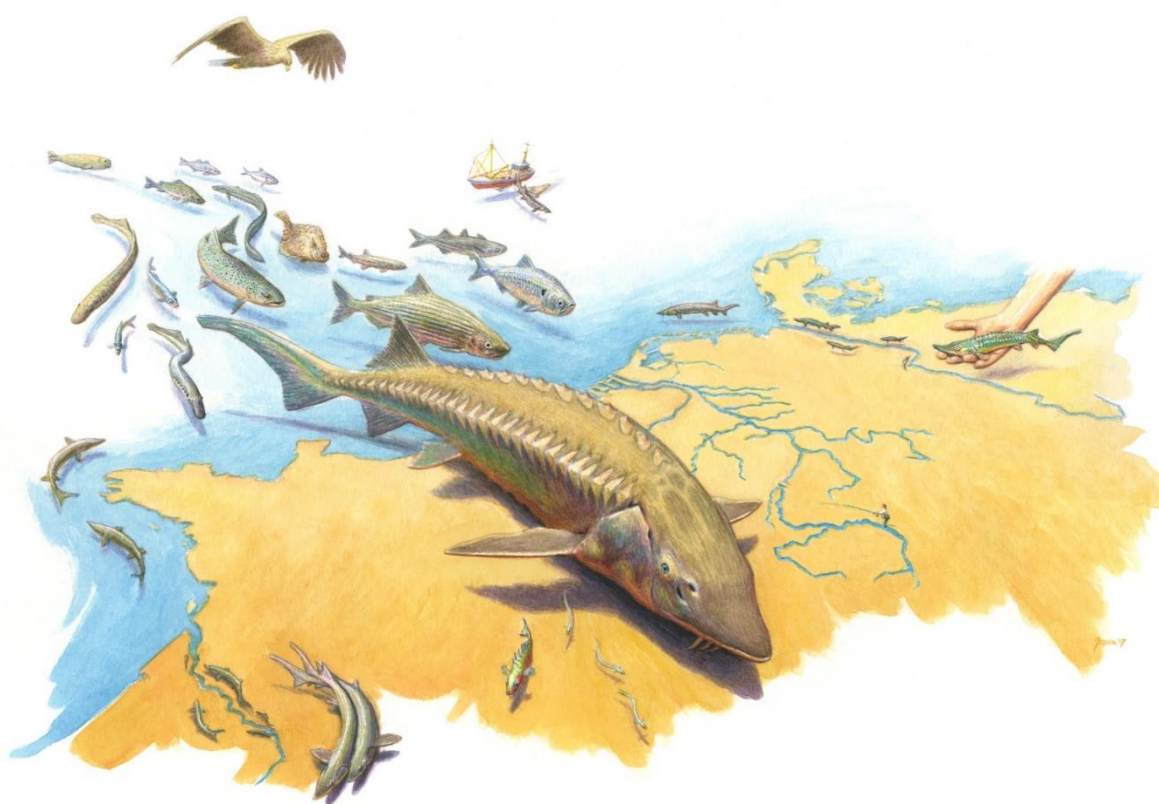


GIS analyse habitat voor Europese steur

Beschikbaar habitat voor de voortplanting en opgroei in de
Nederlandse Rijntakken bovenstrooms van het
zoetwatergetijdengebied



Mark Groen, Jan Kranenbarg, Bram Houben & Niels Brevé
Juni 2019



Ministerium für Wirtschaft, Innovation,
Digitalisierung und Energie
des Landes Nordrhein-Westfalen



Mogelijk gemaakt door



Colofon

Status uitgave:	Definitief
Rapportnummer:	2018.152
Datum uitgave:	18-06-2019
Titel:	GIS analyse habitat voor Europese steur.
Subtitel:	Beschikbaar habitat voor de voortplanting en opgroei in de Nederlandse Rijntakken bovenstrooms van het zoetwatergetijdengebied
Wijze van citeren:	Groen, M, Kranenbarg J, Houben, B & Brevé, N, 2019. GIS analyse habitat voor Europese steur. Beschikbaar habitat voor de voortplanting en opgroei in de Nederlandse Rijntakken bovenstrooms van het zoetwatergetijdengebied. RAVON, Nijmegen. Rapportnr. 2018.152.
Samenstellers:	M. Groen, J. Kranenbarg, B. Houben, N. Brevé
Afbeelding omslag:	ARK Natuurontwikkeling
Aantal pagina's incl. bijlagen:	33
Projectnummer:	2018.152
Projectleider:	Jan Kranenbarg
Opdrachtgever(s):	Bram Houben (ARK Natuurontwikkeling) & Niels Brevé (Sportvisserij Nederland)

Mede mogelijk gemaakt door de Nationale Postcode Loterij, project Haringvliet.

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	7
1.1 Kader	7
1.2 Vraagstelling	8
2 Werkwijze	10
2.1 Studiegebied	10
2.2 Data-analyse	11
2.2.1 Vastellen HGI-waarden	11
2.2.2 Bewerken van parameters	12
2.2.3 Bepaling habitatgeschiktheid	16
3 Resultaten	17
3.1 Paaihabitat	17
3.2 Opgroeihabitat	18
3.3 Diepe kuilen	21
4 Conclusies, discussie & aanbevelingen	22
4.1 Paaihabitat	22
4.2 Opgroeihabitat	22
5 Literatuur	27
Bijlage 1: Kaart met korrelgrootteverdeling van de D50-waarde	28
Bijlage 2: Potentieel geschikt oppervlak per variabele	29
Bijlage 3: HGI opgroeihabitat; >5 m waterdiepte als geschikt	31
Bijlage 4: Overzichtskaarten geschiktheid opgroeihabitat	32

Samenvatting

Met het oog op een mogelijke herintroductie van de Europese steur (*Acipenser sturio*) in de Rijn is een GIS studie uitgevoerd om de aanwezigheid van potentieel geschikt paai- en opgroeigebied in de Nederlandse Rijntakken in beeld te brengen. Voor het bepalen van de habitatpotentie van de Nederlandse Rijntakken is gebruik gemaakt van de door in Staas (2017) beschreven habitatvoorkeur als randvoorwaarden. Deze randvoorwaarden zijn gebruikt om de habitatpotentie te kwantificeren tot een habitatgeschiktheidsindex (HGI), zie onderstaand figuur. Daarbij is onderscheid gemaakt in voortplantingshabitat en opgroeihabitat voor juveniele steuren in hun eerste levensjaar. Omdat het detailniveau van de beschikbare GIS gegevens in de Nederlandse benedenrivieren beperkt bleek is dit in onderhavige studie alleen gebeurd voor de Rijntakken bovenstrooms van het zoetwatergetijdengebied. Hiervoor is gebruik gemaakt van stroomsnelheid en dieptegegevens berekend met het 2D model WA-QUA voor een relatief lage (1020 m³/s), een gemiddelde (2000 m³/s) en een relatief hoge afvoer (4000 m³/s) met gridcellen van circa 40x20 meter. Voor het substraat is gebruik gemaakt van bodemonsters die in 1995 zijn verzameld op ongeveer iedere rivierkilometer op drie plaatsen in de breedte genomen zijn. Van deze bodemonsters is de korrelgroottefractieverdeling met behulp van zeven in beeld gebracht (zogenaamde zeefkrommen).

Habitatpotentie voor voortplanting

Zoals verwacht werd is de hoeveelheid grof substraat (grotere stenen) in de Nederlandse Rijntakken een beperkende factor is voor de voortplanting van de Europese steur. In het stroomopwaarts gelegen deel van de Nederrijn - Lek, Pannerdensche Kanaal en monding IJssel-Nederrijn - Lek is het substraat plaatselijk wel grover (fijn tot grof grind van 16 mm), maar niet grof genoeg voor de voortplanting van de steur.

Habitatpotentie voor opgroei eerste levensjaar

Geschikt opgroeihabitat voor jonge steuren tot circa hun 1-2^{de} levensjaar is veel aanwezig. Het merendeel hiervan bevindt zich in de ondiepere zone tussen de vaargeul en de oever (zie onderstaand figuur als voorbeeld). Afhankelijk van de afvoer varieert het totale areaal beschikbaar opgroeihabitat in de Rijntakken van 32 tot 46 km². In de Waal en Nederrijn-Lek wordt de hoeveelheid opgroeigebied weinig beïnvloed door de afvoer en ligt rond de 30% van het totale areaal. In de IJssel is ruim 50% van het areaal geschikt bij afvoeren van 1020-2000 m³/s, als de afvoer stijgt tot 4000 m³/s neemt dit echter sterk af tot 12%. Het Pannerdensch Kanaal heeft bij alle debieten nagenoeg geen geschikt opgroeihabitat. Op basis van de robuustheid in geschikt opgroeihabitat bij diverse debieten lijken met name de Waal, en ook de Nederrijn – Lek, het meest geschikt als opgroeigebied voor jonge steuren. Echter ligt er een waterkrachtcentrale in de Nederrijn-Lek en is de scheepsvaartintensiteit erg hoog in de Waal. Dit heeft mogelijk een negatief effect op de migratie stroomafwaarts. Maar de verwachting (o.b.v. voorgaande studie) is dat (jonge) steuren via de hoofdstroom (Waal) migreren. Mogelijk kiezen volwassen steuren, net zoals paarijpe salmoniden, ook de hoofdstroom naar Duitse paaigronden.



Diepe kuilen

Diepe(re) plaatsen in de rivierbedding kunnen dienen als schuil en rustplaats voor volwassen migrerende steuren (en andere trekvissoorten). Bij het gemiddeld debiet van 2000 m³/s zijn er in totaal ongeveer 3.000 (~1,8 km²) plekken gevonden, die redelijk homogeen verspreid zijn. Het merendeel van de diepere kuilen is gelegen in de buitenbocht vlak achter de kribkoppen.

Scheepvaartintensiteit

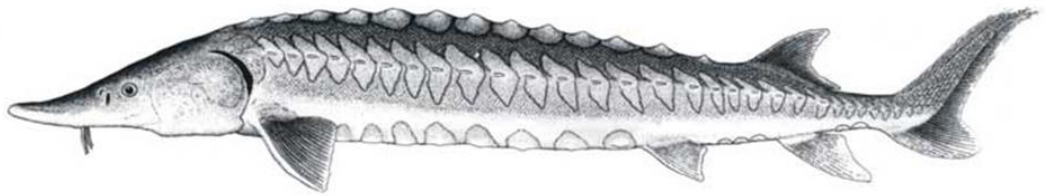
Met name in de Waal is de scheepvaartintensiteit aanzienlijk. Scheepschroeven kunnen steuren dodelijk verwonden, bij grotere steuren is dit een bekend fenomeen. Bewijs voor directe schade door scheepvaart aan steuren in hun eerste levensjaar is er (nog) niet. Wel kunnen schepen in de ondiepere oeverzone een sterke turbulentie veroorzaken, en daardoor de hier levende vissen en de aanwezigheid van voedsel verstoren. Het is onbekend hoe groot de impact van scheepvaart is op de diepere oeverzones waar steuren opgroeien. De aanleg van langsdammen kan de scheepvaartturbulentie in de oeverzone sterk reduceren. Ook houden ze het geluid dat schepen maken tegen.

1 Inleiding

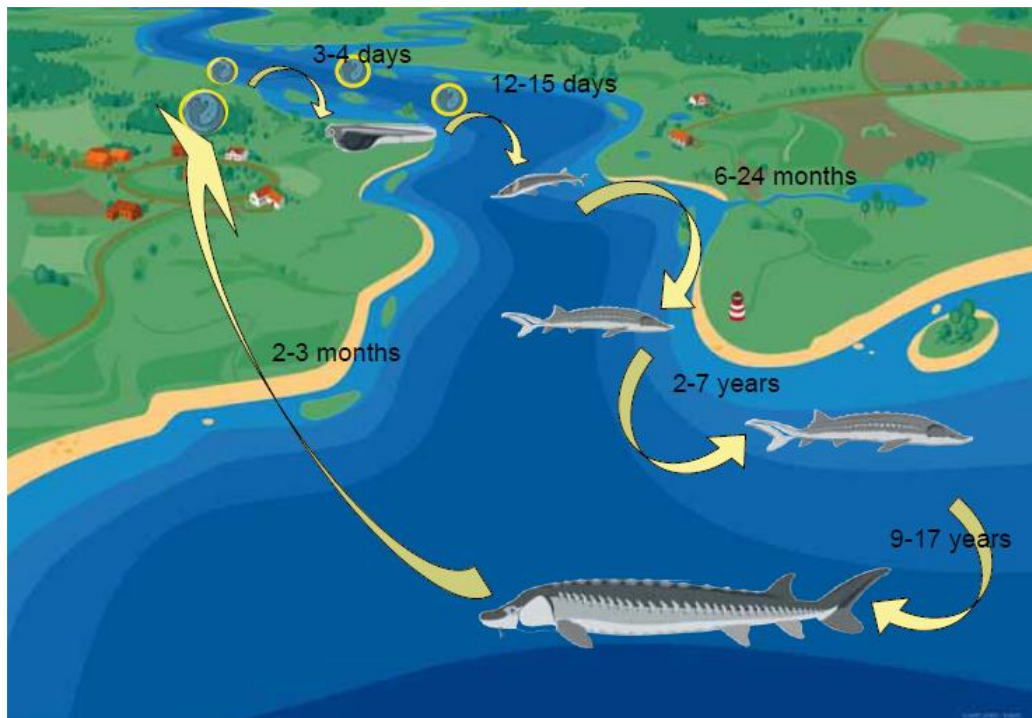
1.1 Kader

Ecologie

Steuren (*Acipenseridae*) behoren tot een van de oudste nu nog op aarde levende visfamilies. Fossiele vondsten zijn bekend vanuit de vroege Trias-periode, ca 220 miljoen jaar geleden. De Europese steur (*Acipenser sturio*) kent een anadrome levenswijze, het volwassen leven wordt grotendeels op zee doorgebracht en de voortplanting vindt plaats in het zoete water van rivieren. De jonge steuren brengen hun eerste levensjaren door in het riviersysteem en groeien daarna verder op in zee (Fig. 1).



Europese steuren kunnen zeer oud en groot worden, de vrouwelijke dieren mogelijk wel 70 jaar met een lengte tot ruim 3 meter. De dieren worden op relatief late leeftijd geslachtsrijp, de mannetjes op een leeftijd van circa 8 tot 10 jaar en de vrouwtjes tussen de 12 en 16 jaar. De mannetjes nemen hierbij doorgaans eens in de 2 jaar deel aan de voortplanting, terwijl de vrouwelijke dieren slechts eenmaal in de 3 of 4 jaar de rivieren optrekken om te paaien. De vrouwtjes leggen afhankelijk van hun lengte en gewicht 500.000 tot wel 2.500.000 eieren.



Figuur 1.1: Levenscyclus van de Europese steur in het Gironde systeem. Bron: Gessner et al. (2010).

Achteruitgang

Steuren behoren tot de meest bedreigde groep op de IUCN Rode Lijst. Maar liefst 85% van de nu levende steursoorten wordt met uitsterven bedreigd. Dit geldt ook voor Europese steur. Deze soort kwam in het verleden voor in de stroomgebieden van alle grote rivieren en de kustgebieden van noordwest Europa. De Rijn was één van de belangrijkste steurrivieren. Door het intensiveren van de rivier- en kustvisserij aan het einde van de 19e eeuw, en door een verslechtering van de rivierwaterkwaliteit, verdween de paaipopulatie van de steur in de Rijn omstreeks 1920, waarbij de laatste steur gevangen werd in 1951. De soort wordt met uitsterven bedreigd in het wild.

Herstel

Om de Europese steur voor compleet uitsterven te behoeden, is een Frans Nationaal Plan ontwikkeld, gekoppeld aan een opkweek- en uitzetprogramma. Sinds 2006 wordt een deel van de steuren uit het Franse programma gebruikt om de soort te herintroduceren in de Elbe in Duitsland. Recentelijk zijn ook de Rijn en de Ebro hiervoor in beeld, zodat middels internationale samenwerking het herstel van de Europese steur gewaarborgd kan worden.

De waterkwaliteit van de Rijn is inmiddels sterk verbeterd en de intensieve riviervisserij verdwenen. Doordat er in de beneden- en de middenloop van de Rijn geen stuwen zijn aangelegd, is een groot deel van het voormalige voortplantingsgebied van de soort nog steeds bereikbaar. Ter voorbereiding van een mogelijke herintroductie van de Europese steur is in 2010, in nauwe samenwerking met de Franse en Duitse partners, en op initiatief van WWF-Nederland, ARK Natuurontwikkeling en Sportvisserij Nederland, een steurenprojectgroep en een Europees Rijn Steurplatform opgericht. Om de kansen voor de Europese steur te onderzoeken zijn er vanuit dit platform verschillende studies en experimentele uitzettingen uitgevoerd. Hierbij bleek onder andere dat de opgroeimogelijkheden voor jonge steuren langs de Nederlandse kust goed zijn. Ook werd op basis van een uitgebreide GIS-studie vastgesteld dat de Duitse Beneden Rijn, er stroomopwaarts van Nederland, potentieel geschikt is als voortplantingsgebied voor de Europese steur (Staas 2017).

1.2 Vraagstelling

Op basis van onderzoek, o.a. het Gironde-Dordogne-Garonne riviersysteem, is bekend dat de jonge steuren in hun eerste levensjaar opgroeien in de rivier (Kranenbarg et al. 2018). Vanaf hun tweede levensjaar trekken ze naar het estuarium en de kustzone om verder op te groeien. De verwachting is dat de Nederlandse Rijntakken vooral van belang zijn voor de opgroei van de jonge steuren in hun eerste levensjaar, en dat de estuariene gebieden en kustwateren van belang zijn voor de verdere opgroei vanaf het tweede levensjaar.

Met het oog op een mogelijke herintroductie van jonge steuren in de Rijn is het van belang om een gedetailleerder beeld te krijgen van de habitatpotentie van de Nederlandse Rijntakken. Hiernaast dient ook in beeld gebracht te worden of er plaatselijk wellicht ook potentiële paaigebieden aanwezig zijn en in hoeverre er diepere kuilen aanwezig zijn die als rustgebied voor migrerende volwassen steuren kunnen functioneren .

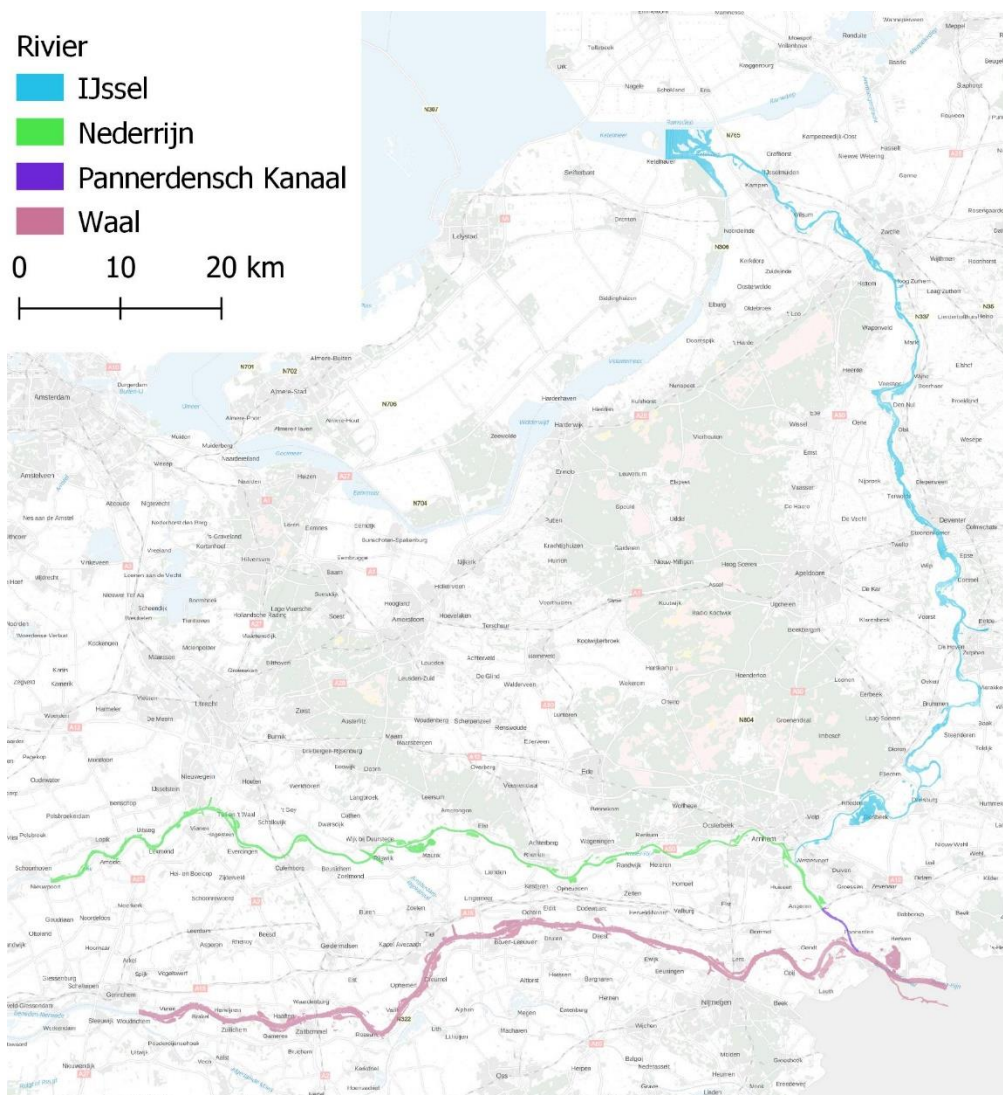
Aangezien het detailniveau van de beschikbare GIS gegevens in de Nederlandse benedenrivieren beperkt is, is binnen de studie alleen de habitatpotentie van de Rijntakken bovenstrooms van het zoetwatergetijdengebied in beeld gebracht. Hierbij wordt voor zover

mogelijk dezelfde werkwijze toegepast, als in de studie die door Staas (2017) in het Duitse deel van de Rijn gebruikt is. Met deze kennis kunnen toekomstige uitzetlocaties beter gekozen, de leefgebieden beter beschermd, en de geschiktheid van habitats verbeterd worden.

2 Werkwijze

2.1 Studiegebied

Het studiegebied beslaat de Rijntakken stroomopwaarts van het zoetwatergetijdengebied. Het getijdengebied stroomafwaarts van het onderzoeksgebied is buiten beschouwing gelaten omdat het detailniveau van de beschikbare gegevens veel minder was dan de gegevens van de bovenrivieren.



Figuur 2.1 Ligging van de riviertrajecten in het studiegebied.

2.2 Data-analyse

2.2.1 Vastellen HGI-waarden

Voor het bepalen van de habitatpotentie van de Nederlandse Rijntakken is gebruik gemaakt van de door in Staas (2017) beschreven habitatvoorkeur als randvoorwaarden. Deze randvoorwaarden zijn gebruikt om de habitatpotentie te kwantificeren tot een habitatgeschiktheidsindex (HGI). Daarbij is onderscheid gemaakt in voortplantingshabitat en opgroeihabitat voor juveniele steuren in hun eerste levensjaar.

Paaihabitat (eieren en larven)

De paaihabitat voor steur bestaat uit diepe rivierdelen (>2 m) met een hoge stroomsnelheid (> 1 m/s) nabij de bodem voor de zuurstofvoorziening van de eieren. Het paaisubstraat bestaat voornamelijk uit stenen en keien met een gemiddelde korrelgrootte van minimaal 25 mm (Figuur 2.2). Tabel 2.1 geeft een overzicht van de gebruikte HGI-waarden.



Figuur 2.2 Illustratief voorbeeld van potentieel paaisubstraat (bron: Blikonderwater).

Opgroeihabitat eerste levensjaar (juveniel 0+)

Over de habitatvoorkeur van juveniele steuren in hun eerste levensjaar is niet veel bekend. In de literatuurstudie van Staas (2017) wordt beschreven dat de juveniele steuren langzaam stromend habitat ($<0,5$ m/s) met een diepte van 2-5 m prefereren met een substraat van zand en/of slib. Tabel 2.1 geeft een overzicht van de gebruikte HGI-waarden.

Tabel 2.1: De habitatgeschiktheidsscores (1= geschikt; 0,5= matig geschikt; 0= ongeschikt) voor waterdiepte, stroomsnelheid en substraat voor de paai van volwassen steuren, en de opgroei van de juveniele steuren in het eerste levensjaar. De korrelgroottes die gekoppeld zijn aan de D50-waarde (in mm) geven de minimale korrelgrootte bij 50% in gewicht van een bodemonmonster (zie paragraaf 2.3).

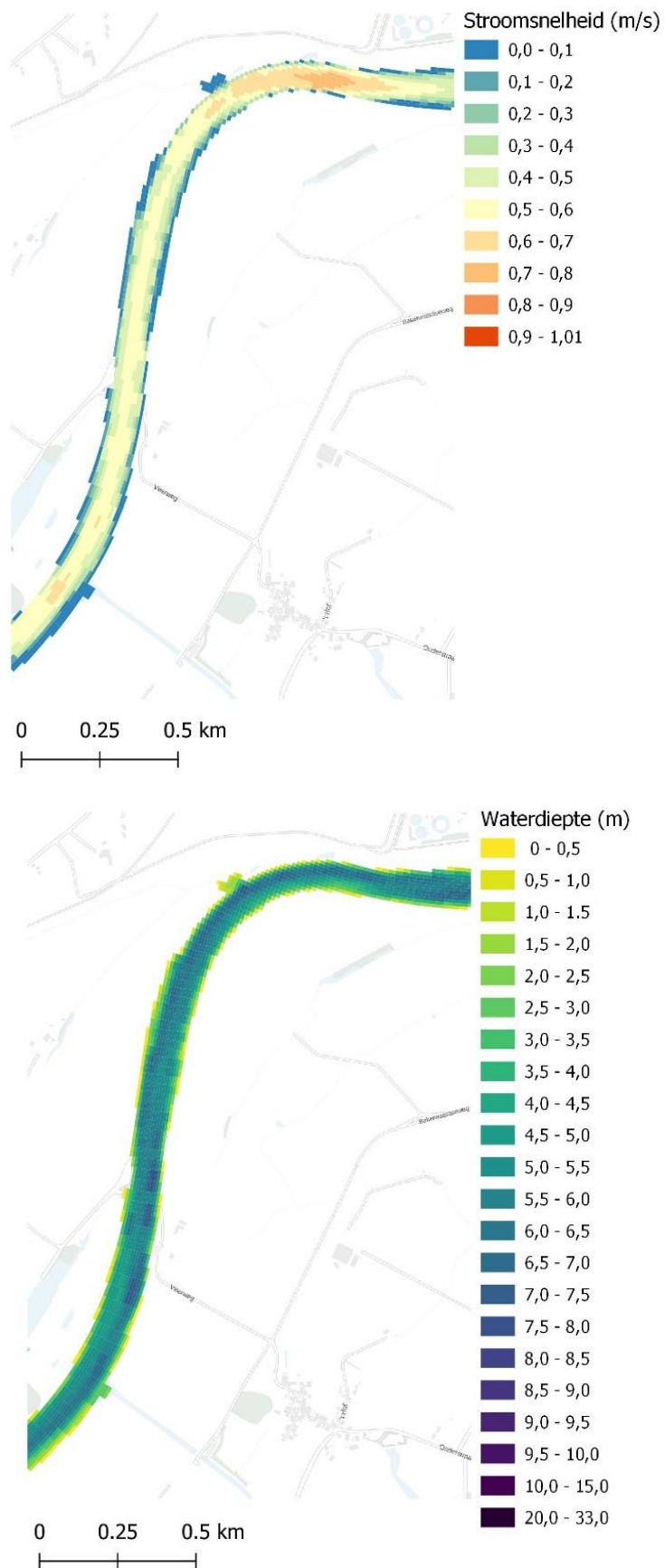
Waterdiepte	Paai	Juveniel (0+)
Ondiep (>0-1 m)	0	0
Matig diep (>1-2 m)	0,5	0,5
Diep (>2-5 m)	1	1
Zeep diep (>5 m)	1	0
Stroomsnelheid		
Langzaam (0-0,5 m/s)	0	1
Matig (>0,5-1 m/s)	1	0,5
Snel (>1-2 m/s)	1	0
Zeep snel (>2 m/s)	0,5	0
Substraat		
D50 <25 mm	0	0
D50 >25 mm	1	0
D50 <2 mm	0	1
D50 >2 mm	0	0

2.2.2 Bewerken van parameters

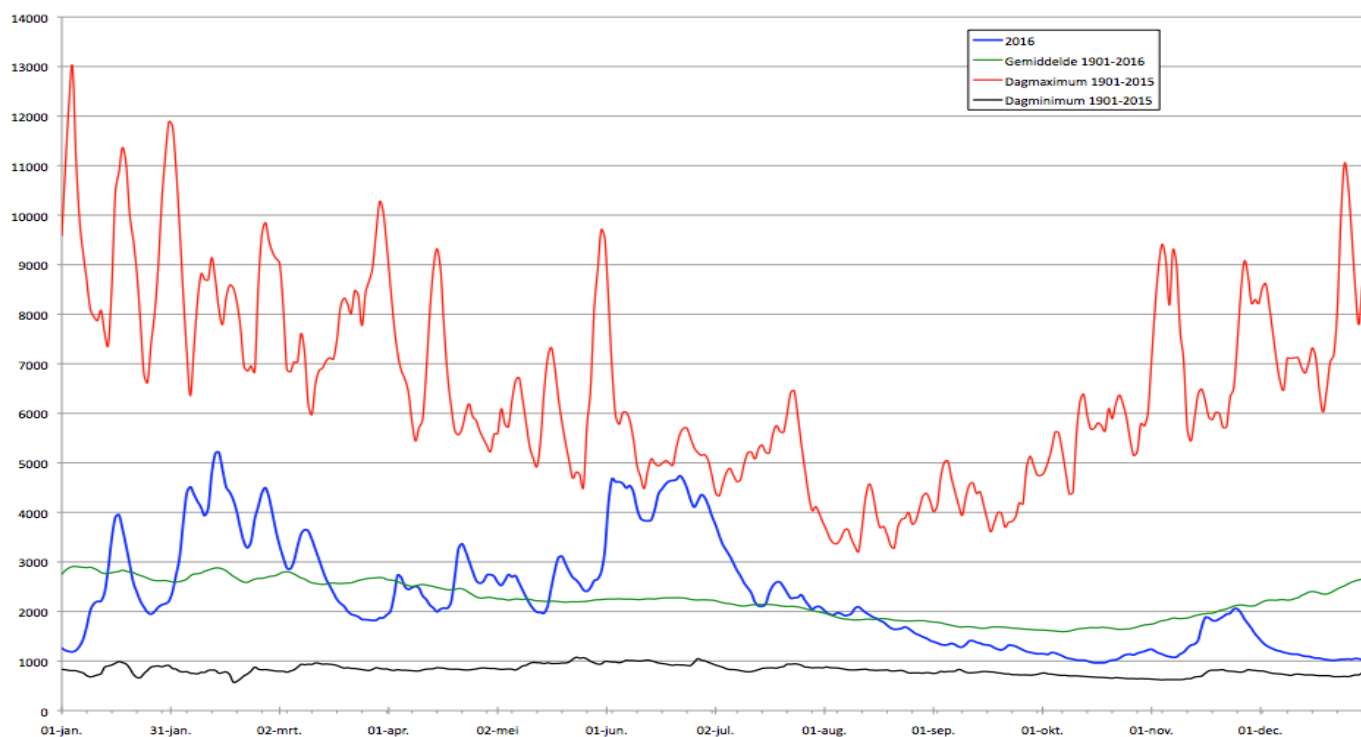
Voor het bepalen van de geschiktheid van de Nederlandse Rijntakken voor de Europese steur voor de factoren stroomsnelheid, diepte en substraat is gebruik gemaakt van gegevens die zijn aangeleverd door Rijkswaterstaat-Oost-Nederland.

Stroomsnelheid en diepte

Voor stroomsnelheid en diepte is gebruik gemaakt van uitkomsten van het 2D model WAQUA (Water-QUALity), ontwikkeld door Svašek Hydraulics, dat deze variabelen modelleerde naar roostervakken van circa 40 meter lengte en 20 meter breedte (Figuur 2.3). De uitkomsten zijn bekeken en bewerkt in (Q)GIS. Het aantal roostervakken over de breedte varieert afhankelijk van het riviertraject. In het zomerbed van de smallere rivieren (IJssel, Nederrijn-Lek) liggen doorgaans 6 à 7 cellen in de breedte, in de Waal die breder is loopt dit op tot 10 à 15 cellen. Er zijn van RWS stroomsnelheid en diepte gegevens voor drie verschillende afvoeren verkregen: een relatief lage afvoer (1020 m³/s), een gemiddelde afvoer (2000 m³/s) en een relatief hoge afvoer (4000 m³/s). In de zomer tijdens de migratiepiek (langste dag van het jaar; ~21 juni) van de steur ligt het gemiddelde debiet iets boven de 2000 m³/s. Deze zijn aangeleverd in “shape files” voor gebruik in een GIS. Figuur 2.4 geeft een overzicht van het afvoerverloop in 2016 en het langjarige gemiddelde, dagminimum en dagmaximum.



Figuur 2.3 Visualisatie van de stroomsnelheden (nabij de bodem) en waterdieptes die zijn verkregen uit het model WAQUA.



Figuur 2.4 Seizoensverloop van het debiet bij Lobith in 2016 (blauw) en voor het langjarige gemiddelde (groen), dagminimum (zwart) en dagmaximum (rood) o.b.v. debietgegevens uit 1901-2015 (<https://www.waterpeilen.nl/extremen/jaaroverzicht-rijn-en-maas-2016>).

De waterdiepte is één op één overgenomen uit de gemodelleerde gegevens voor de bepaling van de habitatgeschiktheid. Omdat de steur een bentische levenswijze heeft is de stroomsnelheid omgerekend naar de stroomsnelheid nabij de bodemtussen 0-1 m, zoals ook door Staas (2017) gedaan is. Hiervoor is de volgende formule gebruikt:

$$\frac{u(z)}{\bar{u}} = \frac{\ln\left(\frac{33z}{h}\right) + \ln\left(\frac{h}{ks}\right)}{\ln\left(\frac{12h}{ks}\right)}$$

z: hoogte bovenrivierbodem

$\bar{u}$: dieptegemiddelde snelheid

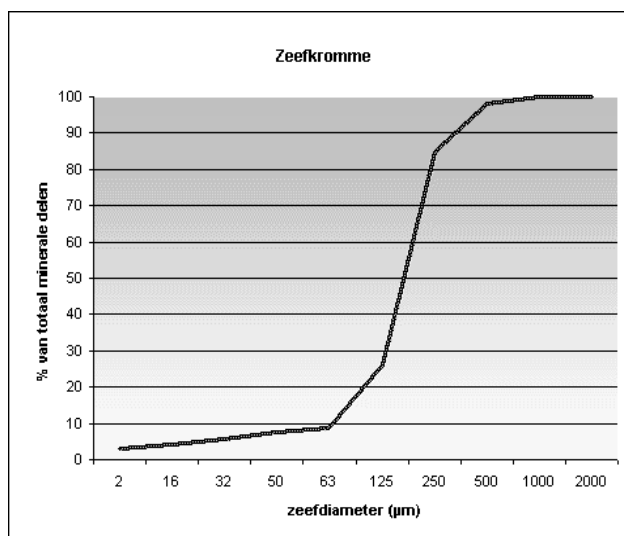
u(z): snelheid op hoogte z

h: waterdiepte (dus max z is h)

ks: ruwheidshoogte, standaard op 0,15

Substraat

Voor de substraatberekeningen is net als de stroomsnelheid en diepte gebruik gemaakt van de gegevens die bij Rijkswaterstaat beschikbaar waren. De meest complete en actuele dataset berust op bodemmonsters die in 1995 en 1996 verzameld zijn door om de kilometer het substraat te zeven (Ten Brinke, 1997; Bijlage 1). Uit deze zeefgegevens is een zogenaamde zeefkromme per bodemmonster gemaakt (Figuur 2.5). Hieruit zijn vervolgens de D10, D50 en D90 waarden gehaald. De korrelgroottes die gekoppeld zijn aan de D10, D50 en D90-waarden geven aan wat minstens de korrelgrootte is bij respectievelijk 10%, 50% en 90% in gewicht van een bodemmonster (Figuur 2.4). Indien de D50 waarde 25,4 mm is, dan bestaat 50% van het bodemmonstergewicht uit stenen tot 25,4 mm en voldoet in dit geval aan de gestelde criteria voor het paaisubstraat van D50 >25 mm. Voor het opgroeisubstraat gebruikt Staas (2017) de D25-waarde van <2 mm. Uit de zeefkrommegegevens van Ten Brinke (1997) zijn geen directe D25-waarden gekomen. Echter, juveniele steuren (0-2 jaar) prefereren zacht substraat met zand en/of slib. Om deze reden hebben we dezelfde korrelgrootte toegepast (< 2mm), maar dan met de D50-waarde. Dit betekent dat minimaal de helft van het substraat uit zand of slib bestaat. De substraatgegevens per kilometer zijn opgenomen in GIS en geëxtrapoleerd als vlakken van 1000 meter stroom op- en afwaarts van de puntmeting.



Figuur 2.5 Voorbeeld van een zeefkromme waaruit de Dx-waarden (y-as) en de bijbehorende korrelgroottes (x-as) herleid kunnen worden (bron: <http://www.joostdevree.nl/shtmls/zeefkromme.shtml>).

2.2.3 Bepaling habitatgeschiktheid

Voor het Nederlandse deel zijn de scores en parameters (waterdiepte, stroomsnelheid en substraat) van Staas (2017) op dezelfde manier geïmplementeerd om tot een HGI te komen. De minimale score van de deelparameters zijn gebruikt als eindscore voor de HGI. Indien één van de scores lager valt dan “1”, wordt dit gekenmerkt als zijnde potentieel ongeschikt habitat. Om inzichtelijk te krijgen in hoeverre de rivierafvoer van invloed is op de aanwezigheid van geschikt habitat zijn de HGI's berekend voor drie verschillende debieten (uit het WA-QUA model) die staan voor een relatief lage, gemiddelde en hogere afvoer (zie ook paragraaf 2.3). Daarnaast zijn de HGI's opgesplitst in geschikt leefgebied binnen en buiten de vaargeul. Spierts (2016) en Staas (2017) geven namelijk aan dat scheepvaartintensiteit negatieve gevolgen kan hebben voor de geschiktheid van het paai- en opgroeihabitat voor de steur. Tot slot geeft Staas (2017) tevens aan dat diepere plaatsen (potholes) van belang kunnen zijn als rustgebied voor volwassen steuren. Daarom is ook de ruimtelijke verspreiding van diepere kuilen in het rivierbed in kaart gebracht. Deze diepe kuilen zijn handmatig geselecteerd waarbij de diepte minimaal 1,5 m verschilt met de naastgelegen rivierbedding.

3 Resultaten

De resultaten van de habitatgeschiktheidsstudie zijn opgedeeld in paai- en opgroeihabitat en zijn bepaald voor de drie afvoeren die representatief zijn voor respectievelijk een relatief lage (1020 m³/s), een gemiddelde (2000 m³/s) en een relatief hoge afvoer (4000 m³/s). Hierbij wordt steeds ook de geschiktheid voor de vier Rijntrajecten (Waal, Nederrijn - Lek, Pannerdensch Kanaal en IJssel) beschreven. Voor de Waal en de Lek is het gebied tot aan de zoetwatergetijdenzone meegenomen.

3.1 Paaihabitat

De uitkomsten van de habitatgeschiktheidsanalyses duiden erop dat er in Nederland geen geschikt paaihabitat aanwezig is (tabel 3.1). Dit komt doordat het paaisubstraat ongeschikt is (habitatgeschiktheid=0). Het substraat bestaat namelijk grotendeels uit slib of fijn zand (zie ook bijlage 1), terwijl een grof substraat met stenen vereist is. In het stroomopwaarts gelegen deel van de Nederrijn - Lek, Pannerdensch Kanaal en monding IJssel-Nederrijn - Lek is het substraat plaatselijk wel grover (fijn tot grof grind van 16 mm), maar niet grof genoeg voor de voortplanting van de steur. In tegenstelling tot het substraat voldoet de waterdiepte en stroomsnelheid op relatief veel plaatsen wel aan de habitatvoorkeur van de steur (zie ook bijlage 2). Voor de Waal en het Pannerdensch Kanaal gaat het om circa 40% voor de drie doorgerkende debieten. Voor de IJssel gaat het om circa 12% voor een debiet van 1020-2000 m³/s, en 6% bij een debiet van 4000 m³/s. Voor de Nederrijn-Lek gaat het om 1% bij een debiet van 1020-2000 m³/s, en 27% bij een debiet van 4000 m³/s.

Tabel 3.1 De oppervlakte en percentage voor potentiële paaiplaatsen binnen de Rijntakken bovenstrooms van het zoetwatergetijdengebied voor lagere (1020 m³/s), gemiddelde afvoeren (2000 m³/s) en relatief hoge afvoeren (4000 m³/s). Bijlage 2 bevat een overzicht van de habitatpotentie van de verschillende variabelen per riviertak.

Paaihabitat	Binnen vaargeul		Buiten vaargeul		Totaal	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Debiet 1020 m³/s						
Geschikt	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
Ongeschikt	28,0	100%	89,5	100%	117,5	100%
Debiet 2000 m³/s						
Geschikt	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
Ongeschikt	28,0	100%	89,5	100%	117,5	100%
Debiet 4000 m³/s						
Geschikt	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
Ongeschikt	28,0	100%	124,1	100%	152,1	100%

3.2 Opgroeihabitat

Tabel 3.2 geeft een overzicht van de aanwezigheid van geschikt opgroeihabitat voor juvenielen gedurende hun eerste levensjaar (0+ stadium) in de Nederlandse Rijntakken. Geschikt opgroeihabitat blijkt in ruime mate voorhanden (zie overzichtskaarten, Bijlage 4). Het merendeel hiervan bevindt zich in de ondiepere zone tussen de vaargeul en de oever. Bij lagere (1020 m³/s) en gemiddelde afvoeren (2000 m³/s) is 39% van de rivier geschikt. Bij een afvoer van 4000 m³/s is nog 21% geschikt. Bij hoge afvoeren neemt het areaal aan geschikt opgroeihabitat tijdelijk af doordat de geschikte stroken langs de vaargeul te diep (>5 m) worden. Indien rivierdelen dieper dan 5 meter eveneens als potentieel geschikt beschouwd worden, neemt het areaal aan geschikt opgroeihabitat toe (Bijlage 3).

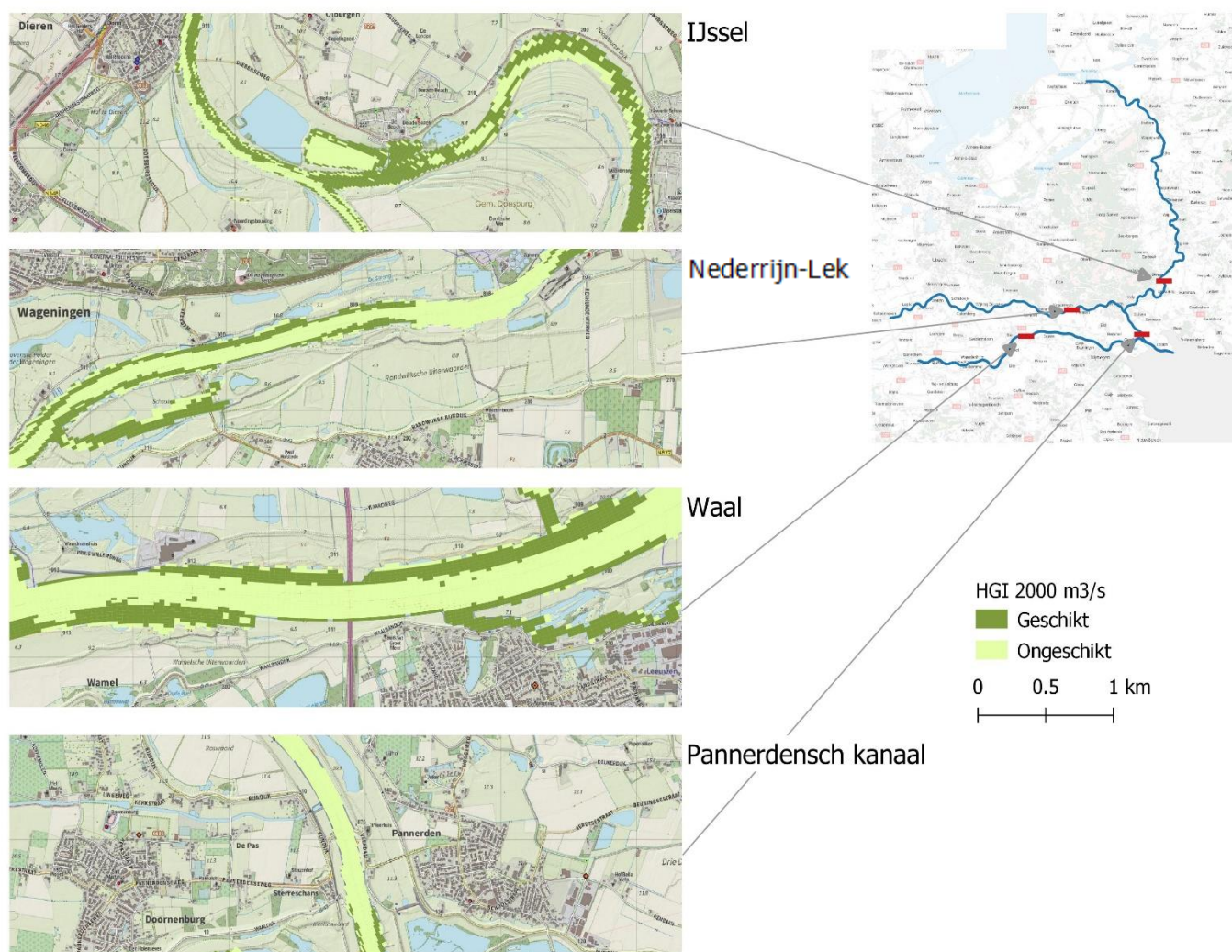
Tabel 3.2 De oppervlakte en percentage voor potentiële opgroeiplaatsen binnen de Rijntakken bovenstrooms van het zoetwatergetijdengebied voor lagere (1020 m³/s), gemiddelde afvoeren (2000 m³/s) en relatief hoge afvoeren (4000 m³/s). Bijlage 2 bevat een overzicht van de habitatpotentie van de verschillende variabelen per riviertak.

Opgroeihabitat	Binnen vaargeul		Buiten vaargeul		Totaal	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Debiet 1020 m³/s						
Geschikt	2,5	9%	43,3	48%	45,8	39%
Ongeschikt	25,5	91%	46,2	52%	71,7	61%
<i>Subtotaal</i>	<i>27,9</i>		<i>89,5</i>		<i>117,5</i>	
Debiet 2000 m³/s						
Geschikt	2,6	9%	43,3	48%	45,9	39%
Ongeschikt	25,4	91%	46,2	52%	71,6	61%
<i>Subtotaal</i>	<i>27,9</i>		<i>89,5</i>		<i>117,5</i>	
Debiet 4000 m³/s						
Geschikt	0,5	2%	32,0	26%	32,5	21%
Ongeschikt	27,4	98%	92,1	74%	119,5	79%
<i>Subtotaal</i>	<i>27,9</i>		<i>124,1</i>		<i>152,0</i>	

Het beschikbaar areaal aan opgroeigebied verschilt tussen de verschillende Rijntakken (figuur 3.1) en wordt ook beïnvloed door de afvoer (tabel 3.3). In de trajecten Waal en Nederrijn-Lek wordt de hoeveelheid opgroeigebied weinig beïnvloed door de afvoer en ligt rond de 30%. Van de IJssel is ruim 50% geschikt bij afvoeren van 1020-2000 m³/s, als de afvoer stijgt tot 4000 m³/s neemt dit echter sterk af tot 12%. Het Pannerdensch Kanaal heeft bij alle debieten nagenoeg geen geschikt opgroeihabitat.

Tabel 3.3 De oppervlakte en percentage voor potentiële opgroeiplaatsen, inclusief vaargeul, voor de riviertrajecten binnen de Rijntakken bovenstrooms van het zoetwatergetijdengebied voor lagere (1020 m³/s), gemiddelde afvoeren (2000 m³/s) en relatief hoge afvoeren (4000 m³/s).

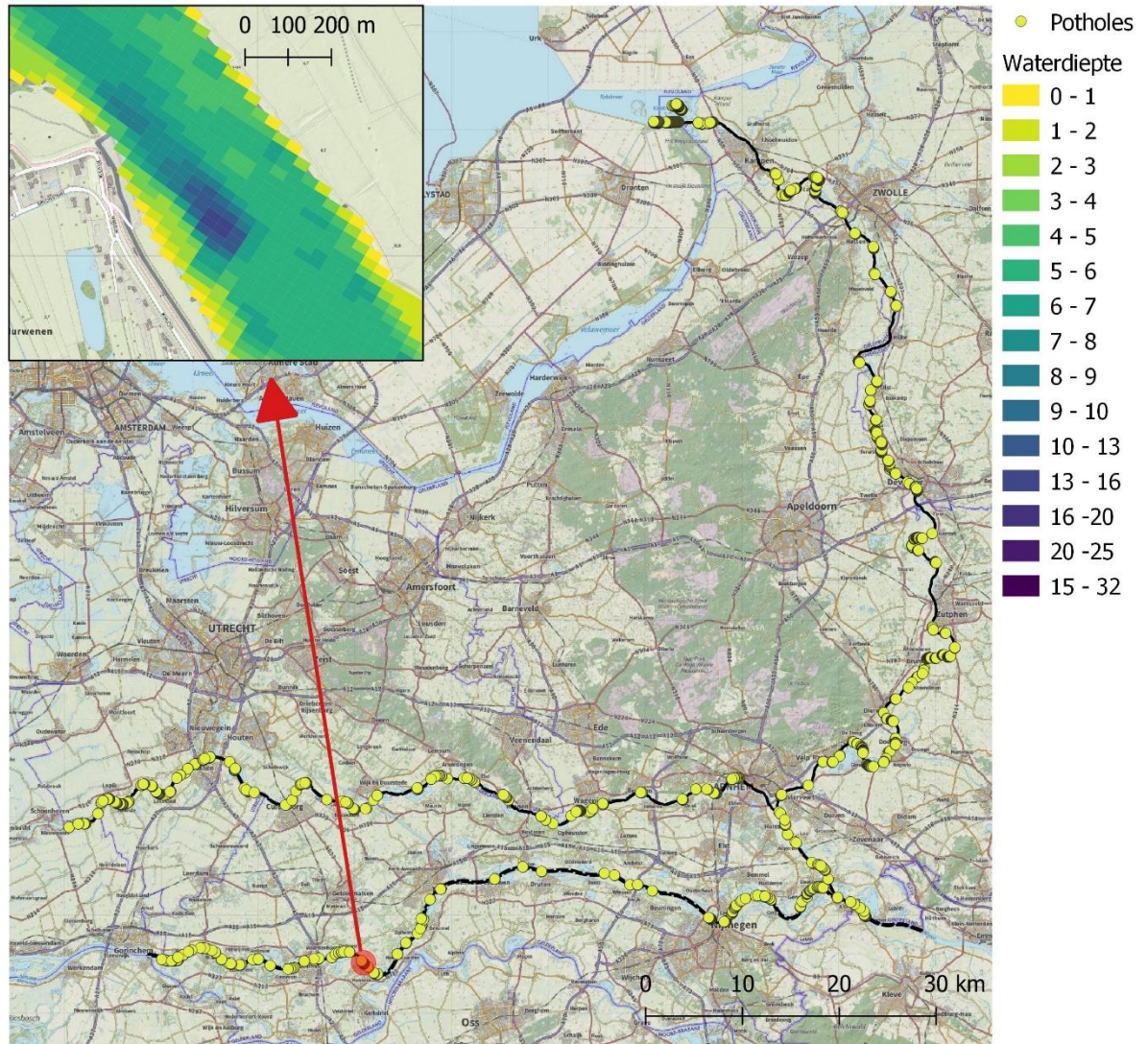
Rivier	Debiet	Habitat	km ²	%	Rivier	Debiet	Habitat	km ²	%
IJssel					Pannerdensch Kanaal				
	1020 m ³ /s					1020 m ³ /s			
		<i>Geschikt</i>	20,2	52%			<i>Geschikt</i>	0,1	5%
		<i>Ongeschikt</i>	18,5	48%			<i>Ongeschikt</i>	1,1	95%
	2000 m ³ /s					2000 m ³ /s			
		<i>Geschikt</i>	20,3	52%			<i>Geschikt</i>	0,1	7%
		<i>Ongeschikt</i>	18,6	48%			<i>Ongeschikt</i>	1,1	93%
	4000 m ³ /s					4000 m ³ /s			
		<i>Geschikt</i>	6,9	12%			<i>Geschikt</i>	0,1	5%
		<i>Ongeschikt</i>	49,9	88%			<i>Ongeschikt</i>	1,3	95%
Nederrijn - Lek					Waal				
	1020 m ³ /s					1020 m ³ /s			
		<i>Geschikt</i>	9,6	34%			<i>Geschikt</i>	16,0	33%
		<i>Ongeschikt</i>	19,0	66%			<i>Ongeschikt</i>	33,1	67%
	2000 m ³ /s					2000 m ³ /s			
		<i>Geschikt</i>	9,6	34%			<i>Geschikt</i>	15,9	33%
		<i>Ongeschikt</i>	18,9	66%			<i>Ongeschikt</i>	33,1	67%
	4000 m ³ /s					4000 m ³ /s			
		<i>Geschikt</i>	8,6	28%			<i>Geschikt</i>	17,0	27%
		<i>Ongeschikt</i>	22,3	72%			<i>Ongeschikt</i>	46,0	73%



Figuur 3.1 Ter illustratie, uitsneden van de HGI per rivier bij een debiet van 2000 m³/s.

3.3 Diepe kuilen

Bij een debiet van $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ zijn er in totaal ongeveer 3.000 ($\sim 1,8 \text{ km}^2$) plekken gevonden die gekenmerkt kunnen worden als diepe kuil/ "pothole". Deze kuilen zijn redelijk homogeen verspreid in de riviertrajecten van het studiegebied (figuur 3.2). Het merendeel van de diepere kuilen zijn gelegen in de buitenbocht vlak achter de kribkoppen. De grootste afstand tussen de geselecteerde diepe kuilen ligt nabij Zutphen in IJssel en bedraagt ongeveer 7 km.



Figuur 3.2 De ruimtelijk verspreiding van diepe kuilen/ "potholes" ($> 1,5 \text{ m}$ dieper t.o.v. naastgelegen bodem) in het studie gebied. Kaart linksboven geeft een voorbeeld van een diepe kuil in de Waal.

4 Conclusies, discussie & aanbevelingen

4.1 Paaihabitat

Geschikt paaihabitat voor de Europese steur is niet aanwezig in de Nederlandse Rijntakken door het gebrek aan geschikt paaisubstraat. De stromings- en diepte omstandigheden voldoen wel.

Uit de literatuur blijkt dat paairijpe steuren habitat prefereren met een hoge stroomsnelheid ($>0,5 \text{ m}^3/\text{s}$) in diep gelegen stukken ($>2 \text{ m}$) met een heterogeen substraat welke bestaat uit een hoog aandeel grote stenen en keien. In de studie van Staas (2017) is gesteld dat het paaisubstraat voor de steur een D50-waarde van 25 mm of groter moet hebben. De substraatgegevens van Ten Brinke (1997) die in voorliggend onderzoek zijn gebruikt, tonen aan dat het merendeel uit slib of fijn zand bestaat (Bijlage 1). In het stroomopwaarts gelegen deel van de Nederrijn, Pannerdensch Kanaal en monding IJssel-Nederrijn is het substraat grover (fijn grind), op drie locaties (bij Westervoort) bestaat het substraat veelal uit grof grind (5,6 – 10 mm, Bijlage 1). Dit is echter niet grof genoeg voor de voortplanting van de Europese steur.

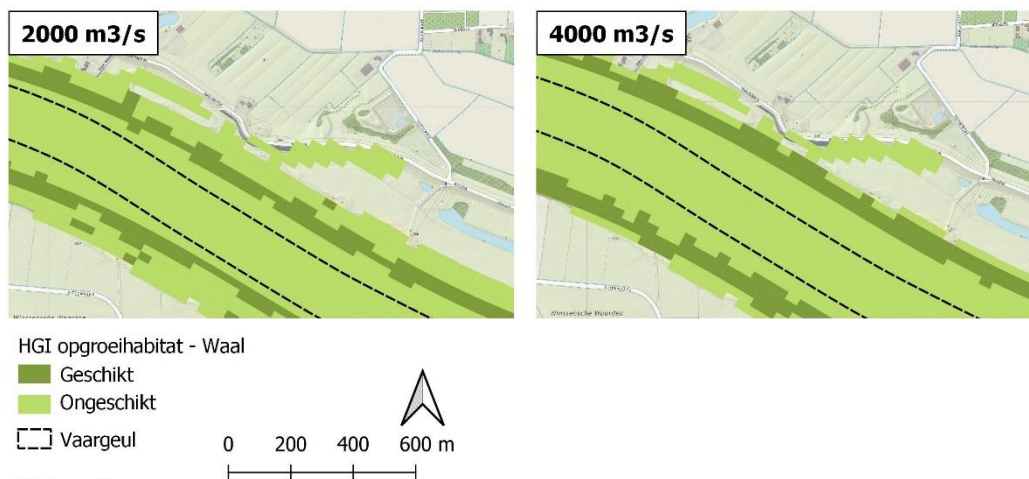
De gebruikte substraatgegevens komen uit een geaggregeerde dataset uit de jaren 1995 en 1996 en zijn hierdoor enigszins gedateerd. De substraatsamenstelling in rivieren is continue aan verandering onderhevig door o.a. baggerwerkzaamheden en uitspoeling van substraat vanuit bovenstroomse richting. Mogelijk is de huidige samenstelling van het substraat hierdoor geschikter geworden voor de steur om op te paaien. Echter, het verschil in substraatsamenstelling van Ten Brinke (1997) en de getelde criteria door Staas (2017) is dermate groot, dat de huidige samenstelling van potentieel geschikter substraat zeer waarschijnlijk alsnog niet voldoet als geschikt paaisubstraat.

4.2 Opgroeihabitat

Op basis van de factoren stroomsnelheid, diepte en substraat blijkt geschikt opgroeihabitat voor de Europese steur in ruime mate aanwezig in de Nederlandse Rijntakken.

Zowel het bodemsubstraat als de diepte- en stromingsomstandigheden (resp. 1 - 5 m en 0 -1 m/s) zijn binnen de Nederlandse Rijntakken geschikt voor de opgroei van het eerste levensjaar van juveniele steuren. Het substraat voor een optimaal opgroeihabitat voor de Europese steur bestaat uit een korrelgroottefractie van 2 mm of kleiner en 25% in gewicht (D25-waarde) van de bodemonmonster (Staas, 2017). Dit komt neer op een substraat dat uit zand en/of slib bestaat. In dergelijke ‘zachte’ bodems is veel voedsel voor de jonge steuren aanwezig (Williot *et al.*, 2011), zoals wormen (Oligochaeta) en insectlarven (Chironomidae en Gammaridae). Op basis van Staas (2017) zijn habitats dieper dan 5 meter als ongeschikt gesteld. Staas (2017) geeft echter aan dat deze randvoorwaarde van diepte erg scherp is. Als er geschikt voedsel aanwezig is zullen diepere plekken waarschijnlijk ook geschikt zijn. In dit geval zou er afhankelijk van de afvoer zelfs 32-84% aan geschikt opgroeihabitat aanwezig kunnen zijn (bijlage 3).

In de Nederlandse Rijntakken zijn vooral de diepere oeverzones naast de vaargeul en de met de rivieren verbonden plassen geschikt als opgroeihabitat voor de steur. Hierbij dient opgemerkt worden dat het aandeel geschikt opgroeihabitat in de IJssel bij hogere afvoeren tijdelijk sterk afneemt. Bij de Waal neemt het aandeel geschikt opgroeihabitat juist toe bij een debiet van 4000 m³/s doordat de waterdiepte in het ondiepe deel van de relatief brede oeverzone toeneemt (figuur 4.1). Langs de IJssel gebeurt dit niet omdat de oeverzones (strandjes) hier aanmerkelijk smaller zijn dan die langs de Waal.



Figuur 4.1 Verschuiving van geschikt opgroeihabitat in Waal bij een debiet van 2000 m³/s naar 4000 m³/s

Scheepvaartintensiteit

Een andere factor die mogelijk veel effect heeft op de kwaliteit van het opgroeihabitat is scheepvaart. De scheepvaartintensiteit is in de Waal aanzienlijk hoger dan in de Nederrijn - Lek. Bewijs voor directe negatieve effecten op jonge steuren door scheepvaart zijn er echter (nog) niet. Wel heeft Spierts (2016) beschreven dat er documenteerde gevallen zijn van groteren (adulte) steuren die zeer waarschijnlijk contact met een schepsschroef niet overleefd hebben. Voor kleine juveniele steuren lijkt het risico geringer, zij zullen zich door hun habitatvoorkeur bovendien waarschijnlijk vooral buiten de vaargeul bevinden. De passage van grote containerschepen kan wel van grote invloed zijn op het litorale habitat van jonge steuren door golfslag en de zuigende werking van het water. Doordat het opgroeihabitat in de Waal frequent onderhevig is aan de turbulente effecten van scheepvaart is het daarom mogelijk minder geschikt voor jonge steuren. Uit Collas et al. (2017) is gebleken dat de aanleg van langsdammen in de Waal het effect van scheepvaartturbulentie aanzienlijk kan doen afnemen. Het gebied achter de langsdammen lijkt daarom in potentie ook mogelijkheden voor de opgroei van jonge steuren te bieden (zie ook volgende pagina).

Diepe kuilen

Er wordt aangenomen dat volwassen steuren dieper gelegen kuilen gebruiken als refugium of zelfs als paaiplaats (Staas, 2017). In de Nederlandse rivieren zijn relatief veel diepere kuilen aanwezig. Deze kunnen van groot belang zijn als rustgebied voor stroomopwaarts trekkende vissen, waaronder steuren.

Langsdammen

Het potentiële opgroei gebied voor jonge steuren, dat vooral bestaat uit de diepere oeverzones langs de vaargeul, staat bloot aan turbulentie en geluid als gevolg van passerende schepen. In 2014 zijn er in de Waal (nabij Wamel) drie langsdammen gerealiseerd ten behoeve van het bevorderen van verschillende hydrologische aspecten (doorstroming, overstroming, onderhoud e.d.), maar ook om de habitat diversiteit en stabiliteit te verhogen (figuur 4.2, volgende pagina). De eerste resultaten van Collas *et al* (2017) duiden erop dat de invloed van schepen (turbulentie en fluctuerende waterpeilen) veel minder is achter de langsdammen in vergelijking tot de reguleren kribvakken. Er zijn hier hogere dichtheden aan (juvenile) vissen aangetroffen en er wordt verwacht dat de biomassa van macrofauna tevens hoger zal zijn. Tevens houden de langsdammen de geluiden van passerende schepen tegen. Deze aspecten maken het aannemelijk dat de langsdammen geschikt kunnen zijn voor juvenile steur als opgroei habitat.

Uitzettrivier: Waal of Nederrijn-Lek?

Uit de resultaten is gebleken dat zowel de Waal als de Nederrijn-Lek geschikt opgroei habitat voor de steur herbergt. Echter bevatten beide rivieren mogelijke knelpunten voor de migratie stroomafwaarts: In de Nederrijn - Lek is de scheepvaartintensiteit aanzienlijk lager dan de Waal. Met lage waterstanden en/of hevige turbulentie (golfslag en wegzuiging water uit kribvakken/oeveren) kan mogelijke sterfte of verlaging van de fitness optreden. Vanuit dit oogpunt zou de Nederrijn-Lek zich daarom beter lenen voor de uitzet van jonge steuren. Echter, bij de stroomafwaartse migratie komen jonge steuren, afhankelijk van de uitzetlocatie, één of meerdere stuwen en waterkrachtcentrales (WKC) tegen. Dit heeft mogelijk een nadelig effect op zowel de stroomopwaartse als stroomafwaartse migratie. Daarnaast is het onbekend of stroomopwaarts migrerende steuren gebruik (kunnen) maken van vistrappen nabij deze migratiebarrières.

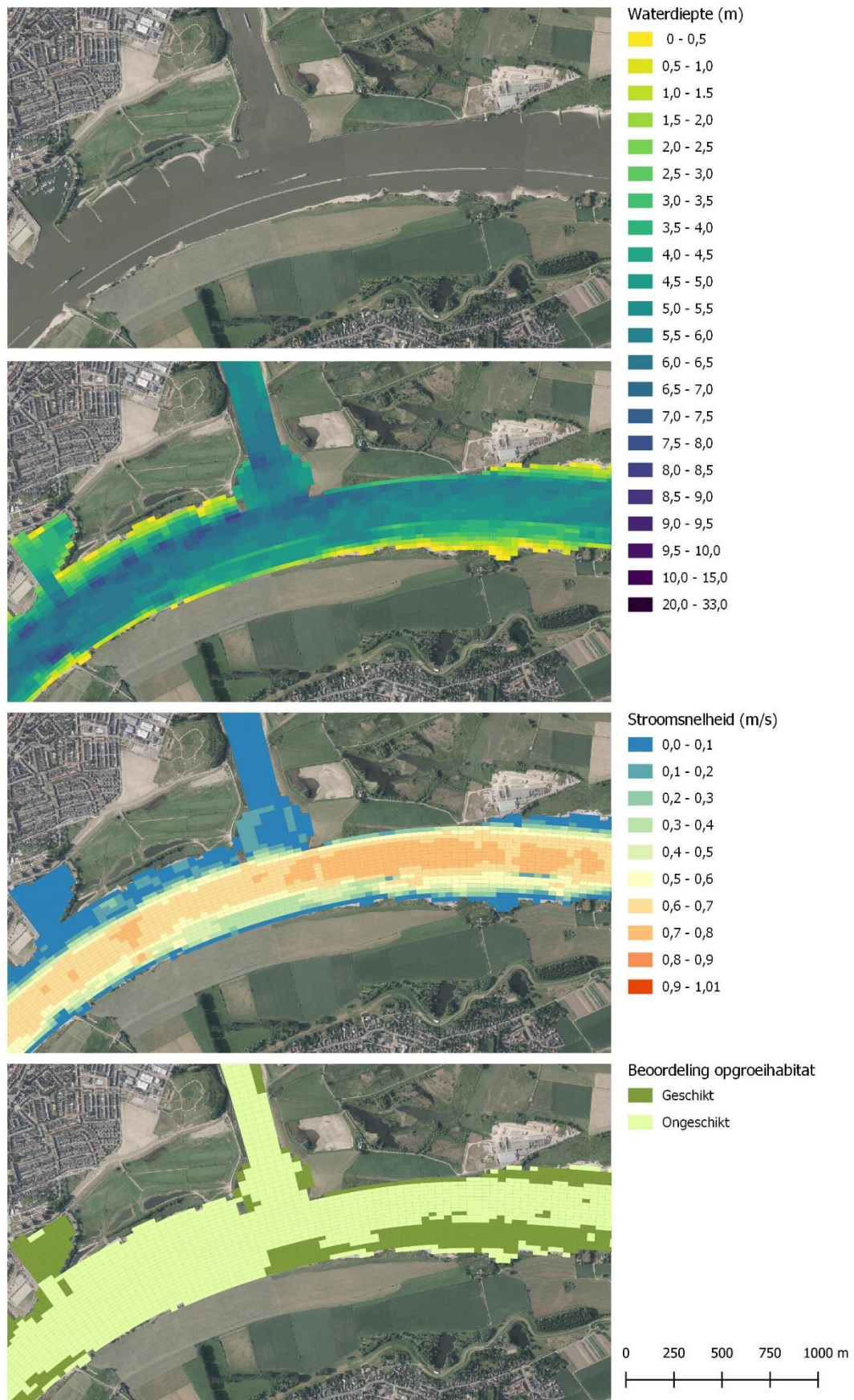
Uit voorgaand onderzoek van Brevé *et al* (2014) is gebleken dat jonge steuren de hoofdstroom (meeste debiet), via de Waal, volgen richting zee. Het is niet bekend of de Europese steur een sterke “homing” heeft. Indien dit wel het geval is of ze volgen de hoofdstroom zoals de meeste salmoniden ook doen, dan zullen de juvenile en volwassen steuren zeer waarschijnlijk via de Waal migreren.

Aanbevelingen

De uitgevoerde studie geeft zicht op de geschiktheid van de verschillende Nederlandse Rijntakken voor paairijpe en juvenile steuren. Met het oog op een eventueel herintroductie programma, en de uitzetlocaties van jonge steuren, is het wenselijk om binnen de geschikt bevonden gebieden verder in beeld te brengen in hoeverre deze voldoen aan de levensvoorwaarden van jonge steuren. Hierbij valt te denken aan factoren als de aanwezigheid van voedselorganismen, de aanwezigheid van structuurelementen (stuwen en waterkrachtcentrales) en de scheepvaart- en baggerintensiteit ter plaatse.

De resultaten van Staas (2017) laten zien dat er in de Duitse stroomgebieden van de Rijn geschikt paai habitat ligt. Voorliggend onderzoek laat zien dat er in de Nederlandse Rijntakken ruim voldoende opgroei habitat voor het eerste levensjaar van juvenile steuren is. Na hun eerste levensjaar houden juvenile steuren zich op in het estuariene deel van het riviersysteem en de kustzone (Williot *et al.*, 2011). Uit de modelstudie van Winter *et al.*, (2015) blijkt dat de Nederlandse kustzone goed leefgebied voor de opgroei van juvenile steuren bevat. Voor het Nederlandse Benedenrivierengebied is nog onduidelijk in hoeverre deze een rol kunnen vervullen als opgroei gebied voor juvenile steuren. Als aanvulling op

de studies van Staas (2017), Winter et al. (2015) en voorliggend onderzoek, wordt daarom aanbevolen om tevens de habitatgeschiktheid in het Benedenrivierengebied in beeld te brengen.

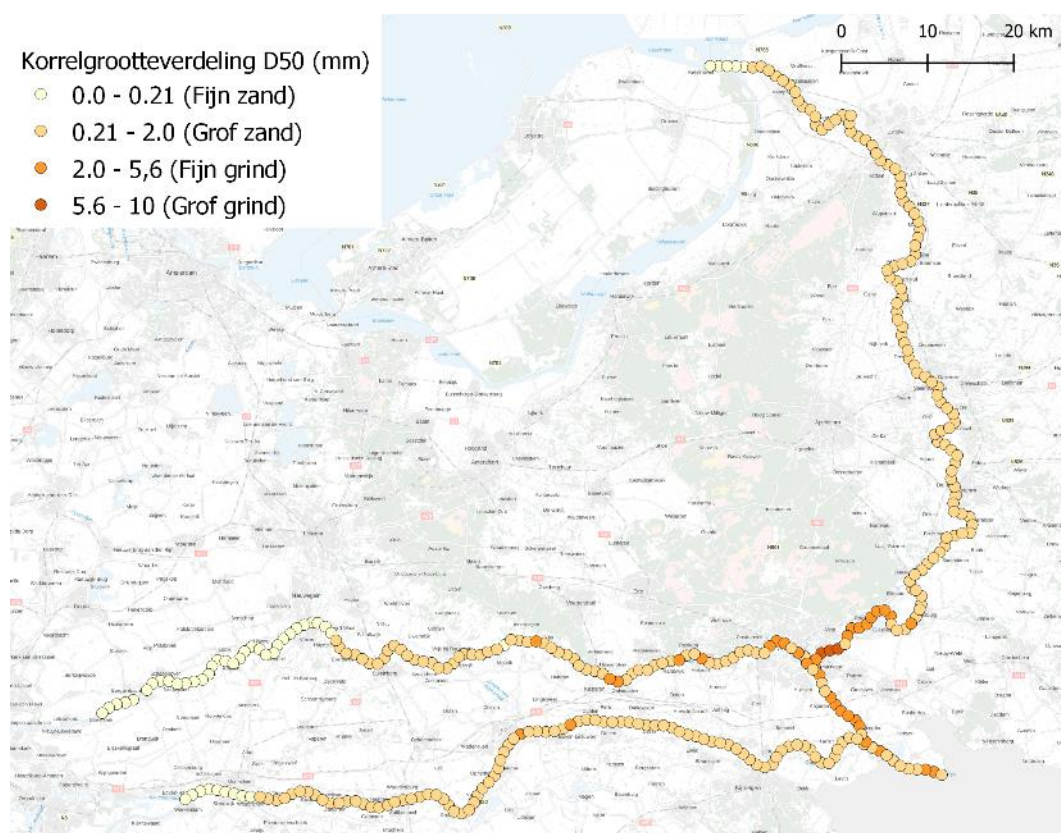


Figuur 4.2 Visualisatie van langsdammen en kribvakken bij Wamel en het effect op stroomsnelheid (nabij de bodem), waterdiepte en de habitatgeschiktheid.

5 Literatuur

- Brevé, N. W. P., Vis, H., Houben, B., de Laak, G. A. J., Breukelaar, A. W., Acolas, M. L., ... & Spierts, I. (2014). Exploring the possibilities of seaward migrating juvenile European sturgeon *Acipenser sturio* L., in the Dutch part of the River Rhine. *Journal of coastal conservation*, 18(2), 131-143.
- Collas, F. P. L., Buijse, A. D., Van den Heuvel, L., Van Kessel, N., Schoor, M. M., Eerden, H., & Leuven, R. S. E. W. (2018). Longitudinal training dams mitigate effects of shipping on environmental conditions and fish density in the littoral zones of the river Rhine. *Science of the Total Environment*, 619, 1183-1193.
- Kranenbarg J., B. Houben & N. Brevé, 2018. Voorstudie Rijn actieplan Europese steur. Noodzakelijke acties en actoren met het oog op een herintroductieprogramma in de Rijn. RAVON, Nijmegen. Rapportnr. 2017.146.
- Spierts, I.L.Y. (2016). The effects of ship propellers on migratory fish species, with emphasis on the European sturgeon (*Acipenser sturio*), a literature study. ATKB Adviesbureau voor Bodem, Water en Ecologie, Report no. 20160175/rep01
- Staas, S. (2017). Evaluation of potential reproductive habitats of European Sturgeon in the Lower Rhine River in Germany. Literature study on key aspects of sturgeon reproductive habitats combined with GIS-based analyses of habitat availability. LimnoPlan – Fisch- und Gewässerökologie, Erfstadt.
- Tautenhahn, M., & Geßner, J. (2004). Schutz des Europäischen Störs (*Acipenser sturio*) in seinem deutschen Verbreitungsgebiet. Abschlussbericht zum F+ E-Vorhaben (FKZ 3508 86 0400).
- Ten Brinke, W.B.M. (1997). De bodemsamenstelling van Waal en IJssel in de jaren 1966, 1976, 1984 en 1995. RIZA, rapport 97.009
- Williot, P., Rochard, E., Desse-Berset, N., Kirschbaum, F., & Gessner, J. (Eds.). (2011). *Biology and Conservation of the European Sturgeon Acipenser sturio* L. 1758: The Reunion of the European and Atlantic Sturgeons. Springer Science & Business Media.
- Winter, H. V., Teal, L. R., van de Wolfshaar, K. E., Griffioen, A. B., Houben, B., & Breve, N. W. P. (2015). Desk-study on habitat quality for the European Sturgeon in the Dutch Rhine and southern North Sea (No. Co44/15). IMARES.

Bijlage 1: Kaart met korrelgrootteverdeling van de D50-waarde



De korrelgrootteverdeling (mm) per kilometer in de Nederrijn - Lek, Waal en IJssel. De korrelgrootteverdeling is in D50-waarden (mediaan) uitgedrukt. Dit houdt in dat de aangegeven korrelgrootte van het monster kleiner is dan deze waarde.

Bijlage 2: Potentieel geschikt oppervlak per variabele

Paaigebied

Paaigebied: waterdiepte (km2)		Afvoer (m3/s)		
		1020	2000	4000
IJssel	Totaal	30	33	14
	Binnen vaargeul	6	6	3
	Buiten vaargeul	25	27	12
Nederrijn-Lek	Totaal	23	26	25
	Binnen	8	8	8
	Buiten	15	18	17
Pannerdensch Kanaal	Totaal	1	1	1
	Binnen	0	0	0
	Buiten	0	1	1
Waal	Totaal	41	45	52
	Binnen	14	14	14
	Buiten	27	31	38

Opgroeigebied: stroming (km2)		Afvoer (m3/s)		
		1020	2000	4000
IJssel	Totaal	5	5	3
	Binnen vaargeul	3	3	2
	Buiten vaargeul	1	2	1
Nederrijn-Lek	Totaal	0	0	8
	Binnen	0	0	6
	Buiten	0	0	3
Pannerdensch Kanaal	Totaal	0	0	1
	Binnen	0	0	0
	Buiten	0	0	0
Waal	Totaal	21	21	26
	Binnen	14	13	14
	Buiten	8	8	12

Opgroeigebied: substraat (km2)		Afvoer (m3/s)		
		1020	2000	4000
IJssel	Totaal	0	0	0
	Binnen vaargeul	0	0	0
	Buiten vaargeul	0	0	0
Nederrijn-Lek	Totaal	0	0	0
	Binnen	0	0	0
	Buiten	0	0	0
Pannerdensch Kanaal	Totaal	0	0	0
	Binnen	0	0	0
	Buiten	0	0	0
Waal	Totaal	0	0	0
	Binnen	0	0	0
	Buiten	0	0	0

Opgroeigebied eerste levensjaar juvenielen

Opgroeigebied: waterdiepte (km2)		Afvoer (m3/s)		
		1020	2000	4000
IJssel	Totaal	18	21	5
	Binnen vaargeul	2	2	0
	Buiten vaargeul	16	19	5
Nederrijn-Lek	Totaal	8	11	7
	Binnen	1	1	0
	Buiten	7	10	7
Pannerdensch Kanaal	Totaal	0	0	0
	Binnen	0	0	0
	Buiten	0	0	0
Waal	Totaal	12	17	13
	Binnen	0	0	0
	Buiten	12	16	13

Opgroeigebied: stroming (km2)		Afvoer (m3/s)		
		1020	2000	4000
IJssel	Totaal	34	39	20
	Binnen vaargeul	3	6	0
	Buiten vaargeul	32	33	19
Nederrijn-Lek	Totaal	28	28	22
	Binnen	7	8	2
	Buiten	21	21	20
Pannerdensch Kanaal	Totaal	1	1	1
	Binnen	0	0	0
	Buiten	1	1	1
Waal	Totaal	27	49	36
	Binnen	1	14	
	Buiten	27	35	36

Opgroeigebied: substraat (km2)		Afvoer (m3/s)		
		1020	2000	4000
IJssel	Totaal	39	39	57
	Binnen vaargeul	6	6	6
	Buiten vaargeul	33	33	51
Nederrijn-Lek	Totaal	29	28	31
	Binnen	8	8	8
	Buiten	21	21	23
Pannerdensch Kanaal	Totaal	1	1	1
	Binnen	0	0	0
	Buiten	1	1	1
Waal	Totaal	49	49	63
	Binnen	14	14	14
	Buiten	35	35	49

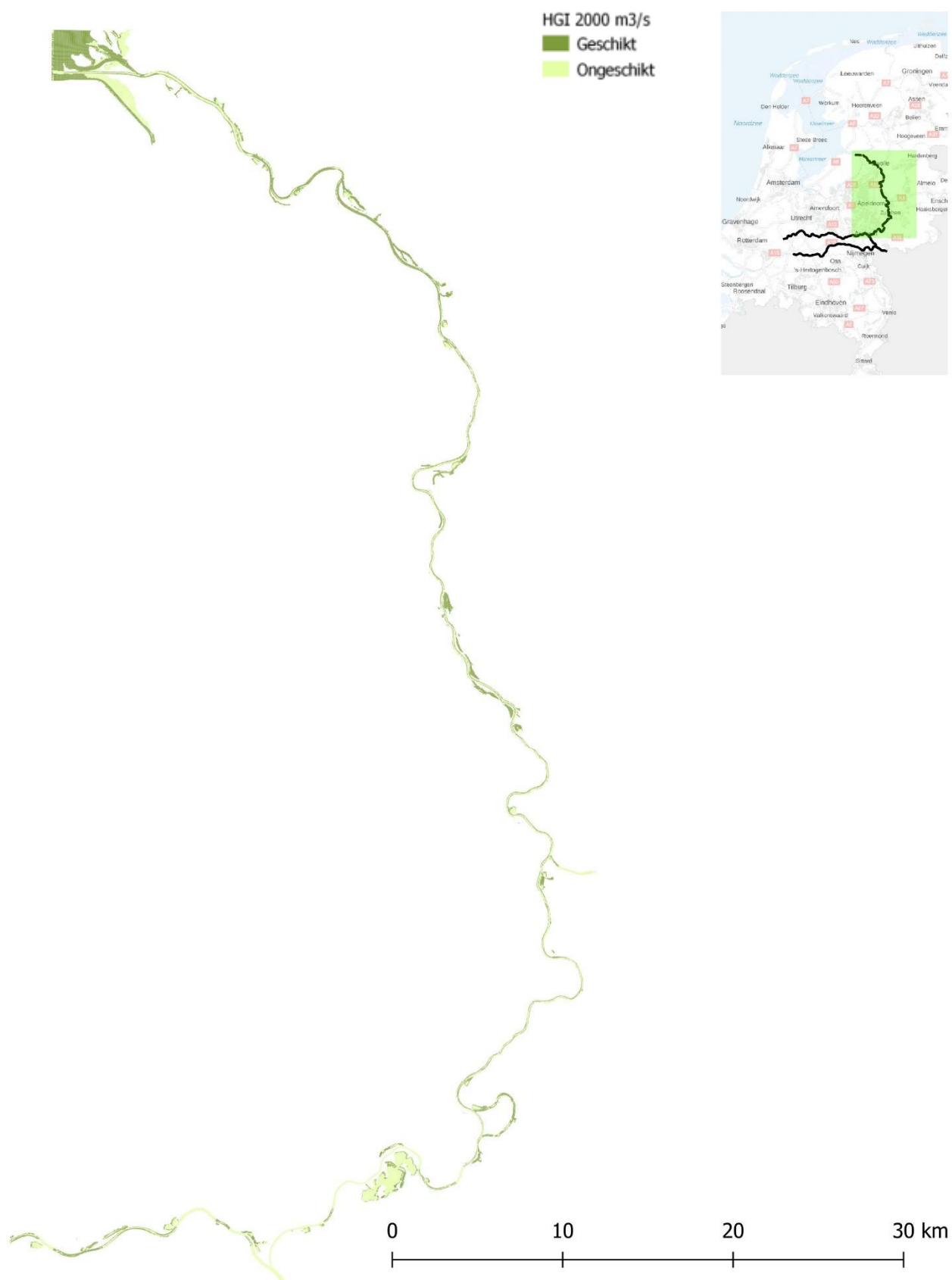
Bijlage 3: HGI opgroeihabitat; >5 m waterdiepte als geschikt

Staas (2017) rekent een waterdiepte van meer dan 5 m als ongeschikt voor de opgroei van steuren in hun eerste levensjaar, waarbij hij opmerkt dat de kennis hierover beperkt is. In onderstaande tabel is in beeld gebracht hoeveel habitat er aanwezig indien de waterdieptes > 5 m als geschikt in de HGI meegenomen wordt.

Opgroeihabitat (2)	Binnen vaargeul		Buiten vaargeul		Totaal	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Debiet 1020 m³/s						
Geschikt	9,7	35%	55,4	62%	65,1	55%
Ongeschikt	18,2	65%	34,1	38%	52,4	45%
<i>Subtotaal</i>	27,9		89,5		117,5	
Debiet 2000 m³/s						
Geschikt	25,2	90%	73,4	82%	98,6	84%
Ongeschikt	2,7	10%	16,2	18%	18,9	16%
<i>Subtotaal</i>	27,9		89,5		117,5	
Debiet 4000 m³/s						
Geschikt	2,1	8%	46,3	37%	48,4	32%
Ongeschikt	25,8	92%	77,8	63%	103,6	68%
<i>Subtotaal</i>	27,9		124,1		152,0	

Bijlage 4: Overzichtskaarten geschiktheid opgroei habitat

Habitatbeoordeling opgroei habitat steur - IJssel



Habitatbeoordeling opgroeihabitat steur - Nederrijn/Lek, Waal en Pannerdensch Kanaal

