



Aalbestanden in vier Nederlandse wateren

Markiezaatsmeer, Suderpolder, Vinkeveense plassen en Westzaan

Auteur(s): Joey Volwater, Joep de Leeuw, Erwin Winter, Olvin van Keeken,
Karen Schilder-Kwakman & Magnus van der Meer

Wageningen University &
Research rapport

Aalbestanden in vier Nederlandse wateren

Markiezaatsmeer, Suderpolder, Vinkeveense plassen en Westzaan

Auteurs: Joey Volwater¹, Joep de Leeuw¹, Erwin Winter¹, Olvin van Keeken¹, Karen Schilder-Kwakman¹ & Magnus van der Meer²

¹Wageningen Marine Research (WMR)

²DUPAN

Wageningen Marine Research
IJmuiden, maart 2022

VERTROUWELIJK Nee

Wageningen Marine Research rapport C015/22

Keywords: Aalbestand, Rode aal, Schieraal, Uittrekmogelijkheden, PIT-tag

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/567386>
Wageningen Marine Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

Wageningen Marine Research is ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Foto omslag: Magnus van der Meer

© Wageningen Marine Research

Wageningen Marine Research, instituut
binnen de rechtspersoon Stichting
Wageningen Research, hierbij
vertegenwoordigd door
Drs.ir. M.T. van Manen, directeur
bedrijfsvoering

KvK nr. 09098104,
WMR BTW nr. NL 8113.83.696.B16.
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

A_4_3_1 V31 (2021)

Wageningen Marine Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor
gevolg schade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de
resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Wageningen
Marine Research. Opdrachtgever vrijwaart Wageningen Marine Research van
aanspraken van derden in verband met deze toepassing.
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag weergegeven en/of
gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden
zonder schriftelijke toestemming van de uitgever of auteur.

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	6
2 Kennisvraag	7
3 Methoden	8
3.1 Samenstelling aalbestand	9
3.2 Otoliet analyse	9
3.3 Terugvangst onderzoek met PIT-tags	10
3.4 Uittrekmogelijkheden schieraal (VEMCO)	11
3.5 Uitzet glasaal met Alizarin	11
4 Resultaten	13
4.1 Samenstelling aalbestand	13
4.1.1 Markiezaatsmeer	13
4.1.2 Süderpolder	14
4.1.3 Vinkeveense plassen	14
4.1.4 Westzaan	15
4.1.5 Lengte-gewicht en lengte bij verschiering	16
4.2 Otoliet analyse	16
4.2.1 Markiezaatsmeer	16
4.2.2 Süderpolder	17
4.2.3 Vinkeveense plassen	18
4.2.4 Westzaan	18
4.2.5 Groeiverschillen tussen gebieden	19
4.3 Groei op basis van PIT-tags	19
4.3.1 Markiezaatsmeer	20
4.3.2 Süderpolder	21
4.3.3 Vinkeveense plassen	22
4.3.4 Westzaan	22
4.3.5 Groeiverschillen tussen gebieden	23
4.4 Uittrekmogelijkheden schieraal (VEMCO)	24
4.4.1 Markiezaatsmeer	24
4.4.2 Süderpolder	24
4.4.3 Vinkeveense plassen	25
4.4.4 Westzaan	26
4.4.5 Overzicht uittrekmogelijkheden	27
5 Conclusies	28
6 Dankwoord	30
7 Kwaliteitsborging	31
8 Literatuur	32
Verantwoording	33
Bijlage 1 Paling Over De Dijk	34

Bijlage 2	Aalbestand - aanvullend	36
Bijlage 3	Otoliet analyses - Aanvullend	38
Bijlage 4	PIT-tag gewichtstoename	41
Bijlage 5	Man-Vrouw verhouding	43
Bijlage 6	Punt- breedbekken	44

Samenvatting

Het project "Duurzaam Aalbeheer door Kennis" (DAK) is opgesteld als samenwerkingsverband tussen beroepsvissers en wetenschappers om meer inzicht te verzamelen in de relatie tussen gebiedseigenschappen en populatie-dynamische kenmerken als het binnentrekken en uitzetten van jonge aal, overleving en groei (rode aal), onttrekking (visserij) en uittrek (schieraal) als basis voor een duurzame visserij. In dit rapport worden vier verschillende beheergebieden vergeleken: Markiezaatsmeer en de Süderpolder (klei) en Vinkeveense plassen en de polder van Westzaan (veen), waarbij de resultaten van verschillende deelonderzoeken worden gepresenteerd; bestandsopbouw (lengte, verhouding rode aal en schieraal en sekseverhouding), groeisnelheid (otolieten, tags) en uittrek van schieraal (VEMCO). De resultaten van deze onderzoeken dragen bij om meer inzicht te krijgen in het productiepotentieel (aalbestand en groeipotentie) van aal in verschillende beheergebieden in Nederland.

In het voorjaar en de zomer van de jaren 2018-2020 werd door beroepsvissers op aal gevestigd met fuiken in de vier gebieden. Van de vangsten werden monsters genomen waarbij lengte en stadium (rode of schieraal) werden geregistreerd om een beeld van de populatieopbouw te krijgen. In het Markiezaatsmeer werden doorgaans de kleinste alen gevangen waarbij de gemiddelde lengte van de aal 39 cm betrof, gevolgd door Süderpolder (54 cm) en de Westzaan (63 cm), terwijl in Vinkeveen de gemiddelde lengte van de gevangen alen 74 cm was. Op basis van de lengtes van de schieralen lijken in drie van de vier gebieden deze vangsten maar voor een klein deel uit mannelijke aal te bestaan. Alleen in het Markiezaatsmeer lijkt het merendeel (55% van de schieralen zijn kleiner dan 50 cm) van het bestand te bestaan uit mannelijke aal.

Voor leeftijds- en groeibepalingen zijn per beheergebied otolieten van alen genomen. In totaal zijn van 94 alen waarvan het geslacht is bepaald (85 vrouw, 9 man), de otolieten afgelezen en de leeftijd en groeisnelheid bepaald. De individuele groeiverschillen waren groot en varieerden tussen de 2 en 8 cm per jaar; de groeisnelheden namen af met toenemende leeftijd. De gemiddelde groei verschilde tussen de gebieden. In het Markiezaatsmeer en de Süderpolder werden voor de eerste levensjaren de hoogste groeisnelheden (6-7 cm/jaar) bepaald, maar nam de groeisnelheid in de latere jaren sterk af. Voor de Vinkeveense plassen en de Westzaan werd een vrij constante groei bepaald (4-5 cm/jaar) over alle levensjaren.

In aanvulling op eerdere groeibepalingen werden 1457 rode alen verdeeld over de vier gebieden voorzien van een Passive Integrated Transponder (PIT-) tag. Van deze alen werden er 179 teruggevangen, variërend van enkele dagen tot twee jaar na taggen. Van deze alen kon de lengtetoeename over de tijd (individuele groei) nauwkeuriger worden bepaald. Ook met deze methode waren grote individuele groeiverschillen te zien die in grote lijnen overeen kwamen met de groei bepaald op basis van otolietaflezingen. Bij een lengte van 46 – 64 cm varieerde de gemiddelde groeisnelheden per gebied tussen de 2,5 en 6,0 cm per jaar.

In 2017 en 2018 is door middel van akoestische telemetrie onderzoek gedaan naar de uittrekmogelijkheden van schieraal in de vier gebieden, die allen worden gezien als (redelijk) geïsoleerde watersystemen. Van de 25 uitgezette schieralen aan de boezemzijde van het Markiezaatsmeer is het merendeel gedetecteerd op weg naar zee. Van de 25 uitgezette schieralen in de Süderpolder hebben er maar twee het uittrekpunt naar zee weten te bereiken. In de Vinkeveense plassen wist geen van de 15 schieralen vanuit de polderzijde door het gemaal naar de boezem te komen. Van de uitgezette groep in de boezem wist iets meer dan de helft van de 25 schieralen via IJmuiden de Noordzee te bereiken. Van de polder Westzaan wist eveneens iets meer dan de helft van de schieralen via IJmuiden de Noordzee te bereiken. Gemalen, sluizen en stuwen blijken daarmee aanzienlijke migratie barrières te vormen voor uittrekkende schieralen die vanuit de onderzochte gebieden naar boezemwateren migreren.

1 Inleiding

Het project "Duurzaam Aalbeheer door Kennis", kortweg DAK, is voortgekomen uit het idee dat er onvoldoende kennis was over het productiepotentieel van aal in verschillende beheergebieden in Nederland. Daarom was het wenselijk meer inzicht te verzamelen in de relatie tussen gebiedseigenschappen (bijv. veen, klei, brak, zoet) en populatie-dynamische kenmerken van aal zoals het binnentrekken van jonge aal, uitzet van glasaal, overleving en groei van rode aal, uittrek van schieraal, en onttrekking door visserij. Deze gegevens dienen als basis voor een "aalmodel" dat ter ondersteuning gebruikt wordt om beter te kunnen begrijpen hoe het aalbeheer zo goed mogelijk kan worden ingericht op basis van enkele gebiedskenmerken (van der Meer e.a., in prep). Daarnaast worden in het project in samenwerking met Wageningen Economic Research ook bedrijfseconomische aspecten meegenomen om te komen tot duurzaam aalbeheer.

Binnen het DAK-project zijn vier gebieden geselecteerd op basis van o.a. bovenstaande gebiedseigenschappen om onderzoek te doen naar het productiepotentieel van aal. Zo zijn er twee beheergebieden met een klei ondergrond gekozen, namelijk Markiezaatsmeer (Zeeland) en de Süderpolder (Friesland). Daarnaast zijn er ook twee beheergebieden met een veen ondergrond gekozen, de Vinkeveense plassen en de polder Westzaan (Noord-Holland). Per grondsoort is zodoende één merensysteem (Markiezaatsmeer en Vinkeveense plassen) en één poldersysteem (Süderpolder en Westzaan) gekozen. De Vinkeveense plassen worden gekenmerkt door helder water en diepe (voormalige) zandwinputten, het Markiezaatsmeer is daarentegen ondiep, voedselrijk en matig brak. De Westzaan is een polder met vrij veel brede vaarten waarbij de Süderpolder hoofdzakelijk uit kleine, smalle sloten bestaat. Als laatste zijn alle gebieden in meer of mindere mate geïsoleerd, oftewel natuurlijke in- en uittrek van glasaal en schieraal wordt aangenomen beperkt te zijn. In de Süderpolder vindt geen commerciële visserij plaats en wordt er ook geen glasaal uitgezet waardoor natuurlijke intrek de enige bron van intrekende glasaal is. In de andere gebieden wordt wel commercieel op aal gevist en daarbij wordt ook (op grote schaal) glas- en/of pootaal uitgezet.

Het uitbreiden van kennis over populatie-dynamische kenmerken van aal in verschillende beheergebieden in Nederland binnen het DAK-project ligt ten grondslag aan een aalmodel ter ondersteuning van aalbeheer. Voor de populatie-dynamische kenmerken wordt per gebied hoofdzakelijk gekeken naar de samenstelling van het aalbestand, de groeipotentie van rode aal en uittrek- of migratiemogelijkheden van schieraal voor ieder van de vier gebieden. De verschillende onderzoeken zijn uitgevoerd in samenwerking met de actieve beroepsvissers in de desbetreffende gebieden. In deze rapportage worden de resultaten van vier deelonderzoeken gepresenteerd; populatieopbouw van het lokale aalbestand, groei op basis van jaarringen in otolieten (gehoorsteentjes) en op basis van terugvangst van met PIT-tags gemerkte alen, en uittrekmogelijkheden van schieraal aan de hand van akoestische telemetrie. De resultaten van deze onderzoeken dragen bij om meer inzicht te krijgen in het productiepotentieel (aalbestand en groeipotentie) van aal in verschillende beheergebieden in Nederland.

2 Kennisvraag

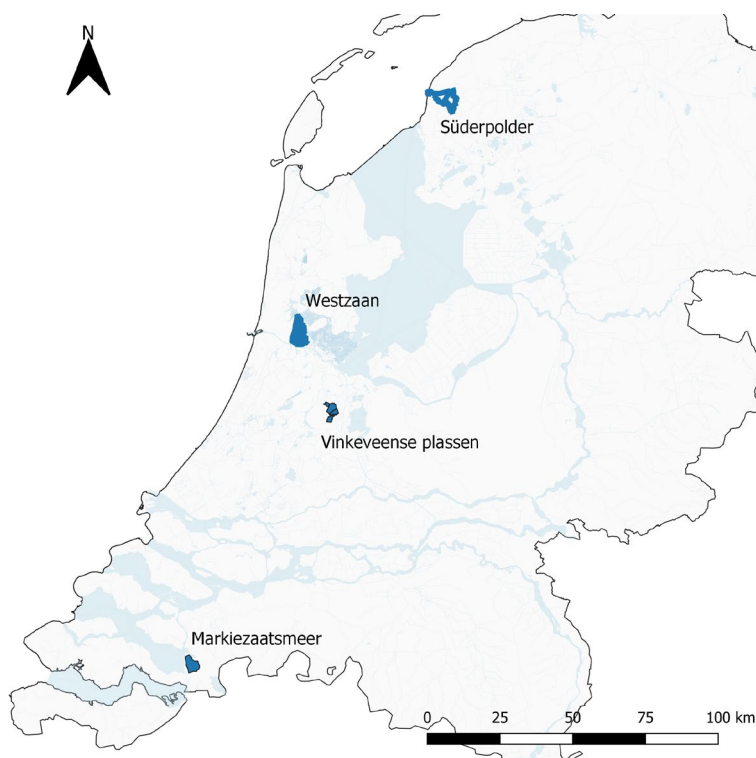
Doelstelling van het DAK-project was om de kennis omtrent populatie-dynamische kenmerken van aal in verschillende beheergebieden in Nederland uit te breiden zodat deze kennis als basis kan dienen voor een aalmodel ter ondersteuning van aalbeheer. Om dit te bereiken is onderzoek gedaan naar de samenstelling van het aalbestand, de groeipotentie van rode aal en de uittrekmogelijkheden van schieraal voor vier verschillende beheergebieden, namelijk Markiezaatsmeer, Süderpolder, de Vinkeveense plassen en de polder van Westzaan. Dit rapport presenteert de resultaten van de hierboven genoemde onderzoeken en draagt daarmee bij om meer inzicht te krijgen over de hoeveelheid aal die in een beheergebied kan voorkomen aan de hand van bepaalde gebiedseigenschappen.

3 Methoden

Bij de start van het project zijn verschillende gebieden voorgesteld aan de hand van grondsoort. Uiteindelijk zijn er vier gebieden geselecteerd (**Figuur 1; Tabel 1**) waar alle aalvisrechtgebende toestemming hebben gegeven voor medewerking, twee kleigebieden (Markiezaatsmeer en Süderpolder) en twee veengebieden (Vinkeveense plassen en Westzaan) waarbij per grondsoort één meer systeem en een polder systeem gekozen is.

Het Markiezaatsmeer is een afgesloten (kunstmatig) meer en wordt door dijken en het Schelde-Rijnkanaal van de Oosterschelde gescheiden. Het meer beslaat ongeveer een oppervlakte van 1000 hectare, waarvan het grootste deel zeer ondiep (< 2m) water betreft. Karakteristiek voor het meer is het voedselrijke water waardoor het meer als een hoogproductief systeem wordt gezien, tevens is het water matig brak. Het waterpeil wordt gereguleerd door middel van een stuw, waar bij hoog water overtollig water afgevoerd wordt naar het Schelde-Rijn kanaal.

De Süderpolder is een laag gelegen polder in Friesland ten zuiden van Franeker en beslaat een oppervlakte van 63 hectare aan ondiepe en smalle poldersloten. Via twee gemalen (Süderpolder bij Tzum en Duvelsdrek bij Hitzum) kan het overtollige water weggepompt worden naar de boezem die uitwatert op het Van Harinxmakanaal nabij Franeker dat weer in verbinding staat met de Waddenzee.



Figuur 1. De ligging van de vier onderzoeksgebieden.

De Vinkeveense plassen liggen ten zuiden van Amsterdam en beslaan een oppervlakte van in totaal ongeveer 900 hectare. Het plassenstelsel wordt gekenmerkt door helder, voedselarm water en kent een aantal zeer diepe (voormalige) zandwinputten (> 25 m). Ook de Vinkeveense plassen worden gezien als een relatief gesloten systeem, waar bij vier locaties water kan worden uitgewisseld via sluisen en/of gemalen: Demmerikse sluis/Gemaal de Ruiters complex, sluis van Bon, Pondschoekersluis en aan het eind van de Wilnis Zuwe. Alle sluisen zijn van belang voor de pleziervaart en zijn enkel overdag gedurende het toeristenseizoen operatief. De voornaamste afwatering is naar het Amsterdam-Rijnkanaal via gemaal de Ruiters.

De Westzaan is een poldersysteem direct ten westen van Zaandam met afwisselend brede en smalle poldersloten, de sloten tezamen beslaan een oppervlakte van ongeveer 300 hectare. De polder staat in verbinding met het omringende water via twee gemalen (Overtoom en Het Leven aan de Zaan) en zes sluisen. Gemaal Overtoom voert het meeste water uit deze polder af, het overtollige water wordt direct afgevoerd naar het Noordzeekanaal.

Tabel 1. Overzicht van de kenmerken van de vier onderzoeksgebieden. Voor uitzet is het jaartal waarin begonnen is met het uitzetten van glas- of pootaal weergegeven.

	Markiezaatsmeer	Süderpolder	Vinkeveense plassen	Westzaan
Wateroppervlakte (ha)	1000	63	900	300
Watersysteem	Meer	Polder	Meren	Polder
Grondsoort	Klei	Klei	Veen	Veen
Visserij	Ja	Nee	Ja	Ja
Uitzet	2005 -	Nee	2005 -	2017 -

3.1 Samenstelling aalbestand

In het voorjaar en de zomer van de jaren 2018, 2019 en 2020 is door beroepsvissers op aal gevestigd met aalfuiken in de vier gebieden. In de smalle poldersloten van de Süderpolder en de Westzaan is gebruik gemaakt van staande fuiken terwijl in Markiezaatsmeer en de Vinkeveense plassen gebruik werd gemaakt van schietfuiken. In alle gebieden is geëxperimenteerd met aalkistjes om kleine rode aal te vangen, daarnaast is in de Vinkeveense plassen ook geëxperimenteerd met spieringfuiken (fijnmazige fuiken) en in de Westzaan is ook gebruik gemaakt van het elektroscapnet. Staande fuiken worden doorgaans vastgemaakt aan stokken die in de grond geslagen zijn, terwijl schietfuiken aan elkaar worden gekoppeld tot een lange rij. De schietfuiken staan niet in de bodem vast, maar iedere fuik heeft daarentegen als eerste een grote afgeplatte hoepel en de rij wordt om de zoveel fuiken verzwaard. Om een beeld te krijgen van de vangstsamenstelling werd vervolgens de gehele vangst, of een deelmonster doorgemeten waarbij de lengte van de aal naar beneden werd afgerond op de cm nauwkeurig. Daarnaast werd genoteerd of het rode- of schieraal betrof.

Aangezien de commerciële visserij doorgaans rode aal vangt, zijn aanvullend hierop de Paling Over De Dijk (PODD) gegevens van 2019 en 2020 geanalyseerd om inzicht te krijgen in de samenstelling van schieraal in de DAK gebieden (**Bijlage 1**). In het gesloten seizoen voor aalvistuigen (1 september tot en met 30 november) werd met fuiken bij belangrijke uittreklocaties (gemalen) gevestigd in het kader van 'Paling over de Dijk'. Schieraal werd vervolgens gemeten (cm nauwkeurig) en "over de dijk" in de boezem gezet.

3.2 Otoliet analyse

Voor de leeftijdsbepaling en groei analyses zijn per gebied otolieten van alen genomen. Van deze alen zijn tevens lengte, gewicht, stadium (rood of schier) en geslacht bepaald. De otolieten zijn vervolgens opgestuurd naar het Institute of Freshwater Research van de Zweedse Universiteit voor Landbouwwetenschappen (SLU), waar ze veel ervaring hebben met het prepareren en aflezen van aal otolieten. De otolieten zijn volgens de opgestelde protocollen van de ICES werkgroep "Age Reading of European and American Eel 2009" (WKAREA) bewerkt en afgelezen. In Zweden werden de otolieten op glasplaatjes gemonteerd, geslepen en vervolgens gepolijst. Om de jaarringen zichtbaar te maken, zoals jaarringen van bomen, werd een rode kleurstof toegepast waarna de jaarringen onder een microscoop afgelezen en geteld konden worden en daarmee de leeftijd kon worden bepaald. Vanuit de kern werd door middel van een rechte lijn naar de rand van de otoliet het glasaal stadium bepaald en werden de jaarringen gemarkeerd waarbij op iedere jaarring de positie ten opzichte van de kern werd bepaald om zodoende de afstand (μm) te bepalen (**Figuur 2**).



Figuur 2. Voorbeeld van een bewerkte, gepolijste, otoliet onder de microscoop. Dit individu, afkomstig uit Markiezaatsmeer, had bij een lengte van 73,6 cm een leeftijd van 11+ jaar bereikt.

De groei van elk individu is teruggerekend op basis van de jaarlijkse lengtetoeename van de otoliet, waarbij is aangenomen dat de lengtetoeename van de otoliet (in μm) lineair gecorreleerd is aan de toename in de totale lengte van aal (in cm). Door de otolietlengte tegen de totale lengte van aal te zetten werd deze lineaire relatie bepaald (**Bijlage B3.1**). De lengtetoeename en daarmee de jaarlijkse groei per individu is volgens de volgende formule berekend:

$$L_n = (O_n / O_{tot}) * L_{tot} \quad (1)$$

Hierbij is L_n de lengte (in cm) van de aal behorende bij jaarring n , O_n is de afstand van de kern tot jaarring n , O_{tot} is de straal van de otoliet (daar waar de lijn getrokken is, streven was om altijd de langste as te nemen) en L_{tot} is de totale lengte van de aal bij vangst. Zodoende werden voor ieder individu groeilijnen en jaarlijkse groeisnelheden berekend.

3.3 Terugvangst onderzoek met PIT-tags

In aanvulling op groei analyses aan de hand van otoliet aflezingen, werden in 2019 in elk gebied rode alen voorzien van een Passive Integrated Transponder (PIT-) tag. PIT-tags werden onder verdoving aangebracht met een PIT-tag injector in de buikholte en nadat de alen bijgekomen waren werden ze op de vangstlocatie weer teruggezet. Via een merk-terugvangst experiment werd data verzameld over de groei van aal (lengte en gewicht) in de desbetreffende onderzoeksgebieden. Gedurende de daaropvolgende jaren werden de vangsten, zowel commercieel als PODD, in de desbetreffende gebieden gecontroleerd op de aanwezigheid van gezenderde alen met een mobiele "handheld" ontvanger. Indien een gezenderde aal in de vangst aanwezig was dan gaf de "handheld" een signaal en werd het nummer van de PIT-tag van de desbetreffende aal op het display getoond. Vervolgens werd deze aal gemeten en gewogen en in de meeste gevallen weer teruggezet.



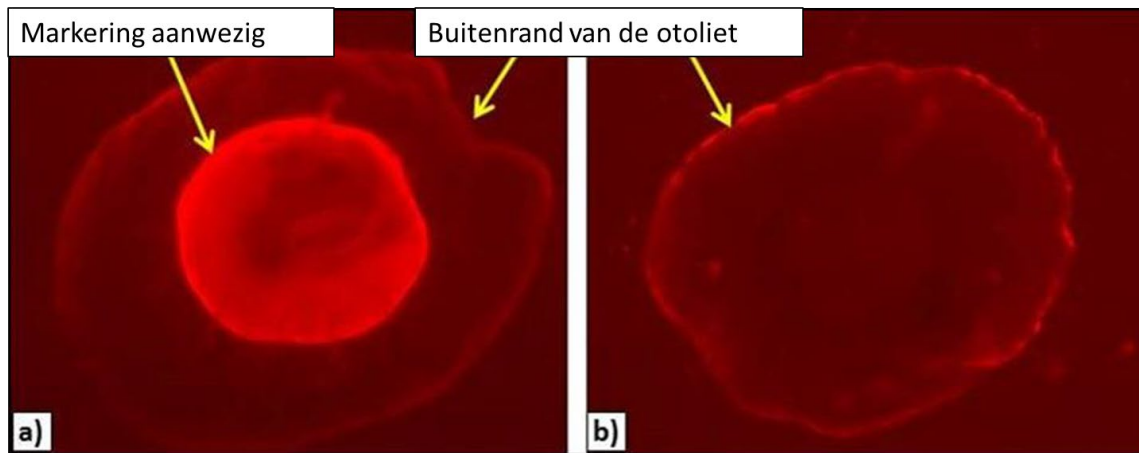
Figuur 3. Het gebruik van de "handheld", de vangst wordt gecontroleerd op de aanwezigheid van aal voorzien van een PIT-tag. Op het display wordt vervolgens het PIT-tag nummer getoond. Foto: Paul Boersma.

3.4 Uittrekmogelijkheden schieraal (VEMCO)

Om een beeld te krijgen van het uittreksucces van schieraal uit de onderzoeksgebieden, werd in 2017 en 2018 per gebied een studie opgezet met akoestische zenders en ontvangers. Schieralen werden voorzien van een akoestische zender (Vemco V9), waarvan de geluidssignalen tot een afstand van enkele honderden meters opgepikt konden worden door ontvangers (Vemco VR2W). Schieralen werden operatief en onder verdoving voorzien van een akoestische zender conform het protocol in Winter et al. (2011). Voor ieder gebied werden de, op voorhand, belangrijkste uittrekpunten gekozen om daar twee ontvangers te plaatsen bij de desbetreffende gemalen en/of sluizen. De ontvangers werden zodanig geplaatst dat gezenderde schieraal, die vanuit de uitzetplaatsen wegtrokken, bij aankomst van een uittrekpunt werden gedetecteerd om vervolgens weer na een succesvolle passage te worden gedetecteerd. Daarnaast werden de meest belangrijk veronderstelde uittrekroutes afgedekt met ontvangers, zodat de gezenderde schieralen verder gevolgd konden worden op hun weg naar zee. De ontvangers werden nabij de bodem geplaatst door middel van twee gewichten en een drijver (boei) aan een touw; indien mogelijk werd een ontvanger aan een bestaande constructie bevestigd. De Vinkeveense plassen en de Westzaan waren naast het DAK project ook onderdeel van een grotere studie naar de migratiepatronen en knelpunten tijdens de uittrek van schieraal via het Noordzeekanaal (Winter e.a., 2019). Voor Markiezaatsmeer en de Süderpolder werd voor dit project een netwerk van ontvangers opgesteld om de uittrekkende schieraal op hun weg naar zee te volgen. Voor een uitgebreidere methodebeschrijving van akoestische telemetrie onderzoek zie Griffioen et al, 2017 en Winter et al., 2019.

3.5 Uitzet glasaal met Alizarin

Voor jonge aal (die vanwege hun geringe formaat niet van zenders of PIT-tags kunnen worden voorzien) is een derde methode toegepast om gegevens te verkrijgen over de groei in de vier onderzoeksgebieden. Hiervoor werd glasaal als groep (dus geen individuele identificatie zoals met zenders of PIT-tags) chemisch gemerkt en uitgezet in de vier DAK gebieden. Voor het merken werden de glasalen enkele uren in een bad met Alizarin (fluorochrome markering) gedaan. Na enkele uren in een bad met Alizarin te hebben gezeten wordt een (fluoreserende) ring gevormd in de otoliet van de glasaal (**Figuur 4**), welke onder een (fluorescentie) microscoop zichtbaar is. Hiervoor moet de otoliet wel uit de (glas)aal zijn verwijderd, waardoor de aal dus eerst moet worden gedood.



Figuur 4. Otoliet met Alizarin markering (a) en otoliet zonder fluorochrome markering (b) (FISH-PASS, 2019).

In 2019 zijn, afhankelijk van de grootte van het gebied, glasalen uitgezet waarbij een Alizarin markering is aangebracht in de otoliet. Glasaal werd in de rivier de Loire gevangen en vanuit Frankrijk gemerkt aangeleverd door FISH-PASS. De in totaal 117 kg glasaal werd vervolgens verdeeld over de vier gebieden (**Tabel 2**). Ruim twee jaar na het uitzetten van de glasalen is in ieder gebied gevist. Van de gevangen jonge aal (<30 cm) werd lengte, geslacht en paairijpheid (van laatste twee indien mogelijk) bepaald en vervolgens werd de otoliet uit de aal gesneden. De otolieten zijn vervolgens onder een microscoop bekeken op de aanwezigheid van een Alizarin ring. Voor individuen met een Alizarin ring kon op deze methode de leeftijd en daarmee groeisnelheid worden bepaald.

Tabel 2. Uitzet van glasaal met Alizarin markering in kg, aantal en in aantal per hectare. Het aantal uitgezette glasaal is gebaseerd op een gemiddeld gewicht van 0,24 gram per glasaal (FISH-PASS, 2019).

DAK gebied	Water oppervlakte (ha)	Uitzet glasaal (kg)	Uitzet glasaal (#)	Glasaal (#/ha)
Markiezaatsmeer	1000	45	187.500	188
Süderpolder	63	6	25.000	397
Vinkeveense plassen	900	42	175.000	194
Westzaan	300	34	141.667	472

4 Resultaten

In dit hoofdstuk worden voor ieder deelonderzoek de resultaten per gebied gepresenteerd, waarna voor de meeste deelonderzoeken nog een paragraaf besteed is om de resultaten tussen de vier verschillende gebieden met elkaar te vergelijken. Van twee aanvullende deelonderzoeken zijn de resultaten in de bijlage te vinden; man-vrouw verhouding van rode aal (**Bijlage 5**) en punt-breedbekken (**Bijlage 6**).

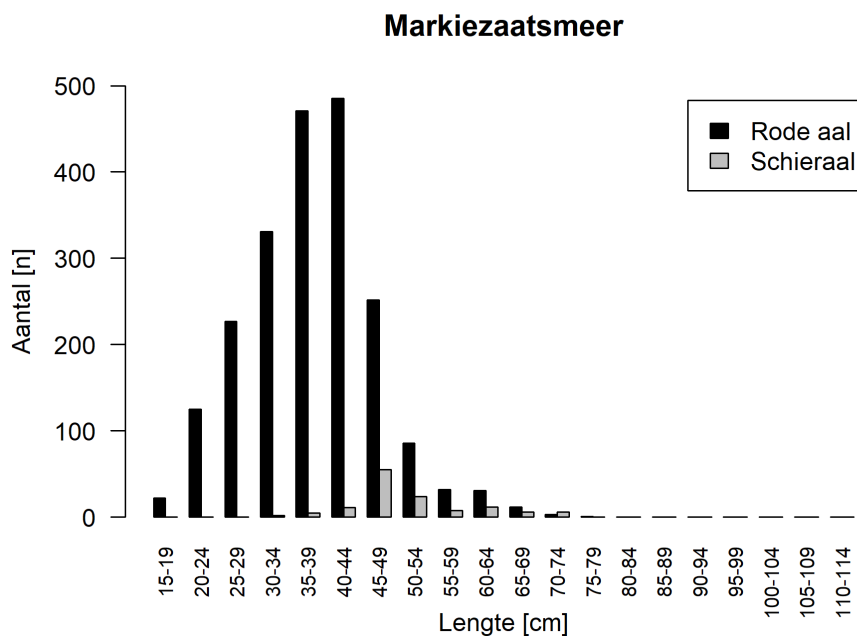
4.1 Samenstelling aalbestand

Gedurende drie jaar, van 2018 tot en met 2020, is per gebied een deel van de commerciële en PODD vangsten in de aalvisserij doorgemeten. Deze visserij vindt plaats buiten de gesloten periode voor aalvistuigen van 1 september tot 1 december van ieder jaar. Van de aalen in het monster zijn de lengtes gemeten en is daarnaast bepaald of het om rode- of schieraal ging. Met deze informatie zijn lengte-frequentie grafieken voor zowel rode- als schieraal opgesteld.

4.1.1 Markiezaatsmeer

Het overgrote deel van de vangst bestond uit rode aal, schieraal besloeg maar een klein deel ($\pm 5\%$) van de totale vangst (in aantallen, **Figuur 5**). De meest gevangen lengteklasse was 40-44 cm, gevolgd door 35-39 cm. De gemiddelde lengte van aal in de vangsten van Markiezaatsmeer was 39 cm. De kleinste rode aal in de vangst had een lengte van 16 cm en de grootste aal die werd gevangen, tevens een rode aal, was 77 cm. Schieralen werden over een lengterange van 33 tot 73 cm aangetroffen in de vangsten waarbij de meest voorkomende lengteklasse voor schieralen 45-49 cm was.

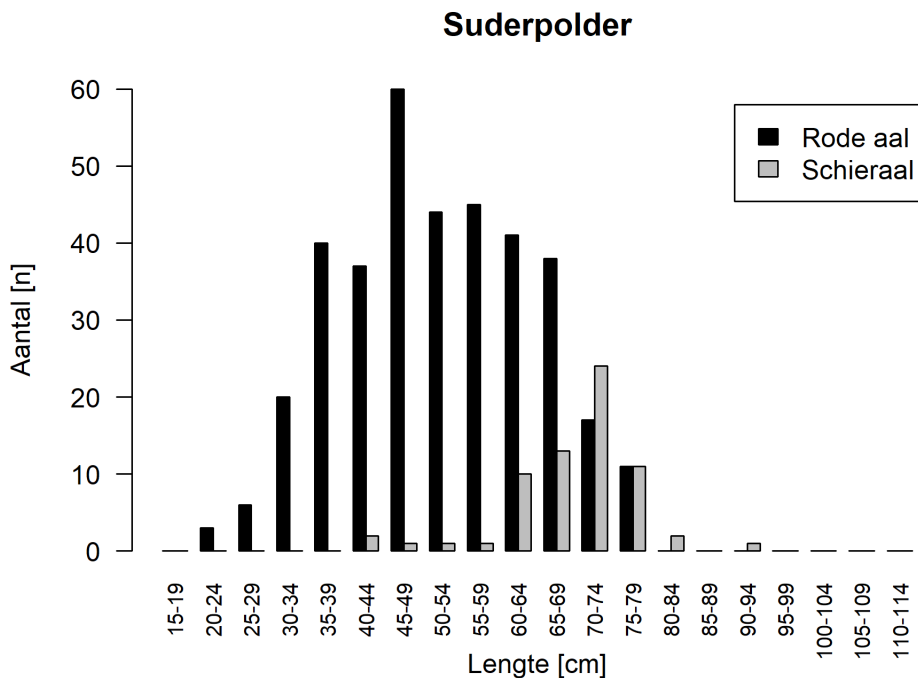
De meest gevangen lengteklasse van schieraal in de PODD-visserij was 35-39 cm en geeft daarmee aan dat het grootste deel van de schieralen bestaat uit mannelijke aal (**Bijlage 1, B1.1**).



Figuur 5. Lengte-frequentie verdeling per lengteklasse van 5 cm in de aalvisserij op rode aal en schieraal over de jaren 2018-2020 in het Markiezaatsmeer.

4.1.2 Süderpolder

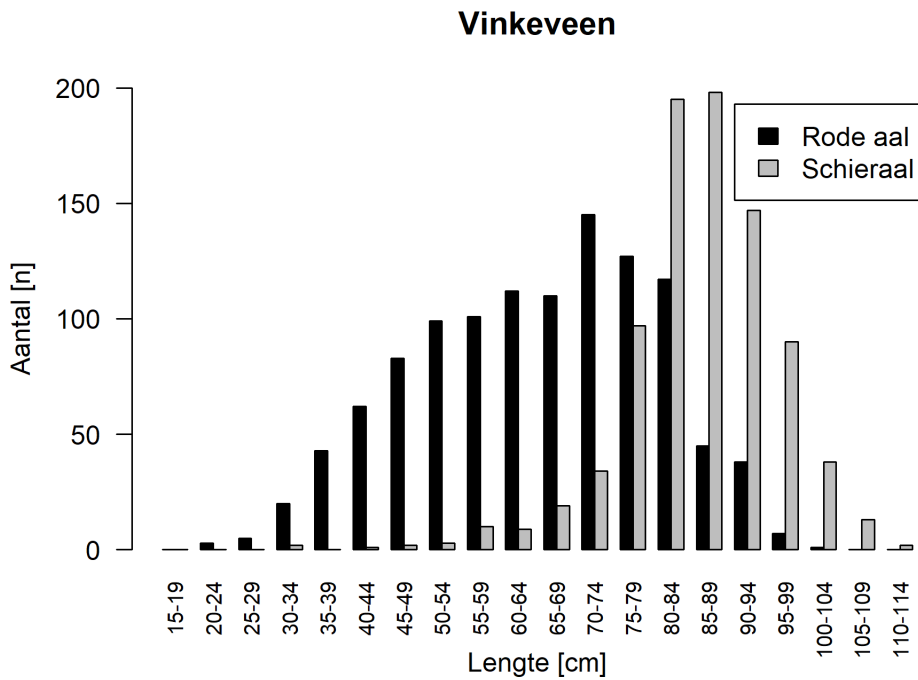
Het grootste deel van de vangsten bestond uit rode aal, schieraal besloeg een aandeel van 15% van de totaal vangst (in aantallen, **Figuur 6**). De meest gevangen lengteklasse was 45-49 cm, waarna over een lengterange van 35 tot 70 cm aal in vrijwel gelijke aantallen werd gevangen. De gemiddelde lengte van aal in de vangsten uit de Süderpolder was 54 cm. Rode aal werd al bij een lengte van 20 cm gevangen en de grootste rode aal die werd gevangen was 79 cm. Schieralen werden over een lengterange van 43 tot 92 cm aangetroffen in de vangsten waarbij de meest voorkomende lengteklasse voor schieralen 70-74 cm was. In de PODD-visserij is enkel onderscheid gemaakt tussen twee lengteklassen; ≤ 50 cm en > 50 cm. Een zeer klein aandeel ($< 5\%$) van de schieralen had een lengte kleiner of gelijk aan 50 cm en geeft daarmee aan dat het aalbestand in de Süderpolder maar voor een zeer klein deel uit mannelijke aal bestaat (**Bijlage 1, B1.2**).



Figuur 6. Lengte-frequentie verdeling per lengteklasse van 5 cm in de aalvisserij op rode aal en schieraal over de jaren 2018-2020 in de Süderpolder.

4.1.3 Vinkeveense plassen

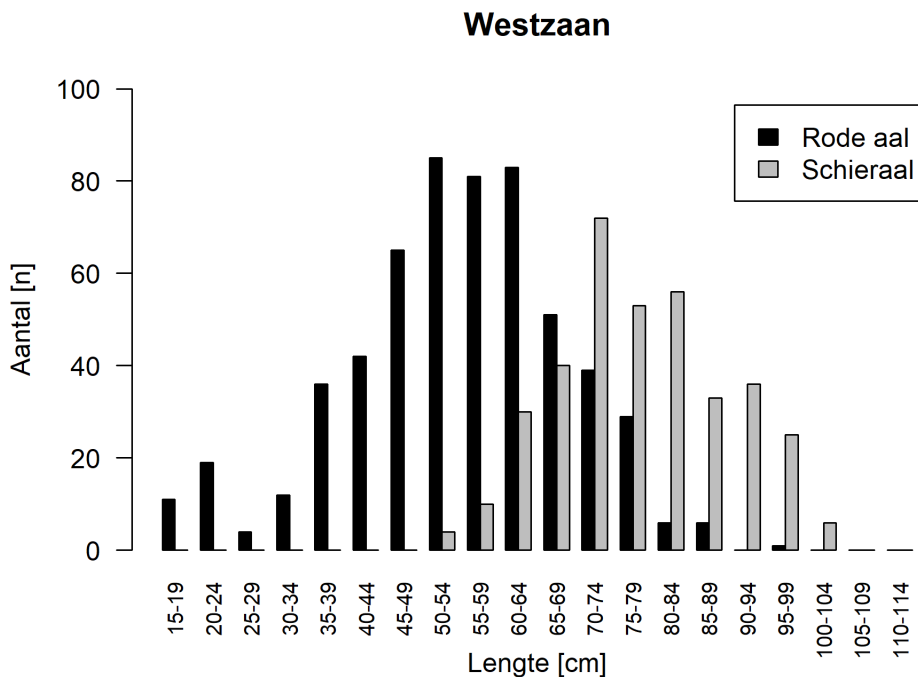
In de Vinkeveense plassen bestond iets meer dan de helft van de commerciële vangsten in de aalvisserij uit rode aal en schieraal besloeg ruim 43% van de totale vangst (**Figuur 7**). De meest gevangen lengteklasse was 80-84 cm, gevolgd door 85-89 cm, voor beide lengte klassen bestond veruit het merendeel uit schieralen. De gemiddelde lengte van aal in de vangsten van de Vinkeveense plassen was 74 cm. Rode aal werd bij een lengte van 20 cm gevangen en de grootste rode aal die werd gevangen was 100 cm. Schieralen werden over een lengterange van 32 tot 112 cm aangetroffen in de vangsten waarbij de meeste voorkomende lengteklasse voor schieralen 85-89 cm was. In de PODD-visserij was het beeld omtrent schieraal nagenoeg hetzelfde: de meest gevangen lengteklasse was 90-94 cm en op een enkeling na werd schieraal alleen gevangen met een lengte van 70 cm of meer (**Bijlage 1, B1.1**). De vangsten laten zien dat het in de Vinkeveense plassen het hoofdzakelijk vrouwelijke aal betreft.



Figuur 7. Lengte-frequentie verdeling per lengteklasse van 5 cm in de aalvisserij op rode aal en schieraal over de jaren 2018-2020 in de Vinkeveense plassen.

4.1.4 Westzaan

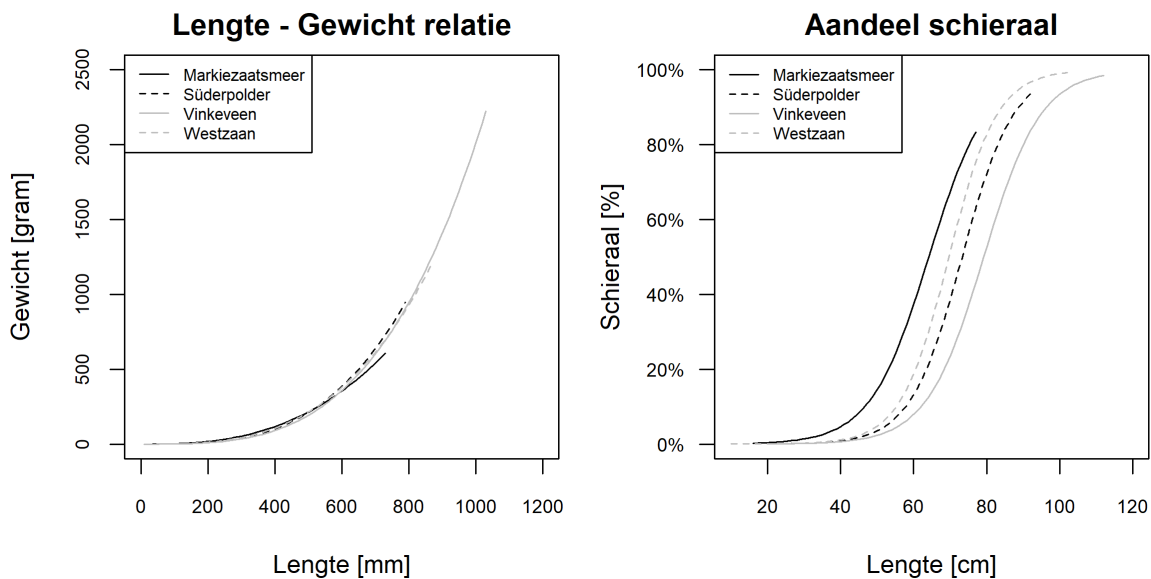
Het merendeel van de vangsten in de commerciële aalvisserij bestond uit rode aal, schieraal besloeg rond de 40% van de totale vangst (**Figuur 8**). De meest gevangen lengteklasse was 60-64 cm, gevolgd door 70-74 cm, maar er werd aal over een brede lengterange (45-84 cm) in relatief gelijke aantallen gevangen. Lengteklassen tot ca 70 cm bestonden voornamelijk uit rode aalen en boven de 75 cm grotendeels uit schieraal. De gemiddelde lengte van aal in de vangsten van de Westzaan was 63 cm. Rode aal werd al bij een lengte van 10 cm gevangen, mede doordat in de Westzaan ook gevist werd met een elektro schepnet vanwege stroperij in de staande fuiken. De grootste rode aal die werd gevangen was 95 cm. Schieralen werden over een lengterange van 51 tot 102 cm aangetroffen in de vangsten waarbij de meest voorkomende lengteklasse voor schieralen 70-74 cm was. Ook in de Westzaan bestaat het aalbestand maar voor een zeer gering deel uit mannelijke aalen (**Bijlage 1, B1.2**).



Figuur 8. Lengte-frequentie verdeling per lengteklasse van 5 cm in de aalvisserij op rode aal en schieraal over de jaren 2018-2020 in de polder van Westzaan.

4.1.5 Lengte-gewicht en lengte bij verschiering

Op basis van lengte en gewicht van aal is voor ieder gebied een lengte-gewicht relatie gefit (**Figuur 9**). In Markiezaatsmeer zijn vrijwel geen alen groter dan 70 cm gemeten waardoor geen vergelijking met de lengte-gewicht relatie voor grotere alen met de andere gebieden te maken is. Aan de hand van het aandeel schieraal per lengteklasse per gebied is een schatting gemaakt van het percentage schieraal over lengte, waarbij een logistische regressie lijn is gefit (**Figuur 9**). In het Markiezaatsmeer beginnen alen bij kleinere lengtes dan in de andere gebieden al te transformeren naar schieraal, op basis van de aangetroffen lengte-frequentie verdeling van schieraal is dit hoogstwaarschijnlijk het gevolg van het grotere aandeel mannelijk aal in dit gebied. Of ook vrouwelijke aal al bij kleinere lengtes beginnen te transformeren naar schieraal is op basis van de beschikbare data niet met zekerheid te zeggen. In de Vinkeveense plassen startte de transformatie naar schieraal bij de grootste lengte en was de kans een rode aal van 100 cm aan te treffen reëel. Aanvullend zijn onderstaande lengte-gewicht relaties en verschiering over lengte inclusief observaties per gebied uiteengezet in **bijlage 2**.



Figuur 9. Lengte-gewicht relatie van aal per gebied (links) en de kans per lengte dat een rode aal schieraal wordt per gebied (rechts).

4.2 Otoliet analyse

In totaal zijn van 120 alen de otolieten afgelezen om de leeftijd en groei te bepalen. Van de meeste van deze alen kon ook het geslacht worden bepaald, met uitzondering van 26 voornamelijk zeer kleine aal (< 20 cm) uit het Markiezaatsmeer. Van de overige 94 alen (> 26 cm) waren er 85 vrouwtjes en 9 mannetjes. De lengte per leeftijd en de groeisnelheid van de vrouwelijke alen is per gebied geanalyseerd (zie voor overige analyses **Bijlage 3**). Naast individuele groeicurves en gemiddelde groeicurves, zijn per gebied ook groeicurves gefit op basis van de Von Bertalanffy (1957) groei formule:

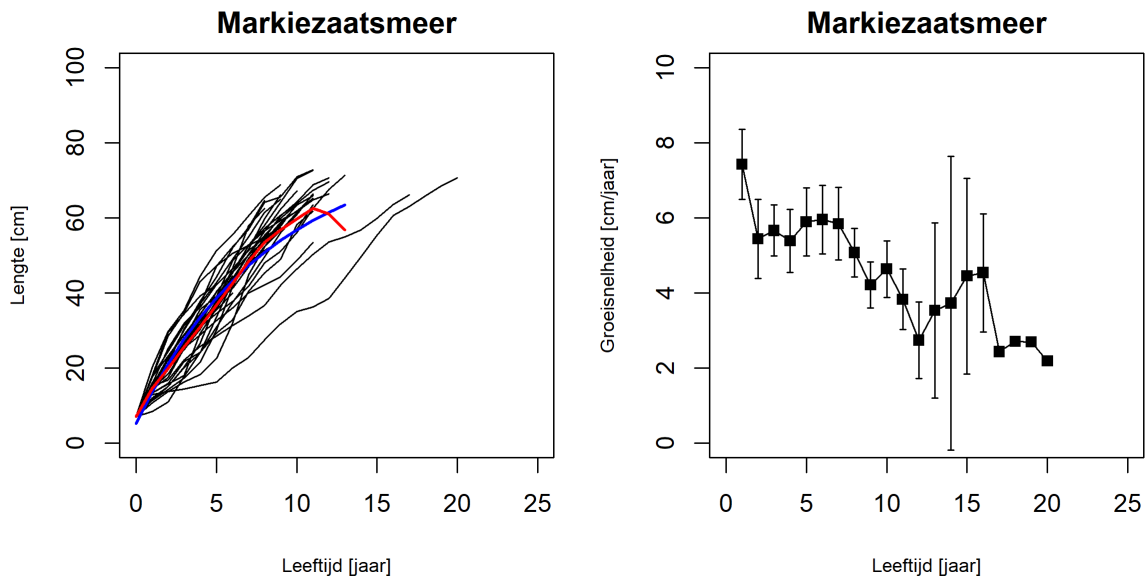
$$L(t) = L_{\infty} * (1 - e^{-K(t-t_0)}) \quad (2)$$

Hierbij is t de leeftijd, K de groei coëfficiënt, t₀ de theoretische leeftijd waarbij de lengte nul is en L_∞ is de maximale lengte (asymptotische lengte).

4.2.1 Markiezaatsmeer

De leeftijd van de 28 alen uit het Markiezaatsmeer waarvan de lengte per leeftijd en de groeisnelheid op basis van otolieten werd bepaald varieerde van 5 tot 20 jaar. De twee oudste individuen groeiden in vergelijking met de andere alen langzaam; bij een leeftijd van 20 en 17 jaar bereikten zij

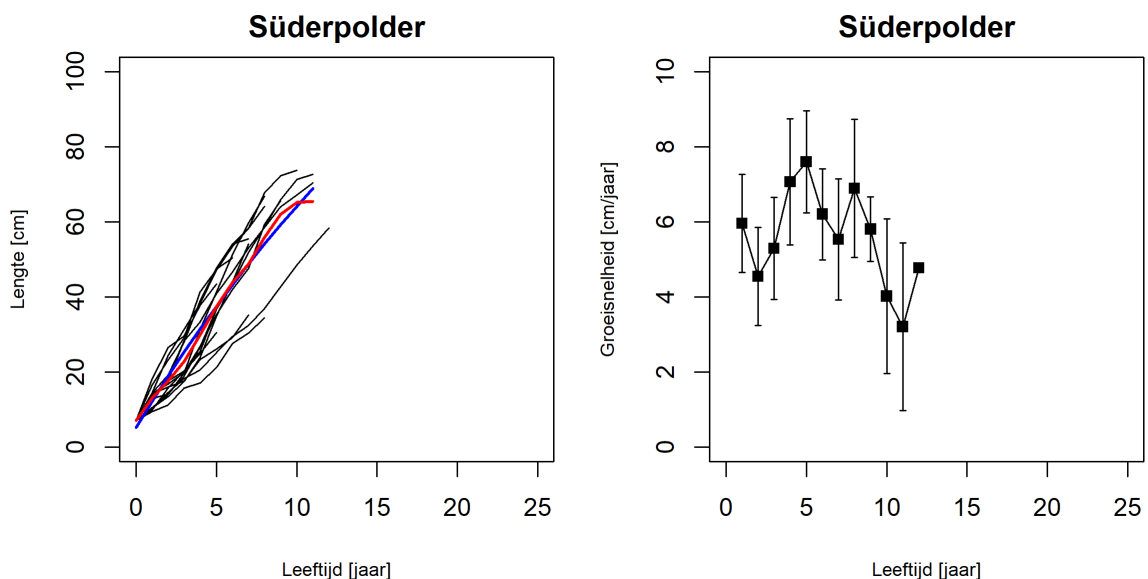
respectievelijk een lengte van 71 en 66 cm. Het merendeel van de onderzochte alen bereikte al een lengte van 70 cm bij een leeftijd van 10-11 jaar (**Figuur 10**). De gemiddelde groeisnelheid voor de eerste zeven levensjaren was hoog en werd bepaald op 6 cm per jaar, daarna neemt de groeisnelheid af met de leeftijd (**Figuur 10**). Echter, de onzekerheid van de bepaalde groeisnelheid neemt ook toe met de leeftijd aangezien de bepalingen voor leeftijden ouder dan 12 jaar nog maar op twee individuen gebaseerd waren.



Figuur 10. Lengte- leeftijdsrelatie van vrouwelijke aal (links) met individuele groeilijnen (zwart), gemiddelde groeicurve (rood) en gefitte groeicurve (blauw). Jaarlijkse groeisnelheid (rechts) is berekend als het gemiddelde van de individuen inclusief standaardafwijking.

4.2.2 Süderpolder

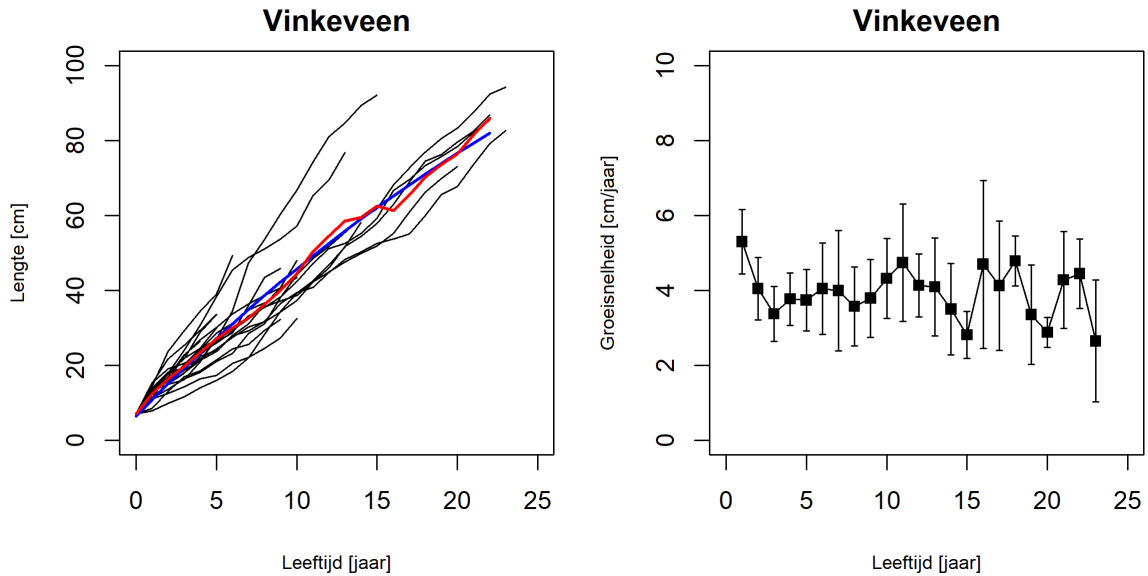
De lengte per leeftijd en de groeisnelheid van 15 alen is aan de hand van otoliet analyse verkregen voor de Süderpolder. De leeftijd van de onderzochte aal varieerde van 5 tot en met 12 jaar. Er zijn duidelijke individuele groeiverschillen te zien, maar het merendeel lijkt de eerste levensjaren snel te groeien waarbij groeisnelheden werden bepaald tussen de 5 en 8 cm per jaar, waarna de groeisnelheid lijkt af te nemen. Van de oudere exemplaren die zijn onderzocht bereikten de meesten bij een leeftijd van 8 jaar een lengte van 60 cm (**Figuur 11**). Er was geen oudere aal in het monster (>12 jaar) en van de onderzochte alen waren er maar drie schieraal.



Figuur 11. Lengte- leeftijdsrelatie van vrouwelijke aal (links) met individuele groeilijnen (zwart), gemiddelde groeicurve (rood) en gefitte groeicurve (blauw). Jaarlijkse groeisnelheid (rechts) is berekend als het gemiddelde van de individuen inclusief standaardafwijking.

4.2.3 Vinkeveense plassen

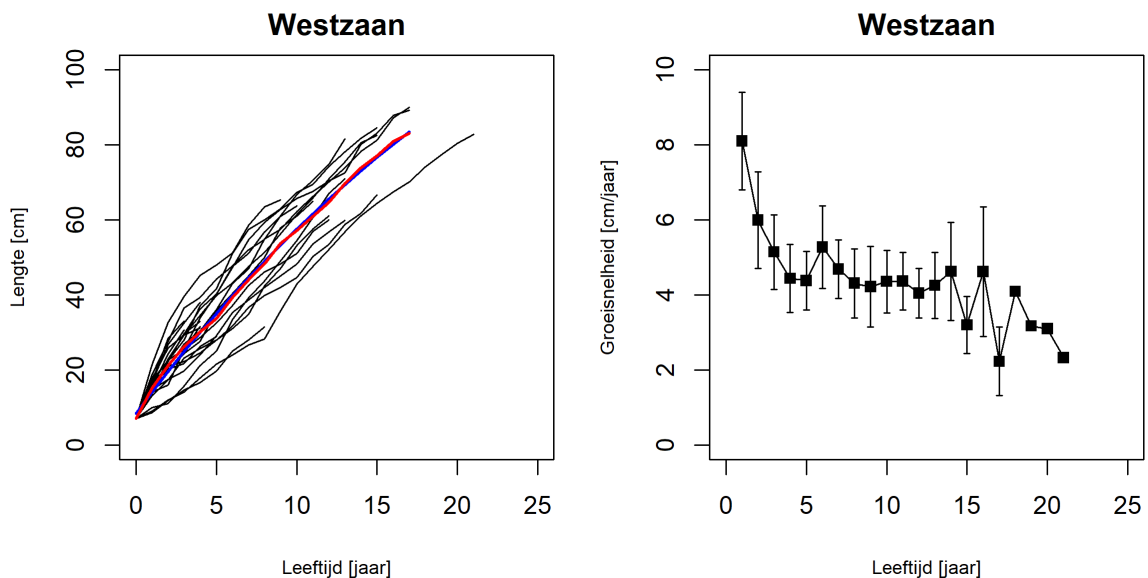
In de Vinkeveense plassen is de leeftijd en groeisnelheid van 20 alen bepaald aan de hand van otoliet analyse. De leeftijd van de onderzochte aal varieerde van 4 tot en met 23 jaar, waarbij zeer uiteenlopende individuele groei werd waargenomen. Bepaald werd dat vijf alen een leeftijd van minstens 20 jaar bereikten, bij deze leeftijd hadden de alen een lengte van rond de 80 cm bereikt. Het merendeel van de onderzochte aal bereikte bij een leeftijd van 10 jaar een lengte van rond de 45 cm (**Figuur 12**). De gemiddelde groeisnelheid werd over de gehele levensduur bepaald op ongeveer 4 cm per jaar, hierbij werd geen afname van de groeisnelheid over leeftijd waargenomen en waren de groeisnelheden in de eerste levensjaren van dezelfde orde als in de latere levensjaren (**Figuur 12**).



Figuur 12. Lengte- leeftijdsrelatie van vrouwelijke aal (links) met individuele groeilijnen (zwart), gemiddelde groeicurve (rood) en gefitte groeicurve (blauw). Jaarlijkse groeisnelheid (rechts) is berekend als het gemiddelde van de individuen inclusief standaardafwijking.

4.2.4 Westzaan

De lengte over leeftijd en de groeisnelheid van 22 alen is aan de hand van otoliet analyse verkregen voor het gebied Westzaan. De leeftijd van de onderzochte aal varieerde van 3 tot en met 21 jaar. Van de 6 alen waarbij de leeftijd bepaald werd op 15 jaar of ouder, bereikten 4 individuen bij een leeftijd van 15 jaar een lengte van 80 cm. Bij een leeftijd van 10 jaar had het merendeel van de onderzochte aal een lengte van 60 cm bereikt (**Figuur 13**).



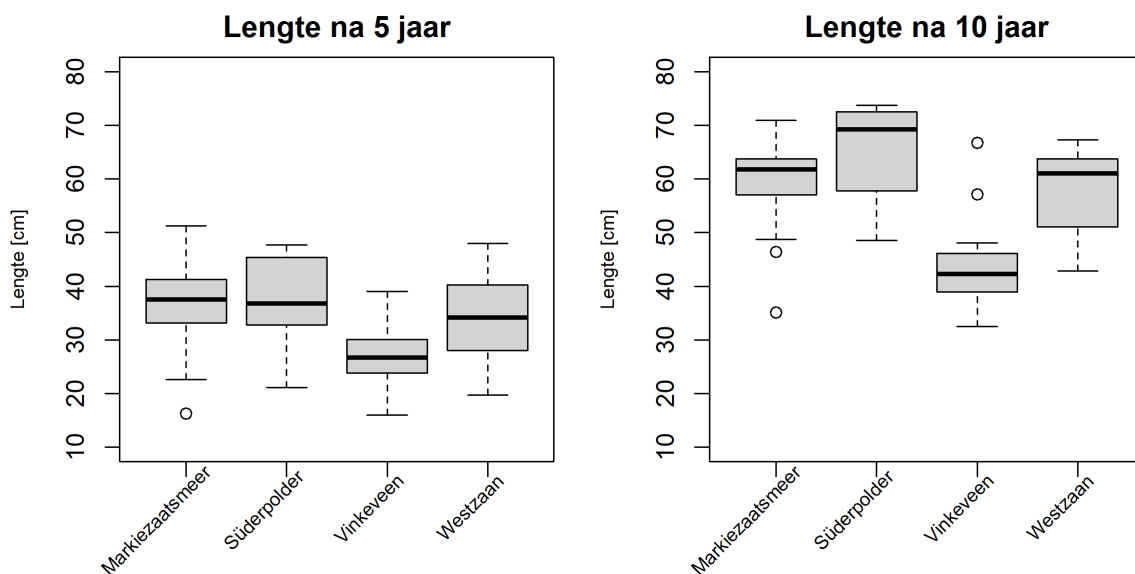
Figuur 13. Lengte- leeftijdsrelatie (links) met individuele groeilijnen (zwart), gemiddelde groeicurve (rood) en gefitte groeicurve (blauw). Jaarlijkse groeisnelheid (rechts) is berekend als het gemiddelde van de individuen inclusief standaardafwijking.

Gedurende de eerste twee levensjaren leek de gemiddelde groeisnelheid hoger te zijn dan de opvolgende jaren. In deze eerste twee levensjaren werden de groeisnelheden bepaald op 8 en 6 cm per jaar. Na de eerste twee levensjaren leek de groeisnelheid stabiel over de levensduur en werd bepaald op een groeisnelheid iets boven de 4 cm per jaar (**Figuur 13**). Echter, de onzekerheid van de bepaalde groeisnelheden is het grootst voor de hoogste leeftijden (> 15 jaar), de groeisnelheden zijn voor deze leeftijden nog maar gebaseerd op enkele individuen.

4.2.5 Groeiverschillen tussen gebieden

Voor de otoliet analyse werd getracht voor ieder van de vier gebieden een vergelijkbaar aalmonster te nemen om zodoende de lengte over leeftijd en groeisnelheden te kunnen vergelijken tussen de gebieden. In grote lijnen zijn de aalmonsters op basis van minimale lengte en gemiddelde lengte vergelijkbaar met elkaar, echter voor de gebieden Westzaan en Vinkeveense plassen zijn een aantal alen met lengtes boven de 90 cm gebruikt die in de andere twee gebieden niet zijn gevangen. Desalniettemin zou de otoliet analyse met de gebruikte aalmonsters een goede indicatie moeten geven voor groeiverschillen tussen de verschillende gebieden.

In bovenstaande grafieken zijn binnen ieder gebied grote individuele groeiverschillen te zien, maar wanneer naar de gemiddelde groei gekeken wordt zijn er ook groeiverschillen tussen de vier gebieden. In Markiezaatsmeer en de Süderpolder is de groeisnelheid in de eerste levensjaren van de aal (tot 7 jaar) hoger vergeleken met de Westzaan en met name de Vinkeveense plassen. Aal in de Vinkeveense plassen lijkt het langzaamst te groeien maar tegelijkertijd werd de leeftijd voor meerdere alen bepaald op meer dan 20 jaar. De groeiverschillen tussen de gebieden worden goed zichtbaar als gekeken wordt naar de lengte die de aal bereikte bij een leeftijd van 5 jaar. Hierin is duidelijk te zien dat aal in Vinkeveen bij een leeftijd van 5 jaar het kleinste was (**Figuur 14**). Bij een leeftijd van 10 jaar zijn de verschillen tussen aal van de Vinkeveense plassen en de andere drie gebieden nog sterker, waarbij aal bij een leeftijd van 10 jaar het grootst lijkt te zijn in de Süderpolder.



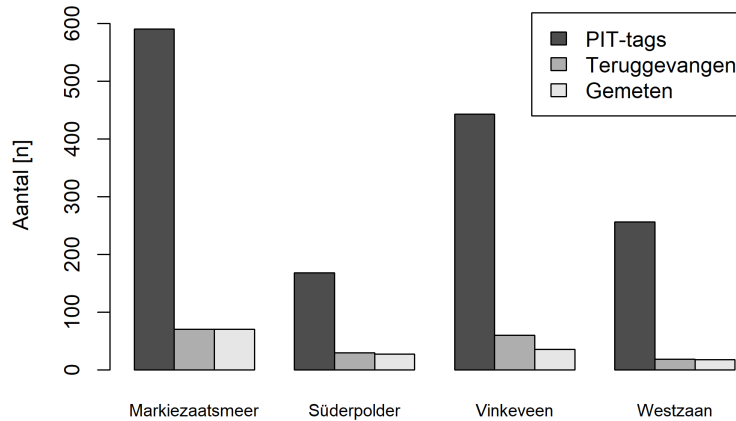
Figuur 14. Gemiddelde lengte van aal per DAK gebied bij een leeftijd van 5 jaar (links) en bij 10 jaar (rechts) op basis van groeibepaling aan de hand van otolieten analyses.

4.3 Groei op basis van PIT-tags

In 2019 zijn in totaal 1457 alen voorzien van een PIT-tag, waarbij de meeste PIT-tags werden aangebracht bij alen in het Markiezaatsmeer en de Vinkeveense plassen (**Figuur 15**). In totaal zijn 179 alen (12,3%) met een PIT-tag teruggevangen. Van de teruggevangen alen is het merendeel bij terugvangst opgemeten (totale lengte), waardoor van 152 individuen de lengtetoeename vanaf het aanbrengen van een PIT-tag kon worden bepaald. Naast lengte is van een groot aantal individuen (127) ook het gewicht bij terugvangst gemeten (**Bijlage 4**).

De groei van elke individu is per gebied gevisualiseerd als lengtetoename tegen het aantal dagen tussen het aanbrengen van een PIT-tag en terugvangst en als groeisnelheid (in cm per jaar) tegen lengte. Om de jaarlijkse groeisnelheid te berekenen is de lengtetoename gedeeld door het aantal dagen tussen terugvangst en het aanbrengen van de PIT-tag, en vervolgens is de dagelijkse groeisnelheid vermenigvuldigd met het aantal dagen in een jaar.

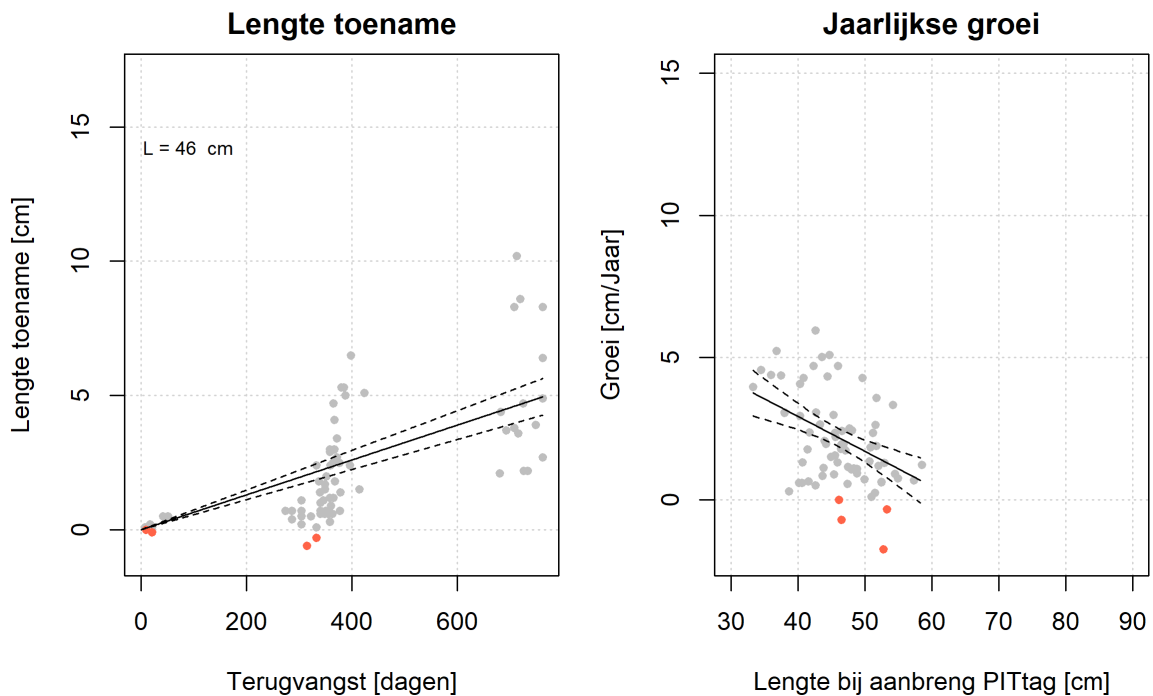
Aal voorzien van PIT-tag



Figuur 15. Aantal alen voorzien van een PIT-tag (zwart), aantal alen teruggevangen met een PIT-tag (donkergrijs) en het aantal teruggevangen alen met een PIT-tag waarvan de lengte bij terugvangst is gemeten (grijs).

4.3.1 Markiezaatsmeer

In juni en juli van 2019 werden in Markiezaatsmeer 590 alen voorzien van een PIT-tag. Hiervan werden er de afgelopen twee jaar 71 teruggevangen, waarbij ook de lengte bij terugvangst werd geregistreerd. Enkele alen werden al na een tiental dagen teruggevangen in 2019. De meeste werden na ongeveer één jaar teruggevangen en een aantal werden na twee jaar teruggevangen.

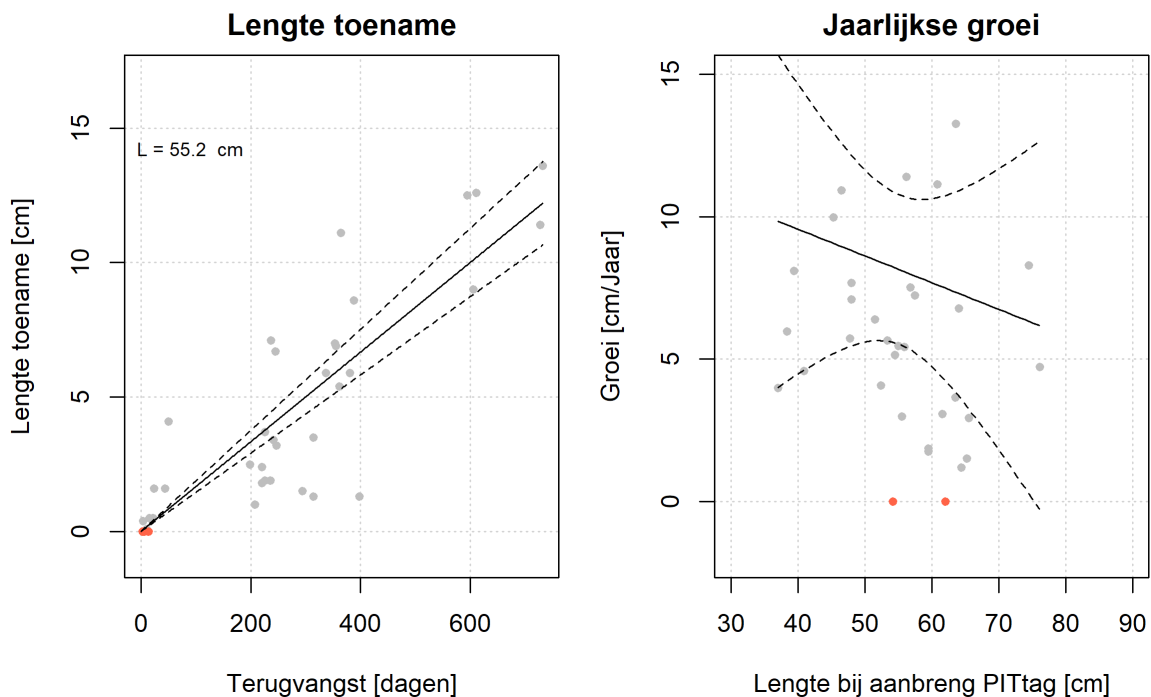


Figuur 16. Lengte toename bij terugvangst, waarbij terugvangst is gedefinieerd als het aantal dagen vanaf het aanbrengen van de PIT-tag (links) en groeisnelheid in cm per jaar uitgezet tegen de lengte van aal bij aanbreng van de PIT-tag (rechts) in Markiezaatsmeer. De rode datapunten zijn meetfouten (negatieve groei) en daardoor niet meegenomen in de analyse.

De teruggevangen alen lieten sterke individuele groeiverschillen zien. Deze individuele verschillen kunnen deels verklaard worden aan de hand van de lengte van de aal (**Figuur 16**) maar ook het moment van terugvangst zal van invloed geweest zijn op de lengtetoeename van een individu. De gemiddelde lengte bij de aanbreng van de PIT-tag van de teruggevangen alen bedroeg 46 cm, bij deze gemiddelde lengte was de jaarlijkse groeisnelheid rond de 2,5 cm per jaar. De kleinste gezenderde individuen behaalden de hoogste groeisnelheden (circa 5 cm per jaar bij een lengte van 35 cm). Met de lengte nam de groeisnelheid af. De grootste teruggevangen aal had bij aanbreng hiervan een lengte van 58,5 cm. Na iets minder dan een jaar werd dit individu teruggevangen waarbij de lengte was toegenomen met 1,2 cm.

4.3.2 Süderpolder

In het najaar van 2019 en het voorjaar van 2020 werden in de Süderpolder in totaal 168 alen voorzien van een PIT-tag. Hiervan werden er de afgelopen twee jaar 29 teruggevangen waarbij de lengte van 27 individuen bij terugvangst werd geregistreerd. Enkele alen werden al na een tiental dagen teruggevangen en werden vervolgens meerdere keren teruggevangen (tot drie keer toe). De meeste individuen werden na minimaal 200 dagen (een winter) teruggevangen.

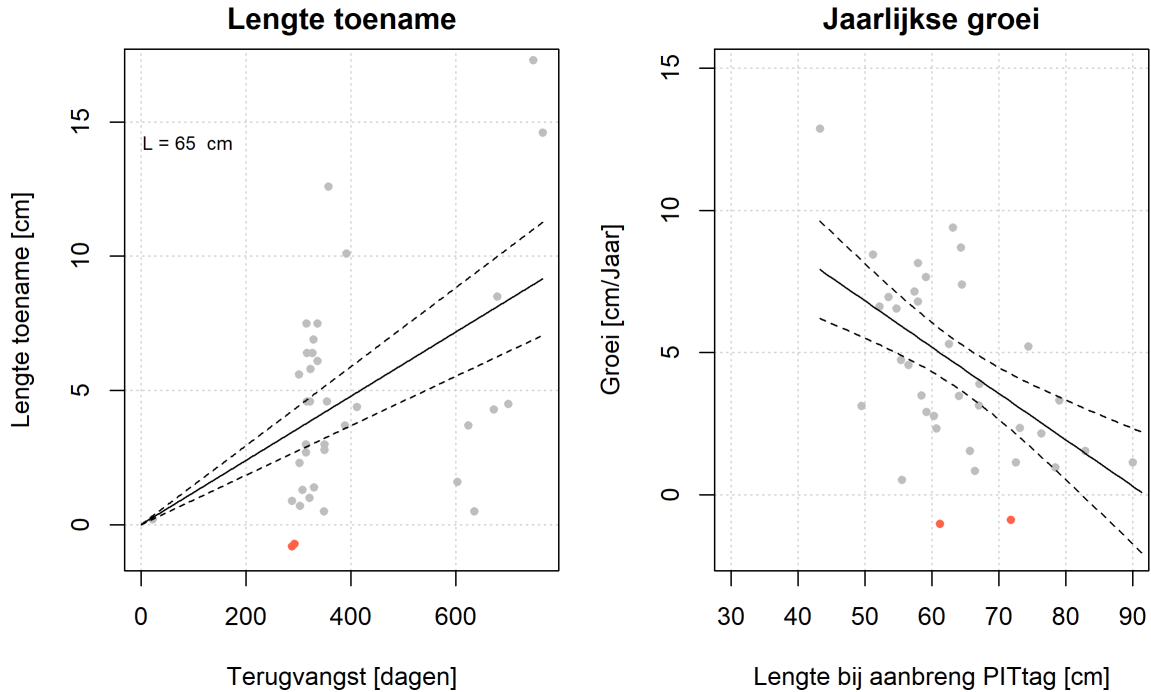


Figuur 17. Lengte toename bij terugvangst, waarbij terugvangst is gedefinieerd als het aantal dagen vanaf het aanbrengen van de PIT-tag (links) en groeisnelheid in cm per jaar uitgezet tegen de lengte van aal bij aanbreng van de PIT-tag (rechts) in de Süderpolder. De rode datapunten zijn meetfouten (negatieve groei) en daardoor niet meegenomen in de analyse.

De teruggevangen alen lieten sterke verschillen in groei zien. Deze individuele verschillen kunnen gedeeltelijk verklaard worden door de lengte van de aal (**Figuur 17**), wat slechts een zwak effect laat zien. Maar ook het moment van terugvangst, zoals hierboven benoemd, zal van invloed geweest zijn op de lengtetoeename van een individu. De jaarlijks groeisnelheid was rond de 6 cm per jaar bij een gemiddelde lengte bij de aanbreng van de PIT-tag van rond de 55 cm. De kleinste gezenderde alen behaalden over het algemeen iets hogere groeisnelheden dan de grotere individuen. Bij een lengte van 40 cm werden groeisnelheden van rond de 9 cm bepaald en bij een lengte van rond de 80 cm een gemiddelde groeisnelheid van 5 cm per jaar. De grootste teruggevangen aal voorzien van een PIT-tag had bij aanbreng hiervan een lengte van 76 cm.

4.3.3 Vinkeveense plassen

In juli 2019 werden in de Vinkeveense plassen in totaal 443 alen voorzien van een PIT-tag. Hiervan werden er de afgelopen twee jaar 60 teruggevangen waarbij de lengte van maar 36 individuen bij terugvangst werd geregistreerd. In de eerste maand(en) nadat de gezenderde aal teruggezet waren werden veel individuen weer teruggevangen, maar is de lengte bij terugvangst niet gemeten. Na ongeveer één jaar werden in de zomer van 2020 enkele tientallen alen teruggevangen, en in 2021 werden na bijna twee jaar nog enkele alen teruggevangen.



Figuur 18. Lengte toename bij terugvangst, waarbij terugvangst is gedefinieerd als het aantal dagen vanaf het aanbrengen van de PIT-tag (links) en groeisnelheid in cm per jaar uitgezet tegen de lengte van aal bij aanbreng van de PIT-tag (rechts) in de Vinkeveense plassen. De rode datapunten zijn meetfouten (negatieve groei) en daardoor niet meegenomen in de analyse.

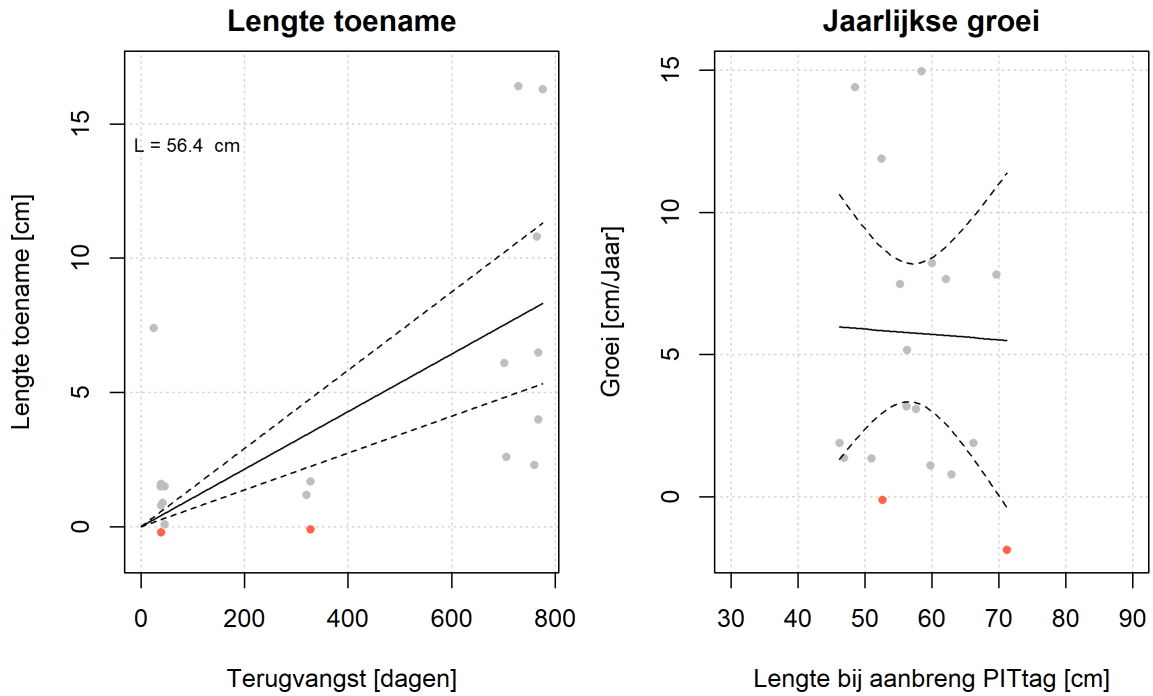
De teruggevangen alen lieten sterke individuele groeiverschillen zien. Deze individuele verschillen kunnen voor een belangrijk deel verklaard worden door de lengte van de aal (**Figuur 18**) maar ook het moment van terugvangst zal van invloed geweest zijn op de lengtetoe name van een individu. Gedurende de winter zal de lengte doorgaans minder toenemen dan in de zomermaanden. De gemiddelde lengte van de alen waarbij een PIT-tag is aangebracht was rond de 64 cm, bij deze lengte werd de jaarlijks groeisnelheid bepaald rond de 4,5 cm per jaar. De kleinste gezenderde aal (43,3 cm) behaalde de hoogste groeisnelheid met een lengtetoe name van 12,6 cm na iets minder dan één jaar. Met toenemende lengte nam de groeisnelheid af. De grootste teruggevangen aal had bij aanbrengen van de PIT-tag een lengte van 94,5 cm. Na 635 dagen werd dit individu teruggevangen waarbij de lengte was toegenomen met slechts 0,5 cm.

4.3.4 Westzaan

In juli 2019 werden in de Westzaan in totaal 256 alen voorzien van een PIT-tag, hiervan werden er de afgelopen twee jaar 19 teruggevangen waarbij de lengte van 18 individuen bij terugvangst werd geregistreerd. Enkele alen werden al na ruim een maand teruggevangen. In het voorjaar van 2020 werden maar drie individuen teruggevangen en in 2021 werd een kleine tiental alen teruggevangen. De Westzaan is het DAK gebied waar de minste alen voorzien van een PIT-tag zijn teruggevangen, vanwege de beperkte terugvangsten zijn de groei schattingen voor de Westzaan het meest onzeker.

Ook in de Westzaan lieten de teruggevangen alen sterke individuele groei verschillen zien. Op basis van de geringe terugvangsten kon niet met zekerheid verklaard worden of dit gedeeltelijk veroorzaakt wordt door verschil in lengte van de aal (**Figuur 19**). Maar ook het moment van terugvangst zal van

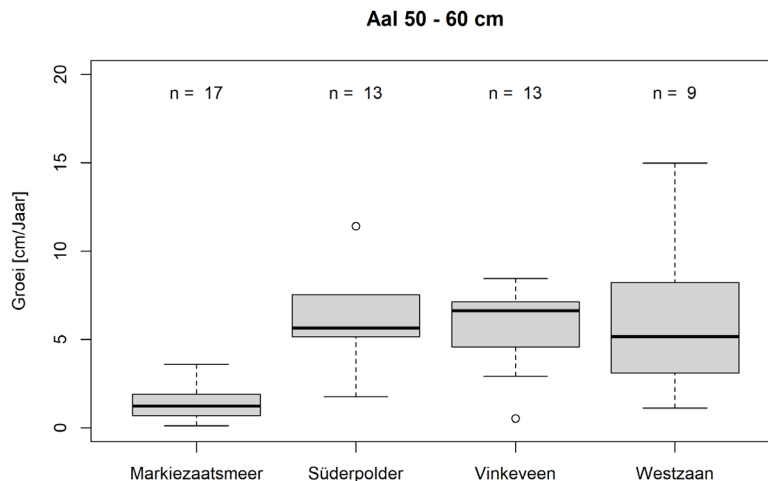
invloed zijn geweest op de lengte toename van een individu. De gemiddelde lengte bij de aanbreng van de PIT-tag van de teruggevangen alen was rond de 56 cm. Bij deze gemiddelde lengte was de jaarlijks groeisnelheid rond de 6 cm per jaar. Met toenemende lengte leek de groeisnelheid langzaam af te nemen, echter dient dit met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd worden, gezien het geringe aantal terugvangsten.



Figuur 19. Lengte toename bij terugvangst, waarbij terugvangst is gedefinieerd als het aantal dagen vanaf het aanbrengen van de PIT-tag (links) en groeisnelheid in cm per jaar uitgezet tegen de lengte van aal bij aanbreng van de PIT-tag (rechts) in Westzaan. De rode datapunten zijn meetfouten (negatieve groei) en daardoor niet meegenomen in de analyse.

4.3.5 Groeiverschillen tussen gebieden

Om te kijken of er groeiverschillen tussen de vier gebieden waren, is een selectie van alen groter dan 50 cm en kleiner en gelijk aan 60 cm geselecteerd. Binnen deze lengteklasse zijn de meeste alen teruggevangen en levert dit een analyse met de meeste datapunten op. Voor deze analyse is de groei van aal per gebied opgewerkt naar groei in cm per jaar (**Figuur 20**). De waargenomen groei voor de geselecteerde lengteklasse was het laagst in Markiezaatsmeer, terwijl de grootste individuele verschillen werden waargenomen in de Westzaan. Deze individuele verschillen zijn deels te verklaren door de opwerking naar groei in cm per jaar voor alen die kort na uitzet alweer zijn teruggevangen.



Figuur 20. Groeisnelheid in cm per jaar voor aal met een lengte van 50 – 60 cm per DAK gebied. De lengteklasse is gebaseerd op de lengte van alen bij het aanbrengen van de PIT-tag.

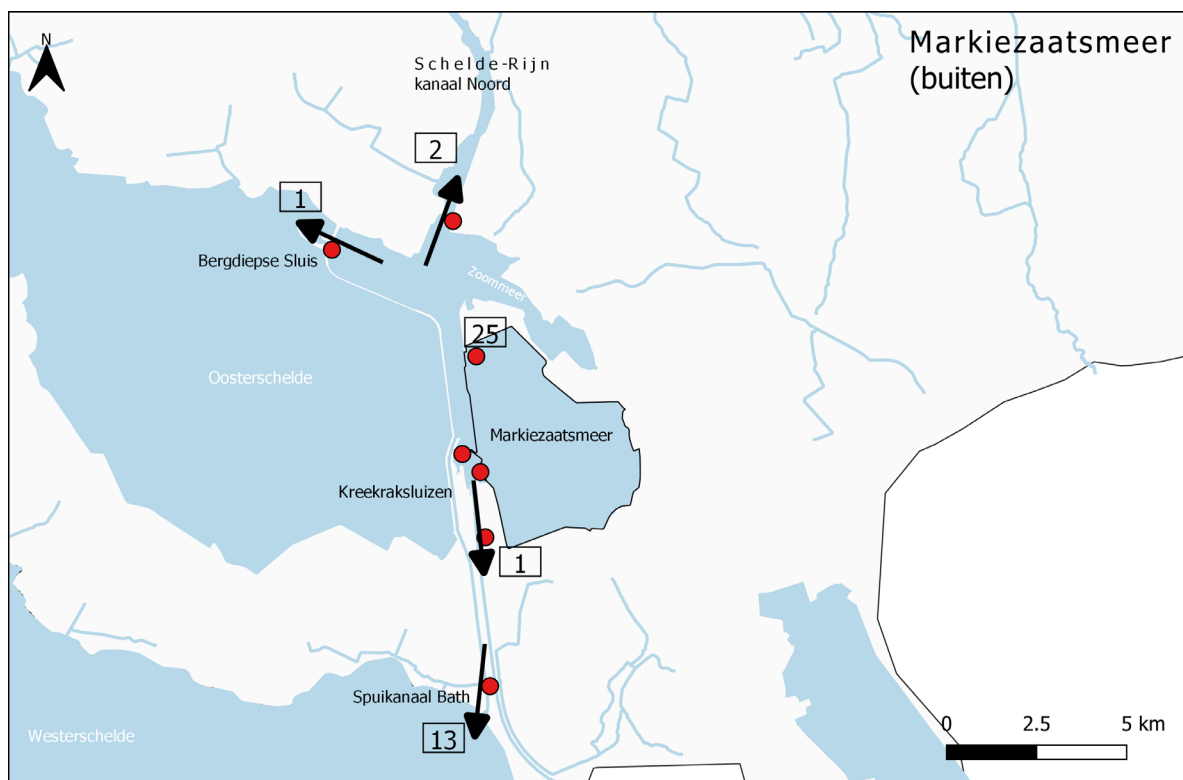
4.4 Uittrekmogelijkheden schieraal (VEMCO)

In ieder van de vier gebieden werden minstens 25 schieralen voorzien van een Vemco zender en teruggezet in het desbetreffende studiegebied. Langs de bekende uittrekroutes richting de boezem en vervolgens naar zee werden ontvangers geplaatst om de gezenderde schieralen te detecteren. In onderstaande paragrafen zijn per gebied het aantal detecties en uittrekmogelijkheden voor schieraal uiteengezet.

4.4.1 Markiezaatsmeer

In het najaar van 2018 zijn vlak achter de stuw/uitlaat van het Markiezaatsmeer in het noordwestelijke deel van het studiegebied 25 gezenderde schieralen uitgezet. Van de gezenderde schieralen zijn er 17 weggetrokken uit het studiegebied, zes zijn voor het laatst gedetecteerd in het Zoommeer net ten noorden van het Markiezaatsmeer en twee zijn nadat ze uitgezet zijn niet meer gedetecteerd. Van de 17 schieralen die uit het gebied zijn vertrokken hebben de meeste (13) de route via het spuikanaal van Bath genomen, twee zijn het Schelde-Rijn kanaal in noordelijke richting opgezwommen, één heeft zijn weg via de Bergdiepse sluis gevonden en één is uit het studiegebied vertrokken via de Kreekraksluizen (**Figuur 21**). De meeste schieralen zijn in hetzelfde jaar gedetecteerd als dat de schieraal is uitgezet bij de uittrekpunten, en hebben waarschijnlijk ook de weg naar zee weten te vinden in datzelfde jaar.

De 25 schieralen waren vlak achter de stuw/uitlaat van het Markiezaatsmeer uitgezet, en dus niet in het Markiezaatsmeer zelf, wat daarmee een beeld van het uittreksucces van PODD schieraal geeft. Indien schieraal geholpen wordt bij het passeren van de stuw/uitlaat van het Markiezaatsmeer, dan lijkt het merendeel zijn weg te vinden om het gebied uit te trekken voor de migratie naar zee.



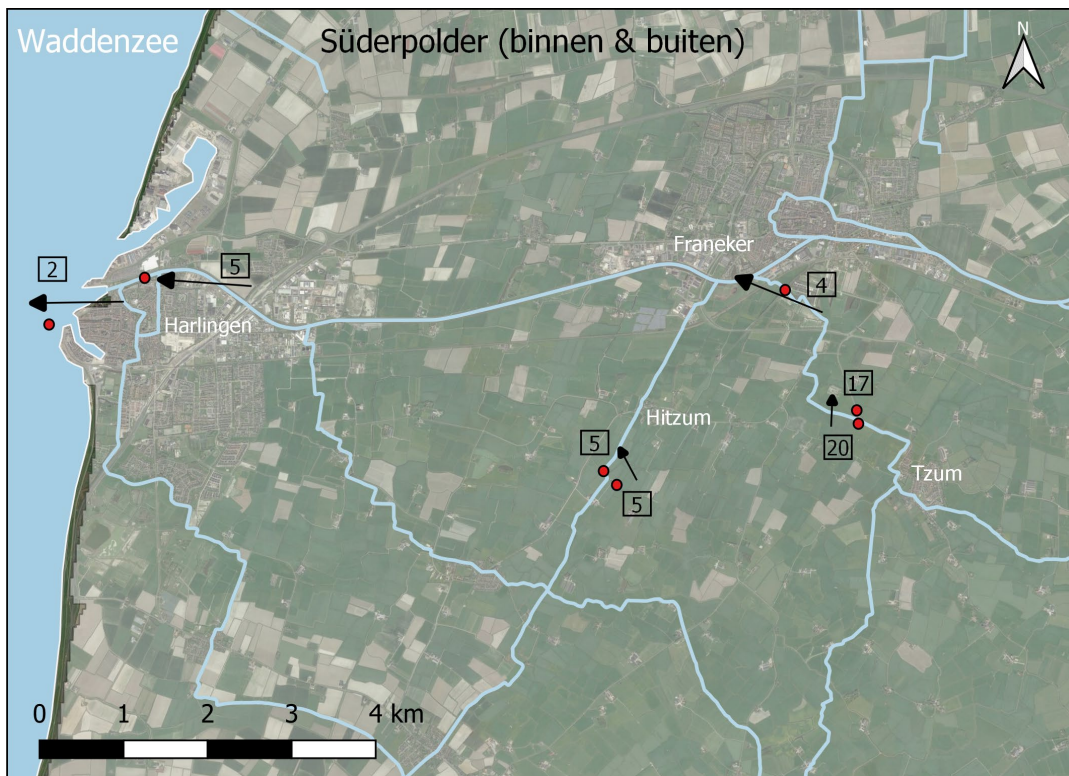
Figuur 21. Schematisch overzicht van de uittrekroutes (zwarte pijlen) en het aantal waarnemingen van schieralen op de detectiepunten (rode cirkels) in het studiegebied rond het Markiezaatsmeer.

4.4.2 Süderpolder

In het najaar van 2018 zijn in totaal 25 gezenderde schieralen uitgezet in het studiegebied de Süderpolder. Daarvan zijn 20 schieralen uitgezet in de polder op enige afstand van het gemaal van Tzum en zijn vijf schieralen uitgezet in de polder bij Hitzum op enige afstand van het desbetreffende gemaal. Van de 20 gezenderde schieralen uitgezet in de polder bij Tzum zijn er 17 schieralen via het

gemaal van Tzum de polder uitgetrokken en gedetecteerd aan de boezemzijde van dit gemaal. Hiervan hebben minimaal twee schieralen de passage van het gemaal niet overleefd (terugmeldingen) en zijn 10 schieralen hier voor het laatst gedetecteerd. Alle vijf de schieralen uitgezet bij Hitzum hebben de weg naar de boezem weten te maken, drie daarvan zijn hier voor het laatst gedetecteerd.

In totaal zijn 22 schieralen aan de boezemzijde van de gemalen gedetecteerd. Hiervan werden er maar vijf gedetecteerd bij Harlingen en slechts twee hebben via het uittrekpunt in de haven van Harlingen de zee bereikt (**Figuur 22**). Twee terugmeldingen werden gedaan vanuit de visserij, twee van de gezenderde schieralen (één bij Tzum en één bij Harlingen) zijn dus onttrokken door de visserij. Welke schieralen naar andere uittrekroutes via de boezem zijn gezwommen is onbekend. Opvallend is het hoge aandeel schieralen (>70%) dat voor het laatste gedetecteerd is aan de boezemzijde van de gemalen.



Figuur 22. Schematisch overzicht van de uittrekroutes (zwarte pijlen) en het aantal waarnemingen van schieralen op de detectiepunten (rode cirkels) in het studiegebied rond de Süderpolder.

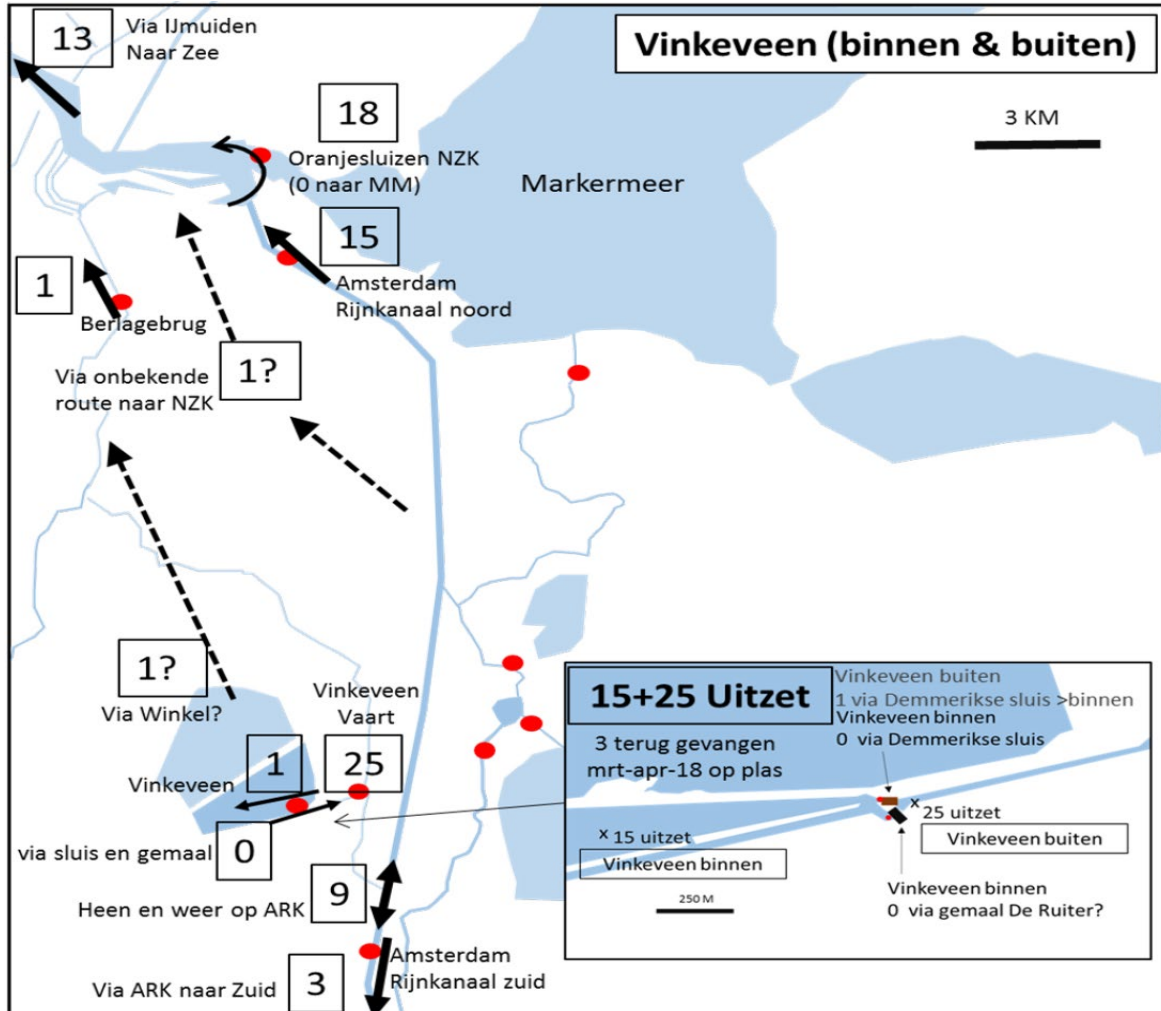
4.4.3 Vinkeveense plassen

In het najaar van 2017 zijn twee groepen gezenderde schieralen uitgezet in de Vinkeveense plassen, één aan de binnenzijde van de Vinkeveense plassen bij gemaal De Ruiter en de Demmerikse sluis (15) en één aan de boezemzijde van dit gemaal-sluis complex (25). De schieralen die zijn uitgezet in de Vinkeveense plassen zijn allemaal gedetecteerd bij gemaal De Ruiter, echter heeft geen van de schieralen dit gemaal gepasseerd. Ook is er geen schieraal door de nabijgelegen Demmerikse sluis uit het studiegebied getrokken. Van alle 15 alen heeft er maar één succesvol uit de Vinkeveense plassen kunnen migreren. Via een onbekende route, waarschijnlijk via de Winkel, is deze schieraal gedetecteerd (voor het laatste) bij de Berlagebrug in Amsterdam.

Enkeelmaal aan de boezemzijde van gemaal De Ruiter leken de gezenderde schieralen wel de weg naar de zee te vinden. Een drietal schieralen zijn via het Amsterdam-Rijnkanaal in zuidelijke richting gezwommen en vervolgens niet meer gedetecteerd. Het merendeel, 15 schieralen, zijn in noordelijke richting het Amsterdam-Rijnkanaal opgezwommen en zijn bij het detectiepunt in Amsterdam waargenomen. Bij de Oranjesluizen zijn zelfs 18 van de gezenderde schieralen gedetecteerd, drie hebben de Oranjesluizen weten te bereiken via een andere weg dan het Amsterdam-Rijnkanaal (**Figuur 23**). Geen van de schieralen die zijn waargenomen bij de Oranjesluizen zijn naar het

Markermeer gegaan. Van de 18 waargenomen schieralen bij de Oranjesluizen hebben uiteindelijk 13 schieralen via het Noordzeekanaal en de sluis van IJmuiden de zee bereikt.

De gemalen en sluisen in de Vinkeveense plassen lijken een barrière te zijn voor uittrekkende schieralen voor hun migratie naar zee, maar één individu van de 15 gezenderde schieralen is gedetecteerd buiten de Vinkeveense plassen. Eenmaal in de boezem weet de helft van de schieralen hun weg wel te vinden richting zee, 13 van de 25 gezenderde schieralen zijn gedetecteerd aan de buitenzijde van de sluisen bij IJmuiden en hebben de zee bereikt.



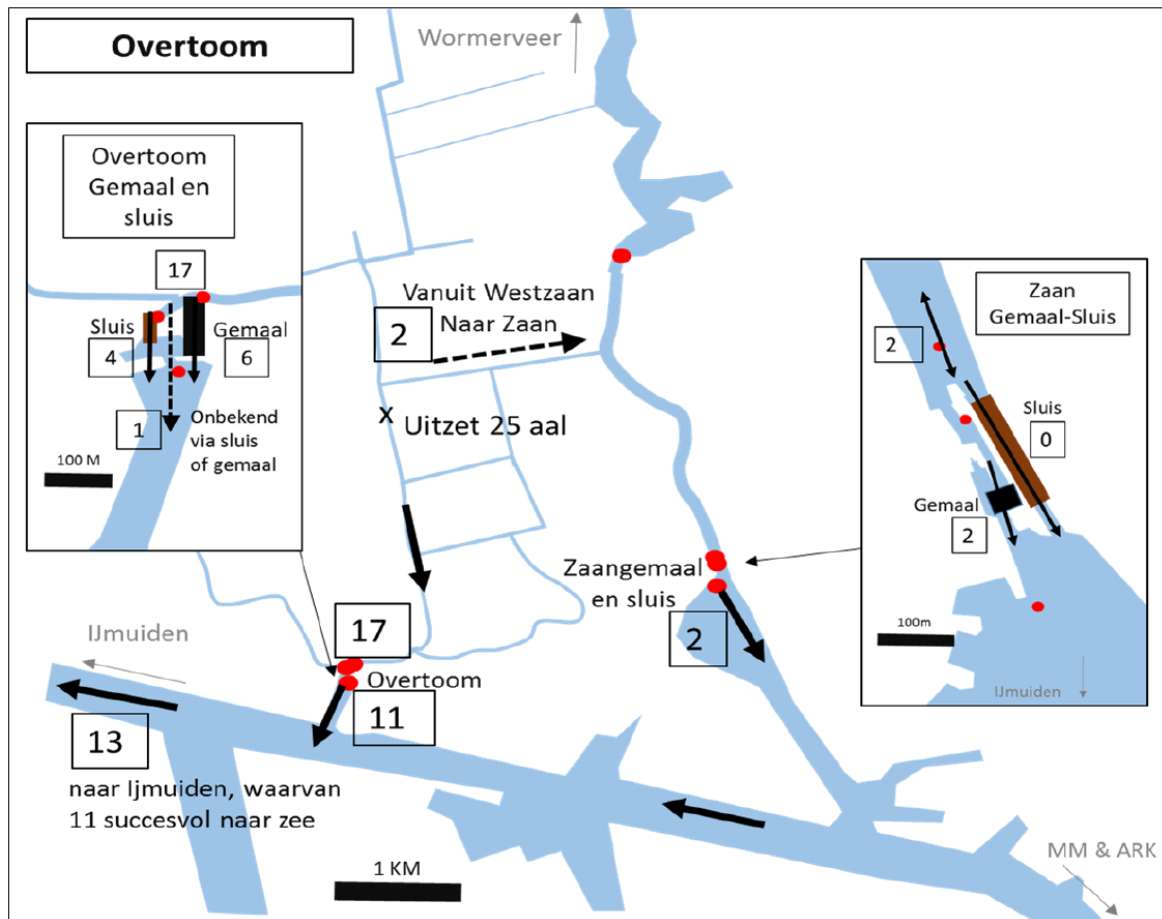
Figuur 23. Schematisch overzicht van de uittrekroutes (zwarte pijlen) en het aantal waarnemingen van schieralen op de detectiepunten (rode cirkels) in het studiegebied rond de Vinkeveense plassen.

4.4.4 Westzaan

In oktober 2017 zijn in de Westzaan 25 schieralen voorzien van een zender en uitgezet. Het merendeel van de gezenderde schieralen zijn gedetecteerd bij uittrekplekken, twee zijn vanuit de Westzaan de Zaan opgezwommen en 17 zijn aan de binnenzijde bij Overtoom (gemaal en sluis) gedetecteerd. Via de Zaan zijn de twee individuen die deze route hadden genomen het Noordzeekanaal opgezwommen en zijn gedetecteerd bij IJmuiden. Van de 17 schieralen die aan de binnenzijde bij Overtoom zijn gedetecteerd zijn er zes via het gemaal, vier via de sluis en één via een onbekende route (gemaal of sluis) uit de Westzaan naar de boezem gezwommen en zes hebben deze passages niet succesvol kunnen passeren (**Figuur 24**). Alle 11 de schieralen die via Overtoom het Noordzeekanaal op zijn gegaan hebben IJmuiden bereikt. Inclusief de twee schieralen die via de Zaan uit de Westzaan zijn getrokken hadden in totaal 13 schieralen IJmuiden bereikt. Hiervan zijn 11 succesvol naar zee gemigreerd, één is zelfs nog gedetecteerd in de Noordzee voor de kust van België.

De 25 schieralen waren allen in de Westzaan uitgezet, uiteindelijk zijn 13 alen succesvol uit de Westzaan getrokken waarvan er 11 hun weg naar zee hebben voltooid. Zeven van de gezenderde

schieralen is na uitzet niet meer gedetecteerd, en het lot van de zes schieralen die bij Overtoom de passages niet succesvol zijn gepasseerd is onbekend.



Figuur 24. Schematisch overzicht van de uittrekroutes (zwarte pijlen) en het aantal waarnemingen van schieralen op de detectiepunten (rode cirkels) in het studiegebied rond de Westzaan.

4.4.5 Overzicht uittrekmogelijkheden

Een overzicht van de hierboven besproken uittrekmogelijkheden is te vinden in **tabel 3**. Hierin is onderscheid gemaakt tussen schieralen uitgezet in de polder (binnenzijde) en schieralen uitgezet in de boezem (buitenzijde). In het overzicht is aangegeven hoeveel schieraal er voorzien waren van een zender, het aantal schieralen dat minimaal één keer gedetecteerd werd op een van de detectiepunten, het minimale aantal schieraal dat succesvol uit de studiegebieden heeft weten te migreren en het minimale aantal schieralen dat de zee heeft weten te bereiken. Meer schieralen hebben succesvol uit de studiegebieden kunnen migreren en de zee weten te bereiken zonder dat zij op hun weg gedetecteerd werden, vandaar dat een minimaal aantal wordt gepresenteerd. Het minimale aantal schieralen geeft dus alleen het bekende (gedetecteerde) aantal weer.

Tabel 3. Overzicht van het aantal gezenderde schieralen, schieralen die na uitzet weer gedetecteerd zijn, schieralen die uit het studie gebied zijn getrokken en het aantal schieralen dat succesvol de zee heeft weten te bereiken.

	Gezenderde schieraal		Gedetecteerd		Succesvol uitgetrokken		Succesvol zee bereikt	
	Polder	Boezem	Polder	Boezem	Polder	Boezem	Polder	Boezem
Markiezaatsmeer	-	25	-	25	-	17	-	13*
Süderpolder	25	-	22	-	7	-	2	-
Vinkeveense plassen	15	25	15	21	1	20	-	13
Westzaan	25	-	18	-	13	-	11	-

*Aannamen dat alle schieralen die de Westerschelde (open verbinding met zee) wisten te bereiken ook de zee hebben bereikt.

5 Conclusies

Binnen het DAK-project zijn vier uiteenlopende gebieden geselecteerd waar onderzoek is gedaan naar het aalbestand en de groeipotentie van aal. Gezien de lengte-frequentie verdelingen van rode aal en de gevangen lengtes van schieraal zijn de aalbestanden in de desbetreffende gebieden net zo uiteenlopend als de gebieden zelf. Naast de grote individuele groeiverschillen binnen één gebied, zijn er ook tussen de gebieden verschillen in groei waargenomen. De uittrekmogelijkheden voor schieraal verschillen daarnaast ook aanzienlijk, wel is duidelijk dat de uittreklocaties (gemalen, sluisen en stuw) in de gebieden voor schieraal een (grote) barrière werking kunnen hebben.

De geselecteerde onderzoeksgebieden zijn representatief voor poldergebieden in laag Nederland maar representeren tegelijkertijd ook de variatie daarin wat betreft bodemtype (klei versus veen), oppervlakte, watertype etc. Tussen deze gebieden werden opvallende verschillen gevonden in bestandsopbouw (lengteverdeling, verhouding rode aal en schieraal) en groeisnelheid. In het Markiezaatsmeer werden doorgaans kleinere alen gevangen (meeste tussen de 35 en 45 cm gevangen), terwijl in de Vinkeveense plassen de meeste gevangen alen dubbel zo groot waren met een lengte tussen de 75 en 95 cm hadden. In de Süderpolder en de Westzaan werden de meeste alen tussen de 45 en 75 cm gevangen, waar in de Westzaan gemiddeld iets grotere alen (63 cm) gevangen werden dan in de Süderpolder (54 cm). De vangsten van de commerciële visserij bestonden in de Vinkeveense plassen en de Westzaan voor een aanzienlijk deel uit schieraal, terwijl in de andere gebieden rode aal de vangsten domineerden. In drie gebieden bestonden de vangsten hoofdzakelijk uit vrouwelijke (schier)alen, maar in het Markiezaatsmeer bestond een aanzienlijk deel van het aalbestand uit mannelijke aal, waarbij veel schieraal kleiner dan 50 cm werden gevangen tijdens de Paling Over De Dijk-visserij in de gesloten periode in het najaar (1 sep-1 dec).

Groeipotenties van (rode) aal zijn via twee verschillende onderzoeken verkregen; otoliet analyse en terugvangsten van aal voorzien van een PIT-tag. De individuele groeiverschillen binnen één gebied zijn aanzienlijk, maar daarnaast zien we ook groeiverschillen tussen de vier gebieden. Op basis van otolietaflezingen varieerden de groeisnelheden tussen de 2-8 cm per jaar, en namen de groeisnelheden af met toenemende leeftijd. Met name in het Markiezaatsmeer en de Süderpolder lijken de groeisnelheden in de eerste levensjaren hoog te zijn (6-7 cm/jaar) om vervolgens naar mate een individu ouder wordt af te nemen naar 3-4 cm per jaar. In de Vinkeveense plassen en de Westzaan lijkt deze afname met toenemende leeftijd minder het geval te zijn en werd een meer constante groei over alle levensjaren bepaald van rond de 4-5 cm per jaar. Doordat de alen hier ook ouder worden, zijn ze ook gemiddeld groter.

Aan de hand van terugvangsten van alen voorzien van een PIT-tag werden ook grote individuele groeiverschillen waargenomen en ook verschillen tussen gebieden. Er werd wel een grotere variatie in groeisnelheid waargenomen die samen kan hangen met seizoensvariatie in groeisnelheid (in tegenstelling tot schattingen van groeisnelheid op basis van jaarringen in otolieten). Desalniettemin sluiten de bevindingen in grote lijnen aan bij de groeipotenties zoals waargenomen bij de otoliet analyse. Echter, voor Markiezaatsmeer viellen de waargenomen groeisnelheden wat lager uit, en voor de Vinkeveense plassen deden de resultaten vermoeden dat de groei afnam naar mate een individu groter wordt. In Süderpolder werd een groeisnelheid van 6 cm per jaar waargenomen bij een gemiddelde lengte van 55 cm, in de Vinkeveense plassen van 4,5 cm per jaar (64 cm), in de Westzaan van 4 cm per jaar (56 cm) en in Markiezaatsmeer van 2,5 cm per jaar (46 cm). Hierbij moet vermeld worden dat een gemiddelde lengte van 46 cm voor Markiezaatsmeer aan de hoge kant is, op basis van de otolietaflezingen leek de groei rond deze lengte af te nemen.

Alle vier de gebieden worden gezien als (redelijk) geïsoleerde watersystemen, oftewel de uittrekmogelijkheden voor schieraal zijn beperkt waarbij verschillende barrières gepasseerd dienen te worden op weg naar zee. Per gebied is er onderzoek gedaan naar de uittrekmogelijkheden van schieraal en welk aandeel de zee weet te bereiken. Markiezaatsmeer is het meest geïsoleerde watersysteem. Hier kan schieraal enkel via de stuw wegtrekken uit het gebied. Daarom zijn 25

schieralen voorzien van een VEMCO zender uitgezet net achter de stuw, in feite het principe "Paling over de Dijk" zetten. Van deze uitgezette groep wist het merendeel de zee te bereiken. Indien schieraal in Markiezaatsmeer geholpen wordt de stuw te passeren, dan is de kans groot dat ze vervolgens hun weg naar zee weten te bereiken. In de Süderpolder zijn 25 schieralen in de polder uitgezet, hiervan zijn uiteindelijk slechts 2 schieralen (uitrek via gemaal Tzum) waargenomen bij het uittrekpunt naar de Waddenzee in Harlingen. De gemalen lijken een grote impact te hebben voor uittrekkende schieraal, 17 schieralen werden voor het laatst gedetecteerd aan de boezemzijde van de gemalen. In de Vinkeveense plassen heeft geen van de uitgezette schieralen aan de polderzijde van gemaal de Ruiter dit gemaal ook weten te passeren, ook de naastgelegen Demmerikse sluis niet. Eenmaal in de boezem weten de schieralen vervolgens wel hun weg naar zee te vinden, iets meer dan de helft van de schieralen uitgezet in de boezem (13 van de 25) hebben hun weg via IJmuiden naar zee gevonden. Ondanks dat de Vinkeveense plassen meerdere uittrekpunten kent, is het voor schieraal schijnbaar bijzonder moeilijk om uit het gebied te trekken en lijkt in ieder geval gemaal de Ruiter een groot obstakel te vormen. In de Westzaan zijn 25 schieralen in de polder uitgezet, hiervan wisten 13 de uittrekpunten van de polder te vinden. Uiteindelijk hebben 11 van de 25 schieralen de zeesluizen bij IJmuiden weten te bereiken. Wel lijkt gemaal Overtoom als een obstakel te werken voor uittrekkende schieraal. In alle gebieden lijkt het boezemwater moeilijk bereikbaar voor schieraal, de gemalen, sluisen en stuwen in deze gebieden vormen (grote) barrières voor de uittrekkende schieraal. Eenmaal in de boezem weet het merendeel van de schieraal hun weg naar zee wel te vinden, echter was dit niet het geval voor schieraal uit de Süderpolder.

6 Dankwoord

Onze dank gaat uit naar alle beroepsvissers die betrokken zijn geweest bij het DAK project en hiermee een bijdrage hebben geleverd aan het onderzoek: Peter Kooistra (Markiezaatsmeer), Paul Boersma (Süderpolder), Bert Klinkhamer, Jaap van Eeuwijk & Henk Biesters (Vinkeveense plassen) en Jeroen Los (Westzaan).

7 Kwaliteitsborging

Wageningen Marine Research beschikt over een ISO 9001:2015 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV.

8 Literatuur

- De Meyer, J., Herrel, A., Belpaire, C., Goemans, G., Ide, C., De Kegel, B., Christiaens, J. & Adriaens, D. (2018). Broader head, stronger bite: In vivo bite forces in European eel *Anguilla anguilla*. *Journal of fish biology*, 92(1), 268-273.
- De Meyer, J., Ide, C., Belpaire, C., Goemans, G., & Adriaens, D. (2015). Head shape dimorphism in European glass eels (*Anguilla anguilla*). *Zoology*, 118(6), 413-423.
- De Meyer, J., Maes, G. E., Dirks, R. P., & Adriaens, D. (2017). Differential gene expression in narrow- and broad-headed European glass eels (*Anguilla anguilla*) points to a transcriptomic link of head shape dimorphism with growth rate and chemotaxis. *Molecular ecology*, 26(15), 3943-3953.
- De Meyer, J., Goethals, T., Van Wassenbergh, S., Augustijns, T., Habraken, J., Hellemans, J., ... & Adriaens, D. (2018). Dimorphism throughout the European eel's life cycle: are ontogenetic changes in head shape related to dietary differences?. *Journal of anatomy*, 233(3), 289-301.
- FISH-PASS (2019). Mass marking operation on glass eel with fluorochrome marker (Alizarin), DAK Project (The Netherlands). FISH PASS, Laillé, France. BIO2019FC29. (Intern rapport).
- Griffioen, B., van Keeken, O. & Winter, E. (2017). Pilot studie akoestische telemetrie nabij sluiscomplex IJmuiden. Wageningen Marine Research UR (University & Research centre), Wageningen Marine Research rapport C060/17.
- ICES. 2009. Workshop on Age Reading of European and American Eel (WKAREA), 20-24 April 2009, Bordeaux, France. ICES CM 2009\ACOM: 48. 66 pp.
- Ide, C., De Schepper, N., Christiaens, J., Van Liefferinge, C., Herrel, A., Goemans, G., ... & Adriaens, D. (2011). Bimodality in head shape in European eel. *Journal of Zoology*, 285(3), 230-238.
- Lammens, E. H., & Visser, J. T. (1989). Variability of mouth width in European eel, *Anguilla anguilla*, in relation to varying feeding conditions in three Dutch lakes. *Environmental Biology of Fishes*, 26(1), 63-75.
- Verhelst, P., De Meyer, J., Reubens, J., Coeck, J., Goethals, P., Moens, T., & Mouton, A. (2018). Unimodal head-width distribution of the European eel (*Anguilla anguilla* L.) from the Zeeschelde does not support disruptive selection. *PeerJ*, 6, e5773.
- von Bertalanffy, L. (1957). Quantitative laws in metabolism and growth. *The Quarterly Review of Biology*, 32: 217-231.
- Winter, H.V.; Keeken, O.A. van; Foekema, E.M.; Kleissen, F.; Friocourt, Y.; Beare, D.J., (2011). Behavioural response of silver eel to effluent plumes: Telemetry experiments. IJmuiden: IMARES, Report C081/11.
- Winter, H. V., van Keeken, O. A., Brockötter, J., & Griffioen, A. B. (2019). Migratiepatronen en - knelpunten tijdens uittrek van schieraal uit Noorzeekanaal en ommelanden, inclusief Markermeer: Onderzoek met akoestische telemetrie en PIT-tags 2017-2018: eindrapport. Wageningen Marine Research UR (University & Research centre), Wageningen Marine Research rapport C053/19.

Verantwoording

Rapport C015/22

Projectnummer: 4311400025

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het verantwoordelijk lid van het managementteam van Wageningen Marine Research

Akkoord: dr. T. van der Hammen
Onderzoeker

Handtekening:



Datum: 29 maart 2022

Akkoord: drs. J. Asjes
Manager Integratie

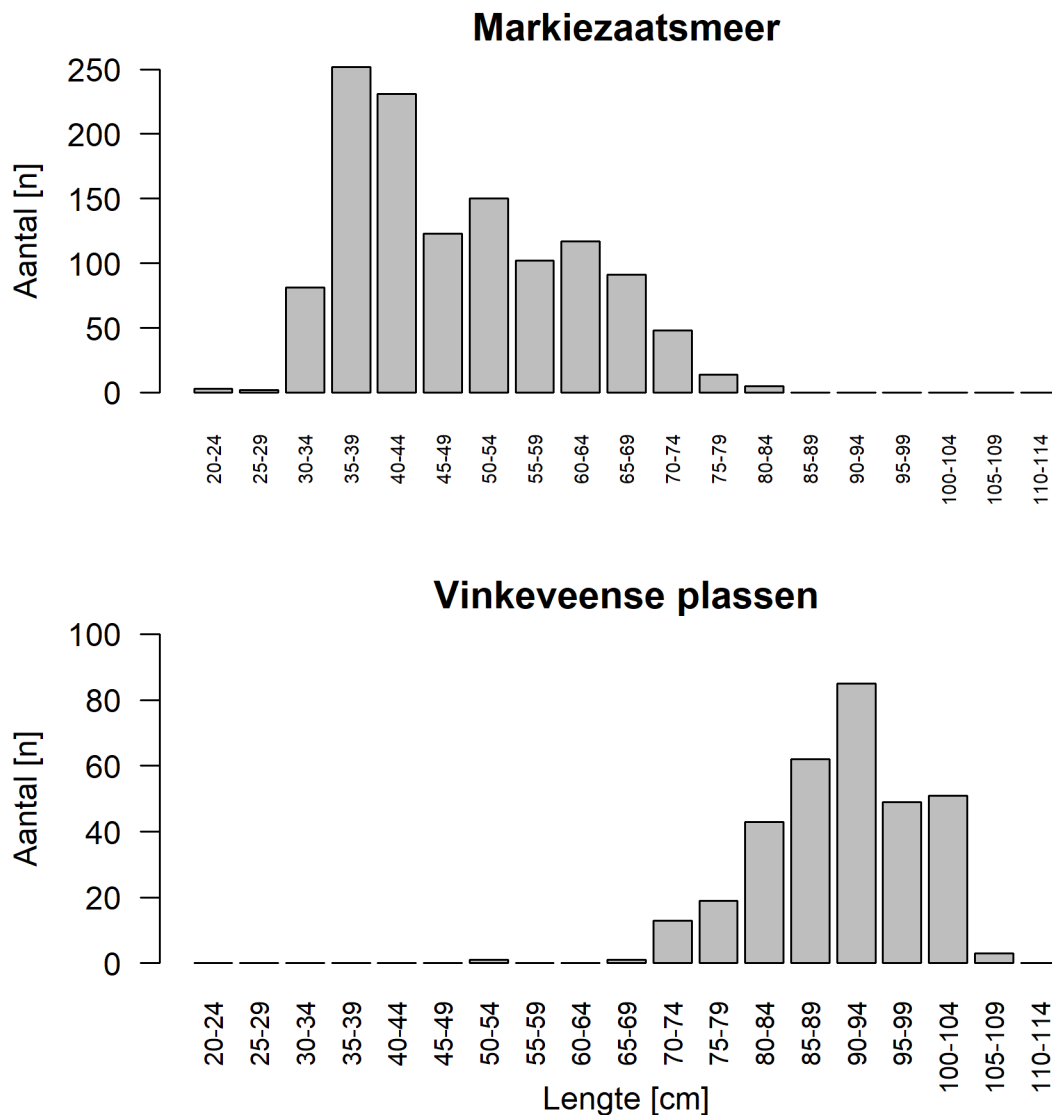
Handtekening:



Datum: 29 maart 2022

Bijlage 1 Paling Over De Dijk

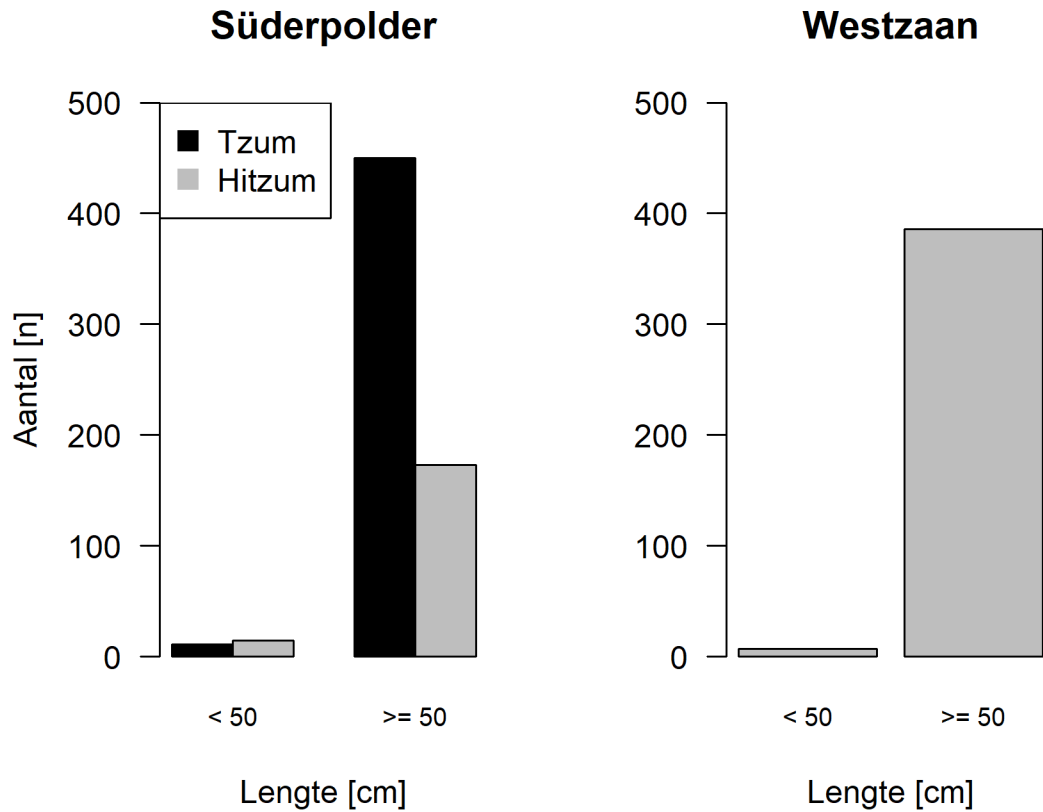
Het project Paling Over De Dijk (PODD) is een al langer lopend project dan het DAK project waarbij, in onder andere de vier DAK gebieden, schieraal wordt geholpen om gemalen te passeren. Binnen het PODD project wordt in het gesloten seizoen nabij gemalen gevist op schieraal, de gevangen schieraal wordt vervolgens geholpen met hun weg naar zee door ze "over de dijk" in de boezem te zetten. In het DAK project worden de PODD gegevens ook gebruikt om de aalstand in de DAK gebieden te evalueren, en zijn daarbij een aanvulling op de deelmonsters uit de commerciële vangsten in de zomervisserij.



Figuur B1.1. Lengte frequentie van uittrekkende schieraal in het Markiezaatsmeer (boven) en Vinkeveense plassen (onder) binnen het paling over de dijk project.

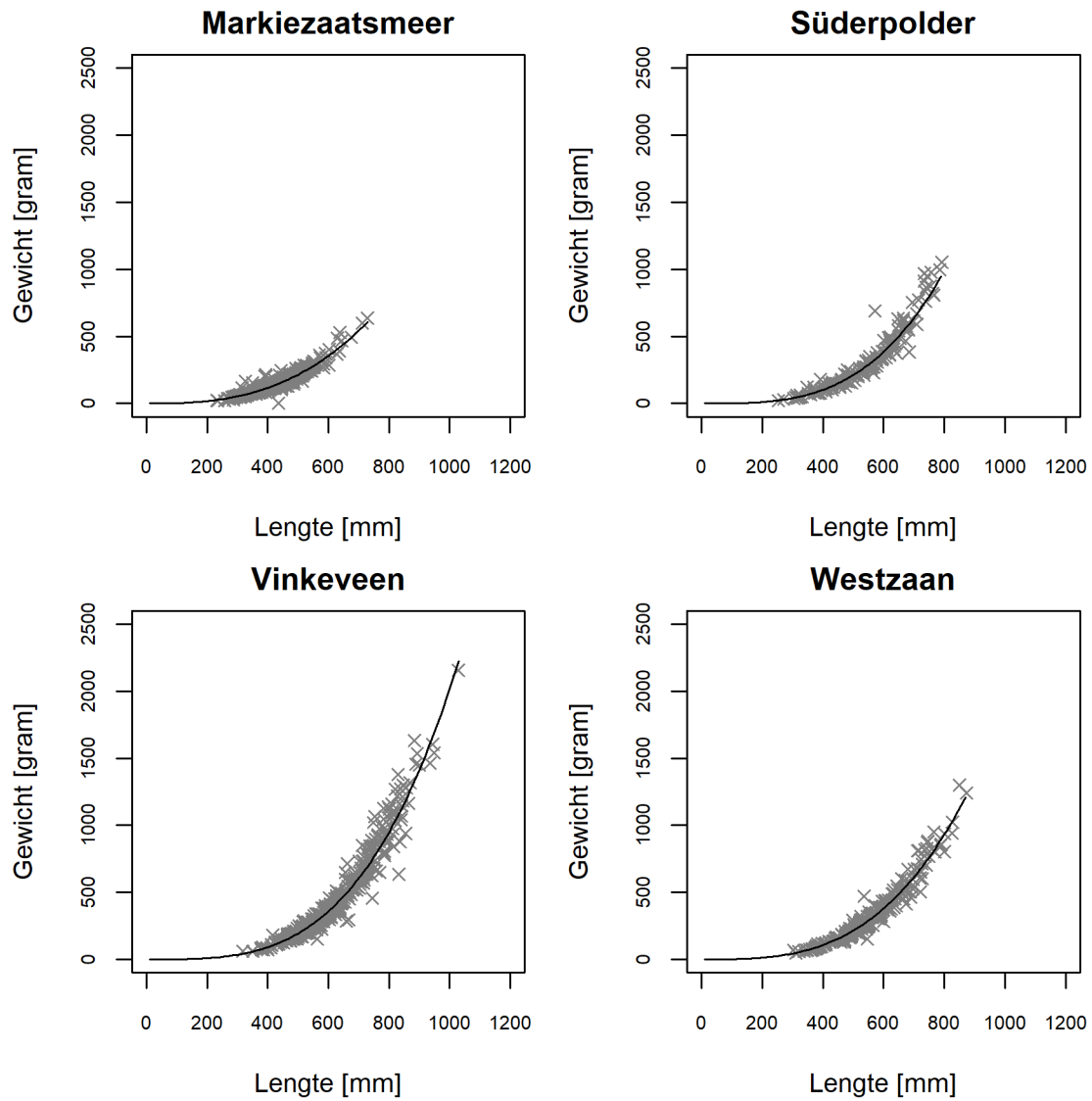
In Markiezaatsmeer bij de stuw (2018-2019) en Vinkeveense plassen (2018-2020) bij gemaal De Ruiter zijn de schieralen op de centimeter nauwkeurig gemeten waardoor lengte frequentie gemaakt konden worden. In Markiezaatsmeer was de meest voorkomende lengte klassen 35-39 cm (**Figuur B5.1**) en dit doet vermoeden dat een groot aandeel van de uittrekkende schieralen mannetjes betrof. In de Vinkeveense plassen zijn nagenoeg geen schieralen kleiner dan 65 cm gevangen en duidt op een systeem dat volledig gedomineerd is door vrouwelijke alen. De meest gevangen lengte klassen was 90-94 cm maar ook een groot aantal schieralen van meer dan 100 cm werden gevangen (Figuur B5.1).

In de Süderpolder (2019-2020) en de Westzaan (2020) is uittrekkende schieraal geregistreerd als kleiner of groter dan 50 cm, waarbij schieraal kleiner dan 50 cm mannelijke alen representeerde en de grotere schieralen de vrouwelijke schieralen (Figuur B5.2). In de Süderpolder is schieraal bij twee gemalen geholpen op hun weg naar de zee, bij gemaal Tzum en gemaal Hitzum. In de Westzaan is schieraal over de dijk gezet bij gemaal Overtoom. In zowel de Süderpolder als de Westzaan werd zeer weinig schieraal kleiner dan 50 cm gevangen. Dit impliceert dat beide systemen vooral vrouwelijke schieralen voortbrengen.

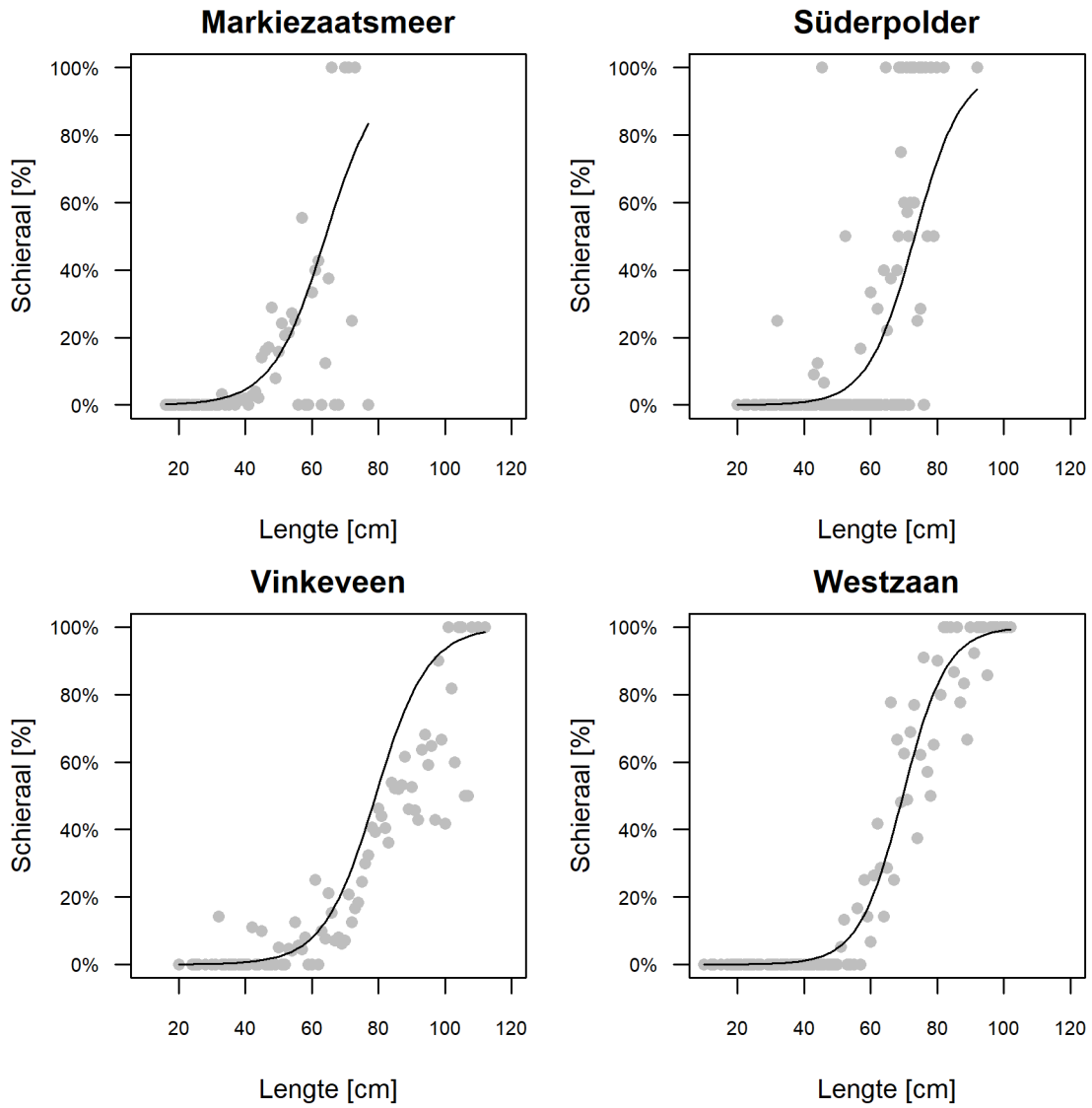


Figuur B1.2. Aantal uittrekkende schieraal kleiner en groter dan 50 cm in Süderpolder (links) en de Westzaan (rechts).

Bijlage 2 Aalbestand - aanvullend



Figuur B2.1. Lengte-gewicht relatie van aal per gebied inclusief observaties en de gefitte lengte-frequentie lijn (zwart).

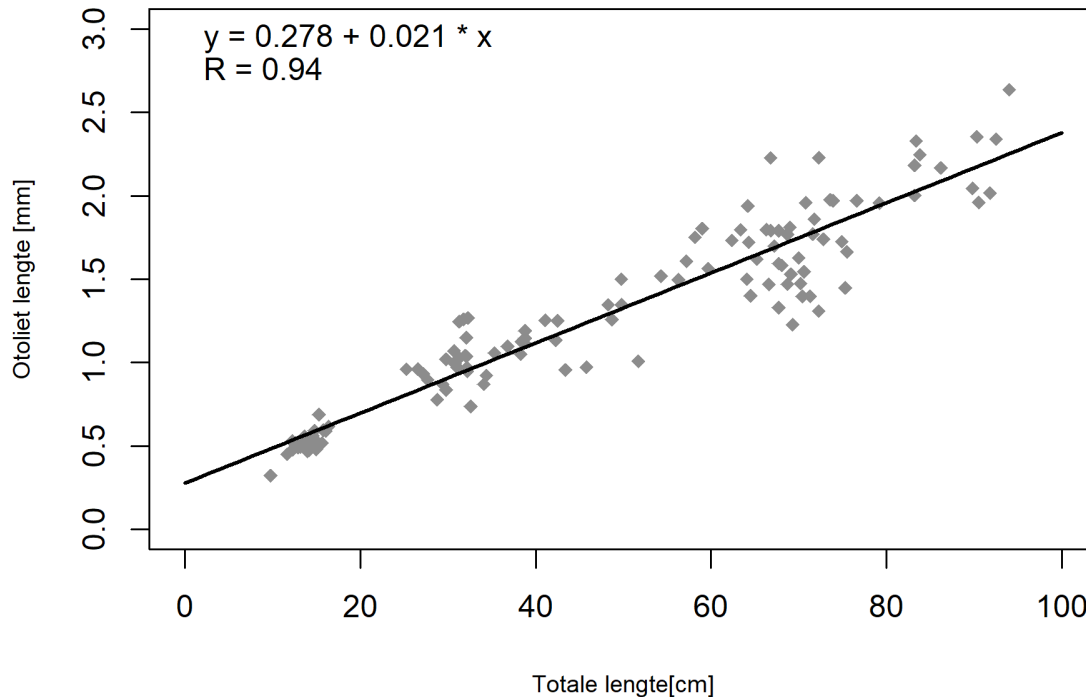


Figuur B2.2. De kans per lengte dat een rode aal schieraal wordt per gebied, observaties (grijze cirkels) en de gefitte logistische regressie lijn (zwart).

Bijlage 3 Otoliet analyses - Aanvullend

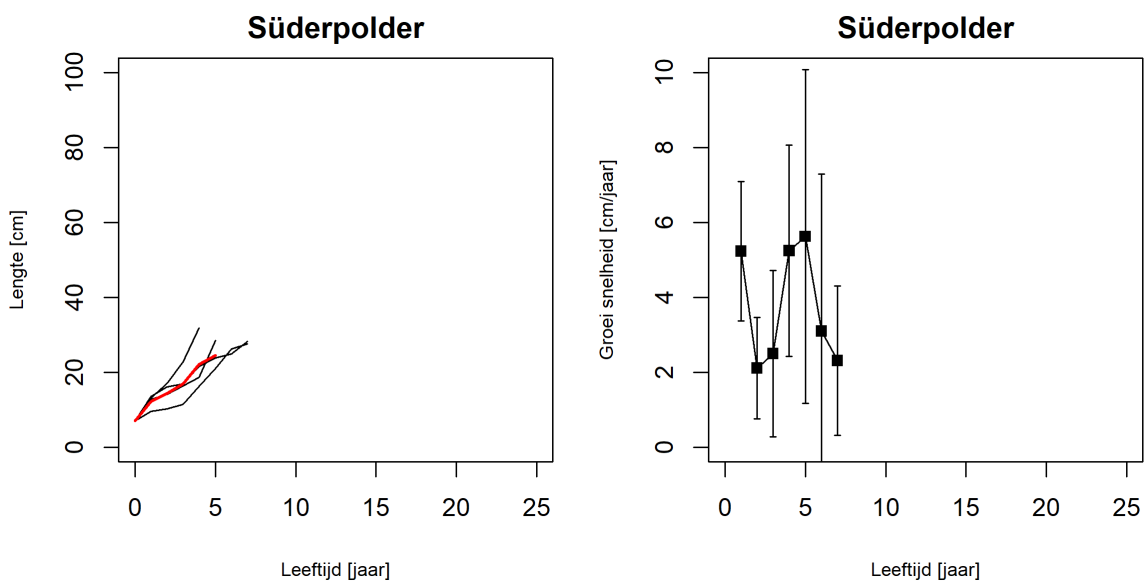
Relatie tussen totale lengte en otoliet lengte

Aal lengte vs otoliet lengte

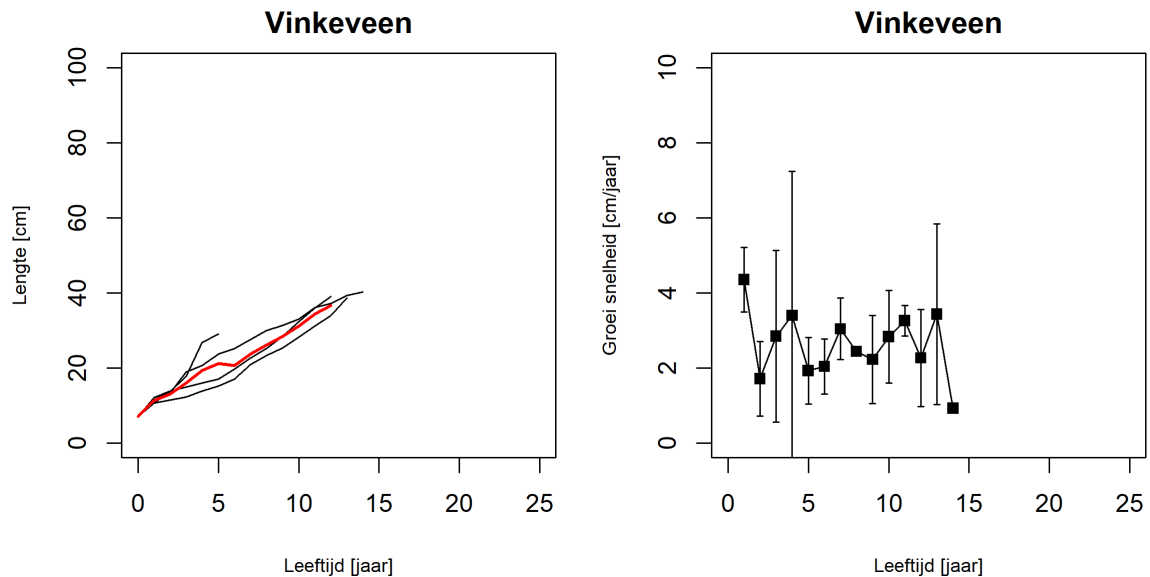


Figuur B3.1. Relatie tussen de lengte van aal (totale lengte) en de otoliet lengte (radius) van alle onderzochte aal.

Groei mannelijke aal

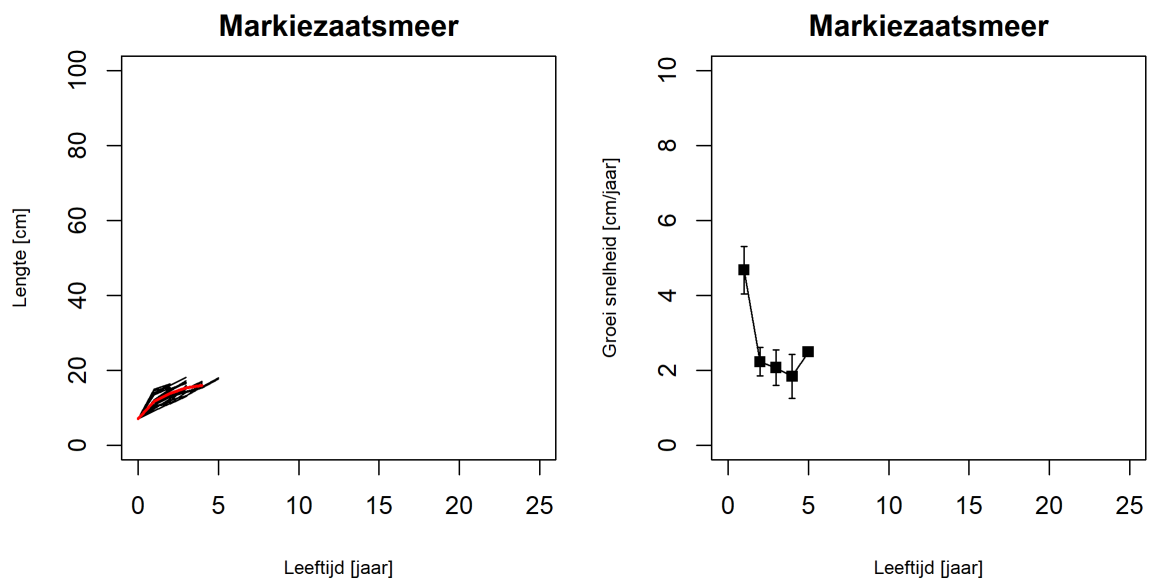


Figuur B3.2. Lengte over leeftijd (links) en jaarlijkse groeisnelheid (rechts) van mannelijke aal (4) in de Süderpolder. Elke zwarte lijn representeert een individuele aal en de rode lijn geeft het gemiddelde van de individuen weer. Groeisnelheid is bepaald als het gemiddelde van de individuen inclusief standaardafwijking.

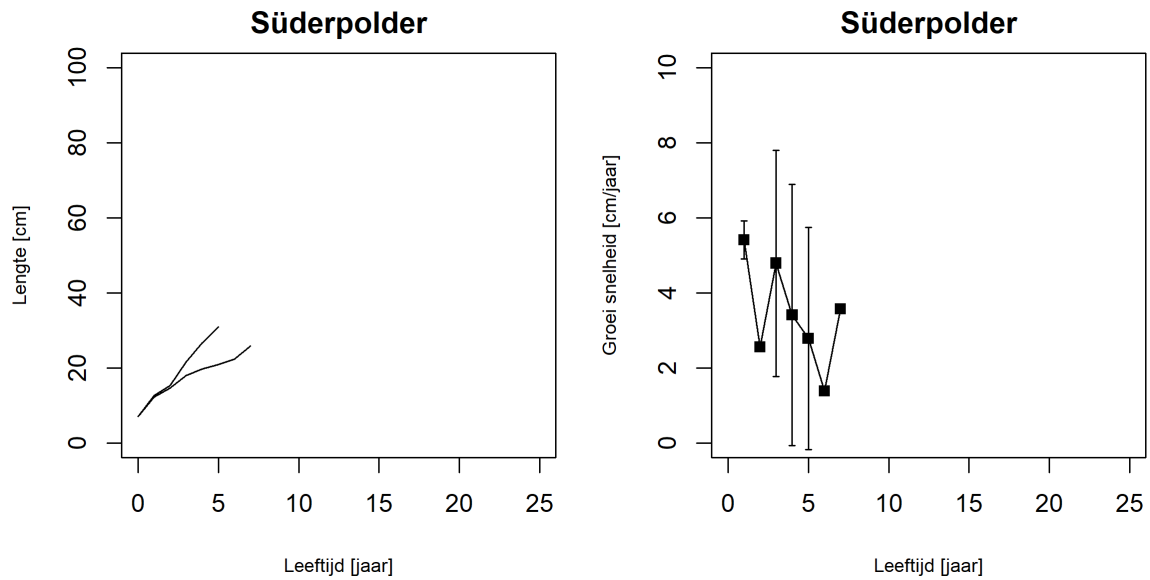


Figuur B3.3. Lengte over leeftijd (links) en jaarlijkse groeisnelheid (rechts) van mannelijke aal (4) uit de Vinkeveense plassen. Elke zwarte lijn representeert een individuele aal en de rode lijn geeft het gemiddelde van de individuen weer. Groeisnelheid is bepaald als het gemiddelde van de individuen inclusief standaardafwijking.

Groei aal geslacht onbepaald



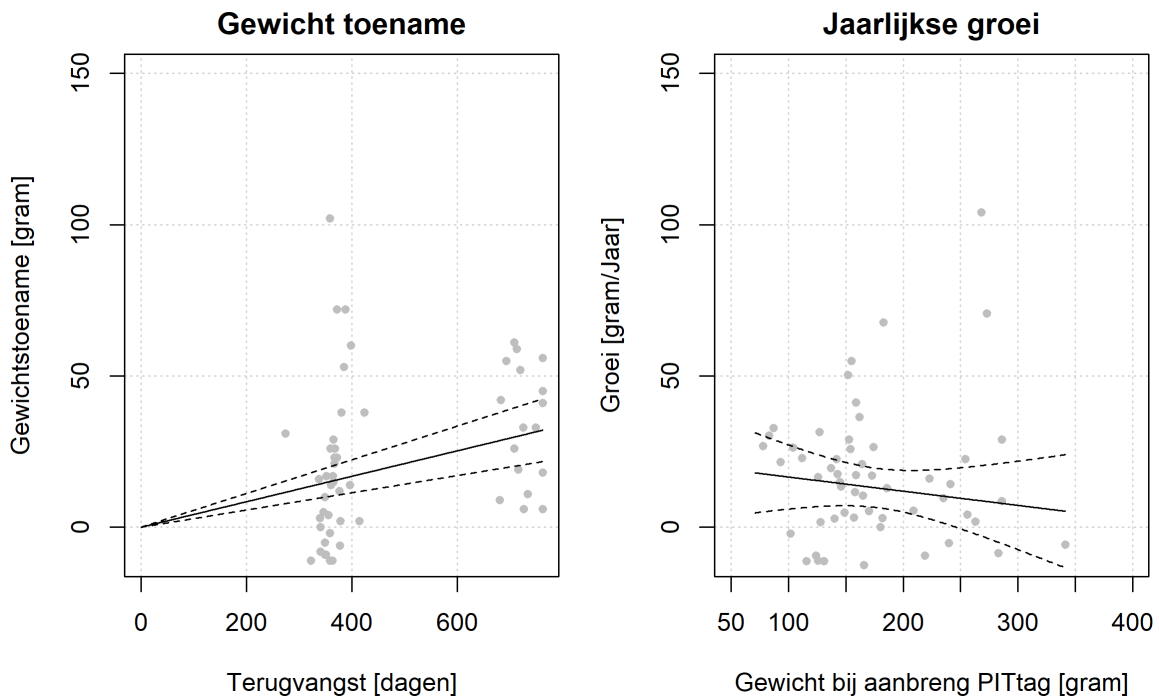
Figuur B3.4. Lengte over leeftijd (links) en jaarlijkse groeisnelheid (rechts) van aal waarvan het geslacht niet kon worden bepaald (24) uit het Markiezaatsmeer. Elke zwarte lijn representeert een individuele aal en de rode lijn geeft het gemiddelde van de individuen weer. Groeisnelheid is bepaald als het gemiddelde van de individuen inclusief standaardafwijking.



Figuur B3.5. Lengte over leeftijd (links) en jaarlijkse groeisnelheid (rechts) van aal waarvan het geslacht niet kon worden bepaald (2) uit de Süderpolder. Elke zwarte lijn representeert een individuele aal. Groeisnelheid is bepaald als het gemiddelde van de individuen inclusief standaardafwijking.

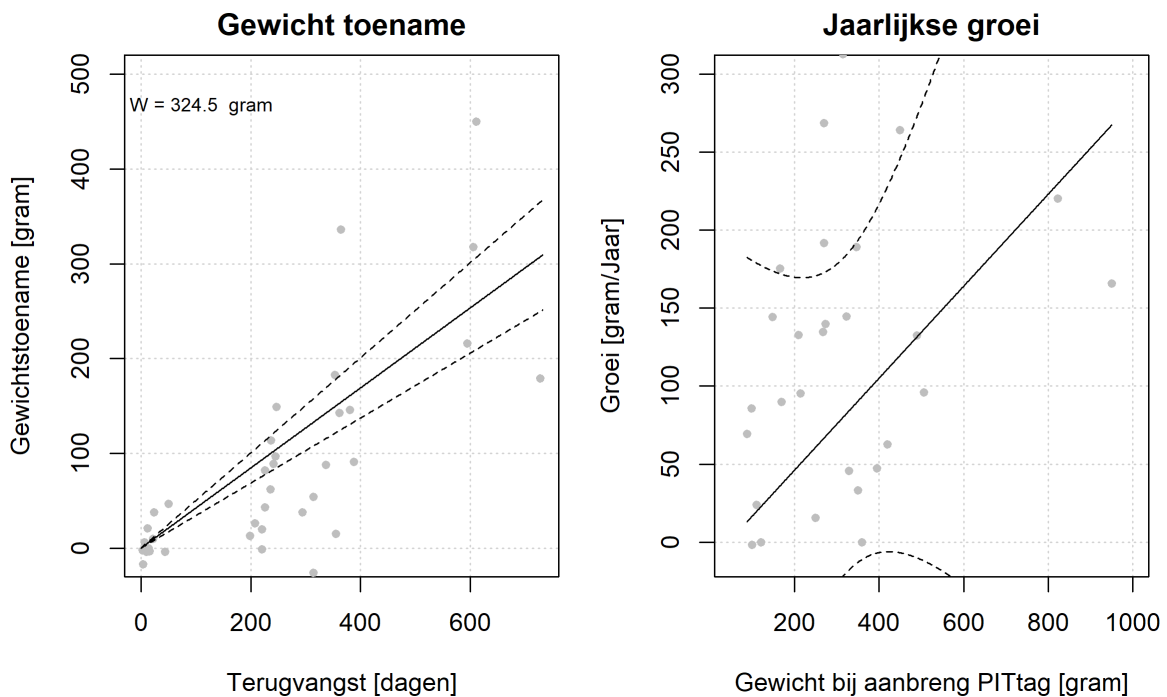
Bijlage 4 PIT-tag gewichtstoename

Markiezaatsmeer



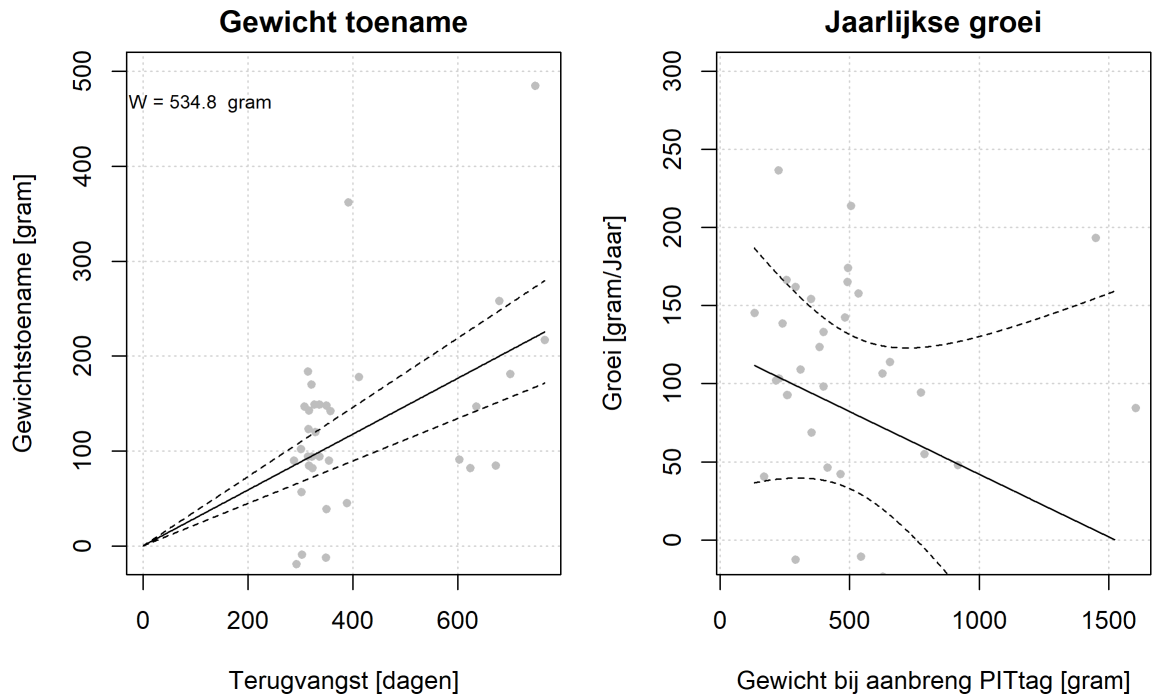
Figuur B4.1. Gewichtsverandering bij terugvangst, waarbij terugvangst is gedefinieerd als het aantal dagen vanaf het aanbrengen van de PIT-tag (links) en groeisnelheid in gram per jaar uitgezet tegen het gewicht van aal bij aanbreng van de PIT-tag (rechts) in Markiezaatsmeer.

Süderpolder



Figuur B4.2. Gewichtsverandering bij terugvangst, waarbij terugvangst is gedefinieerd als het aantal dagen vanaf het aanbrengen van de PIT-tag (links) en groeisnelheid in gram per jaar uitgezet tegen het gewicht van aal bij aanbreng van de PIT-tag (rechts) in de Süderpolder.

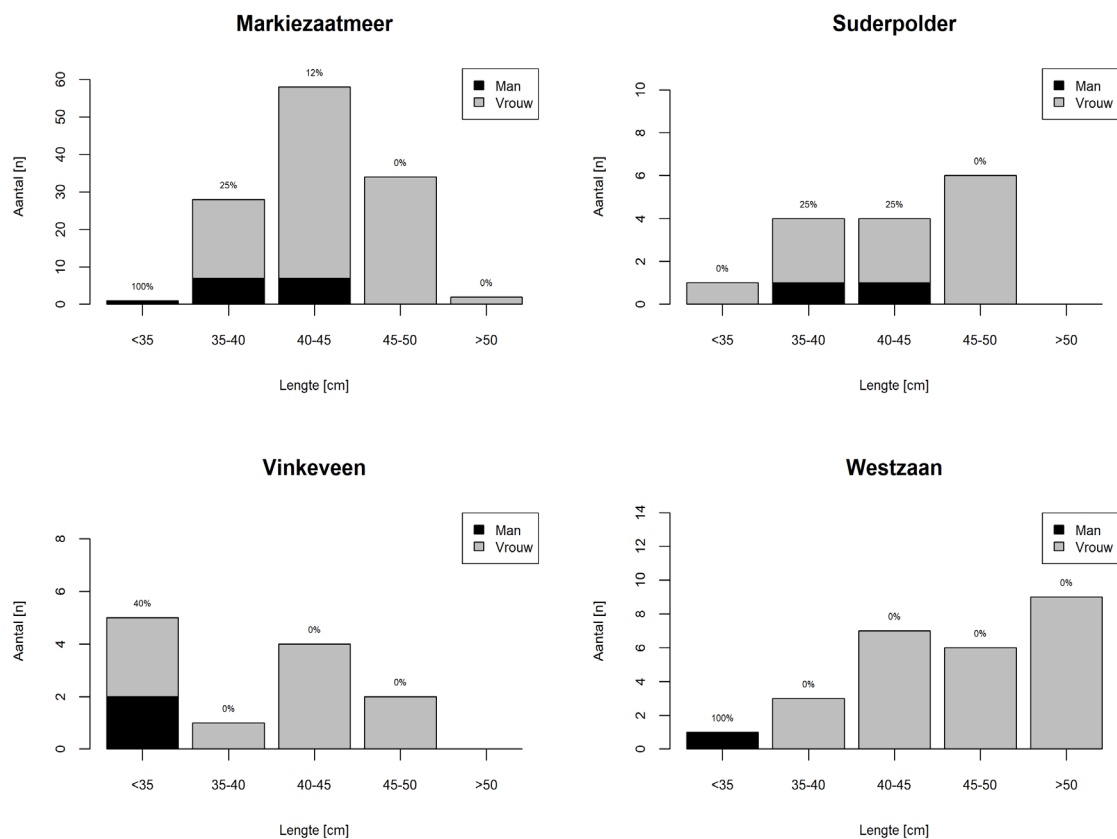
Vinkeveense plassen



Figuur B4.3. Gewichtsverandering bij terugvangst, waarbij terugvangst is gedefinieerd als het aantal dagen vanaf het aanbrengen van de PIT-tag (links) en groeisnelheid in gram per jaar uitgezet tegen het gewicht van aal bij aanbreng van de PIT-tag (rechts) in de Vinkeveense plassen.

Bijlage 5 Man-Vrouw verhouding

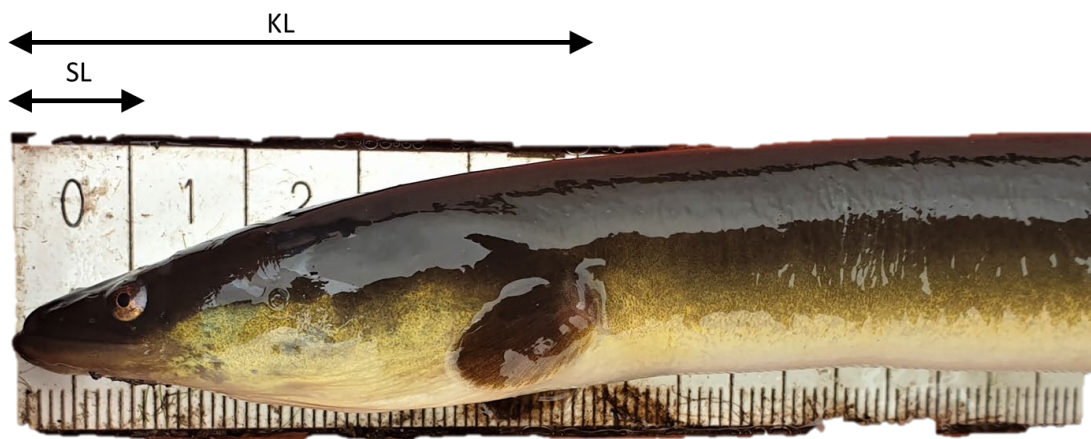
In 2020 is per DAK gebied een deelmonster kleine aal genomen voor de bepaling van het geslacht. Het streven was om enkel aal kleiner dan 50 cm te gebruiken. Desondanks zijn er toch alen groter dan 50 cm in de deelmonsters gekomen. Van de alen groter dan 45 cm is er geen enkel gedetermineerd als een mannelijk individu. Ook de alen kleiner dan 45 cm in het deelmonster waren met name vrouwelijke individuen. Met afnemende lengte nam het percentage mannelijke alen over het algemeen toe. In Markiezaatsmeer, waar een groot deelmonster werd genomen voor de lengte klassen 35-40 cm, bestond 25% van het deelmonster uit mannelijke alen.



Figuur B5.1. Verhouding man-vrouw in een deelmonster kleine aal (30-55 cm) per DAK gebied.

Bijlage 6 Punt- breedbekken

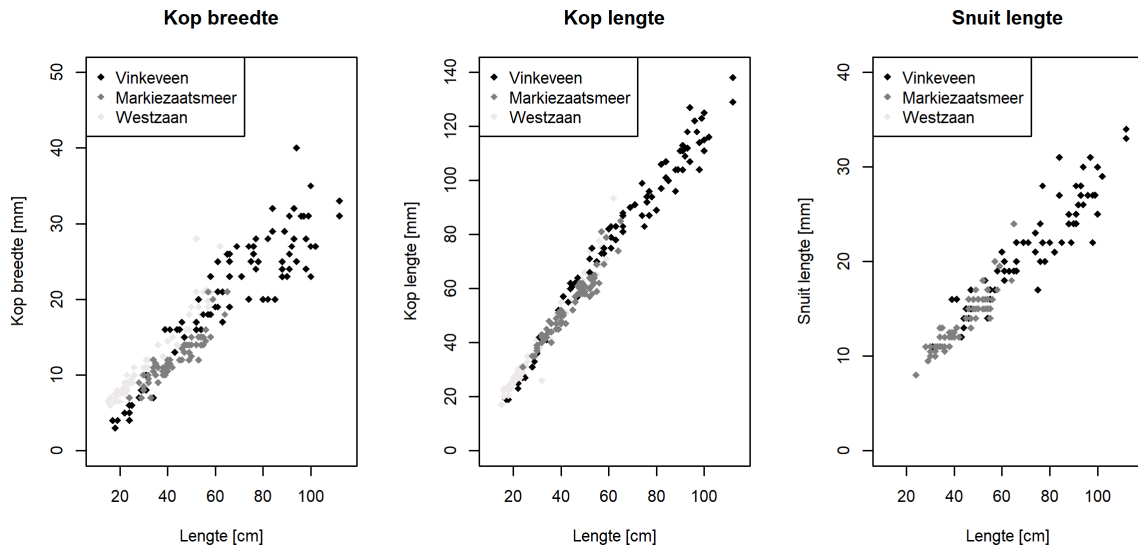
Verschillende studies, uit met name België, hebben onderzoek gedaan naar het voorkomen van twee fenotypen kopvormen bij aal. De twee kopvormen worden geclassificeerd als "breedbekken" en "puntbekken", hierbij hebben de breedbekken een bredere kop in relatie tot de lengte van de kop dan de puntbekken. Het verschil in bektype zou het gevolg zijn van een verschil in dieet (voedsel aanbod), puntbekken zouden met name kleine en zachte prooien eten en breedbekken grotere/hardere prooien zoals vis en schaaldieren (De Meyer e.a., 2015, 2017, 2018; Ide e.a., 2011; Verhelst e.a., 2018). De resultaten vanuit eerdere studies binnen het DAK project hebben het idee geïnitieerd om te kijken of de verschillen in aalstand deels te verklaren waren aan de hand van bek-fenotypen, en daarmee het voedsel dat aal eet in een gebied. Dit idee werd ook ingebracht tijdens de platform bijeenkomst eind 2020. Vrijwel alle vissers gaven aan de twee fenotypen te kennen. De vissers in Vinkeveen gaven aan voornamelijk breedbekken te vangen en dat aal daar vis en schaaldieren (kreeft) eten, in Markiezaatsmeer zou de aal met name tot de puntbekken behoren en in de Westzaan zouden beide fenotypen voor komen. Om de bevindingen van de desbetreffende vissers te onderbouwen, zijn in het voorjaar van 2021 metingen verricht aan aal, hierbij is onder andere de koplengte, snuitlengte en kopbreedte bepaald (Figuur B4.1) van in totaal 212 individuen verdeeld over Markiezaatsmeer (65), Vinkeveense plassen (88) en de Westzaan (59) bepaald.



Figuur B6.1. Zij aanzicht van een rode aal voor de illustratie van de metingen die zijn verricht aan de kop voor het punt- en breedbekken onderzoek. De koplengte (KL) is gemeten als de punt van de snuit tot waar de borstvin begint. De snuitlengte (SL) is gemeten als de punt van de snuit tot achter de ogen, dit laatste punt is gebruikt om de kopbreedte (KB) te bepalen. Foto: Paul Boersma.

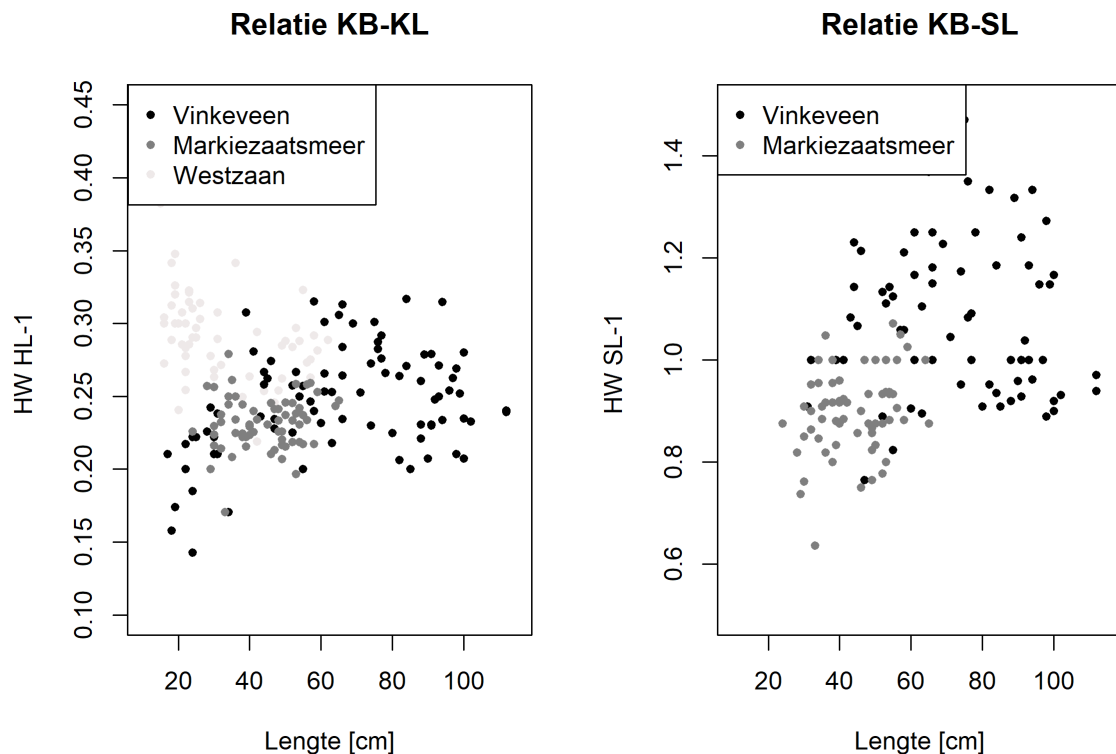
Aal van alle lengte klassen (15–112 cm) zijn gebruikt voor de kop metingen, echter zijn alleen in de Vinkeveense plassen alen groter dan 65 cm gemeten waardoor een-op-een vergelijken tussen de DAK gebieden wordt bemoeilijkt. Alle drie de eerder genoemde variabelen: koplengte, snuitlengte en kopbreedte, zijn positief gecorreleerd met totale lengte. De grootste spreiding in de metingen tussen de DAK gebieden en tussen individuen werd waargenomen voor de variabele kopbreedte. Aal uit de Westzaan leek over lengte een bredere kop te hebben dan aal uit Markiezaatsmeer en de Vinkeveense plassen (Figuur B4.2). Echter, het hebben van een bredere kop is niet op zichzelf bepalend om een aal te definiëren als breedbek, als de koplengte ook groter is dan kan deze in relatieve zin gelijk zijn aan een aal met een minder brede kop. Daarom wordt de ratio tussen kop breedte en kop lengte (KB:KL) over totale lengte vaak gebruikt om eventueel onderscheid te maken tussen de twee fenotypen. Ook op basis van de ratio KB:KL leek aal uit de Westzaan een bredere bek te hebben dan de andere twee gebieden. Tussen Markiezaatsmeer en de Vinkeveense plassen werd op basis van de ratio kop breedte en kop lengte (tot borstvin) geen verschil gevonden. Wanneer gekeken werd naar de ratio kop breedte en snuit lengte (KB:SB) leek daarentegen wel een verschil te zijn, en leek aal uit de Vinkeveense plassen een bredere kop te hebben dan die in Markiezaatsmeer. Ondanks dat er van een aantal individuen de snuit lengte niet gemeten is, met name de kleinere individuen en individuen van de

Westzaan, leek in de lengte range 40 – 60 cm wel degelijk een (klein) verschil te zijn tussen aal uit Markiezaatsmeer en de Vinkeveense plassen.



Figuur B6.2. Relatie tussen kop breedte (links), kop lengte (midden) en snuit lengte (rechts) met totale lengte van aal voor drie DAK gebieden Vinkeveense plassen (zwart), Markiezaatsmeer (donkergrijs) en Westzaan (lichtgrijs).

De fenotype punt- en breedbek zijn niet afgebakend en daardoor arbitrair (Ide e.a., 2011; Lammens & Visser, 1989). Daarnaast is de lengte van de aal bepaald voor de breedte en lengte van de bek. Hoewel de opzet van dit onderzoek niet geheel geschikt is om gedegen conclusies te trekken over het voorkomen van verschillende fenotypen, is wel duidelijk dat er verschillen voorkomen in kopvorm tussen de DAK gebieden maar ook tussen individuen (Figuur B4.2 en B4.3). Om de invloed van de totale lengte van aal op de bek breedte te minimaliseren zou in een vervolg onderzoek, per gebied, aal van dezelfde lengte (klasse) gekozen moeten worden. Een power analyse zou vooraf toegepast moeten worden om te bepalen hoeveel aal per gebied verzameld dient te worden om een gedegen statistische analyse uit te voeren. Op deze manier kan per variabele onderzocht worden of er sprake is van bijvoorbeeld een bimodale verdeling zoals Ide et al. (2011) hebben geobserveerd.



Figuur B6.3. Ratio kop breedte – kop lengte (borstvin) (KB:KL) over lengte (rechts) en de ratio kop breedte – snuit lengte (KB:KS) (links).

Wageningen Marine Research
T: +31 (0)317 48 70 00
E: marine-research@wur.nl
www.wur.nl/marine-research

Bezoekers adres:

- Ankerpark 27 1781 AG Den Helder
- Korringaweg 7, 4401 NT Yerseke
- Haringkade 1, 1976 CP IJmuiden

Wageningen Marine Research levert met kennis, onafhankelijk wetenschappelijk onderzoek en advies een wezenlijke bijdrage aan een duurzamer, zorgvuldiger beheer, gebruik en bescherming van de natuurlijke rijkdommen in zee-, kust- en zoetwatergebieden.



Wageningen Marine Research is onderdeel van Wageningen University & Research. Wageningen University & Research is het samenwerkingsverband tussen Wageningen University en Stichting Wageningen Research en heeft als **missie**: 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'