

# Bepaling percentage aal onder de totaal-TEQ limiet in de voor aalvangst gesloten gebieden

M.J.J. Kotterman, S. Bierman, M.K. van der Lee\*, L.A.P. Hoogenboom\* en  
J.H.M. Schobben

Rapport C119/11

\* RIKILT Wageningen UR

# IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Opdrachtgever:

Ministerie EL&I  
Directie AKV  
Postbus 20401  
2500 EK Den Haag

Publicatiedatum:

11 oktober 2011

**IMARES** is:

- een onafhankelijk, objectief en gezaghebbend instituut dat kennis levert die noodzakelijk is voor integrale duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van de zee en kustzones;
- een instituut dat de benodigde kennis levert voor een geïntegreerde duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van zee en kustzones;
- een belangrijke, proactieve speler in nationale en internationale mariene onderzoeksnetwerken (zoals ICES en EFARO).

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht  
van het Ministerie van Economische  
Zaken, Landbouw & Innovatie.

P.O. Box 68	P.O. Box 77	P.O. Box 57	P.O. Box 167
1970 AB IJmuiden	4400 AB Yerseke	1780 AB Den Helder	1790 AD Den Burg Texel
Phone: +31 (0)317 48 09 00	Phone: +31 (0)317 48 09 00	Phone: +31 (0)317 48 09 00	Phone: +31 (0)317 48 09 00
Fax: +31 (0)317 48 73 26	Fax: +31 (0)317 48 73 59	Fax: +31 (0)223 63 06 87	Fax: +31 (0)317 48 73 62
E-Mail: <a href="mailto:imares@wur.nl">imares@wur.nl</a>	E-Mail: <a href="mailto:imares@wur.nl">imares@wur.nl</a>	E-Mail: <a href="mailto:imares@wur.nl">imares@wur.nl</a>	E-Mail: <a href="mailto:imares@wur.nl">imares@wur.nl</a>
<a href="http://www.imares.wur.nl">www.imares.wur.nl</a>	<a href="http://www.imares.wur.nl">www.imares.wur.nl</a>	<a href="http://www.imares.wur.nl">www.imares.wur.nl</a>	<a href="http://www.imares.wur.nl">www.imares.wur.nl</a>

© 2011 IMARES Wageningen UR

IMARES is onderdeel van Stichting DLO  
KvK nr. 09098104,  
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16

De Directie van IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

A\_4\_3\_1-V12.2

Inhoudsopgave.....	3
Samenvatting.....	4
Aanleiding en doel .....	4
Beschikbare data .....	4
Resultaten meting totaal-TEQ gehalten in individuele aal .....	4
Berekeningswijze.....	5
Percentage schone aal in de gesloten gebieden .....	6
1. Inleiding.....	8
1.1 Probleemstelling.....	8
1.2 Achtergrond .....	8
1.3 Doelstelling .....	8
2. Beschrijving van de methodologie .....	9
2.1 Meten totaal-TEQ-waarden in individuele alen (dataset 4) .....	9
2.2 Totaal-TEQ analyse.....	10
2.3 Beschrijving datasets .....	10
2.4 Detailbeschrijving rekenstappen en modelaannames.....	11
2.4.1 Vangsten beroepsvisserij gesloten gebieden (dataset 1) .....	11
2.4.2 Biologische kenmerken aalvangst gebieden (dataset 2) .....	12
2.4.3 Exploratie dataset totaal-TEQ in individuele alen (dataset 4) .....	14
2.5 Schatting van het totaal-TEQ gehalte voor het hele gesloten gebied.....	17
3. Geschatte proporties aal onder de totaal-TEQ norm .....	20
4. Discussie .....	21
5. Kwaliteitsborging .....	23
6. Referenties .....	24
Verantwoording .....	25
Bijlage 1: Beschrijving van het rekenmodel.....	26
Bijlage 2: Illustratie van vergelijking van waargenomen TEQ gehalten met voorspelde verdelingen van TEQ gehalten door model 3c.....	40
Bijlage 3: Convergence diagnostics of the Metropolis Hastings algorithm .....	45
Bijlage 4: Aktieve monitoring MWTL: gemiddelde lengten per jaar verschillende locaties.....	47
Bijlage 5: Evaluatie van de voornaamste aannames van het lineaire regressie model met niet-getransformeerde gegevens (model 1) voor vrouwelijke alen. ....	48
Bijlage 6: Data set van lengte, vetgehalte en totaal-TEQ gehalten van vrouwelijke schieralen (monsters uit het benedenrivierengebied in 2006). ....	52

# Samenvatting

## *Aanleiding en doel*

Het ministerie EL&I heeft, in afstemming met het ministerie van VWS, op grond van metingen van totaal-TEQ gehalten (ToxicEquivalents; een maat voor de dioxine-achtige toxiciteit) in aal bepaalde rivieren en waterlopen gesloten voor commerciële aalvangst. In deze gebieden ligt het gemiddelde gehalte van totaal-TEQ hoger dan de huidige Europese voedselveiligheidsnorm voor aal van 12 picogram per gram versgewicht.

Deze totaal-TEQ gehalten worden jaarlijks gemeten op verschillende locaties, in mengmonsters van alen tussen de 30-40 cm lengte. Als het gemiddelde gehalte van totaal-TEQ in het mengmonster hoger is dan 12 pg/g kan een deel van de individuele alen toch beneden deze norm zijn. Deze aal is geschikt voor consumptie, maar door het vangstverbod kan deze niet worden gevangen. Het ministerie van EL&I wil de gederfde inkomsten voor de aal die aan de norm voldoet compenseren. In het onderhavige rapport wordt berekend welk percentage van de vangst van beroepsvissers onder de norm ligt en dus voor consumptie geschikt is. Het ministerie wil daarbij dat voor het gehele gesloten gebied één percentage van aal onder de 12 pg/g wordt berekend.

## *Beschikbare data*

Om deze berekening te kunnen maken moeten onderstaande 5 factoren bekend zijn:

*A. Gemiddeld totaal-TEQ gehalte voor alen tussen de 30 en 40 cm in de gesloten gebieden;*

De reguliere monitoring met mengmonsters, welke jaarlijks plaatsvindt, geeft een uitgebreid en ruimtelijke beeld van totaal-TEQ gehalten in het gesloten gebied. Hieruit wordt een gemiddeld totaal-TEQ gehalte bepaald voor alen tussen de 30 en 40 centimeter.

*B. Lengteverdeling van de alen in de commerciële vangst;*

Omdat de lengte van een aal grote invloed heeft op het totaal-TEQ gehalte en de commerciële vangst voor een groot deel uit alen van boven de 40 cm bestaat, wordt ook de lengteverdeling van de alen in de commerciële vangst meegewogen in de berekening.

*C. De verdeling tussen mannelijke en vrouwelijke alen;*

Mannelijke aal wordt bij kleinere lengte geslachtrijp en is daarom bij gelijke lengte vetter dan vrouwelijke aal. Vettere aal heeft doorgaans hogere totaal-TEQ gehalten. Het aandeel mannen in de vangst moet worden meegewogen in de berekening.

*D. De relatie tussen lengte van de aal en totaal-TEQ gehalte;*

Omdat de commerciële vangst voor een groot deel uit alen groter dan 30-40 cm bestaat moet de relatie tussen lengte en totaal-TEQ gehalten worden bepaald.

*E. Individuele variatie in totaal-TEQ gehalten in alen;*

De individuele variatie in totaal-TEQ gehalten bepaalt welk deel van de aal, bij een gemiddeld hoge totaal-TEQ gehalte, toch gehalten onder de norm bevat.

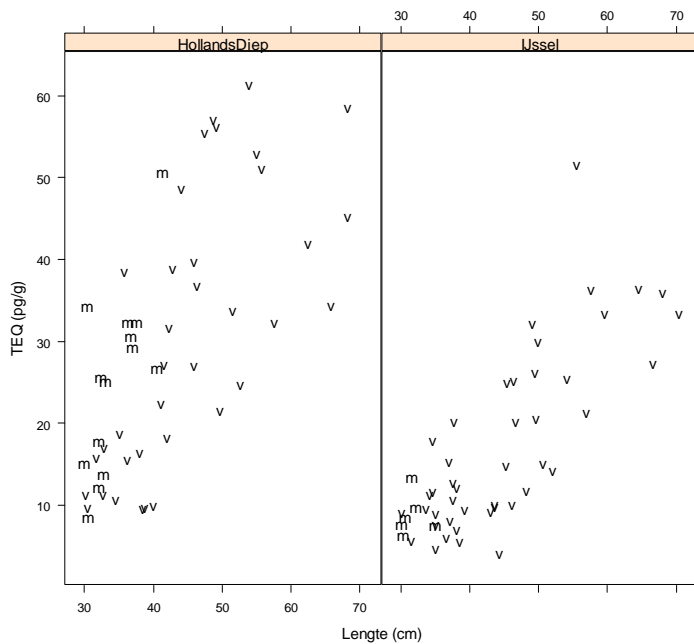
Factoren A, B en C zijn reeds bekend uit eerdere onderzoeken. Omdat de laatste twee factoren(D en E); voor dit onderzoek nog niet bekend waren zijn 100 alen individueel doorgemeten.

## *Resultaten meting totaal-TEQ gehalten in individuele aal*

Om de individuele variatie in totaal-TEQ gehalten te kunnen bepalen zijn op twee locaties in het gesloten gebied (Hollands Diep en de IJssel bij Deventer) 50 alen per locatie gevangen. De locatie Hollands Diep is een representatieve locatie voor het benedenrivierengebied. In het benedenrivierengebied werd ongeveer de helft van alle aal in het gesloten gebied gevangen. De locatie IJssel is gekozen ter representatie van meer stroomopwaarts gelegen gebieden, waar de totaal-TEQ gehalten in aal relatief iets lager zijn. Met de analyse van 50 alen per locatie kan de spreiding tussen de alen en de invloed van lengte en geslacht goed bepaald worden.

In **Figuur 1** zijn de resultaten van de 100 individuele alen weergegeven. Hieruit blijkt dat het totaal-TEQ gehalte sterk toeneemt met een toenemende lengte. In de 30-40 cm klasse zijn er nog alen met totaal-

TEQ gehalten onder de norm, boven de 40 cm neemt dit aantal zeer sterk af. Het vetgehalte neemt ook sterk toe bij een toenemende lengte. De totaal-TEQ gehalten in mannen en vrouwen van gelijke grootte verschillen sterk in het Hollands Diep, het vetgehalte is ook hoger in de mannetjes.



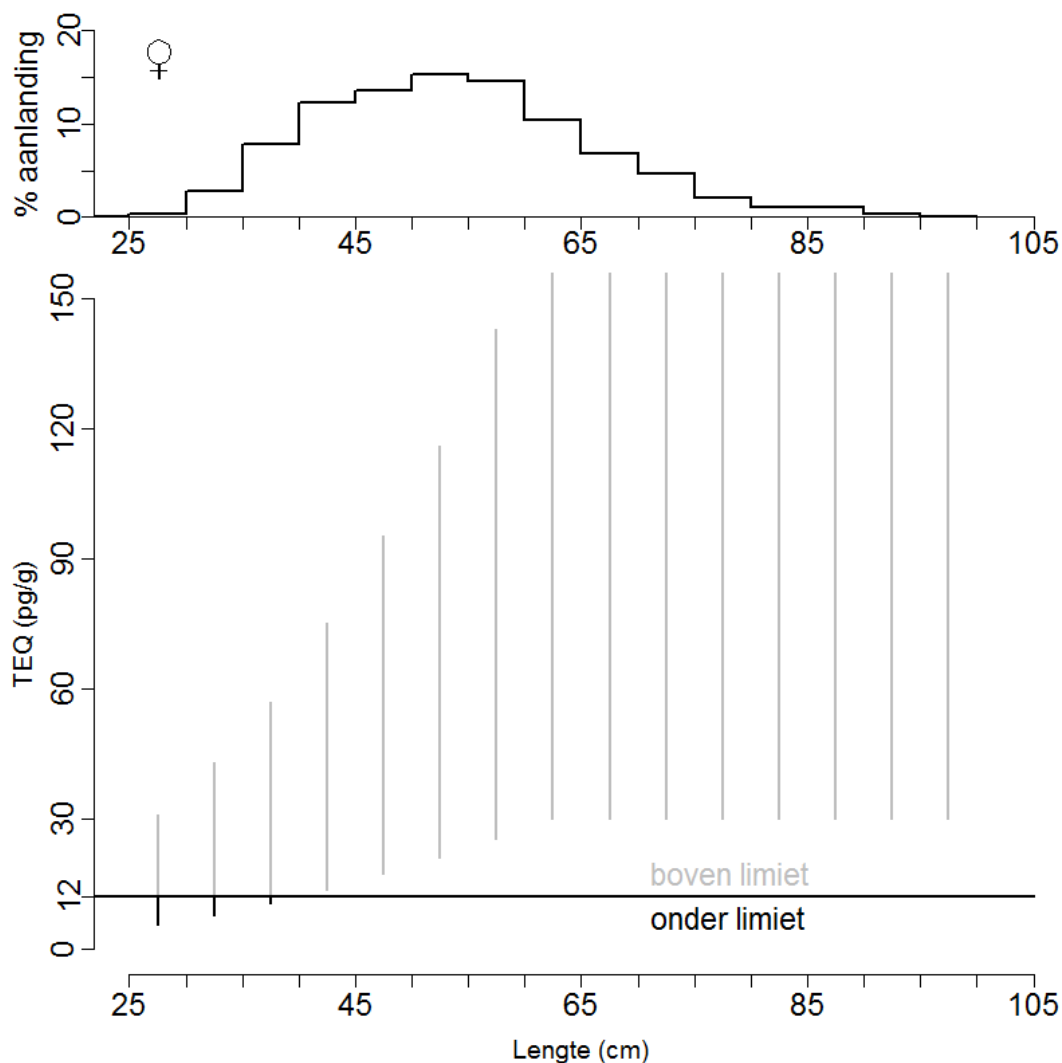
**Figuur 1.** Relatie tussen lengte en totaal-TEQ (picogram per gram versgewicht) van 100 alen uit een steekproef van twee locaties (Hollands Diep en IJssel). Mannelijke alen: 'm', Vrouwelijke alen: 'v'.

#### Berekeningswijze

Voor de berekening is een gemiddeld totaal-TEQ gehalte in het mengmonster aal (30-40 cm) nodig. Er is gekozen om deze te bepalen per Visstand BeheersCommissie (VBC) uit de gesloten gebieden. Hiervoor zijn data gebruikt uit de reguliere aalmonitoring over de jaren 2009 en 2010. In het rapport zijn drie manieren toegepast om dit gemiddelde totaal-TEQ gehalte voor alen van 30-40 cm mee te nemen in het rekenmodel:

- 1 Het gemiddelde van de totaal-TEQ van de mengmonsters per VBC wordt berekend. Deze gemiddelden van de VBC's in de gesloten gebieden worden hierna gemiddeld. Deze keuze leidt tot een tot één gemiddelde totaal-TEQ gehalte (voor alen van 30-40 cm) voor alle gesloten gebieden van **20,6** pg/g.
- 2 Het gemiddelde van de totaal-TEQ van de mengmonsters per VBC wordt berekend, waarbij de aalvangst per VBC worden meegewogen voordat het gemiddelde over de VBC's wordt berekend. Omdat het zwaartepunt van de vangst ligt in de VBC's met hogere totaal-TEQ gehalten valt het gewogen gemiddelde hoger uit dan optie 1, het totaal-TEQ gehalte bedraagt **25,8** pg/g.
- 3 Het gemiddelde van de totaal-TEQ van de mengmonsters per VBC wordt berekend. Per VBC wordt dit gemiddelde gebruikt (voor alen van 30-40 cm) om een schatting van de vangsten onder de limiet te krijgen. Het geschatte percentage onder de limiet wordt vervolgens vermenigvuldigd met de vangst per VBC om het totale tonnage onder de limiet in alle gesloten gebieden te berekenen

De spreiding in totaal-TEQ gehalten van individuele alen, het verschil tussen mannen en vrouwen en de toename in totaal-TEQ met lengte wordt geschat uit de dataset met 100 alen (figuur 1). Met deze schattingen en de gemiddelde totaal-TEQ voor alen in het gesloten gebied zijn de proporties "schone aal" per lengteklasse en geslacht geschat. Deze worden vermenigvuldigd met de geschatte commerciële vangst van aal per lengteklasse en het geslacht om het totale tonnage aal onder de limiet te berekenen (zie Figuur 2). Per geslacht wordt geschat wat de verdeling in totaal-TEQ gehalten is bij alen van verschillende lengten van 28 tot 100 centimeter.



**Figuur 2.** Illustratie van de rekenmethode voor vrouwelijke alen (deze maken naar schatting ongeveer 93% van het totale tonnage aan vangsten uit). De bovenste grafiek geeft de geschatte proportie van het totale aangelande gewicht per lengte-klasse (intervallen van 5 centimeter) in de gesloten gebieden in 2010. In het onderste paneel staat de geschatte spreiding (verticale lijnen; 95% predictie interval) van totaal-TEQ gehalten per lengteklasse. De zwarte horizontale lijn is getrokken op de gestelde limiet van totaal-TEQ=12 pg/g. De proportie alen per lengte-klasse onder de limiet is ruwweg gelijk aan de proportie van de verticale lijnen die onder de zwarte lijn valt (weergegeven in zwart).

De keuze voor het gemiddelde totaal-TEQ gehalte (in 30-40 cm aal) in de gesloten gebieden heeft een duidelijk effect op de berekening van het percentage schone aal. Bij een hoog totaal-TEQ gehalte liggen de verticale lijnen (waarden waartussen de totaal-TEQ gehalten van de alen variëren) al snel geheel boven de horizontale lijn van de limiet (12 pg/g)

#### *Percentage schone aal in de gesloten gebieden*

Met de hierboven beschreven methode zijn de percentages van de vangst onder de limiet in het gesloten gebied berekend. Het percentage aal in de potentiële vangsten in de gesloten gebieden, dat onder de consumptienorm van 12 gram TEQ/gram versgewicht zit, ligt tussen de 1,3 en 3,1%. Het percentage is afhankelijk van hoe het gemiddelde totaal-TEQ gehalte wordt berekend, met of zonder correctie van de hoeveelheid gevangen aal per VBC. In onderstaande tabel wordt het effect van de keuze voor de berekening van het totaal-TEQ gehalte in het mengmonster aal 30-40 cm samengevat.

**Tabel 1.** Het percentage schone aal in de gesloten gebieden bij drie opties voor het gemiddelde totaal-TEQ gehalten (in pg/g) in het mengmonster aal van 30-40 cm. Bij opties 1 en 2 is één totaal-TEQ gehalte voor alle gebieden (gegeven in tabel); bij optie 3 is een gemiddeld totaal-TEQ gehalte per VBC gebruikt.

Optie berekeningswijze	Gemiddelde totaal-TEQ	% vangst onder de limiet
Optie 1 (één gemiddelde TEQ berekend zonder grootte van vangsten mee te wegen)	20,6 pg/g	3,1
Optie 2 (één gemiddelde TEQ-waarde berekend waarbij de grootte van de vangst mee weegt)	25,8 pg/g	1,3
Optie 3 (Gemiddelde TEQ-waarde per VBC en grootte van de vangsten meegewogen)	Per VBC	3,5

Omdat in optie 1 en 2 met één gemiddeld totaal-TEQ gehalte wordt gerekend voor het hele gesloten gebied worden in alle gevallen de percentages vangsten onder de limiet overschat in de deelgebieden met relatief hoge totaal-TEQ gehalten, en onderschat in deelgebieden met relatief lagere totaal-TEQ gehalten. Dit verschil tussen deelgebieden verdient nuancering. Het zijn vooral de bovenstroomse deelgebieden die lager totaal-TEQ gehalten hebben (in de lengteklasse 30 – 40 cm). In die gebieden komen echter relatief veel grote aal voor en weinig kleine aal. Omdat grote aal hogere totaal-TEQ gehalten bevatten zal het deel van de vangst, dat onder de limiet van 12 pg/g ligt, kleiner zijn dan op basis van de in dit rapport gebruikte berekeningsmethode wordt verwacht. Daarentegen, het gebruik van één gemiddeld totaal-TEQ gehalte voor het hele gesloten gebied kan leiden tot een onderschatting van het percentage onder de 12 pg/g. Dit effect is berekend in optie drie, waarin de totaal-TEQ gehalte per VBC zijn ingevoerd in het rekenmodel, waarna de geschatte percentages van aalvangst onder de norm zijn vermenigvuldigd met de vangst van de betreffende VBC. Gegeven de beschikbare data geeft de berekeningswijze van optie 3 naar verwachting de beste schatter van het percentage van de vangst dat onder de 12 pg/g ligt. Dit percentage zal rond de 3,5% liggen.

# 1. Inleiding

## 1.1 Probleemstelling

In de voor aalvangst gesloten gebieden is het gemiddelde gehalte van totaal-TEQ in aal, gemeten in de jaarlijkse monitoring, normoverschrijdend. Op basis hiervan heeft de Staatsecretaris van EL&I, in afstemming met het ministerie van VWS, de vangst van aal in die gebieden verboden. Door de natuurlijke variatie zal een percentage van de aal mogelijk totaal-TEQ gehalten beneden de wettelijke consumptienorm van 12 picogram TEQ/gram versgewicht bevatten. Deze aal is voor consumptie geschikt, maar door het vangstverbod kan deze niet worden gevangen.

Het ministerie van EL&I wil deze gederfde inkomsten compenseren. Hiervoor moet worden vastgesteld welk percentage van de vangst van de aalvissers uit deze voor consumptie geschikte aal bestaat.

## 1.2 Achtergrond

Voor de som van dioxines en dioxine-achtige PCB's (totaal TEQ) in aal geldt een EU-norm van 12 pg TEQ/g vis. Daarnaast is er ook een norm voor alleen dioxines (4 pg TEQ/g vis) maar deze blijkt minder relevant voor aal in termen van overschrijding van de norm en is daarom buiten beschouwing gelaten. Om na te gaan hoe de situatie is in de Nederlandse rivieren en meren wordt sinds enige tijd het gehalte bepaald in mengmonsters van 25 alen per locatie. Hieruit blijkt dat op veel plaatsen het gehalte in het mengmonster boven de EU-norm ligt. Om die reden is er een vangstverbod ingesteld op dergelijke locaties. Als het totaal-TEQ gehalte van een mengmonster van 25 alen 12 pg/g of hoger bedraagt, dan is het aannemelijk dat een deel van de individuele alen toch gehalten lager dan 12 pg/g zal bevatten. Voor totaal-TEQ is de mate van variatie echter niet bekend, en dus ook niet de verdeling tussen waarden boven en onder de norm. Voor PCB's is aangetoond dat de natuurlijke variatie in gehalten tussen alen van eenzelfde gebied aanzienlijk kan zijn (1). Afhankelijk van de hoogte van het gemiddelde gehalte zal de verdeling van totaal-TEQ gehalten (%boven of onder der norm) per locatie anders zijn.

Tot dusver is in het monitoringsproject sportvis met name totaal-TEQ geanalyseerd in alen uit de lengteklasse 30-40 cm. In praktijk brengen vissers ook grotere aal op de markt. In 2006 is ook aal geanalyseerd uit de hogere lengteklasse, waaruit blijkt dat deze lengteklasse hogere totaal-TEQ gehalten bevat dan de 30-40 cm klasse aal (2). Om op basis van de beschikbare analysedata zo goed mogelijk een uitspraak te kunnen doen over het deel van de vangst dat wel aan de norm voldoet, moet zowel de variatie en daarmee verdeling in de gehalten bekend zijn, alsook het aandeel van diverse lengteklassen (30 cm tot 100 cm) in de commerciële vangst.

## 1.3 Doelstelling

De doelstelling is om met behulp van verschillende datasets te schatten welk deel van de potentiële commerciële aalvangst in de gesloten gebieden totaal-TEQ-gehalten bevat beneden de gestelde totaal-TEQ limiet van 12 pg/g vis. Drie datasets zijn al beschikbaar, één dataset is in dit onderzoek verkregen; totaal-TEQ gehalten in 100 individuele alen. Hiermee kan de variabiliteit in het TEQ-gehalte binnen een mengmonster aal worden berekend.



## 2. Beschrijving van de methodologie

Voor het maken van de schatting van het aandeel van de vangst dat onder de gestelde limiet van totaal-TEQ van 12 pg/g valt, wordt uitgegaan van de vangst die gemaakt zou zijn door beroepsvissers als in 2011 de gesloten gebieden open waren voor visserij op aal tijdens het reguliere seizoen. Daarvoor zijn een aantal bronnen van informatie (datasets) beschikbaar, deels uit voorgaande jaren, en is een aantal rekenstappen nodig. In volgende paragrafen staan de rekenstappen in detail beschreven. De datasets welke gebruikt zijn om de schatting te kunnen maken zijn:

- **Dataset 1)** Een dataset van gerapporteerde vangsten van aal door commerciële vissers in 2010. Deze dataset is in beheer van het ministerie van EL&I. In het gesloten gebied is in totaal naar schatting 171.400 kilo aal gevangen.
- **Dataset 2)** Een dataset met biologische gegevens van de samenstelling van de aalvangst in 2010, verkregen door bestudering van de biologische kenmerken van een steekproef van de commerciële aalvangsten in dat jaar. Deze biologische bemonstering wordt gecoördineerd door IMARES en is uitgevoerd in samenwerking met beroepsvissers. Uit het gesloten gebied is alleen een steekproef beschikbaar van vangsten uit benedenstroomse gebieden (3, 4).
- **Dataset 3)** Een lange termijn dataset van totaal-TEQ gehalten in mengmonsters van verschillende jaren en locaties. Een mengmonster bestaat uit gelijke hoeveelheden weefsel van maximaal 25 alen met lengten tussen de 30 en 40 centimeter. Alleen de gegevens van de jaren 2009 en 2010 worden gebruikt, omdat het besluit voor het instellen van gesloten gebieden ook op deze periode is gebaseerd. De geslachtsamenstelling van de alen in de mengmonsters is onbekend. De alen zijn gevangen door het onderzoeksinstituut IMARES (en zijn dus geen steekproef van de commerciële aalvangsten), de totaal-TEQ gehalten zijn bepaald door het RIKILT. Eventuele verschillen zitten met name in de lengte van de alen maar er zijn geen aanwijzingen dat de gemeten totaal-TEQ gehalten niet representatief zijn voor de aal van 30-40 cm gevangen door commerciële vissers in dat gebied.
- **Dataset 4)** Een speciaal voor deze studie vergaarde dataset met totaal-TEQ gehalten, geslacht en lengte van 100 alen verkregen in 2011 uit twee locaties (Hollands Diep en IJssel, 50 alen per locatie). Deze dataset geeft, in tegenstelling tot de mengmonsters (dataset 3) een goed beeld van twee benodigde parameters per geslacht (voor mannelijke en vrouwelijke alen apart); 1) een beeld van de spreiding in totaal-TEQ gehalten van individuen binnen één locatie, en 2) de mate waarin totaal-EQ-gehalten toenemen met toenemende lengte en vetgehalte van de alen.

Naast bovenstaande datasets is ook gebruik gemaakt van kennis uit de wetenschappelijke literatuur.

### 2.1 Meten totaal-TEQ-waarden in individuele alen (dataset 4)

Er is gekozen om op twee locaties 50 alen te bemonsteren. De keuze tussen 100 alen van 1 of meerdere locaties heeft een effect op waarde van het resultaat. Met de keuze voor twee locaties kan de variatie, de vorm van de verdeling en de relatie met biotische factoren zoals lengte, gewicht, geslacht en vetgehalte over het gesloten gebied het best worden geschat. Het hoge aantal monsters is nodig omdat ook grotere alen bekeken moeten worden en verwacht kan worden dat de verschillen tussen mannelijke en vrouwelijke aal groot zijn.

De locatie Hollands Diep is een representatieve locatie voor het benedenrivierengebied. In het benedenrivierengebied werd in 2010 ongeveer de helft van alle aal in het gesloten gebied gevangen. De locatie IJssel is gekozen ter representatie van meer stroomopwaarts gelegen gebieden, waar de totaal-TEQ gehalten in aal relatief iets lager zijn.

Van de locaties Hollands Diep en de IJssel bij Deventer zijn 50 alen per locatie bemonsterd van 30 tot 70 cm lengte, waarvan 25 stuks van 30 tot 40 cm lengte. De alen zijn door IMARES verwerkt; lengte, gewicht en geslacht zijn per aal genoteerd en de analysemonsters, bestaande uit een stuk filet zonder vel (eetbare deel), zijn gemaakt.

## 2.2 Totaal-TEQ analyse

De individuele monsters zijn daarna door het RIKILT onderzocht op totaal-TEQ (dioxines en PCB's), conform methode A0565. Het vet is geëxtraheerd uit de filets en vervolgens opgezuiverd middels een FMS Powerprep-systeem. In de uiteindelijke extracten zijn de individuele gehalten aan dioxines en PCB's bepaald middels HRGC/HRMS en middels de TEF-waardes uit 1998 omgerekend naar een totaal-TEQgehalte (pg TEQ/g vet). Op basis van het vetgehalte zijn de gehalten omgerekend naar productbasis (pg TEQ/g vis). De methode is geaccrediteerd volgens ISO 17025, de analyseresultaten voldoen aan de kwaliteitscriteria.

## 2.3 Beschrijving datasets

De gebieden zijn gesloten voor de commerciële aalvisserij op basis van de gemeten waarden van de mengmonsters (**dataset 3**) die jaarlijks op meerdere locaties worden genomen als onderdeel van het reguliere monitoringprogramma (monitoring Sportvis, onderdeel WOT Voedselveiligheid). De mengmonsters geven het meest uitgebreide ruimtelijke en tijdelijke beeld van de spreiding in totaal-TEQ gehalten binnen het Nederlandse rivierengebied in alen met lengten tussen de 30 en 40 centimeter. De vangsten van commerciële beroepsvissers bestaan echter uit alen met lengten van 28 tot 100 centimeter (3, 4) en verreweg het grootste gedeelte (naar schatting ongeveer 83%) van het gewichtsaandeel van de vangsten bestaat uit alen met lengten van méér dan 40 centimeter (zie paragraaf 1.3). Aangezien de totaal-TEQ gehalten van alen naar verwachting toenemen met lengte (2) geven de gemeten totaal-TEQ gehalten in de mengmonsters een onderschatting van de totaal-TEQ gehalten van alen groter dan 40 cm in de vangsten. Tevens geven de mengmonsters weinig informatie over de spreiding in totaal-TEQ gehalten van individuele alen. Een realistische schatting van deze spreiding is nodig om te schatten welk aandeel van de alen in de vangsten onder de gestelde limiet valt. Tenslotte is de geslachtverhouding in de mengmonsters onbekend, terwijl de totaal-TEQ gehalten van mannelijk alen naar verwachting gemiddeld hoger liggen dan die van vrouwelijke alen binnen de lengte-klasse 30 tot 40 centimeter, aangezien mannelijke alen gemiddelde genomen vetter zijn dan vrouwelijke alen binnen deze lengte-klasse. De dataset met totaal-TEQ gehalten van individuele alen (**dataset 4**) is daarom speciaal voor deze studie verzameld en gebruikt om schattingen te verkrijgen per geslacht van de toename in totaal-TEQ gehalten met toenemende lengte van alen, en het gemiddelde en de spreiding in totaal-TEQ gehalten van alen per lengte-klasse.

Globaal beschreven wordt de schatting van het totale tonnage aan vangsten dat onder de gestelde limiet valt, gemaakt in de volgende (reken)stappen:

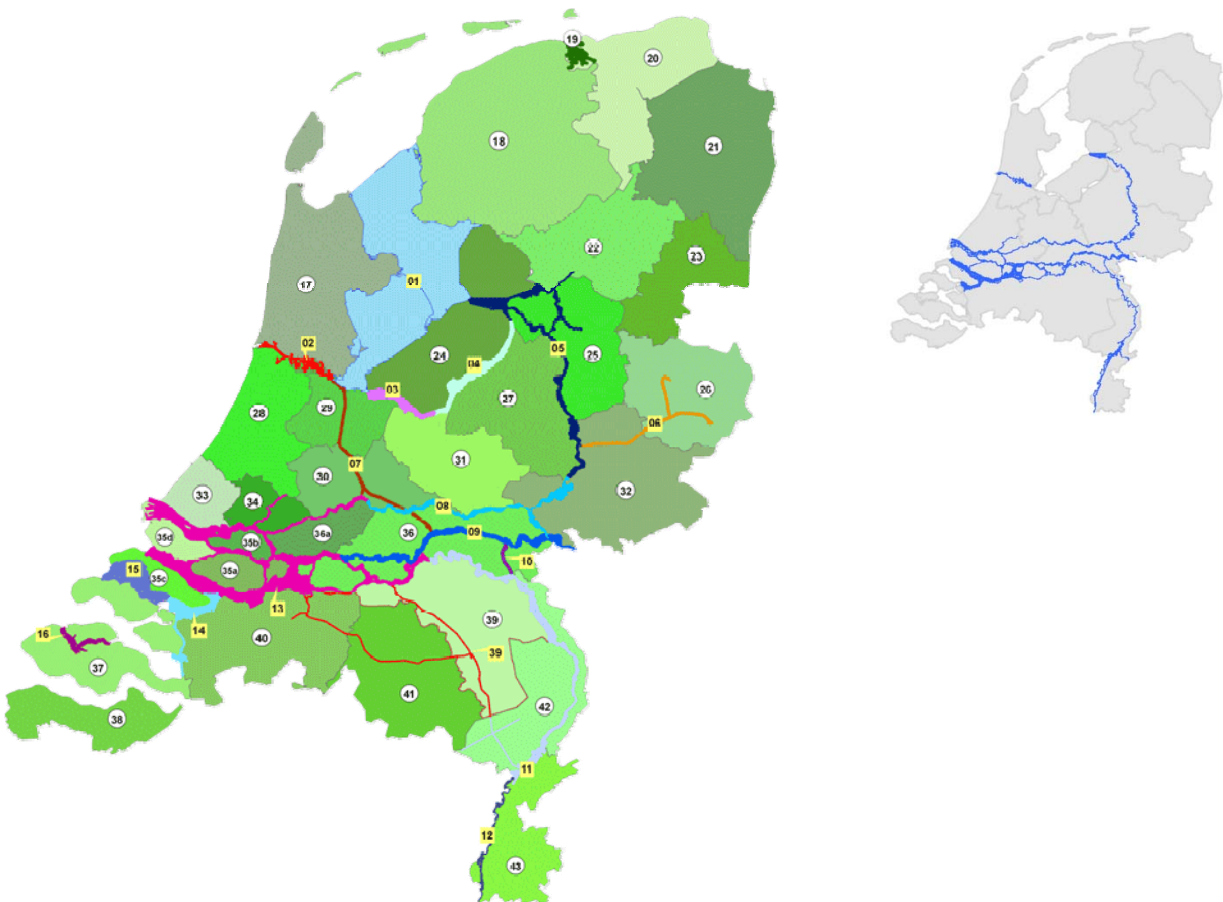
- 1) Met behulp van de **dataset 4** wordt er voor mannetjes en vrouwtjes geschat in welke mate totaal-TEQ gehalten gemiddeld genomen toenemen met de lengte van alen (richtingscoëfficiënt), wat de spreiding aan totaal-TEQ gehalten bij een gegeven lengte van alen is, en in welke mate de gemiddelde totaal-TEQ verschilt tussen mannetjes en vrouwtjes van 30-40 cm. Dit gebeurt met behulp van lineaire regressievergelijkingen waarin de totaal-TEQ gehalten van individuele alen worden voorspeld als functie van lengte en geslacht van deze alen.
- 2) Met behulp van **dataset 3** wordt een gemiddeld totaal-TEQ gehalte voor het totaal aan gesloten gebieden geschat voor alen tussen de 30 en 40 centimeter (drie opties voor het te gebruiken totaal-TEQ gehalte worden doorgerekend). Dit totaal-TEQ gehalte wordt vervolgens gebruikt om een aparte geschatte gemiddelde totaal-TEQ-waarde voor mannelijke en vrouwelijke alen te krijgen op een lengte van 35 centimeter. Dit is nodig omdat uit dataset 4 blijkt dat mannelijke alen gemiddeld genomen hogere totaal-TEQ gehalten hebben in de lengte-klasse 30-40 centimeter.
- 3) Met de schattingen uit stap 1 en 2 hierboven wordt de verdeling (het gemiddelde en de spreiding daaromheen) van totaal-TEQ gehalten voor mannelijke en vrouwelijke alen in lengte-klassen met intervallen van 5 centimeter geschat. Dit gebeurt door de regressie-vergelijkingen uit stap 1 te gebruiken en zodanig op te schalen dat de voorspelde totaal-TEQ bij alen van 35 centimeter gelijk is aan de schatting van de gemiddelde totaal-TEQ-waarde per geslacht voor de gesloten gebieden (verkregen in stap 2).
- 4) Met behulp van **dataset 2** worden schattingen verkregen van het gewichtsaandeel in de vangsten per geslacht en lengte-klasse (met intervallen van 5 centimeter).

- 5) Per lengte-klasse en geslacht wordt de proportie alen met totaal-TEQ gehalten onder de gestelde limiet berekend en vermenigvuldigd met het gewichtsaandeel in de vangsten van alen van hetzelfde geslacht en dezelfde lengte-klasse. Een schatting van het totale gewichtsaandeel in de vangsten onder de gestelde limiet wordt verkregen door de som te nemen over alle lengte-klassen en beide geslachten.
- 6) Tenslotte wordt het geschatte 'schone' gewichtsaandeel vermenigvuldigd met de totale gerapporteerde vangsten uit de gesloten gebieden in 2010 (**dataset 1**), om een schatting te verkrijgen van de totale vangst (in kilogrammen) aan aal die onder de gestelde limiet valt.

In de volgende paragrafen staan de verschillende rekenstappen en modelaanname in detail beschreven.

## 2.4 Detailbeschrijving rekenstappen en modelaanname

### 2.4.1 Vangsten beroepsvisserij gesloten gebieden (dataset 1)



**Fig.2.4.1.1** Indeling VBC gebieden in Nederland (Bron: [www.visstandbeheercommissie.nl](http://www.visstandbeheercommissie.nl)). De gesloten gebieden zijn in het blauw aangegeven in het kleine kaartje.

Een schatting van de uitgebleven onttrekking (totaal aantal kilogrammen) aan aal in 2011 vanwege het vangstverbod in de per 1 april 2011 gesloten gebieden is gemaakt met behulp van een database van het ministerie van EL&I met gerapporteerde vangsten van commerciële aalvissers. In deze database staan gerapporteerde vangsten voor het gehele jaar 2010 per Visstand Beheers Commissie (VBC). Een gedetailleerde lijst van de gesloten gebieden is te vinden op <http://www.rijksoverheid.nl/ministeries/eleni/nieuws/2011/03/31/vangstverbod-paling-en-wolhandkrab-vanaf-1-april-van-kracht.html>. Deze gebieden overlappen grotendeels met de volgende VBC's (Fig. 2.4.1.1): Noorzeekanaal [2], IJssel plus [5], Nederrijn plus [8], Waal plus [9], Zandmaas (inclusief

Limburgse kanalen) [11], Grensmaas [12], Benedenrivieren, Nieuwe Waterweg en Haringvliet [13] en Volkerak-Zoommeer [14]. De totale gerapporteerde vangsten uit deze VBC's bedraagt 171.359 kilo. De schatting van de niet onttrokken vangst in 2011 wordt gelijk gesteld aan deze totale gerapporteerde vangsten in 2010. Hierbij wordt aangenomen dat de grootte en samenstelling van de aalpopulatie boven de minimum aanlandingsmaat (28 centimeter) weinig is veranderd tussen 2010 en 2011, en dat in 2011 eenzelfde visserij-inspanning zou zijn gerealiseerd als in 2010.

#### *2.4.2 Biologische kenmerken aalvangsten gesloten gebieden (dataset 2)*

In het kader van de Wettelijke Onderzoekstaken (WOT) en het aalbeheersplan zijn in 2010 de vangsten van commerciële aalvissers bemonsterd ((3)) voor het bepalen van biologische kenmerken van deze vangsten, met name:

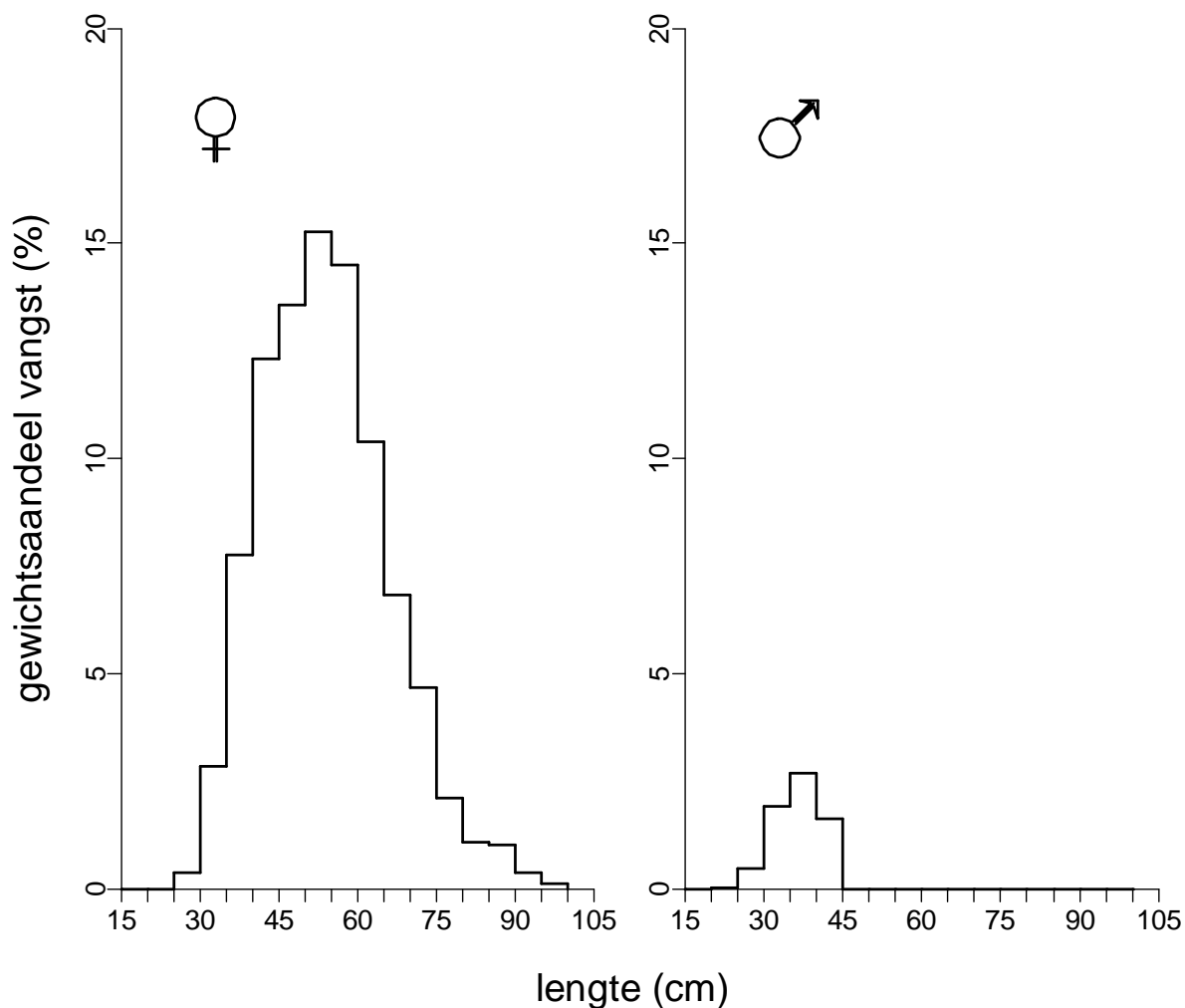
- de groottesamenstelling (lengte-frequentie verdeling)
- de geslachtsverhouding
- de proportie tot schieraal getransformeerde alen per lengte-klasse en geslacht
- de relatie tussen lengte en gewicht

De marktmonstering in 2010 is uitgevoerd in het IJsselmeer, Markermeer, Friesland en het benedenrivierengebied. Alleen de monsters uit het benedenrivierengebied (voornamelijk de VBC's Benedenrivieren en Haringvliet en Nederrijn plus) overlappen met de gesloten gebieden, en alleen deze monsters zijn daarom gebruikt om de benodigde parameters te schatten. Hierbij is de aanname gemaakt dat de monsters uit de vangsten van het benedenrivierengebied representatief zijn voor de vangsten uit alle gesloten gebieden. De vangsten uit de VBC's Benedenrivieren en Haringvliet en Nederrijn plus bedraagt naar schatting ongeveer 50% van de vangsten in de gesloten gebieden (84.668 kilo). De lengte-frequentieverdeling en andere biologische parameters van de aalvangst in 2010 (Marktmonstering) zijn genomen als de lengte-frequentieverdeling van de niet-gemaakte vangsten in 2011. Het geschatte gewichtsaandeel in de vangsten per lengte-klasse en geslacht is gegeven in tabel 2.4.2.1 en figuur 2.4.2.1.

De vangsten uit gebieden die bovenstrooms liggen van het benedenrivierengebied zijn niet bemonsterd, en bestaan naar verwachting uit gemiddeld genomen langere alen. Dit kan worden afgeleid uit monitoringsgegevens van de aalpopulatie in de grote rivieren (data van de Monitoring van de Waterstaatkundige Toestand des Lands; MWTL monitoring) waaruit sterke aanwijzingen zijn dat de gemiddelde lengte van de aalpopulatie hoger ligt in bovenstroomse delen van het rivierengebied (zie Bijlage 4). Hierdoor is de geschatte samenstelling van de vangsten die gebruikt is in dit rapport representatief voor de vangsten uit het benedenrivierengebied, maar de vangsten van kleine aal door bovenstroomse vissers worden naar verwachting hierdoor overschat.

**Tabel 2.4.2.1** Het aantal alen in de biologische marktmonstering van aalvangst van beroepsvissers in het benedenrivierengebied in 2010 (dit geeft een indicatie van de grootte van de steekproef) en de geschatte gewichtsaandelen per geslacht en lengte-klasse.

# alen in steekproef	Lengte-klasse (cm)		Gewichtsaandeel (%)	
	van	Tot	mannelijk	vrouwelijk
2	15	20	0.00	0.00
18	20	25	0.01	0.01
297	25	30	0.46	0.38
962	30	35	1.92	2.84
1350	35	40	2.70	7.77
1224	40	45	1.62	12.31
844	45	50	0.00	13.58
734	50	55	0.00	15.26
463	55	60	0.00	14.49
276	60	65	0.00	10.38
140	65	70	0.00	6.84
77	70	75	0.00	4.69
27	75	80	0.00	2.11
12	80	85	0.00	1.09
9	85	90	0.00	1.02
3	90	95	0.00	0.39
1	95	100	0.00	0.13



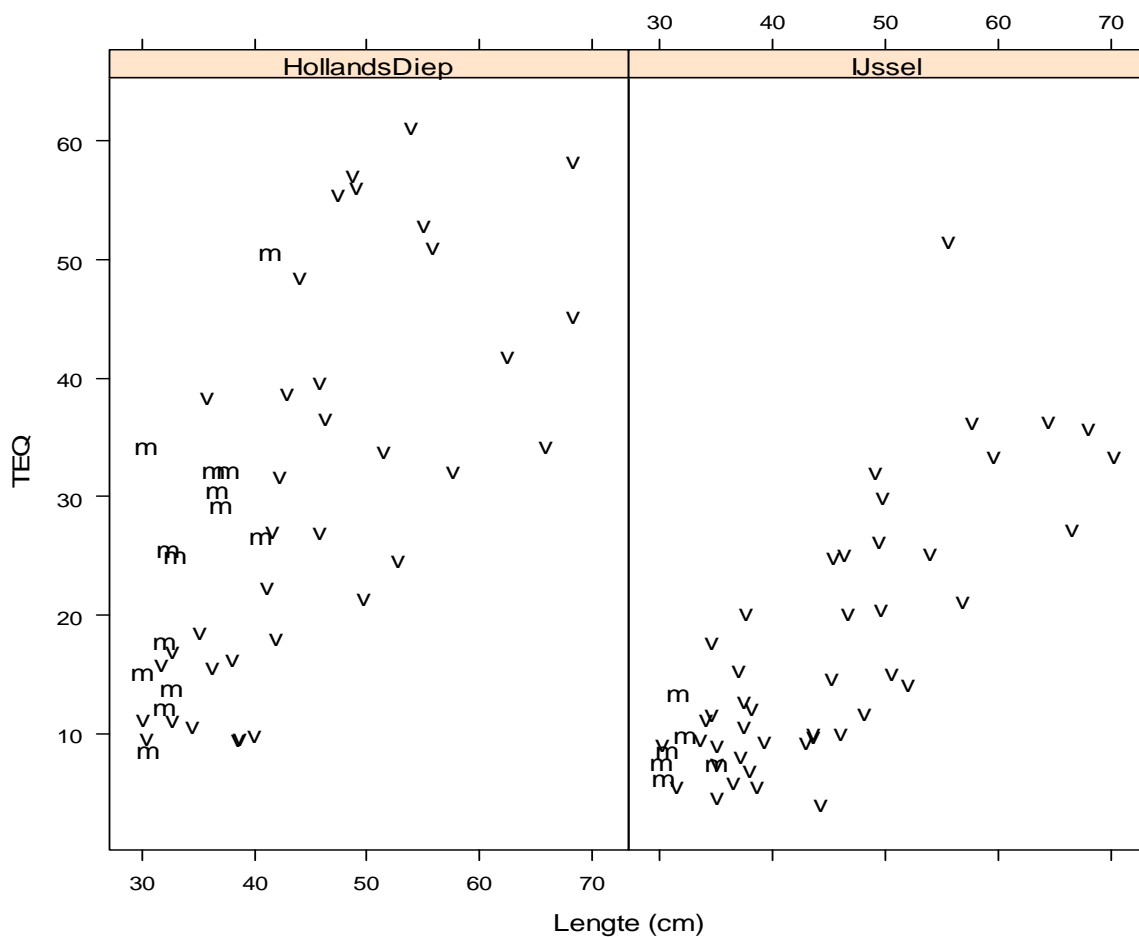
**Figuur 2.4.2.1** Het geschatte gewichtsaandeel in de aalvangst per geslacht en lengte-klasse (zie tabel 2.4.2.1). De schattingen zijn gemaakt met behulp van de gegevens van de biologische marktmonitoring van de aalvangst van beroepsvissers uit het benedenrivierengebied. De lengte-klassen hebben een interval van 5 centimeter, en lopen van 20-25 cm, 25-30 cm,...95-100 cm.

#### 2.4.3 Exploratie dataset totaal-TEQ in individuele alen (dataset 4)

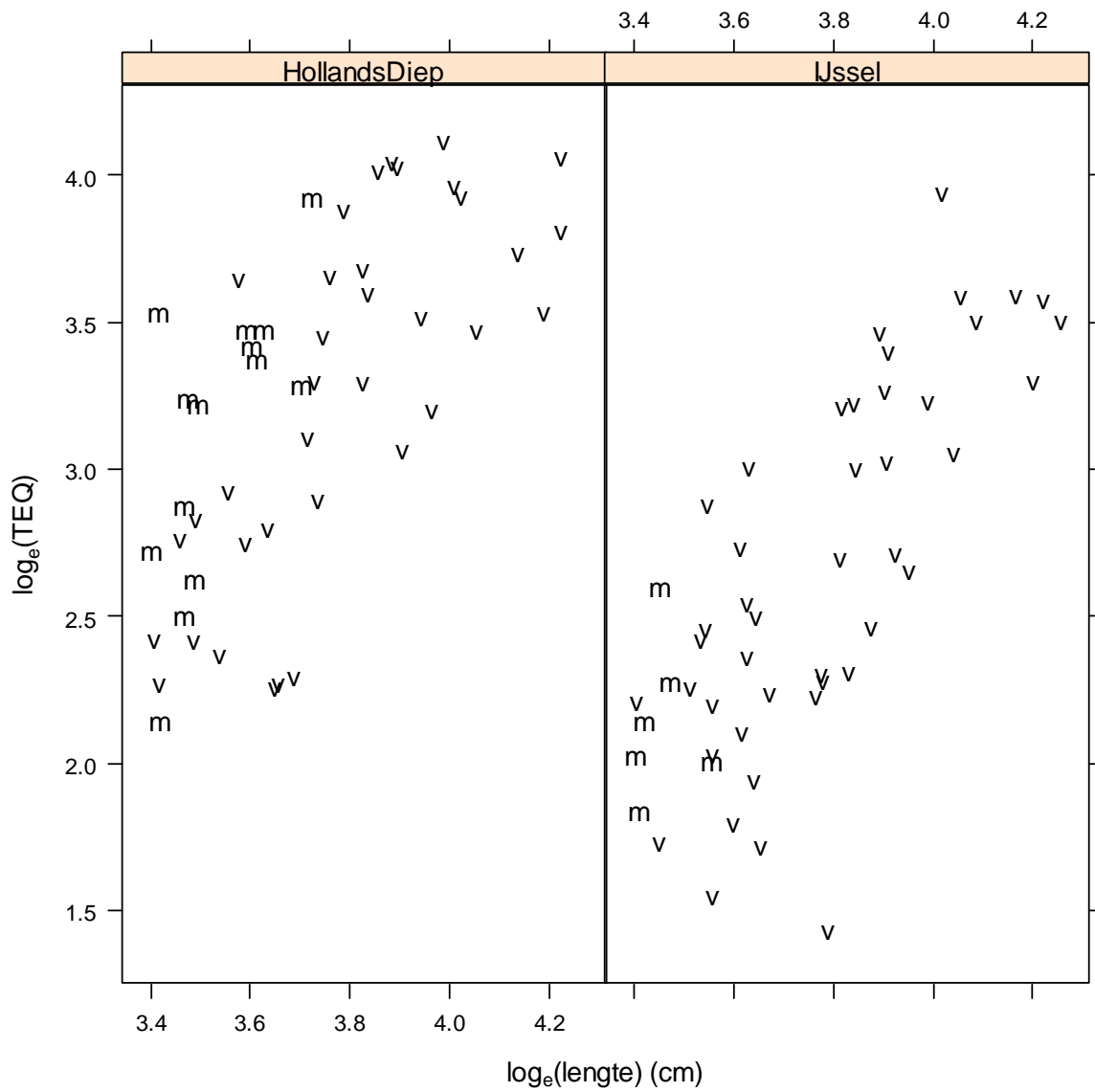
Op twee locaties, het Hollands Diep en de IJssel bij Deventer, zijn elk 50 alen gevangen met lengten tussen de 30 en 70 centimeter. Van deze in totaal 100 alen is het geslacht, lengte, gewicht, vetgehalte en TEQ-gehalte bepaald. De relatie tussen lengte en TEQ van mannelijke en vrouwelijke alen is weergegeven in figuur 2.4.3.1 en op logaritmische schaal in figuur 2.4.3.2. De relatie tussen lengte en vetgehalte is weergegeven in figuur 2.4.3.3.

De dataset bestaat uit 20 mannetjes (14 uit het Hollands Diep en 6 uit de IJssel) en 80 vrouwtjes (36 uit het Hollands Diep en 44 uit de IJssel). De alen hebben lengten tussen de 30.0 en 41.4 centimeter (mannetjes) en 30.1 en 70.3 centimeter (vrouwtjes).

Uit deze gegevens ontstaat het beeld, in lijn met de verwachting, dat totaal-TEQ gehalten en vetgehalten gemiddeld genomen toenemen bij toenemende lengte van alen. De totaal-TEQ gehalten liggen lager in de IJssel dan in het Hollands Diep voor alen van dezelfde lengte. In de dataset uit het Hollands Diep zijn er sterke aanwijzingen dat totaal-TEQ gehalten bij mannelijke alen sneller toenemen met toenemende lengte dan voor vrouwelijke alen, en dat mannelijke alen met lengten tussen de 30 en 40 centimeter gemiddeld hogere vetgehalten en totaal-TEQ gehalten hebben dan vrouwelijke alen van dezelfde lengte.

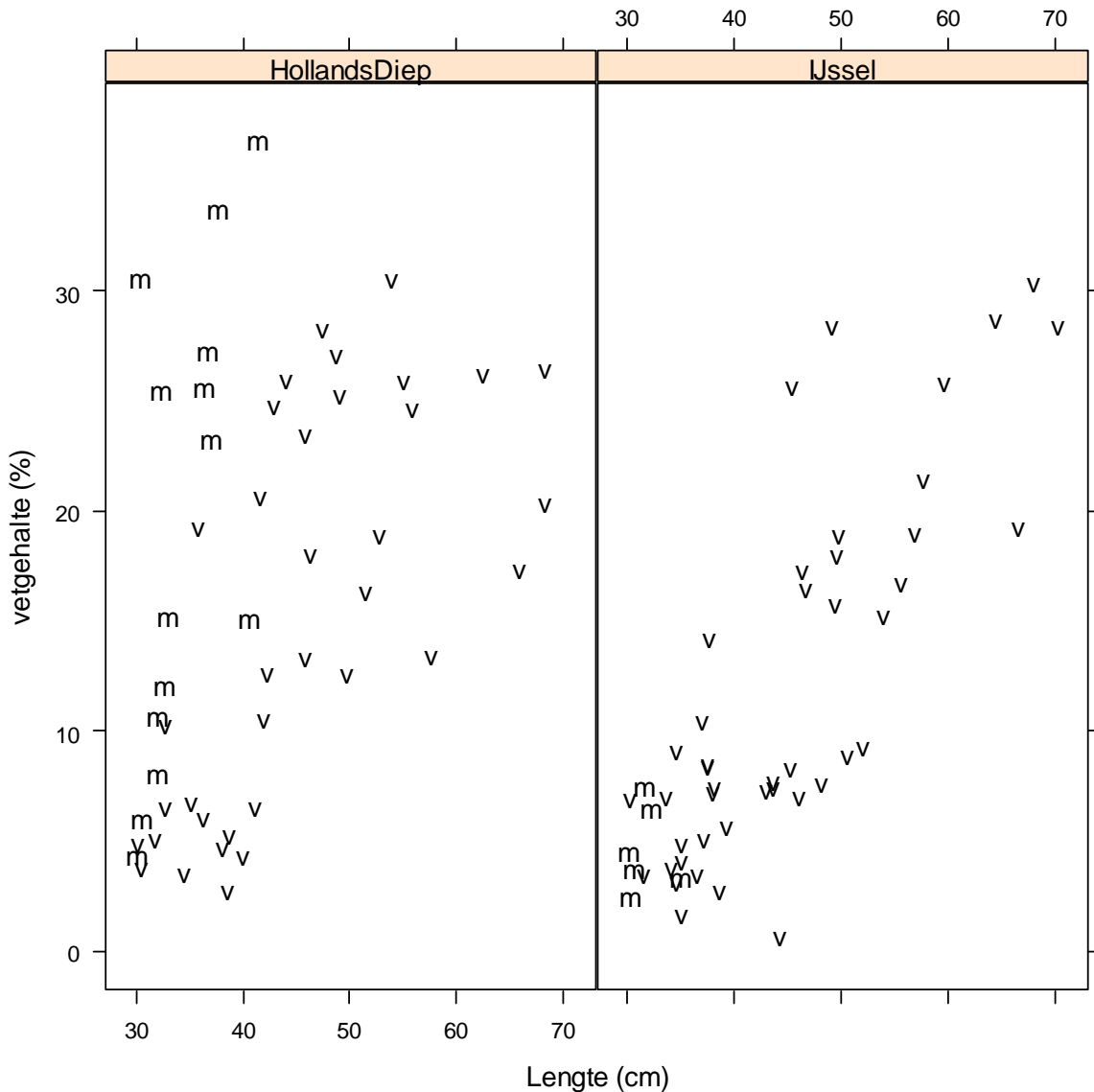


**Figuur 2.4.3.1** Relatie tussen lengte en totaal-TEQ van alen uit een steekproef van twee locaties (Hollands Diep en IJssel). Mannelijke alen: 'm', Vrouwelijke alen: 'v'.



**Figuur 2.4.3.2** Relatie tussen lengte en totaal-TEQ op een logaritmische schaal van alen uit een steekproef van twee locaties (Hollands Diep en IJssel). Mannelijke alen: 'm', Vrouwelijke alen: 'v'.





**Figuur 2.4.3.3** Relatie tussen lengte en vetgehalte van alen uit een steekproef van twee locaties (Hollands Diep en IJssel). Mannelijke alen: 'm', Vrouwelijke alen: 'v'.

## 2.5 Schatting van het totaal-TEQ gehalte voor het hele gesloten gebied

Uit de tabel 2.5.1 blijkt dat de totaal-TEQ gehalten in de mengmonster aal 30-40 cm verschillen per locatie. Ook de hoeveelheid locaties per VBC verschilt. Over het algemeen zijn er meer meetpunten per VBC als de commerciële aalvangst daar groot zijn. Ook blijkt dat doorgaans de totaal-TEQ gehalten relatief hoog zijn in die gebieden waar de hoogste aalvangst wordt gerealiseerd.

Voor de berekening van het gemiddelde totaal-TEQ gehalte in het standaard mengmonster aal zijn meerdere opties mogelijk. In dit rapport worden twee opties doorgerekend waarbij er met één gemiddelde TEQ-waarde (voor alen van 35 cm) wordt gewerkt voor alle gesloten gebieden: :

- **Optie 1:** In deze optie zijn per VBC de totaal-TEQ gehalten gemiddeld (aantal locaties variërend van 1 tot 10 per VBC). Van deze gemiddelde waarde is het gemiddelde berekend, dit komt uit op 20,6 pg/g.
- **Optie 2:** Deze optie houdt rekening met de vangsten per VBC. Net als in optie 1 zijn per VBC de totaal-TEQ gehalten gemiddeld. Deze zijn daarna eerst vermenigvuldigd met de vangst (in kg) per

VBC en deze waarden zijn opgeteld. Dit getal is gedeeld door de totale vangst wat een gewogen totaal-TEQ gehalte oplevert van 25,8 pg/g.

Een andere benadering rekent niet met één gemiddeld totaal-TEQ gehalte voor het hele gesloten gebied, maar houdt rekening met de vangsten per VBC en met de verschillen in gemeten totaal-TEQ gehalten in mengmonsters tussen VBC's. Per VBC (zie tabel 2.5.1) zijn de totaal-TEQ waarden gemiddeld, en deze zijn per VBC gebruikt in model 3c om een percentage vangsten onder de limiet te schatten. De geschatte percentages onder de limiet per VBC zijn vervolgens vermenigvuldigd met de tonnages vangsten per VBC en bij elkaar opgeteld om het gezamenlijke tonnage vangsten onder de limiet in alle gesloten gebieden te berekenen.

**Tabel 2.5.1** Totaal-TEQ gehalten geanalyseerd in mengmonsters aal 30-40 cm in het kader van het project "monitoring Sportvisserij". De totaal-TEQ gehalten in deze tabel zijn gelijk aan die in het rapport "Onderzoek naar dioxines, dioxineachtige PCB's en indicator-PCB's in paling uit Nederlandse binnenwateren 2006". De totaal-TEQ gehalten zijn het gemiddelde van de metingen in 2009 en 2010, de schuingedrukte getallen vertegenwoordigen het analyseresultaat van één jaar.

Locatie per VBC	Totaal-TEQ pg/g	Totaal-TEQ gemiddeld pg/g	Vangst kg	totaal- TEQ * kg
<b>VBC13</b>				
Amer HD61 - HD63	39	36,7	69.326	2.544.264
Biesbosch-Gat v.d. Noorderklip	32			
DordtscheBiesbosch t.n.v. Koekplaat	52			
Haringvliet - KorendijkseGeul	34			
HaringvlietOost	29			
Haringvliet West	17			
HollandsDiep	28			
HollandselJssel. Gouderak	52			
Maas. Keizersveer	37			
Nieuwe Merwede	47			
<b>VBC 5</b>				
Ketelmeer, ZO IJsselooog	23	14,8	27.015	39.8471
Ketelmeer, Ramsdiep* <sup>1</sup>	5			
IJssel. Deventer	16			
Vossemeer	15			
<b>VBC2</b>				
Jan van Riebeeckhaven. Amsterdam	27	23,5	3.764	88.454
Noordzeekanaal. Zijkanaal-C	20			
<b>VBC8</b>				
Lek. Culemborg	21	21,0	15.343	322.203
<b>VBC12</b>				
Maas. Eijsden	13	13,0	190	2.470
<b>VBC11</b>				
<u>Maas. Maasbommel</u>	12	15,3	8.229	126.178
<u>Maas. Roermond</u>	14			
<u>Maas-Waal kanaal. Malden</u>	20			
<b>VBC9</b>				
Rijn Lobith	24	22,5	8.213	184.793
Waal Tiel	21			
<b>VBC14</b>				
Volkerak	18	18,0	33.965	611.370
<b>VBC35d</b>				
Waterweg			5.315* <sup>2</sup>	
<b>SOM</b>				
			171.360	4.278.203
<b>Gemiddelde TEQ</b>	25,7	20,6		25,8

\*<sup>1</sup> Locatie nabij gesloten gebied

\*<sup>2</sup> Niet meegerekend omdat van deze locatie geen totaal-TEQ gehalte in aal bekend is

### 3. Geschatte proporties aal onder de totaal-TEQ norm

Met de datasets en de beschreven rekenmethode is het percentage aal onder de totaal-TEQ norm van 12 pg/g geschat. De beschrijving van het regressiemodel, wat de schatting berekent van het percentage aal in de vangst (op basis van gewicht) dat onder de gestelde limiet voor totaal-TEQ (12 pg/g aal) valt, staat in Bijlage 1.

Voor de berekening van het percentage aal van de vangst onder de totaal-TEQ norm zijn een aantal parameters vastgelegd (lengteverdeling van de commerciële vangst, man/vrouw aandeel in deze vangst en het verschil in totaal-TEQ gehalten tussen man en vrouw). Voor het standaard totaal-TEQ gehalte in het mengmonster aal (30-40 cm) zijn drie verschillende opties doorgerekend.

**Tabel 3.1** Geschatte gewichtsaandeel van de hypothetische vangsten dat onder de gestelde totaal-TEQ limiet van 12 pg/g valt. De schattingen zijn gemaakt voor drie opties die verschillen in de manier waarop de gemiddelde totaal-TEQ gehalten voor de gesloten gebieden voor aal van 35 centimeter zijn berekend uit de dataset met mengmonsters.

Optie	Gemiddelde totaal-TEQ	% vangst onder de limiet	Tonnage vangst onder limiet
Optie 1 (geen correctie voor de vangst per VBC)	20,6	3,1	5,3
Optie 2 (wel correctie voor de vangst per VBC)	25,8	1,3	2,2
Optie 3 (Berekend per VBC, gecorrigeerd voor vangst per VBC)	Per VBC	3,5	5,9

- Optie 1: In deze optie zijn per VBC totaal-TEQ gehalten gemiddeld van alle mengmonsters die in deze VBC's vallen (aantal locaties met mengmonsters variërend van 1 tot 10 per VBC). Van deze gemiddelde waarden per VBC is vervolgens het gemiddelde berekend.
- Optie 2: Dit is een verder uitgewerkte versie van optie 1, welke rekening houdt met de grootte van de vangsten per VBC. Net als in optie 1 zijn per VBC totaal-TEQ gehalten gemiddeld van alle mengmonsters die in deze VBC's vallen. Deze gemiddelden zijn daarna eerst vermenigvuldigd met de vangst (in kg) per VBC en deze waarden zijn opgeteld. Dit getal is vervolgens gedeeld door de totale vangst, wat een gewogen (naar grootte van de vangst) TEQ-waarde oplevert (zie tabel 2.5.1).
- Optie 3: Hierbij is per VBC een gemiddelde TEQ-waarde berekend die vervolgens gebruikt is in model 3c om een schatting (per VBC) van het percentage vangsten onder de limiet te maken. Deze percentages zijn vervolgens per VBC met de gerapporteerde vangsten vermenigvuldigd en bij elkaar opgeteld om het gezamenlijke totale tonnage vangst onder de limiet te berekenen.

Gegeven de beschikbare data geeft de berekeningswijze van optie 3 naar verwachting de beste schatter van het percentage van de vangst dat onder de 12 pg/g ligt. Dit percentage zal rond de 3,5% liggen.

## 4. Discussie

De berekening van het percentage aal in de vangst met totaal-TEQ gehalten onder de wettelijke limiet van 12 pg/g berust op een viertal datasets. Deze datasets worden ondersteund door chemische en biologische parameters.

De toename van totaal-TEQ met toenemende lengte van alen kan worden beschouwd als een algemeen verschijnsel. Grotere vissen zitten meestal hoger in de voedselketen dan kleinere vissen en bevatten, al dan niet met hogere vetgehalten, vaker hogere organische contaminantgehalten dan kleinere vissen van dezelfde soort (2, 5-7). De geconstateerde en gemodelleerde toename van totaal-TEQ gehalten in alen van toenemende lengte komt hiermee overeen.

Het verschil in vetgehalte bij gelijke lengte tussen mannen en vrouwen is in overeenstemming met de levensloop van de aal. Mannelijke aal wordt bij lagere lengte geslachtsrijp en zal daarom eerder zijn vetgehalte verhogen om de transformatie naar schieraal te maken, zodat de vetreserves optimaal zijn om de lange trek naar de paaigronden te kunnen maken. De gemiddeld genomen hogere totaal-TEQ gehalten in mannen dan in vrouwen wordt voornamelijk veroorzaakt door dit gemiddeld genomen hogere vetgehalte.

De schattingen van het gewichtsaandeel per geslacht en lengte-klasse in de vangst berust geheel op empirische data verkregen uit een steekproef van de vangsten uit het benedenrivierengebied. Het relatief kleine aandeel van mannetjes in de vangst is in lijn der verwachting, aangezien bij toenemende lengte de kans dat een mannetje tot schieraal transformeert en wegtrekt steeds groter wordt. Het logische gevolg is dat boven de maximum lengte van mannelijke schieraal (45 cm) 100% van de vangst uit vrouwen zal bestaan.

De vangsten uit gebieden die bovenstrooms liggen van het benedenrivierengebied zijn niet bemonsterd, en bestaan naar verwachting uit gemiddeld genomen langere alen. Dit kan worden afgeleid uit monitoringsgegevens van de aalpopulatie in de grote rivieren (data van de Monitoring van de Waterstaatkundige Toestand des Lands; MWTL monitoring) waaruit sterke aanwijzingen zijn dat de gemiddelde lengte van de aalpopulatie hoger ligt in bovenstroomse delen van het rivierengebied (zie Bijlage 4). Hierdoor is de geschatte samenstelling van de vangsten die gebruikt is in dit rapport representatief voor de vangsten uit het benedenrivierengebied, maar de vangsten van bovenstroomse vissers bestaan naar verwachting uit gemiddeld genomen grotere alen en een hoger percentage vrouwelijke alen.

De in tabel 3.1 gepresenteerde schattingen van het percentage aalvangst onder de gestelde limiet zijn voor een belangrijk deel gebaseerd op schattingen van het gemiddelde totaal-TEQ gehalte voor alen van 30-40 centimeter uit alle gesloten gebieden en op de schattingen van de geslachtsamenstelling en lengte-samenstelling van de vangsten uit deze gebieden. Er zullen in werkelijkheid verschillen zijn tussen vangstlocaties in de biologische samenstelling (lengten en vetgehalten) van de aalvangst en gemiddelde en spreiding van totaal-TEQ gehalten bij alen van 30-40 cm. Gemeten totaal-TEQ gehalten van alen van 30-40 cm in bovenstroomse gebieden liggen in een aantal gevallen gemiddeld genomen lager dan die van het benedenrivierengebied. Dit beeld is echter niet geldig voor alle gebieden; er zijn bijvoorbeeld ook benedenstroomse gebieden waar metingen van totaal-TEQ gehalten gemiddeld lager liggen dan het geschatte gemiddelde voor alle gebieden. Dit betekent dat de geschatte gemiddelde totaal-TEQ gehalten in alen van 30-40 centimeter een overschatting zal zijn voor een aantal (waaronder voornamelijk bovenstroomse) locaties, en een onderschatting voor een aantal (voornamelijk benedenstroomse) locaties. Tegelijkertijd is het aandeel kleine alen (die de hoogste percentages onder de gestelde limiet hebben) uit de vangsten van bovenstroomse locaties waarschijnlijk overschat. In opties 1 en 2 wordt een curve voor de verdeling van TEQ waarden (gemiddelde en spreiding daar omheen) per lengte-klasse geschat die de situatie voor één 'gemiddelde' locatie (met gemiddelde TEQ-waarden uit de mengmonsters in alen van 30-40 centimeter) beschrijft. Hierdoor worden de percentages vangsten onder de limiet in deelgebieden met relatief lagere TEQ-waarden méér onderschat dan dat deze percentages worden overschat in deelgebieden met relatief hogere TEQ waarden.

Een andere schatting van het totale tonnage vangsten uit alle gebieden onder de limiet wordt bereikt indien er voor afzonderlijke deelgebieden tonnages vangsten onder de limiet worden berekend en deze vervolgens voor alle gebieden worden opgeteld (optie 3). In deze optie is het tonnage vangsten onder de limiet berekend, waarbij per VBC een gemiddelde TEQ-waarde is gebruikt.

De schatting onder optie 3 is om deze reden mogelijk beter, maar houdt geen rekening met het feit dat er in sommige VBC's relatief weinig metingen in het jaarlijkse monitoringsprogramma met mengmonsters zijn; hierdoor is de schatting per VBC onzeker. Tevens ligt het in de lijn der verwachting dat er ook aanzienlijke verschillen kunnen bestaan in totaal-TEQ gehalten op verschillende locaties binnen een VBC (zie VBC 13). De verwachting is dat de berekeningswijze van optie 3 de beste schatting geeft van het percentage van de vangst dat onder de limiet van 12 pg/g ligt.

In geen van de drie opties wordt rekening gehouden met mogelijke verschillen tussen locaties in de biologische samenstelling van de vangsten ( lengteverdeling en sex ratio) omdat er geen biologische gegevens van de vangsten van bovenstroomse vissers beschikbaar zijn. Hierdoor is het niet mogelijk om voor bovenstroomse locaties een afweging te maken in welke mate een mogelijke overschatting van de gemiddelde totaal-TEQ gehalte van alen tussen de 30-40 cm (en daardoor een mogelijke onderschatting van het percentage vangsten onder de limiet) opweegt tegen een mogelijke overschatting van het aandeel kleinere alen (en daardoor een mogelijke overschatting van het percentage vangsten onder de limiet).

## 5. Kwaliteitsborging

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 57846-2009-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2012. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling Milieu over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 27 maart 2013 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie.

RIKILT gebruikt in haar onderzoek een groot aantal geaccrediteerde methoden. RIKILT is geaccrediteerd op basis van ISO 17025 en ILAC G13. De betreffende testen zijn te vinden op [www.rva.nl](http://www.rva.nl) onder nummer L014 en R013. De analyse op dioxines en PCB's is een van deze geaccrediteerde testen. Ook het RIKILT hecht grote waarde aan de kwaliteit van de uitgevoerde werkzaamheden en streeft naar continue verbetering van het kwaliteitssysteem. Deze accreditatie is geldig tot 1 november 2013 en is voor het eerst verleend op 18 augustus 1989; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie.

## 6. Referenties

1. de Boer, J., and Hagel, P. (1994) Spatial differences and temporal trends of chlorobiphenyls in yellow eel (*Anguilla anguilla*) from inland waters of the Netherlands, *Sci. Total Environ.* 141, 155-174.
2. Hoogenboom L.A.P., M. J. J. K., M. Hoek&van Nieuwenhuizen, M.K. van der Lee, W.A. Traag. (2007) Onderzoek naar dioxines, dioxine&achtige PCB's en indicator&PCB's in paling uit de Nederlandse binnenwateren, *RIKILT IMARES Rapport 2007.003*.
3. Keeken, O. A. v. B., S.M.; Wiegerinck, J.A.M.; Goudswaard, P.C. (2010) Proefproject marktmonstering aal 2009. , *IJmuiden : IMARES, (Rapport C028/10)*.
4. Keeken, O. A. v., S. Bierman, H. Wiegerinck, K. Goudswaard, E. Kuijs. (2011) Proefproject Marktmonstering Aal Voortgang 2010, *IMARES rapport C053/11*
5. Houde, M., Muir, D. C. G., Kidd, K. A., Guildford, S., Drouillard, K., Evans, M. S., Wang, X. W., Whittle, D. M., Haffner, D., and Kling, H. (2008) Influence of lake characteristics on the biomagnification of persistent organic pollutants in lake trout food webs, *Environ. Toxicol. Chem.* 27, 2169-2178.
6. Ryan, M. J., Stern, G. A., Diamond, M., Croft, M. V., Roach, P., and Kidd, K. (2005) Temporal trends of organochlorine contaminants in burbot and lake trout from three selected Yukon lakes, *Sci. Total Environ.* 351, 501-522.
7. Stow, C. A., and Carpenter, S. R. (1994) Pcb Accumulation in Lake-Michigan Coho and Chinook Salmon - Individual-Based Models Using Allometric Relationships, *Environmental Science & Technology* 28, 1543-1549.



# Verantwoording

Rapport C119/11

Projectnummer: 4308501012

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende afdelingshoofd van IMARES.

Akkoord: Dr. M.G. de Graaf  
Collega onderzoeker

Handtekening:



Datum: 11 oktober 2011

Akkoord: Drs. J.H.M. Schobben  
Hoofd afdeling Milieu

Handtekening:



Datum: 11 oktober 2011

## Bijlage 1: Beschrijving van het rekenmodel

Per geslacht en lengte-klasse (met intervallen van 5 centimeter) is er geschat wat de verdeling (het gemiddelde en de spreiding daar om heen) van de totaal-TEQ-gehalten is. Dit wordt gedaan met behulp van eengeschatte relatie van TEQ met lengte van de aal (per geslacht) en door de TEQ voor alen van 35 centimeter gelijk te stellen aan een onafhankelijk berekende waarde (de 'leidende' geschatte gemiddelde TEQ voor het totaal van de gesloten gebieden). De dataset met totaal-TEQ-gehalten en biologische gegevens (lengte en geslacht) van 100 alen van twee locaties (data set 4; Figuur 1.4.1 t/m 1.4.3) is gebruikt om te schatten in welke mate totaal-TEQ-gehalten gemiddeld genomen toenemen met lengte van alen per geslacht (richtingscoëfficiënt per geslacht), en wat de verdeling aan totaal-TEQ-gehalten bij gegeven geslacht en lengte van alen is. De leidende gemiddelde TEQ waarde voor de gesloten gebieden voor alen van 35 centimeter is berekend uit de lange termijn monitoring dataset (data set 3) van mengmonsters (van alen tussen de 30 en 40 centimeter). Met deze gegevens kan er per geslacht en lengte-klasse worden berekend wat het gemiddelde gehalte en de proportie alen onder de limiet is. Deze proporties van aal onder de limiet zijn vermenigvuldigd met de geschatte proporties (op gewichtsbasis) per geslacht en lengte-klasse van de vangst, en vervolgens gesommeerd. Dit gesommeerde aandeel (op gewichtsbasis) van aal onder de limiet in de vangst is vermenigvuldigd met de schatting van de total vangst in 2010.

Laat  $y_i$  de gemeten TEQ en  $x_i$  de gemeten lengte (in centimeters) zijn van aal  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, 100$ ). Twee lineaire regressiemodellen die gemeten totaal-TEQ-gehalten per aal voorspellen per locatie en geslacht aan de hand lengte zijn geparаметeriseerd:

- 1) een model waarbij de originele (niet logaritmisches getransformeerde) waarden zijn gebruikt, en;
- 2) een model met log-getransformeerde lengten en totaal-TEQ-gehalten

$$y_i = a_{j(l,k)} + b_{j(l)}(x_i - 35) + e_i \quad \text{Model 1}$$

$$\log_e(y_i) = c_{j(l,k)} + d_{j(l)}(\log_e(x_i) - \log_e(35)) + u_i \quad \text{Model 2}$$

Hierbij zijn  $a_{j,k}$  en  $c_{j,k}$  parameters voor de intercepten van respectievelijk model 1 en 2, per geslacht  $j$  en locatie  $k$  van aal ( $j \in \{\text{man, vrouw}\}$ , en  $k \in \{\text{Hollands Diep, IJssel}\}$ ),  $b_j$  en  $d_j$  parameters voor de richtingscoëfficiënten per geslacht  $j$ , en  $e_i \sim N(0, \sigma_{e_j}^2)$  en  $u_i \sim N(0, \sigma_{u_j}^2)$  residuen die normaal verdeeld zijn met parameters voor de variantie  $\sigma_{e_j}^2$  (model 1) en  $\sigma_{u_j}^2$  (model 2) voor alen van geslacht  $j$ .

In de bovenstaande modellen is gekozen voor het centreren van lengten van alen rond de waarde van  $x_i = 35$ . De keuze van deze waarde is niet van invloed op de resultaten van deze regressiemodellen, maar zorgt ervoor dat de geschatte waarden van de intercepten uit model 1 en 2 (parameters  $a_{j(l,k)}$  en  $c_{j(l,k)}$ ) op eenvoudige wijze kunnen worden geïnterpreteerd als schattingen van totaal-TEQ-gehalten van alen bij lengten van 35 centimeter. Hierdoor kunnen deze waarden makkelijker worden vergeleken met totaal-TEQ-gehalten zoals gemeten in de reguliere monitoring (30-40 cm alen), alhoewel de gemiddelde lengte van alen in mengmonsters nooit exact 35 centimeter is en de geslachtsverhouding (het % mannetjes) van mengmonsters onbekend is.

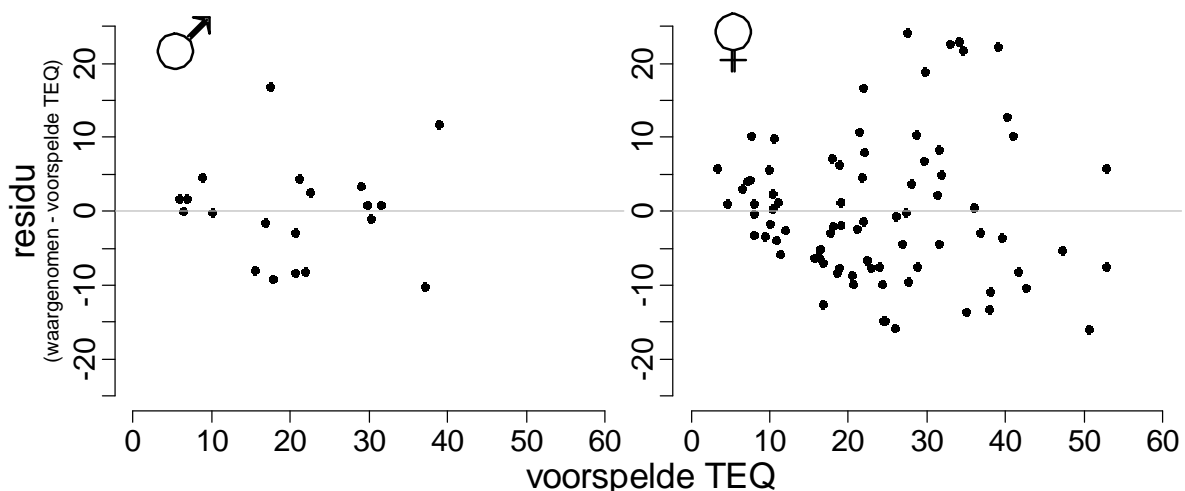
De parameters zijn geschat met behulp van de 'lm' functie in het statistische software pakket R (<http://cran.r-project.org/>), door middel van het minimaliseren van de som van de kwadraten van residuen.

Vervolgens is geëvalueerd of de voornaamste aannames van de modellen redelijk zijn. De voornaamste modelaannames zijn:

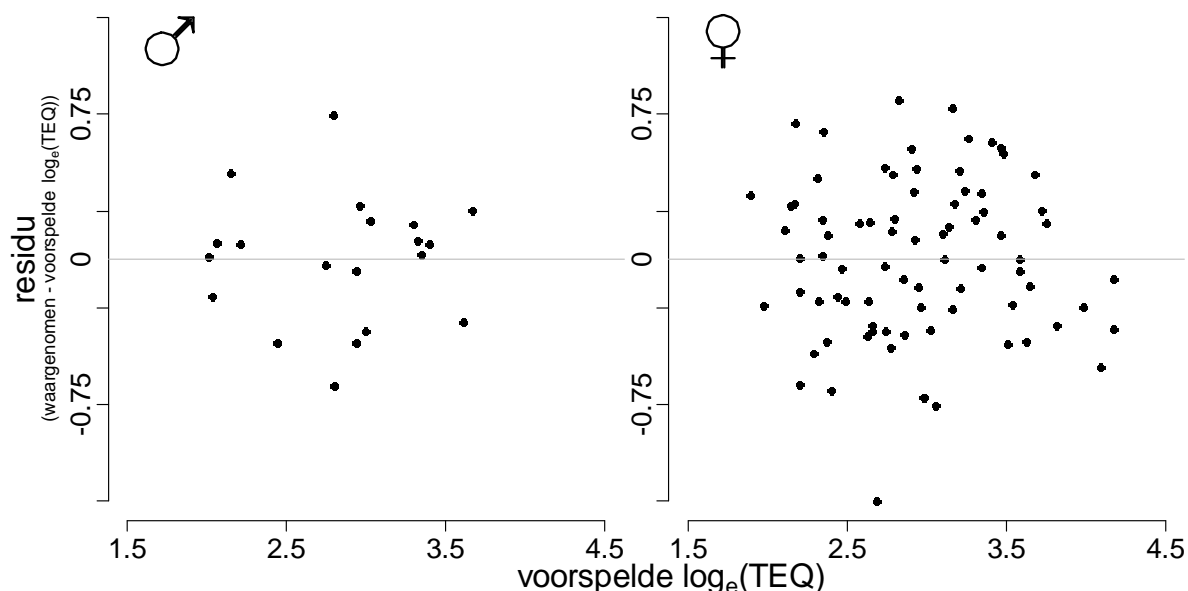
- 1) Alle paren van waarnemingen zijn onafhankelijk van elkaar
- 2) De relatie tussen (al dan niet log-getransformeerde) TEQ en lengte is lineair
- 3) De residuen van het regressiemodel zijn normaal verdeeld
- 4) De variantie van de residuen is constant over de voorspelde waarden

Modelaannames 2, 3 en 4 zijn geëvalueerd aan de hand van diagnostische grafieken die standaard worden gemaakt door de meeste statistische software pakketten. Aanname 1 is alleen redelijk indien de beperkte steekproef van alen van twee locaties een representatief beeld geeft van de cruciale parameters die met deze dataset worden verkregen: 1) de richtingscoëfficiënt (één per geslacht) voor toename in totaal-TEQ met toename in lengte van de aal, en; 2) de spreiding aan totaal-TEQ-gehalten bij gegeven lente en geslacht. De toename in totaal-TEQ met toename in lengte kan goed worden verklaard op fysiologische gronden door de toename in vetgehalten met toenemende lengte (zie figuur 1.4.3). Er zijn geen aanwijzingen dat de richtingscoëfficiënten en variabiliteit in totaal-TEQ-gehalten verschillen tussen beide locaties in deze steekproef. Echter het kan zijn dat de werkelijke variabiliteit in richtingscoëfficiënten en spreiding in vTEQ-gehalten tussen locaties groter is dan op basis van deze steekproef wordt geschat.

De geschatte waarden van de parameters van deze twee regressiemodellen staan gegeven in tabel 1.5.1 en tabel 1.5.2. Figuur 1.5.1 (model 1) en 1.6.1 (model 2) zijn gebruikt om modelaannames 2, 3 en 4 te evalueren (verdere evaluatie is gedaan aan de hand van de figuren in Bijlage 5).



**Figuur 1.** De residuen (waargenomen minus voorspelde waarden) van het lineaire regressiemodel met niet-getransformeerde gegevens (model 1) tegen de door het regressiemodel voorspelde (verwachte) totaal-TEQ gehalten, voor mannelijke (linkerpaneel) en vrouwelijke (rechterpaneel) alen. Dit figuur is gebruikt om een aantal aannames van model 1 te evalueren. Voornamelijk bij de vrouwelijke alen zijn er aanwijzingen dat de variabiliteit in residuen voor hogere totaal-TEQ-gehalten toeneemt met toenemende voorspelde TEQ waarde. Tevens zijn er aanwijzingen dat positieve residuen hogere absolute waarden aannemen dan negatieve residuen. Naarmate de voorspelde totaal-TEQ-gehalten afnemen en onder waarden van ongeveer TEQ=5 komen zijn de residuen uitsluitend positief. Verdere diagnostische grafieken zijn gegeven in Bijlage 5.



**Figuur 2.** De residuen (waargenomen minus voorspelde waarden) van het lineaire regressiemodel met logaritmisches getransformeerde gegevens (model 2) tegen de door het regressiemodel voorspelde (verwachtte) totaal-TEQ gehalten, voor mannelijke (linkerpaneel) en vrouwelijke (rechterpaneel) alen. Dit figuur is gebruikt om een aantal aannames van model 2 te evalueren. Er zijn geen duidelijke aanwijzingen dat model aannames 2 t/m 4 (zie tekst hierboven) onredelijk zijn. Verdere diagnostische grafieken zijn gegeven in Bijlage 5.

**Tabel 1.** Schattingen lineair model op originele (niet-getransformeerde) schaal. Model 1: model geparameteriseerd voor vrouwtjes en mannetjes apart, met een intercept per gebied. Om de interpretatie van de geschatte waarden van de intercepten te vergemakkelijken zijn de lengten van de alen gecentreerd op een waarde van 35 centimeter (deze waarde is ruwweg vergelijkbaar met de waarden van mengmonsters van alen met lengten tussen de 30 en 40 centimeter).

omschrijving	Parameter in model 1	Schatting (standaard fout van het gemiddelde)
Intercept mannelijke alen Hollands Diep	$\beta_{\text{man, Hollands Diep}}$	26.36 (1.95)
Intercept mannelijke alen IJssel	$\beta_{\text{man, IJssel}}$	15.38 (3.41)
Richtingscoëfficiënt mannelijke alen	$\beta_{\text{man}}$	1.94 (0.51)
Intercept vrouwelijke alen Hollands Diep	$\beta_{\text{vrouw, Hollands Diep}}$	21.10 (1.95)
Intercept vrouwelijke alen IJssel	$\beta_{\text{vrouw, IJssel}}$	7.97 (1.81)
Richtingscoëfficiënt vrouwelijke alen	$\beta_{\text{vrouw}}$	0.95 (0.11)

Uit bovenstaande resultaten van modellen 1 en 2 blijkt dat er duidelijk verschillende gemiddelde totaal-TEQ-gehalten zijn tussen de geslachten en locaties in de lengte-klasse tussen 30 en 40 centimeter. Er is geen bewijs dat de richtingscoëfficiënt verschilt tussen de twee locaties voor mannelijke alen (ANOVA:  $p=0.28$ ) of vrouwelijke alen (ANOVA:  $p=0.21$ ).

Er zijn aanwijzingen dat een aantal aannames van het model dat gebaseerd is op de data op de originele (niet-getransformeerde) schaal niet redelijk zijn. Voornamelijk, er worden hogere positieve waarden van residuen gevonden dan verwacht onder de normale verdeling ('right skew') en de variabiliteit in residuen neemt toe met de gemiddelde totaal-TEQ-gehalten. Het model dat gebaseerd is op de logaritmisches getransformeerde data lijkt meer geschikt voor deze data; de modelaannames 2, 3 en 4 (zoals hierboven beschreven) zijn redelijk (evaluatie van aannames gebaseerd op een visuele inspectie van grafieken 1 en 2). Er is daarom gekozen om verder te rekenen met logaritmisches getransformeerde data. Dit heeft een aantal belangrijke consequenties voor met name de relatie tussen variabiliteit en gemiddelde (verwachtte) TEQ bij gegeven lengte. Op een logaritmische schaal neemt de variabiliteit toe met

toenemende verwachte waarde. Ook is de spreiding aan totaal-TEQ-gehalten bij gegeven lengte niet symmetrisch om de verwachte (gemiddelde) waarde maar is er een zekere mate van scheefheid (engels: skew) naar hogere totaal-TEQ-gehalten. De voornaamste nadelen van het rekenen op de logaritmische schaal is dat de resultaten moeten worden terug-getransformeerd om eenvoudig geïnterpreteerd te kunnen worden, en dat er met geometrische gemiddelden wordt gewerkt, terwijl er in een aantal rekenstappen (zoals de opschaling naar een gemiddelde TEQ-waarde in de lengte-klasse van 30-40 centimeter voor het gehele gesloten gebied) aritmetische gemiddelden moeten worden berekend. Deze nadelen kunnen echter worden verholpen door de resultaten altijd terug te transformeren naar de originele schaal (ter controle van de uitkomsten en voor het vergemakkelijken van de interpretatie) en door het toepassen van een correctiefactor bij het terug-transformeren. Deze correctiefactor is nodig om dichtbij de gewenste aritmetische gemiddelden uit te komen op de originele (niet getransformeerde) schaal.

Om de uiteindelijke schattingen van de proportie alen met waarden onder de gestelde limieten te maken is er voor gekozen om model 2 in een Bayesiaans statistisch raamwerk te implementeren, omdat er in de Bayesiaanse statistiek standaard algoritmes bestaan die kunnen worden gebruikt om modellen te parameteriseren waarbij tegelijkertijd relatief eenvoudig als bijproduct integralen van statistische verdelingen zoals modelvoorspellingen kunnen worden berekend. Een tweede voordeel is dat het de onzekerheid in de geschatte parameters (voornamelijk de richtingscoëfficiënten) ook wordt meegenomen in de modelvoorspellingen. Het regressiemodel 2 kan worden geschreven als:

$$\log_e(x_i) \sim N(\mu_i, \sigma_{f(i)}^2)$$

**Model 3a**

$$\mu_i = c_{f(i),k(i)} + d_{f(i)}(\log_e(x_i) - \log_e(35))$$

Met de parameters zoals beschreven bij model 2.

Model 3a moet compleet worden gemaakt door het specificeren van *prior* (engels; nederlands: a-priori) kansverdelingen voor de parameters. Het is in deze toepassing nadrukkelijk niet de bedoeling informatieve prior kansverdelingen te nemen. Er is daarom gekozen om uniforme kansverdelingen te gebruiken die volledig plat lopen over de range van waarden die de parameters kunnen aannemen. De range die de parameters kunnen aannemen is reeds bekend uit het geparameteriseerde model. De volgende prior kansverdelingen zijn gebruikt:

$$a_{f(i)} \sim U(-100, 100), \quad d_{f(i)} \sim U(-100, 100), \quad c_{f(i),k(i)} \sim U(0, 100)$$

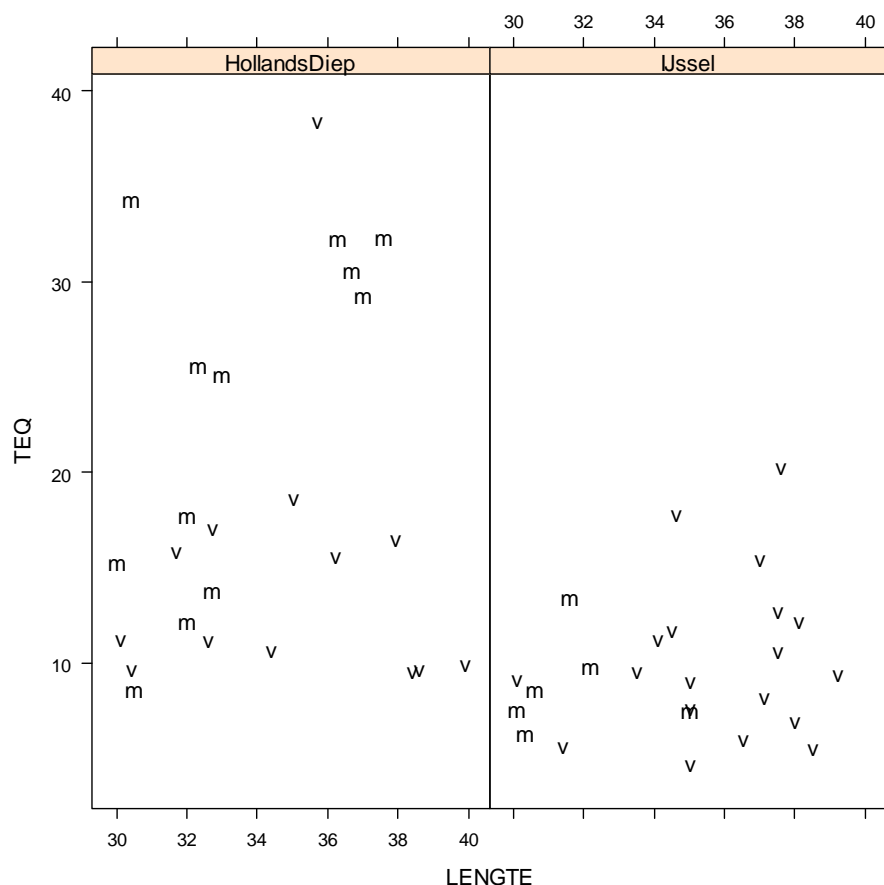
Het Metropolis Hastings algoritme is gebruikt om de *posterior* (Engels; Nederlands: a-posteriori) verdelingen van de parameters en te schatten. Omdat de a-priori verdelingen niet informatief zijn komt het er op neer dat de informatie die gebruikt wordt om de parameters te schatten vrijwel uitsluitend uit de data voortvloeit, en dat het M-H algoritme de aannemelijkheidsfunctie (engels: *likelihood*) profileert. De gemiddelden van de a-posteriori kansverdelingen verkregen met het M-H algoritme zijn daarom vrijwel identiek aan de schattingen verkregen met het least-squares algoritme gebruikt om de parameters uit model 2 te schatten (tabel 2). In bijlage 3 is beschreven hoe is gecontroleerd of het M-H algoritme naar behoren heeft gewerkt.

Tabel 2. Schattingen lineair model op logaritmisch getransformeerde schaal; schattingen met least squares (model 2) en Metropolis Hastings algoritme (model 3a). Om de interpretatie van de geschatte waarden van de intercepten te vergemakkelijken zijn de lengten van de alen gecentreerd op een waarde van 35 centimeter (deze waarde is grofweg vergelijkbaar met de waarden van mengmonsters van alen met lengten tussen de 30 en 40 centimeter).

parameter	Omschrijving	Schatting (least squares)	Schatting (Metropolis Hastings)
$\hat{\alpha}_{Hollands\ Diep, man}$	Intercept mannelijke alen Hollands Diep	3.19 (0.10)	3.19 (0.11)
$\hat{\alpha}_{IJssel, man}$	Intercept mannelijke alen IJssel	2.44 (0.17)	2.44 (0.19)
$\hat{\alpha}_{Hollands\ Diep, vrouw}$	Intercept vrouwelijke alen Hollands Diep	2.78 (0.09)	2.78 (0.09)
$\hat{\alpha}_{IJssel, vrouw}$	Intercept vrouwelijke alen IJssel	2.20 (0.08)	2.20 (0.08)
$\hat{\beta}_{man}$	Richtingscoëfficiënt mannelijke alen	2.87 (0.87)	2.86 (0.97)
$\hat{\beta}_{vrouw}$	Richtingscoëfficiënt vrouwelijke alen	2.08 (0.21)	2.08 (0.21)
$\hat{\sigma}_{man}$	Standaarddeviatie residuen mannelijke alen	0.33 *	0.38 (0.07)
$\hat{\sigma}_{vrouw}$	Standaarddeviatie residuen vrouwelijke alen	0.41 *	0.42 (0.03)

\* Een schatting van de onzekerheid van de geschatte variantie van de residuen kan niet worden verkregen met model 2.

De gemiddelde TEQ die in de dataset met totaal-TEQ-gehalten van individuele alen is gemeten bij alen van 30-40 centimeter, is niet direct representatief voor de totaal-TEQ-gehalten die gevonden worden in de gesloten gebieden. De dataset met totaal-TEQ-waarden uit de reguliere monitoring met behulp van de mengmonsters geeft een veel uitgebreider ruimtelijk en tijdelijk beeld van totaal-TEQ-gehalten bij alen tussen de 30-40 cm. De voorspelde verdelingen (gemiddelden en spreidingen) aan totaal-TEQ-gehalten bij gegeven lengte en geslacht uit model 3a moeten daarom nog worden opgeschaald naar een gemiddelde TEQ voor het rivierengebied die geldt voor de lengte-klasse 30 tot 40 centimeter. Verscheidene scenario's voor het berekenen van een gemiddeld totaal-TEQ gehalte voor het gehele gesloten gebied zijn bekeken. Deze totaal-TEQ gehalten gelden voor de lengte-klasse 30-40 centimeter uit mengmonsters met een onbekende geslachtsverhouding. Op de geschatte gemiddelde TEQ-waarde voor het gesloten gebied (schatting gemaakt met behulp van data uit mengmonsters) wordt vervolgens een correctiefactor toegepast om de TEQ per geslacht te schatten voor alen van 35 centimeter. Vervolgens wordt de intercept van de regressievergelijking uit model 3a gesteld op deze geschatte totaal-TEQ-gehalten, waarna met de geschatte parameters van model 3a (richtingscoëfficiënt en variantie per geslacht) een schatting wordt gemaakt van de verdeling (gemiddelde en spreiding) van totaal-TEQ-gehalten per lengte-klasse. De correctiefactor om de geschatte gemiddelde TEQ om te zetten in een geschatte TEQ per geslacht in de lengte-klasse 30-40 cm is berekend uit de dataset met totaal-TEQ-gehalten van individuele alen (figuur 3 en tabel 3). Met behulp van een de regressievergelijking op de originele schaal (model 1) is er per geslacht en locatie een verwachte TEQ-waarde bij alen van 35 centimeter berekend (tabel 3).



**Figuur 3.** totaal-TEQ-gehalten per locatie en geslacht voor alen tussen de 30 en 40 centimeter. Dit zijn dezelfde data zoals gepresenteerd in figuur 1.4.1 (data set 4) maar gefocust op alen tussen de 30 en 40 centimeter.

**Tabel 3.** Gemiddelde lengten, sex-ratio en gemiddelde totaal-TEQ-gehalten voor alen tussen de 30 en 40 centimeter in de steekproef. Ook is er een geschatte waarde van TEQ bij 35 centimeter gegeven: schattingen verkregen door model 1. Deze gegevens zijn berekend met data set 4 (totaal-TEQ gehalten van 100 individuele alen).

	% in 30 – 40 cm	Gemiddelde lengte (cm)	Gemiddelde totaal-TEQ	Geschatte totaal-TEQ op 35 cm
Hollands Diep man	48%	33.4	23.1	26.4
Hollands Diep vrouw	52%	34.9	15.0	19.6
IJssel man	24%	31.6	8.9	15.4
IJssel vrouw	76%	35.8	10.2	9.2
Hollands Diep			18.9	22.1
IJssel			9.9	9.8

Uit de geschatte totaal-TEQ gehalten van alen van 35 centimeter per geslacht en gebied zijn ratios berekend ten opzicht van het aritmetische gemiddelde van alle alen tussen de 30 en 40 centimeter per geslacht en gebied. Dit levert twee ratios per geslacht (één per gebied) op, en voor de uiteindelijke schattingen is het gemiddelde van deze twee gebieden genomen:

Ratio voor mannetjes Hollands Diep:  $26.36/22.06 = 1.19$

Ratio voor mannetjes IJssel:  $15.38/9.79 = 1.57$

Ratio voor vrouwtjes Hollands Diep:  $19.62/22.06 = 0.89$

Ratio voor vrouwtjes IJssel:  $9.21/9.79 = 0.94$

Gemiddeld genomen over de twee gebieden komt dit voor mannetjes uit op:  $(1.19+1.57)/2 = 1.38$

Gemiddeld genomen over de twee gebieden komt dit voor vrouwtjes uit op:  $(0.89+0.94)/2 = 0.92$

Het opschalen naar de totaal-TEQ-gehalten van alen van 35 centimeter per geslacht is uitgevoerd op logaritmische schaal. Na terugtransformeren is de variabiliteit op de originele schaal niet symmetrisch waardoor een correctiefactor nodig is zodat het aritmetische gemiddelde van de voorspelde verdeling aan totaal-TEQ-gehalten bij alen van 35 centimeter ook daadwerkelijk uitkomt bij de gestelde waarde:

$$z_{q,j} \sim N(\theta_{q,j}, \sigma_j^2)$$
$$\theta_{q,j} = c_{j,k=\text{Hollands Diep}} + TEQ_j + d_j(\log_e(q) - \log_e(35)) - 0.5 * f(p_j) \quad \text{Model 3b}$$

De parameters in dit model zijn hetzelfde zoals beschreven in model 2 en 3a hierboven.. De waarde  $TEQ_j$  is het verschil tussen de gestelde ('leidende') gemiddelde TEQ-waarde per geslacht voor alen van 35 centimeter voor de gesloten gebieden en het gemiddelde van de geschatte a-posteriori verdeling van de intercept voor het Hollands Diep  $c_{j,k=\text{Hollands Diep}}$ ,  $q$  is een serie middelpunten van een serie van lengte- klassen met intervallen van 5 centimeter  $q \in \{27.5, 32.5, 37.5, \dots, 87.5, 92.5, 97.5\}$ . De correctie voor logaritmische terug-transformatie is gegeven door  $-0.5 * f(p_j)$ , waarbij de functie  $f()$  de variantie is van de voorspelde verdeling van de totaal-TEQ gehalten bij lengten van 35 centimeter:

$p_j \sim N(c_{j,k=\text{Hollands Diep}} + TEQ_j, \sigma_j^2)$ . Alle schattingen zijn gemaakt door te simuleren met behulp van de gemeenschappelijke 1-posteriori verdeling van de parameters.

Bij de berekeningen is ter controle het gemiddelde van de opgeschaalde voorspelde verdeling aan totaal-TEQ-gehalten bij 35 centimeter berekend en vergeleken met de gestelde ('leidende') totaal-TEQ-gehalten per geslacht bij 35 cm. In alle gevallen valt de berekende TEQ waarde een fractie lager uit dan de gestelde TEQ waarde; het verschil tussen de twee waarden is in alle gevallen minder dan 1 procent van de gestelde TEQ waarde. Deze verschillen zijn dermate klein dat ze een verwaarloosbare invloed hebben op de uiteindelijk schattingen van het percentage aal vangsten onder de gestelde limiet.

In de dataset van totaal-TEQ-gehalten van individuele alen (figuren 2.4.1 – 2.4.3 ) zijn er slechts weinig vrouwelijke alen met lengten boven de 60 centimeter. Een laatste stap in het opstellen van het model bestaat daarom uit het beslissen in welke mate totaal-TEQ-gehalten naar verwachting blijven toenemen bij toenemende lengten boven de (ongeveer) 60 centimeter. De totaal-TEQ gehalten zullen naar verwachting gemiddeld genomen blijven toenemen indien de vetgehalten blijven toenemen. Echter, vrouwelijke alen kunnen transformeren naar het schieraalstadium bij een grote range aan lengten vanaf ongeveer 50 centimeter tot 100 centimeter (3) Het bereiken van een afdoende vetgehalte speelt waarschijnlijk een belangrijke rol bij het transformeren tot schieraal, omdat de vetreserve afdoende moet zijn om de trek naar de paaigronden succesvol af te kunnen leggen. Omdat de spreiding in lengten waarbij het schieren plaatsvindt bij vrouwelijke alen zo groot is, is naar verwachting de spreiding in vetgehalten ook relatief groot bij deze alen. Voor grote vrouwelijke alen is de spreiding in vetgehalten (de mate waarin de transformatie naar het schieraal stadium is genaderd) daarom waarschijnlijk een voorname oorzaak van variabiliteit in totaal-TEQ gehalten. Variabiliteit in vetgehalten tussen individuen kan veroorzaakt worden door vele zaken, waaronder ziekten, parasieten, genetische verschillen of verschillen in voedselaanbod. In deze dataset liggen de waargenomen vetgehalten van de vrouwelijke alen boven de 60 centimeter tussen de 18 en de 30%. Vrouwelijke alen kunnen nog vetter worden, maar er is een biologische grens van ongeveer 40%. Data van monitoring schieraal 2006 (gevangen in Nederlands benedenrivierengebied in september en december) lieten zien dat het gemiddelde vetpercentage van vrouwelijke schieraal 29 % bedroeg, bij een gemiddelde lengte van 68 cm. Het hoogst gemeten vetpercentage bedroeg 35.7 %. Het ligt daarom in de lijn der verwachting dat totaal-TEQ gehalten minder hard zullen toenemen met toenemende lengte voor alen boven de 60 cm en uiteindelijk afvlakken. Het ligt daarom in de lijn der verwachting dat vetgehalten, en daarom ook totaal-TEQ gehalten, gemiddeld genomen minder hard zullen stijgen bij vrouwelijke alen boven ongeveer 60 cm, en uiteindelijk zal deze toename waarschijnlijk afvlakken. Er is daarom gekozen om in het model de totaal-TEQ gehalten voor vrouwelijke alen boven de 65 centimeter gelijk te stellen aan de geschatte



spreiding in totaal-TEQ gehalten van vrouwelijke alen in de 60-65 centimeter klasse. Het uiteindelijke model wordt daarom:

$$x_{q,j} \sim N(\theta_{q,j}, \sigma_j^2)$$

$$\theta_{q,j} = c_{j,k=\text{Hollands Diep}} + TEQ_j + d_j(\log_e(q) - \log_e(35)) - 0.5 * f(p_j)$$

$$\theta_{q=60-65,j} = \theta_{q=60,j}$$

**Model 3c**

Met de parameters zoals beschreven in model 3b.

Een schatting van het gewichtsaandeel aal in de vangsten onder de gestelde limiet,  $T_{clean}$ , wordt vervolgens verkregen door het sommeren van de producten van de geschatte proporties aan individuen per lengte-klasse en geslacht die onder de gestelde limiet vallen,  $R_{l,q}$ , met het geschatte gewichtsaandeel van de vangsten in die lengte-klasse,  $R_{l,q}$  (per geslacht  $j$  en lengte-klasse  $q$ ):

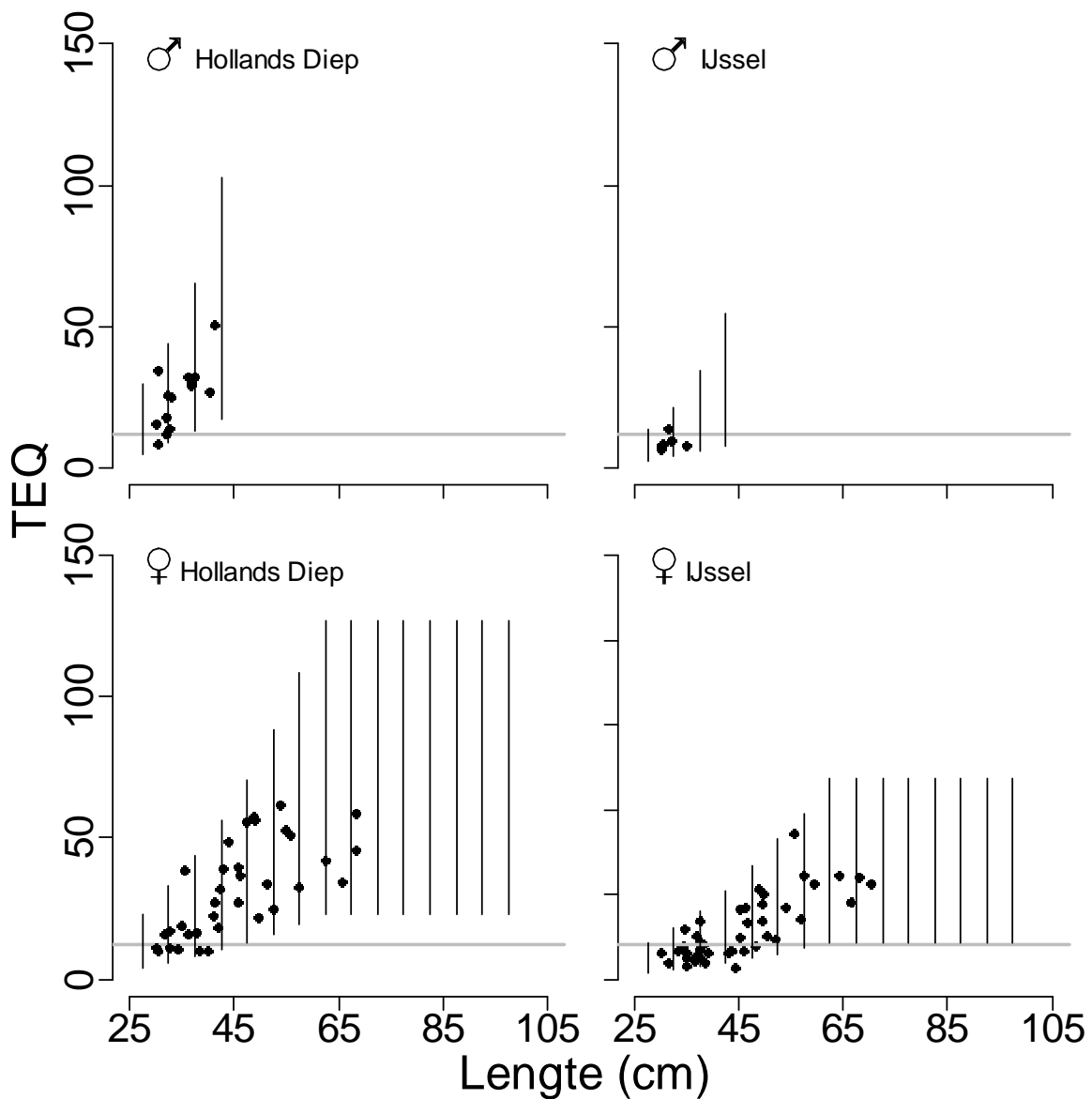
$$T_{clean} = \sum_{q,j} R_{l,q} R_{j,q}$$

Het geschatte tonnage aan vangsten,  $V_{clean}$ , dat onder de limiet valt wordt verkregen door  $T_{clean}$  te vermenigvuldigen met de totale vangst:

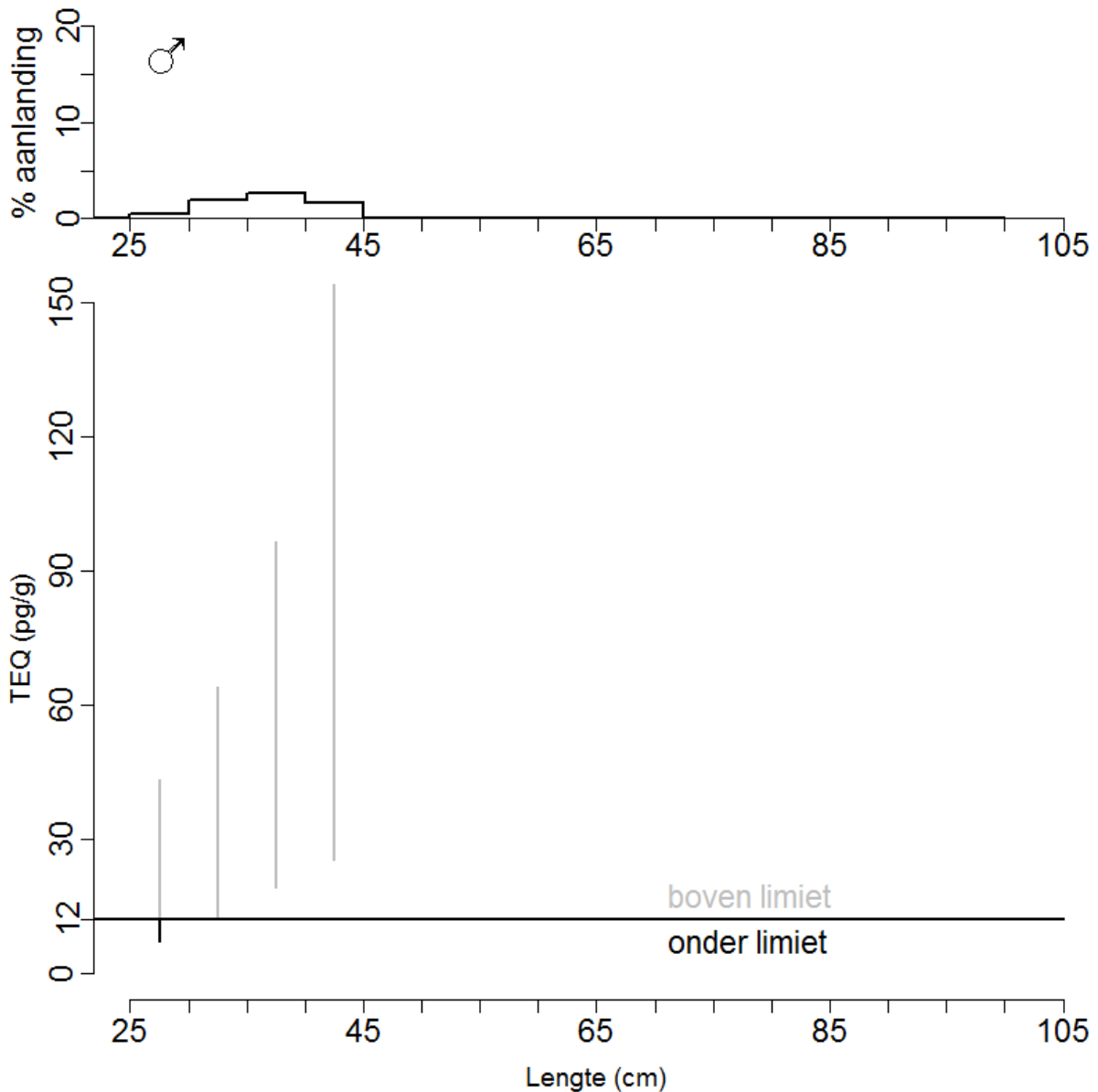
$$V_{clean} = 1714 \times T_{clean}$$

Ter controle en illustratie van de werking van het regressiemodel (model 3a) is in figuur 4 een vergelijking weergegeven van de waargenomen totaal-TEQ gehalten en voorspelde verdelingen (gemiddelden en spreiding) aan totaal-TEQ gehalten per gebied en geslacht in de twee vangstlocaties IJssel en Hollands Diep, waarbij *geen opschaling* naar een gemiddeld totaal-TEQ gehalte is gedaan. Deze figuur is daarom uitsluitend illustratief (om model 3c te controleren en interpreteren) en is niet gebruikt om schattingen te maken van het gewichtsaandeel van aalvangsten dat onder de gestelde limiet valt.

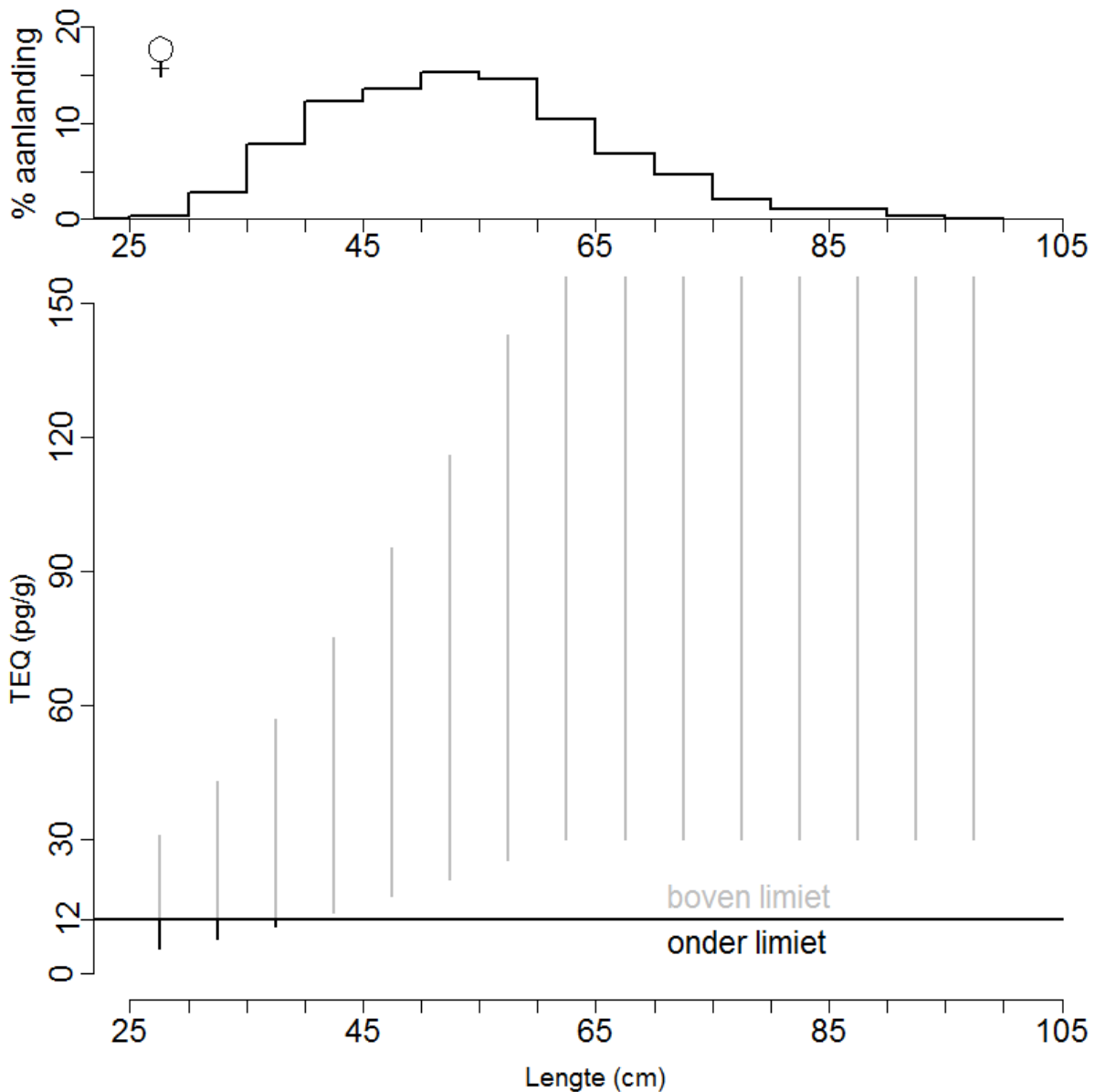
Een illustratie van de uiteindelijke rekenmethode is gegeven in figuur 5 en 6, waarbij model 3c (met opschaling naar een geschatte gemiddelde TEQ van 24 voor de gesloten gebieden) is gebruikt voor het schatten van de proportie schone alen per geslacht en lengte-klasse, gecombineerd met de proportie gewichtsaandeel per geslacht en lengte-klasse. De uiteindelijke schattingen van de totale tonnages aan aal die onder de gestelde totaal-TEQ limiet (12 pg/g) vallen in de (hypothetische) vangsten door beroepsvissers in de gesloten gebieden zijn gegeven in tabel 4. De schattingen zijn gemaakt voor een aantal opties die verschillen in de manier waarop het gemiddeld totaal-TEQ gehalte voor de gesloten gebieden voor alen van 35 centimeter zijn berekend uit de dataset met mengmonsters. De totaal-TEQ-data in onderstaande tabel zijn de data vermeld in het rapport "Onderzoek naar dioxines, dioxineachtige PCB's en indicator-PCB's in paling uit Nederlandse binnenwateren 2006". De data zijn het gemiddelde van het jaar 2009 en 2010. Schuingedrukte data zijn 1 keer gemeten. De informatie over VBC's en vangsten komen uit datasets 1 en 2. Onder totaal-TEQ gemiddeld is het gemiddelde voor alle locaties in een bepaalde VBC berekend en gekoppeld aan de hoeveelheid aal gevangen in die VBC. Uiteindelijk is daarmee een gemiddelde TEQ-gehalte berekend voor alle VBC's gezamenlijk.



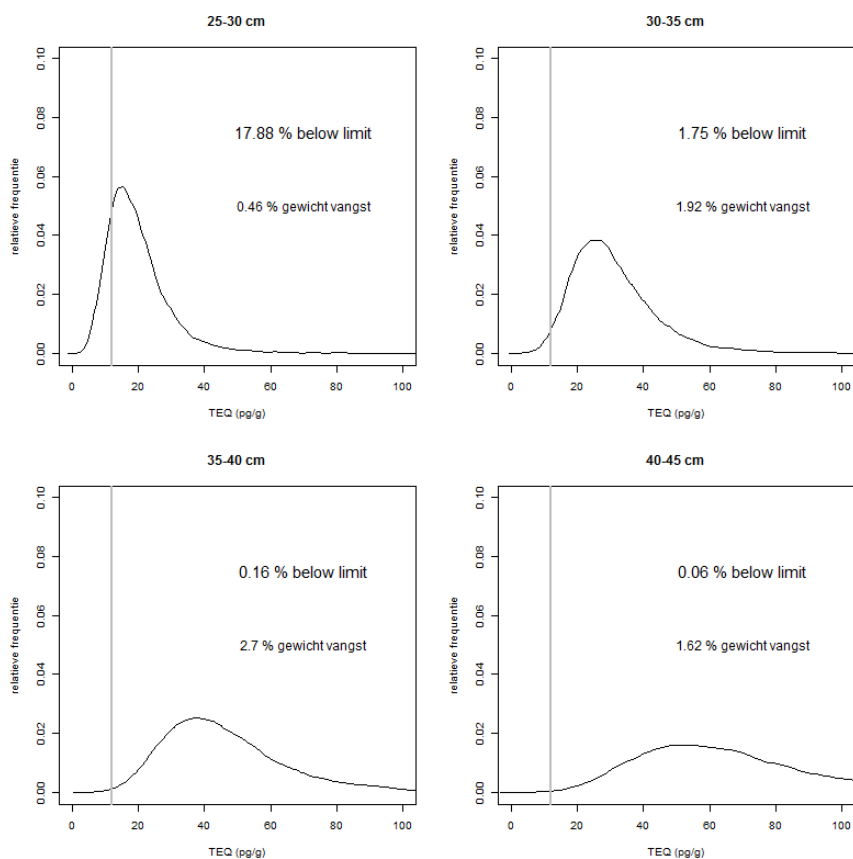
**Figuur 4.** Illustratie van de werking van model 3a en de overeenkomsten van dit model met de waarnemingen van TEQ metingen van 100 individuele alen (data set 4). Weergegeven zijn waargenomen gehalten (bolletjes) en de voorspelde spreiding (95% predictie interval; verticale lijnen) van totaal-TEQ-gehalten per lengte-klasse en geslacht voor alen uit de IJssel en het Hollands Diep. Een voorspelling van de spreiding aan totaal-TEQ gehalten is gemaakt voor alle lengte-klassen met intervallen van 5 centimeter. De voorspellingen zijn gemaakt met behulp van model 3a, waarbij geen opschaling is gedaan naar een geschatte gemiddelde TEQ waarde in de 30-40 centimeter klasse voor de gesloten gebieden. De verticale lijnen geven een 95% voorspellings-interval (engels: credible interval). De horizontale grijze lijn geeft de limietwaarde voor totaal-TEQ=12 pg/g. Deze figuur is uitsluitend illustratief en is niet gebruikt om schattingen te maken van het gewichtsaandeel van aalvangst die onder de gestelde limiet valt.



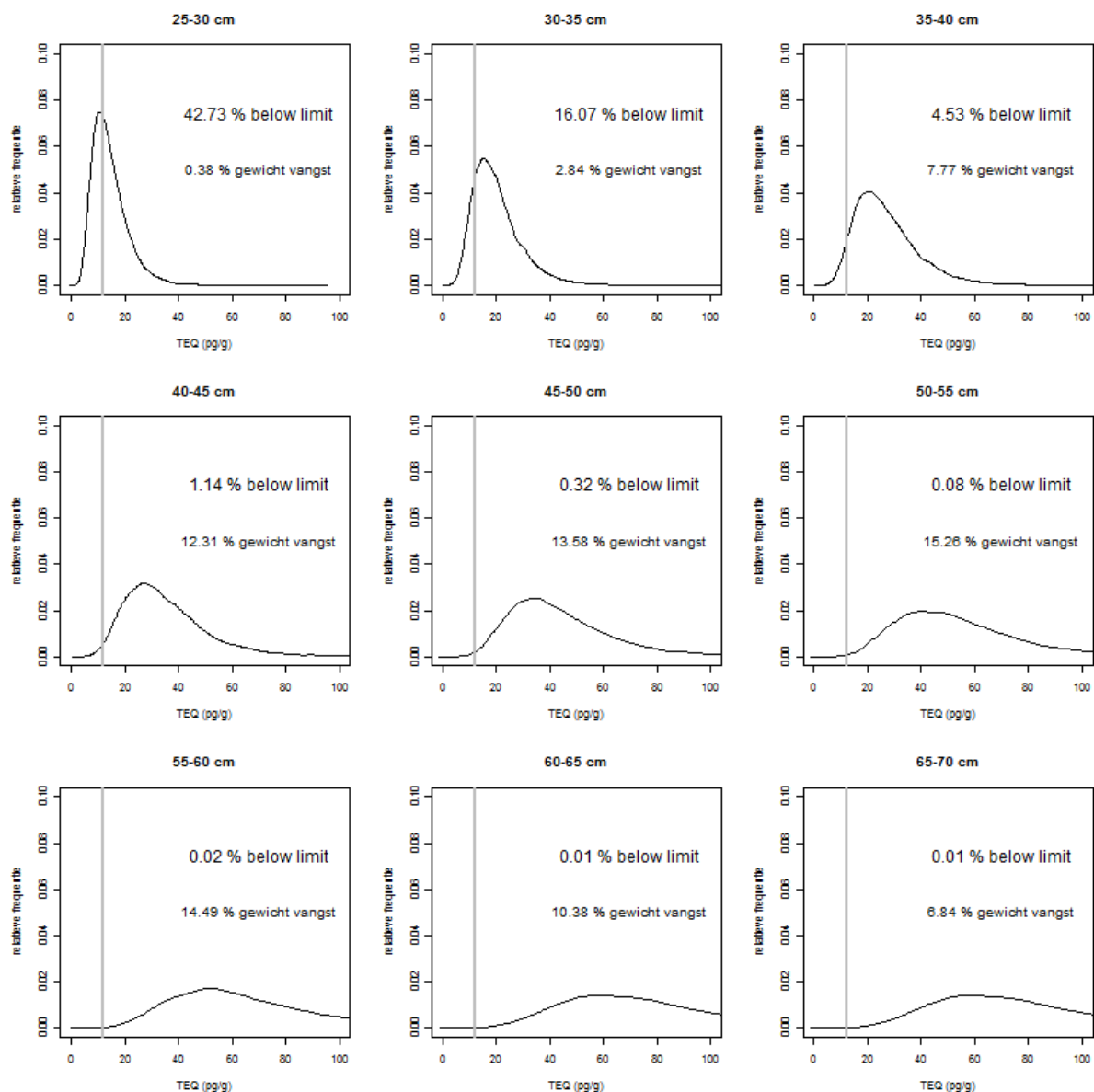
**Figuur 5.** Illustratie van de schattingen voor mannelijke alen. Het bovenste paneel geeft de geschatte proportie per lengte-klasse (intervallen van 5 centimeter) van het totale aangelande gewicht in de gesloten gebieden in 2010. In het onderste paneel staat de geschatte spreiding (verticale lijnen; 95% predictie interval) van totaal-TEQ gehalten per lengte-klasse. De zwarte horizontale lijn is getrokken op de gestelde limiet van totaal-TEQ=12 pg/g. De proportie alen per lengte-klasse onder de limiet is ruwweg gelijk aan de proportie van de verticale lijnen die onder de zwarte lijn valt (weergegeven in zwart). Bij deze schattingen is gewerkt met het scenario waarbij voor mannelijke alen van 35 centimeter de totaal-TEQ is gesteld op TEQ=35.6 pg/g (optie 2). Door de geschatte proportie alen onder de limiet (onderste paneel) te combineren met de geschatte gewichtsaandelen in de vangst (bovenste paneel) wordt een goed beeld verkregen van de orde grootte van de schatting van het totale gewichtsaandeel in de vangst dat onder de limiet valt. Echter, de werkelijke schattingen zijn gemaakt met de onderliggende log-normale verdelingen per lengte-klasse.



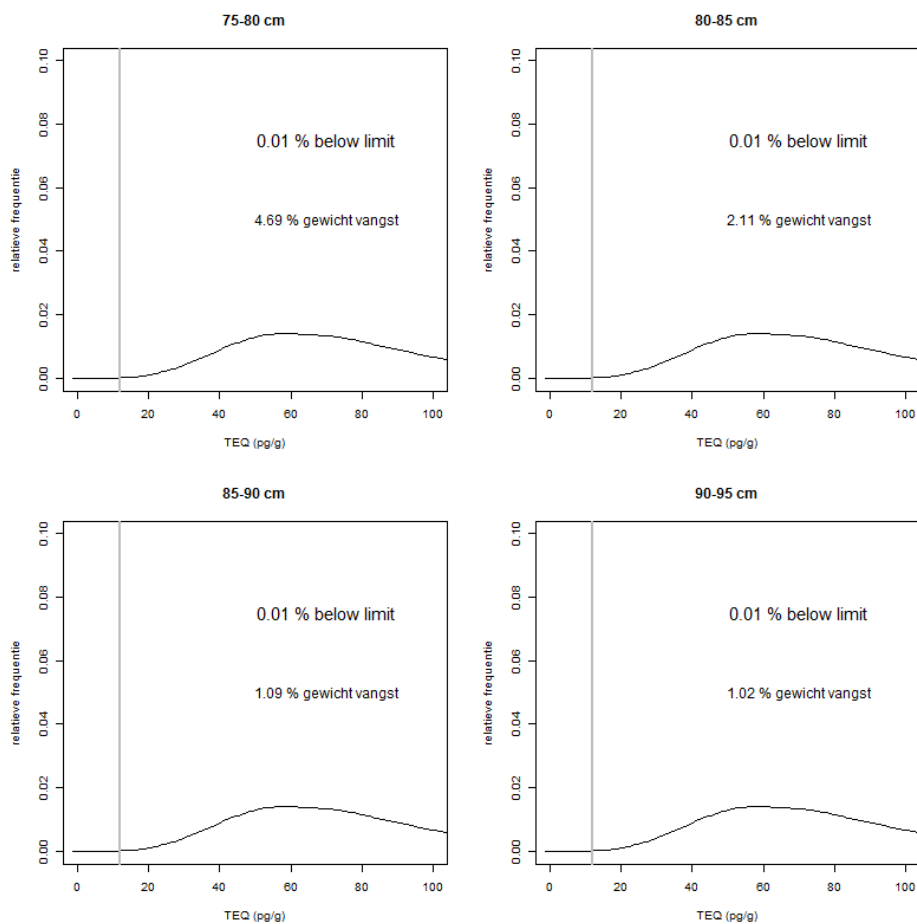
**Figuur 6.** Illustratie van de rekenmethode voor vrouwelijke alen. Het bovenste paneel geeft de geschatte proportie per lengte-klasse (intervallen van 5 centimeter) van het totale aangelande gewicht in de gesloten gebieden in 2010. In het onderste paneel staat de geschatte spreiding (verticale lijnen; 95% predictie interval) van totaal-TEQ gehalten per lengte-klasse. De zwarte horizontale lijn is getrokken op de gestelde limiet van totaal-TEQ=12 pg/g. De proportie alen per lengte-klasse onder de limiet is ruwweg gelijk aan de proportie van de verticale lijnen die onder de zwarte lijn valt (weergegeven in zwart). In dit rekenvoorbeeld is gewerkt met een totaal-TEQ voor vrouwelijke alen van 35 centimeter die gesteld is op totaal-TEQ=23.6 pg/g (optie 2). Door de geschatte proportie alen onder de limiet (onderste paneel) te combineren met de geschatte gewichtsaandelen in de vangst (bovenste paneel) wordt een goed beeld verkregen van de orde grootte van de schatting van het totale gewichtsaandeel in de vangst dat onder de limiet valt. Echter, de werkelijke schattingen zijn gemaakt met de onderliggende log-normale verdelingen per lengte-klasse.



**Figuur 7.** Alternatief voor figuur 1.5.5: Illustratie van de rekenmethode voor mannelijke alen bij een gestelde gemiddelde totaal-TEQ van 35.6 pg/g (optie 2). Per lengte-klasse (intervallen van 5 centimeter) is de geschatte verdeling aan totaal-TEQ gehalten gegeven en het geschatte gewichtsaandeel van de vangst per lengte-klasse. Door de geschatte proportie alen onder de limiet te combineren met de geschatte gewichtsaandelen in de vangst wordt een goed beeld verkregen van de orde grootte van de schatting van het totale gewichtsaandeel in de vangst dat onder de limiet valt.



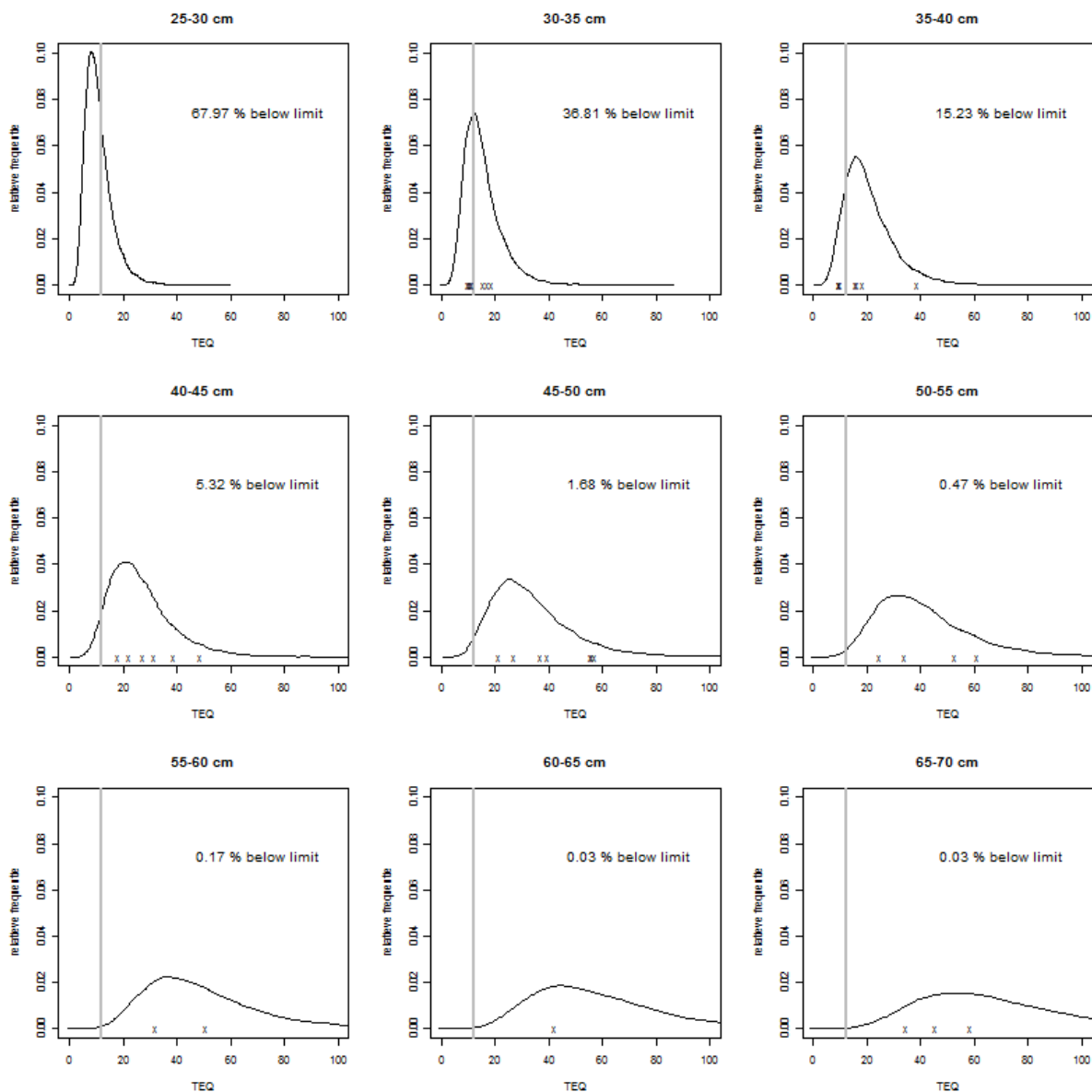
**Figuur 8a.** Alternatief voor figuur 6: Illustratie van de rekenmethode voor vrouwelijke alen bij een gestelde gemiddelde totaal-TEQ van 23.6 pg/g (optie 2). Per lengte-klasse (intervallen van 5 centimeter) is de geschatte verdeling aan totaal-TEQ gehalten gegeven en het geschatte gewichtsaandeel van de vangst per lengte-klasse. Door de geschatte proportie alen onder de limiet te combineren met de geschatte gewichtsaandelen in de vangst wordt een goed beeld verkregen van de orde grootte van de schatting van het totale gewichtsaandeel in de vangst dat onder de limiet valt.



**Figuur 8b.** Alternatief voor figuur 6: Illustratie van de rekenmethode voor vrouwelijke alen bij een gestelde gemiddelde totaal-TEQ van 23.6 pg/g (optie 2) Per lengte-klasse (intervallen van 5 centimeter) is de geschatte verdeling aan totaal-TEQ gehalten gegeven en het geschatte gewichtsaandeel van de vangst per lengte-klasse. Door de geschatte proportie alen onder de limiet te combineren met de geschatte gewichtsaandelen in de vangst wordt een goed beeld verkregen van de orde grootte van de schatting van het totale gewichtsaandeel in de vangst dat onder de limiet valt.

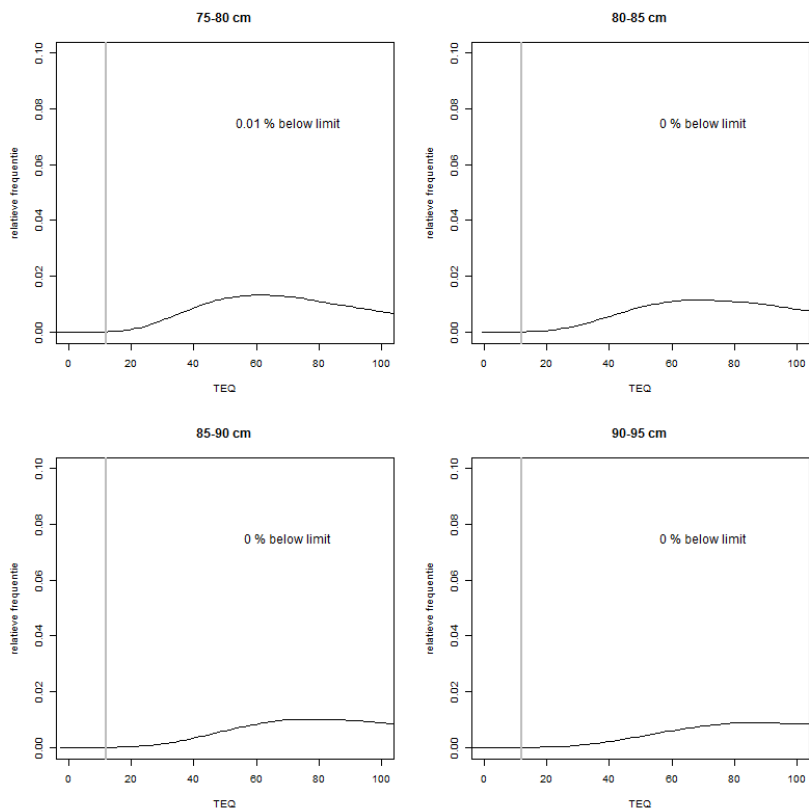
## Bijlage 2: Illustratie van vergelijking van waargenomen TEQ gehalten met voorspelde verdelingen van TEQ gehalten door model 3c.

Een vergelijking per gebied en geslacht, en per lengte-klasse van 5 centimeter.

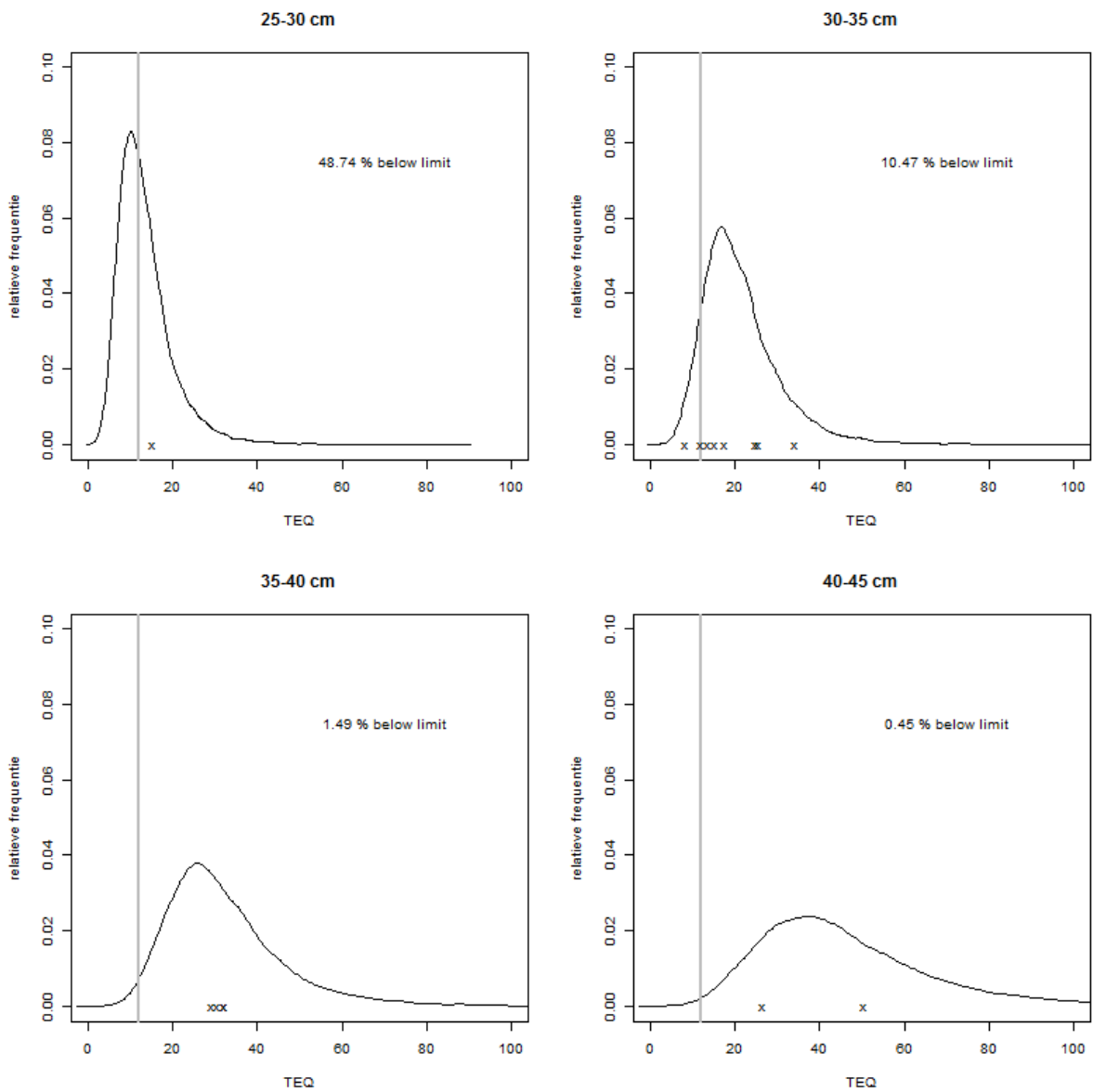


**Figuur 1.** Illustratie van waarnemingen en verdelingen van de voorspelde totaal-TEQ gehalten (model 4) voor vrouwelijke alen uit het Hollands Diep, per lengte-klasse met intervallen van 5 centimeter. Verticale grijze lijnen geven totaal-TEQ=12 pg/g aan, en een schatting van de proportie aan alen beneden totaal-TEQ=12 pg/g per lengte-klasse is gegeven in elk deel figuur.

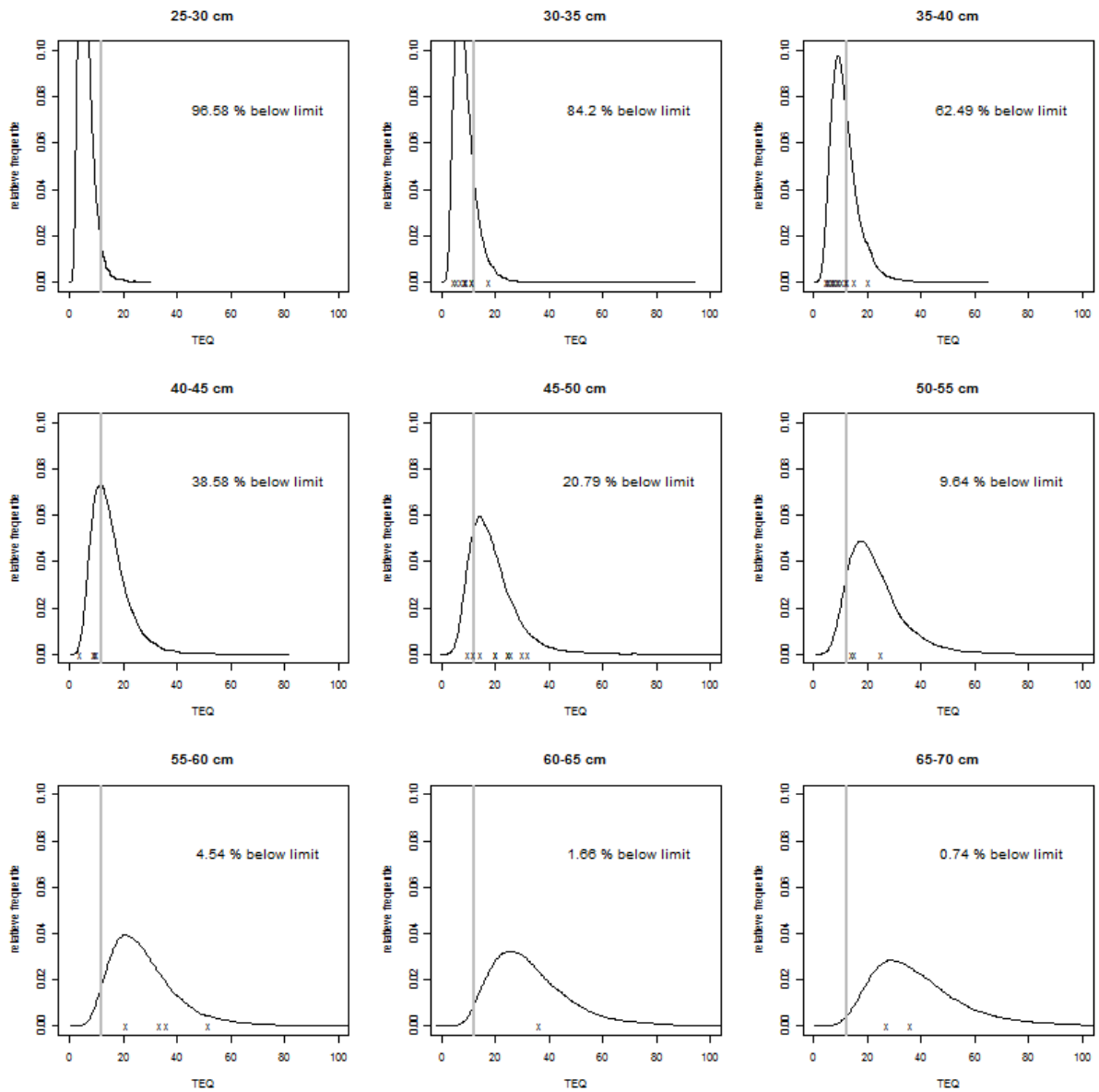




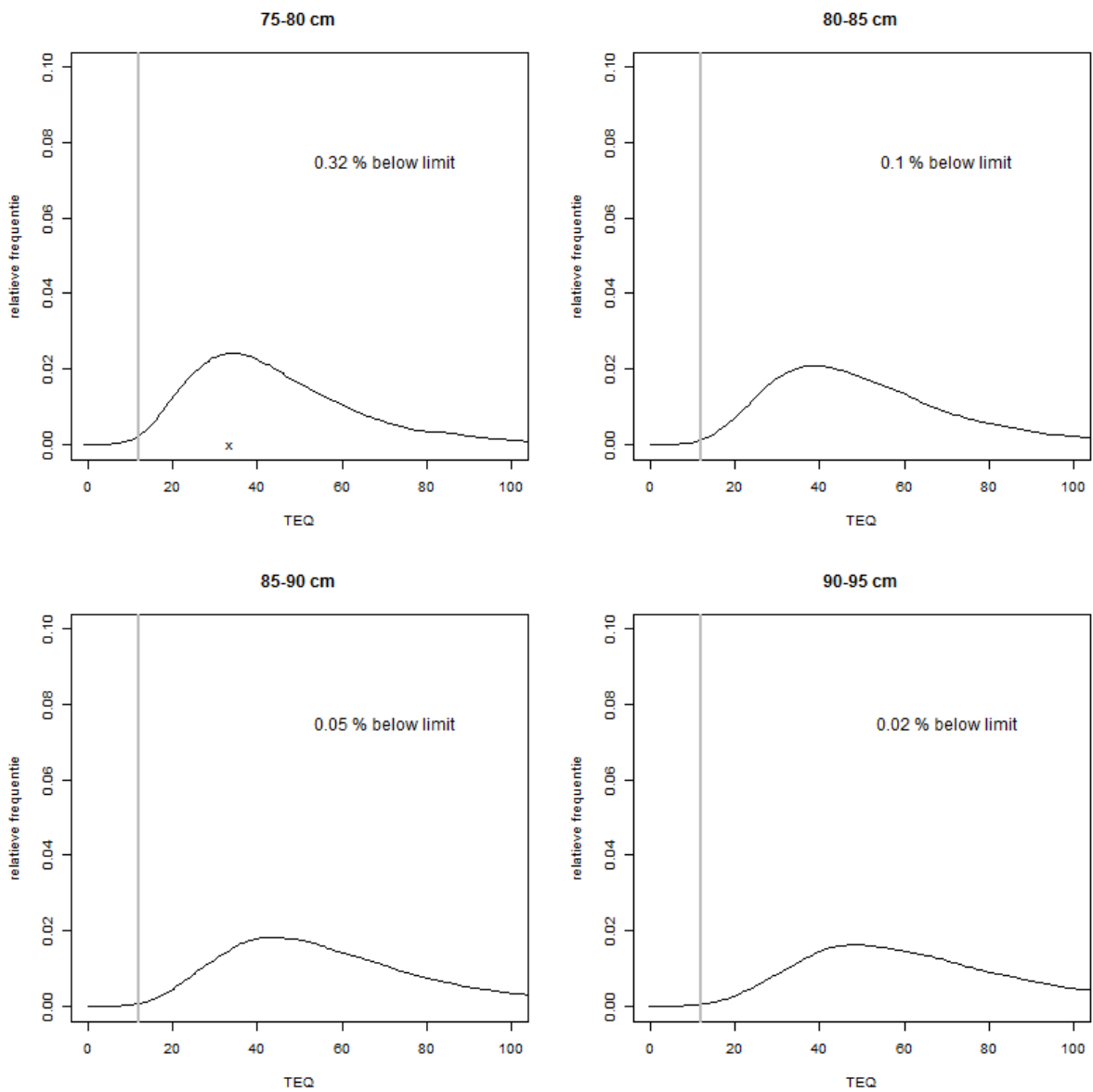
Vervolg Figuur 1 Illustratie van waarnemingen en verdelingen van de voorspelde totaal-TEQ gehalten (model 4) voor vrouwelijke alen uit het Hollands Diep, per lengte-klasse met intervallen van 5 centimeter. Verticale grijze lijnen geven totaal-TEQ=12  $\mu\text{g/g}$ , en een schatting van de proportie aan alen beneden totaal-TEQ=12  $\mu\text{g/g}$  per lengte-klasse is gegeven in elk deel figuur.



**Figuur 2.** Illustratie van waarnemingen en verdelingen van de voorspelde totaal-TEQ gehalten (model 4) voor mannelijke alen uit het Hollands Diep, per lengte-klasse met intervallen van 5 centimeter. Verticale grijze lijnen geven TEQ=12 aan, en een schatting van de proportie aan alen beneden TEQ=12 per lengte-klasse is gegeven in elk deel figuur.



**Figuur 3.** Illustratie van waarnemingen en verdelingen van de voorspelde totaal-TEQ gehalten (model 4) voor vrouwelijke alen uit de IJssel, per lengte-klasse met intervallen van 5 centimeter. Verticale grijze lijnen geven TEQ=12 aan, en een schatting van de proportie aan alen beneden TEQ=12 per lengte-klasse is gegeven in elk deel figuur.

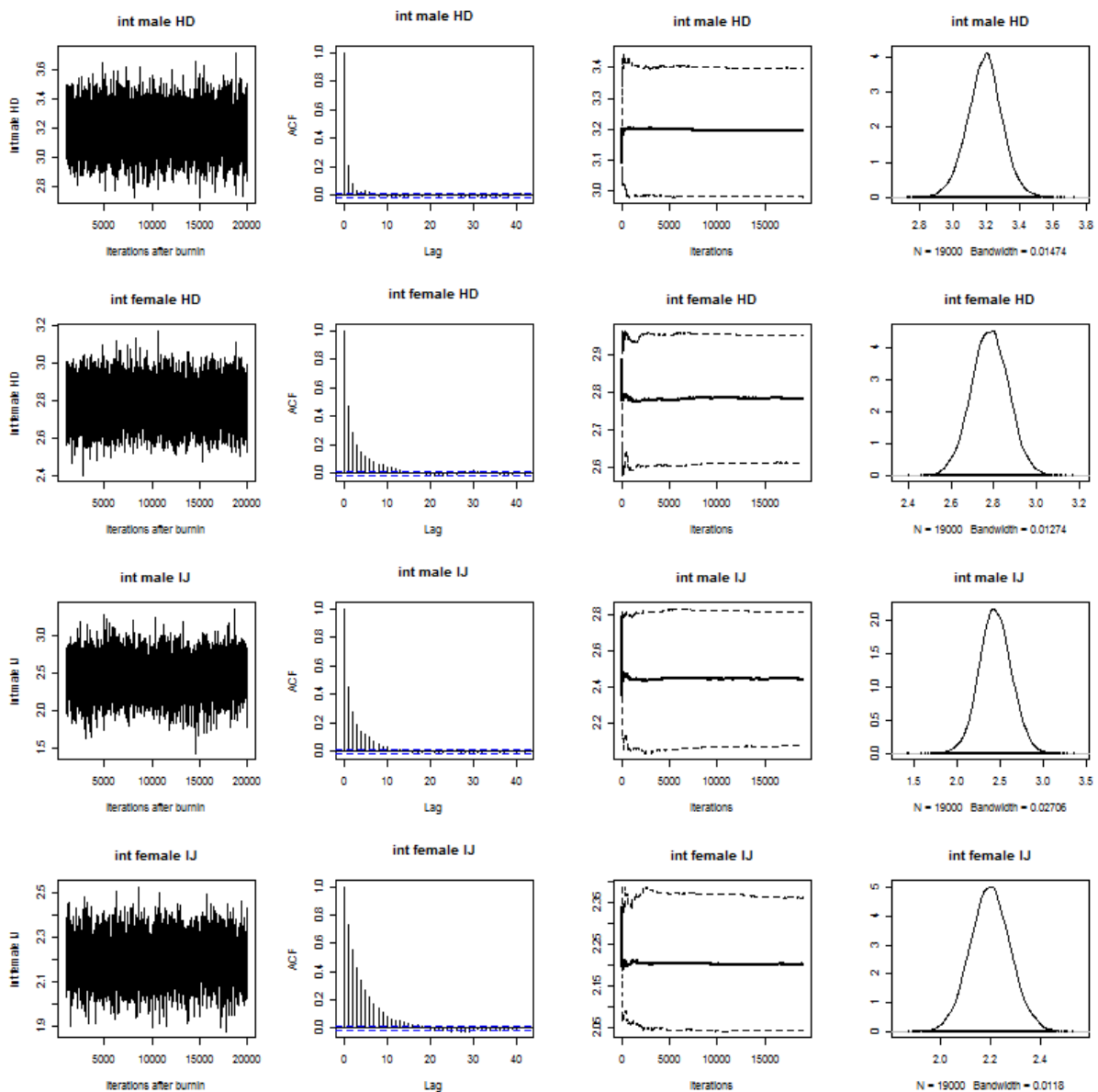


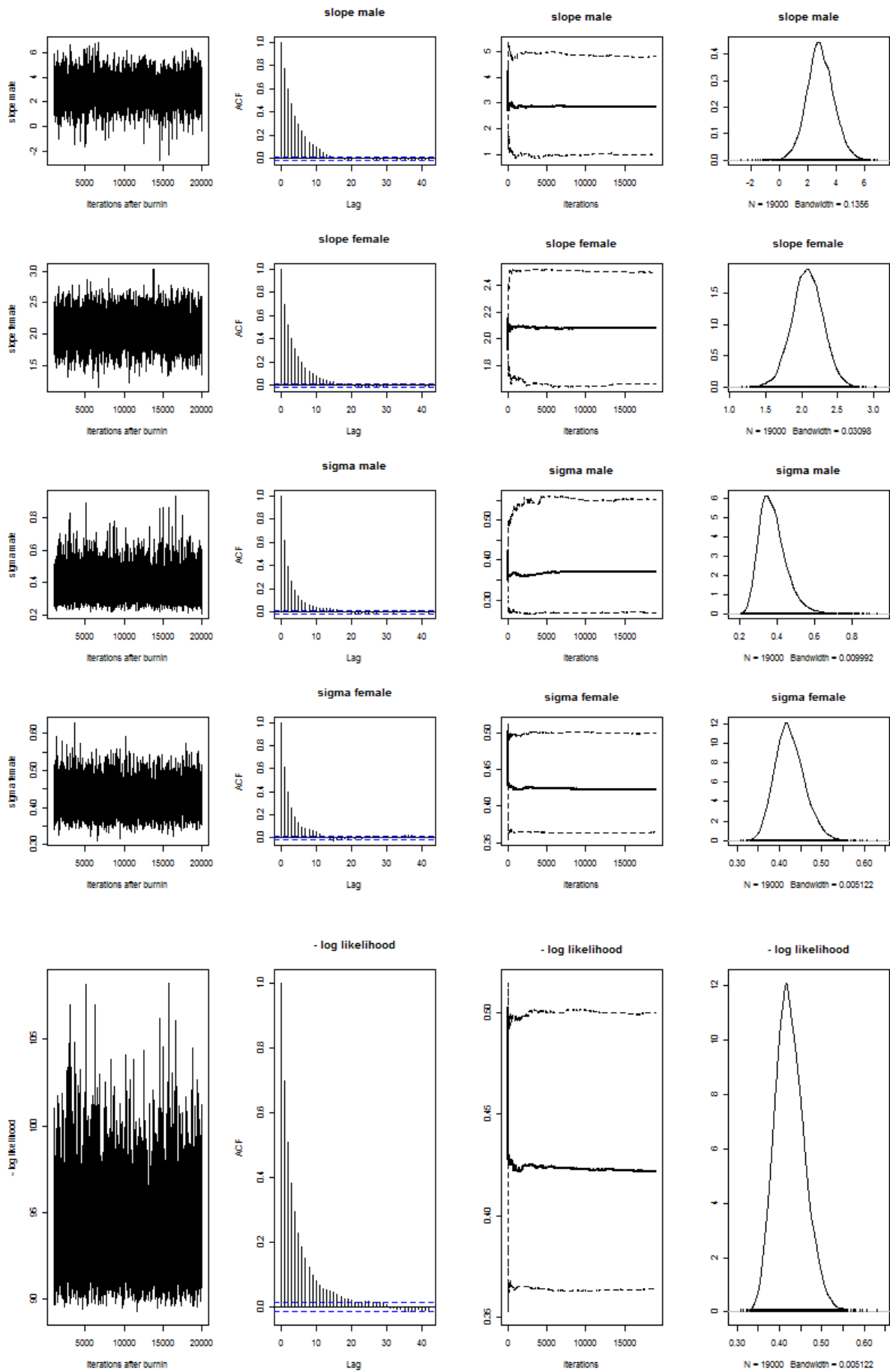
Vervolg Figuur 3 Illustratie van waarnemingen en verdelingen van de voorspelde totaal-TEQ gehalten (model 4) voor vrouwelijke alen uit de IJssel, per lengte-klasse met intervallen van 5 centimeter. Verticale grijze lijnen geven  $TEQ=12$  aan, en een schatting van de proportie aan alen beneden  $TEQ=12$  per lengte-klasse is gegeven in elk deel figuur.

## Bijlage 3: Convergence diagnostics of the Metropolis Hastings algorithm

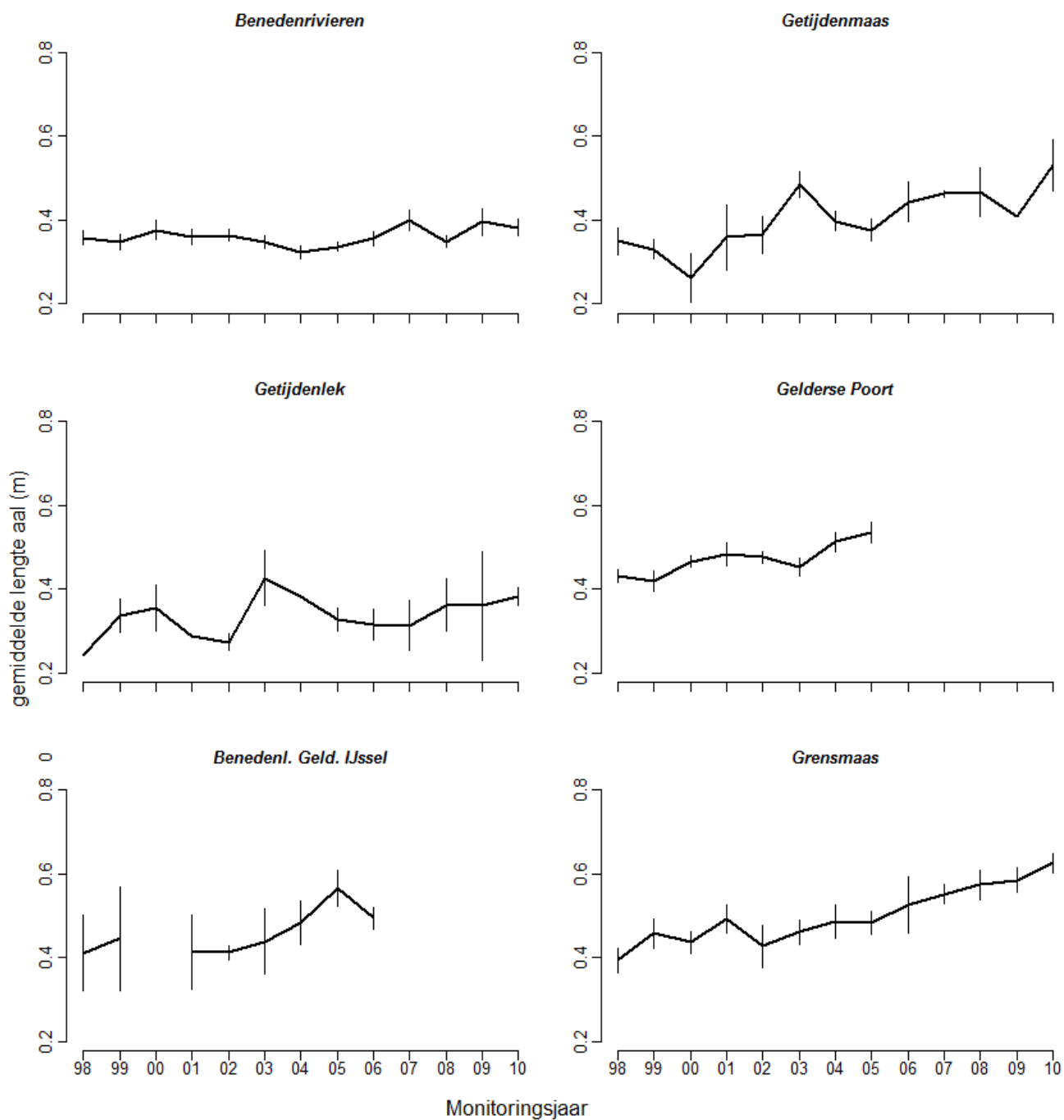
Om de parameters van model 3 te schatten zijn er in totaal 420000 updates gebruikt van het Metropolis Hastings algoritme, waarbij de eerste 20000 zijn verwijderd om een eventuele invloed van de startwaarden te verwijderen (burnin). Van de resterende 400000 updates is elke 20<sup>ste</sup> opgeslagen, zodat er uiteindelijk 20000 trekkingen uit de gemeenschappelijke a-posteriori verdeling beschikbaar waren om de schattingen te maken (model 3c). Om te evalueren of het algoritme de posterior verdeling afdoende heeft geëvalueerd zijn een aantal diagnostische getallen en grafieken bekeken, Vier grafieken per parameter uit model 3 staan hieronder afgebeeld;

- 1) Een lijn grafiek met de sequentiële updates ('trace plot')
- 2) Een grafiek met de sequentiële auto-correlatie in de trace plot
- 3) Een grafiek met het gemiddelde en 2.5 en 97.5 percentiel van de parameter met een steeds oplopend aantal updates
- 4) Een grafiek de geschatte dichtheidsverdeling van de posterior distributions van de parameter.

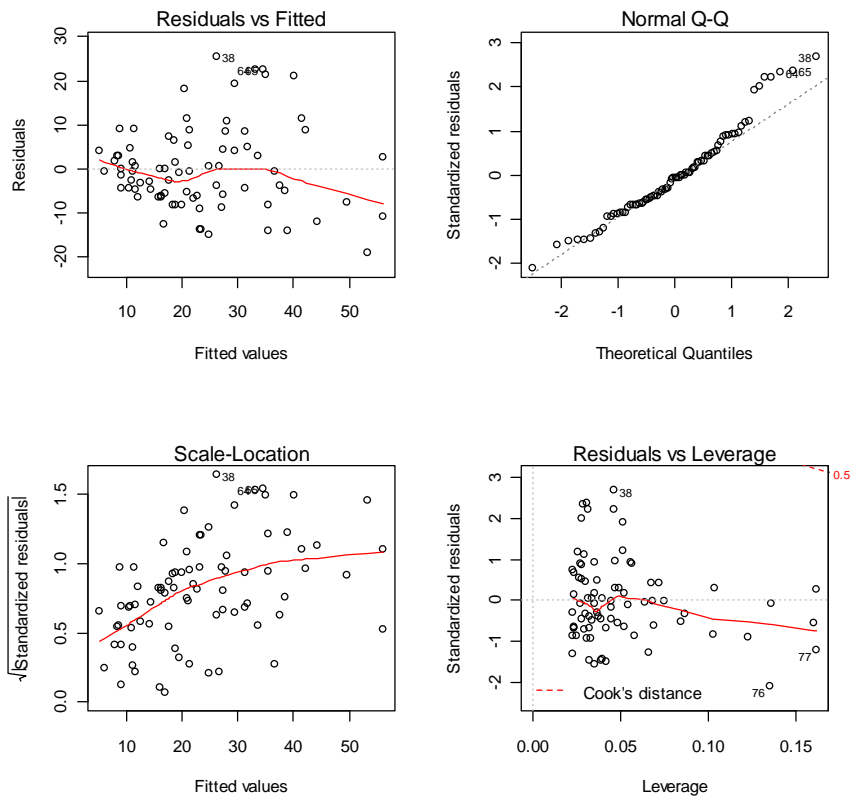




## Bijlage 4: Actieve monitoring MWTL: gemiddelde lengten per jaar verschillende locaties.

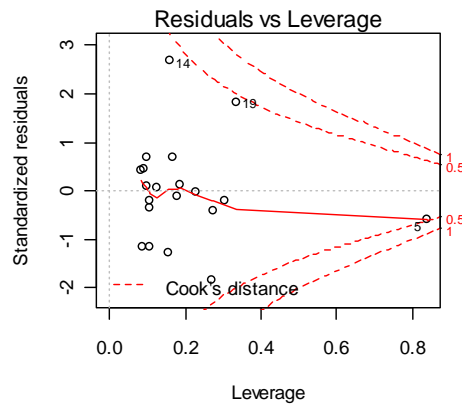
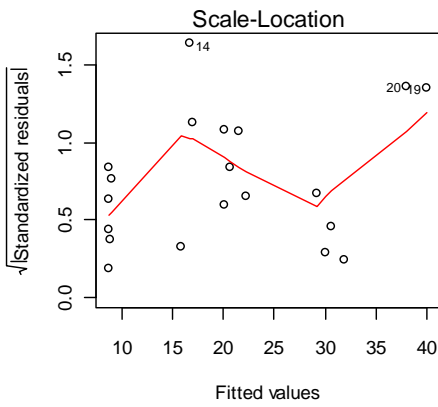
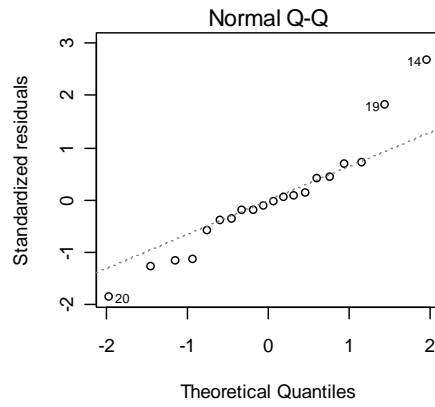
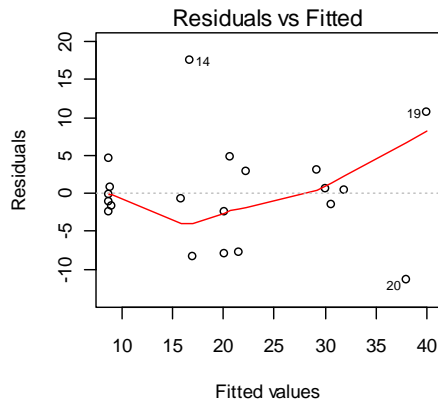


## Bijlage 5: Evaluatie van de voornaamste aannames van het lineaire regressie model met niet-getransformeerde gegevens (model 1) voor vrouwelijke alen.

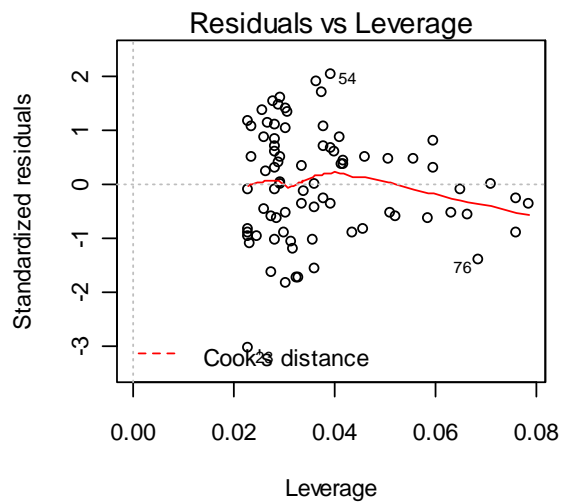
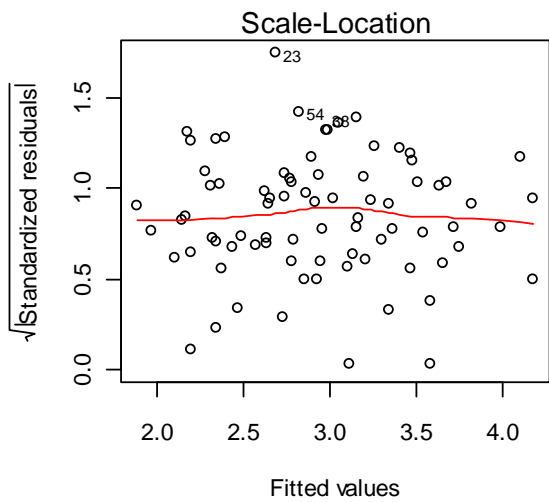
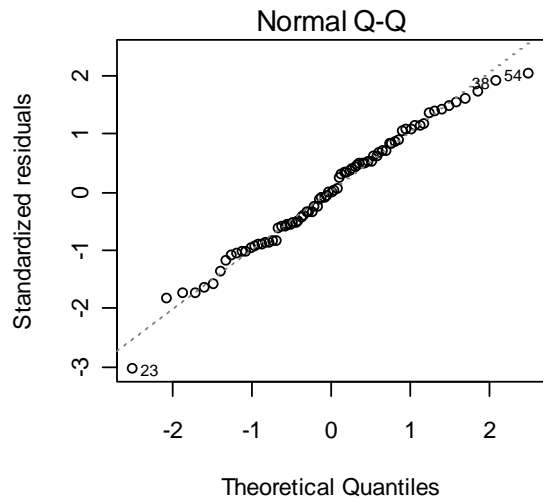
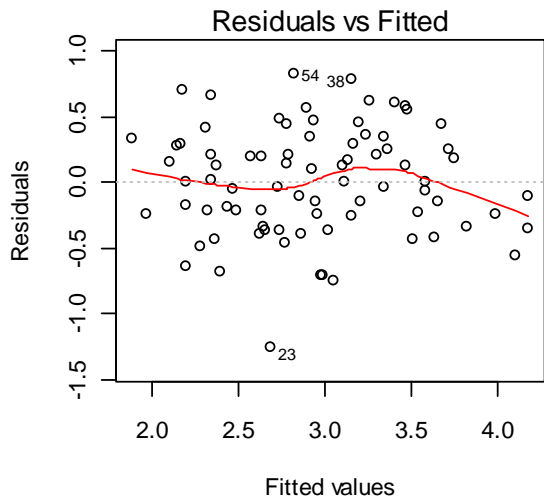


Evaluatie van de voornaamste aannames van het lineaire regressie model met niet getransformeerde gegevens (model 1) voor vrouwelijke alen. Er zijn aanwijzingen dat de variabiliteit in residuen voor hogere totaal-TEQ gehalten enigszins toeneemt met toenemende verwachte (gemiddelde) TEQ waarde (zie toenemende waarden 'standardized residual' met 'fitted values' bij 'Scale-Location' grafiek), en van hogere positieve residuen dan verwacht onder de aanname van een normale verdeling van residuen (zie positieve afwijking rechts bovenin 'Normal Q-Q grafiek').

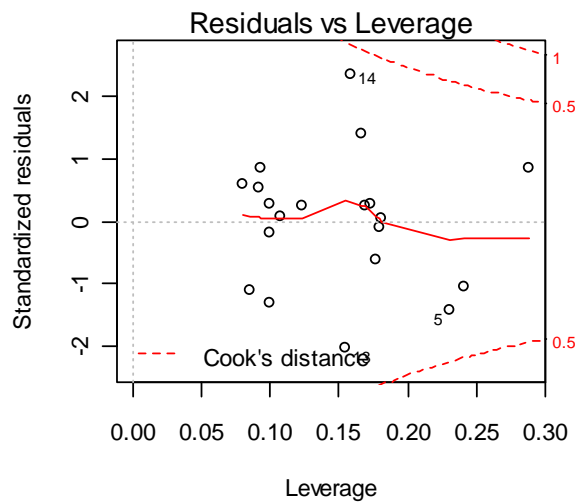
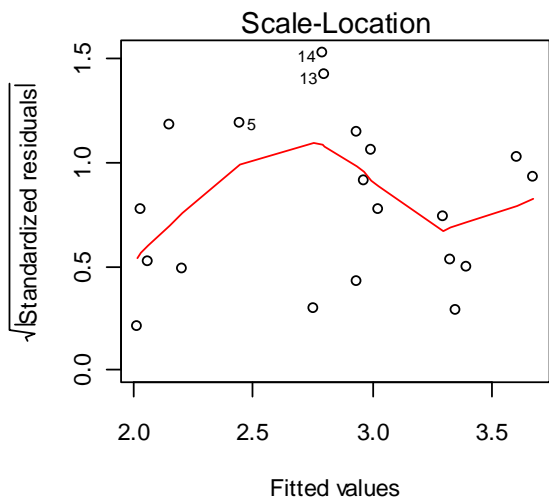
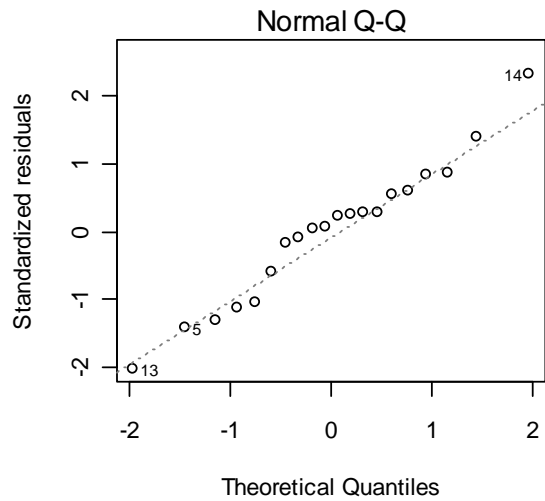
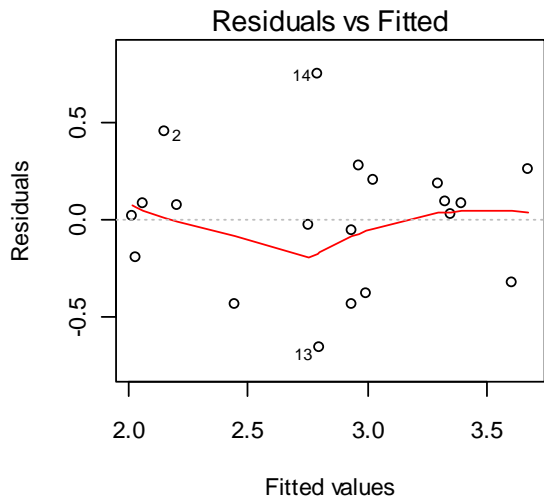




Evaluatie van de voornaamste aannames van het lineaire regressie model (model 1) voor mannelijke alen. Er zijn wat aanwijzingen dat de variabiliteit in residuen wat hoger ligt dan verwacht onder de aanname van een normale verdeling, zowel voor lagere als hogere totaal-TEQ gehalten (zie 'Normal Q-Q grafiek').



Evaluatie van de voornaamste aannames van het lineaire regressie model met logaritmisches getransformeerde gegevens (model 2) voor vrouwelijke alen. Er zijn geen aanwijzingen dat de model aannames 2,3 of 4 (zie text hierboven) onredelijk zijn.



Evaluatie van de voornaamste aannames van het lineaire regressie model met logaritmic getransformeerde gegevens (model 2) voor mannelijke alen. Er zijn geen aanwijzingen dat de model aannames 2,3 of 4 (zie text hierboven) onredelijk zijn.

**Bijlage 6: Data set van lengte, vetgehalte en totaal-TEQ gehalten van vrouwelijke schieralen (monsters uit het benedenrivierengebied in 2006).**

