



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Risico's van **Vibrio-besmetting** in zwemwater, schelpdierproductiewater en schelpdieren

Colofon

© RIVM 2023

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

Het RIVM hecht veel waarde aan toegankelijkheid van zijn producten. Op dit moment is het echter nog niet mogelijk om dit document volledig toegankelijk aan te bieden. Als een onderdeel niet toegankelijk is, wordt dit vermeld. Zie ook www.rivm.nl/toegankelijkheid.

DOI 10.21945/RIVM-2022-0081

F.M. Schets (auteur), RIVM
I.E. Pol-Hofstad (auteur), RIVM
H.H.J.L. van den Berg (auteur), RIVM
G. Lynch (auteur), RIVM
F. Serafim (auteur), RIVM
W.M. van Overbeek (auteur), RIVM
J.F. Schijven (auteur), RIVM

Contact:

F.M. Schets
Centrum voor Zoönosen en Omgevingsmicrobiologie
Ciska.schets@rivm.nl

Dit onderzoek is verricht in opdracht van Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA) in het kader van project V/092233 en het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat in het kader van project M/270106

Dit is een uitgave van:
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Risico's van *Vibrio*-besmetting in zwemwater, schelpdierproductiewater en schelpdieren

Vibrio-bacteriën komen van nature in zout en brak oppervlaktewater voor. Er zijn veel *Vibrio*-soorten, die verschillende gezondheidsklachten kunnen veroorzaken. Mensen kunnen infecties met *Vibrio* oplopen door te zwemmen in besmet oppervlaktewater. Ze krijgen dan vooral oor- en wondinfecties door *Vibrio alginolyticus*. Mensen kunnen ook infecties oplopen door schelpdieren te eten, zoals oesters. Als daar *Vibrio parahaemolyticus* in zitten, krijgen ze vooral maagdarmklachten.

Uit eerder onderzoek van het RIVM in 2009–2012 bleek dat er verschillende *Vibrio*-soorten zaten in Nederlands zwemwater en in Nederland gekweekte schelpdieren. Bekend is dat het aantal *Vibrio*-bacteriën in water toeneemt bij hogere watertemperaturen (18 tot 25 graden Celsius). Hierdoor komen er naar verwachting in de toekomst door klimaatverandering meer *Vibrio*-bacteriën in het oppervlaktewater.

Om te onderzoeken of dat gaat gebeuren, heeft het RIVM het eerdere onderzoek in 2019–2021 herhaald. Daaruit bleek dat het aantal *Vibrio*-bacteriën nu nog niet is gestegen. De watertemperatuur verschilde tussen 2009 en 2021 wat per jaar, maar werd per saldo niet steeds hoger. Op alle zwemlocaties zijn dezelfde *Vibrio*-soorten gevonden als in het eerdere onderzoek. Dat was ook zo op de meeste schelpdierkweeklocaties en in de meeste opgeviste schelpdieren. Net als in het vorige onderzoek kwam *Vibrio alginolyticus* het meest voor, gevolgd door *Vibrio parahaemolyticus*. De aantallen bacteriën waren ook ongeveer hetzelfde.

Voor de toekomst (2030 en 2050) zijn de aantallen *Vibrio*-bacteriën berekend voor verschillende klimaatscenario's. Als het water warmer wordt, zullen de aantallen in zwemwater en schelpdieren toenemen. Omdat de bacteriën van nature in zout en brak water zitten, is deze stijging niet te voorkomen. Het is daarom belangrijk dat zwemwaterbeheerders mensen zo nodig informeren over de risico's bij zwemmen in zeewater. Ook moeten mensen zich bewust zijn van de risico's die ze lopen bij het eten van rauwe oesters. Nu en in de toekomst.

In de twee onderzoeken zijn zwemlocaties in de Noordzee, Waddenzee en Oosterschelde en schelpdierkweeklocaties in de Noordzee, Waddenzee, Oosterschelde en het Veerse Meer onderzocht. Verder zijn schelpdieren (oesters, mosselen) van deze kweeklocaties onderzocht.

Kernwoorden: *Vibrio*, klimaatverandering, zeewater, temperatuurstijging, zwemwater, schelpdieren.

Synopsis

Risks of *Vibrio* infection in bathing water, shellfish production water and shellfish

Vibrio bacteria naturally occur in salt and brackish surface water. There are many *Vibrio* species, all of which can cause various health problems. People can contract *Vibrio* infections by swimming in contaminated surface water. In this case, they mainly contract ear and wound infections due to *Vibrio alginolyticus*. People can also become infected by eating shellfish, such as oysters. Consumption of shellfish that contain *Vibrio parahaemolyticus* typically leads to gastrointestinal symptoms.

Previous research by RIVM in 2009–2012 showed that various *Vibrio* species were present in Dutch bathing water and in shellfish produced in the Netherlands. It is known that the number of *Vibrio* bacteria in water increases at higher water temperatures (18–25 °C). That is why climate change is expected to result in more *Vibrio* bacteria in surface water in the future.

To investigate whether this is likely to happen, RIVM repeated the previous study in 2019–2021. The findings showed that the amount of *Vibrio* bacteria had not yet increased. Water temperatures varied somewhat over the years between 2009 and 2021, but did not increase overall. The same *Vibrio* species were found at all bathing sites as in the previous study. This was also the case at most shellfish production sites and in most shellfish harvested. As in the previous study, *Vibrio alginolyticus* was the most common strain, followed by *Vibrio parahaemolyticus*. The bacteria counts were about the same as well.

RIVM calculated the number of *Vibrio* bacteria for different climate scenarios in the future (2030 and 2050). If the water gets warmer, the bacteria counts in bathing water and shellfish will increase. Because the bacteria are naturally present in salt and brackish water, this increase cannot be prevented. That is why it is important for managers of bathing water sites to inform people about the risks of swimming in the sea, when necessary. People should also be aware of the risks of eating raw oysters. Now and in the future.

The two studies examined bathing sites in the North Sea, Wadden Sea and Eastern Scheldt, and shellfish production sites in the North Sea, Wadden Sea, Eastern Scheldt and Lake Veere. Shellfish (including oysters and mussels) from these farming sites were examined as well.

Keywords: *Vibrio*, climate change, seawater, temperature increase, bathing water, shellfish

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 11

2 Methoden — 15

- 2.1 Inventarisatie van *Vibrio*-infecties in Nederland — 15
- 2.2 Onderzoeken besmettingsroutes voor *Vibrio*-infecties — 16
 - 2.2.1 Water — 16
 - 2.2.2 Schelpdieren — 17
 - 2.2.3 Andere producten uit de visketen — 18
- 2.3 Statistische analyse van de *Vibrio*-concentraties — 19
- 2.4 Risicoschattingen (QMRA) — 20
 - 2.4.1 Scenario's — 20
 - 2.4.2 *Vibrio*-concentraties in water en schelpdiervlees — 21
 - 2.4.3 Wateringestie — 21
 - 2.4.4 Oesterconsumptie — 21
 - 2.4.5 Dosis (blootstelling) — 21
 - 2.4.6 Dosisrespons — 22

3 Resultaten inventarisatie van *Vibrio*-infecties in Nederland — 23

4 Resultaten onderzoek van besmettingsroutes voor *Vibrio*-infecties — 25

- 4.1 Water — 25
 - 4.1.1 Zwemwater — 25
 - 4.1.2 Water uit schelpdierproductiegebieden — 28
- 4.2 Schelpdieren — 32
- 4.3 Andere producten uit de visketen — 35

5 Resultaten onderzoek naar *Vibrio*-soorten in de loop van de tijd — 37

- 5.1 Zwemwater — 37
- 5.2 Schelpdierproductiewater en schelpdieren — 37

6 Statistische analyse van de *Vibrio*-concentraties — 39

- 6.1 *Vibrio* in zwem- en schelpdierproductiewater, 2009 - 2021 — 39
- 6.2 *Vibrio* in schelpdiervlees, 2020 - 2021 — 40
- 6.3 Voorspelde *Vibrio*-concentraties bij verschillende temperatuurscenario's — 42
 - 6.3.1 Water — 42
 - 6.3.2 Schelpdieren — 42

7 Schatting van ziekterisico's door *Vibrio*-besmetting — 45

- 7.1 Ziekterisico's bij verschillende watertemperatuur- scenario's — 45
- 7.2 Ziekterisico's bij verschillende klimaatscenario's — 49

8 Discussie — 51

- 8.1 Besmettingsroutes van *Vibrio* — 51
 - 8.1.1 Zwemwater — 51
 - 8.1.2 Schelpdieren — 52

8.1.3	Andere producten uit de visketen — 53
8.2	<i>Vibrio</i> -soorten — 53
8.3	Geregistreerde ziektelast door <i>Vibrio</i> — 54
8.4	Toekomstscenario's — 54
8.5	Beschouwing — 55
8.5.1	Invloed detectiemethode op <i>Vibrio</i> -concentraties en soortenverdeling — 55
8.5.2	Invloed keuze dosisresponsrelatie en <i>Vibrio</i> -concentraties op risicoschatting — 56
9	Conclusies en aanbevelingen — 57
9.1	Conclusies — 57
9.2	Aanbevelingen — 57
10	Dankwoord — 59
11	Literatuur — 61
	Bijlage 1 Monsterlocaties schelpdierproductiegebieden — 67

Samenvatting

Wereldwijd neemt het aantal humane *Vibrio*-infecties toe en sinds 2006 wordt dit ook in Europa waargenomen. *Vibrio*-infecties kunnen optreden door contact met besmet oppervlaktewater en consumptie van besmette vis en schaal- en schelpdieren. De aanwezigheid en groei van *Vibrio* in water neemt toe bij hogere watertemperatuur. Hierdoor is het aannemelijk dat klimaatverandering een toename van de aanwezigheid van *Vibrio* in oppervlaktewater tot gevolg heeft en het risico op het oplopen van *Vibrio*-infecties vergroot. Het is ook mogelijk dat er een verschuiving plaatsvindt van de voorkomende *Vibrio*-soorten doordat de omstandigheden gunstiger worden voor soorten die nu niet veel voorkomen in Nederland, zoals *V. vulnificus*.

Uit verschillende registratiesystemen lijkt de ziektelast door *Vibrio* in Nederland gering te zijn. Daarbij is het aannemelijk dat er sprake is van een onderrapportage van het aantal infecties doordat er geen meldingsplicht bestaat voor *Vibrio*-infecties anders dan door *V. cholerae* veroorzaakte cholera-infecties.

Eerder RIVM-onderzoek toonde aan dat verschillende *Vibrio*-soorten aanwezig waren op zwemlocaties in Nederland (2009 – 2012) en in Nederland gekweekte schelpdieren (2006 – 2008). De meest voorkomende *Vibrio*-soorten waren *V. alginolyticus*, *V. parahaemolyticus* en *V. cholerae* non-O1/O139. Deze *Vibrio*-soorten veroorzaken veelal milde gezondheidsklachten, zoals oor- en wondinfecties en gastro-enteritis.

In 2019 en 2020 werden zwemlocaties in de Noordzee (Bergen aan Zee), de Waddenzee (Harlingen) en de Oosterschelde (Oesterdam) onderzocht op de aanwezigheid van *Vibrio*. Schelpdierproductielocaties in de Noordzee, de Waddenzee, de Oosterschelde en het Veerse Meer werden in 2019–2021 onderzocht, evenals schelpdieren (oesters, mosselen en ensis) afkomstig uit deze gebieden.

Op alle zwemlocaties werden in de onderzoeksperioden, die van mei tot en met oktober liepen, verschillende *Vibrio*-soorten aangetroffen. Op de meeste schelpdierproductielocaties werden gedurende de onderzoeksperioden van april tot en met december ook verschillende *Vibrio*-soorten gevonden. Ook de opgevisste schelpdieren waren vaak (88–91 procent) positief voor *Vibrio*. Zowel in zwemwater, schelpdierproductiewater als in schelpdieren, was *V. alginolyticus* de meest voorkomende soort (respectievelijk 77, 72, 67 procent), gevolgd door *V. parahaemolyticus* (respectievelijk 19, 24, 20 procent) en incidentele detectie van andere *Vibrio*-soorten. Deze soortenverdeling is vergelijkbaar met de observaties uit de eerdere onderzoeken naar *Vibrio* in zwemwater en schelpdieren in Nederland.

Data-analyse van alle monsters water resulteerde in een model dat een lineaire relatie tussen de watertemperatuur en de *Vibrio*-concentratie in het water aangeeft. Op basis van de verzamelde gegevens kon geen effect op de *Vibrio*-concentratie worden toegeschreven aan de locatie-

specifieke zuurgraad en geleidbaarheid. In de periode 2009–2021 fluctueerden zowel de watertemperatuur als de *Vibrio*-concentraties van jaar tot jaar, maar vertoonden geen stijgende trend.

Het risico om maagdarmklachten op te lopen door *V. parahaemolyticus* in zwemwater is afhankelijk van de watertemperatuur en is, op basis van de voorspelde *Vibrio*-concentraties, tot een watertemperatuur van 22 °C enkele duizendsten per keer zwemmen, terwijl het risico per keer zwemmen bij een watertemperatuur van 25 °C enkele honderdsten is. Voor zwemmen in oppervlaktewater waarin zich verschillende *Vibrio*-soorten bevinden, zijn huid- en oorklachten minstens zo relevant. Het risico op dergelijke infecties neemt ook toe met stijgende watertemperatuur. Deze risico's werden niet geschat, omdat voor deze infecties geen dosis-responsrelaties beschikbaar zijn. Het risico op maagdarmklachten door *V. parahaemolyticus* na consumptie van rauwe oesters afkomstig van de onderzochte locaties is ongeveer twee ordes van grootte groter dan het risico voor een keer zwemmen op de onderzochte zwemlocaties in brak/zout oppervlaktewater. Bij hoge watertemperaturen op het moment van oogsten (18–25 °C) zijn de risico's door consumptie van rauwe oesters zeer hoog: 63–95 procent. De ziekterisico's per keer zwemmen nemen toe met maximaal een factor 1,5 per graad en door consumptie van rauwe oesters maximaal een factor 1,6 per graad temperatuurstijging.

Bij verschillende klimaatscenario's, namelijk een temperatuuroename van +1 °C in 2050, +1,3 °C in 2085, +2,3 °C in 2050 en +3,7 °C in 2085, nemen de ziekterisico's per keer zwemmen toe met achtereenvolgens maximaal een factor 1,5, 2,0, 3,5 en 5,6 en door consumpties van een maaltijd rauwe oesters maximaal een factor 1,6, 2,1, 3,7 en 5,9.

Geïmporteerde vis (pangasius en tilapia) uit tropische regio's was in 2019–2021 zeer incidenteel besmet met *Vibrio*. Besmetting van garnalen uit deze regio's kwam vaker voor: een derde tot de helft van de onderzochte partijen was positief. Op basis van de beschikbare kwalitatieve gegevens is risicoschatting niet mogelijk, hiervoor zijn kwantitatieve gegevens nodig. Tevens is het van belang het effect van invriezen van deze producten op de *Vibrio*-concentratie te onderzoeken.

1 Inleiding

Vibrio-soorten zijn beweeglijke, niet-sporevormende, Gram-negatieve bacteriën met een enkele polaire flagel. *Vibrio*-soorten zijn halofiele (zoutminnende) bacteriën die behoren tot de normale aquatische flora in zeewater, estuaria en zoetwater. Ze komen voor in zowel gematigde als tropische klimaten en zijn eerder geïsoleerd uit water, sediment, plankton en schelpdieren (Baker-Austin et al., 2018). De aanwezigheid en groei van *Vibrio* in water is van verschillende factoren afhankelijk en wordt zeker ook bepaald door de *Vibrio*-soort, maar de watertemperatuur en het zoutgehalte (saliniteit) worden gezien als de meest belangrijke factoren (Baker-Austin et al., 2018). In het algemeen kan gesteld worden dat *Vibrio*-soorten zich bij verhoogde watertemperaturen (vanaf 15 °C) in het water kunnen vermenigvuldigen. Daarnaast geldt voor *V. vulnificus* en *V. parahaemolyticus* dat zij een voorkeur hebben voor water met een saliniteit lager dan 25 gram/liter.

Ongeveer 12 *Vibrio*-soorten worden geassocieerd met ziekte bij de mens, waaronder *V. cholerae*, *V. parahaemolyticus*, *V. alginolyticus*, *V. vulnificus*, *V. damsela*, *V. hollisae*, *V. mimicus*, *V. metschnikovii* en *V. fluvialis* (Persival & Williams, 2014). *Vibrio*-soorten kunnen infecties veroorzaken via blootstelling aan besmet (zwem)water, door consumptie van rauw of inadequaats verhit voedsel, voornamelijk schelpdieren, of bij het werken met vis, schaal- en schelpdieren, waarbij men wondjes oploopt. Bij blootstelling aan besmet zwemwater treden vooral oor- en wondinfecties op. Bij werken met vis, schaal- en schelpdieren vooral wondinfecties, en consumptie van besmet voedsel kan leiden tot gastro-enteritis (Morris, 2003; Austin, 2010).

Wereldwijd neemt het aantal humane *Vibrio*-infecties toe (Vezzulli et al., 2016; Baker-Austin et al., 2017; Baker-Austin et al., 2018). Sinds 2006 wordt ook in Europa een toename van het aantal ziektegevallen veroorzaakt door *Vibrio*-soorten na blootstelling aan oppervlaktewater waargenomen (Baker-Austin et al., 2013; Le Roux et al., 2015; Brehm et al., 2021). Ook is een duidelijke relatie met de watertemperatuur aangetoond (Vezzulli et al., 2016). Wereldwijd is ook de consumptie van schaal- en schelpdieren toegenomen en daaraan gekoppeld de zorgen over de voedselveiligheid daarvan (Elbashir et al., 2018; Brehm et al., 2021). Door besmetting van de omgeving, zoals zeewater of sediment, kan besmetting van schaal- en schelpdieren optreden met natuurlijk voorkomende ziekteverwekkers, zoals *Vibrio*-soorten. Ook kan besmetting met enterale ziekteverwekkers optreden, zoals norovirus of *Salmonella*, door fecale verontreiniging.

Eerder RIVM-onderzoek in de jaren 2009-2012 toonde de aanwezigheid van verschillende *Vibrio*-soorten op zwemlocaties in Nederland aan (Schets et al., 2011a). Ook waren verschillende *Vibrio*-soorten aanwezig in schelpdieren voor humane consumptie die in Nederland worden geproduceerd (Schets et al., 2010). De meest voorkomende *Vibrio*-soorten op zwemlocaties waren *V. alginolyticus* (circa 75 procent), *V. parahaemolyticus* (circa 13 procent) en *V. cholerae* non-O1/O139 (circa

10 procent). In schelpdieren (oesters en mosselen) werden *V. alginolyticus* (circa 88 procent) en *V. parahaemolyticus* (circa 12 procent) het meest gevonden. Deze *Vibrio*-soorten veroorzaken veelal milde gezondheidsklachten, zoals oor- en wondinfecties en gastro-enteritis (Schets et al., 2006; Reilly et al., 2011; Baker-Austin et al., 2018). Ook in andere Europese landen worden *Vibrio*-soorten in schaal- en schelpdieren en vis en zwemwater gevonden (onder andere Vu et al., 2018; Lamon et al., 2019; Bonadonna et al., 2019).

De relatie tussen de watertemperatuur en de *Vibrio*-concentratie in het water is in verschillende studies aangetoond (onder andere Oberbeckmann et al., 2012; Vezzulli et al., 2015; Almuhaideb et al., 2020). Doordat de aanwezigheid en groei van *Vibrio* in water gerelateerd is aan de watertemperatuur en toeneemt bij hogere watertemperatuur, is het aannemelijk dat klimaatverandering, die leidt tot (gemiddeld) hogere temperaturen, een toename van de aanwezigheid en de concentratie van *Vibrio* in oppervlaktewater tot gevolg kan hebben en het risico op het oplopen van *Vibrio*-infecties vergroot (Semenza & Menne, 2009; Baker-Austin et al., 2017; Logar-Henderson et al., 2019; Brehm et al., 2021; Froehlich & Dames, 2020).

Naast een toename van met *Vibrio* besmet water (dat wil zeggen: meer water dat met *Vibrio* is besmet, hogere *Vibrio*-concentraties in het water en langere perioden waarover het water met *Vibrio* besmet blijft), is het ook mogelijk dat er een verschuiving plaatsvindt van de voorkomende *Vibrio*-soorten. De omstandigheden kunnen gunstiger worden voor bijvoorbeeld *V. vulnificus*, een opportunistische ziekteverwekker die ernstige infecties veroorzaakt met een hoge mortaliteit (Baker-Austin & Oliver, 2018). Humane infecties met *V. vulnificus* zijn gerelateerd aan twee besmettingsbronnen, namelijk consumptie van rauwe of onvoldoende verhitte schelpdieren, meestal oesters, of blootstelling aan zeewater of visserijproducten (Baker-Austin & Oliver, 2018).

Op basis van de Nederlandse gegevens uit 2009-2012 is een empirische formule afgeleid om de *Vibrio*-concentratie als functie van de temperatuur, saliniteit en pH van het water te kunnen voorspellen. Deze formule is gebruikt in combinatie met verschillende KNMI-klimaatscenario's om het effect van stijgende watertemperatuur te voorspellen. Deze berekeningen voorspelden een stijging van de *Vibrio*-concentratie en een toename van het ziekterisico (het betreft hier het risico op ziekte, namelijk gastro-enteritis). Er zijn geen dosisresponsgegevens beschikbaar voor het berekenen van een infectierisico) door *V. parahaemolyticus* bij contact met zoet, zout en brak oppervlaktewater (Sterk et al., 2015; FDA, 2005; Huang et al., 2018; zie ook tabel 10).

Om te onderzoeken of het risico op het oplopen van *Vibrio*-infecties door zwemmen in oppervlaktewater en consumptie van rauwe besmette schelpdieren en andere voedingsmiddelen uit de visketen, zoals vis en granalen, verder toeneemt als gevolg van de stijgende watertemperatuur door klimaatverandering, werden in deze studie zowel schelpdieren, schelpdierkweekwater, import visserijproducten als water op zwemlocaties onderzocht op de aanwezigheid van *Vibrio*. Tevens

werd eenmalig in 2019 het aantal patiënten met een *Vibrio*-infectie in Nederland, in de periode 2014–2018 geïnventariseerd.

2 Methoden

2.1 Inventarisatie van *Vibrio*-infecties in Nederland

In Nederland zijn humane *Vibrio*-infecties (met uitzondering van cholera) niet meldingsplichtig en er vindt geen landelijke surveillance van dergelijke infecties plaats. Voor de inventarisatie van het aantal bevestigde patiënten met een *Vibrio*-infectie in Nederland per jaar (periode 2014-2018) werden daarom verschillende bronnen geraadpleegd.

Bij het RIVM Centrum Infectieziekteonderzoek, diagnostiek en laboratorium surveillance (RIVM-IDS) wordt serotypering uitgevoerd van ingezonden *V. cholerae*-isolaten; de gegevens uit 2014 tot en met 2018 werden opgevraagd.

Bij het RIVM Centrum Epidemiologie en surveillance van infectieziekten (RIVM-EPI) worden patiënten met meldingsplichtige infectieziekten geregistreerd. Meldingsplichtige infectieziekten zijn verdeeld in de groepen A, B1, B2 en C (<https://www.rivm.nl/meldingsplicht-infectieziekten/welke-infectieziekten-zijn-meldingsplichtig>). Deze indeling is gebaseerd op de mate waarin dwingende maatregelen opgelegd kunnen worden om de bevolking te beschermen. De groepen A, B1 en B2 zijn opgenomen in de Wet publieke gezondheid. Groep C wordt vastgesteld bij Algemene Maatregel van Bestuur, opgenomen in het Besluit publieke gezondheid. Cholera (veroorzaakt door *V. cholerae* O1/O139) behoort tot groep B2. Het aantal geregistreerde cholerapatiënten uit de periode 2014-2018 werd opgevraagd.

Sinds 2008 verzamelt RIVM-EPI in het 'Infectious Disease Surveillance Information System for Antibiotic Resistance - attack rate' (ISIS-AR) gegevens over antibioticaresistentie. Een groot aantal van de Nederlandse medisch microbiologische laboratoria (MML) verstrekt hiervoor geanonimiseerde gegevens. De gegevens over *Vibrio*-isolaten uit de periode 2014-2018 werden opgevraagd.

In alle informatiesystemen is gezocht naar aantallen patiënten, welke *Vibrio*-soort verantwoordelijk was voor de infectie, het ziektebeeld (wond-, oor-, maagdarminfectie, sepsis of anders), langs welke route de infectie werd opgelopen (water, voedsel, anders), en hoe vaak er sprake was van een ziekenhuisopname.

Ook is aan de MML in de Nederlandse kustregio gevraagd naar gegevens over de *Vibrio*-isolaten die zij van 2014 tot en met 2018 hebben onderzocht. De vragen aan de MML betroffen het aantal patiënten van wie zij in de betreffende periode een *Vibrio*-infectie hebben bevestigd en gegevens over deze patiënten, te weten: wel of geen ziekenhuisopname, datum van kweek, welke *Vibrio*-soort veroorzaakte de infectie, het type infectie (wond-, oor-, maagdarminfectie, sepsis of anders), de (meest waarschijnlijke) besmettingsroute (water, voedsel, anders), werd de infectie opgelopen in Nederland of in het buitenland. Deze vragen zijn aan zeven MML gesteld.

2.2 Onderzoeken besmettingsroutes voor *Vibrio*-infecties

2.2.1 Water

2.2.1.1 Onderzoekslocaties

In 2019 en 2020 werden monsters water genomen op drie verschillende officiële zwemlocaties die zich bevinden in dezelfde wateren waarin ook productiegebieden voor schelpdieren liggen, te weten de Oosterschelde, de Waddenzee en de Noordzee. In de Oosterschelde was dit zwemlocatie Oesterdam Westzijde badstrand (latitude 51,4782; longitude 4,2193; ID Code NLBW89_OESTDWZBSD), in de Waddenzee zwemlocatie Harlingenstrand (latitude 53,1669; longitude 5,4160; ID Code NLBW81_HARLGBSD) en in de Noordzee zwemlocatie Bergen aan Zee (latitude 52,6641; longitude 4,6276; ID Code NLBW95_BERGAZBSD).

In 2019, 2020 en 2021 werden tevens monsters water genomen uit de productiegebieden voor schelpdieren in deze wateren: Oosterschelde Oost, Westelijke Waddenzee Noord, Noordzee Visserijzone Midden (Zie bijlage 1 voor de exacte locatiecodes). Het water uit het productiegebied in de Noordzee werd alleen in 2019 onderzocht. Daarna werd in plaats hiervan het productiegebied Veerse Meer bemonsterd (Zie 2.2.2.1 en bijlage 1).

2.2.1.2 Monstername

De officiële zwemlocaties werden bemonsterd door OMEGAM-Water B.V., volgens NEN-EN-ISO 19458:2007, Water - Monsterneming voor microbiologisch onderzoek. OMEGAM-Water B.V. heeft voor alle monsters ter plaatse op het moment van monstername de watertemperatuur, zuurgraad en geleidbaarheid gemeten. OMEGAM-Water B.V. is hiervoor geaccrediteerd. De monsters werden in 2019 genomen van mei tot en met oktober en in 2020 van mei tot en met november. De bemonsteringsfrequentie was wekelijks of tweewekelijks.

De schelpdierproductiegebieden werden bemonsterd door de onafhankelijke monsternemers die uit deze gebieden ook de schelpdieren voor het Sanitair Schelpdier Onderzoek (SSO) opvissen. De bemonstering vond plaats vanaf schepen en werd uitgevoerd volgens de voorschriften die voor SSO worden gehanteerd (Van Gool, 2018). De monsters werden in 2019 genomen van juli tot en met oktober, in 2020 van mei tot en met december, en in 2021 van april tot en met september. De bemonsteringsfrequentie was tweewekelijks of maandelijks.

Alle monsters werden direct na monstername gekoeld door plaatsing in koelkasten aan boord van de auto's van de monsternemers (zwemlocaties) en koelkasten op de schepen en aan wal (schelpdierproductielocaties). Met gekoeld transport werden de monsters dezelfde (zwemlocaties) of de volgende dag (schelpdierproductielocaties) naar het RIVM getransporteerd, waar zij in de koeling (3-8 °C) werden bewaard tot de aanvang van de analyses. De analyses werden binnen 24-36 uur na monstername gestart.

2.2.1.3 Analyse

De monsters water werden onderzocht volgens een procedure die gebaseerd is op NEN-EN-ISO 21872-1:2017 (vastgelegd in interne SOP Z&O M603).

In het kort: er vond een ophoping plaats door incubatie van vijf opeenvolgende volumes of verdunningen van het monster in een vloeibaar kweekmedium (alkalisch saline pepton water (ASPW)) gedurende 18 ± 1 uur bij 36 ± 2 °C. Deze volumes of verdunningen werden in drievoud ingezet. Hierna werd de ophopingscultuur uitgestreken op een selectieve agarplaat (thiosulphate citrate bile sucrose (TCBS)) die gedurende 24 ± 3 uur werd geïncubeerd bij 36 ± 2 °C. Van alle positieve volumes of verdunningen tezamen werden, indien aanwezig, maximaal vijf groene en vijf gele karakteristieke kolonies vanaf TCBS reïngestreden op een niet-selectieve agarplaat (saline nutrient agar (SNA)) die gedurende 24 ± 3 uur bij 36 ± 2 °C werd geïncubeerd. Van elke positieve verdunning werd minimaal één groene en/of één gele kolonie geïsoleerd. De kolonies werden bevestigd door het uitvoeren van een oxidase-test (BBL oxidase dryslide; BBD, nr. 231746) en het inzetten van een API20E (BioMerieux) identificatiestrip. Wanneer de uitslag van een API20E-identificatie *V. parahaemolyticus*, *V. cholerae* of *V. vulnificus* betrof, werd ter nadere bevestiging en identificatie een voor die soorten specifieke PCR uitgevoerd. Daarbij werd ook onderzocht of in die stammen toxinegenen aanwezig waren. De onderzochte genen betroffen *ctxA* en *ToxR* voor *V. cholerae*, *GyrB*, *Trh* en *Tdh* voor *V. parahaemolyticus*, en *vvh* voor *V. vulnificus* (NEN-EN-ISO 21872-1:2017).

Alle monsters water werden in een 'meest waarschijnlijk aantal' (MWA) formaat ingezet, waarbij de ophopingen in ASPW bestonden uit vijf opeenvolgende volumes of verdunningen van de monsters, die in drievoud werden ingezet. Een volume of verdunning werd als positief beschouwd als minimaal één isolaat uit deze verdunning met API als *Vibrio* spp werd bevestigd. De ingezette volumes varieerden en werden lopende het onderzoek aangepast op basis van de resultaten van een voorgaande bemonstering en de gemeten watertemperatuur. De basisvolumes waren: 50-10-1-0,1-0,01 ml. De *Vibrio*-concentraties werden in eerste instantie berekend met behulp van een MWA-berekeningsprogramma in Excel ([MPN_ver6.xls \(live.com\)](#)); MPN calculation program Version 5, 09-01-2017 en Versie 6, 2018-11-07). Voor de modellering en risicoschatting werden de concentraties berekend met behulp van Mathematica (Zie 2.3)

2.2.2 Schelpdieren

2.2.2.1 Onderzoeklocaties en monsternamen

De onderzochte schelpdieren waren in 2019 mosselen, oesters en ensis. In 2020 en 2021 waren dit mosselen en oesters die voor het SSO werden bemonsterd en gekoeld werden afgeleverd bij het RIVM. De schelpdieren waren afkomstig uit de SSO-productiegebieden Visserijzone Midden binnen de 12-mijlszone (Noordzee Midden-1; ensis, alleen 2019), Westelijke Waddenzee Noord (WWN 1-4; mossel), Oosterschelde Oost (OSO-4; oester) en Veerse Meer (VM-5; oester) (Zie bijlage 1 voor de exacte locaties). Dit zijn klasse A-productiegebieden. Producten uit die gebieden zijn geschikt voor rauwe consumptie op basis van

normwaarden voor *E. coli* ($< 230 E. coli / 100g$ schelpdiervlees en aanhangend vocht).

De bemonstering werd uitgevoerd door onafhankelijke monsternemers volgens de SSO-protocollen voor monsternamen van schelpdieren die jaarlijks aan de monsternemers worden verstrekt (Van Gool, 2018; NEN-EN-ISO 6887-3:2017). Na monsternamen werden de schelpdieren gekoeld naar het RIVM getransporteerd door een koerier, waarbij gebruik gemaakt werd van een actief gekoeld transportsysteem; de temperatuur bij aankomst was lager dan $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Het onderzoek van de schelpdieren werd direct na ontvangst van de monsters gestart.

2.2.2.2 Analyse

De schelpdieren werden onderzocht volgens NEN-EN-ISO 21872-1:2017 (vastgelegd in interne SOP Z&O M604). Om de procedure te harmoniseren met de watermonsters, werd deels afgeweken van de procedure beschreven in de interne SOP M604: er werd geen secundaire ophoping ingezet en er werd niet uitgestreken op een tweede selectieve agarplaat.

In 2019 werd 25 gram schelpdiervlees met aanhangend vocht (met inachtneming van het minimale aantal dieren per schelpdiersoort volgens NEN-EN-ISO 6887-3:2017) opgehoopt door incubatie in een vloeibaar kweekmedium (ASPW) gedurende 6 uur bij $36 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vanuit deze primaire ophoping werd uitgestreken op een selectieve agarplaat (TCBS) die gedurende 24 ± 3 uur werd geïncubeerd bij $36 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vervolgens werd dezelfde procedure gevolgd zoals beschreven voor monsters water (zie 2.2.1.3).

In 2020 en 2021 werd een semi-kwantitatieve procedure toegepast. Hiervoor werd 25 gram schelpdiervlees met aanhangend vocht (met inachtneming van het minimale aantal dieren per schelpdiersoort volgens NEN-EN-ISO 6887-3:2017) bij 225 ml vloeibaar kweekmedium (ASPW) gevoegd. Van deze initiële suspensie werd na homogenisatie een 10^{-1} en 10^{-2} verdunning gemaakt. Incubatie van deze verdunningen vond plaats bij $36 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ gedurende 18 ± 1 uur. Voor een enkelvoudige MWA-bepaling werden deze ophopingen na incubatie uitgestreken op TCBS en gedurende 24 ± 3 uur geïncubeerd bij $36 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Op basis van de resultaten van voorgaande bemonsteringen werd besloten of een aanpassing van de in te zetten verdunningen nodig was. De bevestigingsprocedure werd op dezelfde manier uitgevoerd als beschreven voor water in paragraaf 2.2.1.3. De *Vibrio*-concentraties werden berekend met behulp van een MWA-tabel (NEN-EN-ISO 7218:2007/A1:2014-04).

2.2.3 Andere producten uit de visketen

2.2.3.1 Monsternamen

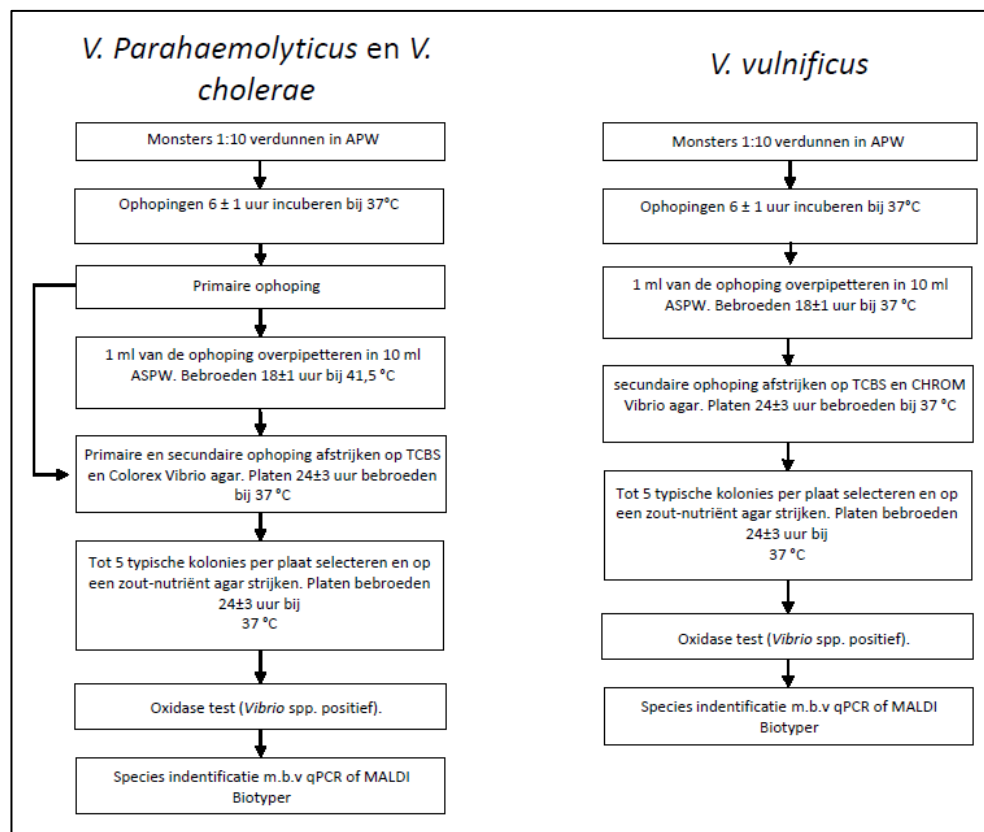
Wageningen Food Safety Research (WFSR) onderzocht in 2019, 2020 en 2021 in opdracht van NVWA in het kader van verschillende projecten (onder meer MRHH 19T34 Import kweekvis, MRHH 19P10 Verse zeewier, MRHH 19137 Verse zeewier) geïmporteerde kweekvis (tilapia en pangasius), geïmporteerde garnalen en in Nederland gekweekt zeewier voor humane consumptie op de aanwezigheid van *Vibrio*. De monsters werden random geselecteerd in de Rotterdamse haven en bij

distributeurs en groothandels. Per zending werd één monster naar het laboratorium gestuurd. De monsters werden gekoeld (0–4 °C) getransporteerd of bevroren, als producten bevroren waren tijdens de bemonstering. De bewaarcondities in het laboratorium waren: gekoeld (1 – 5 °C) voor gekoelde producten, en bevroren (-15 °C – -18 °C) voor reeds bevroren producten. De monsters werden binnen 36 uur na monsternamen in behandeling genomen. Van tilapia en pangasius werd van een partij een hele vis ontvangen, waarvan een monster van 25 gram werd genomen. Van garnalen en zeewier werd uit een partij een monster ontvangen, waarvan 25 gram werd onderzocht.

2.2.3.2

Analyse

Detectie (aan- of afwezigheid) en bevestiging werden uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 21872-1:2017, schematisch weergegeven in figuur 1. Bevestigingen met qPCR werden uitgevoerd op de genen *sodB* voor *V. cholerae* (Messelhäuser et al., 2010), *toxR* voor *V. parahaemolyticus* (Taiwo et al., 2017), en *vvhA* voor *V. vulnificus* (Campbell & Wright, 2003).



Figuur 1 Schematische weergave van het onderzoek van monsters uit de visketen door Wageningen Food Safety Research (WFSR) op *V. parahaemolyticus* en *V. cholerae* (links) en *V. vulnificus* (rechts).

2.3

Statistische analyse van de *Vibrio*-concentraties

Op basis van de gemeten *Vibrio*-concentraties in zwemwater, schelpdierproductiewater en schelpdiervlees in de jaren 2019, 2020 en 2021 en de in eerdere studies gemeten *Vibrio*-concentraties in zwemwater (Schets et al., 2011a; Sterk et al., 2015), werd een

statistisch model ontwikkeld voor het schatten van *Vibrio*-concentraties voor willekeurige locatie-watertype-jaar-combinaties. Dit is ongeacht welke locatie-watertype-jaar combinatie.

Als eerste werden voor de metingen uit 2019–2021 beste schattingen van de *Vibrio*-concentraties in zwemwater, schelpdierproductiewater en schelpdiervlees (MWA/per liter) gedaan in Mathematica (v. 13.0.1.0, Wolfram Inc, Illinois, USA) op basis van *maximum likelihood* schattingen.

Vervolgens werd voor de gecombineerde gegevens van zwemwater en schelpdierproductiewater voor de jaren 2009, 2010, 2011, 2012 uit eerdere studies (Schets et al., 2011a; Sterk et al., 2015) en 2019, 2020 en 2021 uit de huidige studie enerzijds en voor de gegevens van schelpdiervlees voor de jaren 2020 en 2021 anderzijds een lineaire mixed effect analyse uitgevoerd in R (version 4.1.2 (2021-11-01) (*Bird Hippy* en *ImerTest*) (Kuznetsova et al., 2017) met temperatuur als fixed effect. Voor de watergegevens werd de combinatie locatie-water-jaar als random effect meegenomen. Voor de schelpdiervleesgegevens werd de combinatie locatie-schelpdiervlees-jaar als random effect meegenomen. De concentraties werden voor de lineaire mixed effect analyse logaritmisches getransformeerd.

De modelvergelijking om de *Vibrio*-concentraties te schatten is:

$$^{10}\log(MWA) = a_0 + a_1 \times T + \varepsilon_0 + \varepsilon_1 \quad (1)$$

Hierin is *MWA* de *Vibrio*-concentratie (MWA/L), *T* de temperatuur (°C); a_0 en a_1 zijn coëfficiënten. ε_0 is het random effect van de combinatie locatie-water-jaar of locatie-schelpdiervlees-jaar en ε_1 is het residuele random effect. Coëfficiënten a_0 , a_1 , ε_0 en ε_1 zijn normaal verdeeld.

Vergelijking (1) werd gebruikt om *Vibrio*-concentraties te schatten voor verschillende scenario's voor de watertemperatuur, te weten 18 °C, 20 °C, 22 °C en 25 °C (zie 2.4).

2.4 Risicoschattingen (QMRA)

De risicoschattingen voor *Vibrio* werden in deze studie uitgevoerd voor het oplopen van maagdarmklachten door het inslikken van met *Vibrio* besmet water of met *Vibrio* besmette schelpdieren. Voor andere besmettingsroutes, zoals het binnendringen van met *Vibrio* besmet water in wondjes in de huid of de oren, zijn geen dosisresponsgegevens bekend en kan geen QMRA uitgevoerd worden.

Ook werd voor de QMRA alleen gebruikgemaakt van de dosisresponsrelatie voor *V. parahaemolyticus*, omdat er voor de andere relevante *Vibrio*-soorten geen dosisresponsrelatie bekend is.

2.4.1 Scenario's

Risicoschattingen voor water werden uitgevoerd aan de hand van met modelvergelijking (1) geschatte *Vibrio*-concentraties bij de watertemperaturen: 18 °C, 20 °C, 22 °C en 25 °C. Deze watertemperaturen werden gekozen op basis van de aanname dat in

water kouder dan 18 °C niet of nauwelijks wordt gezwommen, en de gemeten maximale watertemperaturen op de onderzochte locaties.

De risicoschattingen werden uitgevoerd voor het per keer zwemmen in zwemwater en voor het per keer eten van rauwe oesters.

Risicoschattingen voor het eten van mosselen werden niet uitgevoerd, omdat deze in Nederland niet rauw gegeten worden. Oesters worden bijna het hele jaar door geoogst en gegeten uit de Nederlandse productiewateren, hoewel vanaf het voorjaar tot augustus-september minder geoogst wordt omdat de oesters dan zaadschieten en het oestervlees daardoor erg mager is. Voor de risicoschattingen van oesterconsumptie werden daarom ook watertemperaturen van 5 °C en 10 °C als scenario's toegevoegd.

2.4.2 *Vibrio*-concentraties in water en schelpdiervlees

Op basis van modelvergelijking (1) en de kengetallen van de normale verdelingen van de coëfficiënten in modelvergelijking (1) werden 10.000 Monte Carlo-trekkingen gedaan om *Vibrio*-concentraties in water en schelpdiervlees te genereren.

2.4.3 *Wateringestie*

Voor de risicoberekeningen werden de gamma verdeelde gegevens van de hoeveelheid ingeslikt water uit Schets et al. (2011b) per keer zwemmen voor kinderen (Vkind), vrouwen (Vvrouw) en mannen (Vman) toegepast (zie ook tabel 10).

2.4.4 *Oesterconsumptie*

De *Vibrio*-metingen zijn afkomstig van rauwe schelpdieren (oesters en mosselen) rechtstreeks uit de productiegebieden. Er wordt niet gedepureerd (gezuiverd) als een productiegebied klasse A status heeft. (Klasse A < 230 *E. coli* /100 g schelpdiervlees en aanhangend vocht). Producten uit klasse A-gebieden zijn in principe geschikt voor rauwe consumptie op basis van de normwaarde voor *E. coli*.

Voor gegevens over oesterconsumptie werden in eerste instantie de gegevens van de Voedsel-Consumptie-Peiling (VCP, Van Rossum et al., 2011) geraadpleegd (tabel 10). In de periode 2007-2010 bleek het nuttigen van maar één keer één oester van 11 gram te zijn vermeld (nevo code 354). Dat is te onzekere informatie om een risicoschatting op te baseren. Daarom werd gebruikgemaakt van Amerikaanse literatuurgegevens van Pouillot et al. (2022), met normale verdelingen voor de gewichten per oester binnen een bepaalde oogst en tussen oogsten (tabel 10). Pouillot et al. (2022) rapporteerden ook een frequentieverdeling voor het aantal genuttigde rauwe oesters per maaltijd. Voor de risicoschattingen werden trekkingen gedaan uit deze frequentieverdeling. De hoeveelheid (gram) genuttigde rauwe oesters per maaltijd werd berekend uit het product van oestergewicht en aantal genuttigde oesters.

2.4.5 *Dosis (blootstelling)*

De dosis is het aantal ingeslikte *Vibrio* per keer zwemmen in (zout, brak) zwemwater of per maaltijd rauwe oesters.

Voor zwemwater:

$$D = C \times V \quad (2)$$

Hierin is D de dosis, C de concentratie *Vibrio* in water (aantal per liter) en V het ingeslikt volume water (liter) per keer zwemmen. Hierbij werd onderscheid gemaakt tussen kinderen, vrouwen en mannen.

Voor oesters:

$$D = C \times M \quad (3)$$

Hierin is D de dosis, C de concentratie *Vibrio* in oesters (aantal per gram) en M de genuttigde hoeveelheid oesters (gram) per maaltijd.

Zie tabel 10 voor de waarden en bronverwijzingen van V en M .

2.4.6

Dosisrespons

Tenslotte werden als volgt ziekterisico's P berekend:

$$P = 1 - (1 + D/b)^a \quad (4)$$

Zie tabel 10 voor de waarden en bronverwijzingen van a en b .

3 Resultaten inventarisatie van *Vibrio*-infecties in Nederland

RIVM-IDS heeft in de periode 2014 – 2018 *V. cholerae*-isolaten uit 19 patiënten ontvangen en geserotypeerd. Het betrof patiënten met mastitis (n=1), diarree (n=7), otitis (n=6), koorts (n=1), en niet-gespecificeerde aandoeningen (n=4). Van de 19 isolaten waren er 14 *V. cholerae* non-O1/O139 en vijf *V. cholerae* O1. De vijf patiënten waaruit *V. cholerae* O1 werd geïsoleerd, kwamen ook voor in het registratiesysteem van meldingsplichtige infectieziekten van RIVM-EPI.

RIVM-EPI ontving in de periode 2014–2018 zeven meldingen van cholera; het betrof vijf mannen en twee vrouwen. Allen liepen de infectie op in het buitenland, in landen waar cholera endemisch is. Twee personen werden in het ziekenhuis opgenomen. Voor vijf personen was contact met voedsel en water bekend, waaronder consumptie van rauwe vis en onverpakt ijs, en zwemmen in oppervlaktewater.

In ISIS-AR werden van 2014 tot en met 2018 147 *Vibrio*-isolaten geregistreerd. Deze waren afkomstig van 147 patiënten. Daarbij moet worden aangetekend dat wanneer er uit eenzelfde patiënt in meerdere jaren een *Vibrio* geïsoleerd werd, deze in meerdere jaren in het overzicht werd opgenomen. Het is niet bekend of dit daadwerkelijk is voorgekomen. Infecties met *V. alginolyticus* kwamen het vaakst voor, gevolgd door infecties met *V. parahaemolyticus* (tabel 1). De meeste isolaten waren afkomstig uit wonden of pus (84 procent). De overige isolaten kwamen uit bloed, urine, hoge en lage luchtwegen of uit een onbekende matrix.

Tabel 1 Aantallen en soorten *Vibrio* geïsoleerd uit patiënten en opgenomen in ISIS-AR.

<i>Vibrio</i> -soort /jaar	aantal isolaten					totaal
	2014	2015	2016	2017	2018	
<i>V. alginolyticus</i>	19	9	17	16	22	83
<i>V. cholerae</i>	2	4	3	0	4	13
<i>V. fluvialis</i>	0	0	2	1	0	3
<i>V. harveyi</i>	0	0	0	1	1	2
<i>V. parahaemolyticus</i>	3	3	13	1	1	21
<i>V. species</i>	7	1	0	3	5	16
<i>V. vulnificus</i>	2	1	2	0	1	6
<i>V. cincinnatiensis</i>	0	0	1	0	0	1
<i>V. furnissii</i>	0	1	1	0	0	2
totaal	33	19	39	22	34	147

Van de zeven MML aan wie om informatie over onderzochte *Vibrio*-isolaten werd gevraagd, stuurden slechts twee MML gegevens op. In het ene MML werden in de periode 2014 – 2018 vier *Vibrio*-isolaten onderzocht: een *Vibrio* spp en een *V. alginolyticus* uit twee verschillende oorkweken in 2014 (geen verdere gegevens bekend); een *V. fluvialis* uit feces van een patiënt die ziek werd na consumptie van mosselen (herkomst onbekend) in 2016; een *V. parahaemolyticus* uit feces van

een patiënt na zwemmen en consumptie van zeevruchten tijdens een vakantie in Oost-Afrika in 2017. In het andere MML onderzocht men in 2014–2018 acht *Vibrio*-isolaten. Het betrof zes *V. alginolyticus* uit ooren wondkweken in 2014, 2016, 2017 en 2018, en twee *V. parahaemolyticus* uit twee verschillende wondkweken in 2016.

4 Resultaten onderzoek van besmettingsroutes voor *Vibrio*-infecties

4.1 Water

4.1.1 Zwemwater

Op de in 2019 en 2020 onderzochte zwemlocaties werden *Vibrio*-soorten in vrijwel alle monsters aangetroffen (tabel 2, waarbij de *Vibrio*-concentraties het laagst waren aan het begin van de meetreeks in het voorjaar, het hoogst gedurende de zomermaanden juli en augustus, en daalden in de nazomer (september – oktober) (figuur 4). Op alle locaties vertoonde de watertemperatuur hetzelfde seizoensverloop, met lage waarden in het voorjaar, hoge waarden in de zomer en dalende waarden in de nazomer en herfst (figuur 5).

Tabel 2 Samenvatting *Vibrio*-concentraties en fysisch-chemische parameters op zwemlocaties in de Noordzee, Oosterschelde en Waddenzee, 2019-2020; zie 2.2.1.1 voor de codering van de zwemlocaties.

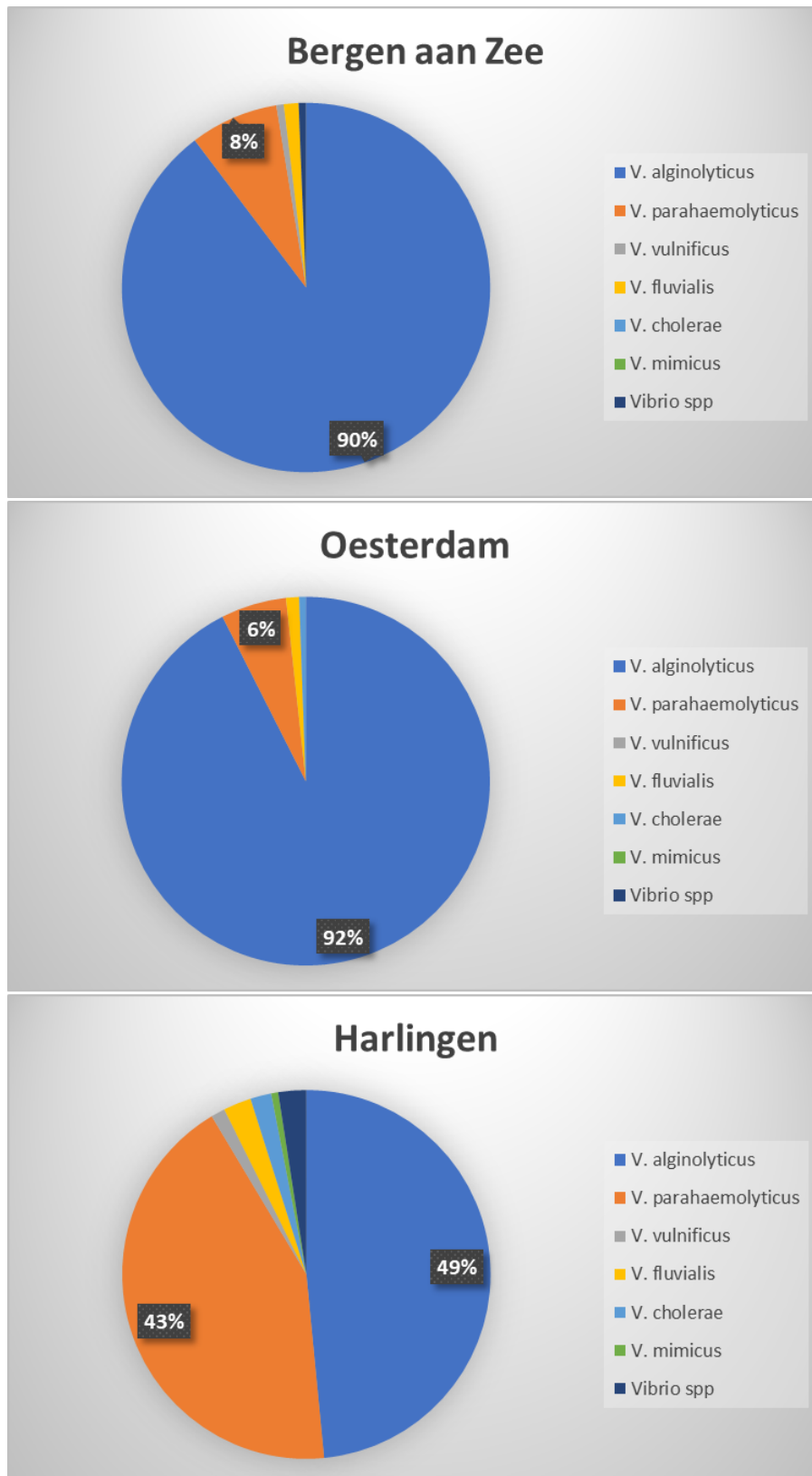
parameter	locatie	Noordzee - Bergen aan Zee		Oosterschelde - Oesterdam		Waddenzee - Harlingen		
		jaar	2019	2020	2019	2020	2019	2020
aantal monsters			20	13	19	13	19	13
<i>Vibrio</i> -concentratie (MWA/l)	min		0	9,2	230	47	580	0
	max		84.000	39.000	420.000	4.300.000	460.000	1.500.000
	gemiddeld		9.569	5.255	66.529	386.062	130.603	278.324
	mediaan		2.850	1.900	2.850	4.200	45.000	32.000
watertemperatuur (°C)	min		11,0	9,9	12,4	8,6	10,0	6,9
	max		20,6	21,1	23,8	27,2	19,2	22,8
	gemiddeld		17,1	16,0	19,3	18,0	16,1	15,0
	mediaan		17,0	17,0	19,6	17,7	16,4	16,0
zuurgraad	min		7,9	8,0	8,0	8,0	6,8	7,5
	max		8,3	8,2	8,6	8,4	8,0	8,0
	gemiddeld		8,2	8,0	8,3	8,0	7,8	8,0
	mediaan		8,2	8,1	8,3	8,2	7,8	7,9
geleidbaarheid (mS/cm)	min		42,4	40,7	-	42,6	28,9	17,2
	max		51,0	43,6	50,0	46,5	47,2	41,8
	gemiddeld		49,0	43,0	50,0	45,0	37,2	31,0
	mediaan		49,6	43,2	50,0	45,0	28,1	29,4

Uit de in 2019 en 2020 onderzochte monsters zwemwater werden in totaal 667 isolaten reingekweekt en getypeerd; 492 isolaten behoorden tot het geslacht *Vibrio*. *V. alginolyticus* was de meest voorkomende soort (77 procent), gevolgd door *V. parahaemolyticus* (19 procent). *V. vulnificus*, *V. fluvialis*, *V. cholerae* non-O1/O139, en *V. mimicus* werden incidenteel geïsoleerd (tabel 3). De soortenverdeling was voor de

verschillende zwemlocaties niet gelijk: in de Noordzee bij Bergen aan Zee en in de Oosterschelde bij de Oesterdam was *V. alginolyticus* de dominante soort, terwijl in de Waddenzee bij Harlingen naast *V. alginolyticus* ook vaak *V. parahaemolyticus* werd aangetroffen (figuur 2).

Tabel 3 Vibrio-soorten op zwemlocaties in de Noordzee, Oosterschelde en Waddenzee, 2019-2020; zie 2.2.1.1 voor de codering van de zwemlocaties.

zwemlocatie	jaar	aantal isolaten per soort						
		<i>Vibrio</i> totaal	<i>V. alginolyticus</i>	<i>V. parahaemolyticus</i>	<i>V. vulnificus</i>	<i>V. fluvialis</i>	<i>V. cholerae</i> non-O1/O139	<i>V. mimicus</i>
	2019							
Bergen aan Zee		103	91	9	1	1		1
Oesterdam		108	100	7			1	
Harlingen		105	48	52	1	1	2	1
	2020							
Bergen aan Zee		52	48	3		1		
Oesterdam		66	61	3		2		
Harlingen		58	31	18	1	3	1	4



Figuur 2 Soortenverdeling van Vibrio op zwemlocaties, 2019-2020; zie 2.2.1.1 voor de codering van de zwemlocaties.

4.1.2 *Water uit schelpdierproductiegebieden*

In de meeste monsters water van de onderzochte schelpdierproductielocaties werd *Vibrio* aangetroffen (tabel 4). Ook op deze locaties waren de *Vibrio*-concentraties het laagst aan het begin van de meetreeks in het voorjaar en het hoogst gedurende de zomermaanden (figuur 4). Ook de watertemperatuur vertoonde een duidelijk seizoensverloop (figuur 5).

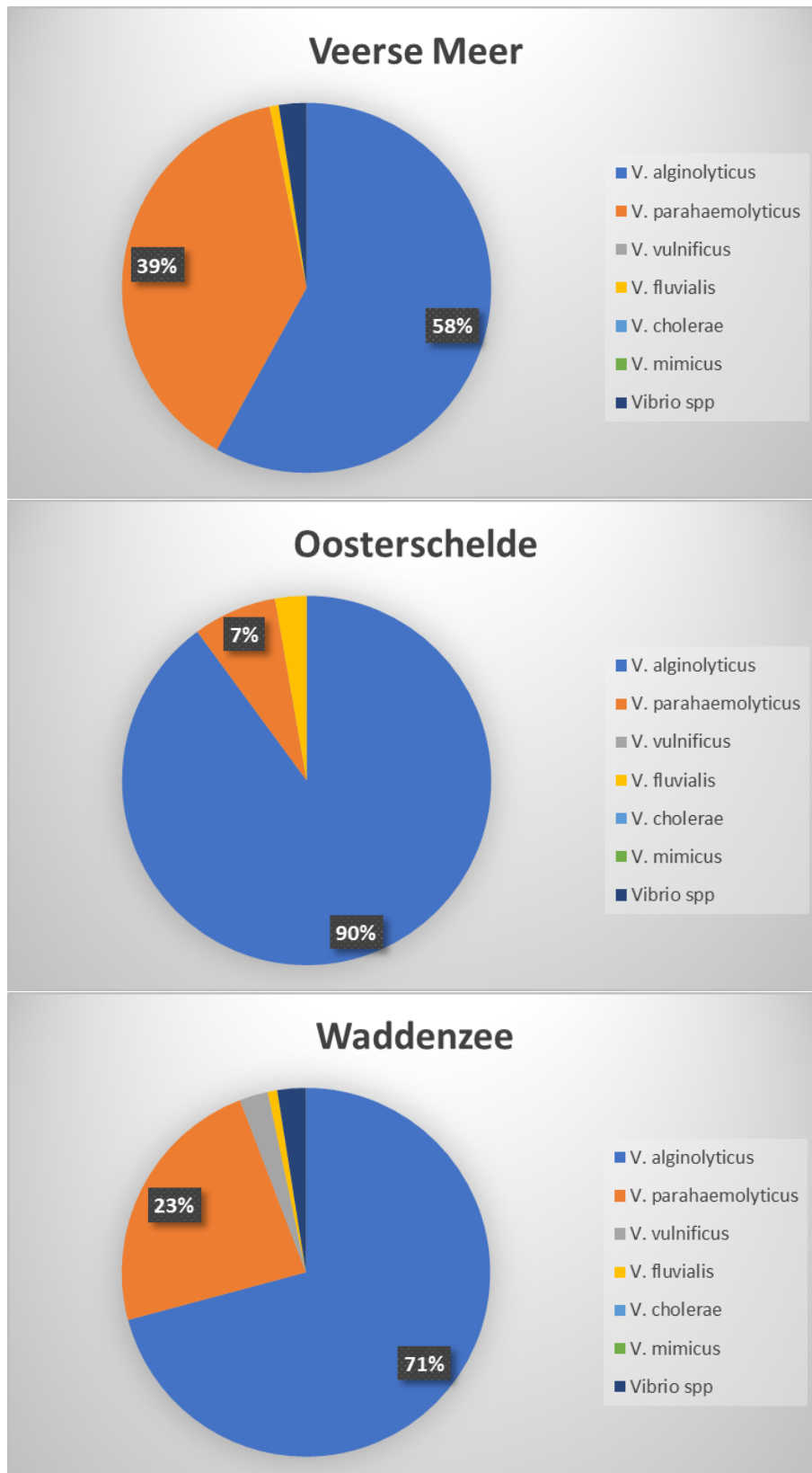
Tabel 4 Samenvatting Vibrio-concentraties en fysisch-chemische parameters op schelpdierproductielocaties in het Veerse Meer, de Oosterschelde en de Waddenzee; zie bijlage 1 voor de codering van de locaties.

locatie		Veerse Meer			Oosterschelde			Waddenzee		
Parameter	jaar	2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021
aantal monsters		8	12	11	6	10	7	8	11	10
Vibrio-concentratie (MWA/l)	min	1200	0	0	150	3,2	0	55	0	0
	max	14.000	200.000	14.000	22.000	12.000	15.000	1.200	9.200	4.300
	gemiddeld	4.663	24.798	2.345	4.858	2.538	3.370	416	1903	779
	mediaan	3.650	1.900	390	1.465	1.950	220	300	660	151
watertemperatuur (°C)	min	14,3	6,2	7,2	12,6	7,2	7,2	12,1	6,1	7,3
	max	23,4	24,5	22,2	21,4	24,2	20,7	23,0	23,5	20,8
	gemiddeld	19,4	19,0	18,0	16,8	17,0	16,8	18,2	17,0	16,9
	mediaan	19,8	19,1	19,1	16,8	17,6	18,7	18,0	17,8	18,0
zuurgraad	min		7,3	6,6		5,6	7,2		5,1	6,4
	max		8,6	8,6		8,3	8,4		8,3	8,4
	gemiddeld		8,0	7,8		8,0	7,9		8,0	7,6
	mediaan		8,3	8,2		8,0	8,1		8,1	7,6
geleidbaarheid (mS/cm)	min			43,4			47,7			47,6
	max			56,3			56,9			59,2
	gemiddeld			49,4			52,6			53,2
	mediaan			50,5			53,5			53,9

Uit de in 2019, 2020 en 2021 onderzochte monsters schelpdierproductiewater werden in totaal 601 isolaten reingekweekt en getypeerd; 353 isolaten behoorden tot het geslacht *Vibrio*. De meest voorkomende soort was *V. alginolyticus* (72 procent), gevolgd door *V. parahaemolyticus* (24 procent). *V. vulnificus* en *V. fluvialis* werden allebei incidenteel geïsoleerd (tabel 5). De soortenverdeling was per onderzochte locatie verschillend en ook per jaar werd variatie waargenomen. In het Veerse Meer werden *V. alginolyticus* en *V. parahaemolyticus* meestal ongeveer even vaak aangetroffen. In de Waddenzee was *V. alginolyticus* altijd dominant en uit de Oosterschelde werd vrijwel alleen *V. alginolyticus* geïsoleerd (figuur 3).

Tabel 5 *Vibrio*-soorten op schelpdierproductielocaties in het Veerse Meer, de Oosterschelde en de Waddenzee; zie bijlage 1 voor de codering van de locaties.

locatie	jaar	<i>Vibrio</i> totaal	<i>V. alginolyticus</i>	<i>V. parahaemolyticus</i>	<i>V. vulnificus</i>	<i>V. fluvialis</i>	<i>V. cholerae</i> non-O1/O139	<i>V. mimicus</i>	<i>Vibrio</i> spp.
	2019								
Veerse Meer		43	22	21					
Oosterschelde		40	36	3		1			
Waddenzee		41	26	14	1				
	2020								
Veerse Meer		46	34	11					1
Oosterschelde		44	38	5		1			
Waddenzee		45	37	4	1				3
	2021								
Veerse Meer		35	16	16		1			2
Oosterschelde		25	24			1			
Waddenzee		34	22	10	1	1			



Figuur 3 Soortenverdeling Vibrio in schelpdierproductiewater (2019 – 2021); zie bijlage 1 voor de coderingen van de productiegebieden.

4.2 Schelpdieren

In de meeste onderzochte schelpdiermonsters werd *Vibrio* aangetroffen (tabel 6). In 2019 werden 34 monsters schelpdieren onderzocht op de aanwezigheid van *Vibrio*; het betrof ensis (n=7), oesters (n=17) en mosselen (n=10). In 31 van de 34 monsters (91 procent) werd *Vibrio* aangetroffen: in 7/7 monsters ensis uit de Noordzee, in 8/8 monsters oesters uit het Veerse Meer, in 7/9 monsters oesters uit de Oosterschelde en in 9/10 monsters mosselen uit de Waddenzee. In 2020 werden 33 monsters schelpdieren onderzocht op de aanwezigheid van *Vibrio*; het betrof oesters (n=22) en mosselen (n=11). In 29 monsters (88 procent) werd *Vibrio* aangetroffen. In 2021 bedroeg het aantal onderzochte monsters schelpdieren 35, waarvan 23 monsters oesters en 12 monsters mosselen. Hiervan waren 32 monsters (91 procent) positief voor *Vibrio* spp. De monsters waren afkomstig uit verschillende productiegebieden (bijlage 1). In 2020 en 2021 werden kwantitatieve gegevens verkregen. Hieruit bleek dat de *Vibrio*-concentratie het hoogst was in het Veerse Meer, en lager en variabelere in de Oosterschelde en de Waddenzee.

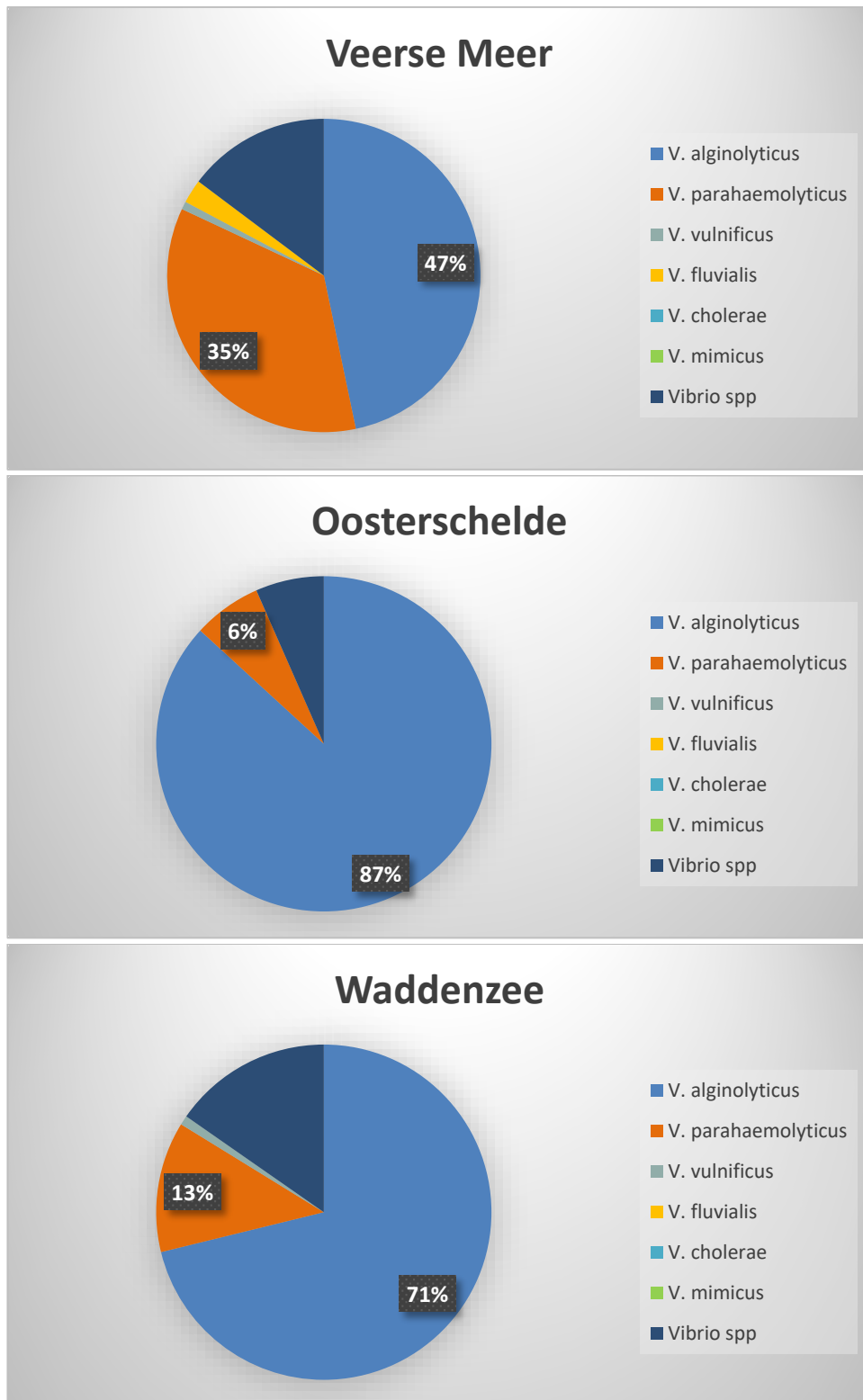
Uit de in 2019, 2020 en 2021 onderzochte monsters schelpdieren werden in totaal 424 isolaten reingekweekt en getypeerd; 337 isolaten behoorden tot het geslacht *Vibrio*. Van de 63 *Vibrio*-isolaten uit 2019 was 63 procent (n=40) *V. alginolyticus* en 33 procent (n=21) *V. parahaemolyticus*. In 2020 werden 92 *Vibrio*-isolaten onderzocht; 76 procent (n=70) hiervan was *V. alginolyticus* en 9 procent (n=8) was *V. parahaemolyticus*. *V. vulnificus* en *V. fluvialis* werden beide één keer geïsoleerd. Van de 182 *Vibrio*-isolaten uit 2021 was 63 procent (n=115) *V. alginolyticus* en 21 procent (n=38) *V. parahaemolyticus*. Ook in 2021 werden *V. vulnificus* en *V. fluvialis* incidenteel uit schelpdieren geïsoleerd (tabel 7; figuur 4).

Tabel 6 *Vibrio*-concentraties in schelpdieren uit productiegebieden in het Veerse Meer, de Oosterschelde en de Waddenzee; zie bijlage 1 voor de codering van de locaties.

parameter	locatie	Veerse Meer		Oosterschelde		Waddenzee	
	jaar	2020	2021	2020	2021	2020	2021
<i>Vibrio</i> -concentratie (MWA/l)	min	2,3	0	2,3	2,3	2,3	0
	max	24.000	24.000	2.300	23.000	23.000	2.400
	gemiddeld	6.743	8.611	536	3.158	3.147	978
	mediaan	900	2300	127	230	230	230

Tabel 7 *Vibrio*-soorten in schelpdieren uit productiegebieden in de Noordzee (2019), het Veerse Meer, de Oosterschelde en de Waddenzee; zie bijlage 1 voor de codering van de locaties.

		<i>Vibrio</i> totaal	<i>V. alginolyticus</i>	<i>V. parahaemolyticus</i>	<i>V. vulnificus</i>	<i>V. fluvialis</i>	<i>V. cholerae</i> non-O1/O139	<i>V. mimicus</i>	<i>Vibrio</i> spp.
locatie	jaar	aantal isolaten per soort							
	2019								
Noordzee		13	10	1					2
Veerse Meer		17	7	10					
Oosterschelde		14	11	3					
Waddenzee		19	12	7					
	2020								
Veerse Meer		34	23	7		1			3
Oosterschelde		29	25	1					3
Waddenzee		29	22		1				6
	2021								
Veerse Meer		71	27	28	1	2			13
Oosterschelde		48	43	2					3
Waddenzee		63	45	8					10



Figuur 4 Soortenverdeling Vibrio in schelpdiermonsters (2019 – 2021); zie bijlage 1 voor de coderingen van de locaties.

4.3 Andere producten uit de visketen

In 2019 werden door WFSR 260 geïmporteerde visproducten onderzocht op de aanwezigheid van *Vibrio*; het betrof pangasius (n=85), tilapia (n=80) en garnalen (n=95) afkomstig uit verschillende landen (tabel 8). In pangasius werd één keer *V. cholerae* non-O1/O139 aangetroffen, terwijl in tilapia geen enkele keer *Vibrio* werd gevonden. In garnalen werd in 32 procent van de onderzochte partijen *Vibrio* aangetroffen. Het betrof *V. parahaemolyticus*, *V. cholerae* non-O1/O139 en *V. vulnificus* (tabel 8). In geen van de 14 onderzochte monsters van in Nederland gekweekt zeewier werd *Vibrio* aangetroffen.

In 2020 zijn door WFSR 284 monsters geïmporteerde kweekvis onderzocht op de aanwezigheid van *Vibrio*. Het betrof pangasius (n=98), tilapia (n=88) en garnalen (n=98) afkomstig uit verschillende landen (tabel 8). In pangasius werd één keer *V. cholerae* non-O1/O139 aangetroffen, terwijl in tilapia geen enkele keer *Vibrio* werd gevonden. In garnalen werd in 30 van de 98 (31 procent) van de onderzochte partijen *Vibrio* aangetroffen. Het betrof *V. parahaemolyticus* en *V. cholerae* non-O1/O139 (tabel 8). In geen van de 185 onderzochte monsters van in Nederland gekweekt zeewier werd *Vibrio* aangetroffen.

In 2021 zijn door WFSR 306 monsters geïmporteerde kweekvis onderzocht op de aanwezigheid van *Vibrio*. Het betrof pangasius (n=97), tilapia (n=108) en garnalen (n=101) afkomstig uit verschillende landen (tabel 8). In pangasius werd één keer *V. cholerae* non-O1/O139 aangetroffen. In tilapia werd ook één keer *V. cholerae* non-O1/O139 aangetroffen en drie keer *V. parahaemolyticus*. In garnalen werd in 53 van de 101 (52 procent) onderzochte partijen *V. parahaemolyticus* of *Vibrio cholerae* non-O1/O139 aangetroffen. Daarnaast werden in deze producten ook met enige regelmaat niet nader geïdentificeerde *Vibrio spp* gevonden. In 7 van de 284 (2,5 procent) onderzochte monsters van in Nederland gekweekt zeewier werd *Vibrio* aangetroffen. Het betrof *V. cholerae* non-O1/O139 en *V. parahaemolyticus*.

Tabel 8 *Vibrio* in geïmporteerde vis en schaaldieren en in Nederland gekweekt zeewier, 2019 – 2021.

product	herkomst	aantal onderzocht			aantal positief			aangetroffen soorten
		2019	2020	2021	2019	2020	2021	
pangasius	Vietnam	85	98	97	1	1	1	<i>V. cholerae</i> non-O1/O139
tilapia	Indonesië, Taiwan, China, Vietnam, Bangladesh (2021)	80	88	108	0	0	4	<i>V. cholerae</i> non-O1/O139, <i>V. parahaemolyticus</i>
garnalen	Bangladesh, Ecuador, Filipijnen, Honduras, India, Indonesië, Thailand, Venezuela, Vietnam, Marokko (2021), Verenigd Koninkrijk (2021) Guatemala (2021)	95	98	101	30	30	53	<i>V. parahaemolyticus</i> , <i>V. cholerae</i> non-O1/O139, <i>V. vulnificus</i> (2019) <i>Vibrio spp.</i> (2021)
zeewier	Nederland	14	185	284	0	0	7	<i>V. cholerae</i> non-O1/O139, <i>V. parahaemolyticus</i>

5 Resultaten onderzoek naar *Vibrio*-soorten in de loop van de tijd

5.1 Zwemwater

Op de zwemlocaties in de Noordzee, Oosterschelde en Waddenzee werd zowel in 2009 – 2012 als in 2019 – 2020 onderzoek gedaan naar de aanwezigheid van *Vibrio*. Vergelijking van de gevonden *Vibrio*-soorten in beide tijdsblokken laat zien dat *V. alginolyticus* in beide perioden de dominante soort was, gevolgd door *V. parahaemolyticus*. Het aandeel van *V. cholerae* non-O1/O139 was licht gedaald, het aandeel van *V. vulnificus* was constant gebleven (tabel 9).

In de Oosterschelde was er geen verschil in het voorkomen van de verschillende *Vibrio*-soorten in beide perioden, *V. alginolyticus* was altijd dominant en maakte ongeveer 90 procent van de isolaten uit. In de Noordzee bij Bergen aan Zee en de Waddenzee bij Harlingen maakten *V. alginolyticus* en *V. parahaemolyticus* samen ongeveer 85–98 procent van de isolaten uit, maar is er van jaar tot jaar wat verschil te zien in welke soort dominant was.

Tabel 9 Vergelijking aandeel *Vibrio*-soorten op zwemlocaties in 2009 – 2012 en 2019 – 2020.

<i>Vibrio</i> -soort	aandeel <i>Vibrio</i> -soort in tijdsblok (%)	
	2009 - 2012	2019 - 2020
<i>V. alginolyticus</i>	74	77
<i>V. parahaemolyticus</i>	18	19
<i>V. cholerae</i> non-O1/O139	3	0,8
<i>V. fluvialis</i>	1,5	1,6
<i>V. vulnificus</i>	0,7	0,6
<i>V. mimicus</i>	0	0,2
<i>V. species</i>	2,4	1,0

5.2 Schelpdierproductiewater en schelpdieren

In schelpdierproductiewater was *V. alginolyticus* gedurende 2019-2021 de dominante *Vibrio*-soort (72 procent van de isolaten), gevolgd door *V. parahaemolyticus* (24 procent van de isolaten). Zie ook tabel 7 en figuur 3. Voor schelpdierproductiewater zijn er geen historische gegevens om het voorkomen van *Vibrio*-soorten mee te vergelijken.

In een eerder onderzoek naar *Vibrio* in schelpdieren in 2006–2008 werden oesters en mosselen uit de Oosterschelde onderzocht (Schets et al., 2010). In deze monsters was *V. alginolyticus* de dominante soort (88 procent van de isolaten), gevolgd door *V. parahaemolyticus* (12 procent van de isolaten). In het huidige onderzoek was *V. alginolyticus* nog steeds de dominante soort in schelpdieren uit de Oosterschelde (87 procent van de isolaten), eveneens gevolgd door *V. parahaemolyticus* (7 procent van de isolaten).

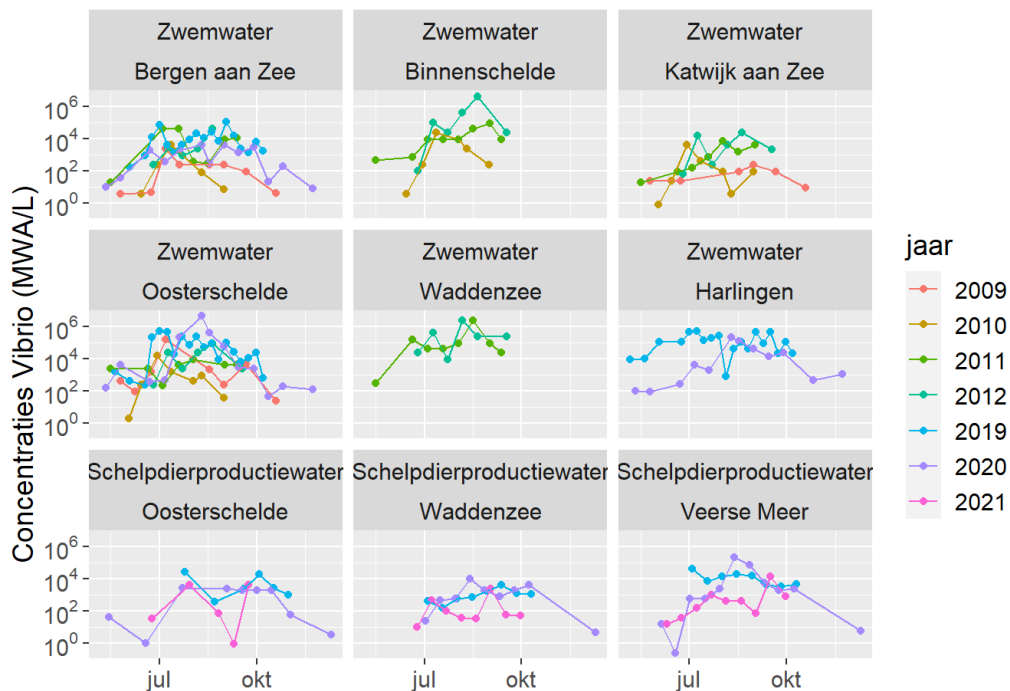
6 Statistische analyse van de *Vibrio*-concentraties

6.1 *Vibrio* in zwem- en schelpdierproductiewater, 2009 - 2021

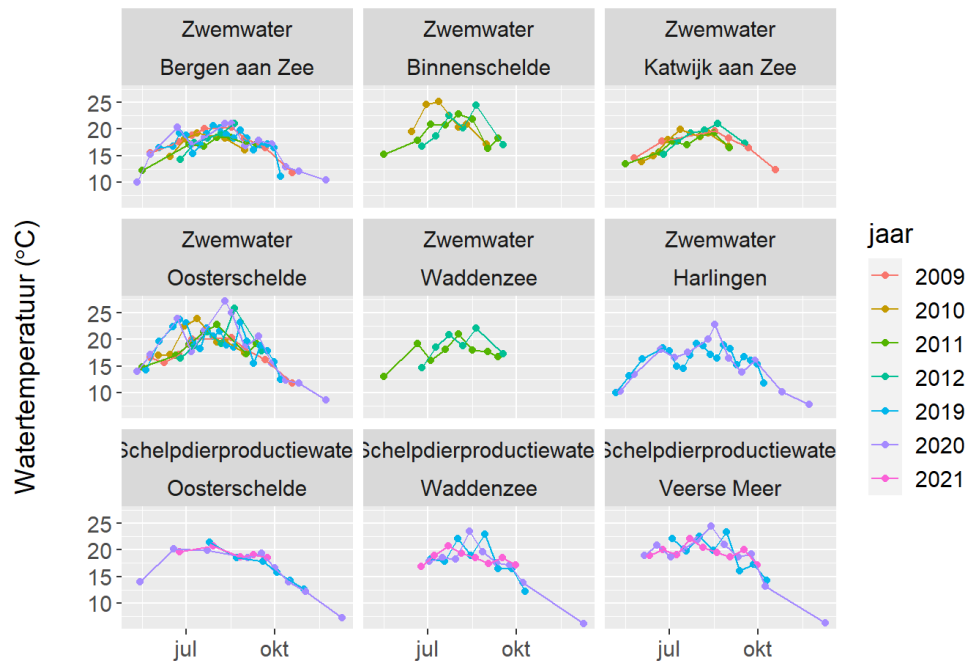
Figuur 5 geeft de tijdseries van de concentratie *Vibrio* in zwem- en schelpdierproductiewater weer per locatie en type water, waarbij de verschillende jaren over elkaar zijn geprojecteerd. Visueel is duidelijk dat er verschillen zijn tussen locaties (en dus watertypes) en jaren, maar er zijn geen trends zichtbaar. De verschillen tussen zwemwater en schelpdierproductiewater waren niet significant en daarom werden alle waarden voor beide typen water gecombineerd gebruikt voor de lineaire mixed effect-analyse en de Imer Test, resulterend in modelvergelijking (1).

Met dezelfde onderverdeling als in figuur 5 geeft figuur 6 de watertemperatuur weer. Het verloop van de concentraties en de watertemperaturen in de tijd vertonen sterke overeenkomsten en suggereren een toename van de *Vibrio*-concentratie als de watertemperatuur stijgt.

Uit de statistische analyse volgt een zeer significant effect van de watertemperatuur (zie waarden van de coëfficiënten voor vergelijking (1) in tabel 10) op de *Vibrio*-concentratie. De residuele variantie en de variantie die toe te schrijven is aan de combinatie locatie-water-jaar zijn ongeveer gelijk.



Figuur 5 Concentraties *Vibrio* (MWA/L) in zwemwater en schelpdierproductiewater, 2009 - 2021.

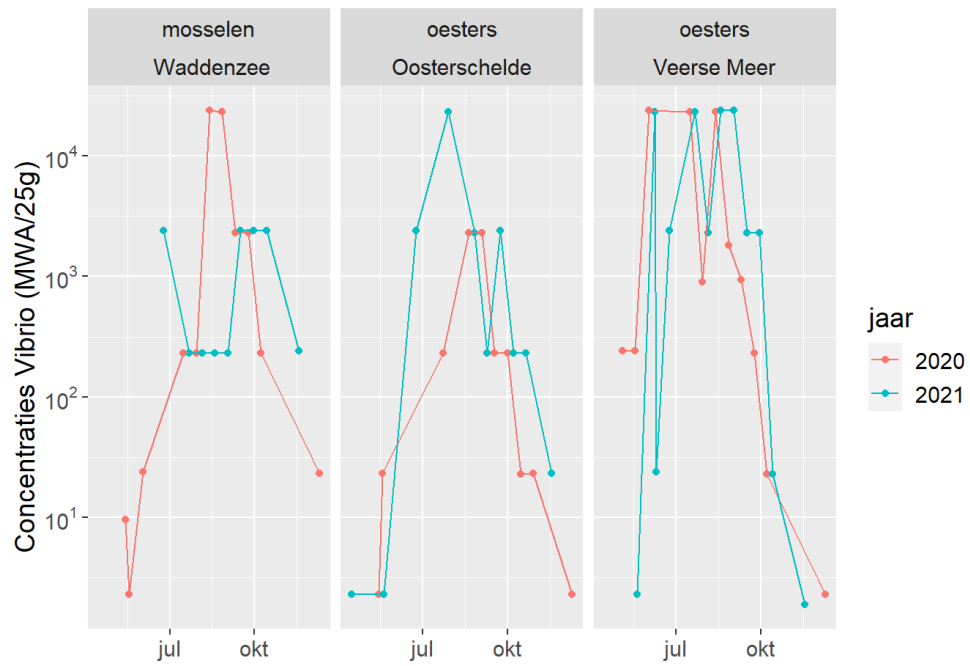


Figuur 6 Wattertemperatuur (°C) in zwemwater en schelpdierproductiewater, 2009 - 2021.

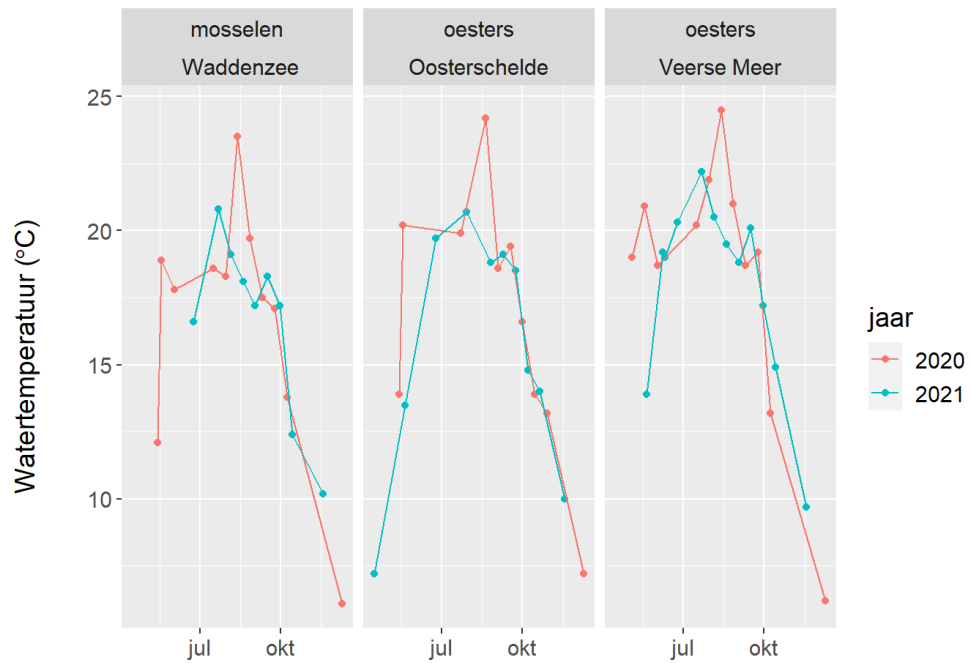
6.2 *Vibrio* in schelpdiervlees, 2020 - 2021

Figuur 7 geeft de tijdseries van de concentratie *Vibrio* in schelpdiervlees weer per locatie en type schelpdier (oester en mossel), waarbij de verschillende jaren over elkaar zijn geprojecteerd. Met dezelfde onderverdeling als in figuur 7 geeft figuur 8 de wattertemperatuur weer. Het verloop van de concentraties en de temperatuur in de tijd vertonen sterke overeenkomsten en suggereren ook hier een toename van de *Vibrio*-concentratie als de wattertemperatuur stijgt.

Uit de statistische analyse volgt een zeer significant effect van de wattertemperatuur op de *Vibrio*-concentratie (Zie waarden van de coëfficiënten voor vergelijking (1) in tabel 10). De variantie die toe te schrijven is aan de combinatie locatie-schelpdier-jaar is verwaarloosbaar klein. Er konden geen concentratieverschillen tussen mosselen en oesters worden onderscheiden en daarom werden alle waarden voor beide typen schelpdieren gecombineerd gebruikt voor de lineaire mixed effect-analyse en de Imer Test, resulterend in modelvergelijking (1).



Figuur 7 Concentraties Vibrio (MWA/25gram) in schelpdiervlees, 2020 - 2021.

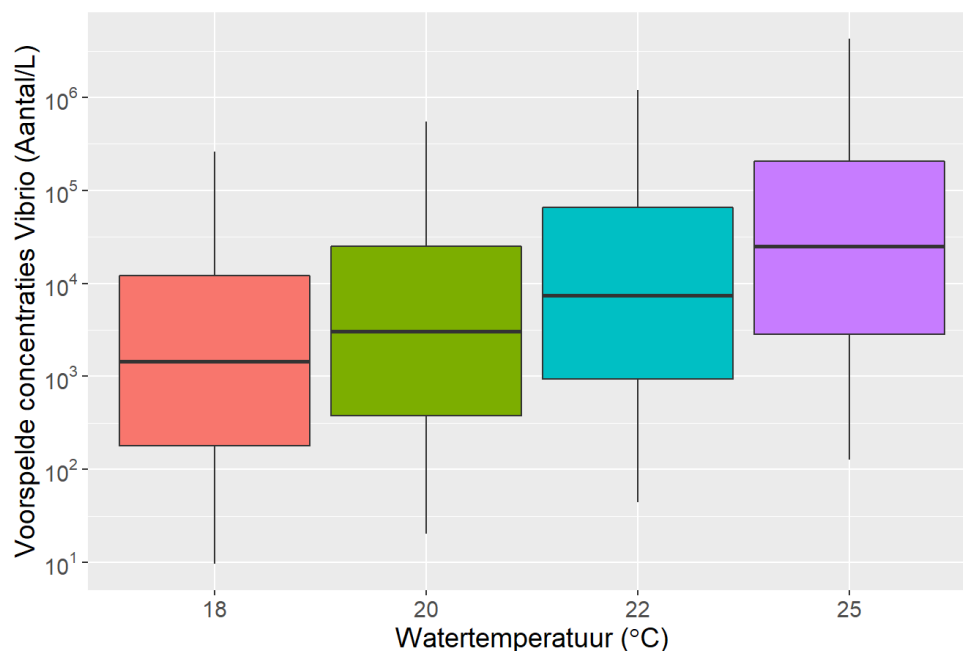


Figuur 8 Watertemperatuur (°C) van schelpdierproductiewater op het moment van verzamelen van monsters schelpdieren, 2020-2021.

6.3 Voorspelde *Vibrio*-concentraties bij verschillende temperatuurscenario's

6.3.1 Water

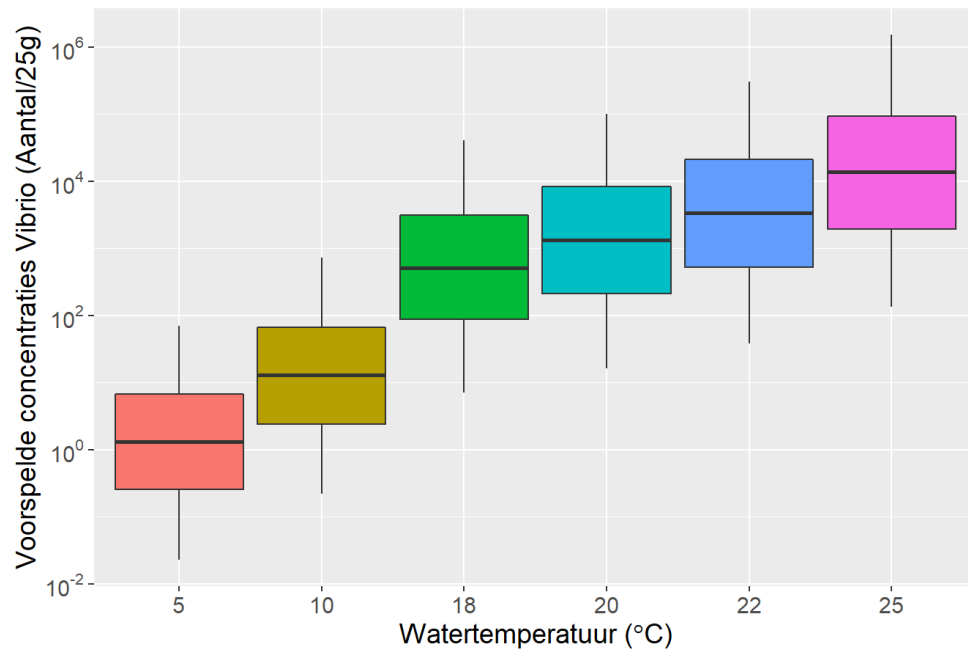
De voorspelde *Vibrio*-concentratie in water bij 18 °C, 20 °C, 22 °C en 25 °C in zwem- en schelpdierproductiewater voor een willekeurige locatie-water-jaar combinatie door toepassing van vergelijking (1) is in figuur 9 en tabel 11 weergegeven. Per graad Celsius temperatuurstijging neemt de de *Vibrio*-concentratie gemiddeld toe met een factor $10^{0,017} = 1,5$.



Figuur 9 Voorspelde *Vibrio*-concentratie (aantal/l) bij een watertemperatuur van 18 °C, 20 °C, 22 °C en 25 °C in zwem- en schelpdierproductiewater voor een willekeurige locatie-water-jaarcombinatie. De boxplots tonen de mediaan (horizontale lijn), de kwartielen (box) en het 5-95 procent-interval (whiskers). Zie ook tabel 11.

6.3.2 Schelpdieren

De voorspelde *Vibrio*-concentratie in schelpdiervlees bij watertemperaturen van 5 °C, 10 °C, 18 °C, 20 °C, 22 °C en 25 °C in zwem- en schelpdierwater voor een willekeurige locatie-schelpdier-jaarcombinatie door toepassing van vergelijking (1) is in figuur 10 en tabel 11 weergegeven. Per graad Celsius temperatuurstijging neemt de de *Vibrio*-concentratie in schelpdiervlees gemiddeld toe met een factor $10^{0,20} = 1,6$. Dit is nagenoeg dezelfde relatie als voor water. Het temperatureffect voor water kon veel nauwkeuriger geschat worden als dat voor schelpdiervlees, omdat er veel meer monsters water dan monsters schelpdiervlees werden onderzocht.



Figuur 10 Voorspelde Vibrio-concentratie (aantal/25g) in schelpdiervlees bij een watertemperatuur van 5 °C, 10 °C, 18 °C, 20 °C, 22 °C en 25 °C voor een willekeurige locatie-schelpdier-jaarcombinatie. De boxplots tonen de mediaan (horizontale lijn), de kwartielen (box) en het 5-95 procent-interval (whiskers). Zie ook tabel 11.

7 Schatting van ziekerisico's door *Vibrio*-besmetting

7.1 Ziekterisico's bij verschillende watertemperatuur- scenario's

De ziekerisico's door zwemmen (alleen voor water inslikken) in potentieel met *Vibrio* besmet oppervlaktewater en door consumptie van met *Vibrio* besmette oesters werden geschat op basis van de in tabellen 10 tot en met 12 weergegeven parameters.

Tabel 10 toont alle parameterwaarden voor het schatten van de concentraties *Vibrio* in zwem- en schelpdierproductiewater en in schelpdier vlees (mosselen en oesters), alsmede parameters voor de hoeveelheid ingeslikt water (watingestie), schelpdierconsumptie en de dosisresponsrelatie op basis van literatuurgegevens.

Tabel 11 geeft de met modelvergelijking (1) voorspelde concentraties *Vibrio* in zwem- en schelpdierproductiewater. De 5-95 procent-intervallen weerspiegelen de onzekerheid in de voorspelde concentraties en bestrijken vier tot vijf ordes van grootte voor zwemwater en drie tot vier ordes van grootte voor schelpdierproductiewater.

Tabel 12 vat de kengetallen voor watingestie en oesterconsumptie samen en tabel 13 geeft de kengetallen van de risicoschattingen weer. De verdelingen van de risicoschattingen zijn grafisch weergegeven in figuur 11. De toename van de risico's bij een stijging van de watertemperatuur is duidelijk te zien.

De 5-95 procent-intervallen van de ziekerisico's voor zwemmen bestrijken vijf tot zes ordes van grootte (tabel 13). Deze spreiding komt voornamelijk door de onzekerheid in de voorspelde concentraties (tabel 11). Hetzelfde geldt voor schelpdierproductiewater, waar de spreiding een orde van grootte minder is.

De verdelingen van de geschatte ziekerisico's zijn scheef. Dit is te zien aan de waarde van het gemiddelde die dichter bij het 95-percentiel ligt dan bij de mediaan. De 95-percentielwaarden worden daarom als beste maat voor de beoordeling van de risico's toegepast. Ze geven aan dat de risico's in 95 procent van de gevallen kleiner of gelijk zijn aan die waarde. Overeenkomstig met de mate van watercontact zijn de risico's het grootst voor kinderen, gevolgd door mannen en vrouwen. Tot een watertemperatuur van 22 °C zijn de risico's over het algemeen enkele duizendsten en bij 25 °C enkele honderdsten. In vergelijking tot een risicogrens voor infectie (let op: het gaat hier niet om ziekerisico) per persoon per jaar door drinkwaterconsumptie in Nederland van één tienduizendste (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2020) zijn dit relatief hoge risico's.

De ziekerisico's door consumptie van een maaltijd rauwe oesters zijn ongeveer twee ordes van grootte groter dan die voor zwemmen. Bij 18-25 °C zijn de 95-percentielwaarden 0,63-0,95 en dat is zeer hoog. Dit betekent dat in 95 procent van de gevallen het ziekerisico maximaal 63 procent tot 95 procent bedraagt bij 18 °C tot 25 °C.

Tabel 10 Parameterwaarden voor de risicoschatting voor *Vibrio* in zwem- en schelpdierproductiewater en in schelpdier vlees.

modelparameter	dimensie	waarde	referentie
Zwem- en schelpdierproductiewater			
a_0	$^{10}\log(mwa/l)$	N(0,021; 0,36)	Vergelijking (1)
a_1	$^{10}\log(mwa/l)/^{\circ}C$	N(0,17; 0,017)	
ϵ_0	$^{10}\log(mwa/l)$	0,89	
ϵ_1	$^{10}\log(mwa/l)$	0,90	
Schelpdier vlees			
a_0	$^{10}\log(mwa/l)$	N(-0,90; 0,48)	Vergelijking (1)
a_1	$^{10}\log(mwa/l)/^{\circ}C$	N(0,020; 0,027)	
ϵ_0	$^{10}\log(mwa/l)$	0,92	
ϵ_1	$^{10}\log(mwa/l)$	$2,6 \times 10^{-8}$	
Watercontact			
V_{kind}	ml	G(0,64; 58)	Schets et al. (2011b)
V_{vrouw}	ml	G(0,45; 60)	
V_{man}	ml	G(0,51; 35)	
Oesterconsumptie			
M	gram per maaltijd	N(N(2,4; 0,29) – 0.5*0,13; 0,13))	Pouillard et al. (2022)
Dosisrespons			
a		-0,6	Model (vergelijking (4)): Teunis et al. (1999); Parameters: FDA, 2005; Huang et al. (2018)
b		$1,3 \times 10^6$	

N= normale verdeling; G= Gammaverdeling.

Tabel 11 Voorspelde *Vibrio*-concentraties in zwem- en schelpdierproductiewater en schelpdier vlees bij verschillende scenario's voor de watertemperatuur.

scenario	5%	mediaan	gemiddelde	95%
In zwem- en schelpdierproductiewater, aantal <i>Vibrio</i>/liter				
18 °C	8,8	$1,3 \times 10^3$	$1,6 \times 10^5$	$2,5 \times 10^5$
20 °C	19	$3,3 \times 10^3$	$3,2 \times 10^5$	$6,0 \times 10^5$
22 °C	39	$7,0 \times 10^3$	$8,2 \times 10^5$	$1,2 \times 10^6$
25 °C	120	$2,4 \times 10^4$	$2,3 \times 10^6$	$4,6 \times 10^6$
In schelpdier vlees, aantal <i>Vibrio</i>/25 gram				
5 °C	0,027	1,3	21	67
10 °C	0,22	12	270	780
18 °C	6,8	520	$1,6 \times 10^4$	$4,2 \times 10^4$
20 °C	14	$1,3 \times 10^3$	$5,3 \times 10^4$	$1,1 \times 10^5$
22 °C	35	$3,4 \times 10^3$	$1,5 \times 10^5$	$3,2 \times 10^5$
25 °C	130	$1,4 \times 10^4$	$8,6 \times 10^5$	$1,5 \times 10^6$

De verdelingen zijn scheef op lineaire schaal, het gemiddelde ligt dicht bij het 95-percentiel dan bij de mediaan.

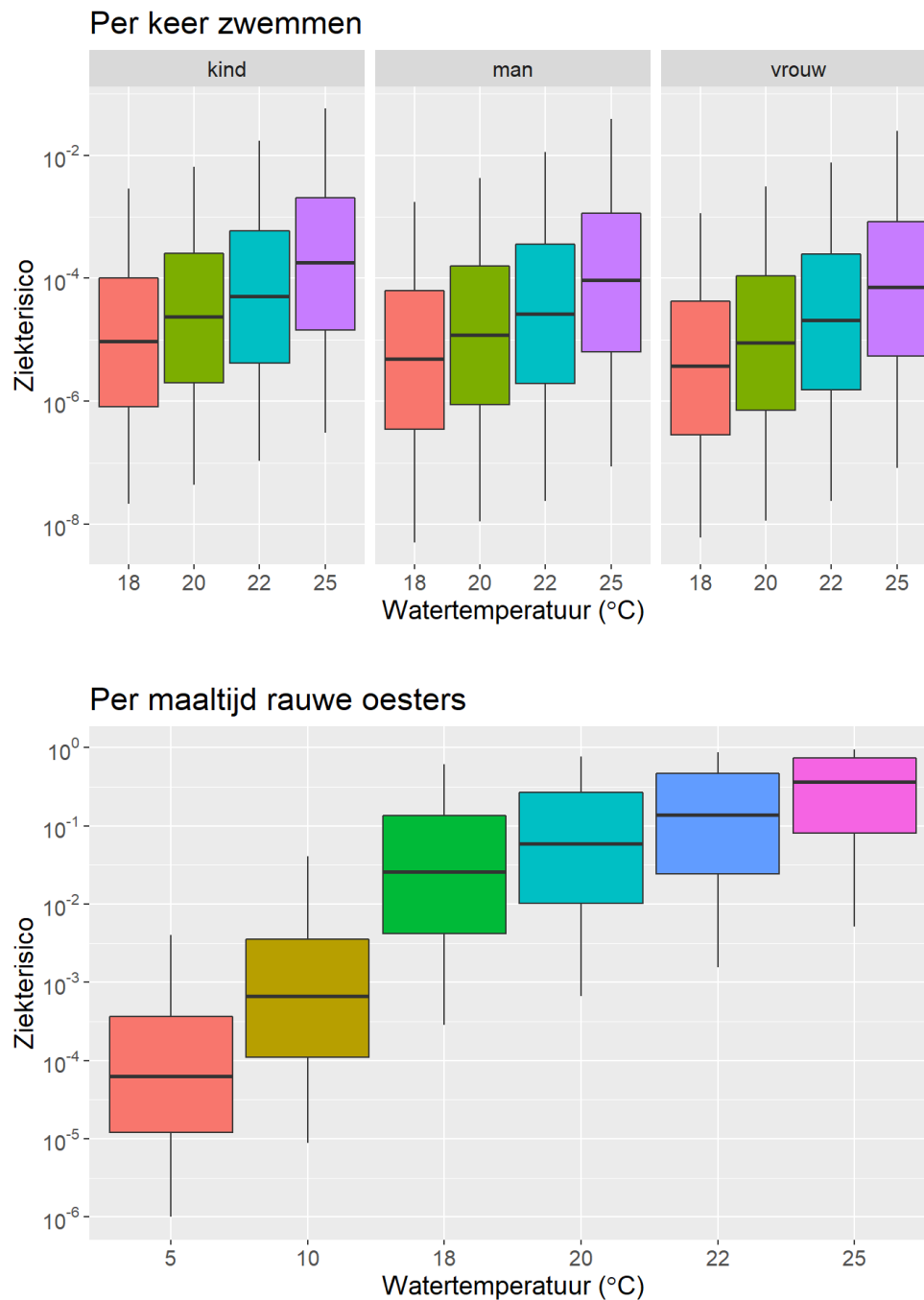
Tabel 12 Kengetallen voor wateringestie en oesterconsumptie op basis van literatuurgegevens.

	gemiddeld	mediaan	5%	95%	referentie
Wateringestie (ml)					Schets et al. (2011b)
Kind	38	20	0,51	133	
Vrouw	18	8,1	0,076	67	
Man	27	11	0,062	110	
Schelpdierconsumptie					Pouillard et al. (2022)
Aantal oesters/maaltijd	14	12	4	36	
Gewicht oester (g)	10	10	6	17	
g oesters/maaltijd	150	110	34	390	

Tabel 13 Ziekterisico's door inslikken van zwemwater of rauwe oesters met Vibrio.

scenario	5%	mediaan	gemiddelde	95%
<i>Per keer zwemmen</i>				
<i>Kind</i>				
18 °C	$2,1 \times 10^{-8}$	$9,2 \times 10^{-6}$	$1,7 \times 10^{-3}$	$2,9 \times 10^{-3}$
20 °C	$3,8 \times 10^{-8}$	$2,3 \times 10^{-5}$	$2,8 \times 10^{-3}$	$6,7 \times 10^{-3}$
22 °C	$9,8 \times 10^{-8}$	$4,9 \times 10^{-5}$	$5,6 \times 10^{-3}$	0,014
25 °C	$2,6 \times 10^{-7}$	$1,7 \times 10^{-4}$	0,013	0,050
<i>Man</i>				
18 °C	$5,5 \times 10^{-9}$	$4,9 \times 10^{-6}$	$1,2 \times 10^{-3}$	$1,8 \times 10^{-3}$
20 °C	$1,0 \times 10^{-8}$	$1,2 \times 10^{-5}$	$2,3 \times 10^{-3}$	$5,5 \times 10^{-3}$
22 °C	$2,7 \times 10^{-8}$	$2,6 \times 10^{-5}$	$4,1 \times 10^{-3}$	$9,8 \times 10^{-3}$
25 °C	$8,6 \times 10^{-8}$	$8,9 \times 10^{-5}$	0,011	0,039
<i>Vrouw</i>				
18 °C	$5,2 \times 10^{-9}$	$3,8 \times 10^{-6}$	$9,0 \times 10^{-4}$	$1,3 \times 10^{-3}$
20 °C	$1,2 \times 10^{-8}$	$9,5 \times 10^{-6}$	$1,7 \times 10^{-3}$	$3,5 \times 10^{-3}$
22 °C	$2,8 \times 10^{-8}$	$2,0 \times 10^{-5}$	$3,2 \times 10^{-3}$	$7,1 \times 10^{-3}$
25 °C	$8,0 \times 10^{-8}$	$7,4 \times 10^{-5}$	$7,7 \times 10^{-3}$	0,025
<i>Per maaltijd rauwe oesters</i>				
5 °C	$1,1 \times 10^{-6}$	$6,9 \times 10^{-5}$	$1,2 \times 10^{-3}$	$4,0 \times 10^{-3}$
10 °C	$9,1 \times 10^{-6}$	$6,5 \times 10^{-4}$	0,010	0,042
18 °C	$2,9 \times 10^{-4}$	0,025	0,12	0,63
20 °C	$6,4 \times 10^{-4}$	0,062	0,19	0,77
22 °C	$1,6 \times 10^{-3}$	0,15	0,28	0,87
25 °C	$5,6 \times 10^{-3}$	0,37	0,42	0,95

De verdelingen zijn scheef op lineaire schaal, het gemiddelde ligt dichterbij het 95-percentiel dan bij de mediaan.



Figuur 11 Schattingen van het ziekerisico door blootstelling aan *Vibrio* per keer zwemmen en door consumptie van een maaltijd rauwe oesters voor scenario's met een watertemperatuur van 5 °C, 10 °C, 18 °C, 20 °C, 22 °C en 25 °C voor een willekeurige locatie-water-jaar- of locatie-schelpdier-jaarcombinatie. De boxplots tonen de mediaan (horizontale lijn), de kwartielen (box) en het 5-95 procent-interval (whiskers). Zie ook tabel 13.

7.2 Ziekterisico's bij verschillende klimaatscenario's

De KNMI-klimaatscenario's beschreven in Sterk et al. (2015) voorspellen een temperatuurtoename van +1 °C in 2050 (volgens KNMI-klimaatscenario G_L), +1,3 °C in 2085 (volgens KNMI-klimaatscenario G_L), +2,3 °C in 2050 (volgens KNMI-klimaatscenario W_H) en +3,7 °C in 2085 (volgens KNMI-klimaatscenario W_H) (KNMI, 2014). Als aangenomen wordt dat de temperatuurstijging in de lucht ook voor water van toepassing is, en wel gemiddeld voor elke dag in het jaar, kan worden beredeneerd dat er als gevolg daarvan meer zwemdagen per jaar zullen zijn, waardoor de jaarrisico's voor zwemmen stijgen. Als daarnaast wordt aangenomen dat de temperatuurstijging door klimaatverandering ook van toepassing is voor de watertemperatuur per keer zwemmen, dan betekent dat dat de ziekterisico's per keer zwemmen toenemen met maximaal een factor 1,5 per graad temperatuurstijging. Voor de genoemde scenario's is dat achtereenvolgens met een factor 1,5, 2,0, 3,5 en 5,6. Het is aannemelijk dat niet alleen de risico's voor het oplopen van maagdarmlachten stijgen, maar ook de risico's van het oplopen van huid- en oorklachten die worden veroorzaakt door verschillende *Vibrio*-soorten.

Oesters kunnen het hele jaar door worden gegeten. De ziekterisico's per maaltijd rauwe oesters nemen toe met maximaal een factor 1,6 per graad temperatuurstijging. Voor de genoemde klimaatscenario's is dat achtereenvolgens maximaal een factor 1,6, 2,1, 3,7 en 5,9.

8 Discussie

8.1 Besmettingsroutes van *Vibrio*

Op vrijwel alle onderzochte zwemlocaties en schelpdierproductielocaties werd tijdens de onderzoeksperiodes in 2019, 2020 en 2021 *Vibrio* in het water aangetroffen. De *Vibrio*-concentraties fluctueerden per jaar en per locatie en er was geen duidelijke stijgende trend in de tijd waar te nemen. Dit was ook niet het geval wanneer de *Vibrio*-concentraties uit een eerdere onderzoeksperiode in 2009–2012 werden meegenomen. Ook de watertemperatuur vertoonde geen stijgende trend in de loop van de tijd. De tijdsperiode die hiervoor in beschouwing is genomen, is waarschijnlijk te kort om een stijgende watertemperatuur door klimaatverandering te detecteren. Brehm et al. (2021) namen een stijging van de watertemperatuur in de Baltische zee waar van 0,56 °C gedurende de periode 1982–2019, een veel langere periode. Bovendien maakten zij gebruik van grote hoeveelheden satellietdata in plaats van incidenteel door monsternemers gemeten watertemperaturen. Het Compendium voor de Leefomgeving meldt een stijging van de watertemperatuur in Nederland, zowel in de Maas (+2.4 °C) en de Rijn (+2.9 °C) als in beken in Drenthe (+0.75 °C sinds 1975), maar heeft hiervoor ook een veel langere tijdsperiode (1910 – 2019) in beschouwing genomen, ([Temperatuur oppervlaktewater, 1910 - 2019 | Compendium voor de Leefomgeving \(clo.nl\)](#)). Ook de door het KNMI gemelde stijging van 0,5 °C van de watertemperatuur in de Noordzee sinds 1950 is gebaseerd op langjarige metingen ([Decadal average sea surface temperature anomaly in different European seas \(1870 to 2020\) – European Environment Agency \(europa.eu\)](#))

De statistische analyse van alle *Vibrio*-concentraties uit de perioden 2009–2012 en 2019–2021 liet zien dat deze in de onderzochte wateren sterk temperatuurafhankelijk waren. Geleidbaarheid en pH zijn kenmerken van de locatie, het water en het jaar, maar bleken in de statistische analyse niet als significant effect op de *Vibrio*-concentratie tot uitdrukking te komen. Dit is in tegenstelling tot wat in de literatuur wordt vermeld (Baker-Austin et al., 2018; Deeb et al., 2018) en waarschijnlijk het gevolg van een beperkte dataset voor deze parameters. Het model voor de *Vibrio*-concentratie in water toont een lineair verband tussen de *Vibrio*-concentratie en de watertemperatuur. Het model is toepasbaar voor willekeurige combinaties van locatie (zwemlocatie of schelpdierproductielocatie), watertype (zwemwater of schelpdierproductiewater) en jaar. Voor een willekeurige combinatie van locatie, watertype en jaar laat het model zien dat de mediane *Vibrio*-concentratie stijgt van ongeveer 1×10^3 per liter tot ongeveer 5×10^4 per liter bij een stijging van de watertemperatuur van 18 °C naar 25 °C (figuur 9).

8.1.1 Zwemwater

Hogere *Vibrio*-concentraties in zwemwater leiden tot hogere risico's bij blootstelling aan dit water. Bij risico's kleiner dan ongeveer 0,1, is het effect van temperatuurstijging op de grootte van het risico gelijk aan het effect van de temperatuurstijging op de *Vibrio*-concentratie. Op basis

van gegevens over het inslikken van water tijdens zwemmen (Schets et al., 2011b) en de dosis-responsrelatie voor *V. parahaemolyticus* (Teunis et al., 1999; FDA, 2005; Huang et al., 2018) blijkt dat bij een watertemperatuur van 18 °C ongeveer 1-2 per 100.000 mensen ziek worden per keer zwemmen, terwijl dat toeneemt naar ongeveer 1 per 10.000 mensen ziek per keer zwemmen bij een watertemperatuur van 25 °C. Omdat hier gebruikgemaakt wordt van de dosis-responsrelatie voor *V. parahaemolyticus* en het inslikken van water betreft, gaat het hier om maagdarmklachten.

Voor zwemmen in oppervlaktewater waarin zich verschillende *Vibrio*-soorten bevinden, zijn huid- en oorklachten minstens zo relevant, maar voor dergelijke infecties zijn geen dosis-responsrelaties beschikbaar, waardoor er geen ziekterisico's uitgerekend konden worden.

8.1.2 Schelpdieren

Hogere *Vibrio*-concentraties in schelpdierproductiewateren leiden tot hogere *Vibrio*-concentraties in schelpdieren en daarmee tot hogere ziekterisico's door schelpdierconsumptie (Almuheideb et al., 2020). Het verband tussen de *Vibrio*-concentratie en het ziekterisico door consumptie van een maaltijd rauwe oesters is bij lage temperatuur ook lineair en stijgt van ongeveer 1 per 10.000 consumpties bij een watertemperatuur van 5 °C richting 1 per 10 consumpties tot 1 bij hogere watertemperaturen (18-25 °C). Het betreft hier ziekterisico's voor het oplopen van maagdarmklachten door consumptie van met *V. parahaemolyticus* besmetten rauwe oesters. *V. parahaemolyticus* is een bekende veroorzaker van maagdarminfecties door consumptie van besmette schelpdieren (Su & Liu, 2007). Bij hoge watertemperaturen zijn de risico's dus zeer hoog. De sterke relatie tussen de aanwezigheid van *V. parahaemolyticus* in oesters, en ook in zeewater, werd ook gevonden door Almuheideb et al. (2020), die in hun artikel ook verwijzen naar andere studies met vergelijkbare resultaten. De risicocurve voor oesterconsumptie vliegt af vanaf een watertemperatuur van ongeveer 20 °C. Anders gezegd, de risico's zijn dan al hoog en kunnen niet veel hoger worden. Voor de oesterconsumptie is uitgegaan van Amerikaanse gegevens vanwege de zeer beperkte Nederlandse gegevens. De risico's van oesterconsumptie in Nederland kunnen nauwkeuriger geschat worden wanneer in de VCP specifiek uitvraag wordt gedaan naar consumptie van schelpdieren.

In Amerika schrijft het National Shellfish Safety Program (NSSP) voor dat alle schelpdierproducenten een *Vibrio Control Plan* moeten hebben waarbij in risicom maanden de schelpdieren vanaf het moment van oogsten een strikt temperatuurbedrijf (*cold chain*) volgen, waarbij de schelpdieren constant gekoeld worden om groei van *Vibrio* te voorkomen (NSSP, 2019).

Bij een verhoogde concentratie *Vibrio* in het schelpdierproductiewater door hogere watertemperatuur, is het aannemelijk dat ook andere zeevruchten hogere concentraties *Vibrio* bevatten. Zeker bij inadequate verhitting van deze besmette producten is dit een mogelijke route voor besmetting met *Vibrio*.

8.1.3 *Andere producten uit de visketen*

Uit de door WFSR aangeleverde gegevens blijkt dat geïmporteerde vis (pangasius en tilapia) uit tropische regio's in 2019, 2020 en 2021 zeer incidenteel besmet was met *Vibrio*. Besmetting van garnalen uit deze regio's kwam vaker voor, in een derde tot de helft van de onderzochte partijen. Op basis van de beschikbare kwalitatieve gegevens is geen risicoschatting mogelijk. Om de risico's van dergelijke producten nader te kunnen duiden, zijn kwantitatieve gegevens nodig, zoals *Vibrio*-concentraties in de onderzochte producten. Tevens is van belang om vast te stellen of invriezen van deze producten een effect heeft op de *Vibrio*-concentratie. Ook is het zinvol om vis die na import ontdooid is en vervolgens gekoeld wordt aangeboden voor verkoop en consumptie te onderzoeken op *Vibrio*-besmetting, evenals het ontdooidde aanhangwater. In de jaren 2019 en 2020 was het onderzochte in Nederland gekweekte zeewier nooit positief voor *Vibrio*, maar in 2021 werden wel positieve monsters gevonden. In 2021 werden veel meer monsters zeewier onderzocht dan in de voorgaande jaren (14, 185, 284, respectievelijk). Er kan hier sprake zijn van een lage besmettingsgraad die pas bij onderzoek van grote aantallen monsters aan het licht komt en/of van temporele variatie. Het is daarom verstandig het onderzoek naar dit product voort te zetten om meer gegevens te genereren. Gezien de aanwezigheid van *Vibrio* in Nederlands oppervlaktewater, is het ook zinvol in Nederland geproduceerde vis, schaal- en schelpdieren te onderzoeken op *Vibrio*-besmetting.

8.2 ***Vibrio*-soorten**

Zowel in zwemwater, schelpdierproductiewater als in schelpdieren, was *V. alginolyticus* de meest voorkomende soort, gevolgd door *V. parahaemolyticus*. Het voorkomen van deze *Vibrio*-soorten was per locatie en in de tijd constant, hoewel er soms een lichte jaar-tot-jaarvariatie te zien was. De soortenverdeling kende wel variatie op de verschillende locaties: in de Noordzee en de Oosterschelde domineerde *V. alginolyticus* duidelijk over *V. parahaemolyticus*, terwijl in de Waddenzee en het Veerse Meer *V. alginolyticus* weliswaar de dominante soort was, maar *V. parahaemolyticus* toch meer voorkwam dan in de Noordzee en de Oosterschelde. Wanneer er op een locatie meer invloed is van zoet water, lijkt het aandeel *V. parahaemolyticus* te stijgen. *V. parahaemolyticus* heeft een voorkeur voor iets minder zout water (Baker-Austin et al., 2018). Overige *Vibrio*-soorten werden slechts incidenteel gedetecteerd. Daarbij is er in de loop der jaren geen verschuiving opgetreden richting sterk pathogene soorten, zoals *V. vulnificus*. Deze *Vibrio*-soort veroorzaakt zeer ernstige infecties, vooral in gebieden met een hogere watertemperatuur (Baker-Austin & Oliver 2018). Dat er geen toename van *V. vulnificus* wordt waargenomen, is mogelijk het gevolg van het nog niet sterk stijgen van de watertemperatuur. Voor optimale groei van *V. vulnificus* lijkt er echter ook een complexe, vaak locatiespecifieke, relatie te bestaan tussen de watertemperatuur en de saliniteit van het water (Deeb et al., 2018).

Ook in schelpdieren is *V. alginolyticus* de dominante *Vibrio*-soort, eveneens gevolgd door *V. parahaemolyticus*. *V. parahaemolyticus* is een bekende veroorzaker van maagdarminfecties door consumptie van besmette schelpdieren (Su & Liu, 2007). De resultaten van deze studie

laten zien dat ook in Nederland het ziekterisico door consumptie van besmette schelpdieren groot is. De risicoberekeningen zijn uitgevoerd voor *V. parahaemolyticus* en reflecteren ook de temperatuurgerelateerde groei van *V. parahaemolyticus*. Bij een watertemperatuur onder 15 °C is de concentratie laag en onder de detectielimiet (Nigro et al., 2011; Almuheideb et al., 2020).

De dominantie van *V. alginolyticus*, gevolgd door *V. parahaemolyticus* en de incidentele detectie van andere *Vibrio*-soorten is vergelijkbaar met de observaties uit de eerdere onderzoeken naar *Vibrio* in zwemwater (Schets et al., 2011a) en schelpdieren (Schets et al., 2010) in Nederland.

8.3 Geregistreerde ziektelast door *Vibrio*

De ziektelast door *Vibrio* in Nederland lijkt gering, gebaseerd op het aantal *Vibrio*-infecties geregistreerd in de verschillende geraadpleegde registratiesystemen. Aangezien *Vibrio*-infecties (met uitzondering van cholera) niet meldingsplichtig zijn en vaak mild verlopen, is het aannemelijk dat er sprake is van een onderrapportage van het aantal infecties en een onderschatting van de ziektelast. In de Verenigde Staten zijn *Vibrio*-infecties sinds 2007 meldingsplichtig en worden ze in twee nationale surveillance systemen bijgehouden. Het *Cholera and Other Vibrio Illness Surveillance*- (COVIS) systeem is een passief surveillance systeem waarin alle staten laboratorium-bevestigde *Vibrio*-infecties kunnen rapporteren; 96 procent van de staten doet dit. Daarnaast bestaat het *Foodborne Disease Active Surveillance Network* (FoodNet) dat actief populatieonderzoek doet in 10 staten naar alle laboratorium-bevestigde *Vibrio*-infecties (en andere voedsel overdraagbare infecties). Uit analyse van de gegevens uit beide systemen van 1996–2010 bleek een toename van de incidentie van vibriosis in de VS. De meest gerapporteerde veroorzaker van de infecties was *V. parahaemolyticus*, gevolgd door *V. vulnificus* en *V. alginolyticus*. Voor de Nederlandse situatie is het van belang het aantal *Vibrio*-infecties helderder te krijgen en bij de scenarioberekeningen niet alleen *Vibrio*-concentraties te schatten, maar deze ook te blijven relateren aan ziektelastschattingen.

Hoewel de Nederlandse data beperkt zijn, lijken infecties veroorzaakt door *V. alginolyticus* het meest voor te komen. Het betrof ook vooral wondinfecties en geen maagdarminfecties. Dit past bij de observatie dat *V. alginolyticus* de meest voorkomende *Vibrio*-soort is in de voor de mens belangrijke bronnen van blootstelling: zwemwater en schelpdieren. Bij patiënten met maagdarminfecties is onderzoek op *Vibrio* waarschijnlijk niet standaard en in het geval van maagdarminfecties door schelpdierconsumptie kunnen er meerdere veroorzakers zijn, doordat schelpdieren allerlei ziekteverwekkers uit het water filteren.

8.4 Toekomstscenario's

Op basis van de voorspelde *Vibrio*-concentraties en de KNMI-klimaatscenario's, is te verwachten dat het risico van *Vibrio*-infecties door inslikken van met *Vibrio* besmet water door zwemmen in oppervlaktewater en consumptie van rauwe oesters toeneemt.

De *Vibrio*-gegevens over de afgelopen 10 jaar lieten geen trends zien ten aanzien van veranderingen in concentraties en soortenverdeling door klimaatverandering.

Trinanes & Martinez-Urtaza (2021) hebben modellen gebruikt voor het genereren van scenario's voor de ruimtelijke en temporele verspreiding van non-cholera *Vibrio*-soorten wereldwijd. Zij hebben hiervoor klimaat-, populatie- en sociaaleconomische gegevens gebruikt.

In het meest ongunstige scenario, met projecties voor de periode 2015–2100, wordt een toename van 38.000 km kustlijn voorspeld waar de omstandigheden gunstig zijn voor *Vibrio* en wordt het seizoen voor *Vibrio*-infecties een maand langer. De populatie die risico loopt op een *Vibrio*-infectie stijgt volgens deze scenario's vooral tussen 1980 en 2020, waarna de stijging afvlakt. Wereldwijd worden een half miljoen gevallen in 2020 voorspeld. Tevens voorspellen de modellen dat de morbiditeit door *Vibrio* min of meer stabiel blijft. In Europa zijn de toenames vooral te verwachten in de landen rondom de Baltische Zee, maar ook in Nederland zijn volgens deze voorspellingen toenames te verwachten.

8.5 Beschouwing

8.5.1

Invloed detectiemethode op Vibrio-concentraties en soortenverdeling

In deze studie is gebruikgemaakt van een detectiemethode die *Vibrio*-concentraties als 'meest waarschijnlijke aantallen' genereert. De nauwkeurigheid van een dergelijke methode wordt bepaald door het aantal verdunningen en replica's dat wordt onderzocht. Voor de monsters water werden vijf opeenvolgende verdunningen in drievoud geanalyseerd. Dat is een uitgebreidere analyse dan bij een standaard MWA-bepaling, waarbij drie verdunningen in drievoud worden onderzocht. De gerapporteerde *Vibrio*-concentraties in water in dit onderzoek zijn daardoor nauwkeuriger dan standaard. Voor de monsters schelpdieren werden echter slechts twee tot vijf verdunningen van een suspensie van 25 gram schelpdiervlees in enkelvoud onderzocht. De reden hiervoor is dat een dergelijke analyse erg arbeidsintensief is en voor 2020 nog niet eerder is uitgevoerd. Het is aannemelijk dat de wijze waarop de schelpdiermonsters zijn gekwantificeerd minder nauwkeurige kwantitatieve gegevens heeft opgeleverd dan de analyse van de monsters water.

Alle verdunningen of volumes waarin karakteristieke kolonies werden aangetroffen, werden bevestigd. Omdat het veel te arbeidsintensief en kostbaar is om alle karakteristieke kolonies te bevestigen, werd een selectie van de karakteristieke kolonies bevestigd met een maximum van tien kolonies per monster. Hierbij werd de aanname gedaan dat de geselecteerde kolonies representatief waren voor alle gedetecteerde karakteristieke kolonies. Dit is een standaard werkwijze, die echter wel invloed kan hebben op de per monster verkregen uitkomsten. Aangezien de *Vibrio*-concentraties werden gecorrigeerd voor het bevestigingspercentage (totaal bevestigd als *Vibrio*, niet per soort), kan er invloed zijn op de uiteindelijke concentraties; er kan sprake zijn van zowel over- als onderschatting. Omdat het totaal aantal bevestigde kolonies groot is, is het aannemelijk dat de verkregen

soortenverdelingen nauwelijks beïnvloed werden door deze selectie. De overeenkomsten met eerdere onderzoeksresultaten bevestigen dit.

8.5.2 *Invloed keuze dosisresponsrelatie en Vibrio-concentraties op risicoschatting*

Voor de risicoschattingen is gebruikgemaakt van de dosisresponsrelatie voor *V. parahaemolyticus* in combinatie met de geschatte *Vibrio*-concentraties. Dit zijn de concentraties totaal *Vibrio*, dat wil zeggen de gehele gedetecteerde populatie inclusief alle soorten. Aangezien *V. parahaemolyticus* slechts een deel uitmaakt van deze populatie, zal de concentratie *V. parahaemolyticus* lager zijn dan de concentratie totaal *Vibrio*. De ziekerisico's door blootstelling aan specifiek *V. parahaemolyticus* zijn daarom navenant lager. De meeste andere gedetecteerde *Vibrio*-soorten zijn echter ook in staat om gastro-enteritis te veroorzaken (Baker-Austin et al., 2018). Hoewel de meest voorkomende soort, *V. alginolyticus*, voornamelijk oor en -wondinfecties veroorzaakt, is ook deze soort in staat maagdarminfecties te veroorzaken, al is het aantal vermeldingen daarvan in de literatuur beperkt (Uh et al., 2001.; Hoefler et al., 2022). De dosisresponsrelaties voor gastro-enteritis door andere *Vibrio*-soorten dan *V. parahaemolyticus* zijn niet bekend. Om het ziekerisico (gastro-enteritis) door blootstelling aan alle *Vibrio*-soorten niet te veel te onderschatten, werd de dosisresponsrelatie zoals die bekend is voor *V. parahaemolyticus* toegepast. Onbekend is dus of de hier geschatte risico's een onder- of overschatting zijn.

9 Conclusies en aanbevelingen

9.1 Conclusies

- *Vibrio* komt veel voor in brak en zout zwemwater, schelpdierproductiewater en schelpdieren in Nederland.
- De *Vibrio*-concentraties in water en schelpdieren zijn sterk temperatuurafhankelijk en nemen toe met stijgende watertemperatuur.
- De *Vibrio*-soortenverdeling op de onderzochte locaties is onveranderd sinds 2009- 2012.
- De risico's op ziekte door *V. parahaemolyticus* door het inslikken van besmet zwemwater of consumeren van besmette rauwe oesters zijn hoger bij hogere watertemperatuur.
- Als de watertemperatuur stijgt onder invloed van klimaatverandering, stijgen de risico's op *Vibrio*-infecties.
- De ziektelast door *Vibrio* lijkt in Nederland gering, maar *Vibrio*-infecties anders dan cholera worden niet systematisch geregistreerd.

9.2 Aanbevelingen

- Het is aan te bevelen om vanaf 2024 de monitoring van *Vibrio* in water weer te starten om trends te kunnen blijven volgen.
- Het is aan te bevelen te onderzoeken of het mogelijk is om waterparameters, zoals zuurgraad, saliniteit, zuurstofgehalte en watertemperatuur, uit landelijke monitoringssystemen te verkrijgen.
- Het voorspellingsmodel voor *Vibrio*-concentraties in water en schelpdieren kan verder verbeterd door toevoeging van bovengenoemde gegevens. De *Vibrio*-concentraties en risicoschattingen kunnen dan nauwkeuriger en meer generiek (minder locatie-afhankelijk) voorspeld worden.
- Het is aan te bevelen om consumptie van schelpdieren specifiek uit te vragen in de Voedsel Consumptie Peiling, zodat betere Nederlandse blootstellingsgegevens voor de risicoschattingen worden verkregen.
- Het is aan te bevelen om in overige producten uit de visketen en geïmporteerde visproducten *Vibrio*-concentraties te bepalen, om ook voor deze producten risicoschattingen te kunnen doen.

10 Dankwoord

De auteurs danken Daan Notermans, Frans Reubsæet (RIVM-IDS), Eelco Franz, Lola Tulen (RIVM-EPI), Annelot Schoffelen, Wieke Altorf-van der Kuil (RIVM-ISIS-AR), Alewijn Ott, Arjan Jansz, en Alje van Dam (COM-ers) voor hun hulp bij het inventariseren van de *Vibrio*-infecties in Nederland; Sharona de Rijk, Robin Diddens en Alice van der Meij (RIVM-Z&O) voor hun hulp bij de analyses; Maarten Schipper (RIVM-IVO) voor zijn hulp bij de statistische analyses; Menno van der Voort, Greetje Castelijm en Tijs van den Bosch (WFSR), Ben Wit, Coen van der Weijden (NVWA) voor de *Vibrio*-data in visproducten; de Medisch Microbiologische Laboratoria voor hun data van onderzochte *Vibrio*-infecties; Floor Biemans en Robin Diddens (RIVM-Z&O) voor het kritisch doornemen van het conceptrapport.

11 Literatuur

- Almuhaideb, E., Chintapenta, L.K., Abbott A., Parveen, S., Ozbay G. (2020). Assessment of *Vibrio parahaemolyticus* levels in oysters (*Crassostrea virginica*) and seawater in Delaware Bay in relation to environmental conditions and the prevalence of molecular markers to identify pathogenic *Vibrio parahaemolyticus* strains. PLoS ONE 15(12): e0242229. Doi: 10.1371/journal.pone.0242229.
- Austin, B. (2010). Vibrios as causal agents of zoonoses. Veterinary Microbiology, 27;140(3-4):310-7. Doi: 10.1016/j.vetmic.2009.03.015.
- Baker-Austin, C., Trinanes, J., Taylor, N., Hartnell, R., Siitonen, A., Martinez-Urtaza, J. (2013). Emerging *Vibrio* risk at high latitudes in response to ocean warming. Nature Climate Change, 3, 73–77 (2013) doi:10.1038/nclimate1628.
- Baker-Austin, C., Trinanes, J., Gonzalez-Escalona, N., & Martinez-Urtaza, J. (2017). Non-Cholera Vibrios: The microbial barometer of climate change. Trends in Microbiology, 25(1):76-84. Doi: 10.1016/j.tim.2016.09.008.
- Baker-Austin, C., Oliver, J.D., Alam, M., Ali, A., Waldor, M.K., Qadri, F., Martinez-Urtaza, J. (2018). *Vibrio* spp. infections. Nature Reviews Disease Primers, 12;4(1):8. Doi: 10.1038/s41572-018-0005-8.
- Baker-Austin, C., Oliver, J.D. (2018). *Vibrio vulnificus*: new insights into a deadly opportunistic pathogen. Environmental Microbiology, 20(2):423-430. doi: 10.1111/1462-2920.13955.
- Brehm, T.T., Berneking, L., Martins, M.S., Dupke, S., Jacob, D., Drechsel, O., Bohnert, J., Becker, K., Kramer, A., Christner, M., Aepfelbacher, M., Schmiedel, S., Rohde, H. Heatwave-associated *Vibrio* infections in Germany, 2018 and 2019. Eurosurveillance. 2021;26(41):pii=2002041. Doi: 10.2807/1560-7917.ES.2021.26.41.2002041.
- Bonadonna, L., Briancesco, R., Suffredini, E., Coccia, A., Della Libera, S., Carducci, A., Verani, M., Federigi, I., Iaconelli, M., Bonanno Ferraro, G., Mancini, P., Veneri, C., Ferretti, E., Lucentini, L., Gramaccioni, L., La Rosa, G. (2019). Enteric viruses, somatic coliphages and *Vibrio* species in marine bathing and non-bathing waters in Italy. Marine Pollution Bulletin, 149:110570. Doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.110570.
- Campbell, M.S., Wright, A.C. (2003). Real-time PCR analysis of *Vibrio vulnificus* from oysters. Applied and Environmental Microbiology, 69:7137–7144.
- Deeb R, Tufford D, Scott GI, Moore JG, Dow K. (2018). Impact of Climate Change on *Vibrio vulnificus* abundance and exposure risk. Estuaries Coast, 41(8):2289-2303. Doi: 10.1007/s12237-018-0424-5.

Elbashir, S., Parveen, S., Schwarz, J., Rippen, T., Jahncke, M., DePaola, A. (2018). Seafood pathogens and information on antimicrobial resistance: A review. *Food Microbiology*, 70: 85-93. Doi: 10.1016/j.fm.2017.09.011.

FDA. (2005). Quantitative risk assessment on the public health impact of pathogenic *Vibrio parahaemolyticus* in raw oysters.

Froelich, B.A., Daines, D.A. (2020) In hot water: effect of climate change on *Vibrio*-human interactions. *Environmental microbiology*, 22 (10): 4101-4111. Doi: 10.1111/1462-2920.14967.

Hoefler F, Pouget-Abadie X, Roncato-Saberan M, Lemarié R, Takoudju EM, Raffi F, Corvec S, Le Bras M, Cazanave C, Lehours P, Guimard T, Allix-Béguec C. (2022). Clinical and epidemiologic characteristics and therapeutic management of patients with *Vibrio* infections, Bay of Biscay, France, 2001-2019. *Emerging Infectious Diseases*, 28(12):2367–2373. Doi: 10.3201/eid2812.220748.

Huang, Y., Hwang, C., Huang, L., Wu, V.C., Hsiao, H. (2018). The risk of *Vibrio parahaemolyticus* infections associated with consumption of raw oysters as affected by processing and distribution conditions in Taiwan. *Food Control*, 86: 101-109. Doi: 10.1016/j.foodcont.2017.10.022.

KNMI. (2014). KNMI'14-klimaatscenario's voor Nederland; Leidraad voor professionals in klimaatadaptatie, KNMI, De Bilt. [KNMI - KNMI'14-klimaatscenario's](#).

Kuznetsova, A., Brockhoff, P.B., Christensen, R.H.B. (2017). "lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models." *Journal of Statistical Software*, 82(13), 1-26. Doi: 10.18637/jss.v082.i13.

Lamon, S., Consolati, S.G., Fois, F., Cambula, M.G., Pes, M., Porcheddu, G., Agus, V., Esposito, G., Mureddu, A., Meloni, D. (2019). Occurrence, seasonal distribution, and molecular characterization of *Vibrio vulnificus*, *Vibrio cholerae*, and *Vibrio parahaemolyticus* in shellfish (*Mytilus galloprovincialis* and *Ruditapes decussatus*) collected in Sardinia (Italy). *Journal of Food Protection*, 82(11):1851-1856. Doi: 10.4315/0362-028X.JFP-19-021.

Le Roux, F., Wegner, K.M., Baker-Austin, C., Vezzulli, L., Osorio, C.R., Amaro, C., Ritchie, J.M., Defoirdt, T., Destoumieux-Garzón, D., Blokesch, M., Mazel, D., Jacq, A., Cava, F., Gram, L., Wendling, C.C., Strauch, E., Kirschner, A., Huehn, S. (2015). The emergence of *Vibrio* pathogens in Europe: ecology, evolution, and pathogenesis (Paris, 11-12th March 2015). *Frontiers in Microbiology*, 13;6:830. Doi: 10.3389/fmicb.2015.00830.

Logar-Henderson, C., Ling, R., Tuite, A.R., Fisman, D.N. (2019). Effects of large-scale oceanic phenomena on non-cholera vibriosis incidence in the United States: implications for climate change. *Epidemiology and Infection*, 147:e243. Doi: 10.1017/S0950268819001316.

Messelh usser, U., Colditz, J., Th arigen, D., Kleih, W., H oller, C., Busch, U. (2010). Detection and differentiation of *Vibrio* spp. in seafood and fish samples with cultural and molecular methods. *International Journal of Food Microbiology*, 142(3):360-4. Doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2010.07.020. Erratum (2011). *International Journal of Food Microbiology*, 145(2-3):492.

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Inspectie Leefomgeving en Transport. (2020) Richtsnoer Analyse Microbiologische Veiligheid Drinkwater (AMVD). [Richtsnoer Analyse Microbiologische Veiligheid Drinkwater \(AMVD\) | Publicatie | Inspectie Leefomgeving en Transport \(ILT\) \(ilent.nl\)](#)

Morris, J.G. (2003). Cholera and other types of vibriosis: a story of human pandemics and oysters on the half shell. *Clinical Infectious Diseases*, 37(2):272-280.

National Shellfish Sanitation Program (NSSP) Guide for the control of Molluscan shellfish 2019 Revision. 491 p. U.S. Food and Drug Administration website: <http://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/FederalStateFoodPrograms/ucm2006754.htm> (14-2-2023)

NEN-EN-ISO 7218:2007/A1:2014-04. Microbiologie van voedingsmiddelen en diervoeders - Algemene eisen en richtlijn voor microbiologische onderzoeken.

NEN-EN-ISO 6887-3:2017. Microbiologie van de voedselketen-voorbereiding van monsters en bereiding van verdunningen voor microbiologisch onderzoek- Deel3: specifieke werkwijze voor de voorbereiding van vis en visproducten.

NEN-EN-ISO 21872-1:2017. Microbiologie van de voedselketen – Horizontale methode voor de bepaling van *Vibrio* spp. - Deel 1: Detectie van potenti le enteropathogene *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio cholerae* en *Vibrio vulnificus*.

Nigro, O.D., Hou, A., Vithanage, G., Fujioka, R.S., Steward, G.F. (2011). Temporal and spatial variability in culturable pathogenic *Vibrio* spp. in Lake Pontchartrain, Louisiana, following hurricanes Katrina and Rita. *Applied and Environmental Microbiology*, 77-15: 5384–5393. Doi:10.1128/AEM.02509-10.

Oberbeckmann, S., Fuchs, B.M., Meiners, M., Wichels, A., Wiltshire, K.H., & Gerds, G. (2012). Seasonal dynamics and modeling of a *Vibrio* community in coastal waters of the North Sea. *Microbial Ecology*, 63(3):543-51. Doi: 10.1007/s00248-011-9990-9.

Percival, S.L., Williams, D.W. (2014). *Vibrio*. In: *Microbiology of waterborne diseases – Microbiological Aspects and Risks*, 2nd Edition 2014, Elsevier Ltd; ISBN 978-0-12-415846-7.

Pouillot, R., Smith, M., Van Doren, J. M., Catford, A., Holtzman, J., Calci, K. R., Edwards, R., Goblick, G., Roberts, C., Stobo, J., White, J., Woods,

J., DePaola, A., Buenaventura, E., Burkhardt, W. (2022). Risk assessment of norovirus illness from consumption of raw oysters in the United States and in Canada. *Risk Analysis*, 42(2), 344-369. Doi: 10.1111/risa.13755.

R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Reilly, G.D., Reilly, C.A., Smith, E.G., Baker-Austin, C. (2011). *Vibrio alginolyticus*-associated wound infection acquired in British waters, Guernsey, July 2011. *Euro Surveillance*, 20;16(42). pii: 19994. Doi: 10.2807/ese.16.42.19994-en.

Rossum, C.T.M. van, Franssen, H.P., Verkaik-Kloosterman, J., Buurma-Rethans, E.J.M., Ocké, M.C. (2011). Dutch National Food Consumption Survey 2007-2010. Diet of children and adults aged 7 to 69 years. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, RIVM-rapport 350050006/2011.

Schets, F. M., Schijven, J. F., De Roda Husman, A. M. (2011b). Exposure assessment for swimmers in bathing waters and swimming pools. *Water Research*, 45(7), 2392-2400. Doi: 10.1016/j.watres.2011.01.025.

Schets, F.M., Van den Berg, H.H., Demeulemeester, A.A., van Dijk, E., Rutjes, S.A., van Hooijdonk, H.J., De Roda Husman, A.M. (2006). *Vibrio alginolyticus* infections in the Netherlands after swimming in the North Sea. *Euro Surveillance*, 11(11):E061109.3. Doi: 10.2807/esw.11.45.03077-en.

Schets, F.M., Van den Berg, H.H., Rutjes, S.A., De Roda Husman, A.M. (2010). Pathogenic *Vibrio* species in Dutch shellfish destined for direct human consumption. *Journal of Food Protection*, 73(4):734-738. Doi: 10.4315/0362-028x-73.4.734.

Schets, F.M., Van den Berg, H.H., Marchese, A., Garbom, S., De Roda Husman, A.M. (2011a). Potentially human pathogenic vibrios in marine and fresh bathing waters related to environmental conditions and disease outcome. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 214(5):399-406. Doi: 10.1016/j.ijheh.2011.05.003.

Semenza, J.C., Menne, B. (2009). Climate change and infectious diseases in Europe. *Lancet Infectious Diseases*, 9(6):365-75. Doi: 10.1016/S1473-3099(09)70104-5.

Sterk, A., Schets, F.M., De Roda Husman, A.M., De Nijs, T., Schijven, J.F. (2015). Effect of climate change on the concentration and associated risks of *Vibrio* spp. in Dutch recreational waters. *Risk Analysis*, 35(9):1717-29. Doi: 10.1111/risa.12365.

Taiwo, M., Baker-Austin, C., Powell, A., Hodgson, E., Natås, O.B., Walker, D.I. (2017). Comparison of toxR and tlh based PCR assays for *Vibrio parahaemolyticus*. *Food Control*, 77: 116-120. Doi: 10.1016/j.foodcont.2017.02.009

Teunis PF, Nagelkerke NJ, Haas CN. Dose response models for infectious gastroenteritis. *Risk Analysis*, 1999; 19(6):1251–1260.

Trinanes, J., Martinez-Urtaza, J. (2021). Future scenarios of risk of *Vibrio* infections in a warming planet: a global mapping study. *Lancet Planet Health* 5: e426–35. Doi: 10.1016/S2542-5196(21)00169-8.

Uh Y, Park JS, Hwang GY, Jang IH, Yoon KJ, Park HC, Hwang SO. (2001). *Vibrio alginolyticus* acute gastroenteritis: report of two cases. *Clinical Microbiology and Infection*, 7(2):104-106. Doi: 10.1046/j.1469-0691.2001.00207.x.

Van Gool, A.C.M. (2018) Voorschrift monsternamen microbiologie-, fytoplankton- en biotoxinemonsters. Monsternamen mosselen, oesters en water. & Voorschrift monsternamen microbiologie-, fytoplankton- en biotoxinemonsters. Monsternamen kokkels, Ensis en water, 19-02-2018, Versie 02.

Vezzulli, L., Pezzati, E., Brettar, I., Höfle, M., Pruzzo, C. (2015). Effects of global warming on *Vibrio* ecology. *Microbiology Spectrum*, 3(3). Doi: 10.1128/microbiolspec.VE-0004-2014.

Vezzulli, L., Grande, C., Reid, P.C., Hélaouët, P., Edwards, M., Höfle, M.G., Brettar, I., Colwell, R.R., Pruzzo, C. (2016). Climate influence on *Vibrio* and associated human diseases during the past half-century in the coastal North Atlantic. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, 23;113(34):E5062-71. Doi: 10.1073/pnas.1609157113.

Vu, T.T.T., Alter, T., Huehn, S. (2018). Prevalence of *Vibrio* spp. in retail seafood in Berlin, Germany. *Journal of Food Protection*, 81(4):593-597. Doi: 10.4315/0362-028X.JFP-17-366.

Bijlage 1 Monsterlocaties schelpdierproductiegebieden

Westelijke Waddenzee Noord (Onder Terschelling)

Westelijke Waddenzee Noord WW1	2019	2020	2021
Water	WW1-4 Meep 32-47	WW1-3 Meep 4-10	WW1-3 Meep 4-10
Schelpdieren		WW1-4 Meep 32-47	WW1-4 Meep 32-47
Coördinaten		53.346180, 5.442083	



Oosterschelde Oost

Oosterschelde Oost OSO	2019	2020	2021
Water	OSO-4 Bergse Bank 41 (rechts)	OSO-1 Yerseke Bank 570 (links)	OSO-1 Yerseke Bank 570 (links)
Schelpdieren		OS-O-4 Bergse Bank 41 (rechts)	OS-O-4 Bergse Bank 41 (rechts)
Coördinaten		51.491093, 4.195134	



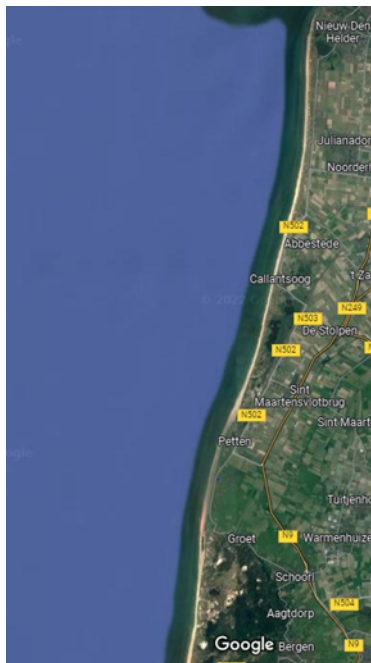
Veerse Meer

Veerse Meer VM	2019	2020	2021
Water	VM-5 Bastiaan de lange plaat	VM-3 Bastiaan de lange plaat	VM-3 Bastiaan de lange plaat
Schelpdieren		VM-5 Bastiaan de Lange plaat	VM-5 Bastiaan de Lange plaat
Coördinaten		51.525390, 3.714525	



Noordzee Midden

Noordzee Midden NZM	2019	2020	2021
Water monsters	NZM-1 oogst plek	Niet bemonsterd voor <i>Vibrio</i>	Niet bemonsterd voor <i>Vibrio</i>
Schelpdiermonsters	NZM-1 Oogst plek	Niet bemonsterd voor <i>Vibrio</i>	Niet bemonsterd voor <i>Vibrio</i>
Coördinaten	52.934734, 4.645874		



Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

www.rivm.nl

mei 2023

De zorg voor morgen
begint vandaag