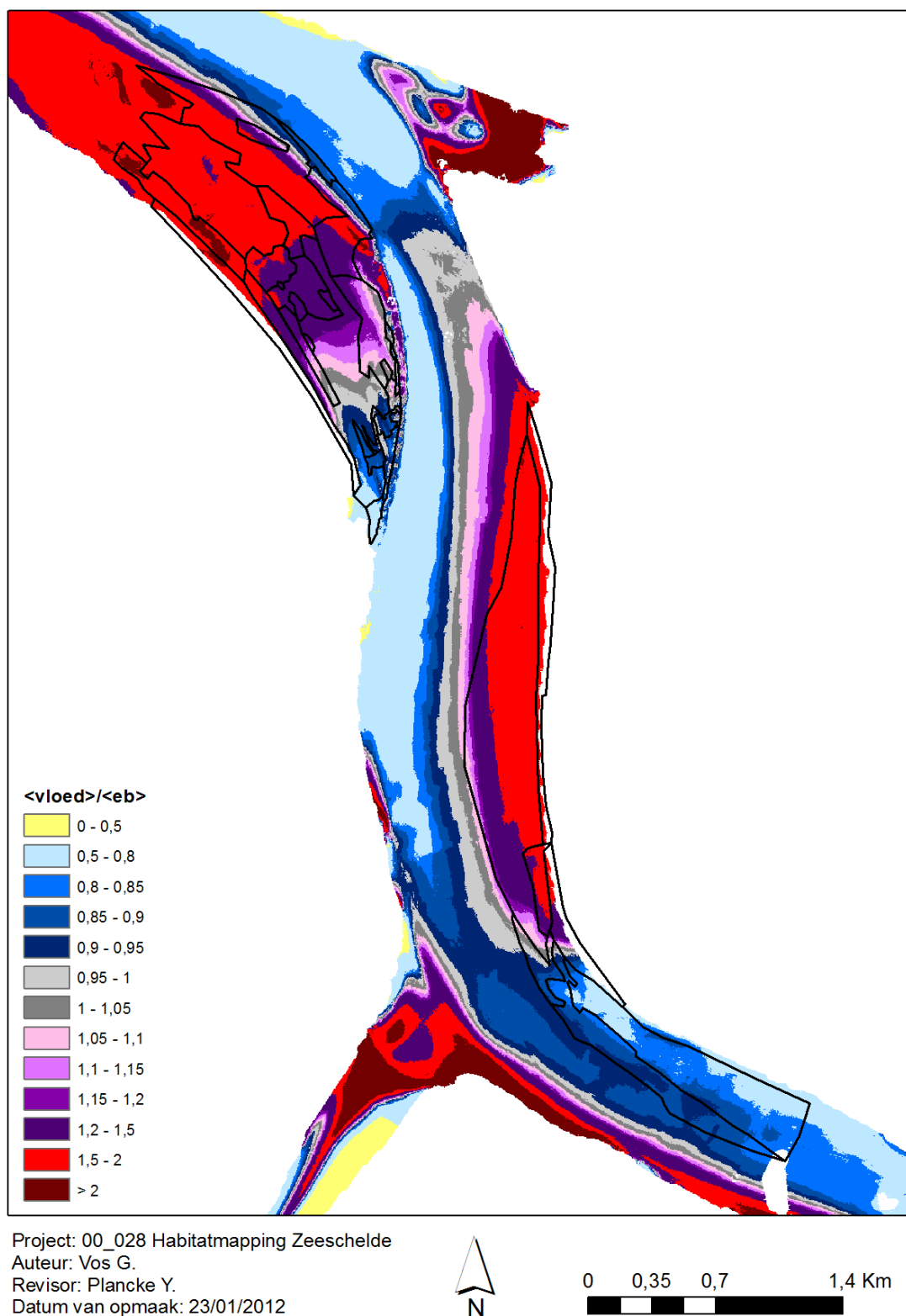


0 0,25 0,5 1 Km

Figuur A 67 – Indeling Branst volgens maximale snelheid bij springtij



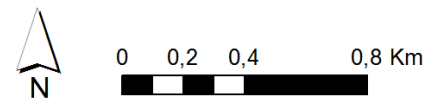
Figuur A 68 – Indeling Appels volgens maximale snelheid bij springtij



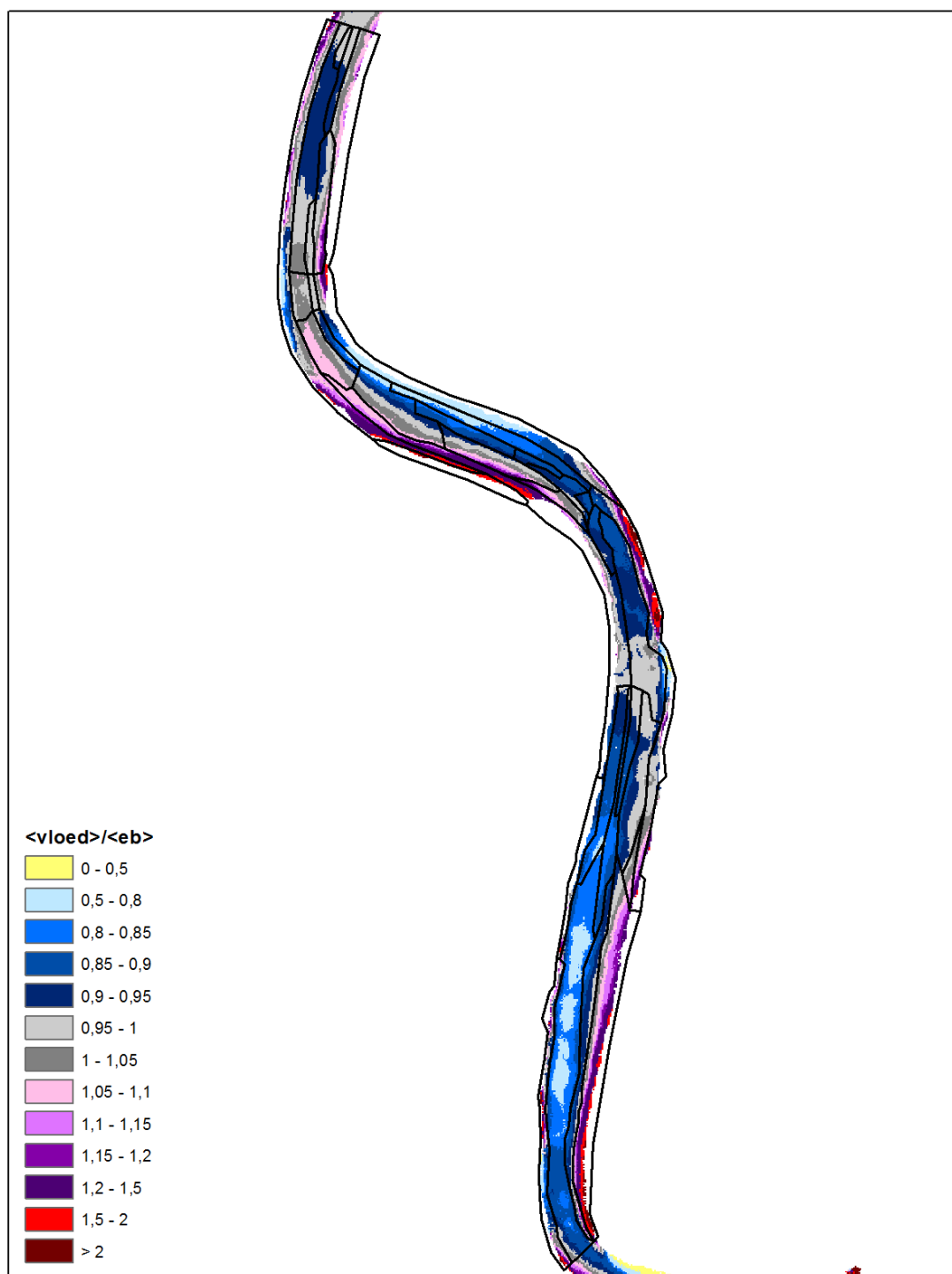
Figuur A 69 –Ouden Doel en Galgeschoor: verhouding gemiddelde vloedsnelheid – gemiddelde ebsnelheid bij gemiddeld getij



Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde
Auteur: Vos G.
Revisor: Plancke Y.
Datum van opmaak: 23/01/2013



Figuur A 70 –Notelaer en Ballooi: verhouding gemiddelde vloedsnelheid – gemiddelde ebsnelheid bij gemiddeld getij

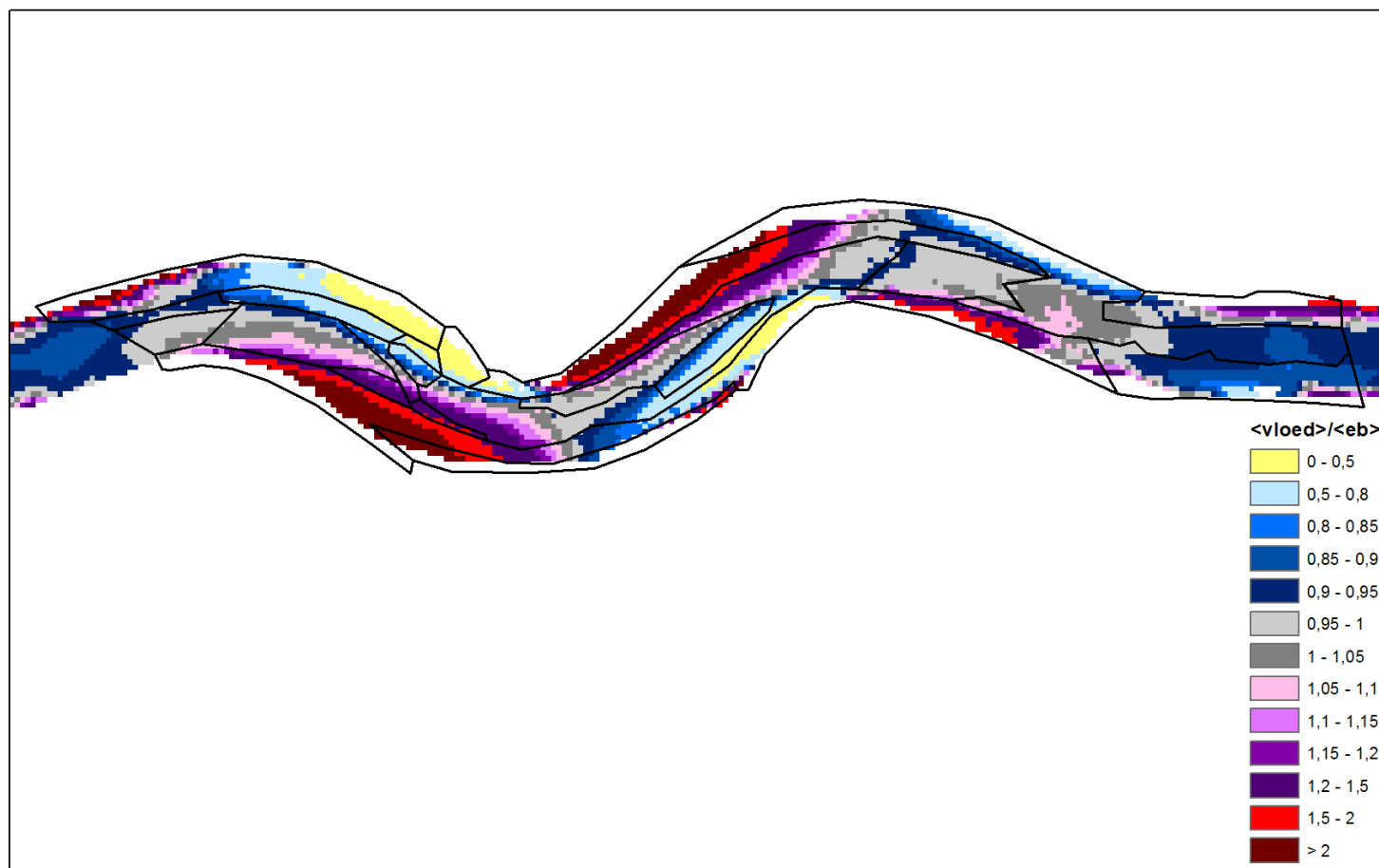


Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde
Auteur: Vos G.
Revisor: Plancke Y.
Datum van opmaak: 23/01/2012



0 0,25 0,5 1 Km

Figuur A 71 – Branst: verhouding gemiddelde vloedsnelheid – gemiddelde ebsnelheid bij gemiddeld getij

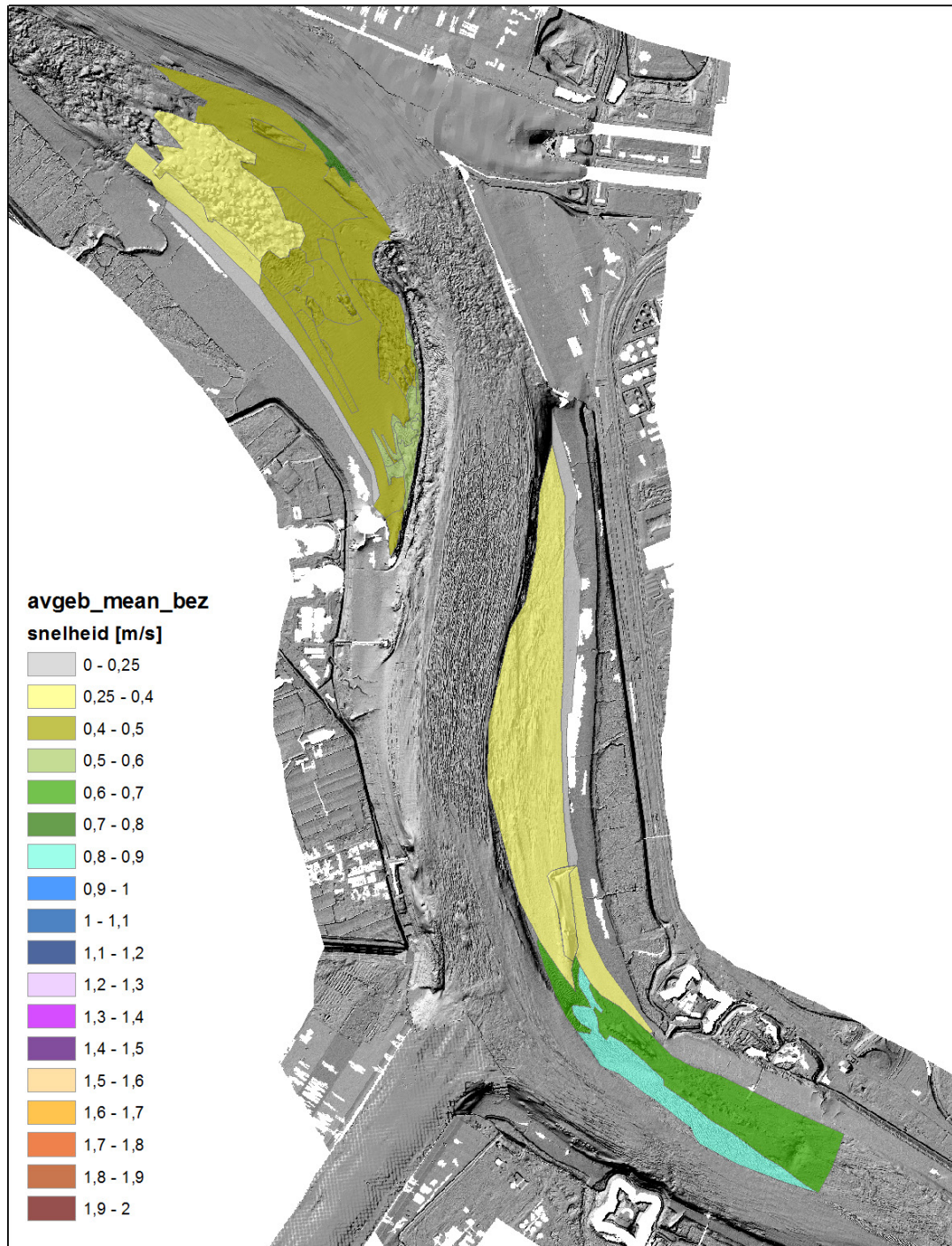


Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde
 Auteur: Vos G.
 Revisor: Plancke Y.
 Datum van opmaak: 23/01/2013



0 0,05 0,1 0,2 Km

Figuur A 72 –Appels: verhouding gemiddelde vloedsnelheid – gemiddelde ebsnelheid bij gemiddeld getij

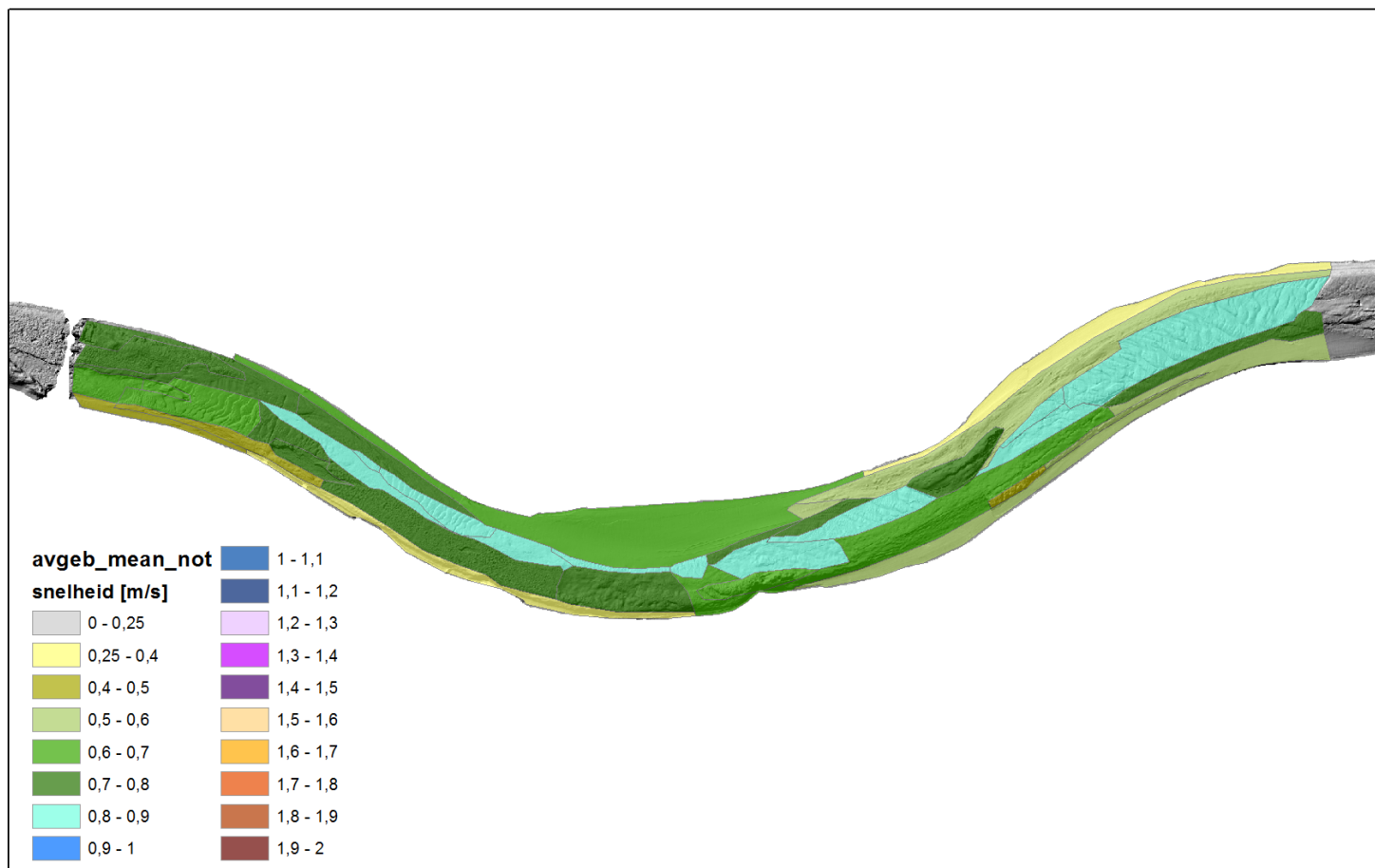


Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde
Auteur: Vos G.
Revisor: Plancke Y.
Datum van opmaak: 23/01/2012



0 0,2 0,4 0,8 Km

Figuur A 73 – Classificatie van deelgebieden ter hoogte van Ouden Doel en Galgeschoor op basis van gemiddelde ebsnelheid

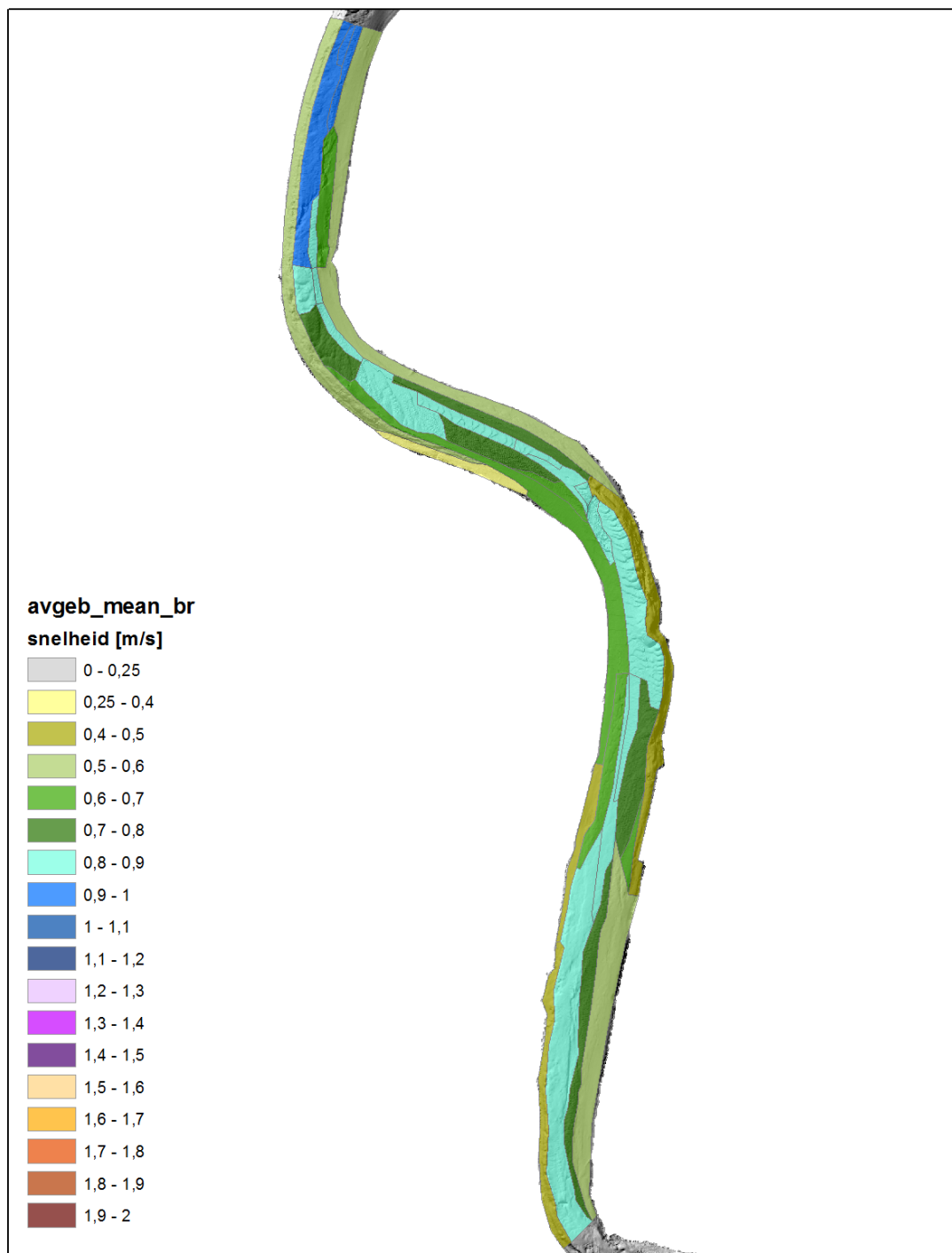


Project: 00_028 Habitatmapping ZS
 Auteur: Vos G.
 Revisor: Plancke Y.
 Datum van opmaak: 25/01/2013



0 250 500 1.000 Meters

Figuur A 74 – Classificatie van deelgebieden ter hoogte van Notelaer en Ballooi op basis van gemiddelde ebsnelheid

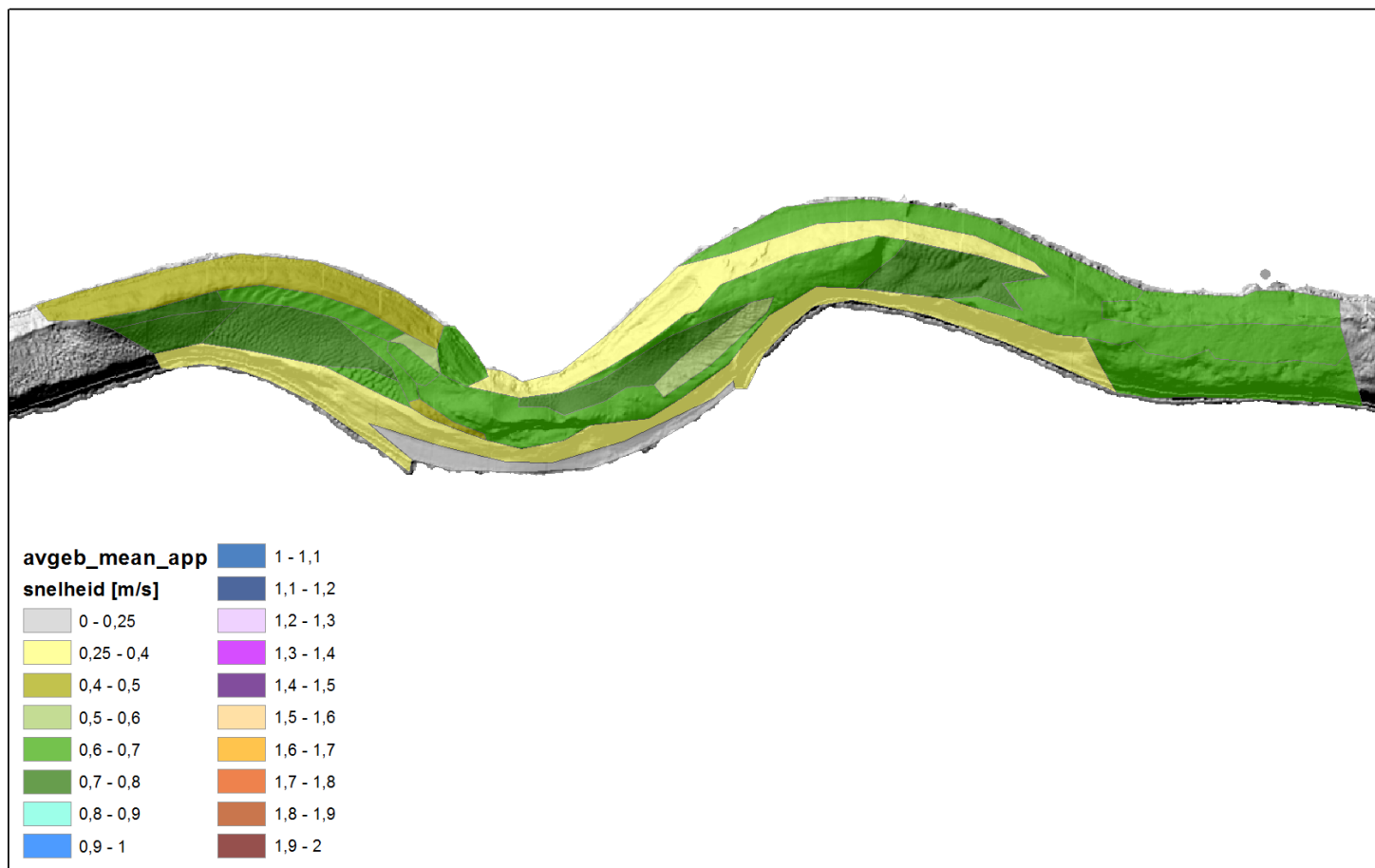


Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde
Auteur: Vos G.
Revisor: Plancke Y.
Datum van opmaak: 23/01/2012

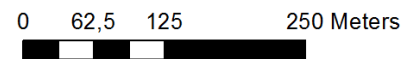


0 0,150,3 0,6 Km

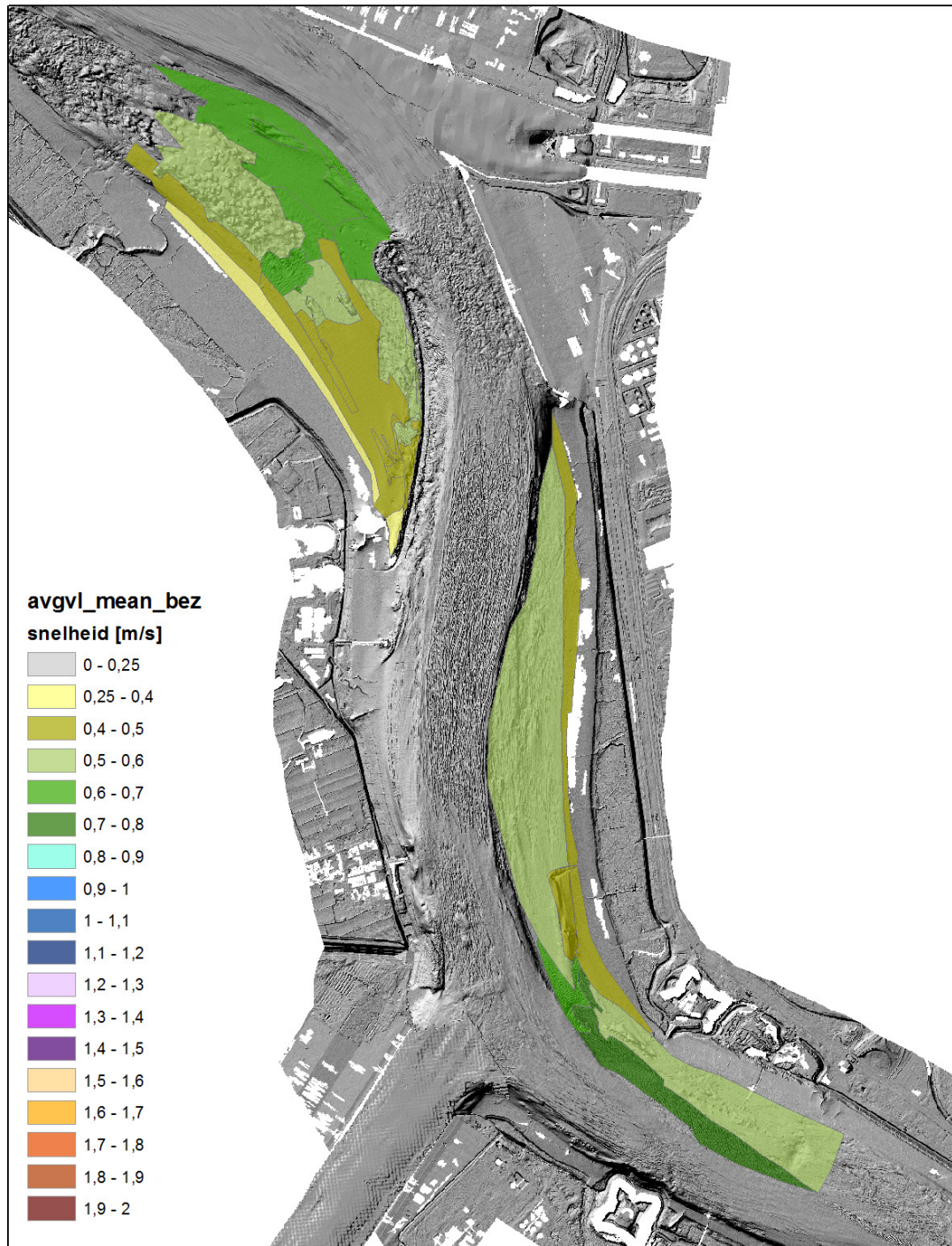
Figuur A 75 – Classificatie van deelgebieden ter hoogte van Branst op basis van gemiddelde ebsnelheid



Project: 00_028 Habitatmapping ZS
 Auteur: Vos G.
 Revisor: Plancke Y.
 Datum van opmaak: 25/01/2013



Figuur A 76 – Classificatie van deelgebieden ter hoogte van Appels op basis van gemiddelde ebsnelheid

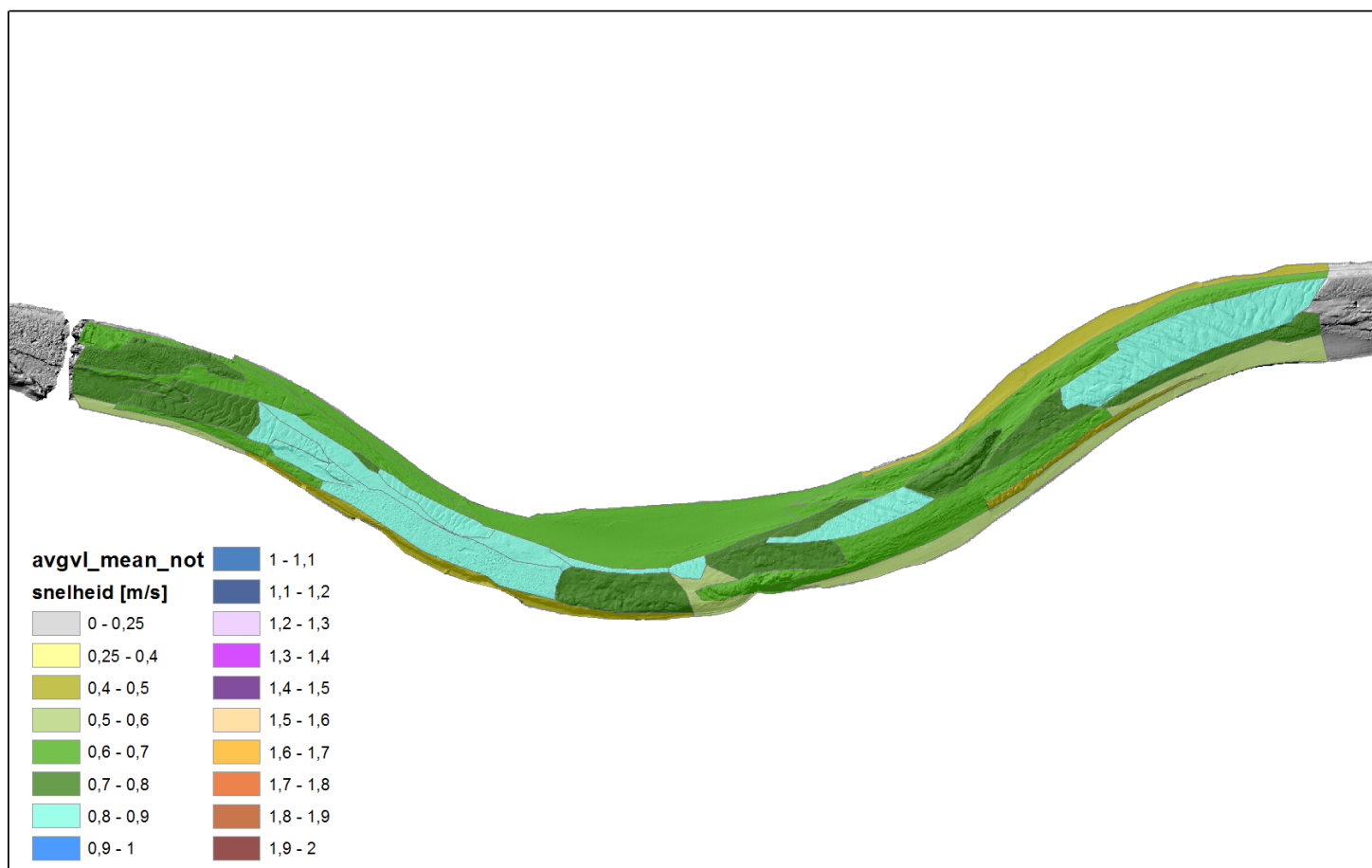


Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde
Auteur: Vos G.
Revisor: Plancke Y.
Datum van opmaak: 23/01/2012

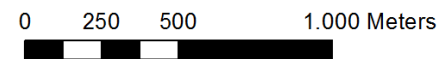


0 0,2 0,4 0,8 Km

Figuur A 77 – Classificatie van deelgebieden ter hoogte van Ouden Doel en Galgeschoor op basis van gemiddelde vloedsnelheid



Project: 00_028 Habitatmapping ZS
 Auteur: Vos G.
 Revisor: Plancke Y.
 Datum van opmaak: 25/01/2013



Figuur A 78 – Classificatie van deelgebieden ter hoogte van Notelaer en Ballooi op basis van gemiddelde vloedsnelheid

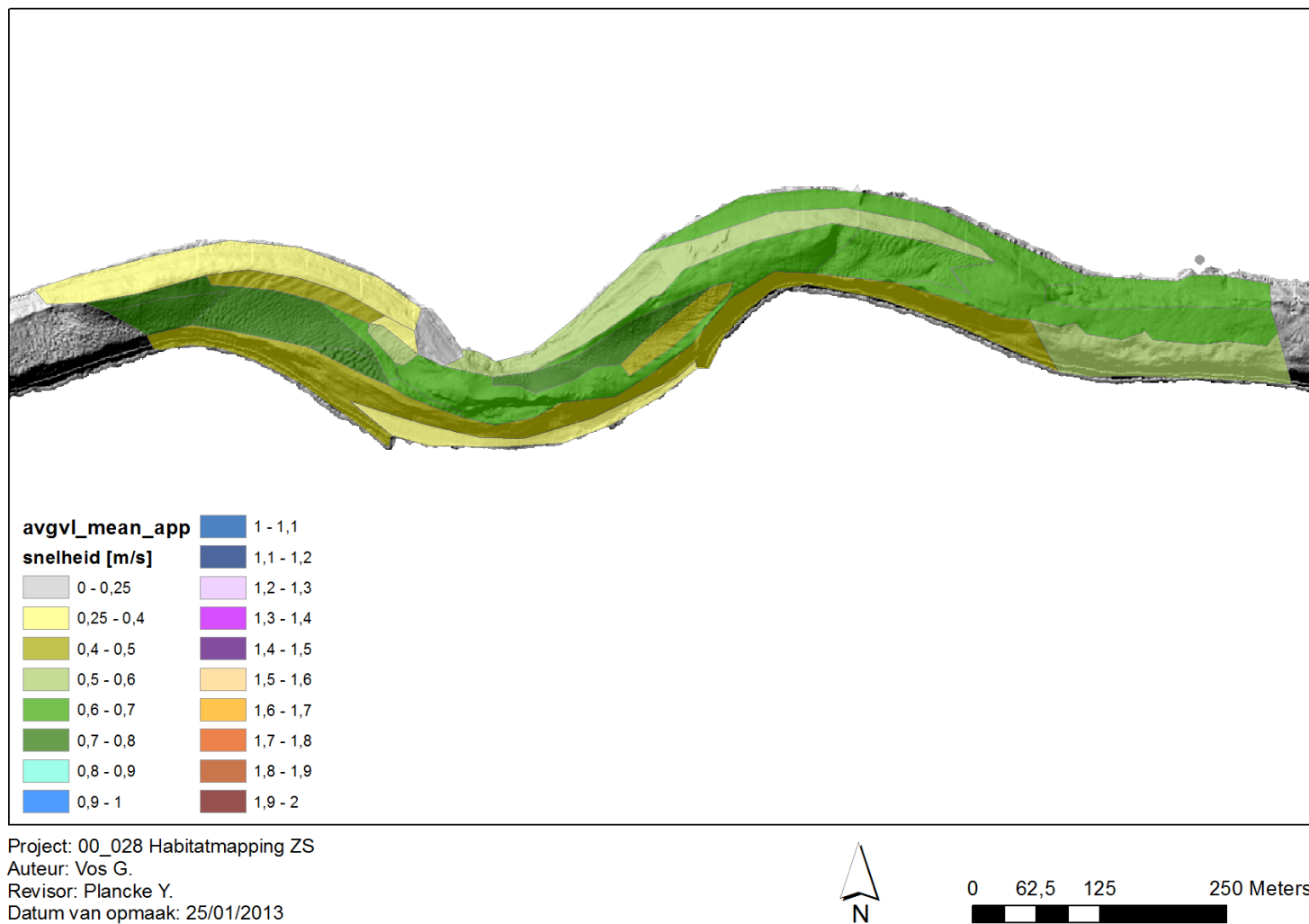


Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde
Auteur: Vos G.
Revisor: Plancke Y.
Datum van opmaak: 23/01/2012

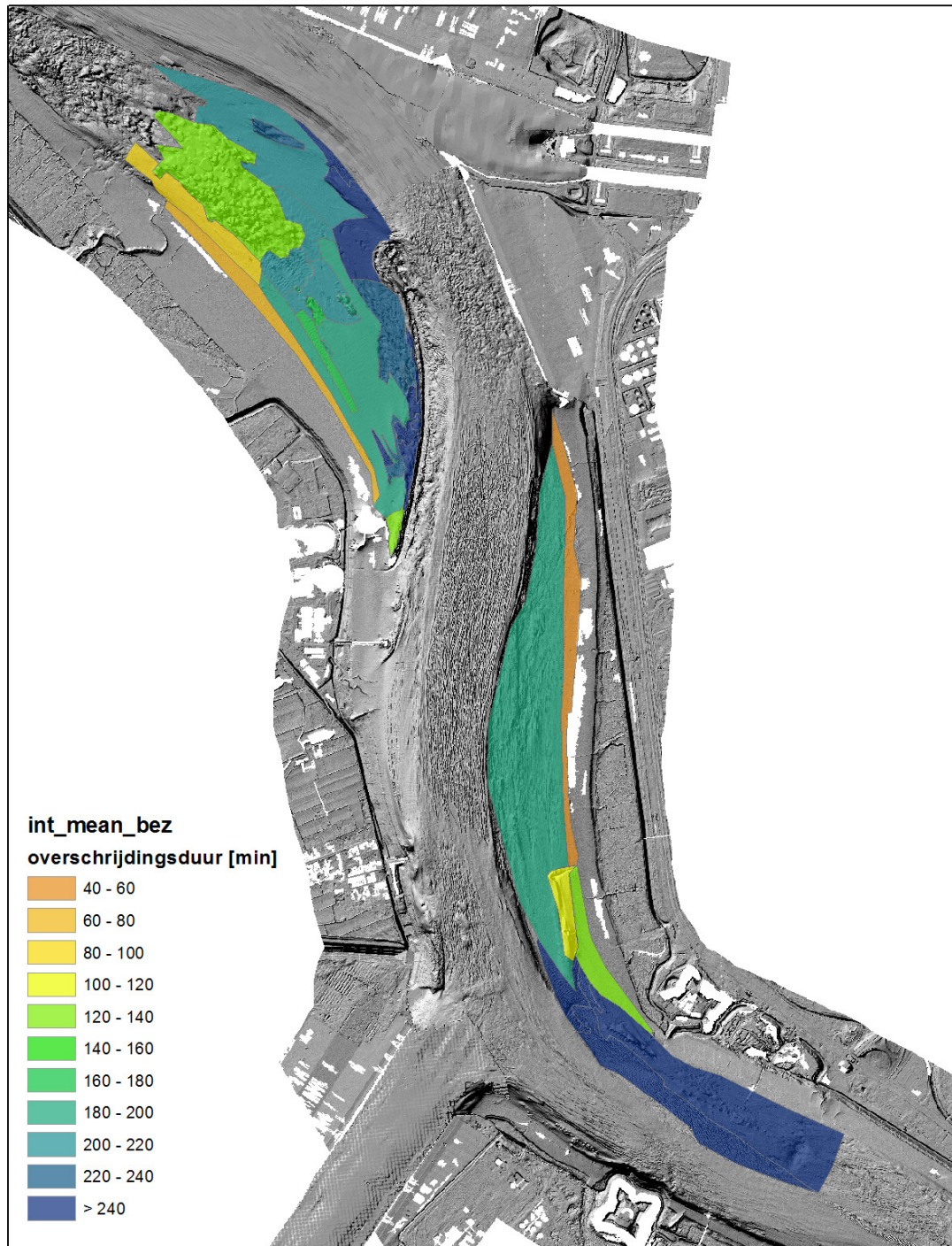


0 0,150,3 0,6 Km

Figuur A 79 – Classificatie van deelgebieden ter hoogte van Branst op basis van gemiddelde vloedsnelheid



Figuur A 80 – Classificatie van deelgebieden ter hoogte van Appels op basis van gemiddelde vloodsnelheid

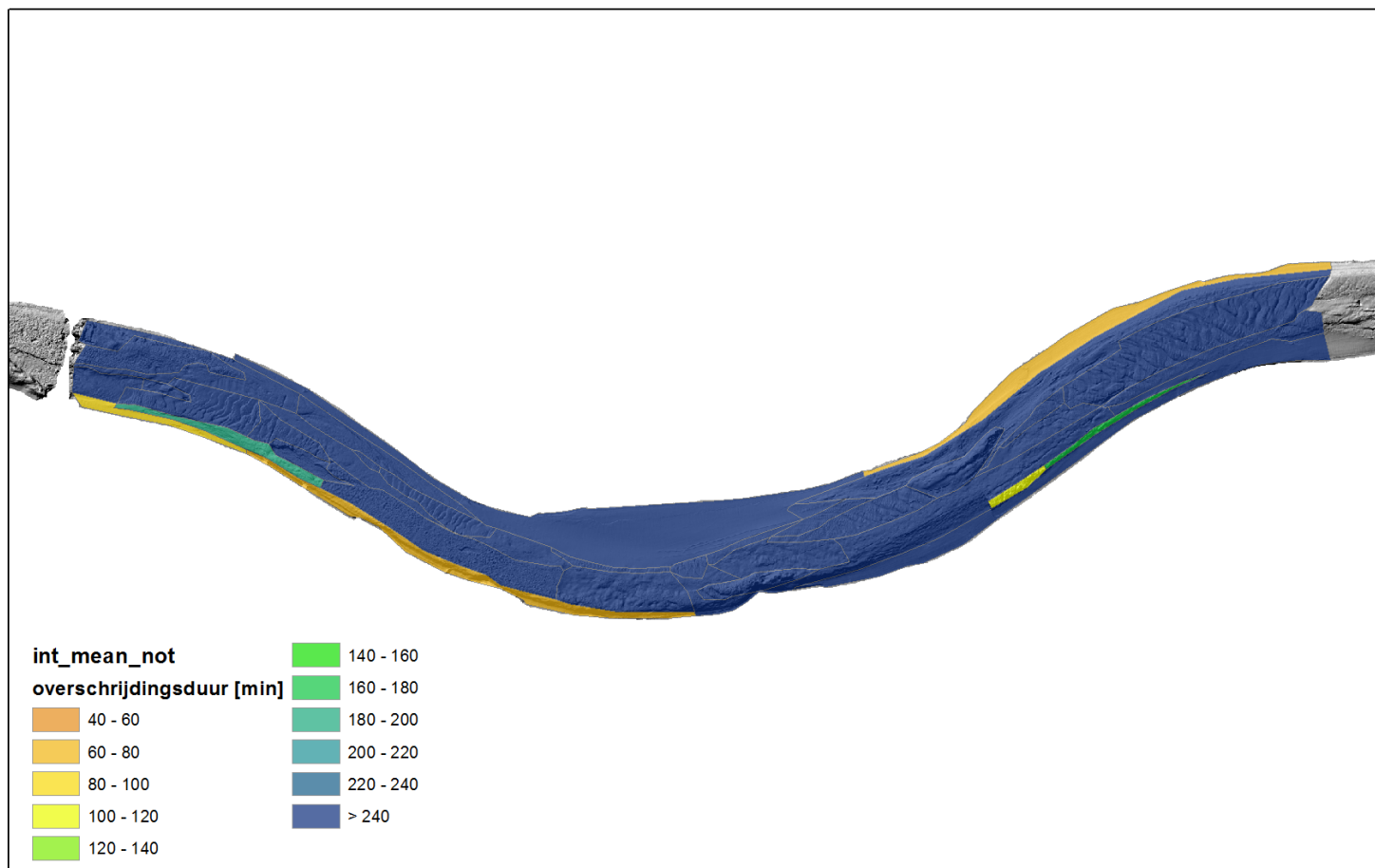


Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde
Auteur: Vos G.
Revisor: Plancke Y.
Datum van opmaak: 23/01/2012

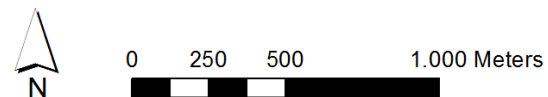


0 0,2 0,4 0,8 Km

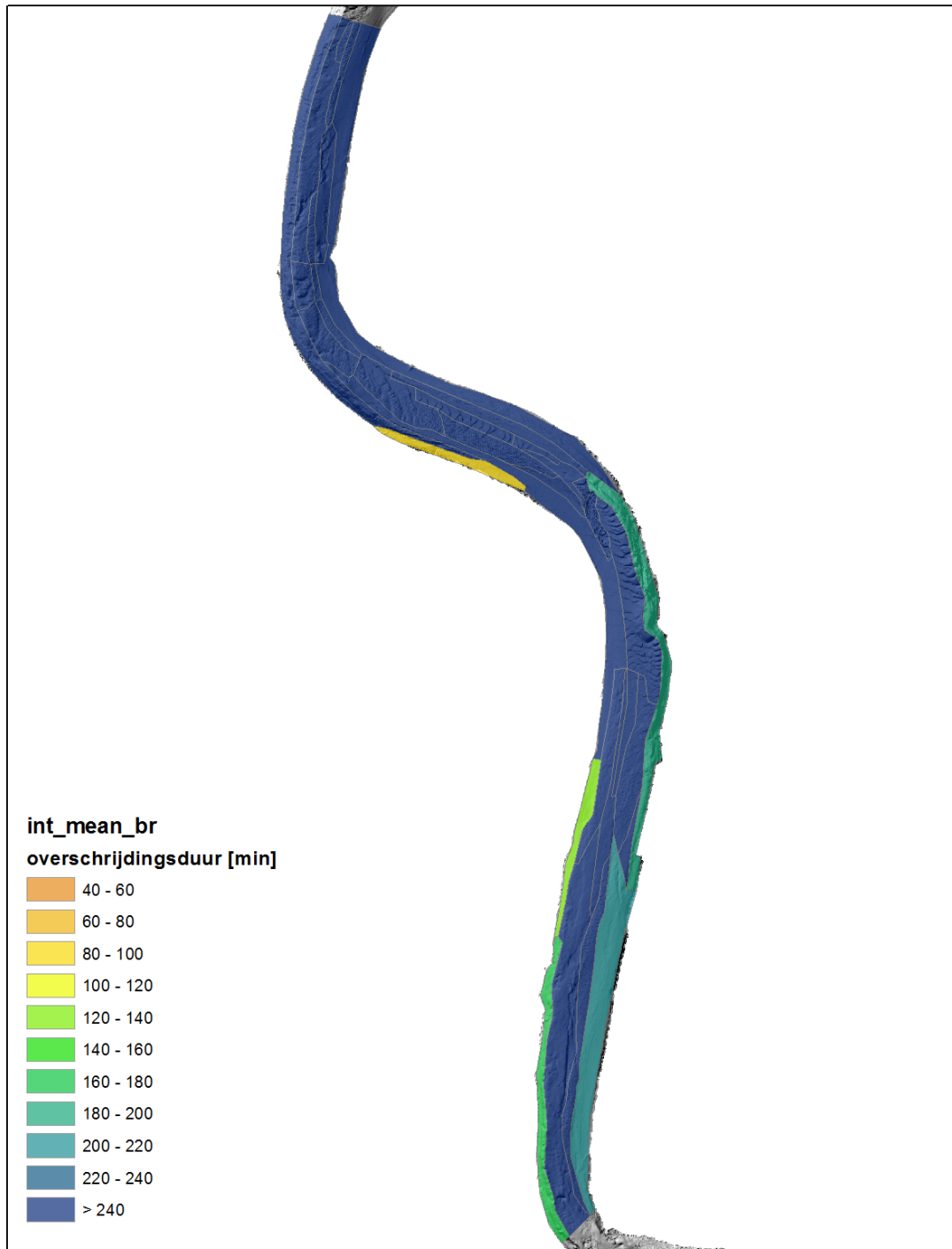
Figuur A 81 – Classificatie van deelgebieden ter hoogte van Ouden Doel en Galgeschoor op basis van tijd dat snelheid > 65 cm/s



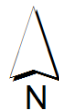
Project: 00_028 Habitatmapping ZS
Auteur: Vos G.
Revisor: Plancke Y.
Datum van opmaak: 25/01/2013



Figuur A 82 – Classificatie van deelgebieden ter hoogte van Notelaer en Ballooi op basis van tijd dat snelheid > 65 cm/s

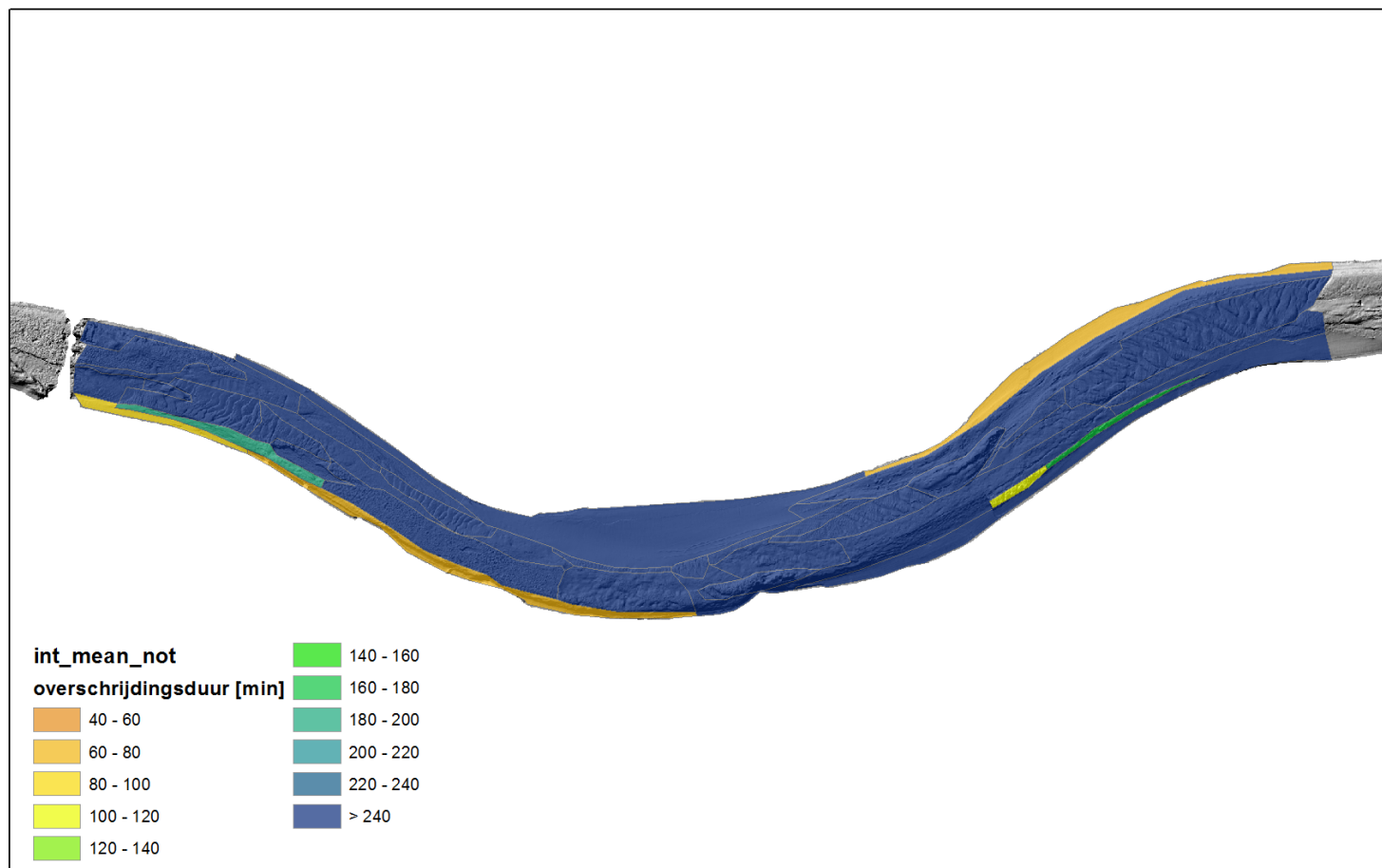


Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde
Auteur: Vos G.
Revisor: Plancke Y.
Datum van opmaak: 23/01/2012

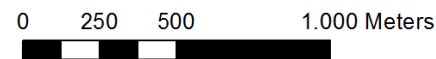


0 0,150,3 0,6 Km

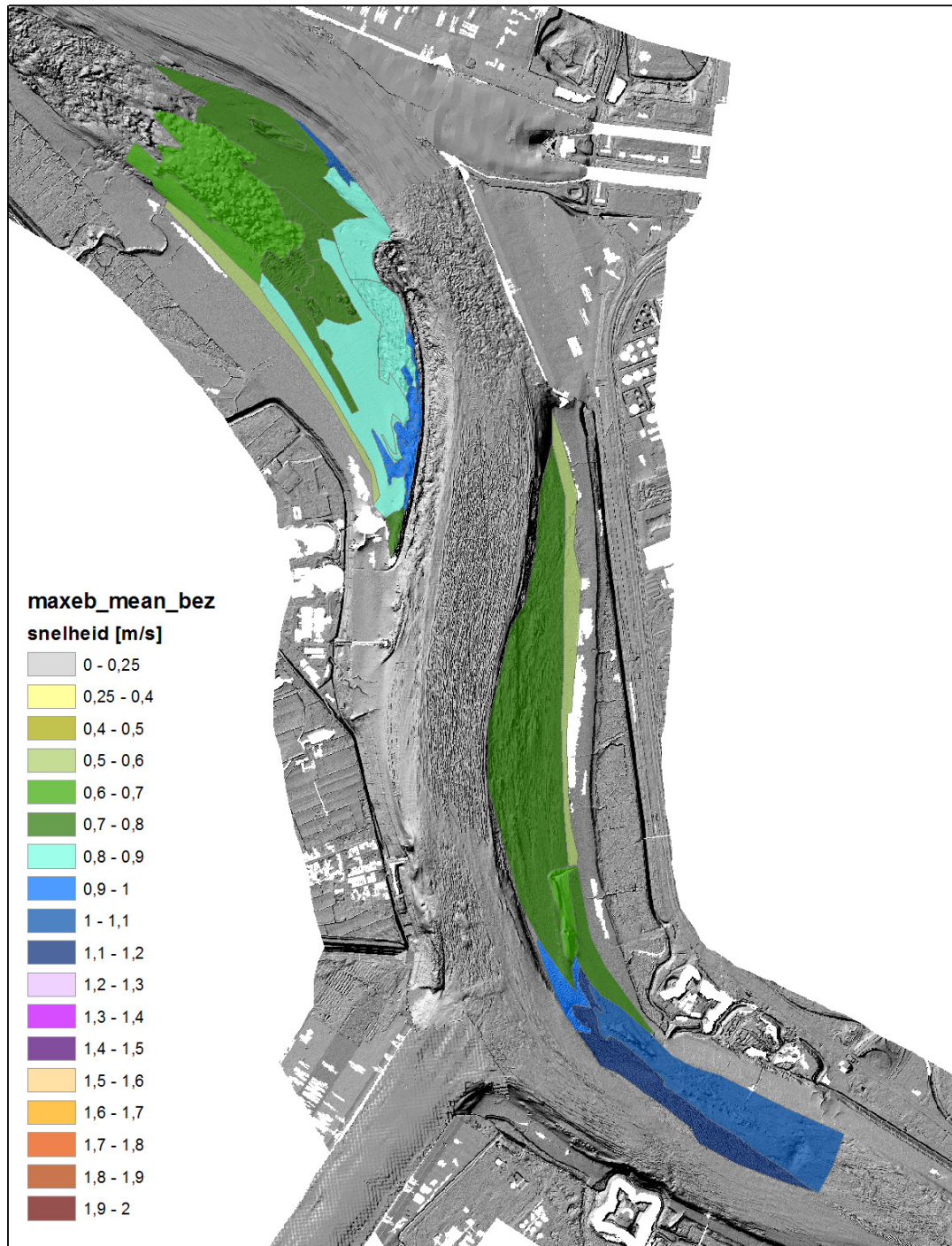
Figuur A 83 – Classificatie van deelgebieden ter hoogte van Branst op basis van tijd dat snelheid > 65 cm/s



Project: 00_028 Habitatmapping ZS
 Auteur: Vos G.
 Revisor: Plancke Y.
 Datum van opmaak: 25/01/2013



Figuur A 84 – Classificatie van deelgebieden ter hoogte van Appels op basis van tijd dat snelheid > 65 cm/s

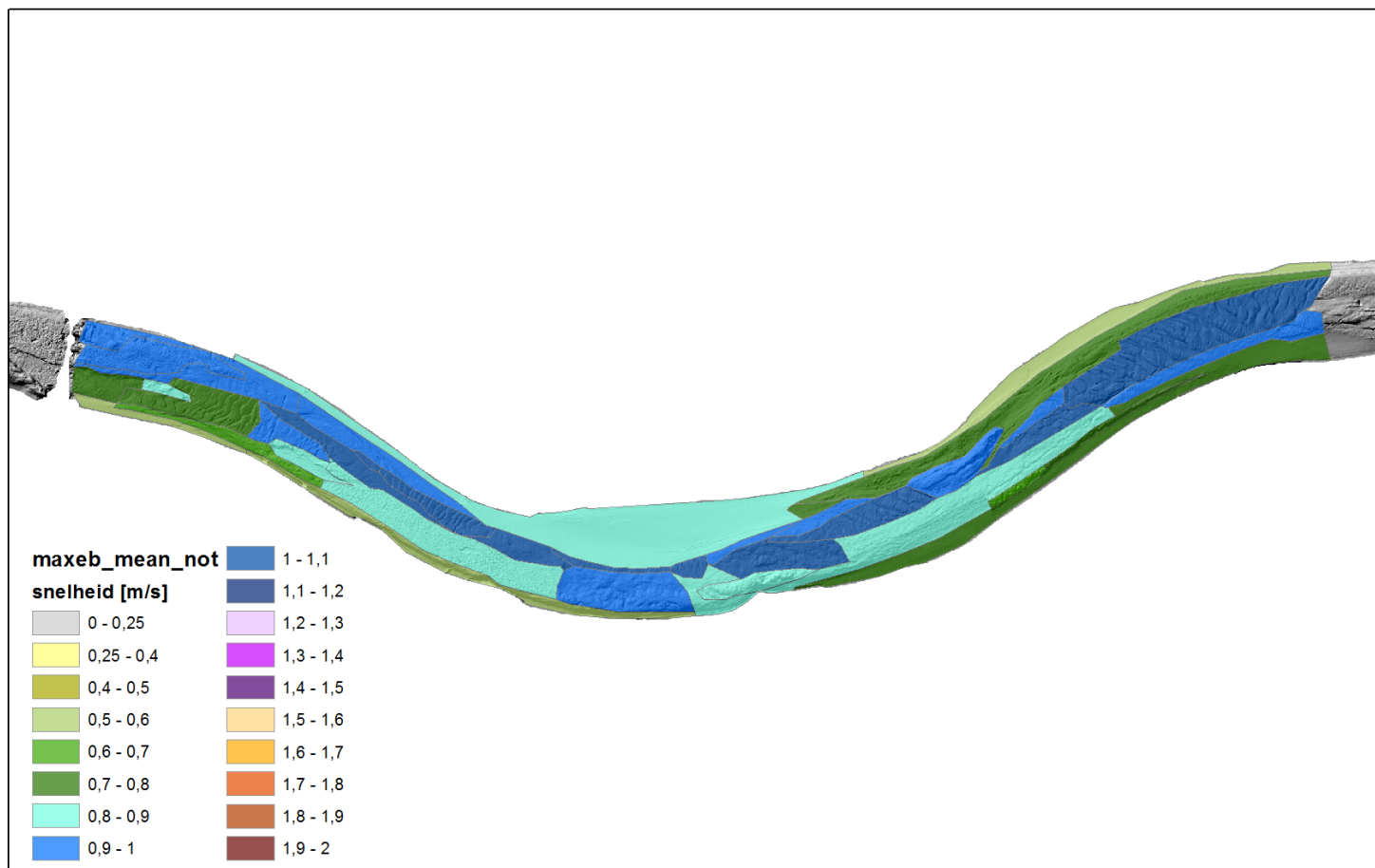


Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde
Auteur: Vos G.
Revisor: Plancke Y.
Datum van opmaak: 23/01/2012

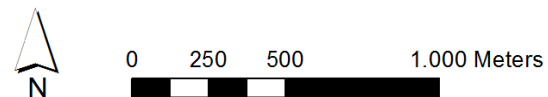


0 0,2 0,4 0,8 Km

Figuur A 85 – Classificatie van deelgebieden ter hoogte van Ouden Doel en Galgeschoor op basis van maximale ebsnelheid



Project: 00_028 Habitatmapping ZS
 Auteur: Vos G.
 Revisor: Plancke Y.
 Datum van opmaak: 25/01/2013



Figuur A 86 – Classificatie van deelgebieden ter hoogte van Notelaer en Ballooi op basis van maximale ebsnelheid

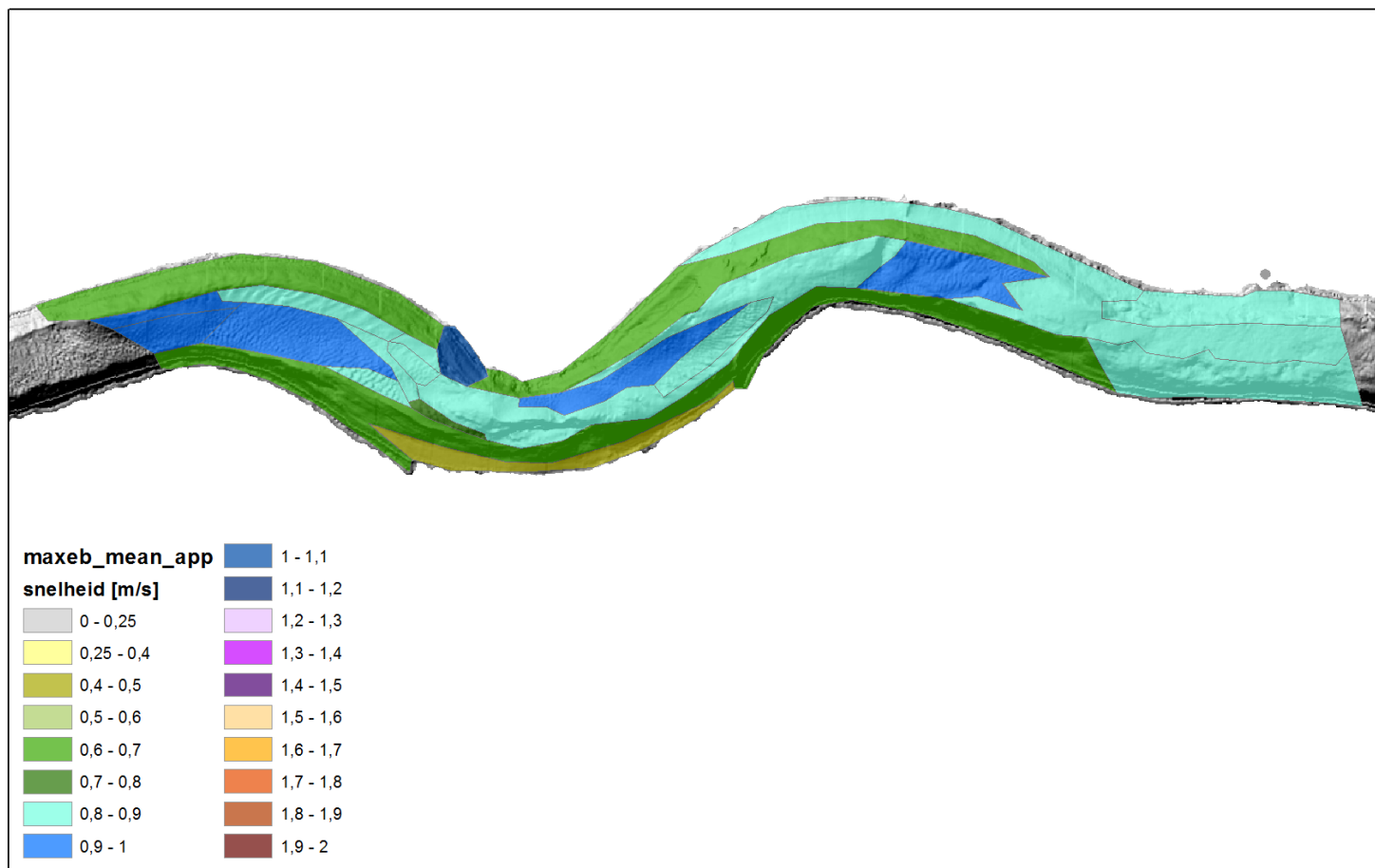


Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde
Auteur: Vos G.
Revisor: Plancke Y.
Datum van opmaak: 23/01/2012

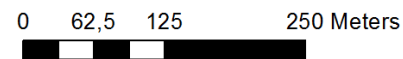


0 0,150,3 0,6 Km

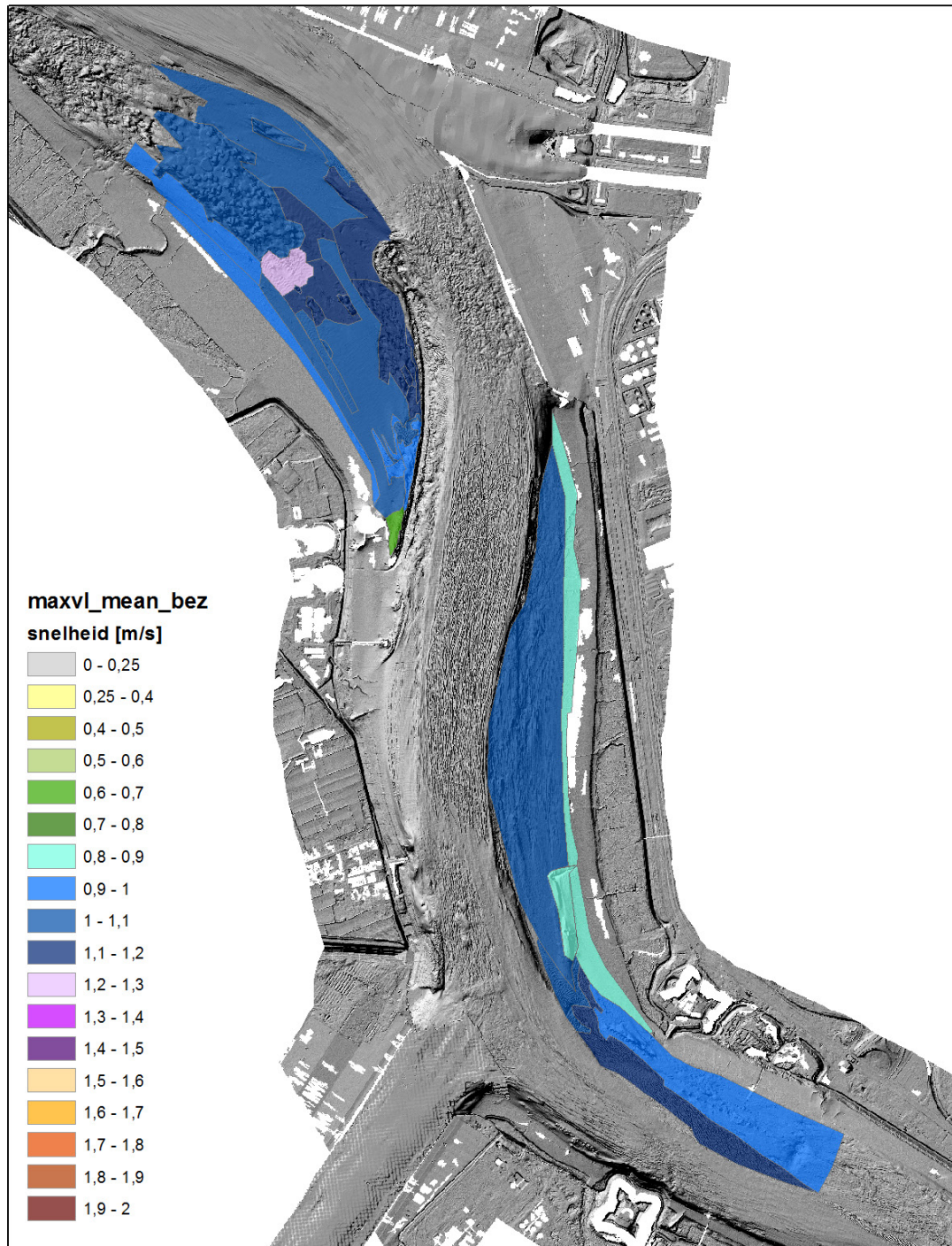
Figuur A 87 – Classificatie van deelgebieden ter hoogte van Branst op basis van maximale ebsnelheid



Project: 00_028 Habitatmapping ZS
 Auteur: Vos G.
 Revisor: Plancke Y.
 Datum van opmaak: 25/01/2013



Figuur A 88 – Classificatie van deelgebieden ter hoogte van Appels op basis van maximale ebsnelheid

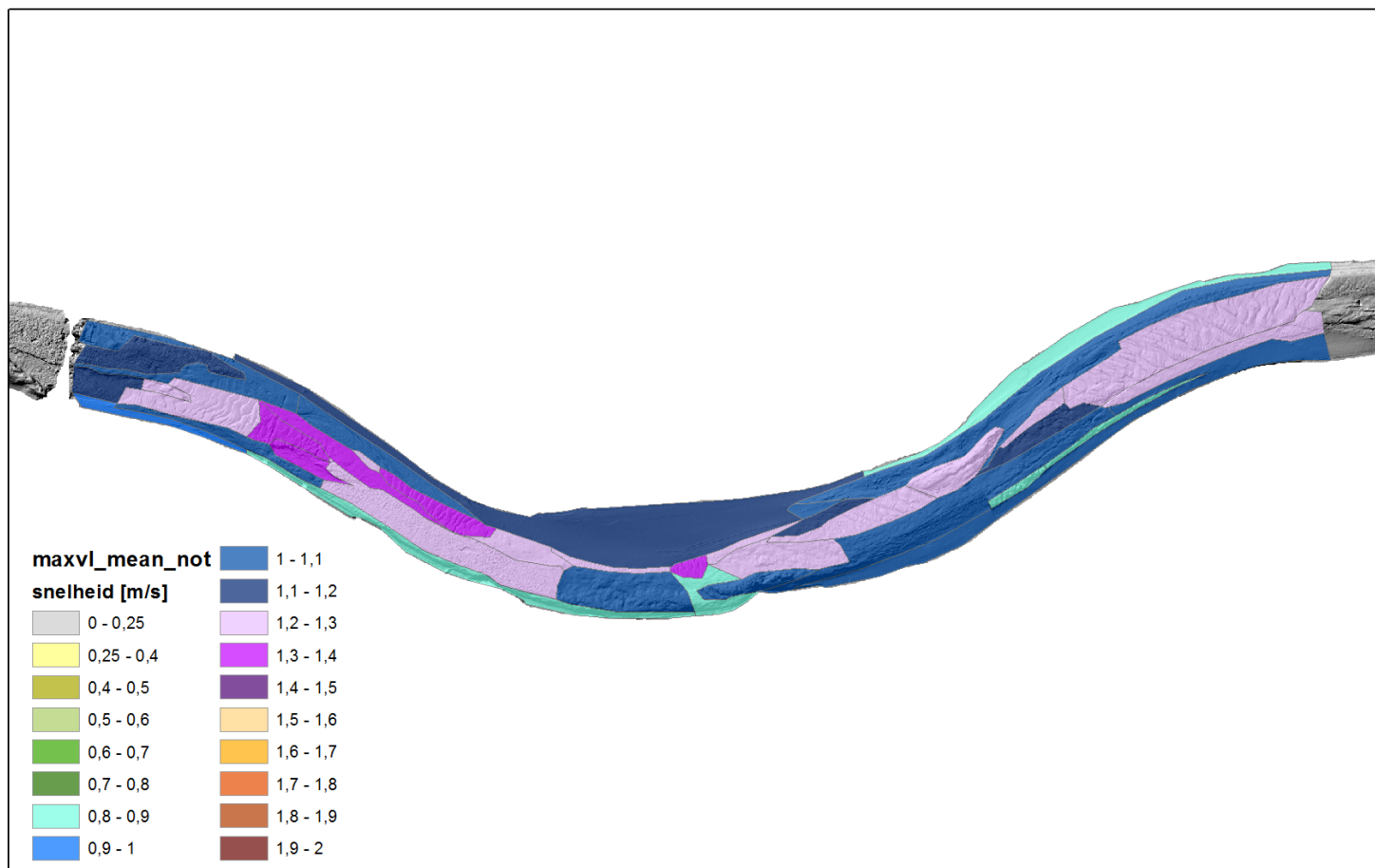


Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde
Auteur: Vos G.
Revisor: Plancke Y.
Datum van opmaak: 23/01/2012

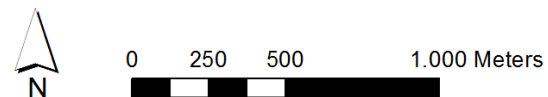


0 0,2 0,4 0,8 Km

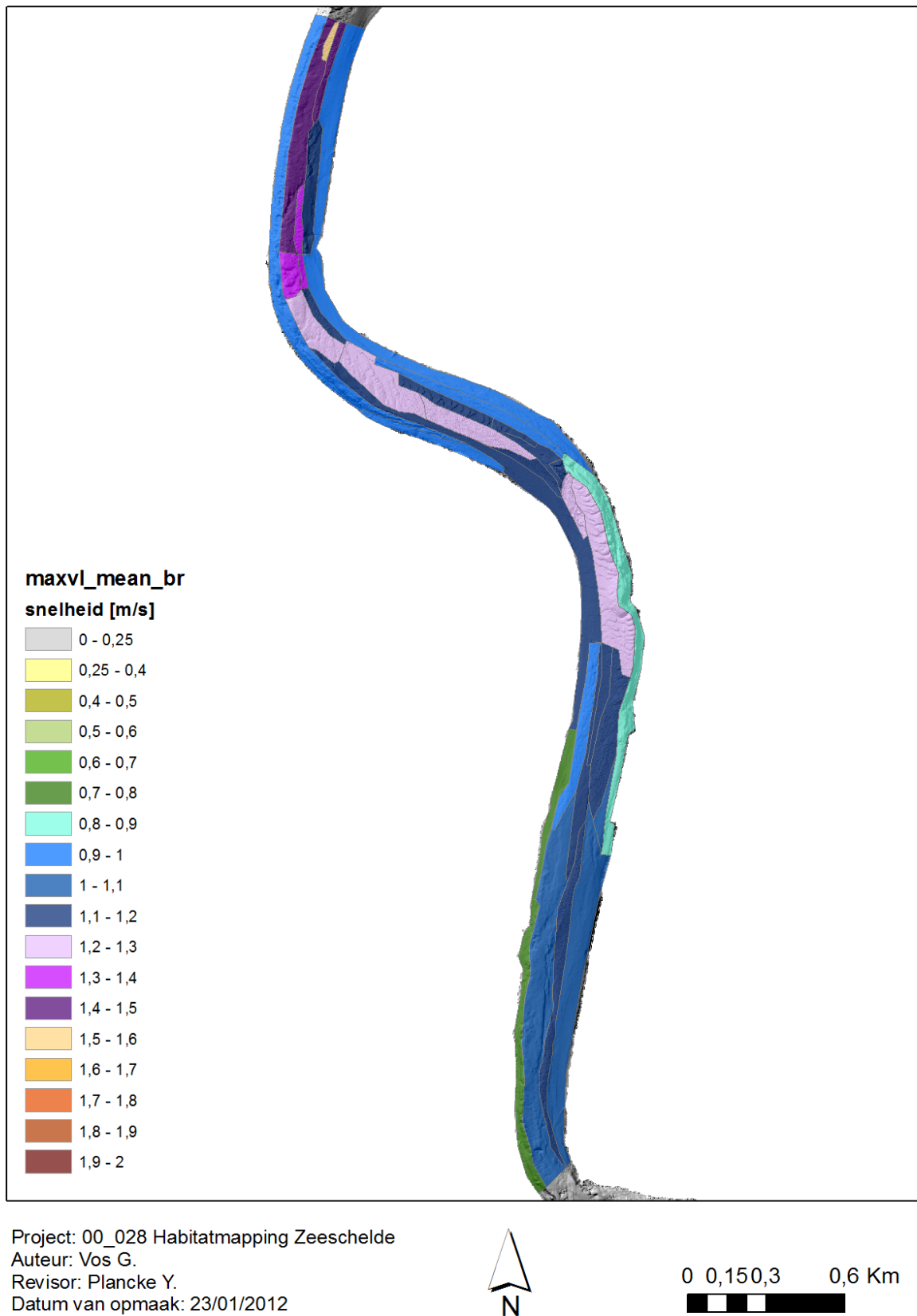
Figuur A 89 – Classificatie van deelgebieden ter hoogte van Ouden Doel en Galgeschoor op basis van maximale vloodsnelheid



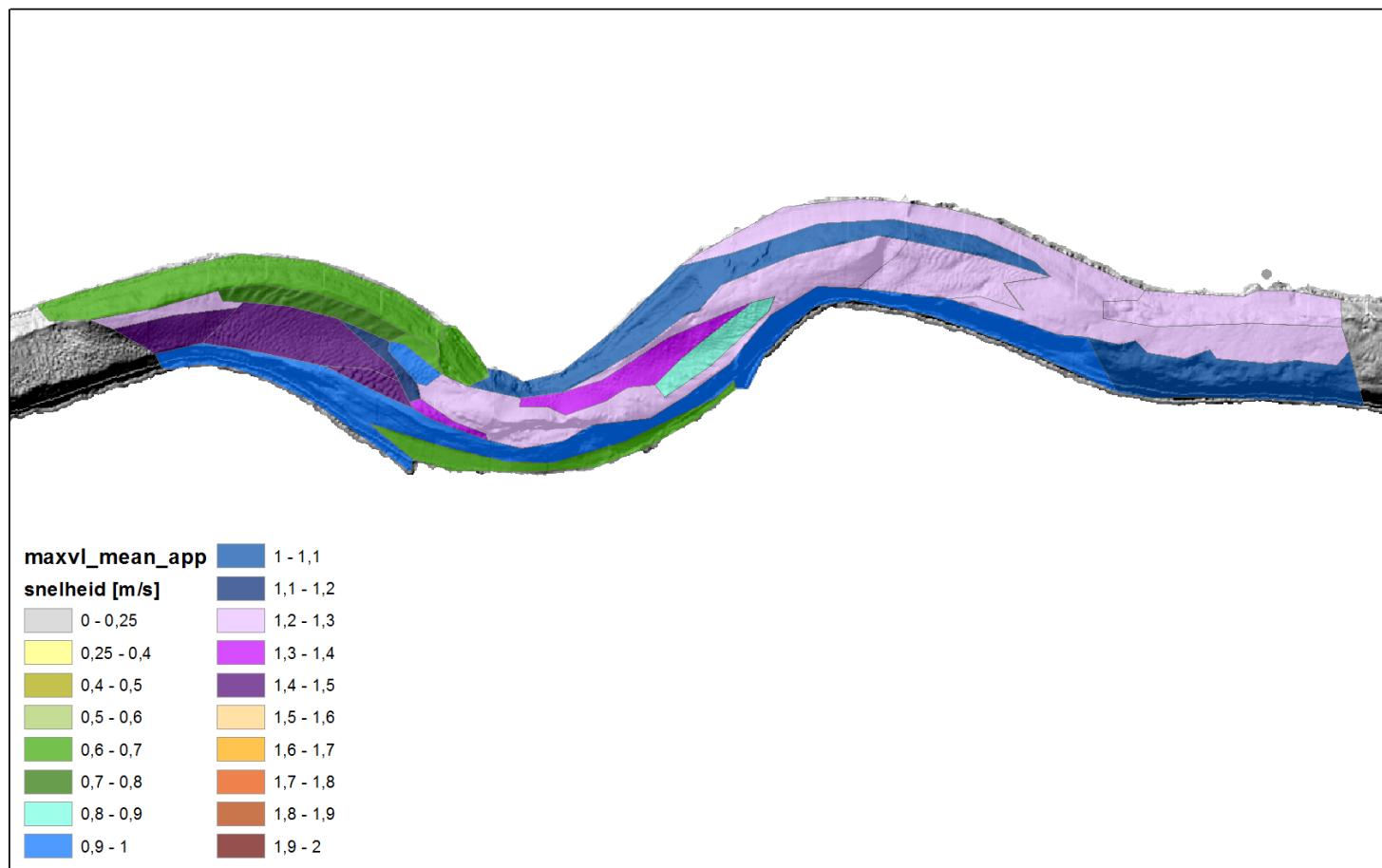
Project: 00_028 Habitatmapping ZS
 Auteur: Vos G.
 Revisor: Plancke Y.
 Datum van opmaak: 25/01/2013



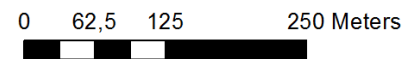
Figuur A 90 – Classificatie van deelgebieden ter hoogte van Notelaer en Ballooi op basis van maximale vloedsnelheid



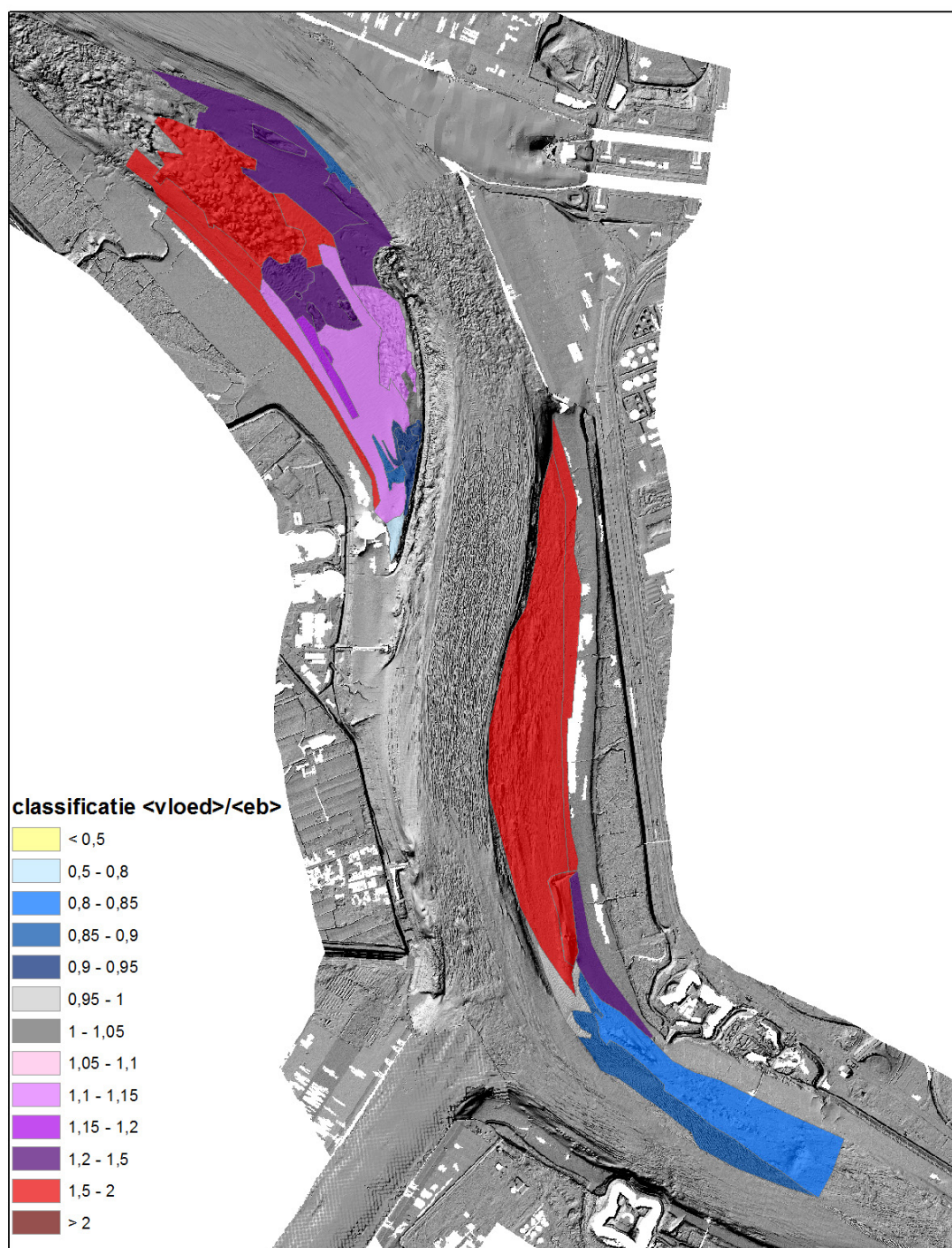
Figuur A 91 – Classificatie van deelgebieden ter hoogte van Branst op basis van maximale vloodsnelheid



Project: 00_028 Habitatmapping ZS
 Auteur: Vos G.
 Revisor: Plancke Y.
 Datum van opmaak: 25/01/2013



Figuur A 92 – Classificatie van deelgebieden ter hoogte van Appels op basis van maximale vloedsnelheid

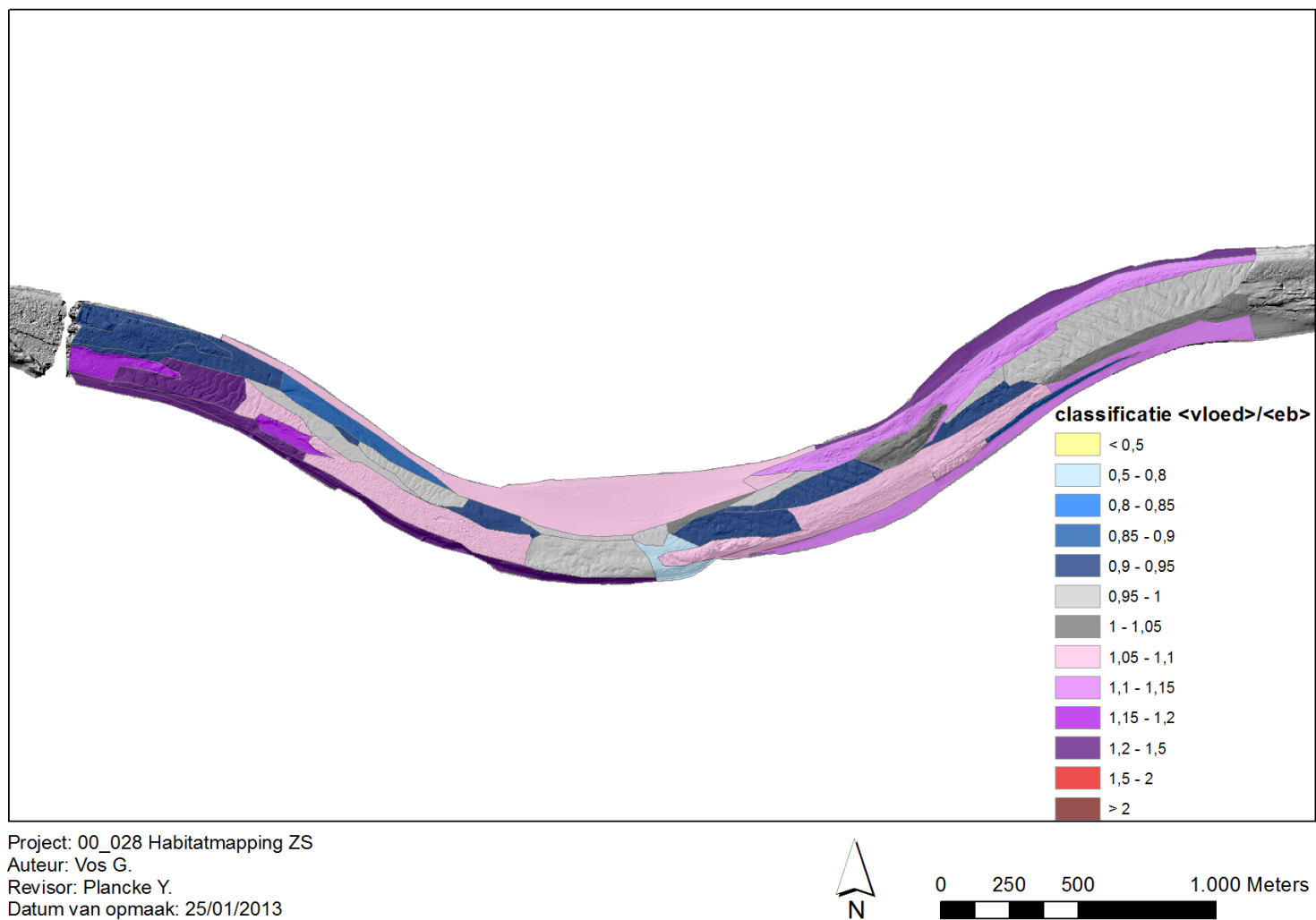


Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde
Auteur: Vos G.
Revisor: Plancke Y.
Datum van opmaak: 23/01/2012

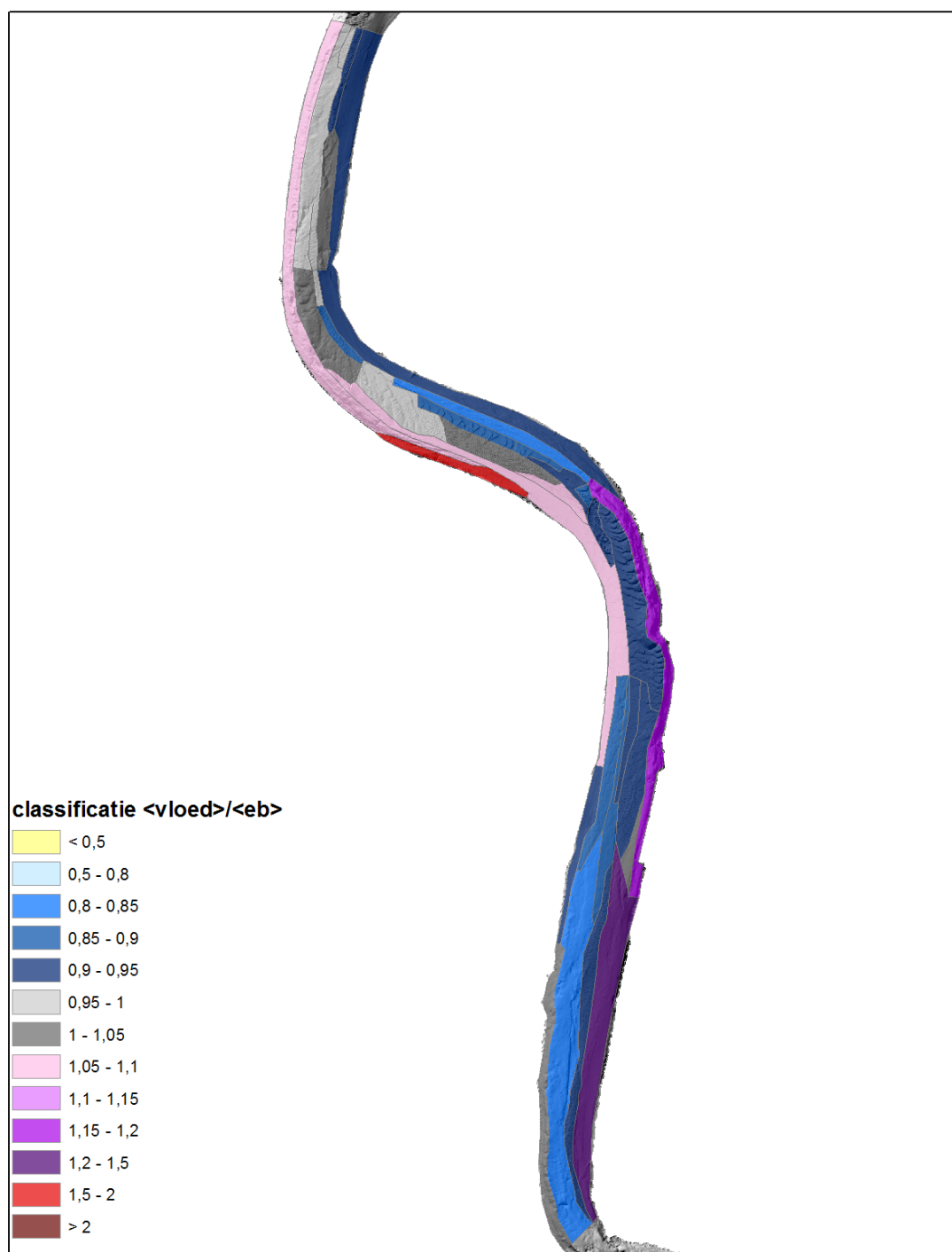


00,15,3 0,6 Km

Figuur A 93 – Classificatie van deelgebieden ter hoogte van Ouden Doel en Galgeschoor volgens vloed/ebverhouding



Figuur A 94 – Classificatie van deelgebieden ter hoogte van Notelaer en Ballooi volgens vloed/ebverhouding

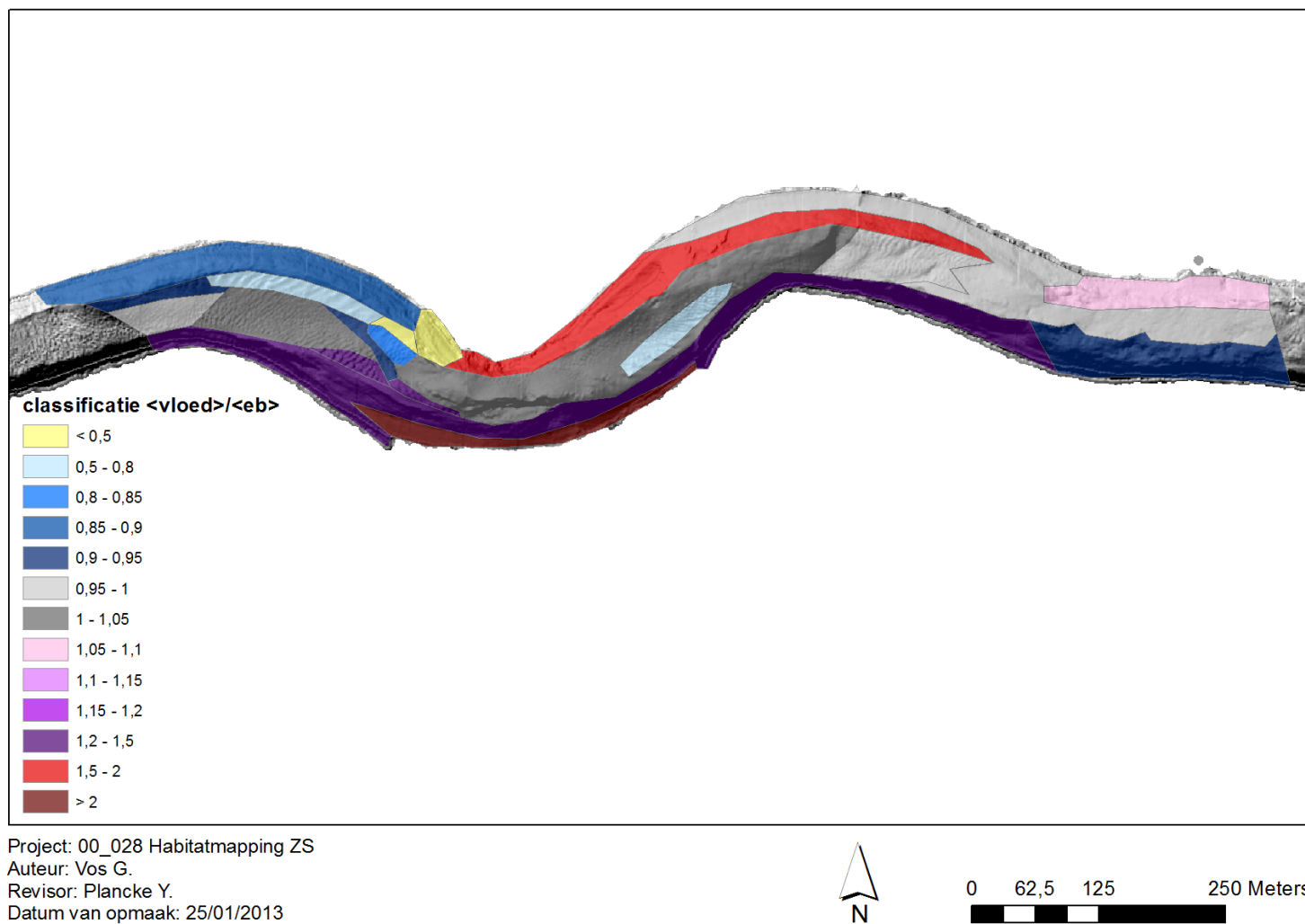


Project: 00_028 Habitatmapping Zeeschelde
Auteur: Vos G.
Revisor: Plancke Y.
Datum van opmaak: 23/01/2012



0 0,10,2 0,4 Km

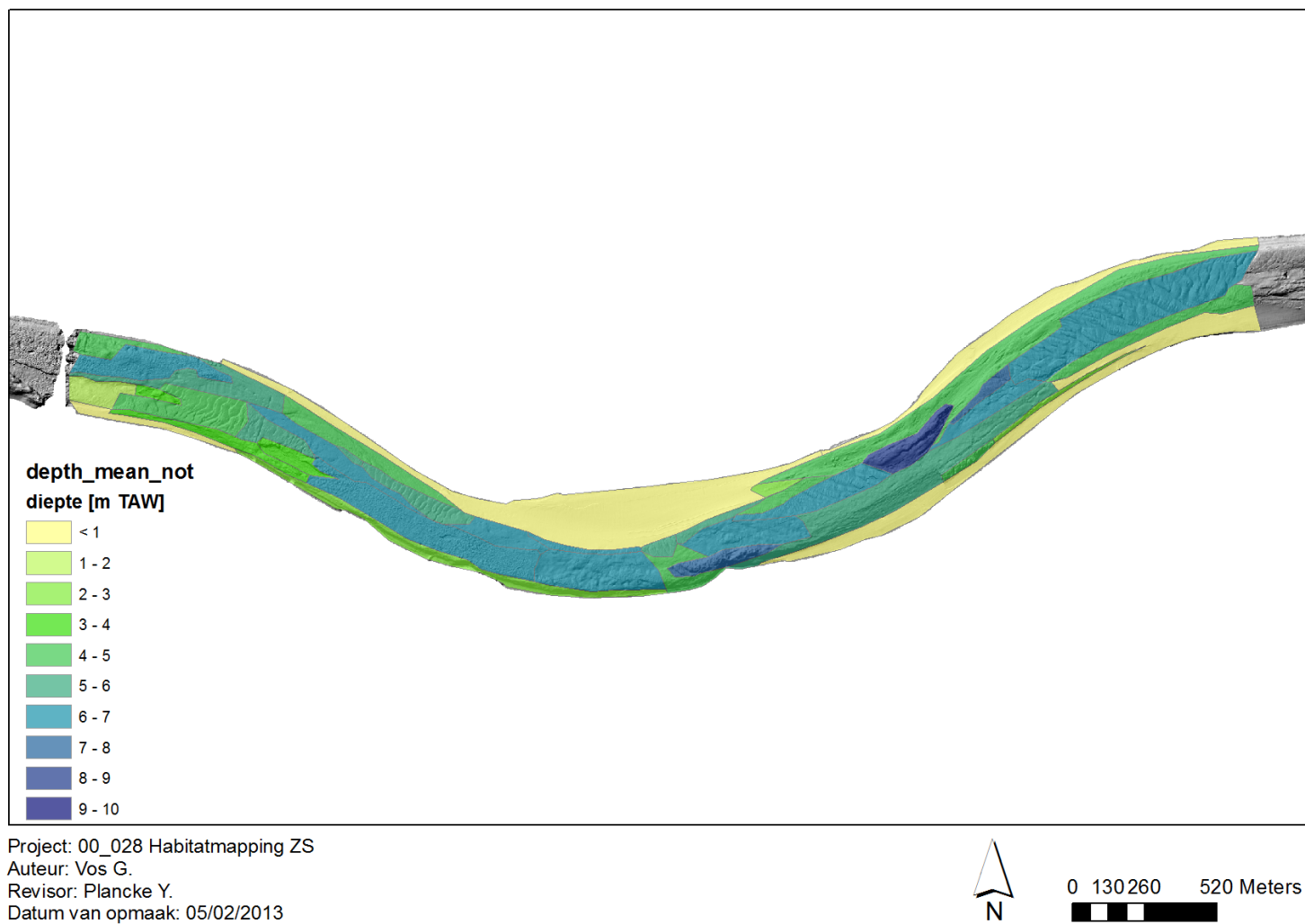
Figuur A 95 – Classificatie van deelgebieden ter hoogte van Branst volgens vloed/ebverhouding



Figuur A 96 – Classificatie van deelgebieden ter hoogte van Appels volgens vloed/ebverhouding



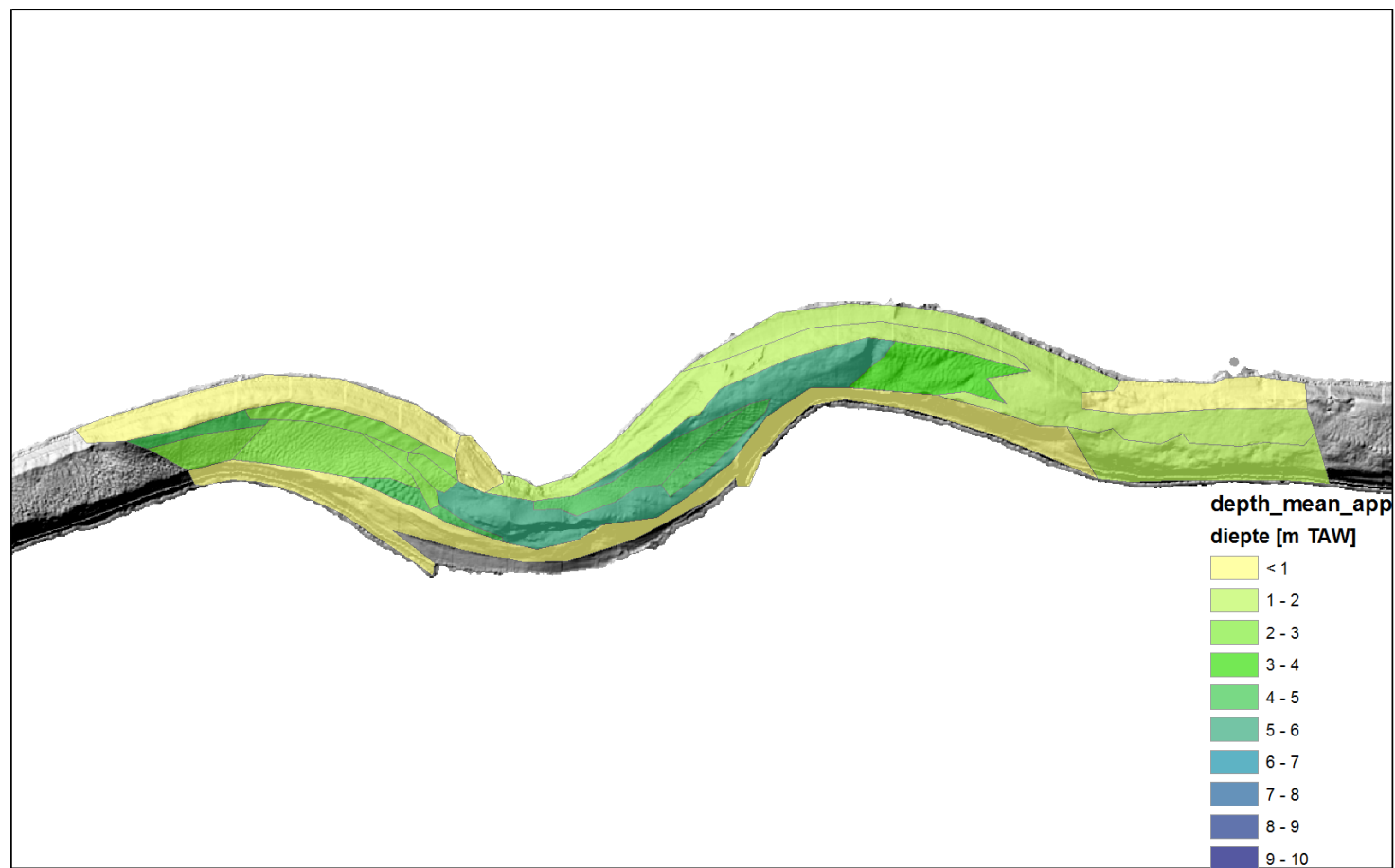
Figuur A 97 – Classificatie van deelgebieden ter hoogte van Ouden Doel en Galgeschoor volgens diepte



Figuur A 98 – Classificatie van deelgebieden ter hoogte van Notelaer en Ballooi volgens diepte



Figuur A 99 – Classificatie van deelgebieden ter hoogte van Branst volgens diepte



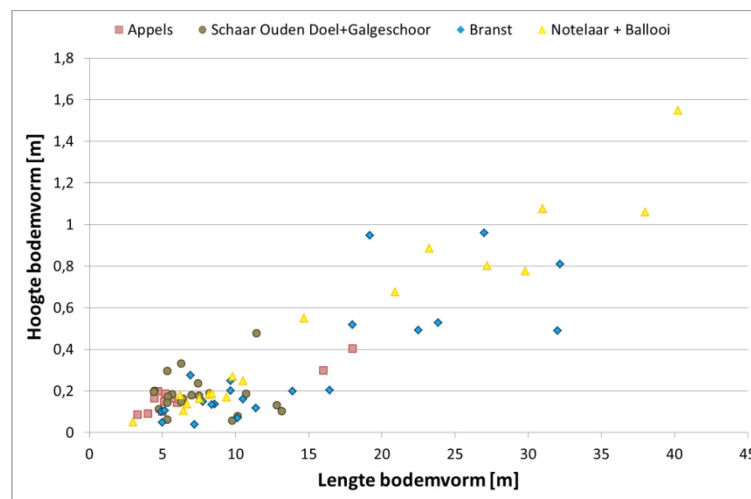
Project: 00_028 Habitatmapping ZS
Auteur: Vos G.
Revisor: Plancke Y.
Datum van opmaak: 05/02/2013



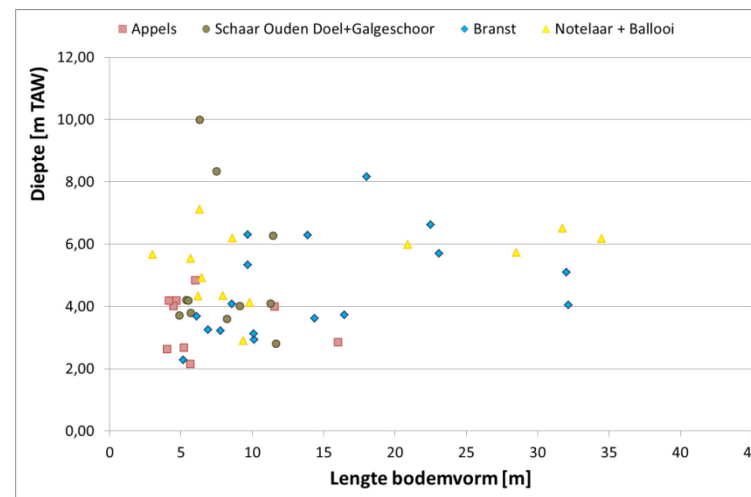
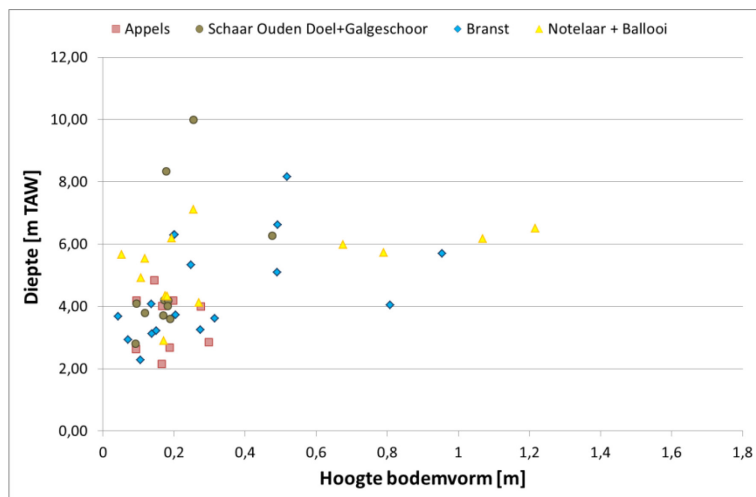
0 37,5 75 150 Meters



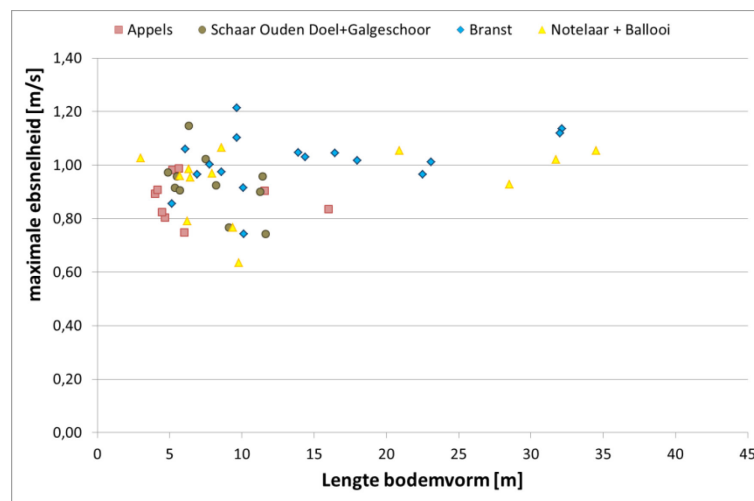
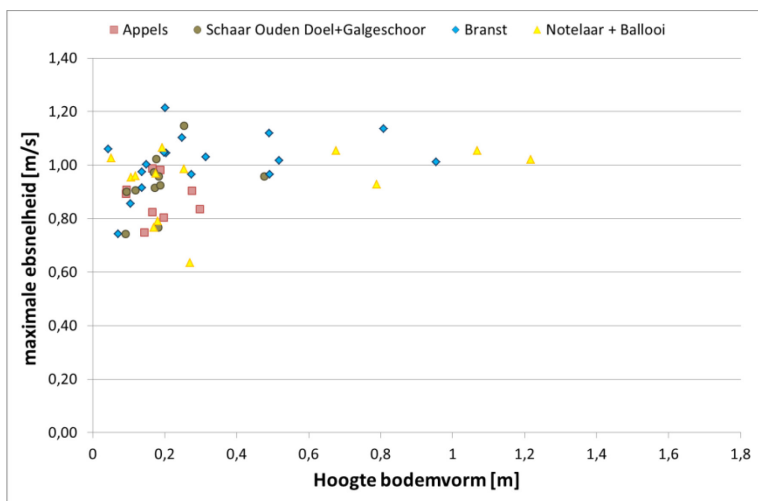
Figuur A 100 – Classificatie van deelgebieden ter hoogte van Appels volgens diepte



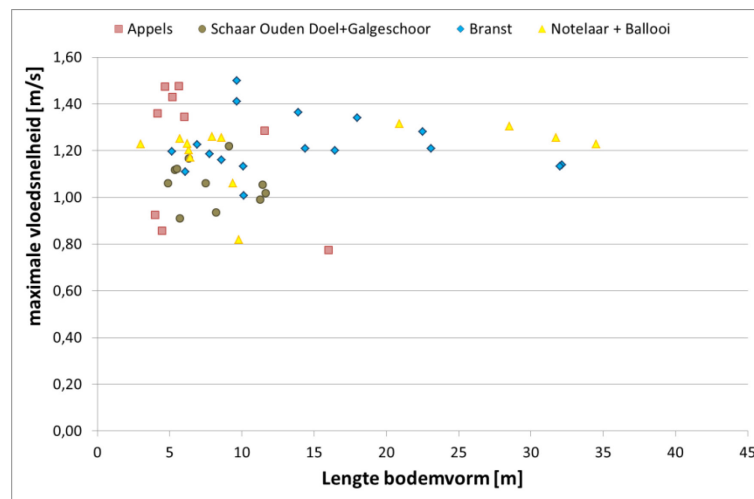
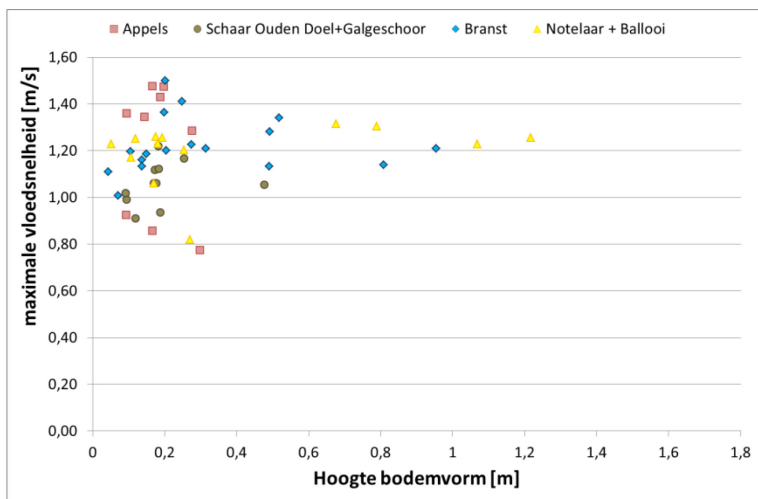
Figuur A 101 – Verband tussen lengte bodemvorm en hoogte bodemvorm



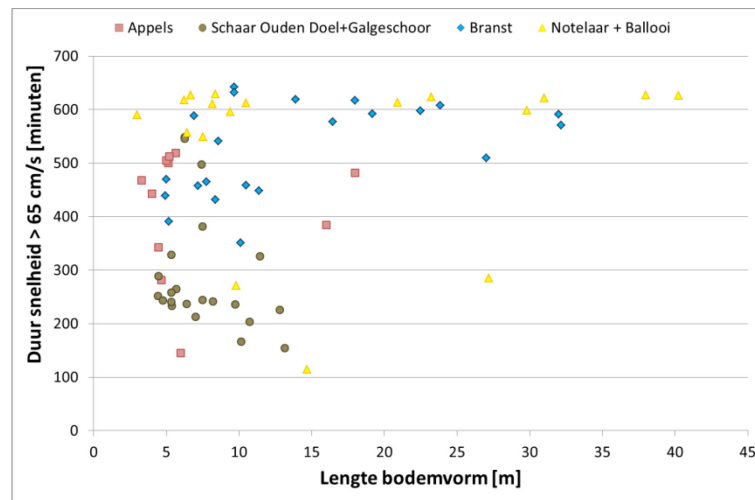
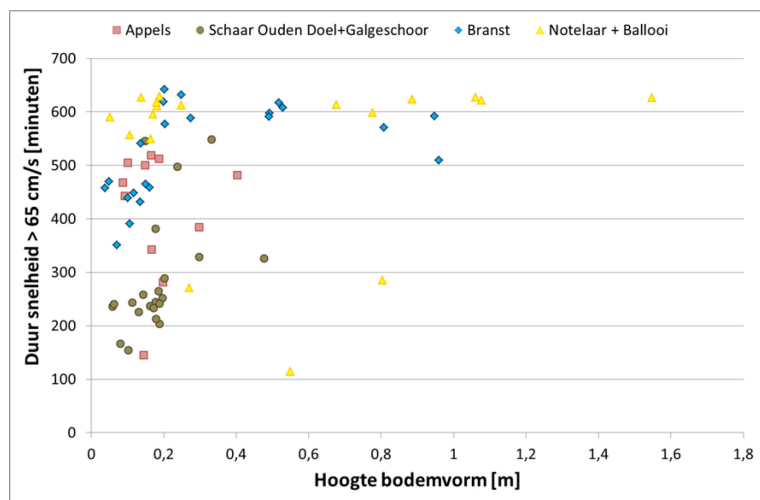
Figuur A 102 – Verband tussen hoogte bodemvorm en diepte (links) en lengte bodemvorm en diepte (rechts)



Figuur A 103 – Verband tussen hoogte bodenvorm en maximale ebsnelheid (links) en lengte bodenvorm en maximale ebsnelheid (rechts)



Figuur A 104 – Verband tussen hoogte bodenvorm en maximale vloednelheid (links) en lengte bodenvorm en maximale vloednelheid (rechts)



Figuur A 105 – Verband tussen hoogte bodenvorm en overschrijdingsduur (links) en lengte bodenvorm en overschrijdingsduur (rechts)



Waterbouwkundig Laboratorium

Flanders Hydraulics Research

B-2140 Antwerpen

Tel. +32 (0)3 224 60 35

Fax +32 (0)3 224 60 36

E-mail: waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.watlab.be