WAGENINGEN UNIVERSITEIT
AGROTECHNOLOGIE EN
VOEDINGSWETENSCHAPPEN

Toiletgebruik in relatie tot blootstelling aan micro-organismen in aërosolen

Een risicoanalyse voor blootstelling aan micro-organismen in aërosolen na toiletspoelingen met grijswater in plaats van drinkwater

juni 2003

C.A.A. Butijn
J.P. Groot - Marcus
W.A.M. Hijnen
M.C. van Putten
P.M.J. Terpstra

WAGENINGEN UR

Toiletgebruik in relatie tot blootstelling aan micro-organismen in aërosolen

E.E.T. project Duurzame Waterhuishouding

juni 2003

C.A.A. Butijn
J.P. Groot-Marcus
W.A.M. Hijnen
M.C. van Putten
P.M.J. Terpstra

Onderzoeksrapport
CTP Publicatie: 0301

Toiletgebruik in relatie tot blootstelling aan micro-organismen in aërosolen
EET project Duurzame Waterhuishouding
C.A.A. Butijn, J.P. Groot-Marcus, W.A.M. Hijnen, M.C. van Putten, P.M.J. Terpstra
Wageningen: Wageningen University and Research Center,
Consumer Technology and Product Use. (CTP Publicatie 0301)
With references.

Keywords: Aerosols, micro-organisms, toilet use, grey water, water reuse, households, risk analysis, consumer behaviour

Cover design: M. Geervliet
Press: Grafisch Service Centrum Van Gils B.V., Wageningen

ISBN: 90-6754-716-6

© Copyright: 2003 Wageningen University,
Consumer Technology and Product Use, Postbox 8060, 6700 DA Wageningen

Alle rechten voorbehouden. Niets van deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.
No part in this book may be reproduced in any form, by print, photo print, microfilm or any other means without written permission from the publisher.

INHOUD

Samenvatting V

1. Inleiding 1
1.1 Achtergrond 1
1.2 Doel van het onderzoek 1
1.3 Indeling van het rapport 2

2. Model voor Risicoanalyse 5
2.1 Risicoanalyse 5
2.2 Model voor risicoanalyse (I) 5
2.3 Model voor risicoanalyse (II) 6
2.3.1 Fase 1: Formulering van het probleem 7
2.3.2 Fase 2: Analyse 8
2.3.3 Fase 3: Risico karakterisering 8
2.3.4 Overeenkomsten en verschillen tussen beide modellen 9
2.4 Risicoanalyse voor toiletspoelingen met grijswater 9
2.4.1 Formulering van het probleem 10
2.4.2 Analyse 12
2.4.3 Risico karakterisering 14

3. Methoden van onderzoek 17
3.1 Onderzoeksopzet 17
3.2 Gebruikspatronen toilet door huishoudens 18
3.2.1 Keuze respondenten 18
3.2.2 Registratie toiletgebruik 19
3.2.3 Dagboekjes en interview 19
3.3 Laboratorium experimenten verneveling micro-organismen 20
3.3.1 Materialen 20
3.3.2 Opstelling en globale testprocedure 21
3.3.3 Micro-organisme dosering en bepaling 22
3.3.4 Luchtbemonstering 22
3.3.5 Oppervlaktebemonstering 23
3.4 Meting concentratie micro-organismen rond toiletten in huishoudens 23
3.4.1 Keuze en instructie deelnemende huishoudens 23
3.4.2 Waterbemonstering 24
3.4.3 Luchtmetingen 24

4. Gebruikspatronen toilet bij huishoudens 27
4.1 Samenstelling steekproef 27
4.1.1 Huisvesting 27
4.1.2 Toilettype 28
4.1.3 Toiletreiniging 30
4.1.4 Opvattingen over watergebruik 32
4.2 Analyse toiletbezoeken 32
4.2.1 Frequentie en tijdpatronen toiletbezoeken 33
4.2.2 Toiletgebruik beneden en boven 35
4.2.3 Tijdsduur toiletbezoeken 36
4.2.4 Tijdsduur tussen toiletbezoeken 42
4.3 Discussie en vergelijking met ander onderzoek 50

5. Verneveling van micro-organismen bij doorspoelen toilet 51
5.1 Inleiding 51
5.2 Micro-organismen in standwater 51
5.2.1 Micro-organismen in standwater in laboratoriumsituatie *51*
5.2.2 Micro-organismen in standwater in veldsituatie *52*
5.3 Micro-organismen in de lucht 54
5.3.1 Micro-organismen in lucht in laboratoriumsituatie *54*
5.3.2 Micro-organismen in lucht in veldsituatie *57*
5.3.3 Vergelijking laboratoriumtesten en veldmetingen en ander onderzoek; lucht *58*
5.4 Micro-organismen op toiletzitting 60
5.4.1 Micro-organismen op toiletzitting in laboratoriumsituatie *60*
5.4.2 Mcro-organismen op toiletzitting in veldsituatie *62*
5.4.3 Vergelijking laboratoriumtesten en veldmetingen; oppervlak toiletzitting *62*

6. Conclusie 65
6.1 Gebruiksfrequenties en duur toiletbezoeken 65
6.2 Concentraties pathogenen in de lucht en op de toiletzitting 65
6.3 Risico van blootstelling (inschatting en beschrijving) 66
6.4 Centrale onderzoeksvraag 67

7. Discussie en aanbevelingen 69
7.1 Discussie 69
7.2 Aanbevelingen 70

Bronvermelding 71

Bijlagen 73
Bijlage I Dagboekje dat door respondenten bij ieder toiletgebruik ingevuld moest worden 75
Bijlage II Brief met korte toelichting voor de respondenten 77
Bijlage III Vragenlijst na afloop van de meting van gebruikspatronen van het toilet 79
Bijlage IV Handleiding voor het nemen van de microbiologische monsters door respondenten 91
Bijlage V Testprotocol laboratoriumtesten 95
Bijlage VI Variantie analyse 97
Bijlage VII Overzicht gegevens laboratoriumonderzoek 98
Bijlage VIII Overzicht gegevens veldmetingen 99

Samenvatting

Dit rapport beschrijft een risicoanalyse voor de blootstelling aan micro-organismen in aërosolen bij toiletspoelingen met grijswater in vergelijking met drinkwater. Deze risicoanalyse is gedaan in het kader van het KIEM-EET project "duurzame waterhuishouding", waarbij beoogd wordt grijswater decentraal opnieuw te gebruiken.

Het doel van dit onderzoek is:
Het maken van een kwantitatieve vergelijking tussen het risico van blootstelling aan aërosolen van toiletspoelingen met grijswater en het risico van blootstelling aan aërosolen van toiletspoelingen met drinkwater.

Het model dat gebruikt is om de risicoanalyse uit te voeren, is dat van het ILSI, het International Life Science Institute. De belangrijkste kenmerken van dat model zijn dat het niet speciaal voor levensmiddelen ontwikkeld is, maar ook voor water, dat het inzicht geeft in de afzonderlijke fasen van de risicoanalyse en dat het een duidelijke afbakening van het doel van de risicoanalyse zo belangrijk vindt dat dit een onderdeel van de risicoanalyse zelf is.

De micro-organismen die centraal staan bij deze risicoanalyse zijn: Bacteriofagen, *E. coli*, *C. perfringens* en *Legionella*.
Uit literatuur is niets bekend over gebruikspatronen van het toilet door huishoudens. Ook is nauwelijks informatie over de contaminatie van het standwater van toiletten en de mate waarin micro-organismen vanuit het spoelwater en vanuit het standwater verneveld worden. Daarom is hiernaar onderzoek gedaan.

In 24 huishoudens heeft men vier weken lang alle toiletbezoeken in een dagboekje genoteerd. Door middel van een meetapparatuur in de stortbak van de toiletten is geregistreerd wanneer het toilet doorgespoeld werd.
Het blijkt dat ouderen langer in de toiletruimte verblijven dan jongere mensen. De tijd tussen twee toiletbezoeken aan een bepaald toilet is in oudere huishoudens ook langer dan bij jongere huishoudens. De gemiddelde tijd die ouderen in de toiletruimte doorbrengen is 22,9 minuten. Dit is een gemiddelde voor alle toiletbezoeken van ouderen aan beide toiletten.

Tijdens laboratoriumexperimenten werd in een geconditioneerde ruimte de mate van verneveling van fecale micro-organismen gekwantificeerd bij toiletspoelingen met kunstmatig sterk besmet water. Ook is de mate waarin micro-organismen op de toiletzitting terechtkomen bepaald.
Bij 10 van de 24 huishoudens die deel genomen hebben aan het onderzoek naar de gebruikspatronen zijn monsters genomen van het standwater in de toiletpot en zijn monsters genomen van de lucht na een fecale toiletgang en na het mannelijk urineren.

De eerste conclusie die uit de laboratoriumexperimenten getrokken wordt is dat door een te geringe steekproef en een ongelijke verdeling in toilettype de invloed van het toilettype op de aantallen micro-organismen in het standwater niet worden vastgesteld.
Het lijkt zo te zijn dat de micro-organismen in de weg te spoelen suspensie niet in de lucht terechtkomen. Tijdens experimenten waarbij vloeibare feces in de toiletpot de enige bron van micro-organismen zijn, worden geen micro-organismen in de lucht aangetoond.
Bij toiletspoelingen met grijswater, waarbij het grijswater de enige bron van micro-organismen was, zijn micro-organismen in de lucht aangetoond. Dit is een aanwijzing dat micro-organismen uit het spoelwater in de lucht terechtkunnen komen.
Als de contaminatie van de lucht door het grijze spoelwater gekwantificeerd wordt, blijkt dat de toegevoegde contaminatie van de lucht door het grijze spoelwater in een worst case 3×10^{-6} per liter lucht is.

Er lijkt een verband te bestaan tussen de aanwezigheid van fecale micro-organismen in het standwater van de toiletpot en het voorkomen van dat micro-organisme in de lucht. Het spoelwater kan tijdens de veldmetingen als bron van micro-organismen uitgesloten worden, doordat bij huishoudens met drinkwater gespoeld wordt, waarin geen fecale micro-organismen aanwezig mogen zijn. Dit vormt een aanwijzing dat het standwater ook invloed heeft op de concentratie micro-organismen die in de lucht aangetroffen wordt.

Het blijkt dat het standwater een grotere rol speelt bij de besmetting van de lucht dan het spoelwater. Dit blijkt uit het feit dat bij toiletspoelingen met grijswater in het laboratorium de fractie micro-organismen die in de lucht terechtkomt veel lager is dan bij de toiletspoelingen met drinkwater bij de huishoudens.
Geconcludeerd kan worden dat de toegevoegde contaminatie van de lucht met micro-organismen door grijswater, verwaarloosbaar is ten opzichte van de besmetting door het standwater in een veldsituatie.

Voor de berekening van het relatieve risico van toiletspoelingen met grijswater ten opzichte van toiletspoelingen met drinkwater wordt het kwantitatieve risico van grijswater gedeeld door het kwantitatieve risico van drinkwater.
Het blijkt dat het relatieve toegevoegde risico van toiletspoelingen met grijswater ten opzichte van toiletspoelingen met drinkwater $1{,}6 \times 10^{-5}$ is.

Op basis van deze verhouding tussen het risico van toiletspoelingen met grijswater ten opzichte van toiletspoelingen met drinkwater kan geconcludeerd worden dat grijswater geen noemenswaardige extra risico's voor de gezondheid veroorzaakt in vergelijking met toiletspoelingen met drinkwater. Het grootste deel van het risico van blootstelling aan micro-organismen in de toiletruimte wordt veroorzaakt door micro-organismen in aërosolen die afkomstig zijn uit het standwater en niet uit het spoelwater.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

In Nederland wordt een toilettechnologie toegepast waarbij de feces en urine met behulp van waterspoeling worden afgevoerd. Bij een dergelijke spoelmethode ontstaan onvermijdelijk aërosolen die in theorie door de gebruiker ingeademd kunnen worden.
Indien de spoelvloeistof en/of het standwater in de toiletpot pathogene micro-organismen bevatten, ontstaat hiermee een gezondheidsrisico.
Op dit moment zijn geen betrouwbare gegevens bekend over de hoeveelheid micro-organismen in standwater. Ook ontbreken betrouwbare gegevens over de micro-organismen in aërosolen die tijdens een toiletspoeling ontstaan.
Het in kaart brengen van blootstelling aan aërosolen en het hiermee samenhangende infectierisico is daarom van wezenlijk belang.

Tevens wordt in toenemende mate gesproken over de inzet van grijswater voor toiletspoeling om zo waterbesparing in de huishouding te realiseren. Het is aangetoond dat dit water risicovolle micro-organismen zoals enterovisrussen, *E. coli*, *C. perfringens*, *Campylobacter* en *Legionella* kan bevatten (Hijnen & Groot-Marcus, 2001, Albrechtsen, 2002, Eriksson et al., 2002). Aangezien deze micro-organismen in het grijswater voor kunnen komen, zouden ze ook in de aërosolen ontstaan uit dit spoelwater voor kunnen komen.
Voor centraal geleverd huishoudwater dat voor toiletspoeling wordt gebruikt, heeft dit geleid tot eisen ten aanzien van de aanwezigheid van de belangrijkste darmpathogenen (enterovirussen, *Giardia*, *Cryptosporidium*, *Campylobacter* en bacteriën van de coligroep) die in oppervlaktewater voorkomen (Versteegh et al., 1997).
Naast het risico van blootstelling aan darmpathogenen bij gebruik van grijswater voor toiletspoeling bestaat er ook een gevaar voor blootstelling aan andere pathogene micro-organismen die zich bij opslag en transport van grijswater kunnen vermeerderen. De belangrijkste vertegenwoordiger van deze groep is *Legionella pneumophila*. Deze bacterie kan via regenwater dat gebruikt wordt in de wasmachine in het grijswater terechtkomen.
Wanneer grijswater decentraal wordt hergebruikt, zoals dat wordt beoogd in het KIEM-EET project "duurzame waterhuishouding", wordt er vanuit gegaan dat het toegevoegde risico van blootstelling aan darmpathogenen te verwaarlozen is ten opzichte van het totale risico van blootstelling bij toiletgebruik (Hijnen & Groot-Marcus, 2001). Om dit te toetsen en tevens de gezondheidsrisico's van nagroeiende pathogenen als *Legionella* te kunnen inschatten, is aanvullend kwantitatief onderzoek in de praktijk en in het laboratorium uitgevoerd.

1.2 Doel van het onderzoek

Het doel van dit onderzoek is het maken van een kwantitatieve vergelijking tussen het risico van blootstelling aan aërosolen van toiletspoelingen met grijswater en het risico van blootstelling aan aërosolen van toiletspoelingen met drinkwater. Blootstelling is het voorkomen van een micro-organisme in de lucht (concentratie) vermenigvuldigd met de inname (ml per persoon per tijdseenheid).
Om deze doelstelling te kunnen bereiken wordt een risicoanalyse voor beide situaties uitgevoerd. Het model dat gebruikt wordt voor deze risicoanalyse wordt in hoofdstuk twee beschreven.

Om een kwantitatieve vergelijking tussen het risico van blootstelling aan aërosolen van toiletspoelingen met grijswater en het risico van blootstelling aan aërosolen van toiletspoelingen met drinkwater te kunnen maken, zijn een aantal deelvragen voor dit onderzoek geformuleerd.

De eerste deelvraag is hoe de gebruikspatronen van het toilet door huishoudens zijn. Dit om de blootstelling te kunnen kwantificeren. Inname van micro-organismen is namelijk afhankelijk van gebruikspatronen van het toilet.

De tweede deelvraag van dit onderzoek betreft de fractie micro-organismen die door een toiletspoeling in de lucht terechtkomt. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen twee typen toiletpotten, een diepspoeler en een vlakspoeler.
Het doel is deze fracties micro-organismen die in de lucht terechtkomen bij spoelingen met grijswater en bij spoelingen met drinkwater met elkaar te vergeleken.
Deze deelvraag resulteert in een viertal fracties:

- De fractie micro-organismen die vanuit het grijswater dat voor de toiletspoeling gebruikt wordt, in de lucht terechtkomt (een fractie voor de diepspoeler en een fractie voor de vlakspoeler);
- De fractie micro-organismen die vanuit het drinkwater dat voor de toiletspoeling gebruikt wordt, in de lucht terechtkomt (een fractie voor de diepspoeler en een fractie voor de vlakspoeler).

Een andere bron van blootstelling aan micro-organismen in de toiletruimte, naast aërosolen in de lucht, is de toiletzitting. Hieruit volgt de laatste deelvraag van dit onderzoek: wat is de fractie fecale micro-organismen die vanuit het water (hetzij standwater, hetzij spoelwater) op de toiletzitting terechtkan komen.
Ook deze deelvraag resulteert in een viertal fracties, zoals hierboven genoemd. Het verschil is dat het bij deze fracties niet om micro-organismen die in de lucht terechtkomen gaat, maar om de micro-organismen die op de toiletzitting terechtkomen.

Een deel van deze vragen wordt beantwoord door metingen in een laboratoriumomgeving. Een ander deel van deze doelstellingen wordt bereikt door metingen en interviews in een veldsituatie, bij huishoudens thuis. De exacte manier waarop deze doelstellingen bereikt worden, staat in hoofdstuk drie beschreven.

1.3 Indeling van het rapport

Zoals eerder al gezegd is, bestaat dit onderzoek uit een risicoanalyse voor toiletspoelingen met grijswater in plaats van met drinkwater. Het gebruikte model voor risicoanalyse wordt in hoofdstuk twee besproken. Eerst wordt het model toegelicht. Vervolgens wordt met behulp van beschikbare literatuur een begin gemaakt met de risicoanalyse; de eerste stappen van de risicoanalyse worden gedaan. Een aantal essentiële stappen van de risicoanalyse kan op basis van literatuur nog niet gedaan worden, omdat hierover nog geen literatuur bekend is. De informatie die hiervoor nodig is, wordt verkregen door bovengenoemde deelvragen te beantwoorden.

In hoofdstuk drie wordt beschreven hoe het onderzoek uitgevoerd is.
In hoofdstuk vier staan de huishoudens die deelgenomen hebben aan het onderzoek beschreven. Daarnaast worden de gebruikspatronen van het toilet van deze huishoudens beschreven. Daarbij wordt aandacht besteed aan het gebruik van de verschillende toiletten in huis, aan de tijd die men in de toiletruimte verblijft en aan de tijd die tussen de toiletbezoeken van alle leden van het huishouden zit. Hierbij wordt onderscheid gemaakt naar de gebruikspatronen van mensen van verschillende leeftijdsgroepen en naar de aard van de boodschap die gedaan wordt. Dit wordt gedaan, omdat er aanwijzingen zijn dat jonge mensen en oudere mensen een groter infectierisico hebben dan anderen (Lammerding & Fazil, 2000). Daarnaast bevatten fecaliën meer pathogene micro-organismen dan urine. Dit is de reden dat ook onderscheid naar het soort boodschap gemaakt wordt.

Hoofdstuk vijf behandelt de resultaten van het deel van het onderzoek dat zich richt op de fracties micro-organismen die vanuit het standwater en het spoelwater respectievelijk in de lucht en op de toiletzitting terechtkomen. Allereerst wordt de contaminatie van het standwater met micro-organismen besproken. Dit is zowel bij de laboratoriumexperimenten bij de toiletspoelingen met kunstmatig

aangemaakt grijswater en met drinkwater gemeten als bij de huishoudens thuis bij de toiletspoelingen met drinkwater.
Vervolgens wordt de fractie micro-organismen die vanuit het spoelwater in de lucht terechtkomt besproken. Deze fracties zijn ook zowel in het laboratorium gemeten, als bij de huishoudens thuis. Hierbij wordt, waar mogelijk onderscheid gemaakt tussen de twee toilettypen.
Tot slot wordt ingegaan op de fractie micro-organismen die vanuit het standwater en vanuit het spoelwater op de toiletzitting terechtkomt. Ook hierbij wordt, waar mogelijk onderscheid gemaakt tussen de twee typen toiletten.

In hoofdstuk zes wordt de in hoofdstuk twee begonnen risicoanalyse voltooid met de informatie die door dit onderzoek beschikbaar is gekomen en in hoofdstuk vier en vijf beschreven is. In dit hoofdstuk zal een kwantitatief antwoord gegeven worden op de vraag of en zo ja, welk verschil er is tussen het risico van blootstelling aan aërosolen veroorzaakt door toiletspoelingen met grijswater en het risico van blootstelling aan aërosolen veroorzaakt door toiletspoelingen met drinkwater.
Het antwoord op deze vraag zal een getal zijn dat aangeeft hoeveel groter het risico van blootstelling aan aërosolen veroorzaakt door toiletspoelingen met grijswater is, ten opzichte van blootstelling aan aërosolen veroorzaakt door toiletspoelingen met drinkwater.

In het laatste hoofdstuk wordt het onderzoek bediscussieerd en worden aanbevelingen gedaan voor verder onderzoek.

2 Model voor Risicoanalyse

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op het maken van de risicoanalyse. Daarbij wordt inzicht gegeven in de stappen die ondernomen worden om tot een afgewogen beslissing te komen over de risico's van toiletspoelingen met grijswater in plaats van met drinkwater.
Allereerst wordt ingegaan op enkele modellen voor risicoanalyse. De meeste van dit soort modellen zijn ontwikkeld voor risicoanalyses in de levensmiddelenindustrie. Vervolgens zal aan de hand van de beschreven modellen, voor zover dat aan de hand van literatuur mogelijk is, een risicoanalyse voor toiletspoelingen met grijswater in plaats van met drinkwater uitgevoerd worden. De gegevens die ontbreken om de risicoanalyse helemaal uit te voeren, worden in hoofdstuk vier en vijf besproken. In hoofdstuk zes wordt de laatste fase van de risicoanalyse uitgevoerd met behulp van de resultaten van dit onderzoek.

2.1 Risicoanalyse

Om veiligheidsrisico's te beheersen is het belangrijk om te identificeren welke pathogenen en welke situaties leiden tot ziekte en om te bepalen welke effecten deze hebben op de gezondheid. Een microbiologische infectie kan voorkomen indien een vatbaar individu een pathogeen micro-organismen of een microbiologisch toxine consumeert. Niet iedere blootstelling aan een pathogeen zal resulteren in een infectie, of ziekte en niet ieder individu in een populatie is even vatbaar voor alle pathogenen. Daarom is de kans op ziekte een combinatie van de waarschijnlijkheid van blootstelling aan een pathogeen, de waarschijnlijkheid dat die blootstelling leidt tot een infectie of vergiftiging en vervolgens ziekte en de ernst van de ziekte (Lammerding & Fazil, 2000).

Er zijn twee algemene benaderingen voor risicoanalyse. De eerste is een kwalitatieve methode, waarbij de informatie beschrijvend is en geanalyseerd wordt. De tweede is een kwantitatieve benadering waarbij wiskundige analyses van numerieke data gemaakt worden.
Kwantitatieve risicoanalyses worden geprefereerd boven kwalitatieve risicoanalyses. Indien numerieke gegevens beperkt zijn kan het zijn dat de enige optie om een risicoanalyse uit te voeren een kwalitatieve is. Een kwalitatieve risicoanalyse kan ook gedaan worden om te bepalen of het relevant is een uitgebreide kwantitatieve risicoanalyse uit te voeren.
Een kwalitatieve risicoanalyse dient dezelfde systematische benadering te volgen als een kwantitatieve risicoanalyse, waarbij aandacht wordt besteed aan de vier bovengenoemde delen van een risicoanalyse (Lammerding & Fazil, 2000).

2.2 Model voor risicoanalyse (I)

Volgens Lammerding en fazil (2000) bestaat een risicoanalyse uit vier delen, namelijk identificatie van gevaren, beoordeling van de blootstelling, kenmerking van de gevaren en kenmerking van de risico's. Deze stappen van risicoanalyse beschrijven een systematische aanpak voor het identificeren en beoordelen van de relevantie van microbiologische gevaren. Met het begrip 'gevaar' wordt hier gedoeld op een micro-organisme en/ of het toxine daarvan dat de potentie heeft een negatief effect op de gezondheid te hebben.
Voorafgaand aan deze vier stappen, hoort het doel van de risicoanalyse vastgesteld te worden. Dit is belangrijk, omdat op die manier alle betrokkenen hetzelfde doel voor ogen hebben en dus dezelfde vragen stellen bij het maken van de risicoanalyse (Lammerding & Fazil, 2000).

De identificatie van gevaren is zoals gezegd de eerste stap van een risicoanalyse. Het belangrijkste doel hiervan is vast te stellen of voldoende aanwijzingen zijn dat een substantie, bijvoorbeeld een chemische stof, als oorzaak van een negatief gezondheidseffect, bijvoorbeeld kanker, beschouwd kan

worden. Bij microbiologische risicoanalyses is het gevaar meestal al gedefinieerd voorafgaand aan de risicoanalyse. Het gevaar wordt dan omschreven als in staat zijn om menselijke ziekte te veroorzaken. Microbiologische risicoanalyses richten zicht primair op het vaststellen van de belangrijkste bronnen van blootstelling aan de pathogenen, of op het vaststellen welke pathogenen van belang zijn in een specifieke situatie (Lammerding & Fazil, 2000).

Bij het beoordelen van de blootstelling gaat het om de inschatting van hoe waarschijnlijk het is dat een individu of een populatie blootgesteld wordt aan een microbiologisch gevaar en welke aantallen van het betreffende micro-organisme dan naar alle waarschijnlijkheid in het lichaam terechtkunnen komen. De beoordeling van de blootstelling aan micro-organismen is lastig, omdat rekening gehouden moet worden met het medium waarin de micro-organismen zich bevinden. Afhankelijk van het medium en het betreffende micro-organisme kunnen micro-organismen zich vermeerderen, of juist afsterven. Daarnaast moet rekening gehouden worden met de mogelijkheid dat micro-organismen in het medium waarin ze zich bevinden toxines vormen waaraan mensen blootgesteld kunnen worden.
Voor voedsel dient bijvoorbeeld rekening gehouden te worden met de invloed van factoren zoals de eigenschappen van het betreffende pathogeen, de aanwezigheid van andere micro-organismen in het voedingsmiddel, de oorspronkelijke besmettingsgraad van de grondstoffen, de methode van verwerking, verpakking, distributie en opslag.
Ook dient rekening gehouden te worden met patronen van voedselconsumptie voor de blootstelling aan pathogenen. Daarvoor is informatie nodig over onder andere de grootte van de porties, de frequentie van het nuttigen van het voedingsmiddel, en de omstandigheden waaronder het voedingsmiddel bereid wordt en genuttigd.
Socio-economische en culturele factoren, seizoenen, regionale verschillen, consumentenvoorkeuren en gedrag kunnen van invloed zijn op consumptiepatronen en daardoor ook op de blootstelling aan een micro-organisme (Lammerding & Fazil, 2000).

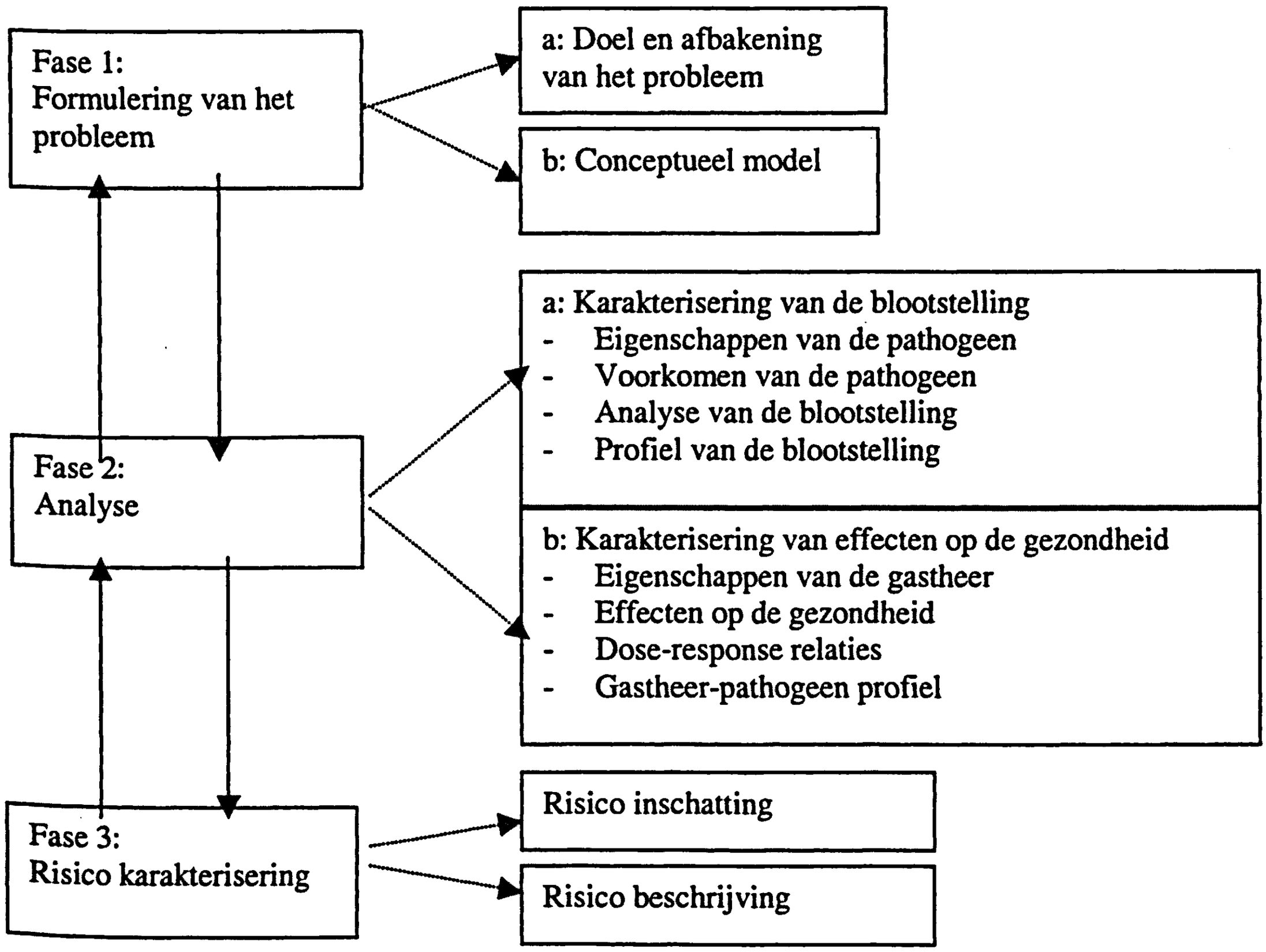
De reactie van een menselijke populatie op blootstelling aan een pathogeen is zeer variabel. Dat blijkt uit het feit dat de incidentie van een ziekte afhankelijk is van een aantal factoren, zoals de kwaadaardigheid van een pathogeen, het aantal cellen dat in het lichaam terechtkomt, de algehele gezondheid van de gastheer en de kenmerken van het medium waarin de pathogeen zich bevindt (Buchanan et al., 2000). Dit werd hierboven al opgemerkt door Lammerding en fazil (2000).
De waarschijnlijkheid dat een individu ziek wordt van een blootstelling aan een pathogeen is afhankelijk van de interactie van drie factoren, namelijk de algehele gezondheid van de gastheer, het soort pathogeen en het medium waarin de pathogeen zich bevindt (Buchanan et al., 2000).

Het in kaart brengen van de risico's is de integratie van de blootstelling en de dose-response relatie. Hierdoor ontstaat een beoordeling van de waarschijnlijkheid dat de populatie negatieve effecten ondervindt als een gevolg van een bepaald gevaar.
Bij een kwantitatieve risicoanalyse vormt de beoordeling van de blootstelling de input voor de formules van de dose-response relatie. Als deze opgelost worden wordt de risico-inschatting verkregen. In aanvulling op het vaststellen van de waarschijnlijkheid dat een gevaar een negatief effect op de populatie zal hebben, dient ook een beoordeling van de ernst van dat gevaar gemaakt worden (Buchanan et al., 2000).

2.3 Model voor risicoanalyse (II)

Het Risk Science Institute, een onderdeel van het International Life Sciences Institute (ILSI) heeft een model voor risicoanalyse opgesteld. Dit model beschrijft drie fasen voor de analyse, namelijk probleem formulering, analyse en kenmerking van de risico's. Waarbij de analyse fase onderverdeeld wordt in twee delen, namelijk karakterisering van de blootstelling en karakterisering van de gevolgen voor de gezondheid van de mens (ILSI, 2000).

In onderstaand schema is dit model voor risicoanalyse van het ILSI (2000) weergegeven. In de volgende subparagrafen worden deze afzonderlijke fases verder uitgelegd.



Figuur 2.1 Model voor risicoanalyse (II) van het ILSI (2000).

2.3.1 *Fase 1: Formulering van het probleem*

Een risicoanalyse kan verschillende doeleindes hebben, zoals het beoordelen van de potentie van een bekend micro-organisme om schade toe te brengen aan de gezondheid van de mens, of in geval van een epidemie waarbij het micro-organisme en/ of de manier van verspreiding onbekend is en om kritische controle punten/ momenten te bepalen. Afhankelijk van het doel van de risicoanalyse worden verschillende vragen gesteld, omdat verschillende soorten informatie beschikbaar zijn. Daarom is het vaststellen van het probleem en het doel van een risicoanalyse van wezenlijk belang. Daarbij hoort ook het afbakenen van het probleem (ILSI, 2000).

Een ander onderdeel van de eerste fase van risicoanalyse volgens dit model is het opstellen van een conceptueel model. Het conceptueel model beschrijft de interacties van een bepaald pathogeen of medium en een gedefinieerde populatie volgens een bepaald blootstellingscenario. Het conceptueel model wordt gebruikt om te bepalen welke gegevens nodig zijn voor de risicoanalyse.
Bij het opstellen van een conceptueel model wordt gekeken naar blootstelling en gezondheidseffecten, eigenschappen van pathogenen en de eigenschappen van de gastheer. Daarnaast wordt gekeken naar blootstellingscenario's en gezondheidseffecten (ILSI, 2000).

2.3.2 Fase 2: Analyse

De analyse fase van risicoanalyse bestaat uit de technische beoordeling van data met betrekking tot de potentiële blootstelling en daarmee samenhangende gezondheidseffecten. Deze fase is gebaseerd op het conceptueel model dat eerder al ontwikkeld is. Deze fase bestaat uit twee delen, namelijk de karakterisering van de blootstelling en de karakterisering van de effecten op de menselijke gezondheid (ILSI, 2000).

De karakterisering van de blootstelling omvat een evaluatie van de interactie tussen pathogeen, omgeving en de mens en kan uit drie verschillende analyses bestaan, namelijk kenmerking van het pathogeen, voorkomen van het pathogeen en analyse van de blootstelling. Uit welke analyses dit deel van de risicoanalyse precies bestaat is afhankelijk van de ontwikkelde scenario's tijdens de formulering van het probleem.
Kenmerking van het pathogeen omvat het bepalen van de eigenschappen van het betreffende pathogeen die invloed hebben op het vermogen om ziekte te veroorzaken in de gastheer.
Voorkomen van de pathogeen omvat het beschrijven van het voorkomen van een pathogeen in een bepaald medium inclusief het beschrijven van pieken, gemiddelde niveaus, verplaatsing, seizoensvariaties en verbanden met andere tijd- en plaatsvariabelen.
Blootstellinganalyse omvat het kenmerken van de bron en tijdelijke aard van de blootstelling aan pathogene micro-organismen.
Deze drie analyses resulteren in een blootstellingprofiel dat een kwalitatieve of kwantitatieve evaluatie geeft van de grootte, frequentie en patronen van blootstelling aan een pathogeen voor de verschillende scenario's. Hierbij dienen de aannames die gedaan zijn en onzekerheden van de analyse beschreven te worden (ILSI, 2000).

De karakterisering van de effecten voor de gezondheid bestaat ook uit drie fases, namelijk het beschrijven van de eigenschappen van de gastheer, evaluatie van de effecten op de gezondheid en kwantificering van de dose-response relatie.
Het karakteriseren van de gastheer omvat een evaluatie van de eigenschappen van de potentieel blootgestelde populatie die vatbaar zou kunnen zijn voor een bepaald pathogeen. Er zijn verscheidene factoren die de vatbaarheid voor en ernst van een infectie kunnen beïnvloeden. Leeftijd is een belangrijke factor, aangezien het risico van ziekte vaak veel groter is voor hele jonge mensen en oudere. Het resultaat van karakterisering van de gastheer is de vaststelling van factoren die de vatbaarheid voor en de ernst van infecties en de vaststelling van vatbare subpopulaties.
De klinische ziektes die in verband worden gebracht met een bepaald pathogeen of medium worden gekarakteriseerd tijdens de evaluatie van de effecten op de gezondheid.
Bij de kwantificering van de dose-response relatie wordt de relatie tussen dosis, ineffectiviteit, manifestatie, en grootte van de gezondheidseffecten in een blootgestelde populatie gekarakteriseerd.
De informatie van deze drie analyses leidt tot een gastheerpathogeen profiel. Dit profiel levert een kwalitatieve of kwantitatieve beschrijving van de aard en potentiële grootte van negatieve gevolgen voor de gezondheid voor de verschillende blootstellingscenario's. Ook hier moeten aannames die gedaan zijn en onzekerheden van dit deel van de risicoanalyse beschreven worden (ILSI, 2000).

2.3.3 Fase 3: Risico karakterisering

Het karakteriseren van het risico is de laatste fase van de risicoanalyse en is het resultaat van de combinatie van het blootstellingprofiel en het gastheerpathogeen profiel.
Ook deze fase van de risicoanalyse is weer onderverdeeld in twee delen, namelijk de risico inschatting en de risicobeschrijving.

De risico-inschatting beschrijft het soort en de grootte van de te verwachten effecten van blootstelling aan de pathogeen, of een medium. Deze inschatting kan zowel kwalitatief als kwantitatief zijn, afhankelijk van de gebuikte data en methoden. Het resultaat van de karakterisering van de blootstelling kan bijvoorbeeld uitgedrukt worden als het aantal micro-organismen waaraan een

individu blootgesteld wordt in een bepaalde tijdsperiode, met een bepaald consumptiegedrag. Het resultaat van de karakterisering van de effecten voor de gezondheid kan uitgedrukt worden in een kans dat een individu ziek wordt nadat een bepaald aantal micro-organismen geconsumeerd is. Door deze twee gegevens te combineren kan een uitspraak gedaan worden over de kans op ziekte voor een bepaald blootstellingscenario.
Het resultaat van de risico-inschatting kan uitgedrukt worden als een individuele risico-inschatting, bijvoorbeeld één op de miljoen kan op ziekte, of als een populatie risico-inschatting, bijvoorbeeld tien ziektegevallen in een bepaalde regio per jaar (ILSI, 2000).

Het tweede deel van de risico karakterisering, de risicobeschrijving beschrijft de aard van de infectie, waarbij ook aandacht is voor de ernst en consequenties van de infectie.
Als laatste dienen bij het karakteriseren van de risico's de resultaten van de risico-inschatting geëvalueerd te worden aan de hand van beschikbare gegevens van blootstelling en ziekte tijdens een uitbraak in het verleden (ILSI, 2000).

2.3.4 Overeenkomsten en verschillen tussen beide modellen

Alhoewel de indeling in verschillende fases verschilt tussen het model van Lammerding & Fazil en dat van het ILSI, komen deze modellen inhoudelijk wel overeen.
Beide modellen erkennen het belang van een duidelijke probleemdefiniëring, omdat deze de richting van de risicoanalyse bepaalt. Het verschil tussen beide modellen wat betreft de probleemdefiniëring is dat het model van ILSI zo veel belang hecht aan een goede probleemdefiniëring dat het dit als onderdeel van de risicoanalyse beschouwt, terwijl Lammerding & Fazil dit omschrijven als een handeling die voorafgaand aan de eigenlijke risicoanalyse plaats dient te vinden. In plaats van beginnen met een probleemformulering beginnen Lammerding & Fazil met een gevaren identificatie. De probleemformuleringfase in het model van ILSI is, doordat het een onderdeel van de risicoanalyse is uitgebreider dan bij het model van Lammerding & Fazil.
De toepassing van beide modellen verschilt ook. Het model van Lammerding & Fazil richt zich oorspronkelijk op risicoanalyse voor levensmiddelen. Het model van ILSI richtte zich oorspronkelijk op risicoanalyses voor watergerelateerde risico's, maar is later aangepast zodat het een breder toepassingsgebied kreeg (ILSI, 2000).
Een ander verschil tussen beide is dat bij het model van ILSI de nadruk ligt op een begrijpelijke en voor iedereen overzichtelijke risicoanalyse, terwijl dit bij het model van Lammerding & Fazil niet zo duidelijk wordt aangegeven. Een gevolg hiervan is dat het model van ILSI de verschillende fases van de risicoanalyse gedetailleerder beschrijft.
Ondanks enkele verschillen in de opzet van de modellen voor risicoanalyse, zijn de modellen in concept wel vergelijkbaar en erkennen ze allemaal dezelfde risicoproducerende parameters (Lammerding & Fazil, 2000).

2.4 Risicoanalyse voor toiletspoelingen met grijswater

Het hierboven beschreven modellen voor risicoanalyse zijn algemeen. Om een idee te krijgen van welke factoren een rol spelen bij water, wordt hieronder, voor zover de benodigde gegevens beschikbaar zijn in literatuur, een microbiologische risicoanalyse uitgevoerd voor toiletspoelingen met grijswater in plaats van drinkwater. Deze risicoanalyse wordt volgens het model van het RSI uitgevoerd, omdat dit model meer inzicht geeft in de uitvoering van de afzonderlijke fases van de risicoanalyse en omdat het breder toepasbaar is dan alleen voor levensmiddelen.

2.4.1 Formulering van het probleem

Doel en afbakening van het probleem
Het probleem van de microbiologische risicoanalyse voor toiletspoelingen met grijswater in plaats van met drinkwater is de mogelijke blootstelling aan (pathogene) micro-organismen die in het grijswater kunnen zitten en die niet voorkomen in drinkwater. In feite gaat het dus om twee risicoanalyses, één voor toiletspoelingen met grijswater en één voor toiletspoelingen met drinkwater. De resultaten van deze twee analyses worden dan met elkaar vergeleken om een uitspraak te kunnen doen over een eventueel groter risico bij toiletspoelingen met grijswater in plaats van met drinkwater. Dit is ook het doel van de risicoanalyse: inzicht krijgen in de grootte van het risico van toiletspoelingen met grijswater in vergelijking met drinkwater.
Er wordt niet gekeken naar het algemene risico van toiletspoelingen en wat de risico's zijn van toiletspoelingen in verschillende typen toiletten. Het gaat bij deze risicoanalyse alleen om het extra risico van toiletspoelingen met grijswater in vergelijking met toiletspoelingen met drinkwater.
Er wordt uitsluitend gekeken naar de microbiologische risico's van toiletspoelingen met grijswater. De eventuele chemische risico's van deze toiletspoelingen worden voor deze risicoanalyse buiten beschouwing gelaten.

Conceptueel model
Om het conceptueel model op te stellen is het in eerste instantie van belang vast te stellen om wat voor soort blootstelling het gaat en welke gezondheidseffecten daarbij te verwachten zijn.
Het gaat bij toiletspoelingen (ongeacht het soort water waarmee doorgespoeld wordt) in eerste instantie om blootstelling aan aërosolen. Aangezien drinkwater, volgens de normen geen pathogene micro-organismen bevat, wordt er hier vanuit gegaan dat ook de aërosolen die ontstaan bij toiletspoelingen met drinkwater geen pathogenen bevatten. In ieder geval geen pathogenen die afkomstig zijn uit het water van de toiletspoeling. Of en welke pathogenen er in grijswater voor kunnen komen, daar wordt hier verder aandacht aan besteed.

Als gekeken wordt naar de pathogene micro-organismen die voor komen in grijswater, dan dient allereerst opgemerkt te worden dat de samenstelling van grijswater afhankelijk is van het gedrag van de gebruikers, het toepassen van waterbesparingtoepassingen en de bron waarvan het grijswater afkomstig is. Grijswater dat afkomstig is uit de keuken zal een andere samenstelling hebben dan grijswater dat afkomstig is van de spoelgangen van de wasmachine (Nolde, 1999, Eriksson et al., 2002).
Verscheidene onderzoeken hebben aangetoond dat Fecale coliformen met als belangrijkste *Escherichia coli*, de meest voorkomende pathogenen in grijswater zijn (Heijnen & Groot-Marcus, 2001, Albrechtsen, 2002, Eriksson et al., 2002, Ottoson & Stenström, 2003,).
Daarnaast zijn *Pseudomonas aeruginosa*, *Aeromonas spp*, *Campylobacter jejuni*, *Legionella non-pneumophila* en *Cryptosporidium* ook aangetoond (Albrechtsen, 2002). Ook fecale streptococcen zijn aangetroffen in grijswatermonsters (Christova-Boal et al., 1996). Daarnaast blijken ook sporen van *Clostridium perfringens* voor te kunnen komen in grijswater (Ottoson & Stenström, 2002).
Het is niet mogelijk gebleken *Legionella pneumophila* aan te tonen. Hetzelfde geldt voor *Giardia* en *Candida Albicans* (Heijnen & Groot-Marcus, 2001, Albrechtsen, 2002, Eriksson et al., 2002).
Ook *Salmonella, Shigella* en *Staphylococcus aureus* konden niet aangetoond worden (Nolde, 1999, Eriksson et al., 2002).

Naast deze aangetoonde aanwezigheid van pathogene micro-organismen in het in theorie wel mogelijk dat grijswater ook Salmonella bevat. Bijvoorbeeld doordat een van de personen in het huishouden een besmetting heeft opgelopen. Het is niet uit te sluiten dat de Salmonella tijdens het douchen in het grijswater terechtkomt (Barker & Bloomfield, 2000).

De pathogene micro-organismen die bij deze risicoanalyse betrokken zullen worden, zijn: *E. coli, Clostridium perfringen* en *Legionella pneumophila.*.
Er is voor *E. coli* gekozen, omdat dit een van de belangrijkste fecale pathogenen is. *Legionella* wordt in deze analyse betrokken, vanwege de recente publieke aandacht voor deze bacterie.
Clostridium perfringens wordt in de analyse meegenomen, omdat dit een sporenvormende bacterie is die veel voorkomt in het maagdarmkanaal en in oppervlaktewater.

Geprobeerd is om per pathogeen aan te geven in welke aantallen per 100 ml grijswater deze voorkomt, maar dit bleek niet goed mogelijk. In literatuur wordt de microbiologische kwaliteit van grijswater bepaald aan de hand van het totale kiemgetal, of aan de hand van aantallen micro-organismen behorend tot een bepaalde groep, zoals het totale aantal fecale coliformen.
In tabel 2.1 is aangegeven voor *E. coli* en *C. perfringens* welke aantallen van deze pathogenen aangetoond zijn in grijswater. Voor *Legionella pneumophila* zijn geen gegevens bekend over het voorkomen in grijswater. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat *Legionella* zich in protozoa kan bevinden en in biofilms (Solomon & Isberg, 2000).
Hierdoor is de *Legionella* niet homogeen verdeeld in het water en kan geen betrouwbare waarde voor de besmetting van grijswater met *Legionella* gegeven worden.

Tabel 2.1 Voorkomen van pathogenen in grijswater(in aantallen per ml).

Pathogeen	Aantallen per ml	Bron
E.coli	<1/100 tot 540	Ottoson & Stenström, 2003
	<1 tot 556	Hijnen & Groot-Marcus, 1999
C. perfringens	26	Hijnen & Groot-Marcus, 1999
L. pneumophila	?	

Doordat deze pathogenen in het grijswater voorkomen, is het waarschijnlijk dat zij ook voor kunnen komen in de bij toiletspoeling gevormde aërosolen. Deze aërosolen en daarmee de pathogenen kunnen ingeademd worden en op die manier in de luchtwegen van een individu terechtkomen. Het is ook mogelijk dat de pathogene micro-organismen in de neusholte achterblijven.
Naast inademing is het mogelijk dat de pathogene micro-organismen via de handen en de mond in het maagdarmkanaal terechtkomen. Het is namelijk niet uit te sluiten dat men na het toiletbezoek de handen niet of onvoldoende wast (Jones, 1998).
Ook is het mogelijk dat aërosolen met daarin de pathogene micro-organismen neer slaan op de verschillende oppervlakken in de toiletruimte. Bij het aanraken van die oppervlakken kunnen de micro-organismen op de handen van een individu en op die manier in het maagdarmkanaal terechtkomen (Gerba, et al., 1975).
Tot slot is het mogelijk dat bij het reinigen van het toilet door direct contact huidinfecties kunnen ontstaan (Heijnen & Groot-Marcus, 2001).
Welke concentratie pathogenen in de aërosolen in de lucht aanwezig zullen zijn, daar wordt in hoofdstuk vijf aandacht aan besteed.

Er is nog geen onderzoek gedaan naar de effecten op de gezondheid van blootstelling via de luchtwegen aan bepaalde pathogenen in de toiletruimte. Wel is door Haug et al. (2002) onderzoek gedaan naar de blootstelling van werknemers van een papierfabriek aan aërosolen. Zij tonen aan dat de incidentie van symptomen en infecties groter is bij werknemers die blootgesteld worden aan aërosolen met micro-organismen dan bij werknemers van hetzelfde bedrijf die niet blootgesteld worden aan deze aërosolen. De incidentie van maagdarmklachten met diarree, huidklachten, zoals uitslag en zweren en de incidentie van koortsklachten bleken significant hoger te zijn bij de werknemers die blootgesteld werden aan aërosolen met micro-organismen dan bij de andere werknemers. Antibiotica werden ook vaker gebruikt door blootgestelde werknemers dan door de niet blootgestelde werknemers.
Deze resultaten duiden erop dat blootstelling aan micro-organismen in aërosolen een bijdrage kan leveren aan symptomen zoals hierboven genoemd en die geassocieerd kunnen worden met infecties (Haug et al., 2002).

De eigenschappen van de individuen die blootgesteld worden aan aërosolen die veroorzaakt worden door toiletspoelingen zijn ongelooflijk divers en kunnen per dag verschillen. Om een veilige risicoanalyse te kunnen maken, wordt hier rekening gehouden met de meest kwetsbare individuen uit de samenleving die regelmatig in de toiletruimte komen.

2.4.2 Analyse

Karakterisering van de blootstelling
Zoals in figuur 2.1 te zien is, bestaat de karakterisering van de blootstelling uit vier delen, namelijk eigenschappen van de pathogeen, voorkomen van de pathogeen, analyse van de blootstelling en profiel van de blootstelling. Deze vier aspecten van de blootstelling worden hieronder achtereenvolgens geanalyseerd voor de bovengenoemde drie pathogenen.

E. coli is een gramnegatieve bacterie die van nature in het maagdarm kanaal van mensen en dieren voorkomt. Enkele vormen van de *E. coli* kunnen echter enteritis veroorzaken. Deze vormen een enterotoxine, wat een ontsteking in de darmwand kan veroorzaken. Besmetting gebeurt via direct fecaal-oraal contact of via water of voedsel dat door de mens verontreinigd is. De incubatietijd bedraagt gemiddeld een halve dag tot twee dagen (Becht & Ridderbos, 1996).
De minimale infectieuze dosis (MID), dat is het aantal micro-organismen dat nodig is om een ziekte te veroorzaken, bedraagt voor *E.coli* $10^8 - 10^{10}$. Een uitzondering hierop is de enterohaemorragische *E. coli* (O157:H7). De MID van deze *E.coli* soort is $10\text{-}10^3$ (Becht & Ridderbos, 1996).
E. coli heeft een groeioptimum bij een temperatuur tussen de 20 en 40°C. *E. coli* heeft geen zuurstof nodig om te kunnen groeien, maar groeit wel beter als zuurstof aanwezig is (Prescott et al., 2002).
Op basis van de optimumtemperatuur voor groei is het niet te verwachten dat *E.coli* zich in een grijswater systeem zal vermeerderen.

Clostridium perfringens is een grampositieve, thermotrofe bacterie die thermoresitente sporen vormt. De sporen komen op veel verschillende plaatsen voor, zoals in oppervlakte water en in het maagdarmkanaal van mens en dier. *Clostridium perfringens* is een anaërobe bacterie, maar kan zich nog vermeerderen bij een lage zuurstofspanning. Er zijn vijf verschillende soorten van deze bacterie. Slechts één van deze soorten veroorzaakt toxinen die een voedselinfectie kunnen veroorzaken. In het voedsel zelf wordt doorgaans niet voldoende toxine gevormd om een voedselinfectie te veroorzaken. Hiervoor zijn de bacteriën die met voedsel worden opgenomen verantwoordelijk. Indien de infectiedosis hoog genoeg is (10^5 -10^8 per gram voedsel) ontstaat een voedselinfectie. De symptomen van een voedselinfectie zijn buikkramen en diarree. Na een dag is de ziekte weer over (Becht & Ridderbos, 1996).
De blootstelling aan *Clostridium perfringens* is, indien deze bacterie inderdaad in het grijswater aanwezig is, dagelijks meerdere malen. Hoe lang de blootstelling per keer duurt en hoe lang men in totaal per dag aan deze bacterie blootgesteld wordt, is afhankelijk van de gebruikspatronen van het toilet en de toiletruimte. Die gegevens moeten blijken uit de resultaten die in hoofdstuk vier beschreven worden. Dit geldt voor alle hierna nog te bespreken pathogenen.
Blootstelling aan *Clostridium perfringens* gebeurt voornamelijk via het maagdarmkanaal. In literatuur zijn geen bewijzen gevonden voor schadelijke gevolgen na blootstelling via andere routes.

Legionella pneumophila is een gramnegatieve bacterie die in water voorkomt. Deze bacterie kan een infectie veroorzaken als hij via aërosolen in de luchtwegen van de mens terechtkomt. Het gevolg kan dan een longontsteking zijn. Dit wordt ook wel de veteranenziekte genoemd (Solomon & Isberg, 2000).
Er zijn geen gegevens over de infectieuze aard van de *Legionella pneumophila* bij blootstelling via het maagdarmkanaal.
Wel zijn er gegevens bekend over de mortaliteit van *Legionella pneumophila.*

Uit het onderzoek van Vegeling et al. (1999) blijkt dat één van de drie patiënten bij wie een longontsteking door *L. pneumophila* was geconstateerd, overleed aan de gevolgen van de besmetting. Hierbij moet opgemerkt worden dat de betreffende patiënt geen effectieve antibiotica kreeg. Feit is echter dat *Legionella pneumophila* een levensbedreigende longontsteking kan veroorzaken. *Legionella* is een bacterie die zich in amoeben kan bevinden (Prescott et al., 2002). Hierdoor kan de *Legionella* gemakkelijker overleven en zich vermeerderen.
Volgens Versteegh et al. (1997) is *Legionella* in staat zich te vermeerderen in een grijswatersysteem.

Voor een goede inschatting van de blootstelling via de luchtwegen aan pathogene micro-organismen is het noodzakelijk te weten hoe groot de hoeveelheid lucht is die in de longen terechtkomt. Het blijkt dat deze gemiddeld voor een volwassene in rust zes liter per minuut bedraagt. Dit kan tijdens lichamelijke activiteit echter oplopen tot honderd tot tweehonderd liter per minuut (Fox, 1996).
Medema et al. (1999) gaan echter uit van een ademvolume per minuut van tien liter bij het naar het toilet gaan. Om de risico-inschatting zo veilig mogelijk te laten zijn, wordt uitgegaan van een zo groot mogelijke blootstelling. Daarom zal bij deze risicoanalyse uitgegaan worden van een ademvolume van 50 liter per minuut.

Naast gegevens over de hoeveelheid lucht die per minuut in de longen terechtkomt, is het ook noodzakelijk te weten in welke concentraties de pathogene micro-organismen in de lucht van de toiletruimte voorkomen. Op die manier kan de risicoanalyse kwantitatief gemaakt worden. Vanaf hoofdstuk drie van dit rapport wordt hierop ingegaan.
Tot slot is informatie nodig over de verblijfduur in de toiletruimte. Hoe korter men blootgesteld wordt aan de besmette lucht, des te kleiner is het aantal pathogene micro-organismen dat in het lichaam terechtkan komen. In literatuur zijn geen gegevens beschikbaar over gebruikspatronen van de toiletruimte. Daarom wordt ook daaraan vanaf hoofdstuk drie van dit rapport aandacht besteed.
Door Gerba et al., (1976) is vastgesteld dat 12 minuten na een toiletspoeling de concentratie micro-organismen in de lucht nagenoeg gelijk is aan de concentratie micro-organismen in de lucht voor de toiletspoeling.

Karakterisering van de effecten op de gezondheid
De karakterisering van de effecten op de gezondheid bestaat uit het analyseren van de eigenschappen van de gastheer, effecten op de gezondheid, dose-response relaties en het vaststellen van een gastheerpathogeen profiel.

Het is niet mogelijk de eigenschappen van de gastheer vast te stellen, aangezien alle Nederlanders die gebruik maken van een toilet, of die in een toiletruimte komen blootgesteld kunnen worden aan de pathogenen en dus gastheer kunnen zijn voor de pathogenen. Kleine kinderen die nog niet zindelijk zijn en geen gebruik maken van het toilet kunnen bijvoorbeeld in de badkamer wel blootgesteld worden aan deze pathogenen, ook al gebruiken zij het toilet zelf (nog) niet.

Wat betreft de effecten van blootstelling aan aërosolen met pathogenen is hierboven per pathogeen al aandacht besteed. De duur van de ziekte varieert per pathogeen en per mogelijke ziekte. De ernst van de mogelijke ziektes verschilt wel. Een infectie met *L. pneumophila* via de longen is, bij een algehele goede gezondheid, veel gevaarlijker dan een infectie van *E. coli* via het maagdarmkanaal.

In de literatuur is weinig bekend over dose-response relaties voor verschillende pathogenen. Het blijkt niet mogelijk voor onderstaande pathogenen deze dose-response relaties te beschrijven.
De dose-response relaties zijn nodig om het infectierisico, de kans dat daadwerkelijk een infectie optreedt, van een bepaald micro-organisme te bepalen. Aangezien er geen geschikte gegevens in literatuur beschikbaar zijn, wordt de aanname gegaan dat het infectierisico van de verschillende micro-organismen gelijk is.

Om toch een indicatie te geven van de schadelijkheid van de micro-organismen voor de gezondheid wordt van de pathogenen de minimale infectieuze dosis gegeven, voor zover deze in literatuur weergegeven is.

In onderstaande tabel zijn de minimale infectie doses voor de verschillende pathogenen weergegeven. In de laatste kolom staat de bronvermelding. Hierbij moet opgemerkt worden dat deze dosis gebaseerd is op orale blootstelling en niet op blootstelling via de luchtwegen. Voor *Legionella pneumophila* is helemaal geen minimale infectie dosis bekend.

Tabel 2.2 Minimale infectie dosis voor verschillende pathogene micro-organismen.

Pathogeen	MID	Bron
E. coli	10^8 –10^{10}	Becht & Ridderbos, 1996
C. perfringens	10^5 -10^8	Becht & Ridderbos, 1996
L. pneumophila	?	n.v.t.

Het laatste deel van de analysefase betreft het opstellen van een gastheer-pathogeenprofiel. Dat resulteert in een kwantitatieve beschrijving van de aard en grootte van negatieve effecten op de gezondheid bij blootstelling aan aërosolen met pathogenen afkomstig van toiletspoelingen met grijswater.
Er is geen informatie over de eventuele invloeden die de pathogenen op elkaar kunnen hebben. Het is niet uit te sluiten dat er wel een invloed is, maar voor het gemak worden deze mogelijke effecten hier buiten beschouwing gelaten.
Aangezien de analysefase nog niet volledig is, zal op het gastheer-pathogeenprofiel in hoofdstuk zes worden terug gekomen.

2.4.3 Risico karakterisering

Het resultaat van de karakterisering van de blootstelling is een aantal micro-organismen waaraan een individu blootgesteld wordt in een bepaalde tijdsduur onder bepaalde omstandigheden. Het resultaat van de karakterisering van de effecten op de gezondheid is een inschatting van de kans op ziekte van het individu nadat een bepaald aantal van deze micro-organismen geconsumeerd is.
Bij karakterisering van het risico worden deze twee gegevens gecombineerd om een beeld te krijgen van de kans dat ziekte optreedt bij blootstelling aan micro-organismen tijdens het toiletgebruik.

De risicoanalyse voor de vergelijking van toiletspoelingen met grijswater en toiletspoelingen met drinkwater wordt gedaan met behulp van de volgende formule:

$$\text{Risico} = \frac{\text{Kwantitatief risico grijswater}}{\text{Kwantitatief risico drinkwater}}$$

Om het kwantitatieve risico van toiletspoelingen met grijswater en met drinkwater te berekenen, wordt de volgende formule gebruikt. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat het verband tussen blootstelling en infectierisico een lineair verband is:

Kwantitatief risico = Infectierisico * Blootstelling
Infectierisico = I
Blootstelling = aantal micro-organismen waaraan men in een bepaalde tijd aan blootgesteld wordt.
= N * t * C
N = Ademvolume per minuut = 50 liter
t = tijd in toiletruimte per dag in minuten
C = concentratie micro-organismen in de lucht/ op het oppervlak (in aantal per liter lucht/ in aantal per m^2).

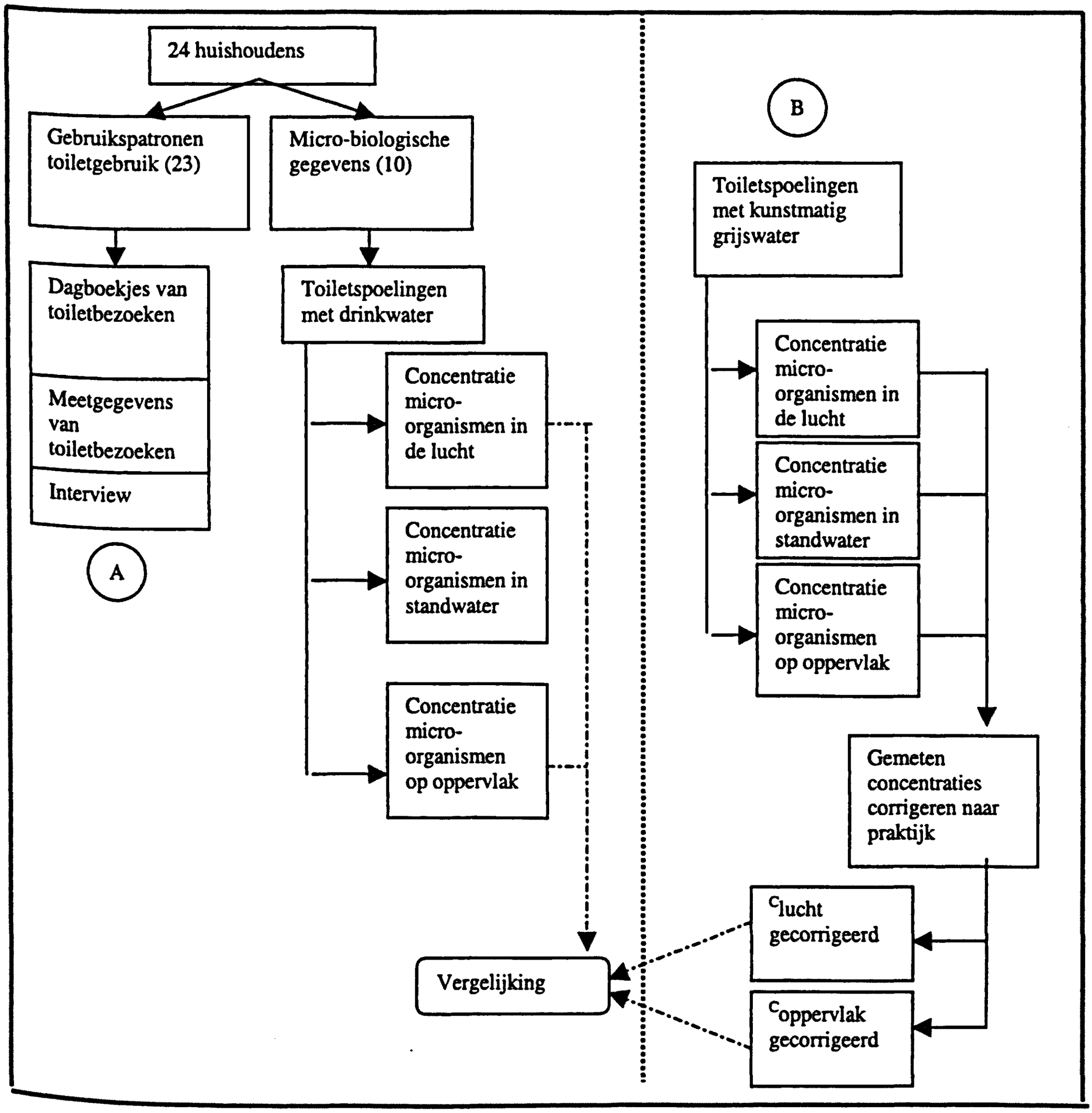
Zoals eerder al aangegeven is, is het infectierisico niet bekend. Voor het doel van deze risicoanalyse wordt het infectierisico minder relevant geacht, omdat het infectierisico in de eerste plaats afhankelijk is van het soort micro-organisme. Het spoelwater heeft alleen invloed op het infectierisico door het voorkomen van pathogene micro-organismen. Het spoelwater heeft dus slechts een indirecte invloed op het infectierisico.
Wegens gebrek aan informatie en om de risicoanalyse uitvoerbaar te maken, wordt aangenomen dat het infectierisico voor de verschillende micro-organismen gelijk is. Om die reden hoeft geen waarde voor het infectierisico bekend te zijn. De factor 'infectierisico' komt namelijk in de teller en de noemer van bovenstaande formule voor, waardoor het infectierisico geen invloed meer heeft op het uiteindelijke risico.

Eerder is al aangegeven dat in dit hoofdstuk niet de volledige risicoanalyse beschreven kan worden. Uit bovenstaande formules blijkt dat op dit moment gegevens over de tijd die men in de toiletruimte doorbrengt ontbreken en dat er geen gegevens zijn over de concentratie micro-organismen in de lucht na toiletspoelingen.
In de volgende hoofdstukken wordt daar aandacht aan besteed.
In hoofdstuk zes wordt verder gegaan met het laatste deel van de risicoanalyse en worden bovenstaande formules ingevuld waardoor uitspraken gedaan kunnen worden over het risico van toiletspoelingen met grijswater in vergelijking met toiletspoelingen met drinkwater.
Dit vormt tevens de conclusie van dit rapport en het antwoord op de onderzoeksvraag wat de gevolgen zijn voor de gezondheid van blootstelling aan aërosolen afkomstig van toiletspoelingen met grijswater in plaats van met drinkwater.

3 Methoden van onderzoek

3.1 Onderzoeksopzet

In onderstaand schema is globaal de opzet van het onderzoek weergegeven.



Figuur 3.1 Schematisch overzicht van de onderzoeksopzet.

In deze figuur is te zien dat 24 huishoudens geselecteerd zijn. Voor deze huishoudens zijn de gebruikspatronen van het toilet bepaald. Dit is gedaan door middel van dagboekjes die de huishoudens bij moesten houden. Hierin is steeds genoteerd als iemand gebruik maakte van het toilet. Daarbij werd het begintijdstip van het toiletbezoek opgeschreven, het eindtijdstip, de soort boodschap en de leeftijd van de persoon die naar het toilet ging.Daarnaast werd door middel van metertjes het doortrekgedrag van mensen waargenomen. Deze metertjes registreerden het moment van doortrekken en de tijdsduur van het vullen van de stortbak van het toilet. Ter aanvulling van deze gegevens is ook een interview

afgenomen waarin gegevens over gewoontes van mensen aan bod kwamen, zoals schoonmaken van het toilet. Dit deel van het onderzoek wordt in detail beschreven in paragraaf 3.2. De resultaten hiervan worden in hoofdstuk vier besproken.
Van de 24 huishoudens die deelgenomen hebben aan bovenstaande gebruikspatronenonderzoek hebben tien huishoudens ook deelgenomen aan het microbiologische deel van dit onderzoek. Bij deze huishoudens zijn monsters genomen van de lucht in de toiletruimte, van het standwater in de toiletpot en van de voorkant van het oppervlak van de toiletbril. Dit deel van het onderzoek is uitvoeriger beschreven in paragraaf 3.4. Deze deelonderzoeken betreffen veldmetingen. In al deze gevallen in sprake van toiletspoelingen met drinkwater. De resultaten van de microbiologische veldmetingen krijgen in hoofdstuk 5 aandacht.
Om een beeld te krijgen van de effecten van toiletspoelingen met grijswater op de aanwezigheid van micro-organismen in de lucht, zijn in een laboratorium experimenten uitgevoerd waarbij met kunstmatig vervaardigd grijswater toiletspoelingen hebben plaats gevonden. Na deze toiletspoelingen met grijswater is de concentratie micro-organismen in de lucht en op de toiletzitting gemeten. Het grijswater is voor de experimenten in het laboratorium extra vervuild met micro-organismen om er zeker van te zijn dat het aantal micro-organismen in de lucht en op het oppervlak van de toiletzitting boven de detectiegrens zou liggen. In paragraaf 3.3 wordt uitgebreid aandacht besteed aan de opzet van dit deel van het onderzoek. De resultaten hiervan worden ook in hoofdstuk vijf behandeld. Daar zullen de resultaten van de veldmetingen en de laboratoriumproeven met elkaar vergeleken worden.

3.2 Gebruikspatronen toilet door huishoudens

In dit deel van het onderzoek naar de gebruikspatronen van het toilet zijn de gewoontes en stand van rond toiletgebruik in verschillende typen Nederlandse huishoudens bepaald. Gewoontes betreffen hier de frequentie van het toiletgebruik, soort gebruik, de duur van aanwezigheid, de locatie en de manier en frequentie van schoonmaken.

3.2.1 Keuze respondenten

Om gebruikspatronen van het toilet door huishoudens te meten, zijn metertjes in de toiletreservoirs bij mensen thuis geplaatst en moesten mensen bereid zijn vragen te beantwoorden over dit onderwerp. Een algemene schriftelijke oproep voor respondenten door middel van affiches in Wageningen en omgeving had geen resultaat. Hierna is langs andere kanalen naar respondenten gezocht. Via netwerken en de sneeuwbalmethode zijn huishoudens benaderd om aan het onderzoek deel te nemen.

De volgende criteria zijn aangehouden voor deelname aan het onderzoek:
de deelnemers zijn bereid vier weken lang een dagboekje bij te houden omtrent toiletgebruik;
de huishoudens zijn geschikt om eventueel te participeren in het onderzoeksgedeelte naar microbiologische kwaliteit van toilet-standwater en –lucht;
in tenminste 1 stortbak per huishouden kan een metertje worden aangebracht;
de huishoudens behoren tot de groep kwetsbare huishoudens ten aanzien van besmettingsrisico's; het zijn hetzij oudere huishoudens (leden van 55 jaar en ouder), hetzij huishoudens met jonge kinderen.
Daarnaast is ervoor gezorgd dat er zowel de diep- en als de vlakspoeltoiletten in voldoende mate in de steekproef zaten.

Aangezien Kiwa voorkeur had voor respondenten die bekend zouden zijn met microbiologisch onderzoek, bestaan een aantal deelnemers uit huishoudens van medewerkers van Kiwa , de overige huishoudens zijn om logistieke redenen in Wageningen en omgeving geworven.
Uiteindelijk zijn 24 huishoudens bereid gevonden om vier weken deel te nemen binnen de periode juli tot en met december 2002. In 8 huishoudens zijn de metingen onderbroken door de zomervakantie. Het bleek moeilijk oudere huishoudens bereid te vinden tot deelname.

3.2.2 *Registratie toiletgebruik*

Voor de registratie van de gebruikspatronen bij toiletgebruik zijn de metertjes gebruikt van het empirisch onderzoek naar watergebruik in het EET project "Duurzame waterhuishouding" (Wolters et al., 2002). Het metertje wordt in de stortbak van het toilet aan de vlotter bevestigd, die met een puls reageert als er niveauverschil van water ontstaat bij het doortrekken van het toilet. De pulsen van het metertje worden vervolgens via een dunne draad door gegeven aan en opgeslagen in een kleine computer. Tijdens de registratieperiode is de stortbak normaal gesloten en te gebruiken. Het computertje in de buurt van het toilet aangesloten op het elektriciteitsnet.
Indien er meerdere toiletten in huis zijn worden deze ook van metertjes voorzien. Echter bij een ingebouwd toilet kan de stortbak niet worden geopend. Dit was in een aantal huishoudens het geval, steeds met het toilet op de eerste verdieping in de badkamer. Deze toiletten zijn niet bemeterd.
Een dag na aansluiting is gecontroleerd of het systeem inderdaad de spoelingen registreerde. Dit bleek niet altijd het geval. Daarvoor is terug gegaan naar betreffende huishouding voor een herinstallatie en een nieuwe controle. In principe is na twee weken opnieuw het meetsysteem gecontroleerd.

Door verkeerde interpretatie van de instructie en problemen met de techniek konden sommige datareeksen niet in het onderzoek worden betrokken. Zo is er tweemaal sprake geweest van (ernstige) stroomstoring en achteraf bleek dat de registratie door het computertje in een geval geblokkeerd is geraakt. De meters van elk huishouden zijn aan het einde van de meetperiode uitgelezen, apart opgeslagen en later omgezet in een Excel bestand.
De data zijn vervolgens opgeschoond voor duidelijke foutmetingen zoals herhaaldelijk 1 seconde vullen van de stortbak. Mogelijk wordt deze registratie veroorzaakt door trillingen in huis.

3.2.3 *Dagboekjes en interview*

Om een juiste interpretatie van de meetgegevens mogelijk te maken, is de deelnemers gevraagd in de meetperiode ook een dagboekje bij te houden. Hierin is genoteerd wie het toilet heeft gebruikt, wanneer, hoelang en waarvoor. Ook is gevraagd naar bijzonderheden zoals ziekte of verjaardagen met extra bezoek en gebruik voor andere doeleinden (zie bijlage I). De kwaliteit van standwater en toiletlucht wordt mede bepaald door ander gebruik van het toilet. Daarom is hier eveneens naar gevraagd.

Tijdens de installatie van het metertje is het dagboekje aan de respondenten gegeven en het gebruik toegelicht. Hierbij waren voorzieningen om op te hangen. Verzocht is het geheel in of zeer nabij het toilet op een in het ooglopende plek op te hangen, zodat schriftelijke registratie na gebruik niet zou worden vergeten. Tevens is een brief met korte toelichting en contactadres voor nadere informatie achtergelaten (zie bijlage II).

Alle deelnemende huishoudens hebben wel de vier weken schriftelijke registratie volgehouden, maar sommigen bleken er moeite mee te hebben. Naar het eind toe werd vaker met afkortingen gewerkt of standaard verblijfsduur in het toilet. Dit laatste leidt overigens slechts tot snellere typering van het gebruikspatroon. Bij de verwerking zijn de gegevens van metertjes en dagboek met elkaar vergeleken. Deze komen vaak goed overeen en soms zelfs zeer nauwkeurig. Huishoudens met kinderen en/of huishoudens waar niet systematisch altijd wordt doorgetrokken na toiletgebruik vertoonden vaker minder goed overeenkomende data tussen dagboek en registratie.

In een van de eerste huishoudens waar het toilet in de badkamer niet kon worden bemeterd, bleek dat het gebruikspatroon van de toiletten veranderde door weerzin tegen de schriftelijke registratie in het dagboekje. Men ging vaker naar het toilet waar niets hoefde te worden genoteerd. Vanaf dat moment, is aan alle huishoudens gevraagd bij alle toiletten een dagboekje bij te houden, ook al wordt een toilet niet bemeterd. Bij in totaal 8 huishoudens is op deze wijze wel voor twee toiletten het dagboekje bijgehouden, terwijl slechts 1 toilet kon worden bemeterd.

Er is tijdens de meetperiode in het algemeen tweemaal telefonisch of persoonlijk contact geweest met de deelnemende huishoudens om na te gaan of er problemen optraden.
De gegevens zijn na afloop in Excel ingevoerd.

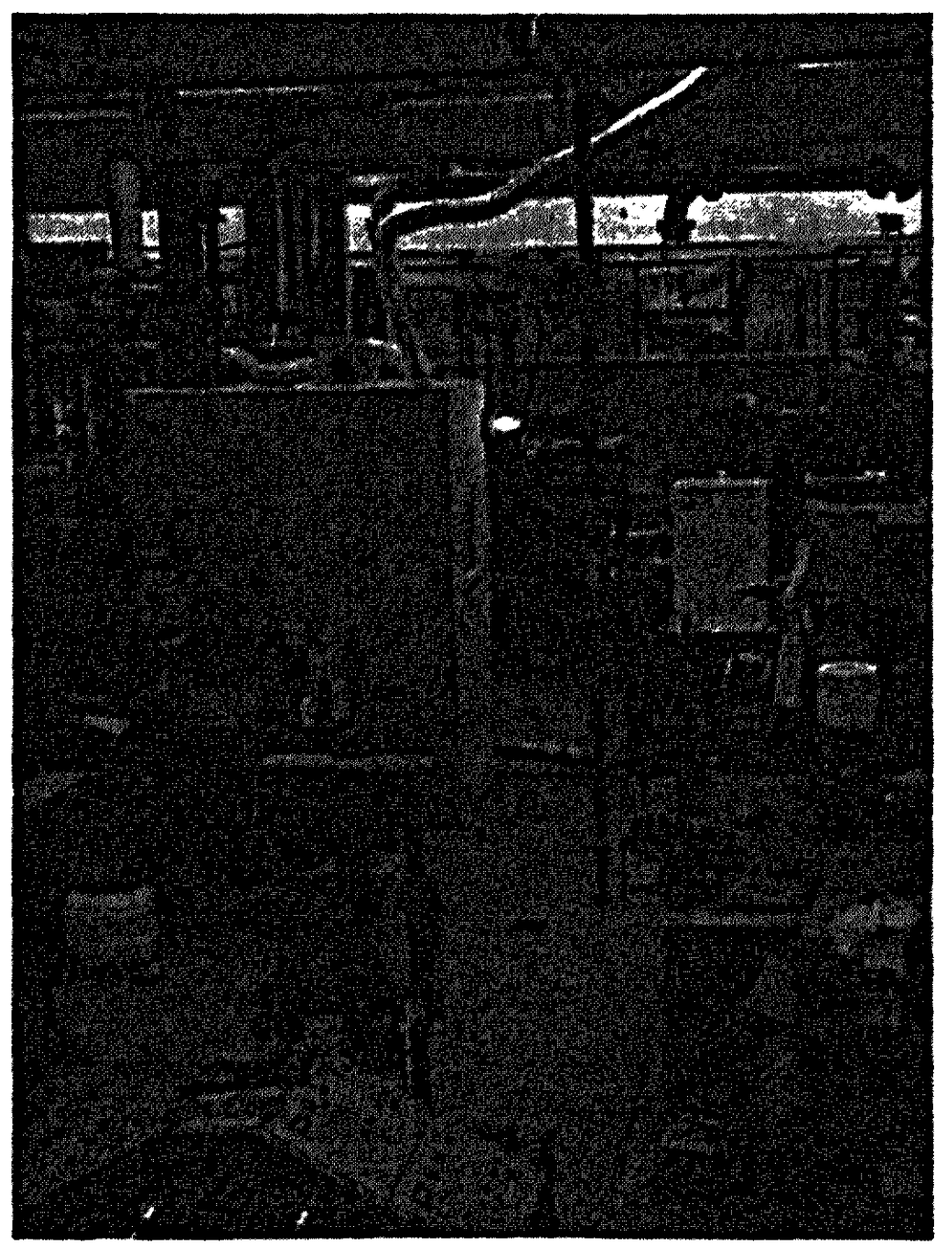
Aan het einde van de vier weken registratie is de installatie afgebroken en het dagboekje ingenomen. Op dat moment is een interview afgenomen voor aanvullende gegevens van de deelnemende huishoudens over schoonmaken van het toilet, voorkeuren enz (zie bijlage III).

3.3 Laboratorium experimenten verneveling micro-organismen

De laboratoriumexperimenten zijn uitgevoerd om te kwantificeren in welke mate micro-organismen in de lucht worden verneveld bij verschillende toilettypen wanneer wordt gespoeld met grijswater. Naast het gedrag van gebruikers van toiletten is het immers van belang het 'gedrag' van micro-organismen in de toiletruimte te bepalen.

3.3.1 Materialen

Voor de veiligheid van de medewerkers is de totale proef uitgevoerd in een totaal afgesloten geconstrueerde toiletruimte (figuur 3.2) die na afloop van de luchtbemonstering gedurende vijf minuten is afgezogen. Er zijn een vlakspoel- (Valadares: type Europa 12011) en een diepspoeltoilet (Laufen CZ: type Jika Olymp) onderzocht.



Figuur 3.2 Laboratoriumruimte waarin het onderzoek is uitgevoerd.

Grijswater is kunstmatig aangemaakt uit drinkwater waaraan stoffen en micro-organismen zijn toegevoegd. In tabel 3.1 is de samenstelling van het grijswater wat betreft stoffen vermeld. In tabel 3.2 is het aantal micro-organismen per liter water vermeld. De micro-organismen die toegevoegd zijn, zijn van fecale herkomst. De opkweek en bepalingsmethoden zijn eerder toegepast in het onderzoek van Medema et al. (1999).

Tabel 3.1 Samenstelling van kunstmatig aangemaakt grijswater gebruikt bij laboratoriumproeven.

Afkomstig uit:	Bestanddeel	Hoeveelheid in 1000 l (gram of ml)
Douchewater	Zeep (handzeep)	10 ml
	Shampoo (merk onbekend)	83 ml
	Douchegel (merk onbekend)	50 ml
	Huidvet (sebum)	17 gr
Textielwas water	Wasmiddel (Ariel color)	45 gr
	Wasverzachter (Robijn)	215 ml
	Huidvet (sebum)	7 gr

Tabel 3.2 Aantal micro-organismen per liter in kunstmatig aangemaakt grijswater gebruikt als spoelwater van twee typen toiletten; gemiddelde van vier waarnemingen (±standaardafwijking).

Micro-organismen	Diepspoeler (spreiding)	Vlakspoeler (spreiding)
F-spec. RNA bacteriofaag MS2	$3{,}3 \times 10^6$ ($\pm 1{,}1 \times 10^6$)	$5{,}5 \times 10^9$ ($\pm 6{,}5 \times 10^8$)
E. coli (WR1)	$6{,}2 \times 10^7$ ($\pm 2{,}2 \times 10^7$)	$9{,}8 \times 10^8$ ($\pm 2{,}6 \times 10^8$)
C. perfringens (D10)	$1{,}3 \times 10^6$ ($\pm 3{,}37 \times 10^4$)	$9{,}85 \times 10^5$ ($\pm 1{,}3 \times 10^5$)
Legionella pneumophila	$3{,}5 \times 10^7$ ($\pm 1{,}2 \times 10^7$)	$6{,}3 \times 10^7$ ($\pm 6{,}8 \times 10^7$)

Naast fecale micro-organismen zijn ook *Legionella* bacteriën gedoseerd. Dit is gedaan, omdat bij een onderzoek naar de toepassing van regenwater voor toiletspoeling *Legionella* bacteriën zijn aangetroffen in het regenwatersysteem (Hijnen et al., 2003). Een kolonie van *Legionella pneumophila* (serietype 1) is opgekweekt op buffered charcoal Yeast Extract agar platen (BCYE-medium) bij 37°C. een losliggende kolonie is in steriel water gesuspendeerd en van deze suspensie is de concentratie bepaald. Vanuit deze suspensie is het grijze water beënt.

De concentraties, die in de experimenten zijn gebruikt, zijn hoog als zij worden vergeleken met de resultaten van de analyses van grijswater in deelproject I-B2. Daarin zijn onder meer bij mensen thuis, monsters genomen van water waarmee gedoucht is. Deze zijn op het laboratorium geanalyseerd op fysisch-chemische en microbiologische eigenschappen. Hogere concentraties zijn gekozen om bij de experimenten met grote zekerheid de fractie te kunnen bepalen van de gedoseerde micro-organismen die zouden worden verneveld. Gedurende de duur van de experimenten (6 tot 8 uur) is geen afname van de concentratie micro-organismen waargenomen.

Verder is bij de doorspoelexperimenten vloeibare feces gebruikt om een fecale besmetting te simuleren. Als vloeibare feces is fecaal materiaal verzameld bij een melkveehouderij. Dit materiaal is in porties van ca. 200 ml in steriele zakken verpakt en vervoerd. Voor de test is de zak geopend vlak boven het standwater.
Omdat de vaste substantie van de ontlasting het spoelvermogen van een toilet en lucht- en waterstromen daarin beïnvloedt, zijn de toiletten gespoeld met specimen in de toiletpot, die de vaste substantie van de ontlasting simuleren. Deze specimen worden gebruikt bij het certificeren van het spoelvermogen van toiletten en zijn steriel.

De *luchtmonsters* voor de bepaling van de verneveling van micro-organismen zijn genomen met een Merck MAS 110 aërosol sampler; de micro-organismen op de toiletzitting zijn met een swab eraf gehaald.

3.3.2 *Opstelling en globale testprocedure*

De opstelling bestaat uit een 200 liter RVS-vat met roerwerk dat is gevuld met 60 liter drinkwater waaraan bestanddelen zijn toegevoegd, zoals in de vorige paragraaf besproken, om grijswater te

simuleren. Dit vat is via een onderaansluiting verbonden met de stortbak (6.0±0.2 liter) die de toiletpotten van spoelwater voorziet. In bijlage V is de testprocedure in detail vermeld.

De diepspoeler en de vlakspoeler zijn op twee afzonderlijke dagen getest. Er is gekozen voor een vaste testprocedure (tabel 3.3) die zowel bij de diepspoeler als de vlakspoeler is toegepast.
Eerst is de lucht in de gesloten toiletruimte bemonsterd (blanco);
Vervolgens is het toilet gevuld met drinkwater en is het standwater besmet met waterig dunne feces. Tijdens de spoeling met drinkwater is de lucht bemonsterd. Het gebruik van dunne feces van het rund is beschouwd als een 'worst-case' situatie onder de huidige praktijkcondities;
Daarna is het toilet uitvoerig gereinigd alvorens door te gaan met spoelingen met grijswater van achtereenvolgens geen potvulling (urinespoeling), pot gevuld met vaste feces (specimen) en pot gevuld met vloeibare feces in het standwater.

Tabel 3.3 Overzicht van de testen die in het laboratorium zijn uitgevoerd.

	Micro-organismen		**Vaste feces (specimen)**
	Vloeibare feces (200 ml)	Gedoseerd aan grijswater	
Blanco lucht	-	-	-
Drinkwaterspoeling	+	-	-
Grijswaterspoeling	-	+	-
Grijswaterspoeling	-	+	+
Grijswaterspoeling	+	+	-

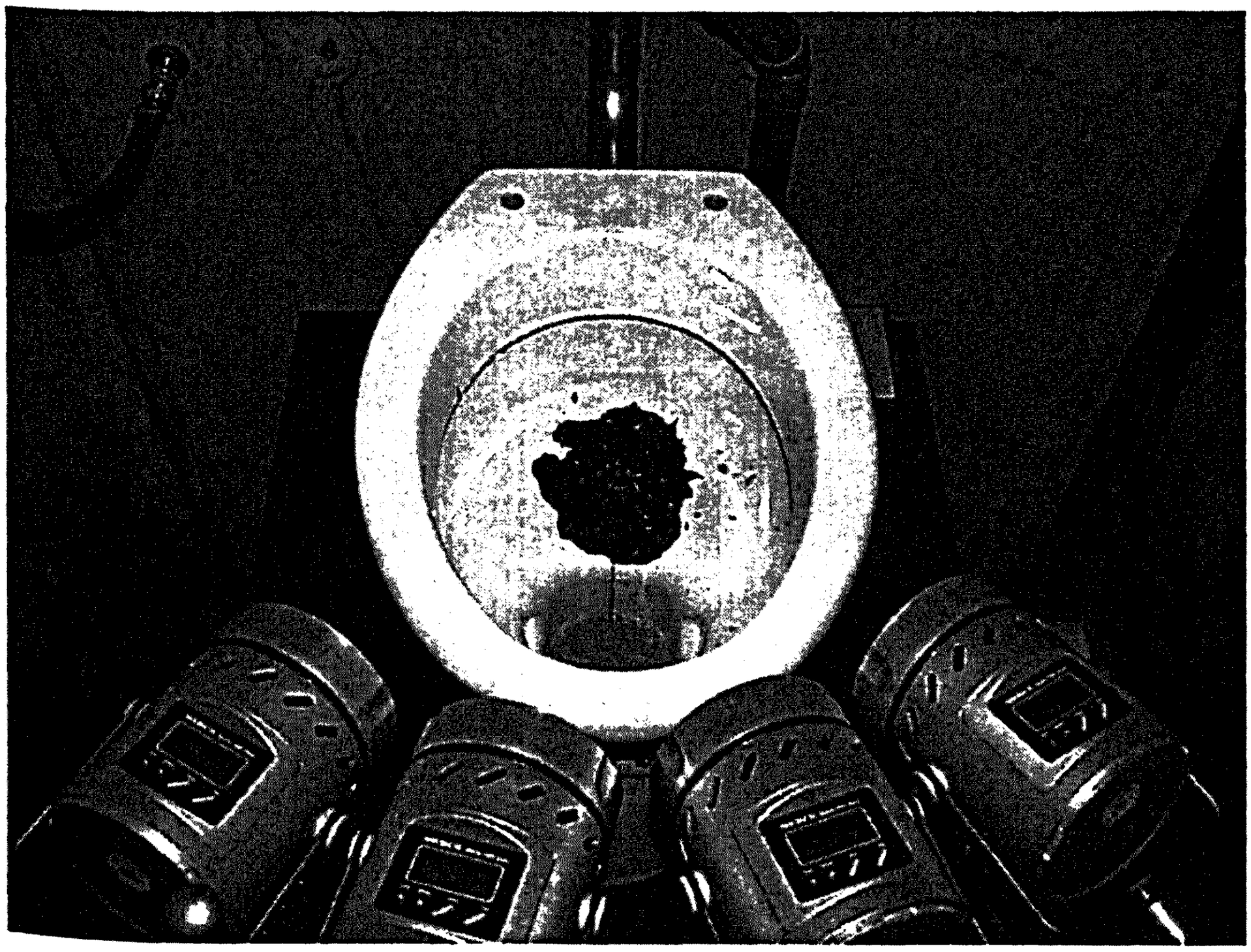
3.3.3 Micro-organisme dosering en bepaling

Bacteriën van de coligroep bij 37°C zijn bepaald volgens NEN 6552. Direct met de strijkplaat methode of met behulp van membraanfiltratie is een monster op Laurylsulfaat-agar (LSA) platen aangebracht die gedurende 5 ± 1 uur bij 25°C, gevolgd door 14 uur ± 2 uur bij 37°C zijn geïncubeerd. Gele kolonies zijn bevestigd met de oxidase test (bacteriën van de coligroep 37°C) en op indolvorming bij 44°C (*E. coli*).
Clostridium perfringens zijn bepaald door een hoeveelheid monster te filtreren over een membraanfilter en dit filter te incuberen op het mCP medium gedurende 24 ± 2 uur bij 45 ± 1°C. Typisch gele kolonies zijn bevestigd met ammoniumhydroxide (roze-rode kleur).
Bij de laboratoriumtesten met *C. perfringens* stam D10 is bepalingsmethode toegepast die voor de totale groep van sporen van sulfiet reducerende clostridia wordt gebruikt. De monsters zijn 15 minuten bij 60°C gepasteuriseerd.
F-specifieke bacteriofagen bij de veldmetingen en MS2 fagen bij het labonderzoek zijn bepaald door een hoeveelheid monster te mengen met Tryptone-gist extract-glucose agar (TYGA) waarin zich eveneens de gastheerstam (*Salmonella typhimurium*; WG49) bevindt. Dit medium wordt gegoten over onbeënt TYGA medium en gedurende 18 ± 2 uur bij 37 ± 1°C geïncubeerd. Het aantal plaques (heldere spots) op het medium is geteld (pfu; plaque forming units).

De *Legionella* bepaling is uitgevoerd door het aanbrengen van een monster (lucht of water) op BCYE-medium platen die gedurende 7 dagen bij 37±1°C zijn geïncubeerd. Bevestiging van de typische kolonies vindt plaats op BCYE met en zonder cysteïne na 5 dagen incubatie bij 37°C (*Legionella* groeit niet op BCYE-cys).

3.3.4 Luchtbemonstering

Voor de bepaling van de verneveling van micro-organismen in de lucht zijn luchtmonsters genomen op ca. 10 cm boven de WC-rand met een aërosol sampler (figuur 3.3) Gedurende 10 minuten is 1000 liter geleid over petrischalen met een voedingsbodem. Deze petrischalen zijn in een koelbox naar het laboratorium getransporteerd en op standaardwijze geïncubeerd.



Figuur 3.3 Luchtsampler bij de toiletpot met de vloeibare feces

3.3.5 Oppervlaktebemonstering

Er is een oppervlak van ca. 75 cm^2 afgespateld met een steriele swab geplaatst in steriel drinkwater. De swab is viermaal gedurende 2 minuten ultrasoon getrild in een totaal volume van 40 ml en van de verkregen suspensie is op standaard wijze, volgens de beschreven microbiologische technieken, verwerkt om een telling van het aantal micro-organismen te kunnen verrichten.

3.4 Meting concentratie micro-organismen rond toiletten in huishoudens

Het meten van de concentratie micro-organismen in toiletten bij huishoudens in de praktijk is gedaan om te bepalen in hoeverre daar in de gangbare situatie, waarin met spoelt met drinkwater, micro-organismen aanwezig zijn.

3.4.1 Keuze en instructie deelnemende huishoudens

Om de concentratie van micro-organismen in huis te meten is uit de 22 huishoudens die aan het onderzoek deelnamen een selectie gemaakt van tien deelnemers. Van deze huishoudens zijn een aantal gegevens omtrent hun toiletgebruik en gebruikspatronen bekend uit de voorgaande fase van het onderzoek. Bij de selectie is uitgegaan van een zo groot mogelijk aantal factoren met een potentieel risico in de steekproef.
De selectie criteria zijn de volgende:
- kwetsbaarheid; zowel oudere (>55 jaar) als jongere huishoudens (kleine kinderen);
- opvallend gebruik van toilet.

Daarnaast is gekeken of men beschikbaar was voor uitvoering van metingen in weekeinde tijdens gewenste periode, of het logistiek uitvoerbaar was en of de verschillende typen toilet; diepspoeler en vlakspoelers voldoende aanwezig waren.

4 Gebruikspatronen toilet bij huishoudens

Dit hoofdstuk beschrijft de resultaten van een deel van het veldonderzoek bij huishoudens thuis. Aan de hand van vragenlijsten is informatie verkregen over gewoonten van huishoudens met betrekking tot toiletgebruik en schoonmaakgedrag van de toiletruimte. Door middel van metertjes in de stortbak van de toiletruimte en dagboekjes die door de respondenten ingevuld zijn, is een beeld verkregen van de daadwerkelijke gebruikspatronen van de toiletruimtes door de huishoudens.

4.1 Samenstelling steekproef

Van 23 huishoudens konden de gegevens verder worden verwerkt. In 8 van deze huishoudens is tenminste een lid ouder is dan 55 jaar. In twee van deze huishoudens gaat het om een eenpersoons huishouden. De oudste deelnemer is 85 jaar.
De 15 jongere huishoudens hebben in 7 gevallen twee en in 7 gevallen drie kinderen die deel uitmaken van het huishouden. In een huishouden is er een kind aanwezig. Er zijn 9 huishoudens waar tenminste 1 kind jonger dan 6 jaar aanwezig is. Verder zijn er drie huishoudens waar het jongste kind tussen de 6 tot en met 10 jaar is en hebben twee huishoudens meerdere inwonende kinderen die allen in de categorie 11 jaar en ouder vallen. De leeftijd van de ouders in deze 15 jongere huishoudens varieert tussen de 32 en 50 jaar.
Een huishouden vormt een uitzondering op bovenstaande. Beide leden hebben een leeftijd tussen de 25 en 30 jaar en er zijn geen kinderen aanwezig.

Onder de oudere huishoudens zijn geen deelnemers die een LBO opleiding hebben; één deelnemer heeft een MBO opleiding gehad. Alle overigen hebben een HBO of Universitaire opleiding gevolgd. In de jongere huishoudens gaat het steeds om twee partners. In twee huishoudens heeft één persoon een LBO opleiding en de partner een MBO opleiding en in twee gevallen zijn beide MBO geschoold. In de 11 overige gevallen heeft men een HBO of hogere scholing gevolgd. Alle deelnemers geven aan relatief schoon werk uit te voeren.

4.1.1 Huisvesting

De huisvesting van de 8 oudere huishoudens is uiteenlopend: 2 huishoudens bewonen een flat, waarvan 1 een koopflat is. De overige 5 woningen zijn eengezinswoningen in eigendom, waarvan drie vrijstaand. De jongere huishoudens bewonen eengezinswoningen, maar geen vrijstaande woning. Een huishouden huurt de woning, de andere woningen zijn koopwoningen. De bouwjaren lopen uiteen van 1913 tot 2000.

Op een huishouden na bewonen de oudere huishoudens de huidige woning sinds de zeventiger jaren. De jongere huishoudens bewonen in het algemeen vanaf tweede helft 80-er jaren of sinds de negentiger jaren de huidige woning. Uitzondering vormen hierop twee huishoudens die in 2000 een nieuwe woning betrokken en een huishouden dat in 2001 een woning uit 1930 betrok en deze geleidelijk aan renoveert.
Van de oudere huishoudens hebben er vijf het sanitair en met name het toilet veranderd. Meestal betreft het vervanging en modernisering. De modernisering heeft dan tot doel het comfort te verhogen zoals een seniorentoilet of extra sanitair aan te brengen.
Onder de jongere huishoudens hebben vijf het sanitair veranderd en negen niet. Wel zal één huishouden binnen een jaar ook het sanitair gaan veranderen, wat onder andere inhoudt, het plaatsen van een tweede toilet. Het betreft vaak veranderingen in de badkamer op de eerste verdieping waarbij tegelijkertijd een zwevend toilet in de muur is ingebouwd.
Een huishouden geeft aan te gaan verhuizen onder meer om over meer en beter sanitair te kunnen beschikken dan momenteel. Het is een nog groeiend gezin, in een ouder huis met slechts één toilet.

4 Gebruikspatronen toilet bij huishoudens

Dit hoofdstuk beschrijft de resultaten van een deel van het veldonderzoek bij huishoudens thuis. Aan de hand van vragenlijsten is informatie verkregen over gewoonten van huishoudens met betrekking tot toiletgebruik en schoonmaakgedrag van de toiletruimte. Door middel van metertjes in de stortbak van de toiletruimte en dagboekjes die door de respondenten ingevuld zijn, is een beeld verkregen van de daadwerkelijke gebruikspatronen van de toiletruimtes door de huishoudens.

4.1 Samenstelling steekproef

Van 23 huishoudens konden de gegevens verder worden verwerkt. In 8 van deze huishoudens is tenminste een lid ouder is dan 55 jaar. In twee van deze huishoudens gaat het om een eenpersoons huishouden. De oudste deelnemer is 85 jaar.
De 15 jongere huishoudens hebben in 7 gevallen twee en in 7 gevallen drie kinderen die deel uitmaken van het huishouden. In een huishouden is er een kind aanwezig. Er zijn 9 huishoudens waar tenminste 1 kind jonger dan 6 jaar aanwezig is. Verder zijn er drie huishoudens waar het jongste kind tussen de 6 tot en met 10 jaar is en hebben twee huishoudens meerdere inwonende kinderen die allen in de categorie 11 jaar en ouder vallen. De leeftijd van de ouders in deze 15 jongere huishoudens varieert tussen de 32 en 50 jaar.
Een huishouden vormt een uitzondering op bovenstaande. Beide leden hebben een leeftijd tussen de 25 en 30 jaar en er zijn geen kinderen aanwezig.

Onder de oudere huishoudens zijn geen deelnemers die een LBO opleiding hebben; één deelnemer heeft een MBO opleiding gehad. Alle overigen hebben een HBO of Universitaire opleiding gevolgd. In de jongere huishoudens gaat het steeds om twee partners. In twee huishoudens heeft één persoon een LBO opleiding en de partner een MBO opleiding en in twee gevallen zijn beide MBO geschoold. In de 11 overige gevallen heeft men een HBO of hogere scholing gevolgd. Alle deelnemers geven aan relatief schoon werk uit te voeren.

4.1.1 Huisvesting

De huisvesting van de 8 oudere huishoudens is uiteenlopend: 2 huishoudens bewonen een flat, waarvan 1 een koopflat is. De overige 5 woningen zijn eengezinswoningen in eigendom, waarvan drie vrijstaand. De jongere huishoudens bewonen eengezinswoningen, maar geen vrijstaande woning. Een huishouden huurt de woning, de andere woningen zijn koopwoningen. De bouwjaren lopen uiteen van 1913 tot 2000.

Op een huishouden na bewonen de oudere huishoudens de huidige woning sinds de zeventiger jaren. De jongere huishoudens bewonen in het algemeen vanaf tweede helft 80-er jaren of sinds de negentiger jaren de huidige woning. Uitzondering vormen hierop twee huishoudens die in 2000 een nieuwe woning betrokken en een huishouden dat in 2001 een woning uit 1930 betrok en deze geleidelijk aan renoveert.
Van de oudere huishoudens hebben er vijf het sanitair en met name het toilet veranderd. Meestal betreft het vervanging en modernisering. De modernisering heeft dan tot doel het comfort te verhogen zoals een seniorentoilet of extra sanitair aan te brengen.
Onder de jongere huishoudens hebben vijf het sanitair veranderd en negen niet. Wel zal één huishouden binnen een jaar ook het sanitair gaan veranderen, wat onder andere inhoudt, het plaatsen van een tweede toilet. Het betreft vaak veranderingen in de badkamer op de eerste verdieping waarbij tegelijkertijd een zwevend toilet in de muur is ingebouwd.
Een huishouden geeft aan te gaan verhuizen onder meer om over meer en beter sanitair te kunnen beschikken dan momenteel. Het is een nog groeiend gezin, in een ouder huis met slechts één toilet.

Een ouder huishouden geeft aan ook te willen verhuizen als de behoefte aan comfortverhoging zich nog sterker laat gelden.

Er zijn zes huishoudens met één toilet. De twee eenpersoons, oudere huishoudens zijn tevreden met één toilet in huis. Tevens is er een jong huishouden dat maar over een toilet beschikt en dat ook zo wil laten, omdat een tweede toilet slechts meer onderhoud zou betekenen. De andere drie huishoudens willen uitbreiding naar twee toiletten, hetzij op korte termijn door aanleg in de woning, hetzij door verhuizing.
Alle overige huishoudens beschikken over twee of drie (één huishouden) toiletten. In ideale omstandigheden vindt het merendeel van de respondenten twee toiletten in huis prima. Vaak houdt dat in, dat de verdiepingen waar relatief veel activiteiten plaats vinden dan van een toilet zouden zijn voorzien. Het zijn drie oudere huishoudens die wel over drie toiletten zouden willen beschikken. Daarbij zouden alle verdiepingen voorzien zijn van een toilet en men deze dus overal betrekkelijk dicht bij de hand heeft.

4.1.2 Toilettype

In alle 23 huishoudens is een toilet op de begane grond aanwezig, dat in een apart klein vertrek is aan gebracht. Een ouder huishouden heeft daarnaast ook een badkamer beneden, waarin een toilet intensief wordt gebruikt. Zij hebben nog een derde toilet op de eerste verdieping, welke weinig wordt bezocht. Verder staan de tweede toiletten doorgaans op de eerste verdieping in de badkamer. Een ouder huishouden heeft dit toilet in een aparte ruimte en vindt dit prettig. Een ander huishouden geeft aan dat ook ideaal te vinden, maar daar geen ruimte voor te hebben.

Opvallend is, dat in de oudere huishoudens slechts twee toiletten een spoelonderbreker in de stortbak hebben, eenmaal een boventoilet en eenmaal beneden.
Bij de 15 jonge huishoudens zijn er 8 spoelonderbrekers in de toiletten beneden aanwezig; één huishouden zegt deze niet te gebruiken. In de 7 huishoudens zonder spoelonderbreker, wordt in vier gevallen zelf de hoeveelheid spoelwater door manipulatie verminderd.
De toiletten op de eerste verdieping daarentegen hebben niet altijd dezelfde voorzieningen als beneden doordat bij verbouwing bijvoorbeeld wel beneden of juist alleen boven gemoderniseerd is en bijvoorbeeld spoelonderbrekers zijn aangelegd. In totaal hebben zes jonge huishoudens boven een spoelonderbreker waarvan één niet wordt gebruikt. Op één na manipuleren de leden van de overige huishoudens boven vooral bij urine, de hoeveelheid spoelwater die wordt gebruikt bij het doortrekken.

Een overzicht van typen toiletten die zijn aangetroffen in de deelnemende huishoudens staat in tabel 4.1 (beneden) en 4.2 (boven). Eerst worden de oudere huishoudens vermeld, daarna de jongere huishoudens.

Tabel 4.1 Type toiletten in onderzochte huishoudens beneden.

huishouden nummer	toiletpot merk	type	kiwakeur	reservoir merk	inhoud	hoog / laag
oudere huishoudens						
1	onbekend	vlak	nee	onbekend	10	laag
2	Wisa	diep	nee	Wisa	8.5	laag
11	onbekend	diep	?	onbekend	11	laag
18	Duravid	vlak	?	Duravid	5.5	laag
19	Wisa	vlak	ja	Wisa	8.5	laag
20	Geberit	vlak	?	Geberit	10.7	laag
22	Sphinx	diep	?	Sphinx	7.9	laag
24	Sphinx	vlak	?	onbekend	13	laag

jongere huishoudens						
3	Allibert	vlak	?	onbekend	7.8	laag
4	onbekend	vlak	?	Wisa	8	laag
5	Sphinx	diep	?	Sphinx	7	laag
6	Sphinx	diep	?	Sphinx	8	laag
7	onbekend	vlak	ja	Wisa	7	laag
8	onbekend	diep	ja	Wisa	8	laag
9	Royal Sphinx	vlak	?	Onbekend	....	laag
10	Villeroy&Boch	diep	ja	Vill&Boch	8.4	laag
12	onbekend	vlak	ja	Onbekend	8.9	laag
13	onbekend	vlak	ja	Philips	8.8	laag
14	Ceravid	vlak	?	onbekend	9.4	laag
15	onbekend	vlak	ja	Wisa	9.3	laag
16	Pozzigingri	vlak	?	Pozzigingri	7.5	laag
17	Sphinx	diep	ja	onbekend	6.8	laag
23	onbekend	vlak	?	Wisa	7.6	hoog

Er wordt een uiteenlopend aantal merken gebruikt voor toiletinstallaties in privé huishoudens. Het reservoir is regelmatig van een ander merk dan de pot. Bij de beneden toiletten is het type vlakspoeler in de meerderheid (15 stuks tegen 8 diepspoelers).
Bij de boventoiletten ligt het omgekeerd: 10 diepspoelers tegen 7 vlakspoelers (tabel 4.2). Dit verschil laat zich onder andere verklaren doordat boven in een aantal huishoudens een nieuw zwevend toilet in ingebouwd. Dit type is in alle gevallen een diepspoeler. Op een na betreft het hier jonge huishoudens, terwijl juist binnen deze huishoudens vaak is aangegeven een vlakspoeler te prefereren omdat daarmee het toiletgebruik van kinderen gecontroleerd kan worden.

Tabel 4.2 Type toiletten in onderzochte huishoudens boven.

huishouden	toiletpot merk	type	kiwakeur	reservoir merk	inhoud	laag/ hoog
oudere huishoudens						
1	nvt					
2	nvt					
11	onbekend	diep	?	Sphinx	10	laag
18	Duravid	diep	?	Duravid	5.9	laag
19	Wisa	vlak	ja	Wisa	5.8	laag
20 a	onbekend	diep	?	onbekend	7	laag
b	Geberit	vlak	?	Geberit	8.4	laag
22	Keramac Renova	diep	ja	Geberit	ingebouwd	laag
24	CM Nord	vlak	ja	onbekend	6.5	laag
jongere huishoudens						
3	Allibert	vlak	?	Geberit	7	laag
4	onbekend	vlak	ja	Geberit	7	laag
5	nvt					
6	Laufen	vlak	ja	Laufen	8.8	laag
7	Duravid	diep	ja	Wisafit	ingebouwd	laag
8	Sphinx	diep	ja	Sphinx	7.9	laag
9	Laufen	diep	ja	Groherapid	ingebouwd	laag

10	Laufen duobloc Suprema	vlak	ja	Laufen	7.2	laag
12	onbekend	vlak	?	Geberit	6	laag
13	Keramac	diep	?	Geberit	ingebouwd	laag
14	nvt					
15	Sphinx	diep	?	Geberit	ingebouwd	laag
16	nvt					
17	Spinx	diep	ja	onbekend	ingebouwd	laag
23	nvt					laag

Een toilet heeft een reservoir dat hoog hangt. Het gaat hier om een ouder type toilet.
De inhoud van de reservoirs lopen sterk uiteen, variërend van 5.5 tot 13 liter beneden en 5.8 tot 10 liter boven. Gemiddeld is de inhoud beneden iets groter met 7.8 liter dan boven met 7.2 liter.

De ventilatie in de ruimte beneden waar het toilet staat, wordt bij de oudere huishoudens doorgaans automatisch geregeld hetzij door het bedienen van het lichtknopje (4 maal), hetzij mechanisch door een centraal afzuigsysteem (2 maal) of automatisch zonder nadere aanduiding (1 maal). Slechts eenmaal is er natuurlijke afzuiging dmv een raam.
Bij de jongere huishoudens is er 7 maal sprake van een raam. Daarnaast is er in 5 huishoudens een centraal afzuigsysteem, tweemaal een handbediening en eenmaal een automatisch mechanisch systeem beneden.

De ruimte waar het toilet boven staat, heeft 9 van de 11 jonge huishoudens een raam dat gebruikt wordt voor de ventilatie. Vaak is dit gecombineerd met een centraal (4 maal) dan wel handbediend (2 maal) afzuigsysteem. De twee huishoudens zonder het raam hebben een automatisch of een centraal afzuigsysteem.
In 7 toiletten bij de oudere huishoudens is tweemaal een raam aanwezig, tweemaal is het een gekoppeld systeem met het licht, eenmaal een mechanisch automatisch en eenmaal een centraal geregeld systeem. Bij één toilet wordt de ventilatie geregeld door de deur open te zetten.

4.1.3 Toiletreiniging

De middelen die worden toegepast voor het reinigen van toiletten in privé huishoudens lopen uiteen van een afwasmiddel gecombineerd met een schuurmiddel in een ouder huishouden tot een bleekmiddel, schuurmiddel en wc-eend voor tussendoor. Tabel 4.3 geeft weer welke middelen, al of niet in combinatie, worden toegepast. Per huishouden wordt voor boven en beneden dezelfde middelen toegepast. Hoewel het gebruik van boven en beneden toilet verschillend is, wordt door de meeste respondenten aangegeven dat de frequentie en wijze van reinigen tussen beide toiletten niet verschilt.

In de 8 oudere huishoudens wordt het toilet beneden ieder week tenminste eenmaal gereinigd, in drie huishoudens is dit tweemaal. Verder zijn er twee huishoudens waar men ook wel tussendoor nog enigermate reinigt, als er bijvoorbeeld bezoek is of de binnen- en buitenkant wordt steeds even afgenomen als de vrouw des huizes gebruik heeft gemaakt van het toilet. In dit laatste huishouden maakt men tweemaal per week schoon. Het toilet boven wordt doorgaans met dezelfde frequentie gereinigd. Eén huishouden reinigt het toilet boven eenmaal per week en het toilet beneden tweemaal per week.
In de vijftien jonge huishoudens zijn er vijf waar de schoonmaak frequentie van het benedentoilet hoger ligt dan eenmaal per week. Viermaal maakt men het toilet tweemaal per week schoon, en eventueel naar wens nog een extra reiniging. Het vijfde huishouden reinigt 3 tot 4 keer per week en in de schoolvakantie elke dag. Ook in vijf huishoudens waar eenmaal per week wordt gereinigd, geeft men aan tussendoor met een borstel te reinigen of de bril met een vochtig doekje af te nemen. Er lijkt hier geen relatie te zijn met het aantal leden per huishouden, noch met leeftijden van het kind(eren). Wel is in zwakke mate zichtbaar dat naarmate leden van een huishouden minder uren van huis zijn de schoonmaakfrequentie hoger ligt. Bij het toilet boven is de frequentie en wijze van reinigen identiek aan het toilet beneden.

In zes huishoudens is in het toilet boven geen toiletverfrisser aangebracht.

Tabel 4.3 Frequentie van schoonmaken en middelen gebruikt voor toilet.

huish. nummer	Frequentie per week	Middelen gewone beurt	Middelen extra beurt(en)	Middel frishouden
oudere huishoudens				
1	1	Bleekmiddel	Soms extra beurt met chloor	Wc blokje
2	1	Allesreiniger + schuurmiddel	Nvt	spuitbus
11	1	Allesreiniger + bleekmiddel	Nvt	geurpotje
18	2	Vloeib. groene zeep + schuurmiddel	Vochtig doekje + borstel	lavendel
	1/4	Antikalk		
19	1	Allesreiniger + schuurmiddel	Niet bekend	Wc blokje
20 beide toiletten	1	Allesreiniger + apart doekje buitenom Schuurmiddel 1/2 week dettol-spoeling 1/4 week dettol-reiniging	Nvt	nee
22	2	Wc eend met antikalk + 1/ week bleekmiddel	Nvt	Wc blokje
24	2	Afwasmiddel + schuurmiddel	Nvt	Wc blokje
jongere huishoudens				
3	1	Eco-allesreiniger	Borstel	Wc blokje + plastik vernevelaar
4	1	Allesreiniger + wc eend	Nvt	Spuitbus + wc blokje
5	2	Chloorbleek	Nvt	Spuitbus + wc blokje
6	2	Bleek middel + antikalkmiddel	Nvt	nee
7	1	Allesreiniger buitenkant + wc eend binnenkant	Dagelijks bril + bovenkant pot allesreiniger	Spuitbus + wc blokje
8	1	Wc eend met bleekmiddel + soms allesreiniger	Bril + pot Niet bekend	spuitbus
9	1	Allesreiniger + wc eend	Nvt	spuitbus
10	3- 4	Allesreiniger + bleekmiddel	Vakanties dagelijks, zelfde producten	Wc blokje
12	1	Wc reiniger +bleekmiddel boven	Onbekend	Wc blokje
13	1	Bleekmiddel + anti kalkmiddel, soms sopje	Vochtige doekjes + borstel	Wc blokje + plastic flush
14	2	Bleekmiddel + schuurmiddel	Wc eend zonder chloor	Plastic flush
15	1	Wc eend met anti kalk, zonder bleekmiddel	Nvt	Blokje buiten pot
16	1	Toilet reiniger	Nvt	Plastic flush
17	1	Bleekmiddel + antikalk middel (Sical)	Nvt	nee
23	2	Eco-allesreiniger	Vochtige doekjes	Geurblok op grond

Vermeld kan verder worden, dat sommige huishoudens het beleid hebben één toilet vooral voor gasten te reserveren en het andere toilet voor zichzelf te houden.

4.1.4 Opvattingen over watergebruik

Er is in de enquête na afloop van de metingen gevraagd naar het watergebruik in het huishouden en ook naar eventuele toepassing van waterhergebruik binnen de eigen woning.
De algemene teneur is, dat men enigermate tot uitgesproken bewust bezig is met het watergebruik. "Niet royaal" is een gebruikte uitdrukking, een ander vindt het bezwaarlijk dat de vijver lekt en daar kennelijk niets aan te doen is. De aanwezigheid en het gebruik van de spoelstoppen duiden op dezelfde houding. Eén persoon antwoordt "denk ik niet bij na".
In bijna alle huishoudens die geen doorspoelstop op de stortbak hebben geïnstalleerd, manipuleren een of meer leden van het huishouden de hoeveelheid water die gebruikt wordt bij het doorspoelen van urine. Ook spoelt men vaak de urine van kinderen niet of met weinig water door, of wordt er niet doorgetrokken wanneer men snel na elkaar het toilet gebruikt. De ontlasting daarentegen wordt bij enkele huishoudens soms met meerdere keren spoelen weggewerkt. Het feit dat 's nachts vaak niet wordt doorgetrokken lijkt niet of weinig gerelateerd te zijn aan watergebruik, maar heeft te maken met geluidsoverlast. Een huishouden bewoont een woning waarin een huishoudwaterleidingsysteem aanwezig is. Zij gebruiken dit nog niet, maar zijn wel bereid de twee soorten water te gebruiken als het systeem in werking wordt gesteld. Ook maken zij op dit moment geen gebruik van de aanwezige spoelstoppen.
Over de mogelijkheid van het aanleggen van een waterhergebruik systeem in de woning zijn 21 van de 23 onderzochte huishoudens positief. Als reden geeft men doorgaans op dat het gunstig zal zijn voor het milieu omdat het water bespaart ("zonde om met schoon water door te spoelen" en "water is een kostbare zaak") Maar men verwacht ook dat het in de huishouding water zal besparen, waarmee het dus ook kosten bespaart.
De respondenten stellen wel eisen bij het accepteren van een waterhergebruik systeem in huis. Het meest genoemd worden:

- het systeem moet inpasbaar zijn in de woning: niet te groot, qua ontwerp "prettig" of "netjes", of "als het huis het toelaat";
- niet te duur;
- veilig: schoon in de zin van microben, "voor toilet wel en misschien voor de wasmachine", "huishoudwater wel, grijswater niet".

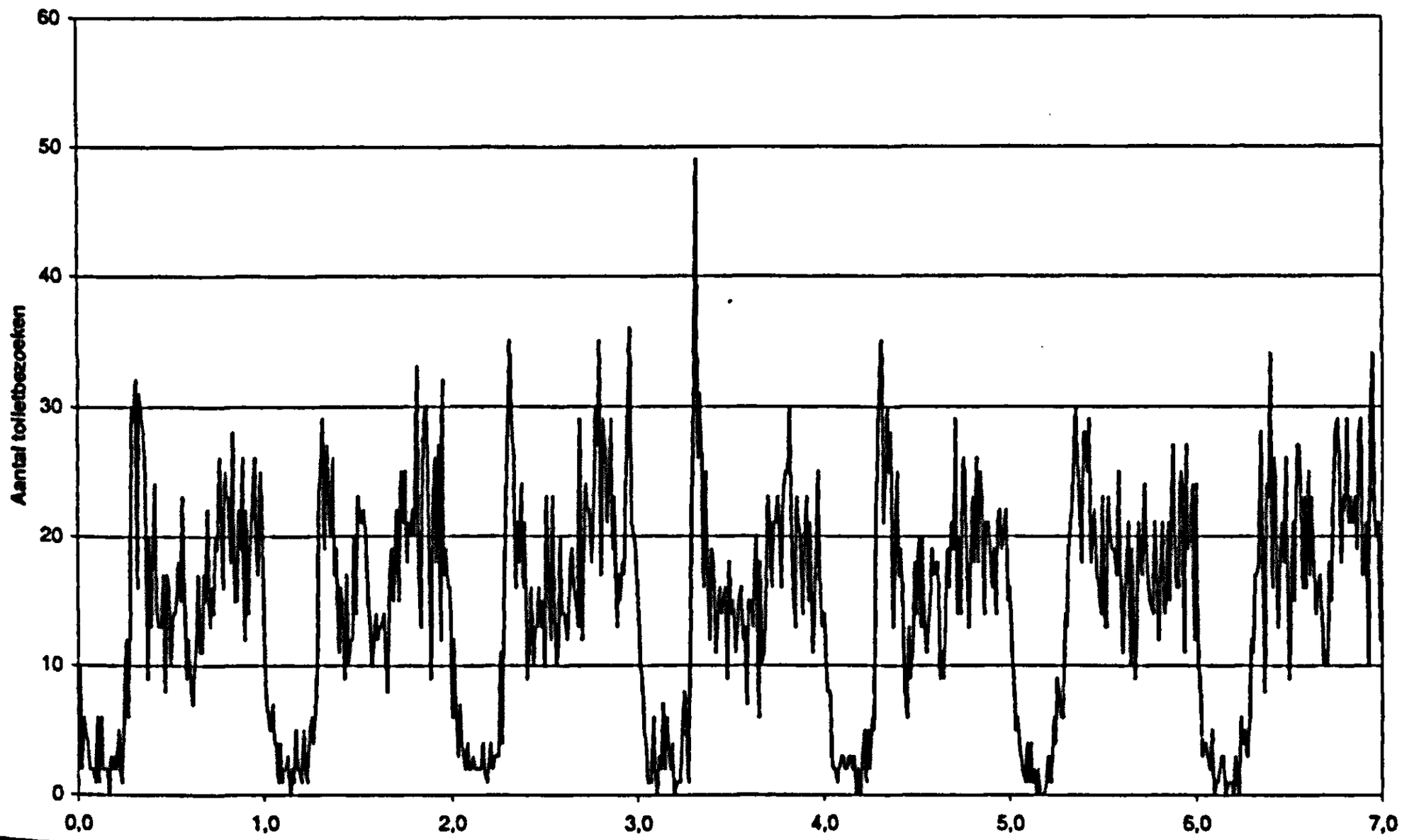
Een persoon geeft aan een waterhergebruik systeem wel te willen, mits men voldoende geïnformeerd blijft om de motivatie hoog te houden. Twee respondenten zeggen een dergelijk systeem uit het buitenland te kennen. Daar functioneerde het goed en hebben er vertrouwen in dat het een goed idee kan zijn.
Twee respondenten zeggen nee tegen een waterhergebruik systeem. De een heeft als argument, dat eerdere ervaringen/onderzoek heeft aangetoond dat het te weinig baat in de zin van waterbesparing oplevert. De ander vindt het microbiologisch niet verantwoord en verwijst naar een artikel dat in een dagblad daarover is geschreven.

4.2 Analyse toiletbezoeken

In deze paragraaf worden de gebruikspatronen van het toilet besproken. Hierbij moet opgemerkt worden dat het doorspoelen van het toilet niet altijd volgt op het urineren van een persoon. Het kan ook zijn dat het toilet is doorgespoeld voor het schoonmaken, of het wegspoelen van etensresten. Het omgekeerde komt ook voor: niet altijd na een toiletbezoek, is het toilet doorgespoeld. Onderstaande gegevens zijn dus gegevens van het doorspoelen van het toilet en van andere toiletbezoeken. Hieronder wordt onder toiletbezoek alle bezoeken aan de toiletruimtes bedoeld, ongeacht het doel van het bezoek en het wel of niet doortrekken.

4.2.1 Frequentie en tijdpatronen toiletbezoeken

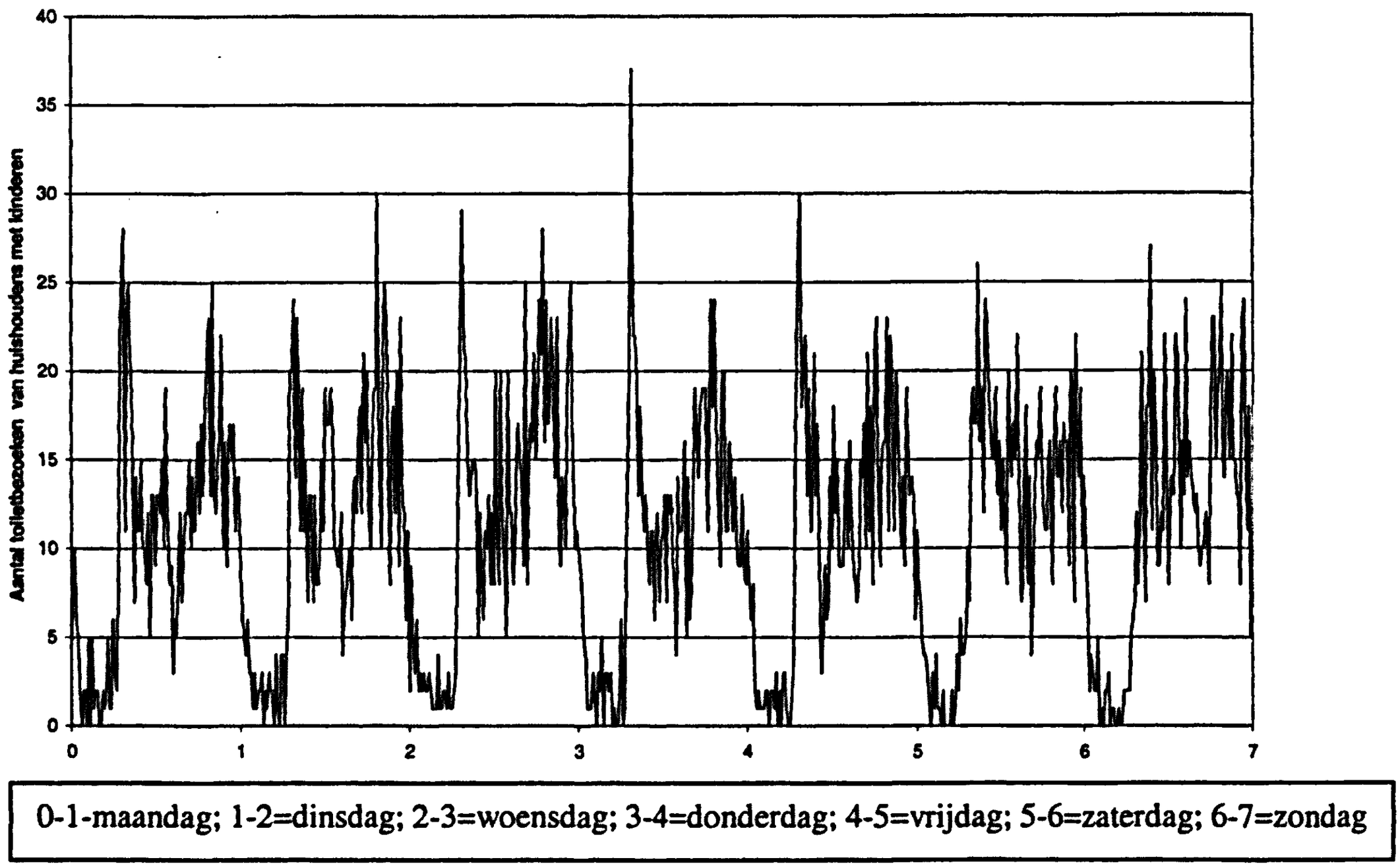
In figuur 4.1 is het aantal toiletbezoeken cumulatief over een periode van vier weken voor alle huishoudens weergegeven. 0-1 is maandag, 1-2 is dinsdag, 2-3 is woensdag, etc.



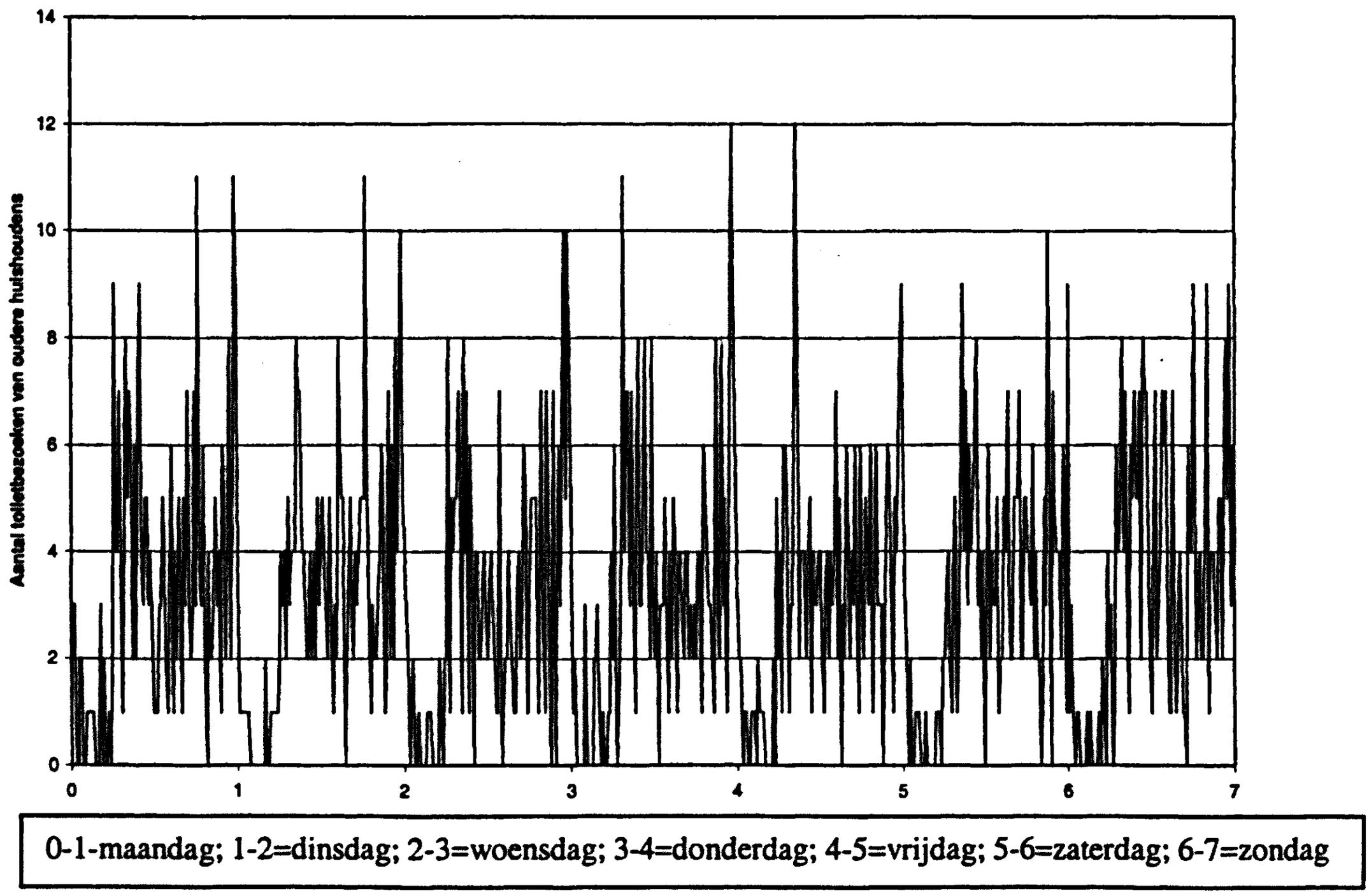
0-1-maandag; 1-2=dinsdag; 2-3=woensdag; 3-4=donderdag; 4-5=vrijdag; 5-6=zaterdag; 6-7=zondag

Figuur 4.1 Verdeling van toiletbezoeken over een week; aantal bezoeken per tijdsdeel van 15 minuten, cumulatief over vier weken in alle huishoudens samen.

Uit bovenstaande figuur blijkt dat in de huishoudens een piek waar te nemen is in het begin van de ochtend. Ook in het begin van de avond is iedere dag is een duidelijk piek waar te nemen. Midden in de nacht zijn er veel minder toiletbezoeken.
In figuren 4.2 en 4.3 is dit patroon weergegeven voor de twee typen huishoudens, "gezinnen met kinderen" en "ouderen". Het huishouden zonder kinderen en waarin geen van beide personen 55 jaar of ouder was, is buiten beschouwing gelaten.



Figuur 4.2 Verdeling van toiletbezoeken over een week; aantal bezoeken per tijdsdeel van 15 minuten, cumulatief over vier weken in alle huishoudens met kinderen (n=60 personen).



Figuur 4.3 Verdeling van toiletbezoeken over een week; aantal toiletbezoeken per tijdsdeel van 15 minuten, cumulatief over vier weken, in oudere huishoudens (n=14 personen).

Het eerste verschil dat opvalt, is dat er bij de gezinnen met kinderen meer toiletbezoeken plaats vinden dan bij de ouderen. Dit is te verklaren doordat het hier om cumulatieve gegevens van alle huishoudens

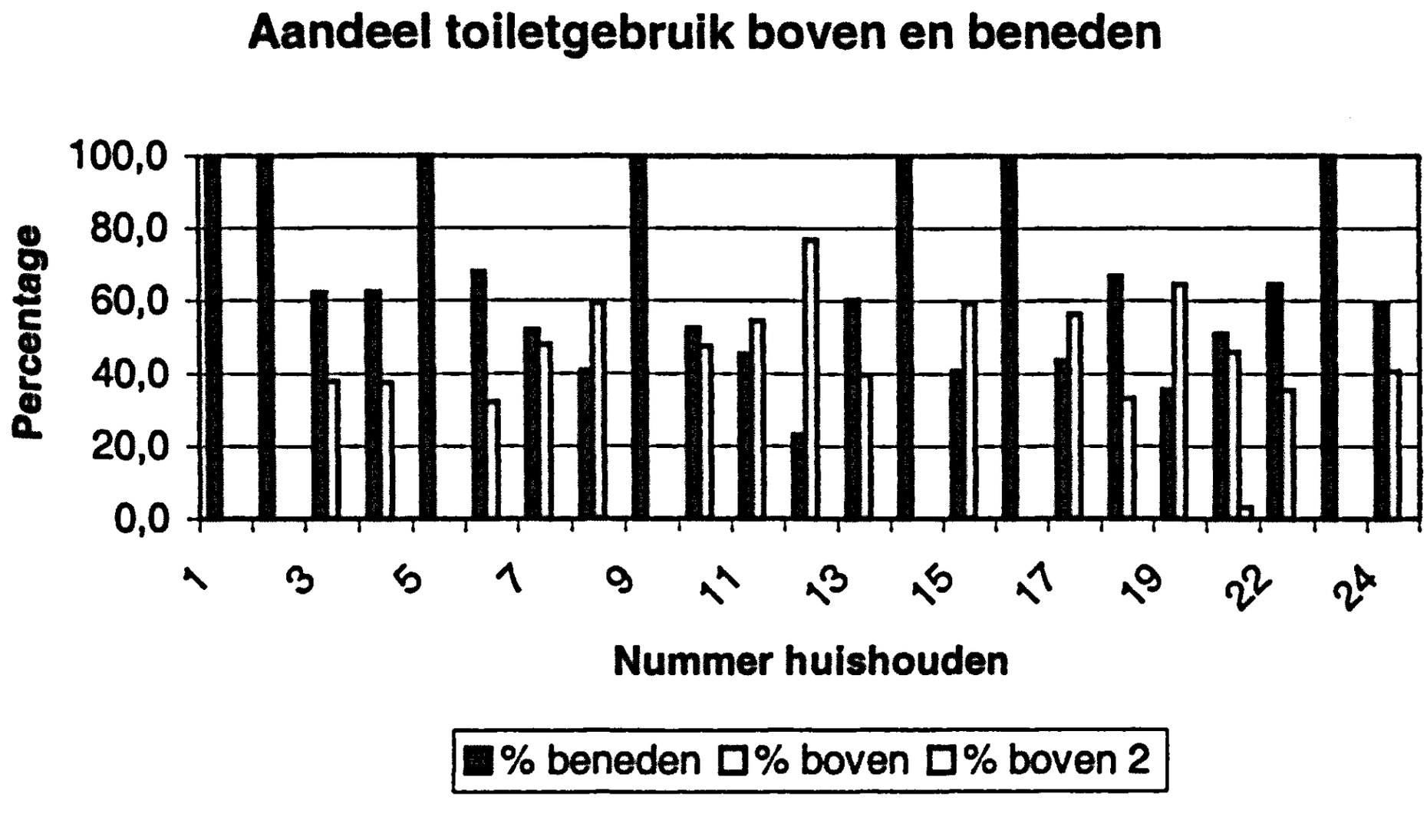
van het betreffende type gaat en er meer gezinnen met kinderen aan het onderzoek hebben deelgenomen dan ouderen. Verder zijn de huishoudens met kinderen groter.
Het is duidelijk zichtbaar dat in de gezinnen met kinderen de toiletbezoeken vooral op bepaalde momenten plaats vinden. Dit zijn de ochtenden en het einde van de middag en de avond. Op deze momenten zijn pieken in de figuur te zien.
Deze pieken zijn enigszins bij de oudere huishoudens waar te nemen. In huishoudens met kinderen zijn de mensen overdag minder vaak thuis omdat ze werken, of naar school gaan. Bij de oudere huishoudens is hier geen sprake van, waardoor ook het patroon van toiletbezoeken anders is.

Tabel 4.4 Gemiddelde frequentie van toiletgebruik per type huishouden.

	Totaal	Per persoon per dag
Gezinnen met kinderen	6289	3,7
Ouderen	2807	7,2
Totaal	9096	5,4

In tabel 4.4 staat de gemiddelde frequentie van het toiletgebruik per type huishouden over 28 dagen. Hieruit blijkt dat in gezinnen met kinderen het toilet per persoon per dag minder vaak gebruikt wordt dan in oudere huishoudens. Behalve dat in oudere huishoudens men meer thuis is dan in huishoudens met kinderen, gaan ouderen ook vaker naar het toilet (Medema et al., 1999).

4.2.2 *Toiletgebruik beneden en boven*



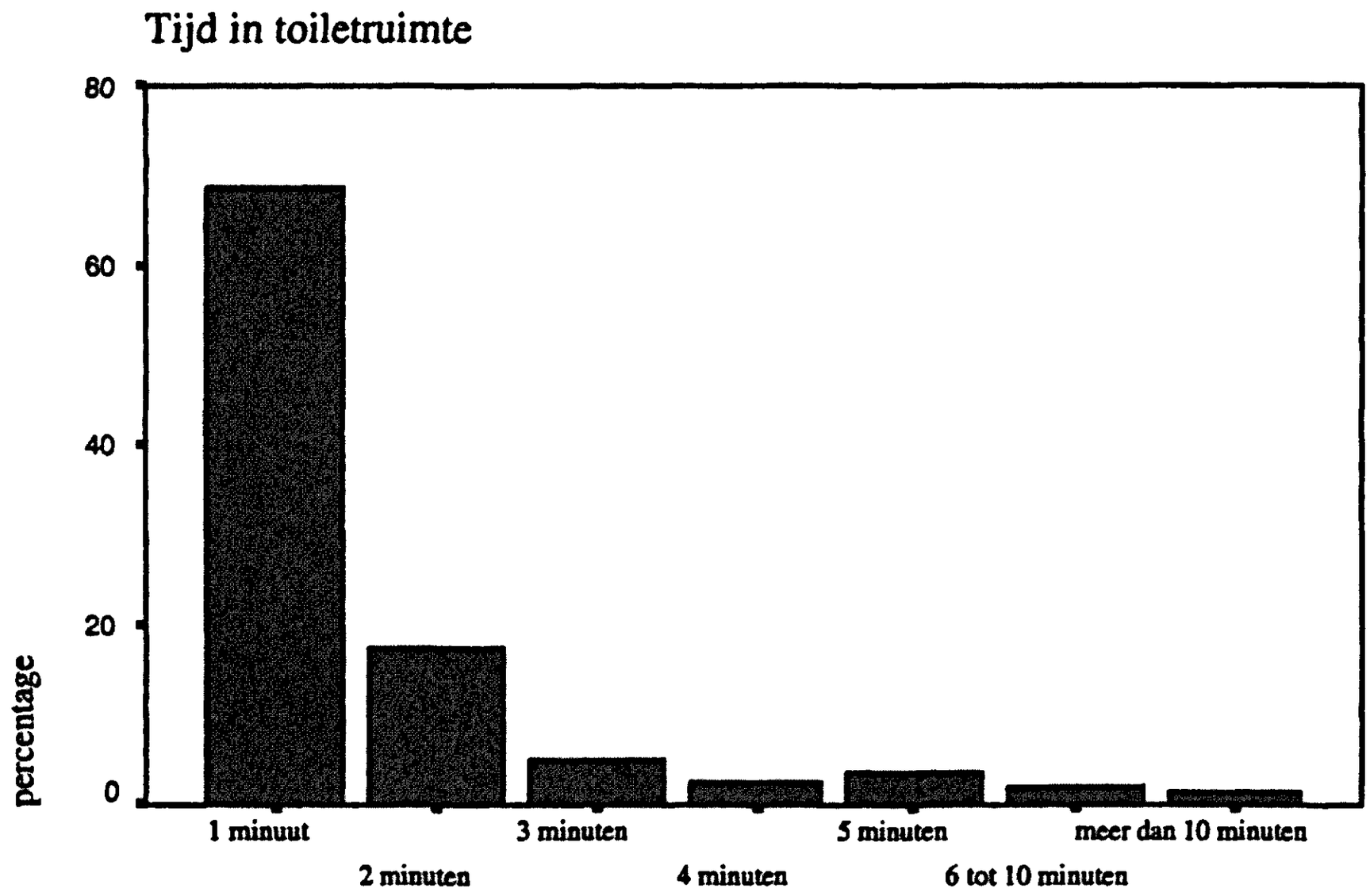
Figuur 4.4 Verhouding in gebruik boven- en benedentoilet in de diverse huishoudens (in %).

Alle 23 huishoudens hebben een toilet beneden; bij zestien huishoudens is er een tweede toilet boven. Een huishouden heeft drie toiletten. Het derde toilet wordt relatief weinig gebruikt, zoals in figuur 4.4 te zien is. Bij de bespreking van de resultaten is alleen onderscheid gemaakt tussen het toilet beneden en het toilet boven. Er is verder geen onderscheid gemaakt tussen het eerste toilet boven en het tweede in dit huishouden. De huishoudens die zowel boven als beneden een toilet hebben, gebruiken het toilet beneden vaker (54%) dan het toilet boven. Per huishouden bekeken, valt op dat van de zestien huishoudens die boven ook een toilet hebben zes huishoudens het toilet boven vaker gebruiken dan het toilet beneden (zie figuur 4.4).

Opgemerkt moet worden dat bij huishouden 7, 13, 15, 17 en 22 bij het toilet boven geen spoelingen geregistreerd zijn door de datalogger. De aantallen toiletbezoeken die daar vermeld zijn, zijn afkomstig uit de door de huishoudens bijgehouden dagboekjes.

4.2.3 Tijdsduur toiletbezoeken

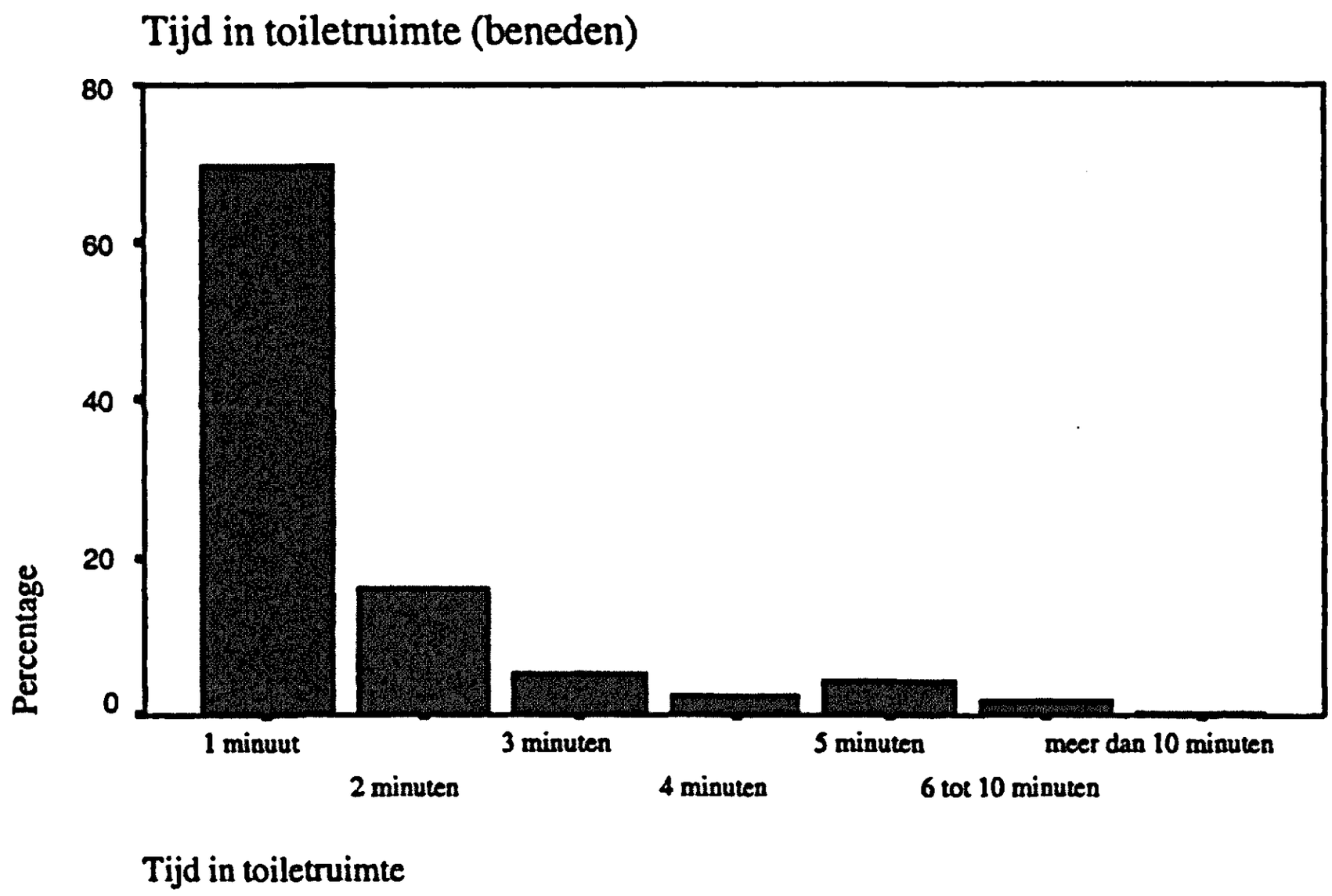
In figuur 4.5 is de verblijfsduur in de toiletruimtes weergegeven.



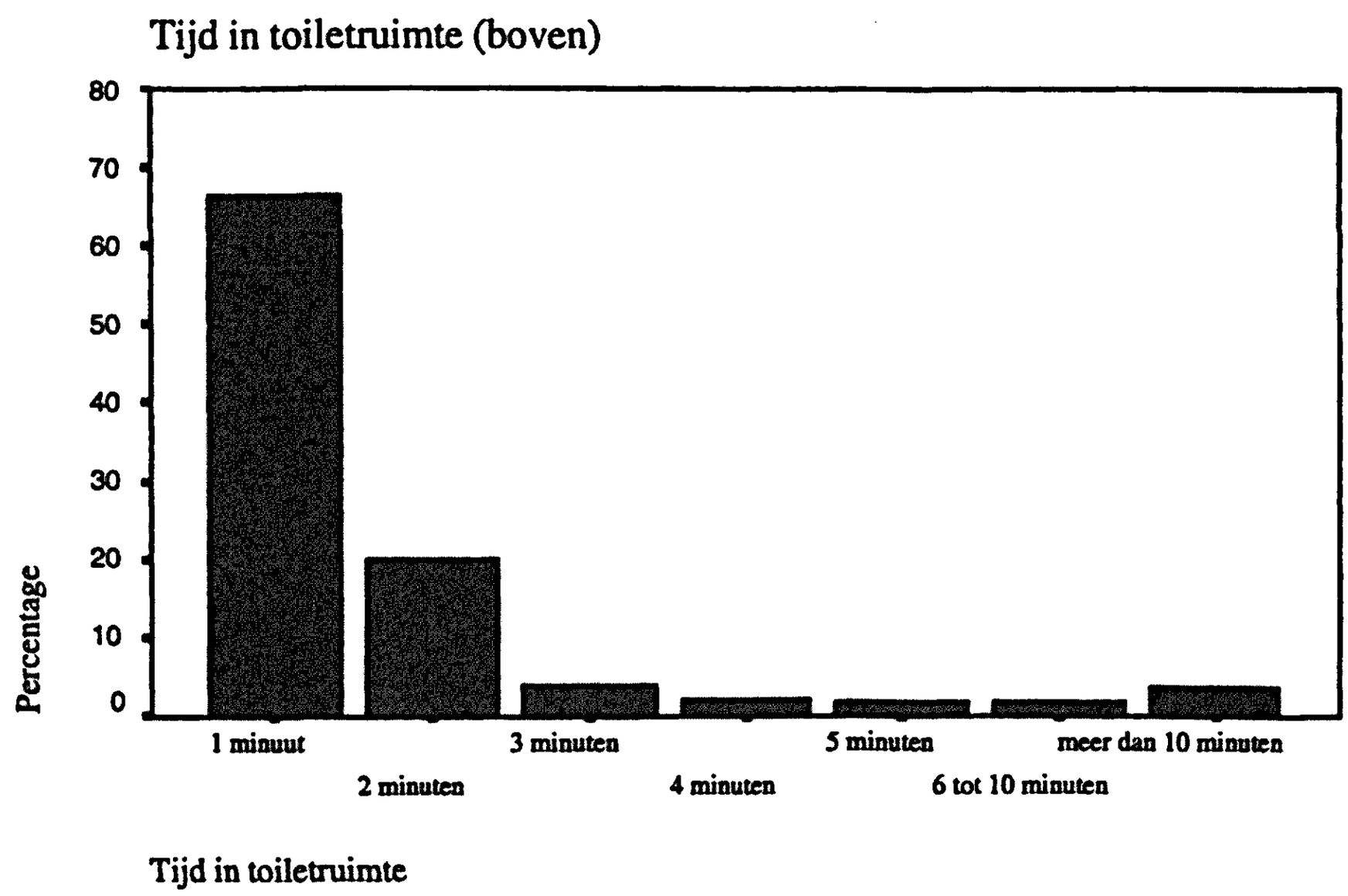
Figuur 4.5 Verblijfsduur van de bezoeken aan de toiletruimte; percentages per tijdcategorie (n=6688).

Het blijkt dat ruim tweederde van de toiletbezoeken (68,7%; 4597) één minuut of korter duurt. 86% van de toiletbezoeken duurt twee minuten of korter. Opvallend is dat de respondenten vaker vijf minuten voor toiletbezoeken hebben genoteerd dan vier minuten. Dit kan verklaard worden doordat de duur van de toiletbezoeken alleen blijkt uit de dagboekjes die de huishoudens zelf bijgehouden hebben. Het is niet onwaarschijnlijk dat de duur van het toiletbezoek geschat is.
Een klein deel van de toiletbezoeken duurt tussen de zes en tien minuten. Het langste toiletbezoek duurde 45 minuten.

Boven- en benedentoilet
In de figuren 4.6 en 4.7 is de verblijfsduur in de toiletruimte boven en in de toiletruimte beneden weergegeven.



Figuur 4.6 Verblijfsduur van de bezoeken aan de toiletruimte beneden; percentages per tijdcategorie (n=4710).



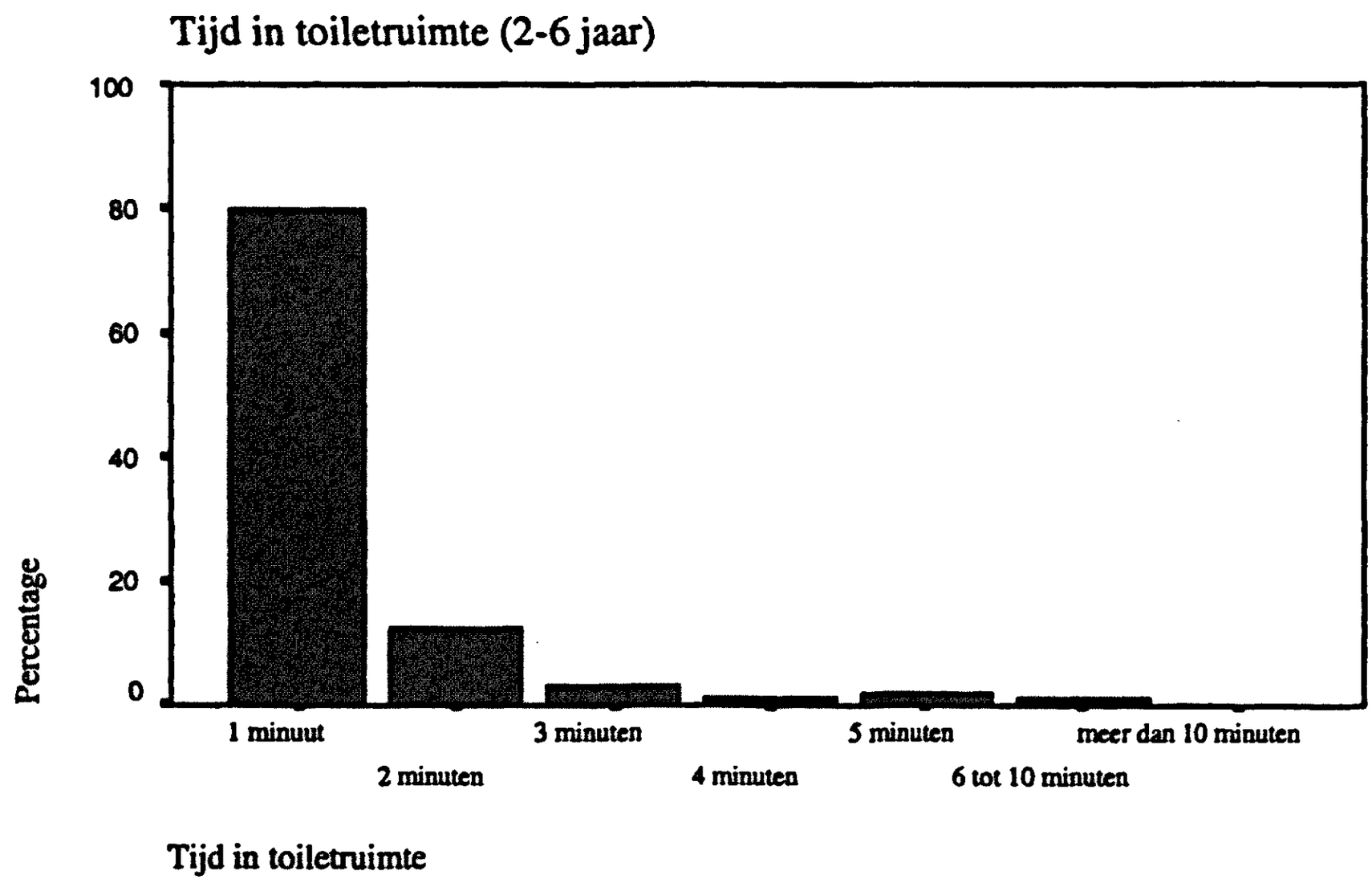
Figuur 4.7 Verblijfsduur van de bezoeken aan de toiletruimte boven; percentages per tijdcategorie (n=1978).

Opgemerkt moet worden dat deze figuren gebaseerd zijn op de toiletbezoeken waarvan de duur door de huishoudens geregistreerd is. Dit is namelijk niet door alle huishoudens altijd gedaan, waardoor de verhouding tussen het aantal toiletbezoeken boven en beneden kan afwijken van de eerder genoemde. Allereerst ziet het ernaar uit dat de tijd die men in de toiletruimte boven doorbrengt niet veel verschilt van de tijd die men in de toiletruimte beneden doorbrengt. Van de toiletbezoeken beneden duurt

69,7% (3285) één minuut of minder en 16,1% (757) twee minuten. Van de toiletbezoeken boven duurt 66,3% (1312) één minuut of minder en 20,2% (399) twee minuten.
Ook tussen de toiletbezoeken van respectievelijk drie en vier minuten boven en beneden zijn weinig verschillen te zien. Wat wel opvalt is dat bij de toiletruimte beneden een lichte stijging te zien is bij de toiletbezoeken van vijf minuten. Deze stijging is niet te zien bij de toiletbezoeken boven.

Als de tijdsduur in de toiletruimte beneden met die in de toiletruimte boven vergeleken wordt, valt op dat de tijdsduur in de toiletruimte boven vaker tien minuten of langer is dan in de toiletruimte beneden. Dit is te verklaren doordat in sommige huishoudens de toiletruimte boven de badkamer is. Zeker één van de huishoudens heeft niet alleen de tijdsduur van een toiletbezoek opgeschreven. In plaats daarvan is de gehele verblijfsduur in de badkamer opgeschreven. Hierdoor is een lichte toename van de tijdsduur in de toiletruimte te zien na tien minuten.

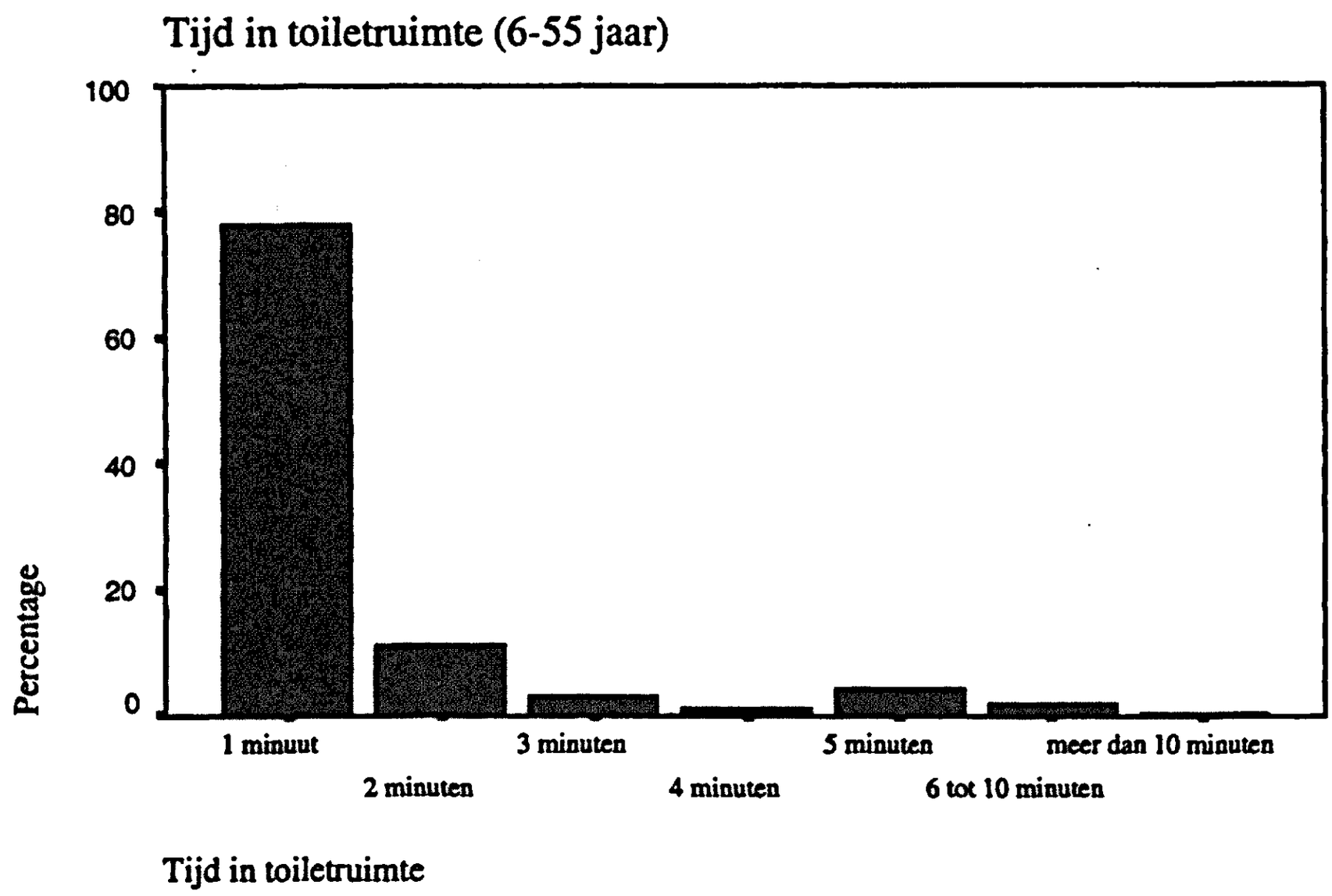
Verblijfsduur per leeftijdcategorie
In figuur 4.8 is de tijdsduur die in een toiletruimte doorgebracht wordt weergegeven voor de kinderen van 2-6 jaar.



Figuur 4.8 Verblijfsduur van de bezoeken aan de toiletruimte van kinderen tussen twee en zes jaar; percentages per tijdcategorie (n=616).

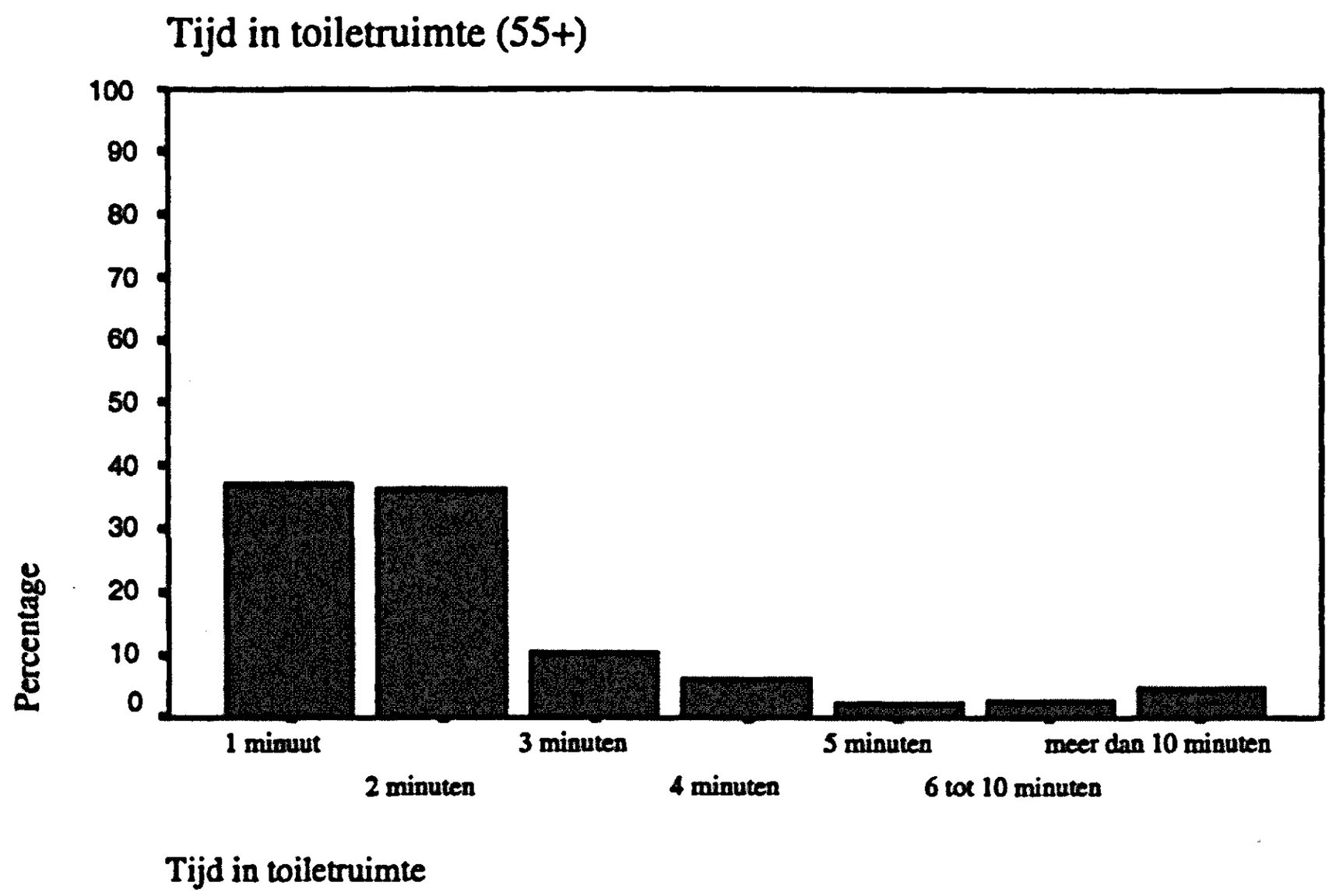
Hierin is te zien dat 80% (493) van de toiletbezoeken van kinderen tussen twee en zes jaar één minuut of korter duurt; 12,3% (76) van de toiletbezoeken van deze kinderen duurt twee minuten. Eén keer duurde een toiletbezoek door een kind langer dan tien minuten.
Het gemiddelde toiletbezoek van kinderen tussen twee en zes jaar duurt 1,38 minuten.

In figuur 4.9 is de verblijfduur in de toiletruimtes van mensen tussen de zes en 55 jaar te zien.



Figuur 4.9 Verblijfsduur van de bezoeken aan de toiletruimte van personen tussen zes en 55 jaar; percentages per tijdcategorie (n=4224).

Bij deze personen duurt bijna tachtig procent (78%, 3295) van de toiletbezoeken één minuut of minder; 11,3% (478) van de toiletbezoeken duurt twee minuten.
Het gemiddelde toiletbezoek van mensen tussen de zes en 55 jaar duurt 1,55 minuten.
Opvallend is ook hier weer dat het percentage toiletbezoeken dat vijf minuten duurt in verhouding hoog is. Ook hier lijkt sprake te zijn van schattingen van de duur van het toiletbezoek.

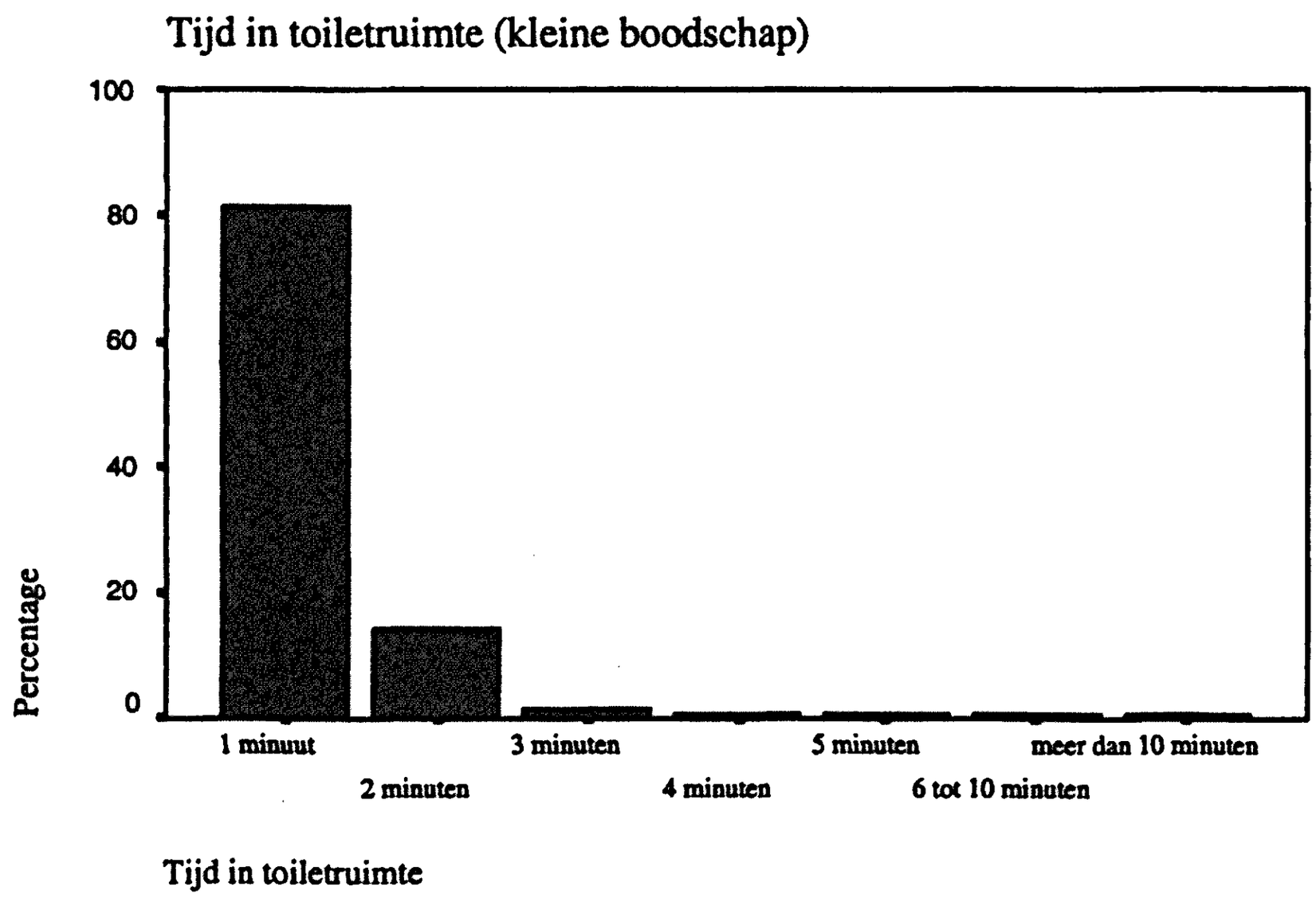


Figuur 4.10 Verblijfsduur van de bezoeken aan het toilet van mensen van 55 jaar en ouder; percentages per tijdcategorie (n=1479).

Het blijkt dat de duur in de toiletruimtes van mensen van 55 jaar en ouder ongeveer even vaak één minuut duurt (37,1%; 549), als twee minuten (36,4%; 539). Ongeveer 10% (154) van de toiletbezoeken duurt drie minuten en 6,2% (92) duurt vier minuten. Opvallend is het relatief grote percentage toiletbezoeken dat meer dan tien minuten duurt. Dit is te zien in figuur 4.10
Het gemiddelde toiletbezoek van mensen van 55 jaar en ouder duurt 3,22 minuten.

Als de verblijfstijden in de toiletruimtes door mensen uit de verschillende leeftijdcategorieën vergeleken worden, valt op dat er niet veel verschillen zijn tussen kinderen van 2-6 en mensen van 6-55. Het enige is dat bij de mensen van 6-55 jaar wel een hoger percentage toiletbezoeken is dat vijf minuten duurt, terwijl dat bij de kinderen van 2-6 niet het geval is.
Daarnaast valt op dat mensen van 55 jaar en ouder langer in de toiletruimte aanwezig zijn dan mensen jonger dan 55 jaar. Dit is in de figuren zichtbaar, maar blijkt ook uit de gemiddelde verblijfstijden in de toiletruimte van de verschillende leeftijdcategorieën.

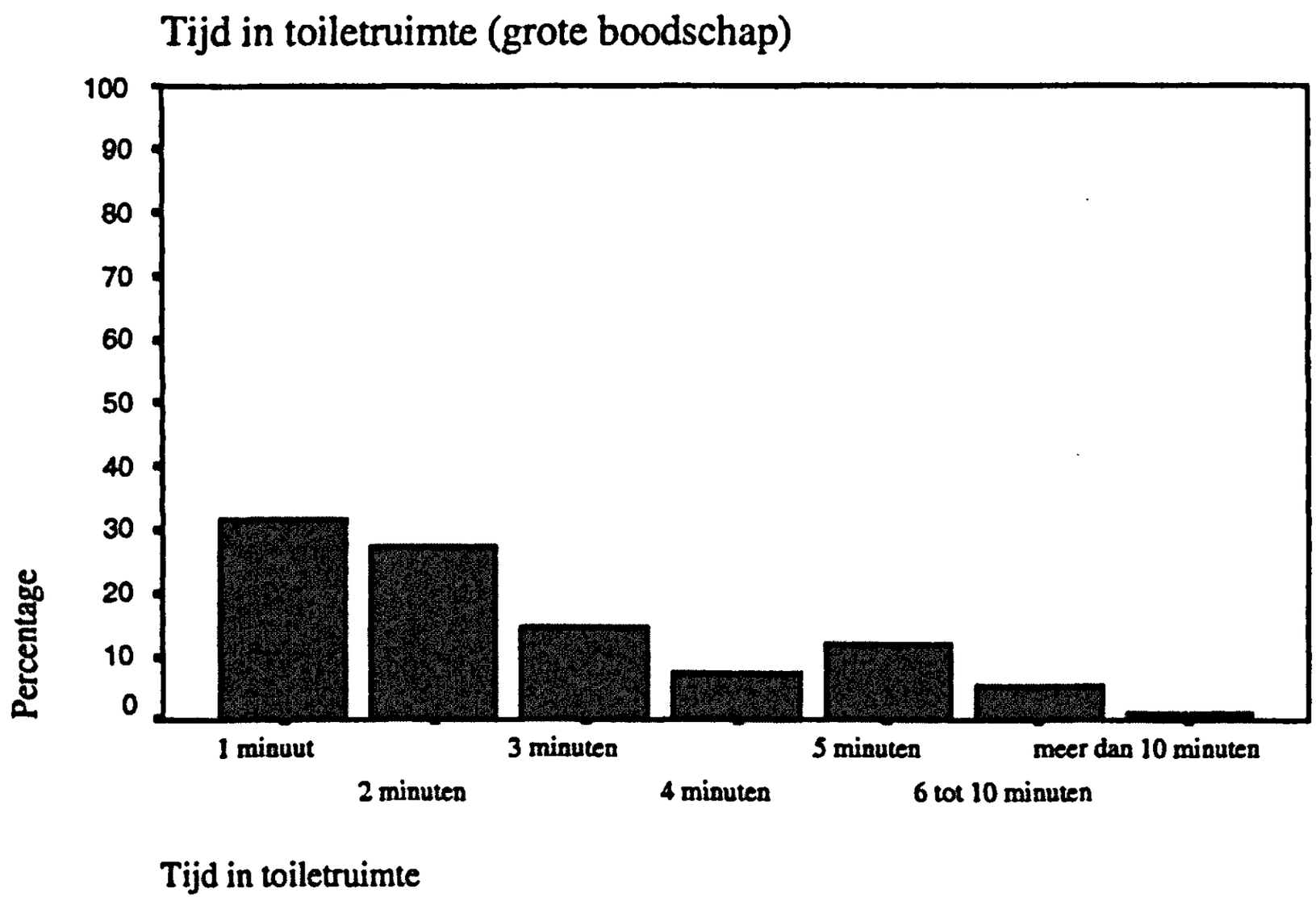
Urine en feces
In figuur 4.11 is de verdeling van de tijdsduur in de toiletruimtes voor het urineren weergegeven.



Figuur 4.11 Verblijfsduur van de bezoeken aan de toiletruimte voor het urineren; percentages per tijdcategorie (n=4926).

Ruim 95% (4703) van de toiletbezoeken waarbij geürineerd wordt, duren niet langer dan twee minuten. Opvallend is het dat er ook geürineerd wordt waarbij men langer dan vijf minuten in de toiletruimte verblijft. Het gaat hier echter slechts om 1,6% (76) van het urineren. Van deze 76 keer dat een toiletbezoek voor het urineren langer duurt dan vijf minuten, is dat 14 keer in de toiletruimte beneden en 62 keer in de toiletruimte boven.

In figuur 4.12 is de verdeling van de tijdsduur in de toiletruimtes voor de feces weergegeven.

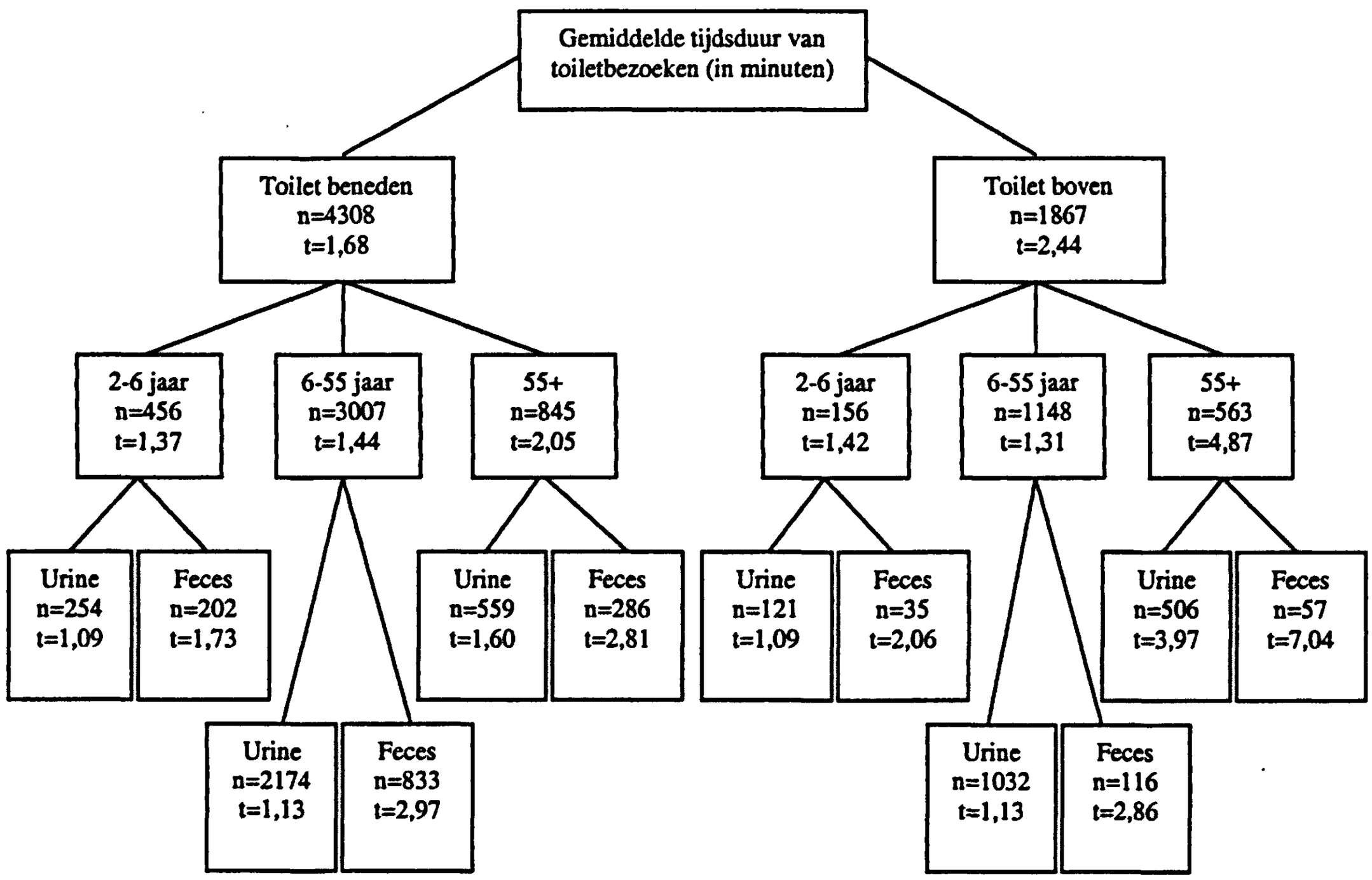


Figuur 4.12 Verblijfsduur van de bezoeken aan de toiletruimte voor de fecale toiletgang; percentages per tijdcategorie (n=1865).

Bijna eenderde (500) van de toiletbezoeken voor feces duurt slechts één minuut. Iets minder van de toiletbezoeken duurt twee minuten, namelijk 27,5% (433). Het percentage toiletbezoeken voor de feces dat drie of vier minuten duurt, is respectievelijk 14,6% (229) en 7,3% (115).
Opvallend is dat het percentage toiletbezoeken voor de feces dat vijf minuten duurt groter is dan het percentage dat vier minuten duurt. Waarschijnlijk wordt ook dit veroorzaakt door de schatting die mensen maken.
5,5% (86) van de toiletbezoeken voor de feces duurt tussen de zes en tien minuten. 1,2% (19) duurt langer dan tien minuten.

Ruim 80% (8084) van de toiletbezoeken betreft een toiletgang voor feces of urine. Bij vijftien procent (1486) van de toiletbezoeken is onbekend wat tijdens het toiletbezoek gedaan is. Meestal is dit onbekend doordat het toiletbezoek door de respondenten niet is genoteerd in het dagboekje. De reden dat wel bekend is dat het toilet gebruikt is, is dat de datalogger een toiletspoeling geregistreerd heeft. In 2,2% (213) van de toiletbezoeken gaat het niet om een urine of fecale toiletgang. In een aantal gevallen is het toilet alleen maar doorgespoeld. Meestal gebeurt dit in huishoudens met kleine kinderen, als een van de kinderen vergeten is door te trekken. Andere dingen die tijdens een toiletbezoek gedaan worden zijn: schoonmaken, sop wegspoelen, voedselresten wegspoelen, (kattenbak)poep, scheerzeep, tandpasta en haren doorspoelen en de po leeg gooien.

Uit bovenstaande figuren lijkt het zo te zijn dat de tijd die in een toiletruimte wordt doorgebracht verschilt per toilet, per leeftijdcategorie en per soort boodschap die gedaan wordt. De gemiddelden van deze groepen zijn bepaald en in figuur 4.13 weergegeven. N is het aantal toiletbezoeken dat in de betreffende toiletruimte gedaan is; t is de gemiddelde tijdsduur van een toiletbezoek in minuten.

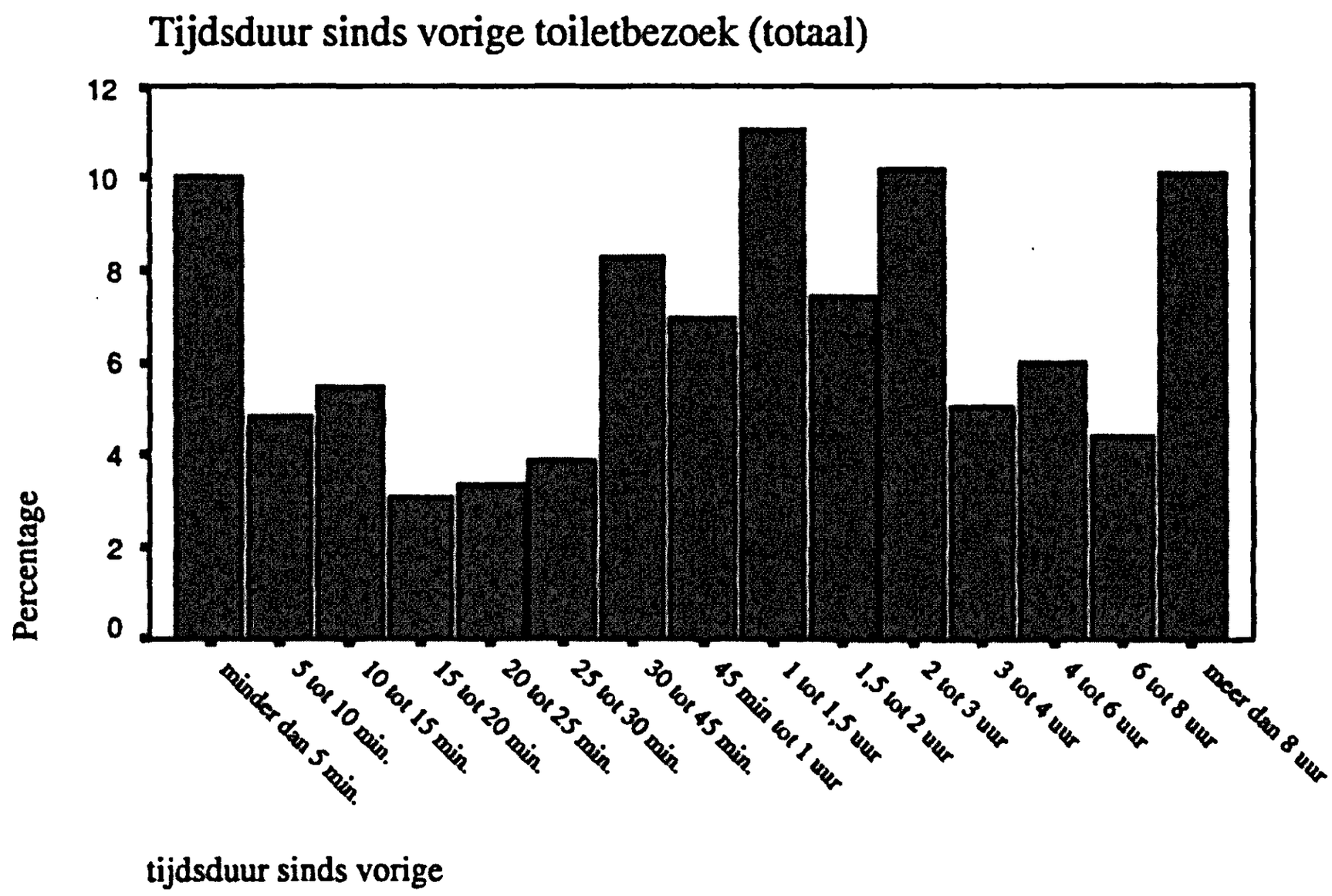


Figuur 4.13 Gemiddelde tijdsduur van toiletbezoeken (t in minuten) voor de beide toiletten per leeftijdscategorie en soort toiletbezoek.

Uit deze figuur blijkt dat de tijd die in de toiletruimte boven wordt doorgebracht aanzienlijk langer is dan de tijd die in de toiletruimte beneden doorgebracht wordt. In de toiletruimte beneden neemt de tijd die men in de ruimte doorbrengt toe te nemen met de leeftijd. In de toiletruimte boven is dit alleen zichtbaar voor de 55 – plussers in vergelijking met de mensen onder de 55.
Daarnaast is te zien dat men voor feces langer in de toiletruimte verblijft dan voor een urine.
Om te bepalen of deze verschillen niet puur op toeval berusten is een variatieanalyse voor meerdere onafhankelijke variabelen uitgevoerd. Voor deze analyse zijn de leeftijden van de respondenten in groepen verdeeld. Voor de boodschap die men gedaan heeft is alleen onderscheid gemaakt tussen de feces en de urine. De resultaten van deze analyse zijn in bijlage VI weergegeven.
Uit deze analyse blijkt dat de verschillen die in bovenstaande tabel te zien zijn significant zijn. Deze berusten dus niet op toeval. Over het algemeen kan gezegd worden dat een fecale toiletgang langer duurt dan urineren, dat ouderen langer in de toiletruimte verblijven dan jongeren en dat toiletbezoeken boven langer duren dan toiletbezoeken beneden.

4.2.4 Tijdsduur tussen toiletbezoeken

In figuur 4.14 is de tijd tussen twee toiletbezoeken weergegeven. Hierbij wordt uitgegaan van de toiletruimte en gaat het om de tijd tussen de toiletbezoeken van wie dan ook in een huishouden en dus niet om de tijd tussen de toiletbezoeken van een bepaald individu.



Figuur 4.14 Tijd tussen twee toiletbezoeken; percentage van de toiletbezoeken in diverse tijdcategorieën (n=8047).

In bovenstaande figuur zijn de percentages gecorrigeerd voor de 1736 toiletbezoeken waarbij de tijd sinds het voorafgaande toiletbezoek niet bekend is. (100% is 8047 toiletbezoeken.)
De gemiddelde tijd tussen twee toiletbezoeken is twee uur en 40 minuten.

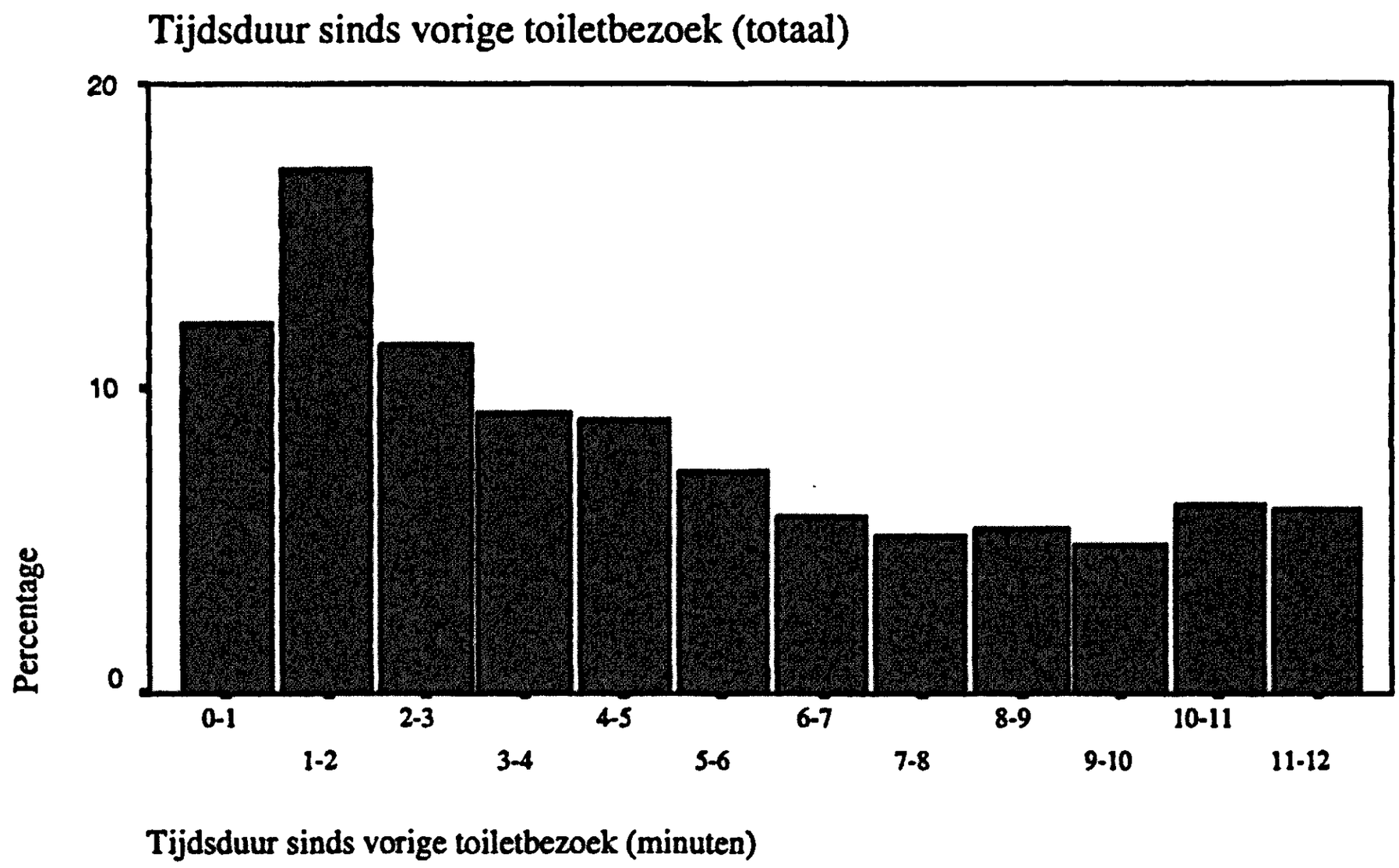
Het blijkt dat ruim 16% (1011) van de toiletbezoeken voor urine, binnen twaalf minuten na het voorafgaande toiletbezoek plaats vindt.
Verder blijkt dat tien procent van de toiletbezoeken voor urine na minder dan vijf minuten sinds het vorige toiletbezoek plaats vindt. De meeste toiletbezoeken voor urine lijken gedaan te worden na twee tot drie uur (10,9%) na het voorafgaande toiletbezoek.
De gemiddelde tijd tussen een toiletbezoek voor urine en het voorgaande toiletbezoek is twee uur en twintig minuten.

Opvallend is dat de meeste toiletbezoeken voor feces gedaan worden meer dan acht uur na het voorafgaande toiletbezoek. Verder vindt 11,4% van de fecale toiletbezoeken plaats na één tot anderhalf uur sinds het voorgaande toiletbezoek.
De gemiddelde tijd tussen feces en het direct voorgaande toiletbezoek is twee uur en 35 minuten.

In hoofdstuk twee is gezegd dat qua besmettingsrisico van aërosolen de eerste twaalf minuten na een toiletbezoek het belangrijkst zijn. Daarom wordt voor de bespreking van de tijd tussen toiletbezoeken per toilet, leeftijdsgroep en per soort toiletgang, voornamelijk aandacht besteed aan de toiletbezoeken die binnen twaalf minuten na een vorig toiletbezoek plaats hebben gevonden. Het blijkt dat 13,9% (1363 van 9783) van de toiletbezoeken beneden binnen twaalf minuten na het voorafgaande toiletbezoek plaats vindt. Hierbij is niet gecorrigeerd voor de toiletbezoeken waarbij de tijd sinds het voorafgaande toiletbezoek niet bekend is, omdat uitsluitend gekeken is naar de toiletbezoeken die binnen twaalf minuten na de vorige plaats vinden. Van al deze toiletbezoeken is de tijd sinds het voorafgaande dus bekend.

In figuur 4.15 is de tijdsduur tussen twee toiletbezoeken weergegeven, alleen voor de toiletbezoeken die binnen twaalf minuten na het vorige toiletbezoek plaats hebben gevonden (n=1363).

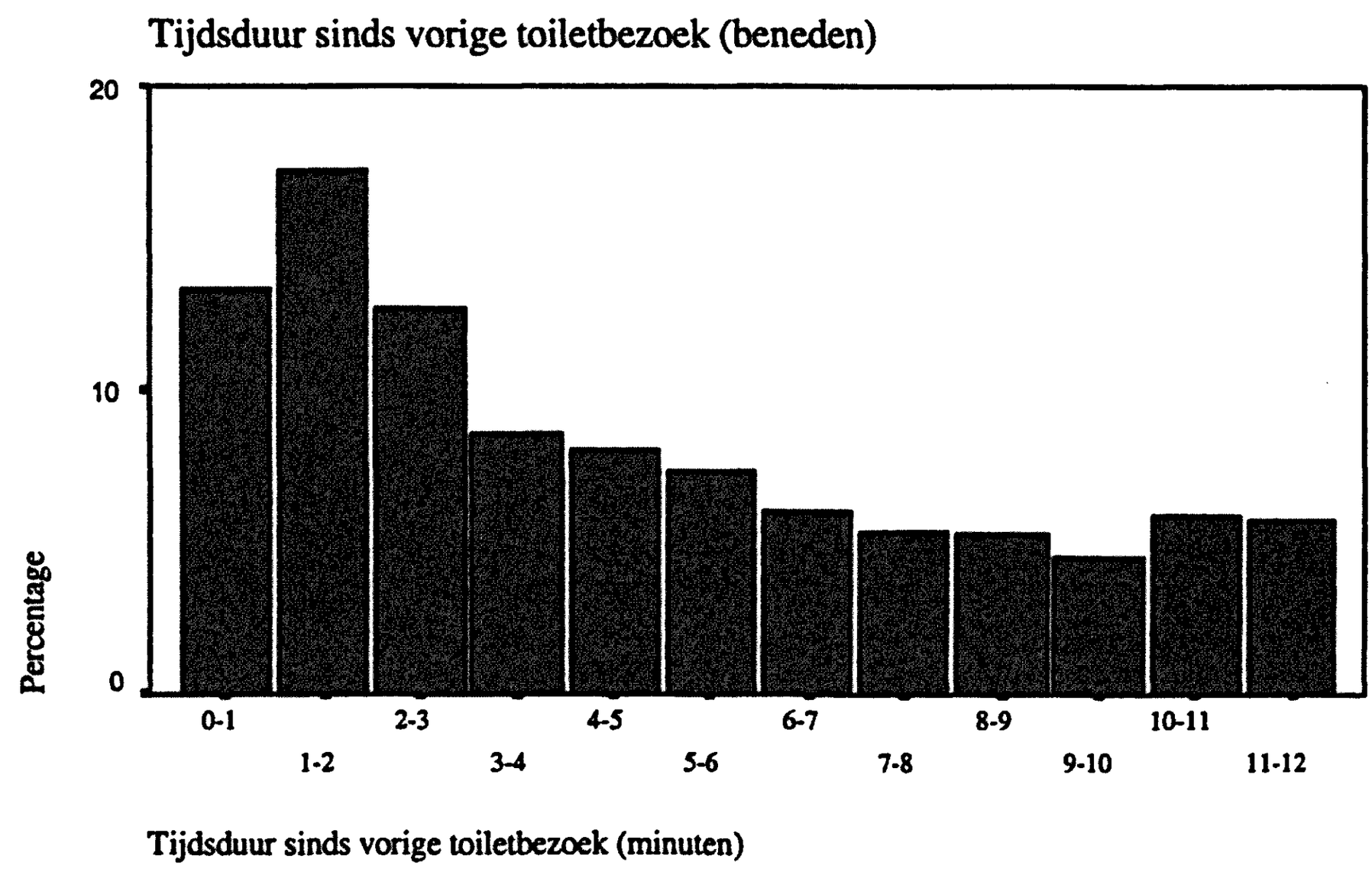
Ook hier gaat het om de toiletruimte en wordt de tijd bekeken tussen toiletbezoeken van wie dan ook in het huishouden en niet de tijd tussen toiletbezoeken van een bepaald individu.



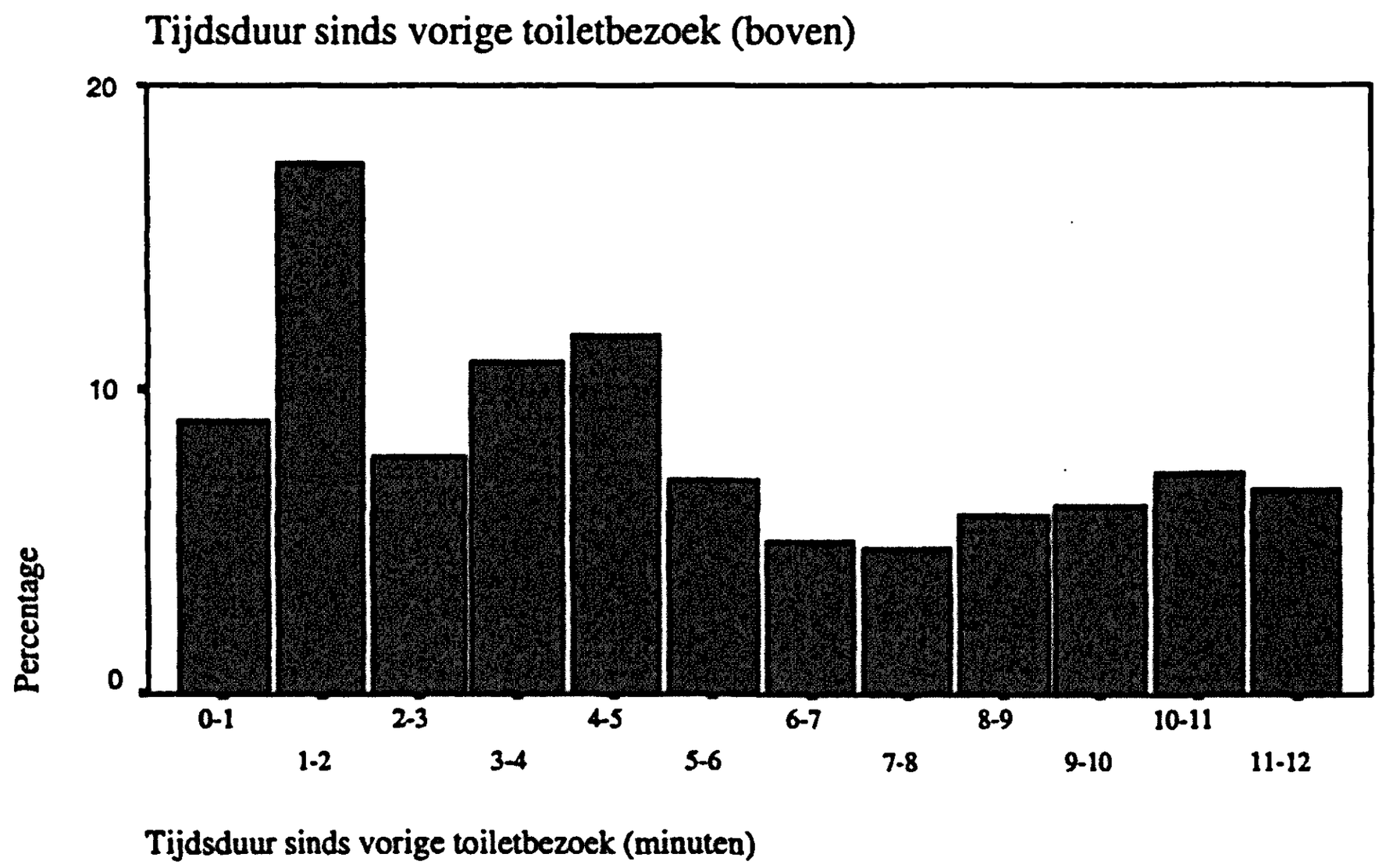
Figuur 4.15 Tijd tussen twee toiletbezoeken; percentage van de bezoeken,dat minder dan twaalf minuten na elkaar plaats vinden, verdeeld in categorieën per minuut (n=1363).

In deze figuur is te zien dat een groot deel van de toiletbezoeken dat na minder dan twaalf minuten op het vorige toiletbezoek volgt, in de categorie na één tot twee minuten valt.

Beneden- en boventoilet
In de figuren 4.16 en 4.17 is de tijdsduur tussen twee toiletbezoeken voor respectievelijk het toilet boven en het toilet beneden weergegeven.



Figuur 4.16 Tijd tussen twee toiletbezoeken;percentage van de bezoeken aan het toilet beneden , die minder dan twaalf minuten na elkaar plaats vinden, verdeeld in categorieën per minuut (n=1007).

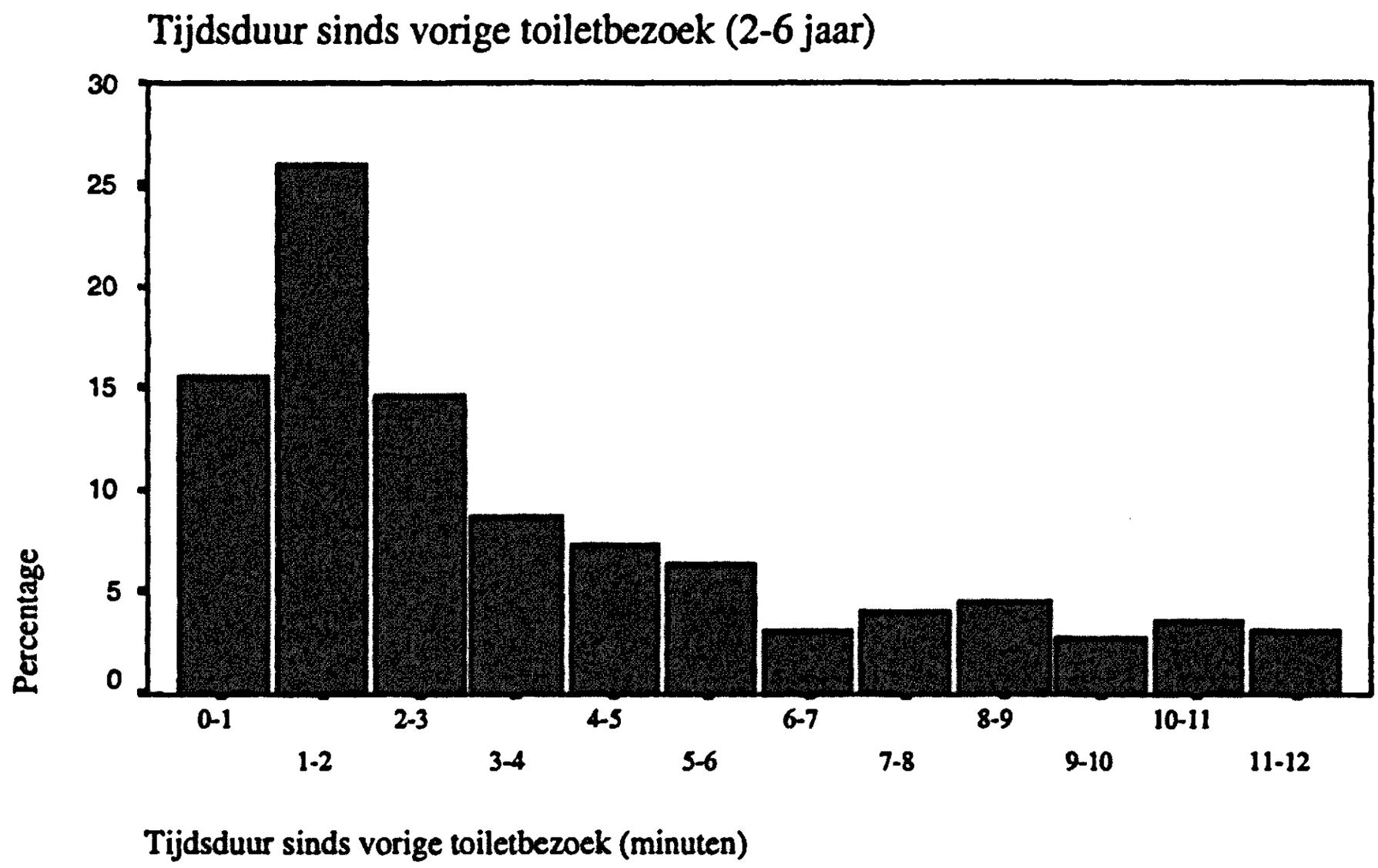


Figuur 4.17 Tijd tussen twee toiletbezoeken;percentage van de bezoeken aan het toilet boven , die minder dan twaalf minuten na elkaar plaats vinden, verdeeld in categorieën per minuut (n=356).

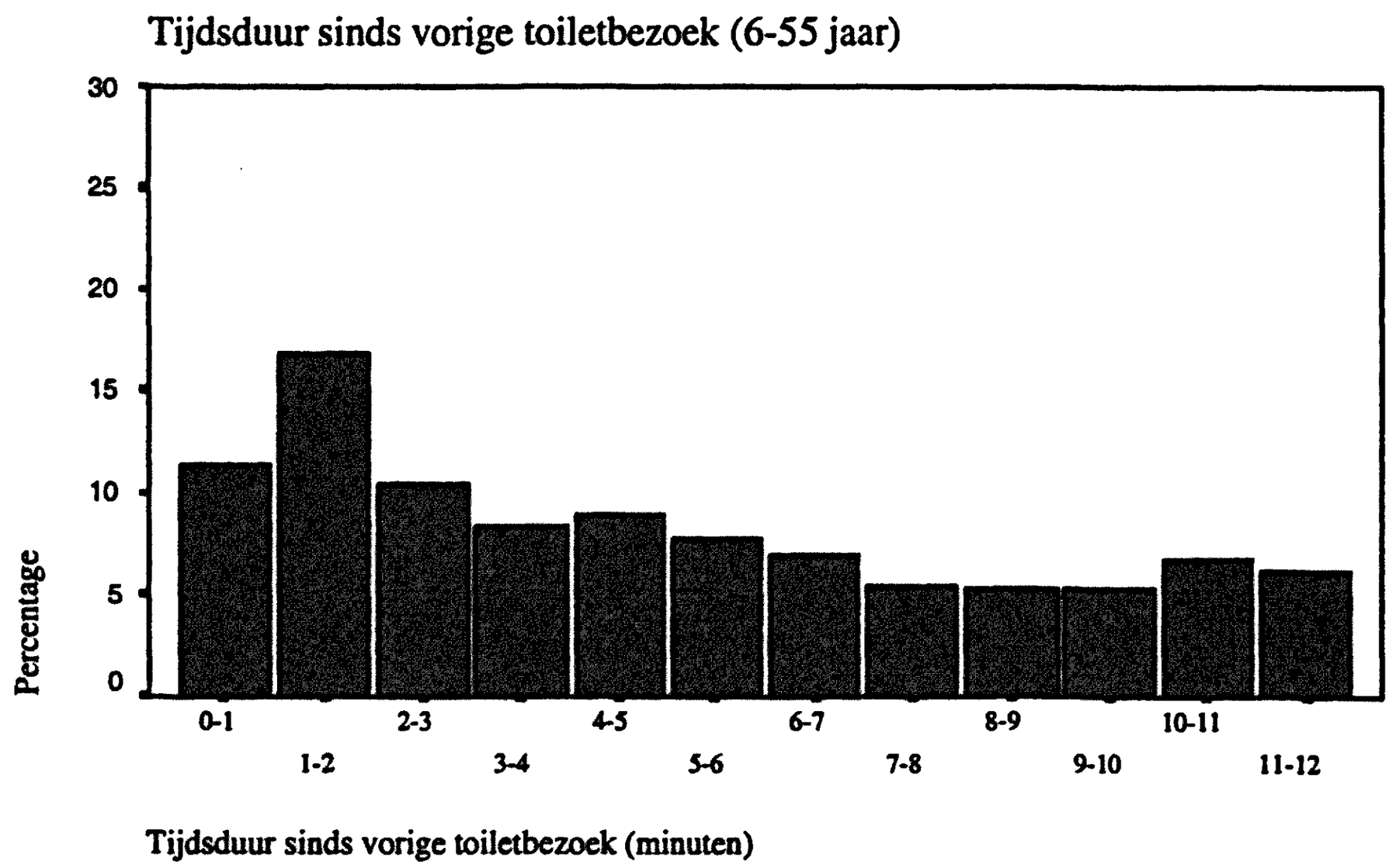
Opvallend is dat bij het toilet boven de tijd tussen twee toiletbezoeken minder vaak onder de twaalf minuten ligt dan bij het toilet beneden. Het blijkt dat 11,7% (356) van de toiletbezoeken boven binnen twaalf minuten na elkaar volgen, terwijl dit beneden bij 15% (1007) van de toiletbezoeken het geval is. Dit zou verklaard kunnen worden doordat het toilet beneden vaker gebruikt wordt dan het toilet boven, waardoor toiletbezoeken elkaar sneller opvolgen. Verder is bij het toilet beneden een zelfde verdeling te zien als in figuur 4.15 waar de eerste drie minuten frequenties van meer dan 10% voorkomen, maar in de tijdcategorieën met langere tijd tussen de bezoeken veel lagere frequenties. Deze tendens is nauwelijks waar te nemen bij het toilet boven. Bij het toilet boven valt juist op dat ook de categorieën drie tot vier en vier tot vijf minuten na het vorige toiletbezoek ook tamelijk hoog is.

Leeftijdscategorieën
Als gekeken wordt naar de tijd die tussen twee toiletbezoeken zit voor mensen van verschillende leeftijden, dan valt op dat met het ouder worden de tijd tussen de toiletbezoeken steeds langer wordt. 20% van de toiletbezoeken van kinderen van 2-6 jaar volgt na minder dan vijf minuten op een voorafgaand toiletbezoek. De gemiddelde tijdsduur tussen twee toiletbezoeken in huishoudens met kinderen van twee tot zes jaar is 1 uur en 28 minuten.
Bij de mensen tussen de zes en 55 jaar vindt ruim tien procent van de toiletbezoeken plaats na minder dan vijf minuten na het voorafgaande toiletbezoek. Opvallend is ook het grote percentage toiletbezoeken van mensen tussen de zes en 55 jaar dat volgt na meer dan acht uur na het voorafgaande toiletbezoek. De gemiddelde tijdsduur tussen twee toiletbezoeken in huishoudens met mensen van zes tot 55 jaar is twee uur en negentien minuten.
Het blijkt dat bij mensen van 55 jaar en ouder bijna vijftien procent van alle toiletbezoeken plaats vindt twee tot drie uur na het voorafgaande toiletbezoek. De gemiddelde tijdsduur tussen twee toiletbezoeken in huishoudens van mensen van 55 jaar en ouder is 3 uur en 19 minuten.

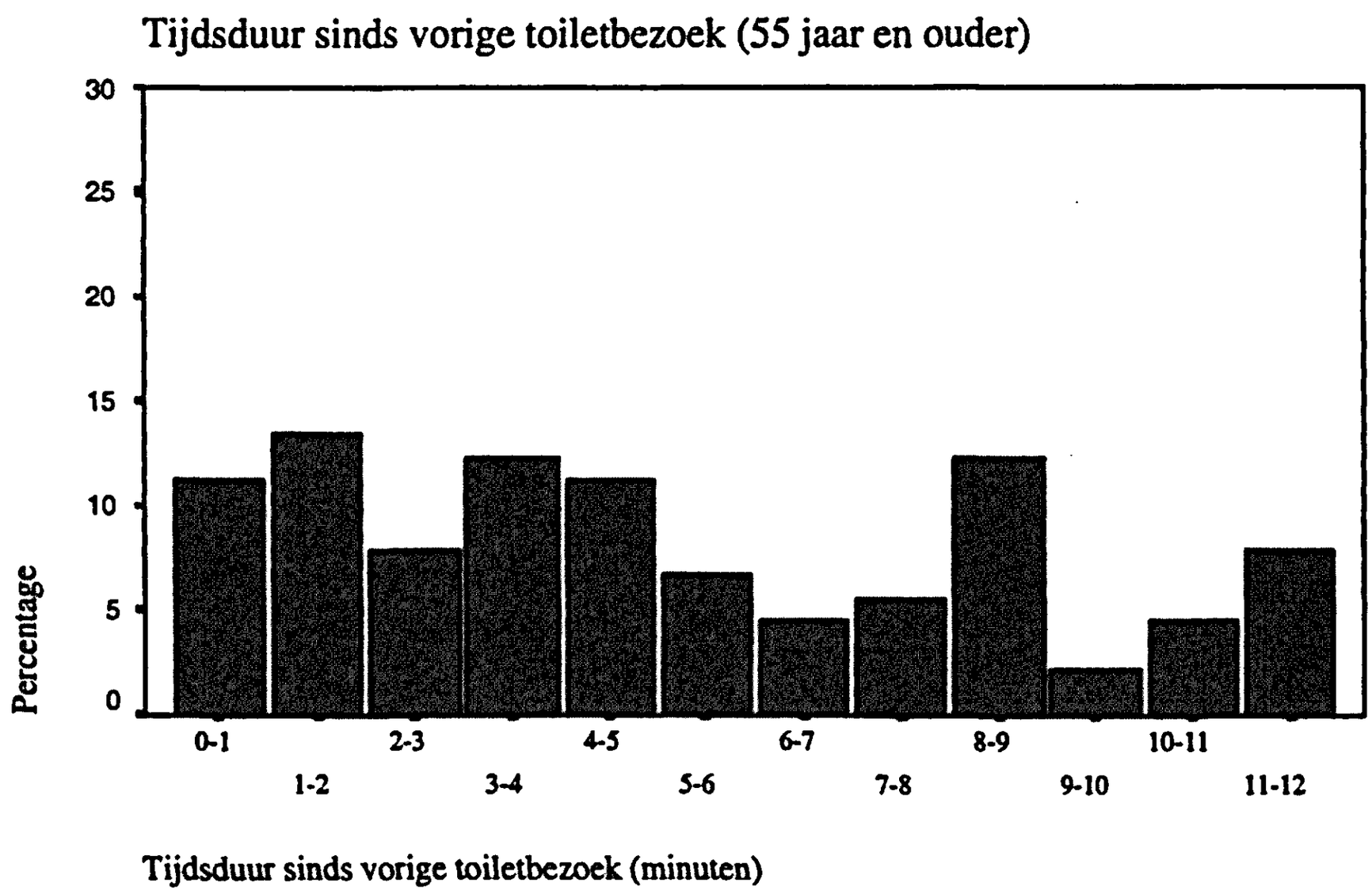
In de figuren 4.18, 4.19 en 4.20 is de tijd tussen toiletbezoeken die binnen twaalf minuten na elkaar plaats vinden weergegeven voor de verschillende leeftijdsgroepen.



Figuur 4.18 Tijd tussen twee toiletbezoeken;percentage van de bezoeken aan het toilet door kinderen van 2-6 , die minder dan twaalf minuten na elkaar plaats vinden, verdeeld in categorieën per minuut (n=219)



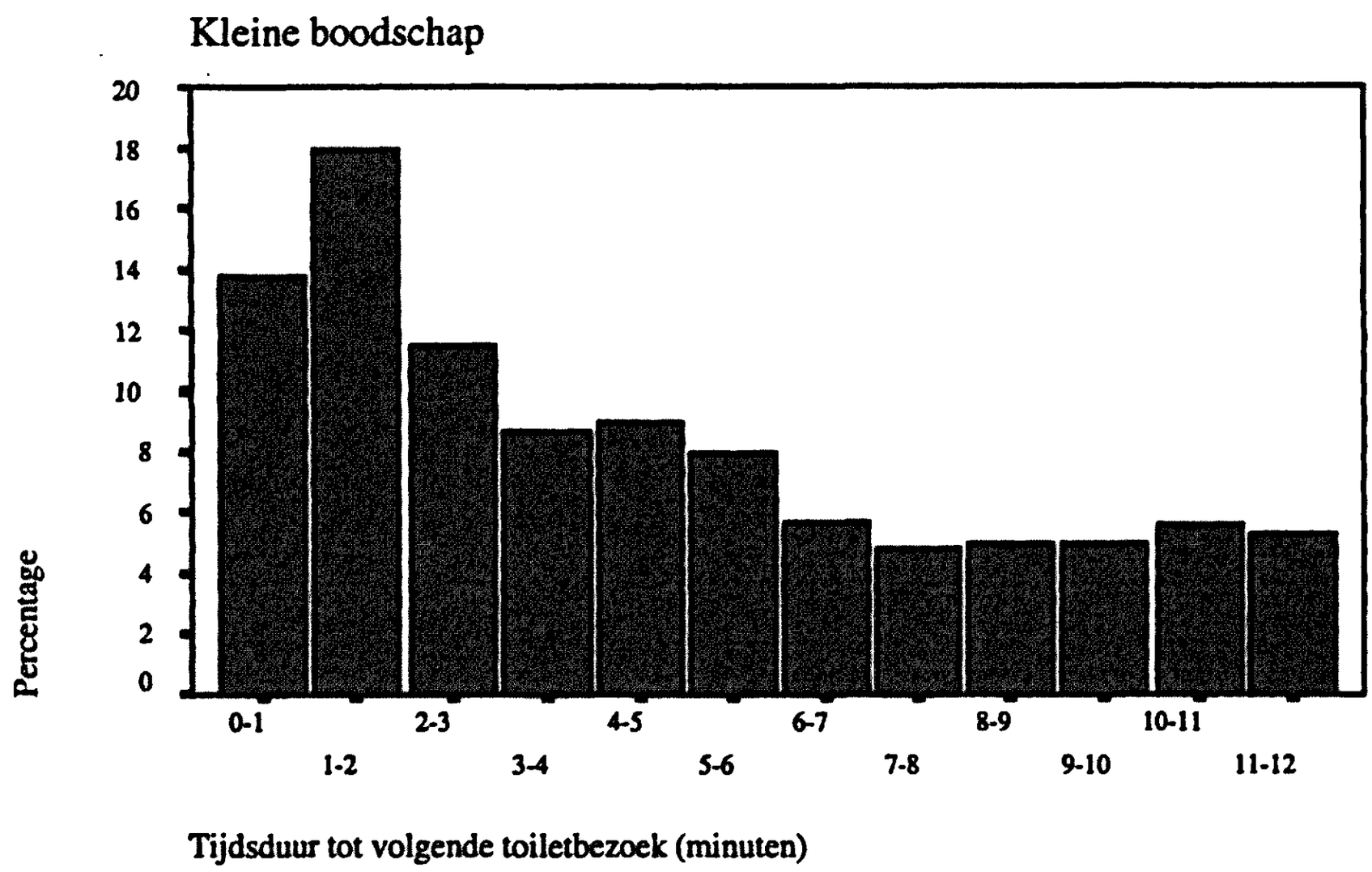
Figuur 4.19 Tijd tussen twee toiletbezoeken;percentage van de bezoeken aan het toilet door personen van 6-55 , die minder dan twaalf minuten na elkaar plaats vinden, verdeeld in categorieën per minuut (n=888).



Figuur 4.20 Tijd tussen twee toiletbezoeken;percentage van de bezoeken aan het toilet door personen van 55 jaar en ouder, die minder dan twaalf minuten na elkaar plaats vinden, verdeeld in categorieën per minuut (n=89).

Uit de figuren 4.18 tot 4.20 blijkt dat 27 en 17 procent van de toiletbezoeken van respectievelijk mensen tussen de 2 en 6 jaar en tussen de 6 en 55 jaar binnen twaalf minuten na elkaar plaats vinden. Ook blijkt dat 5,5% van de toiletbezoeken van 55-plussers binnen twaalf minuten na elkaar plaats vinden.
Het kan geconcludeerd worden dat met het ouder worden de tijd tussen toiletbezoeken toeneemt. Dit kan verklaard worden doordat de huishoudens van 55-plussers kleiner zijn dan die van gezinnen met kinderen, wat ook een minder intensief gebruik van het toilet veroorzaakt.
Dat bij kinderen tussen twee en zes jaar de tijd tussen toiletbezoeken korter is dan bij mensen tussen de zes en 55 jaar kan gedeeltelijk verklaard worden doordat deze kinderen 's avonds naar bed zijn als (een deel van) de mensen tussen de zes en 55 nog niet naar bed is. Hierdoor wordt in de avonduren het toilet minder intensief gebruikt.

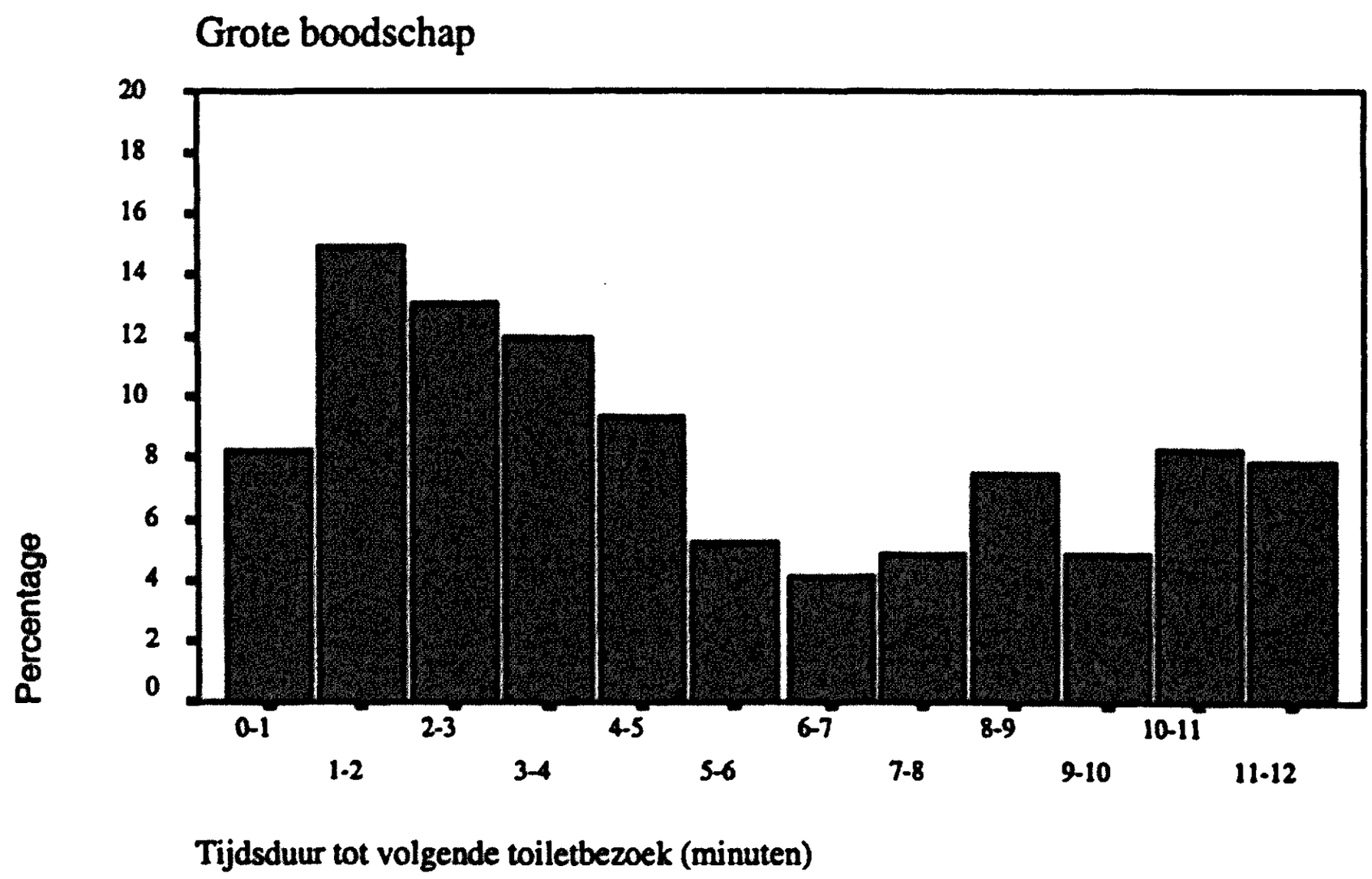
Urine en Feces
In figuur 4.21 is de tijd tussen het urineren en de direct daarop volgende boodschap weergegeven. Ook hier is de toiletruimte uitgangspunt geweest en is gekeken naar de tijd tussen toiletbezoeken voor wat dan ook. Let op dat het hier gaat om de tijd tot het volgende toiletbezoek, waar het bij de hiervoor besproken analyses ging om de tijd sinds het voorafgaande toiletbezoek.



Figuur 4.21 Tijd tussen twee toiletbezoeken; percentage van de bezoeken aan het toilet die na minder dan twaalf minuten na het urineren plaats vinden,, verdeeld in categorieën per minuut (n=971).

Uit figuur 4.21 blijkt dat van de weergegeven toiletbezoeken voor het urineren bij meer dan 30% binnen twaalf minuten na het betreffende toiletbezoek een (willekeurig) toiletbezoek plaats vindt.

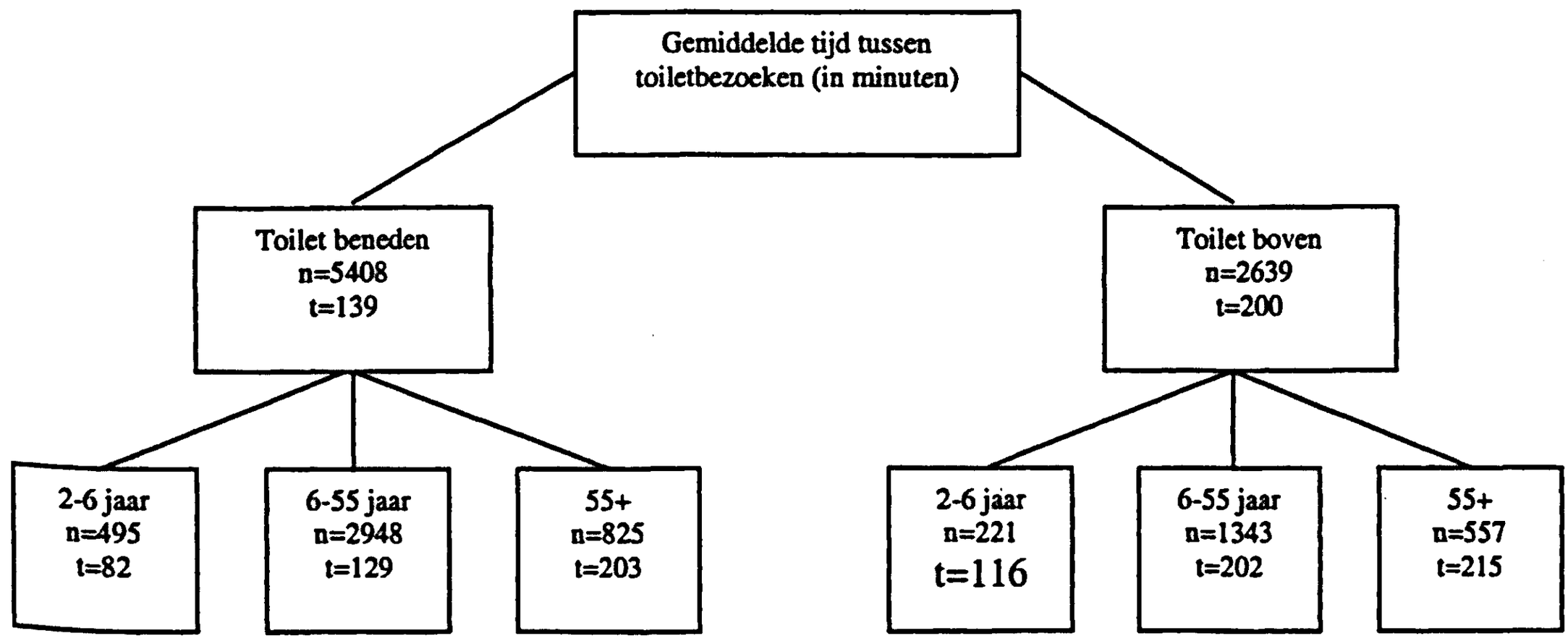
In figuur 4.22 is de tijd tussen de fecale toiletgang en het direct daarop volgende toiletbezoek weergegeven. Ook hier is de toiletruimte uitgangspunt geweest en is gekeken naar de tijd tussen toiletbezoeken voor wat dan ook. Het blijkt dat bij 14% (268) van de fecale toiletbezoeken binnen twaalf minuten een of meerdere toiletbezoeken plaats vinden. Hierbij moet opgemerkt worden dat het gaat om het percentage van de toiletbezoeken waarbij de tijd tot het eerstvolgende toiletbezoek bekend is. Het gaat hier dus niet om alle fecale toiletbezoeken. (100% is 1865 fecale toiletbezoeken).



Figuur 4.22 Tijd tussen twee toiletbezoeken; percentage van de bezoeken aan het toilet die na minder dan twaalf minuten na een fecale toiletgang plaats vinden, verdeeld in categorieën per minuut (n=268).

Als beide figuren met elkaar vergeleken worden, valt op dat bij de toiletbezoeken waarbij geürineerd is, het volgende toiletbezoek sneller plaats vindt, dan bij een fecale toiletgang. Een mogelijke verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat de geur die na een fecale toiletgang in de toiletruimte hangt, een volgende bezoeker even weerhoudt van de toiletgang, maar dat is niet onderzocht.

Uit de analyses van de tijdsduur tussen toiletbezoeken boven en beneden en door mensen van de verschillende leeftijdscategorieën lijkt het zo te zijn dat de tijd tussen toiletbezoeken verschilt per toilet en leeftijdcategorie. De gemiddelden van deze groepen zijn bepaald en in figuur 4.23 weergegeven. N is het aantal toiletbezoeken dat in de betreffende toiletruimte gedaan is; t is de gemiddelde tijdsduur van een toiletbezoek in minuten.



Figuur 4.23 Gemiddelde tijd tussen twee toiletbezoeken (t in minuten) voor de beide toiletten per leeftijdscategorie.

Uit de figuur blijkt dat de tijd tussen twee toiletbezoeken verschillend is per toilet. De tijd tussen twee toiletbezoeken boven is namelijk langer dan beneden. Ook is te zien dat met het toenemen van de leeftijd, de tijd tussen toiletbezoeken ook toeneemt. Dit gebeurt zowel bij de toiletbezoeken boven als bij de toiletbezoeken beneden. Dit verschil is hierboven al verklaard.

Om te bepalen of de hierboven genoemde verschillen significant zijn, of dat ze berusten op toeval, is een variatieanalyse voor meerdere onafhankelijke variabelen uitgevoerd. Bij deze variatieanalyse is net als bij de eerder beschreven variatieanalyse voor de tijd in de toiletruimte, gebruik gemaakt van de variabele toilet waarbij alleen onderscheid is gemaakt tussen toiletruimte boven en toiletruimte beneden. Daarnaast is een indeling gemaakt in leeftijdcategorieën van nul tot zes jaar, van zes tot 55 jaar en van 55 jaar en ouder. De resultaten van deze variatieanalyse zijn in tabel 2 van bijlage VI weergegeven.
Hieruit blijkt dat de significantie 0,033 is. Dit is kleiner dan 0,05. Hiermee is aangetoond dat de verschillen tussen de groepsgemiddelden niet berusten op toeval, maar ergens anders door veroorzaakt worden. Het blijkt dat verschillen in tijd tussen toiletbezoeken verklaard kunnen worden door de gecombineerde effecten van toiletruimte en leeftijd.

4.3 Discussie en vergelijking met ander onderzoek

In de eerste plaats kan geconcludeerd worden dat als ouderen langer in de toiletruimte verblijven dan jongere mensen, dat ouderen wat betreft de duur van de blootstelling aan aërosolen een groter risico lopen dan jongere mensen.
Daar staat tegenover dat de tijd tussen twee toiletbezoeken in oudere huishoudens langer is dan bij jonge huishoudens. Wat betreft de tijd tussen de toiletbezoeken en de hoeveelheid aërosolen waar men aan blootgesteld wordt, lopen ouderen dus minder risico dan jongere mensen.

Als er vanuit gegaan wordt dat alleen na feces extra micro-organismen in de lucht terechtkomen en niet na een urine, dan zijn dus alleen de toiletbezoeken die binnen een bepaalde tijd na feces plaats vinden een risico. De tijd is gesteld op twaalf minuten op basis van literatuur die reeds in hoofdstuk twee besproken is (Gerba et al., 1975).
Het blijkt dat er 268 toiletbezoeken plaats vinden binnen twaalf minuten nadat feces gedaan is. Dit is slechts 2,7% van het totaal aan toiletbezoeken die gedaan zijn door de respondenten.

Over het patroon van wel of niet doortrekken kunnen op basis van de metingen geen betrouwbare uitspraken gedaan worden, doordat de meters niet bij alle huishoudens feilloos gefunctioneerd hebben. Niet alle toiletbezoeken zijn geregistreerd door de meters, waardoor een wel opgeschreven toiletbezoek in het dagboekje van de huishoudens, maar niet door de meter geregistreerd toiletbezoek niet vanzelfsprekend een niet doorgetrokken toiletbezoek is.
Uit de gegevens die bekend zijn uit de metingen, blijkt dat door jongere mensen het toilet vaker niet doorgetrokken wordt dan door oudere mensen.
Uit de interviews waarvan de resultaten eerder beschreven zijn, blijkt dat urine van kinderen vaak helemaal niet, of slechts met weinig water door trekt. Ook zegt men niet door te trekken wanneer het toilet snel na elkaar gebruikt wordt. Enkele huishoudens zeggen het toilet 's nachts niet door te trekken.
Het feit dat in huishoudens met kinderen men zegt het toilet niet altijd door te trekken is mogelijk een verklaring voor het feit dat bij de resultaten van de metingen blijkt dat in de jonge huishoudens het toilet vaker niet doorgetrokken wordt dan door oudere huishoudens.

5 Verneveling van micro-organismen bij doorspoelen toilet

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten besproken van de microbiologische metingen in het laboratorium en in de veldsituatie bij huishoudens thuis die gedaan zijn om de verneveling van de pathogene micro-organismen in grijswater te kunnen bepalen.

Allereerst wordt de samenstelling van het standwater tijdens de laboratoriumproeven besproken. Vervolgens worden de resultaten van de standwaterbemonsteringen bij de huishoudens vermeld. De microbiologische samenstelling van het standwater is van belang, om te weten wat het uitgangspunt bij een toiletspoeling is geweest wat betreft hoeveelheid micro-organismen.

In de volgende paragraaf wordt de verneveling van micro-organismen in de lucht voor zowel de laboratoriumsituatie, als de veldsituatie besproken. Om de fractie micro-organismen te bepalen die bij de toiletspoelingen wordt verneveld, is in de laboratoriumsituatie kunstmatig aangemaakt grijswater dat besmet is met micro-organismen van fecale herkomst en *Legionella* bacteriën, gebruikt als spoelwater in twee toilettypen. Bij de bespreking van de resultaten van de veldsituatie wordt dit onderscheid in toilettype waar mogelijk ook aangehouden.

In paragraaf 5.4 wordt de besmetting van het oppervlak van de toiletzittingen na toiletspoelingen in de laboratoriumsituatie en de veldsituatie besproken. Op basis van deze gegevens over de Concentratie micro-organismen op het oppervlak en de concentratie micro-organismen in het spoelwater, wordt de fractie micro-organismen berekend die op de toiletzitting terechtkomt.

Aan het einde van iedere paragraaf vindt een vergelijking plaats tussen de resultaten van het laboratoriumonderzoek en het veldonderzoek. Daar waar relevant zullen ook resultaten van eerder gedane onderzoeken besproken worden.

Tot slot zal in de laatste paragraaf een samenvatting gegeven worden van de belangrijkste resultaten van dit deel van het onderzoek, die gebruikt zullen worden voor de laatste fase van de risicoanalyse in hoofdstuk zes.

5.2 Micro-organismen in standwater

In deze paragraaf wordt de samenstelling van het standwater bij de laboratoriumexperimenten en bij de huishoudens besproken. Onder standwater wordt het water in de toiletpot verstaan. Als over suspensie gesproken wordt, dan wordt daarmee het standwater met fecale toevoegingen bedoeld. Een belangrijk verschil tussen deze situaties is dat het standwater bij de laboratoriumproeven kunstmatig besmet is met fecaal materiaal van een melkveehouderij.

5.2.1 *Micro-organismen in standwater in laboratoriumsituatie*

Zoals in hoofdstuk drie al aangegeven is, is bij dit onderzoek waterig dunne feces in het toilet weg gespoeld. Van deze weg te spoelen suspensie die bestaat uit het standwater van het toilet en het toegevoegde fecale materiaal van de melkveehouderij, is het besmettingsniveau bepaald.
In tabel 5.1 zijn de aantallen fecale micro-organismen die in de weg te spoelen suspensie aanwezig waren weergegeven. Hierbij is een verschil gemaakt tussen de vlakspoeler en de diepspoeler.
Bij de kolommen waarboven drinkwater staat is sprake van toiletspoelingen met drinkwater, waardoor het standwater in de toiletpot uit drinkwater bestaat. Bij de kolommen waarboven grijswater staat is

sprake van toiletspoelingen met grijswater, waardoor het standwater in de toiletpot ook uit grijswater bestaat.

Tabel 5.1 Aantal fecale micro-organismen in het standwater van de toiletpot per ml, bij spoeling van waterig dunne feces van een melkveehouderij, in de diepspoeler en de vlakspoeler, bij de experimenten waarin respectievelijk met drinkwater en kunstmatig aangemaakt grijswater wordt weggespoeld.

Micro-organismen	Diepspoeler n/ml		Vlakspoeler n/ml	
	Drinkwater	Grijswater	Drinkwater	Grijswater
F-spec. RNA-bacteriofaag MS2	<10	4800	25	5
E. coli (WR1)	5000	$6x10^4$	$1,1x10^4$	$2,2x10^5$
C. perfringens (D10)	800	3400	<10	20

Het niveau aan micro-organismen in het standwater blijkt lager dan verwacht. Mogelijk is de concentratie fecale micro-organismen in de dunne mest laag door afsterving na bemonstering, hoewel de feces binnen 24 uur na bemonstering is gebruikt. Ook dient te worden opgemerkt dat een nauwkeurige kwantificering van het aantal micro-organismen in een dergelijke substantie zoals afgebeeld in figuur 3.2 moeilijk is.

Het aantal micro-organismen in het mengsel van drinkwater en feces voor de spoeling was in het algemeen lager dan het aantal micro-organismen in ditzelfde mengsel met hoog besmet grijswater voor de spoeling (tabel 5.1). Bij de vlakspoeler was het besmettingsniveau van *Clostridium perfringens* een stuk lager dan bij de diepspoeler. Mogelijke oorzaken hiervoor zijn een bepalingsfout of snelle afsterving van de gedoceerde fagen in de feces.

5.2.2 Micro-organismen in standwater in veldsituatie

Bij tien huishoudens met in totaal 3 diepspoelers en 7 vlakspoelers, is bij het toiletgebruik de aanwezigheid van fecale micro-organismen in het standwater van het toilet onderzocht. In tabel 5.2 zijn de resultaten van deze bepalingen vermeld.

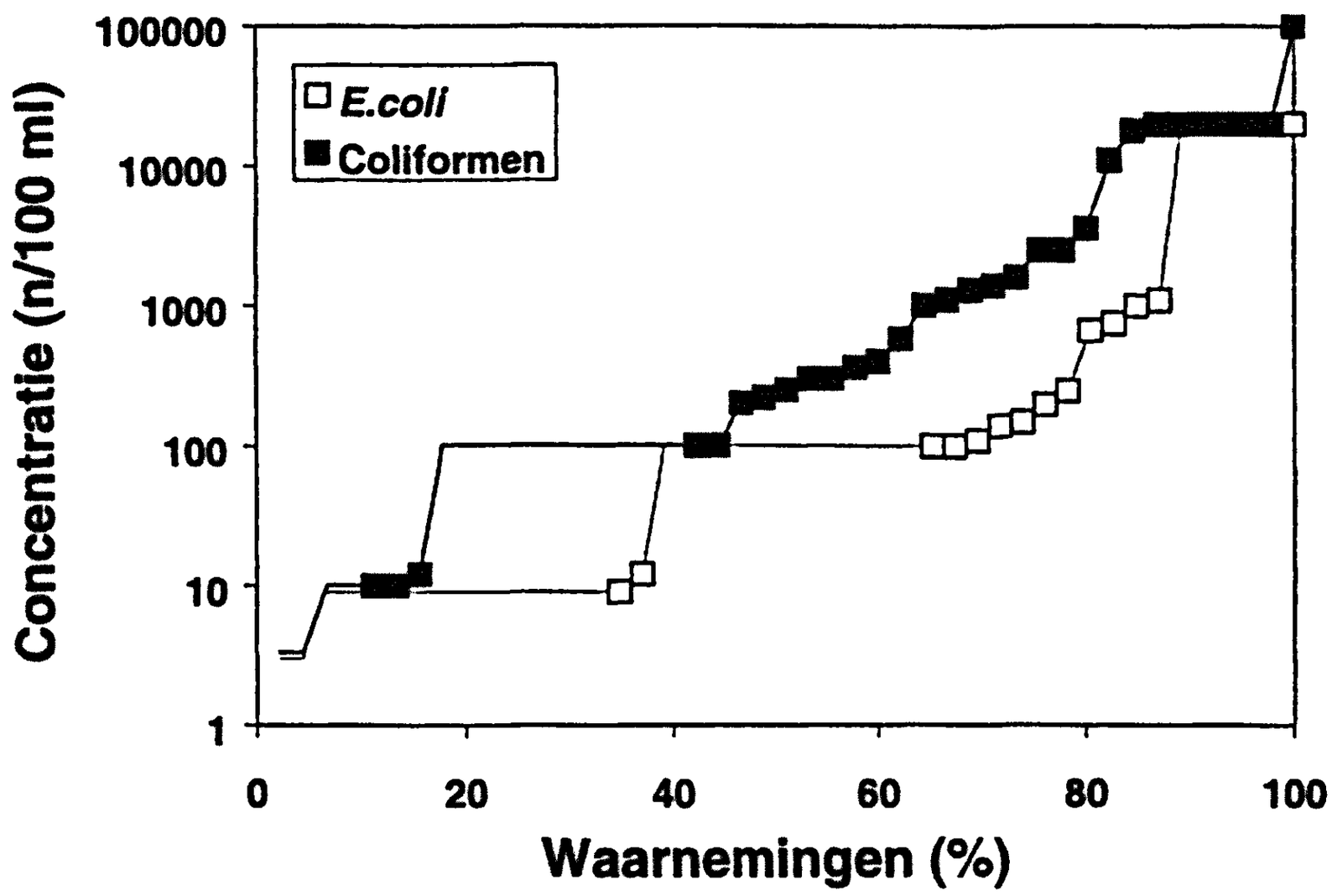
Tabel 5.2 Aanwezigheid van de micro-organismen in het standwater van closetpotten bij 10 huishoudens; gemiddelde, mediaan en maximum.

Micro-organisme	Aantal metingen	% positief	n/ml gemiddeld	mediaan	ma
F spec. RNA fagen	42	7	0,03	<0,1	0
E.coli	46	41	>29	<1	>20
Bact. Coligroep 37° C	45	67	>65	2,5	>100
C. perfringens	46	15	0,5	<0,5	1
Legionella	31	0	<0,4	nb[a]	n
Enterococcen	11	9	0,01	<0,01	0,0

[a] niet bepaald

Hieruit blijkt dat bacteriën van de coligroep, bepaald bij 37° C en E. coli het meest frequent worden aangetroffen en in de hoogste concentraties. Duidelijk minder frequent en in lagere concentraties zijn enterococcen, *Clostridium perfringens* en bacteriofagen in het standwater aangetroffen. Bij zes van de tien huishoudens is ook de concentratie *Legionella* in het standwater bepaald. In geen van de monsters kon echter *Legionella* aangetoond worden.

Uit het grote verschil tussen enerzijds het gemiddelde en de mediaan en maximale waarde anderzijds, blijkt dat de concentraties sterk variëren. Dit wordt ook geïllustreerd aan de hand van de cumulatieve frequentieverdeling van de individuele waarden voor de bacteriën van de coligroep (figuur 5.1). Er zijn verschillende volumes onderzocht (volume standwater bij vlakspoeler gering en variabel). Niet alle monsters waren positief; in de verdeling zijn de monsters met een nulwaarde zonder symbool op het niveau van de detectielimiet weergegeven.



Figuur 5.1 Verdeling van het aantal coliformen en E.coli bacteriën in het standwater van de toiletten vóór gebruik.

Bij drie huishoudens is de concentratie fecale micro-organismen in het standwater gemeten vóór en na een fecale toiletgang (tabel 5.3).

Tabel 5.3 Aantal fecale micro-organismen in het standwater van de toiletpot vóór en na een fecale toiletgang.

huis houden	*type toilet*	*Fagen*		*E.coli*		*Bct. coligroep 37°C*		*C. perfringens*		*Enterococcen*	
		n/100 ml		*n/100 ml*		*n/100 ml*		*n/100 ml*		*n/100 ml*	
		voor	na	voor	na	voor	na	voor	na	voor	na
1	Diep	<0,1	<0,1	<3,33	3,33	<3,33	3,33	<3,33	<3,33	<3,33	<3,33
2	Vlak	0.6	1.4	<10	<10	<10	180	<10	<10	<10	<10
2	Vlak	nb	nb	<10	<10	3600	40	<10	<10	<10	<10
4	Vlak	0.1	<0,1	<10	<10	1600	23000	<10	<10	<10	<10
4	Vlak	0.4	0.3	<10	<10	11000	30000	<10	<10	10	10

Uit deze gegevens blijkt niet duidelijk dat na een fecale toiletgang het standwater meer fecale micro-organismen bevat dan ervoor. Bij de acht positieve metingen is slechts in drie van de gevallen een duidelijke toename na een fecale toiletgang gevonden; bij drie monsters van de fagen is er nauwelijks een verschil in fecale micro-organismen vóór en na de toiletgang gevonden en één monster van de bacteriële coligroep 37° C geeft een lagere waarde.

Door een te geringe steekproef en een ongelijke verdeling in toilettype (7 vlakspoelers en 3 diepspoelers) kan geen invloed van het toilettype op de aantallen fecale micro-organismen in het standwater worden vastgesteld.

5.3 Micro-organismen in de lucht

Voor de bepaling van de fractie micro-organismen die vanuit het spoelwater in de lucht terechtkomt, is het noodzakelijk te weten wat de concentratie micro-organismen in de lucht is na een toiletspoeling. Om er zeker van te zijn dat er aantallen micro-organismen in de lucht gemeten konden worden, is kunstmatig aangemaakt grijswater gebruikt, dat veel meer micro-organismen bevat dan grijswater in de praktijk. De concentratie van het gebruikte grijswater is hoofdstuk drie al besproken (tabel 3.2).

5.3.1 Micro-organismen in lucht in laboratoriumsituatie

Om de verneveling van micro-organismen tijdens een toiletspoeling te bepalen is eerst gemeten wat de concentratie micro-organismen in de lucht is vóór een toiletspoeling (blanco). Vervolgens is gemeten wat de concentratie micro-organismen in de lucht is na een toiletspoeling van vloeibare feces (de suspensie die in tabel 5.1 beschreven is) met drinkwater. De resultaten hiervan zijn per type toilet in tabel 5.4 weergegeven. Met 'diep' wordt de diepspoeler bedoeld. Met 'vlak' wordt de vlakspoeler bedoeld.

Tabel 5.4 Concentratie micro-organismen in de lucht voor het onderzoek (blanco) en na spoeling van vloeibare feces met onbesmet drinkwater (aantal/1000 l).

Test	MS2		E. coli		C. perfrigens		*Legionella*	
	Diep	Vlak	Diep	Vlak	Diep	Vlak	Diep	Vlak
Blanco[a]	<1	<1	<1	<1	<1	<1	Bacillus[b]	<1
Drinkwater	<1	<1	<1	<1	<1	<1	Bacillus	<1
Drinkwater	<1	<1	<1	<1	1	<1	Bacillus	<1

[a] geen spoeling: blanco lucht in de toiletruimte; [b] Platen overgroeid door Bacillus.

In bovenstaande tabel is te zien dat in de lucht in de toiletruimte voor de toiletspoelingen geen micro-organismen aangetroffen zijn.
Bij de spoeling met dunne feces en drinkwater is in één monster een spore van sulfiet reducerende clostridia waargenomen. De overige analyses zijn negatief, wat betekent dat in de lucht een concentratie van minder dan 1 micro-organisme per 1000 liter aanwezig is.
Het blijkt dat er wat betreft de spoeling van dunne feces geen verschillen zichtbaar zijn tussen de vlak- en diepspoeler wat betreft de concentraties micro-organismen in de lucht na een toiletspoeling.

Op basis van deze gegevens lijkt het zo te zijn dat de micro-organismen in de weg te spoelen suspensie niet aantoonbaar in de lucht terecht komen. Als dat namelijk wel zo zou zijn, dan zouden in bovenstaande tabel bij de toiletspoelingen van vloeibare feces met drinkwater micro-organismen in de lucht aangetoond moeten kunnen worden. Dit is echter niet het geval. Dit impliceert dat als er micro-organismen in de lucht aangetoond worden, dat deze niet afkomstig zijn uit de weg te spoelen suspensie. Waarschijnlijk zijn deze micro-organismen in de lucht afkomstig uit het spoelwater.

Behalve metingen na spoelingen met drinkwater zijn ook metingen na spoelingen met grijswater gedaan. Zoals eerder al uitgelegd zijn daarbij drie soorten spoelingen gedaan; spoelingen zonder substantie in de toiletpot, spoelingen met vast specimen en spoelingen met vloeibare feces. De testen met deze spoelingen zijn twee keer gedaan. In tabel 5.5 staan de resultaten van deze metingen vermeld per type toilet. Ook hier worden met 'diep' en 'vlak' respectievelijk de diep- en de vlakspoeler bedoeld.

Tabel 5.5 Concentratie micro-organismen in de lucht na toiletspoelingen met grijswater (aantal / liter).

Spoeling	MS2		E. coli		*C. perfringens*		*Legionella*	
Concentratie in water n/ liter	$3{,}3 \times 10^6$	$5{,}5 \times 10^9$	$6{,}2 \times 10^7$	$9{,}8 \times 10^8$	$1{,}3 \times 10^6$	$9{,}9 \times 10^5$	$3{,}5 \times 10^7$	$6{,}3 \times 10^7$
	Diep	Vlak	Diep	Vlak	Diep	Vlak	Diep	Vlak
Geen feces	$<1 \times 10^{-3}$	1×10^{-3}	$<1 \times 10^{-3}$	4×10^{-3}	$<1 \times 10^{-3}$	$<1 \times 10^{-3}$	*Bacillus*[b]	$<1 \times 10^{-3}$
Geen feces	$<1 \times 10^{-3}$	$<1\ 10^{-3}$	$<1 \times 10^{-3}$	4×10^{-3}	$<1 \times 10^{-3}$	$<1 \times 10^{-3}$	*Bacillus*	1×10^{-3}
Specimen	1×10^{-3}	1×10^{-3}	$<1 \times 0^{-3}$	4×10^{-3}	$<1 \times 10^{-3}$	$<1 \times 10^{-3}$	*Bacillus*	1×10^{-3}
Specimen	$<1 \times 10^{-3}$	2×10^{-3}	$<1 \times 10^{-3}$	3×10^{-3}	$<1 \times 10^{-3}$	$<1 \times 10^{-3}$	$<1 \times 10^{-3}$	$<1 \times 10^{-3}$
Vloeibare feces	$<1 \times 10^{-3}$	1×10^{-3}	$<1 \times 10^{-3}$	1×10^{-3}	$<1 \times 10^{-3}$	$<1 \times 10^{-3}$	*Bacillus*	3×10^{-3}
Vloeibare feces	$<1 \times 10^{-3}$	1×10^{-3}	$<1 \times 10^{-3}$	6×10^{-3}	$<1 \times 10^{-3}$	$<1 \times 10^{-3}$	2×10^{-3}	$<1 \times 10^{-3}$

[b] Platen overgroeid door *Bacillus*.

Opvallend is dat bij de testen met de diepspoeler slechts in twee monsters van 1000 liter micro-organismen aangetroffen zijn: 1 MS2 bacteriofaag en 2 *Legionella* bacteriën. *E. coli* is niet in de lucht gedetecteerd bij de diepspoeler. Wel bij de vlakspoeler.
De *Legionella* bepaling van de luchtmonsters is gestoord, omdat de platen waren overgroeid met *Bacillus*, een spore vormende bacteriesoort.

Tijdens de spoelingen met de vlakspoeler zijn in de lucht hogere concentraties MS2 fagen en *E. coli* bacteriën waargenomen. Dit wil echter niet zeggen dat het toilettype (de vlakspoeler) meer positieve luchtmonsters veroorzaakt. Bij de testen met dit toilettype waren (om onduidelijke redenen) de concentraties van deze beide micro-organismen in het grijze water in de uitgangssituatie veel hoger (zie tabel 3.2). Ook hier kan geen verschil wat betreft verneveling tussen de beide typen toiletten aangetoond worden. (Net als bij de besmetting van het standwater, waar ook geen verschil tussen de twee typen toiletten aangetoond kon worden.)

In tabel 5.5 is te zien dat er geen duidelijke verschillen aan te tonen zijn tussen de verneveling van micro-organismen bij de verschillende soorten spoelingen. Ook dit feit is een aanwijzing dat de weg te spoelen suspensie geen substantiële invloed heeft op de concentratie micro-organismen in de lucht.
Aangezien er bij de *E. coli* en de *Legionella* bij de vlakspoeler wel micro-organismen in de lucht aanwezig zijn, die niet uit het standwater afkomstig zijn, moeten deze wel uit het spoelwater afkomstig zijn!

De in tabel 5.5 beschreven contaminatie van de lucht na toiletspoelingen met grijswater, moet gecorrigeerd worden voor de overdreven besmetting van het gebruikte grijswater. In hoofdstuk twee (tabel 2.1) zijn voor *E.coli* en *C. perfringens* de aantallen waarin deze bacteriën in grijswater voor kunnen komen, genoemd. *E. coli* komt voor in aantallen variërend van minder dan 1 tot 540 per ml water. *C. perfringens* komt voor in aantallen variërend van minder dan 1 tot 556 per ml water. Dit komt, in een worst-case scenario voor beide soorten bacteriën neer op 5×10^5 per liter grijswater in de praktijk.

Het gebruikte grijswater is wat betreft *E.coli* 100 tot 2000 keer zo besmet als grijswater in de praktijk. De gevonden contaminatie in de lucht, is naar verwachting dan ook 100 tot 2000 keer zo groot als in de praktijk. Worden de resultaten van *E.coli* bij de vlakspoeler gecorrigeerd naar de praktijk dan blijkt dat de contaminatie in de lucht niet meer is dan $3x10^{-6}$ bacteriën per liter lucht.

Als er een toegevoegde contaminatie van de lucht is door toepassing van grijswater als spoelwater, dan is deze kleiner dan $3x10^{-6}$ per liter lucht.

In tabel 5.6 is de verhouding weergegeven tussen de concentratie micro-organismen in het standwater, en de concentratie van datzelfde micro-organisme in de lucht. Aangezien de concentratie micro-organismen in het standwater alleen bekend is voor toiletspoelingen van vloeibare feces is, worden alleen deze verhoudingen weergegeven. In de tabel staan de gemiddelden dan de duplometingen uit tabel 5.4 en 5.5.

Tabel 5.6 Verhouding tussen de concentratie micro-organismen in de lucht na toiletspoelingen en in het standwater met vloeibare feces.

Spoeling	***Bacteriofagen***		***E. coli***		***C. perfringens***	
	Diep	Vlak	Diep	Vlak	Diep	Vlak
Drinkwater	n.a. [a]	n.a.	n.a.	n.a.	$1,3x10^{-9}$	n.a.
Grijswater	n.a.	$2,0x10^{-7}$	n.a.	$1.6x10^{-11}$	n.a.	n.a.

[a] na = niet aangetoond

De verhouding tussen de concentratie micro-organismen in de lucht en micro-organismen in het standwater is heel klein. Op basis van het geringe aantal waarnemingen kunnen geen uitspraken gedaan worden over een mogelijk verband tussen het voorkomen van een micro-organisme in het standwater en de concentratie van datzelfde micro-organisme in de lucht.

Naast de verhouding tussen de concentratie in de lucht en de concentratie in het standwater, is ook de verhouding tussen de concentratie in de lucht en de concentratie in het grijswater interessant aangezien deze verhouding aangeeft in welke mate micro-organismen vanuit het spoelwater in de lucht terechtkunnen komen en waaraan men blootgesteld kan worden. Daarnaast is deze verhouding interessant omdat eerder beargumenteerd is dat de besmetting van het standwater geen invloed heeft op de micro-organismen in de lucht en dat het spoelwater daarop van invloed is.
In tabel 5.7 wordt die verhouding tussen de concentratie micro-organismen in de lucht en de concentratie van hetzelfde micro-organisme in het kunstmatig aangemaakte grijswater weergegeven. (Deze tabel is berekend op basis van de gegevens die in tabel 5.5 staan.)

Tabel 5.7 Verhouding tussen de concentratie micro-organismen in de lucht na toiletspoelingen met kunstmatig aangemaakt grijswater en de concentratie micro-organismen in dat grijswater.

Spoeling	***MS2 fagen***		***E. coli***		***C. perfringens***		***Legionella***	
	Diep	Vlak	Diep	Vlak	Diep	Vlak	Diep	Vlak
Geen feces	n.a. [a]	$1,8x10^{-13}$	n.a.	$4,1x10^{-12}$	n.a.	n.a.	Bacillus	n.a.
Geen feces	n.a.	n.a.	n.a.	$4,1x10^{-12}$	n.a.	n.a.	Bacillus	$1,6x10^{-11}$
Specimen	$3,1x10^{-10}$	$1,8x10^{-13}$	n.a.	$4,1x10^{-12}$	n.a.	n.a.	Bacillus	$1,6x10^{-11}$
Specimen	n.a.	$3,6x10^{-13}$	n.a.	$3,1x10^{-12}$	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Vloeibare feces	n.a.	$1,8x10^{-13}$	n.a.	$1,0x10^{-12}$	n.a.	n.a.	Bacillus	$4,8x10^{-11}$
Vloeibare feces	n.a.	$1,8x10^{-13}$	n.a.	$6,1x10^{-12}$	n.a.	n.a.	$5,7x10^{-11}$	n.a.

[a] = niet aangetoond

De verhouding tussen de concentratie micro-organismen in de lucht en de concentratie micro-organismen in het kunstmatig aangemaakte grijswater varieert ook hier niet sterk tussen de verschillende spoelingen. Dit vormt wederom een ondersteuning voor de bewering dat de concentratie micro-organismen in de lucht niet afhankelijk is van het standwater met de weg te spoelen suspensie, maar afhankelijk is van de besmetting van het spoelwater.

5.3.2 Micro-organismen in lucht in veldsituatie

Bij de tien huishoudens zijn micro-organismen in de lucht bepaald middels luchtmonsters, genomen tijdens:

1. een spoeling na een fecale toiletgang en
2. het mannelijk urineren en doorspoelen.

Met behulp van de luchtmonsters kan de mate van verspreiding van micro-organismen via aërosolen worden gemeten. Aanwezigheid van bacteriën van de coligroep, bacteriofagen en *C. perfringens* is van alle huishoudens bepaald. Enterococcen zijn alleen onderzocht bij de eerste vier huishoudens. *Legionella* is alleen onderzocht bij de laatste zes huishoudens.

In tabel 5.8 is een overzicht van het aantal positieve luchtmonsters bij de twee toiletgangen van de huishoudens weergegeven.

Tabel 5.8 Overzicht van het aantal positieve luchtmonsters bij de twee toiletgangen.

Micro-organismen	**Spoeling na fecale toiletgang**		**Urineren en spoeling**	
	Aantal	Positief	Aantal	Positief
Bacteriofagen	34	1	18	1
E.coli	34	6	18	0
Bact. Coligroep 37°C	34	11	18	2
Clostridium perfringens	34	3	18	0
Legionella	24[a]	0	12	0
Enterococcen	10[b]	1	6	0

[a] Laatste zes locaties [b] Eerste vier locaties

E.coli is vaak aangetoond. Enterococcen, bacteriofagen en *C. perfringens* zijn in een lage frequentie aangetoond en *Legionella* is in geen van de 36 onderzochte monsters waargenomen. Het blijkt dat het aantal positieve monsters bij een fecale toiletgang hoger is dan tijdens het mannelijk urineren gevolgd door een spoeling.

In bijlage VIII wordt een overzicht gegeven van de concentraties micro-organismen in de lucht en in het standwater bij de verschillende huishoudens. Tabel 5.9 geeft een overzicht van de gemiddelde concentraties micro-organismen in zowel het standwater, als de lucht. De gemiddelde concentratie in de lucht (n/l) is berekend door het totaal aantal waargenomen organismen in alle monsters te delen door het totaal onderzochte luchtvolume.

Tabel 5.9 Gemiddelde concentratie micro-organismen in standwater per liter en lucht per liter, bij *de huishoudens thuis.*

huis-houden	*type toilet*	*Bacteriofagen*		*E. coli*		*Bact. coligroep 37°C*		*C. perfringens*	
		Water n/l	Lucht n/l	Water n/l	Lucht n/l	Water n/l	Lucht n/l	Water n/l	Lucht n/l
1	Diep	$<2x10^1$	$<1,7x10^{-3}$	$3,0x10^1$	$<1,7x10^{-3}$	$3,0x10^1$	$<1,7x10^{-3}$	<6	$<1,7x10^{-3}$
2	Vlak	$6,7x10^2$	$2,0x10^{-2}$	$<2,0x10^1$	$<2,5x10^{-3}$	$8,14x10^3$	$2,5x10^{-3}$	<2	$<2,5x10^{-3}$
3	Vlak	$<5x10^1$	$<1,7x10^{-3}$	$3,0x10^1$	$<1,7x10^{-3}$	$7,0x10^1$	$<1,7x10^{-3}$	$<3,0x10^1$	$6,0x10^{-3}$
4	Vlak	$2x10^2$	$<1,7x10^{-3}$	$<5,0x10^1$	$<1,7x10^{-3}$	$1,6x10^5$	$<1,7x10^{-3}$	$<5,0x10^1$	$<1,7x10^{-3}$
5	Vlak	$<2x10^2$	$<1,1x10^{-3}$	$>2,0x10^5$	$9,1x10^{-4}$	$>2,0x10^5$	$4,0x10^{-3}$	$6,3x10^2$	$<8,0x10^{-4}$
6	Diep	$<7x10^2$	$<1,1x10^{-3}$	$>3,6x10^2$	$8,0x10^{-4}$	$6,92x10^3$	$1,4x10^{-3}$	$<2,0x10^1$	$<8,0x10^{-4}$
7	Vlak	$<2x10^2$	$<1,1x10^{-3}$	$6,5x10^2$	$8,0x10^{-4}$	$>2,0x10^5$	$2,2x10^{-1}$	$<2,0x10^1$	$<8,0x10^{-4}$
8	Diep	$<2x10^2$	$<8x10^{-4}$	$<1,7x10^2$	$<8,0x10^{-4}$	$<2,0x10^2$	$<8,0x10^{-4}$	$<2,0x10^1$	$<8,0x10^{-4}$
9	Vlak	$<2x10^2$	$<9x10^{-4}$	$2,21x10^3$	$<8,0x10^{-4}$	$2,33x10^3$	$<8,0x10^{-4}$	$<3,0x10^1$	$<9,0x10^{-4}$
10	Vlak	$<2x10^2$	$<1,8x10^{-3}$	$1,83x10^3$	$7,3x10^{-1}$	$5,17x10^3$	$7,3x10^{-1}$	$4,13x10^3$	$1,8x10^{-3}$

Uit deze gegevens lijkt er een verband te bestaan tussen de aanwezigheid van fecale micro-organismen in het standwater van een toiletpot en de aanwezigheid van hetzelfde micro-organisme in de lucht. Het spoelwater kan namelijk als bron van micro-organismen uitgesloten worden, doordat bij de huishoudens met drinkwater gespoeld wordt, waarin geen fecale micro-organismen aanwezig mogen zijn. Dit vormt een aanwijzing dat het standwater ook invloed heeft op de concentratie micro-organismen die in de lucht aangetroffen wordt.

Alle positieve luchtmonsters, op één na (*C. perfringens*) zijn gevonden wanneer ook in het standwater hetzelfde micro-organismen werd aangetroffen. Er lijkt soms een correlatie te zijn tussen de concentratie bacteriën van de coligroep in het water en in de lucht. Opvallend hoog zijn de concentraties bacteriën van de coligroep waargenomen bij de huishoudens 7 en 10 in de lucht.

Daarnaast is de verhouding tussen de concentratie micro-organismen in de lucht rond het toilet en in het standwater, $C_{lucht}/C_{standwater}$ berekend. Deze verhoudingen zijn weergegeven in tabel 5.10.

Tabel 5.10 Verhouding tussen concentratie micro-organismen in de lucht rond het toilet bij de veldmetingen en het standwater $C_{lucht}/C_{standwater}$

huishouden	*Type toilet*	*Bacteriofagen*	*E.coli*	*Bact. coligroep 37°C*	*C. perfringens*
2	Vlakspoeler	$3,0x10^{-5}$	na[a]	$3,1x10^{-7}$	na[a]
5	Vlakspoeler	na	$<4,5x10^{-9}$	$<2x10^{-8}$	na
6	Diepspoeler	na	$2,2x10^{-6}$	$2x10^{-7}$	na
7	Vlakspoeler	na	$1,2x10^{-6}$	$<1,1x10^{-6}$	na
10	Vlakspoeler	na	$4,0x10^{-4}$	$1,4x10^{-4}$	$4,4x10^{-7}$

[a] na = niet aangetoond

5.3.3 Vergelijking laboratoriumtesten en veldmetingen en ander onderzoek; lucht

Als de verhouding tussen de concentratie in de lucht en de concentratie in het standwater bij de laboratoriumtesten met drinkwater (tabel 5.6) en de veldmetingen (tabel 5.10) met elkaar vergeleken worden, valt op dat de verhoudingen sterk variëren. Wat betreft de orde van grootte zijn de in het

laboratorium gevonden fracties veel kleiner (10^{-7}tot 10^{-11}) dan de fracties die tijdens het veldonderzoek gevonden zijn (10^{-4} tot 10^{-8}). Er zijn dus geen aanwijzingen dat deze overeenkomen.

Als de verhouding tussen de concentratie micro-organismen in de lucht en het standwater bij de veldmetingen (tabel 5.10) vergeleken wordt met de verhouding tussen de concentratie micro-organismen in de lucht en het spoelwater, waargenomen bij het laboratoriumonderzoek (tabel 5.7) blijkt dat een volledige vergelijking niet mogelijk is door de geringe hoeveelheid data. Voor de diepspoeler is helemaal geen vergelijking mogelijk. Voor de vlakspoeler zijn voor twee micro-organismen vergelijkingen tussen de laboratoriumproeven en de veldmetingen mogelijk.
Wat wel met elkaar vergeleken kan worden is de fractie bacteriofagen waar bij huishouden twee sprake van is (tabel 5.10) met de fracties bacteriofagen die bij de laboratoriumproeven bij de verschillende spoelingen berekend zijn (tabel 5.7). De fractie bacteriofagen die vanuit het standwater in de lucht terechtkomt is tijdens de veldmetingen veel hoger (10^{-5}) gebleken dan de fractie bacteriofagen die vanuit het grijze spoelwater in de lucht terechtkomt (10^{-13}) tijdens de laboratoriumproeven.
Ook de fracties *E. coli* kunnen met elkaar vergeleken worden. Het blijkt dat de fracties *E. coli* die tijdens de veldmetingen vanuit het standwater in de lucht terecht zijn gekomen variëren tussen de 10^{-4} en 10^{-9}. De fracties *E. coli* die tijdens de laboratoriumproeven vanuit het grijze spoelwater in de lucht terecht zijn gekomen zijn allemaal in de orde van grootte van 10^{-12}.

Op basis hiervan kan gezegd worden dat het standwater een grotere rol speelt bij de besmetting van de lucht dan het spoelwater. De fractie micro-organismen die vanuit het spoelwater in de lucht terecht komt, is namelijk veel kleiner dan de fractie micro-organismen die vanuit het standwater in de lucht terecht komt. Het deel micro-organismen in de lucht dat uit het standwater afkomstig is, is veel groter dan het deel dat uit het spoelwater afkomstig is.

Als de toegevoegde contaminatie van toiletspoelingen met grijswater, op basis van resultaten boven de detectiegrens, vergeleken wordt met de besmetting van de lucht door het standwater in de praktijk, dan valt op dat de toegevoegde contaminatie door het grijze spoelwater (minder dan $3x10^{-6}$ per liter, grijze kader na tabel 5.5) veel kleiner is dan de besmetting van de lucht door het standwater in het veld ($9,1x10^{-4}$ tot $2,2x10^{-1}$, tabel 5.9).

Het is aannemelijk dat de toegevoegde contaminatie van de lucht met micro-organismen door grijswater, verwaarloosbaar is ten opzichte van de besmetting van de lucht door het standwater in een veldsituatie.

De resultaten van dit onderzoek kunnen vergeleken worden met de resultaten van eerder onderzoek van Medema et al. (1999) waarin de spoeling van een aantal toilettypen met kunstmatig aangemaakt huishoudwater onderzocht is. Huishoudwater is water dat via een tweede waterleidingnet door het waterleidingbedrijf geleverd wordt voor huishoudelijke toepassingen die een minder hoge kwaliteit vergen dan drinkwater (Van Putten, et al., 2002).
Bij dit onderzoek zijn dezelfde micro-organismen gebruikt als bij onderhavig onderzoek. Een verschil is wel dat Medema et al. hogere concentraties micro-organismen in het kunstmatig aangemaakte huishoudwater hebben gebruikt.
Medema et al. (1999) hebben geen duidelijk verschil in de fracties vernevelde micro-organismen gevonden tussen diepspoelers en vlakspoelers.

De verschillen die in dit onderzoek gevonden zijn tussen de vlakspoeler en de diepspoeler zijn waarschijnlijk te wijten aan verschillen in de contaminatie van het kunstmatig besmette grijswater.

In tabel 5.11 zijn de resultaten van Medema et al. (1999) en het huidige onderzoek (tabel 5.5) naast elkaar gezet. De resultaten aan de linkerkant van de tabel zijn afkomstig van het onderzoek van Medema et al. (1999) en hebben betrekking op huishoudwater. De resultaten aan de rechterkant van de tabel zijn afkomstig van het huidige onderzoek en hebben betrekking op grijswater.

Tabel 5.11 Aantal micro-organismen in de lucht (n/ 1000 l) gemeten bij toiletspoeling met kunstmatig, met micro-organismen van fecale herkomst, besmet water: huishoudwater en grijswater (water n/ ml)

Kunstmatig aangemaakt huishoudwater [a]			Kunstmatig aangemaakt grijswater [b]					
Toilettype	***MS2***	***E.coli***	***Test*** [c]	***MS2***	***E.coli***	***C. per-fringens***	***Legionella***
Concentratie in water (n/ml)	$2,6x10^5$	$2,5x10^5$	**Diepspoeler**				
5450-04	<0,5	<0,5	Concentratie In water (n/ml)	$3,3x10^3$	$6,2x10^4$	$1,3x10^3$	$3,5x10^4$
5358	<0,5	<0,5					
5420-2	<0,5	<0,5	grijs	<0,5	<0,5	<0,5	nb
5466-13	1	<0,5	grijs speci	0,5	<0,5	<0,5	<1
5322-05	<0,5	<0,5	grijs feces	<0,5	<0,5	<0,5	2
5470	<0,5	<0,5	**Vlakspoeler**				
5257-1	<0,5	<0,5	Concentratie in water (n/ml)	$5,5x10^6$	$9,8x10^5$	985	$6,3x10^4$
5466-08	1,5	<0,5					
5441-o2/03	26	0,5					
5441- o2/03	6,5	2,5	grijs	<0,5	4	<0,5	0,5
5342-2/3	6	1	grijs speci	1,5	3,5	<0,5	0,5
5322-02	2,5	0,5	grijs feces	1	3,5	<0,5	1,5

[a] Medema et al., 1999; [b] Dit onderzoek; [c] Verschillende condities zoals vermeld in tabel 3.2; speci. = specimen, of vaste kunstfeces; feces = vloeibare feces.

De concentraties van MS2 fagen en *E. coli* die in de lucht bij beide onderzoeken zijn waargenomen, komen in orde van grootte overeen.

5.4 Micro-organismen op toiletzitting

5.4.1 Micro-organismen op toiletzitting in laboratoriumsituatie

Tijdens de laboratoriumproeven zijn ook monsters genomen van het oppervlak van de toiletbril. In tabel 5.12 en 5.13 zijn de resultaten van deze bemonsteringen weergegeven. In tabel 5.12 staan de resultaten van de blanco metingen, waarbij gespoeld is met drinkwater. In tabel 13 staan de concentraties micro-organismen op het oppervlak van de toiletzitting na spoelingen met grijswater.

Tabel 5.12 Concentratie micro-organismen op het oppervlak van de toiletzitting voor het onderzoek (blanco) en na spoeling van vloeibare feces met onbesmet drinkwater (aantal/cm²).

Test	***MS2***		***E. coli***		***C. perfrigens***		***Legionella***	
	Diep	Vlak	Diep	Vlak	Diep	Vlak	Diep	Vlak
Blanco[a]	nb [b]	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb
Drinkwater	$<5x10^{-6}$	<0,27	$<5x10^{-6}$	$<5x10^{-6}$	$<5x10^{-6}$	$<5x10^{-6}$	$<4,3x10^{-5}$	$<4,3x10^{-5}$
Drinkwater	$5x10^{-6}$	<0,27	$<5x10^{-6}$	0,48	$<5x10^{-6}$	$<5x10^{-6}$	$<4,3x10^{-5}$	$<4,3x10^{-5}$

[a] geen spoeling: blanco lucht in de toiletruimte; [b] nb = niet bepaald.

Tabel 5.13 Concentratie micro-organismen op het oppervlak van de toiletzitting na toiletspoelingen met grijswater (aantal/m^2).

Spoeling	***MS2***		***E. coli***		***C. perfringens***		***Legionella***	
Concentratie in water in n/ liter	$3{,}3\times10^{6}$	$5{,}5\times10^{9}$	$6{,}2\times10^{7}$	$9{,}8\times10^{8}$	$1{,}3\times10^{6}$	$9{,}9\times10^{5}$	$3{,}5\times10^{7}$	$6{,}3\times10^{7}$
	Diep	Vlak	Diep	Vlak	Diep	Vlak	Diep	Vlak
Geen feces	$<5\times10^{-6}$	$1{,}3\times10^{-2}$	$<5\times10^{-6}$	$<5\times10^{-6}$	$<5\times10^{-6}$	$<5\times10^{-6}$	$<4{,}3\times10^{-5}$	$<4{,}3\times10^{-5}$
Geen feces	$<5\times10^{-6}$	$1{,}1\times10^{-1}$	$2{,}0\times10^{-4}$	$1{,}2\times10^{-2}$	$5{,}3\times10^{-5}$	$4{,}8\times10^{-5}$	$4{,}3\times10^{-5}$	$8{,}5\times10^{-5}$
Specimen	$<5\times10^{-6}$	$2{,}2\times10^{-2}$	$<5\times10^{-6}$	$2{,}0\times10^{-3}$	$<5\times10^{-6}$	$<5\times10^{-6}$	$<4{,}3\times10^{-5}$	$<4{,}3\times10^{-5}$
Specimen	5×10^{-6}	$8{,}2\times10^{-2}$	$<5\times10^{-6}$	$1{,}1\times10^{-2}$	$<5\times10^{-6}$	$2{,}7\times10^{-5}$	$<4{,}3\times10^{-5}$	$1{,}71\times10^{-4}$
Vloeibare feces	$1{,}1\times10^{-5}$	$1{,}9\times10^{-2}$	$<5\times10^{-6}$	$2{,}9\times10^{-3}$	$<5\times10^{-6}$	$9{,}6\times10^{-5}$	$<4{,}3\times10^{-5}$	$4{,}3\times10^{-5}$
Vloeibare feces	$2{,}1\times10^{-5}$	$9{,}4\times10^{-2}$	$3{,}7\times10^{-5}$	$4{,}4\times10^{-3}$	5×10^{-6}	$1{,}1\times10^{-5}$	$4{,}3\times10^{-5}$	$1{,}71\times10^{-4}$

Het blijkt dat ook wat betreft de concentratie micro-organismen op het oppervlak van de toiletzitting bij de vlakspoeler hogere concentraties aangetroffen worden dan bij de diepspoeler. Zoals eerder al gezegd is, is het feit dat er een andere uitgangssituatie was wat betreft de besmetting van het kunstmatig aangemaakte grijswater een aannemelijke verklaring voor deze verschillen.
Wat ook opvalt als de concentraties op het oppervlak van de toiletzitting (tabel 5.12 en 5.13) vergeleken worden met de concentraties in de lucht (tabel 5.4 en 5.5), is dat het lijkt dat de mate waarin micro-organismen via aërosolen worden verneveld ook bepaalt hoeveel micro-organismen op de voorste rand van de toiletzitting terechtkomen; in de test met de vlakspoeler waar de hoogste luchtconcentraties zijn waargenomen, zijn tevens de hoogste concentraties organismen op het oppervlak gevonden. Een direct bewijs dat de aangetoonde organismen uit het water afkomstig zijn, kan echter niet worden geleverd, door ontbreken van blanco metingen van het oppervlak.
Er zijn geen grote verschillen tussen de verschillende weg te spoelen substanties te zien.

Dit vormt een aanwijzing dat de aanwezigheid van vast specimen in de toiletpot niet leidt tot een hogere contaminatie van de toiletzitting.

Als de concentratie micro-organismen op het oppervlak van de toiletzitting na spoelingen met drinkwater (tabel 5.12) vergeleken wordt met de concentratie micro-organismen op het oppervlak na spoeling met grijswater (tabel 5.13) dan is te zien dat de gevonden concentraties op het oppervlak in dezelfde orde van grootte liggen. Dit vormt een aanwijzing dat het spoelwater geen invloed heeft op de contaminatie van het oppervlak, immers, als het spoelwater wel invloed zou hebben, dan zou de besmetting van het oppervlak bij toiletspoelingen met grijswater hoger moeten zijn dan bij toiletspoelingen met drinkwater.

Op basis van de gegevens over de concentratie in het water (tabel 3.*) en sporen op de toiletzitting (tabel 5.13) is de fractie micro-organismen bepaald die vanuit het spoelwater op de voorkant van de toiletzitting zijn aangetroffen. Deze fracties zijn in tabel 5.14 weergegeven.

Tabel 5.14 Fractie micro-organismen die bij een toiletspoeling uit het grijswater op de toiletzitting zijn gekomen ($C_{oppervlak}/C_{water}$).

Spoeling	***MS2 fagen***		***E. coli***		***C. perfringens***		***Legionella***	
	Diep	Vlak	Diep	Vlak	Diep	Vlak	Diep	Vlak
Geen feces	na	$2{,}3\times10^{-12}$	na	na	na	na	na	na
Geen feces	na	$1{,}9\times10^{-11}$	$3{,}2\times10^{-12}$	$1{,}2\times10^{-11}$	$4{,}1\times10^{11}$	$4{,}9\times10^{-11}$	$1{,}2\times10^{-12}$	$1{,}3\times10^{-12}$
Specimen	na	$4{,}1\times10^{-9}$	na	$2{,}0\times10^{-12}$	na	na	na	na
Specimen	$1{,}5\times10^{-12}$	$1{,}5\times10^{-8}$	na	$1{,}1\times10^{-11}$	na	$2{,}7\times10^{-11}$	na	$2{,}7\times10^{-12}$
Vloeibare feces	$3{,}3\times10^{-12}$	$3{,}4\times10^{-12}$	na	$3{,}0\times10^{-12}$	na	$9{,}7\times10^{-11}$	na	$6{,}8\times10^{-12}$
Vloeibare feces	$6{,}4\times10^{-12}$	$1{,}7\times10^{-8}$	$5{,}9\times10^{-13}$	$4{,}5\times10^{-12}$	$3{,}8\times10^{-12}$	$1{,}1\times10^{-11}$	$1{,}2\times10^{-12}$	$2{,}7\times10^{-12}$

[a] na = niet aangetoond

Omdat de toegepaste concentraties MS2 fagen en *E. coli* bacteriën in het grijswater bij de diepspoeler te laag waren, om concentraties die boven de detectiegrens liggen te meten op de toiletzitting, kan geen vergelijking gemaakt worden tussen de contaminatie van de oppervlakken van de vlakspoeler en de diepspoeler.

5.4.2 Micro-organismen op toiletzitting in veldsituatie

Bij vier huishoudens is de concentratie fecale micro-organismen op de voorkant van de toiletzitting bij twee fecale toiletgangen bepaald. F-spec. Bacteriofagen, E. coli, sporen van sulfietreducerende clostridia en enterococcen zijn in respectievelijk 3,1,1 en 2 van de totaal 10 onderzochte monsters gevonden. In tabel 5.15 zijn deze resultaten weergegeven.

Tabel 5.15 concentratie fecale micro-organismen per cm^2 gemeten op de voorkant van de toiletzitting bij huishoudens (twee metingen bij fecale toiletgang).

huishouden	*Bacteriofagen n/cm^2*			*E.coli n/cm^2*		*Enterococcen n/cm^2*		*SSRC n/cm^2*	*Type toilet*
1	na[a]	na	na	na	na	na	na	na	Diepspoeler
2	$2,6x10^{-4}$	$2,4 x10^{-4}$	na	na	na	na	na	na	Vlakspoeler
3	na	na	na	na	na	na	na	$0,32x10^{-5}$	Vlakspoeler
4	na	$0,16x10^{-5}$	na	$0,16x10^{-5}$	$1,4 x10^{-4}$	$0,32x10^{-5}$	na	na	Vlakspoeler

[a] na= niet aangetoond

Voor de diepspoeler zijn de concentraties die tijdens de veldmetingen gevonden zijn vergelijkbaar met de concentraties die bij de laboratoriumexperimenten waarbij met grijswater doorgespoeld werd. Het lijkt erop dat het spoelwater geen rol speelt bij de besmetting van het oppervlak van de toiletzitting met micro-organismen. Als micro-organismen in het spoelwater wel een rol zouden spelen bij de besmetting van het oppervlak van de toiletzitting, dan zou bij de veldmetingen waarbij geen micro-organismen in het spoelwater zitten de concentratie micro-organismen op het oppervlak van de toiletzitting lager moeten zijn dan bij de laboratoriumproeven waarbij hoog besmet grijswater is gebruikt.
Voor de vlakspoeler zijn de concentraties die tijdens de veldmetingen gevonden zijn duidelijk lager dan de concentraties die gevonden zijn bij de laboratoriumexperimenten waarbij met grijswater doorgespoeld werd.

5.4.3 Vergelijking laboratoriumtesten en veldmetingen; oppervlak toiletzitting

Als de concentratie micro-organismen op het oppervlak van de toiletzitting na toiletspoeling van vloeibare feces met drinkwater (tabel 5.12) vergeleken wordt met de concentratie micro-organismen op de toiletzitting bij huishoudens, dan is te zien dat deze concentraties in orde van grootte overeenkomen. Dit is een aanwijzing dat de micro-organismen uit de weg te spoelen fecaliën afkomstig zijn en niet uit het spoelwater.

De contaminatie van de toiletzitting lijkt afkomstig te zijn van de weg te spoelen fecaliën en niet van het spoelwater.

Als de concentratie op het oppervlak van de toiletzitting bij toiletspoelingen met drinkwater (tabel 5.12) en grijswater (tabel 5.13) in het laboratorium vergeleken wordt met de concentratie op het oppervlak van de toiletzitting bij drinkwater in het veld (tabel 5.15), dan is ook hier geen verschil in de orde van grootte van de contaminatie.

Dit is een aanwijzing dat grijswater geen substantiële extra contaminatie van de toiletzitting veroorzaakt in vergelijking met drinkwater bij de huishoudens.

6 Conclusie

In dit hoofdstuk wordt terug gekomen op de in hoofdstuk twee gestarte risicoanalyse. Met de resultaten die in hoofdstuk vier en vijf beschreven zijn kunnen de ontbrekende delen van de analysefase verder ingevuld worden.Dit zijn de gebruiksfrequenties en duur van de toiletbezoeken en de concentraties waarin de pathogenen in de lucht van de toiletruimte aanwezig zijn. Deze worden hieronder beschreven. Daarna wordt een inschatting gemaakt van het risico van toiletspoelingen met grijswater ten opzichte van toiletspoelingen met drinkwater, waarna een beschrijving van dit risico volgt.
Tot slot wordt een door middel van een algemene conclusie, een antwoord gegeven op de centrale onderzoeksvraag: wat zijn de gevolgen voor het gezondheidsrisico van blootstelling aan aërosolen bij toiletspoelingen met grijswater in plaats van drinkwater.

6.1 Gebruiksfrequenties en duur toiletbezoeken

Allereerst dient opgemerkt te worden dat de beschreven gebruiksfrequenties en tijdsduur van de toiletbezoeken gemiddelden zijn. Deze gemiddelden zijn in onderstaande tabel beschreven voor verschillende leeftijdscategorieën.
Door de gebruiksfrequentie met de gemiddelde tijdsduur te vermenigvuldigen, ontstaat de totale hoeveelheid tijd in minuten die mensen van de verschillende leeftijdscategorieën in de toiletruimte per dag doorbrengen. De tijd is in de laatste kolom van tabel 6.1 weergegeven. Deze variabele is nodig om de risicoanalyse uit te kunnen voeren.

Tabel 6.1 Gebruiksfrequentie en gemiddelde tijdsduur van toiletbezoeken van mensen van verschillende leeftijden.

Leeftijdscategorieën	Gebruiksfrequentie (keer per dag)	Gemiddelde tijdsduur (in minuten)	Totale gemiddelde tijd in toiletruimte per dag
2 tot 6 jaar	3,7	1,38	5,11
6 tot 55 jaar		1,40	5,18
55 jaar en ouder	7,2	3,18	22,9

Hieruit blijkt dat mensen van 55 jaar en ouder gemiddeld de meeste tijd in de toiletruimte doorbrengen. Om de risicoanalyse zo veilig mogelijk te maken, wordt de tijd die 55 plussers gemiddeld in de toiletruimte doorbrengen, 22,9 minuten als uitgangspunt genomen.

6.2 Concentraties pathogenen in de lucht en op de toiletzitting

In hoofdstuk vijf zijn sterke aanwijzingen gevonden dat de toegevoegde microbiologische contaminatie van de lucht en het oppervlak van de toiletzitting door het gebruikte spoelwater verwaarloosbaar is ten opzichte van de contaminatie van de lucht door het standwater. Het blijkt dat in een situatie waar geen grijswater gebruikt wordt, de contaminatie van de lucht en het oppervlak van de toiletzitting met micro-organismen door het standwater vele malen hoger is dan de contaminatie van de lucht en het oppervlak van de toiletzitting door micro-organismen uit het spoelwater. Dit is de reden dat bij deze risicoanalyse de concentraties micro-organismen in de lucht en op de toiletzitting, die uit het standwater komen, zijn gebruikt. In tabel 6.2 zijn de concentraties micro-organismen in de lucht en op de toiletzitting in de praktijk weergegeven. De concentraties zijn respectievelijk weergegeven in aantallen per liter lucht en aantallen per m^2 en zijn gebaseerd op de resultaten in tabel 5.9 en 5.15.

Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen de twee verschillende soorten toiletten, omdat er geen aanwijzingen zijn dat het type toilet van invloed is op de verneveling van micro-organismen. Daarnaast zijn er te weinig resultaten om eventuele verschillen tussen de beide typen toiletten te kunnen kwantificeren.

Tabel 6.2 Concentraties micro-organismen in de lucht en op de toiletzitting door het standwater.

Micro-organismen	Lucht (aantal per liter lucht)	Toiletzitting (aantal per m^2)
MS2	$2{,}0 \times 10^{-2}$	$1{,}72 \times 10^{-4}$
E.coli	$1{,}8 \times 10^{-1}$	$1{,}6 \times 10^{-5}$
C. perfringens	$3{,}9 \times 10^{-3}$	$3{,}2 \times 10^{-5}$
Legionella	Niet aangetoond	Niet aangetoond

Voor de volledigheid worden hier ook de concentraties micro-organismen die in de lucht en op de toiletzitting aangetroffen zijn na toiletspoelingen met grijswater weergegeven. In hoofdstuk vijf is reeds aangetoond dat deze concentraties veroorzaakt zijn door de contaminatie van het spoelwater en niet door een eventuele contaminatie van het standwater. In tabel 6.3 zijn deze concentraties weergegeven en gecorrigeerd voor het zwaar vervuilde grijswater dat gebruikt is als spoelwater. (Deze concentraties zijn gebaseerd op tabel 5.5.)

Tabel 6.3 Concentraties micro-organismen in de lucht en op de toiletzitting door het spoelwater.

Micro-organismen	Lucht (aantal per liter lucht)	Toiletzitting (aantal per m^2)
MS2	$2{,}0 \times 10^{-7}$	$1{,}1 \times 10^{-5}$
E. coli	$3{,}0 \times 10^{-6}$	$5{,}5 \times 10^{-6}$
C. perfringens	Niet aangetoond tijdens experimenten	$2{,}0 \times 10^{-7}$
Legionella	Niet aangetoond in grijswater	Niet aangetoond in grijswater

6.3 Risico van blootstelling (inschatting en beschrijving)

In hoofdstuk twee is reeds aangegeven waarom welke formules gebruikt worden om de risicoanalyse uit te voeren.
Allereerst dient de blootstelling gekwantificeerd te worden. Dat wordt gedaan met behulp van de volgende formule:

Blootstelling (B) = N * t * C

Waarbij geldt:
N = Ademvolume per minuut = 50 liter
t = tijd in toiletruimte per dag in minuten
C = concentratie micro-organismen in de lucht/ op het oppervlak van de toiletzitting (in aantal per liter lucht/ aantal per m^2).

Zoals eerder al aangegeven is, wordt het infectierisico (I) per pathogeen en per situatie gelijk geacht. Deze vormt een constante in de formule voor de berekening van het kwantitatieve risico.
Het kwantitatieve risico staat in de laatste kolom van tabel 6.4 vermeld.

Tabel 6.4 Blootstelling aan micro-organismen in de lucht per situatie en kwantitatief risico van de betreffende blootstelling.

Situatie	Blootstelling (= N * t * C)	Kwantitatief risico (= I * B)
Spoeling met drinkwater	$50 * 22{,}9 * C_{MS2} = 1145 * 2{,}0 \times 10^{-2}$	= 22,9 * I
	$50 * 22{,}9 * C_{E.coli} = 1145 * 1{,}8 \times 10^{-1}$	= 206,1 * I

(Lucht)	$50 * 22,9 * C_{C.\ perfringens} = 1145 * 3,9x10^{-3}$	$= 4,5 * I$
	$50 * 22,9 * C_{Legionella} = 1145 * ?$	$= ? * I$
Spoeling met grijswater (Lucht)	$50 * 22,9 * C_{MS2} = 1145 * 2,0x10^{-7}$	$= 2,29x10^{-4} * I$
	$50 * 22,9 * C_{E.coli} = 1145 * 3,0x10^{-6}$	$= 3,44x10^{-3} * I$
	$50 * 22,9 * C_{C.\ perfringens} = 1145 * ?$	$= ?$
	$50 * 22,9 * C_{Legionella} = 1145 * ?$	$= ?$

Voor de bepaling van het relatieve risico van toiletspoelingen met grijswater ten opzichte van toiletspoelingen met drinkwater wordt de aanname gedaan dat de dose-response relatie lineair is en dat het infectierisico voor alle pathogenen gelijk is. Door die aanname kan gebruik gemaakt worden van de volgende formule:

$$\text{Risico grijswater} = \frac{\text{Kwantitatief risico grijswater}}{\text{Kwantitatief risico drinkwater}}$$

Als deze formule toegepast wordt op de kwantitatieve risico's die in tabel 6.4 weergegeven zijn, dan ontstaat de volgende formule:

$$\text{Risico grijswater} = \frac{I * (2,29x10^{-4} + 3,44x10^{-3})}{I * (22,9 + 206,1 + 4,5)} = \frac{3,669x10^{-3}}{233,5} = 1,6x10^{-5}$$

Hieruit volgt dat het relatieve toegevoegde risico van toiletspoelingen met grijswater ten opzichte van toiletspoelingen met drinkwater $1,6x10^{-5}$ is.

6.4 Centrale onderzoeksvraag

Op basis van bovenstaande verhouding tussen het risico van toiletspoelingen met grijswater ten opzichte van toiletspoelingen met drinkwater kan geconcludeerd worden dat grijswater geen noemenswaardige extra risico's voor de gezondheid veroorzaakt in vergelijking met toiletspoelingen met drinkwater.
Het grootste deel van het risico van blootstelling aan micro-organismen in de toiletruimte wordt veroorzaakt door micro-organismen in aërosolen die afkomstig zijn uit het standwater en niet uit het spoelwater.
Aangezien *Legionella* niet aangetoond is in grijswater, lijkt het risico dat *Legionella* tijdens toiletspoelingen verneveld wordt klein te zijn, ook al blijkt uit laboratoriumproeven dat *Legionella* wel in de lucht terechtkomt vanuit het spoelwater.

Vooralsnog zijn er geen redenen om aan te nemen dat grijswater een substantieel risico veroorzaakt bij toiletspoelingen in vergelijking met drinkwater.

7 Discussie en Aanbevelingen

7.1 Discussie

Voor de overzichtelijkheid van deze discussie worden de verschillende punten besproken per onderdeel van het onderzoek. Daarbij wordt de indeling van dit rapport aangehouden. Allereerst worden een aantal punten van de risicoanalyse besproken. Vervolgens komt het deel van het onderzoek dat zich richt op de gebruikspatronen van het toilet door huishoudens aan bod. Tot slot wordt het microbiologische deel van het onderzoek besproken.
De volgorde waarin de verschillende discussiepunten hier gepresenteerd worden, zegt dus niets over de belangrijkheid hiervan.

Het eerste discussiepunt van de risicoanalyse is de aanname dat het infectierisico voor de verschillende pathogenen lineair is en voor alle pathogenen gelijk. Het is niet waarschijnlijk dat het infectierisico voor alle pathogenen gelijk is en dat de dosiseffect relatie lineair is, maar wegens gebrek aan literatuur hierover is deze keuze gemaakt zodat een risicoanalyse uitgevoerd kon worden.
Een tweede discussiepunt van de risicoanalyse is het ontbreken van een duidelijke beschrijving van de gevolgen van blootstelling via lucht aan een bepaalde pathogeen. Hier is namelijk geen literatuur over beschikbaar. Wel is veel literatuur beschikbaar over de gevolgen van blootstelling aan pathogenen via het maag-darm kanaal. Blootstelling aan pathogenen via de luchtwegen is echter geheel andere blootstelling waarover geen epidemiologische gegevens beschikbaar zijn.

Wat betreft de gebruikspatronen van het toilet moet als eerste opgemerkt worden dat de problemen die ervaren zijn bij het vinden van respondenten ervoor gezorgd hebben dat de samenstelling van de steekproef niet representatief is voor de Nederlandse huishoudens. Met name ouderen met gezondheidsproblemen leken geen deel te willen nemen aan het onderzoek. Hierdoor bestaat de steekproef, naast jonge gezinnen, uit relatief gezonde ouderen, terwijl er in Nederland ook veel ouderen zijn die niet meer helemaal gezond zijn.
Een tweede punt van discussie over de gebruikspatronen is het feit dat de gegevens in de dagboekjes niet helemaal betrouwbaar zijn. Het is niet uit te sluiten dat men niet alle toiletbezoeken even nauwkeurig genoteerd heeft. Dit blijkt ook uit het feit dat niet alle door de datalogger geregistreerde toiletbezoeken in de dagboekjes geregistreerd zijn.
Daarnaast bleek tijdens het verwerken van de data van de datalogger dat deze niet in alle gevallen even betrouwbaar waren. De datalogger bleek toiletspoelingen niet altijd geregistreerd te hebben. Door de periode van vier weken waarin het gebruik van de toiletten door huishoudens geregistreerd is, is toch een betrouwbaar beeld van de gebruikspatronen van de huishoudens verkregen.

Een belangrijk punt van discussie over het microbiologische deel van het onderzoek is de hoeveelheid resultaten van het microbiologische deel van het onderzoek. De conclusies die in dit rapport getrokken worden, zijn gebaseerd op de weinige gegevens die beschikbaar zijn gekomen. Enkele beweringen zijn slechts gebaseerd op twee metingen. Dit neemt niet weg dat de resultaten, hoe weinig ook, wel overeen kwamen met resultaten van soortgelijk onderzoek van Medema et al. (1999). Dit ondersteunt dat de in dit rapport gedane beweringen.
Een ander discussiepunt is de ongelijke besmetting van het gebruikte grijswater in de verschillende situaties. Hierdoor was het niet mogelijk de contaminatie van de lucht bij de verschillende typen toiletten te vergelijken.
Tot slot moet het ontbreken van laboratoriumtesten voor toiletspoelingen met drinkwater zonder en met specimen genoemd worden. In het laboratorium zijn alleen toiletspoelingen van vloeibare feces met drinkwater uitgevoerd, waardoor de toiletspoelingen zonder en met specimen met grijswater niet vergeleken konden worden. Als dat wel het geval geweest zou zijn, dan zou er een extra aanwijzing verkregen kunnen zijn dat de weg te spoelen substantie geen invloed heeft op de contaminatie van de lucht. Deze conclusie is nu enkel gebaseerd op de toiletspoelingen met grijswater.

7.2 Aanbevelingen

Uit dit onderzoek blijkt niet dat het gebruik van grijswater voor toiletspoelingen een significante extra blootstelling een pathogene micro-organismen veroorzaakt in vergelijking met toiletspoelingen met drinkwater. Doordat deze conclusie op een beperkt aantal metingen gebaseerd is, verdient het aanbeveling om meer onderzoek te doen naar de verneveling van micro-organismen door toiletspoelingen. In de eerste plaats dient dan gekeken te worden naar de invloed van het type toilet op de verneveling van micro-organismen. Daarnaast zou onderzocht moeten worden of met meer metingen de in dit onderzoek getrokken conclusies bevestigd worden.

Ook verdient het aanbeveling om het kunstmatig aangemaakte grijswater meer te besmetten met micro-organismen dan in dit onderzoek is gedaan. Het kwam vaak voor dat de micro-organismen in de lucht onder de detectiegrens bleven. In die gevallen kon de fractie micro-organismen die vanuit het spoelwater in de lucht terechtkomt niet berekend worden. Door hoger besmet grijswater te gebruiken, kan op die manier meer betrouwbaar inzicht verkregen worden in de fractie micro-organismen die vanuit het spoelwater verneveld wordt.

Bronvermelding

Albrechtsen, H.J., (2002) Microbiological investigations of rainwater and graywater collected for toilet flushing. In:Water Science and technology. Vol 46, nr6-7, p. 311-316.

Barker, J., S.F. Bloomfield (2000) Survival of *Salmonella* in bathrooms and toilets in domestic homes following samonellosis. In: Journal of applied microbiology. 89, p. 137-144.

Becht, G.Ph.M., G.J.A. Ridderbos (1996) Levensmiddelenhygiëne. De Tijdstroom, Utrecht.

Bloomfield, S. (2001) Gastrointestinal Disease in the Domestic Setting: What are the Issues? In: Journal of infection. 43, p. 23-29.

Buchanan, R.L., J.L. Smith, W. Long. (2000) Microbial risk assessment: dose-response relations and risk characterization. In: International Journal of Food Microbiology. 58, p.159-172.

Christova-Boal, D., R.E. Eden, S. McFarlane. (1996) An investigation into grey water reuse for urban residential properties. In: Desalination. 106, p. 391-397.

Eriksson, E., K. Auffarth, M. Henze, A. Ledin, (2002) Characteristics of grey wastewater. In: Urban Water. 4, p.85-104.

Fox, S.I. (1996) Human Fysiology, 5th edition, 704p. Wm. C. Brown Publishers, Boston.

Gerba, C.P., C. Wallis, J.L. Melnick (1975) Microbiological Hazards of Household Toilets: Droplet Production and the Fate of Residual Organisms. In: Applied Microbiology, vol. 30, no2, p 229-237.

Haug, T., P. Søstrand, S. Langård, (2002) Exposure to Culturable Microorganisms in Paper Mills and Presence of Symptoms Associated With Infections. In: American Journal of Industrial Medicine. 41, p. 498-505.

Hijnen, W.A.M., J.P. Groot-Marcus. (2001) Kwaliteit van douche- en wasmachinespoelwater bestemd voor hergebruik bij toiletspoeling, overwegingen met betrekking tot systeemontwikkeling. Kiwa N.V., Nieuwegein

Hijnen, W.A.M., J.S. Vrouwenvelder, S.A. Manolarakis, (2003) Microbiologische aspecten van de levering van huishoudwater. Kiwa N.V., Nieuwegein

International Life Sciences institute, Risk science institute. (2000) Revised Framework for Microbial Risk Assessment, ILSI Press, Washington D.C.

Jones, M.V., (1998) Application of HACCP to identify hygiene risks in the home. In: International Biodeterioration & Biodegradation. 41, p. 191-199.

Lammerding, A.M., A. Fazil, (2000) Hazard identification and exposure assessment for microbial food safety risk assessment. In: International Journal of Food microbiology. 58, p. 147-157.

Medema, G.J., A. Brouwer, M. de Graaf. (1999) Microbiologische veiligheid van huishoudwater voor toepassing van toilet, wassen kleding en buitenkraan. Kiwa N.V., Nieuwegein

Nolde, E. (1999) Grey water reuse systems for toilet flushing in multi-storey buildings- over ten years experience in Berlin. In: Urban Water. 1, p. 275-284.

Ottoson, J., T.A. Stenström (2003) Faecal contamination of grey water and associated microbial risks. In: Water Research 37, p. 645-655.

Prescott, L.M., J.P. Harley, D.A. Klein. (2002) Microbiology, 5th edition, McGraw-Hill, New York.

Putten, M.C. van, B. Speerstra, H. Schoppink, J.P. Groot-Marcus. (2002) Acceptatie van regen- en grijswatersystemen door huishoudens. EET project Duurzame waterhuishouding, rapport 1A-4, Wageningen Universiteit, Wageningen

Solomon, J.M., R.R. Isberg. (2000) Growth of *Legionella* pneumophila in Dictyostelium discoideum: a novel system for genetic analysis of host-pathogen interactions. In: Trends in microbiology. Vol 8, nr. 10, p.478-480.

Vegelin, A.L., P. Bissumbhar, J.C.A. Joore, J.W.J. Lammers, I.M. Hoepelman. (1999) Guidelines for severe community-aquired pneumonia in the western world. In: The Netherlands journal of Medicine. 55, p. 110-117.

Versteegh, J.F.M., E.G. Evers, A.H. Havelaar. (1997) Gezondheidsrisico's en normstelling voor huishoudwater.Rapportnummer 289202019, RIVM, Bilthoven.

Wolters, G.W., J.P. Groot-Marcus, P.M.J. Terpstra (2002) Watergebruik in huishoudens, een empirisch onderzoek. EET project Duurzame Waterhuishouding, tussenrapport A1, Wageningen Universiteit, Wageningen.

Http://www.cbs.nl/nl/cijfers/bevolkingsteller/popclocknl.asp (18 juni 2003)

BIJLAGEN

Bijlage I · Dagboekje dat door respondenten bij ieder toiletgebruik ingevuld moest worden

Dag/ Datum	Wie	Tijdstip toilet in	Tijdstip toilet uit	Grote of kleine boodschap	Bijzonderheden (bijv. diarree of veel visite door verjaardag)	Gebruik toilet voor andere doeleinden: (bijv., weggooien sopje of etensresten bijv. soep)

Bijlage II Brief met korte toelichting voor de respondenten

Beste Familie....,

Vandaag ontvangt u de materialen voor het tweede gedeelte van het onderzoek naar het toiletgebruik in uw huishouden. Deze keer zullen microbiologische monsters worden genomen van water in, lucht en bril bij uw toilet. U ontvangt hiervoor een uitgebreide instructie.

Daarnaast vragen we u opnieuw om op te schrijven wie op welk moment naar het toilet geweest is. Hiervoor hebben we een lijst in het toilet(ten) opgehangen.

In de komende twee dagen worden de monsters verzameld. Aan het einde van de tweede dag (zondag) komen we de gegevens weer ophalen.

Voor een goede en veilige gang van zaken is het van belang dat u en uw huisgenoten nauwkeurig de instructies opvolgen. Mocht er een probleem optreden met de meetapparatuur dan kunt u bellen opnemen met ondergetekenden op nummer *** en 's avonds of in het weekend ***.

De uitkomsten van dit onderzoek worden geheel anoniem verwerkt.
Officieel moet nog vermeld worden dat de Wageningen Universiteit niet aansprakelijk is voor eventuele schade die u door het onderzoek zou kunnen lijden, behoudens opzet of grove schuld van de WU.

Met vriendelijke groeten,

Consumententechnologie en Productgebruik

Bijlage III Vragenlijst na afloop van de meting van gebruikspatronen van het toilet

Nummer van het huishouden? V001
Datum:
Gesproken met: 1 Man V002
2 Vrouw
3 Man en vrouw

1. Woonplaats: V003

1 Wageningen

2 Bennekom

3 Anders,.....

Ik wil graag beginnen met een paar vragen over uw gezin

2. Uit hoeveel personen bestaat uw huishouden? V004

... personen

3. Wat is de leeftijd en evt. naam van u en uw partner en uw kinderen?

Man: naam:..... Leeftijd: ... jaar V005

Vrouw: naam: ..... Leeftijd: ... jaar V006

Kind 1: naam: .....

Leeftijd: ... jaar V007

Geslacht: 1 man V008

2 vrouw

Kind 2: naam: .....

Leeftijd: ... jaar V009

Geslacht: 1 man V010

2 vrouw

Kind 3: naam: .....

Leeftijd: ... jaar V011

Geslacht: 1 man V012

2 vrouw

Kind 4: naam: .....

Leeftijd: ... jaar V013

Geslacht: 1 man V014

2 vrouw

Omdat er vaak water gebruikt wordt wanneer mensen thuis zijn, willen we graag weten hoeveel tijd de leden van het huishouden gemiddeld **niet** thuis zijn per week (een week heeft 168 uur). Dit kan zijn op school, op het werk, vrijwilligerswerk, hobbies, etc.

4.	Man:	... uur per week	V015
	Vrouw:	... uur per week	V016
	Kind 1:	... uur per week	V017
	Kind 2:	... uur per week	V018
	Kind 3:	... uur per week	V019
	Kind 4:	... uur per week	V020

5. Welke opleiding heeft de man gehad? V021

   1 Lager (LTS/Mavo)

   2 Middelbaar (MBO/Havo/VWO)

   3 Hoger (HBO/ Universiteit)

   4 anders, namelijk.....

6. Wat is het beroep van de man? (milieu georiënteerd?) V022

   .....

7. Wat voor soort werk had de man in de afgelopen periode? V023

   1 'Schoon' werk

   2 'Vies' werk, in de zin van dat je je vies voelt als je thuis komt

8. Welke opleiding heeft de vrouw gehad? V024

   1 Lager (LTS/Mavo)

   2 Middelbaar (MBO/Havo/VWO)

   3 Hoger (HBO/ Universiteit)

   4 anders, nl.....

9. Wat is het beroep van de vrouw? (milieu georiënteerd?) V025

   .....

10. Wat voor soort werk had de vrouw in de afgelopen periode? V026

   1 'Schoon' werk

   2 'Vies' werk, in de zin van dat je je vies voelt als je thuis komt

Dan zou ik nu graag een paar vragen stellen over uw woning

11. *In welk type woning woont u?* V027

1 Flat, andere soort hoogbouw

2 Vrijstaande eengezinswoning

3 Twee- onder een kap eengezinswoning

4 Hoek- eengezinswoning

5 Tussen- eengezinswoning

6 Anders, nl.....

12. Wat is het bouwjaar van uw woning? V028

19...

13. Is het een huurwoning of een koopwoning? V029

1 huurwoning

2 koopwoning

14. In welk jaar bent u in dit huis komen wonen? V030

19...

Dan zou ik nu graag een paar vragen stellen over het sanitair in uw huis

15. Heeft u zelf al eens iets aan het sanitair in deze woning veranderd of gaat u binnenkort iets veranderen? (nieuwe badkamer, toilet etc?) V036

0 Nee

1 Ja, heb al veranderd

2 Ja, ga veranderen

16. Wanneer heeft u iets veranderd? V037

Jaar: .....

17. Wat heeft u toen veranderd? V038

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

18. Waarom heeft u dit toen veranderd? V041

.....

.....

.....

.....

19. Wat zou u willen veranderen en op welke termijn? V039

.....

V040

.....

.....

.....

.....

.....

20. Waarom zou u dit willen veranderen? V042

.....

.....

.....

.....

.....

Bij de volgende vragen wordt uitgegaan van de ideale situatie, u hoeft dus geen rekening te houden met wat mogelijk is in uw woning.

21. Als u zelf mocht kiezen, hoeveel toiletten zou u dan willen hebben en waarom?

Aantal: ... V053

Reden: V054

.....

.....

22. Waar zou u deze toiletten dan willen plaatsen en waarom daar?

Plaats: V055

Reden: V056

.....

.....

Plaats: V057

Reden: V058

.....

.....

Plaats: V059

Reden: V060

.....

.....

Dan wil ik nu graag enkele vragen stellen over de toiletten in uw huis

23. *Hoeveel toiletten zijn er in uw woning?* V171

1 één

2 twee

3 drie

4 anders nl, ...

Toilet 1 Op de begane grond in een aparte ruimte

Aanwezig?	0 *Nee*	*1 Ja*	V172
Waterbesparend?	0 Nee		V173

1 Ja, met spoelonderbreker maar die gebruiken we niet

2 Ja, met spoelonderbreker en die gebruiken we wel

3 Ja, klein reservoir

4 Ja, we manipuleren zelf door het toilet te veranderen

Hoe dan?

5 Ja, we proberen tijdens het spoelen zelf te regelen

6 anders, nl.....

9 n.v.t.

Type toilet	1 vlakspoeler 2 diepspoeler	V174
Merk toilet/type	.....	V175
Kiwa keur?	*0 Nee* *1 Ja*	V176
Hoog of laag reservoir	*1 hoog* *2 laag* *9 n.v.t.*	V177
Merk/type reservoir	.....	V176
Wat is het spoelvolume van het reservoir? (eventueel meten): .....liter		V179
Hoe vaak wordt het toilet schoongemaakt?	.....keer per week	V180
Hoe vaak gebruikt u dit toilet voor andere dingen	.....keer per week	V181
Hoe wordt het toilet geventileerd?	0 Nee 1 Ja, raampje of andere natuurlijke afzuiging 2 Ja, mechanisch automatisch 3 Ja, mechanisch via centraal afzuigsysteem 4 Ja, mechanisch handbediend 5 Anders, nl.....	V182

<u>Toilet 2</u> Op de begane grond in de badkamer

Aanwezig?	*0 Nee* *1 Ja*	V183
Waterbesparend?	0 Nee 1 Ja, met spoelonderbreker maar die gebruiken we niet 2 Ja, met spoelonderbreker en die gebruiken we wel 3 Ja, klein reservoir 4 Ja, we manipuleren zelf door het toilet te veranderen	V184
Hoe dan?	5 Ja, we proberen tijdens het spoelen zelf te regelen 6 anders, nl..... 9 n.v.t.	

Type toilet	1 vlakspoeler 2 diepspoeler	V185
Merk toilet/type	.....	V186
Kiwa keur?	*0 Nee* *1 Ja*	V187
Hoog of laag reservoir	*1 hoog* *2 laag* *9 n.v.t.*	V188
Merk/type reservoir	.....	V189

Wat is het spoelvolume van het reservoir? (eventueel meten): .....liter V190

Hoe vaak wordt het toilet schoongemaakt? .....keer per week V191

Hoe vaak gebruikt u dit toilet voor andere dingen .....keer per week V192

Hoe wordt het toilet geventileerd? V193

0 Nee
1 Ja, raampje of andere natuurlijke afzuiging
2 Ja, mechanisch automatisch
3 Ja, mechanisch via centraal afzuigsysteem
4 Ja, mechanisch handbediend
5 Anders, nl.....

Toilet 3 Op de eerste verdieping in een aparte ruimte

Aanwezig? *0 Nee* *1 Ja* V194

Waterbesparend? V195

0 Nee
1 Ja, met spoelonderbreker maar die gebruiken we niet
2 Ja, met spoelonderbreker en die gebruiken we wel
3 Ja, klein reservoir
4 Ja, we manipuleren zelf door het toilet te veranderen

Hoe dan? 5 Ja, we proberen tijdens het spoelen zelf te regelen

6 anders, nl.....

9 n.v.t.

Type toilet *1 vlakspoeler* V196

2 diepspoeler

Merk toilet/type V197

Kiwa keur? *0 Nee* *1 Ja* V198

Hoog of laag reservoir *1 hoog* V199

2 laag

9 n.v.t.

Merk/type reservoir V200

Wat is het spoelvolume van het reservoir? (eventueel meten):.....liter V201

Hoe vaak wordt het toilet schoongemaakt? .....keer per week V202

Hoe vaak gebruikt u dit toilet voor andere dingen .....keer per week V203

Hoe wordt het toilet geventileerd? 0 Nee V204

1 Ja, raampje of andere natuurlijke afzuiging

2 Ja, mechanisch automatisch

3 Ja, mechanisch via centraal afzuigsysteem

4 Ja, mechanisch handbediend

5 Anders, nl.....

<u>Toilet 4</u> Op de eerste verdieping in de badkamer

Aanwezig? *0 Nee* *1 Ja* V205

Waterbesparend?	0 Nee	V206
	1 Ja, met spoelonderbreker maar die gebruiken we niet	
	2 Ja, met spoelonderbreker en die gebruiken we wel	
	3 Ja, klein reservoir	
	4 Ja, we manipuleren zelf door het toilet te veranderen	
Hoe dan?	5 Ja, we proberen tijdens het spoelen zelf te regelen	
	6 anders, nl.....	
	9 n.v.t.	
Type toilet	1 vlakspoeler	V207
	2 diepspoeler	
Merk toilet/type	.....	V208
Kiwa keur?	*0 Nee* *1 Ja*	V209
Hoog of laag reservoir	*1 hoog*	V210
	2 laag	
	9 n.v.t.	
Merk/type reservoir	.....	V211
Wat is het spoelvolume van het reservoir? (eventueel meten): .....liter		V212
Hoe vaak wordt het toilet schoongemaakt?	.....keer per week	V213
Hoe vaak gebruikt u dit toilet voor andere dingen	.....keer per week	V214
Hoe wordt het toilet geventileerd?	0 Nee	V215
	1 Ja, raampje of andere natuurlijke afzuiging	
	2 Ja, mechanisch automatisch	
	3 Ja, mechanisch via centraal afzuigsysteem	
	4 Ja, mechanisch handbediend	
	5 Anders, nl.....	

24. Gebruikt u middelen om het toilet 'fris' te houden? 0 Nee 1 Ja V216

Zo ja, welke?

spuitbussen (met een geurtje)	0 Nee	1 Ja	V217
WC blokjes in de pot	0 Nee	1 Ja	V218
Anders nl, ...	0 Nee	1 Ja	V219

25. Welke schoonmaakmiddelen gebruikt u voor het schoonmaken van het toilet?

Allesreiniger	0 Nee	1 Ja	V220
Bleekmiddel	0 Nee	1 Ja	V221
Schuurmiddel	0 Nee	1 Ja	V222
Antikalkmiddel	0 Nee	1 Ja	V223
Anders, namelijk.....	0 Nee	1 Ja	V224
Anders, namelijk.....	0 Nee	1 Ja	V225
Anders, namelijk.....	0 Nee	1 Ja	V226

26. Wordt het toilet na elk gebruik doorgespoeld? V227

0 Nee, omdat .....

1 Ja

27. Wordt bij de 'grote boodschap' altijd een volledige spoeling gebruikt?

0 Nee 1 Ja V228

28. Sommige mensen lezen tijdens het toiletbezoek regelmatig een boekje of tijdschrift.

Gebeurt dat bij u in huis ook? 0 Nee 1 Ja V229

Zo ja, wie? V230

.....

Of als u dat moeilijk vindt te beantwoorden, hoeveel mensen?

.....mensen V231

Afsluitende vragen

29. Zijn er in de afgelopen meetperiode nog dingen gebeurd die voor dit onderzoek van belang kunnen zijn?

Vakantie: 0 Nee V232

1 Ja, periode ... - ... t/m ... - ...

Verjaardagen, veel bezoek: 0 Nee V233

1 Ja, datum: ... - ... / ... - ... / ... - ... / ... - ...

Is iemand gedurende de meetperiode ziek geweest: 0 nee V234

1 Ja, datum: ...-.../...-...

Anders, namelijk V235

.....

.....

.....

.....

.....

Heeft u zelf nog op of aanmerkingen bij uw watergebruik? 0 Nee

1 Ja, V236

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Enkele vragen naar aanleiding van de onduidelijkheden bij lijsten op het toilet:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Zoals u weet hebben zijn wij met dit onderzoek bezig om te kijken of het mogelijk is om in huishoudens water her te gebruiken. Zodat bijvoorbeeld het afvalwater van de douche hergebruikt kan worden voor de toiletspoeling. Wat vindt u van zo'n hergebruik systeem, zou u het in uw huis willen hebben en waarom wel of niet?

0 Nee 1 Ja V237

Waarom niet/wel? V238

..... V239

.....

.....

.....

Dan zijn we nu aan het einde gekomen van de vragenlijst. Ik wil u heel hartelijk danken voor uw medewerking aan dit onderzoek. Daarom heb ik iets voor u meegenomen.

We gaan nu beginnen met het verwerken van de gegevens. Mochten er nog onduidelijkheden zijn, mag ik u dan nog een keer bellen?

Bijlage IV Handleiding voor het nemen van de microbiologische monsters door respondenten

HANDLEIDING VOOR HET NEMEN VAN MICROBIOLOGISCHE MONSTERS
Voor het project Toiletgebruik en aërosolen Wageningen Universiteit, bij respondenten thuis

Januari 2003

Geachte respondent,

In de eerste plaats willen wij u laten weten het zeer op prijs te stellen dat u bereid bent aan dit tweede gedeelte van het project "Toiletgebruik en aërosolen" mee te doen.

Wat van u wordt verwacht, is het volgende:

- Gedurende twee opeenvolgende dagen houdt u op nieuw het dagboekje bij;
- Daarnaast gaat u de eerste dag op drie momenten monsters nemen en de tweede dag drie maal;
- De monsters moeten twee keer rond het doen van een grote boodschap worden genomen en een keer bij het urineren. In het totaal dus vier keer bij een grote boodschap en twee keer bij een kleine boodschap;
- Er zullen monsters genomen gaan worden van:
  *van het standwater in de pot voordat u het toilet gaat gebruiken;
  *de lucht tijdens het doortrekken.
- U ontvangt van ons alle materiaal dat nodig is om de monsters goed te kunnen nemen en koel te kunnen bewaren. Beste opstelling voor de koelbox overdag is momenteel buiten.
- Blijf het toilet gewoon gebruiken zoals u en uw gezin dat gewend zijn.

WAT MOET U DOEN VOOR HET NEMEN VAN DE MONSTERS

A
Watermonster

- Wanneer een van u naar het toilet gaat voor een **grote boodschap** neemt u eerst de injectiespuit, de petrischaal en filters en het hulsje met het "wattenstaafje" mee naar het toilet.

- Voorafgaande aan het toiletgebruik pakt u als eerste de injectiespuit.
  Deze vult u tot 50 ml
  of met de maximale hoeveelheid standwater van het "plateau",
  of indien uw een diepspoel-toilet hebt, dieper uit de pot.
  Kom niet met uw handen aan het water.

- Zodra de spuit gevuld is, sluit u deze af met een stukje parafilm en leg deze terzijde.

Luchtmonster

- Vervolgens zijn de twee luchtzuigers/filters aan de beurt.
  U draait de zuiger verticaal (met de deksel naar boven, zie foto 1)
  U zet de grote glazen petrischaal naast het toilet op de grond en opent deze. (foto 2)
  U verwijdert de deksel, en legt deze in de petrischaal en schroeft rustig de kop van de zuiger af en legt ook deze in de petrischaal.
  Nu kan in de filter de kleine petrischaal met agarplaat op de zuiger worden gelegd. (zie foto 3)
  Het dekseltje bewaart u zo lang op z'n kop in de glazen petrischaal.
  Raak niet de bovenkant van de agar aan.
  Dan kan de kop met gaatjes weer rustig worden gesloten, zonder de deksel en in horizontale stand terug gedraaid.
  Sluit de grote petrischaal.

Op dit moment kunt u gebruikmaken van het toilet voor de grote boodschap.

- VOOR het doortrekken stelt u de twee statieven op naast het toilet (zie foto 5), een schuin achter en een opzij aan de voorkant. De filters moeten juist even boven de bril hangen (10 cm), met de aanzuig openingen richting het toilet. (zie foto 5)
  Hangt de zuiger als geheel nog goed horizontaal? Zet dan de zuigknop aan en trek het toilet door.
  De zuiger zal 5 minuten blijven zuigen.
  Draai na deze 5 minuten de zuiger weer verticaal.
  Open de grote glazen petrischaal.
  Schroef de kop weer van de zuiger af en neem de kleine petrischaal met de agarplaat eruit zonder binnenkant aan te raken en sluit deze met zijn eigen deksel.
  De zuiger wordt weer geheel afgesloten met de kop met gaatjes en de deksel.
  De statieven mogen nu weer achter het toilet worden gestald.

Controleer de codering op de petrischaal en de injectiespuit en vul de eventueel ontbrekende gegevens in.
Noteer in het dagboekje op welk moment u de monsters hebt genomen.
Breng de verschillende juist genomen monsters meteen naar de koelbox.

B
U monstert bij de tweede grote boodschap opnieuw water en lucht zoals bij A omschreven.

C
-Tenslotte gaat u monsters nemen bij een kleine boodschap.

-Dit monster moet worden genomen van een manspersoon die staande urineert.

-U start opnieuw met het nemen van een watermonster met behulp van een injectiespuit. En sluit deze weer zorgvuldig af met parafilm.

-Ook hier maakt u de zuigers klaar zoals beschreven onder A.

-Zodra het filter in de zuiger is aangebracht, zuiger gesloten en horizontaal gedraaid is, kunnen de statieven worden opgesteld zoals op de foto is weergegeven.

-U zet nu de zuigers aan.

-Vervolgens kan meneer **urineren en doortrekken**.

-Wanneer de zuigers klaar zijn met zuigen, kan het filter weer voorzichtig worden verwijderd en in de grote petrischaal worden gelegd. Deze laatste wordt weer zo snel mogelijk goed gesloten. Ook de zuigers worden weer geheel afgesloten en uit de weg gezet.

Controleer de codering en vul de ontbrekende gegevens in op injectiespuit en petrischaal. Berg het geheel zo snel mogelijk in de koelbox. Sluit ook deze weer goed af.

De tweede dag herhaalt u A, B en C precies zoals aangegeven.

Bijlage V Testprotocol laboratoriumtesten

Opstelling:

- RVS-vat van 200 liter met uitloop onderaan
- Slang naar de stortbakopstelling Rijswijk
- Stortbak Wc combinatie in afgesloten houten ruimte
- Houten ruimte wordt afgezogen na monstername
- Afzuiger capaciteit .. m³/h: 3x verversen van de ruimte in .. minuten
- In luchtafvoer: HEPA filter voor afdoden *Legionella* (Cleanair in Woerden)
- Water wordt gesloten afgevoerd via afvoerkelder naar riool (afvoer en vernietiging is ons inziens niet nodig; riool wordt via andere kanalen zwaar belast met dezelfde micro-organismen.)
- Vaste kunstfeces wordt apart afgevangen.

Werkwijze:

- RVS vat wordt gevuld met 60 liter Rijswijks drinkwater
- Stappen 1 t/m 8 (zie tabel)
- Aanvoer vat dicht
- Aanvoerleiding en stortbak legen
- Drinkwater aanvullen met bestanddelen grijswater (recept Wageningen)
- Vat mengen met deksel erop
- Micro-organismen enten
- Vat licht mengen met deksel erop
- Start vullen stortbak
- Start grijswater spoelonderzoek: stappen 8 t/m 20

Stappen	Activiteiten	*Legionella*
1	Luchtbemonstering ruimte: blanco luchtmonster 1: Sluit de 5 luchttoevoerroosters en de deur 2: Bemonster de ruimte (luchtmonster LM)	
2	Spoelbak vullen met drinkwater en spoelen (vullen systeem)	-
3	Aanbrengen vloeibare feces in toilet: door het legen van een container met feces in het standwater	-
4	Bemonster de vloeibare feces gemengd in het standwater: monster 1 feces (FE)	-
5	Spoeling/ luchtbemonstering 1: Controleer of de afzuigventilator uit staat (E) en de 5 luchttoevoerroosters dicht 2: Zet de luchtmonstername apparatuur aan 3: Sluit de deur van de testruimte 4: Voer een spoeling uit 5: Open na afloop van de monstername de vijf luchttoevoerroosters 6: Start de afzuigventilator (E) 7: Zet 5 min. Na de start de afzuigventilator uit (E) 8: Sluit de 5 luchttoevoerroosters 9: open de deur en verzamel de luchtmonsters (LM)	-
6	Swabmonster 25 cm² voorkant (SW)	-
7	Herhaling 2 t/m 6 (LM en SW)	-
8	Reiniging toiletpot: 1: 5 waterspoelingen 2: reiniging met schuursponsje en chloor 3: 5 waterspoelingen	-

9	Aanmaken grijs water in 200 vat 1: Vullen met drinkwater 2: Toevoegen bestanddelen grijswater 3: enten bacteriën 4: Mengen en monster (grijswatermonster 1 WM) 5: Afvoer naar stortbak openen	+
10	Vullen stortbak met grijswater: voorspoeling 1: Controleer of de afzuigventilator uit staat (E). 2: Sluit de deur van de testruimte. 3: Sluit de 5 luchttoevoerroosters. 4: Zet de vulleiding met behulp van de bedieningsstang in de vulstand. 5: Vul de ijkstortbak met 6,0 liter grijswater d.m.v. afsluiter (A) en met behulp van de watermeter. 6: Zet de vulleiding terug in de stand lekbak (D). 7: Voer een spoeling uit (C). 8: Open de vijf luchttoevoerroosters 9: Start de afzuigventilator (E) 10: Zet 5 min. Na de start de afzuigventilator uit (E) 11: Sluit de 5 luchttoevoerroosters	+
11	Monster uit stortbak grijswater: grijswatermonster 2 (WM)	+
12	Spoeling/ Luchtbemonstering: Stap 1 t/m 10 12: open de ruimte en verzamel de luchtmonsters en het swabmonster (LM en SW)	+
13	Herhaling 12 (luchtmonster en swabmonster LM en SW)	+
14	Aanbrengen vaste kunstfeces in toiletpot	+
15	Herhaling 12 (grijswatermonster 3 WM, luchtmonster en swabmonster LM en SW)	+
16	Aanbrengen vaste kunst feces in toiletpot	+
17	Herhaling 12 (luchtmonster en swabmonster LM en SW)	+
18	Aanbrengen vloeibare feces in toiletpot (fecesmonster FM)	+
19	Herhaling 12 (grijswatermonster 4WM. Luchtmonster en swabmonster LM en SW)	+
20	Aanbrengen vloeibare feces in toiletpot	+
21	Herhaling 12 (luchtmonster en swabmonster LM en SW)	+

Bijlage VI Variantie analyse

Tabel A Uitvoer van de variantie analyse van de tijdsduur van een toiletbezoek voor de variabelen toilet (beneden/ boven), leeftijdscategorie (2-6/6-55/55+) en boodschap (urineren/ fecale toiletgang)

Tests of Between-Subjects Effects
Dependent Variable: Duur van verblijf in de ruimte

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6776,455	11	616,041	98,059	,000
Intercept	10503,523	1	10503,523	1671,903	,000
TOILET2	538,580	1	538,580	85,729	,000
LEEFT2	1766,652	2	883,326	140,604	,000
BOODSCH1	1134,168	1	1134,168	180,532	,000
TOILET2 * LEEFT2	1230,305	2	615,152	97,917	,000
TOILET2 * BOODSCH1	61,447	1	61,447	9,781	,002
LEEFT2 * BOODSCH1	114,619	2	57,309	9,122	,000
TOILET2 * LEEFT2 * BOODSCH1	129,303	2	64,652	10,291	,000
Error	38718,272	6163	6,282		
Total	66144,000	6175			
Corrected Total	45494,726	6174			

a R Squared = ,149 (Adjusted R Squared = ,147)

Tabel B Uitvoer van de variantie analyse van tijd tussen de toiletbezoeken voor de variabelen toilet (beneden/ boven) en leeftijdscategorie (2-6/6-55/55+)

Tests of Between-Subjects Effects
Dependent Variable: Tijdsduur tot volgende in minuten

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11875240,756	5	2375048,151	50,337	,000
Intercept	84898521,961	1	84898521,961	1799,334	,000
TOILET2	1364743,534	1	1364743,534	28,924	,000
LEEFT2	5135744,843	2	2567872,422	54,423	,000
TOILET2 * LEEFT2	987089,113	2	493544,556	10,460	,000
Error	301170968,271	6383	47183,294		
Total	471858114,001	6389			
Corrected Total	313046209,027	6388			

a R Squared = ,038 (Adjusted R Squared = ,037)

Bijlage VII Overzicht gegevens laboratoriumonderzoek

Tabel A Overzicht besmettingsgraad water en koeiendrek (n/ml) 12 november 2002.

Monsters	Locatie	Moment	Fagen	SSRC	Coli	*Legionell*
Grijswater	Vat	Start	4,55E+03	1,24E+03	4,90E+04	3,80E+04
	grijs	geen	2,05E+03	1,24E+03	3,90E+04	2,37E+04
	grijs	specimen	2,80E+03	1,31E+03	7,70E+04	2,68E+04
	grijs	vloeibaar	3,80E+03	1,25E+03	8,40E+04	5,10E+04
Feces	dw	vloeibaar	<10	800	4,97E+03	
	grijs	vloeibaar	4,80E+03	3,40E+03	6,00E+04	

Tabel B Overzicht besmettingsgraad water en koeiendrek (n/ml) 19 november 2002.

Monsters	Locatie	Moment	Fagen	SSRC	Coli	*Legionell*
Grijswater	Vat	Start	5,85E+06	1,02E+03	9,90E+05	6,10E+04
	grijs	geen	5,70E+06	1,10E+03	1,22E+06	5,85E+04
	grijs	Specimen	5,95E+06	8,00E+03	1,11E+06	7,35E+04
	grijs	vloeibaar	4,55E+06	1,02E+03	6,13E+05	6,05E+04
Feces	dw	vloeibaar	25	<10	1,08E+04	
	grijs	vloeibaar	5	20	2,17E+05	

Tabel C Diepspoeler 12 november 2002.

		Lucht (n/1000 l)				Swab (n/cm²)			
water	fecaliën	Fagen	SSRC	coli	*Legionella*	Fagen	SSRC	Coli	*Legionella*
blanco	geen	<1	<1	<1	Bacillus				
dw	vloeibaar	<1	<1	<1	Bacillus	<0,05	<0,05	<0,05	<0,43
dw	vloeibaar	<1	1	<1	Bacillus	0,05	<0,05	<0,05	<0,43
grijs	geen	<1	<1	<1	Bacillus	<0,05	<0,05	<0,05	<0,43
grijs	geen	<1	<1	<1	Bacillus	<0,05	0,53	1,97	0,43
grijs	specimen	1	<1	<1	Bacillus	<0,05	<0,05	<0,05	<0,43
grijs	specimen	<1	<1	<1	1	0,05	<0,05	<0,05	<0,43
grijs	vloeibaar	<1	<1	<1	Bacillus	0,11	<0,05	<0,05	<0,43
grijs	vloeibaar	<1	<1	<1	2	0,21	0,05	0,37	0,43

Tabel D Vlakspoeler 19 november 2002.

		Lucht (n/1000 l)				Swab (n/ cm²)			
water	fecaliën	Fagen	SSRC	coli	*Legionella*	Fagen	SSRC	Coli	*Legionel*
blanco	geen	<1	<1	<1	1				
dw	vloeibaar	<1	<1	<1	1	<0,27	<0,05	<0,05	<0,43
dw	vloeibaar	<1	<1	<1	1	<0,27	<0,05	0,48	<0,43
grijs	geen	<1	<1	4	1	125	<0,05	<0,05	<0,43
grijs	geen	<1	<1	4	1	1050	0,48	117	0,85
grijs	specimen	1	<1	4	1	224	<0,05	20	<0,43
grijs	specimen	2	<1	3	1	821	0,27	107	1,71
grijs	vloeibaar	1	<1	1	3	187	0,96	29	0,43
grijs	vloeibaar	1	<1	6	1	936	0,11	44	1,71

Bijlage VIII Overzicht gegevens veldmetingen

Tabel A *Gegevens over water.*

			Water in toiletpot n/ 100 ml								N/ml	
			E.coli		**Bac. coli**		**Enterococcen**		***C. perfringens***		**fagen**	
Datum	**locatie**	**type**	voor	na	voor	na	voor	na	voor	na	voor	na
22/7	1 diep	GB										
		GB	<3,33	3,33	<3,33	3,33	<3,33	<3,33	,3,33	<3,33	<0,1	<0,1
		KB	12		12		<3,33		<3,33		<0,1	
		GB	<3,33	<3,33	<3,33	<3,33	<3,33	<3,33	<3,33	<3,33	<0,1	<0,1
15/9	2 vlak	GB	<10	<10	<10	180	<10	<10	<10	<10	0,6	1,4
		KB	<10		250		<10		<10		<0,1	
		GB	<10	<10	3600	40	<10	<10	<10	<10		
10/11	3 vlak	GB	10		10		<10		<10		<0,1	
		KB	<10		<10		<10		<10		<0,1	
		GB	<10		10		<10		nb		nb	
17/11	4 vlak	GB	<10	<10	1600	23000	<10	<10	<10	<10	0,1	<0,1
		KB										
18/11		GB	<10	<10	11000	30000	10	10	<10	<10	0,4	0,3

Datum	**locatie**	**type**	***E.coli***	**Coliformen**	***Legionella***	***C. perfringens***	**Fagen**
11/1	5 vlak	KB	>20000	>20000	ntt	380	<2
		GB1	>20000	>20000	ntt	<20	<2
		GB2	>20000	>20000	ntt	<20	<2
12/1		KB	>20000	>20000	<40	<20	<4,8
		GB1	>20000	>20000	ntt	<20	<2,5
		GB2	>20000	>20000	ntt	<20	<2
11/1	6 diep	KB	670	1300	<7	<10	<0,5
		GB1	ntt	ntt	<7	<10	
		KB	110	360	<7	<10	
12/1		KB	>1000	>1000	<7	<10	<0,5
		GB1	<10	580	<7	<10	
		GB2	<10	220	<7	<10	<0,1
18/1	7 vlak	KB	140	1400	<40	<10	<0,1
		GB1	250	2500	<40	<10	<0,1
		GB2	<10	>1E+05	<40	<10	<0,1
19/1		KB	<10	400	<40	<10	<0,1
		GB1	<10	100	<40	<10	<0,1
		GB2	<10	18000	<40	<10	<0,1
18/1	8 diep	KB	<100	<100	<40	<10	<0,1
		GB1	<100	<100	<40	<10	<0,1
		GB2	<100	<100	<40	<10	<0,1
19/1		KB	<100	<100	<40	<10	<0,1
		GB1	<100	<100	<40	<10	<0,1
		GB2	<100	<100	<40	<10	<0,1
25/1	9 vlak	KB	<100	<100	<40	<10	<0,1
		GB1	200	300	<40	<10	<0,1
		GB2	<100	<100	<40	<20	<0,2
26/1		KB	<100	<100	<40	<20	<0,2

		GB1	1100	1100	<40	<20	<0,2
		GB2	<100	<100	<40	<20	<0,2
25/1	10 vlak	KB	100	100	<40	50	<0,1
		GB1	<100	<100	<40	20	<0,1
		GB2	100	300	<40	1900	<0,1
		KB	150	200	<40	110	<0,1
		GB1	<100	<100	<40	350	<0,1
		GB2	750	2500	<40	50	<0,1

Tabel B Gegevens lucht en oppervlak.

			Lucht					Swab			
Datum	**Locatie**	**type**	***E.coli***	**Bac. coli**	**Enteroc**	**C. perf.**	**Fagen**	***E.coli***	**Enteroc**	**SSRC**	**Fa**
22/7	1 diep	GB	<1	<1	<1	<1	<1				
		GB	<1	<1	<1	<1	<1	<0,16	<0,16	<0,16	<0
		KB	<1	<1	<1	<1	<1				
		GB	<1	<1	<1	<1	<1	<0,16	<0,16	<0,16	<0
		GB	<1	<1	<1	<1	<1				
		KB	<1	<1	<1	<1	<1				
15/9	2 vlak	GB	<1	1	<1	<1	7	<0,16	<0,16	<0,16	<0
		KB	<1	<1	<1	<1	1				
		KB	<1	<1	<1	<1	<1				
		GB	<1	<1	<1	<1	<1	<0,16	<0,16	<0,16	2
10/11	3 vlak	GB	<0,5	<0,5	5	3	<0,5	<0,16	<0,16	<0,16	<0
		KB	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,16	<0,16	0,32	<0
		GB	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5				
17/11	4 vlak	GB	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,16	<0,16	<0,16	<0
								<0,16	1,44	<0,16	<0
		KB	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5				
18/11		GB	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,16	<0,16	<0,16	<0
								0,16	0,32	<0,16	<0

Datum	**Locatie**	**Type**	***E.coli***	**Bac. coli**	**Enteroc**	**C. perf.**	**Fagen**
11/1	5 vlak	KB	<0,5	<0,5	<0,4	<0,5	<0,5
		GB1	<0,5	3	<0,4	<0,5	<1
		GB2	<0,5	<0,5	<0,4	<0,5	<1
12/1		KB	<1	<1	<1	<0,5	<1
		GB1	0,5	0,5	<0,4	<0,5	<0,5
		GB2	<0,5	<0,5	<0,4	<0,5	<0,5
11/1	6 diep	KB	0,5	0,5	<0,5	<0,5	<0,5
		GB1	<0,5	<0,5	<0,4	<0,5	<1
		KB	<0,5	<0,5	<0,4	<0,5	<1
12/1		KB	<0,5	<0,5	<0,4	<0,5	<0,5
		GB1	<0,5	1	<1	<0,5	<1
		GB2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
18/1	7 vlak	KB	<0,5	<0,5	<0,4	<0,5	<1
		GB1	0,5	0,5	<0,4	<0,5	<0,5
		GB2	<0,5	14,5	<0,4	<0,5	<1
19/1		KB	<0,5	0,5	<0,4	<0,5	<0,5

		GB1	<0,5	180	<0,4	<0,5	<0,5	
		GB2	<0,5	1,5	<0,4	<0,5	<0,5	
18/1	8 diep	KB	<0,5	<0,5	<0,4	<0,5	<0,5	
		GB1	<0,5	<0,5	<0,4	<0,5	<0,5	
		GB2	<0,5	<0,5	<0,4	<0,5	<0,5	
19/1		KB	<0,5	<0,5	<0,4	<0,5	<0,5	
		GB1	<0,5	<0,5	<0,4	<0,5	<0,5	
		GB2	<0,5	<0,5	<0,4	<0,5	<0,5	
25/1	9 vlak	KB	<0,5	<0,5	<0,4	<0,5	<0,5	
		GB1	<0,5	<0,5	<0,4	<0,5	<0,5	
		GB2	<0,5	<0,5	<0,4	<0,5	<0,5	
26/1		KB	<0,5	<0,5	<1	<1	<1	
		GB1	<0,5	<0,5	<0,4	<0,5	<0,5	
		GB2	<0,5	<0,5	<0,6	<0,5	<0,5	
25/1	10 vlak	KB	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
		GB1	>500	>500	<0,4	<0,5	<0,5	
		GB2	9,5	9,5	<0,8	0,5	<0,5	
26/1		KB	<1	<1	<0,5	<0,5	<0,5	
		GB1	<1	<1	<3	<1	<1	
		GB2	1	1,5	<0,5	0,5	<0,5	

Tabel C Overzicht van de gemiddelde concentraties van het veldonderzoek.

Locatie	Gemiddelde concentratie in water (n/100 ml) (n=6) *E. coli*	*B. coli*	Enterococcen	*C. perfringens*	fagen	*Legionella*	*E. coli*	*B. coli*	Enterococcen	*C. perfringens*	fagen	*Legionella*
1[a]	3	3	<0,56	<0,56	<1,7	nb	<0,0017	<0,0017	<0,0017	<0,0017	<0,0017	nb
2[a]	<2	814	<2	<2	66,7	nb	<0,0025	0,0025	<0,0025	<0,0025	0,02	nb
3[a]	3	7	<3,33	<3,33	<5	nb	<0,0017	<0,0017	0,01	0,006	<0,0017	nb
4[a]	<5	16000	5	<5	0,2	nb	<0,0017	<0,0017	<0,0017	<0,0017	<0,0017	nb
5[b]	>2E+4	>2E+4	nb	63,3	<2	<40	0,00091	0,004	nb	<0,00083	<0,0011	<0,00074
6[b]	>35,6	692	nb	<1,7	<7	<7	0,0008	0,0018	nb	<0,0008	<0,0011	<0,0008
7[b]	65	>2E+4	nb	<1,7	<1,7	<7	0,0008	0,22	nb	<0,0008	<0,001	<0,0007
8[b]	<17	<17	nb	<1,7	<1,7	<7	<0,0008	<0,0008	nb	<0,0008	<0,0008	<0,0007
9[b]	216,7	233,3	nb	<2,5	<2,5	<7	<0,0008	<0,0008	nb	<0,0008	<0,0008	<0,0007
10[b]	183,3	516,7	nb	413	<1,7	<7	0,73	0,73	nb	0,0018	<0,0009	<0,0007