



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

## **Verkenning samenstelling luiers en incontinentiemateriaal**

Potentiële risico's bij recycling

RIVM Briefrapport 2016-0098  
J. Spijker et al.





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

## **Verkenning samenstelling luiers en incontinentiemateriaal**

Potentiële risico's bij recycling

RIVM Briefrapport 2016-0098  
J. Spijker et al.

## Colofon

© RIVM 2016

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

J. Spijker (auteur), RIVM  
J. Bakker (auteur), RIVM  
A.C.P. de Bruijn (auteur), RIVM  
C.T.A. Moermond (auteur), RIVM  
K. Notenboom (auteur), RIVM  
S.A. Rutjes (auteur), RIVM  
M. Schalk (auteur), RIVM  
M. Weda (auteur), RIVM  
J.P.A. Lijzen (auteur), RIVM

Contact:

Johannes Lijzen

M&V/DMG

Johannes.lijzen@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van, IenM-Directie  
Duurzaamheid en Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving, in  
het kader van het project 'Van Afval Naar Grondstof'

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)

## Publiekssamenvatting

### **Verkenning samenstelling luiers en incontinentiemateriaal**

#### Potentiële risico's bij recycling

Per jaar worden voor baby's en volwassenen grote hoeveelheden luiers gebruikt, naar schatting ontstaat per jaar meer dan 160 miljoen kilo luierafval. Vanwege het streven naar een circulaire economie is het gewenst de hoeveelheid restafval te verminderen en materialen her te gebruiken tot nieuwe producten. Rijkswaterstaat heeft daartoe een project opgezet waarin alle partners van de keten voor luiers, van producent, inzamelaar, verwerker tot afnemers van hergebruikt materiaal, bijeen zitten om gezamenlijk mogelijkheden voor recycling te verkennen. In dat verband heeft het RIVM de samenstelling van deze afvalstroom verkennend onderzocht met het oog op risico's die kunnen ontstaan als hergebruikt materiaal in het milieu terechtkomt. Hierbij is gefocust op de in luiers aanwezige plastics, medicijnresten en ziekteverwekkers.

De samenstelling van ongebruikte luiers is onderzocht op basis van gegevens uit de wetenschappelijke literatuur: welke stoffen zitten erin en kunnen er dus uit vrijkomen. Hoewel de informatie daarover beperkt is, is er nu geen aanleiding om negatieve effecten te verwachten van de absorberende plastic en papieren onderdelen van luiers (super absorberende polyacrylaten, SAP) voor de bodem. Wel is de SAP moeilijk afbreekbaar. Over de effecten op grondwater zijn geen gegevens bekend.

Daarnaast is op basis van de inname van medicijnen geïnventariseerd welke resten via de ontlasting en urine in het milieu kunnen komen, en dus ook via luiers. Van sommige medicijnen ontbreken gegevens over de mate waarin ze schadelijk zijn, waardoor de schade aan het milieu moeilijk kan worden geduid. Bij ziekteverwekkers is het risico ervan afhankelijk of ze de verwerkingstechniek overleven. Medicijnresten kunnen wel tijdens verwerking afgebroken worden. Het uiteindelijke risico hangt vervolgens af van de mate waarin mensen aan ziekteverwekkers of en stof blootstaan via het gerecyclede materiaal.

Aanbevolen wordt om in een pilotstudie te onderzoeken welke effecten verwerkingstechnieken bij de recycling van luiers hebben op medicijnresten en ziekteverwekkers. Het advies is om daarbij breder te kijken dan alleen de luierketen en mogelijkheden voor hergebruik te verkennen van materialen met menselijke urine en uitwerpselen. Voorbeelden hiervan zijn struviet (een fosfor mineraal uit urine) en cellulose die worden teruggewonnen in rioolwaterzuiveringsinstallaties.

**Kernwoorden:** luiers, incontinentiemateriaal, recycling, samenstelling, medicijnresten, pathogenen, effecten



## Synopsis

### **Exploration of the composition of diapers and incontinence pads; Potential risks associated with recycling**

Baby's and adults use large amounts of diapers, in the Netherlands about 160 million kilograms waste is released each year. Based on the principle of the Circular Economy there is a need to reduce the amount of waste, and reuse materials for new products. Rijkswaterstaat, part of the Ministry of Infrastructure and the Environment, started a project with all stakeholders within the diaper product chain, from producer, waste-collector, processor to secondary product buyer, to explore the possibilities for recycling. Related to this project, the RIVM made an initial assessment about the composition of the waste stream and the possible risks when secondary materials enter the environment. The focus was on components of new diapers, residues of pharmaceuticals, and pathogens.

Based on a literature study, we assessed the composition of unused diapers. Despite the limited information, there is no reason to assume that negative effects will occur when the absorbing materials (super absorbing polyacrylates, SAP) or paper parts will enter the soil. However, SAP are not easily degradable and no data are available on effects on groundwater.

Based on prescription of pharmaceuticals, an inventory was made to assess which pharmaceutical residues can enter the environment by faeces and urine. For some pharmaceuticals no data about effects was available and the environmental impact is therefore hard to assess. For pathogens the risk depends on how they can survive the recovery process. Pharmaceutical residues can be degraded during recovery. The exposure to humans from pharmaceutical residues and pathogens in the secondary product finally determines the risk of reuse of diapers.

The study recommends assessing the effects of a recovery process of recycled diaper materials during a pilot study. It is suggested to look further then only the diaper product recovery chain, but also to consider other products which can be recovered from human faeces and urine. For example struvite (a phosphor mineral from urine) and cellulose recovered from municipal waste water.

**Keywords:** diapers, incontinence pads, recycling, composition, residues of pharmaceuticals, pathogens, effects





## Inhoudsopgave

### **Samenvatting — 9**

#### **Deel 1 Synthese deelstudies — 11**

##### **1 Inleiding — 13**

- 1.1 Maatschappelijke context — 13
- 1.2 Onderzoeksvragen — 13
- 1.3 Context van de keten — 14
- 1.4 Leeswijzer — 15

##### **2 Uitwerking van de vraagstelling — 17**

- 2.1 Afbakening en werkwijze — 17
- 2.2 Ketenbenadering en kennis materiaalstromen — 18

##### **3 Resultaten en discussie — 21**

- 3.1 Samenstelling ongebruikte luiers: SAP's — 21
- 3.2 Medicijnen — 21
- 3.3 Pathogenen — 24

##### **4 Conclusies en aanbevelingen — 27**

- 4.1 Conclusies — 27
- 4.2 Aanbevelingen — 28

#### **Deel 2 Afzonderlijke deelstudies — 31**

##### **5 Deelstudie: Risico's SAP en fluff pulp — 33**

- 5.1 Materiaal — 33
  - 5.1.1 Samenstelling van ongebruikte luiers en incontinentieproducten — 33
  - 5.1.2 Fluff-pulp — 35
  - 5.1.3 SAP's — 36
  - 5.1.4 Hulpstoffen — 38
  - 5.1.5 Eisen aan grondstoffen en controle — 38
- 5.2 Wat gebeurt er tijdens verwerking — 38
  - 5.2.1 Waterzuiveringsinstallaties — 39
  - 5.2.2 Afval storten — 39
  - 5.2.3 Composteren en co-vergisting — 40
- 5.3 SAP's in de bodem — 41
- 5.4 Mogelijke risico's — 41
  - 5.4.1 Milieubelastende eigenschappen van aanwezig stoffen en residuen — 41
  - 5.4.2 Voorwaarden voor kwantitatieve risicoschatting — 43
- 5.5 Conclusies — 43

##### **6 Deelstudie: Risico's medicijnresten — 45**

- 6.1 Methoden — 45
- 6.2 Resultaten — 46
- 6.3 Milieurisico's — 54
  - 6.3.1 Werkwijze — 54
  - 6.3.2 Resultaten — 55
- 6.4 Conclusies — 58

<b>7</b>	<b>Deelstudie: Microbiologische risico's — 61</b>
7.1	Humane pathogenen in luiers en incontinentiemateriaal — 61
7.1.1	Type pathogenen — 61
7.1.2	Gastro-enteritis — 63
7.1.3	Hoeveelheden pathogenen — 64
7.2	Risico's van pathogenen in het milieu — 66
7.3	Inactivatie van pathogenen tijdens verwerking — 67
7.3.1	Inactivatie door hygiënisatie (60 minuten verhitten bij 70°C) — 67
7.3.2	Inactivatie door biovergisting — 67
7.3.3	Inactivatie door compostering — 68
7.4	Risico's van pathogenen in perspectief met andere blootstellingsroutes — 69
7.5	Conclusie — 69
<b>8</b>	<b>Referenties — 71</b>
	<b>Bijlage 1 — 77</b>
	<b>Bijlage 2 Vragenlijsten — 78</b>

## Samenvatting

In 2014 is op initiatief van Rijkswaterstaat in het kader van het uitvoeringsprogramma *VANG- Huishoudelijk afval* een ketenproject gestart. Het doel van dat project is te komen tot ketensluiting en daarmee vermindering van de milieudruk. Momenteel wordt het meeste luiers- en incontinentiemateriaal verbrand. Om verantwoord over te kunnen stappen naar circulaire materiaalstromen is het noodzakelijk om meer te weten over de huidige samenstelling van het afval en welke risico's met deze stoffen bij verwerking van belang kunnen zijn. Binnen dit kader heeft Rijkswaterstaat RIVM gevraagd kennis te leveren over de huidige samenstelling van het luieraafval en de potentiële risico's van de aanwezige componenten.

In deze notitie wordt ingegaan op de volgende onderzoeksvragen:

- Wat is de samenstelling van de ongebruikte luiers en incontinentie materiaal?
- Welke SAP's (Super Absorberende Polyacrylaat) zijn aanwezig in luiers- en incontinentiemateriaal?
- Welke andere verontreinigende stoffen zijn mogelijk aanwezig in gebruikte luiers en incontinentiemateriaal die bij verwerking/hergebruik bezwaarlijk kunnen zijn en om welke concentraties kan het gaan?
- Welke residuen van hormonen en geneesmiddelen kunnen worden verwacht en in welke concentraties?
- Welke humane pathogenen worden verwacht, en in welke hoeveelheden, in luiers en incontinentiemateriaal?
- Wat is de milieutoxiciteit en zijn de effecten en andere eigenschappen van SAP en overige aanwezige stoffen?
- Wat is de milieutoxiciteit of zijn de effecten van geneesmiddelen en hormonen in het milieu?
- Wat zijn de mogelijke effecten van humane pathogenen, rekening houdend met afdoding in het milieu?

Luiers bestaan voor het grootste deel uit SAP's (*Super Absorberende Polyacrylaat*) en fluff-pulp (o.a. papier- en plastic componenten). Daarnaast kunnen luiers een groot aantal hulpstoffen bevatten die gebruikt zijn bij de productie van de SAP's of andere grondstoffen. SAP's worden slecht afgebroken bij vergisten of composteren of wanneer zij in het milieu terechtkomen. Hoewel SAP niet direct toxisch is, is over de impact hiervan in de bodem nog weinig bekend. Fluff-pulp wordt wel goed afgebroken bij vergisten en composteren. Van de aanwezige hulpstoffen is bekend dat ze in oppervlaktewater toxisch zijn. Door de verwachte sterke binding aan organisch materiaal en kleideeltjes worden nadelige effecten op het verwerkingsproces of -indien zij in de bodem terecht komen- op het bodem- en grondwater ecosysteem, niet direct verwacht. Er is geen uitgebreide literatuurstudie gedaan naar de mogelijke risico's voor het bodem- en grondwaterecosysteem en in de geraadpleegde studies is maar een beperkt aantal organismen meegenomen.

De uitwerpselen in de luiers bevatten veel verschillende pathogenen (bacteriën, virussen en parasieten). Veel van de pathogenen worden

afgebroken bij verwerking van luiers bij hoge temperatuur (bijvoorbeeld 70 graden) of hygiënisatie. Specifieke pathogenen zoals sporen-vormende bacteriën *Clostridium* en *Bacillus* en hitte-resistente virussen kunnen voor langere tijd hoge temperaturen overleven.

De risico's van overlevende pathogenen in het verwerkingsmateriaal zijn afhankelijk van de toepassing of het product. Op voorhand is zonder kennis van de verwerkingsmethode van de luiers of van de toepassing van het verwerkingsmateriaal geen kwantitatieve risicoschatting mogelijk. Met de kennis over bestaande risico's, bijvoorbeeld lozing uit een rioolwaterzuivering, kunnen de risico's van het verwerkingsmateriaal in perspectief gezet worden.

Welke medicijnresten voorkomen in afval van luiers is afhankelijk of het luiers van kinderen betreft of incontinentiemateriaal voor volwassenen.

Bij luiers van kinderen zijn met name antibiotica relevant. Voor volwassenen zijn de te verwachten medicijnresten meer divers. Op basis van een database met vergoede geneesmiddelen zijn de meest voorkomende medicijnen geselecteerd voor deze studie. Medicatie die in instellingen, zoals ziekenhuis en verzorgingstehuizen, wordt voorgeschreven is niet meegenomen. Weinig gebruikte medicatie met een verwachte hoge toxiciteit, zoals isotopen en cytostatica, vallen daardoor buiten dit onderzoek.

Voor medicijnresten kunnen risico's niet uitgesloten worden. Voor het aquatisch ecosysteem zijn vooral hormoonpreparaten, zoals estradiol, drospirenon en estriol zeer toxisch. Voor andere hormoonpreparaten zijn door gebrek aan gegevens geen conclusies mogelijk. Daarnaast zijn amlodipine (medicatie bij hart- en vaatziekten) en amoxicilline (antibioticum) toxisch. De medicijnen metformine (behandeling diabetes mellitus) en metoprolol (beta-blokker) worden eveneens als relevant aangemerkt voor de beoordeling van de milieurisico's; voor deze twee stoffen zijn oppervlaktewaterkwaliteitsnormen beschikbaar. De gevonden toxiciteitsgegevens over medicijnen hebben met name betrekking op het aquatische ecosysteem. Het is echter niet bekend welke effecten de stoffen kunnen hebben op het bodemecosysteem (inclusief grondwater). Echter, over het algemeen kan op basis van aquatische toxiciteitsgegevens wel een indicatie van de te verwachten toxiciteit specifiek voor het bodemecosysteem worden bepaald.

Voor de medicijnen zijn zeer beperkte gegevens aangetroffen over de afbreekbaarheid. In welke mate de medicijnresten worden afgebroken tijdens verwerkingsprocessen zoals composteren of (co-)vergisten is niet bekend. Ook over andere (abiotische) processen zoals hydrolyse of fotodegradatie is geen informatie gevonden.

Om de daadwerkelijke risico's van geneesmiddelen bij hergebruik van materiaal afkomstig van luierr recycling beter in te kunnen schatten, wordt aanbevolen – naast meer informatie over milieu-aspecten (zoals toxiciteit, afbraak, risico's op uitspoeling) - per recyclingsproces een analyse te doen en ook te meten of verwachte middelen worden aangetroffen en in welke mate.

## Deel 1 Synthese deelstudies



# 1 Inleiding

## 1.1 Maatschappelijke context

Om te komen tot een circulaire economie is het van belang lineaire ketens om te buigen naar circulaire ketens. Eén van de ketens welke daarbij wordt aangepakt is de keten die leidt tot luiers en incontinentiemateriaal in het huishoudelijk restafval. Deze afvalstroom vormt in 2012 gemiddeld 4,4% van het restafval (Rijkswaterstaat, 2013). Bij een totale hoeveelheid restafval van 3657 kton in 2012 (RWS afvalmonitor) is dit 161 kton luiers. Naast luiers gaat het ook om incontinentiemateriaal. Onduidelijk is of dit hier onderdeel van uitmaakt of als aparte stroom gezien moet worden. In Brethouwer (2012) wordt gesproken over 200-250 kton luiers en 100 kton incontinentiemateriaal. Om tot verbeteringen in de keten te komen is het belangrijk meer zicht te krijgen op de materiaalstromen.

In 2014 is op initiatief van Rijkswaterstaat in het kader van het uitvoeringsprogramma *VANG - Huishoudelijk Afval* een ketenproject gestart (NVRD/RWS 2015). Het doel van dat project is te komen tot ketensluiting en daarmee vermindering van de milieudruk. Het is de bedoeling met een groot aantal ketenpartners hieraan te werken. In de eerste fase wordt ingegaan op de kansen en belemmeringen en gekeken naar de risico's van de huidige samenstelling van luiers en incontinentiemateriaal. Momenteel wordt het meeste luier- en incontinentiemateriaal verbrand. Om verantwoord over te kunnen stappen naar circulaire materiaalstromen is het noodzakelijk om meer te weten over de huidige samenstelling van het afval en wat mogelijke risico's kunnen zijn van het verwerkte materiaal.

In het kader van het ketenproject heeft Rijkswaterstaat RIVM gevraagd de huidige samenstelling van het luieraafval te onderzoeken en de potentiële risico's van de aanwezige componenten in het luieraafval in beeld te brengen.

## 1.2 Onderzoeksvragen

De onderzoeksvragen richten zich op de samenstelling van het materiaal en de risico's in brede zin. Er is niet ingegaan op de risico's van specifieke verwerkingstechnieken. In dit rapport wordt op de volgende vragen ingegaan:

- Wat is de samenstelling van de ongebruikte luiers en incontinentiemateriaal?
- Welke SAP (*Super Absorberende Polyacrylaat*, het absorberende materiaal in de luier) zijn aanwezig in luiers en incontinentiemateriaal?
- Welke andere verontreinigende stoffen zijn mogelijk aanwezig in gebruikte luiers die na verwerking nadelig kunnen zijn voor mens en milieu, en om welke concentraties kan het gaan?
- Welke residuen van hormonen en geneesmiddelen kunnen worden verwacht en in welke concentraties?
- Welke humane pathogenen worden verwacht, en in welke concentraties, in luiers en incontinentiemateriaal?

Aanvullend wordt, waar mogelijk, ingegaan op:

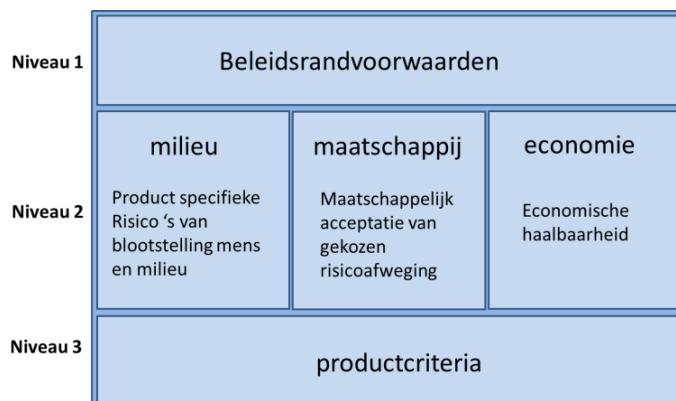
- Wat is de milieutoxiciteit? Wat zijn de effecten en andere eigenschappen van SAP en overige in luiermateriaal aanwezige stoffen?
- Wat is de milieutoxiciteit of zijn de effecten van geneesmiddelen en hormonen in het milieu?
- Wat zijn de mogelijke effecten van humane pathogenen rekening houdend met afdoding in het milieu?

De bovenstaande vragen worden in afzonderlijke studies in dit rapport geadresseerd. Daarbij is onderscheid gemaakt in vragen gerelateerd aan SAP's en andere stoffen in het ongebruikte luiermateriaal, en vervolgens over medicijnresten en pathogenen na gebruik. In hoofdstuk 2 is beschreven hoe deze vragen zijn uitgewerkt.

### 1.3 Context van de keten

In deze fase richten de onderzoeksvragen zich op de samenstelling en kennis van mogelijke effecten van hergebruik van luier- en incontinentiemateriaal. De vraag of meer hergebruik en ketensluiting mogelijk is, waarbij de gezondheid van de mens en milieu gewaarborgd kan worden, komt vaker naar voren. De vraag daarbij is of bestaande regels om dat te borgen aangepast of aangevuld kunnen worden om zowel circulariteit als veiligheid te kunnen bereiken. Om dit te kunnen nagaan is het belangrijk goed inzicht te hebben in de context van de huidige keten.

Een manier om zicht te krijgen op de context van een keten is analyse via een denkmodel dat factoren ordent die van invloed zijn op een (circulaire) keten. In Spijker en Van Der Grinten (2014) is een denkmodel (de 'sandwich') voor optimale recycling is beschreven, dat is geïnspireerd op de 'life cycle sustainability analyses' (Guinée e.a., 2010) en heeft als doel om snel te komen tot een gezamenlijk perceptie van het probleem (zie Figuur 1.1). Op niveau 1 inzameling van afval en verwerking tot grondstof economisch en maatschappelijk haalbaar zijn (niveau 2). Verder bepalen heldere beleidsrandvoorwaarden (niveau 1) het speelveld en deze leiden tot eenduidige productcriteria (niveau 3; zowel technische product eisen, specifieke risicobeoordeling als maatschappelijk acceptatie).



*Figuur 1.1 Illustratie van een denkmodel (de 'sandwich') voor optimale recycling (voor toelichting zie tekst).*



Op het sector niveau zijn er drie perspectieven mogelijk. Vanuit het milieuperspectief van de luierketen wil men dat het product veilig is voor mens en milieu; blootstelling aan schadelijke stoffen (of pathogenen) is ongewenst. Ook is het gewenst dat het product duurzaam is in termen van energie (uitstoot CO<sub>2</sub>) en grondstoffenverbruik. Vanuit het maatschappelijk perspectief speelt vooral acceptatie van het product en bij behorende risico's een rol. De consument of afnemer moet bijvoorbeeld het product niet 'eng' of 'vies' vinden. Ook vanuit economisch perspectief moet het product economisch valide zijn en kunnen concurreren met andere, gelijkwaardige producten.

De beleidsrandvoorwaarden voor een (circulaire) luierketen worden met name bepaald door Wet Milieubeheer (en andere nationale kaders) en worden mede bepaald door op Europees beleid gebaseerde regelgeving (met name de Kaderrichtlijn afval en REACH als het gaat om producten). Ook kunnen de bestaande structuren rond afval en secundaire materialen het speelveld bepalen. De beleidsrandvoorwaarden zijn vaak niet eenvoudig op de korte termijn aan te passen.

Voor ontwikkelde of te ontwikkelen producten is het gewenst heldere productcriteria te hebben, zodat innovaties zich verder kunnen ontwikkelen en niet belemmerd worden. Heldere criteria helpen de sector te vertrouwen dat het product voldoet aan milieu- en technische eisen, en het bevordert de maatschappelijke acceptatie. De onderzoeksvragen in dit rapport richten zich met name op de samenstelling, hetgeen een basis kan zijn voor productcriteria.

#### **1.4 Leeswijzer**

Deze rapportage bestaat uit twee delen. Deel 1 geeft een overzicht van de keten en gaat in op de werkwijze (hoofdstuk 2) en bevat kort de resultaten en discussie van dit onderzoek (hoofdstuk 3). In hoofdstuk 4 staan de conclusies en aanbevelingen. Deel 2 bevat de afzonderlijke deelstudies van deze verkenning. In de hoofdstukken 5, 6 en 7 wordt respectievelijk de resultaten gegeven over de in luiers verwerkte materialen (o.a. SAP's), de medicijnresten en de pathogenen.



## 2 Uitwerking van de vraagstelling

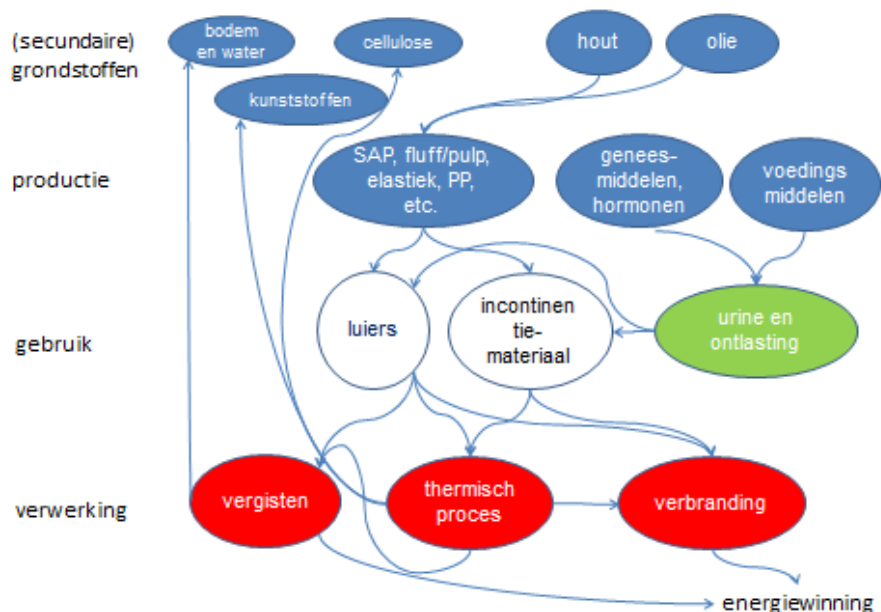
### 2.1 Afbakening en werkwijze

Deze studie betreft een eerste verkenning naar de samenstelling van (gebruikte) luiers en incontinentiemateriaal. Deze studie is gebaseerd op gegevens die bij de experts van het RIVM met een beperkte inspanning voor handen waren. Het betreft hier databases waar het RIVM over kan beschikken, snelle screening van literatuurgegevens en gegevens uit eerdere studies. Betrokken experts is gevraagd deze gegevens te inventariseren en te verbinden aan de onderzoeksvragen. Er is geen uitvoerig aanvullend onderzoek gedaan.

In een ketenanalyse van Rijkswaterstaat zijn de verschillende materiaalstromen van luiers en incontinentiemateriaal nader gespecificeerd (NVRD/RWS, 2015). Een overzicht van deze keten staat in Figuur 2.1. Deze rapportage gaat uit van die ketenanalyse en de daarin gerapporteerde gegevens met betrekking tot de samenstelling van luiers. De rapportage van RWS haalt een studie van CE Delft (2007) aan en van EDANA (2015) en maakt onderscheid in verschillende componenten die in het product toegepast worden. Het merendeel van deze componenten bestaat uit SAP's (27%) en fluff-pulp (43%, o.a. papier- en plastic componenten).

Naast de hoofdcomponenten is er sprake van het voorkomen van kleine hoeveelheden stoffen die ook in het milieu kunnen vrijkomen. Belangrijk is de mogelijk aanwezige stoffen en schadelijkheid op een rij te krijgen en om in een vervolgfase de risico's te schatten van verschillende verwerkingsmethoden. In dit verband zijn vooral de super absorbant poly-acrylates (SAP's) belangrijk. In hoofdstuk 5 wordt ingegaan op de werkwijze en resultaten over samenstelling specifiek voor dit onderdeel. Daarbij is een vragenlijst naar de betrokken stakeholders van de ketenaanpak gestuurd om aanvullende informatie over de samenstelling van luiers en incontinentiemateriaal te ontvangen (zie bijlage 2).

In de gebruiksfase worden stoffen toegevoegd waar bij hergebruik rekening gehouden moet worden. Op basis van beschikbare gegevens over medicijngebruik buiten instellingen is een lijst samengesteld van de meest gebruikte medicatie. De geneesmiddelen die zonder vergoeding kunnen worden aangeschaft bij drogist, apotheek of supermarkt (zgn OTC-middelen) zitten daar niet bij (er is geen database met die gegevens beschikbaar). Ook medicatie gebruikt binnen instellingen valt buiten de context van deze studie. Van de stoffen op de lijst met meest gebruikte geneesmiddelen is vervolgens onderzocht welke gegevens over milieu- en gezondheidsrisico's beschikbaar zijn. Het volgen van deze benadering betekent dat weinig gebruikte medicatie met een verwacht hoog risico voor mens en milieu, zoals isotopen en cytostatica, buiten de context van deze studie vallen. In hoofdstuk 6 wordt ingegaan op de werkwijze en resultaten over samenstelling specifiek voor dit onderdeel.



*Figuur 2.1 Materiaal- en productstromen luierketen onderverdeeld in grondstof en productiefase, gebruiksfase en afval/hergebruiksfase.*

Daarnaast bevatten gebruikte luiers en incontinentiemateriaal humane pathogenen afkomstig uit ontlasting. Ook hier is weer op basis van beschikbare gegevens een inventarisatie gemaakt van de meest verwachte pathogenen. In hoofdstuk 7 wordt ingegaan op de werkwijze en resultaten over samenstelling specifiek voor dit onderdeel.

Vanwege de opname van de urine en ontlasting en deze stoffen in het SAP, moet ook rekening gehouden worden met de gecombineerde eigenschappen van het mengsel. Voor inzicht in deze gecombineerde eigenschappen is aanvullende studie nodig. Dit valt buiten de huidige onderzoeksopzet.

## 2.2 Ketenbenadering en kennis materiaalstromen

Schematisch zijn de materiaalstromen van wegwerpluiers en incontinentiemateriaal zoals deze op basis van de ketenanalyse van de NVRD/RWS (2015) kon worden gemaakt in Figuur 2.1 opgenomen. Om de keten uit Figuur 2.1 meer circulair te maken is het noodzakelijk om tot transitie te komen. Heldere productcriteria kunnen stakeholders helpen op het sectorniveau te innoveren en materiaalstromen op elkaar aan laten sluiten. Deze rapportage richt zich op het traject van de materialen en stoffen die nu in de afvalfase in luiers en incontinentiemateriaal zitten en waarvoor mogelijk productcriteria kunnen helpen bij het vergroten van de circulariteit.

Door de beperkte omvang van deze studie is geen afzonderlijke uitgebreide literatuurstudie uitgevoerd. Veel informatie over stoffen, en eventuele afbraak, is gebaseerd op bestaande processen. Dit zijn processen zoals vergisting en composteren, waarvan composteren in Nederland op dit moment niet meer wordt toegepast. In deze studie is

nog geen rekening gehouden met innovatieve processen die gebruik maken van afwijkende methoden. Vervolgonderzoek kan zich op specifieke verwerkingsprocessen richten.



### 3 Resultaten en discussie

#### 3.1 Samenstelling ongebruikte luiers: SAP's

In hoofdstuk 5 wordt nader ingegaan op de samenstelling. Luiers bestaan voor het grootste deel uit SAP's en fluff-pulp. Daarnaast kunnen luiers een groot aantal stoffen bevatten die gebruikt worden tijdens de synthese van de SAP's of tijdens het vervaardigen van andere grondstoffen. Tijdens verwerking door middel van vergisting of composteren zal het fluff-pulp naar verwachting grotendeels worden afgebroken. Het SAP wordt slechts voor een klein deel afgebroken worden (ca. 5%). Van SAP en fluff-pulp zelf worden niet direct nadelige gevolgen verwacht op zowel de verwerkingsprocessen als wanneer het op de bodem terechtkomt. Eventueel aanwezige hulpstoffen die toxisch zijn (zie de genoemde stoffen in Tabel 5.5 en 5.6) worden naar verwachting óf relatief snel afgebroken óf binden aan de bodem waardoor zij minder beschikbaar zijn en zich niet verder verspreiden in het milieu. Echter, dit is slechts een eerste indicatie, er is geen volledige risicobeoordeling uitgevoerd en er is nog niet gekeken naar eventuele effecten van afspoeling naar het oppervlaktewater of effecten van uitspoeling naar het grondwater. Ook is in de geraadpleegde studies slechts een beperkt aantal organismen meegenomen.

oewel deze eerste onderzoeksresultaten rond het vrijkomen van SAP's in de bodem niet duiden op nadelige effecten, is het de vraag of het vrijkomen van SAP's in de bodem vanuit het voorzorgsprincipe acceptabel is. De bodem, en de daarbij horende ecosysteemdiensten zoals voedselproductie, is een complex systeem. Het toevoegen van SAP's aan de bodem is door de lage afbreekbaarheid van SAP's een vrijwel onomkeerbaar proces. Op basis van de gegevens uit deze studie kan echter niet worden geconcludeerd of er wel of geen nadelige effecten van SAP's op de in de bodem levende organismen zijn te verwachten. Op primaire processen als microbiële activiteit en plantengroei zijn op basis van beperkte informatie geen effecten te verwachten.

De additieven die aan fluff pulp worden toegevoegd zijn voor aquatische organismen geclassificeerd als zeer toxisch (zie voor overzicht additieven Tabel 5.5). Door sterke binding aan organisch stof en klei is de potentie tot uitspoeling waarschijnlijk laag.

De stoffen met de hoogste toxiciteit voor waterorganismen hebben ook de eigenschap dat ze snel worden afgebroken in het extraheerbare deel van de SAP of het zijn stoffen waarvan het residugehalte naar verwachting laag is. Dit is bijvoorbeeld het geval bij de cross-linking middelen (in SAP) omdat deze grotendeels wegreageren tijdens het productieproces en in kleine hoeveelheden aan het reactiemengsel worden toegevoegd (2% van massa monomeer; zie Tabel 5.6).

#### 3.2 Medicijnen

In hoofdstuk 6 is nader ingegaan op de medicijnen die in incontinentiemateriaal en luiers kan worden verwacht. Op basis van een

database met daarin het gebruik van medicijnen door de Nederlandse bevolking is inzicht verkregen welke medicijnresten kunnen voorkomen in luiers en incontinentiemateriaal. Het betreft voorgeschreven medicijnen die aan gebruikers direct worden verstrekt, meestal via die apotheken. Medicatie die in het ziekenhuis wordt toegediend of verstrekt in verpleeghuizen of andere zorginstellingen valt hier buiten. Ook geneesmiddelen die, zonder vergoeding, zijn gekocht in een drogist, apotheek of supermarkt (OTC-geneesmiddelen) zijn niet meegenomen. Verder is aangenomen dat van de specifieke medicatie die in ziekenhuizen wordt verstrekt met een hoog milieurisico, zoals radioactieve isotopen, de urine en ontlasting apart wordt ingezameld.

Er is een overzicht gemaakt van de meest gebruikte medicijnen, op basis van voorgeschreven dosis. Dit betekent dat medicijnen die relatief weinig voorgeschreven worden, maar mogelijk wel een hoog milieurisico kennen, zoals cytostatica, niet in de lijst zijn opgenomen.

Tabel 3.1 geeft een lijst met de meest gebruikte medicijnen die mogelijk milieurelevant zijn. Deze lijst is opgesteld op basis van de lijsten met de meest gebruikte medicijnen en voor de betreffende leeftijdsgroepen (Tabel 6.1 tot en met Tabel 6.5). In deze lijst zijn algemene middelen (bijvoorbeeld vaseline/vetproducten) niet opgenomen (zie Tabel 6.6). Van de medicijnen Carbasalaat calcium, Colecalciferol, Dydrogesteron, Fluticasone, Foliumzuur, Hydrochloorthiazide en Medroxyprogesteron zijn geen milieugegevens gevonden in de gebruikte datasets (zie Tabel 6.7). Voor de meeste andere middelen was de beschikbaarheid van de informatie beperkt. Tabel 3.1 bevat conclusies over de ecologische toxiciteit. Over humane of zoogdiertoxiciteit waren in de onderzochte databases geen gegevens beschikbaar.

Voor medicijnresten zijn milieurisico's dus niet uitgesloten. Met name antibiotica (amoxicilline) en hormonen kunnen in lage concentraties giftig zijn voor waterorganismen. Omdat toxiciteitsgegevens alleen beschikbaar zijn voor waterorganismen (bv alg, watervlo en vis) zijn er geen directe conclusies over het bodemecosysteem mogelijk. In de milieurisicobeoordeling bij de toelating van geneesmiddelen wordt primair van blootstelling via oppervlaktewater uitgegaan. Bij toepassing van compost of digestaat op de bodem is oppervlaktewater niet een directe blootstellingsroute. Wel kunnen medicijnresten door afspoeling van de bodem of via uitspoeling via het grondwater het oppervlaktewater bereiken. Voor organismen in het bodemsysteem geldt dat het mogelijk is om vanuit ecotoxicologische gegevens voor waterorganismen een schatting te maken van de giftigheid voor organismen die in de bodem, inclusief grondwater, voorkomen. Dit gebeurt met de zogenaamde evenwichtspartitie-methode.

In Tabel 3.1 is een duidelijk onderscheid zichtbaar tussen medicijngebruik van kinderen (0-4 jr) en volwassenen. Het is te verwachten dat dit medicijngebruik ook leidt tot verschil in aanwezige medicijnresten in baby- en kinderluiers en incontinentiemateriaal voor volwassenen.

Uit de resultaten van deze studie blijkt vooral dat voor de meeste geneesmiddelen niet genoeg gegevens beschikbaar zijn om een indicatie



van het risico voor het milieu te geven. Dit heeft onder andere te maken met het ontbreken van milieugegevens voor medicijnen die zijn toegelaten voor 2006. Verder zijn de bestaande databases met overzichtsgegevens over milieugegevens niet altijd compleet. Mogelijk zijn meer gegevens te vinden door gebruik van andere bronnen maar dit vereist een grotere onderzoeksinspanning dan bedoeld in deze studie. Ook kunnen gegevens afgeleid worden op basis van modellen maar ook dit vereist een grotere inspanning. Deze modellen zijn meestal niet specifiek geschikt voor geneesmiddelen.

*Tabel 3.1. Geneesmiddelen waarvoor milieugegevens in de geraadpleegde databases beschikbaar zijn (zie ook Tabel 6.10). Conclusies over toxiciteit zijn gericht op ecotoxiciteit, over humane of zoogdier-toxiciteit waren in de onderzochte databases geen gegevens beschikbaar Per geneesmiddel is ook aangegeven in welke leeftijdsgroep het gebruikt wordt.*

<b>Naam</b>	<b>Conclusies</b>	<b>gebruik bij kind 0-4 jr</b>	<b>Gebruik volwassen</b>
Acetylsalicylzuur	Geen/laag milieurisico vanwege afbreekbaarheid		X
Amlodipine	Toxisch		X
Amoxicillin	Gebrekkig afbreekbaar en zeer hoge toxiciteit	X	
Atorvastatine	Geen conclusie mogelijk		X
Chloramphenicol	Geen conclusie mogelijk	X	
Drospirenon <sup>1</sup>	Hormoon, zeer toxisch		X
Enalapril	Geen conclusie mogelijk		X
Estradiol	Hormoon, zeer toxisch		X
17β- Estradiol	Hormoon, zeer toxisch		X
Estriol	Hormoon, zeer toxisch		X
Fusidinezuur	Hormoon, geen conclusie mogelijk over milieurisico	X	
Hydrocortisone	Hormoon, geen conclusie mogelijk over milieurisico	X	
Lynestrenol	Hormoon, geen conclusie mogelijk over milieurisico		X
Metformine	Niet wettelijke norm oppervlaktewater 0.78 mg/L		X
Metoprolol	Niet wettelijke norm oppervlaktewater 0.062 mg/L		X
Norethisteron	Hormoon, geen conclusie mogelijk over milieurisico		X
Omeprazol	Geen/laag milieurisico vanwege afbreekbaarheid en lage toxiciteit		X
Pantoprazole	Geen conclusie mogelijk		X
Salbutamol	Lage toxiciteit, milieurisico niet uit te sluiten	X	

<sup>1</sup>Actief ingrediënt estradiol-combipreparaat

De lijsten met meest gebruikte middelen zijn opgesteld aan de hand van het aantal geleverde *Defined Daily Doses* (zie Tabel 6.1t/m Tabel 6.6). Echter, een dosis staat niet gelijk aan de verwachte concentratie in urine en feces. Dit komt omdat de opname in het lichaam en de uitscheiding uit het lichaam (na metabolisme) per middel verschilt. Dat geldt ook voor de uitscheidingsroute (urine en/of feces). Vanuit het oogpunt van milieubelasting hoeven de meest gebruikte middelen nog niet de meest relevante middelen te zijn. Weinig voorkomende middelen met een hoge ecotoxiciteit kunnen mogelijk ook relevant zijn, echter binnen de beperkte omvang van deze studie kunnen we middelen niet identificeren.

Mogelijk zijn meer gegevens te vinden door gebruik van andere bronnen, bijvoorbeeld door contact op te nemen met het Europees Medicijnagentschap of met de registratiehouders van de geneesmiddelen. Voor medicatie voorgeschreven binnen inrichtingen is het misschien mogelijk om gebruiksgegevens af te leiden uit de DBC's (*Diagnose Behandel Combinaties*) of data bij de Nederlandse Zorgautoriteit. Ook zouden modelschattingen met betrekking tot ecotoxiciteit met QSARs (Quantitative Structure-Activity Relationships) gemaakt kunnen worden maar ook dit vereist een grotere inspanning. Deze modellen zijn echter meestal niet altijd geschikt voor geneesmiddelen. Met mengseltoxiciteit is bij deze inschatting voor milieueffecten geen rekening gehouden.

Uit metingen van humane geneesmiddelen in afvalwater (STOWA 2013-06; STOWA 2009-) blijkt dat deels dezelfde geneesmiddelen en antibiotica naar voren komen, bijvoorbeeld Metformine (anti-diabeticum) Metoprolol ( $\beta$ -blocker). Een breed overzicht van de hoeveelheid geneesmiddelen in afval – en oppervlaktewater ontbreekt echter, evenals de relatie met gebruikte dosis.

### 3.3 Pathogenen

In luiers en incontinentiemateriaal kunnen hoge concentraties aan humane pathogenen voorkomen. Tabel 3.2 geeft een samenvatting van de mogelijk pathogene bacteriën, parasieten en virussen die in menselijke uitwerpselen (volwassenen en kinderen) voor kunnen komen. Tabel 3.2 is gebaseerd op de informatie uit hoofdstuk 7 en vat de specifieke gegevens over pathogenen in menselijke uitwerpselen en pathogenen in babyluiers samen.

Verwerkingsprocessen zoals hygiëniseren en composteren/digesteren, zullen bij gecontroleerde condities leiden tot inactivatie van het merendeel van de pathogenen. Een uitzondering vormen de sporenvormende bacteriën *Clostridium* en *Bacillus* welke inactivatieprocessen kunnen overleven, en hitte-resistente virussen welke ook voor langere tijd hoge temperaturen kunnen overleven. Hoe groot het infectierisico is voor deze pathogenen hangt af van de hoeveelheid pathogenen in de grondstof (de luiers en incontinentiemateriaal), de mate van inactivatie tijdens het verwerkingsproces, mogelijke blootstellingsroutes (afhankelijk van toepassing van het verwerkingsproduct) en infectieuze dosis voor het

pathogeen. Indien hierover meer bekend is kunnen met behulp van een kwantitatieve risico-inschatting de risico's bepaald worden.

Bijvoorbeeld, bij het toepassen van verwerkingsproducten van luiers als meststof op het land kan het leiden tot overdracht van pathogenen naar de mens. Voor gewassen die tijdens bereiden niet verhit worden, zoals sla en aardbeien, kan bij bemesting van deze gewassen overdracht van pathogenen plaats vinden.

Risico's van blootstelling door pathogenen uit luiers en incontinentiemateriaal kunnen worden vergeleken met de risico's die nu al voorkomen bij processen waarin humane fecale verontreiniging in het milieu worden gebracht, bijvoorbeeld door lozing van behandeld rioolwater op het oppervlaktewater. Door een vergelijking te maken met de bestaande risico's op blootstelling aan pathogenen kunnen de specifieke risico's bij de toepassing van verwerkingsmateriaal van luiers en incontinentiemateriaal in onderling perspectief geplaatst worden. Als de toepassing van het verwerkingsmateriaal een te grote toename geeft ten opzichte van de huidige risico's dan moeten er mogelijk aanvullende maatregelen genomen worden om de gezondheid te beschermen.

Tabel 3.2. Humane pathogene bacteriën, protozoa en virussen die aanwezig kunnen zijn in humane feces, deze tabel vat de tabellen 7.1 en 7.2 uit hoofdstuk 7 samen.

Bacteriën	Parasieten	Virussen
<i>Salmonella spp</i>	<i>Cryptosporidium parvum</i>	Adenovirus
Pathogene <i>Escherichia coli</i>	<i>Entamoeba histolytica</i>	Astrovirus
<i>Campylobacter jejuni/coli</i>	<i>Giardia lamblia</i>	Calicivirus (o.a. norovirus en sapovirus)
<i>Shigella spp</i>	<i>Balantidium coli</i>	Enterovirus
<i>Vibrio cholerae</i>	<i>Dientamoeba fragilis</i>	Hepatitis A-virus
<i>Yersinia enterocolitica</i>		Hepatitis E-virus
<i>Leptospira icterohaemorrhagiae</i>		Rotavirus
<i>Clostridium difficile</i>		



## 4 Conclusies en aanbevelingen

### 4.1 Conclusies

Luiers en incontinentiemateriaal bestaan voor het grootste deel uit SAP's (*Super Absorberende Polyacrylaat*) en fluff/pulp. Daarnaast kunnen luiers en incontinentiemateriaal een groot aantal hulpstoffen bevatten die gebruikt zijn bij de productie van de SAP's of andere grondstoffen. SAP's worden slecht afgebroken bij vergisten of composteren of wanneer zij in het milieu terecht komen. Hoewel SAP niet direct toxisch is, is over de impact van SAP in de bodem nog veel onzeker. Door de beperkte beschikbare informatie is het nog niet vast te stellen of er wel of geen nadelige effecten zijn te verwachten voor het ecosysteem. Fluff-pulp wordt wel goed afgebroken bij vergisten en composteren. Van de aanwezige hulpstoffen is bekend dat ze in oppervlaktewater toxisch zijn. Door de verwachte sterke binding aan organisch materiaal en kleideeltjes worden nadelige effecten op het verwerkingsproces of - indien zij in de bodem terecht komen- op het bodem- en grondwater ecosysteem niet direct verwacht. Ontlasting in luiers bevatten veel verschillende pathogenen (bacteriën, virussen en parasieten). Veel van de pathogenen worden afgebroken bij verwerking van luiers bij hoge temperatuur of andere hygiënisatie. Specifieke pathogenen, zoals sporen-vormende bacteriën *Clostridium* en *Bacillus* en hitte-resistente virussen, kunnen voor langere tijd hoge temperaturen overleven.

De risico's van overlevende pathogenen in het verwerkingsmateriaal zijn afhankelijk van de toepassing van het product. Op voorhand is zonder kennis van de verwerkingsmethode van de luiers of van de toepassing van het verwerkingsmateriaal geen kwantitatieve risicoschatting mogelijk. Met de kennis over bestaande risico's, bijvoorbeeld lozing uit een rioolwaterzuivering, kunnen in een later stadium de risico's van het verwerkingsmateriaal in perspectief gebracht worden.

Welke medicijnresten voorkomen in afval van luiers is afhankelijk of het luiers van kinderen betreft of incontinentiemateriaal voor volwassenen. Bij luiers van kinderen zijn met name antibiotica relevant. Voor volwassenen zijn de te verwachten medicijnresten meer divers. Op basis van een database met voorgeschreven gebruik zijn de meest voorkomende medicijnen geselecteerd voor deze studie. Medicatie die in een instelling, zoals een ziekenhuis, wordt voorgeschreven is niet meegenomen. Ook weinig voorkomende medicijnen, met mogelijke hoge milieutoxiciteit, zijn in de deze verkennende studie niet meegenomen.

Voor medicijnresten kunnen risico's niet uitgesloten worden. Voor het aquatisch ecosysteem zijn hormoonpreparaten, zoals estradiol, drospirenon en estriol zeer toxisch. Voor andere hormoonpreparaten zijn door gebrek aan gegevens geen conclusies mogelijk. Daarnaast zijn amlodipine (medicatie bij hart- en vaatziekten) en amoxiline (antibioticum) zeer toxisch. Voor de medicijnen metformine (behandeling diabetes mellitus) en metoprolol (beta-blokker) zijn oppervlaktewaternormen vastgesteld.

Voor de medicijnen zijn zeer beperkte gegevens aangetroffen over afbreekbaarheid. In welke mate de medicijnresten worden afgebroken tijdens verwerkingsprocessen zoals composteren of vergisten is niet bekend. Ook over andere (abiotische) processen zoals hydrolyse of fotodegradatie is geen informatie gevonden. De toxiciteitsgegevens hebben met name betrekking op het aquatische ecosysteem. Het is niet bekend welke effecten dit heeft op het bodemecosysteem. In het algemeen geven aquatische toxiciteitsgegevens wel een indicatie van de te verwachten toxiciteit voor het bodemecosysteem, inclusief grondwater.

## 4.2 Aanbevelingen

Bij verwerking van luieraafval en toepassing van materiaalstromen in producten (bijvoorbeeld gebruik van digestaat op land) zijn milieurisico's niet uit te sluiten. Tijdens een verwerkingsproces kunnen SAP's, medicijnresten en pathogenen afgebroken of afgedood worden. Echter de mate waarin, en vooral de hoeveelheden die in het verwerkte materiaal (nieuwe product) achterblijven zijn bepalend. De afbraak is naar verwachting sterk afhankelijk van het productieproces bij de verwerking. Daarmee verdient het aanbeveling per proces hiernaar te kijken en metingen te doen van verwachte stoffen.

Met name voor de medicijnresten zijn de milieueffecten onzeker. Dit is kenmerkend voor casussen waarin sprake is van hergebruik van afvalstromen met feces en urine, zoals ook bij terugwinning secundaire materialen bij RWZI's (zie bijvoorbeeld STOWA 2009-06 en Derksen et al., 2015). We bevelen daarom aan de risico's van medicijnresten in hergebruiksmateriaal in een breder kader op te pakken en onderzoek te doen naar de mogelijke milieueffecten van medicijnresten op het bodemecosysteem, waaronder grondwater, en oppervlaktewater. Ook wordt aanbevolen nader te kijken naar hoeveelheden farmaceutische producten die zonder recept verkrijgbaar zijn. Dit onderzoek speelt op de wat langere termijn. We bevelen voor de korte termijn aan om te onderzoeken of een som-concentratie als toetswaarde is op te stellen die beschermend is voor het bodem- en grondwaterecosysteem en voor het oppervlaktewater. Bijvoorbeeld zoals is gedaan met de som-norm voor grondwater van 0,1 µg/l bij bestrijdingsmiddelen. Bij deze toetswaarde hoort dan ook een bijpassende meetmethode.

De blootstellingroutes van de mens aan pathogenen zijn afhankelijk van het product en toepassing. Voor toepassing van secundair materiaal uit verwerkte luiers in meststoffen geldt dat blootstelling van de mens kan verschillen per gewas. Gewassen die bij bereiding gekookt worden (bijv. aardappels) leveren een andere blootstelling aan pathogenen op dan gewassen die alleen maar gewassen worden (bijv. sla en aardbeien). We bevelen aan om aan de hand van een pilotproject te onderzoeken welke pathogenen (na verwerking) nog in infectieuze toestand in het product aanwezig zijn en wat de mogelijke blootstellingroutes zijn naar de mens. Op basis daarvan kan de uiteindelijke blootstelling vastgesteld worden. Deze blootstelling zou dan vergeleken moeten worden met bestaande blootstelling via bijvoorbeeld dierlijke mest of via de RWZI.

De SAP's uit de luiers lijken, op basis van deze eerste resultaten, een laag risico te vormen voor het bodemecosysteem. Echter, door de beperkte opzet van dit onderzoek kunnen risico's niet uitgesloten worden. Het bodemecosysteem is van groot belang voor ecosysteemdiensten zoals onze voedselproductie en het zelfreinigende vermogen van de bodem. Aantasting van het bodemecosysteem kan grote impact hebben op deze ecosysteemdiensten. Voor producten die in contact kunnen komen met de bodem bevelen wij aan om een principiële afweging te maken over de wenselijkheid dat SAP's in de bodem terecht kunnen komen. In die afweging moeten de onzekerheden rond de effecten van de SAP's inzichtelijk zijn, mogelijk met behulp van nader onderzoek. Op basis van deze afweging kan ook bepaald worden of toetscriteria voor SAP's noodzakelijk zijn.

Deze studie kijkt vooral naar de informatie die ten grondslag ligt aan mogelijke productcriteria. Daarnaast zullen stakeholders, van producent, via inzamelaar tot verwerker, hun materiaalstromen op elkaar aan moeten sluiten. Dit proces is al in gang gezet in de *Ketenaanpak luiers*. Indien nodig blijkt kan om de luierketen te faciliteren de overheid ook bijdragen door een strategische afweging te maken of (internationale) regelingen zouden moeten worden aangepast.





## Deel 2 Afzonderlijke deelstudies



## 5 Deelstudie: Risico's SAP en fluff pulp

*Joost Bakker*

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de samenstelling van de ongebruikte luiers en incontinentiemateriaal en de aanwezigheid hierin van chemische stoffen. Verder wordt ingegaan op de verschillende verwerkingsmethoden en welke stoffen in de afvalstroom van luiers en incontinentiemateriaal bij de verwerking zelf of voor het milieu mogelijk bezwaarlijk zijn.

Het onderzoek richt zich op verwerkingstechnieken waarvoor informatie beschikbaar was en de materialen fluff-pulp en super absorberende polymeren (SAP) omdat vooral deze bestanddelen met deze technieken niet of lastig zijn te scheiden uit de reststroom van deze verwerkingsprocessen.

### 5.1 Materiaal

#### 5.1.1 *Samenstelling van ongebruikte luiers en incontinentieproducten*

Wegwerp luiers en incontinentieproducten zijn volgens een zelfde principe opgebouwd (Frank, 2012, EDANA, 2015). De binnenste laag die in contact staat met de huid moet gemakkelijk doorlaatbaar zijn voor vloeistoffen en geen vocht vasthouden. Het bestaat uit een vlies (non-woven) van polyethyleen (PE) of polypropyleen (PP). De volgende laag dient de vloeistof op te nemen en te verdelen om zo de opnamecapaciteit van de absorptiekern zo goed mogelijk te benutten en is gemaakt van waterbestendig papier. Samen met de absorberende middelen vormt dit de absorptiekern. Deze laag, die zorgt voor de opname van de vloeistoffen, bestaat uit een mengsel van fluff-pulp en korrels van een super absorberende polymeer (SAP). Fluff-pulp bestaat uit katoen-, hout- of hennepvezels. Het SAP is een polymeer van natriumacrylaat met dwarsverbindingen (cross-link) zodat een netwerk van polymeerketens wordt verkregen. Het heeft een zeer hoog vermogen om water op te nemen en vast te houden. De buitenste laag van een luier bestaat uit een ondoordringbaar materiaal soms afgewerkt met een zachte bedekking die eventueel met een decoratie kan worden bedrukt. Het meest gebruikte materiaal hiervoor is polyethyleen dat ademend is gemaakt of als vlies wordt toegepast. Andere materialen die hiervoor ook kunnen worden gebruikt zijn polypropyleen, geweven textiel of rubber. Naast deze vier basislagen worden er nog andere materialen verwerkt die nodig zijn om het product te kunnen gebruiken zoals elastische boorden en lijm- en plakstrips.

De afgelopen twintig jaar is de luier steeds dunner, lichter en efficiënter geworden en is de samenstelling van luiers en incontinentieproducten sterk veranderd (EDANA, 2015). Vooral het aandeel fluff-pulp is sterk gedaald terwijl het SAP-gehalte is toegenomen. In 1987 woog een luier nog bijna 65 gram, tegenwoordig is het gewicht ongeveer gehalveerd en ligt rond de 33 gram. De gewichtsafname in die periode is vooral te danken aan de afname van het gewicht aan fluff-pulp van 52.8 gram tot 9,1 gram per luier (zie Tabel 5.1). Het gewicht van SAP echter is

toegenomen van 0,7 gram naar 12 gram per luier. Het gewicht van de plastics polyethyleen en polypropyleen is over die periode ongeveer gelijk gebleven.

*Tabel 5.1 Samenstelling (gram) van wegwerpluiers van in de periode 1987-2013.*

<b>Materiaal (gram/luier)</b>	<b>1987</b>	<b>1995</b>	<b>2005</b>	<b>2011</b>	<b>2013</b>
Fluff-pulp	52,8	37,4	14,1	13,2	9,1
SAP	0,7	5,1	13,2	11,1	12,6
Polyethyleen	4,1	3,8	2,6	2,3	1,8
Polypropyleen	4,2	4,5	7,0	5,8	7,9
Lijm	1,3	1,6	1,7	1,0	1,2
Elastiek	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5
Overige	1,1	3,2	1,8	2,3	0,2
<b>Totaal</b>	<b>64,6</b>	<b>56,0</b>	<b>40,8</b>	<b>36,2</b>	<b>33,3</b>

Tegenwoordig bestaat een luier hoofdzakelijk nog uit materialen van kunststof en is het aandeel van fluff-pulp in de periode van 1987 tot 2013 gedaald van 82% tot 27% zoals Tabel 5.2 laat zien. Dit werd vooral bewerkstelligd door de toename van het gebruik van SAP. Het gehalte SAP is in die periode toegenomen van 1% tot 38%.

*Tabel 5.2 Samenstelling (%) van wegwerpluiers in de periode 1987-2013.*

<b>Materialen (%)</b>	<b>1987</b>	<b>1995</b>	<b>2005</b>	<b>2011</b>	<b>2013</b>
Fluff-pulp	82%	67%	35%	36%	27%
SAP	1%	9%	32%	31%	38%
Polyethyleen	6%	7%	6%	6%	5%
Polypropyleen	7%	8%	17%	16%	24%
Lijm	2%	3%	4%	3%	4%
Elastiek	1%	1%	1%	1%	2%
Overige	2%	6%	4%	6%	1%

Voor incontinentieproducten geldt ook dat het gewicht is afgenomen met 12% (Tabel 5.3). Dit is echter minder vergeleken met de afname die is gerealiseerd bij wegwerpluiers.

*Tabel 5.3 Samenstelling (gram) van incontinentiemateriaal van 1995-2015.*

<b>Materiaal (gram/product)</b>	<b>1995</b>	<b>2005</b>	<b>2013</b>
Fluff-pulp	80,9	71,9	70,7
SAP	8,3	13,5	15,2
Polyethyleen	12,1	12,0	6,0
Polypropyleen (vlies)	11,0	11,3	12,4
Lijm	5,9	3,8	3,2
Elastiek	1,0	0,5	1,5
Overige	4,8	3,1	0,2
<b>Totaal</b>	<b>124</b>	<b>116,1</b>	<b>109,2</b>

De gewichtsreductie is vooral gerealiseerd door een afname van de hoeveelheid fluff-pulp en polyethyleen, hetgeen overigens deels weer is gecompenseerd door een toename van gehalte SAP (van 7 naar 14%) en non-wovens (Tabel 5.4).

*Tabel 5.4 Samenstelling (%) van incontinentiemateriaal in de periode 1995-2015.*

<b>Materiaal (%)</b>	<b>1995</b>	<b>2005</b>	<b>2013</b>
Fluff-pulp	65%	62%	65%
SAP	7%	12%	14%
Polyethyleen	10%	10%	5%
Polypropyleen	9%	10%	11%
Lijm	5%	3%	3%
Elastiek	1%	0.4%	1%
Overige	4%	3%	0.2%

### 5.1.2

#### *Fluff-pulp*

Fluff-pulp wordt in luiers verwerkt vanwege het vermogen om water te absorberen en om het product volume en sterkte te geven. Meer dan 80% van de geproduceerde fluff-pulp wordt toegepast in luiers.

Fluff-pulp is een chemische pulp (waaruit lignine is verwijderd zonder de cellulose vezels aan te tasten) dat is gemaakt van zachte houtsoorten met lange vezels. Bij de productie van chemische pulp worden natriumhydroxide en natriumsulfide gebruikt om de binding tussen lignine en cellulose te verbreken.

Andere stoffen die tijdens het productieproces worden toegevoegd om het proces te verbeteren zijn:

- Oppervlakte-actieve stoffen die helpen bij het losweken van de vezels uit de houtchips.
- Anthraquinone dat werkt als een katalysator om de lignine los te maken van het cellulose.
- Anti-schuimmiddelen en emulsiebrekers, dispergeermiddelen etc. om het productiesysteem schoon te houden en de te verwijderen stoffen in oplossing te houden.

Als eindstap wordt het gevormde pulp gewassen om verontreinigingen te verwijderen en wordt het gebleekt. Het bleken van de pulp, voor zover nog nodig, wordt tegenwoordig chloorvrij uitgevoerd met behulp van ozon of waterstofperoxide waardoor de vorming van dioxines niet meer plaatsvindt.

Voordat de pulp wordt gedroogd worden stoffen toegevoegd met antistatische eigenschappen, die er voor zorgen dat de cellulosevezels onthechten en niet verknopen (de-bonders). Daarnaast werken deze toevoegingen ook als verzachters, zonder het absorberend vermogen van de pulp te beïnvloeden. Voor deze toepassingen worden kationische oppervlakte-actieve stoffen gebruikt zoals synthetische of op vetzuren gebaseerde imidazoliumverbindingen en quaternaire ammoniumverbindingen, zie Tabel 5.5. Ze worden toegevoegd in gehalten van 0.5-4 kg per ton (0.05-0.4%) droge pulp (Evonik, 2015).

In de fluff-pulp zouden minimale hoeveelheden van de in het productieproces gebruikte chemicaliën aanwezig kunnen zijn zoals oppervlakte-actieve stoffen en anthraquinone. Na het uitvoerig wassen en bleken van de pulp is het niet te verwachten dat deze stoffen nog in noemenswaardige hoeveelheden aanwezig zullen zijn. Voor een verdere kwantificering zou aanvullend onderzoek moeten worden gedaan. Vanuit de branche is hierover verder geen informatie ontvangen.

*Tabel 5.5 In fluff-pulp verwerkte toevoegingen.*

Functie	Stof	CAS-nummer
Anti-statisch, verzachten en onthechten	Imidazolium compounds, 2-C17-unsatd.-alkyl-1-(2-C18-unsatd. amidoethyl)-4,5-dihydro-N-methyl, Me sulfates	931-745-8
	Quaternary ammonium compounds, C16-18 and C18-unsatd. alkylbis(hydroxyethyl)methyl, ethoxylated, C16-18 and C18-unsatd. carboxylates (esters), Me sulfates (salts)	217813-30-4
	Imidazolium compounds, 2-(C17 and C17-unsatd. alkyl)-1-[2-(C18 and C18-unsatd. amido)ethyl]-4,5-dihydro-1-methyl, Me sulfates	72749-55-4

### 5.1.3

#### SAP's

Super absorberende polymeren hebben een groot vermogen om waterige vloeistoffen te absorberen en vast te houden. Daarbij kan een massa tot wel 1000 keer het eigen gewicht worden opgenomen. Bij opname van water verandert de structuur van vaste stof (poeder of fijn granulaat) in een gelachtig materiaal waardoor de opgenomen vloeistof niet meer op mechanische wijze (bijvoorbeeld druk) kan vrijkomen. De deeltjesgrootte van het granulaat dat in luiers wordt gebruikt varieert van 0,15 mm tot 0,8 mm. De mate van vloeistofopname wordt sterk bepaald door de samenstelling van de waterige vloeistof. Vooral de in de vloeistof opgeloste ionen (zouten) reduceren in sterke mate de opnamecapaciteit.

SAP's zijn hydrofiële polymeren. Acrylzuur is tegenwoordig de grondstof voor de meeste commerciële super absorberende materialen. Naast acrylzuur worden onder andere ook polymeren bijvoorbeeld op basis acrylamide toegepast (polyacrylamide) en in het verleden ook wel polymeren als polyvinylalcohol en polyethyleenoxide.

Het SAP materiaal bestaat tegenwoordig meestal uit polyacrylzuur waarbij de polyacrylzuurketens in lichte mate met elkaar zijn verbonden door dwarsverbindingen (cross-linking).

Om de polymerisatiereactie te starten worden initiatoren toegevoegd. Voor de productie van SAP zijn dat goed in water oplosbare reactieve verbindingen zoals peroxosulfaten zoals kaliumpersulfaat en

ammoniumpersulfaat,  $\text{Fe}^{2+}$ -watestofperoxide (fenton reagent) en APS-natriumsulfiet. Om de gewenste polymerisatiegraad te verkrijgen wordt een inhibitor toegevoegd die de reactie stopt. Veelal wordt hiervoor methoxyhydroquinon of de monomethylether van hydroquinon (MEHQ) voor gebruikt. Verder kunnen nog additieven worden toegevoegd zoals de stabilisatoren sorbitan monostearaat en cationisch bentoniet (Frank, 2012).

De dwarsverbindingen kunnen zowel fysisch als chemisch tot stand worden gebracht. Bij de fysische methode wordt de buitenkant van het materiaal mechanisch bewerkt waardoor er in de buitenste laag dwarsverbindingen worden gevormd. Bij de chemische methode wordt er tijdens de polymerisatiereactie van acrylzuur stoffen toegevoegd die een dwarsverbinding kunnen maken tussen de polymeerketens. Een veelheid aan verschillende, goed in water oplosbare stoffen komt hiervoor in aanmerking. Tetraallylethoxy ethaan (TAOE), 1,1,1,-trimethylolpropaantricrylaat (TMPTA) en ethyleneglycoldimethacrylaat (EGDMA) zijn stoffen die hiervoor gewoonlijk worden gebruikt maar ook N, N-methyleenbisacrylamide, triallylamine en polyvalente metaalionen zoals aluminium kan hiervoor worden gebruikt. Deze zogenaamde vernettingsmiddelen worden tot ongeveer 2% van het gewicht aan monomeer toegevoegd (Frank, 2012, Zohuriaan-Mehr, 2008 en Elliot, 1997). Een deel van het monomeer acrylzuur en gevormde dimeren en oligomeren en andere toegevoegde stoffen wordt niet opgenomen in of verbonden met het gevormde polymeernetwerk en is in vrije vorm aanwezig. Dit wordt de extraheerbare of de in water oplosbare fractie genoemd. De hoeveelheid toegevoegd cross-linker heeft invloed op de hoeveelheid extraheerbaar oligomeer en polymeer. Tijdens het drogen van de gevormde polymeerkorrels verdampt een deel van het overgebleven acrylzuur met het aanwezige water of reageert het met overgebleven initiator.

*Tabel 5.6 Bij de productie van superabsorberend polyacrylzuur gebruikte stoffen en onbedoeld gevormde stoffen.*

Functie	Stof	CAS-nummer
Monomer	Acrylzuur (Natrium-acrylaat)	79-10-7
Initiator	Kaliumpersulfaat	7727-21-1
	Ammoniumpersulfaat (APS)	7727-54-0
	$\text{Fe}^{2+}$ - $\text{H}_2\text{O}_2$ (Fentons reagens)	36047-38-8
	APS-natriumsulfiet	7757-83-7
Cross-linking agent	3,3',3''-[(allyloxy-1-ethanyl-2-ylidene) tris(oxy)]trispropene of (tetraallylethoxy ethane, TAOE)	29895-12-3
	1,1,1,-trimethylolpropaantricrylaat (TMPTA)	15625-89-5
	Ethyleneglycoldimethacrylaat (EGDMA)	97-90-5
	N, N-methyleenbisacrylamide	110-26-9
	Aluminium-ion	
Stabilisator/ stopper	Methoxyhydroquinon (MEHQ)	150-76-5
Additieven	Sorbitan monostearaat	1338-41-6
	Cationisch bentoniet	1302-78-9
Oplosbare fractie	$\beta$ -acryloxypropionische acid (diacrylzuur)	24615-84-7
	$\beta$ -hydroxypropionzuur (HPA)	503-66-2
	Acrylzuur-oligomeren	9003-01-4

De oplosbare fractie is in de loop van de tijd ten gevolge van aanpassingen aan het productieproces sterk afgenomen van 12% in de jaren tachtig tot 5% in de jaren 2000. Voor de hoeveelheid vrije acrylzuur geldt een nog sterker afname van meer dan 2000 ppm (mg per kg) naar circa 30 ppm (Frank, 2012; Zohuriaan-Mehr, 2008). Naast het residuale monomeer acrylzuur gaat het om gevormde  $\beta$ -acryloxypropionische acid (diacrylzuur),  $\beta$ -hydroxypropionzuur ( $\beta$ -hydroxypropionische acid, HPA) en gevormde oligomeren (Frank, 2012).

#### 5.1.4 *Hulpstoffen*

Aan het superabsorberende polymeer kunnen nog additieven worden toegevoegd zoals de stabilisatoren sorbitan monostearaat en kationisch bentoniet om te voorkomen dat de SAP-deeltjes aan elkaar gaan kleven (Frank, 2012). Verder kunnen nog stoffen worden toegevoegd om de opname van bepaalde vloeistoffen te verbeteren. Het toevoegen van bijvoorbeeld polyethyleenglycol (molecuulgewicht van 300 – 2000) in een hoeveelheid van 0.5 – 3%, zorgt voor een verhoogde transfer van bloed naar de polymeren in maandverband (Osada en Kajiwara, 2001). Verder kunnen enzymen worden toegevoegd om infecties en onaangename geuren te voorkomen (Zohuriaan-Mehr en Kabiri, 2008). In welke mate hulpstoffen (additieven) aan SAP's voor luiers en incontinentieproducten worden toegevoegd is niet duidelijk. Een producent heeft aangegeven dat er geen hulpstoffen zoals enzymen worden toegevoegd.

Soms worden er aan het eindproduct (luier of incontinentieproduct) ook nog een lotion toegevoegd om de huid te verzorgen en beschermen, op de laag die in direct contact staat met de huid (EDANA, 2008).

#### 5.1.5 *Eisen aan grondstoffen en controle*

Voor de toepassing van SAP's in hygiënische producten is het gehalte aan vrije acrylzuur een belangrijke parameter omdat de toegestane hoeveelheid vrije acrylzuur is verlaagd van 1000 ppm naar 300 ppm. De reden daarvoor is waarschijnlijk de toxische effecten van de stof bij contact met de huid en het veroorzaken van huidcorrosie. SAP's voor luiers voldoen tegenwoordig ruimschoots aan deze eis; de concentratie acrylzuur in luiers is ongeveer 30 mg/kg (Frank, 2012; Zohuriaan-Mehr, 2008).

Verder wordt er voor de technische specificaties, naast de extraheerbare hoeveelheid monomeren, getest op de totale extraheerbare fractie, die naast monomeren ook de acrylzuur-oligomeren en –polymeren van het geproduceerde superabsorberend polymeer bevat.

## 5.2 **Wat gebeurt er tijdens verwerking**

Luiers kunnen op verschillende manieren worden ingezameld en verwerkt. Luiers kunnen apart worden ingezameld of samen met het GFT-afval of het grijze afval worden ingezameld. Apart ingezamelde luiers kunnen via een speciaal daarop ingericht proces worden verwerkt of in vergistings- of composteringsinstallaties worden verwerkt. Als luiers samen met het GFT-afval worden ingezameld dan kunnen ze naast vergisting ook met het GFT-afval mee worden gecomposteerd. Worden



de luiers niet van het grijze afval gescheiden dan resten de opties verbranding in vuilverbrandingsinstallaties of storten.

In deze sectie worden niet de verschillende verwerkingsopties van luiers besproken. Er wordt wel ingegaan op de afbreekbaarheid en het lot van het SAP en fluff-pulp in het verwerkingsproces en de eventuele beïnvloeding van het verwerkingsproces door toevoeging van gebruikte luiers.

Daarnaast wordt er ingegaan op de eventuele gevolgen voor de bodem wanneer digestaat en compost van de processen waarin luiers zijn verwerkt op de bodem worden gebracht.

#### 5.2.1 *Waterzuiveringsinstallaties*

De afbreekbaarheid van SAP en fluff-pulp bij verschillende omstandigheden en verwerkingsopties is uitvoerig onderzocht. De polyacrylaat-polymeren kennen veel verschillende toepassingen als verdikkingsmiddel, dispergeermiddel, waterontharder en flocculatiemiddel in bijvoorbeeld consumentenproducten zoals schoonmaak- en wasmiddelen. Door het hoge volume en het gebruik in industriële en consumentenproducten vinden deze stoffen hun weg naar de waterzuiveringsinstallaties, het aquatisch milieu en de bodem. In een studie naar de biologische afbreekbaarheid van acrylzuur en acrylzuuroligomeren en polymeren in actief slib is aangetoond dat zowel het acrylzuurmonomeer en het dimeer vrijwel volledig worden gemineraliseerd binnen een periode van 35 dagen (Larson et al., 1997). De acrylzuuroligomeren worden eveneens in sterke mate afgebroken (tot circa 80%). Oligomeren met een molecuulgewicht van 1000 g/mol of hoger (ketenlengte > 10 monomeereenheden) vertoonden een veel lagere biologische afbreekbaarheid. Volgens de risicobeoordeling van acrylzuur wordt de afbraak in waterzuiveringsinstallaties geschat op 87% (EC, 2002).

#### 5.2.2 *Afval storten*

De condities in een afvalstortplaats zijn veelal niet gunstig voor een goede afbraak van organisch materiaal. De omstandigheden waaronder afbraak zou moeten plaatsvinden zijn niet ideaal omdat de afvalstoffen vaak slecht gemengd of beschikbaar zijn, het vochtgehalte en de temperatuur te laag is en de afwezigheid van voldoende zuurstof en nutriënten is vaak een beperkende factor. Voor luiers kan bovendien gelden dat de afbreekbare fractie niet beschikbaar is voor bacteriën omdat ze meestal in de plastic buitenlaag van de luier zijn gewikkeld. In een simulatie van een anaerobe stortplaats, werd SAP voor slechts 1% afgebroken na 500 dagen (Stegmann et al., 1993). Onder aerobe condities (compostering) is de afbraak ongeveer 5-10%. Enkele procenten van het SAP-materiaal bevond zich in het eluaat en was gemakkelijk biologisch afbreekbaar onder aerobe condities.

Naast de omgevingscondities (vochtgehalte, pH en temperatuur) is het gehalte aan lignine belangrijke bepalende factor voor de afbreekbaarheid van cellulose in stortplaatsen. Papier met een hoog ligninegehalte (mechanische pulp) wordt minder goed afgebroken dan producten met een laag ligninegehalte zoals chemische pulp (Barlaz, 2006). Wang et al. (2015) laten zien dat 25 - 30% van het papier met een hoog ligninegehalte wordt afgebroken in een gesimuleerde

stortplaats terwijl papier met een laag ligninegehalte voor meer dan 80% wordt afgebroken.

### 5.2.3 *Composteren en co-vergisting*

De afbreekbaarheid van SAP tijdens het composteren is in verschillende studies onderzocht. In de studie van Cook et al. (1997) is specifiek gekeken naar de verschillende chemische bestanddelen van het polymeer en zijn de residuen in het compost gekarakteriseerd. Een deel van het polymeer bestaat uit niet-gereageerde acrylaatverbindingen die niet in de matrix van het SAP zijn opgenomen. Het gehalte aan oplosbare en extraheerbare stoffen ligt doorgaans in de range van 3-6%. Uit de analyses van Cook et al. bleek dat 16% van het SAP bestond uit in wateroplosbare ongebonden stoffen waarvan het merendeel (71%) bestond uit polymeren met een molecuulgewicht van 700.000 g/mol of hoger. Het gehalte aan acrylaat monomeer en laagmoleculaire oligomeren was ongeveer 4,6% van het totale polymeerpreparaat (SAP). Ongeveer 8% van het polymeer werd gemineraliseerd gedurende een periode van 100 dagen. Daarbij ging het vooral om het vrije, extraheerbare monomeer en de laag moleculaire oligomeren. De polymeren met een hoge molecuulmassa werden niet of nauwelijks afgebroken. Ook werd er aangetoond dat de dwarsverbindingen in het polymeer effectief werden afgebroken maar dat de deeltjes nog wel aanwezig waren na het composteren. Het overgebleven polymeer degradeerde zeer langzaam met een gemiddelde snelheid van 0,007% per dag wat overeenkomt met 2,6% per jaar. In een onderzoek naar de afbraak van een vernette polyacrylaat polymeer onder omstandigheden die zich voordoen bij het composteren en storten bleek dat ongeveer 6% van het materiaal werd afgebroken onder de aerobe condities tijdens het composteren (Stegmann, 1993). Er werd berekend dat de biodegradatie over een langere periode met een snelheid van 1,2% per jaar zal plaatsvinden.

Proeven op laboratoriumschaal tonen aan de het toevoegen van luiers aan organisch materiaal dat wordt gecomposteerd geen nadelige gevolgen heeft voor het composteringsproces (Espinosa-Valdemara, 2014).

Cook et al. (1997) hebben gekeken naar de residuen die worden gevormd tijdens het composteren van SAP-materiaal op basis van acrylaat. De laagmoleculaire componenten in de extraheerbare fractie worden vrijwel volledig gemineraliseerd. Polyacrylaten met een hoog molecuulgewicht (> 1000 g/mol) die niet of nauwelijks afbreken en overblijven binden aan minerale bodemdeeltjes en het organisch materiaal in de bodem. De deeltjes van de SAP-matrix zijn na het composteren nog aanwezig.

Voor cellulose kan worden aangenomen dat het grotendeels wordt afgebroken. Het cellulose wordt eerst opgedeeld in kleinere ketens, celluloses, oxycellulose en uronzuren (suikers met een zuurgroep) (Boswell (1941). Uiteindelijk worden deze verbindingen omgezet in suikers en volledig gemineraliseerd tot CO<sub>2</sub> of methaan of opgenomen in het organisch materiaal wat nog rest na de vergisting.

### 5.3 SAP's in de bodem

#### *Toepassing als bodemverbeteraar*

Superabsorberende polymeren worden als bodemverbeteraar gebruikt in bijvoorbeeld de landbouw of om sterk geërodeerde bodems te herstellen. Hiervoor kunnen op acrylzuur gebaseerde SAP's worden gebruikt. Vaak gaat het dan om een variant met een hogere vernettingsgraad die gebaseerd is op kaliumacrylaat in plaats van het natriumzout. De SAP's worden vooral toegevoegd om de waterbindende capaciteit van de bodem te verhogen. Dit leidt ertoe dat de verdamping van water en de uitspoeling van nutriënten wordt beperkt en wordt daarmee de groei en ontkieming van planten bevorderd (Sarvas et al. 2007; Hüttermann, 2009; Radionov et al., 2014). De effectiviteit van de gebruikte SAP wordt sterk bepaald door de mineraalhuishouding van de bodem. De aanwezigheid van bijvoorbeeld calcium-ionen en andere anorganische verbindingen kan de waterabsorberende werking negatief beïnvloeden. Wel is aangetoond dat de toepassing van SAP's geen negatieve effecten en zelfs positieve effecten worden waargenomen op de microbiologische huishouding van de bodem en de groei van planten bij een dosering van 200 kg per hectare (Li et al. 2014).

#### *Afbreekbaarheid in de bodem*

De afbreekbaarheid van SAP's in de bodem blijkt beperkt te zijn (Radionov et al., 2014) en afhankelijk van de microbiologische samenstelling van de bodem (Hüttermann, 2009). De resultaten van proeven voor het bepalen van de mate van afbreekbaarheid in verschillende bodemtypes laten afbraaksnelheden zien van minder dan 2% per jaar (tussen 0,2 en 1,6%). En tonen aan dat bepaalde schimmels effectief zijn in het afbreken van acrylaatpolymeren (Wilske, 2013). De afbreekbaarheid SAP's en acrylaatpolymeren in de bodem lijkt vergelijkbaar met de afbreekbaarheid tijdens het vergisten of composteren.

Het acrylzuurmonomeer is in de bodem gemakkelijk afbreekbaar. Voor de afbreekbaarheid in de bodem is in de risicobeoordeling van acrylzuur een halfwaardetijd (DT50) aangehouden van 15 dagen (EC, 2002).

### 5.4 Mogelijke risico's

#### 5.4.1 *Milieubelastende eigenschappen van aanwezig stoffen en residuen*

Verschillende studies tonen aan dat het toevoegen van gebruikte wegwerpluiers geen nadelige gevolgen heeft op verwerkingsprocessen zoals vergisten en composteren. Ook het toepassen van SAP's op de bodem heeft geen nadelige effecten op de groei van planten en de populatie micro-organismen. In de geraadpleegde publicaties zijn niet de effecten op andere bodemorganismen onderzocht. Ook in de risicobeoordeling van acrylzuur waren alleen studies opgenomen met micro-organismen (EC, 2002).

Superabsorberende materiaal op basis van acrylaten worden voor een deel snel afgebroken in composterings- en vergistingsprocessen. Het gaat dan om de extraheerbare fractie die hoofdzakelijk bestaat uit residuen van monomeren en oligomeren. De oplosbare polymeerketens met een hoog molecuulgewicht, die ook in het extraheerbare deel

aanwezig zijn, worden slechts langzaam afgebroken. Dat geldt ook voor de SAP-matrix.

Voor de stoffen die tijdens het productieproces van SAP worden gebruikt en mogelijk nog in vrije vorm in het product aanwezig zijn is gekeken naar de verspreiding in het milieu en de toxiciteit voor waterorganismen. Bij gebrek aan gegevens voor bodemorganismen worden waterorganismen hier gebruikt als referentie voor de potentiële toxiciteit voor bodemorganismen. Als maat voor de toxiciteit is de concentratie gegeven waarbij geen effecten zijn te verwachten op organismen, de zogenaamde "voorspelde geen effect concentratie" (Predicted No Effect Concentration, PNEC).

Voor de mate van verspreiding in het milieu zijn er berekeningen uitgevoerd met de fugaciteitsmodel van EPIsuite versie 4.11 waarbij er van wordt uitgegaan dat er alleen emissie is naar de bodem. Het fugaciteitsmodel houdt o.a. rekening met processen als vervluchtiging, afbraak, uitspoeling naar grondwater en binding aan de vaste bodemfractie. De resultaten zijn weergegeven in Bijlage 1.

Op basis van de modelberekeningen wordt geschat dat het merendeel van de stoffen in het bodemcompartiment blijft. Een aantal stoffen heeft de potentie om substantieel (5-15%) af te spoelen naar het oppervlaktewater. Dat geldt vooral voor de stoffen die in het extraheerbare deel aanwezig zijn zoals acrylzuur en diacrylzuur die tijdens het vergisten of composteren relatief snel worden afgebroken. De andere stoffen zijn of voor het merendeel in de matrix opgenomen of potentieel slechts in lage concentraties nog aanwezig. De acrylzuur oligomeren die voor het merendeel in het extraheerbare deel aanwezig zijn blijven naar verwachting in de bodem. De hoofdmatrix van de SAP breekt slechts zeer langzaam af.

De stoffen met de hoogste toxiciteit voor waterorganismen hebben ook als eigenschap dat ze relatief snel worden afgebroken of het gaat om stoffen waarvan het residuegehalte naar verwachting laag is zoals de cross-linking middelen. Verwacht wordt dat de risico's van deze stoffen daarom relatief laag zijn.

De additieven die aan fluff-pulp worden toegevoegd zijn voor aquatische organismen vrij toxisch. Alle drie in Tabel 5.5 opgenomen stoffen zijn geclassificeerd als zeer toxisch voor in het water levende organismen met langdurige gevolgen (ECHA, 2016). Voor deze stoffen kon echter geen fugaciteitsberekening worden gedaan omdat er in de geraadpleegde databases geen informatie beschikbaar was. Het gaat namelijk om een complex mengsel van chemicaliën waarvoor van de verschillende componenten de structuur moet worden bepaald. Dit type chemicaliën (quaternaire ammoniumverbindingen) heeft als eigenschap dat ze goed binden aan organisch materiaal en de minerale (klei)deeltjes in de bodem. De potentie voor uitspoeling naar water is daardoor vermoedelijk laag.

#### 5.4.2 *Voorwaarden voor kwantitatieve risicoschatting*

Voor een kwantitatieve risicoschatting zijn de volgende gegevens noodzakelijk:

- Hoeveelheid wegwerpluiers dat kan worden verwerkt met de verschillende verwerkingsmethodes en het aandeel in de totale voeding van deze verwerkingsmethodes zodat het gehalte aan SAP in het digestaat of compost kan worden bepaald.
- Gehalte van de stof in het product (SAP of fluff-pulp). Het gaat hier vooral om het vrije, extraheerbare (met water) gehalte.
- Mate waarin de stoffen na compostering of vergisting nog aanwezig zijn. Dit geeft dan een inschatting van de emissie naar de bodem na het aanbrengen van compost en digestaat op de bodem.
- Voor de modelmatige berekening van het gehalte in de bodem en aangrenzende compartimenten zoals oppervlaktewater en grondwater zijn de fysische en chemische eigenschappen van de stof zoals partiticoëfficiënten nodig.
- De berekende concentraties in de verschillende milieucompartimenten kunnen worden vergeleken met de voorspelde concentratie waarbij geen toxische effecten worden verwacht op organismen (PNEC) om beeld te krijgen van het potentiële milieurisico.

### 5.5 **Conclusies**

SAP en fluff-pulp uit gebruikte wegwerpluiers die doormiddel van vergisting of compostering worden verwerkt hebben volgens de geraadpleegde studies geen nadelige invloed op het verwerkingsproces.

Fluff-pulp bestaat uit chemische pulp dat naar verwachting grotendeels zal worden afgebroken tijdens het composteren en vergisten. SAP-materiaal wordt voor een klein deel (5%) afgebroken het betreft vooral het extraheerbare deel. Het overige vaste materiaal wordt bij vergisting of compostering langzaam afgebroken (1% per jaar). Dat geldt ook als het SAP via het compost of digestaat op de bodem wordt aangebracht. Als gevolg hiervan hoopt het SAP materiaal zich op in de bodem. Van de in de SAP en fluff-pulp aanwezige stoffen worden vooralsnog geen nadelige gevolgen verwacht op de verwerkingsprocessen of de bodem waarin het terecht komt. Eventueel aanwezig toxische stoffen worden vermoedelijk of relatief snel afgebroken of hebben de neiging om te binden aan de bodem waardoor zij minder beschikbaar zijn en zich niet verder verspreiden in het milieu. Als stoffen in sterke mate binden aan de bodem kan er echter accumulatie optreden. Er moet echter worden opgemerkt dat er geen uitgebreide literatuurstudie is gedaan naar de mogelijke risico's voor de bodem en dat in de geraadpleegde studies maar een beperkt aantal organismen zijn meegenomen (planten en micro-organismen). De onzekerheid van de indicatieve risicobeoordeling is door de beperkte opzet vrij groot.



## 6 Deelstudie: Risico's medicijnresten

*Marjolein Weda, Kim Notenboom, Caroline Moermond*

### **Geneesmiddelresten in incontinentie- en absorptiematerialen**

Verreweg de meeste geneesmiddelen worden in meer of mindere mate in het lichaam omgezet in andere producten (metabolieten) en uiteindelijk door het lichaam uitgescheiden. De belangrijkste route voor het uitscheiden van geneesmiddelen en de metabolieten is via de urine. Incontinentie- en absorptiematerialen, inclusief luiers, kunnen zodoende een combinatie van metabolieten en de onveranderde stof van geneesmiddelen bevatten. Over de aanwezigheid van geneesmiddelresten in incontinentie- en absorptiematerialen is momenteel geen informatie beschikbaar. Om inzichtelijk te maken welke geneesmiddelen het meest zullen voorkomen in het incontinentie- en luierafval is het geneesmiddelgebruik onder de grootste groepen gebruikers van deze incontinentiemateriaal in kaart gebracht. Hierbij is aangenomen dat incontinentiemateriaalgebruikers dezelfde geneesmiddelen gebruiken als de totale groep geneesmiddelgebruikers in de onderzochte leeftijdscategorieën. Bovendien geldt dat de geneesmiddelen die het meest gebruikt worden, niet noodzakelijk de groep geneesmiddelen is die het meest bijdraagt aan milieubelasting, mogelijk zijn er meer toxische stoffen die in mindere mate gebruikt worden.

De geneesmiddelen die zonder vergoeding kunnen worden gekocht bij een drogist, apotheek of supermarkt (zogenaamde OTC-middelen) zijn niet opgenomen, omdat er geen database is met die gegevens. Wel is bekend dat via apotheken paracetamol, als OTC-middel, het meest wordt verkocht, gevolgd door xylometazoline-neusspray (in 2012: resp. 24% en 10% van alle zelfzorgmiddelen, bron: [www.SFK.nl](http://www.SFK.nl)). Het is niet bekend welke leeftijdsgroepen deze geneesmiddelen gebruiken en in welke mate deze gekochte geneesmiddelen daadwerkelijk worden gebruikt.

### **6.1 Methoden**

De databank van het Genees- en hulpmiddelen Informatie Project (GIP) van Zorginstituut Nederland bevat informatie over het gebruik van genees- en hulpmiddelen in Nederland.

Met behulp van de gegevens in de GIP-databank over 2014 is een overzicht opgesteld van het aantal gebruikers van incontinentie- en absorptiematerialen naar leeftijdsklasse. Voor de grootste gebruikersgroepen is vervolgens uitgezocht welke tien geneesmiddelen zij het meest gebruiken.

Voor het opstellen van de top 10 geneesmiddelen is gebruik gemaakt van de benaderde gemiddelde onderhoudsdosis voor volwassenen bij het gebruik van een geneesmiddel voor de hoofdindicatie, ofwel de 'Defined Daily Dose' (DDD). Met behulp van deze standaarddagdosering kunnen geneesmiddelen onderling worden vergeleken. Als de

hoeveelheid werkzame stof per dag bijvoorbeeld 10 mg is, komt dit neer op 1 tablet van 10 mg per dag of op 2 tabletten van 5 mg. Dit maakt het mogelijk om het gebruik van verschillende toedieningsvormen (zoals tabletten of capsules) en verschillende middelen met elkaar te vergelijken. De DDD komt echter niet altijd overeen met de werkelijk toegepaste dosis bij een bepaalde aandoening, omdat deze immers individueel wordt bepaald. Daarnaast zijn er geen DDD's vastgelegd voor kinderen. De top 10 voor 0-4 jarigen is daarom gebaseerd op DDD's voor volwassenen.

## 6.2 Resultaten

### *Gebruik van incontinentie- en absorptiematerialen*

In 2014 waren er ongeveer 487.800 gebruikers van incontinentie- en absorptiematerialen. Tabel 6.1 toont het aantal gebruikers naar leeftijd en geslacht.

*Tabel 6.1 Aantal gebruikers incontinentie- en absorptiematerialen in 2014. Luiers voor gebruik bij baby's en kinderen worden niet verstrekt op basis van de Zorgverzekeringswet en zijn daarom niet opgenomen in de tabel.*

<b>Mannen</b>						
<b>Leeftijdsklasse</b>	0-24	25-44	45-64	65-74	75-84	85+
<b>Aantal gebruikers</b>	7.720	2.580	13.000	27.200	39.500	28.700

<b>Vrouwen</b>						
<b>Leeftijdsklasse</b>	0-24	25-44	45-64	65-74	75-84	85+
<b>Aantal gebruikers</b>	5.890	9.170	58.600	71.900	110.700	112.800

De GIP-databank omvat informatie over de verstrekking van middelen die extramuraal (d.w.z. buiten instellingen als ziekenhuizen en verpleeghuizen) zijn verstrekt. Omdat de gegevens over intramurale verstrekking ontbreken, zal het daadwerkelijk aantal gebruikers van incontinentie- en absorptiematerialen in de hogere leeftijdsklassen hoger zijn dan weergegeven in Tabel 6.1. De gegevens zullen echter niet veel afwijken, gemiddeld woont 6% van bevolking van 65 jaar en ouder in een instelling.

Daarnaast zijn de gebruikersaantallen uit de GIP-databank gebaseerd op verstrekkingen die worden vergoed op grond van de Zorgverzekeringswet. Incontinentie- en absorptiematerialen die bij drogist of apotheek aangeschaft zijn zonder dat ze gedeclareerd worden bij de zorgverzekeraar, vallen dus buiten de inventarisatie. Het werkelijk aantal gebruikers zal dan ook hoger zijn. Gelet op de kosten die het gebruik van incontinentiematerialen met zich meebrengt, kan worden aangenomen dat het aantal gebruikers dat incontinentiemiddelen niet declareert laag zal zijn en dat deze gebruikers relatief minder middelen zullen gebruiken.



*Geselecteerde leeftijdsgroepen:*

Voor de volgende leeftijdsgroepen is het geneesmiddelen gebruik in kaart gebracht:

- Mannen en vrouwen in de leeftijd van 65 tot 75 jaar.
- Mannen en vrouwen met een leeftijd van 75 jaar en ouder.
- Jongetjes en meisjes tot 4 jaar.
- Luiers voor gebruik bij baby's en kinderen worden niet verstrekt op basis van de Zorgverzekeringswet. Het aantal luiergebruikers in deze leeftijdsklasse valt daarmee buiten het overzicht in Tabel 6.1. Het luiergebruik in deze leeftijdsklasse is echter erg hoog, en om deze reden is ook het geneesmiddelengebruik voor de leeftijdsklasse 0-4 jarige in kaart gebracht.
- Vrouwen met een leeftijd van 45 tot 65 jaar.

In vergelijking met mannen, gebruikt een groot aantal vrouwen in de leeftijdsklasse 45-64 jaar incontinentie- of absorptiematerialen. Naar verwachting zal dit de grootste groep zijn die zowel hormoonpreparaten als incontinentie- of absorptiematerialen gebruikt. De hormoonpreparaten gebruikt door vrouwen in deze leeftijdsklasse zijn daarom onderzocht.

*Tabel 6.2 Top-10 geneesmiddelen gebruikt bij mannen in de leeftijdsklasse 65-75 jaar*

<b>Werkzame stof</b>	<b>Standaard dagdosering (mg)</b>	<b>Aantal DDD's</b>	<b>Aantal kg op basis van DDD's</b>	<b>Aantal kg door gebruikers incontinentie-materiaal (3,3%)<sup>1</sup></b>
Simvastatine	30	63.774.648	1.913	63
Acetylsalicylzuur	80	45.509.124	3.641	120
Omeprazol	20	43.741.620	875	29
Atorvastatine	20	39.426.417	789	26
Amlodipine	5	36.723.234	184	6
Metformine	2000	29.476.094	58.952	1.945
Metoprolol	150	29.052.445	4.358	144
Enalapril	10	26.063.359	261	9
Carbasalaat calcium	38	25.948.777	986	33
Pantoprozol	40	22.758.442	910	30

1. Slechts een deel hiervan wordt via de urine uitgescheiden en zal in de incontinentiematerialen terecht komen. Hoe groot dat deel precies is, is moeilijk aan te geven.

*Geneesmiddelresten in incontinentie- en absorptiematerialen gebruikt door ouderen (65-75)*

In 2014 waren er ongeveer 821.000 mannen en 854.000 vrouwen in de leeftijdsklasse 65-75 jaar (bron: CBS). Hiervan gebruikten 27.000 (3,3%) mannen en 72.000 (8,4%) vrouwen incontinentie- en absorptiematerialen.

Tabel 6.2 en Tabel 6.3 tonen de tien meest gebruikte geneesmiddelen (op basis van het aantal DDD's) die in 2014 werden gebruikt door respectievelijk mannen en vrouwen in de leeftijdsklasse 65-75 jaar, en geeft daarmee een indruk van de stoffen waarmee de incontinentie- en absorptiematerialen verontreinigd kunnen zijn.

*Geneesmiddelresten in incontinentie- en absorptiematerialen gebruikt door ouderen (75+)*

In 2014 waren er ongeveer 495.000 mannen en 750.000 vrouwen in de leeftijdsklasse 75 jaar en ouder (bron: CBS). Hiervan gebruikten ongeveer 68.000 (13,4%) mannen en 224.000 (29,9%) vrouwen incontinentie- en absorptiematerialen.

Tabel 6.4 en Tabel 6.4 tonen de tien meest gebruikte geneesmiddelen (op basis van het aantal DDD's) die worden gebruikt door mannen en vrouwen in de leeftijdsklasse 75 jaar en ouder, en geeft daarmee een indruk van de stoffen waarmee de incontinentie- en absorptiematerialen verontreinigd kunnen zijn.

*Tabel 6.3 Top-10 geneesmiddelen gebruikt bij vrouwen in de leeftijdsklasse 65-75 jaar*

<b>Werkzame stof</b>	<b>Standaard dagdosering (mg)</b>	<b>Aantal DDD's</b>	<b>Aantal Kg op basis van DDD's</b>	<b>Aantal Kg door gebruikers incontinentie-materiaal (8,4%)<sup>1</sup></b>
Omeprazol	20	59.248.527	1.185	100
Simvastatine	30	50.267.934	1.508	127
Kunsttranen	-	28.243.133	-	-
Metoprolol	150	26.593.967	3.989	335
Acetylsalicylzuur	80	26.330.277	2.106	177
Colecalciferol (vit.D)	0,02	25.941.191	1	<1
Amlodipine	5	25.366.924	127	11
Foliumzuur	0,4	24.854.552	10	<1
Atorvastatine	20	23.964.404	479	40
Hydrochloorthiazide	25	23.309.811	583	49

1. Slechts een deel hiervan wordt via de urine uitgescheiden en zal in de incontinentiematerialen terecht komen. Hoe groot dat deel precies is, is moeilijk aan te geven.

Tabel 6.4 Top-10 geneesmiddelen gebruikt bij mannen in de leeftijdsklasse 75 jaar en ouder.

Werkzame stof	Standaard dagdosering (mg)	Aantal DDDs	Aantal Kg op basis van DDDs	Aantal Kg door gebruikers incontinentie-materiaal (13,4%) <sup>1</sup>
Simvastatine	30	45.185.045	1.356	182
Acetylsalicylzuur	80	43.000.636	3.440	461
Omeprazol	20	42.518.536	850	114
Amlodipine	5	27.277.494	136	18
Emollientia en protectiva	-	25.245.552	-	-
Pantoprazole	40	23.335.119	933	125
Metoprolol	150	23.253.439	3.488	467
Atorvastatine	20	23.131.106	463	62
Colecalciferol (vit.D)	0,02	21.166.399	<1	<1
Carbasalaat calcium	38	20.926.267	795	107

1. Slechts een deel hiervan wordt via de urine uitgescheiden en zal in de incontinentiematerialen terecht komen. Hoe groot dat deel precies is, is moeilijk aan te geven.

Tabel 6.5. Top-10 geneesmiddelen gebruikt bij vrouwen in de leeftijdsklasse 75 jaar en ouder.

Werkzame stof	Standaard dagdosering (mg)	Aantal DDD's	Aantal kg op basis van DDD's <sup>1</sup>	Aantal kg door gebruikers incontinentie-materiaal (29,9%) <sup>1</sup>
Omeprazol	20	73.566.694	1.471	440
Simvastatine	30	50.194.183	1.506	450
Acetylsalicylzuur	80	49.372.748	3.950	1.181
Colecalciferol (vit.D)	0,02	46.758.163	1	<1
Kunsttranen	-	46.608.968	-	-
Emollientia en protectiva	-	41.643.631	-	-
Amlodipine	5	35.059.317	175	52
Metoprolol	150	34.854.625	5.228	1.563
Calcium met Vitamine D en/of andere middelen	-	34.777.953	-	-
Pantoprazole	40	31.514.213	1.261	377

1. Slechts een deel hiervan wordt via de urine uitgescheiden en zal in de incontinentiematerialen terecht komen. Hoe groot dat deel precies is, is moeilijk aan te geven.

#### *Geneesmiddelresten in luiers gebruikt door 0-4 jarigen*

In 2014 waren er ongeveer 460.000 jongetjes en 439.000 meisjes in de leeftijdsklasse 0-4 jaar (bron: CBS). Aangenomen wordt dat driekwart van deze kinderen luiers gebruiken.

Tabel 6.6 toont de tien meest gebruikte geneesmiddelen (op basis van het aantal DDDs) die worden toegepast bij 0 tot 4 jarigen, en geeft daarmee een indruk van de stoffen waarmee de incontinentie- en absorptiematerialen verontreinigd kunnen zijn.

De geneesmiddelen gebruikt door 0-4 jarigen betreffen middelen voor de behandeling van huidirritaties, huidinfecties en luchtwegproblemen. Op amoxicilline na, worden alle middelen lokaal toegepast. Salbutamol en fluticason zijn inhalatiepreparaten. Macrogol is een hydrofiel polymeer, ook wel aangeduid als polyethyleenglycol. De overige lokale middelen zijn crèmes en zalven, met of zonder werkzaam bestanddeel.

Tabel 6.6a Top-10 geneesmiddelen gebruikt bij 0-4 jarige jongens

Werkzame stof	Toepassing	Standaard dag-dosering	Aantal DDDs	Aantal kg op basis van DDDs	Aantal kg door gebruikers incontinentiemateriaal (75%) <sup>2</sup>
Emollientia en protectiva <sup>1</sup>	Huidirritatie	-	21.358.684	-	-
Vaseline en vetproducten <sup>1</sup>	Huidirritatie	-	4.088.840	-	-
Salbutamol	Benauwdheidsklachten	0,8 mg	2.009.296	1,6	1,2
Hydrocortison	Jeuk en eczeem	-	1.523.353	-	-
Fusidinezuur	Bacteriële huidinfectie	-	1.002.688	-	-
Triamcinolon	Eczeem o.a.	-	895.215	-	-
Amoxicilline	Bacteriële (luchtweg) infectie	1 g	635.747	636	477
Macrogol	Verstopping, laxeermiddel	10 g	592.230	5922	4442
Chlooramfenicol	Oogontsteking	-	497.290	-	-
Fluticason	Benauwdheidsklachten	0,6 mg	468.347	<1	<1

1. Dit zijn basiscrèmes en –zalven zonder specifieke werkzame stof
2. Slechts een deel hiervan wordt via de urine uitgescheiden en zal in de incontinentiematerialen terecht komen. Hoe groot dat deel precies is, is moeilijk aan te geven.

Tabel 6.6b Top-10 geneesmiddelen gebruikt bij 0-4 jarige meisjes

Werkzame stof	Toepassing	Standaard dag-dosering	Aantal DDD's	Aantal Kg op basis van DDD's	Aantal Kg door gebruikers incontinentiemateriaal (75%) <sup>2</sup>
Emollientia en protectiva <sup>1</sup>	Huidirritaties	-	15.714.236	-	-
Vaseline en vet-producten <sup>1</sup>	Huidirritaties	-	2.661.426	-	-
Salbutamol	Benauwdheid sklachten	0,8 mg	1.204.411	1	<1
Hydrocortison	Eczeem o.a.	-	1.197.361	-	-
Macrogol	Verstopping, laxeermiddel	10 g	759.585	7.596	5697
Fusidinezuur	Bacteriële huidinfectie	-	752.515	-	-
Triamcinolon	Eczeem o.a.	-	611.544	-	-
Amoxicilline	Bacteriële (luchtweg) infectie	1 g	505.930	506	380
Macrogol, poeder	Verstopping, laxeermiddel	-	452.536	-	-
Hydrocortison met miconazol	Schimmel-infectie	-	416.754	-	-

1. Dit zijn basiscrèmes en –zalven zonder specifieke werkzame stof
2. Slechts een deel hiervan wordt via de urine uitgescheiden en zal in de incontinentiematerialen terecht komen. Hoe groot dat deel precies is, is moeilijk aan te geven.

#### *Hormoonresten in incontinentie- en absorptiematerialen*

In 2014 waren er ongeveer 2,35 miljoen vrouwen in leeftijdsklasse 45-64 jaar (bron: CBS). Hiervan gebruikten 58.600 (2,5%) vrouwen incontinentie- en absorptiematerialen. In deze leeftijdsklasse worden hormoonpreparaten gebruikt voor de behandeling van overgangsklachten. Hiervoor worden oestrogene en progestagene stoffen gebruikt, of een combinatie van beide stoffen. Tabel 6.7 toont de tien meest gebruikte hormoonpreparaten die deze groep vrouwen gebruikt (op basis van het aantal DDD's), en geeft daarmee een indruk van de stoffen waarmee de incontinentie- en absorptiematerialen verontreinigd kunnen zijn.

Tabel 6.7 Top-10 hormoonpreparaten gebruikt door vrouwen in de leeftijdsklasse 45-64 jaar

Werkzame stof	Standaard dag-dosering	Aantal DDD's	Aantal kg op basis van DDD's	Aantal kg door gebruikers incontinentie-materiaal (2,5%) <sup>5</sup>
Estriol (oestrogeen)	2 mg	4.864.018	9,7	<1
Estradiol (oestrogeen)	2 mg	2.247.246	4,5	<1
Tibolon (progestageen)	2,5 mg	1.946.575	4,9	<1
Estradiol (oestrogeen) met dydrogesteron (progestageen) <sup>1,3</sup>	1 mg / 5 mg	1.489.102	1,5 / 7,4	<1
Estradiol (oestrogeen) met dydrogesteron (progestageen) <sup>2, 3</sup>	2 mg 2 mg / 10 mg	1.361.297	2,7 / 6,8	<1
Lynestrenol (progestageen)	5 mg	988.878	4,9	<1
Medroxyprogesteron (progestageen)	5 mg	578.878	2,9	<1
Norethisteron (progestageen)	5 mg	532.914	2,9	<1
Estradiol (oestrogeen) met norethisteron (progestageen)	2 mg / 1 mg	453.833	1,1 / 0,5	<1
Estradiol (oestrogeen) met drospirenon (progestageen)	1 mg / 2 mg	427.893	0,4 / 0,9	<1

1. Tablet met vaste combinatie van zowel oestrogeen als progestageen.
2. Combinatieverpakking met tabletten met enkel oestrogeen en tabletten met vaste combinatie van oestrogeen en progestageen.
3. Geen DDD gedefinieerd door WHO. Hoogste dosering gebruikt.
4. Slechts een deel hiervan wordt via de urine uitgescheiden en zal in de incontinentiematerialen terecht komen. Hoe groot dat deel precies is, is moeilijk aan te geven.

Van de enkelvoudige oestrogeenpreparaten die bij overgangsklachten worden gebruikt, wordt het kortwerkend oestrogeen estriol het meest toegepast. Estradiol is biologisch het meest actieve oestrogeen. Na orale toediening wordt estradiol voor een belangrijk deel in de darmwand en de lever omgezet in het zwakker werkende estron. Tibolon is een progestageen met tevens een zwak oestrogene en androgene werking. Bij de combinatiepreparaten van oestrogenen met progestagenen blijkt

dat de combinatie estradiol met dydrogesteron het meest wordt toegepast. Er zijn twee verschillende middelen met deze combinatie. Het ene middel betreft een tablet met beide type hormonen in een vaste verhouding. Het andere middel een combinatieverpakking waarbij de eerste 14 dagen alleen estradiol wordt geslikt en daarna 14 dagen een tablet dat een vaste combinatie van estradiol en dydrogesteron bevat.

## 6.3 Milieurisico's

### 6.3.1 Werkwijze

De geneesmiddelen uit de tabellen 6.1 - 6.7 zijn samengevoegd tot één lijst (op alfabetische volgorde). Voor deze geneesmiddelen is een quick-scan gemaakt van mogelijke milieurisico's door in twee databases te zoeken:

- [www.fass.se](http://www.fass.se); een database die gevuld is met gegevens uit de toelatingsbeoordelingen, aangeleverd door farmaceutische bedrijven die het middel in Zweden op de markt hebben, en gecontroleerd door een onafhankelijke instantie. In principe zijn de gegevens op deze website gecontroleerd op betrouwbaarheid. Op deze website staan gegevens over het milieugedrag van de stof (log  $K_{OW}$ , afbreekbaarheid, bioaccumulatie) en de ecotoxiciteit. De website is in het Zweeds, maar de milieugegevens zijn in het Engels.
- [www.wikipharma.org](http://www.wikipharma.org); een database die tijdens het Mistrapharma project van MISTRA (Swedish Foundation for Strategic Environmental Research) gevuld is met openbare gegevens over de ecotoxiciteit van geneesmiddelen. Dit betreft meestal gegevens uit de openbare literatuur, waarvoor geen kwaliteitscontrole is gedaan.

In een apart databestand zijn de belangrijkste gegevens uit deze databases opgenomen per stof:

- Log  $K_{OW}$ : octanol-water partitiecoëfficiënt. Dit is een maat voor hydrophobiciteit en ook de biobeschikbaarheid van de stof. Op basis van de log  $K_{OW}$  is een indicatie van de biobeschikbaarheid gegeven. Wanneer log  $K_{OW}$  hoger dan 4,5 is, dan is de stof mogelijk bioaccumulerend.
- BCF: Bioconcentratiefactor. Wanneer deze hoger dan 2000, dan is de stof bioaccumulerend.
- Ready biodegradability: Wanneer een stof 'ready biodegradable' is, dan breekt de stof snel af in het milieu.
- Afbreekbaarheid in STP (*Sewage Treatment Plant*, rioolwaterzuiveringsinstallatie) of sediment. Er waren geen afbreekbaarheidsgegevens voor bodem beschikbaar. Over abiotische afbraak (hydrolyse, fotodegradatie) waren ook geen gegevens bekend voor deze stoffen.
- Acute toxiciteit, weergegeven als de laagste waarde voor de EC50 (concentratie waarbij 50% effect optreedt) die in de databases te vinden was. EC50-getallen voor chronische studies zijn niet in deze tabel opgenomen.
- Chronische toxiciteit, weergegeven als de laagste waarde voor de NOEC (No Effect Concentration) of EC10 (concentratie waarbij 10% effect optreedt). Getallen die gebaseerd zijn op eindpunten die normaliter niet in de milieubeoordeling worden meegenomen



(testen met cel-lijnen of bloedparameters) zijn niet in de tabel opgenomen.

Toxiciteitsgegevens zijn alleen beschikbaar voor waterorganismen. In de milieurisicobeoordeling bij de toelating van geneesmiddelen wordt primair van blootstelling via oppervlaktewater uitgegaan. Met betrekking tot de toxiciteit waren op Wikipharma vaak gegevens te vinden waaruit hogere toxiciteit bleek dan op fass.se. Dat komt zeer waarschijnlijk doordat Wikipharma ook gevuld is met gegevens uit openbare literatuur en daardoor ook andere organismen in deze database zijn opgenomen. Een betrouwbaarheidscheck van deze gegevens is echter niet uitgevoerd.

Niet meegenomen zijn de geneesmiddelen in Tabel 6.8. Dit zijn wat meer 'algemene' middelen, soms ook mengsels van ingrediënten, waarvoor wellicht nog milieugegevens te achterhalen zijn via REACH.

### 6.3.2 Resultaten

Voor een aantal geneesmiddelen uit de tabellen 6.1 tot een met 6.7 waren geen milieugegevens in de gebruikte databases te vinden (zie Tabel 6.9). Voor de overige 21 geneesmiddelen zijn de conclusies opgenomen in Tabel 6.10. De gedetailleerde gegevens die ten grondslag aan Tabel 6.10 zijn te vinden in het databestand (niet bijgesloten). Er is bij deze inventarisatie geen rekening gehouden met metabolieten van actieve ingrediënten. Hiervoor zijn meestal geen milieugegevens beschikbaar. Van een aantal hormonen is bekend dat ze uitgescheiden worden als glucoronide conjugaten, maar ook de actieve ingrediënt wordt in het oppervlaktewater nog gedetecteerd (wanneer er naar gezocht wordt), zoals bij estradiol.

*Tabel 6.8 Geneesmiddelen uit de tabellen 6.1 - 6.7 waarvoor geen milieugegevens gezocht zijn.*

Emolientia en protectiva
Calcium met Vitamine D en/of andere middelen
Kunsttranen
Macrogol
Vaseline en vetproducten

*Tabel 6.9 Geneesmiddelen uit de tabellen 6.1-6.7 waarvoor geen milieugegevens in de gebruikte databases opgenomen zijn. Opmerkingen zijn op basis expert judgement.*

Naam	Opmerking
Carbasalaat calcium	Zout van acetylsalicylzuur. Niet als actieve ingrediënt opgenomen in milieudatabases.
Colecalciferol	
Dydrogesteron	Sexually endocrine disruptor (hormoon). Mogelijk toxisch in lage concentraties.
Fluticasone	Hormoon, milieurisico niet uit te sluiten
Foliumzuur	Vitamine, milieurisico niet waarschijnlijk
Hydrochloorthiazide	
Medroxyprogesteron	Sexually endocrine disruptor (hormoon). Mogelijk toxisch in lage concentraties.

*Tabel 6.10 Geneesmiddelen uit de tabellen 6.1 - 6.7 (op alfabetische volgorde) waarvoor milieugegevens in de databases beschikbaar zijn. Conclusies over toxiciteit zijn gericht op ecotoxiciteit, over humane of zoogdier-toxiciteit waren in de onderzochte databases geen gegevens beschikbaar.*

<b>Naam</b>	<b>Beschikbaarheid gegevens</b>	<b>Conclusies</b>
Acetylsalicylzuur	Fass.se en Wikipharma	Geen/laag milieurisico vanwege afbreekbaarheid.
Amlodipine	Geen milieuinfo op fass.se. Toxiciteitsgegevens op Wikipharma laten toxiciteit zien.	Toxisch.
Amoxicillin	Fass.se en Wikipharma	Gebrekkig afbreekbaar en zeer hoge toxiciteit.
Atorvastatine	Geen milieuinfo op fass.se. Toxiciteitsgegevens op Wikipharma laten toxiciteit zien.	Geen conclusie mogelijk
Chloramphenicol	Geen milieuinfo op fass.se. Toxiciteitsgegevens op Wikipharma laten toxiciteit zien.	Geen conclusie mogelijk
Drospirenon	Geen milieuinfo op fass.se. Toxiciteitsgegevens op Wikipharma laten zeer hoge toxiciteit zien.	Hormoon (sexual endocrine disruptor). Zeer toxisch.
Enalapril	Gelimiteerde milieuinfo op fass.se en Wikipharma.	Geen conclusie mogelijk
Estradiol	Algemene milieuinfo beschikbaar op fass.se; toxiciteitsgegevens op fass.se blijken voor 17 $\beta$ - Estradiol te zijn. Wikipharma: zeer hoge toxiciteit.	Hormoon (sexual endocrine disruptor). Zeer toxisch. Wordt geregeld in oppervlaktewater aangetroffen. Opgenomen op 'watchlist' Kaderrichtlijn Water.
17 $\beta$ - Estradiol	Fass.se en Wikipharma: zeer hoge toxiciteit.	Hormoon (sexual endocrine disruptor). Zeer toxisch. Wordt geregeld in oppervlaktewater aangetroffen. Opgenomen op 'watchlist' Kaderrichtlijn Water.
Estriol	Geen milieuinfo op fass.se. Toxiciteitsgegevens op Wikipharma laten zeer hoge toxiciteit zien.	Stof is een hormoon (sexual endocrine disruptor). Zeer toxisch.
Fusidinezuur	Geen milieuinfo op fass.se en vrijwel geen info op Wikipharma.	Hormoon, geen conclusie mogelijk over milieurisico
Hydrocortisone	Gelimiteerde milieuinfo op fass.se, geen milieuinfo op Wikipharma.	Hormoon, geen conclusie mogelijk over milieurisico

Naam	Beschikbaarheid gegevens	Conclusies
Lynestrenol	Gelimiteerde milieuinfo op fass.se, geen milieuinfo op Wikipharma.	Hormoon (sexual endocrine disruptor). geen conclusie mogelijk over milieurisico.
Metformine	Fass.se en Wikipharma	Wordt in grote hoeveelheden in oppervlaktewater aangetroffen. Stof op NL Watchlist; norm afgeleid door RIVM (niet wettelijk) is 0.78 mg/L.
Metoprolol	Fass.se en Wikipharma	Wordt geregeld in oppervlaktewater aangetroffen. Stof op NL Watchlist; norm afgeleid door RIVM (niet wettelijk) is 0.062 mg/L.
Norethisteron	Gelimiteerde milieuinfo op fass.se, geen milieuinfo op Wikipharma.	Hormoon (sexual endocrine disruptor). Geen conclusie mogelijk over milieurisico.
Omeprazol	Geen milieuinfo op Wikipharma.	Geen/laag milieurisico vanwege afbreekbaarheid en lage toxiciteit
Pantoprazole	Gelimiteerde milieuinfo op fass.se, geen milieuinfo op Wikipharma.	Geen conclusie mogelijk
Salbutamol	Gelimiteerde milieuinfo op fass.se, geen milieuinfo op Wikipharma.	Milieurisico is niet uit te sluiten, maar gezien de lage toxiciteit niet waarschijnlijk. Geen gegevens over persistentie bekend.
Simvastatine	Geen milieuinfo op fass.se, gelimiteerde milieuinfo op Wikipharma.	Geen conclusie mogelijk
Tibolon	Gelimiteerde milieuinfo op fass.se, geen milieuinfo op Wikipharma.	Hormoon (sexual endocrine disruptor). Geen conclusie mogelijk over milieurisico.
Triamcinolone	Gelimiteerde milieuinfo op fass.se; geen milieuinfo op Wikipharma.	Hormoon. Geen conclusie mogelijk over milieurisico.

### *Hormonen*

De in tabel 6.8 aanwezige hormonen kunnen in twee groepen worden ingedeeld:

- Hormonen die vooral gebruikt worden in de leeftijdscategorie 0-4 jaar (zoals hydrocortison en fusidinezuur), in zalfjes tegen huidaandoeningen. Van de meeste van deze middelen zijn niet voldoende gegevens bekend om een schatting van het milieurisico te maken. Vanwege de hormonale werking van deze stoffen is een chronisch effect op waterorganismen of andere milieu-organismen niet uit te sluiten.
- Hormonen die voorgeschreven worden als hormoonpreparaten aan vrouwen van 45-64 jaar. Deze hormonen kunnen het seksueel endocriene systeem verstoren (sexual endocrine disruptors), dit wordt vooral geobserveerd bij vissen. Deze stoffen zijn vaak zeer giftig, en laten effecten zien in de ng/L range. Over de afbreekbaarheid van deze middelen in het milieu is weinig bekend. De stoffen estradiol en 17 $\beta$ -Estradiol zijn vanwege hun toxiciteit op de 'watchlist' van de Kaderrichtlijn Water opgenomen.

### *Niet-hormonen*

Een conclusie over de milieu-effecten is voor de meeste van deze stoffen niet te geven vanwege een gebrek aan gegevens. Metoprolol en Metformine zijn op een Nederlandse 'watchlist' opgenomen omdat ze geregeld (en in het geval van metformine in hoge concentraties) in Nederlands oppervlaktewater worden aangetroffen. De aanwezigheid van amoxicilline kan een risico zijn voor het milieu vanwege gebrekkige afbreekbaarheid en hoge toxiciteit. Het is niet waarschijnlijk dat acetylsalicylzuur en omeprazol een risico voor het milieu opleveren.

## **6.4 Conclusies**

Voor een aantal stoffen kan een milieurisico, afhankelijk van de vraag in welk milieucompartiment deze middelen via de luiერrecycling terecht kunnen komen, niet worden uitgesloten. Dit betreft amoxicilline (een antibioticum) en de hormonen die een werking hebben op het seksueel endocriene systeem. Van deze hormonen is bekend dat ze al in zeer lage concentraties in het water giftig zijn. De afbreekbaarheid van deze middelen is vaak echter onbekend.

Een risico voor het milieu is niet alleen afhankelijk van de toxiciteit, maar ook van de blootstelling van het milieu aan deze middelen. Toxiciteitsgegevens zijn alleen beschikbaar voor waterorganismen. In de milieurisicobeoordeling bij de toelating van geneesmiddelen wordt primair van blootstelling via oppervlaktewater uitgegaan. Bij toepassing van compost of digestaat op de bodem is oppervlaktewater niet een directe blootstellingsroute. Wel kunnen medicijnresten door afspoeling van de bodem of na uitspoeling via het grondwater het oppervlaktewater bereiken.

Het is mogelijk om vanuit ecotoxicologische gegevens voor waterorganismen een schatting te maken van de giftigheid voor bodemorganismen. Dit gebeurt met de zogenaamde evenwichtspartitie-

methode. Het blijft echter een schatting met soms grote onzekerheden. In de huidige inventarisatie is dit niet gedaan.

De lijsten met meest gebruikte middelen zijn opgesteld aan de hand van Defined Daily Doses (zie tabellen 6.1-6.7). Echter, een dosis staat niet gelijk aan de verwachte concentratie in urine en feces. Dit komt omdat iedere dosis verschillend is, afhankelijk van de werking van de stof, en doordat metabolisatie van de stof in het lichaam van de patiënt plaats kan vinden. Echter, middelen die in een lage dosis worden voorgeschreven omdat ze zeer potent zijn, kunnen soms ook in het milieu al in lage concentraties effecten te zien geven. Daarom is het gebruiken van Defined Daily Doses voor deze eerste prioritering een betere indicatie dan het gebruiken van totale hoeveelheden of vrachten.

Uit deze eerste inventarisatie blijkt vooral dat voor de meeste geneesmiddelen niet genoeg gegevens beschikbaar zijn om een indicatie van het risico voor het milieu te geven. Hiervoor zijn verschillende redenen aan te geven:

- Van geneesmiddelen die zijn toegelaten voor 2006 zijn vaak geen milieugegevens beschikbaar, omdat pas vanaf 2006 een milieubeoordeling bij de toelating verplicht is gesteld.
- De fass.se database wordt op vrijwillige basis door de farmaceutische partijen gevuld.
- De Wikpharma database is alleen gevuld met openbare literatuur.

Mogelijk zijn meer gegevens te vinden door andere bronnen/databases aan te boren, door contact op te nemen met het Europees Medicijnagentschap of door contact op te nemen met de registratiehouders van producten met de geneesmiddelen. Ook zouden model-schattingen met QSARs (Quantitative Structure-Activity Relationships) gemaakt kunnen worden. Voor geneesmiddelen met specifieke werkingsmechanismes zijn deze echter niet altijd geschikt. Met mengseltoxiciteit is bij deze inschatting geen rekening gehouden.



## 7 Deelstudie: Microbiologische risico's

*Marjolein Schalk, Adrie de Bruijn*

### 7.1 Humane pathogenen in luiers en incontinentiemateriaal

#### 7.1.1 *Type pathogenen*

Ziekteverwekkers (pathogenen) worden uitgescheiden via feces door mensen die bijvoorbeeld gastro-enteritis, hepatitis of meningitis hebben. Personen kunnen ook asymptomatisch geïnfecteerd zijn: ze hebben dan geen ziekte verschijnselen maar scheiden wel grote hoeveelheden pathogenen uit. Pathogenen in feces kunnen van bacteriële, parasitaire of virale oorsprong zijn. Ook kunnen helminthen (parasitaire wormen) voorkomen in feces; hier is in de beantwoording van bovenstaande vraag niet verder op ingegaan. De urine van mensen met urineweginfecties kunnen ook pathogenen bevatten. Pathogenen in urine zijn voornamelijk bacterieel (meestal *E. coli*) en soms viraal (herpes simplex virus). Het Deense Environmental Protection Agency heeft in 2003 een rapport uitgebracht over het voorkomen en overleven van virussen bij composteren van humane feces (Guardabassi et al., 2003). Op basis van literatuuronderzoek is een overzicht gemaakt van humane pathogenen die in feces kunnen voorkomen, zie Tabel 7.1.

In Nederland is in de periode maart 2010 - maart 2013 een onderzoek uitgevoerd naar het voorkomen van enterale pathogenen (pathogenen die via het spijsverteringskanaal binnendringen, en worden uitgescheiden) in feces in luiers van kinderen die een kinderdagverblijf bezoeken (Enserink et al., 2014). De monsters werden met behulp van moleculaire methoden (methoden waarmee DNA of RNA van het pathogeen wordt aangetoond) onderzocht op negen bacteriële pathogenen, drie parasitaire pathogenen en vijf virale pathogenen. In tabel 7.2 is weergegeven welke pathogenen werden aangetroffen in welk percentage van de meer dan 5000 onderzochte monsters. In 78% van de monsters werden pathogenen aangetroffen. Dit is opvallend omdat 95% van de kinderen van wie een monster werd genomen geen ziekteverschijnselen vertoonden. Bacteriële pathogenen werden het meest gevonden (44,7% van de monsters), gevolgd door parasieten (27%) en virussen (22,1%).

Tabel 7.1 Humane pathogene bacteriën, protozoa en virussen die aanwezig kunnen zijn in humane feces. Uit: Guardabassi et al., 2013, aangevuld met data uit Enserink et al., 2014.

Bacteriën	Parasieten	Virussen
<i>Salmonella</i> spp	<i>Cryptosporidium parvum</i>	Adenovirus
Pathogene <i>Escherichia coli</i>	<i>Entamoeba histolytica</i>	Astrovirus
<i>Campylobacter jejuni/coli</i>	<i>Giardia lamblia</i>	Calicivirus (o.a. norovirus en sapovirus)
<i>Shigella</i> spp	<i>Balantidium coli</i>	Enterovirus
<i>Vibrio cholerae</i>	<i>Dientamoeba fragilis</i>	Hepatitis A virus
<i>Yersinia enterocolitica</i>		Hepatitis E virus
<i>Leptospira icterohaemorrhagiae</i>		Rotavirus
<i>Clostridium difficile</i>		

Tabel 7.2 Prevalentie(in %) van enterale pathogenen in feces uit luiers van kinderen die kinderdagverblijven bezoeken in de periode maart 2010-maart 2013. (Enserink et al., 2014).

Bacteriële pathogenen	44,7%	Parasitaire pathogenen	27%	Virale pathogenen	22,1%
Enteropathogenic E. coli	19,9%	Dientamoeba fragilis	22,1%	Norovirus	9,5%
Clostridium difficile	16,5%	Giardia lamblia	4,2%	Sapovirus	3,9%
Entero aggregative E. coli	5,3%	Cryptosporidium spp.	0,8%	Rotavirus	3,3%
Schigatoxin-producing E. coli	1,9%			Astrovirus	2,8%
Campylobacter jejuni	0,5%			Adenovirus	2,7%
Salmonella enterica	0,3%				
Shigella spp.	0,1%				
Yersinia enterocolitica	0,1%				

Prevalentie is uitgedrukt als het aantal positieve monsters per totaal aantal geanalyseerde monsters  $\times 100\%$ .

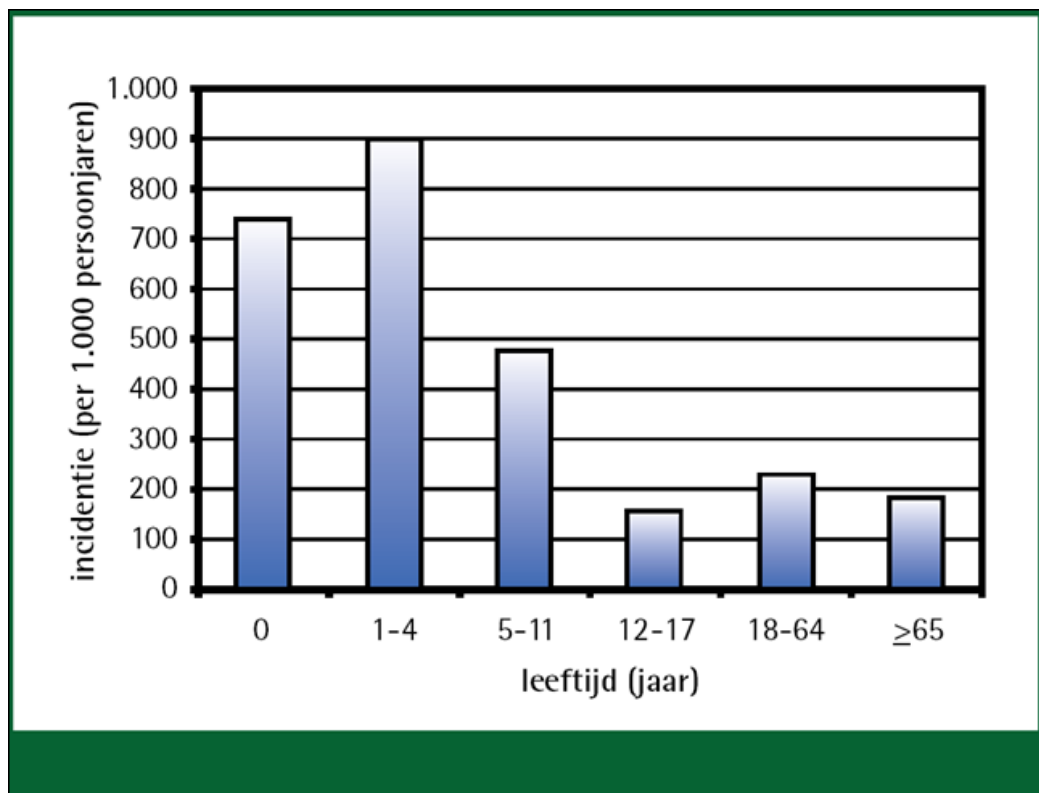


### 7.1.2 Gastro-enteritis

Uit bevolkingsonderzoek is gebleken dat jaarlijks circa 4,5 miljoen personen een episode van acute gastro-enteritis (aandoening aan maag-darmkanaal met acute diarree) doormaken (zie Figuur 7.1). De incidentie was het hoogste bij jonge kinderen (1-4 jaar), waarbij bijna elk kind minstens een maal per jaar een episode van buikgriep doormaakt. Voor 5-11 jarigen is dit ongeveer de helft en voor de leeftijdsgroepen daarboven ligt dit rond de 20%.

In het onderzoek van Koopmans et al. (2008) werden virussen, en met name rotavirus, norovirus en sapovirus, het vaakst gevonden als veroorzaker. Bij bacteriële infecties ging het meestal om salmonella en campylobacter. Andere bacteriële veroorzakers, zoals shigatoxine producerende *E.coli* (STEC), shigella en yersinia, worden minder vaak gevonden in de diagnostiek. Van de parasitaire verwekkers komen *Giardia*, *Cryptosporidium* en *Dientamoeba fragilis* het meest voor. Andere virale ziekteverwekkers in feces zijn Hepatitis A virus en Enterovirus. Deze worden echter veel minder vaak gevonden. Het hangt erg van de leeftijd af welke veroorzaker het vaakst wordt gevonden (zie Tabel 7.3).

De veroorzakers van gastro-enteritis zijn weergegeven voor verschillende leeftijdsgroepen. De getallen zijn weergegeven als percentages ten opzichte van het totaal aantal patiënten van de betreffende leeftijdsgroep.



Figuur 7.1 Incidentie van gastro-enteritis voor verschillende leeftijdsgroepen (Uit Koopmans et al., 2008)

Tabel 7.3 Veroorzakers (in %) van gastro-enteritis bij verschillende leeftijdsgroepen (Uit: Koopmans et al., 2008).

Micro-organisme	0 jaar	1-4 jaar	5-59 jaar	60+
Salmonella	3,1	7,4	3,1	2,6
Campylobacter	-	5,2	12,6	7,8
Rotavirus	21,2	15,2	2,4	2,9
Adenovirus	9	9,4	0,5	-
Norovirus	15,2	8,7	4,3	1,6
Sapovirus	3,8	4,8	3	-
Astrovirus	-	1,5	1	-
Cryptosporidium	-	4,4	2,1	-
Giardia	3	5,8	5,7	3,9
Onbekend	44,7	37,6	65,3	81,2

### 7.1.3 Hoeveelheden pathogenen

Bovenstaande studies geven informatie over welke pathogenen het meest worden aangetroffen bij patiënten met enterale infecties veroorzaken (rotavirus en norovirus bij kinderen, en campylobacter en giardia bij ouderen) en welke pathogenen het vaakst in feces in luiers worden aangetroffen (*Dientamoeba fragilis*, pathogene *E. coli* en *Clostridium difficile*). Het blijkt dat de pathogenen die worden uitgescheiden sterk afhankelijk zijn van leeftijd. Bovendien zijn schommelingen hierin vaak ook seizoensgebonden (Enserink et al., 2014; Koopmans et al., 2008). Wel blijkt uit bovenstaande dat pathogenen vaak aanwezig zijn in feces, in ieder geval bij kinderen. Wat de hoeveelheid humane pathogenen is in de totale hoeveelheid luiers en incontinentiemateriaal is echter onduidelijk. Het is lastig om een schatting van de concentraties in de totale hoeveelheid luieraafval te maken. Concentraties hangen namelijk af van het aantal mensen dat ziek wordt van een specifiek pathogeen, de tijdsduur dat het pathogeen uitgescheiden wordt en de hoeveelheid pathogenen die uitgescheiden wordt tijdens ziekte. Muscillo et al. (2013) rapporteren dat de uitscheiding van een type norovirus (genogroep IV) in de feces van gehospitaliseerde patiënten  $5 \times 10^4$  -  $1 \times 10^6$  deeltjes per gram feces was. Bosch (1998) rapporteert dat een geïnfecteerd persoon  $10^7$  tot  $10^{13}$  virus deeltjes per dag uitscheidt.

Om een indruk te krijgen van de concentraties pathogenen in de totale hoeveelheid feces kunnen we kijken naar de gemeten concentraties in ongezuiverd rioolwater bij rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's). Dit geeft geen betrouwbaar beeld van hoeveelheden pathogenen in feces, omdat concentraties pathogenen bij rioolwaterzuiveringsinstallaties lager zijn, bijvoorbeeld door verdunning en inactivatie, maar het geeft wel een indruk van een minimale concentratie. In tabel 7.4 is voor een aantal studies de gemeten concentraties in ongezuiverd rioolwater en gezuiverd rioolwater weergegeven voor een paar pathogenen.

*Tabel 7.4. Concentraties pathogenen in ongezuiverd en gezuiverd rioolwater.*

<b>Pathogeen</b>	<b>Ongezuiverd rioolwater</b>	<b>Gezuiverd rioolwater</b>	<b>Referentie</b>
Norovirus	5.111-850.000 PDU/L	896-7.499 PDU/L	Lodder et al., 2005
Norovirus GI	<10-3500 PDU/L		Hellmér et al., 2014
Norovirus GII	12.400-270.000 PDU/L		Hellmér et al., 2014
Rotavirus	339-55.000 PDU/L	598-2.9000 PDU/L	Lodder et al., 2005
Rotavirus	500-3800 PDU/L		Hellmér et al., 2014
Enterovirus	140-833 PFU/L	5-39 PFU/L	Lodder et al., 2005
Adenovirus	93.000-330.000 PDU/L		Hellmér et al., 2014
Cryptosporidium		0,4-154,1 oöcyten/L	Sroka et al., 2013
Giardia		0,7-660 cysten/L	Sroka et al., 2013

Voor virussen zijn de getallen weergegeven als PCR-detecteerbare units per liter (PDU/L) indien er gemeten is met PCR, een methode waarmee de aanwezigheid van genetisch materiaal (DNA of RNA) wordt bepaald. Deze methode zegt weliswaar iets over aanwezigheid van het virus, maar niets over infectiviteit van het virus. Voor enterovirus zijn getallen weergegeven als plaque forming units per liter (PFU/L) indien er is gemeten met methode waarmee alleen infectieuze virussen kunnen worden gedetecteerd. Voor cryptosporidium en giardia zijn respectievelijk het aantal oöcyten en cysten weergegeven. Norovirus GI en GII zijn twee typen van norovirussen die ziekte bij de mens kunnen veroorzaken.

Hellmér et al. (2014) detecteerden virussen met behulp van PCR in gepoolde rioolwatermonsters van een periode van 7 weken. Op het moment van monsternamen was er in de regio een hepatitis A en een norovirus GII uitbraak gaande. Norovirus, sapovirus, rotavirus, astrovirus and adenovirus kon worden aangetoond in alle monsters, ook gedurende de weken dat er geen positieve patiënten-monsters waren. De opbrengst van de zuiveringsmethode om het virus uit het rioolwater te zuiveren ten behoeve van de detectie werd geschat op 10%. Dus de werkelijke concentratie was waarschijnlijk nog een factor 10 hoger dan de hierboven weergegeven data. Lodder et al. (2005) deden metingen aan norovirus, rotavirus en enterovirus in gezuiverd en ongezuiverd rioolwater. Voor norovirus en rotavirus werd een PCR-methode gebruikt. Voor enterovirus werd een methode gebruikt waarmee alleen infectieuze virusdeeltjes werden gedetecteerd. De aantallen lagen voor enterovirus

beduidend lager dan voor norovirus en rotavirus. Op basis van deze getallen concluderen Lodder et al. (2005) dat ongeveer 1% van de met PCR aangetoonde virusdeeltjes infectieus zijn (Lodder et al., 2005). Sroka et al. (2013) bepaalden cryptosporidium en giardia in gezuiverd rioolwater van RWZI's. Cryptosporidium werd gevonden in het effluent van 61,5% van de onderzochte RWZIs (8 van de 13) en concentraties varieerden van 0,4-154,1 oöcyten per liter. Levensvatbaarheid werd vastgesteld door middel van een viability kleuring en varieerde van 0-60%. Giardia werd gevonden in 84,6% van de RWZI's in hoeveelheden van 0,7-660 cysten per liter. Levensvatbaarheid varieerde van 0-100%. Bovenstaande getallen geven aan dat de hoeveelheid pathogenen bij RWZI's behoorlijk hoog kan zijn. Hieruit kan worden geconcludeerd dat ook de hoeveelheid pathogenen in feces behoorlijk hoog zal zijn. Pathogenen kunnen al in kleine hoeveelheden ziekteverwekkend zijn.

## 7.2 Risico's van pathogenen in het milieu

Om de risico's van pathogenen in luiers vast te kunnen stellen is van belang om te weten:

1. Wat de concentraties van de pathogenen zijn in de luiers en incontinentiemateriaal.
2. Wat de inactivatie is tijdens transport, opslag en verwerking van de luiers.
3. Wat de eventuele toename is van pathogenen door groei tijdens transport, opslag en verwerking.
4. Wat de blootstellingsroutes zijn van het eindproduct naar de mens.
5. Wat de infectieuze dosis is van het pathogeen.

Ad 1. Zoals hierboven al aangegeven is het lastig om een inschatting te maken van de hoeveelheden pathogeen in luiers. Uit metingen bij RWZI's blijkt dat de hoeveelheden pathogenen in rioolwater, en waarschijnlijk dus ook in feces aanzienlijk zijn.

Ad 2. Op het effect van inactivatie tijdens verwerkingsprocessen is bij beantwoording van vraag 3 verder ingegaan.

Ad 3. Voor virussen geldt dat er geen groei kan plaatsvinden tijdens transport, opslag en verwerking, omdat deze zich alleen in een gastheer kunnen vermenigvuldigen. Bacteriën kunnen wel in aantal toenemen als de omstandigheden voor groei gunstig zijn.

Ad 4. Bij pathogenen die zich via de feces verspreiden zal het vooral gaan om enterale pathogenen. Blootstelling van mensen vindt dan plaats via de orale route. Denkbare blootstellingsroutes bij toepassing van verwerkingsproducten van luieraafval (compost of digestaat) op het land kunnen dan zijn:

- Besmetting van landbouwgewassen indien compost of digestaat afkomstig van luiers direct wordt toegepast op grond waarop deze gewassen groeien (Mininni et al., 2015). Dit is met name een risico voor gewassen die zonder bereiding worden gegeten, zoals sla en aardbeien.

- Uitspoeling naar het oppervlaktewater waarna het oppervlaktewater wordt gebruikt voor bereiding van drinkwater of als recreatiewater (Mininni et al., 2015).
- Gebruik van besmet oppervlaktewater als irrigatiewater. Dit laatste is met name een risico voor gewassen die zonder bereiding worden gegeten, zoals sla. Fecale pathogenen vanuit het irrigatiewater kunnen terecht komen op deze gewassen (Castro-Rosas et al., 2012; Bouwknegt et al., 2015).
- Verspreiding via de wind na bemesten van het land met compost of digestaat (Tanner et al., 2008). Blootstelling zal dan vooral plaatsvinden via inademing, wat voor enterale pathogenen waarschijnlijk een inefficiënte transmissieroute zal zijn.

Ad 5. Voor het vaststellen van risico's is het verder van belang te weten wat de infectieuze dosis is van het pathogeen. De meeste enterale virussen hebben een lage infectieuze dosis. Slechts enkele virusdeeltjes kunnen al voldoende zijn om tot een infectie te leiden. De infectieuze dosis voor norovirus is bijvoorbeeld ongeveer 10 deeltjes.

### 7.3 Inactivatie van pathogenen tijdens verwerking

Hieronder staat voor twee verwerkingsprocessen het effect op micro-organismen beschreven, namelijk voor biovergisting en voor compostering. Deze processen worden soms vooraf gegaan door hygiëniseren (60 minuten verhitten bij 70°C) wat is gericht op het inactiveren van micro-organismen. Bij inactivatie speelt met name de temperatuur tijdens het proces een rol. Veel enterale virussen zijn goed bestand tegen hoge temperaturen (Duizer et al., 2004; Croci et al., 2005; Bidawid et al., 2000; Nissen et al., 1996). Het meest hitte-resistent is HAV (Hepatitis A Virus) wat zelfs na 30 minuten bij 60°C of 10 minuten bij 80°C niet volledig geïnactiveerd wordt (Guardabassi et al., 2003).

#### 7.3.1 *Inactivatie door hygiëniseren (60 minuten verhitten bij 70°C)*

De meeste micro-organismen worden tijdens hygiëniseren gedood (Heezen et al., 2015). Echter spore-vormers, zoals *Clostridium* en *Bacillus* kunnen het hygiëniseren-proces overleven. Deze kunnen ook voorkomen in humane feces. Enterococci blijken behoorlijk hittetolerant en minimaal 30 minuten verhitten bij 70°C is nodig om tenminste 4-log reductie te verkrijgen tot onder de detectielimiet (Sahlstrom et al., 2008). Porcine parvovirus (welke niet pathogeen is voor de mens) bleek een hitte-stabiel virus. Hiervoor werd 3,2 log reductie bereikt bij 60 - 70°C. Volledige afdoding werd niet bereikt (Sahlstrom et al., 2008).

#### 7.3.2 *Inactivatie door biovergisting*

Bij biovergisting wordt het oorspronkelijke, organische materiaal, afgebroken via anaerobe digestie (AD). Dit proces vindt plaats door micro-organismen. Het AD-proces kan plaatsvinden bij lage temperatuur (psychrofiel, < 25°C), gematigde temperatuur (mesofiel, 25°C -45°C), en hoge temperatuur (thermofiel, 45°C-70°C). Hoe hoger de temperatuur, hoe sneller het proces verloopt. Voor een uitgebreidere beschrijving van het effect van hygiëniseren en AD op micro-organismen verwijzen we naar het RIVM-rapport "Feitenrelas rond de aspecten

Gezondheid en Veiligheid van Biovergisting" (Heezen et al., 2015). De inactivatie-efficiency tijdens anaerobe digestie hangt af van verblijftijd in de digester, de temperatuur, roertechniek en digester type. De beste inactivatie wordt bereikt bij thermofiele digestie. Spore-vormende bacteriën, zoals *Clostridium* en *Bacillus* worden echter niet of nauwelijks geïnactiveerd tijdens thermofiele anaerobe digestie (Heezen et al., 2015). De temperatuur van 20 -45°C bij mesofiele vergisting is gunstig voor bacteriën, virussen, schimmels en parasieten om te kunnen overleven. Afhankelijk of bacteriën anaeroob zijn kunnen ze zich ook nog vermenigvuldigen. Humane pathogene virussen kunnen, zoals hierboven ook al aangegeven, zich niet vermenigvuldigen buiten de gastheer.

### 7.3.3 *Inactivatie door compostering*

Het composteringsproces en het effect van compostering op micro-organismen staat uitgebreid beschreven in het rapport "Gezondheidsaspecten van het wonen nabij composteerbedrijven" (Hagens et al., 2011). Bij composteerbedrijven wordt het organisch afval in verschillende partijen (batches) gecomposteerd. Onder optimale omstandigheden doorloopt het composteerproces in deze batches drie verschillende fasen: de mesofiele fase, de thermofiele fase en de afkoelings-/rijpingsfase. Tijdens de mesofiele fase (gematigde temperatuur) zorgen mesofiele micro-organismen voor een snelle afbraak van eenvoudig afbreekbare verbindingen. Hierbij komt warmte vrij die zorgt voor stijging van de temperatuur in de batch. Deze fase duurt enkele dagen. De thermofiele fase (hoge temperatuur) begint door toename van de temperatuur. Boven 40 °C nemen thermofiele micro-organismen geleidelijk het composteerproces over van de mesofiele micro-organismen. Boven 55 °C sterven vele pathogenen. Boven 70 °C vertraagt het proces omdat dan ook de thermofiele micro-organismen door de temperatuur geremd worden. De afkoelings-/rijpingsfase komt op gang als de energiebron voor het composteerproces langzaam opdraakt. Hierdoor daalt de temperatuur weer naar gematigde waarden, waarbij de nog toegankelijke, resterende moleculen worden afgebroken.

Tijdens het composteringsproces worden de meeste pathogene bacteriën geïnactiveerd in de thermofiele fase, als gedurende drie dagen de temperatuur meer dan 55 °C bedraagt (Jones en Martin, 2003). In een Deense studie is gekeken naar het effect van compostering op inactivatie van virussen in humane feces (Guardabassi et al., 2003). In het rapport wordt geconcludeerd dat gecontroleerde compostering (dit leidt tot blootstelling aan 55 graden gedurende twee weken) of gecontroleerde sanitatie (1 uur verhitten bij 70 graden) leidt tot volledige inactivatie van alle pathogene virussen die in humane feces kunnen voorkomen. Zelfs een hitte-stabiel virus als HAV wordt onder de condities welke vergelijkbaar zijn met die voor compostering geïnactiveerd, indien het proces volledig efficiënt verloopt (Guardabassi et al., 2003). Spore-vormende bacteriën zullen naar alle waarschijnlijkheid het composteringsproces wel overleven.

#### 7.4 **Risico's van pathogenen in perspectief met andere blootstellingsroutes**

De bijdrage van pathogenen in het milieu door verwerking van luiers moet in perspectief worden geplaatst met andere routes die kunnen bijdragen aan humane pathogenen in het milieu. Een belangrijke route waardoor humane enterale pathogenen in het milieu terecht kunnen komen is via lozing van gezuiverd rioolwater op het oppervlaktewater. De zuiveringsprocessen van rioolwaterzuiveringsinstallaties leiden slechts tot een geringe reductie van de in het rioolwater aanwezige virussen. Voor norovirus werd bijvoorbeeld een reductie van 2 - 2.7 log gemeten tijdens de zuivering (van den Berg et al., 2005). Voor norovirus werden hoeveelheden variërend van  $10^2$  -  $10^3$  deeltjes per liter gemeten in gezuiverd rioolwater (van den Berg et al., 2005; Lodder et al., 2005, zie ook tabel 7.4). In rivierwater werden 4 tot 4900 deeltjes per liter gemeten (Lodder et al., 2005). Rotavirus werd ook aangetroffen in rivierwater (57 tot 5386 deeltjes per liter). Ervan uitgaande dat ongeveer 1% van deze deeltjes infectieus is kan blootstelling aan gezuiverd rioolwater of oppervlaktewater leiden tot ziekte.

#### 7.5 **Conclusie**

In luiers en incontinentiemateriaal kunnen hoge concentraties aan humane pathogenen voorkomen. Toepassing van verwerkingsproducten van luiers op het land kan, indien deze pathogenen niet geïnactiveerd worden, leiden tot overdracht van pathogenen naar de mens. Een voorbeeld van een transmissieroute is het toepassen van verwerkingsproducten van luiers voor bemesting van grond waar gewassen worden geteeld, zoals sla en aardbeien, die tijdens bereiding niet verhit worden. Via het eten van deze gewassen is overdracht van pathogenen mogelijk. Hoe groot de kans is op infectie hangt af van de mate van inactivatie van de pathogenen tijdens de verwerking van luiers en van de infectieuze dosis van het pathogeen. Verwerkingsprocessen zoals hygiëniseren, (bio)vergisting en compostering, zullen bij gecontroleerde condities leiden tot inactivatie van het merendeel van de pathogenen. Een uitzondering vormen de spore-vormende bacteriën *Clostridium* en *Bacillus* welke inactivatie processen kunnen overleven, en hitte-resistente virussen welke ook voor langere tijd hoge temperaturen kunnen overleven. Hoe groot het infectierisico is voor deze pathogenen hangt af van de hoeveelheid pathogenen in de grondstof (de luiers en incontinentiemateriaal), de mate van inactivatie tijdens het verwerkingsproces, mogelijke blootstellingsroutes (afhankelijk van toepassing van het verwerkingsproduct) en infectieuze dosis voor het pathogeen. Indien hierover meer bekend is kunnen met behulp van een kwantitatieve risico-inschatting de risico's bepaald worden. De risico's kunnen worden vergeleken met de risico's die nu al voorkomen door lozing van behandeld rioolwater op het oppervlaktewater.





## 8 Referenties

Barlaz, M. 2006. Forest products decomposition in municipal solid waste landfills. *Waste Management*, volume 26, pagina 321–333, 2006.

Bidawid S, Farber JM, Sattar SA, Hayward S. 2000. Heat inactivation of hepatitis A virus in dairy foods. *J Food Prot.* 63:522-528.

Bosch A. (1998) Human enteric viruses in the water environment: a minireview. *Int Microbiol*, 1; 191-6.

Boswell, J. G. 1941. The Biological Decomposition of Cellulose. *The New Phytologist*. Vol. 40, No. 1 (Apr. 4, 1941), pp. 20-33.

Bouwknegt M, Verhaelen K, Rzeżutka A, Kozyra I, Maunula L, von Bonsdorff CH, Vantarakis A, Kokkinos P, Petrovic T, Lazic S, Pavlik I, Vasickova P, Willems KA, Havelaar AH, Rutjes SA, de Roda Husman AM. 2015. Quantitative farm-to-fork risk assessment model for norovirus and hepatitis A virus in European leafy green vegetable and berry fruit supply chains. *Int J Food Microbiol.* 198:50-58.

Brethouwer, T. 2012. Factsheet luiers (t.b.v. account managers gemeenten). Attero.

<https://www.roermond.nl/Docs/bestuur/gemeenteraad/tijdelijk/alle%20stukken%20bv%20raad%2012%20april%202012/ru%2016%20of%2017%20bijlage%203.pdf>, geraadpleegd op 28 april 2016.

Castro-Rosas J, Cerna-Cortés JF, Méndez-Reyes E, Lopez-Hernandez D, Gómez-Aldapa CA, Estrada-Garcia T. 2012. Presence of faecal coliforms, *Escherichia coli* and diarrheagenic *E. coli* pathotypes in ready-to-eat salads, from an area where crops are irrigated with untreated sewage water. *Int. J. Food Microbiol.* 156: 176-180.

CE Delft 2007. Verwerking van luieraafval Verwerking van luieraafval. Vergelijking op milieueffecten, kosten en hygiënische aspecten van verwerkingsroutes. J.T.W. Vroonhof. Publicatienummer: 07.3388.16

Cook, B. d., Bloom, P.R. and Halbach, T.R.1997.. Fate of a Polyacrylate Polymer during Composting of Simulated Municipal Solid Waste. Technical Reports, Biodegradation and Remediation. *Journal of Environmental Quality*, 26 pagina 618 – 625, 1997.

Croci L, De Medici D, Di Pasquale S, Toti L. 2005. Resistance of hepatitis A virus in mussels subjected to different domestic cookings. *Int J Food Microbiol.* 105:139-144.

Derksen, J.G.M., C.T.A. Moermond, C.W.M. Bodar Recycling of waste streams containing human and veterinary pharmaceuticals; an overview of technological developments and possible consequences for pharmaceutical releases into the environment. RIVM Letter report 2015-0174, Bilthoven

Duizer E, Bijkerk P, Rockx B, De Groot A, Twisk F, Koopmans M. 2004. Inactivation of Caliciviruses. *Appl Environ Microbiol.* 70: 4538-4543.

EC 2002. European union risk assessment report acrylic acid. Institute for Health and Consumer Protection, European Chemicals Bureau, Existing Substances, Joint Research Centre, European Commission.

ECHA 2016. <http://echa.europa.eu/information-on-chemicals/cl-inventory-database>. Geraadpleegd in januari 2016.

EDANA 2008. Fact Sheet Disposable Baby Diapers. 01/10/2008.

EDANA 2015. Sustainability Report, 4th edition, 2015. Published by EDANA, International association serving the nonwovens and related industries, [www.edana.org](http://www.edana.org)

Elliot, M. 1997. Supersorbent polymers. Published in Buchholz, FL (Editor) & Graham, AT - Modern Superabsorbent Polymer Technology. John Wiley & Sons, November 1997, 0471194115.

Enserink R, Scholts R, Bruijning-Verhagen P, Duizer E, Vennema H, de Boer R, Kortbeek T, Roelfsema J, Smit H, Kooistra-Smid M, van Pelt W. 2014. High detection rates of enteropathogens in asymptomatic children attending day care. *PLoS One.* 24:9.

Espinosa-Valdemara, R.M.E., Sotelo-Navarro, P.X. et al. 2014. Biological recycling of used baby diapers in a small-scale compostingsystem. *Resources, Conservation and Recycling* 87 (2014) pagina 153–157, 2014.

Evonik 2015. Fluff-pulp debonders. Geraadpleeg op 26 november 2015. URL: <http://www.tissueadditives.com/product/tissue-additives/en/products/tissue-fluff-pulp/fluff-pulp-debonders/>

Frank, M. 2012. Superabsorbents. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.

Guardabassi L, Dalsgaard A and Sobsey M, 2003. Occurrence and survival of viruses in composted human faeces. *Sustainable Urban Renewal and Wastewater Treatment* No. 32

Guinée, J.B., Heijungs, R., Huppes, G., Zamagni, A., Masoni, P., Buonamici, R., Ekvall, T., Rydberg, T. 2010. Life Cycle Assessment: Past, Present, and Future. *Environ. Sci. Technol.* 45, 90–96. doi: 10.1021/es101316v

Hagens WI, Rutjes SA, Rutgers M, Janssen PJCM, Fischer PH, Dusseldorp A. 2011. Gezondheidsaspecten van het wonen nabij composteerbedrijven. RIVM rapport 609300028.

Hamilton, J.D., K. H. Reinert, J. E. McLaughlin, 1995 Aquatic Risk Assessment of Acrylates and Methacrylates in Ho Hamilton usehold Consumer Products Reaching Municipal Waste-water Treatment Plants, *Environ. Technol.*, 16, 715.

Heezen PAM, Schalk JAC, Posthuma L, Wintersen AM. 2015. Feitenrelaas rond de aspecten 'Gezondheid en Veiligheid' van Biovergiftiging. RIVM rapport 2014-0162.

Hellmér M, Paxéus N, Magnus L, Enache L, Arnholm B, Johansson A, Bergström T, Norder H. 2014. Detection of pathogenic viruses in sewage provided early warnings of Hepatitis A virus and Norovirus outbreaks. *Appl. Environ. Microbiol.* 80: 6771-6781.

Hüttermann, A., Oriquiriza, L.J. B. en Agaba, H. 2009. Application of Superabsorbent Polymers for Improving the Ecological Chemistry of Degraded or Polluted Lands. *Clean*, 37 (7), 517 – 526.

Jones P. and Martin M. (2003) The occurrence and survival of pathogens of animals and humans in green compost, WRAP, ISBN 1-84405-063-7. Koopmans MPG, Kortbeek LM, Duynhoven YTHP. 2008. Acute gastro-enteritis: inzicht in diagnostiek door populatieonderzoek. *Tijdschrift voor infectieziekten* 3: 8-16.

Larson, R.J., Bookland, E.A., Williams, R.T., et al. 1997. Biodegradation of Acrylic Acid Polymers and Oligomers by Mixed Microbial Communities in Activated Sludge. *Journal of Environmental Polymer Degradation*, Vol. 5, No. 1, pagina 41-48, 1997.

Li, X., He, J.Z., Hughes, J.M., Liua, Y.R., Zheng, Y.M. (2014). Effects of super-absorbent polymers on a soil–wheat (*Triticum aestivum* L.) system in the field. *Applied Soil Ecology* 73:58– 63.

Lodder WJ, de Roda Husman AM. 2005. Presence of noroviruses and other enteric viruses in sewage and surface waters in the Netherlands. 71: 1453-1461.

Loorbach, D., Rotmans, J., 2010. The practice of transition management: Examples and lessons from four distinct cases. *Futures* 42, 237–246. doi: 10.1016/j.futures.2009.11.009

Mininni G, Blanch AR, Lucena F, Berselli S. 2015. EU policy on sewage sludge utilization and perspectives on new approaches of sludge management. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 22: 7361-7374.

Muscillo M, Fratini M, Graffeo R, Sanguinetti M, Martella V, Green KY, Della Libera S, La Rosa G. 2013. GIV Noroviruses in wastewaters and in stool specimens from hospitalized patients. *Food Environ. Virol.* 5: 194-202.

Nissen E, König P, Feinstone SM, Pauli G. 1996. Inactivation of hepatitis A and other enteroviruses during heat treatment (pasteurization). *Biologicals.* 24: 339-341.

NVRD/RWS, 2015, Ketenproject luiers - Ketenanalyse en envinventarisatie van kansen en belemmeringen. [www.vang-hha.nl/publish/pages/109827/ketenprojectluiers-ketenanalyseeninventarisatiekansenenbelemmeringen-eindrapportfase1.pdf](http://www.vang-hha.nl/publish/pages/109827/ketenprojectluiers-ketenanalyseeninventarisatiekansenenbelemmeringen-eindrapportfase1.pdf), geraadpleegd op 28 april 2016.

Osada, Y. en Kajiwar, K. 2001. Gels Handbook, volume 1, The fundamentals. Academic Press. Page 30.

Rijkswaterstaat, 2013. Samenstelling van het huishoudelijk restafval, sorteeraanlyses 2012. Ministerie van Infrastructuur en Milieu. Mei 2013 9 ISBN 978-94-91750-01-4.

Rodionov, A., Fischer, T., et al. 2014. Cross-linked polyacrylates in post-mining substrates: persistence and effects on plant growth. Soil Use and Management, March 2014, 30, 78–87.

Sahlstrom L., Bagge E., Emmoth E., Holmqvist A, Danielsson-Tham M.L., Albiñ A. (2008) A laboratory study of survival of selected microorganisms after heat treatment of biowaste used in biogas plants, Bioresource Technol 99; 7859 7865

Sarvaš, M., P. Pavlenda, E. Takáčová 2007. Effect of hydrogel application on survival and growth of pine seedlings in reclamations. Journal of Forest Science, 53, (5): 204–209

Spijker, J., Grinten, van der, E., 2014. Einde-afval bij afvalwater en bouwstoffen : Mogelijkheden om hergebruik te stimuleren binnen de circulaire economie (rapport nummer 607710004). RIVM, Bilthoven.

Sroka J, Stojek K, Zdybel J, Karamon J, Cencek T, Dutkiewicz. 2013. Occurrence of Cryptosporidium oocysts and Giardia cysts in effluent from sewage treatment plant from eastern Poland. Ann. Agric. Environ. Med. 1: 57-62.

Stegmann, R., Lotter, s., King, L. and Hopping, W.D. 1993. Fate of an Absorbent Gelling Material for Hygiene Paper Products in Landfill and Composting. Waste Management & Research, 11, pagina 155-170, 1993.

STOWA 2009-06; 2009, " Verg(h)ulde pillen, eindrapport deel B. Case studies bij het Refaja Ziekenhuis te Stads kanaal, het St. Anthoniusziekenhuis te Nieuwegein en het Leids Universitair Medisch Centrum", ISBN 978.90.5773.4236

STOWA 2013-06, 2013. 'Humane geneesmiddelen in de waterketen'. A. Derksen (STOWA), T. ter Laak (KWR) (STOWA 2013-06; KWR 2013-006)

Tanner B.D., Brooks J.P., Gerba C.P., Haas C.N., Josephson K.L., Pepper I.L. (2008) Estimated occupational risk from bioaerosols generated during land application of class B biosolids, J Environ Qual. 37; 2311-2321. doi: 10.2134

[Tanner B.D.](#), [Brooks J.P.](#), [Gerba C.P.](#), [Haas C.N.](#), [Josephson K.L.](#), [Pepper I.L.](#) (2008) Estimated occupational risk from bioaerosols generated during land application of class B biosolids, [J Environ Qual.](#) 37; 2311-2321. doi: 10.2134/jeq2007.0193.

[Bosch A.](#) (1998) Human enteric viruses in the water environment: a minireview. [Int Microbiol.](#) 1; 191-6.

Sahlstrom L., Bagge E., Emmoth E., Holmqvist A, Danielsson-Tham M.L., Albiñ A. (2008) A laboratory study of survival of selected microorganisms after heat treatment of biowaste used in biogas plants, *Bioresource Technol* 99; 7859–7865

Jones P. and Martin M. (2003) The occurrence and survival of pathogens of animals and humans in green compost, WRAP, ISBN 1-84405-063-7./jeq2007.0193.

van den Berg H., Lodder W., van der Poel W., Vennema H., de Roda Husman AM. 2005. Genetic diversity of noroviruses in raw and treated sewage water. *Research in Microbiology*. 156: 532-540.

Wang, X. De la Cruz, F.B., Ximenes, F. en Barlaz, M. 2015. Decomposition and carbon storage of selected paper products in laboratory-scale landfills. *Science of the Total Environment*, volume 532 pagina 70–79, 2015.

Wilske, b., Bai, M., Lindenstruth, B., et al. 2013. Biodegradability of a polyacrylate superabsorbent in agricultural soil. *Environ Sci Pollut Res* (2014) 21:9453–9460.

Zohuriaan-Mehr, M.J. en Kabiri, K. 2008. Superabsorbent Polymer Materials, a Review. *Iranian Polyner Journal*, 17 (6), 451-447. Publication available at <http://journal.ippi.ac.ir>



## Bijlage 1

Bijlage 1: Berekening met fugaciteitsmodule van EPISuit versie 4.11. Verdeling over de milieucompartimenten waarbij er alleen emissie is naar bodem. PNEC komen uit het openbare deel van REACH-registratiedossiers (ECHA 2015).

Stof	CAS-nummer	Lucht	Water	Bodem	Sediment	PNEC-aqua (µg/l)
Acrylzuur (Natrium-acrylaat)	79-10-7	0.2	14.7	85	0	3
Kaliumpersulfaat	7727-21-1	0	20.2	79.8	0	-
Ammoniumpersulfaat (APS)	7727-54-0	„	„	„	„	76.3
Fe <sup>2+</sup> -H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (Fentons reagens)	36047-38-8	„	„	„	„	-
(APS-)natriumsulfiet	7757-83-7	„	„	„	„	1330
3,3',3''-[(allyloxy-1-ethanyl-2-ylidene)tris(oxy)]trispropene of (tetraallyloxethoxy ethane, TAOE)	29895-12-3	0	8.6	91.3	0	-
1,1,1,-trimethylolpropaan-tricrylaat (TMPTA)	15625-89-5	0	0.2	99.8	0	1.47
Ethyleneglycoldimethacrylaat (EGDMA)	97-90-5	0	9	90.9	0	139
N, N-methyleenbisacrylamide	110-26-9	0	13.7	86.3	0	-
Aluminium-ion						75 ^
Methoxyhydroquinon (MEHQ)	150-76-5	0	2.6	97.3	0	13.6
Sorbitan monostearaat	1338-41-6	0	0.1	99.8	0	320
Cationisch bentoniet	1302-78-9					#
β-acryloxypropionische acid (diacrylzuur)	24615-84-7	0	9.7	90.3	0	-
β-hydroxypropionzuur (HPA)	503-66-2	0	15.1	84.9	0	-
Acrylzuur-oligomeren.	9003-01-4 (n=6)	0	0	100	0	-
Imidazolium compounds, 2-C17-unsatd.-alkyl-1-(2-C18-unsatd. amidoethyl)-4,5-dihydro-N-methyl, Me sulfates	EINECS 931-745-8					2

# toxiciteit onwaarschijnlijk voor "zuur geloogd bentoniet" met CAS-nr. 70131-50-9, - geen REACH-registratiedossier, ^ uit REACH-registratiedossier voor aluminium.

## Bijlage 2 Vragenlijsten

### Questionnaire about the composition of diapers and incontinence products

#### Overall composition of diapers and incontinence products

- 1 What is the mass balance of the various components, diapers and incontinence products are made of (both components and/or concentrations)?

We have information on the global composition as provided by EDANA (2015) and RWS (2015).

Component	Aandeel
SAP	33%
Fluff/pulp	24%
Nonwovens (PP)	21%
Elastics and adhesive tape	13%
PE film	5%
Adhesive	3%
Other	1%

EDANA (2015):

- 2 What are the raw materials used to make SAPs and fluff pulp
- 3 Is there any information on the presence and concentration of certain chemical compounds present in SAPs and fluff pulp, which result from the production process such as free monomers, cross linking agents, polymerization initiators and soluble polymers (extractables)? Do you have information from measurements or other information sources?
- 4 Which companies are the major suppliers of the SAP material and fluff pulp (producer/location) and what kind of information do they provide about the (chemical) composition of the material?
- 5 What are the requirements of the customers to comply with, with respect to the presence of certain components (chemicals) in these materials (SAP and fluff pulp)
- 6 Which additives are added to the SAPs and fluff pulp, like enzymes and fragrances in which concentrations or amounts?
- 7 To which degree are these additives being used, what is the market share of diapers containing these additives?
- 8 Do you expect any other components that may have adverse effects on the environment? Are there any substances which



are being checked by suppliers of raw materials or end products because they may be present in low concentrations? If so, which are the substances that are being monitored? Can you provide us with additional information?

- 9 SAPs are also used in agriculture to improve soil conditions. In particular, this involves water and mineral retention and release under the desired conditions. How do the composition and characteristics of these SAPs relate to the SAPs used in diapers and incontinence products?

### **The behaviour of materials and components**

- 10 What will happen to the different components and known (chemical) compounds during use and the waste treatment phase? What does the producer know about their behaviour in the environment (degradation in particular)?
- 11 What is this information based on?



**RIVM**

*De zorg voor morgen begint vandaag*