



RIVM rapport 250911003/2004

**Het relatieve belang van Campylobacter  
transmissieroutes op basis van  
blootstellingsschatting**

E.G. Evers, H.J. van der Fels-Klerx, M.J. Nauta,  
J.F. Schijven, A.H. Havelaar

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van het Ministerie van VWS en het Ministerie van LNV in het kader van project 250911, CARMA.

## Abstract

### **The relative importance of Campylobacter transmission routes based on human exposure estimates**

In this exploratory investigation for determining the relative importance of transmission routes for Campylobacter, we estimated human exposure via each transmission route. Thirty-one routes were considered, of which 19 occur via ingestion of food, 9 via direct contact (e.g. pet animals) and 3 via water (e.g. swimming). The method used for calculating the number of ingested campylobacters was simple. For foods, for example, this is the product of the following parameters: the amount of food ingested per person per day, for the total population; the fraction of contaminated food in the shops; the Campylobacter concentration in contaminated food in the shops; the fraction surviving after heating. The uncertainty in the point estimates for the parameters was considered using probability distributions. The estimation of many parameters was difficult due to lack of data. Statements on differences between transmission routes are only possible to a limited extent due to the large uncertainties of the estimated exposures. The direct contact routes 'children's farms animals' and 'farm animals' show high exposure. Swimming in recreational water is an important water route. Raw foods (e.g. raw milk, raw chicken) also cause high exposure, usually higher than heated foods. The exposure via water, food and direct contact adds up to 0.0015, 0.050 and 0.084 campylobacters per person per day, respectively. The model parameters that most strongly determine the model output – consumption of raw food for food routes, amount of ingested faeces for direct contact routes and water purification for water routes – are important to investigate further.

# Inhoud

## Samenvatting 4

### 1. Inleiding 7

### 2. Berekeningsmethodiek 9

2.1 *Berekeningsmethode puntschatting* 9

2.2 *Berekeningsmethode onzekerheid* 13

2.3 *Gebruikte onzekerheden* 15

### 3. Gegevens 19

3.1 *Algemeen* 19

3.2 *Consumptie* 19

3.3 *Prevalentie* 25

3.4 *Concentratie* 28

3.5 *Bereiding* 31

3.6 *Direct contact* 32

3.6.1 *Huisdieren* 32

3.6.2 *Landbouwhuisdieren* 34

3.6.3 *Kinderboerderijen* 36

3.7 *Water* 37

3.7.1 *Zwembaden* 37

3.7.2 *Recreatiewater* 38

3.7.3 *Drinkwater* 40

### 4. Resultaten 43

### 5. Discussie 55

## Literatuur 59

## Samenvatting

De doelstelling van het CARMA (Campylobacter Risk Management and Assessment) - project is het adviseren over de effectiviteit en doelmatigheid van maatregelen gericht op het terugdringen van campylobacteriose in de Nederlandse bevolking. Voor dit advies is het van belang om het relatieve belang van verschillende transmissieroutes zo goed mogelijk vast te stellen. Dit resultaat kan bovendien gebruikt worden voor het prioriteren van eventueel uit te voeren nader onderzoek naar Campylobacter, zowel observationeel als modelmatig. In dit onderzoek, dat explorerend van aard is, is een poging gedaan om het relatieve belang van verschillende transmissieroutes vast te stellen door schattingen te maken van de blootstelling aan Campylobacter via elk van de routes. Dit kan mogelijk aanvullende informatie leveren naast de inzichten op basis van de traditionele epidemiologische aanpak. In ieder geval worden kennisleemtes gesignaleerd.

De beschouwde transmissieroutes betreffen de volgende categorieën: consumptie van voedingsmiddelen, direct contact met dieren en water. Er worden 19 voedingsmiddelen beschouwd, op te delen in voedingsmiddelen van dierlijke oorsprong uit extensieve en intensieve houderijsystemen en van plantaardige oorsprong. Bij de 9 routes via direct contact gaat het om huisdieren, landbouwhuisdieren en kinderboerderijdieren. De 3 routes via water betreffen zwemmen in zwembaden en recreatiewater en de consumptie van drinkwater.

De berekeningsmethode van de blootstelling, het gemiddeld aantal ingeslikte campylobacters per persoon per dag, is eenvoudig. Voor voedingsmiddelen is dit bijvoorbeeld het product van de volgende parameters: (1) het aantal gram voedingsmiddel dat per persoon per dag over de hele humane Nederlandse populatie wordt geconsumeerd, (2) de fractie besmet voedingsmiddel in de winkel, (3) het aantal campylobacters per gram besmet voedingsmiddel in de winkel en (4) de fractie overleving na bereiding. In de berekeningen wordt gewerkt met puntschattingen voor parameterwaarden, die beschouwd moeten worden als gemiddelde waarden over een heel jaar in heel Nederland. De onzekerheden die in deze studie worden meegenomen omvatten alleen de onzekerheid van deze puntschattingen. Als basiscenario worden hiervoor PERT verdelingen met ingeschatte ranges genomen. Het belang van de aannames in het basiscenario voor de eindconclusies werd onderzocht door alternatieven door te rekenen met enerzijds uniforme verdelingen en anderzijds bredere ranges.

Een belangrijk deel van dit rapport wordt ingenomen door de ten behoeve van de berekeningen verzamelde gegevens. Het verzamelen van gegevens bleek veelal niet eenvoudig: veel informatie ontbreekt. Bij voedingsmiddelen zijn belangrijke knelpunten gegevens over de concentratie van Campylobacter in voedingsmiddelen, de kans op kruisbesmetting en de consumptie van rauwe voedingsmiddelen. Bij direct contact met dieren zijn de contact frequentie met (feces van) dieren, de hoeveelheid ingeslikte feces en de concentratie van Campylobacter in feces problematisch. Bij de water routes is het effect van chlooring op Campylobacter in zwembaden erg onzeker, maar in ieder geval groot.

De berekeningen met het basiscenario laten variatie in de breedte van de betrouwbaarheidsintervallen van de blootstelling aan Campylobacter tussen de routes zien, gerelateerd aan variatie in de onzekerheden die aan de parameters zijn toegekend. De onzekerheden van de berekeningsresultaten zijn zodanig groot, dat harde uitspraken over verschillen in blootstelling tussen routes maar beperkt mogelijk zijn. Bij de alternatieve scenario's is dit vrijwel niet meer mogelijk. De direct contact routes vertonen een hoge

blootstelling en dan met name kinderboerderijdieren en landbouwhuisdieren. Bij de waterroutes vertoont alleen recreatiewater een vrij hoge blootstelling. De blootstelling via rauwe voedingsmiddelen is eveneens hoog en veelal hoger dan via bereide producten. Binnen de voedingsmiddelen is de blootstelling via rauwe melk en 'kip overig rauw' (= niet kipfilet) het hoogst en over alle transmissieroutes gezien is alleen de blootstelling via kinderboerderijdieren hoger.

De gemiddelde blootstelling gesommeerd over de drie categoriën transmissieroutes is als volgt (aantal campylobacter pppd):

water:	0,0015
voedsel:	0,050
direct contact:	0,084

De gesommeerde gemiddelde blootstelling over alle transmissieroutes is gelijk aan 0,14 campylobacters pppd. Doorrekening naar het aantal humane campylobacteriosegevallen per jaar met een dosis-respons relatie geeft een veel hogere waarde dan geschat op basis van epidemiologische gegevens. Mogelijk speelt immuniteit hierbij een rol.

Om te bepalen welke parameters met name nader onderzocht zouden moeten worden ter verbetering van de modelvoorspellingen, is onderzocht welke parameters het meest bepalend zijn voor de modeloutput gegeven de parameterwaardenset, en relatief onzeker. Hiertoe is regressie-analyse uitgevoerd van de modeloutput (blootstelling) als functie van elk van de parameters. Bij voedingsmiddelen blijkt dat het belangrijk is te weten of een voedingsmiddel rauw wordt geconsumeerd of niet. Bij de direct contact routes is de belangrijkste parameter het aantal gram ingeslikte feces. Bij de water routes is het effect van de zuivering het belangrijkste.

De beschrijving van de onzekerheid in het algemeen transmissiemodel vraagt om een andere aanpak dan gebruikelijk binnen het risk assessment werkveld. Hoewel gepoogd is om dit op een goede manier in te brengen, lijkt een nadere uitwerking van deze onzekerheden in een objectief theoretisch raamwerk aan te bevelen, voorsortierend op het uitvoeren van dit type analyses in de toekomst.

Meer informatie over het CARMA project kan worden gevonden op de website [www.rivm.nl/carma](http://www.rivm.nl/carma).



# 1. Inleiding

Campylobacter bacteriën kunnen de mens via vele transmissieroutes bereiken (Havelaar, 2002; p. 107). Epidemiologisch onderzoek heeft belangrijke transmissieroutes geïdentificeerd, maar een groot deel van de Campylobacter-infecties blijft onverklaard, deels vanwege de beperkte power van de analyses. De associatie met kippenvlees werd duidelijk aangetoond in de jaren tachtig, maar in de jaren negentig is het beeld minder duidelijk (Havelaar, 2002; p. 49). Toch wordt kippenvlees nog steeds als een belangrijke route gezien, wat ook blijkt uit het feit dat een groot deel van de recent uitgevoerde risk assessment studies Campylobacter op kip als onderwerp hebben genomen (Havelaar, 2002; p. 101).

De doelstelling van het CARMA (Campylobacter Risk Management and Assessment) - project is het adviseren over de effectiviteit en doelmatigheid van maatregelen gericht op het terugdringen van campylobacteriose in de Nederlandse bevolking. Het zal duidelijk zijn dat het voor dit advies van belang is om het relatieve belang van verschillende transmissieroutes zo goed mogelijk vast te stellen. Dit is bovendien van belang in verband met het prioriteren van eventueel uit te voeren risk assessments aan Campylobacter. Als eerste route is hiervoor reeds kipfilet vastgesteld.

Uitgaande van de risk assessment gedachte is ervoor gekozen om te pogen het relatieve belang van transmissieroutes volgens een alternatieve aanpak vast te stellen, namelijk door schattingen te maken van de blootstelling aan Campylobacter via elk van de routes. De blootstelling zal geschat worden middels een sterk vereenvoudigde aanpak in vergelijking met de gangbare berekeningswijze van de blootstelling in risk assessments. Aangezien campylobacteriose in de Nederlandse bevolking het eindpunt is in de CARMA-doelstelling, herbergt deze aanpak de impliciete aanname dat de kans op infectie en ziekte gegeven een dosis aan campylobacter onafhankelijk is van de transmissieroute.

Deze aanpak is een alternatief voor de gebruikelijke epidemiologische insteek. Momenteel loopt er een belangrijke epidemiologische studie naar campylobacteriose in Nederland. De hoop is dat de verschillende aanpakken in beide studies elkaar zullen aanvullen. Het is dan ook de bedoeling om in een vervolgstudie beide studies te integreren ten einde het relatieve belang van de verschillende transmissieroutes zo goed mogelijk in te schatten.

De doelstelling van deze studie is het schatten van het relatieve belang van verschillende transmissieroutes middels schatting van de blootstelling. De blootstelling wordt uitgedrukt als het gemiddeld aantal campylobacters dat per dag per persoon wordt ingeslikt. Het belangrijke aspect van de onzekerheid van deze puntschattingen wordt eveneens geanalyseerd.





## 2. Berekeningsmethodiek

### 2.1 Berekeningsmethode puntschatting

Eindpunt van de berekeningen is voor alle transmissieroutes het gemiddeld aantal campylobacters dat per persoon per dag wordt ingeslikt, voor de hele Nederlandse humane populatie.

#### *Voedingsmiddelen*

De keuze van te beschouwen voedingsmiddelen is gebaseerd op Havelaar (2002), p. 107. Indien relevant is onderscheid gemaakt tussen rauw en bereid. De volgende producten zijn beschouwd:

#### *voedingsmiddelen van dierlijke oorsprong uit intensieve houderijsystemen*

- kipfilet bereid
- kip overig rauw
- kip overig bereid
- kalkoen bereid
- varken bereid
- rund rauw
- rund bereid
- melk rauw
- schaap bereid
- vis aquacultuur bereid

#### *Voedingsmiddelen van dierlijke oorsprong uit extensieve systemen*

- vis (visserij) rauw
- vis (visserij) bereid
- schelpdier rauw
- schelpdier bereid
- schaaldier bereid

#### *Voedingsmiddelen van niet dierlijke oorsprong*

- groente rauw
- groente bereid
- zacht fruit rauw
- hard fruit rauw

Er wordt verondersteld dat oesters rauw worden gegeten en mosselen bereid. De categorieën 'schelpdier rauw' en 'schelpdier bereid' betreffen derhalve respectievelijk oesters en mosselen. Er is onderscheid gemaakt tussen zacht en hard fruit vanwege de verschillende wijze van plukken en irrigeren. Van producten die niet verhit worden voorafgaande aan consumptie wordt aangenomen dat 100 % van de campylobacters overleeft. Van producten die verhit worden, wordt aangenomen dat 0 % van de campylobacters overleeft, het effect van 'undercooking' wordt dus verwaarloosd. Er wordt echter aangenomen dat er wel kruisbesmetting plaatsvindt: voorafgaande aan de verhitting worden andere oppervlakken of voedingsmiddelen besmet met campylobacters welke uiteindelijk ingeslikt worden.

Voor voedingsmiddelen is de berekening als volgt (kve = kolonievormende eenheden):

$$\begin{aligned}
 & \text{Gemiddeld aantal g geconsumeerd per persoon per dag (pppd) over de hele populatie} \\
 & \quad (= consumenten + niet-consumenten) \\
 & \quad \times \\
 & \quad \text{Fractie besmette producten in de winkel} \\
 & \quad \times \\
 & \quad \text{Aantal kve per gram } \textit{besmet} \text{ product in de winkel} \\
 & \quad \times \\
 & \quad \text{Fractie overleving na bereiding}
 \end{aligned}$$

### ***Direct contact met dieren***

Voor deze categorie zijn in beschouwing genomen: huisdieren, landbouwhuisdieren en kinderboerderijdieren (Havelaar, 2002; p. 107).

#### *Huisdieren*

Hierbij wordt onderscheiden kat, hond, konijn en klein knaagdier.

De berekening van de inname is als volgt:

$$\begin{aligned}
 & \text{Fractie personen met een bepaald huisdier in het huishouden} \\
 & \quad \times \\
 & \quad \text{Fractie van dit bepaalde huisdier dat besmet is} \\
 & \quad \times \\
 & \quad \text{Aantal contacten per persoon per dag in een huishouden met het bepaalde huisdier} \\
 & \quad \times \\
 & \quad \text{Kans op contact met faeces gegeven dat er contact is} \\
 & \quad \times \\
 & \quad \text{Aantal ingeslikte gram besmette faeces per faeces-contact} \\
 & \quad \times \\
 & \quad \text{Aantal kve per gram besmette faeces.}
 \end{aligned}$$

Volgens deze berekening zou de inname onafhankelijk zijn van het aantal huisdieren in een huishouden. Dit lijkt niet realistisch. Het effect van meerdere dieren kan op twee manieren voorgesteld worden:

- 1) het aantal contacten pppd slaat niet alleen op aaien van het dier, maar op aanraken van alles wat het dier besmet kan hebben. Het aantal contacten pppd verandert niet bij meer dieren. Bij meer dieren stijgt dan de kans op contact met feces gegeven dat er contact is, simpelweg, het besmettingsniveau is hoger in huis.
- 2) het aantal contacten pppd slaat wel op aaien van het dier, en aangenomen wordt dat het aantal contacten pppd per dier constant is, oftewel het aantal contacten pppd neemt toe met het aantal dieren. De kans op contact met feces gegeven dat er contact is, is constant. Optie 2 werd geïmplementeerd; e.e.a. maakt overigens voor de berekening niets uit.

Voor elk te beschouwen huisdier werden 2 categorieën huishoudens onderscheiden, namelijk met 1 en 2,5 huisdieren. Het getal 2,5 is een schatting van het gemiddeld aantal huisdieren in huishoudens met meer dan één huisdier. De huishoudens verschillen van elkaar in de waarde voor 'de fractie personen met een bepaald huisdier in het huishouden' en in 'het aantal contacten per persoon per dag in een huishouden met het bepaalde huisdier'. Na berekening wordt de inname gesommeerd per huisdier.

*Landbouwhuisdieren*

Hierbij wordt onderscheiden bedrijven met rund + kalf, varken, pluimvee (= vleeskuiken + kalkoen + leghennen) en geit + schaap.

De wijze van berekening van de inname is analoog aan die van huisdieren:

$$\begin{aligned}
 & \text{Aantal bedrijven met dit dier} \\
 & \quad \times \\
 & \text{Aantal personen per bedrijf met diercontact} \\
 & \quad \times \\
 & 1/\text{Aantal inwoners in Nederland} \\
 & \quad \times \\
 & \text{Fractie van deze dieren dat besmet is} \\
 & \quad \times \\
 & \text{Aantal contacten per persoon per dag in deze bedrijven} \\
 & \quad \times \\
 & \text{Kans op contact met faeces gegeven dat er contact is} \\
 & \quad \times \\
 & \text{Aantal ingeslikte gram besmette faeces per faeces-contact} \\
 & \quad \times \\
 & \text{Aantal kve per gram besmette faeces.}
 \end{aligned}$$

Het product van de eerste drie parameters levert het deel van de Nederlandse populatie op dat op deze bedrijven werkt en diercontact heeft. Vervolgens is de berekening hetzelfde als bij huisdieren (maar zonder onderscheid in categorieën bedrijven).

*Kinderboerderijdieren*

Er is geen uitsplitsing gemaakt naar de verschillende soorten kinderboerderijdieren.

De wijze van berekening van de inname is analoog aan die van huisdieren en landbouwhuisdieren:

$$\begin{aligned}
 & \text{Aantal bezoekers per dag} \\
 & \quad \times \\
 & 1/\text{Aantal inwoners in Nederland} \\
 & \quad \times \\
 & \text{Fractie van deze dieren dat besmet is} \\
 & \quad \times \\
 & \text{Aantal contacten per persoon per dag in deze bedrijven} \\
 & \quad \times \\
 & \text{Kans op contact met faeces gegeven dat er contact is} \\
 & \quad \times \\
 & \text{Aantal ingeslikte gram besmette faeces per faeces-contact} \\
 & \quad \times \\
 & \text{Aantal kve per gram besmette faeces.}
 \end{aligned}$$

Het product van de eerste twee parameters levert het deel van de Nederlandse populatie op dat op een dag een kinderboerderij bezoekt. Vervolgens is de berekening hetzelfde als bij huisdieren en landbouwhuisdieren.

**Water**

Voor deze categorie zijn in beschouwing genomen: recreatiewater en drinkwater (Havelaar, 2002, p. 108) en zwembaden. Met recreatiewater wordt hier de transmissieroute bedoeld van het onbedoeld inslikken van oppervlaktewater tijdens het zwemmen in oppervlaktewater (rivieren, meertjes, etc.) buiten, dat niet behandeld wordt. Met zwembaden worden al of niet overdekte zwembaden bedoeld, waarbij het water behandeld wordt via een waterbehandelingsinstallatie en wordt gedesinfecteerd met chloor. Ook hier gaat het om onbedoeld inslikken van water. Met drinkwater wordt de transmissieroute bedoeld van het opzettelijk consumeren van onverhit drinkwater uit de kraan.

**Zwembaden**

Campylobacters zouden direct door een zwemmer in het water van een zwembad terecht kunnen komen. De berekening van de inname is als volgt. Er wordt onderscheid gemaakt tussen twee leeftijdscategoriën (12 jaar en jonger en ouder dan 12 jaar), die van elkaar verschillen in bezoekfrequentie en waterinname:

$$\begin{aligned} & \text{Fractie van de populatie met betreffende leeftijdscategorie} \\ & \quad \times \\ & \quad \text{Bezoekfrequentie (aantal bezoeken pppd)} \\ & \quad \quad \times \\ & \quad \quad \text{Waterinname (liter per bezoek)} \\ & \quad \quad \quad \times \\ & \quad \quad \quad \text{Initiële concentratie Campylobacter (aantal per liter)} \\ & \quad \quad \quad \quad \times \\ & \quad \quad \quad \quad \text{Fractie Campylobacter die overleeft na chloring} \end{aligned}$$

Voor beide leeftijdscategoriën wordt bovenstaande berekening gemaakt en de twee waarden worden gesommeerd om tot de gemiddelde blootstelling voor de hele populatie te komen.

**Recreatiewater**

De berekening voor recreatiewater is hetzelfde als voor zwembaden, m.u.v. het ontbreken van de desinfectie door chloor.

**Drinkwater**

De waterleidingbedrijven die water innemen uit open bekkens of reservoirs, zijn het meest kwetsbaar ten aanzien van besmetting met campylobacters vanwege de soms hoge belasting van die bekkens met campylobacters afkomstig van vogels. Voor die bedrijven (gecodeerd A t/m H) werd dan ook een schatting gemaakt van de blootstelling. Voor alle overige drinkwaterleidingbedrijven werd aangenomen dat het ruwe water (voornamelijk grondwater) 'campylobactervrij' is.

De blootstelling aan campylobacters werd als volgt berekend:

$$\begin{aligned} & \text{Fractie van de populatie die bediend wordt door het betreffende waterleidingbedrijf} \\ & \quad \times \\ & \quad \text{Consumptie van ongekookt drinkwater (liter pppd)} \\ & \quad \quad \times \\ & \quad \quad \text{Campylobacter concentratie in het ruwe water (aantal per liter)} \\ & \quad \quad \quad \times \\ & \quad \quad \quad \text{Fractie Campylobacter uit het ruwe water die in het eindproduct drinkwater terecht komt} \end{aligned}$$

Bovenstaande berekening werd uitgevoerd voor alle waterleidingbedrijven (A t/m H en overig) en de resulterende waarden werden gesommeerd om tot de gemiddelde blootstelling voor de hele populatie te komen.

### *Buitenlandse reizen*

De transmissieroute van buitenlandse reizen is wel aangegeven in Havelaar (2002, p. 108), maar wordt hier niet meegenomen (zie discussie). Alle bovenstaande berekeningen (gemiddeld aantal campylobacters ingenomen pppd) betreffen daarmee die dagen dat de mensen niet in het buitenland verblijven. Als aangenomen wordt dat de situatie in het buitenland hetzelfde is als in Nederland, dan gaan de berekeningen over het hele jaar. Het lijkt echter realistisch te veronderstellen dat de blootstelling in veel andere landen hoger is. De gemiddelde blootstelling over het hele jaar zal dan in dit rapport licht onderschat worden.

## **2.2 Berekeningsmethode onzekerheid**

### *Algemeen*

In de berekeningen wordt gewerkt met puntschattingen. Deze puntschattingen moeten geïnterpreteerd worden als het gemiddelde over een jaar in geheel Nederland. Beseft moet worden, dat de onzekerheid die in het onderstaande beschouwd gaat worden, de onzekerheid van de puntschatting (het gemiddelde) is. De variabiliteit tussen personen, tijd en plaats (bijvoorbeeld in consumptiehoeveelheid, prevalentie, etcetera) maakt hier dus geen deel van uit. De onzekerheid van het gemiddelde wordt in de basisberekeningen beschreven met de PERT verdeling (Vose, 2000). Dit is een versie van de Beta-verdeling, die beschreven kan worden met 3 parameters: de minimum, meest waarschijnlijke en maximum waarde. Als de meest waarschijnlijke waarde halverwege de minimum en maximum waarde ligt, is dit tevens het gemiddelde en de mediaan. Dit wordt in deze studie steeds gedaan.

Bij de berekeningen met onzekerheid worden de gegevens geïnterpreteerd als de mediane waarde van het gemiddelde. Dit is van belang omdat voor een deel van de parameters de onzekerheid logaritmisch wordt beschreven (dwz. de grenzen zijn bijv. een factor 10 lager en hoger dan de puntschatting). In dat geval worden @Risk trekkingen gedaan uit een symmetrische PERT-verdeling na log transformatie, met mediane (= meest waarschijnlijke en gemiddelde) waarde  $\log a$ . Deze trekkingen worden vervolgens teruggetransformeerd, wat resulteert in een verdeling met mediane waarde  $a$ .

De keuze voor logaritmische onzekerheid voor een aantal parameters wordt gestuurd door een aantal aspecten. De aarde van de metingen speelt een rol: concentratie en overleving worden veelal vanuit logaritmisch denken bepaald en gerapporteerd; de onzekerheid dus ook. Een tweede aspect is het werkveld: in het werkveld water is logaritmisch denken gemeengoed, dus aan alle parameters is logaritmische onzekerheid gegeven. Tenslotte is er een beperkt aantal parameters bij de 'direct contact' - routes, waarvan wordt ingeschat dat de onzekerheid groter is dan een absolute onzekerheid met factor 1. Om die reden werd voor deze parameters logaritmische onzekerheid ingebracht.

Algemene principes zijn, dat bij een parameter binnen een categorie (voedingsmiddelen, direct contact, water) de factorwaarde groter wordt naarmate er minder gegevens beschikbaar zijn. Verder is er aandacht aan gegeven om de factorwaarden voor een parameter binnen verschillende categorieën op een consequente wijze vast te stellen. De concentratie is hiervan een goed voorbeeld.

Het bovenstaande basisscenario wordt aangeduid met 'Pert, rsf = 1', waarbij rsf staat voor range scenario factor. Er zijn twee alternatieve scenario's doorgerekend. In het eerste alternatieve scenario (Pert, rsf = 2) wordt de onzekerheid vergroot. Dit houdt voor parameters waarbij de onzekerheid absoluut (dwz voor ongetransformeerde getallen) gedefinieerd is een verdubbeling van de range (verschil tussen maximum en minimum) in; voor parameters waarbij de onzekerheid logaritmisch is gedefinieerd, betekent dit dat het quotiënt tussen minimum en maximum waarde een factor 10 wordt vergroot. In het tweede alternatieve scenario (Uniform, rsf = 1) wordt de onzekerheid niet beschreven met een PERT verdeling maar met een uniforme verdeling, met dezelfde minimum- en maximumwaarden als voor de PERT verdelingen in het basis scenario.

#### *Uitvoering van de berekeningen*

De berekeningen zijn uitgevoerd in @RISK 4.5.1 (Palisade Corporation, 2002), een Add-in van Microsoft Excel 97 SR-2 (Microsoft Corporation, 1985-1997). Per berekening werden 10.000 iteraties uitgevoerd, waarbij voor elke iteratie uit elke verdeling (PERT of Uniform) per parameter één trekking werd gedaan en vervolgens werden deze trekkingen met elkaar vermenigvuldigd volgens bovenstaande schema's. Voor de resulterende 10.000 outputgetallen werd vervolgens het 2,5 % percentiel, gemiddelde, mediaan en 97,5 % percentiel bepaald. Voorafgaand aan de berekeningen werd bepaald hoeveel iteraties nodig zijn om convergentie te bereiken. Bij een convergentie criterium van 1% verandering in percentage, gemiddelde en standaarddeviatie voor (toen nog) 33 routes werd in 3 van 4 pogingen volledig aan de criteria voldaan binnen 10.000 iteraties (nl. na 7400, 8700 en 9700 iteraties) en bij een 4e poging voldeden slechts 2 van de 99 convergentiekenmerken na 10.000 iteraties niet aan de norm van 1 %. Dit werd als voldoende beschouwd om de berekeningen met 10.000 iteraties uit te gaan voeren.

## 2.3 Gebruikte onzekerheden

De gebruikte onzekerheden voor voedingsmiddelen, direct contact en water, zijn weergegeven in respectievelijk Tabel 1, 2 en 3. Deze werden bepaald volgens de aanpak beschreven in § 2.2 waarbij gebruik werd gemaakt van de gegevens in hoofdstuk 3.

*Tabel 1. Onzekerheid van de parameters m.b.t. voedingsmiddelen.*

A/L: onzekerheid van de parameter is berekend m.b.v. absolute waarden (A) of na logaritmische transformatie (L). Bij absolute waarden is de factor de fractie van de puntschatting die moet worden afgetrokken van en opgeteld moet worden bij de puntschatting om de minimum- en maximumwaarde te bepalen. Bij logaritmische transformatie is de factor de waarde waar de puntschatting door gedeeld en mee vermenigvuldigd moet worden om de minimum- en maximumwaarde te bepalen.

Parameter	Product	A/L	Factor	Toelichting
Consumptie	alle	A	0,1	Op basis van 6250 waarnemingen
	kip overig rauw, rund rauw	A	0,9	ruwe schatting
Prevalentie	andere	A	0,6	Voor kip zijn meer gegevens beschikbaar
	kip	A	0,3	
Concentratie	kip	L	3,2	Veel gegevens
	rauwe melk	L	10	Enige gegevens
	schelpdieren overig	L	32	Geen gegevens
Overleving	rauw	vaste waarde		Factor = 1
	bereid	L	32	

De fractie populatie met huisdier vergt enige toelichting. In deze parameter zitten andere parameters verborgen, ook in relatie tot het aantal contacten. In eerste instantie worden de onzekerheden echter onafhankelijk ingebracht.

De fractie populaties met 1 hond of kat is goed te schatten op basis van gegevens; hiervoor wordt een vaste waarde genomen. Er vanuit gaande dat 2-3 de range is voor het aantal katten bij 1 huishouden, resulteert in een fractie van 0,043-0,065 voor deze huishoudens. Derhalve lijkt een factor 0,2 redelijk voor katten en honden.

De fractie van de populatie konijn of klein knaagdier waarvan er 1 per huishouden zitten is onzeker. Deze is ingeschat op 60 %. Uitgaande van min - max = 40 - 80 %, is te berekenen dat de onzekerheid in de fractie huishoudens t.o.v. het totaal ongeveer 35 % is. Dit is ingebracht (factor 0,35).

Tabel 2. Onzekerheid van de parameters m.b.t. direct contact.

HD = huisdieren, LHD = landbouwhuisdieren, KBD = kinderboerderijdieren.

Parameter	route	A/L	Factor	Toelichting
Fractie populatie met 1 huisdier	HD: kat en hond	Vaste waarde		Zie tekst
Fractie populatie met 2,5 huisdieren	HD: kat en hond	A	0,2	
Fractie populatie met 1 huisdier	HD: konijn en klein knaagdier	A	0,35	
Fractie populatie met 2,5 huisdieren	HD: konijn en klein knaagdier	A	0,35	
Aantal bedrijven	LHD	Vaste waarde		Getallen van de website van de PVE
Aantal personen / bedrijf	LHD	A	0,5	Grove schatting
Bezoekfrequentie	KBD	A	0,14	Gebaseerd op 15-20 E6 bezoekers per jaar
Prevalentie	HD: kat en hond; LHD	A	0,6	Gegevens beschikbaar
	HD: konijn en klein knaagdier	A	1	Factor hoge waarde vanwege lage puntschatting
	KBD	A	0,6	Meerdere soorten in onbekende onderlinge verhouding
Contactfrequentie	HD, LHD, KBD	L	3,2	Grove schatting
Kans fecescontact	HD, LHD, KBD	L	10	Grote onzekerheid
Fecesingestie	HD, LHD, KBD	L	10	Grote onzekerheid
Concentratie	HD	L	32	Geheel onbekend
	LHD: kip	L	3,2	Veel gegevens
	LHD: overig,	L	10	Minder gegevens
	KBD			



*Tabel 3. Onzekerheid van de parameters met betrekking tot water.*

ZB = zwembaden, RW = recreatiewater, DW = drinkwater. Onzekerheden vastgesteld in overleg met Jack Schijven.

Parameter	route	A/L	Factor	Toelichting
Fractie kind / volwassene	ZB, RW	Vaste waarde		CBS-gegevens
Fractie aantal personen	DW	Vaste waarde		WLB-gegevens
Bezoekfrequentie	ZB	L	1,2	Gegevens redelijk
	RW	L	2	Slecht bekend
Waterconsumptie / ingestie	ZB, RW	L	3,2	Onzeker
	DW	L	1,4	
Concentratie	ZB, RW, DW	L	3,2	Onzeker
Overleving chloring	ZB	L	1E3	Grote onzekerheid
Zuivering	DW	L	3,2	



## 3. Gegevens

### 3.1 Algemeen

Voor het aantal inwoners van Nederland wordt  $1,6 \times 10^7$  genomen (www.cbs.nl).

### 3.2 Consumptie

Informatie over de consumptie van bepaalde producten en/of productgroepen kan worden afgeleid van een aantal verschillende soorten bronnen:

- Metingen van de werkelijke consumptie
- Aankoopgegevens
- Productiegegevens (in mindere mate)

Metingen van de voedselconsumptie geven het meest betrouwbare beeld, en hebben dan ook de voorkeur. De benodigde consumptiegegevens voor het algemeen transmissiemodel zijn gebaseerd op de derde voedselconsumptie-peiling (VCP-3), uitgevoerd in 1997-1998 (Kistemaker *et al.*, 1998). Voor wat betreft de consumptie van kip(producten) zijn tevens gegevens uit een tweetal andere consumptie studies, de MORGEN studie (Tabak *et al.*, 2001) en de EPIC-soft studie (Slimani *et al.*, 1999), gebruikt. Voor deze productgroep zijn ook data over de verkoop en de productie beschikbaar. Laatstgenoemde gegevens zijn met name gebruikt ter verificatie van de resultaten op basis van de consumptiedata.

#### *VCP-3 gegevens*

In de derde VCP hebben 6250 personen gedurende 2 dagen bijgehouden wat ze geconsumeerd hebben. Van alle producten is het gewicht vastgesteld, waarna de producten zijn gecodeerd volgens de zogenaamde NEVO-codering (Voedingscentrum, 1996). Kistemaker *et al.* (1998) geeft de consumptie van elk van de afzonderlijke producten weer, uitgedrukt in de gemiddelde consumptie per dag (gram/dag) van de gehele populatie (i.e., gemiddelde consumptie in beide dagen van de 6250 personen), het totaal aantal gebruikers in één van beide of beide onderzoeksdagen, en de gemiddelde consumptie per dag (gram/dag) van de gebruikers (gemiddelde consumptie over de beide dagen). Consumptiegegevens voor de productgroepen in het algemeen transmissiemodel zijn afgeleid uit de gegevens voor de afzonderlijke producten die tot de bepaalde productgroep behoren (Kistemaker *et al.*, 1998). Voor een aantal producten in het algemeen transmissiemodel, zoals rauwe melk, is de consumptie direct in dit rapport vermeld.

In Kistemaker *et al.* (1998) is bij de vleesproducten onderscheid gemaakt in de categorieën 'rauw' en 'bereid'. Bij producten die als 'rauw' zijn gecodeerd is wél jus bereid en opgegeten; bij 'bereide' producten is ofwel géén jus bereid, ofwel wél jus bereid maar niet opgegeten. De termen 'rauw'/'bereid' zoals gebruikt bij de VCP hebben dus niets met verhitting te maken. Als het product als 'bereid' is gecodeerd dan is het gewicht in Kistemaker *et al.* (1998) reeds aangepast voor vochtverlies tijdens de bereiding en het aandeel bot. Is het product als 'rauw' gecodeerd dan is het product alleen aangepast voor het aandeel bot, dus niet voor verlies van gewicht bij bereiding.

In de meeste gevallen zullen vleesproducten bereid, in de zin van na verhitting, worden geconsumeerd. Om in het algemeen transmissiemodel tot consumptiehoeveelheden van bereide vleesproducten te komen, worden de hoeveelheden 'rauw' en 'bereid' uit de VCP gesommeerd, na een correctie voor gewichtsverlies bij bereiding voor producten met de code 'rauw'. Voor een beperkt aantal productgroepen (kip overig, rund) worden rauwe, in de zin van niet verhitte, vleesproducten onderscheiden, op basis van de eigen inschatting dat deze productgroepen deels rauw geconsumeerd worden.

Tabel 4 geeft de consumptiegegevens weer van de producten en productgroepen die voor het algemeen transmissiemodel van belang zijn. Het betreft het totaal aantal gebruikers, de gemiddelde inname per gebruiker, en de gemiddelde inname van de gehele populatie. Voor de meeste productgroepen uit deze tabel zijn de schattingen gebaseerd op de consumptie van die afzonderlijke producten uit de betreffende productgroep die het meest zijn geconsumeerd, en dus niet op alle producten in de betreffende productgroep.

*Tabel 4. Consumptiegegevens van voedingsmiddelen afgeleid uit VCP-3.*

Rauw en bereid worden in Tabel 4 gebruikt in de zin van niet en wel verhit. <sup>1</sup>: Totaal aantal gebruikers in één van beide of beide onderzoeksdagen. <sup>2</sup>: De gemiddelde inname van de gebruikers is uitgedrukt per dag (g pppd). <sup>3</sup>: alleen de gemiddelde inname van de hele populatie is bepaald (zie tekst bij 'groente bereid').

Voedingsmiddel		Totaal aantal gebruikers <sup>1</sup>	Gemiddelde inname gebruikers (g pppd) <sup>2</sup>	Gemiddelde inname hele populatie (g pppd)
<i>Landbouwhuisdieren</i>				
Kipfilet	Bereid	830	55,8	7,41
Kip overig	Rauw	2	85	0,03
	Bereid	1079	55,9	9,6
Kalkoen	Bereid	34	66,5	0,4
Varken	Bereid	9897	32,4	51,2
Rund	Rauw	57	52,7	0,5
	Bereid	4050	48,2	31,2
Melk	Rauw	46	316	2,32
Schaap	Bereid	90	54,5	0,79
<i>Vis</i>				
Vis (aquacultuur)	Bereid	204	40,9	1,34
Vis (visserij)	Rauw	143	61	1,40
	Bereid	721	59,1	6,82
Schelpdieren	Rauw	1	15	0,0024
	Bereid	44	68,3	0,48
Schaaldieren	Bereid	83	27,2	0,36
Groente	Rauw	4355	32,9	23,5
	Bereid <sup>3</sup>	-	-	100,6
Fruit	Zacht	824	66,5	8,77
	Hard	1275	103,3	21,1

Voor producten die dagelijks geconsumeerd worden, bijvoorbeeld (rauwe) melk, geldt dat de gemiddelde dagelijkse consumptie van de gebruikers (g pp dag) gelijk is aan de portiegrootte (g per portie). Het totaal aantal gebruikers is half zo groot als het totaal aantal innames (porties). In geval van product(groep)en die niet dagelijks worden geconsumeerd (dit zijn de meeste producten), is de gemiddelde dagelijkse consumptie van de gebruikers half zo groot

als de portiegrootte per inname. Deze producten zijn namelijk door de gebruikers slechts één maal in de twee onderzoeksdagen geconsumeerd. In dit geval is het totaal aantal gebruikers gelijk aan het aantal innames. De kans op consumptie is het totaal aantal gebruikers gedeeld door de totale populatiegrootte (6250). Op basis van Kistemaker *et al.* (1998) is echter geen informatie beschikbaar over het gemiddeld aantal porties per dag. Dit levert geen problemen op, omdat met de huidige berekeningswijze (zie § 2.1) deze informatie niet gebruikt wordt.

Bij het bepalen van de consumptie van de producten/productgroepen uit Tabel 4 zijn de onderstaande aannames/berekeningen gedaan.

#### *Kipfilet bereid*

Deze consumptiegegevens zijn direct afgeleid uit Kistemaker *et al.* (1998) door in achtname van de NEVO producten kipfilet rauw en kipfilet bereid.

#### *Kip overig rauw*

Aangenomen is dat alle pluimveevlees bereid wordt geconsumeerd, behalve kippeler. Kippenlever wordt in de helft van de gevallen (dwz door de helft van het aantal gebruikers) rauw geconsumeerd (eigen schatting). Dus de consumptie van rauwe kip is gelijk aan de helft van de consumptie van kippeler (Kistemaker *et al.* (1998)), wat neerkomt op  $0,5 * 0,055 \text{ g pppd} = 0,03 \text{ g pppd}$ .

#### *Kip overig bereid*

Aangenomen is dat hier de volgende kipproducten, zowel coderingen rauw als bereid, uit Kistemaker *et al.* (1998) onder vallen: kip met vel, kip zonder vel, soepkip, kip/bout zonder vel gegrild, kiprollade, kipnuggets en kipburger; aangevuld met de helft van de consumptie van kippeler. De consumptie van de totale productgroep is afgeleid van de gegevens van deze afzonderlijke producten.

Voor wat betreft de consumptie van kip, of kipfilet in het bijzonder, is tevens informatie beschikbaar op basis van twee andere voedselconsumptie studies, te weten de MORGEN studie en de EPIC-soft studie. De resultaten van deze twee studies komen zeer goed overeen met de hierboven beschreven consumptie data van de VCP-3. Zo blijkt uit de MORGEN studie een gemiddelde kip consumptie (na bereiding) over alle respondenten (incl. 0-observaties) van 16,2 g pppd. De gemiddelde inname van alle kipproducten voor de gehele VCP populatie is 17,05 g pppd (niet gecorrigeerd voor gewichtsverlies bij bereiding). Uit EPIC-soft blijkt dat de gemiddelde inname over alle respondenten van kipfilet (na bereiding) lag op 6,7 g pppd dag. De gemiddelde inname van kipfilet op basis van de VCP-3 (Tabel 4) is 7,41 g pppd.

#### *Kalkoen bereid*

Dit product staat als zodanig in Kistemaker *et al.* (1998) vermeld. Op basis van NEVO-coderingen rauw en bereid.

#### *Rundvleesproducten rauw*

Aangenomen is dat onder deze productgroep de volgende producten uit Kistemaker *et al.* (1998) vallen: gehakt rund, 50 % van gehakt half om half, gehaktbal, tartaar en lever. De totale consumptie van deze productgroep is berekend op basis van de afzonderlijke producten, zowel coderingen rauw als bereid. Vervolgens is aangenomen dat 5 % van het totaal rauw wordt gegeten (ingebracht in de berekening door rauwe consumptie door 5% van de gebruikers). Het restant (95 %) van deze producten is opgeteld bij de (overige) bereide rundvleesproducten. In een eerdere studie (Nauta *et al.*, 2001) werd specifiek de consumptie

van rundertartaar onderzocht, ook op basis van de VCP-gegevens. De betreffende resultaten zijn in de huidige studie niet in beschouwing genomen.

#### *Varken bereid en rund bereid*

Consumptie van deze productgroepen op basis van het merendeel van de afzonderlijke producten uit de betreffende productgroepen, zowel codering rauw als bereid.

#### *Rauwe melk*

Rauwe melk (2,32 g pppd) staat als zodanig vermeld in Kistemaker *et al.* (1998). De volgende producten worden als rauwe melk gecodeerd (persoonlijke communicatie Marga Ocké): rauwe melk, boerenlandmelk, geitenmelk en boerenmelk. Waarschijnlijk is de consumptie van rauwe melk in de zin van onverhitte melk dus lager dan 2,32 g pppd. De waarde is anderzijds ook niet onrealistisch hoog gezien de VCP-waarden voor volle melk, halfvolle melk en karnemelk; respectievelijk 26, 149 en 31 g pppd.

#### *Schaap bereid*

Op basis van alle producten van schapen- en lamsvlees in Kistemaker *et al.* (1998), codes rauw en bereid.

#### *Vis*

De totale consumptie van de productgroep vis is 978 gebruikers/innames met een gemiddelde van 66,5 g pppd. Het overall gemiddelde van de hele populatie is dan 10,41 g pppd. (persoonlijke communicatie Martine Bakker). Dit komt zeer goed overeen met het totaal van de visproductgroepen (vis-aquacultuur, vis-visserij, schelpdieren, schaaldieren) uit Tabel 4, i.e., 10,40 g pppd.

#### *Vis (aquacultuur) bereid*

Consumptie van deze productgroepen op basis van het merendeel van de afzonderlijke producten uit de betreffende productgroepen: zalm (is veruit het belangrijkste; bestaat uit een aantal categoriën), forel, gekookte koolvis.

#### *Vis (visserij) rauw*

Dit is het voedingsmiddel 'haring gezouten'.

#### *Vis (visserij) bereid*

Aangenomen is dat hier de volgende producten onder vallen: haring, paling, schol, heilbot, anders bereide koolvis (bijvoorbeeld lekkerbekjes, vissticks), makreel, tonijn, kabeljauw, vis mager, vis matig vet, vis vet; zowel gepaneerd, gemarineerd, gezouten, bereid, gerookt, vers, rauw, etcetera.

#### *Schelpdieren*

Hieronder vallen o.a. oesters en mosselen. Aangenomen is dat alleen oesters rauw worden geconsumeerd, mosselen worden altijd bereid (gekookt, gebakken) geconsumeerd.

#### *Schaaldieren*

Dit betreft garnalen (veruit het belangrijkste), krab en kreeft.

#### *Groente rauw*

De consumptie van deze productgroep is afgeleid van de consumptie van de afzonderlijke producten die het meest gegeten werden. Hieronder vallen sla, andijvie, komkommer, paprika, tomaat, ui, witlof, en wortelen. Het totaal komt op 22,9 g pppd. Daarnaast worden

nog enkele andere groenten in kleinere hoeveelheden gegeten, dus het totaal komt op ongeveer 23,5 g pppd.

#### *Groente bereid*

Berekend op basis van de consumptie van totaal groente minus rauwe groente. De gemiddelde consumptie van de productgroep groente in de hele populatie is 124,1 g pppd (persoonlijke mededeling Martine Bakker). Dus voor de bereide groente komt dit op  $124,1 - 23,5 = 100,6$  g pppd.

#### *Fruit zacht*

Hieronder wordt verstaan bessen, kersen, frambozen, bramen, aardbeien, druiven, perzik en pruimen. De consumptie is berekend als het totaal van de consumptie van deze afzonderlijke producten.

#### *Fruit hard*

De gemiddelde consumptie van de hele populatie van de totale productgroep fruit is 107 g pppd (pers. med. Martine Bakker). Voor de consumptie van hard fruit is alleen gekeken naar harde vruchten die niet geschild worden. Dit betreft appels en peren. Uit de VCP-gegevens blijkt dat ongeveer de helft van de appels geschild wordt gegeten, bij peren wordt dit onderscheid niet gemaakt. De consumptie van hard fruit wordt berekend als de som van de consumptie van 'appel met schil' en de helft van de consumptie van 'peer'.

De werkelijk gemeten consumptiegegevens kunnen worden vergeleken met schattingen van de consumptie op basis van aankoopgegevens of gegevens over het verbruik. Voor kip en kalkoen producten zijn aankoopgegevens beschikbaar van het interviewburo GfK. Het PVE verzamelt gegevens over het verbruik van verschillende categorieën vleesproducten.

### ***Aankoopgegevens van GfK***

Het interview buro GfK verzamelt gegevens van de huishoudelijke aankopen van consumenten in Nederland. Via het PVE zijn deze gegevens beschikbaar voor wat betreft de aankoop van kip en kalkoen(producten). Informatie over andere vleesproducten en overige producten is mogelijk ook beschikbaar, bij respectievelijk PVE en GfK. Vanwege de beperkte beschikbare tijd werden deze mogelijke informatiebronnen in dit onderzoeksstadium niet benut.

In Tabel 5 staat de aankoop van kalkoen en kip(producten) in het jaar 2000 vermeld. Het betreft dus alleen huishoudelijke aankopen; het aandeel huishoudelijke aankopen versus buitenhuishoudelijke aankopen bedroeg 67:33 (<http://bedrijfsnet.pve.agro.nl>). De totale aankoop (buitenhuishoudelijk en huishoudelijk) is berekend door de huishoudelijke aankopen te vermenigvuldigen met een factor 1,5 en met 1000 kg/ton en te delen door  $16 \times 10^6$  Nederlanders. De consumptie (g pppd) is berekend door de totale aankoop te vermenigvuldigen met 1000 g/kg en met 0,8 (vanwege 20 % vochtverlies bij bereiding) en te delen door 365 dagen/jaar.

*Tabel 5. Huishoudelijke aankoop en consumptie van kip en kalkoen in 2000.*

	Huishoudelijke aankoop in Nederland (ton per jaar)	Totale aankoop (kg pppj)	Consumptie (g pppd)
Kipfilet	32187	3,0	6,6
Overige kipproducten	47595	4,5	9,8
Kalkoen	4872	0,46	1,0

Uit Tabel 5 blijkt dat de consumptie van kipfilet en overige kipproducten overeen komt met de consumptie van deze producten (bereid + rauw) op basis van de VCP-3 (Tabel 4). De consumptie van kalkoen volgens GfK gegevens ligt een factor 2,5 hoger dan volgens de VCP.

### ***Gegevens van het verbruik en de consumptie van vlees(-waren) in 2000 van de PVE***

In Tabel 6 zijn gegevens van het verbruik van vlees en vleeswaren in 2000 in Nederland gepresenteerd (PVE, 2001). De consumptie van de verschillende producten na bereiding kan uit deze verbruiksgegevens worden berekend. Hierbij is de aanname gedaan van 55 % afsnijverliezen (been, vet, etcetera) en 20 % vochtverlies bij bereiding. Verder zijn de dimensies veranderd volgens 1000 g/kg en 365 dagen/jaar. Dit levert toevalligerwijs vrijwel dezelfde getalswaarden voor verbruik en consumptie, met verschillende dimensies. Onderscheid tussen rauwe en bereide producten is op basis van deze gegevens niet te maken.

Het verbruik van kuikenvlees ligt op 16,3 kg pppj (PVE, 2001). Het aandeel borstvleesproducten (met name filet) in het totaal verbruik van kuikenvlees is circa 45 %, het aandeel kipfilet in het totaal aan borstvleesproducten circa 90 % (beide eigen schattingen). Dan komt de gemiddelde consumptie van kipfilet van de hele populatie uit op 6,5 g pppd. De consumptie van kipfilet komt hiermee goed overeen met de resultaten op basis van VCP-3 (7,41 g pppd) en de hierboven vermelde aankoopgegevens (6,6 g pppd). Ook de gemiddelde consumptie voor varkensvlees komt goed overeen met de VCP gegevens (42,7 vs. 51,2 g pppd). Dit geldt echter niet voor rund/kalfsvlees en lams/schapenvlees.

*Tabel 6. Verbruik en consumptie van vlees en vleeswaren in 2000 in Nederland, gebaseerd op PVE (2001).*

<sup>1</sup>alle pluimvee (incl. kalkoen); <sup>2</sup>o.e.s.p. = overige eetbare slachtproducten.

	Verbruik (kg pppj)	Consumptie (g pppd)
Varkensvlees	43,3	42,7
Rundvlees	17,8	17,6
Kalfsvlees	1,3	1,3
Pluimveevlees <sup>1</sup>	21,0	20,7
waarvan kipfilet		6,5
Lams- en schapenvlees	1,5	1,5
Paardenvlees o.e.s.p. <sup>2</sup>	1,2	1,2
Totaal	86,1	85,0



### 3.3 Prevalentie

Gegevens over de besmetting van producten in de winkel met *Campylobacter* zijn voor een deel overgenomen uit het risk profile, dat in het kader van het CARMA project is geschreven (Havelaar, 2002). Een aantal gegevens is direct in de berekeningen voor het huidige rapport overgenomen. Voor andere gegevens is aanvullende literatuur geraadpleegd. In Tabel 7 worden de gebruikte waarden getoond. In de tekst wordt per parameter de herkomst van de waarde toegelicht en eventuele aanvullende informatie gegeven. Voor een overzicht van de prevalentie van *Campylobacter* in allerlei typen voedsel wordt verwezen naar Jacobs-Reitsma (2000).

*Tabel 7. In de berekeningen gebruikte waarden voor prevalenties van Campylobacter in verschillende producten in retail in Nederland.*

Product	Prevalentie besmette producten in retail (%)
Kipfilet	29
Kip - overig	33
Kalkoen	10
Varken	0,75
Rund	0,95
Rauwe melk	4,5
Schaap	2,5
Vis – aquacultuur	0,1
Vis- overig	2,3
Schelpdieren – rauw	4,3
Schelpdieren – verhit	42
Schaaldieren	20
Groente	0,3
Zacht fruit	0,3
Hard fruit	0,03

#### *Kipfilet*

Door de Keuringsdienst van Waren wordt sinds jaren een landelijke bemonstering uitgevoerd, gestratificeerd naar plaats van aankoop en consumentendichtheid. Het besmettingspercentage voor alle kipproducten geaggregeerd in retail schommelt sinds 1991 tussen 30 en 40% (Havelaar, 2002, p. 62). Uitsplitsing van de verschillende kipproducten geeft, voor retail, gemiddeld over 2000 en 2001, voor kipfilet 28,7 % (n=969) en voor overige producten 33 % (n=2063) (persoonlijke communicatie Jacobs). Dit komt overeen met het idee, dat kip met en zonder vel even besmet is (persoonlijke communicatie Mead). Ook door de consumentenbond wordt regelmatig onderzoek gedaan. Dit leverde de volgende getallen voor kipfilet in retail: 74 %, 64 % (n=85) en 42 % (n=200), in resp. 1996, 1998 en 2000 (Havelaar, 2002, p. 62; persoonlijke communicatie Jacobs). Ter vergelijking werd in het Verenigd Koninkrijk in 1998 83,3 % (n=198) besmetting gevonden van kipfilet in retail (Kramer *et al.*, 2000). Voor kipfilet wordt de waarde van de Keuringsdienst van Waren genomen: 29%.

#### *Kip - overig*

Zoals onder kipfilet hierboven reeds aangegeven leverde onderzoek van de Keuringsdienst van Waren een waarde op van 33 % (n=2063). Deze waarde wordt hier ingebracht. In het Verenigd Koninkrijk werden voor hele kippen in retail veel hogere waarden gevonden

(Jørgensen *et al.*, 1999; Bailey *et al.*, 2000; Jørgensen *et al.*, 2002; FSA-UK, 2002). In 1998/1999 waren 93 van 101 monsters positief (92 %); in 1999/2000 was 76 % positief (n=140). Overall was 83 % positief, met afhankelijk van de methode, 81-85 % positief voor bevroren en 89-95% voor gekoelde kippen. In het slachthuis ligt het niveau in Nederland vermoedelijk hoger dan in retail. Onderzoek op koppel- & dier-niveau van blinde darm monsters in 1992-1993 leverde 153 (82 %) besmette koppels (n=187). In 116 van deze 153 koppels is de 'isolation rate'  $\geq 80$  % (Jacobs-Reitsma *et al.*, 1994; zie ook Corry en Atabay, 2001). Lammerding *et al.* (1988) vonden in het slachthuis in Canada dat van de kalkoen- en kipkarkassen in de 'final chill tank' resp. 74 en 38 % besmet waren met *Campylobacter*.

### *Kalkoen*

Voor kalkoen werd door onderzoek van de Keuringsdienst van Waren in 1999 een waarde van 0,7 % gevonden (Havelaar, 2002, p. 63). Voor kalkoen zou de dezelfde mate van besmetting verwacht worden als kip, of wellicht hoger, omdat ze tot ouder gekweekt worden (pers.comm. Mead). Voor kalkoen wordt een waarde van 10% gekozen (pers.comm. Jacobs).

### *Varken en rund*

Onderzoek van de Keuringsdienst van Waren in 1999 leverde 0,4% (n = 738) voor rundvlees, 0% (n = 524) voor varkensvlees en 1,5% (n=275) voor gemengd rund/varkensvlees (Havelaar, 2002, p. 70). Voor varkensvlees is een waarde van  $(0+1,5)/2 = 0,75$  en voor rundvlees is een waarde van  $(0,4+1,5)/2 = 0,95$  genomen.

In feces van runderen (winter 98/99 - winter 99/00), schapen (winter 98/99 - winter 99/00) en varkens (mrt 99 - feb 00) worden in het Verenigd Koninkrijk behoorlijke percentages *Campylobacter* besmetting gevonden bij de slacht, namelijk resp. 24,5, 17 en 94,5 % (Paiba en Geibbens, 2000; Dalziel *et al.*, 2002). Lammerding *et al.* (1988) vonden in Canada dat van de varkens-, runder- en kalfskarkassen na evisceratie en voor koelen respectievelijk 17, 23 en 43 % besmet waren met *Campylobacter*.

Ook in Nederland worden behoorlijke prevalenties in de feces gevonden, bijvoorbeeld in de periode 1998-1999 op koppelniveau voor vleeskalveren, melkkoeien en varkens 71%, 17% en 54 % (Bouwknegt *et al.*, 2003). Het is opvallend dat dit in bescheiden percentages besmetting in retail resulteert. Dit heeft waarschijnlijk te maken met het effect van processing dat voor de retail plaatsvindt. Bij varkens is hier onderzoek naar gedaan door Oosterom *et al.* (1985). Hij vond dat bij 79 % van gezonde varkens die geslacht werden in Nederlandse slachthuizen, *Campylobacter* in de darmen aanwezig was, met een gemiddelde concentratie van  $\log_{10} 3,56$  kve/g. Na de slacht was 9 % van de varkenskarkassen positief. Na koelen (= drogen) werd *Campylobacter* niet meer aangetoond. Verder werd in 248 monsters van 10 g gemalen varkensvlees *Campylobacter* niet aangetoond. Dit werd ook experimenteel onderzocht door Oosterom *et al.* (1983), die aantoonde dat *Campylobacter* op een varkenskarkas overnacht verdwijnt door koelen in een varkensslachthuis. De achterliggende oorzaak hiervoor is uitdroging. Met kip werd aangetoond dat vriezen alleen de eerste uren effect heeft: nadat in eerste instantie het aantal afneemt bij -20 °C, overleeft *Campylobacter* meer dan 64 (karkas) en 84 dagen (lever). Tenslotte stellen Stern en Kazmi (1989) dat *Campylobacter* in voedsel koelen goed overleeft, maar zeer gevoelig is voor vriezen.

### *Rauwe melk*

Beumer (1988) vond dat 4,5 % van 904 monsters rauwe melk uit Nederland positief waren voor *Campylobacter*. Deze waarde is hier ingebracht. Humphrey en Hart (1988) vonden een vergelijkbare besmetting. Zij onderzochten rauwe melk monsters (250 ml) van Januari 1984 - December 1987 in Engeland (Exeter). Het betrof 153 bulk tank monsters verzameld direct na

het melken en 985 monsters gekocht in winkel of bij melkwagentje. 67 (5,9%) van alle monsters waren positief. 58 (5,9 %) van de winkelmonsters waren positief en 9 (5,9 %) van de bulk tank monsters. Van 50 herhalingsmonsters (250 ml) van voorheen positieve boerderijen waren er 5 positief. Parallele 10 ml herhalingsmonsters waren allen negatief. Echter in een onderzoek van mei 1995 - mei 1996 in Engeland en Wales werd in 1674 monsters verzameld op de boerderij in glas (85 % van de monsters) of karton (15 %) geen *Campylobacter* aangetoond (Department of Health, 1996). In 83 monsters (5 %) van de 1674 was fosfatase laag of niet detecteerbaar, wat betekent dat dit geen rauwe melk betrof. Onderzoek aan 'farm bulk tank milk' uit de VS leverde 12 (9,2 %) positieve monsters (n = 131) (FAO/WHO, 2002). Zie voor meer achtergrondinformatie over rauwe melk ook Havelaar, 2002, p. 67-68 en Jacobs-Reitsma, 2000, p.471-472).

### *Schaap*

Onderzoek van de Keuringsdienst van Waren in 2001 leverde 2,5 % voor schapenvlees (Havelaar, 2002, p. 70). Wellicht is het nog interessant te vermelden dat bij onderzoek in Spanje 0 van 30 lammeren direct na de slacht (na wassen) positief waren voor *Campylobacter* (Sierra *et al.*, 1995).

### *Vis - aquacultuur*

Volgens Fernandes *et al.* (1997) waren 240 onderzochte filets van de meerval (catfish) negatief op *Campylobacter*. De waarde is onder 0,4 % gekozen en geschat op 0,1 %.

### *Vis – overig*

Het percentage van 2,3 % is gebaseerd op resultaten van onderzoek in Kassel (Duitsland) (Loewenherz-Luning *et al.*, 1996).

### *Schelpdieren*

Schelpdier rauw en bereid betreft resp. oesters en mosselen. Onderzoek van de Keuringsdienst van Waren in retail in de winter 2000/2001 leverde op, dat 1 (4,3%) van 23 oesters positief was voor *C. lari*. Bij mosselen waren 14 (42%) van 30 mosselen positief voor *Campylobacter* (11 *C. lari*). De monstergrootte was 0,1 gram (Jonker *et al.*, 2002). Deze waarden zijn in de berekeningen ingebracht. In een eerder onderzoek in 1994 met een monstergrootte van 5 gram was 27% van de oesters en 69 % van de mosselen besmet, voornamelijk met *C. lari*. (Havelaar, 2002, p. 73). ID-Lelystad en RIVO onderzochten monsters direct uit het water genomen op 3 locaties Nederlandse wateren van augustus t/m november 2002. Binnen 24 uur na vangen werden de monsters op het lab ingezet. Dit leverde voor oesters 6 (32%) van 19 en voor mosselen 3 (19%) van 16 monsters positief voor *Campylobacter*; in 8 van de 9 monsters alleen *C. lari*, in 1 monster zowel *C. coli* als *C. lari* (pers.comm. Jacobs-Reitsma).

### *Schaaldieren*

De waarde van 20 % is gebaseerd op onderzoek van Reinhard *et al.* (1997) aan krabvlees van vers verzamelde 'blue crab' in de Chesapeake Bay Region in de Verenigde Staten. Van 240 monsters waren 36 (15 %) positief voor *C. jejuni* en 14 (6 %) positief voor *C. coli*.

### *Groente*

De waarde van 0,3 % is gebaseerd op onderzoek van de Keuringsdienst van Waren in 2000, waarbij in 3 van ca. 1000 onderzochte monsters voorgesneden rauwe groenten (monstergrootte 25 gram) *Campylobacter* werd aangetroffen (Havelaar, 2002, p. 76).

*Fruit*

Nederlandse gegevens zijn niet beschikbaar. In onderzoek in Denemarken in retail in 1997 werd geen *Campylobacter* aangetroffen in 103 fruit monsters (DZC, 1998). Dan is te berekenen met Evers (2001) dat redelijkerwijs ( $p = 0,95$ ) de prevalentie maximaal 0,029 (oftwel 2,9 %) is. Dit is echter een plafond waar de werkelijke prevalentie mogelijk ver onder zal liggen. Er is voor gekozen om voor zacht fruit dezelfde waarde in te brengen als voor groente (0,3 %), vanuit het idee dat deze vruchten zich veelal even laag bij de grond bevinden als groente, en dus evenzeer besmet zullen raken via irrigatiewater en organische bemesting. Hard fruit (appels en peren) bevinden zich hoger in de boom en zullen dus minder last hebben van deze besmetting. Daarom is ervoor gekozen de prevalentie een orde grootte (factor 10) lager in te schatten voor hard fruit: 0,03 %.

### 3.4 Concentratie

De gegevens zijn weergegeven in Tabel 8.

*Tabel 8. In de berekeningen gebruikte waarden voor concentraties van *Campylobacter* in verschillende producten in retail in Nederland.*

Product	Concentratie in besmette producten in retail (kve/g)
Kipfilet	1,75
Kip - overig	1,75
Kalkoen	1,75
Varken	0,04
Rund	0,04
Rauwe melk	0,16
Schaap	0,04
Vis – aquacultuur	0,275
Vis - visserij	0,275
Schelpdieren – rauw	0,05
Schelpdieren – verhit	0,5
Schaaldieren	0,275
Groente	0,04
Zacht fruit	0,04
Hard fruit	0,04

*Kip*Nederlandse gegevens retail

Nederlandse gegevens uit de retail fase (hele kip) zijn te vinden in Dufrenne *et al.* (2001) en ook weergegeven in Havelaar (2002, p. 62). Er is een puntschatting gemaakt van de gemiddelde besmetting op basis van deze gegevens middels berekening van het rekenkundig gemiddelde. De metingen in de laagste categorie (0-10) zijn niet meegenomen, want dit zijn allemaal nulmetingen: MPN-reeksen met alleen nullen. De hoogste categorie (>5500) is op 5500 gezet. Dit is weergegeven in Tabel 9.

Tabel 9. Metingen van *Campylobacter* op hele kip in retail in Nederland.

N = aantal metingen, MWA = meest waarschijnlijk aantal (= MPN) per heel karkas (gemiddelden van de opgegeven ranges in Havelaar (2002)), Prod = N\*MWA, Somfreq =  $\sum N$ , Somprod =  $\sum \text{prod}$ .

	N	MWA	Prod	Somfreq	Somprod	Somprod/Somfreq
Vers	9	55,5	499,5			
	6	550,5	3303			
	7	3250,5	22753,5			
	8	5500	44000	30	70556	2351,867
Diepvries	6	55,5	333			
	3	550,5	1651,5			
	3	3250,5	9751,5			
	1	5500	5500	13	17236	1325,846
Totaal				43	87792	2041,674

Het verschil tussen verse en diepvries kippen is relatief klein, minder dan een factor 2. Daarom wordt hier geen onderscheid tussen gemaakt. Het gewicht van een vleeskuiken voor de productie van hele kuikens is gelijk aan 1600 g (pers. comm. Van der Fels-Klerx). Dit bestaat uit 20% bot, 7% organen en 15% vel; blijft over 58% vlees. Wat geconsumeerd wordt (vlees + huid) is dus  $1600 * 0,73 = 1168$  gram. De concentratie kan dus geschat worden op  $2042/1168 = 1,75$  kve/g. Deze waarde is in het model ingebracht voor kipfilet en kip – overig.

#### Nederlandse gegevens slachthuis

Er zijn ook gegevens beschikbaar van metingen in het slachthuis. Het zijn metingen aan borstvel en filetmonsters afkomstig van Wilma Jacobs-Reitsma die geanalyseerd werden door Maarten Nauta. De mediaan van alle positieve borstvelmonsters (n = 69, waarvan 48 telbaar) is 100 kve per gram. De gemiddelde waarde voor vlees en vel samen (58% vlees, 15% vel) is dan gelijk aan  $100 * 0,15 / 0,73 = 20,5$  kve/g. Analyse van de filetmetingen (69 positieve monsters, waarvan 24 bruikbare concentratiemetingen) door fitting van een lognormale verdeling aan de concentraties levert een mediaan van 22 kve/g.

Het verschil tussen slachthuis- en retail metingen kan verklaard worden door afsterving bij 4 °C. Volgens Chan *et al.* (2001) is deze afname gelijk aan 0,34 log<sub>10</sub> per dag. Als we de borstvelmetingen dan naast elkaar zetten (20,5 vs. 1,75), komt de daling in concentratie overeen met 3,1 dagen bewaren. De concentratie daalt met een factor 12. Het is mogelijk dat verschillen in meetmethode ook een rol spelen bij het gevonden verschil in concentratie.

#### Buitenlandse gegevens

Door Jørgensen *et al.* (2002) werd in kippen in retail in 1998-2000 (n = 241) *Campylobacter* alleen aangetoond na ophoping in 45 % van de monsters; de concentratie was log<sub>10</sub> 2,7-4,99 in 18 % van de monsters en log<sub>10</sub> 5,00 tot 6,99 in 20 % van de monsters (aantallen per hele kip). Jørgensen *et al.* (1999) presenteerden een deel van vermoedelijk dezelfde studie (verse en bevroren kippen in retail afkomstig van Verenigd Koninkrijk en import) en vonden positieve tellingen van gemiddeld  $2 \times 10^3$  per g voor nekvel,  $2 \times 10^5$  per g voor gespoelde karkassen en  $3 \times 10^5$  per g voor gespoelde karkassen met vel. Corry en Atabay (2001) geven aantallen *Campylobacter* van  $1,5 \times 10^6$  -  $1,5 \times 10^7$  per karkas (slachthuis/retail) in Engeland.

#### *Kalkoen*

De waarde voor kalkoen is gelijk gesteld aan die voor kip: 1,75 kve/g.

### *Varken*

Er zijn geen gegevens beschikbaar van de *Campylobacter* concentratie op varkensvlees. Een werkwijze zou kunnen zijn om de concentratie te berekenen met de aanname dat de verhouding in concentraties in feces varken-kip hetzelfde is als de verhouding op vlees varken-kip. De concentratie in varkensvlees wordt dan  $1,75 \cdot 10^{3,2} / 10^{6,7} = 5,53 \times 10^{-4}$  (zie § 3.6.2). Dit levert echter een concentratie op die aanzienlijk lager is dan de ingeschatte waarde voor groente en fruit (zie verder). Dit lijkt niet realistisch. Daarom is besloten hier dezelfde waarde te nemen als voor groente en fruit: 0,04 kve/g.

### *Rundvlees*

Er zijn geen gegevens beschikbaar van de *Campylobacter* concentratie op rundvlees. Er is wel een modelleringsresultaat: Anderson *et al.* (2001) (zie ook Havelaar (2002, p. 106)) schatten dat een gemiddelde maaltijd met rundvlees (57 g gemalen of 98 g ongemalen) 1-1000 campylobacters bevat. Deze range, die bovendien niet gemeten maar een berekeningsresultaat is, lijkt niet bruikbaar voor een schatting van de concentratie. Volgens de aanpak als bij varkensvlees (concentratieverhouding in feces is gelijk aan die op vlees) zou de concentratie in rundvlees geschat worden op  $1,75 \cdot 2815 / 10^{6,7} = 9,83 \times 10^{-4}$ . Als bij varkensvlees, lijkt dit niet realistisch en wordt dezelfde waarde genomen als voor groente en fruit: 0,04 kve/g.

### *Rauwe melk*

Humphrey en Beckett (1987) vonden een concentratie (MPN) van  $16 \pm 30$  kve per 100 ml (range 1-100 kve/100 ml) in rauwe melk van boerderijen met *Campylobacter*-positieve koeien. FSA Ireland (2002, p. 9) stelt dat de concentratie in besmette melk gewoonlijk laag is, vaak minder dan 1 kve/ml. In het model wordt de waarde van 0,16 kve/g ingebracht.

### *Schaap*

Er zijn geen gegevens beschikbaar van de *Campylobacter* concentratie op schapenvlees. Volgens de aanpak als bij varkensvlees (concentratieverhouding in feces is gelijk aan die in vlees) zou de concentratie in schapenvlees geschat worden op  $1,75 \cdot 10^{4,0} / 10^{6,7} = 3,49 \times 10^{-3}$ . Als bij varkensvlees, lijkt dit niet realistisch en wordt dezelfde waarde genomen als voor groente en fruit: 0,04 kve/g.

### *Vis*

Er zijn geen gegevens gevonden over *Campylobacter* concentraties in vis. Voor vis wordt het gemiddelde genomen van de waarden voor oesters en mosselen (zie beneden): 0,275 kve/g.

### *Schelpdieren*

Hiervoor is uitgegaan van de gegevens in Teunis *et al.* (1997). Zij vonden voor mosselen een concentratie van 0,1 -1 kve per gram en voor oesters een ongeveer 10 x lagere concentratie. Een redelijke schatting voor de categorie schelpdieren – rauw (zijnde oesters) is dan 0,05 kve per gram en voor de categorie schelpdieren - bereid (zijnde mosselen) 0,5 kve per gram. Deze waarden zijn niet in tegenspraak met het feit dat in een ander onderzoek (zie prevalentie – schelpdieren) alle onderzochte mosselen en oesters minder dan 100 kve/gram bevatten (pers.comm. Jacobs-Reitsma).

### *Schaaldieren*

Volgens Reinhard *et al.* (1997) is de waarde van *Campylobacter* bij 'blue crab' (zie prevalentie - schaaldieren) in alle gevallen beneden de detectielimiet ( $< 0,30$  MPN/g). Verder

is geen informatie gevonden. Daarom wordt het gemiddelde genomen van de waarden van oesters en mosselen (zie boven): 0,275 kve/g.

#### *Groenten*

Er zijn geen gegevens over concentraties in groenten beschikbaar. Uitgaande van prevalentiegegevens kan, uitgaande van random verdeelde micro-organismen (d.w.z. aantallen in steekproeven zijn Poisson verdeeld), het gemiddelde  $\lambda$  geschat worden. Gevonden was (zie prevalentie – groenten) 3 positieve monsters van in totaal 1000. Maximaliseren van de log likelihood uitdrukking ( $-997*\lambda + 3*\ln(1-\exp(-\lambda))$ ) geeft  $\lambda = 3,00 \times 10^{-3}$  in 25 g. Het gaat echter om het aantal  $\lambda_b$  in besmette monsters. Deze is gelijk aan  $\lambda$  gedeeld door de fractie besmette monsters, oftewel  $\lambda_b = \lambda/(1-\exp(-\lambda)) = 1,0015$  in 25 g. De concentratie in kve per g wordt dan geschat op  $4,0060 \times 10^{-2}$ . De waarde van 0,04 kve/g werd ingebracht in het model.

#### *Fruit*

Er zijn geen gegevens over concentraties in fruit gevonden. Voor fruit werd daarom dezelfde waarde als voor groenten genomen: 0,04 kve/g.

### **3.5 Bereiding**

In het werkveld van de voedselveiligheid wint de overtuiging dat transmissie via kruisbesmetting belangrijker is dan door onvoldoende verhitting van het voedsel steeds meer veld. Zo werd door de experts van de FAO/WHO expert consultation group m.b.t. risk assessment van *Campylobacter* in broilers gesteld, dat kruisbesmetting wellicht belangrijker is dan 'undercooking'. Rodrigues *et al.* (2000) stelden dat het mogelijk is dat milde sporadische gevallen van infectie met *Campylobacter* veroorzaakt worden door kruisbesmetting ten gevolge van het soort keukenhygiëne dat gewoonlijk als acceptabel beschouwd wordt. Christensen *et al.* (2001) namen in hun risk assessment studie over *Campylobacter jejuni* in kipproducten de route van onvoldoende verhitting niet eens mee.

Aangenomen wordt dat alle campylobacters overleven, indien zij zich op/in producten bevinden die niet verhit worden voorafgaande aan consumptie. Verder wordt aangenomen, dat *Campylobacter* door verhitting volledig wordt afgedood en dat de gangbare verhitting in de keuken hiertoe toereikend is (pers.comm. Mead). Dit betekent dat campylobacters op/in producten die normaliter volledig verhit worden, allen worden afgedood en dat dit deels het geval is voor producten die normaliter niet volledig verhit worden (bijv. rundertartaar). Onbedoeld onvolledig verhitten wordt niet in de berekeningen meegenomen. Tenslotte wordt aangenomen dat men via kruisbesmetting blootgesteld kan worden aan campylobacters die zich oorspronkelijk op nog te verhitten producten bevonden.

Voor een schatting van de fractie van de campylobacters op een product die men binnenkrijgt via kruisbesmetting, wordt gebruik gemaakt van FAO/WHO studies aan *Campylobacter* en *Salmonella*. Hartnett *et al.* (2001, p. 55) geven twee schattingen voor deze fractie voor *Campylobacter* op kip, namelijk  $10^{-3,6}$  voor het 'drip fluid model' en  $10^{-5,0}$  voor het 'contact transfer model'. In FAO/WHO (2002, p. 258, 263) werd gekeken naar *Salmonella* op kip. Voor de twee beschouwde kruisbesmettingsroutes, nl. kip-hand-ander voedsel en kip-snijplank-ander voedsel is de schatting van de fractie gelijk aan het product van tweemaal een kans van 10 % op doorgifte en van een kans van 0,58 en 0,60 op 'handen niet wassen' resp. 'snijplank ook voor ander voedsel gebruiken'. Grofweg kan voor beide routes de fractie ingeschat worden op  $0,0059 = 10^{-2,2}$ . Voor de fractie overleving via kruisbesmetting worden

bovenstaande  $\log_{10}$ -waarden (3,6, 5,0 en 2,2) gemiddeld, waarmee de in het model gebruikte waarde  $10^{-3,6}$  wordt.

Samenvattend wordt voor de fractie overleving van *Campylobacter* in rauwe en bereide producten de waarde 1 resp.  $10^{-3,6}$  ingebracht.

## 3.6 Direct contact

De blootstellingsroute ‘direct contact met dieren’ is erg moeilijk te kwantificeren. Er zijn weinig data gevonden die we hiervoor kunnen gebruiken. De meeste getallen zijn dan ook ruwe schattingen.

### 3.6.1 Huisdieren

De gegevens zijn weergegeven in Tabel 10 en worden toegelicht in de tekst.

*Tabel 10. Gegevens gebruikt voor de berekening van de blootstelling via huisdieren.*

Categorie	Fractie van Huishouden	Prevalentie de populatie	Prevalentie Campylobacter	Contact-frequentie persoon-huisdier	Kans op contact met feces gegeven contact	Ingestie van feces bij feces-contact	Concentratie Campylobacter in besmette feces
	-	-	-	aantal contacten pppd	kans (feces-contact contact)	g feces per feces-contact	kve per gram besmette feces
1 kat	0,26			2			
> 1 kat	0,052			5			
Kat			0,028		0,001	0,001	10000
1 hond	0,196			3			
> 1 hond	0,0087			7,5			
Hond			0,23		0,001	0,001	10000
1 konijn	0,052			2			
> 1 konijn	0,014			5			
Konijn			0,005		0,001	0,002	10000
1 klein knaagdier	0,052			1			
> 1 klein knaagdier	0,014			2,5			
klein knaagdier			0,005		0,001	0,002	10000

#### *Fractie van de populatie*

Bij de populatiefracties is onderscheid gemaakt tussen (personen in) huishoudens die 1 of meer dan één huisdier van een bepaalde soort hebben, vanuit het idee dat de mate van blootstelling nogal verschilt tussen deze personen. Als ruwe schatting van het gemiddeld aantal huisdieren in huishoudens met meer dan één huisdier is 2,5 genomen. De berekeningen van de populatiefracties zijn weergegeven in Tabel 11 en zullen met de kat als voorbeeld



toegelicht worden. Gegeven is:  $2,70 \times 10^6$  katten, 67% van de (personen in) huishoudens met katten heeft één kat en er zijn  $6,89 \times 10^6$  huishoudens in Nederland. Dat betekent dat er  $1,81 \times 10^6$  huishoudens zijn met één kat ( $2,70 \times 10^6 * 0,67$ );  $3,56 \times 10^5$  huishoudens met 2,5 katten ( $(2,70 \times 10^6 - 1,81 \times 10^6)/2,5$ ) en dit is resp. een fractie van 0,263 ( $1,81/6,89$ ) en 0,0517 ( $0,356/6,89$ ). De som van deze fracties is 0,314, de fractie van het aantal huishoudens met katten. De berekeningen voor de andere huisdieren gaan hetzelfde.

*Tabel 11. Gegevens, schattingen en tussenresultaten en resultaten van berekeningen t.b.v. populatiefracties bij huisdieren.*

De gegevens m.b.t. het aantal dieren en de fractie katten/hondenbezitters met één kat/hond zijn afkomstig van de dierenbescherming ([www.dierenbescherming.nl](http://www.dierenbescherming.nl)). De fractie konijn/klein knaagdier-bezitters met één konijn/klein knaagdier is een ruwe schatting. Het aantal particuliere huishoudens (6888591 in Nederland in 2001) is een gegeven van het CBS ([statline.cbs.nl](http://statline.cbs.nl)).

Parameter	Katten	honden	konijnen	kleine knaagdieren
Aantal dieren	2,70E+06	1,50E+06	6,00E+05	6,00E+05
1 per huishouden	6,70E-01	9,00E-01	6,00E-01	6,00E-01
Aantal huishoudens	6,89E+06	6,89E+06	6,89E+06	6,89E+06
Aantal huishoudens met 1 dier	1,81E+06	1,35E+06	3,60E+05	3,60E+05
Aantal huishoudens met 2,5 dieren	3,56E+05	6,00E+04	9,60E+04	9,60E+04
Fractie aantal huishoudens met 1 dier	2,63E-01	1,96E-01	5,23E-02	5,23E-02
Fractie aantal huishoudens met 2,5 dieren	5,17E-02	8,71E-03	1,39E-02	1,39E-02
Fractie aantal huishoudens met 1 of 2,5 dieren	3,14E-01	2,05E-01	6,62E-02	6,62E-02

### *Prevalentie*

In het jaar 2000 werden in Nederland 35/152 (23%) honden en 9/325 (2,8%) katten positief bevonden voor *Campylobacter* (VWS/LNV, 2002). Ander onderzoek leverde 71% positief voor honden en 15 % (2/13) positief voor katten (pers.comm. Wagenaar), maar over dit onderzoek zijn nog onvoldoende details bekend. De getallen van VWS/LNV zijn gebruikt voor de berekeningen.

Ter vergelijking vonden Steinhauserova *et al.* (2000) in Tsjechië in 1998 en 1999 voor katten en honden met diarree  $51/225 = 23$  % *Campylobacter* en voor katten en honden zonder diarree  $19/126 = 15$  % *Campylobacter*. Hald en Madsen (1997) vonden in Denemarken in 1996 voor dieren zonder diarree: puppies  $21/72 = 29$  % *Campylobacter*; katjes  $2/42 = 5$  % *Campylobacter*. In het Verenigd Koninkrijk werd in 1993/1994 in 23 van 71 (32 %) van de fecesmonsters van honden met diarree *Campylobacter* aangetoond (Evans *et al.*, 1994). In puppies minder dan 6 maanden oud was dit 51 %; in oudere honden 7 %.

De prevalentie van *Campylobacter* bij knaagdieren is erg laag (presentatie Jaap Wagenaar, CARMA-symposium 17 april 2003 (Wagenaar *et al.*, 2003)). Gekozen is voor een schatting van 0,5 %.

*Contactfrequentie*

Het aantal contacten per persoon per dag betreft ruwe schattingen. De waarde voor hond is wat hoger dan voor kat, vanuit het idee dat honden dagelijks uitgelaten moeten worden. Het aantal contacten pppd in huishoudens met meer dan één dier (gemiddeld 2,5) is 2,5 maal zo hoog als in huishoudens met één huisdier.

*Kans op contact met feces*

Dit is een ruwe schatting.

*Fecesingestie*

Vanuit het idee dat het een hoeveelheid moet zijn die net wel/niet zichtbaar is, lijkt 1 mg een redelijke hoeveelheid om vanuit te gaan (beoordeling van hoeveelheden feces in het laboratorium samen met Cecile Dam-Deisz). Voor knaagdieren is de hoeveelheid wat hoger gezet (2 mg); hierbij wordt gedacht aan kinderen die per ongeluk een keutel inslikken.

*Concentratie Campylobacter*

De concentratie kan alleen ruw geschat worden, aangezien er geen gegevens beschikbaar zijn. De waarde van  $10^4$  kve/g wordt ingebracht (pers.comm. Jacobs-Reitsma).

### 3.6.2 Landbouwhuisdieren

De gegevens zijn weergegeven in Tabel 12 en worden toegelicht in de tekst.

Tabel 12. Gegevens gebruikt voor de berekening van de blootstelling via landbouwhuisdieren.

Land- bouw- huisdier	Aantal bedrij- ven	Aantal personen per bedrijf met dier- contact	Fractie van de populatie	Preva- lentie Campy- lobacter	Contact- frequentie persoon- dier	Kans op contact met feces gegeven contact	Ingestie van feces bij feces- contact	Concen- tratie Campy- lobacter in besmet-te feces
			-	-	aantal contacten pppd	kans (feces- contact)	g feces per feces- contact	kve per gram besmet-te feces
rund + kalf	45900	3	8,61E-03	0,312	100	0,01	0,001	2,82E+03
varken	14500	3	2,72E-03	0,85	25	0,01	0,001	1,58E+03
pluimvee	3311	2	4,14E-04	0,24	25	0,001	0,001	5,01E+06
geit + schaap	21400	3	4,01E-03	0,65	50	0,01	0,001	1,00E+04

*Aantal bedrijven met landbouwhuisdieren*

Dit zijn de aantallen voor 2000, afkomstig van de website van de PVE (bedrijfsnet.pve.agro.nl).

*Aantal personen per bedrijf*

Het aantal personen op een bedrijf met diercontact zijn ruwe schattingen.

### *Fractie populatie*

Dit is gelijk aan:

aantal bedrijven \* aantal personen per bedrijf / aantal inwoners in Nederland.

### *Prevalentie Campylobacter*

De waarden voor rund, varken en schaap zijn afkomstig uit Havelaar (2002, p. 67-69). Voor de schatting voor vleeskuikens is de waarde van het RIVM/KvW surveillanceprogramma uit 2000 genomen (Bouwknegt *et al.*, 2003), waarbij is aangenomen dat in een besmet koppel vrijwel alle dieren positief zijn. In VWS/LNV (2002) worden nog waarden gegeven voor 2001: 7/1706 (0,4 %) melkkoeien, 17/82 (21 %) schapen, 2/69 (2,9 %) geiten. Stanley *et al.* (1998a) geeft voor het Verenigd Koninkrijk voor lammeren bij de slacht en voor schapen prevalenties van resp. 92 % (n = 360) en 29 % (n = 420).

### *Contactfrequentie*

Het aantal contacten per persoon per dag op een bedrijf zijn ruwe schattingen (pers. comm. Wagenaar).

### *Kans op contact met feces*

Dit zijn ruwe schattingen. Aangenomen is dat bij grote dieren met veel mest de kans wat groter is.

### *Fecesingestie*

Zie 'huisdieren'.

### *Concentratie Campylobacter*

Als basis voor de informatie over concentraties in feces werd gebruik gemaakt van Havelaar (2002) en Jacobs-Reitsma (2000). Bij slachtvee werd een gemiddeld aantal gevonden van 610 kve/g door Stanley *et al.* (1998b). Verder vonden zij gemiddelde aantallen van 69.9 en  $3.3 \times 10^4$  kve/g bij melkvee resp. kalveren. Bij de te gebruiken concentratie voor de rund/kalf route werd rekening gehouden met de populatie-omvang van rund en kalf middels de rundvlees- en kalfsvleesconsumptie van 17,8 en 1,3 kg pppj in Nederland (PVE, 2001). Dit levert  $(17,8 \times 610 + 1,3 \times 3,3 \times 10^4) / 19,1 = 2815$  kve/g. Deze waarde wordt hier gebruikt voor de rund/kalf route.

Voor varkens zijn er metingen van Oosterom *et al.* (1985) in slachthuizen beschikbaar: gemiddeld  $3,56 \log_{10}$  kve/g. Recentere metingen zijn er van Weijtens *et al.* (1993). Hij vond de volgende waarden: ( $\log_{10}$  kve/g): 4, 3,2 en 2,8 na resp. 11 weken, 22 weken en bij de slacht. De waarde 3,2 wordt hier gebruikt.

Over kippen is relatief veel informatie beschikbaar. Stern *et al.* (1995) vond waarden van  $10^{4,1}$  tot  $10^{7,3}$  kve/g ceca bij 10 bedrijven (steeds het gemiddelde van 10 dieren). Het gemiddelde is  $10^6$  kve/g. Havelaar (2002, p. 56) noemt  $10^5$ - $10^9$  kve/g darminhoud. Jacobs-Reitsma (pers.comm.) noemt waarden van  $> 10^6$ - $10^7$  kve/g voor blinde darm mest en  $10^5$ - $10^6$  kve/g voor mest in de stal. Jacobs-Reitsma (2000) geeft waarden van  $1 \times 10^5$  -  $> 1 \times 10^9$  in dunne darm en ceca en  $1 \times 10^6$  -  $1 \times 10^9$  in feces. De waarde  $6,7 \log_{10}$  kve/g is als gemiddelde waarde op basis van al deze informatie ingebracht in de berekeningen.

Voor geit/schaap wordt een waarde van  $4,00 \log_{10}$  kve/g gekozen, gebaseerd op metingen in de feces van lammeren op het slachthuis in het Verenigd Koninkrijk (Stanley, 1998a).

### 3.6.3 Kinderboerderijen

De gegevens zijn weergegeven in Tabel 13 en worden toegelicht in de tekst.

*Tabel 13. Gegevens gebruikt voor de berekening van de blootstelling via kinderboerderijdieren.*

Bezoek- frequentie	Fractie van de populatie	Prevalentie Campylo- bacter	Contact- frequentie persoon-dier	Kans op contact met feces indien contact	Ingestie van feces bij feces- contact	Concen- tratie Campylo- bacter in besmette feces
aantal bezoekers per dag	fractie	fractie	aantal contacten pppd	kans (feces- contact  contact)	g feces per feces- contact	kve per gram besmette feces
4,79E+04	3,00E-03	0,095	20	0,01	0,003	2,81E5

#### *Bezoekfrequentie*

Kinderboerderijen trekken jaarlijks 15-20 miljoen bezoekers (Anonymus, 2002; [www.stkinderboerderijen.nl](http://www.stkinderboerderijen.nl)). 17,5 miljoen gedeeld door 365 dagen is  $4,79 \times 10^4$  bezoekers per dag.

#### *Fractie populatie*

Dit is gelijk aan de bezoekfrequentie gedeeld door het aantal inwoners in Nederland.

#### *Prevalentie Campylobacter*

Dit is gebaseerd op Wagenaar *et al.* (2003). Hierin wordt voor diverse kinderboerderijdieren het aantal monsters en het aantal positieven gegeven. Het totaal aantal positieven gedeeld door het totaal aantal monsters is  $225/2365 = 9,5 \%$ .

#### *Contactfrequentie*

Dit is een ruwe schatting.

#### *Kans op contact met feces*

Dit is een ruwe schatting.

#### *Fecesingestie*

Zie 'huisdieren'. De ingeslikte hoeveelheid is wat groter genomen (3 mg), omdat het kinderen betreft, en ook nog eens veelal stadskinderen.

#### *Concentratie Campylobacter*

Deze is uitgerekend op basis van de concentraties gebruikt bij landbouwhuisdieren (zie boven) en er vanuitgaande dat de gegevens in Wagenaar *et al.* (2003) een redelijke afspiegeling vormen van de dierpopulaties op kinderboerderijen. Het gewogen gemiddelde van runderen, varkens, pluimvee en schapen/geiten wordt dan:

$$(151 \cdot 2815 + 58 \cdot 1585 + 98 \cdot 5011872 + 1498 \cdot 10000) / (151 + 58 + 98 + 1498) = 2,81 \times 10^5.$$

## 3.7 Water

Zie ook Schijven (2003).

### 3.7.1 Zwembaden

De gegevens zijn weergegeven in Tabel 14 en worden toegelicht in de tekst.

Tabel 14. Gegevens gebruikt voor de berekening van de blootstelling via zwembaden.

	fractie populatie  (fractie)	Bezoek- frequentie  (aantal bezoeken pppd)	ingestie van water  (liter per bezoek)	initiële concentratie Campylo- bacter  (aantal per liter)	overleving Campylobacter na chlorering  (fractie)
kind	0,16	0,058	0,1	10	1,00E-6
volwassene	0,84	0,012	0,01	10	1,00E-6

#### *Fractie populatie*

Volgens CBS-gegevens betreffende de leeftijdsopbouw van de Nederlandse bevolking in 2002 was 16 % 12 jaar of jonger en 84 % ouder dan 12 jaar. We vatten de eerste categorie op als kind en de andere categorie als zwemmer als gebruikt door Ruiters en Medema (2000) (zie onder, wateringestie).

#### *Bezoekfrequentie*

In Schenk (1988) staat het volgende:

Hoeveel zwembadbezoeken zijn er per jaar:

Op twee manieren is globaal te benaderen hoeveel bezoeken er aan de zwembaden per jaar worden gebracht:

- 14 miljoen inwoners bezoeken per jaar gemiddeld 7 keer een zwembad (animocijfer 7): 102 miljoen bezoekers.
- 470 overdekte zwembaden krijgen gemiddeld 150.000 bezoekers, dus 70 miljoen. 440 openluchtbaden krijgen gemiddeld 50.000 bezoekers, dus 22 miljoen. Dus er worden circa 100 miljoen bezoeken afgelegd aan de zwembaden.

Op basis hiervan is aangenomen dat Nederlanders gemiddeld 7 keer per jaar blootgesteld worden aan water van een zwembad. Voor de berekening van de bezoekfrequentie van volwassenen en kinderen maken we verder gebruik van bovenstaande fracties (0,16 en 0,84) en van het door Ruiters en Medema (2000) gestelde, dat kinderen 5 keer vaker zwemmen dan volwassenen. Uitgaande van  $1,6 \times 10^7$  Nederlanders en rekenend in aantal bezoeken per jaar geldt dan  $0,16 * 1,6 \times 10^7 * 5a + 0,84 * 1,6 \times 10^7 * a = 1,12 \times 10^8$ , waarbij  $a$  het aantal bezoeken per volwassene per jaar is. Dan  $a = 4,27$ . Dit betekent een zwemfrequentie pppd voor kinderen en volwassenen van respectievelijk 0,058 en 0,012.

#### *Wateringestie*

Er werd gebruik gemaakt van door Ruiters en Medema (2000) vermelde ingeslikte volumina per kind en zwemmer, respectievelijk 0,1 en 0,01 liter per bezoek.

*Initiële concentratie*

Gegevens ten aanzien van concentraties *Campylobacter* in zwembadwater zijn niet voorhanden. Daarom is dezelfde waarde gekozen als bij recreatiewater (zie aldaar): 10 campylobacters per liter.

*Overleving Campylobacter na chlooring*

Hoewel er in de literatuur beperkt gegevens over de gevoeligheid van *Campylobacter* voor chloor voorhanden zijn, suggereren deze sterk dat *Campylobacter* snel geïnactiveerd wordt door het aanwezige chloor. In een studie van Blaser *et al.* (1986) werd desinfectie van *C. jejuni*-stammen door 0,1 mg/l vrij chloor onderzocht. Desinfectie verliep sneller bij pH 6 dan pH 8, maar ongeveer even snel bij 4 °C en 25 °C. Reductie van *C. jejuni* stammen was na 0,5 – 1 minuut 0,6 - > 4,7 log<sub>10</sub>, ongeacht pH (6 of 8) of temperatuur (4 of 10 °C) en na 5 minuten 2 - > 4,7 log<sub>10</sub>. In de meeste gevallen was de reductie meer dan 2 log<sub>10</sub> binnen 30 sec. Er werden geen grote verschillen gevonden tussen *C. jejuni* stammen, dit betreft zowel labstammen als directe isolaten uit feces van muizen. Lund (1996) bestudeerde desinfectie van *C. jejuni* in geautoclaveerd water van een meer en vond 3 log<sub>10</sub> reductie:

- Bij 10°C en 0,2 mg/l Cl<sub>2</sub> na 10-15 seconden;
- Bij 10°C en 0,02-0,04 mg/l Cl<sub>2</sub> na 2 minuten;
- Bij 4°C en 0,02-0,04 mg/l Cl<sub>2</sub> na 12 minuten.

Reductie was meer dan 6 log<sub>10</sub> na 5 minuten 0,2 mg/l Cl<sub>2</sub>, 4 en 10 °C.

In goed gechloord water van een circulatiebad is de concentratie vrij beschikbaar chloor 0,5 - 1,5 mg/l. Dit is 2,5 - 7,5 keer hoger dan 0,2 mg/l waarbij 3 log<sub>10</sub> reductie na 10-15 seconden werd bereikt. Daarnaast is de temperatuur van zwembadwater hoger, hetgeen ook tot snellere reductie zal leiden. We kunnen dus aannemen dat binnen een tiental seconden minimaal 3 log<sub>10</sub> reductie van *Campylobacter* in goed gechloord water van een circulatiebad plaatsvindt. Lund (1996) vond 6 log<sub>10</sub> na 5 minuten bij 0,2 mg/l Cl<sub>2</sub>. Het is zeer aannemelijk dat dit ook makkelijk gehaald wordt in een circulatiebad. Het is niet juist om ct-waarden voor desinfectie lineair te extrapoleren, maar gezien het bovenstaande is het gerechtvaardigd om een reductie van *Campylobacter* in goed gechloord water van een circulatiebad van minimaal 3 log<sub>10</sub>, gemiddeld 6 log<sub>10</sub> en maximaal 9 log<sub>10</sub> aan te nemen. De gekozen waarde is dus 10<sup>-6</sup>.

**3.7.2 Recreatiewater**

De gegevens zijn weergegeven in Tabel 15 en worden toegelicht in de tekst.

*Tabel 15. Gegevens gebruikt voor de berekening van de blootstelling via recreatiewater.*

	fractie populatie (fractie)	Bezoekfrequentie (aantal bezoeken pppd)	ingestie van recreatiewater (liter per bezoek)	concentratie <i>Campylobacter</i> in recreatiewater (aantal per liter)
kind	0,16	0,0084	0,1	10
volwassene	0,84	0,0017	0,01	10

*Fractie populatie*

Zie zwembaden.

*Bezoekfrequentie*

- Tabel 16 geeft CBS-gegevens (2002) over het aantal bezoeken aan gelegenheden voor dagrecreatie. In lente en zomer 1995/'96 is het aantal bezoeken ongeveer 36 miljoen. Veronderstel dat de helft daarvan zwemmen betreft. Bij 16 miljoen Nederlanders betekent dit: 1 blootstelling aan recreatiewater per persoon per jaar.

Tabel 16. Dagrecreatie in Nederland (zonnen, zwemmen, dagkamperen e.d.), aantal bezoeken (CBS, 2002).

Seizoensperioden	Herfst	Winter	Voorjaar	Zomer
1990/'91	$8,76 \times 10^6$	$8,36 \times 10^6$	$9,73 \times 10^6$	$32,87 \times 10^6$
1995/'96	$8,51 \times 10^6$	$8,14 \times 10^6$	$11,57 \times 10^6$	$25 \times 10^6$

Informatie van Cees Collé (pers. communicatie) bevat ook een indicatie van de gemiddelde bezoekfrequentie van een recreant aan een zwemplas in oppervlaktewater. Het recreatieschap Rivierenland heeft door, of in samenwerking met, de universiteit van Tilburg in 1999 de bezoekfrequentie laten onderzoeken van het dagrecreatieobject de Gouden Ham te Appeltern. Hier kwam uit naar voren dat een recreant gemiddeld 11 keer het zwemwater bezoekt in de zomerperiode en daarnaast in voor en naseizoen nog 1 of 2 keer. In totaal dus een gemiddeld aantal bezoeken van 13-15 per seizoen van deze recreanten. Deze frequentie van 14 heeft betrekking op die van recreanten, welke een fractie van de regionale bevolking zijn: dat zou dan ongeveer 1 op 14 zijn volgens het bovenstaande resultaat van 1 bezoek pppj.

- Volgens CBS (1998) waren er in 1998 8 miljoen betalende bezoekers aan recreatiecentra (16% buitenlanders), dit is ongeveer 0,5 per persoon per jaar.
- Volgens Ruiter en Medema (2000) is het aantal bezoeken per seizoen 1 en 5 voor respectievelijk zwemmers en kinderen. Uitgaande van bovenstaande populatiefracties is het aantal keren zwemmen per seizoen dan gelijk aan 1,6.

We nemen 1 keer per persoon per jaar op grond van de drie schattingen (1 is orde van grootte en gemiddelde van 0,5, 1 en 1,6).

Uitgaande van  $1,6 \times 10^7$  Nederlanders en rekenend in aantal bezoeken per jaar geldt dan  $0,16 * 1,6 \times 10^7 * 5a + 0,84 * 1,6 \times 10^7 * a = 1,6 \times 10^7$ , waarbij  $a$  het aantal bezoeken per volwassene per jaar is. Dan  $a = 0,61$ . Dit betekent een zwemfrequentie pppd voor kinderen en volwassenen van respectievelijk 0,0084 en 0,0017.

*Wateringestie*

Zie zwembaden.

*Concentratie*

De schatting van de concentratie *C. jejuni* in oppervlaktewater is gebaseerd op uitgebreid literatuuronderzoek in Havelaar (2002). Er is sprake van grote variabiliteit in de concentraties ten gevolge van het type water en seizoensvariaties. Campylobacter is erg temperatuurgevoelig en sterft sneller af bij hogere watertemperatuur. Zeer belangrijk is ook de belasting van het water door vogels. Derhalve werd gekozen voor een orde van grootte schatting van de concentraties *Campylobacter jejuni* in oppervlaktewater: 10 per liter.

### 3.7.3 Drinkwater

De gegevens zijn weergegeven in Tabel 17 en worden toegelicht in de tekst. De Waterleidingbedrijven A t/m H zijn bedrijven die water innemen uit open bekkens of reservoirs.

Tabel 17. Gegevens gebruikt voor de berekening van de blootstelling via drinkwater.

Waterleiding- bedrijf	Fractie aantal personen (fractie)	consumptie van drinkwater (liter per dag per persoon)	ruw water concentratie (aantal per liter)	zuivering (fractie)
A	0,075	0,276	64	2,5E-09
B	0,055	"	150	3,4E-08
C	0,024	"	150	5,2E-07
D	0,014	"	1000	1,2E-06
E	0,053	"	7,7	3,2E-28
F	0,032	"	7,7	6,3E-26
G	0,0075	"	7,7	5,0E-26
H	0,031	"	150	4,0E-26
grondwater	0,71	"	0	1

#### Fractie aantal personen

De fracties zijn bepaald door het aantal personen dat elk waterleidingbedrijf bedient (gegevens geleverd door deze bedrijven), te delen door  $1,6 \times 10^7$ . De rest van Nederland wordt geacht Campylobactervrij water (voornamelijk grondwater) te drinken.

#### Consumptie van ongekookt drinkwater

De waarde is gebaseerd op de gegevens van Teunis *et al.* (1997).

#### Ruw water concentratie

A en D: Lognormale verdeling gefit aan metingen van waterleidingbedrijven (WLB).

B: Onderzoek WLB en Medema en Schets (1994).

C en H: Beperkt aantal metingen van WLB, in orde van grootte gelijk aan die van B, derhalve de verdeling van B genomen. Deze waarden komen overeen met die vermeld in Hijnen *et al.* (2002).

E, F en G: Ongepubliceerde meetgegevens.

#### Zuivering

In Tabel 18 zijn de zuiveringstreinen van de waterleidingbedrijven in meer detail weergegeven. De herkomst van de gegevens staat in de onderstaande box. De combinatie van de zuiveringsstappen geeft de totale verwijdering zoals weergegeven in Tabel 17.



Tabel 18. Gemiddelde verwijdering door de verschillende stappen in de zuiveringstreinen van de verschillende waterleidingbedrijven (WLB).

	WLB	Verwijdering (log <sub>10</sub> )
Langzame zandfiltratie	A, B, C, D	4,1
Chloordesinfectie	A, E	4,5
	E, F, G	21
	H	18
	H	5,4
Snelfiltratie	B	1,2
Coagulatie	D	1,5
	E, F, G, H	2,0
Ozonisatie	B, C, F, G	2,2
Verdunning met grondwater	D	0,3
	G	0,1

*Langzame zandfiltratie*

A: Hijnen *et al.* (1995).

B, C en D: Relatief ten opzichte van A op basis van thermotolerante bacteriën van de coligroep en doseerproeven met *E. coli* (Hijnen en Schijven, 2003), bovendien *Campylobacter* 1 log beter verwijdering (Hijnen *et al.*, 1995). B ≥ A en C en D gelijk aan A gesteld. Bij deze schatting werd uitgegaan van een gerijpt langzaam zandfilter met schmutzdecke.

*Chloordesinfectie*

A, E, F, G en H: Gemiddelde en spreiding geschat door extrapolatie van literatuurgegevens (Lund, 1996). Dit is een behoudende schatting.

*Coagulatie en snelfiltratie*

B: gegevens WLB

D, F en H: gegevens WLB D

*Ozonisatie*

C: Gegevens verwijdering thermotolerante bacteriën van coligroep gefit aan een betabinomiaal model (Teunis *et al.*, 1999). B, F en G: Gegevens C toegepast. Dit is een behoudende schatting: *Campylobacters* worden verondersteld gevoeliger te zijn voor ozon dan thermotolerante bacteriën van coligroep.



## 4. Resultaten

De resultaten van de berekeningen met puntschattingen voor de parameterwaarden (zie § 2.1) zijn weergegeven in Tabel 19. De berekeningen met onzekerheidsverdelingen voor de parameterwaarden (zie § 2.2) zijn weergegeven in Tabel 20 t/m 22 en Figuur 1 t/m 3. De verschillen tussen Tabel 19 en de medianen uit Tabel 20 t/m 22 worden veroorzaakt doordat de laatstgenoemde tabellen gebaseerd zijn op trekkingen uit verdelingen, wat altijd numerieke afwijkingen geeft, zelfs bij het gebruikte aantal van 10.000 iteraties.

*Tabel 19. Berekende gemiddelde ingestie van Campylobacter met puntschattingen voor de parameterwaarden, voor de verschillende transmissieroutes.*

Transmissieroute	Ingestie (aantal ppd)
zwembad	1.03E-08
vis aqua bereid	9.26E-08
schaap bereid	1.98E-07
rund bereid	2.98E-06
groente bereid	3.03E-06
varken bereid	3.86E-06
schaaldier bereid	4.97E-06
schelpdier rauw	5.16E-06
drinkwater	5.26E-06
hd klein knaagdier	8.70E-06
vis visserij bereid	1.08E-05
hd konijn	1.74E-05
kalkoen bereid	1.76E-05
schelpdier bereid	2.53E-05
rund rauw	1.90E-04
hd kat	2.18E-04
hard fruit rauw	2.53E-04
lhd varken	9.16E-04
kipfilet bereid	9.45E-04
zacht fruit rauw	1.05E-03
kip overig bereid	1.39E-03
recreatiewater	1.48E-03
hd hond	1.50E-03
groente rauw	2.82E-03
lhd rund + kalf	7.56E-03
vis visserij rauw	8.86E-03
lhd pluimvee	1.24E-02
lhd geit + schaap	1.30E-02
melk rauw	1.67E-02
kip overig rauw	1.73E-02
kinderboerderij	4.80E-02

Tabel 20. Gemiddelde ingestie in campylobacters pppd, zoals berekend door het model, voor het basisscenario 'Pert, rsf = 1' (zie § 2.2).

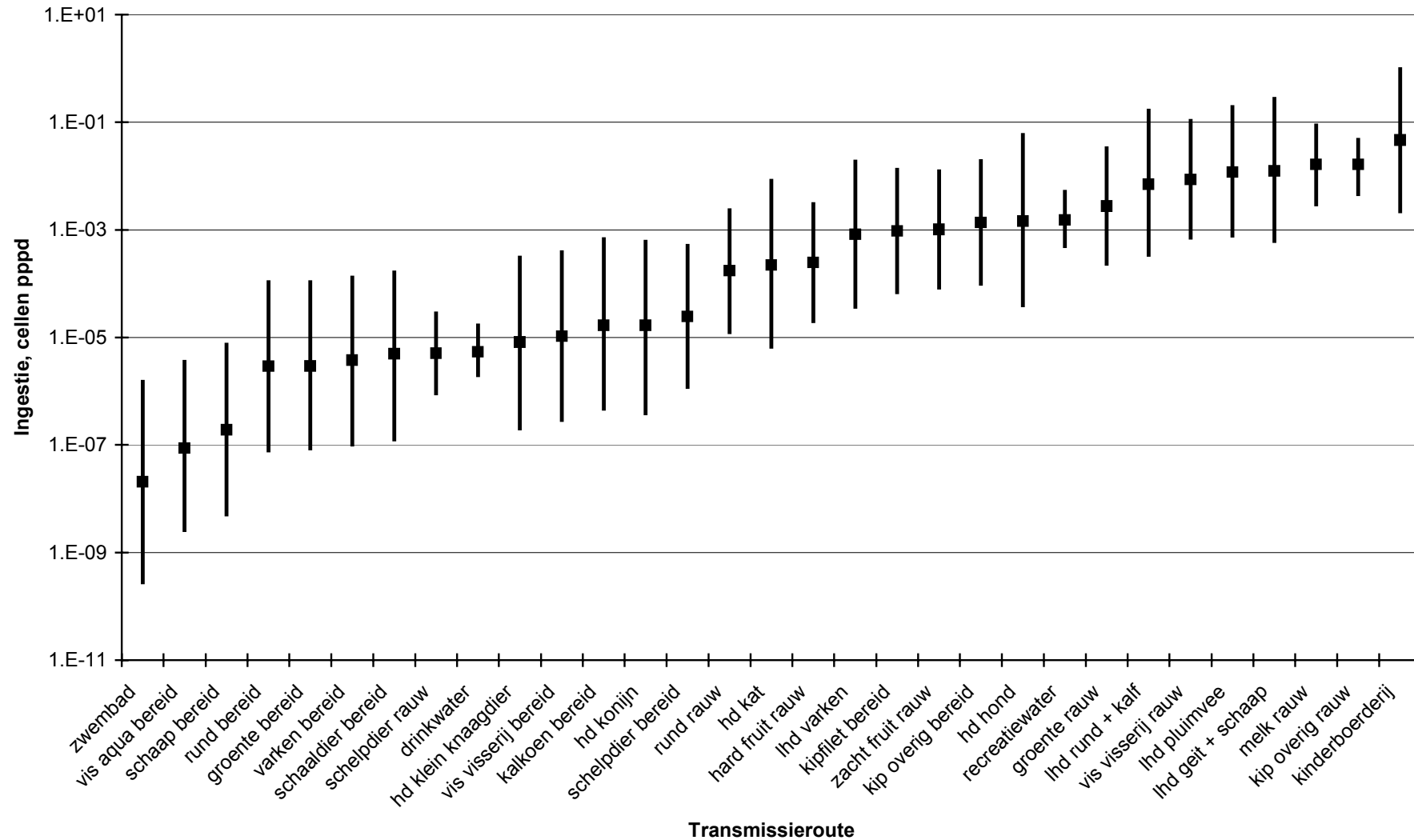
Transmissieroute	2.5%perc	mediaan	gemiddelde	97.5%perc
zwembad	2.79E-10	2.06E-08	1.82E-07	1.49E-06
vis aqua bereid	2.64E-09	8.71E-08	4.59E-07	3.52E-06
schaap bereid	5.16E-09	1.92E-07	9.70E-07	7.28E-06
rund bereid	7.96E-08	2.88E-06	1.49E-05	1.06E-04
groente bereid	8.68E-08	2.91E-06	1.47E-05	1.06E-04
varken bereid	1.01E-07	3.74E-06	1.78E-05	1.30E-04
schaaldier bereid	1.27E-07	4.96E-06	2.28E-05	1.62E-04
schelpdier rauw	9.17E-07	5.04E-06	7.43E-06	2.79E-05
drinkwater	1.97E-06	5.39E-06	6.40E-06	1.66E-05
hd klein knaagdier	2.04E-07	8.18E-06	4.34E-05	3.06E-04
vis visserij bereid	2.92E-07	1.05E-05	5.13E-05	3.84E-04
kalkoen bereid	4.75E-07	1.66E-05	8.57E-05	6.65E-04
hd konijn	3.90E-07	1.66E-05	8.39E-05	5.99E-04
schelpdier bereid	1.20E-06	2.45E-05	7.90E-05	5.05E-04
rund rauw	1.24E-05	1.74E-04	4.17E-04	2.31E-03
hd kat	6.71E-06	2.20E-04	1.07E-03	8.14E-03
hard fruit rauw	2.01E-05	2.47E-04	5.54E-04	2.99E-03
lhd varken	3.70E-05	8.22E-04	2.82E-03	1.85E-02
kipfilet bereid	6.94E-05	9.42E-04	2.26E-03	1.31E-02
zacht fruit rauw	8.45E-05	1.02E-03	2.32E-03	1.23E-02
kip overig bereid	1.00E-04	1.36E-03	3.36E-03	1.89E-02
hd hond	3.96E-05	1.45E-03	7.62E-03	5.77E-02
recreatiewater	4.99E-04	1.52E-03	1.84E-03	5.09E-03
groente rauw	2.33E-04	2.75E-03	6.13E-03	3.28E-02
lhd rund + kalf	3.43E-04	7.04E-03	2.54E-02	1.63E-01
vis visserij rauw	7.14E-04	8.55E-03	1.95E-02	1.06E-01
lhd pluimvee	7.80E-04	1.18E-02	3.17E-02	1.90E-01
lhd geit + schaa	6.19E-04	1.24E-02	4.07E-02	2.70E-01
melk rauw	2.97E-03	1.63E-02	2.40E-02	8.75E-02
kip overig rauw	4.61E-03	1.64E-02	1.90E-02	4.73E-02
kinderboerderij	2.22E-03	4.66E-02	1.49E-01	9.66E-01

Tabel 21. Gemiddelde ingestie in campylobacters pppd, zoals berekend door het model, voor het scenario 'Uniform, rsf = 1' (zie § 2.2).

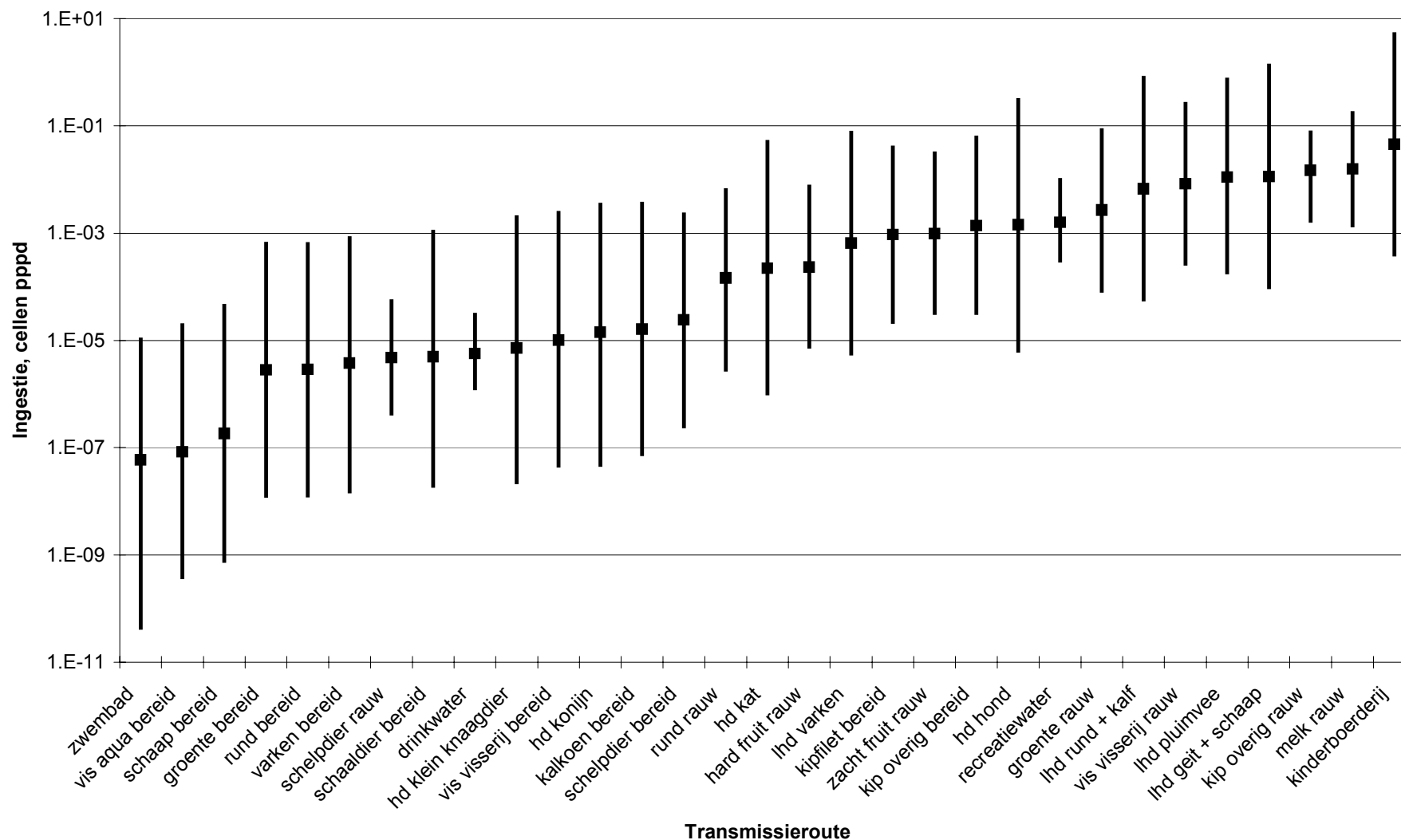
Transmissieroute	2.5%perc	mediaan	gemiddelde	97.5%perc
zwembad	4.4E-11	5.85E-08	1.14E-06	1.03E-05
vis aqua bereid	3.84E-10	8.35E-08	1.91E-06	1.92E-05
schaap bereid	7.77E-10	1.84E-07	4.18E-06	4.44E-05
groente bereid	1.27E-08	2.81E-06	6.48E-05	6.31E-04
rund bereid	1.28E-08	2.86E-06	6.26E-05	6.29E-04
varken bereid	1.54E-08	3.73E-06	7.96E-05	8.02E-04
schelpdier rauw	4.34E-07	4.76E-06	1.11E-05	5.40E-05
schaaldier bereid	1.96E-08	4.94E-06	1.03E-04	1.06E-03
drinkwater	1.29E-06	5.67E-06	8.20E-06	3.03E-05
hd klein knaagdier	2.28E-08	7.18E-06	2.30E-04	1.99E-03
vis visserij bereid	4.63E-08	1.01E-05	2.30E-04	2.39E-03
hd konijn	4.77E-08	1.41E-05	4.21E-04	3.40E-03
kalkoen bereid	7.63E-08	1.61E-05	3.62E-04	3.54E-03
schelpdier bereid	2.51E-07	2.42E-05	2.43E-04	2.24E-03
rund rauw	2.83E-06	1.46E-04	8.85E-04	6.37E-03
hd kat	1.02E-06	2.19E-04	5.60E-03	5.01E-02
hard fruit rauw	7.60E-06	2.33E-04	1.16E-03	7.38E-03
lhd varken	5.73E-06	6.49E-04	9.23E-03	7.46E-02
kipfilet bereid	2.22E-05	9.35E-04	5.41E-03	3.95E-02
zacht fruit rauw	3.26E-05	9.81E-04	4.81E-03	3.05E-02
kip overig bereid	3.25E-05	1.38E-03	8.00E-03	6.06E-02
hd hond	6.41E-06	1.43E-03	3.89E-02	3.02E-01
recreatiewater	3.09E-04	1.58E-03	2.45E-03	9.91E-03
groente rauw	8.42E-05	2.71E-03	1.28E-02	8.26E-02
lhd rund + kalf	5.82E-05	6.67E-03	8.77E-02	7.86E-01
vis visserij rauw	2.69E-04	8.26E-03	4.06E-02	2.56E-01
lhd pluimvee	1.86E-04	1.11E-02	9.00E-02	7.28E-01
lhd geit + schaaap	9.86E-05	1.13E-02	1.71E-01	1.34E+00
kip overig rauw	1.70E-03	1.47E-02	2.14E-02	7.59E-02
melk rauw	1.40E-03	1.58E-02	3.60E-02	1.74E-01
kinderboerderij	4.00E-04	4.50E-02	6.01E-01	5.13E+00

Tabel 22. Gemiddelde ingestie in campylobacters pppd, zoals berekend door het model, voor het scenario 'Pert, rsf = 2' (zie § 2.2).

Transmissieroute	2.5%perc	mediaan	gemiddelde	97.5%perc
zwembad	1.49E-10	2.77E-08	7.76E-07	5.44E-06
vis aqua bereid	6.68E-10	8.39E-08	1.38E-06	1.10E-05
schaap bereid	1.34E-09	1.88E-07	2.93E-06	2.42E-05
rund bereid	2.06E-08	2.85E-06	4.28E-05	3.29E-04
groente bereid	1.98E-08	2.88E-06	4.26E-05	3.26E-04
varken bereid	2.63E-08	3.58E-06	5.81E-05	4.80E-04
schaaldier bereid	3.69E-08	4.71E-06	7.51E-05	5.81E-04
schelpdier rauw	3.28E-07	4.92E-06	1.17E-05	6.52E-05
drinkwater	6.99E-07	6.22E-06	1.26E-05	6.74E-05
vis visserij bereid	7.76E-08	9.95E-06	1.48E-04	1.24E-03
hd klein knaagdier	5.14E-08	1.03E-05	2.44E-04	1.84E-03
kalkoen bereid	1.24E-07	1.64E-05	2.56E-04	2.18E-03
hd konijn	1.10E-07	2.07E-05	4.47E-04	3.57E-03
schelpdier bereid	2.93E-07	2.31E-05	2.14E-04	1.73E-03
rund rauw	4.69E-06	1.79E-04	8.33E-04	5.95E-03
hd kat	1.38E-06	2.33E-04	5.51E-03	4.01E-02
hard fruit rauw	7.73E-06	2.39E-04	9.79E-04	7.00E-03
lhd varken	5.49E-06	6.95E-04	1.15E-02	8.34E-02
kipfilet bereid	2.35E-05	9.10E-04	5.14E-03	3.85E-02
zacht fruit rauw	3.33E-05	9.87E-04	4.07E-03	2.93E-02
kip overig bereid	3.17E-05	1.34E-03	7.45E-03	5.44E-02
hd hond	7.91E-06	1.56E-03	3.89E-02	3.03E-01
recreatiewater	1.87E-04	1.72E-03	3.91E-03	2.13E-02
groente rauw	8.23E-05	2.65E-03	1.10E-02	7.93E-02
lhd rund + kalf	4.84E-05	6.45E-03	1.28E-01	8.30E-01
vis visserij rauw	2.58E-04	8.17E-03	3.43E-02	2.42E-01
lhd geit + schaap	8.36E-05	1.03E-02	1.98E-01	1.33E+00
lhd pluimvee	1.05E-04	1.06E-02	1.46E-01	1.07E+00
melk rauw	1.05E-03	1.58E-02	3.80E-02	2.16E-01
kip overig rauw	1.98E-03	1.71E-02	2.82E-02	1.19E-01
kinderboerderij	3.43E-04	4.55E-02	7.86E-01	5.75E+00

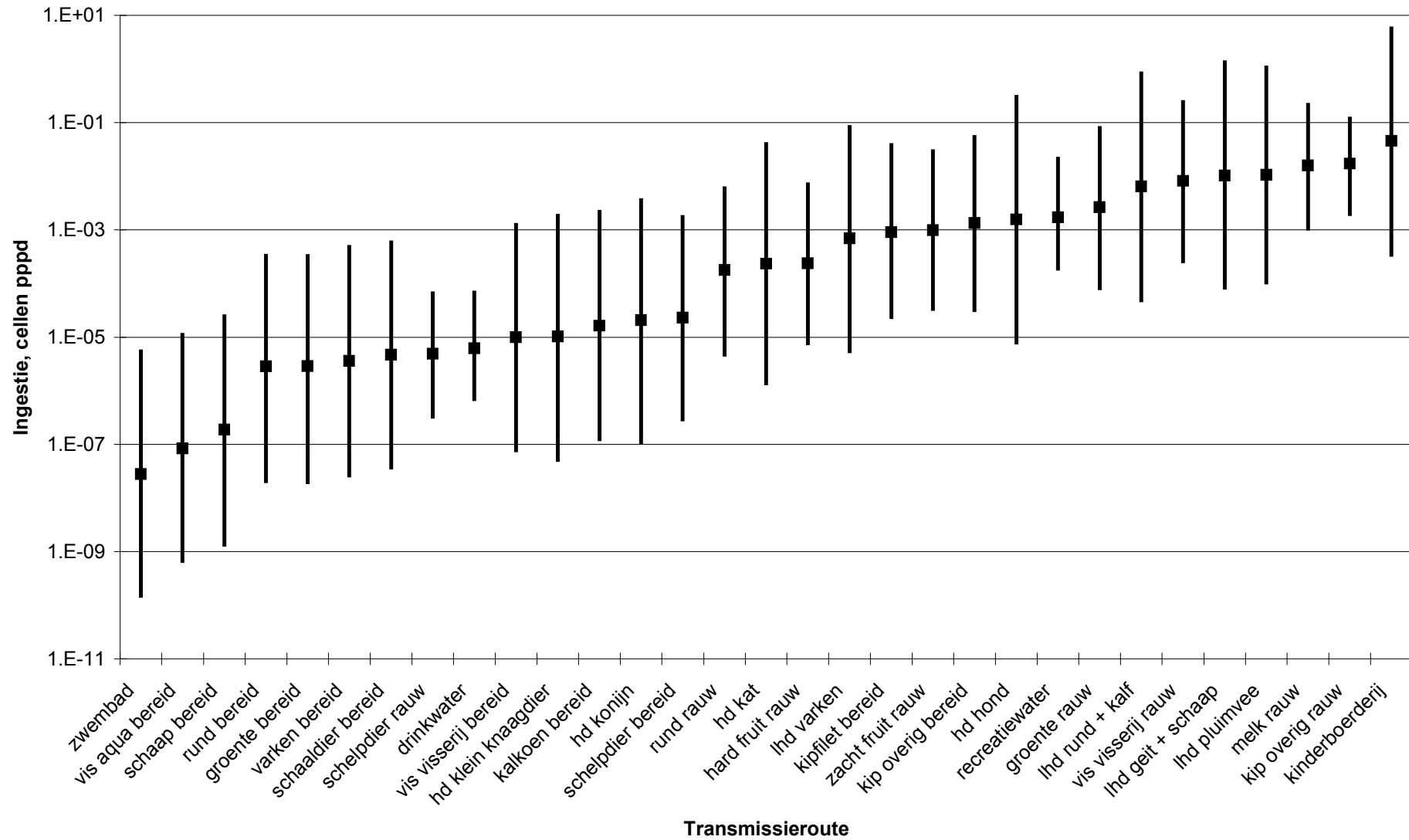


Figuur 1. Gemiddelde Ingestie (mediaan en 95% b.i.) als functie van transmissieroute met parameteronzekerheden volgens het basisscenario ( $Pert, rsf = 1$ ).



Figuur 2. Gemiddelde ingestie (mediaan en 95% b.i.) als functie van transmissieroute met parameteronzekerheden volgens scenario (Uniform,  $rsf = 1$ ).





Figuur 3. Gemiddelde ingestie (mediaan en 95% b.i.) als functie van transmissieroute met parameteronzekerheden volgens scenario (Pert,  $rsf = 2$ ).

Figuur 1 geeft de resultaten van de berekeningen met onzekerheid volgens het basisscenario. Hierbij valt de variatie in breedte van het betrouwbaarheidsinterval op. Bij bijv. drinkwater en recreatiewater is dit interval relatief smal: ca. 1  $\log_{10}$ -eenheid. Bij Bijv. huisdieren is het breed: ca. 3  $\log_{10}$ -eenheden. Dit heeft natuurlijk alles te maken met de onzekerheden die aan de parameters zijn toegekend op basis van de beschikbaarheid van data. Het zal duidelijk zijn dat de onzekerheden van het berekeningsresultaat zodanig groot zijn dat harde uitspraken over verschillen in blootstelling tussen routes maar beperkt mogelijk zijn. Bijvoorbeeld, uitgaande van kinderboerderijdieren naar beneden gaand in blootstelling is de eerste route waarbij betrouwbaarheidsintervallen elkaar niet overlappen die van 'schelpdier bereid', en dit is al halverwege de beschouwde set transmissieroutes (Tabel 20). Dus slechts de route 'schelpdier bereid' en routes met lagere blootstelling kunnen beschouwd worden als routes met een lagere blootstelling dan via kinderboerderijdieren, alle andere routes verschillen daar niet van.

De top 5 van de transmissieroutes wordt gevormd door kinderboerderij, kip overig rauw, melk rauw, landbouwhuisdier - geit/schaap en landbouwhuisdier pluimvee (Tab. 19). De direct contact routes vertonen een relatief hoge blootstelling en dan met name kinderboerderij en landbouwhuisdieren. Huisdieren vertonen een gemiddelde score ten opzichte van alle andere routes. Bij de waterroutes vertoont alleen recreatiewater een vrij hoge blootstelling. Binnen de voedingsmiddelen-routes scoren rauwe producten veelal hoger dan bereide producten. De vier voedingsmiddelen met hoogste blootstelling zijn allen rauw. Vervolgens verder naar beneden gaand in blootstelling vinden we afwisselend rauwe en bereide producten, maar de zes voedingsmiddelen met laagste blootstelling zijn allen bereide producten. De twee bereide voedingsmiddelen met hoogste blootstelling zijn kip - overig en kipfilet.

Overall de 31 routes beschouwend bestaan de acht routes met hoogste gemiddelde blootstelling uit rauwe voedingsmiddelen en de direct contact routes kinderboerderij en landbouwhuisdieren (Tab. 19). Daarna volgen huisdier-hond, recreatiewater en het eerste bereide voedingsmiddel: kip - overig. De drie categoriën transmissieroutes kunnen onderling vergeleken worden door de medianen per categorie te sommeren. Het resultaat hiervan zal voornamelijk bepaald worden door de routes met de hoogste gemiddelde blootstellingen. Dit levert het volgende op (campylobacters pppd):

water	$1,48 \times 10^{-3}$ (= recreatiewater)
voedsel:	$4,96 \times 10^{-2}$
direct contact:	$8,37 \times 10^{-2}$

Zo gezien speelt water een kleine rol en is direct contact wat belangrijker dan voedingsmiddelen. De som van alle medianen is gelijk aan 0,135 campylobacters pppd.

Hoewel het algemeen transmissiemodel een blootstellingsmodel is, is de verleiding natuurlijk groot om een eenvoudige doorberekening te maken naar het geschatte aantal humane infectiegevallen op basis van de geschatte blootstelling, middels een dosis-respons relatie. Hiervoor werd het Beta-Poisson model toegepast:

$$P_{\text{inf, dag}} = 1 - (1 + \mu/\beta)^{-\alpha}$$

met  $P_{\text{inf, dag}}$  de infectiekans per dag,  $\mu$  de dosis en  $\alpha$  en  $\beta$  parameters. Teunis en Havelaar (2000) geven  $\alpha = 0,145$  en  $\beta = 7,589$ . Inbrengen van bovenstaande waarde van 0,135 voor  $\mu$  levert een waarde voor  $P_{\text{inf, dag}}$  van  $2,55 \times 10^{-3}$  pppd. De kans op 1 of meer infecties per persoon per jaar is gelijk aan:

$$P_{\text{inf, jaar}} = 1 - (1 - P_{\text{inf, dag}})^{365}$$

Dit geeft  $P_{\text{inf, jaar}} = 0,606$ . Het geschatte aantal infectiegevallen t.g.v. Campylobacter per jaar voor de hele Nederlandse populatie volgens het algemeen transmissiemodel in combinatie

met bovenstaande dosis-respons relatie is dan gelijk aan  $0,606 * 16 \times 10^6 = 9,70 \times 10^6$ . Een redelijke schatting is, dat het aantal ziektegevallen ongeveer gelijk is aan 1/3 van het aantal infectiegevallen (Havelaar *et al.*, 2000, voetnoot pag. 15). Op basis van humane gegevens is het geschatte aantal gastro-enteritisgevallen in Nederland per jaar t.g.v. Campylobacter geschat op 107.000 (Havelaar, 2002, p. 45). Het model geeft dus een zware overschatting van het aantal campylobacteriosegevallen, al moet daarbij de onzekerheid van zowel het algemeen transmissiemodel, de dosis-respons relatie als van de schatting op basis van humane gegevens in het achterhoofd gehouden worden. Een deel van de overschatting zou verklaard kunnen worden door de rol van immuniteit, met name bij de routes huisdieren en landbouwhuisdieren, kip overig rauw en rauwe melk. De laatste twee routes combineren een hoge gemiddelde blootstelling voor de hele populatie met een beperkt aantal gebruikers. Als deze 'immuniteits'-routes van de totale blootstelling afgehaald worden, blijft van de gemiddelde blootstelling  $6,51 \times 10^{-2}$  campylobacters pppd over. Het jaarlijks aantal Campylobacter - infectiegevallen in Nederland volgens het model en de dosis-respons relatie wordt dan  $5,82 \times 10^6$ , 40 % lager dan de eerdere schatting.

Het basisscenario werd vergeleken met alternatieve scenario's, om te onderzoeken of aannames over de onzekerheid een grote invloed op de conclusies hebben (Tab. 20 t/m 22 en Fig. 1 t/m 3. De mediane waarden zullen tussen de scenario's hetzelfde zijn, behoudens afwijkingen door de simulaties. Zowel bij Uniform rsf = 1 en Pert rsf = 2 liggen voor alle routes de 2,5% percentielen lager en de 97,5% percentielen hoger dan bij Pert rsf = 1. De gemiddelde breedte van de intervallen op log<sub>10</sub> schaal is bij Pert rsf = 1 gelijk aan 2,53. Bij Uniform rsf = 1 en Pert rsf = 2 is dit gelijk aan respectievelijk 3,77 en 3,64. Er zijn in totaal 31 routes en een vergelijking tussen de twee alternatieve scenario's leert, dat bij Pert rsf = 2 het 2,5% en het 97,5% percentiel respectievelijk 12 keer lager en 11 keer hoger ligt dan voor Uniform rsf = 1. Slechts voor een vijftal (Uniform rsf = 1) of zevental (Pert rsf = 2) routes overlappen de betrouwbaarheidsintervallen niet met die van kinderboerderij. Dus als de onzekerheid groter is (in de vorm van een grotere variantie of een bredere range) dan ingeschat als in het basisscenario, betekent dat dat vrijwel geen uitspraken over verschillen in blootstelling tussen routes gedaan kunnen worden.

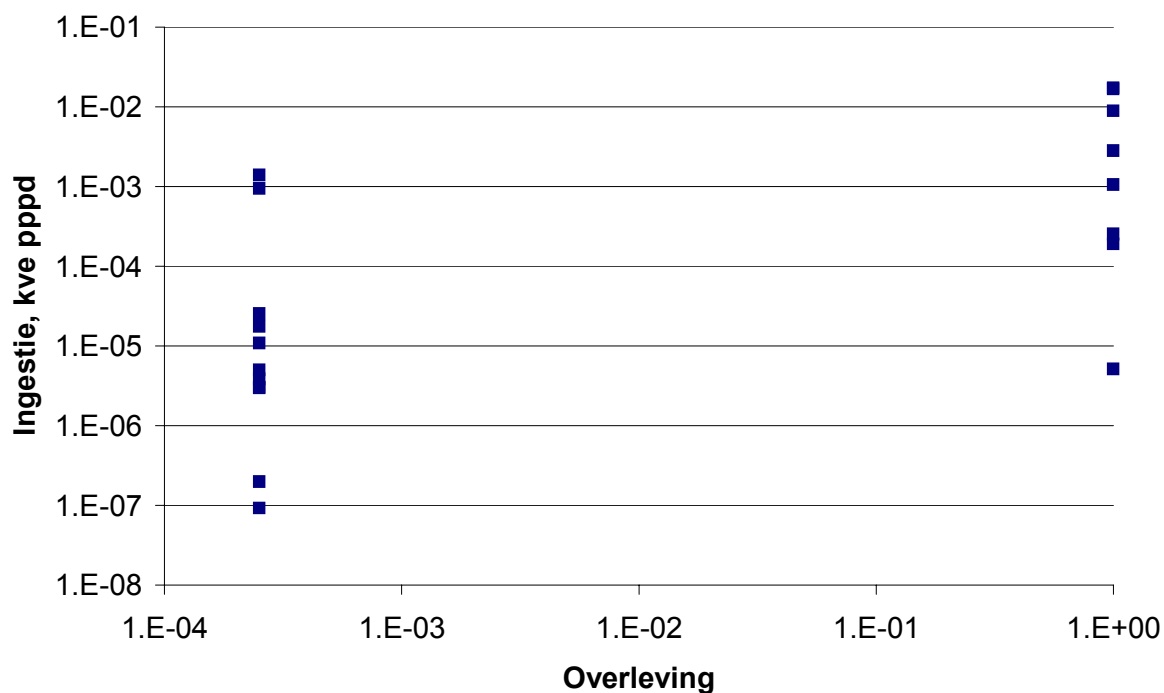
Om te bepalen welke parameters met name nader onderzocht zouden moeten worden ter verbetering van de modelvoorspellingen, is onderzocht welke parameters het meest bepalend zijn voor de modeloutput. Hiertoe is regressie-analyse uitgevoerd van de modeloutput (blootstelling in aantal campylobacter pppd) als functie van elk van de parameters. De resultaten voor voedingsmiddelen zijn weergegeven in Tabel 23. De fractie van de totale variantie die door de regressie wordt verklaard is gelijk aan de 'coefficient of determination'  $r^2$ , met r de correlatie coëfficiënt.

Tabel 23. Resultaten voor voedingsmiddelen van lineaire regressie van modeloutput (Y) als functie van parameterwaarde (X), volgens  $Y = aX + b$ .

Parameter	b	a	$r^2$
consumptie	3.30E-03	-4.86E-05	4.91E-02
prevalentie	1.89E-03	7.30E-03	3.46E-02
concentratie	1.71E-03	1.88E-03	5.53E-02
overleving	2.17E-04	5.68E-03	2.77E-01

Aan de waarden van  $r^2$  is te zien, dat de overleving duidelijk de belangrijkste parameter is bij voedingsmiddelen. Dit betekent dat het belangrijk is te weten of een voedingsmiddel rauw wordt geconsumeerd of niet en dit is veel belangrijker dan waarden van andere parameters, bijv. de consumptiehoeveelheid. In Figuur 4 is de gemiddelde ingestie als functie van de

overleving weergegeven. Onderzoek naar de waarden van de overlevingsparameter bij rauw en bereid lijkt ook minder relevant, aangezien de geschatte waarden erg veel verschillen ( $10^{-3,6}$  en 1).

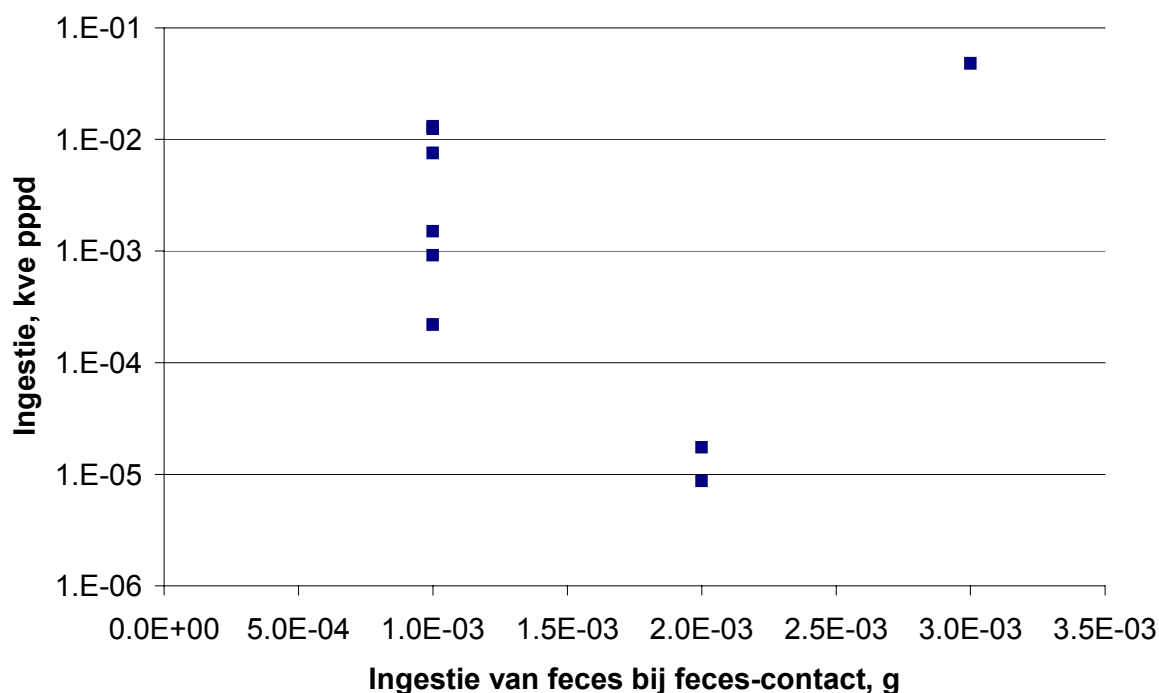


Figuur 4. Gemiddelde ingestie van *Campylobacter* als functie van de overleving bij voedingsmiddelen, die gelijk is aan  $10^{-3,6}$  of 1.

Een analoge analyse is uitgevoerd voor alle direct contact routes tezamen. Hiervoor is bij huisdieren voor de populatiefractie de som van de '1' en '2,5' categorie genomen, en het bijbehorende gewogen gemiddelde voor de contactfrequentie. Het resultaat is weergegeven in Tabel 24. De belangrijkste parameter hier is het aantal gram geconsumeerde feces en in mindere mate de kans op contact met feces en de populatiefractie. De populatiefractie heeft daarbij een negatieve richtingscoëfficiënt. In Figuur 5 is de gemiddelde ingestie als functie van de ingestie van feces weergegeven. De correlatie tussen ingestie van *Campylobacter* en feces in deze figuur lijkt niet sterk, echter bedacht moet worden dat in de figuur de ingestie op log schaal is weergegeven, terwijl de lineaire regressie met ongetransformeerde waarden voor de ingestie is uitgevoerd, waarbij hoge waarden voor de ingestie zwaar wegen.

Tabel 24. Resultaten voor direct contact-routes van lineaire regressie van modeloutput ( $Y$ ) als functie van parameterwaarde ( $X$ ), volgens  $Y = aX + b$ .

Parameter	b	a	$r^2$
Fractie populatie	1.35E-02	-5.64E-02	1.64E-01
Prevalentie	1.04E-02	-4.13E-03	6.37E-03
Contactfrequentie	7.55E-03	6.87E-05	2.06E-02
Kans contact feces	1.22E-03	1.62E+00	2.46E-01
Ingestie feces	-1.08E-02	1.39E+01	4.29E-01
Concentratie	8.59E-03	1.19E-09	1.64E-02

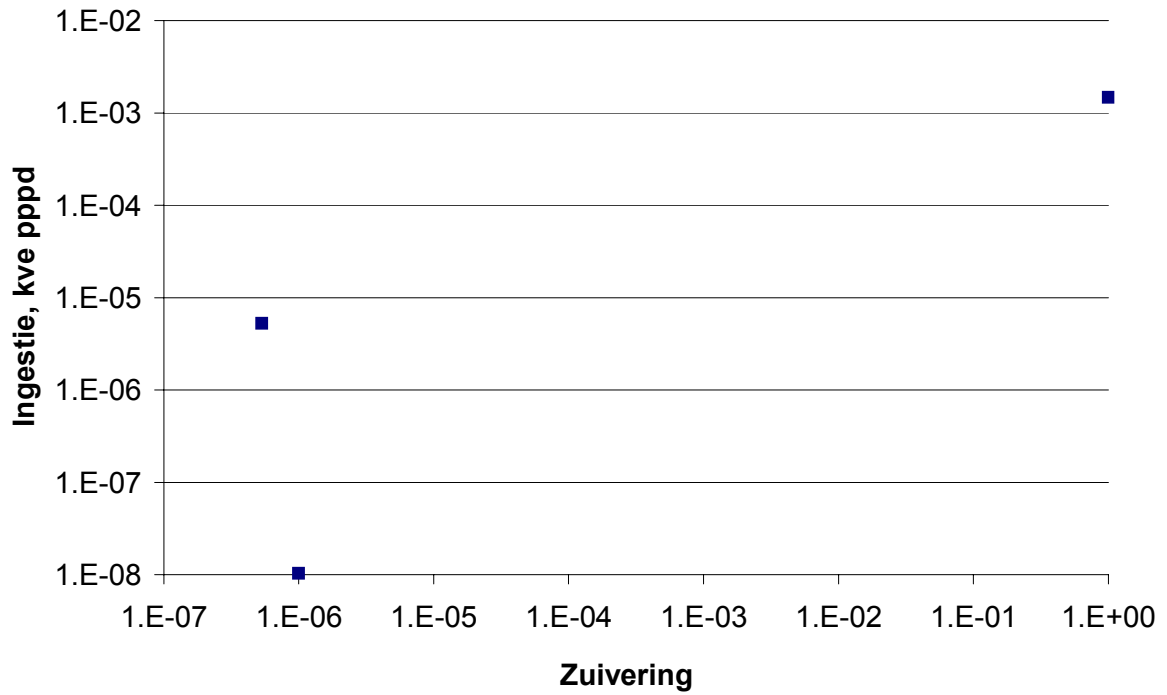


Figuur 5. Gemiddelde ingestie van *Campylobacter* als functie van de ingestie van feces bij direct contact routes.

Ook voor de water routes is een vergelijking gemaakt, volgens een ruwe aanpak. Bij zwembad en recreatiewater zijn de kind en volwassene categorieën samengenomen en is de wateringestie in 1 pppd in één parameter samengebracht. Bij drinkwater is het gewogen gemiddelde van de ruw water concentraties naar de populatiefracties genomen en vervolgens is de zuivering gekozen die leidt tot de eerder berekende blootstelling via drinkwater. Het resultaat is weergegeven in Tabel 25. Het is duidelijk dat het resultaat van deze, nogmaals, ruwe analyse is dat de mate van zuivering veruit de belangrijkste parameter is. In Figuur 6 is de gemiddelde ingestie als functie van de zuivering weergegeven. Ook hier moet men zich realiseren dat in de figuur zuivering en ingestie op log schaal zijn weergegeven, terwijl de lineaire regressie met ongetransformeerde waarden is uitgevoerd.

Tabel 25. Resultaten voor water-routes van lineaire regressie van modeloutput ( $Y$ ) als functie van parameterwaarde ( $X$ ), volgens  $Y = aX + b$ .

Parameter	b	a	$r^2$
Consumptie/ Ingestie	7.41E-04	-2.67E-03	2.50E-01
Concentratie	1.02E-03	-2.85E-05	2.47E-01
Zuivering	2.64E-06	1.47E-03	1.00E+00



*Figuur 6. Gemiddelde ingestie van Campylobacter als functie van de consumptie / ingestie van water bij water routes.*

## 5. Discussie

De achtergrond van het algemeen transmissiemodel is, dat deze mogelijk aanvullende informatie over het relatieve belang van transmissieroutes voor humane campylobacteriose kan leveren naast de reeds beschikbare informatie op basis van de traditionele epidemiologische aanpak. Probleem van de epidemiologische aanpak bij *Campylobacter* is de beperkte power vanwege de lage aantallen en het ontbreken van één dominante risicofactor (Havelaar, 2002, p. 49). Verder richt epidemiologisch onderzoek zich veelal op routes waarvan *a priori* gedacht wordt dat ze van belang te zijn. Men onderzoekt bijvoorbeeld wel de associatie met kip, maar zal minder geneigd zijn naar de relatie met appels te kijken. In dit onderzoek, dat nadrukkelijk explorerend van aard is, werd naar de blootstelling via vele routes gekeken. Daardoor werd duidelijk welke de belangrijkste informatie is, die gemist wordt, wat kan leiden tot aanbeveling voor verder onderzoek. Daarnaast kan dit onderzoek inzichtverhogend werken doordat resultaten al of niet overeenkomen met wat in werkelijkheid wordt waargenomen aan humane campylobacteriose. Samengevat: er is twijfel of de epidemiologie alle relevante routes aanwijst; een alternatieve aanpak is die via blootstellingsschatting; indien dit extra inzicht levert is dit nuttig; indien dit niet het geval is vanwege het ontbreken van informatie, kan extra onderzoek alsnog leiden tot het beoogde verhoogde inzicht. Bij aanvullend onderzoek kan gedacht worden aan aanbevelingen voor de nieuwe Voedsel Consumptie Peiling, voor microbiologisch surveillance werk, voor experimenteel of veldwerk met betrekking tot (microbiologische) processen als kruisbesmetting en voor onderzoek met betrekking tot immuniteit (bijvoorbeeld bij relevante beroepsgroepen).

De uitgevoerde analyse van de modeloutput gegeven de set parameterwaarden (Tabel 23 tot en met 25) leverde voor elk van de categoriën de belangrijkste parameter op. Voor voedingsmiddelen is dit de overleving oftewel of een voedingsmiddel rauw wordt geconsumeerd of niet. Bij de direct contact routes is het aantal gram geconsumeerde feces de belangrijkste parameter en bij water-routes de zuivering. Nader onderzoek naar welke voedingsmiddelen rauw worden geconsumeerd is dus geboden. Het aantal gram geconsumeerd feces en zuivering vertonen beiden binnen hun categorie een grote onzekerheid (Tabel 2 en 3) en zijn daarom ook kandidaat voor nader onderzoek. Een onderwerp voor nader onderzoek dient namelijk aan twee voorwaarden te voldoen: de parameter dient relatief belangrijk te zijn voor de modeloutput en de onzekerheid over de parameterwaarde dient relatief groot te zijn.

De beschrijving van de onzekerheid in het algemeen transmissiemodel vraagt om een andere aanpak dan gebruikelijk binnen het risk assessment werkveld. Hoewel gepoogd is om dit op een goede manier in te brengen, lijkt een nadere uitwerking van deze onzekerheden in een objectief theoretisch raamwerk aan te bevelen, voorsortierend op het uitvoeren van dit type analyses in de toekomst. De eerste gedachten over zo'n raamwerk zijn al geformuleerd. Deze komen erop neer dat onderscheid gemaakt wordt tussen onzekerheid ten gevolge van steekproef fouten en -representativiteit. Bij steekproef fouten gaat het om de onzekerheid van de puntschatters die horen bij de verdelingen die de variabiliteit omschrijven. Zo kan de onzekerheid van de binomiale kans  $p$  die hoort bij een prevalentie beschreven worden met een Betaverdeling; de onzekerheid van een concentratie op basis van tellingen kan beschreven worden met een Gammaverdeling. Bij representativiteit van de gegevens kan

gedacht worden aan een onderverdeling in drie typen studies met verschillende implicaties voor de onzekerheid:

- een qua opzet representatieve steekproef in een representatieve periode, populatie en plaats
- een qua opzet representatieve steekproef in een andere periode, populatie of plaats
- een steekproef die qua opzet beperkt is in tijd, populatie of plaats.

Daarnaast kan het voorkomen dat er helemaal geen gegevens beschikbaar zijn. Bovenstaande gedachten kunnen een basis vormen voor verdere uitwerking van een theoretisch raamwerk. Hierbij kan ook gedacht worden aan technieken als fuzzy logic en bayesiaanse statistiek.

De resultaten van het algemeen transmissiemodel zullen op termijn vergeleken kunnen worden met een blootstellingsschattingstudie die momenteel uitgevoerd wordt bij het Bundesamt für Veterinärwesen in Bern (Zwitserland) (contactpersonen: K. Stärk, B. Wieland). In dat project zullen alle mogelijke blootstellingsroutes van *Campylobacter* ingebracht worden in een zogenaamd 'risk network', dat met systeemanalyse methoden zal worden bestudeerd. De beschouwde routes omvatten voedsel, diercontact (huisdieren, landbouwhuisdieren, kinderboerderijdieren), het milieu en water. Hygiëne tijdens de voedselbereiding is een aandachtspunt. Gegevens zullen verzameld worden over de humane populatie en hun consumptiegewoonten en over prevalenties in productiedieren, huisdieren, voedsel, de voedselproductieketen, water en het milieu.

Het belang van een voedingsmiddel kan soms blijken uit het effect van een maatregel. Een voorbeeld hiervan is de rol van rauwe melk. Sinds augustus 1983 is er een verbod op de verkoop van ongepasteuriseerde melk in Schotland. Sindsdien zijn er geen melkgerelateerde *Campylobacter*-explosies gerapporteerd in dit land (FSA Ireland, 2002, p. 9).

Belangrijke knelpunten bij voedingsmiddelen zijn gegevens over concentratie en overleving (lees: kruisbesmetting) (zie Tabel 1 en § 3.4 en 3.5). Tellingen zijn slechts zeer beperkt beschikbaar en dan alleen voor kip, rauwe melk en schelpdieren. De overige schattingen zijn indirect verkregen (bijvoorbeeld door aan te nemen dat de waarde hetzelfde is als gemeten bij een ander voedingsmiddel). De waarde voor kruisbesmetting is ook erg onzeker en gebaseerd op twee modelstudies.

Een ander belangrijk knelpunt bij voedingsmiddelen is het ontbreken van informatie over consumptie van rauwe producten. De voedselconsumptiepeilingen bevatten zeer waardevolle informatie over de consumptie van levensmiddelen door de Nederlandse bevolking. De consumptie van levensmiddelen is vrij precies bekend, zeker in vergelijking met allerlei andere gegevens in het algemeen transmissiemodel. Er is echter één belangrijke omissie in de gegevens: informatie over de bereiding van deze levensmiddelen, en vanuit microbiologisch oogpunt gaat het dan met name over behandelingen die micro-organismen afdoden, zoals verhitting. Hierdoor is per (categorie van) levensmiddel de fractie rauw en bereid veelal onbekend. Omdat deze fracties erg veel verschillen in hun relatieve bijdrage aan de blootstelling (in dit model een factor  $10^{3.6} \approx 4000$ ), vergroot dit zeer de onzekerheid van het berekeningsresultaat. Een belangrijke aanbeveling op basis van deze studie is dan ook dat bij een volgende voedselconsumptiepeiling bereidingsgegevens meegenomen moeten worden. Deze conclusie werd overigens al eerder getrokken naar aanleiding van een risk assessment studie van *E. coli* O157 in rundertartaar (Nauta *et al.*, 2001).

Over direct contact met dieren is erg veel onbekend (zie Tabel 2 en § 3.6). Er zijn geen gegevens gevonden over de frequentie van contact met dieren, en met name contact met feces van dieren. Daarnaast is de onzekerheid in de hoeveelheid *Campylobacter* die blootgesteld



binnen krijgen erg groot, vanwege onzekerheid in de hoeveelheid ingeslikte feces en de *Campylobacter*-concentratie in de feces. Ook is niet duidelijk of huisdieren alleen een probleem vormen als ze diarree hebben. Vanwege de wijze van besmetting bij direct contact (aanraken van dieren, echter veelal niet de anus en directe omgeving) zou het interessant zijn te weten hoeveel *Campylobacter* er 'op' een dier zit. Nu wordt dit omgerekend via *Campylobacter* concentraties in de darmen of in verse feces, en dat is een onzekere aanpak. Stern *et al.* (1995) kijken weliswaar ook naar besmetting op het dier (de kip), maar de betekenis van hun getallen is niet helemaal duidelijk.

Verder zou het in toekomstige berekeningen relevant kunnen zijn dat direct contact met dieren relatief vaak YOPIs (Young, Old, Pregnant, Immunocompromised) betreft. Kinderen bezoeken kinderboerderijen en spelen veel met huisdieren. Veel ouderen gaan met kleinkinderen naar de kinderboerderijen, of slijten hun laatste jaren met een huisdier. Volgens Anonymus (2002) is tweederde van de bezoekers van kinderboerderijen YOPI. Daardoor zou het volksgezondheidsrisico van direct contact groter kunnen zijn dan de blootstelling alleen doet vermoeden.

Veruit de grootste onzekerheid bij water - routes vinden we bij de overleving van *Campylobacter* bij chloring in zwembaden (Tabel 3 en § 3.7). Desondanks ligt het 95 % betrouwbaarheidsinterval voor blootstelling via zwembaden veel lager dan alle overige routes. Andere belangrijke onzekerheid bestaat bij zuivering van drinkwater, de *Campylobacter* - concentraties in water voorafgaand aan eventuele zuivering en de wateringestie in zwembaden en recreatiewater. De 100 en 10 ml water die door respectievelijk kinderen en volwassenen bij elk bezoek aan zwembad of recreatiewater wordt ingeslikt (Ruiter en Medema, 2000) lijkt aan de hoge kant.

De drinkwateranalyse (zie § 2.1 - Water - Drinkwater) is tevens in een uitgebreidere vorm gedaan (Schijven, 2003). Hierbij werden Monte Carlo-trekkingen (10 000) gedaan uit lognormale verdelingen op basis van meetgegevens betreffende ruw water concentraties en fracties die een zuiveringsstap passeren (berekeningen met Mathematica 4.2, Wolfram Research). Het berekeningsresultaat is een rekenkundig gemiddelde van  $6,0 \times 10^{-5}$  (95% bereik:  $0 - 2,7 \times 10^{-5}$ ) campylobacters pppd. In dit rapport is voor drinkwater de mediaan van de gemiddelde ingestie gelijk aan  $5,3 \times 10^{-6}$  campylobacters pppd (95% betrouwbaarheidsinterval van het gemiddelde:  $2,0 \times 10^{-6} - 1,7 \times 10^{-5}$ ).

Bij het huidige algemene transmissiemodel zullen ongetwijfeld relevante routes vergeten zijn, die in volgende analyses alsnog meegenomen kunnen worden. Bij voedingsmiddelen kan hierbij bijvoorbeeld gedacht worden aan wild. Bij direct contact is de blootstelling door slachthuispersoneel relevant. Ook binnen transmissieroutes die al opgenomen zijn, is uitbreiding mogelijk. Zo is de transmissie via huisdieren gericht op direct contact tussen huisdier en mens: via het aaien van de dieren. Er kan ook gedacht worden aan direct contact met de fecaliën van huisdieren, bijvoorbeeld met die van andere eigenaren. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren bij het opruimen van deze producten, of bij het reinigen van besmeurd geraakte schoenen.

Een transmissieroute die bewust niet is meegenomen in het algemeen transmissiemodel, vanwege het ontbreken van gegevens, is die van buitenlandse reizen. Deze route omvat in feite alle transmissieroutes, maar dan tijdens verblijf in het buitenland. De huidige berekeningen van de relatieve blootstelling zijn gebaseerd op gegevens voor de Nederlandse situatie of, als die niet beschikbaar waren, op gegevens die voor Nederland representatief geacht worden. Een groot deel van de Nederlanders verblijft een deel van het jaar in het

buitenland. Bekend is uit zowel Nederlandse als internationale gegevens, dat reizen met een verhoogd risico op campylobacteriose is geassocieerd (zie onder andere Havelaar, 2002, p. 49). Het is niet bekend wat in het buitenland de belangrijkste infectieroutes zijn. Gezien de grote variatie in zowel de contaminatie van mogelijke besmettingsbronnen met *Campylobacter* als het hygiënegedrag van reizigers lijkt het niet goed mogelijk blootstellingsberekeningen uit te voeren voor buitenlandse reizen. In een later stadium zal daarom de bijdrage van buitenlandse reizen aan de incidentie van campylobacteriose in Nederland direct uit epidemiologisch onderzoek worden afgeleid.

De berekende innames van het algemeen transmissiemodel hebben betrekking op die dagen dat de Nederlanders niet in het buitenland verblijven. Eventueel zouden de berekeningen gecorrigeerd kunnen worden, bijvoorbeeld door bij 20 dagen/jaar in het buitenland de gemiddelde inname pppd met een factor 345/365 te verlagen. Gezien de grote onzekerheden in de berekeningen en aangezien de relatieve innames het belangrijkste zijn, lijkt dit niet zo zinvol. Het maakt weliswaar de weg vrij voor een schatting van de gemiddelde inname in het buitenland, maar dit blijkt niet mogelijk. Hoogstens zou hier (waarschijnlijk ten onrechte) aangenomen kunnen worden dat de inname in het binnenland gelijk is aan die in het buitenland, maar in dat geval zijn we weer terug bij de huidige berekeningswijze.

In het algemeen transmissiemodel is verhitting veelal de enige *Campylobacter* reducerende behandeling die in beschouwing wordt genomen bij de bereiding van voedingsmiddelen. Ook andere behandelingen kunnen belangrijk zijn. In het geval van fruit betreft dit bijvoorbeeld simpelweg het schillen van fruit, waardoor verwacht kan worden dat een belangrijk deel van de besmetting verwijderd wordt. Dat was de overweging om bijv. bananen, sinaasappels en appels zonder schil niet mee te nemen. Een aspect wat niet is meegenomen, is het effect van ingrediënten op *Campylobacter*. Hierbij moet gedacht worden aan rauwe zoute haring en kruiden die bijv. aan gehakt worden toegevoegd. Bij een eventuele vervolgstudie zal meer aandacht aan dit aspect gegeven worden.

Een deel van de transmissieroutes met de hoogste gemiddelde blootstelling (voor de hele Nederlandse bevolking) betreft in feite de blootstelling aan kleine deelpopulaties. Bij landbouwhuisdieren gaat het om het personeel van de betreffende bedrijven. Bij de voedingsmiddelen 'kip overig -rauw' en rauwe melk betreft het een klein deel van de populatie en waarschijnlijk steeds dezelfde personen. Informatie over een relatief hoog aantal ziektegevallen (buiten explosies) in relatie tot deze transmissieroutes is de auteurs niet bekend. De hypothese van immuniteit ligt dan natuurlijk voor de hand. Informatie over immuniteit is echter slechts beperkt beschikbaar. Een van de weinige voorbeelden betreft Cawthraw *et al.* (2000), die ondersteuning geeft voor deze hypothese voor het geval van blootstelling aan *Campylobacter jejuni* bij pluimveeslachthuismedewerkers. Er is echter veel meer onderzoek nodig om het belang van immuniteit te kunnen bepalen.

## Literatuur

- Anderson SA, Woo RWY, and Crawford LM. Risk assessment of the impact on human health of resistant *Campylobacter jejuni* from fluoroquinolone use in beef cattle. *Food Control* 2001; 12(1): 13-25.
- Anonymus. Kinderboerderijen werken aan hygiëne. *Hygiene Bulletin* 2002; 5(9): 4.
- Bailey R, Jørgensen F, and Humphrey TJ. Methods used for the assessment of the number and prevalence of *Salmonella* spp and *Campylobacter* spp on retail chickens. Exeter, UK: PHLS; 2000.
- Beumer RR, Cruysen JJM, Birtantie, IRK, . The occurrence of *Campylobacter jejuni* in raw cow's milk. *J Appl Bacteriol* 1988; 65: 93-96.
- Blaser MJ, Smith PF, Wang W-LW, Hoff JC, Inactivation of *Campylobacter jejuni* by chlorine and monochloramine, *Appl Environ Microbiol* 1986; 51: 307-311.
- Bouwknegt M, Dam-Deisz WDC, Schouten JM, Wannet WJB, van Pelt W, Visser G, and van de Giessen AW. Surveillance of zoonotic bacteria in farm animals in the Netherlands. Results from January 1998 until December 2000. Bilthoven: RIVM; 2003; report no. 285859013.
- Cawthraw SA, Lind L, Kaijser B, Newell DG. Antibodies, directed towards *Campylobacter jejuni* antigens, in sera from poultry abattoir workers. *Clin Exp Immunol* 2000; 122: 55-60.
- Chan KF, Tran HL, Kanenaka RY, Kathariou S. Survival of clinical and poultry-derived isolates of *Campylobacter jejuni* at a low temperature (4 °C). *Appl Environ Microbiol* 2001; 67(9): 4186-4191.
- Christensen B, Sommer H, Rosenquist H, Nielsen N. Risk assessment on *Campylobacter jejuni* in chicken products. Danish Veterinary and Food Administration; 2001 Jan; first edition
- Corry JEL and Atabay HI. Poultry as a source of campylobacter and related organisms. *J Appl Microbiol* 2001; 90 Suppl. S: 96s-114s.
- Dalziel RW, Davies RH, Newell DG, McLaren IM, Teale CJ, Heath PJ, Paiba GA, Ryan JBM, Mars A, Futter RJ, Armstrong D, Sawyer J, Goddard P. Prevalence of caecal carriage of foodborne pathogens in pigs at slaughter in Great Britain. VLA/MLC; September 2002.
- Department of Health. Surveillance of the microbiological status of raw cows' milk on retail sale. UK; 1996.
- Dufrenne J, Ritmeester W, Delfgou Van Asch E, Van Leusden F, and De Jonge R. Quantification of the contamination of chicken and chicken products in the Netherlands with salmonella and campylobacter. *J Food Prot* 2001; 64(4): 538-541.
- DZC. Annual Report of zoonoses in Denmark 1997. Danish Zoonosis Centre; 1998.
- Evans SJ, Caygill CPJ, Hawtin PR, Newell DG. A study of thermophilic campylobacter infection in dogs and risk of transmission to humans. Surrey, UK: Central Veterinary Laboratory; 1994.
- Evers EG. Statistische schatting van positieve fractie en concentratie van micro-organismen in voedingsmiddelen in relatie tot steekproefomvang. *De Ware(n)-Chemicus* 2001; 31: 55-62.
- FAO/WHO. Prevalence of foodborne pathogens in bulk tank milk. WHO surveillance programme for control of foodborne infections and intoxications in Europe. Newsletter July 2002; no. 72: 1-2.

- FAO/WHO. Risk assessments of Salmonella in eggs and broiler chickens; 2002. Microbiological risk assessment series 2.
- Fernandes CF, Flick GJ, Silva JL, McCaskey TA. Comparison of quality in aquacultured fresh catfish fillets .2. Pathogens E-coli O157:H7, Campylobacter, Vibrio, Plesiomonas, and Klebsiella. J Food Prot 1997; 60: 1182-8.
- FSA Ireland. Control of Campylobacter species in the food chain. Dublin: Food Safety Authority of Ireland; 2002.
- FSA UK. UK publicly-funded research relating to Campylobacter. Food Standards Agency UK; 2002 Mar 13. Report of the Microbiological Safety of Food Funders Group (MSFFG).
- Hald B, Madsen M. Healthy puppies and kittens as carriers of Campylobacter spp., with special reference to Campylobacter upsaliensis. J Clin Microbiol 1997; 35(12): 3351-3352.
- Hartnett E, Paoli G, Fazil A, Lammerding A, Anderson S, Rosenquist H, Christensen BB, Nauta M. Hazard identification, hazard characterization and exposure assessment of Campylobacter spp. in broilers. Geneva: FAO/WHO; 2001 Jul 23-2001 Jul 27. Preliminary report.
- Havelaar AH, (red.). Campylobacteriose in Nederland: risico's en interventiemogelijkheden. Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu; 2002. Rapport nr. 250911001.
- Havelaar AH, de Wit MAS, van Koningsveld R. Health burden in the Netherlands (1990-1995) due to infections with thermophilic *Campylobacter* species. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu; 2000. Rapport nr. 284550004.
- Hijnen WAM, Schijven JF. De eliminatiecapaciteit van langzame zandfiltratie voor microorganismen. 2003. BTO 2002.133.
- Hijnen WAM, Visser A, van der Kooij D, Verwijdering van Campylobacter bacteriën bij drinkwaterbereiding op productielocatie Scheveningen (DZH). 1995. SWO 95.22.
- Humphrey TJ and Hart RJC. Campylobacter and salmonella contamination of unpasteurized cows' milk on sale to the public. J Appl Bacteriol 1988; 65: 463-467.
- Humphrey TJ, and Beckett P. Campylobacter jejuni in dairy cows and raw milk. Epidemiol Infect 1987; 98: 263-269.
- Jacobs-Reitsma W. Campylobacter in the food supply. In: Nachamkin I, and Blaser MJ. Campylobacter. 2nd ed. Washington, D.C.: ASM Press; 2000; pp. 467-481.
- Jacobs-Reitsma WF; Bolder NM, and Mulder RWA. Caecal carriage of Campylobacter and Salmonella in Dutch Broiler Flocks at Slaughter: a one-year study. Poultry Science 1994; 73: 1260-1266.
- Jonker KM, van Heerwaarden CAM, Tilburg JJHC, Heijn HA, and de Boer E. Pathogenen en Paralytic Shellfish Poison in schelpdieren. De Ware(n)-Chemicus 2002; 32(4): 203-208.
- Jørgensen F, Bailey R, Williams S, Henderson P, Wareing DRA, Bolton FJ, Frost JA, Ward L, Humphrey TJ. Prevalence and numbers of Salmonella and Campylobacter spp. on raw, whole chickens in relation to sampling methods. Int J Food Microbiol 2002; 76: 151 – 164.
- Jørgensen F, Bailey RA, Williams SS, Humphrey TJ, Henderson P, Wareing D, Bolton FJ, Frost J, Ward L, and Threlfall J. Methods used for assessment of the number and prevalence of Salmonella and Campylobacter spp. on raw retail chickens. Exeter, UK: PHLS; 1999.
- Kistemaker C, Bouman M, Hulshof KFAM. De consumptie van afzonderlijke producten door de Nederlandse bevolkingsgroepen – Voedselconsumptiepeiling 1997-1998. Zeist: TNO-voeding; 1998. TNO rapport V98.812, 12 pp.

- Kramer JM, Frost JA, Bolton FJ, and Wareing DRA. Campylobacter contamination of raw meat and poultry at retail sale: identification of multiple types and comparison with isolates from human infection. *J Food Prot* 2000; 63(12): 1654-1659.
- Lammerding AM, Garcia MM, Mann ED, Robinson Y, Dorward WJ, Truscott RB, and Tittiger F. Prevalence of Salmonella and thermophilic Campylobacter in fresh pork, beef, veal and poultry in Canada. *J Food Prot* 1988; 51: 47-52.
- Loewenherz-Luning K, Heitmann M, Hildebrandt G. Survey about the occurrence of Campylobacter jejuni in food of animal origin. *Fleischwirtschaft* 1996; 76: 958-61.
- Lund V. Evaluation of *E.coli* as an indicator for the presence of *Campylobacter jejuni* and *Yersinia enterocolitica* in chlorinated and untreated oligotrophic lake water. *Wat Res* 1996; 30: 1528-1534.
- Medema GJ, Schets FM. Campylobacter en Salmonella op reservoirs voor de drinkwaterbereiding. 1994. RIVM rapport 149103002.
- Nauta, MJ, Evers EG, Takumi K, and Havelaar AH. Risk assessment of Shiga-toxin producing Escherichia coli O157 in steak tartare in the Netherlands. Bilthoven: RIVM; 2001. Report 257851003/2001.
- Oosterom J, de Wilde GJA, de Boer E, de Blaauw LH, and Karman H. Survival of Campylobacter jejuni during poultry processing and pig slaughtering. *J Food Prot* 1983; 46: 702-706, 709.
- Oosterom J, Dekker R, Wilde GJA, Kempen-de Troye F, and Engels GB. Prevalence of Campylobacter jejuni and Salmonella during pig slaughtering. *Vet Q* 1985; 7: 31-34.
- Paiba GA, Gibbens, JC. Prevalence of faecal carriage of VTEC O157 and other foodborne pathogens by cattle and sheep at slaughter in Great Britain. VLA; September 2000.
- Productschappen voor Vee, Vlees en Eieren. Vee, Vlees en Eieren in Nederland. Zoetermeer; 2001. 56 pp.
- Reinhard RG, McAdam TJ, Flick GJ, Croonenberghs RE, Wittman RF, Diallo AA, and Fernandes C. Analysis of Campylobacter jejuni, Campylobacter coli, Salmonella, Klebsiella pneumoniae, and Escherichia coli O157:H7 in fresh hand picked blue crab (*Callinectes sapidus*) meat. *J Food Prot* 1996; 59: 803-807.
- Rodrigues LC, Cowden JM, Wheeler JG, Sethi D, Wall PG, Cumberland P, Tompkins DS, Hudson MJ, Roberts, JA, Roderick PJ. The study of infectious intestinal disease in England: risk factors for cases of infectious intestinal disease with Campylobacter jejuni infection. *Epidemiol Infect* 2001; 127(2): 185-93.
- Ruiter H and Medema GJ. Cryptosporidium en Giardia in zwemwater en infectierisico's voor waterrecreanten. *H<sub>2</sub>O* 2000; 33(23): 28-31.
- Schenk JD. OBB4, Globaal overzicht van de huidige inrichtingen, Ontwerp en beheer van openbare circulatiebaden, therapiebaden, sauna's en whirlpools. Stichting postakademisch onderwijs, Gezondheidstechniek en milieutechnologie; Maart 1988.
- Schijven J. Schatting van de kans op infectie door Campylobacter via water. *H<sub>2</sub>O* 2003; 19: 27-30.
- Sierra ML, Gonzalez Fandos E, Garcia Lopez ML, Garcia Fernandes MC, and Prieto M. Prevalence of Salmonella, Yersinia, Aeromonas, Campylobacter, and cold growing Escherichia coli on freshly dressed lamb carcasses. *J Food Prot* 1995; 58: 1183-1185.
- Slimani N, Deharveng G, Charrondiere RU, van Kappel AL, Ocke MC, Welch A, Lagiou A, van Liere M, Agudo A, Pala V, Brandstetter B, Andren C, Stripp C, van Staveren WA, Riboli E. Structure of the standardized computerized 24-h diet recall interview used as reference method in the 22 centers participating in the EPIC project. *European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition. Comput Methods Programs Biomed* 1999; 58(3): 251-66.

- Stanley KN, Wallace JS, Currie JE, Diggle PE, and Jones K. The seasonal variation of thermophilic *Campylobacters* in beef cattle, dairy cattle and calves. *J Appl Microbiol* 1998b; 85: 472-480.
- Stanley KN, Wallace JS, Currie JE, Diggle PJ, and Jones K. Seasonal variation of thermophilic *campylobacters* in lambs at slaughter. *J Appl Microbiol* 1998a; 84: 1111-1116.
- Steinhauserova I, Fojtikova K, Klimes J. The incidence and PCR detection of *Campylobacter upsaliensis* in dogs and cats. *Lett Appl Microbiol* 2000; 31: 209-212.
- Stern NJ, and Kazmi, SU. *Campylobacter jejuni*. In: Doyle MP. Foodborne bacterial pathogens. New York: Marcel Dekker Inc.; 1989. pp. 71-110.
- Stern NJ, Clavero MRS, Bailey JS, Cox NA, and Robach MC. *Campylobacter* spp. in broilers on the farm and after transport. *Poultry Science* 1995; 74: 937-941.
- Tabak C, Smit HA, Heederik D, Ocké MC, Kromhout D. Diet and chronic obstructive pulmonary disease: independent beneficial effects of fruits, whole grains, and alcohol (the MORGEN study). *Clin Exp Allergy* 2001; 31(5): 747-55.
- Teunis P, Havelaar A, Vliegthart J, and Roessink C. Risk assessment of *Campylobacter* species in shellfish: identifying the unknown. *Water Sci Tech* 1997; 35(11-12): 29-34.
- Teunis PFM, Evers EG, Slob W. Analysis of variable fractions resulting from microbial counts. *Quant Microbiol* 1999; 1: 63-88.
- Teunis PFM, Havelaar AH. The Beta Poisson dose-response model is not a single-hit model. *Risk Anal* 2000; 20(4): 513-520.
- Teunis PFM, Medema GJ, Kruidenier L and Havelaar AH. Assessment of the risk of infection by *Cryptosporidium* or *Giardia* in drinking water from a surface water source. *Water Res* 1997; 31(6): 1333-1346.
- Voedingscentrum. NEVO-tabel. Nederlandse Voedingsstoffenbestand 1996. Den Haag: Stichting NEVO; 1996.
- Vose D. Risk analysis. A quantitative guide. Second edition. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd; 2000.
- VWS/LNV. Report on trends and sources of zoonotic agents. The Netherlands 2001. Valkenburgh SM, van Oosterom RAA, van Pelt W, Komijn RE, editors: VWS/LNV; 2002.
- Wagenaar J, Van den Brandhof W, Van Pelt W, Pothoven E, Dijkstra J, Schoormans A, Duim B, Wolfs T, Jacobs-Reitsma W, Van den Kerkhof H, Heuvelink A, Van Duynhoven Y. Direct and indirect transmission of *Campylobacter* from animals to man. In: RIVM. Control of *Campylobacteriosis* in Europe, Symposium 17 april 2003; Bilthoven; 2003, p. 22-26.
- Weijtens MJB, Bijker PGH, Van der Plas J, Urlings HAP, Biesheuvel MH. *Vet Q* 1993; 15(4): 138-43.