



Vlaanderen
is wetenschap



Modelinstrumentarium voor het voorspellen van habitatgeschiktheid van de Zeeschelde voor fint (*Alosa fallax*)

Deelrapport voor het Integraal plan Boven-Zeeschelde

Vanoverbeke Joost, Van Reyckegem Gunther, Van Braeckel Alexander & Van den Bergh Erika

**INSTITUUT
NATUUR- EN BOSONDERZOEK**

Auteurs:

Vanoverbeke Joost, Van Reyckegem Gunther, Van Braeckel Alexander en Van den Bergh Erika

Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek

Het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) is het Vlaams onderzoeks- en kenniscentrum voor natuur en het duurzame beheer en gebruik ervan. Het INBO verricht onderzoek en levert kennis aan al wie het beleid voorbereidt, uitvoert of erin geïnteresseerd is.

Vestiging:

INBO VAC-HT

Havenlaan 88 bus 73, 1000 Brussel

www.inbo.be

e-mail:

joost.vanoverbeke@inbo.be

Wijze van citeren:

Vanoverbeke J., Van Reyckegem G., Van Braeckel A. & Van den Bergh E. (2019).

Modelinstrumentarium voor het voorspellen van habitatgeschiktheid van de Zeeschelde voor fint (*Alosa fallax*) - Deelrapport voor het Integraal plan Boven-Zeeschelde. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2019 (18). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

DOI: doi.org/10.21436/inbor.14517836

D/2019/3241/133

Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2019 (18)

ISSN: 1782-9054

Verantwoordelijke uitgever:

Maurice Hoffmann

Druk:

Managementondersteunende Diensten van de Vlaamse overheid

Foto cover:

Grote modderkruiper

Vilda / Yves Adams



Modelinstrumentarium voor het voorspellen van habitatgeschiktheid van de Zeeschelde voor fint (*Alosa fallax*)

Deelrapport voor het Integraal plan Boven-Zeeschelde

**Joost Vanoverbeke, Gunther Van Ryckegem, Alexander Van Braeckel & Erika
Van den Bergh**

Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2019 (18)

Inhoudstafel

Lijst van figuren	5
Lijst van tabellen	5
1 Inleiding	6
2 Modelbeschrijving	7
3 Variabelen en tolerantiegrenzen	7
4 Uitbreiding naar 2D modelgrid	15
5 Kalibratie - Validatie	15
6 Resolutie en interpolatie.....	17
7 Resultaten en evaluatie op basis van recente gegevens (2007-2012)	17
8 Conclusies	21
9 Referenties.....	22
Bijlage 1 	24
Bijlage 2 	25

Lijst van figuren

Figuur 3-1: Watertemperatuur in Vlissingen bij de eerste waarneming van fint in de Zeeschelde sinds 2010.	8
Figuur 3-2: Dag van overschrijden van een watertemperatuur van 12°C in Vlissingen.....	9
Figuur 3-3: Invloed van afstand tot de monding op de verhouding $\frac{SPM_D}{SPM_O}$ in het voorjaar.	10
Figuur 3-4: Tolerantiegrenzen voor de variabelen opgenomen in het larvaal model	13
Figuur 3-5: Tolerantiegrenzen voor de variabelen opgenomen in het paaimodel	14
Figuur 7-1: Index voor habitatgeschiktheid voor paaïen (SI adult) en larvale ontwikkeling (SI larvaal).	19
Figuur 7-2: Index voor habitatgeschiktheid voor paaïen (SI adult) en larvale ontwikkeling (SI larvaal) per OMES zone.	20
Figuur 7-3: Beschikbare oppervlakte per OMES zone aan habitat met geschiktheid > 0.7 voor larvale ontwikkeling.....	21
Figuur 0-1: Vergelijking van de habitatgeschiktheidsscore voor larvale ontwikkeling met verschillende selectie van breedte met maximaal geschikte waarden per 100 m transect.	25

Lijst van tabellen

Tabel 1: Variabelen gebruikt in het habitatgeschiktheidsmodel voor fint	12
Tabel 2: Tolerantiegrenzen gebruikt voor het bepalen van habitatgeschiktheid voor larvale ontwikkeling en voor paaïen van adulte fint.	24

1 Inleiding

Het Integraal Plan van de Boven-Zeeschelde beschrijft een set van morfologische aanpassingen met als doel het systeem tegen 2050 te verbeteren in relatie tot ecologie, veiligheid, scheepvaart, onderhoud en bijkomende functies. Hiervoor zijn een aantal alternatieven uitgewerkt die ingrepen behelzen met meer of minder grote impact op de huidige morfologie. Binnen dit project worden een aantal numerieke en statistische modellen ontwikkeld of verbeterd, die gebruikt zullen worden om de effecten van voorgestelde morfologische ingrepen op hydrodynamiek, sediment transport, waterkwaliteit, habitatkwaliteit en fauna en flora in te schatten ('Model instruments for the Integrated Plan Upper Seascheldt' (IMDC et al., 2015)), om zodoende het meest gewenste alternatief te bepalen.

Om de effecten van de voorgestelde maatregelen te bepalen op de hogere trofische niveaus in het ecosysteem, wordt een aantal modelinstrumenten gehanteerd die gefundeerde voorspellingen mogelijk maken. Eén van deze instrumenten onderzoekt de habitatgeschiktheid voor een specifieke vissoort, de fint (*Alosa fallax*). Dit fintmodel maakt een inschatting van de geschiktheid van het estuarium voor paaiende fint (*Alosa fallax*) en voor opgroeiende larven en juvenielen in functie van een aantal habitatkarakteristieken zoals waterkwaliteit, watertemperatuur, stroomsnelheid, ... (Stevens et al., 2011).

Anadrome trekvissen (zoals fint en spiering) zijn de indicatoren bij uitstek voor de gezondheid van een estuarium in het algemeen en voor de Zeeschelde in het bijzonder. De Zeeschelde vormt immers de schakel tussen hun foerageergebied (de Noordzee) en de rivieren waar ze paaien. Voor fint fungeert de Boven-Zeeschelde zelf als paaihabitat en opgroeigebied van larven en juvenielen vooraleer die naar de Noordzee trekken. Deze soorten zijn dus zeer gevoelig voor de kwaliteit van de Zeeschelde en bij uitbreiding het volledige estuarium, en een gezonde ecologische toestand van het volledige estuarium is dus essentieel om hun levenscyclus rond te krijgen. De vereisten voor een goede ecologische toestand zijn hoofdzakelijk gerelateerd aan waterkwaliteit en aan specifieke habitatcondities die reproductie en opgroeien van de larven mogelijk maken. Aangezien de fint deel uitmaakt van annex 2 uit de Habitatrichtlijn (92/43/EEG 21 mei 1992), hebben beleidsmakers de plicht de populatie en haar essentiële habitatten in gunstige staat te brengen en te houden. Recent wordt de fint weer in grote aantallen waargenomen na een lange periode van afwezigheid. Bovendien wordt er opnieuw reproductie vastgesteld in de Boven-Zeeschelde.

Het ingezette modelinstrumentarium voor het bepalen van de habitatgeschiktheid voor fint is gebaseerd op het model van Stevens et al. (2011). Dit ruimtelijke model is gebaseerd op fuzzy logic en bevat twee componenten: één voor het bepalen van geschikte paaizones en één voor het bepalen van geschikte opgroeizones voor larven. In 2009 werd voor het eerst een juveniele fint (6cm) gevangen in de Zeeschelde (Stevens et al 2011) en in 2012 werd voor het eerst succesvolle rekrutering waargenomen (Breine et al, 2012). Sinds 2014 wordt ook jaarlijks paaiactiviteit waargenomen maar dit leidt niet elk jaar tot succesvolle rekrutering. De zones waarin paaiactiviteit wordt waargenomen breiden nog jaarlijks uit en weerspiegelen waarschijnlijk nog niet de volledige capaciteit. De informatie omtrent geschikte habitatkarakteristieken specifiek voor de Zeeschelde is dus nog onvolledig. Daarom werd de keuze van bepalende habitatkenmerken en het afbakenen van tolerantiegrenzen voor die

kenmerken gebaseerd op een uitgebreide literatuurstudie over informatie uit andere systemen. De focus ligt hier op paaiende adulten en larven omdat dit de meest gevoelige stadia in het estuarium zijn wegens hun geringe mobiliteit. Adulten zijn op zich wel mobiel maar hebben specifieke paaiplaatsen in de Boven-Zeeschelde nodig om te reproduceren. Indien de ecologische toestand op deze plaatsen niet voldoet, kan reproductie niet doorgaan en gaat een volledige generatie (cohort) verloren. Larven hebben effectief een beperktere mobiliteit en zijn afhankelijk van de kwaliteit in luwe en beschutte zones in de Boven-Zeeschelde voor hun vroege ontwikkeling, omdat ze nog geen weerstand kunnen bieden aan de stroming in de diepere delen. Juvenielen en niet reproducerende adulten daarentegen zijn veel mobieler en kunnen migreren doorheen het estuarium (ook naar de brakke en zoute delen) als de condities op een bepaalde locatie niet optimaal zijn. Dit maakt hen minder gevoelig voor lokale verslechtering van de ecologische toestand.

2 Modelbeschrijving

Voor een gedetailleerde beschrijving van het model verwijzen we naar Stevens et al. (2011).

Voor alle variabelen waarvoor werd vastgesteld dat ze een bepalende invloed hebben op het voorkomen van fint zijn, op basis van literatuur, tolerantiegrenzen vastgelegd. Deze tolerantiegrenzen bepalen de range van condities die als gunstig worden beschouwd voor het paaien en/of het ontwikkelen van de larvale stadia. Op basis van deze tolerantiegrenzen wordt elke variabele onderverdeeld in een aantal klassen (naargelang de variabele twee klassen : laag – hoog, of drie klassen : laag – midden - hoog). Om de geschiktheidsscore op een bepaald punt te berekenen, worden de waarden voor elke variabele op dat punt dus vertaald naar een klasse. Deze klasse quoteringen (laag, midden, hoog) worden gecombineerd in membership functies die elke combinatie van quoteringen over de variabelen vertalen in een geschiktheidsscore voor paai- of larvaal habitat. De klasstoekenning voor een bepaalde variabele is echter niet discreet maar verloopt eerder ‘fuzzy’, i.e. er is een transitiezone van één klasse naar de volgende en binnen deze transitiezone behoort een waarde dus tot twee klassen, maar met een verschillend gewicht (gewichten tussen 0 en 1, waarbij de som van de gewichten 1 is). Een bepaalde combinatie van omgevingswaarden kan dus voldoen aan meerdere membership functies en resulteren in meerdere geschiktheidsscores. De uiteindelijke geschiktheidsscore (*SI*) wordt dan bepaald als een gewogen gemiddelde aan de hand van de bijhorende gewichten.

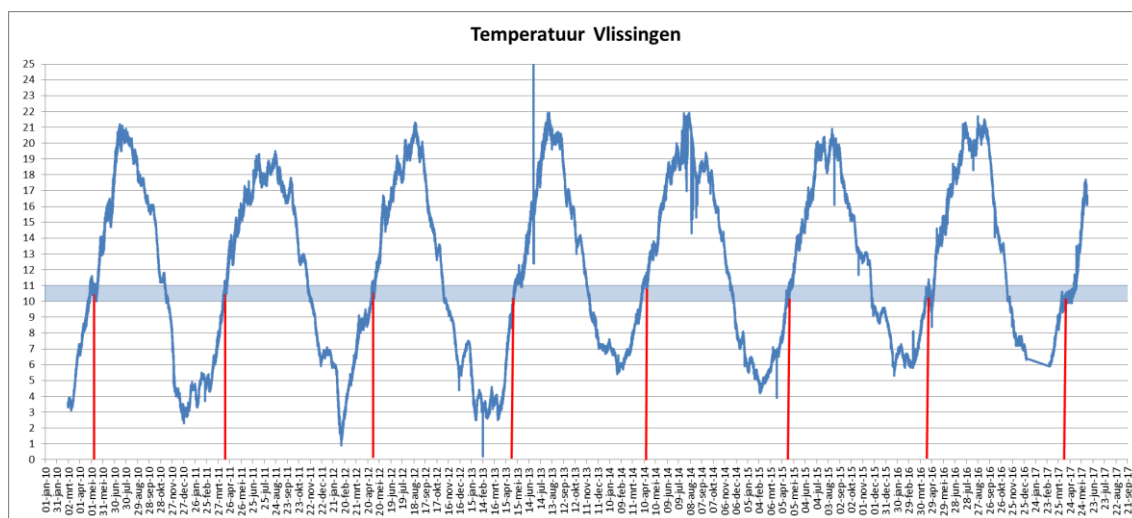
3 Variabelen en tolerantiegrenzen

De kenmerken gebruikt voor het bepalen van habitatgeschiktheid van de Boven-Zeeschelde voor fint zijn weergegeven in Tabel 1. De variabelen zijn gedeeltelijk verschillend voor het paaimodel en het larvaal model. Het paaimodel is gebaseerd op 6 variabelen (temperatuur, zuurstof, saliniteit, waterdiepte, maximale stroomsnelheid en netto waterverplaatsing (retentie)). Bovendien is een uitbreiding van het paaimodel afhankelijk van de uitkomst van het larvaal model. Er wordt bij de berekening immers rekening gehouden met de waarde van

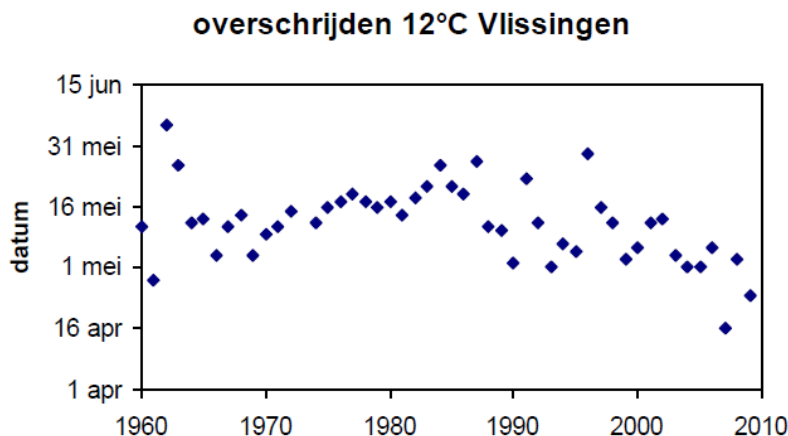
het larvaal model vier dagen stroomafwaarts van de potentiële paailocatie. Het larvaal model is gebaseerd op 7 variabelen (temperatuur, zuurstof, saliniteit, turbiditeit, waterdiepte, maximale stroomsnelheid en zoöplankton).

De stroomopwaartse migratie van fint komt op gang als de temperatuur in de monding na de winter stijgt (Aprohamian, 1988). Een analyse op alle beschikbare fintdata van de Zeeschelde toont dat de eerste waarneming van fint in de Zeeschelde vastgesteld wordt wanneer de temperatuur eind april, begin mei boven de 10-11°C stijgt (Figuur 3-1). De datum waarop deze overschrijding plaats vindt komt de laatste jaren steeds vroeger op het jaar. (

Figuur 3-2) (Depreiter et al., 2013). De paaiperiode valt vlak na het optrekken, gedurende de maand mei wordt het meest activiteit waargenomen. Daarom worden (waar mogelijk) voor het paaimodel gemiddelde waarden van de variabelen genomen voor de maand mei voor het bepalen van habitatgeschiktheid. De larven groeien hoofdzakelijk op in de Schelde gedurende de periode mei-juni. Voor het larvaal model wordt voor de betrokken variabelen waar nodig dan ook het gemiddelde genomen over deze twee maanden.



Figuur 3-1: Watertemperatuur in Vlissingen bij de eerste waarneming van fint (vertikale rode lijnen) in de Zeeschelde sinds 2010.



Figuur 3-2: Dag van overschrijden van een watertemperatuur van 12°C in Vlissingen, op basis van periodieke staalname.

Hieronder worden de verschillende variabelen beknopt besproken. Voor meer informatie omtrent de ecologische onderbouwing van deze variabelen als bepalend voor paaïen en het opgroeien van larvale finten, verwijzen we naar Stevens et al. (2011). Voor elk van deze variabelen worden tolerantiegrenzen vastgelegd (Figuur 3-4 en Figuur 3-5) die worden gebruikt voor het bepalen van habitatgeschiktheid (zie paragraaf 2). Aangezien er soms enigszins andere vereisten nodig zijn voor het paaïen dan voor de larvale ontwikkeling, kunnen deze tolerantiegrenzen verschillen tussen het larvaal model en het paaïmodel. Een overzicht van de tolerantiegrenzen voor elke variabele wordt gegeven in Bijlage 1.

Temperatuur: Voortplanting van de fint gebeurt bij temperaturen rond de 15°C. Voor het opgroeien van de larven is de temperatuur optimaal in de range 17°C – 25°C. Op basis van recente literatuur (Charles & Jatteau 2010) werd de minimale tolerantie voor larvale fint gelijk gesteld aan 11°C.

Saliniteit: Finten planten zich voort in zoet of licht brak water. Dit is ook belangrijk voor de overleving van de eieren en larven. Optimaal is de saliniteit lager dan 5‰.

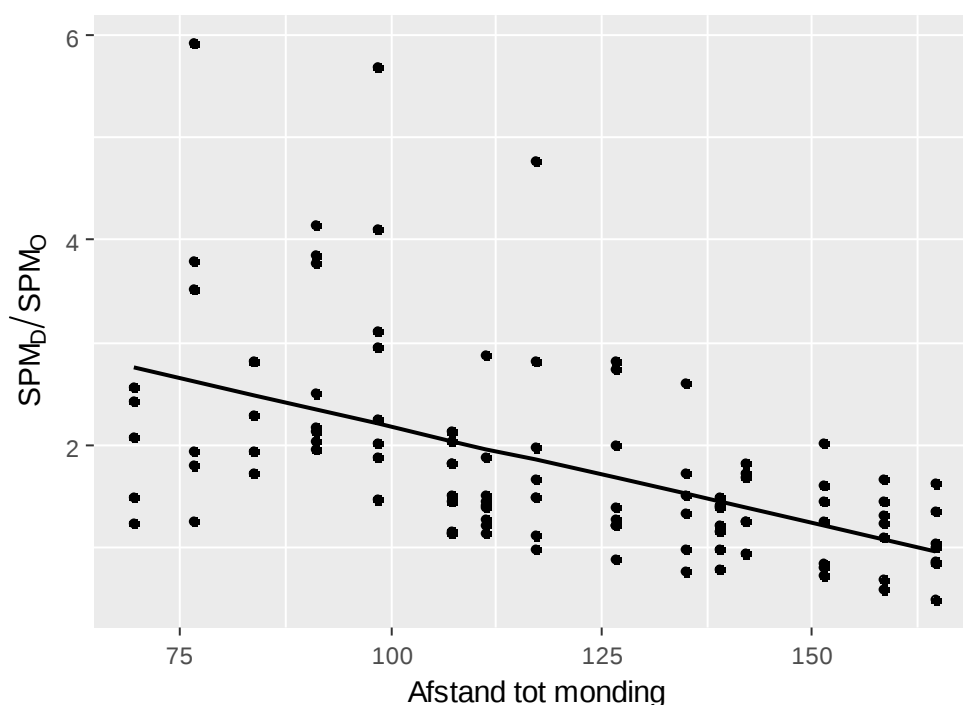
Zuurstof: De minimale zuurstofvereiste over langere periodes (meerdere dagen tot weken) voor zowel adulte finten als larven is 4 mg/l en is bij voorkeur hoger dan 5 mg/l.

Turbiditeit: Adulte finten zijn tolerant voor zwevende stof. Voor de larven neemt de overleving af vanaf concentraties aan zwevende stof hoger dan 50 mg/l. Gegevens met betrekking tot turbiditeit (SPM) doorgegeven door de partners in de modeltrein, zijn gebaseerd op oppervlakte stalen. Voor de larvale fint is echter de dieptegemiddelde SPM relevanter. De larven bevinden zich immers in de waterkolom, en de tolerantie werd getest in laboratorium condities (96uur) waarbij het water goed gemengd was (Auld & Schubel, 1978; voor Amerikaanse fint). Daarom wordt er een doorvertaling gemaakt van oppervlakte SPM naar dieptegemiddelde SPM. Dit gebeurt op basis van de resultaten uit Vandenbruwaene et al. (2016) voor de periode 2007-2010, die zijn gebaseerd op de OMES dataset. De dataset bestaat enerzijds uit oppervlakte stalen (schepstalen) en anderzijds uit stalen voor verschillende

dieptes (pompstalen) op dezelfde locaties. Voor elke staalname datum (dag) en locatie in de Zeeschelde wordt de dieptegemiddelde SPM berekend als de mediaan over de dieptestalen. Enkel die datums worden hierbij behouden waarbij er gegevens aanwezig zijn over de volledige waterkolom (onderverdeeld in 4 zones van oppervlakte tot bodem; zie Vandenbruwaene et al. (2016)). Bovendien wordt er enkel rekening gehouden met de gegevens uit het voorjaar (april - juni). Vervolgens wordt voor elke staalname datum en locatie de verhouding $\frac{SPM_D}{SPM_O}$ berekend tussen dieptegemiddelde SPM en oppervlakte SPM en wordt de lineaire respons berekend van $\frac{SPM_D}{SPM_O}$ in functie van de afstand tot de monding. Figuur 3-3 toont aan dat $\frac{SPM_D}{SPM_O}$ afneemt stroomopwaarts. De verschillen tussen het oppervlakte SPM en het SPM in de waterkolom neemt af van de grens naar Gent. Op basis van de onderstaande vergelijking kan tenslotte oppervlakte SPM doorvertaald worden naar dieptegemiddelde SPM:

$$SPM_D = SPM_O \cdot [\beta_0 + \beta_1 \cdot AfstandMonding]$$

waarbij $\beta_0 = 4.1$ en $\beta_1 = -0.02$.



Figuur 3-3: Invloed van afstand tot de monding op de verhouding $\frac{SPM_D}{SPM_O}$ in het voorjaar (april - juni).

Zoöplankton: Om voldoende voedsel voorhanden te hebben voor de larvale fint moet de concentratie aan zoöplankton (copepoden, watervlooien, aasgarnalen) hoger zijn dan 50 ind/l. in de huidige implementatie worden densiteiten omgezet naar mgC/l. Op die manier stemt dit beter overeen met de output van de modeltrein, aangezien de resultaten uit het pelagisch ecosysteem model (UA) voor zoöplankton worden opgeleverd in C/l. Op basis van de beschikbare zoöplankton data (enkel copepoden en watervlooien, zie paragraaf 5) wordt eerst

een conversie gemaakt van drooggewicht naar mgC/l via de conversiefactor 0.45 (Kjørboe, 2013; gemiddelde van conversiefactor voor cladoceren en copepoden). Deze gegevens voor biomassa C zoöplankton worden gebruikt tijdens kalibratie. Om de tolerantiegrenzen uit Stevens et al. (2011) om te zetten naar mgC/l werd een lineaire regressie berekend tussen aantal/l en mgC/l, beiden logaritmisch getransformeerd. Via deze regressie kunnen de tolerantiegrenzen vertaald worden in mgC/l. 50 ind/l komt hierbij overeen met 0.1 mgC/l.

Waterdiepte: De optimale waterdiepte voor zowel adulten als larven is in de range 1.5 m – 6 m. Larven kunnen wel in ondiepere zones voorkomen dan adulten. De minimale diepte voor larven is 0.15 m en voor adulten 0.3 m.

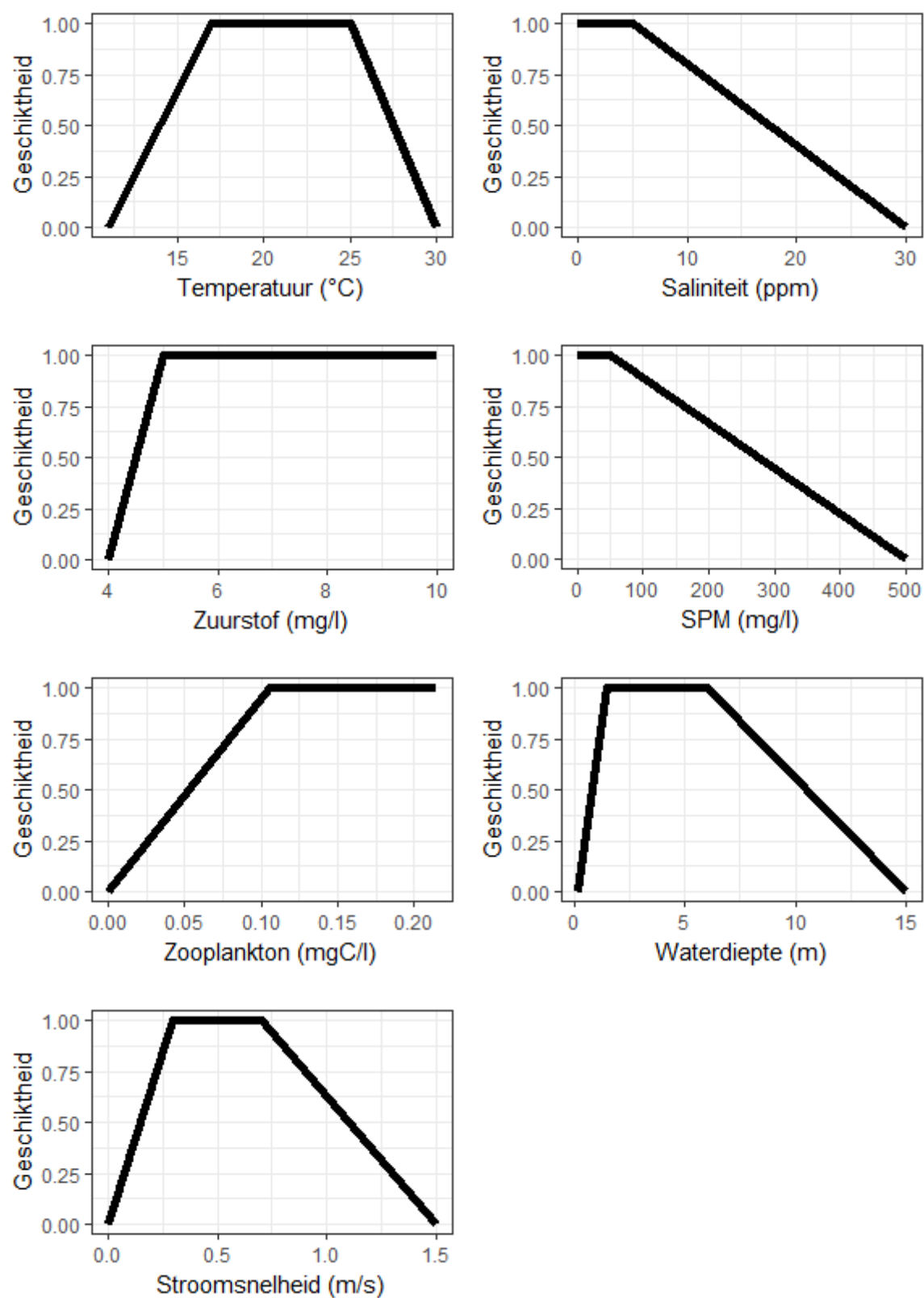
Stroomsnelheid: Te hoge stroomsnelheden verhinderen paaien en houden het risico in dat larven worden weggespoeld uit gunstige gebieden. Te lage stroomsnelheden houden het risico in van het bezinken van eieren op ongunstige plaatsen. Voor het paaimodel worden getijgemiddelde stroomsnelheden gebruikt. Er wordt van uit gegaan dat kortstondige periodes van hoge stroomsnelheden geen probleem zijn voor adulte finten en dat ze paaien tijdens de luwere periodes. Voor larven echter kan men er van uitgaan dat de maximale stroomsnelheid gedurende een getijcyclus bepalend is. Larven kunnen minder efficiënt actief tegen de stroom ingaan en het risico op afdrijven is het hoogst als de stroomsnelheden het hoogst zijn. De optimale range voor paaien is 0.3 m/s – 1.5 m/s (getijgemiddelde stroomsnelheid) en voor larven 0.3 m/s – 0.7 m/s (maximale stroomsnelheid).

Netto waterverplaatsing en habitatgeschiktheid larven: De eieren van fint ontluiken na ongeveer vier dagen en het is essentieel dat ze dit doen in geschikt habitat voor de ontluikende larven. De zone waarin ze ontluiken wordt dus bepaald door de locatie van de paaizone en de netto waterverplaatsing vanuit deze paaizone over vier dagen. Voor de geschiktheid van paaizones is het dus belangrijk dat de larvale zones 4 dagen stroomafwaarts een larvale habitatgeschiktheidsscore *S_I* hebben van 0.5 of hoger. Dit wordt bekeken in een uitbreiding van het model voor geschikte paaizones. Een meer accurate benadering dan enkel op basis van debieten zou kunnen rekening houden met de dispersie coëfficiënten, zodat eieren in geval van sterke dispersie en lage debieten ook stroomopwaarts van de paaiplaatsen kunnen terechtkomen. Een dergelijke benadering ligt echter buiten de scope van het huidige project.

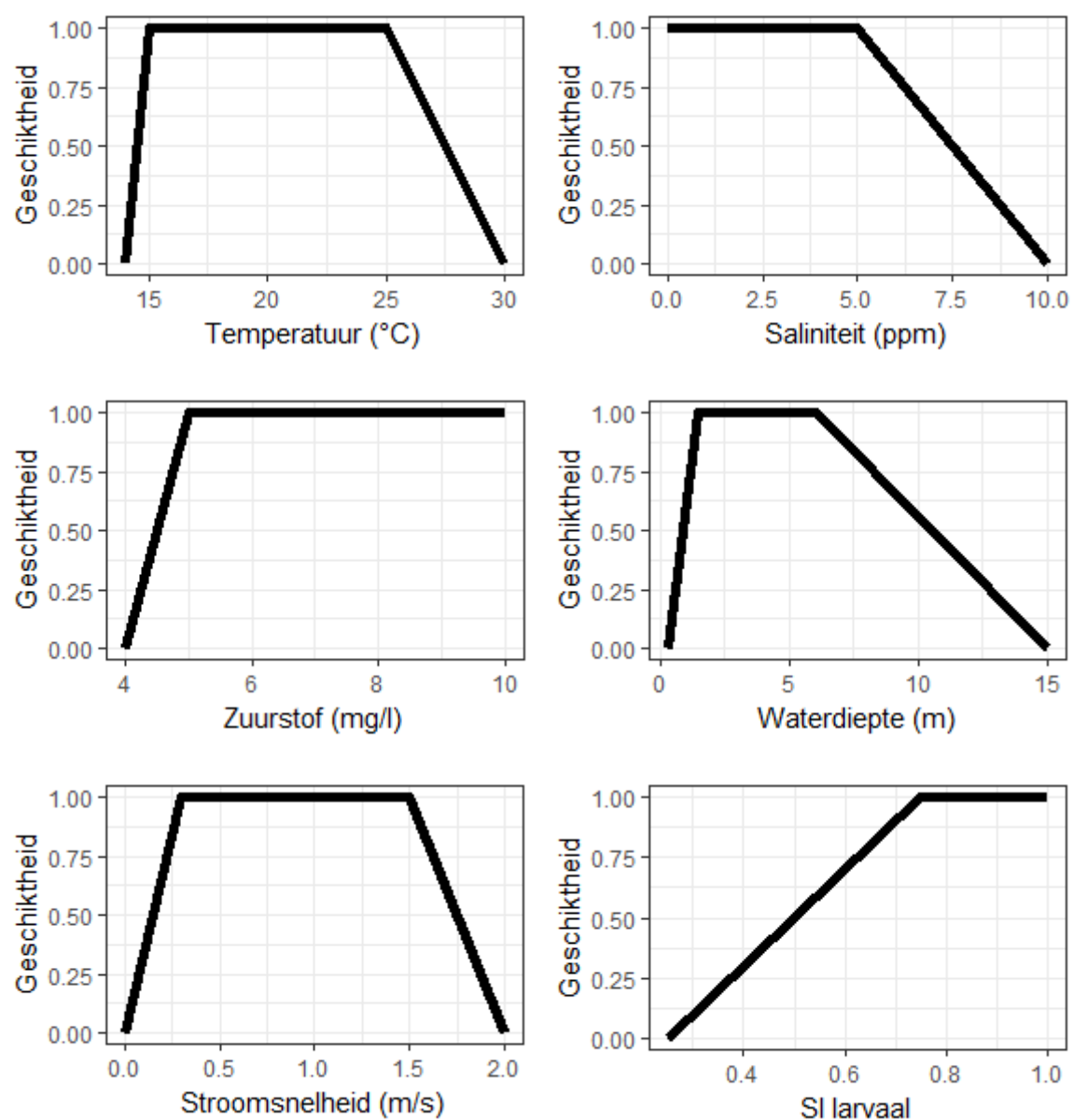
Tabel 1: Variabelen gebruikt in het habitatgeschiktheidsmodel voor fint

Parameter	Eenheid	Model	Temporele resolutie	ruimtelijke resolutie
Water kwaliteit				
Gemiddelde temperatuur	°C	pai larvaal	mei mei - juni	100 m 100 m
Gemiddelde saliniteit (Chloride)	‰	pai larvaal	mei mei - juni	100 m
Gemiddelde zuurstof	mg/l	pai	mei–	100 m
Minimum maandgemiddelde zuurstof *	mg/l	larvaal	mei - juni	100 m
Turbiditeit (SPM, zwevende stof)	mg/l	Larvaal	mei - juni	100 m
Biotische variabelen				
Zoöplankton	mgC/l	larvaal	mei – juni	100 m
Habitat kwaliteit				
Waterdiepte bij laag water	m	larvaal	jaar	100 m
Maximum waterdiepte bij laag water	m	Pai	jaar	100 m
Gemiddelde stroomsnelheid	m/s	pai	voorjaar (QN)	100 m
Maximale stroomsnelheid	m/s	larvaal	voorjaar (QN)	100 m
Netto waterverplaatsing	km/dag	pai	voorjaar	100 m

* Voor zuurstof in het larvaal model wordt het minimum genomen van de maandgemiddelde waarden.



Figuur 3-4: Tolerantiegrenzen voor de variabelen opgenomen in het larvaal model



Figuur 3-5: Tolerantiegrenzen voor de variabelen opgenomen in het paaimodel

4 Uitbreiding naar 2D modelgrid

Voor diepte en stroomsnelheid zijn 2D gegevens beschikbaar, zodat niet alleen verschillen langsheen de lengteas van de Schelde kunnen worden in rekening gebracht maar ook verschillen dwars op de lengteas langsheen elk transect. Vooral voor het bepalen van zones geschikt voor de ontwikkeling van larvale fint kan dit een meerwaarde bieden, aangezien er een onderscheid kan gemaakt worden tussen ondiepe en luwere zones langs de oevers en de diepere en sneller stromende geul. Larven van de elft, een zustersoort van de fint met een vergelijkbare ecologie, worden vooral waargenomen in de luwere zones langs de oevers (Jatteau et al., 2002). Voor het larvaal model wordt dan ook gebruik gemaakt van deze 2D resolutie voor diepte en stroomsnelheid, waarbij per 100m transect, gegevens gebruikt worden per 5m interval van oever tot oever (begrensd door de laagwaterlijn (100% inundatie)).

Aangezien adulte fint mobieler zijn en minder gebonden aan de luwe zones langs de oever, wordt hier enkel 1D gewerkt. De 2D data voor stroomsnelheid en diepte worden gereduceerd tot 1D door het gemiddelde te nemen per 100m transect (gemiddelde over 5m intervallen van oever tot oever, begrensd door de laagwaterlijn).

Voor het paaimodel zijn ook de resultaten over geschiktheid voor larvale ontwikkeling *S_I* vier dagen stroomafwaarts van het gebied waar gepaaid wordt nodig als invoer. Hiervoor moet de uitkomst uit het larvale model ook gereduceerd worden van 2D naar 1D (één waarde per 100m transect). Dit gebeurt door per 100m transect de larvale scores *S_I* (berekend per 5m) te rangschikken van hoog naar laag. De beste drie scores worden vervolgens geselecteerd en het gemiddelde hiervan berekend. De onderliggende gedachte is dat er een voldoende brede zone (15m) met geschikte condities voor larvale ontwikkeling nodig is om een locatie als gunstig te bestempelen. Aangezien er geen gegevens beschikbaar zijn over de vereiste breedte van geschikte zones voor de ontwikkeling van larvale finten, is de keuze voor 15 m arbitrair. Een verbreding of versmalling van de vereiste breedte geeft echter vergelijkbare resultaten (zie Bijlage 2, Figuur 0-1).

5 Kalibratie - Validatie

Gezien de recente herintrede van fint in het Scheldebekken zijn er tot op heden weinig gegevens voorhanden in verband met voorkomen van paaiende en vooral larvale finten. Bovendien valt de periode van herverschijnen grotendeels na de periode waarvoor gegevens voor dit project voorhanden zijn met betrekking tot omgevingsvariabelen. Er is ook nog zeer weinig geweten met betrekking tot de specifieke voorkeuren van fint in de Zeeschelde in relatie tot de variabelen gebruikt in het model. Een kwantitatieve kalibratie en validatie op basis van beschikbare gegevens voor de Zeeschelde is dus niet mogelijk. Zoals reeds vermeld zijn de tolerantiegrenzen opgesteld aan de hand van literatuur die betrekking heeft op andere systemen en soms ook op andere zeer verwante soorten, met een gelijkaardige levenscyclus. Op basis van de hieronder beschreven gegevens, en de toepassing ervan in het model, kan er

wel een kwalitatieve expert evaluatie gebeuren over de validiteit van het model, op basis van de resultaten voor de periode 2007-2012.

Sinds december 1995 wordt de Zeeschelde maandelijks bemonsterd met betrekking tot waterkwaliteit, organische belasting en primaire productie, het OMES programma (Onderzoek MilieuEffecten Sigmaplan) (Maris & Meire, 2017). Hiervoor wordt de Zeeschelde opgedeeld in een aantal zones. Voor elk van deze zones zijn maandelijks metingen voorhanden. Hieruit werden de gegevens voor temperatuur, zuurstof, saliniteit en SPM genomen voor de jaren 2007 tot 2012. Voor temperatuur, saliniteit en SPM wordt de gemiddelde waarde berekend over de maanden die in rekening worden gebracht in de modellen (zie Tabel 1). Voor zuurstof wordt van de geselecteerde maanden de waarde van de maand gekozen met het laagste gemiddelde.

Voor de OMES zones zijn ook gegevens voorhanden over de densiteit aan zoöplankton voor de jaren (2007-2010). Deze werden bekomen via M. Tackx in het kader van het OMES programma (Maris & Meire, 2017), en betreffen enkel copepoden en watervlooien. Ook voor deze gegevens werd een interpolatie uitgevoerd zoals hierboven beschreven. Voor de jaren 2011 en 2012 zijn voor de kalibratie geen zoöplanktongegevens ter beschikking. Voor deze twee jaren werd het gemiddelde genomen van de jaren 2008-2010.

Voor het diepteprofiel (waterdiepte) langsheen de transecten werden de gegevens gebruikt van het gebiedsdekkend digitaal hoogtemodel voor de Beneden-Zeeschelde van 2013 en voor de Boven-Zeeschelde van 2011-2013. Dit digitaal hoogtemodel is een gecombineerd grid afgeleid van bathymetrie (BOZ 2011 en BEZ 2013) en Lidardata (2013).

Stroomsnelheidsgegevens werden bekomen uit het Scaldis model (Smolders et al., 2015). Hierbij wordt als bovenstroomse randvoorwaarde een synthetische debietreeks QN opgelegd (zie 'Model instruments for the Integrated Plan Upper Seaschedt' (IMDC et al., 2015)) die representatief is voor een gemiddelde bovenafvoer in het voorjaar. Merk op dat deze gegevens bekomen worden uit de modelresultaten van het huidige project omdat er geen betere onafhankelijke gegevens beschikbaar zijn.

De gegevens voor netto waterverplaatsing worden afgeleid uit de debieten aangeleverd door UA (pelagisch ecosysteem model, UA) ter hoogte van de grenzen tussen de door hen gebruikte modelboxen (60 boxen van de grens tot splitsing ringvaart, gemiddelde lengte: 1.7 km), en zijn gebaseerd op gemeten debieten. Gegevens voor netto waterverplaatsing zijn op die manier beschikbaar voor de jaren 2009-2012. Voor 2007 en 2008 wordt het gemiddelde genomen over de beschikbare jaren.

6 Resolutie en interpolatie

Resolutie en interpolatie van de invoergegevens zijn enigszins verschillend tussen de gegevens voor evaluatie en de gegevens voor de modeltoepassing.

evaluatie

Voor evaluatie (periode 2007-2012) van de modelresultaten zijn diepte en stroomsnelheidsgegevens voorhanden per 100 meter transect langsheen de Schelde (zie paragraaf 5). Voor temperatuur, saliniteit, zuurstof, turbiditeit, zoöplankton en netto waterverplaatsing zijn er monitoring gegevens beschikbaar per OMES segment (10 segmenten van de grens tot splitsing ringvaart, gemiddelde lengte: 10 km). Gegevens voor netto waterverplaatsing zijn afkomstig uit het pelagisch ecosysteem model (UA) en worden geleverd per modelbox (60 boxen van de grens tot splitsing ringvaart, gemiddelde lengte: 1.7 km). Voor gegevens met een lagere resolutie dan 100m wordt een lineaire interpolatie gebruikt om de tussenliggende waarden te berekenen. De OMES gegevens worden hierbij geassocieerd met het midpunt langsheen de lengteas binnen elke OMES zone. Enkel voor de meest stroomafwaartse en meest stroomopwaartse OMES zone werden respectievelijk de stroomafwaartse en de stroomopwaartse grens van de zone genomen als ankerpunt voor de gemeten waarden. Voor de modelboxen uit het pelagisch ecosysteem model worden de waarden geassocieerd met het midpunt van de boxen, behalve voor netto waterverplaatsing waar de waarden zijn geassocieerd met de grenzen tussen de boxen.

modelresultaten

Ook voor de beschrijving van de huidige toestand (2013) en de toekomstvoorspellingen voor 2050, zijn diepte en stroomsnelheidsgegevens voorhanden per 100 meter transect langsheen de Schelde. Gegevens voor de overige variabelen worden geleverd per modelbox van het pelagisch ecosysteem model (UA). Ook hier wordt voor gegevens met een lagere resolutie dan 100m een lineaire interpolatie gebruikt om de tussenliggende waarden te berekenen.

7 Resultaten en evaluatie op basis van recente gegevens (2007-2012)

De geschiktheidsindex voor paaigronden (SI adult, Figuur 7-1) geeft aan dat er vóór 2009 een duidelijk effect is van lage zuurstofconcentraties op de habitatgeschiktheid. Vooral de zuurstofarme zone rond de Rupelmonding verhinderde in het verleden migratie van adulte finten naar de bovenstroomse gebieden. Dit zuurstofdeficiet in de lente is afwezig vanaf 2009. Deze resultaten komen overeen met de eerste aanwijzingen van reproductie door fint in de Zeeschelde in recente jaren (Stevens et al., 2009). In 2010 worden tot 120 km van de monding temperatuurswaarden gemeten die te laag zijn om te paaien, zodat het habitat pas geschikt is om te paaien vanaf km 120.

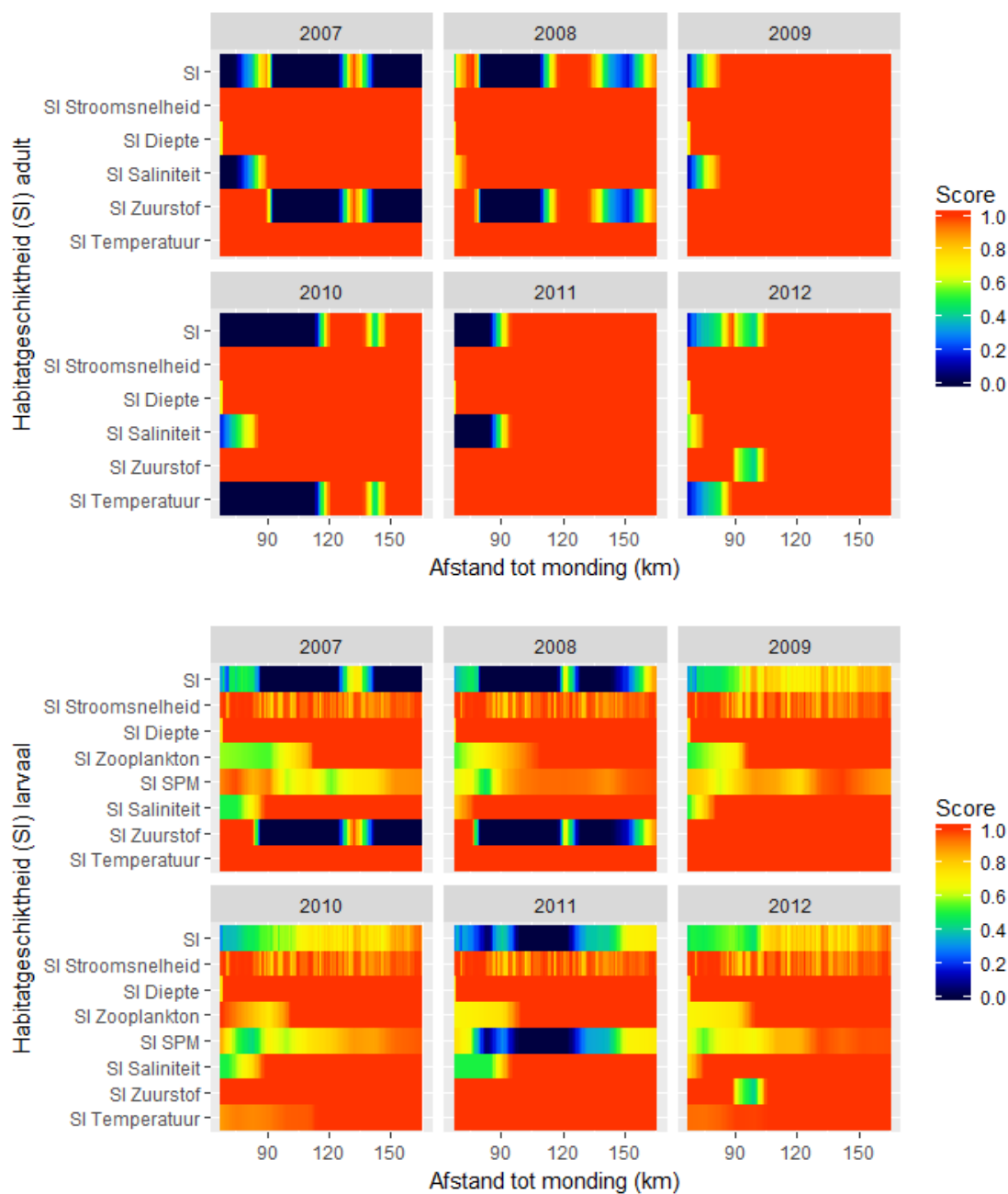
Globaal is voor het larvale model (SI larvaal, Figuur 7-1) de overgang van lage naar hoge waarden van de geschiktheidsindex tussen kilometer 100 en 110 stroomopwaarts van de monding. Dichter dan de 100 km van de monding is het habitat hoofdzakelijk ongeschikt

wegens te hoge zoutconcentraties, en te weinig voedsel (zoöplankton). Boven de 100 km van de monding is de habitatgeschiktheid voor larvale ontwikkeling afhankelijk van zuurstof, SPM en stroomsnelheid. In functie van zuurstof zien we een verbetering vanaf 2009, door de algemene verbetering van de zuurstofwaarden in de Schelde na het voltooiën van het waterzuiveringsprogramma. In 2011 is er een duidelijke verslechtering van de habitatkwaliteit door verhoogde waarden van SPM. Het effect van stroomsnelheid hangt sterk af van de locatie en het beschikbaar zijn van luwere zones.

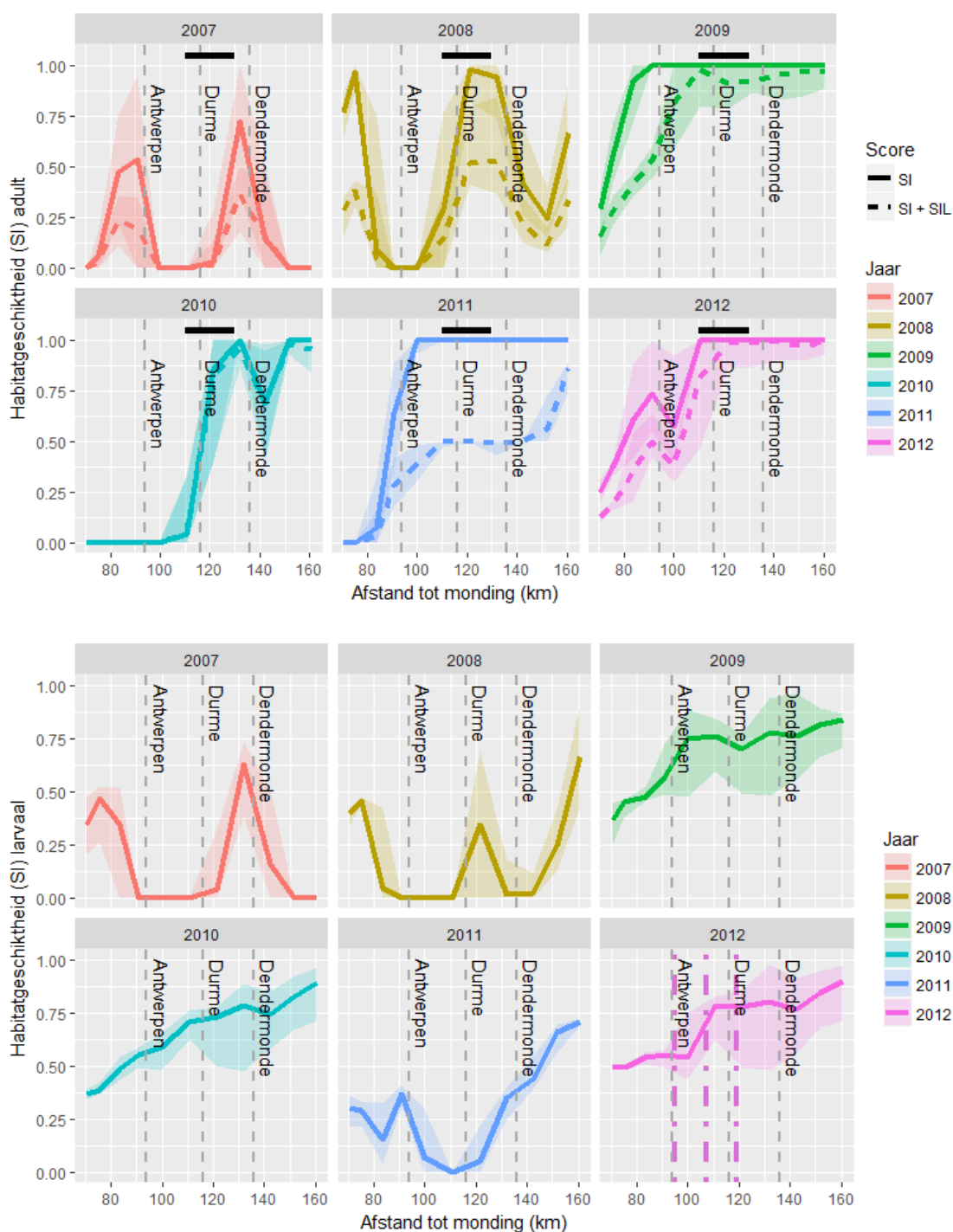
De resultaten kunnen ook geaggregeerd worden op een grotere ruimtelijke schaal. Op OMES niveau (Figuur 7-2) zijn dezelfde patronen zichtbaar als op een schaal van 1km. In recente jaren is er habitat met een hoge geschiktheid voor paaïen aanwezig vanaf 100-110 km van de monding. Voor larvale ontwikkeling is er een hoge geschiktheid vanaf 90-110 van de monding. In de figuur (Figuur 7-2) is ook de zone weergegeven waar recent (vanaf 2014) paaïactiviteit van finten wordt waargenomen. Dit gebeurt tussen 110 en 130 km van de monding, en valt binnen de zone door het model aangegeven als geschikt voor paaïen vanaf 2009 (met uitzondering van 2010 door te lage temperaturen). In 2012 werden voor de eerste keer terug larvale finten gevangen in de Zeeschelde en is een vergelijking van de modelresultaten met veldgegevens mogelijk. De locaties waarop dit gebeurde zijn weergegeven in Figuur 7-2. Deze gegevens dienen echter met de nodige reserve te worden bekeken. De staalname gebeurde in juli, ná de fase van initiële ontwikkeling en hoogste gevoeligheid van de larven waarop het model zich focust (mei-juni). De gevangen larven zitten eerder op de overgang larvaal-juveniel en er kan bijgevolg verondersteld worden dat ze reeds mobieler zijn en zich verplaatst hebben vanuit de initiële ontwikkelingsgebieden. De staalname bij Antwerpen komt bijvoorbeeld niet overeen met gunstig larvaal ontwikkelingsgebied volgens het model, maar het kan hier evengoed larven/juvenielen betreffen die hun initiële ontwikkeling meer stroomopwaarts hebben doorgemaakt.

Voor larvale fint kan per OMES zone ook de totale oppervlakte aan geschikt habitat berekend worden. Hiervoor is wel een kritische waarde nodig voor SI waarboven het habitat als geschikt wordt beschouwd. Gezien de zeer beperkte beschikbaarheid van validatie gegevens is het echter moeilijk om deze kritische waarde te bepalen. Op basis van de huidige resultaten werd de waarde arbitrair op 0.7 geplaatst. Dit komt overeen met de relatief scherpe stijging in de SI larvaal rond km 110 van de monding vanaf 2009. Op basis van dit criterium bevinden de grootste oppervlaktes aan geschikt habitat voor larvale ontwikkeling zich in 110 tot 130 km van de grens (OMES 14 tot 16; Figuur 7-3) en helemaal stroomopwaarts (OMES 19). De zone in OMES 14 tot 16 komt overeen met de gebieden waar recent paaïactiviteit wordt waargenomen en larven en/of kleine juvenielen worden gevangen.

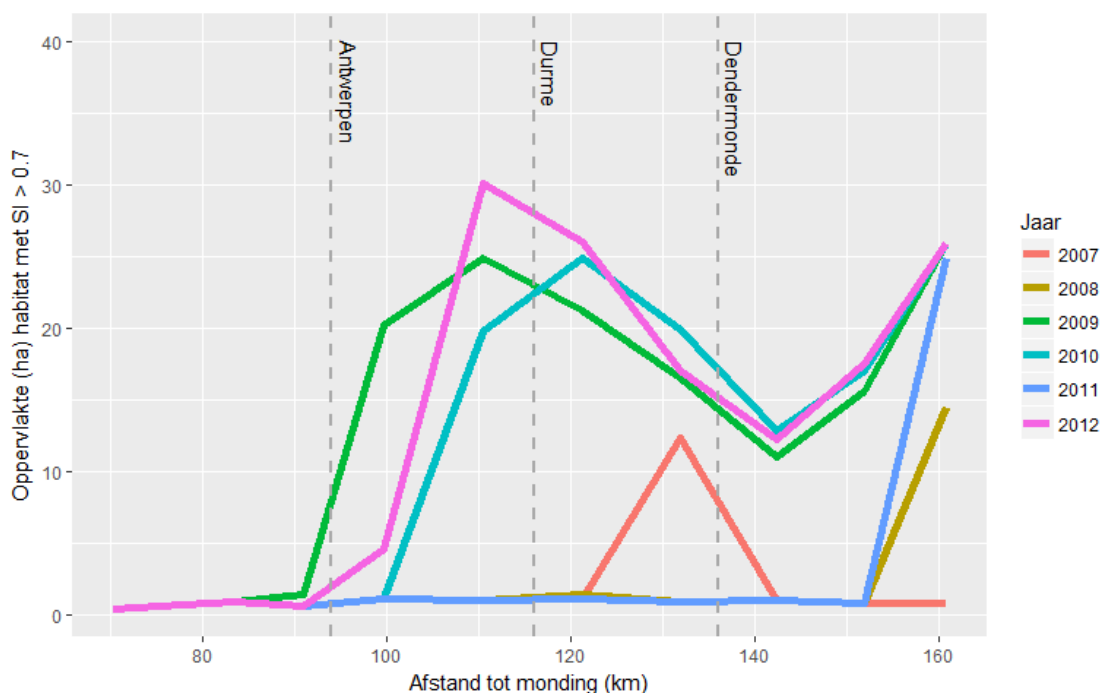
Figuur 7-2 geeft voor het paaïmodel ook de resultaten weer waarin rekening wordt gehouden met de beschikbaarheid van geschikt habitat voor larvale ontwikkeling stroomafwaarts van de paaïgebieden. Voor 2009 zorgt dit voor een reductie in geschikt paaïhabitat met ongeveer 20 km in vergelijking met het model zonder larvale SI. Vooral in 2011 heeft dit echter een sterke impact op de index voor paaïgebieden. Het larvale model geeft immers aan dat larvale ontwikkeling in 2011 sterk werd belemmerd door te hoge SPM waarden in de volledige Zeeschelde.



Figuur 7-1: Index voor habitatgeschiktheid voor paaien (SI adult) en larvale ontwikkeling (SI larvaal). Bovenaan in elk panel staat de waarde rekening houdend met alle variabelen (SI). De overige rijen geven de score weer berekend aan de hand van enkel de opgegeven variabele. Waarden werden uitgemiddeld per km. Voor larvale ontwikkeling werden per 100m transect enkel de beste drie scores gebruikt.



Figuur 7-2: Index voor habitatgeschiktheid voor paaien (SI adult) en larvale ontwikkeling (SI larvaal). Waarden werden uitgemiddeld per OMES zone. Kleurbanden geven de 95% limieten weer. Voor larvale ontwikkeling werden per 100m transect enkel de beste drie scores gebruikt. Zwarte balkjes in figuur voor SI adult geven weer waar recent (sinds 2014) paaiactiviteit wordt waargenomen. Streep-punt lijnen voor SI larvaal in 2012 geven weer waar in 2012 larvale/juvenile fint werd waargenomen.



Figuur 7-3: Beschikbare oppervlakte per OMES zone aan habitat met geschiktheid > 0.7 voor larvale ontwikkeling.

8 Conclusies

De fint is een belangrijke indicator voor de gezondheid van het Schelde-estuarium. Een model op basis van fuzzy logic beschrijft de habitatgeschiktheid langsheen de Zeeschelde voor zowel larvale ontwikkeling als het paaieren van adulte fint. Zowel voor larvale ontwikkeling als voor paaieren wordt de kwaliteit gekoppeld aan een aantal variabelen met betrekking tot habitatkwaliteit. Een historische analyse voor de jaren 2007-2012 toont aan dat het larvale habitat in de Boven-Zeeschelde vooral gevoelig is aan zuurstof, maximale stroomsnelheid en SPM. Geschikte gebieden om te paaieren zijn vooral gevoelig aan de koppeling zuurstof en temperatuur. Recente observaties van paaiactiviteit en larven/juvenielen vallen grotendeels binnen de zones door het model aangeduid als geschikt habitat.

9 Referenties

- Aprahamian M.W. (1988). The biology of the twaite shad *Alosa fallax fallax* (Lacépède) in the rivers Severn Estuary. *J. of Fish Biology* 33 (Suppl. A), 141-152.
- Auld A.H. & Schubel J.R. (1978). Effects of Suspended Sediment on Fish Eggs and Larvae: A Laboratory Assessment. *Estuarine and Coastal Marine Science*, 6, 153-164.
- Breine J., Van Thuyne G. & L. De Bruyn (2012). Opvolging van het visbestand van de Zeeschelde met ankerkuilvisserij: resultaten voor 2012. INBO.R.2012.38. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2012. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel, Belgium.
- Charles K. & Jatteau P. (2010). Analyse de la sensibilité des jeunes stades de grande alose *Alosa alosa* aux facteurs de l'environnement. Résultats 2009 / Synthèse 2008- 2009. Rapport final Cemagref Bordeaux – ONEMA.
- Depreiter D., Cleveringa J., Laan van der T., Maris T., Ysebaert T., Wijnhoven S. (2013). T2009 rapportage Schelde estuarium. IMDC, ARCADIS, Universiteit Antwerpen, IMARES, NIOZ.
- IMDC, Technum, WL, UA & INBO (2015). Modelling instruments for the Integrated Plan Upper Seascheldt. I/NO/11448/14.165/DDP.
- Jatteau P., Bardonnnet A., Belaud A., Dauba F., Sabatier R. & Véron V. (2002). Ecologie des jeunes stades de grande alose *Alosa alosa*- première approche des habitats colonisés avant la dévalaison. Rapport Cemagref N°76.
- Kjørboe T. (2013). Zooplankton body composition. *Limnology and Oceanography*, 58(5), 1843-1850.
- Maris, T. & P. Meire, 2017. Onderzoek naar de gevolgen van het Sigmaplan, baggeractiviteiten en havenuitbreiding in de Zeeschelde op het milieu. Geïntegreerd eindverslag van het onderzoek verricht in 2016. ECOBE 017-R206 Universiteit Antwerpen, Antwerpen.
- 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. Antwerpen.
- Smolders S., Maximova T., Vanlede J., Verwaest T., Mostaert F. (2015). Integraal Plan Bovenzeeschelde: Subreport 1 – 3D Hydrodynamisch model Zeeschelde en Westerschelde. Version 1.0. WL Rapporten, 13_131. Flanders Hydraulics Research: Antwerp, Belgium.
- Stevens M., Van den Neucker T., Mouton A., Buysse D., Martens S., Baeyens R., Jacobs Y., Gelaude E. & Coeck J. (2009). Onderzoek naar de trekvissoorten in het stroomgebied van de Schelde. INBO.R.2009.9. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, 2009 (9). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel, Belgium.
- Stevens M., Van den Neucker T., Gelaude E., Baeyens R., Jacobs Y., Mouton A., Buysse D. & Coeck J. (2011). Onderzoek naar de trekvissoorten in het Schelde-estuarium. Voortplantings- en opgroei-habitat van rivierprik en fint. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2011 (14). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel, Belgium.

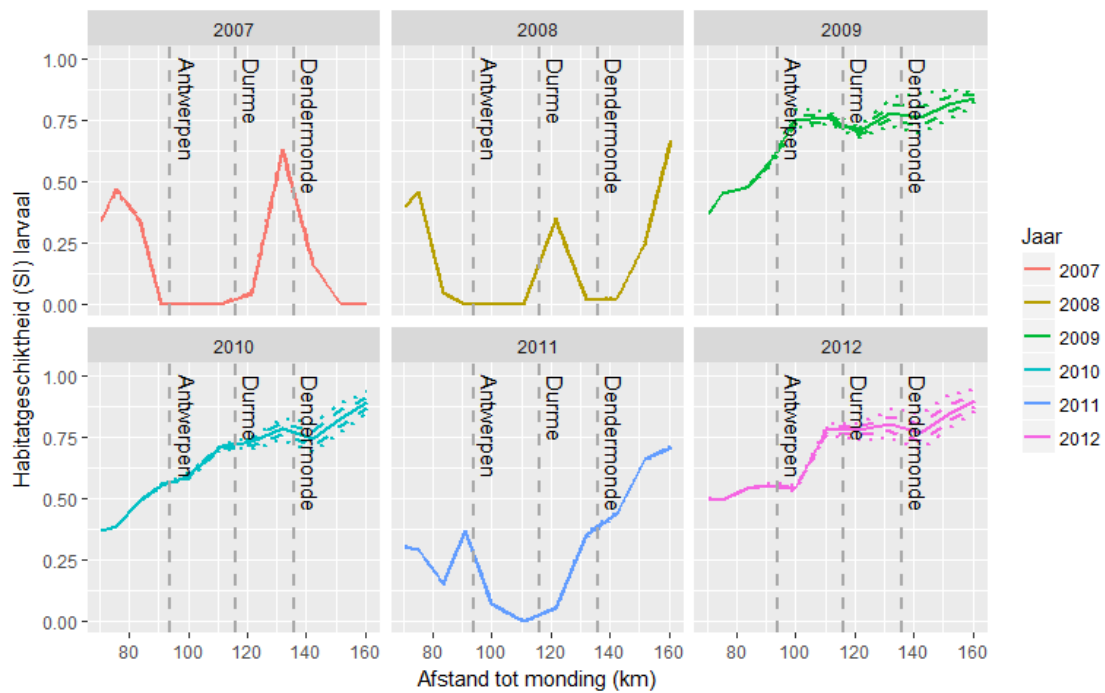
Vandenbruwaene W., Vanlede J., Plancke Y., Verwaest T., Mostaert F. (2016). Slibbalans Zeeschelde: Deelrapport 4 – Historische evolutie SPM. Versie 6.0. WL Rapporten, 00_029_4. Waterbouwkundig Laboratorium & Antea: Antwerpen.

Bijlage 1

Tabel 2: Tolerantiegrenzen gebruikt voor het bepalen van habitatgeschiktheid voor larvale ontwikkeling en voor paaien van adulte fint. Groen: goed; Rood: slecht; Oranje: transitiezone (matig).

Variabele		Stadium					
Temperatuur	°C	Larvaal	<11	11-17	17-25	25-30	>30
Temperatuur	°C	Paai	<14	14-15	15-25	25-30	>30
Zuurstof	mg/l	Larvaal	<4	4-5	>5		
Zuurstof	mg/l	Paai	<4	4-5	>5		
Saliniteit	ppt	Larvaal	0-5	5-30	>30		
Saliniteit	ppt	Paai	0-5	5-10	>10		
SPM	mg/l	Larvaal	0-50	50-500	>500		
Zoöplankton	mgC/l	Larvaal	0-0.1	>0.1			
Diepte	m	Larvaal	<0.15	0.15-1.5	1.5-6	6-15	>15
Diepte	m	Paai	<0.3	0.3-1.5	1.5-6	6-15	>15
Maximale stroomsnelheid	m/s	Larvaal	0-0.3	0.3-0.7	0.7-1.5	>1.5	
Gemiddelde stroomsnelheid	m/s	Paai	0-0.3	0.3-1.5	1.5-2	>2	
SI larvaal		Paai	<0.25	0.25-0.75	>0.75		

Bijlage 2



Figuur 0-1: Vergelijking van de habitatgeschiktheidsscore voor larvale ontwikkeling met verschillende selectie van breedte met maximaal geschikte waarden per 100 m transect (zie hoofdstuk 4). SI waarden evolueren van hoog naar laag met het verbreden van de vereiste zone van 5 naar 25 meter. Volle lijn: breedte = 15m; Gestreepte lijn: breedte = 10 of 20 m; Stippellijn: breedte = 5 of 25 m.