



---

# Chemische en fysische gevaren in de Nederlandse aardappelketen

M.M. Nijkamp, E.D. van Asselt, B. Janssens, L. Razenberg, L. de Wit-Bos, H.J. van der Fels-Klerx



**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH

---



---

# Chemische en fysische gevaren in de Nederlandse aardappelketen

M.M. Nijkamp<sup>1</sup>, E.D. van Asselt<sup>1</sup>, B. Janssens<sup>2</sup>, L. Razenberg<sup>3</sup>, L. de Wit-Bos<sup>3</sup>, H.J. van der Fels-Klerx<sup>1</sup>

1 RIKILT Wageningen University & Research

2 Wageningen Economic Research

3 Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu

Dit onderzoek is uitgevoerd door RIKILT Wageningen University & Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research in opdracht van en gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken, Nederlandse Voedsel- en Waren Autoriteit (NWVA) (projectnummer 1267349301).

Wageningen, december 2017

---

RIKILT-rapport 2017.010

---

Nijkamp, M.M., E.D. van Asselt, B. Janssens, L. Razenberg, L. de Wit-Bos, H.J. van der Fels-Klerx, 2017. *Chemische en fysische gevaren in de Nederlandse aardappelketen*. Wageningen, RIKILT Wageningen University & Research, RIKILT-rapport 2017.010. 92 blz.; 5 fig.; 22 tab.; 189 ref.

Projectnummer: 1267349301

BAS-code: WOT-02-002-004

Projecttitel: gevaaranalyse aardappelketen

Projectleider: E.D. van Asselt

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/429901> of op [www.wur.nl/rikilt](http://www.wur.nl/rikilt) (onder RIKILT publicaties).

© 2017 RIKILT Wageningen University & Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research. Hierna te noemen RIKILT.

Het is de opdrachtgever toegestaan dit rapport integraal openbaar te maken en ter inzage te geven aan derden. Zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het RIKILT is het niet toegestaan:

- a. *dit door RIKILT uitgebrachte rapport gedeeltelijk te publiceren of op andere wijze gedeeltelijk openbaar te maken;*
- b. *dit door RIKILT uitgebrachte rapport, c.q. de naam van het rapport of RIKILT, geheel of gedeeltelijk te doen gebruiken ten behoeve van het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures, voor reclame of antireclame en ten behoeve van werving in meer algemene zin;*
- c. *de naam van RIKILT te gebruiken in andere zin dan als auteur van dit rapport.*

Postbus 230, 6700 AE Wageningen, T 0317 48 02 56, E [info.rikilt@wur.nl](mailto:info.rikilt@wur.nl), [www.wur.nl/rikilt](http://www.wur.nl/rikilt). RIKILT is onderdeel van Wageningen University & Research.

RIKILT aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

RIKILT-rapport 2017.010

Verzendlijst:

- Marca Schrap (NVWA)
- Jan Schans (NVWA)
- Gerard Visser (NVWA)
- Dick Sijm (NVWA)
- Jos Cornelese (NVWA)

---

# Inhoud

	<b>Samenvatting</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>Introductie</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Materiaal en methoden</b>	<b>8</b>
	2.1 Literatuuronderzoek	8
	2.2 Data-analyse	8
	2.3 Workshop	8
	2.4 Selectie relevante stoffen	9
<b>3</b>	<b>Resultaten</b>	<b>10</b>
	3.1 Beschrijving van de aardappelketen	10
	3.1.1 Pootgoed	10
	3.1.2 Zetmeelaardappelen	13
	3.1.3 Consumptieaardappelen	15
	3.2 Chemische en fysische gevaren	21
	3.2.1 Teeltfase	21
	3.2.2 Oogsten, bewaren en transporteren	32
	3.2.3 Verwerking	35
	3.2.4 Fysische gevaren	38
	3.3 Monitoringsgegevens en expert-workshop	38
	3.3.1 Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF) en Kwaliteitsprogramma Agrarische Producten (KAP) data	38
	3.3.2 Meldingen Nationaal Vergiftigingen Informatie Centrum (NVIC)	41
	3.3.3 Workshop	41
	3.4 Gezondheidseffecten en blootstellingschatting van de belangrijkste chemische gevaren in de aardappelketen	41
	3.4.1 Cadmium	42
	3.4.2 Solanine	43
	3.4.3 Gewasbeschermingsmiddelen	45
	3.4.4 Acrylamide	61
	3.5 Beheers/voorzorgsmaatregelen	63
	3.6 Trends in de aardappelketen	65
<b>4</b>	<b>Conclusie en aanbevelingen</b>	<b>68</b>
	4.1 Conclusie	68
	4.2 Aanbevelingen	69
<b>5</b>	<b>Dankwoord</b>	<b>70</b>
	<b>Literatuur</b>	<b>71</b>

---

<b>Bijlage 1</b>	<b>Afkortingenlijst</b>	<b>79</b>
<b>Bijlage 2</b>	<b>Handels- en verwerkingsbedrijven</b>	<b>81</b>
<b>Bijlage 3</b>	<b>Herkomstlanden Nederlandse import pootgoed (in ton) (CBS 2017)</b>	<b>82</b>
<b>Bijlage 4</b>	<b>Herkomst Nederlandse import zetmeel (in ton) (CBS 2017)</b>	<b>83</b>
<b>Bijlage 5</b>	<b>Herkomst Nederlandse import verse aardappelen inclusief primeurs (in ton) (CBS 2017)</b>	<b>84</b>
<b>Bijlage 6</b>	<b>Gewasbeschermingsmiddelen en risicoklasse</b>	<b>86</b>
<b>Bijlage 7</b>	<b>Long list en intermediate list</b>	<b>90</b>

---

# Samenvatting

De Nederlandse Voedsel- en Waren Autoriteit (NVWA) bewaakt de veiligheid van o.a. voedsel en diervoeders. Hiervoor controleert de NVWA voedsel en diervoeders op de aanwezigheid van mogelijke gevaren voor mens en dier. Deze controle vindt steeds meer risicogebaseerd plaats, gericht op de gevaren waarvan de hoogste risico's verwacht worden.

Het doel van het huidige onderzoek was het in kaart brengen van de mogelijke chemische en fysische gevaren in de aardappelketen, een prioritering van deze lijst gevaren en het bepalen van de volksgezondheidseffecten van de belangrijkste gevaren. Verder zijn interventie maatregelen in kaart gebracht evenals trends in de keten die een effect kunnen hebben op het voorkomen van de geïdentificeerde gevaren voor de voedsel- en voeder veiligheid. Hiervoor is literatuuronderzoek en data-analyse (Nederlandse monitoringsdata in KAP en RASFF-meldingen) uitgevoerd en zijn de meningen van experts geïnventariseerd via een workshop.

Uit het onderzoek bleek dat aardappelen cadmium kunnen bevatten, doordat cadmium tijdens de teelt vanuit de grond door aardappelen kan worden opgenomen. Geïmporteerde aardappelen kunnen cadmium en lood bevatten, indien geteeld in verontreinigde gebieden. Verder kunnen aardappelen residuen van gewasbeschermingsmiddelen bevatten. Een ander chemisch gevaar dat in de teeltfase in aardappelen terecht kan komen zijn mycotoxines. Er zijn echter weinig gegevens beschikbaar over het voorkomen van mycotoxines in aardappelen en de mogelijke gevolgen hiervan. Glycoalkaloiden (TGA), zoals solanine, zijn natuurlijke toxines die gevormd kunnen worden tijdens de teelt, opslag en transport. TGA-gehalten kunnen dus ook na de oogst nog toenemen. Residuen van kiemremmers gebruikt tijdens de opslag, zoals chloorprofam, kunnen in aardappel(producten) gevonden worden, wanneer ze onvoldoende gewassen worden voorafgaande aan verwerking of ongeschild worden verwerkt. Tijdens de verwerking van aardappelen kunnen dioxines en PCB's en vlamvertragers door het gebruik van proceshulpstoffen geïntroduceerd worden in aardappelen. Bij een correcte verwerking is de kans op deze introductie echter nihil.

Procescontaminanten, zoals acrylamide, furan en advanced glycation endproducts (AGE's), kunnen tijdens de verwerking gevormd worden en een mogelijk risico vormen voor de gezondheid. De belangrijkste fysische gevaren, met name in verwerkte aardappelproducten, zijn golfballen en glas. Voor een aantal van bovenstaande stoffen werden overschrijdingen van de wettelijke limiet gevonden of werd vastgesteld dat aanwezigheid in de aardappel een mogelijk risico voor de gezondheid kan opleveren. Voor 16 stoffen die relevant waren voor de Nederlandse consument (overschrijdingen in Nederlandse aardappels of in aardappels uit landen waaruit Nederland importeert) en/of waarvoor een mogelijk risico voor de consument werd geconstateerd op basis van literatuurstudie, zijn de effecten op de gezondheid van de mens nader onderzocht: cadmium, acrylamide, solanine, en 13 gewasbeschermingsmiddelen (diquat, ethopofos, fluopicolide, glufosinaat-ammonium, lambda-cyhalothrin, linuron, metribuzin, thiaclopride, lufenuron, chloorpyrifos, fluzifop-p-butyl, fosthiazaat en chloorprofam). Op basis van toxicologische grenswaarden en uitgevoerde (worst-case) blootstellingschattingen kan geconcludeerd worden dat chloorprofam, inclusief de metabooliet 3-chloroaniline, en acrylamide in de Nederlandse aardappelen en aardappelproducten kan leiden tot een mogelijk risico voor de mens. Indien de toelating van het gewasbeschermingsmiddel fluzifop-p-butyl verlengd wordt, is een mogelijk risico voor baby's (8-20 maanden) niet uit te sluiten. Voor solanine zijn op Europees niveau geen limieten vastgesteld. De (wettelijke) maximale concentratie van solanine in aardappelen die een aantal landen heeft vastgesteld wordt slechts zeer incidenteel overschreden.

Om de veiligheid en kwaliteit van aardappelen te kunnen borgen wordt een aantal keuringen en controles uitgevoerd binnen de Nederlandse aardappelketen. Voor pootgoed geldt dat de De Nederlandse Algemene Keuringsdienst voor zaaizaad en pootgoed van landbouwgewassen (NAK) (wettelijke) keuringen uitvoert; iedereen die zaaizaad en/of pootgoed teelt en bewerkt moet aangesloten zijn bij de NAK. Daarnaast eist de retailsector dat telers zich houden aan de Global-G.A.P. richtlijnen. Telers die aardappelen telen voor de verwerkende industrie dienen een Voedselveiligheid certificaat aardappelen verwerkende industrie (VVA-certificaat) te hebben. In de Hygiëncode voor de HoReCa zijn regels opgenomen die opgevolgd moeten worden om een voedselveilig product te leveren

---

en te voldoen aan de wetgeving. Hierin zijn onder andere richtlijnen opgenomen om de vorming van acrylamide te verminderen. Door de strikte controles in de Nederlandse aardappelketen zijn er weinig potentiële gevaren voor de consument in aardappelen en aardappelproducten te verwachten.

Op basis van dit onderzoek wordt monitoring aanbevolen van chloorprofam, inclusief de metabooliet 3-chloroaniline, in aardappelen en acrylamide in verwerkte aardappelproducten conform de EU aanbeveling 2010/307/EU. Voor een aantal stoffen was te weinig relevante data beschikbaar om een uitspraak te kunnen doen over de mogelijke risico's voor de mens indien aanwezig in aardappel(producten). Dit betreft de mycotoxines deoxynivalenol (DON) en diacetoxyscirpenol (DAS), de planttoxine calystegine, perfluorverbindingen, en de procescontaminanten furan en AGE's. Aanbevolen wordt relevante, nieuwe informatie nauwlettend in de gaten te houden en, indien er aanwijzingen voor een potentieel risico zijn, monitoringsgegevens te verzamelen en een risicobeoordeling uit te (laten) voeren.

Een trend die een mogelijke invloed kan hebben op de voedselveiligheid is de teelt op verzilte grond. Teelt van aardappelen op verzilte gronden verhoogt de opname van cadmium door aardappelen uit de bodem. Een andere belangrijke trend is de verandering in consumptievoorkeuren. De consument is steeds meer gesteld op verse en gemakproducten. Er treedt een verschuiving op van de bereiding van voorgebakken friet van de fabriek naar snackbar en restaurants, wat gevolgen kan hebben op het acrylamidegehalte. Verder kan een stijging in de consumptie van aardappelen in de schil leiden tot een hogere blootstelling aan residuen van gewasbeschermingsmiddelen, zware metalen en TGA. Monitoring van de aardappel mét schil is daarom belangrijk om dit potentiële risico te beheersen. Dit is voor gewasbeschermingsmiddelen al verplicht in EU-wetgeving, maar bijvoorbeeld niet voor cadmium in aardappelen.



---

# 1 Introductie

De Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA) heeft onder andere als taak de veiligheid van voedsel te bewaken. Als onderdeel hiervan controleert de NVWA diervoeder en levensmiddelen op de aanwezigheid van chemische en fysische gevaren. Om effectief te kunnen monitoren dient nagegaan te worden wat de belangrijkste voedselveiligheidsrisico's in diervoeder en levensmiddelen zijn en waar in de keten, van boer-tot-bord, deze kunnen voorkomen. De definitie van risico binnen dit kader is "de functie van de kans op een nadelig gezondheidseffect en de ernst van dat effect, voortvloeiend uit een gevaar" (Verordening (EG) 178/2002). Dit rapport beschrijft de chemische en fysische gevaren in de Nederlandse aardappelketen, als onderdeel van een serie risico-evaluaties die de NVWA uitvoert voor verschillende voedselketens.

Het doel van de huidige studie was om de belangrijkste chemische en fysische gevaren in de aardappelketen, van boer-tot-bord, te identificeren en de mogelijke gezondheidseffecten van de belangrijkste chemische gevaren te evalueren. Hiervoor werd gebruikt gemaakt van literatuuronderzoek, data-analyse en input van experts. De focus lag op de aardappel zelf, maar ook bewerkte producten zoals chips en friet, en aardappelzetmeel zijn beschreven. De microbiologische en fytosanitaire gevaren in de aardappelketen vielen buiten het doel van dit project, evenals de mogelijke non-food eindproducten. Aardappel(resten) die in de diervoederketen terechtkomen zijn onderdeel van een aparte studie over de diervoederketen.

Het project bestond uit de volgende taken:

1. Beschrijving van de aardappelketen (hoofdstuk 3.1).
2. Literatuurstudie van de chemische en fysische gevaren die kunnen voorkomen in de aardappelketen (hoofdstuk 3.2).
3. Data-analyse en beschrijving van meldingen (hoofdstuk 3.3).
4. Literatuuronderzoek naar de humane gezondheidseffecten van de meest relevante gevaren die in taak 2 en 3 naar voren kwamen (hoofdstuk 3.4).
5. Beschrijving van maatregelen die genomen kunnen worden om de belangrijkste gevaren te voorkomen of te reduceren (hoofdstuk 3.5).
6. Evaluatie van de trends in de aardappelketen tot 2025 die mogelijk invloed hebben op het optreden van de gevaren (hoofdstuk 3.6).

---

## 2 Materiaal en methoden

Conform de opdracht van de NVWA werd alle benodigde informatie voor dit rapport verzameld uit wetenschappelijke artikelen, nationale en internationale rapporten, informatie van aardappelexperts uit de praktijk en wetenschappelijke experts, en nationale en internationale datasets. Een lijst met afkortingen die gebruikt zijn in dit rapport is weergegeven in Bijlage 1.

### 2.1 Literatuuronderzoek

Om de chemische en fysische gevaren in de aardappelketen te evalueren werd een literatuurstudie uitgevoerd in Scopus en Google Scholar voor de jaren 2000-2016. Conform de opdracht van de NVWA werd hierbij gezocht naar literatuur over het vóórkomen van (bekende) chemische en fysische gevaren in de aardappel(keten).

Vervolgens werd specifiek gezocht naar informatie over de geselecteerde potentieel gevaarlijke stoffen (hoofdstuk 3) in Scopus, Google Scholar en Google. Informatie werd gezocht in rapporten van instituten en organisaties als de Europese Commissie (EC), European Food Safety Authority (EFSA) en de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO). Daarnaast werd informatie van aardappelteeltbedrijven en -producenten gebruikt en hebben experts van de Plant Research Wageningen University & Research (PRI) en Wageningen Economic Research (LEI) input geleverd.

### 2.2 Data-analyse

Monitoringsdata van chemische en fysische gevaren werd verzameld voor de periode 2006 t/m 2015 en geanalyseerd. Hiervoor werd gebruik gemaakt van KAP-data, RASFF-meldingen, gegevens van de NVWA (monitoringsrapporten groente en fruit) en het Nationaal vergiftigingen informatie centrum (NVIC). Daarnaast werd onder andere CBS-statline data gebruikt om import en export weer te geven. De data in de KAP-databank (<https://chemkap.rivm.nl/>) waren afkomstig van de NVWA, RIKILT, Productschap Tuinbouw, Productschap Diervoeder, Veilig Zon en EWRS.

### 2.3 Workshop

Experts vanuit de gehele keten (van teelt tot product) werden uitgenodigd in een workshop om hun mening te geven over de gevaren geïdentificeerd in de literatuurstudie. De workshop werd bijgewoond door 15 experts, werkend bij de brancheverenigingen, aardappel(verwerkende) bedrijven, Wageningen UR en retail. De experts werd gevraagd welke gevaren naar hun mening het belangrijkste zijn in de aardappelketen, en in hoeverre deze gevaren in de aardappel voorkomen en een risico voor de volksgezondheid opleveren op het moment van consumptie door Nederlandse consumenten. De experts werden op een interactieve wijze gevraagd naar hun visie op de belangrijkste gevaren voor de voedselveiligheid in de aardappelketen. Alle deelnemers kregen een laptop met de volgende drie vragen:

1. Selecteer naar uw mening de 10 belangrijkste gevaren voor de voedselveiligheid in de aardappelketen.
2. Geef voor elk van de gevaren een cijfer tussen 1 en 10 hoe vaak (prevalentie) het gevaar volgens u voorkomt in aardappel(producten) op moment van consumptie.
3. Geef voor elk van de gevaren een cijfer tussen 1 en 10 of het gevaar in aardappel(producten) volgens u kan leiden tot problemen voor de volksgezondheid.

---

De 10 belangrijkste gevaren die de experts in vraag 1 hadden geselecteerd dienden vervolgens als input voor vraag 2 en 3. Alle antwoorden werden anoniem en niet traceerbaar naar de persoon verwerkt.

Daarnaast werden de experts gevraagd naar toekomstige trends die mogelijk van invloed zijn op de chemische en fysische gevaren in de aardappelketen of die leiden tot de introductie van nieuwe gevaren. Doordat trends en omschrijvingen via de laptop direct zichtbaar waren, konden de experts op elkaar reageren, en de trends aanvullen.

De workshop werd uitgevoerd in samenwerking met Brainstormnet. De uitkomsten van de workshop worden beschreven in paragraaf 3.3.3.

## 2.4 Selectie relevante stoffen

In dit rapport wordt onderscheid gemaakt tussen alle mogelijke chemische en fysische gevaren die in de aardappelketen kunnen voorkomen (*long list*), de chemische en fysische gevaren geïdentificeerd in de aardappelketen die potentieel een risico zouden kunnen vormen (*intermediate list*), en de belangrijkste gevaren die - indien aanwezig in aardappelen c.q. aardappelproducten - nadelige effecten op de gezondheid van de consument kunnen hebben (*short list*).

Aan de hand van de ketenbeschrijving en literatuuronderzoek zijn de chemische en fysische gevaren in de aardappelketen geïdentificeerd. De uitkomst van de workshop werd gebruikt om deze lijst te verifiëren en indien nodig aan te vullen. Conform de opdrachtbeschrijving is niet gezocht naar opkomende gevaren in de aardappelketen. Alle geïdentificeerde gevaren die volgens de literatuur en expertkennis kunnen voorkomen in de aardappelketen vormden de long list en zijn beschreven in hoofdstuk 3.2. Op basis van de bevindingen in de literatuur zijn per stofgroep conclusies getrokken over de chemische gevaren die een potentieel risico voor de mens kunnen vormen (hoofdstuk 3.2). De literatuurinformatie werd gecombineerd met gegevens van RASFF-meldingen en KAP-metingen (hoofdstuk 3.3) en op basis hiervan is intermediate list I opgesteld (Bijlage 7). Deze lijst bevat stoffen die mogelijk kunnen voorkomen in aardappel(product)en en een gevaar voor de volksgezondheid kunnen opleveren en stoffen waarvoor overschrijdingen werden gevonden in de Europese monitoringsgegevens. Intermediate list II bevat vervolgens alle stoffen van lijst I die voor de Nederlandse consument relevant zijn (overschrijdingen in Nederlandse aardappelen of in aardappelen uit landen waaruit Nederland importeert) en/of waarvoor er uit literatuurstudie blijkt dat er een mogelijk risico is voor de mens (Bijlage 7). Stoffen waarvoor geen toxicologische grenswaarden, zoals een ADI of TDI, zijn vastgesteld en/of waarvoor geen blootstellingsgegevens beschikbaar waren zijn niet opgenomen in de lijst, omdat dan een risicobeoordeling niet mogelijk is. Chemische gevaren waarvoor te weinig informatie beschikbaar was (data-gap) en waarvoor dus geen risicobeoordeling uitgevoerd kon worden, zijn in de conclusie opgenomen met de aanbeveling om additioneel onderzoek uit te voeren.

De stoffen op de intermediate list II zijn naar het RIVM gestuurd voor een blootstellingsschatting.

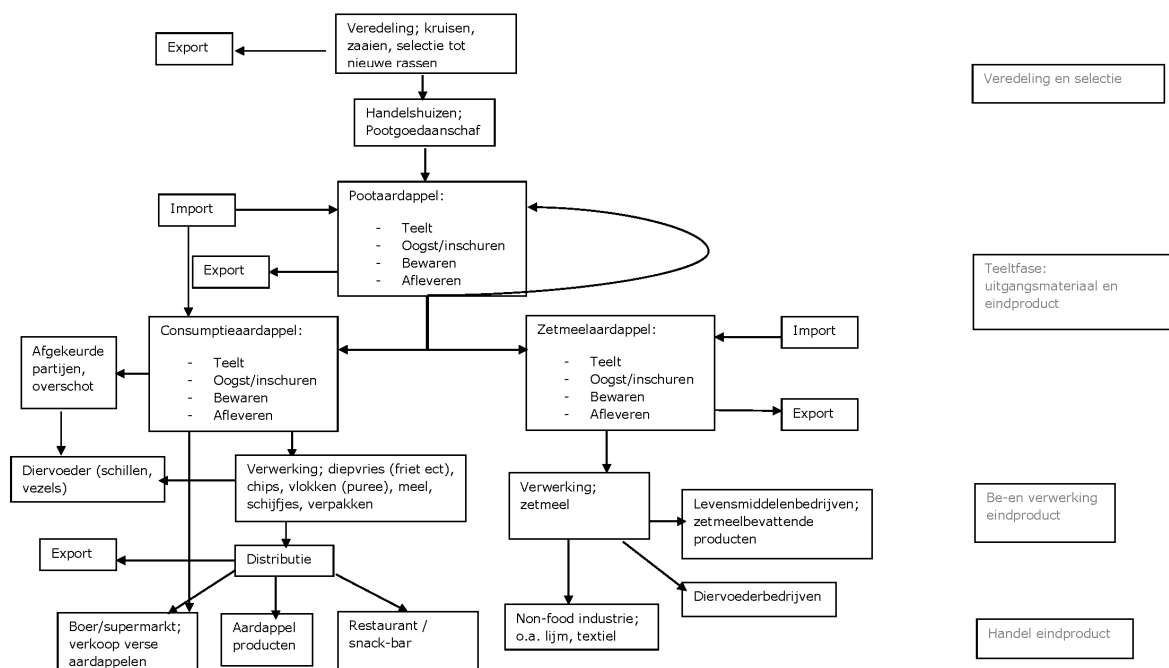
Op basis van de beoordeling van het RIVM is de short list opgesteld, waarop de stoffen staan die een risico voor de gezondheid van de consument in Nederland kunnen opleveren.

De informatie vanuit de workshop is gebruikt om te bekijken of de beleving van de actoren in de keten overeenkomt met bovengenoemde short list.

# 3 Resultaten

## 3.1 Beschrijving van de aardappelketen

De aardappelsector in Nederland omvat consumptieaardappelen (tafel-, frites- en chips-), zetmeelaardappelen en pootaardappelen (Figuur 1). De belangrijkste teeltgebieden van consumptieaardappelen in Nederland zijn Zuidwest Nederland, Noord-Brabant en Flevoland. In de veenkoloniën (Drenthe en Groningen) worden veelal zetmeel- of fabrieksaardappelen voor de productie van zetmeel geteeld. De pootaardappelteelt is vooral geconcentreerd in het noorden van Friesland en Groningen, Noord-Holland en de Noordoostpolder, vanwege de verminderde aanwezigheid van luizen in deze gebieden en daarmee lagere kans op virusziekten.



**Figuur 1** Schematische weergave van de aardappelketen van boer-tot-bord. Bron: Nederlands instituut voor afzetbevordering van pootaardappelen (NIVAP) (2016).

### 3.1.1 Pootgoed

#### Veredeling en selectie

De productie van consumptie- en zetmeelaardappelen begint op de kweek-, stammenteelt- en pootaardappelvermeerderingsbedrijven. Nederland is marktleider op het gebied van veredeling, teelt en export van pootaardappelen. De geografische ligging van Nederland, met een laag risico op virale ziekten, in combinatie met de vruchtbare bodem en de samenwerking tussen alle partners in de keten maakt Nederland gunstig voor de teelt van aardappelen. De aardappel komt oorspronkelijk uit Zuid-Amerika, Nederland heeft echter veel gedaan aan de veredeling van aardappellrassen. De basis voor de succesvolle Nederlandse aardappelsector ligt in de veredeling en selectie (Berkhout et al., 2015; Rabobank Cijfers & Trends, 2016).

Er wordt in Nederland veel onderzoek gedaan naar nieuwe rassen, bijvoorbeeld voor de verbetering van de kwaliteit van de aardappelen, voor de verlaging van ziektegevoeligheid of voor nieuwe verwerkingseisen en consumentenwensen. De veredeling en selectie van nieuwe rassen is in handen

van Nederlandse kweekbedrijven en kwekers. Ongeveer 180 kwekers houden zich in Nederland bezig met het veredelen van aardappelen (NIVAP, 2016), te verdelen in circa 150 kleine 'hobbykwekers' en ongeveer 30 (26 door de Nederlandse Aardappelorganisatie (NAO) erkende) kweekbedrijven die gelieerd zijn aan handelshuizen (Lammerts van Bueren and van Loon, 2011). Zij produceren samen jaarlijks meer dan 1,5 miljoen zaailingen, die elk apart beoordeeld worden. Ongeveer 90% van de jaarlijks uitgezaaide klonen wordt niet geselecteerd voor een volgende kweekronde. De kans dat een kloon een marktwaardig ras wordt, is 0,01-0,3% (Lammerts van Bueren and van Loon, 2011). De veredeling vanaf zaad tot ras duurt circa 8 à 10 jaar. Kweekbedrijven investeren in ontwikkeling van innovatieve veredelings technieken, zoals genomische selectie en hybridisatie, technieken die nodig zijn om toonaangevend te blijven in een competitieve markt (HZPC Holland B.V., 2015/2016).

Op een aantal rassen rust een kwekersrecht dat de houder het recht geeft het nieuwe ras exclusief te kunnen commercialiseren, om zo de investeringen terug te kunnen verdienen. Voor aardappelen is de duur van bescherming 30 jaar (Raad voor plantenrassen NAKtuinbouw, 2016). Slechts enkele handelaren mogen een dergelijk ras in stand houden en vermeerderen, en dit ras mogen zij aan een beperkt aantal bedrijven leveren. Daarnaast bestaan ook de vrije rassen, hierop is geen kwekersrecht meer van toepassing. Deze rassen, zoals Bintje of Nicola, zijn vrij vermarktbaar. De meeste kwekers zijn aan handelshuizen verbonden. De vrije kwekers, die niet aangesloten zijn bij een kweekbedrijf van een handelshuis, zoeken voor ieder potentieel ras samenwerking met een pootaardappelhandelshuis (Lammerts van Bueren and van Loon, 2011). De boeren- of hobbykwekers spelen een belangrijke rol binnen de Nederlandse aardappelveredeling. De hobbykweker neemt de eerste 3 jaar op zich en reduceert de bulk aan zaden tot een handvol succesvol ogende klonen. Met dit systeem is de Nederlandse aardappelveredeling groot geworden. Het scheelt de kweekbedrijven veel werk en geld, omdat het op een no-cure, no-pay-basis geschiedt. De hobbykweker ontvangt pas geld (in de vorm van gedeelde royalty's) voor zijn/haar inspanningen als het ras geregistreerd is en vermarkt wordt (Scholten and Lammerts van Bueren, 2013).

#### *Teelt uitgangsmateriaal*

Als een kweekbedrijf een nieuw, perspectiefrijk aardappelras heeft ontwikkeld, is het zaak voldoende pootgoed van dit ras te produceren, zodat het op grotere arealen voor de consumptieteelt kan worden uitgezet. Het areaal pootaardappelen van een ras wordt jaarlijks bijgesteld om aan de verwachte vraag voor consumptieaardappelteelt te kunnen voldoen (Baltussen et al., 2014).

In Nederland geldt strenge regelgeving voor de aardappelteelt van pootgoed. De Nederlandse Algemene Keuringsdienst voor zaaizaad en pootgoed van landbouwgewassen (NAK) voert keuringen uit op basis van de Zaaizaad- en Plantgoedwet 2005 (ZPW) (Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden, 2005) en de Regeling Verhandeling Teeltmateriaal (2015). Iedereen die zaaizaad en/of pootgoed teelt en bewerkt moet bij de NAK zijn aangesloten. Tevens mag in Nederland alleen gecertificeerd pootgoed gebruikt en verhandeld worden. De productie van pootaardappelen verloopt volgens een voorgeschreven classificatieschema (afkapsysteem) dat start via stamselectie of *in vitro* productie (miniknollen). Dit systeem van een jaarlijkse 'automatische' klassenverlaging bevordert een regelmatige 'instroom' van gezond pootgoed. Dit voorkomt degeneratie (vermindering van productiviteit). Een perceel pootgoed kan alleen in de maximaal te behalen klasse worden goedgekeurd als aan alle normen wordt voldaan (o.a. gezondheid en vermenging) die voor deze klasse gelden. Zo niet, dan vindt klassenverlaging of zelfs afkeuring plaats (NAK, 2011). Tabel 1 geeft een overzicht van de huidige klasse-indeling van de veldgeneraties (een veldgeneratie komt overeen met 1 jaar of seizoen).

**Tabel 1** Klasse-indeling van veldgeneraties pootaardappelen (NAK, 2016).

Kwekersmateriaal	Uitgangsstam of <i>in vitro</i> materiaal
Pre-basispootgoed	PB1 t/m PB4
Basispootgoed	S, SE, E
Gecertificeerd pootgoed	A, B

Pre-basispootgoed PB1 t/m PB4 is pootgoed nog in ontwikkeling (mini-knol). S-pootgoed is afkomstig uit stamselectie. De nateelt na S-pootgoed kan de klasse SE krijgen, uit SE kan klasse E voortkomen, uit E komt A voort, uit A klasse B. Per klasse gelden vastgestelde normen.

Vermeerdering van pootgoed via *in vitro* plantjes, microknollen en miniknollen is niet meer weg te denken. Bij de NAK staat 60 tot 70 procent van de pootaardappel telers geregistreerd als stamselecteur. Een steeds kleiner deel hiervan heeft traditionele stammenteelt. Een steeds groter deel koopt als uitgangsmateriaal microknollen of miniknollen aan en vermeerdert deze op het eigen bedrijf tot handelspootgoed. Pootgoedtelers proberen het binnenbrengen van fyto-sanitaire risico's verder te verkleinen door de aankoop van bedrijfsvreemd uitgangsmateriaal te minimaliseren (gesloten bedrijf). Nadat een teler een partij heeft aangemeld, voert de NAK gedurende de teelt, bewaring en aflevering van de pootaardappelen veldkeuringen, nacontroles en partijkeuringen uit op bijna 500 aardappelrassen. Om virusinfecties te voorkomen dient tijdige loofvernietiging plaats te vinden overeenkomstig door de NAK opgegeven kalenderdata. De NAK ziet erop toe dat de aardappelen die als pootgoed worden aangeboden aan de fyto-sanitaire en kwaliteitseisen voldoen. De NAK-keuringen zijn gericht op de fysiologische gesteldheid, voornamelijk op voorkomen van aardappelziekten, van de aardappel. Voordat een partij pootgoed afgeleverd wordt, vindt er een visuele inspectie plaats op onder andere knolziekten, gebreken, gewicht en maatsortering (partijkeuring). Na goedkeuring van de keurmeester wordt de partij vrijgegeven.

Van de 500 rassen die in Nederland worden vermeerderd, worden er 90 in Nederland geconsumeerd; de meeste rassen gaan naar de exportmarkten waar consumenten andere producteisen/wensen hebben wat betreft schilkleur, wit of geelvezelig, kookeigenschappen, of waar de productieomstandigheden anders zijn dan in Nederland. Voor onverkoopbare pootgoedrassen, ongeschikte/afgekeurde partijen, bovenmaatse poters etc. worden alternatieve afzetbestemmingen gezocht, bijvoorbeeld als consumptie- en diervoederaardappelen of de industrie (vlokken).

#### *Pootaardappelen in cijfers*

Het areaal pootaardappelen is sinds 2010 geleidelijk uitgebreid tot 42.000 ha in 2015 (Tabel 2) met een gemiddelde productie van 36 (34-38) ton per ha. Door de uitbreiding van het areaal is de bruto-productie van pootaardappelen de laatste jaren toegenomen. De pootaardappelteelt in Nederland vindt plaats op circa 2.400 bedrijven. Gemiddeld wordt per bedrijf 18 ha pootaardappelen geteeld (CBS, 2016c). Vaak hebben de bedrijven 1 tot 9 verschillende rassen pootaardappelen vanwege spreiding van risico en werkzaamheden; de teler kiest de rassen in overleg met zijn handelshuis (de Bont et al., 1997).

**Tabel 2** Productie pootaardappelen in Nederland.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Aantal bedrijven pootaardappelen	2.096	2.047	2.398	2.532	2.321	2.419
Areaal (ha)	38.537	37.911	39.159	40.223	39.874	41.848
Productie (ton)	1.452.331	1.312.815	1.478.515	1.400.455	1.474.953	1.516.965
Waarvan gecertificeerd (ton)	1.039.763	956.816	1.060.168	1.082.745	1.054.426	1.116.474

Bron: CBS en NAK.

Na de oogst worden pootaardappelen in gekoelde bewaarplaatsen in kisten of bulk opgeslagen. Op aangeven van de handelshuizen of afnemers worden partijen door de teler, of op een centrale locatie door het handelshuis, gesorteerd, verpakt en gereedgemaakt voor verzending. Tabel 3 geeft een overzicht van de verdeling van de hoeveelheid gecertificeerde pootaardappelen per klasse.

**Tabel 3** Gecertificeerde hoeveelheden pootaardappelen (ton).

Klassen	2011	2012	2013	2014	2015
PB	140	53	64	192	158
S	41.223	42.764	45.893	49.253	58.877
SE	27.969	30.676	28.913	26.184	29.500
E	268.676	273.162	305.948	334.879	313.960
A	572.218	663.226	648.574	580.547	655.972
C <sup>a</sup>	28.813	29.972	35.655	34.498	40.041
UG (union grade) / EC1	94	289	575	415	539
BS (basic seed)	5.414	7.820	6.855	8.407	6.591
CS (certified seed)	11.661	11.942	9.999	19.784	10.590
GW (kwekersmateriaal)	607	265	268	268	246
Totaal	956.816	1.060.168	1.082.745	1.054.426	1.116.474

<sup>a</sup> Met ingang van 2016 is Nederland overgegaan naar een nieuwe klasse-indeling die aansluit bij de Europese. Klasse C bestaat hierin niet meer. Bron: NAK. PB (pré-basis) omvat de PB1 t/m PB4 uitgangsplant (traditioneel) en PBTC (miniknollen). De klasse-indeling met uitleg is weergegeven in Tabel 1.

Van de brutoproductie wordt een gedeelte niet als gecertificeerd pootgoed afgezet zoals bovenmaatse poters, afgekeurde of onverkochte pootaardappelen. Ook vinden bewaarverliezen plaats. Uiteindelijk wordt ruim 70% van de bruto-productie door de NAK geplombeerd pootgoed afgezet via export of op de binnenlandse markt. De bestemmingen voor de overige 30% (o.a. eigen gebruik, consumptieaardappelen, diervoeder of co-vergisting) verschillen per jaar en hangen af van de situatie op de aardappelmarkt (o.a. krapte, overvloed, kwaliteit).

#### Import en export

De export van pootaardappelen ligt de laatste jaren rond 900.000 ton per jaar (Tabel 4). De import ligt rond 80.000 ton en is geheel afkomstig van de Europese lidstaten. Voor de gevarenanalyse worden importen van aardappelen als een belangrijke (fytosanitaire) bedreiging beschouwd (NVWA, persoonlijke communicatie). Bij hoge uitzondering komen de geïmporteerde pootaardappelen niet uit Europa. De belangrijkste Europese herkomstlanden zijn: Frankrijk, Denemarken, België en het Verenigd Koninkrijk. Daarnaast zijn er diverse Europese landen van waaruit minder regelmatig kleinere hoeveelheden pootaardappelen worden geïmporteerd (zie Bijlage 3).

**Tabel 4** Nederlandse import en export van pootaardappelen (ton).

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Export	916.262	897.668	850.585	956.651	1.039.906	975.082
Export naar EU-28 lidstaten	417.399	481.762	474.889	380.355	373.587	452.803
Export naar niet-EU lidstaten en derde landen	498.864	434.500	441.373	535.907	542.676	463.459
Import	76.775*	67.282	141.067	76.400	82.149	83.774
Waarvan uit EU 28 lidstaten	76.663	67.282	141.067	76.400	82.149	83.774

\* in 2010 werd een kleine hoeveelheid, 112 ton, uit Afrika geïmporteerd.

Bron: CBS Statline; bewerking Wageningen Economic Research.

### 3.1.2 Zetmeelaardappelen

#### Teelt zetmeelaardappelen

Zetmeelaardappelen worden overwegend op contractbasis geteeld voor de productie van aardappelzetmeel en -eiwit. Deze aardappelen worden verwerkt door AVEBE en de producten van de verwerking worden gebruikt in de levensmiddelenindustrie en voor technische toepassingen (AVEBE, 2016). Restproducten van de verwerking worden gebruikt als diervoeder. De teelt, opslag en verwerking van zetmeelaardappelen voor zowel levensmiddelen als technische toepassingen is niet gescheiden omdat alle aardappelen voor beide doeleinden gebruikt kunnen worden. Bij

zetmeelaardappelen wordt gestreefd naar een zo laag mogelijk gehalte aan suikers. Deze suikers ontstaan namelijk ten koste van zetmeel. Veel factoren hebben invloed op de omzetting van zetmeel naar suiker in aardappelknollen: ras, rijpheid, bemesting, weersomstandigheden en bewaarduur en -omstandigheden. Voor de uitbetaling is naast het volume onder andere het uitbetalingsgewicht (zetmeelgehalte) en eiwitgehalte bepalend (Avebe, September 2016).

Telers leveren zetmeelaardappelen aan AVEBE op basis van de aandelen die ze bezitten: telers met aandelen zijn verplicht te leveren. Om te zorgen dat de hoeveelheid geleverde aardappelen zo goed mogelijk wordt afgestemd op de marktvrage hanteert AVEBE een ABC-systeem. Ieder lid committeert zich aan het leveren van het A-volume. Het A-volume bedraagt 4 (leverplicht) en maximaal 5 ton (leverrecht) aardappelzetmeel per aandeel. Indien de geleverde hoeveelheid aardappelzetmeel groter is dan de zelf opgegeven hoeveelheid A-volume dan wordt het volume boven A tot maximaal 5 ton per aandeel aangemerkt als het B-volume. Alles boven het A+B volume (maximale leverrecht van 5 ton zetmeel per aandeel) is C-volume (Avebe, September 2016).

Er waren in 2015 1.510 bedrijven die zetmeelaardappelen telen (Tabel 5). Het areaal zetmeelaardappelen toont een geleidelijk dalende tendens: van ruim 51.000 ha in 2005 naar 42.000 ha in 2015. Desondanks bleef de productie op peil. Naast de telers in Noordoost-Nederland worden aardappelen geleverd door telers uit het aangrenzende Weser Ems gebied in Duitsland. De wijzigingen in het Europese marktordeningsbeleid zijn met name debet aan de areaalafname. Deze wijzigingen van het marktordeningsbeleid houden in dat gekoppelde productie- en hectarepremies in 2012 zijn overgegaan naar bedrijfstoelagen, die vanaf 2015 convergeren naar een gelijk bedrag per ha in heel Nederland, ongeacht de voorgeschiedenis (Terluin et al., 2014).

**Tabel 5** Productie zetmeelaardappelen in Nederland.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Aantal bedrijven met zetmeel-aardappelen	1.601	1.563	1.475	1.459	1.409	1.508
Areaal (ha)	46.667	49.168	43.321	44.031	41.560	42.077
Productie (ton)	1.845.149	2.163.374	1.903.501	1.695.193	1.753.847	1.809.329

Bron: CBS.

De levering van zetmeelaardappelen wordt onderscheiden in voormalers (eerste 3 weken campagne), hoofdcampagne (begin september tot eind december) en namalers (begin januari tot einde campagne). Voor niet directe leveringen worden de aardappelen na oogst tijdelijk opgeslagen in kuilen op het veld, sleufsilos (buitenbewaring, afgedekt met stro of vliesdoek) of in een bewaarschuur (beschermen tegen de weersinvloeden en voorkomen van verlies van zetmeel in aardappelen). Meer dan de helft van de te verwerken zetmeelaardappelen wordt gedurende enige weken tot meer dan vijf maanden bewaard. Van de namalers wordt ongeveer tweederde in schuren bewaard en de rest in kuilen en sleufsilos (Kennisakker, 2017).

#### *TBM-regeling*

In het zetmeelaardappeltelend gebied bestaat een eigen pootgoedvermeerderingsregeling: de Teeltbeschermende Maatregelen Zetmeelaardappelen (TBM-regeling; (Stichting TBM, 2017)). Deze regeling is bedoeld voor de teelt van zetmeelaardappelrassen voor de aardappelzetmeelindustrie. Na opheffing van het Productschap Akkerbouw is de uitvoering van de regelgeving ondergebracht in de Stichting TBM. De pootgoedvermeerdering vindt plaats volgens de regels van TBM en mag alleen door Stichting TBM gekeurd worden (veld- en partijkeuring door de NAK/TBM-keurmeester) indien dit pootgoed uitsluitend gebruikt wordt voor de zetmeelaardappelteelt. Ongeveer tien procent van het zetmeelareaal, ofwel enkele hectares per bedrijf, wordt bestemd voor de pootgoedvermeerdering voor eigen gebruik (farm saved seed). Om zelf te vermeerderen (onder andere interessant vanuit kostenoverwegingen) wordt regelmatig een hoeveelheid basis- of gecertificeerd pootgoed aangeschaft, dat vervolgens één of meerdere keren wordt vermeerderd.



### *Be- en verwerking zetmeelaardappelen*

In Nederland zijn drie zetmeelfabrieken actief, die alle drie onderdeel zijn van de coöperatie AVEBE. Hier worden zetmeelaardappelen verwerkt tot aardappelzetmeel, -eiwit en -vezels voor toepassingen in de levensmiddelenindustrie, non-food industrie en diervoeder. De basiseisen voor zetmeelaardappelen zijn ongeacht de eindbestemming gelijk. Telers worden uitbetaald op basis van gehalten aan zetmeel en eiwit. In Nederland verwerkt AVEBE jaarlijks 2,5 miljoen ton aardappelen tot ongeveer 500.000 ton zetmeel. Mondiaal gezien is AVEBE een bepalende speler met een derde deel van de wereldzetmeelproductie. Aardappelzetmeel wordt vooral gebruikt als bindmiddel in een scala aan producten waaronder noedels, winegums, worst, room, (instant)soep en sauzen. Ook in producten als lijm, verf, luiers, omhulsels van medicatie of biologisch afbreekbaar plastic wordt zetmeel gebruikt. Aardappeleiwit en -vezels worden gebruikt voor menselijke en dierlijke consumptie (Avebe, September 2016). AVEBE wil de omzet vergroten door extra toegevoegde waarde te creëren met de producten die ze uit de aardappel winnen (toegevoegde-waarde-strategie). Ze is daarin al succesvol onder andere met het winnen en vermarkten van aardappeleiwit (productnaam Solanic). Innovaties zijn gericht op het verbeteren van de prestatieprijs per ton zetmeelaardappelen. Ook het verbeteren van de hectare-opbrengst is een belangrijk actiepunt.

### *Import en export zetmeelaardappelen*

De Nederlandse aardappelinvoer voor de productie van zetmeel komt uitsluitend uit Europa (Tabel 6). De belangrijkste herkomstlanden van waaruit jaarlijks aardappelen voor de zetmeelproductie worden geïmporteerd zijn Duitsland en België (Bijlage 4). Daarnaast wordt er jaarlijks nog circa 2500 ton aardappelzetmeel geïmporteerd. De hoeveelheid verse zetmeelaardappelen die vanuit Nederland wordt geëxporteerd is beperkt en vindt alleen plaats naar landen binnen Europa.

**Tabel 6** *Import en export zetmeelaardappelen (in ton) vindt uitsluitend binnen Europa plaats.*

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Import	243.358	150.124	137.741	66.889	33.559	48.241
Export	1.230	9.752	666	1.932	9.574	3.683

Bron: CBS Statline; bewerking Wageningen Economic Research.

## 3.1.3 Consumptieaardappelen

### *Teelt consumptieaardappelen*

Consumptieaardappelen zijn te onderscheiden in tafel- of industrieaardappelen. Tafelaardappelen zijn bestemd voor directe consumptie, en worden verkocht via de supermarkten, ambulante handel of direct via de boer. De industrieaardappelen worden geteeld voor de verwerking tot onder andere frites, chips, aardappelkroketjes, rösti en aardappelpuree en koelverse aardappelproducten, zoals voorgekookte krieltjes. Ongeschikte consumptiepartijen worden, afhankelijk van de kwaliteit, gebruikt als diervoeder of voor vergisting (Baltussen et al., 2016). In 2015 waren er 6.742 bedrijven met teelt van consumptieaardappelen (Tabel 7). Bij consumptieaardappelen is het areaal het laatste decennium redelijk stabiel rond de 70.000 ha, waarvan het areaal tafelaardappelen wordt geschat op circa 7.000 ha en het areaal industrieaardappelen op ca 63.000 ha.

**Tabel 7** *Productie consumptieaardappelen in Nederland.*

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Aantal bedrijven consumptieaardappelen	6.666	6.720	6.268	6.585	6.779	6.742
Areaal (ha)	73.035	72.607	67.452	71.568	74.068	71.736
Productie (ton)	3.546.049	3.857.284	3.383.603	3.481.212	3.871.458	3.325.398

Bron: CBS Statline.

---

Van augustus tot oktober worden de aardappelen geoogst en in bulk of kisten (tafelaardappelen) opgeslagen in gekoelde bewaarschuren tot het moment van afleveren. Bewaring leidt wel tot gewichts- en kwaliteitsverliezen. Geschikte rassen kunnen onder de juiste omstandigheden tot een jaar opgeslagen blijven. Elke partij en/of ras aardappelen moet apart worden opgeslagen. Een gelijktijdige opslag van poot- en consumptieaardappelen in dezelfde ruimte is niet toegestaan om plantziekten te voorkomen (NAK, 2016). Gedurende de eerste periode van opslag wordt de temperatuur op circa 15°C gehouden voor het nadrogen en om wondheling te bevorderen, waardoor het ontstaan en uitbreiding van plantenziekten wordt beperkt. Daarna wordt de temperatuur, afhankelijk van het ras, verlaagd tot 4-7°C. Bij deze lage temperatuur blijft de kiemvorming beperkt, maar wordt er meer zetmeel omgezet in reducerende suikers. Aardappelen bestemd voor chips en frites worden daarom bewaard bij relatief hoge temperaturen (circa 10°C).

Ongeveer 80-85% van de aardappelen worden geteeld op basis van een contract tussen de teler en handelaar/verwerkers of via een coöperatie. Een jaarlijks contract tussen de teler en de afnemer of verwerkende industrie houdt in dat de afnemer/industrie de teler voorziet van pootgoed en de gehele of gedeeltelijke oogst van de teler koopt. Frietfabrieken hebben zodoende een belangrijk deel van de pootgoedvoorziening in handen waarbij teruglevering van de totale opbrengst contractueel verplicht is. In een coöperatie koopt de teler in overleg pootgoed in en verkoopt de oogst aan de coöperatie, die het verder verkoopt. In beide situaties is de teler gegarandeerd van verkoop van de oogst. Er bestaan diverse contractvormen (Janssens et al., 2012). In de vrije sector (10-15% van de aardappelen) kan de teler zijn pootgoed direct van een handelshuis of pootgoedteler kopen, zelf beslissen welk ras geschikt is en verkopen op het juiste moment. De meeste telers in de vrije sector telen vrije rassen. De 'vrije' teler is niet gegarandeerd van inkomsten. Bij een hoog aanbod aan aardappelen op de markt, zal de prijs lager zijn en dus ook de inkomsten van de 'vrije' teler (Smit et al., 2008).

#### *ATR-regeling (vermeerdering van pootgoed voor eigen consumptieteelt)*

Voor de consumptieaardappelteelt mag onder bepaalde voorwaarden ook eigen vermeerderd pootgoed worden gebruikt ('ATR'). Voor vermeerdering van ATR-pootgoed gelden regels zoals: aangekocht pootgoed mag één keer worden vermeerderd voor consumptieteelt op het eigen bedrijf. Deze regeling is niet toegestaan in combinatie met reguliere pootgoedteelt op het eigen bedrijf. Daarnaast gelden voor de ATR-regeling diverse andere regels zoals de aangifte van de ATR-teelt bij de NAK (<http://www.nak.nl/aardappelen/aangifte/atr-regeling>).

#### *Be- en verwerking tafelaardappel*

Tafelaardappelen worden op basis van raseigenschappen onderscheiden naar kooktype, variërend van vastkokend tot zeer kruimig. Het aantal bedrijven dat verse aardappelen voor de tafelaardappelmarkt verwerkt (sorteren, wassen, verpakken) ligt op circa 80 (NAO, 2016). Een beperkt deel van hen verpakt en levert aardappelen voor de binnenlandse retailmarkt (serviceprovider); andere bedrijven leggen zich meer toe op de export. De 5 tot 8 grotere verpakkingbedrijven hebben een belangrijk deel van de binnenlandse handel in handen; 80-90% (schatting) van de aardappelen geleverd aan Nederlandse supermarkten wordt door hen geleverd. Aardappelen worden afgezet in kleinverpakking (veelal plastic), jute zakken (50 kg; verre exportmarkten) en big bags (Janssens et al., 2006). De verpakkers beleveren rechtstreeks of via zogenaamde inkooporganisaties zoals Superunie en Bakker Barendrecht aan de distributiecentra van supermarktketens met tafelaardappelen in binnen- en buitenland.

In Nederland zelf wordt jaarlijks circa 375.000 ton tafelaardappelen verkocht, circa 80% via de supermarkt. Voor koelverse producten is het aandeel bij supermarkten 95%. Naast de binnenlandse consumptie wordt bijna 400.000 ton tafelaardappelen geëxporteerd, waarvan de helft naar landen buiten de EU (Wageningen Economic Research., 2017)

#### *Be- en verwerking industrieaardappelen*

Nederland kent een omvangrijke aardappelverwerkende industrie. Er zijn in Nederland 18 NAO-erkende Centraal verwerkingsbedrijven (NAO, 2016; Bijlage 2). In 2015 werd circa 50% van de industrieaardappelen verwerkt tot aardappelproducten, waarvan 75% tot een voorgebakken product (NAO, 2016). De verwerkende industrie sluit voor de aanvang van het teeltseizoen (december-januari) contracten af met de telers en handelaren. De industrie stemt de inkoop af met de retailers. Hierdoor

wordt 75-90% van de benodigde grondstof vooraf gecontracteerd, de overige aardappelen worden op de vrije markt ingekocht (Smit et al., 2008).

Door gebruik te maken van stoom met hoge druk en temperatuur wordt de schil van de aardappel verwijderd. Daarna worden de aardappelen gesneden. De schillen en de resten zetmeel die ontstaan na het snijden worden gebruikt als diervoeder of zetmeel voor technische toepassingen (onder andere door Duynie) (Janssens and Smit, 2016). Bij het snijden ontstaan ook aardappelsnippers die tot vlokken worden gedroogd. Deze vlokken worden verwerkt tot bijvoorbeeld aardappelkroketten of -puree. Bij de bereiding van friet worden de aardappelen na het snijden geblancheerd, vorgebakken op 170 °C, geschud om vet te verwijderen, ingevroren tot -20 °C en verpakt. Bij de bereiding van chips wordt de aardappel na het snijden en blancheren eenmaal gebakken en verpakt. Er zijn vier fabrieken in Nederland die 90% van de aardappelen verwerken tot vorgebakken product: Aviko, Farm Frites, McCain en Lamb Weston/Meijer. Door de Nederlandse productie en het importaanbod te combineren, kunnen deze fabrieken de productiecapaciteit optimaal gebruiken en voldoen aan de nog steeds groeiende exportvraag. Daarnaast worden industrieaardappelen ook verwerkt tot koelverse producten en aardappelsalades (Haverkort, 2016; Janssens et al., 2006).

In 2015 verwerkte de aardappelverwerkende industrie (inclusief industriële schilbedrijven) 3,8 miljoen ton consumptieaardappelen tot 1,6 miljoen ton verwerkt product, waaronder friet en chips, en 0,4 miljoen ton tot andere verwerkte producten zoals snacks. Industriële schilbedrijven verwerken per jaar circa 420.000 ton. Van de 2 miljoen ton verwerkt product wordt 85% geëxporteerd, waarvan 80% binnen de EU en 20% naar derde landen (VAVI, 2017). De aardappelverwerkende industrie investeert om de productie te optimaliseren en steeds duurzamer te produceren. Reductie van energieverbruik, hergebruik van proceswater en mogelijkheden voor het opwaarderen en verwaarden van bijproducten maken dat de verwerking voortdurend efficiënter wordt (Baltussen et al., 2016).

De activiteiten van Aviko Rixona (Royal Cosun) richten zich op de ontwikkeling, productie en verkoop van gedroogde aardappelproducten zoals raspatat, granulaat, vlokken en andere aardappel-based producten voor retail, food service en ingrediënten voor de levensmiddelenindustrie. Hiervan is 90% bestemd voor export. Novidon (Duynie Group) verzamelt Europawijd bij de aardappelverwerking vrijkomend zetmeel en verwerkt dit tot producten voor onder andere de olieboorindustrie, pet food en bioplastics (Novidon, 2017).

#### *Import en export consumptieaardappelen*

Hoewel Nederland zelf veel consumptieaardappelen produceert, worden er ook veel verse consumptieaardappelen geïmporteerd (Tabel 8). Nederland importeert jaarlijks circa 1,6 miljoen ton verse aardappelen voor de industriële verwerking (o.a. frites, koelvers, chips) en tafelaardappels, inclusief primeurs. Primeurs zijn verse aardappelen die verhandeld worden tussen 1 januari en 30 juni. Het grootste deel van de totale Nederlandse import komt uit Europa; kleinere hoeveelheden komen uit Afrika en Azië. De import uit Afrika en Azië bestaat voor het grootste deel uit primeuraardappelen (Tabel 9). De herkomstlanden van de primeuraardappelen in Afrika zijn Egypte, Marokko en Tunesië (Bijlage 5). De importen uit Azië komen uit Israël. Binnen Europa is Duitsland de belangrijkste leverancier van verse aardappelen, gevolgd door België en Frankrijk. Primeuraardappelen worden uit Zuid-Europese landen ingevoerd zoals Spanje, Italië, Cyprus en Malta. Daarnaast is er beperkte invoer van verwerkte industrieaardappelen, met name uit buurlanden.

**Tabel 8** *Herkomst Nederlandse import van verse aardappelen inclusief primeurs (exclusief poot- en zetmeelaardappelen; in ton).*

Werelddeel	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Afrika	18.253	13.505	24.383	9.639	9.331	4.789
Azië	20.364	18.441	20.459	27.815	40.002	28.630
Europa	1.115.751	1.619.579	1.675.508	1.557.894	1.509.862	1.572.734
Totaal	1.154.369	1.651.525	1.720.350	1.595.348	1.559.194	1.606.165

Bron: CBS statline; bewerking Wageningen Economic Research.

**Tabel 9** Import nieuwe aardappelen "primeurs", vers of gekoeld, van 1 januari t/m 30 juni (in ton).

Werelddeel	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Afrika	18.167	13.457	24.017	8.987	9.201	3.876
Azië	12.780	17.852	19.546	24.416	36.871	27.131
Europa	15.858	41.452	23.644	49.884	36.228	42.071
Totaal	46.806	72.762	67.207	83.288	82.299	73.079

Bron: CBS Statline; bewerking Wageningen Economic Research.

Jaarlijks wordt een forse hoeveelheid verse aardappelen vanuit Nederland geëxporteerd (Tabel 10). Driekwart van deze aardappelen wordt binnen Europa geëxporteerd (70% naar EU-lidstaten), 16% gaat naar Afrika, 5% naar Amerika en ongeveer 2% naar Azië (NAO, 2016).

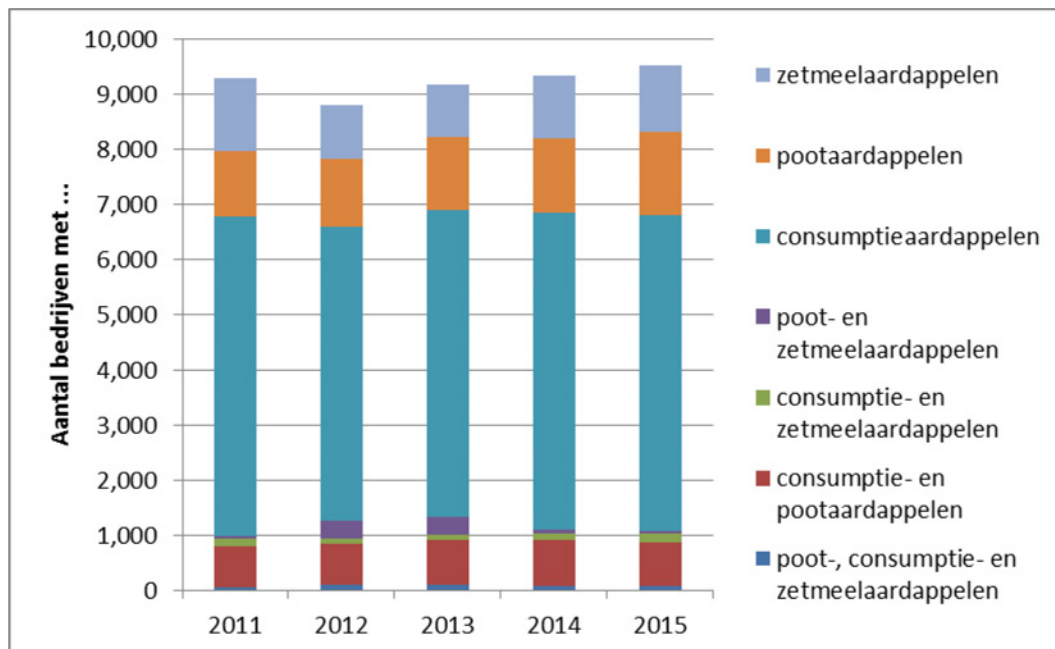
**Tabel 10** Nederlandse export van verse aardappelen; inclusief primeurs (in ton).

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Totaal verse aardappelen	1.197.528	1.181.792	963.129	1.105.755	1.040.808	888.394
waarvan primeur	46.398	31.946	27.125	42.116	22.363	49.963

Bron: CBS Statline; bewerking Wageningen Economic Research.

### Bedrijven met meerdere soorten aardappelen

Het bij elkaar brengen van verschillende partijen pootgoed vergroot het risico op verspreiding van schadelijke organismen en kan aanleiding zijn om extra beschermende maatregelen toe te passen. Ook op bedrijven met combinaties van poot-, en consumptie-, of zetmeelaardappel kan er een risico zijn voor overdracht van schadelijke organismen naar (hoogwaardiger) pootaardappelen. Figuur 2 toont het aantal bedrijven dat één type aardappelen of combinaties van aardappelen teelt.



**Figuur 2** Aantal bedrijven met aardappelen verdeeld naar type (consumptie, poot en zetmeel of combinaties).

De meeste bedrijven met aardappelen telen enkel consumptieaardappelen. Het grootste deel van de bedrijvencombinaties betreft de combinatie consumptie-, en pootaardappelen (Tabel 11).

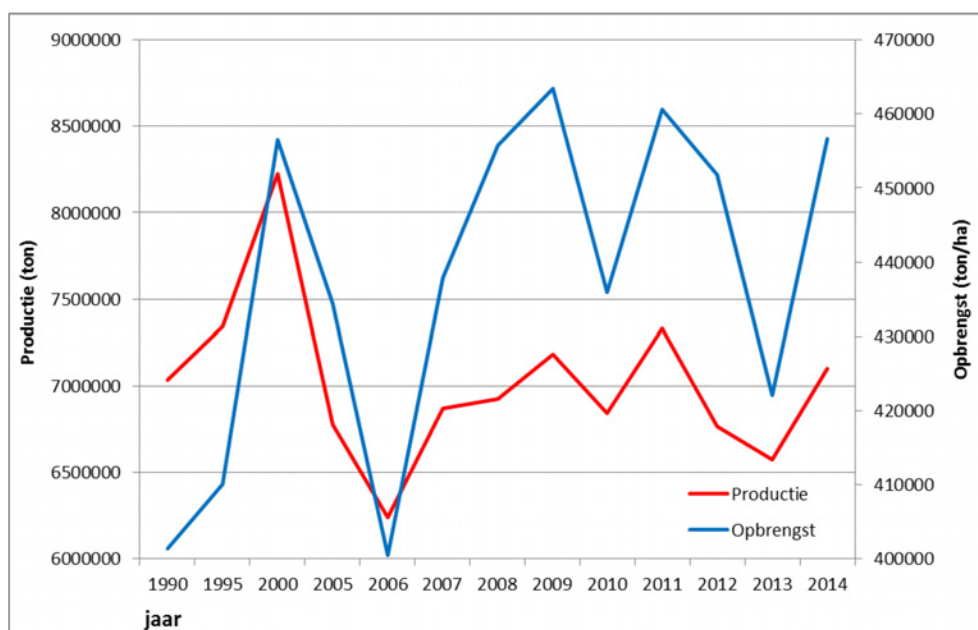
**Tabel 11** Areaal en productie van bedrijven met een of meerdere typen aardappelen (gemiddelde van 2011-2015).

Bedrijven met:	Areaal					Productie			
	Totaal (ha)	Per bedrijf (ha)	Consumptie (%)	Poot (%)	Zet-Meel (%)	Totaal (ton)	Consumptie (%)	Poot (%)	Zet-Meel (%)
poot-, consumptie- en zetmeelaardappelen	7.219	88.7	38	17	45	310.839	42	14	44
consumptie- en pootaardappelen	25.237	32.1	46	54		1.072.805	54	46	
consumptie- en zetmeelaardappelen	7.173	57.5	27		73	314.552	29		71
poot- en zetmeelaardappelen	5.643	35.8		19	81	224.825		16	84
consumptieaardappelen	55.242	9.8	100			2.783.452	100		
pootaardappelen	23.872	18.1		100		862.202		100	
zetmeelaardappelen	31.255	27.9			100	1.328.455			100
<b>Totaal</b>	<b>155.641</b>	<b>16.9</b>	<b>46</b>	<b>26</b>	<b>28</b>	<b>6.897.130</b>	<b>52</b>	<b>21</b>	<b>27</b>

Bron: CBS, bewerking Wageningen Economic Research.

Uit de tabel blijkt dat bedrijven met combinaties van aardappelteelten gemiddeld een groter areaal aardappelen telen dan bedrijven die gespecialiseerd zijn in één type aardappel. De 12,5% bedrijven met combinatieteelten zijn goed voor 40% van de totale productie van pootaardappelen, 22% van de consumptieaardappelen en 30% van de zetmeelaardappelen (gemiddeld 2011-2015). Nadere informatie over hoeveel van welke aardappelen op het eigen en andere bedrijven, of voor derden in bewaarplaatsen wordt opgeslagen, is niet voorhanden.

De Nederlandse aardappelproductie is sinds 2000 afgenomen van 8 miljoen ton naar 6,5 miljoen ton in 2015 (CBS, 2016b). De helft van de totale opbrengst bestaat uit consumptieaardappelen, verse en industrieaardappelen, 20% zijn pootaardappelen en 30% zetmeelaardappelen.



**Figuur 3** Productie (ton) en opbrengst (ton/ha) Nederlandse aardappelen tussen 1990-2014 (faostat.fao.org).

De productie (ton) en opbrengsten (ton per hectare) in Nederland behoren tot de top 10 van de wereld (Tabel 12) (FAOstat, 2017).

**Tabel 12** Wereldwijde aardappelproductie en opbrengst (2014) (Faostat geraadpleegd 15/06/2017).

Land	Productie (ton)	Opbrengst (ton/ha)
China	95570393	16,92
India	46395000	22,92
Russische Federatie	31501354	14,99
Oekraïne	23693350	17,64
Verenigde Staten	20056500	47,15
Duitsland	11607300	47,41
Bangladesh	8950000	19,38
Frankrijk	8085184	47,98
Polen	7689180	27,77
Nederland	7100258	45,66
Koeweit <sup>a</sup>	47545	67,54
België <sup>a</sup>	4380556	54,00

<sup>a</sup> Koeweit en België waren de landen met de hoogste opbrengst in 2014.

### *Biologische aardappelteelt*

Sinds 2011 is er een kleine toename in het aantal biologische aardappeltelers, al blijft het percentage bedrijven ten opzichte van het totaal aantal landbouwbedrijven gelijk op circa 2,5% voor zowel poot- als consumptieaardappelen (CBS, 2016a). Dit komt neer op 1% van het areaal van de akkerbouw bestemd voor de aardappelteelt. De opbrengst per ha van biologisch geteelde aardappelen is 12-20% lager dan bij de gangbare teelt (2008). In 2011 waren 11 biologische kleine kwekers actief in de veredeling van de aardappel (Lammerts van Bueren and van Loon, 2011).

### *Transport*

Vanuit de bewaarschuur of vanaf het land worden de aardappelen voor de verwerking naar de fabrieken of voor verpakking naar verpakkingsbedrijven getransporteerd. Afhankelijk van de aardappelteler wordt de tarragrond, de aanhangende grond van het oogsten, op de boerderij of fabriek van de aardappelen geschud en gespoeld. Voor het vervoer van aardappelen buiten het eigen bedrijf is een transportdocument nodig. Er zijn in Nederland enkele grote transportbedrijven (bijvoorbeeld AB Texel, Farmtrans) gespecialiseerd in het nationale en internationale transport van agrarische producten zoals aardappelen. Bulktransport van aardappelen vindt veelal plaats met speciale opleggers, de zogenaamde bandlossers. Ter voorkoming van verspreiding van ringrot hanteert de Nederlandse aardappelsector het PCC Hygiëneprotocol Ringrot. De richtlijnen zijn per schakel (handel, transport, wasplaats, centraal verwerker en pootgoedteler) geformuleerd en sluiten aan bij bestaande certificeringsschema's (NAO, 2014).

### *Distributie*

Retailorganisaties, zoals Superunie en Albert Heijn, en food service organisaties, bijvoorbeeld de Makro en Sodexo, sluiten contracten met verwerkers af in augustus-september voorafgaand aan het komende kalenderjaar. Producten worden verzameld en gedistribueerd vanuit distributiecentra. Naast eigen vrieshuizen van verwerkers zijn er logistieke dienstverleners en transporteurs die vriesruimte verhuren voor tijdelijke opslag van ingevroren producten eventueel in combinatie met het ompakken daarvan van bulk naar consumentenverpakking.

### *Consument*

Ongeveer 35% van de aardappelconsumptie per Nederlander bestaat uit producten als friet en chips. De consument koopt aardappelen, aardappelproducten en maaltijden en salades waarin aardappelen verwerkt zijn. Verkoopkanalen voor thuisgebruik zijn ambulante handel, groentewinkels en vooral supermarkten. Belangrijke out-of-homekanalen zijn snackbars (inclusief zelfbakkers en mobiele wagens), quick-service restaurants en (hotel-)restaurants (Janssens et al., 2006).

---

## 3.2 Chemische en fysische gevaren

In de volgende paragrafen worden de mogelijke chemische en fysische gevaren in de aardappelketen benoemd. Aardappelen worden in Nederland veredeld onder strikte condities en alleen de geschikte aardappelen komen via handelshuizen en telers op de markt. Voor de zaden en knollen die na de veredelingsfase op de markt gebracht worden, worden geen andere chemische of fysische gevaren verwacht dan die tijdens de teelt en handel kunnen optreden. Op basis van het literatuuronderzoek en de data-analyse werd een inventarisatie gemaakt van de chemische en fysische gevaren die kunnen voorkomen in de aardappelketen (Long list), die hieronder per fase in de keten beschreven worden. Per stofgroep zijn conclusies weergegeven over de mogelijk belangrijke gevaren die opgenomen kunnen worden in de intermediate list.

### 3.2.1 Teeltfase

In de teeltfase kunnen chemische gevaren geïntroduceerd worden via verontreinigde grond, watergebruik, bemesting of gewasbescherming. Mogelijke chemische gevaren die kunnen optreden worden hieronder weergegeven.

#### 3.2.1.1 Zware metalen

De grondsamenstelling in Nederland en daarmee de gehalten aan zware metalen in de bodem zijn van origine bepaald door natuurlijke invloeden. Daarnaast komen zware metalen in de grond terecht door (historische) aanvoer via dierlijke mest, kunstmest, compost, verontreinigd sediment (riool- en of rivierslib), en, regionaal, door verhoogde atmosferische depositie afkomstig van industrie, bijvoorbeeld in de Brabantse Kempen (NVWA, 2005). Door de aanwezigheid in het milieu, via de bodem en het water, kunnen zware metalen in de aardappel terecht komen. De beschikbaarheid van zware metalen door gewassen wordt bepaald door bodemeigenschappen, zoals het organische stof- en kleigehalte (klei en organische stof hebben een grotere capaciteit om metalen te binden dan zand) (Stichting Kennisontwikkeling Kennisoverdracht Bodem, 2007) en de samenstelling van bodemvocht (o.a. pH). Aan de hand van bodem-plant relaties en bodemparameters kan het metaalgehalte in de plant worden voorspeld uit het metaalgehalte in de bodem. De opname van zware metalen is gewasspecifiek. De zware metalen hopen met name op in de niet-oogstbare delen van de aardappel (de Vries et al., 2008; Römkes and Rietra, 2011). Om bodemverontreiniging op het aardappelareaal te voorkomen is het gebruik van rioolslib niet toegestaan in de aardappelteelt (VAVI, 2016).

De EC heeft maximumlimieten (ML) vastgesteld voor zware metalen in levensmiddelen. Voor aardappelen (versgewicht) specifiek zijn wettelijke limieten voor lood en cadmium (Verordening (EG) 1881/2006) en voor kwik (Verordening (EG) 396/2005) vastgesteld. De volgende paragrafen geven informatie over lood, cadmium, arseen en kwik, aangezien uit literatuuronderzoek bleek dat deze elementen kunnen voorkomen in aardappel.

#### *Arseen*

Arseen komt van nature in het milieu voor door bijvoorbeeld vulkaaneruptions maar komt ook in het milieu terecht door gebruik van meststoffen, gewasbeschermingsmiddelen en houtverduurzamingsmiddelen, en door industriële emissie. Arseen kan voorkomen als metaal of als ion, in anorganisch of organische vorm. De anorganische vormen zijn giftiger dan de organische vormen. Planten nemen arseen passief op via het (grond)water. Over het algemeen wordt arseen via de bodem opgenomen en is accumulatie van arseen hoger in de wortels dan in de scheuten van planten. In planten komt met name anorganisch arseen voor (Bergqvist, 2011). Arseen leidt onder andere tot verwelking of violet verkleuring van het blad, ontkleuring van de wortel en vertraagde groei. In Cornwall, UK, werden gemiddelde concentraties (totaal) arseen gevonden van 0,10 mg/kg in de aardappelknol tot 0,35 mg/kg in de schil (10 planten) (Warren et al., 2003). De studie toonde aan dat de opname van arseen in gewassen als sla, radijs en spinazie op dezelfde grond vele malen hoger was dan in aardappelen. Zo was de hoogste concentratie in sla 17,8 mg/kg. In zwaar verontreinigde gebieden buiten Europa (Canada, Bangladesh) werden in aardappelknollen gehalten gevonden van 10-20 µg/kg oplopend tot 1,10-2,43 mg/kg (Kabata-Pendias, 2011). Er zijn geen gegevens beschikbaar met betrekking tot arseengehalten in aardappelen die in Nederland geteeld zijn.

---

### *Cadmium*

Cadmium komt in het milieu terecht door natuurlijke bronnen, zoals vulkaanuitbarstingen en verwerking van gesteente, maar ook door landbouw (mest) en industriële bronnen. Het kan in planten terechtkomen via de lucht, bodem en water. Cadmium wordt gezien als het meest ecotoxische metaal, omdat het schadelijke effecten heeft op biologische processen in zowel planten, dieren als mensen. Cadmium verstoort enzymatische processen in planten en leidt onder andere tot vertraagde groei, schade aan de wortels, bleekzucht, rood/bruinverkleuring van de bladeren en verstoort de plant-microbe symbiose. Planten nemen zowel via absorptie als passief via de wortels cadmium op uit de bodem (Kabata-Pendias, 2011). De soort bodem is van belang voor de beschikbaarheid; deze is hoger in zand dan in klei. Ook de pH van de bodem is bepalend voor de beschikbaarheid. Cadmium accumuleert met name in de bladeren (EFSA, 2009a). De hoogste cadmiumconcentraties worden dan ook gemeten in bladgewassen. Wel zijn aardappelen gevoelig voor verhoogde cadmiumgehalten in de bodem (Kabata-Pendias, 2011).

De ML voor cadmium in geschilde aardappelen is 0,10 mg/kg vers gewicht. Norton et al. (2015) vond hogere cadmiumconcentraties in de schil dan in de knol. In aardappelknollen uit Polen, Duitsland en Verenigde Staten werden gemiddelde gehalten van 0,016-0,3 mg/kg aangetroffen (Kabata-Pendias, 2011). EFSA rapporteert concentraties van <LOD-0,1420 mg/kg (N=2116, P95 0,07 mg/kg) in aardappelen uit diverse Europese landen en Australië (EFSA, 2009a). Metingen in aardappelen geteeld op potentieel vervuild gebied in Nederland (De Kempen) lieten geen overschrijding van de ML zien (gemeten waarden 0,023-0,081 mg/kg) (NVWA, 2007).

### *Lood*

Door veelvuldig gebruik van loden waterleidingen, lood in verf en brandstof is lood in het milieu terechtgekomen. Lood komt vooral in anorganische vorm voor in de bovenste laag van de bodem. Doordat lood sterk gebonden is aan de aarde is de biobeschikbaarheid en opname door de planten laag. Deze wordt verder vertraagd bij aanwezigheid van kalk in de bodem en lage temperaturen. Opname door de plant is passief. Lood wordt in de plant getransporteerd naar de bovengrondse delen (blad) en remt onder andere de fotosynthese (Kabata-Pendias, 2011).

De ML voor lood in aardappelen is vastgesteld op 0,10 mg/kg versgewicht geschilde aardappelen. Onderzoek toonde aan dat de (eerste millimeter van) de schil hogere loodconcentraties bevatte dan in de knol (Norton et al., 2015). Metingen laten zien dat de accumulatie van lood in bovengrondse plantendelen (eetbare blad- en kruidachtige gewassen) hoger is dan in ondergrondse plantendelen (knol-, en bolgewassen) (EFSA, 2012b; Römkes and Rietra, 2011). Door EFSA geaggregeerde resultaten laten zien dat de P95 waarde tussen 0,06 en 0,066 mg lood per kg aardappel(producten) ligt met een uitschieter van 0,182 mg/kg in aardappelpuree (EFSA, 2012b). Desondanks werden er in de literatuur in aardappelknollen concentraties boven de ML aangetroffen. In Canadese aardappelen die groeiden op verontreinigde grond (in de nabijheid van metaalverwerkende industrie of stedelijke omgeving) werden concentraties tussen 100 en 425 mg lood per kg aardappel aangetroffen (Kabata-Pendias, 2011). Metingen in aardappelen uit Slowakije toonden aan dat in 100% van de onderzochte aardappelen op acht locaties de ML overschreden (Musilova et al., 2015).

### *Kwik*

In het verleden is kwik in het milieu terechtgekomen door gebruik in gewasbeschermingsmiddelen, geneesmiddelen en de industrie. Met name rondom (oude) mijnbouw is veel kwik in de bodem aanwezig. Planten nemen kwik gemakkelijk op via absorptie door de wortels en via het blad via dampen in de lucht. Kwik wordt in de plant getransporteerd en kan metabolische processen verstoren, leidend tot groeiachterstand van de zaailing, kleine wortels en een verminderde fotosynthese (Kabata-Pendias, 2011). In Polen werden concentraties van 0,003-0,045 mg/kg kwik in aardappelen aangetroffen. De achtergrondniveaus in planten in Europa liggen echter tussen de 0,001-0,1 mg/kg (Kabata-Pendias, 2011). De MRL voor kwik in aardappelen is vastgesteld op de LOQ: 0,01 mg/kg (Verordening (EG) 396/2005). Deze MRL geldt voor de hele aardappel na verwijdering van eventueel loof en van aanhangende aarde (Verordening (EU) 752/2014)).



---

## Conclusie

Voor aardappelen geteeld in Nederland zijn met name cadmium en lood van belang; hiervoor zijn ML-overschrijdingen gerapporteerd. Voor import dient gekeken te worden naar aardappelen afkomstig van teelt in mogelijk verontreinigde gebieden (vooral die met verhoogde concentraties lood en kwik). Ongeschilde aardappelen bevatten mogelijk hogere concentraties lood en cadmium.

### 3.2.1.2 Persistente Organische Verbindingen

Broomhoudende vlamvertragers (BFR's) zijn stoffen die zijn toegepast in diverse producten om te voorkomen dat het materiaal ontbrandt of om een brand te vertragen. BFR's zijn in brede mate toegepast in diverse industriële en consumentenproducten zoals meubels, stoffering, kleding, elektronica en auto's. Indien BFR's vrijkomen, kunnen ze in het milieu terecht komen. Een aantal BFR's heeft eigenschappen die vergelijkbaar zijn met die van andere POP's zoals dioxines en PBC's. Ze zijn persistent en accumuleren in organismen en zijn toxisch. Om die reden staan ze onder de aandacht van internationale overheden. EFSA heeft een reeks opinies uitgebracht over BFR's (EFSA, 2011c, 2011d, 2012e, 2012f). Bekende BFR's zijn o.a. polybroomdifenylethers (PBDE's) en hexabromocyclododecanen (HBCDD's). Theoretisch zijn er 209 mogelijke congenere voor de PBDE's, waarvan een klein aantal veel voorkomt en teruggevonden wordt in het milieu. Voor HBCDD zijn er 16 mogelijkheden, zogenaamde stereo-isomeren. In de praktijk bestaat een technisch mengsel voornamelijk uit drie stereo-isomeren die de aanduiding  $\alpha$ ,  $\beta$  en  $\gamma$ -HBCDD hebben, waarbij  $\gamma$ -HBCDD in de hoogste hoeveelheid aanwezig is in het technisch mengsel (EFSA, 2011c). Vlamvertragers hopen zich met name op in de bodem en kunnen van daaruit opgenomen worden in de plant (Mueller et al., 2006). Een studie van Vrkoslavova et al. (2010) liet zien dat planten van de nachtschadefamilie in staat zijn BFR's vanuit vervuilde bodem op te nemen. De hoogste concentraties werden in bovengrondse delen gevonden (Vrkoslavová et al., 2010). Er zijn geen maximumlimieten voor de aanwezigheid van BFR's in levensmiddelen. Er wordt in Nederland door de NVWA niet gemonitord op BFR's, waardoor er weinig Nederlandse data beschikbaar zijn m.b.t. het optreden van BFR's in aardappel(producten). In een Engelse studie werden PBDE's in aardappelen gemeten in gehalten van 0,31 tot 3,5  $\mu\text{g}/\text{kg}$  voor de som van 17 congenere (upperbound) (Fernandes et al., 2016). In de EFSA opinie (EFSA, 2011d) zijn aardappelen opgenomen in de groep 'vegetables and vegetable products (including fungi). In 80% van de monsters binnen deze groep werden geen PBDE's aangetroffen; enkele congenere werden gemeten op een niveau van 1  $\text{pg}/\text{g}$  ww (lowerbound). Waarschijnlijk verklaart het verschil in upperbound/lowerbound rapportage een rol in het verschil tussen deze studies. In een Nederlandse studie werden individuele PBDE's gemeten in aardappel(producten) op een niveau van 1-5  $\text{pg}/\text{g}$  product (upperbound), wat aansluit bij de waarnemingen van EFSA (Boon et al., 2016; EFSA, 2011d).

Perfluoralkylverbindingen (PFAS's) betreffen een groep van volledig gefluoreerde verbindingen. De twee bekendste stoffen zijn perfluoroktaansulfonzuur (PFOS) en perfluoroktaanzuur (PFOA). PFOS en PFOA zijn sinds 1950 op grote schaal gebruikt in zowel industriële als consumententoepassingen zoals vet- en vuilwerende coatings op textiel, waterafstotende lagen op outdoor kleding, in verpakkingsmaterialen voor voedsel en als insecticiden. De stoffen zijn zowel hydrofoob als lipofob, waardoor ze goede oppervlakte-actieve eigenschappen hebben. Naast PFOS en PFOA zijn honderden vergelijkbare gefluoreerde verbindingen bekend (Buck et al., 2011). PFOS vond ook zijn toepassing in filmvormend blusschuim (AFFF) voor het blussen van o.a. benzinebranden. PFOA is ook geruime tijd gebruikt als hulpstof bij de productie van gefluoreerde polymeren (o.a. PTFE) (Buck et al., 2011). PFOS en PFOA zijn zeer stabiel, accumuleren in het milieu en zijn humaan toxisch (Noorlander et al., 2011). PFOS en PFOA hopen, in tegenstelling tot dioxines en PCB's, niet op in vetten maar binden aan eiwitten in het bloed en de lever. PFOS valt onder de POP's, PFOA staat op de lijst met voorgestelde stoffen om op te nemen als POP<sup>1</sup>.

Aardappelen kunnen PFAS's opnemen vanuit de bodem. In een studie waarbij de grond verontreinigd werd met PFOS en PFOA, werden deze stoffen aangetoond in aardappelen. De gevonden gehalten waren concentratie-afhankelijk en liepen op van 7  $\mu\text{g}/\text{kg}$  PFOS/PFOA in aardappelen bij 10  $\text{mg}/\text{kg}$  PFOS/PFOA in de bodem tot 52  $\mu\text{g}/\text{kg}$  PFOA in aardappelen bij 50  $\text{mg}/\text{kg}$  PFOA in de bodem. In de aardappelschillen werden al detecteerbare residuëresten gevonden bij een verontreinigde bodem met 0,25  $\text{mg}/\text{kg}$  PFOS/PFOA. De concentraties in de aardappelschillen liepen op van 2  $\mu\text{g}/\text{kg}$  PFOA en 5  $\mu\text{g}/\text{kg}$  PFOS bij 0,25  $\text{mg}/\text{kg}$  PFOS/PFOA in de bodem tot 234  $\mu\text{g}/\text{kg}$  PFOA en 590  $\mu\text{g}/\text{kg}$  PFOS bij 50  $\text{mg}/\text{kg}$  PFOS/PFOA in de bodem (Stahl et al., 2009).

---

Metingen in 250 monsters van Europese aardappelen en aardappelproducten resulteerden slechts in één positief monster voor PFOS (EFSA, 2011a). Er zijn geen maximumgehalten vastgesteld voor PFAS's in levensmiddelen. EFSA is gevraagd een update van de opinie te schrijven betreffende PFOS met een uitbreiding tot de overige PFAS's.

#### *Conclusie*

*De beperkt beschikbare data m.b.t. PBDE's suggereren dat PBDE's geen chemisch gevaar vormen in aardappelen. PFAS-verbindingen kunnen accumuleren in de aardappel gedurende de teelt, maar EU-monitoringsresultaten laten zien dat PFAS's bijna nooit werden aangetroffen in aardappel(producten). Wanneer er aanwijzingen zijn dat aardappels geteeld zijn op vervuilde grond is het aan te bevelen de aardappels te monitoren op PBDE's en PFAS's.*

### **3.2.1.3 Nitraat**

Met bemesting zorgt de teler voor de toevoer van voedingsstoffen en instandhouding van de bodemvruchtbaarheid. Via uitspoeling en gasvormige verliezen, maar ook tijdens de teelt en oogst, gaan voedingsstoffen uit de bodem verloren. In Nederland gaat bemesting vooral om het toedienen van stikstof, fosfor, kalium en in mindere mate magnesium, zwavel, en calcium. Welke additionele voedingsstoffen de bodem nodig heeft, is afhankelijk van de soort bodem en de regio. In het oosten van Nederland is op lichte gronden bijvoorbeeld zwavelbemesting noodzakelijk, terwijl in het westen door industrie en verkeer genoeg zwavelemissie en -depositie plaatsvindt (online handboek bodem en bemesting 2016). In verband met verontreiniging met zware metalen is het niet toegestaan rioolslib te gebruiken als meststof in de aardappelteelt (VAVI, 2016).

De regelgeving omtrent het gebruik van mest is voornamelijk gericht op de bescherming van het milieu. De Nederlandse wetgeving voor stikstofhoudende meststoffen is gebaseerd op de Europese Nitraatrichtlijn (91/676/EEG). De stikstof in de mest wordt in de bodem omgezet naar nitraat. De doelstelling van deze richtlijn is dat grond- en oppervlaktewater beschermd wordt tegen vervuiling veroorzaakt door nitraat dat afkomstig is van agrarische bronnen. De limiet voor nitraat in grondwater is 50 mg/l.

Specifieke Nederlandse regelgeving omtrent het gebruik van meststoffen wordt beschreven in de gebruiksnormen voor dierlijke mest, voor werkzame stikstof en fosfaat en het Besluit gebruik meststoffen (Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden, 2017a). Hierin staat beschreven in welke periodes en onder welke (bodem)condities meststoffen mogen worden toegediend. Het gebruik van dierlijke meststoffen mag tot maximaal 170 kg stikstof per ha. Daarnaast is er een stikstof- en fosfaatsnorm waar boeren aan moeten voldoen (Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden, 2017b). De hoeveelheid stikstof die toegediend mag worden is naast de bodemcondities afhankelijk van het soort aardappel dat wordt geteeld. Tabel 13 geeft een overzicht van de stikstofgebruiksnormen voor aardappelen op verschillende bodemsoorten waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen aardappelen met een hoge en lage norm (RVO Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2016). De fosfaatgebruiksnorm is afhankelijk van de fosfaattoestand van de bodem. Er wordt geen onderscheid gemaakt naar grondsoort. De norm betreft zowel dierlijke mest, kunstmest als overige organische meststoffen. De fosfaattoestand kan worden bepaald door bemonstering en analyse van de bodem (CLO, 2014).

**Tabel 13** Stikstofgebruiksnormen (2015-2017) in de aardappelteelt voor verschillende bodemtypes (RVO, 2016).

Gewas (kg N per ha per teelt)	Klei	Noordelijk, westelijk en centraal zand*	Zuidelijk zand**	Löss	Veen
Consumptieaardappel hoge norm <sup>1</sup>	275	260	208	204	270
Consumptieaardappel overig	250	235	188	184	245
Consumptieaardappel lage norm <sup>1</sup>	225	210	168	164	220
Consumptieaardappel vroeg (loofvernietiging voor 15 juli)	120	120	96	96	120
Pootaardappelrassen hoge norm <sup>1</sup>	140	140	140	140	140
Pootaardappelrassen overig	120	120	120	120	120
Pootaardappelrassen lage norm <sup>1</sup>	100	100	100	100	100
Pootaardappelen uitgroei teelt (loofvernietiging na 15 augustus)	180	165	165	165	170
Zetmeelaardappelen	240	230	184	184	230

\* Friesland, Groningen, Drenthe, Noord-Holland, Zuid-Holland, Flevoland, Zeeland, Overijssel, Gelderland en Utrecht.

\*\* Limburg, Noord-Brabant.

<sup>1</sup> Overzicht van de indeling is te vinden op [www.rvo.nl](http://www.rvo.nl)

Nitraat accumuleert met name in het xyleem (zorgt voor het transport van nutriënten en water van wortel naar blad) van de plant, waardoor het blad(gewas) meer nitraat bevat dan de knol (EFSA, 2008b). Watertekort van de bodem zorgt voor een lagere opname van nitraat door de plant, wat leidt tot een slechte groei. Een optimale bemesting (volgens GAP) heeft geen effect op accumulatie van nitraat in de aardappel (EC, 1997). Voor spinazie, (ijsberg)sla en baby/kind voeding zijn ML's voor nitraat vastgesteld. Deze liggen tussen 200 mg/kg voor babyvoeding en 4500 mg/kg voor verse sla. Voor aardappelen is echter geen ML voor nitraat bepaald (EFSA, 2008b). Verschillende artikelen beschrijven een aanbevolen maximale concentratie van 200 mg nitraat per kg verse aardappelen (Gorenjak et al., 2014; Santamaria, 2006). De gemiddelde concentratie nitraat die in Europese aardappelen (n=2.795 periode 2000-2007) werd gevonden was 168 mg/kg aardappel (mediaan 106 mg/kg) (EFSA, 2008b). De P95 waarde in de Europese aardappelen lag op 340 mg/kg wat hoger is dan de hierboven genoemde aanbevolen maximale concentratie in aardappelen. De concentratie nitraat is het hoogst net onder de schil. Wassen, schillen en koken van de aardappel zorgt voor een afname van nitraat van 18 tot 40% afhankelijk van het ras (Mozolewski and Smoczyński, 2004). In ongeschilde aardappelen zorgt alleen koken voor een afname van 25% van de oorspronkelijke nitraatconcentratie (Mozolewski and Smoczyński, 2004). In de studie van Rytel et al. (2005) blijkt dat de concentratie nitraat in friet (gemeten in twee aardappelsoorten; Innowator en Santana) met ongeveer 95% van 258 respectievelijk 349 mg/kg (hoger dan de aanbevolen concentratie) daalt naar 16-18 mg/kg na alle stappen tijdens de productie (Rytel et al., 2005).

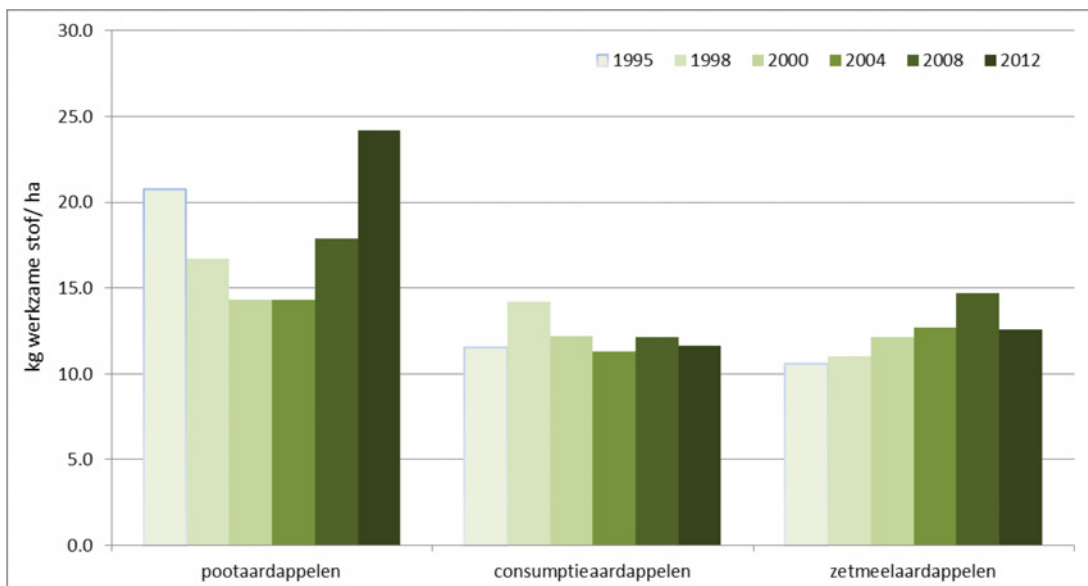
#### Conclusie

*In incidentele gevallen zou de concentratie nitraat boven de aanbevolen maximale concentratie van 200 mg/kg kunnen komen. In Nederland is er geen wettelijke limiet voor nitraat.*

#### 3.2.1.4 Gewasbeschermingsmiddelen

De aardappelteelt kan door verschillende ziekten, plagen en onkruid aangetast worden. Om de planten hiertegen te beschermen worden gewasbeschermingsmiddelen ingezet. Deze middelen worden in de aardappelteelt met name gebruikt voor de bescherming van de aardappel tegen de aardappelziekte (*Phytophthora infestans*). Een aardappelperceel wordt jaarlijks 10-15 keer bespoten om deze schimmelziekte te bestrijden. Na besproeiing van het perceel kan de werkzame stof(fen) uit het middel door de plant direct opgenomen worden via de bladeren of via depositie op de bodem via de wortels. De Nederlandse bodem bevat nog altijd (inmiddels verboden) persistente bestrijdingsmiddelen door het langdurige gebruik hiervan in het verleden. Het betreft vooral organische chloorverbindingen zoals drins (aldrin, dieldrin, endrin) en DDT. De gehalten in de bodem nemen slechts langzaam af, omdat de middelen slecht afbreekbaar zijn (Sukkel et al., 2011).

In vergelijking met de teelt van andere gewassen worden in de aardappelteelt veel bestrijdingsmiddelen gebruikt. In 2012 werd 39% van het totale gebruik aan gewasbeschermingsmiddelen in Nederland toegepast op aardappelen. Bij pootaardappelen is het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen, uitgedrukt als kg werkzame stof per ha, tussen 2000 en 2012 met 70% toegenomen (Figuur 4). De toename is te wijten aan een verhoogd gebruik van de hulpstof minerale olie, deze hulpstof zorgt voor een versnelde opname van de werkzame stoffen in de gewasbeschermingsmiddelen door de plant. Daarnaast is minerale olie zelf ook als insecticide voor de aardappelteelt geregistreerd (CTGB, 2017b). Er is tussen 2000 en 2012 tevens een verdubbeling waarneembaar in het gebruik (kg/ha) gewasbeschermingsmiddelen voor pootaardappelen ter bestrijding van onkruid, maar de toename is niet toe te schrijven aan het gebruik van een enkel middel (CLO, 2015). Nederland staat op een 2<sup>e</sup> plek binnen de EU met betrekking tot de verkoop van pesticiden per ha voor het gehele landbouwareaal, circa 6 kg/ha (cijfers 2013). Veertig procent hiervan bedraagt fungiciden en bactericiden. Alleen op Malta (14 kg/ha) werden per ha landbouwareaal meer pesticiden verkocht (Eurostat Statistics, 2014).



**Figuur 4** Gebruik gewasbeschermingsmiddelen in Nederland in de aardappelteelt periode 1995-2012 (CLO, CBS 2015).

Naast chemische bestrijding worden ook biologische en/of mechanische methodes toegepast. Met de gewasbeschermingsmonitor moet de teler de getroffen maatregelen op het gebied van geïntegreerde gewasbescherming gedurende het teeltseizoen bijhouden (Besluit G&B 2016).

De toelating van gewasbeschermingsmiddelen in Nederland geschiedt in het kader van de Wet Gewasbeschermingsmiddelen en Biociden (2015), die gebaseerd is op de Europese Verordening voor gewasbeschermingsmiddelen, Verordening (EG) 1107/2009 (EC 2011). De registratie en toestemming tot gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in Nederland gebeurt via het College voor de Toelating van Gewasbeschermingsmiddelen en Biociden (CTGB). Sinds 2009 is Europa voor de beoordeling ingedeeld in drie zones: noord, centraal en zuid. Nederland hoort bij de centrale zone. Een aanvraag voor toelating in een bepaalde zone, wordt beoordeeld door één van de lidstaten uit die zone; de overige lidstaten kunnen reageren op deze beoordeling. Formeel is er dus geen sprake van een zonale toelating, maar van een zonale beoordeling, al volgen de andere lidstaten meestal wel het besluit van de eerst beoordeelende lidstaat. Er zijn op dit moment 109 verschillende werkzame stoffen in Nederland toegestaan voor het gebruik tijdens de professionele aardappelteelt/opslag (raadpleging CTGB en gewasbeschermingsmiddelenkennisbank december 2016; zie Bijlage 6).

Voor gewasbeschermingsmiddelen zijn maximumresidugehalten (MRL's) vastgelegd in de Europese Verordening (EG) 396/2005. De MRL geeft de hoogst toegestane concentratie van de werkzame stof en/of zijn metabolieten in voedsel of diervoeder aan. Elke lidstaat van de EU is verplicht om te

---

controleren of agrarische producten voldoen aan de MRL's (c.q. of producenten de levensmiddelenwetgeving naleven). De resultaten van de controles uitgevoerd door de lidstaten dienen als basis voor de jaarlijkse rapportage van de EC en EFSA. In de EFSA rapportage worden onder andere de trends en blootstelling beschreven (EFSA, 2016a). In 2014 werd in Nederland in 2,1% van de monsters aardappelen (N=47) een overschrijding van de MRL gevonden (metingen van de NVWA). Dit was hoger dan tussen 2009-2013 (0,4% N=48) maar lager dan in 2005 toen in 5,1% (N=79) van de monsters gehalten boven MRL's werden gevonden (NVWA, 2014).

Hieronder wordt (in alfabetische volgorde) een aantal werkzame stoffen van gewasbeschermingsmiddelen voor aardappelen beschreven, die gerapporteerd werden in de literatuur en/of als residu in monitoringsdata zijn aangetroffen, of waar de afgelopen jaren Kamervragen over zijn geweest. Deze lijst is niet volledig, de overige middelen staan kort beschreven in Bijlage 6. Algemene informatie betreffende de werking van de gewasbeschermingsmiddelen is afkomstig van het CTGB (dd. november 2016). Voor wat betreft aantallen metingen (aantal onderzochte monsters) in de periode 2006-2015 en het aantal bevindingen boven de MRL voor gewasbeschermingsmiddelen wordt verwezen naar Tabel 18 in paragraaf 3.3.1.2.

#### *Diquat(dibromide)*

Diquat is een snelwerkend, niet-selectief herbicide. Het verstoort celmembranen, verhindert de fotosynthese en veroorzaakt ontbladering en uitdroging. Diquat wordt gebruikt voor de loofdoding aan het einde van de aardappelteelt, het verspreidt zich niet door de plant zodat de aardappelknol vrij blijft van residuen (EFSA, 2015b). Desondanks werden in Zweden residuen (beneden de MRL) van diquat gevonden in zowel geïmporteerde als Zweedse aardappelen (Andersson et al., 2010). Diquat is toegelaten bij poot-, consumptie- en zetmeelaardappelen. De MRL voor diquat was 0,05 mg/kg (gebaseerd op de LOD) (Verordening (EG) 396/2005), maar is recentelijk verhoogd tot 0,1 mg/kg aardappelen (ingående 14 januari 2017 (Verordening (EU) 2016/1002)).

#### *Fluazifop-p-butyl*

Fluazifop-p-butyl is een herbicide dat gebruikt wordt ter bestrijding van grassen en niet voor een-, of tweezaadlobbigen. Het wordt door de bladeren opgenomen en getransporteerd naar de floëem (transport assimilaten van blad naar overige delen van de plant). Fluazifop-p-butyl accumuleert in de meristeem (groep van stamcellen) en verstoort de vetzuursynthese, door een remmende werking op het enzym acetyl-CoA carboxylase. Hierdoor beschadigen de celmembranen, verkleuren de bladeren en sterft de plant (EFSA, 2012a). Fluazifop-p-butyl is toegelaten in poot-, consumptie- en zetmeelaardappelen. Er is één melding betreffende drie metingen in de RASFF-databank (2012) van een overschrijding van de MRL in Nederlandse aardappelen: 0,17, 0,19 en 0,22 mg/kg. De MRL is vastgesteld op 0,15 mg/kg aardappelen (per januari 2017) (Verordening (EG) 396/2005).

#### *Fluopicolide*

Fluopicolide is een fungicide uit de chemische klasse van de benzamiden. Het is werkzaam tegen de aardappelziekte (*Phytophthora infestans*). Fluopicolide veroorzaakt verplaatsing van spectrine-achtige eiwitten in de schimmel, waardoor de membraanstabieliteit verstoord wordt. Het heeft een systemische werking en na opname door het blad wordt het getransporteerd in de plant. Er zijn residuen van fluopicolide en zijn metaboliëten gevonden in Nederlandse aardappelen, waarbij de MRL éénmaal werd overschreden (NVWA, 2015; Rupperecht, 2006). Weersomstandigheden en gevoeligheid van het ras voor de aardappelziekte bepalen of de schimmel zal toeslaan en er ter bestrijding fluopicolide zal worden ingezet. Per jaar mag niet meer dan 4-5 keer behandeld worden. Tussen de laatste toepassing en de oogst moet minimaal 7 dagen zitten. Toepassing van fluopicolide is toegelaten bij poot-, consumptie- en zetmeelaardappelen. De MRL voor fluopicolide is vastgesteld op 0,03 mg/kg aardappel (Verordening (EG) 396/2005) (EFSA, 2012c, 2014d).

#### *Fosthiazaat*

Fosthiazaat is een insecten- en nematodenbestrijdingsmiddel uit de chemische klasse van de organofosforverbindingen. Fosthiazaat wordt gebruikt in de aardappelteelt voor de bestrijding van aaltjes in de bodem. Het middel heeft een dodende en verlamdende werking, waardoor de aaltjes de wortels van de plant niet kunnen binnendringen. Fosthiazaat wordt systemisch verspreid in de plant, maar heeft geen nadelig gevolg voor de aardappelplant zelf. Tijdens onderzoek werd geen

---

fytotoxiciteit (necrose of verschil in opkomst) waargenomen. Fosthiazaat is toegelaten bij poot-, consumptie- en zetmeelaardappelen. Lage gehalten aan residuen (onder MRL) van fosthiazaat werden gevonden in de aardappelknollen (NVWA metingen jan 2011-december 2012; [www.nvwa.nl](http://www.nvwa.nl)). In de laatste tien jaar (2006-2015) waren er vier RASFF-meldingen (aardappelen uit Nederland, Spanje en Verenigd Koninkrijk) van residuen die de MRL overschrijden, tussen 0,04 en 0,091 mg/kg aardappel. De MRL is vastgesteld op 0,02 mg/kg aardappel (gebaseerd op de LOD) (Verordening (EG) 396/2005). Op dit moment staat er een verzoek open van EFSA voor het aanleveren van informatie door de lidstaten ten behoeve van een beoordeling over fosthiazaat (EFSA februari 2017).

#### *Koperoxychloride*

In Nederland is het gebruik van koperoxychloride als gewasbeschermingsmiddel (fungicide) sinds 2000 verboden vanwege ecotoxische effecten. In omliggende Europese landen zijn koperoxychloride bevattende middelen wel toegestaan (Verordening (EG) 1107/2009). In Nederland is koperoxychloride in lage concentraties alleen toegestaan als bladmeststof (6 g/ha per jaar). Koper accumuleert met name in de wortels van de plant en is een noodzakelijk element voor een gezond gewas, maar is toxisch voor de plant in te hoge concentraties.

Recent (zomer 2016) zijn Kamervragen gesteld naar aanleiding van het gebruik van koperoxychloride als middel tegen aardappelziekte in de biologische teelt (Tweede kamer der Staten-Generaal, 2016).

Meerdere biologische telers hebben hun aardappelen bespoten met hogere doseringen koperoxychloride dan toegestaan als meststof. In de biologische aardappelteelt is het verboden om gebruik te maken van chemische bestrijdingsmiddelen. De term biologische aardappel is in Europa wettelijk beschermd (SKAL, 2017). Biologische boeren gebruiken organische mest en proberen besmetting van de aardappelziekte tegen te gaan door het gebruik van resistente rassen en door vroeg in het jaar te poten en te oogsten. Bij residuonderzoek is het niet mogelijk om onderscheid maken tussen het gebruik van koperoxychloride als meststof of bestrijdingsmiddel. De MRL voor koperoxychloride is 5 mg/kg aardappelen ((EC)396/2005). Onderzoek van een nationale supermarkt liet zien dat, ondanks het hogere gebruik, de concentraties in biologische aardappelen de MRL niet overschreden (Boerderij, 2016).

#### *Maleïnehydrazide*

Maleïnehydrazide is toegelaten als kiemremmingsmiddel tijdens de aardappelteelt ([www.ctgb.nl](http://www.ctgb.nl)) en wordt 3-5 weken voor de loofdoeding gebruikt. Het is een systemische groeiregelaar en komt na opname via de bladeren in de knol terecht waar het de celdeling en -groei remt. Het middel hoopt zich op in en rond de ogen van de aardappel waardoor kiemvorming voorkomen wordt (EFSA, 2016c). Maleïnehydrazide is toegelaten bij consumptie- en zetmeelaardappelen (EFSA, 2016c). Lage gehalten (onder de MRL) van deze werkzame stof zijn aangetroffen in de aardappelen (Bradshaw and Ogilvy, 2006; NVWA, 2012). De MRL is vastgesteld op 50 mg/kg aardappelen (Verordening (EG) 396/2005) (EFSA, 2011b).

#### *Pencycuron*

Pencycuron is een niet-systemisch fungicide uit de klasse fenylureumderivaten. Het is een preventief en langdurig werkend middel tegen lakschurft. Pencycuron kan gebruikt worden als dompelbad of voor de behandeling van pootgoed. Het remt de mitose en celdeling van schimmels. Het metabolisme van pencycuron in de aardappelplant is niet geheel duidelijk. Toepassing van pencycuron is in Nederland toegelaten bij poot-, consumptie-, en fabrieksaardappelen (EFSA, 2015a). De MRL voor pencycuron is 0,1 mg/kg aardappelen (Verordening (EG) 396/2005).

#### *Thiaclopride*

Thiaclopride is een insecticide uit de groep van de neonicotinoïden. Thiaclopride is niet systemisch werkzaam in de plant; er treedt geen translocatie op van het blad naar de eetbare delen. Het werkt op het zenuwstelsel van insecten als een agonist voor de nicotinerge-acetylcholinereceptor, nAChR, en leidt tot een voortdurende excitatie van de zenuwcellen en na korte tijd tot de dood (EFSA, 2014e). Thiaclopride wordt, net als het vergelijkbare imidaclopride, in verband gebracht met hoge sterfte van bijenpopulatie. Thiaclopride is in Nederland toegelaten in poot-, consumptie- en zetmeelaardappelen. De MRL voor thiaclopride in aardappelen is 0,02 mg/kg (Verordening (EG) 396/2005).

Begin 2016 heeft CLM Onderzoek en Advies een methodiek ontwikkeld om bestrijdingsmiddelen op basis van risico's voor mens, milieu en biodiversiteit in te delen in drie klassen met meer of minder

risico (rood, oranje en groen voor respectievelijk hoog, medium en laag risico) waarna een risicolijst is opgesteld van de toegelaten bestrijdingsmiddelen in Nederland (Visser et al., 2016). Er zijn diverse lijsten gebruikt voor het inschatten van de risico's voor de mens, drinkwatervoorziening, waterleven, bodemleven en nuttige organismen. Ter bepaling van risico's voor de mens is gebruikt gemaakt van de EU-lijst 'candidates for substitution', WHO-lijst 'Acute toxicity classification', en de SWZ-lijst met kankerverwekkende, mutagene en reprotoxische stoffen. Indien een werkzame stof op een van deze lijsten vermeld staat, is de stof geclassificeerd als hoog risico (rood) voor het criterium 'risico voor de mens'. Hierbij is toxiciteit leidend en niet gekeken naar de blootstelling. Van de 109 werkzame stoffen in gewasbeschermingsmiddelen die toegestaan zijn voor het gebruik tijdens de professionele aardappelteelt vallen 34 stoffen in de hoog-risicoklasse (rood) op basis van de toxiciteit van deze stoffen voor de mens. Bijlage 6 geeft een overzicht van alle werkzame stoffen aanwezig in gewasbeschermingsmiddelen die voor de aardappelteelt in Nederland zijn toegelaten en de risicoklasse volgens het CLM. In de bepaling van de risicoklasse zijn geen blootstellingsgegevens meegenomen, zodat er in feite geen sprake is van een indeling op basis van risico's maar op basis van gevaar. Stoffen die in de CLM-ricolijst bestrijdingsmiddelen (Visser et al., 2016) zijn aangemerkt als hoog risico (rood) en stoffen waarvoor een MRL-overschrijding in aardappelen is gevonden zijn opgenomen in intermediate list I (Tabel 14). Intermediate list II bevat vervolgens alle stoffen van lijst I die voor de Nederlandse consument relevant zijn (overschrijdingen in Nederlandse aardappelen of in aardappelen uit landen waaruit Nederland importeert) en die een mogelijk risico kunnen vormen voor de Nederlandse consument op basis van de classificering van CLM of toxicologische grenswaarden (lage ADI of ARfD). Verder bevat intermediate list II stoffen waarvoor geen overschrijdingen gevonden zijn, maar die wel een mogelijk gevaar voor de volksgezondheid kunnen opleveren (hoge risicoclassificering in de CLM-lijst en lage ADI of ARfD). Deze lijst (schuingedrukt in Tabel 14) is geëvalueerd op mogelijke risico's voor de mens (zie paragraaf 3.4).

**Tabel 14** Overzicht van pesticiden met mogelijke risico's voor de humane gezondheid (intermediate list I). Stoffen waarvoor de mogelijke gevolgen voor de gezondheid zijn beoordeeld (intermediate list II) zijn schuingedrukt weergegeven in deze tabel.

Pesticide	CLM-classificering <sup>a</sup>	> MRL (KAP/RASFF)	ADI < 10 µg/kg lg/dag	ARfD < 50 µg/kg lg
acлонifen	Hoog (consument)	Nee	Nee	-
chlorpyrifos	Laag	Ja	Ja	Nee
cyprodinil	Hoog (consument)	Nee	Nee	-
difenoconazool	Hoog (consument)	Nee	Nee	Nee
diquat	Hoog (consument)	Nee	Ja	-
esfenvaleraat	Hoog (consument)	Nee	Nee	Nee
ethoprofos	Hoog (consument)	Nee	Ja	Nee
famoxadone	Hoog (consument)	Nee	Nee	Nee
fluazifop-p-butyl	Laag	Ja	Nee	Ja
fluazinam	Medium	Ja	Nee	Nee
fludioxonil	Hoog (consument)	Nee	Nee	Nee
fluopicolide	Hoog (consument)	Ja	Nee	Nee
fosthiazaat	Medium	Ja	Ja	Nee
glufosinaat-ammonium	Hoog (consument)	Nee	Nee	Ja
iprodion	Laag	Ja	Nee	Nee
lambda-cyhalotrhin	Hoog (consument)	Nee	Ja	Nee
linuron	Hoog (consument)	Nee	Ja	Nee
lufenuron	Hoog (consument)	Ja	Ja	-
mancozeb	Hoog (arbo)	Ja	Nee	Nee
maneb	Hoog (arbo)	Ja	Nee	Nee
metribuzin	Hoog (consument)	Nee	Nee	Ja
pencycuron	Medium	Ja	Nee	Nee
pendimethalin	Hoog (consument)	Nee	Nee	Nee
pirimicarb	Hoog (consument)	Nee	Nee	Nee
thiaclopride	Hoog (consument)	Nee	Nee	Ja

<sup>a</sup> Classificering in hoog, medium en laag risico voor de mens op basis van de CLM-ricolijst bestrijdingsmiddelen (Visser et al., 2016).

## Conclusie

Ondanks dat een aantal gewasbeschermingsmiddelen niet systemisch werkt, zijn na gebruik van deze middelen residuen in het consumeerbare deel van de aardappel aangetoond. De MRL's voor sommige stoffen worden incidenteel overschreden, al zijn deze MRL's niet altijd gebaseerd op een gevaar voor de humane gezondheid. De werkzame stoffen in gewasbeschermingsmiddelen die een mogelijk gevaar kunnen opleveren op basis van de beoordeling van CLM, MRL-overschrijdingen en/of lage ADI/ARfD zijn: chloorpyrifos, diquat, ethopofos, fluazifop-p-butyl, fluopicolide, glufosinaat-ammonium, lambda-cyhalothrin, linuron, lufenuron, metribuzin en thiaclopride (intermediate list II, zie Bijlage 7 voor details).

Verder is koperoxychloride in biologische aardappelen van belang. In de reguliere aardappelteelt wordt dit middel naar verwachting niet in hoge hoeveelheden gebruikt aangezien daar andere gewasbeschermingsmiddelen gebruikt kunnen worden. Importaardappelen kunnen mogelijk residuen van onder andere koperoxychloride bevatten omdat de wetgeving in andere EU-landen het gebruik hiervan wel toestaat.

### 3.2.1.5 Planttoxines

Glycoalkaloïden zijn organische verbindingen die worden aangetroffen in planten van de nachtschade familie (*Solanaceae*). Bij aardappelen vormen  $\alpha$ -solanine,  $\alpha$ -chaconine en  $\beta$ -chaconine samen ongeveer 95% van het totale glycoalkaloïden (TGA)-gehalte (Haase, 2010; Raad voor plantenrassen NAKtuinbouw, 2016). Het TGA-gehalte is afhankelijk van genetische verschillen tussen rassen en wordt beïnvloed door het weer. In het algemeen bevatten zetmeelaardappelen hogere concentraties TGA dan consumptieaardappelen.

Er is op dit moment in de EU geen geharmoniseerde wettelijke limiet voor de TGA-concentratie in aardappelen, maar in de lidstaat Zweden is er wel een wettelijke limiet van 200 mg/kg (LIVSFS, 2012). In 1924 is een maximale concentratie van 200 mg TGA/kg verse aardappelen voorgesteld door Bömer en Mattis (Haase, 2010). Concentraties van 20-100 mg/kg leiden niet tot gezondheidsklachten, alhoewel de aardappel bij hogere concentraties bitter kan smaken (WHO, 1992). Concentraties tussen 2 – 156 mg TGA/100 g aardappelen zijn gerapporteerd in Europa (Omayio et al., 2016). Waarschijnlijk vormen TGA's een natuurlijk beschermingsmechanisme van de plant tegen onder andere schimmels en vraat door insecten en wormen. TGA's worden aangemaakt en afgebroken in alle delen van de aardappelplant, inclusief de aardappelknol. De synthese begint tijdens het spruiten van de knol en bereikt een piek gedurende de bloeitijd. Het totale TGA-gehalte wordt met name door het aardappelras bepaald, maar ook de groeiomstandigheden, zoals de bodem en het klimaat, zijn van invloed (Haase, 2010). Na de oogst stimuleert blootstelling aan zonlicht, de bewaartemperatuur en eventuele schade aan de aardappel de synthese van TGA. De hoogste concentraties worden aangetroffen in en net onder de schil (30-80%) van de aardappelen en rondom de kiemen (de ogen) (Friedman, 2006; Slanina, 1990). Aan consumenten wordt aangeraden om aardappelen op een donkere, koele plaats te bewaren en de groene delen van een aardappel niet te eten. Door het schillen van de aardappel wordt 60-96% van de aanwezige TGA verwijderd. TGA wordt ook deels afgebroken tijdens verwerking door koken, bakken of frituren (Barceloux, 2008). Blancheren resulteert in een afname van TGA van 28-50% (Omayio et al., 2016). Consumptieaardappelen hebben in het algemeen een lager TGA-gehalte dan zetmeelaardappelen. Bij de registratie van een nieuw ras gelden er normen voor het maximaal toelaatbare TGA-gehalte bij de toelating. Deze normen zijn vastgelegd door de Raad van plantenrassen (Raad voor plantenrassen NAKtuinbouw, 2016). De rassen worden ingedeeld in "consumptierassen" en "zetmeelrassen". Er is geen groep "pootgoedassen" omdat de rassen worden beoordeeld nadat ze geteeld en geoogst zijn. In Nederland is de limiet voor TGA relatief; het TGA-gehalte van een nieuw ras moet lager zijn dan het meerjarig gemiddelde van het referentieras. Voor consumptieaardappelen is het referentieras Innovator met 15,67 mg/100 g aardappelen en voor zetmeelaardappelen is het referentieras het ras Aventura met 27,64 mg/100 g aardappelen. Afhankelijk van de proefvelden variëren deze absolute waarden jaarlijks (Raad voor plantenrassen NAKtuinbouw, 2016), persoonlijke communicatie L. van den Brink, NAKtuinbouw april 2017).

Andere planttoxinen die door aardappelen gevormd worden, zijn de calystegines, behorend tot de groep tropanalkaloïden. In aardappelen zijn de meest aangetroffen calystegines: calystegine A3, calystegine B2 en calystegine B4. Er zijn weinig data over de calysteginegehalten in aardappelen, al heeft EFSA onlangs aangetoond dat 100% van de aardappelen calystegines bevat (EFSA, 2016d). De toxische effecten van calystegine op de mens zijn onbekend (Petersson et al., 2013). Van andere



---

tropaanalkaloiden zoals atropine en scopolamine is bekend dat ze giftig zijn en is er een Acute Reference Dose (ARfD) vastgesteld (EFSA, 2013c) De hoogste concentraties worden aangetroffen in de schil en de kiemen (ogen). De calystegineconcentraties zijn geassocieerd met beschikbare sucrose in de aardappel (Friedman and Levin, 2016). Het ras van de aardappel is van invloed op de hoeveelheid calystegine, maar, in tegenstelling tot de hoeveelheid TGA, hebben beschadigingen na de oogst of blootstelling aan licht geen invloed op het gehalte calystegine in de aardappel (Petersson et al., 2013).

#### *Conclusie*

*Tijdens de opslag en transport kan het gehalte TGA in en net onder de aardappelschil toenemen en in kiemen ontstaan. Consumptie van aardappelen met een hoog TGA-gehalte kan mogelijk een gevaar opleveren voor de gezondheid. Door gebrek aan data over de toxiciteit van calystegines en het voorkomen ervan in aardappelen is het onbekend of consumptie van aardappelen met calystegines een gevaar oplevert voor de volksgezondheid.*

#### **3.2.1.6 Mycotoxines**

In de aardappel zorgt besmetting met de schimmel *Fusarium* spp. tot productie van verschillende trichothecenen, mycotoxines waaronder deoxynivalenol (DON) en diacetoxyscirpenol (DAS) (Ellner, 2002; Latus-Zietkiewicz et al., 1995). *Fusarium* spp. is een bekende veroorzaker van rotting van de aardappel (droogrot). Het is echter niet bekend in welke concentraties de betreffende mycotoxines voorkomen in aardappel(producten). De hoogste concentraties DON worden gevonden in granen (tarwe en haver) en maïs (EFSA, 2013a). Voor levensmiddelen en diervoeder die deze graan-, en maïsproducten bevatten zijn maximumgehalten respectievelijk richtwaarden vastgesteld (Verordening (EG) 1881/2006 en Aanbeveling 2006/576/EG). De EC heeft in 2010 respectievelijk 2013 een verzoek gedaan aan EFSA voor de (herziene) beoordeling van DAS en DON (inclusief metabolieten) met betrekking tot de (acute) toxiciteit en humane gezondheidsrisico's via voeding en diervoeder.

#### *Conclusie*

*Mycotoxines kunnen door besmetting met *Fusarium* spp. voorkomen in aardappelen; door de beperking in beschikbare gegevens is niet te beoordelen of DON en DAS in aardappelen een gevaar opleveren voor de consument.*

#### **3.2.1.7 Genetisch Gemodificeerde Organismen (GGO)**

In Genetisch Gemodificeerde Organismen (GGO) wordt een bepaalde eigenschap van het organisme aangepast door een stukje DNA van een verwant of ander organisme in het genoom te brengen. Bij aardappelen is het doel hiervan bijvoorbeeld om ze resistent te maken tegen bepaalde virussen of een verandering in de samenstelling van het zetmeel te verkrijgen. Onderzoekers zijn er bijvoorbeeld in geslaagd genen te isoleren uit wilde aardappelplanten en deze in te brengen in consumptieaardappelen om deze weerbaarder te maken tegen de aardappelziekte *Phytophthora* (Haverkort et al., 2016).

Er is strenge Europese wetgeving over GGO's. De teelt van GGO-aardappelen voor consumptie is in heel Europa verboden. Wel zijn er vergunningen voor veldproeven afgegeven waarbij GGO-aardappelen op proefvelden mogen worden geteeld. Aardappeltelers met een VVA-certificaat moeten voldoen aan strikte regels om contaminatie door uitkruising, opslagplanten of vermenging te voorkomen (VAVI, 2016). Zo is het telen van aardappelen niet toegestaan op een afstand minder dan 10 meter van GGO-proefvelden, en het is niet toegestaan aardappelen te telen op percelen die in de laatste vier jaar proefvelden zijn geweest of in het jaar van productie dezelfde machines en opslagmiddelen te gebruiken (VAVI, 2016).

In 2010 kreeg het internationale chemieconcern BASF autorisatie voor de teelt van de GGO-zetmeelaardappel Amflora in de EU. Deze aardappel bevat door genetische modificatie alleen het gewenste amylopectinezetmeel en een antibioticumresistentiegen. De milieubelasting bij de verwerking van deze GGO-aardappel tot industrieel zetmeel is door de veranderde zetmeelsamenstelling veel lager dan voor gewone zetmeelaardappel. Industrieel zetmeel wordt o.a. gebruikt voor de productie van papier en lijm. De GGO-zetmeelaardappel was niet bedoeld voor consumptie door mens of dier. EFSA oordeelde dat de aardappel geen gevaar opleverde voor mens en

---

milieu. Hongarije tekende echter beroep aan tegen deze toelating, wat door Frankrijk, Luxemburg, Oostenrijk en Polen werd gesteund. Er werd gevreesd dat het gen voor de antibioticaresistentie zou kunnen overgaan op andere organismen. In 2013 is de toelating van Amflora ingetrokken na het oordeel van het Europees Gerecht dat de EC zich niet gehouden heeft aan de vereiste procedures. GGO-gewassen worden in Azië en Amerika op grote schaal verbouwd, maar import van GGO-aardappelen bestemd voor consumptie is in de EU niet toegestaan. Als een product uit meer dan 0,9% GGO's bestaat, moet dit op het etiket vermeld worden. Op etiketten van (voor)verpakte producten die GGO's bevatten en bestemd zijn voor de eindgebruiker dient te worden vermeld: "Dit product bevat genetisch gemodificeerde organismen [naam]." (Verordening (EG) 1830/2003). Doordat veel afnemers, inclusief fastfood bedrijven in de EU, een GGO-vrij-garantie verlangen staat de ontwikkeling van GGO-aardappelen voor consumptie nagenoeg stil.

#### *Conclusie*

*De teelt en import van GGO-aardappelen bestemd voor consumptie is in de EU niet toegestaan. Er worden strikte beheersmaatregelen genomen om contaminatie via proefvelden te voorkomen.*

### 3.2.2 Oogsten, bewaren en transporteren

Aardappelen worden gerooid met behulp van rooimachines. De aardappelen worden uit de grond gestoken, het nog overgebleven loof en aarde wordt eraf geslagen en via een transportband worden de aardappelen verzameld en vanaf het land naar de opslag getransporteerd. Tijdens de opslag en bewaring is het van belang om kiemvorming te voorkomen; dit gebeurt met kiemremmingsmiddelen op basis van chloorprofam of carvon. Kiemvorming gaat sneller bij hogere omgevingstemperaturen in de eerste maanden van de bewaarperiode. Daarnaast is kiemvorming afhankelijk van de hoeveelheid grond en loofarra, de beluchting in de hoop en temperatuurswisselingen. Tijdens de opslag wordt geventileerd met buitenlucht en/of met behulp van koelinstallaties. Tijdens deze fases kunnen chemische gevaren worden geïntroduceerd door verontreiniging van de machines die gebruikt worden voor het rooien, inschuren en transporteren, door mogelijke lekkages van de klimaatbeheersing en door het gebruik van kiemremmingsmiddelen. Tijdens de opslag wordt onder invloed van licht de vorming van glycoalkaloïden in de aardappel bevorderd. Hieronder worden de chemische gevaren die kunnen optreden tijdens de bewaring en transport van aardappelen verder beschreven.

#### **3.2.2.1 Gebruik van machines**

Bij hydraulische rooimachines voor het oogsten en inschuren wordt gebruikt gemaakt van een vloeistof als krachtsoverdrachtsmedium. Deze hydraulische oliën bestaan uit sterk geraffineerde minerale oliën (paraffine) en additieven. Tijdens lekkages kunnen deze oliën in contact komen met de aardappelen. In zonnebloemzaden zijn minerale oliën aangetroffen in de range tussen 0,5 en 11 mg/kg olie in de zaden, afkomstig van oogstmachines. De verwachting is dat ook in andere gewassen contaminatie kan plaatsvinden (EFSA, 2012g). In Nederland zijn met hydrauliek-olie vervuilde knollen aangetroffen bij de verwerkende industrie (Aviko, 2015). Specifieke informatie over concentraties zijn niet vrijgegeven. Wanneer de middelen die gebruikt worden samengesteld zijn uit bestanddelen die geen risico voor de gezondheid opleveren, wordt het middel als H1 geclassificeerd. H1-producten voldoen aan de eisen voor een op HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) gebaseerd voedselveiligheidssysteem voor vloeistoffen met incidenteel voedselcontact (HACCP 2016). Dit betreffen met name minerale oliën met een hoge viscositeit die in geringe toegestane hoeveelheden, maximaal 10 ppm verontreiniging, geen risico opleveren.

#### **3.2.2.2 Klimaatbeheersing**

Voor een optimale kwaliteit van de aardappel moet de temperatuur in de schuur laag gehouden worden, in de eerste periode van de opslag 15 °C en daarna tussen de 4-8 °C, afhankelijk van het ras. Ventilatie en koeling kan op natuurlijke wijze plaatsvinden als de temperatuur buiten optimaal is, maar gebeurt meestal met ventilatoren en opwarm- of koelapparatuur (VAVI, 2016). De keuze van een koelsysteem hangt af van de aardappelsoort, bewaarduur en de configuratie van de schuur (opslag in kisten of bulk). Bij lekkage van het koelsysteem kan olie of koelvloeistof (koudemiddel) op de aardappelen terecht komen. Het gebruik van koudemiddelen is onderhevig aan Europees beleid. Een aantal middelen is in de afgelopen jaren onder de (H)CFK-uitfasering verboden, zoals

---

chloorfluorkoolwaterstoffen (ozonbeleid Verordening (EG) 1005/2009), of worden in de toekomst (vanaf 2020) uitgebannen, zoals de fluorkoolwaterstoffen (HFK's) (F-gassenregeling Verordening (EG) 517/2014). Op dit moment zijn veel gebruikte koudemiddelen nog op basis van penta/tetra/tri-fluorethaan ([www.linde-gas.nl](http://www.linde-gas.nl)). Natuurlijke vervangers van synthetische koudemiddelen zijn bijvoorbeeld propaan-CO<sub>2</sub> of ammoniak-CO<sub>2</sub>, combinaties die minder belastend zijn voor het milieu (Kamp, 2013). Voor koelinstallaties met HFK's geldt een verplichte lek-dichtheidscontrole, die, afhankelijk van de hoeveelheid, een- of tweemaal per jaar plaatsvindt. Er zijn ook installaties in omloop die een lek-detectiesysteem bezitten. Onderzoek van Agentschap NL in 2012 gaf een gemiddeld lekpercentage van 7,8% HFK's (tussen 2007 en 2010) op basis van de gegevens over het bijvullen van de installaties. Dit betreft een steekproef binnen de gehele voedingsmiddelensector met uitzondering van de vlees- en zuivelsector (Agentschap NL, 2013). De hoeveelheid koudemiddel dat daadwerkelijk op voedsel terecht komt is niet gemeten, maar doordat deze middelen vluchtig zijn zal dit percentage een stuk lager liggen dan het gemiddelde lekpercentage.

#### *Conclusie*

*Bij juist gebruik van (transport)machines en klimaatbeheersing is het onwaarschijnlijk dat er gevaarlijke chemische stoffen in aardappelen terechtkomen.*

### **3.2.2.3 Kiemremmings- en desinfectiemiddelen**

#### *Chloorprofam*

Chloorprofam (*isopropyl 3-chlorophenyl carbamate*, CIPC) behoort tot de carbamaten. Het is tijdens de opslag en bewaring toegestaan als kiemremmingsmiddel (herbicide) in het kader van de Wet Gewasbeschermingsmiddelen en Biociden (CTGB 2016). Chloorprofam werkt systemisch in de plant. Het verhindert onder andere celdeling en groei en remt hierdoor de kiemvorming in geoogste aardappelen (EFSA, 2012d). Chloorprofam wordt omgezet in 3-chloroaniline (3-CA) dat een hogere toxiciteit heeft dan chloorprofam. Verwacht wordt dat de omzetting in aardappelen erg laag is, omdat het gebruik pas na de oogst plaatsvindt, maar de aanbeveling is om additionele studies uit te voeren ter bevestiging van de afwezigheid van de metabooliet 3-CA in behandelde aardappelen (EFSA, 2012d).

Tijdens het inschuren, via de transportband, wordt chloorprofam als stuifpoeder (15 g/ 1000 kg aardappelen) op de aardappelen aangebracht. Vloeibare chloorprofam (10 g/1000 kg aardappelen) wordt gebruikt om te spuiten of te vernevelen bij het inschuren en als vervolgbehandeling tijdens de opslagperiode (Beltman et al., 2014). Dit kan dagelijks tot wekelijks met een koudverneveltechniek of iedere 3-4 weken met een heetverneveltechniek (productinformatie Certis gro-stop). De opslag van aardappelen in kisten of op een hoop leidt tot een ongelijkmatige verdeling van chloorprofam. Ook de lengte van de opslag en de temperatuur in de schuur heeft invloed op de hoeveelheid chloorprofam die gebruikt wordt en de uiteindelijke residu-resten op de aardappel (Sakaliene et al., 2009). De behandeling gebeurt voornamelijk met aardappelen geteeld op klei omdat deze langer in de opslag blijven dan zandaardappelen (Beltman et al., 2014). Chloorprofam is alleen toegelaten voor gebruik in consumptie- en zetmeelaardappelen. Bij de verwerking van de aardappelen in de fabriek wordt de chloorprofam met de resterende tarragrond van de aardappelen geschud en gespoeld. De tarragrond wordt hergebruikt in verschillende bodemtoepassingen via een grondbank (Beltman et al., 2014).

Monitoringsdata in Nederland van 2014 en 2015 tonen residu-resten van chloorprofam tussen 0,013 en 2,1 mg/kg; gevonden gehalten zijn lager dan de MRL van 10 mg/kg (Verordening (EG) 396/2005) (EFSA, 2012d; NVWA, 2015). Afspoelen van de aardappel door consumenten kan de nog aanwezige residu-resten van chloorprofam verder verlagen (Frazier and Olsen, 2015). De hoogst gemeten residu-waarden in Europese aardappelen lag op 8,79 mg/kg (mediaan 4,27 mg/kg) (EFSA, 2012d). In de periode 2006-2016 vermeldt de RASFF-databank slechts één overschrijding van de MRL in aardappelen: 47 mg/kg aardappelen in het Verenigd Koninkrijk in 2006.

#### *Carvon*

Carvon (*5-isopropenyl-2-methylcyclohex-2-en-1-one*) behoort tot de terpenoïden die gebruikt mogen worden voor de kiemremming van aardappelen. Het is onduidelijk hoe carvon het kiemen precies tegengaat, maar de veronderstelling is dat het middel zorgt voor een reversibele blokkade van essentiële enzymen in de synthese van mevalonzuur. Op dit moment is carvon in Nederland alleen

toegestaan voor de behandeling van pootaardappelen (CTGB, 1998). Een recente beoordeling van EFSA (2016) kan mogelijk leiden tot uitbreiding van het gebruik in consumptie- en zetmeelaardappelen (EFSA, 2016b). Na beoordeling van EFSA staat carvon op de Annex IV lijst en is er geen MRL voor carvon in aardappelen noodzakelijk (Verordening (EG) 396/2005) (EFSA, 2014f). Monitoringsdata met betrekking tot carvon in aardappelen ontbreken.

#### *Desinfectiemiddelen*

In de aardappelteelt worden biociden gebruikt voor het reinigen van oppervlakken die (in)direct in contact kunnen komen met de aardappelen, zoals kisten voor opslag en transport. Hierdoor kunnen mogelijk resten van biociden op de aardappel terecht komen. Desinfectie wordt met name uitgevoerd om de verspreiding van planten(aardappel)ziekten te voorkomen. Zeven actieve stoffen (zes biociden en één gewasbeschermingsmiddel) zijn toegestaan voor het desinfecteren van apparatuur of kisten gebruikt bij rooien, transporteren en verwerken van aardappelen (persoonlijke communicatie NVWA; 1 mei 2015). Deze middelen staan in Tabel 15. Behandelde machines, materialen en opslagkisten moeten na de inwerktijd grondig met water worden nagespoeld.

**Tabel 15** *Toegelaten desinfectantia aardappelteelt (mei 2015, NVWA).*

Actieve stof	Type middel	Gebruiksvoorschrift
Benzoëzuur	Gewasbeschermingsmiddel: bacteriën, schimmels, virussen, viroïden	Ontsmetten van landbouwapparatuur en -gereedschap en materialen (bedekt)
Didecylmethyl ammonium-chloride (DDAC)	Biocide: bacteriën, schimmels	Apparatuur gebruikt bij rooien, transporteren en verwerken van pootaardappelen, op kisten voor pootaardappelen, bestrijding groene aanslag, desinfectiemiddel voor lege bewaarplaatsen
Natrium-p-tolueensulfonchloramide	Biocide: bacteriën	Ter bestrijding van bacteriën in en op pootaardappelkisten, lege bewaarplaatsen, in en op apparatuur gebruikt ten behoeve van de teelt, verwerking en opslag van aardappelen
Quatenaire ammonium verbindingen, benzyl-C8-18-alkyldimethyl chloriden	Biocide: bacteriën, schimmels	Desinfectiemiddel voor pootaardappelkisten, alsmede lege bewaarplaatsen, apparatuur gebruikt bij het rooien, transporteren en verwerken van pootaardappelen, bestrijding schimmels en groene aanslag
Quatenaire ammonium verbindingen, benzyl-C8-18-alkyldimethyl chloriden Alkyl (C12–16) dimethylbenzylammoniumchloride	Biocide	Desinfectiemiddel voor pootaardappelkisten, alsmede lege bewaarplaatsen, apparatuur gebruikt bij het rooien, transporteren en verwerken van pootaardappelen, bestrijding groene aanslag
Perazijnzuur/waterstofperoxide	Biocide: bacteriën, schimmels, virussen	Bestrijding van groene aanslag, bewaarplaatsen, teelttafels, ten behoeve van de teelt van landbouwgewassen, apparatuur gebruikt bij rooien, verwerken en transport van aardappelen
Natriumhypochloriet	Biocide: bacteriën, virussen	Desinfectiemiddel op oppervlakken en materialen in kassen, teeltruimten, lege bewaar- en verwerkingsplaatsen

Het gebruik van de meeste desinfectiemiddelen leidt niet tot rechtstreeks contact van de middelen met de aardappel bestemd voor consumptie. Tevens is naspoelen met water verplicht, waardoor

---

mogelijk contact met aardappelen alleen met sterk verdunde middelen zal plaatsvinden. Bij het gebruik van benzoëzuur is geen fytoxiciteit (geen verschillen in de planten en aardappelen) waargenomen, evenals bij het gebruik van perazijnzuur/waterstofperoxide tot een dosering van 0,01% ([www.ctgb.nl](http://www.ctgb.nl)). Bij een dosering van 0,05% perazijnzuur trad er in alfalfa wel fytoxische schade op (CTGB, 2006). Benzoëzuur is een vluchtige stof, perazijnzuur en waterstofperoxide zijn matig vluchtig maar omdat ze reactief zijn is een snelle omzetting in lucht te verwachten. Hierdoor zijn residuen op de aardappelen bij consumptie naar verwachting niet of nauwelijks aanwezig. Voor natrium-p-toluëensulfonchloramide is een maximum residugehalte vastgesteld van 0,1 mg/kg aardappelen, een waarde waarvan verwacht wordt dat die te behalen is door een lage gebruikconcentratie, verplicht grondig naspoelen en het schillen van de aardappelen (CTGB, 2007). Voor DDAC is een maximum residugehalte van 0,1 mg/kg aardappelen vastgesteld. Gebruik van deze stof als gewasbeschermingsmiddel in de aardappelteelt is inmiddels verboden maar gebruik als biocide is toegestaan voor desinfectie voor apparatuur en kisten bestemd voor pootaardappelen ([www.ctgb.nl](http://www.ctgb.nl)). DDAC en quaternaire verbindingen die alleen bestemd zijn voor gebruik bij pootaardappelen of in lege bewaar- en verwerkingsplaatsen (natriumhypochloriet) zullen niet in de voedselketen terechtkomen, tenzij pootaardappelen als consumptieaardappel wordt gebruikt. Natriumhypochloriet is zeer reactief waardoor residuen snel omgezet worden en verwacht wordt dat residuën niet of nauwelijks aanwezig zijn. Daarnaast ontbindt natriumhypochloriet in natriumchloride, wat geen gevaar oplevert (CTGB, 2014).

#### *Conclusie*

*Onvoldoende wassen van de aardappel door de consument kan bij gebruik van het kiemremmingsmiddel chloorprofam leiden tot het aanwezig blijven van residuen van chloorprofam op de aardappelen. Dit zou een gevaar voor de consument kunnen opleveren. Indien, conform handleiding, na gebruik van desinfectiemiddelen grondig met water nagespoeld wordt, zullen geen residuen van desinfectiemiddelen meer aanwezig zijn.*

### 3.2.3 Verwerking

Bij de verwerking van aardappelen tot aardappelproducten worden aardappelen van slechte kwaliteit verwijderd. Dit gebeurt op basis van dichtheid in een zout- of kleibad. De slechte aardappelen gaan drijven en worden zo onderscheiden (Hoogenboom et al., 2010). Tafelaardappelen worden verpakt, consumptieaardappelen worden gewassen, geschild en geblancheerd, om de aanwezige suikers te reduceren waarmee bruinkleuring voorkomen wordt (persoonlijke communicatie A. Haverkort 2016). Afhankelijk van het uiteindelijke product worden de aardappelen gesneden, gebakken en/of gefrituurd.

Er is een aantal technische stoffen toegestaan tijdens de be- en verwerking van aardappelen. Deze toegepaste technische hulpstoffen zijn: antischuimmiddel, ascorbylpalmitaat, buthylhydroxyanisool, citroenzuur, hulpmiddel selectie aardappelen, ketelstoomhulpmiddelen, monoglyceride, natrium pyrofosfaat, natriummetabisulfiet, polymeerflocculant/ -coagulant, water (stoom) en zout. Deze stoffen zijn toegelaten, tijdens de be- en verwerking van aardappelen. Bedrijven dienen op basis van een gevarenanalyse aan te tonen dat technisch onvermijdelijke aanwezigheid van residuen van deze hulpstoffen geen gevaar opleveren voor de humane gezondheid (GMP + International, 2013).

#### **3.2.3.1 Persistente organische verontreinigingen (POP's)**

In 2004 werd dioxine aangetroffen in melk van koeien die voer hadden gegeten waarin met dioxine besmette aardappelproducten waren verwerkt. De verontreiniging met dioxine was te herleiden naar een vestiging van een aardappelverwerkend bedrijf dat kaoliniet(mergel) klei had gebruikt voor het sorteren van aardappelen. Alleen aardappelen met veel zetmeel, die zwaarder zijn, zijn geschikt om te frituren. Aan het water werd kaolinietklei toegevoegd, waardoor de ongeschikte aardappelen bleven drijven. De klei bevatte hoge concentraties dioxines die achterbleven op de aardappelschillen. Deze verontreinigde schillen werden verwerkt tot diervoeder dat aan melkvee gevoerd werd. Doordat in het verdere productieproces de klei verwijderd wordt, door was- en schilstappen, en dioxines lipofiel zijn, werden in de aardappel zelf geen dioxines boven de actielimiet (0,30 pg/g w/w WHO-TEQ) aangetroffen (Hoogenboom et al., 2010). Er zijn geen andere incidenten in Nederland bekend waarbij dioxines en PCB's in aardappelen zijn terechtgekomen.

---

Dioxines en polychloorbifenylen (PCB's) zijn persistente organische verontreinigingen (POP's) die chemisch stabiel zijn. PCB's zijn in het verleden op grote schaal geproduceerd en onder meer gebruikt als transformatorolie, als warmtegeleidende olie in verhittingsapparatuur maar ook als vlamvertragers in bepaalde coatings en isolatiemiddelen. Dioxines zijn bijproducten die onder meer gevormd worden bij productie van bepaalde chloorhoudende chemicaliën (bijvoorbeeld chloorfenolen) maar ook bij verbranding van bepaalde plastics (zoals polyvinylchloride (PVC)). Dioxines en PCB's zijn lipofiele verbindingen die accumuleren in de voedingsketen, o.a. in de lever en in het vetweefsel van dieren (EFSA, 2012h). De term 'dioxine' is een verzamelnaam voor twee groepen: de polygechloreerde dibenzo-p-dioxines (PCDD's) en de dibenzofuranen (PCDF's) (Hoogenboom et al., 2015). Er bestaan 75 PCDD's en 135 PCDF's waarvan er 17 toxicologisch belangrijk zijn (7 PCDD's en 10 PCDF's) (EC 2006). PCB's zijn een groep organochloorverbindingen die onderverdeeld worden in twee groepen. Eén groep, bestaande uit 12 congenen, heeft met dioxine vergelijkbare toxische eigenschappen, de dioxine-achtige PCB's (DL-PCB's). De andere groep laat geen vergelijkbare toxiciteit zien en heet niet-dioxine-achtige PCB's (NDL-PCB's) (EFSA, 2012h).

Niet alle dioxines en DL-PCB's zijn even toxisch maar er wordt wel vanuit gegaan dat ze dezelfde effecten hebben. Daarom worden er toxische equivalentfactoren (TEF) gebruikt als maat voor de toxische potentie van een bepaalde dioxine of DL-PCB ten opzichte van de meeste toxische dioxine congener, te weten 2,3,7,8 tetrachloordibenzo-p-dioxine (TCDD). De gemeten gehalten van elk van de congenen worden vermenigvuldigd met deze TEF-factor en opgeteld tot een TEQ waarde (toxische equivalenten). Er zijn aparte maximum toegelaten gehalten vastgesteld voor dioxines (som van de PCDD's en PCDF's), voor de som van DL-PCB's en de som van dioxines en DL-PCB's (alle uitgedrukt in toxische equivalenten). Er zijn geen ML's vastgesteld voor dioxines of PCB's in plantaardige gewassen bestemd voor humane voeding (EFSA, 2012h).

#### *Conclusie*

*Dioxines en PCB's kunnen via incidenten bij de verwerking in aardappelen terechtkomen. In plantaardige producten leidt een correcte verwerking van aardappelen door wassen en schillen tot verwaarloosbaar lage gehalten dioxines en PCB's.*

### **3.2.3.2 Procescontaminanten**

Het verhitten van aardappelen op hoge temperaturen heeft voordelen voor de smaak, kleur en textuur van de producten. Aan de andere kant kunnen ook procescontaminanten gevormd worden, waarvan acrylamide de belangrijkste is.

#### *Acrylamide*

Acrylamide ontstaat in voedsel via de Maillard-reactie (niet-enzymatische bruinkleuring) tussen aminozuren, met name asparagine, en reducerende suikers zoals glucose en fructose, bij verhitting boven 120 °C. In 2002 beschreef de Zweedse NFA (National Food Agency) voor het eerst de aanwezigheid van hoge hoeveelheden acrylamide in koolhydraatrijke producten die verhit waren op hoge temperaturen, waaronder friet, chips, brood, biscuits en koffie (Hellenäs et al., 2013). Acrylamide wordt sinds 1950 gebruikt in de chemische industrie als een intermediair in de productie van polyacrylamide polymeren en copolymeren en is door het International Agency for Research on Cancer (IARC) geïdentificeerd als "waarschijnlijk humaan carcinogeen" (2A) (IARC 1994). Er zijn geen wettelijke limieten voor acrylamide in voedsel vastgesteld. Wel geeft de Europese Commissie (EC) indicatieve waarden aan, waarbij nader onderzoek plaats moet vinden door de lidstaten in samenwerking met producenten (Aanbeveling 2013/647/EU). Voor friet ligt de indicatieve waarde op 600 µg/kg en voor chips en crackers op 1000 µg/kg (EFSA, 2015e). Het voorstel van de EC is om deze indicatieve waarden te verlagen tot 500 µg/kg voor friet en 750 µg/kg voor chips en overige aardappelproducten. Deze draft verordening staat nu open ter consultatie (juni 2017). EFSA rapporteert (middle bound) gemiddelde concentraties acrylamide in gefrituurde aardappelproducten en chips van respectievelijk 308 µg/kg (n=1.694) en 389 µg/kg (n=34.501) verzameld en geanalyseerd tussen 2010 en 2014. Echter, er waren ook uitschieters tot >2000 µg/kg acrylamide in chips. Een afname van 23,8% tot 3,2% van concentraties boven de indicatieve waarde in chips tussen 2002 en 2011 laat zien dat er door de aardappelverwerkende industrie gezocht wordt naar manieren om de vorming van acrylamide te verminderen (EFSA, 2015e). Ondanks deze afname laat onderzoek van de Zweedse NFA (2011/2012) zien dat in friet en chips de concentratie acrylamide in respectievelijk 16 en 34% van de monsters boven de indicatieve waarden lag, met als maximum gemeten concentratie

---

2831 µg/kg in chips (Hellenäs et al., 2013). Er waren vier meldingen van hoge concentraties acrylamide in chips (tussen 1600 en 5900 µg/kg) in de RASFF-databank tussen 2006 en 2015.

Er zijn verschillende aspecten in de aardappelteelt die invloed hebben op de concentratie acrylamide in het gefrituurde of gebakken aardappelproduct. Sommige aardappelrassen bevatten minder reducerende suikers, waardoor minder omzetting naar acrylamide plaatsvindt (Medeiros Vinci et al., 2012). De concentratie reducerende suikers correleert met de hoeveelheid acrylamide die gevormd wordt. Afhankelijk van het ras zorgt matige toediening van stikstofbevattende mest, in combinatie met voldoende kalium en calcium in de bodem, voor lagere concentraties reducerende suikers (Medeiros Vinci et al., 2012). Koude temperaturen tijdens de opslag (< 8 °C) en langere opslagperiodes zorgen voor een toename van reducerende suikers. Daarom worden aardappelen bestemd voor chips en friet bewaard bij relatief hoge temperaturen (EFSA, 2015e; Seal et al., 2008). Blancheren kan de productie van acrylamide in aardappelproducten verlagen. Hierbij wordt de aardappel kort gekookt (2-15 min bij 70-90 °C) en daarna met koud water gespoeld zodat het kookproces wordt onderbroken (Mariotti M., 2015). Een nadeel aan blancheren is echter dat het leidt tot een hogere olie-opname van het product tijdens het frituren, waardoor fabrikanten een afweging maken in de optimale blanchetijd en -temperatuur. Het toevoegen van verzurende stoffen, zoals citroenzuur, laat een sterke afname van acrylamide in friet zien, maar kan een ongewenst smaakeffect tot gevolg hebben (Medeiros Vinci et al., 2012). Tijdens de verhitting van de aardappel heeft de temperatuur een sterker effect op de vorming van acrylamide dan de tijd. Daarom adviseert EFSA om te voorkomen dat aardappelproducten boven 170-175 °C worden verhit (EFSA, 2015e). Door middel van een 'toolbox' kan de industrie verschillende mogelijkheden identificeren die leiden tot een reductie van het gehalte acrylamide. De toolbox is gepubliceerd in 2005 door de Confederation of the Food and Drink Industries (CIAA) van de Europese Unie (FoodDrinkEurope, 2013) en gaat uit van het principe dat de vorming van acrylamide tijdens het verhittingsproces te verminderen maar niet helemaal te voorkomen is (Grob, 2005). Een deel van de friet wordt echter als bevroren product verkocht en door particulieren verhit, waarbij controle op de hoeveelheid acrylamide die ontstaat ontbreekt. Dit geldt ook voor andere aardappel- en aardappelbevattende producten die thuis door de consument verhit worden.

#### *Furan*

Furan is een vluchtige, cyclische ether die net als acrylamide ontstaat bij verhitting van voedsel via de Maillard-reactie (BfR, 2011). Verschillende mechanismen kunnen leiden tot de vorming van furan, zoals oxidatie van onverzadigde vetzuren, en afbraak van koolhydraten of aminozuren in de aan- of juist afwezigheid van reducerende suikers (Posnick, 2007). Het IARC heeft furan, net als acrylamide, geclassificeerd als "waarschijnlijk humaan carcinogeen" (2A) (IARC 1995). In aardappelproducten worden concentraties furan aangetroffen tussen 3 en 13 µg/kg. Vergeleken met de concentraties (45 tot 6407 µg/kg) die in geroosterde koffiebonen gemeten zijn, zijn furangehalten in aardappelen heel laag (EFSA, 2005b). EFSA heeft in 2016 een call voor meer data over de aanwezigheid van furan in voedsel uitgezet onder de lidstaten.

#### *Advanced glycation endproducts*

Advanced glycation endproducts (AGE's) zijn een groep van complexe en heterogene verbindingen die worden gevormd door de Maillard-reactie, een niet-enzymatische reactie tussen reducerende suikers en amino- en amidegroepen. AGE's kunnen gevormd worden in het lichaam en door verhitting van voedsel. Bekende AGEs in de voeding zijn o.a. Nε-carboxymethyl-lysine (CML), Nε-carboxyethyl-lysine (CEL), methylglyoxal-lysine dimeren (MOLD), methylglyoxal (MG), pentosidine en pyrrolidine. Er zijn diverse studies gedaan naar AGE's in voeding, maar in slechts enkele studies werd naar aardappel(producten) gekeken. Uribarri et al. (2010) hebben zeven monsters van (gefrituurde) aardappelproducten onderzocht en vonden CML gehalten variërend van 0,17-15,2 kUnits CML/g voedsel (gemeten met een ELISA assay) (Uribarri et al., 2010). MG werd gemeten op 131 nMol/g (overeenkomend met 9,4 µg/g). Hull et al. (2012) vond CML in de productcategorie aardappelen, rijst en pasta op een gemiddeld niveau van 0,13 mg/100 gram product (1,3 µg/g) (Hull et al., 2012). Zhou et al. (2015) hebben gefrituurde en gebakken friet en chips onderzocht op CML- en CEL-gehalten. In gefrituurde friet varieerden de gehalten van 12,3-19,5 µg/g voor CML en 4,8-5,2 µg/g voor CEL, en in gefrituurde en gebakken chips van 2,3-22 µg/g voor CML en 0,9-7,1 µg/g voor CEL (Zhou et al., 2015). Het is niet uitgesloten dat naast CML, CEL en MG ook andere AGE's gevormd kunnen worden in aardappel(producten). Het is ook waarschijnlijk dat, behalve bij de industriële bereiding ook de

---

thuisbereiding (o.a. bakken en frituren) van aardappelproducten leidt tot de vorming van AGE's, analoog aan de vorming van acrylamide. De mate waarin dit gebeurt, is echter onbekend. Voor AGE's zijn geen ML's vastgesteld en er zijn geen EFSA-opinies voor deze componenten. Het is aannemelijk dat AGE's in aardappelproducten op de Nederlandse markt voorkomen. Echter, de betekenis van deze bevindingen voor de humane voedselveiligheid voor Nederlandse consumenten is nog niet bekend.

#### *Conclusie*

*Acrylamide is een gevaarlijke chemische stof die ontstaat bij de verwerking van aardappelproducten. Doordat specifieke kennis over furan in aardappelproducten ontbreekt, kan furan niet uitgesloten worden als mogelijk chemisch gevaar. Voor AGE's geldt dat deze mogelijk in aardappelproducten voorkomen, echter specifieke kennis hierover ontbreekt.*

### 3.2.4 Fysische gevaren

Naast chemische gevaren kunnen fysische gevaren in de aardappelketen terechtkomen die de voedselveiligheid nadelig beïnvloeden. Fysische gevaren komen met name voor in bewerkte aardappelproducten. Dit betreft gevaren die ook in andere voedselketens aangetroffen kunnen worden, zoals glas, metaalfragmenten en plastics van (verpakkings)materialen gebruikt in de keten. Tijdens de oogst van de aardappelen wordt op de schudmachine aarde, takken en overige vreemde entiteiten van het land gescheiden van de aardappelen. Golfballen hebben hetzelfde soortelijk gewicht als aardappelen en worden niet verwijderd in de stenen- en kluitenvangers. Wanneer golfballen met de messen van de verwerkende industrie in aanraking komen, kunnen er scherpe kunststofscherpen ontstaan. Recent heeft McCain diepvries aardappelblokjes teruggehaald, omdat er stukjes golfballen in waren aangetroffen (Hertzberger, 2017; News Desk, 2017). Glas is, na verwerking in de fabrieken, niet meer te scheiden van de aardappelproducten. Bij slecht wassen van aardappelen kunnen zandresten achterblijven met eventuele chemische gevaren. Bij verwerking tot (ongeschilde) aardappelproducten kunnen deze resten mogelijk in de producten terecht komen.

#### *Conclusie*

*Golfballen en glas zijn fysische gevaren die kunnen leiden tot gevaar voor de consument.*

## 3.3 Monitoringsgegevens en expert-workshop

Om inzicht te verkrijgen hoe vaak de, in de vorige paragraaf beschreven chemische en fysische, gevaren voorkomen in aardappel(producten) werden gegevens verzameld uit de RASFF- en KAP-databanken. Daarnaast werden monitoringsdata van de NVWA, EFSA rapporten betreffende residugegevens pesticiden, en jaaroverzichten van de NVIC gebruikt. Tijdens de workshop begin 2017 werden de chemische en fysische gevaren voorgelegd aan experts vanuit de gehele aardappelketen.

### 3.3.1 Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF) en Kwaliteitsprogramma Agrarische Producten (KAP) data

Tabel 16 geeft een overzicht van de RASFF-meldingen in aardappelen en aardappelproducten tussen 2006 en 2015. In totaal waren er 58 meldingen in de aardappelketen (exclusief aardappelproducten voor diervoeder). De meeste meldingen betroffen metalen (22%, chroom, aluminium, nikkel en mangaan), residuen van bestrijdingsmiddelen (19%), niet-gedeclareerde allergenen (16%), acrylamide (7%) en overige chemische contaminanten (15%). Acht meldingen (14%) van vreemde entiteiten (fysische gevaren) werden gerapporteerd, waaronder glas, stenen en metaalfragmenten.



**Tabel 16** RASFF-meldingen in aardappel en aardappelproducten tussen 2006 en 2015.

Categorie	Aantal meldingen Frequentie	Percentage
Totaal	58	100
<i>Notification type</i>		
Alert	22	38
Border rejection	16	28
Information	10	17
Information for attention	3	5
Information for follow-up	7	12
<i>Product</i>		
Aardappel	21	36
Aardappelproducten	37	64
Waarvan chips	10	17
<i>Gevaarcategorieën</i>		
Allergenen	9	16
Acrylamide	4	7
Chemische contaminanten (overig)	9	15
Micro-organismen	4	7
Residuen van gewasbeschermingsmiddelen	11	19
Metalen		
Vreemde entiteiten	13	22
	8	14

Tussen 2006 en 2015 zijn 1279 metingen in aardappelen voor voedsel en diervoeder opgenomen in de databank kwaliteitsprogramma agrarische producten (KAP). Het aantal monsters per jaar schommelt tussen 20 in 2015 en 459 in 2006. De meeste monsters die genomen werden, zijn gecontroleerd op gehalogeneerde koolstofverbindingen (36%), elementen en organometalen (26%) en gewasbeschermingsmiddelen (onderverdeelt in herbiciden (20%) en insecticiden/fungiciden (4%)). Diergeneesmiddelen en hormonen en elementen en organometalen zijn alleen gemeten voor aardappelproducten bestemd voor diervoeder.

Tabel 17 geeft een overzicht van KAP-gegevens voor stofgroepen die gemonitord zijn in aardappelen. Dit waren zowel metingen in voedsel als in aardappel(resten) bestemd voor diervoeder. Tabel 18 geeft een overzicht van KAP-gegevens voor specifieke stoffen die mogelijk relevant zijn voor de aardappelketen (intermediate list zoals weergegeven in Bijlage 7) en waarvoor gegevens beschikbaar waren in KAP. Tabel 17 laat zien dat er 14 metingen boven de wettelijke limiet uitkwamen. Dit betrof alleen gewasbeschermingsmiddelen (11 bactericiden/fungiciden, één herbiciden en één insecticide). Zware metalen in KAP betrof alleen metingen in diervoeder. Er waren geen gegevens voor voedsel. KAP bevat ook gegevens voor nitraat. Hieruit blijkt dat de helft van de gemeten aardappelen (n=41) boven de in de literatuur vermelde maximale concentratie van 200 mg/kg ligt. In Nederland is er geen wettelijke limiet voor nitraat.

**Tabel 17** Overzicht van KAP-gegevens in de periode 2006-2015.

Stofgroep	Aantal metingen	Aantal >MRL/ML
Bactericiden en fungiciden	104	11
Diergeneesmiddelen, geslachtshormonen	2	0
Elementen en organometalen	338	1
Fytotoxinen	1	0
Gehalogeneerde koolstofverbindingen	460	0
Herbiciden	262	1
Insecticiden, acariciden, nematiciden	45	1
Microbiële toxinen	65	0
Overige bestrijdingsmiddelen/multimethode	1	0

Tabel 18 geeft aan dat er weinig monitoringsgegevens zijn voor de stoffen die als relevant werden gezien (intermediate list in Bijlage 7).

**Tabel 18** Aantal monitoringsgegevens in KAP en overschrijdingen van wettelijke limieten voor de intermediate list van Bijlage 7.

Stofgroep	Stof	Aantal metingen	ML/MRL (mg/kg)	Max conc. (mg/kg)	Aantal >MRL/ML
Zware metalen	Cadmium	74	1 <sup>1</sup>	0,57 <sup>2</sup>	0
	Lood	74	10 <sup>1</sup>	4,9 <sup>2</sup>	0
Gewasbeschermingsmiddelen	Aclonifen	- <sup>3</sup>	0,02 <sup>3</sup>	-	-
	Chloorprofam	262	10	13	1 (13 mg/kg in 2009)
	Chloorpyrifos	1	0.01 <sup>4</sup>	0,045	0 (MRL is in 2016 verlaagd van 0,05 naar 0,01 mg/kg)
	cyprodinil	- <sup>3</sup>	0,02 <sup>4</sup>	-	-
	difenoconazool	- <sup>3</sup>	0,1	-	-
	diquat	- <sup>3</sup>	0,1	-	-
	esfenvaleraat	- <sup>3</sup>	0,02 <sup>4</sup>	-	-
	ethoprosfos	- <sup>3</sup>	0,05	-	-
	famoxadone	- <sup>3</sup>	0,02	-	-
	fluazifop-p-butyl	- <sup>3</sup>	0,15	-	-
	fluazinam	- <sup>3</sup>	0,02	-	-
	fludioxonil	- <sup>3</sup>	5	1	1 (1 mg/kg in 2012 vanwege lagere MRL van 1 mg/kg)
	fluopicolide	- <sup>3</sup>	0.03	0,06	2 (0,06 mg/kg in 2006 in diervoeder en 0,031 mg/kg in 2014 in humane voeding)
	fosthiazaat	- <sup>3</sup>	0.02	0,06	1 (0,06 mg/kg in 2010)
	glufosinaat-ammonium	- <sup>3</sup>	0,3	-	-
	iprodion	- <sup>3</sup>	0,05	-	-
	lambda-cyhalotrhin	- <sup>3</sup>	0,02 <sup>4</sup>	-	-
	linuron	- <sup>3</sup>	Niet toegelaten	-	-
	lufenuron	- <sup>3</sup>	0,05	-	-
	mancozeb	- <sup>3</sup>	0,3	-	-
maneb	- <sup>3</sup>	Niet toegelaten	-	-	
metribuzin	- <sup>3</sup>	0,1 <sup>4</sup>	-	-	
pencycuron	25	0.1	0,27	2 (0,27 mg/kg in 2015 en 0,06 mg/kg in 2006 vanwege lagere MRL van 0,05 mg/kg)	
	pendimethalin	- <sup>3</sup>	0,05 <sup>4</sup>	-	-
	pirimicarb	- <sup>3</sup>	0,05	-	-
	thiaclopride	- <sup>3</sup>	0,02	-	-
Mycotoxines	DON	5	-	<0,5	0
	DAS	1	-	<0,1	0
Planttoxines	Solanine	0	-	-	-
	calystegine	0	-	-	-
POP's	Perfluorverbindingen	0	-	-	-
Procescontaminanten	Acrylamide	1	<LOD	-	-
	Furan	0	-	-	-
	AGE's	0	-	-	-

<sup>1</sup> Maximale limiet voor diervoeder (Richtlijn 2002/32/EU).

<sup>2</sup> Gemeten in aardappelproducten bestemd voor diervoeder.

<sup>3</sup> Onbekend of deze stoffen in de multimethode zitten.

<sup>4</sup> Maximale Residu Limiet is vastgesteld op het laagste gehalte dat met analysemethoden kan worden aangetoond; limit of analytical determination (LOD).

---

Tabel 18 laat zien dat in de categorie gewasbeschermingsmiddelen vooral gegevens beschikbaar zijn voor chloorprofam. Voor deze groep stoffen worden echter voornamelijk multi-methoden gebruikt en het is niet bekend of de genoemde gewasbeschermingsmiddelen in Tabel 18 opgenomen zijn in deze methoden. Er waren weinig tot geen gegevens voor mycotoxines, planttoxines, POP's en procescontaminanten beschikbaar in KAP.

### 3.3.2 Meldingen Nationaal Vergiftigingen Informatie Centrum (NVIC)

In de afgelopen jaren wisselde het aantal meldingen over vergiftigingen van mensen door solanine-bevattende planten. In 2008 waren er 21 meldingen, 38 in 2009 en 13 in 2015 (van de overige jaren zijn geen gegevens beschikbaar). De meeste meldingen hadden echter betrekking op een plant uit dezelfde familie (de zwarte nachtschade) en slechts in enkele gevallen, precieze getallen zijn niet vermeld, betrof het aardappelen (NVIC, 2015; van Velzen et al., 2010). Meldingen van solanine-vergiftigingen in dieren kwamen vaker voor, doordat dieren vaak rauwe en ongeschilde aardappelen eten. Er zijn geen andere meldingen van vergiftigingen door aardappelen.

### 3.3.3 Workshop

Op 3 februari 2017 heeft het RIKILT een workshop georganiseerd waarvoor experts uit de gehele aardappelketen waren uitgenodigd. Het betrof afgevaardigden van (organisaties van) telers, verwerkende industrie, handel en transport, retail en wetenschappelijke experts. De experts herkenden acrylamide, solanine en zware metalen als mogelijk belangrijke gevaren in aardappelen. Echter, er kwam duidelijk naar voren dat het risico voor de Nederlandse consument van de aanwezigheid van deze stoffen in producten op het moment van consumptie zeer laag werd geacht door de aanwezige interventie- en beheersmaatregelen in de gehele keten.

Daarnaast is aan de experts gevraagd welke trends in de aardappelketen zij voorzagen tot 2025 die een effect kunnen hebben op de veiligheid van de aardappel(producten). De deelnemers werd gevraagd om bij elke trend zo concreet mogelijk te omschrijven waarom zij voorzagen dat de trend effect zou kunnen hebben op de voedselveiligheid.

De beschreven trends zijn in clusters te verdelen:

- Veredeling; bijvoorbeeld ontwikkeling van resistente rassen, nieuwe genetische technieken
- Consumententrends; bijvoorbeeld meer producten met schil gegeten, meer biologische producten, toename ready-to-eat, afname tafelaardappelen
- Globalisering/intensivering van de keten; bijvoorbeeld toename handelsstromen leidend tot import uit landen met minder strenge controles, gebruik van GPS/drones meer precisielandbouw
- Betere controles; bijvoorbeeld minder maar grotere telers, meer residu en kwaliteitscontroles
- Middelengebruik; bijvoorbeeld nieuwe kiemremmers zonder residuen, vershraling middelengebruik
- Nieuwe procestechnieken; bijvoorbeeld toenemende valorisatie van de inhoudsstoffen, verbeterde houdbaarheid van koelverse producten
- Klimaatverandering; bijvoorbeeld steeds extremer weer, GGO aardappelen toegestaan buiten EU.

De trends in de aardappelketen worden in hoofdstuk 3.6 in meer detail beschreven.

## 3.4 Gezondheidseffecten en blootstellingschatting van de belangrijkste chemische gevaren in de aardappelketen

Voor de stoffen die op de intermediate list II staan (Bijlage 7), zijn de mogelijke effecten op de gezondheid van de consument nader onderzocht. Het betreft de volgende 16 stoffen: cadmium, acrylamide, solanine (potato glycoalkaloïden (TGA)), en 13 gewasbeschermingsmiddelen (diquat, ethopofos, fluopicolide, glufosinaat-ammonium, lambda-cyhalothrin, linuron, metribuzin, thiaclopride, lufenuron, chloorpyrifos, fluazifop-p-butyl, fosthiazaat en chloorprofam).

---

### 3.4.1 Cadmium

Cadmium is een zwaar metaal dat accumuleert in weefsels (vooral in lever en nier) van mensen en dieren (JECFA Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, 2011b).

#### *Acute toxiciteit*

LD<sub>50</sub>-waarden voor laboratoriumdieren (vooral knaagdieren) zijn gerapporteerd in de range van 100 tot 300 mg/kg lg (JECFA Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, 2011b). In mensen kan de consumptie van voedingsmiddelen en dranken verontreinigd met hoge gehalten aan cadmium leiden tot acute maagdarmklachten. De NOEL van een eenmalige orale dosis is geschat op 3 mg elementair cadmium per persoon, terwijl de schatting van de letale dosis varieert van 350 tot 8900 mg per persoon (EFSA, 2009a).

#### *Subchronische en chronische toxiciteit*

In zoogdieren die langdurig worden blootgesteld aan relatief lage gehalten cadmium (bijvoorbeeld via (dier-)voedsel) is geconstateerd dat de nieren het belangrijkste en meest kritische orgaan zijn. Verschillende effecten kunnen optreden in de nieren, waaronder schade aan het epitheel, atrofie, fibrose en apoptose. Effecten in de nieren worden gerapporteerd bij cadmiumconcentraties van 200-300 µg/g nier, gerelateerd aan een inname van 1-10 mg/kg lg/dag. Gerapporteerde NOAEL's voor effecten op de nieren variëren van 0,4 tot 2,6 mg/kg lg per dag (JECFA Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, 2011b).

#### *Overige effecten*

Dierstudies laten zien dat langdurige blootstelling aan cadmium leidt tot reproductietoxiciteit en neurotoxiciteit (JECFA Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, 2011b).

Cadmium heeft geen direct effect op het DNA, en is daarom niet direct genotoxisch. Cadmium heeft wel indirecte genotoxische effecten, via inductie van reactieve zuurstof (Reactive Oxygen Species, ROS) en via remming van DNA reparatiemechanismen (EFSA, 2009a). Het IARC heeft cadmium geclassificeerd als human carcinogeen (groep 1) op basis van werkgerelateerde studies. Recentere data uit de algemene populatie laten een significante stijging van het risico op kanker in long, endometrium, blaas en borst zien (EFSA, 2009a). De EC heeft een aantal cadmium-houdende stoffen geclassificeerd als mogelijk carcinogeen. De EC JRC concludeerde dat er over het geheel genomen geen bewijs is dat cadmium carcinogene effecten heeft na orale blootstelling, maar dat langdurige dierproeven en epidemiologische studies sterke aanwijzingen geven dat cadmiumoxide carcinogeen is na inhalatie (EFSA, 2009a)

#### *Toxicologische grenswaarden*

In 2010 heeft JECFA een "provisional tolerable monthly intake" (PTMI) van 25 µg/kg lg afgeleid. JECFA concludeerde dat de tolereerbare inname uitgedrukt moet worden per maand vanwege de lange halfwaardetijd van cadmium. Deze PTMI komt overeen met een wekelijkse inname van 5,8 µg/kg lg. In 2011 kreeg EFSA een verzoek van de EC om te onderzoeken of de "tolerable weekly intake" (TWI) van 2,5 µg/kg lg voor cadmium nog toepasbaar was, of dat deze gewijzigd diende te worden in het licht van de PTMI afgeleid door JECFA in 2010. EFSA heeft de TWI opnieuw bekeken en geconcludeerd dat de TWI voor cadmium van 2,5 µg/kg lg wordt gehandhaafd (EFSA, 2011e). De methode en redenering van zowel JECFA als EFSA worden beschreven in het EFSA rapport (EFSA, 2011e).

#### *Blootstelling*

In 2015 is de chronische inname van cadmium via voedsel geschat voor twee Nederlandse subpopulaties: jonge kinderen (2-6 jaar) en personen in de leeftijd van 7-69 jaar (Sprong and Boon, 2015). De inname is geschat door consumptiedata te combineren met cadmiumconcentraties uit het Nederlandse monitoringsprogramma van de NVWA. De concentratiedata van 1999-2001 werden gebruikt. Daarnaast zijn er concentratiegegevens van cadmium in pindakaas (geanalyseerd door RIKILT) gebruikt (Sprong and Boon, 2015).

De mediane (P50) chronische blootstellingsschatting in jonge kinderen varieerde van 2,8 µg/kg lg per week in 6-jarigen tot 3,9 µg/kg lg per week in 2-jarigen (112% en 156% van de TWI, respectievelijk).

De hoge (P95) blootstellingsschatting varieerde van 4,1 tot 5,7 µg/kg lg per week (164% en 228% van de TWI). De mediane (P50) chronische blootstellingsschatting voor personen van 7 tot 69 jaar varieerde van 1,3 µg/kg lg per week (52% van de TWI) in personen van 58 tot 69 jaar oud tot 3,3 µg/kg lg per week (132% van de TWI) in 7-jarigen. De hoge (P95) blootstellingsschatting in 7-69 jarigen varieerde van 2,1 tot 5,4 µg/kg lg per week (84% en 210% van de TWI).

Aardappelen dragen voor 16% bij aan de totale cadmiumblootstelling in jonge kinderen en voor 18% in personen van 7-69 jaar. Deze percentages zijn gebruikt om de absolute cadmiuminname via aardappel te schatten (Tabel 19).

**Tabel 19** Absolute cadmiuminname via aardappelen.

Populatiegroep	Mediaan (P50)	Hoge consumptie (P95)
	µg/kg lg/week (% van de TWI)	µg/kg lg/week (% van de TWI)
Jonge kinderen (2-6 jaar)	0,44 - 0,62 (17,6% - 24,8%)	0,65 - 0,91 (26,0% - 36,4%)
Algemene bevolking (7-69 jaar)	0,23 - 0,59 (9,2% - 23,6%)	0,38 - 0,97 (15,2% - 38,8%)

Deze blootstellingsschattingen zijn gebaseerd op de aanname dat monsters met cadmiumconcentraties lager dan de rapportagelimiet de helft van deze limiet aan cadmium bevatten (het zogenaamde medium-bound scenario). De geschatte bijdrage van aardappel aan de totale cadmiuminname is gebaseerd op de totale innameverdeling. In de hoogste 5% van deze verdeling was de bijdrage van aardappel aan de cadmiuminname iets lager: 13% in jonge kinderen en 16% in personen van 7-69 jaar oud. Wanneer deze percentages gebruikt worden om de cadmiuminname via aardappel voor het P95 niveau van blootstelling te berekenen, komt dat overeen met de volgende schattingen: 0,53 µg/kg lg per week (21% van de TWI) in 6-jarigen, 0,74 µg/kg lg per week (30% van de TWI) in 2-jarigen, 0,34 µg/kg lg per week (14% van de TWI) in 58- tot 69-jarigen en 0,86 µg/kg lg per week (34% van de TWI) in 7-jarigen.

Doordat niertoxiciteit door cadmium via voedsel ontstaat na een lange periode van blootstelling, is ook de gemiddelde levenslange (van 2-69 jaar) inname van cadmium geschat (Sprong and Boon, 2015). Deze inname was gelijk aan 1,8 µg/kg lg per week (72% van de TWI). Gebaseerd op een gewogen bijdrage van aardappelen van 18% aan de gemiddelde inname kan de gemiddelde levenslange inname van cadmium via aardappel berekend worden: 0,31 µg/kg lg per week (12% van de TWI).

### 3.4.2 Solanine

Aardappelen bevatten glycoalkaloïden, waaronder α-solanine en α-chaconine, beide glycosiden van het aglycon solanidine. Deze glycoalkaloïden worden gevormd uit cholesterol als een reactie op stressfactoren zoals blootstelling aan licht, mechanische schade en spruiten. Solanine geeft de aardappel een bittere smaak en heeft een werking als insecticide en fungicide (JECFA Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, 1992).

#### *Acute toxiciteit*

In knaagdieren zijn de gerapporteerde orale LD<sub>50</sub>-waarden voor solanine (muis: >1000 mg/kg lg; rat: 590 mg/kg lg) veel hoger dan de intraperitoneale LD<sub>50</sub>-waarden (muis: 30-42 mg/kg lg; rat: 67-75 mg/kg lg). Dit zou kunnen komen door de lage absorptie van solanine uit de maagdarmltractus van knaagdieren (JECFA Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, 1992).

De toxische dosis voor mensen is geschat op 2 mg/kg lg, en de letale dosis is geschat op 3-6 mg/kg lg (JECFA Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, 1992) (ESR, 2007; NTP, 1998). Uit een aantal case studies blijkt dat de symptomen bestaan uit maagdarmlklachten (misselijkheid, braken, diarree en buikpijn) en neurologische effecten (duizeligheid, slaperigheid, apathie, verwardheid). De symptomen ontstaan in het algemeen 8-12 uur na inname (ESR, 2007; NTP, 1998). Gedacht wordt

---

dat in veel gevallen een intoxicatie door glycoalkaloïden niet wordt gediagnostiseerd, omdat de symptomen vergelijkbaar zijn met die van bacteriële voedselvergiftiging (ESR, 2007).

#### *Subchronische en chronische toxiciteit*

Uit toxiciteitsstudies blijkt dat de effecten van  $\alpha$ -chaconine,  $\alpha$ -solanine, en plantenextracten die deze glycoalkaloïden bevatten, vergelijkbaar zijn. Er zijn onder andere effecten op het zenuwstelsel (onder andere sedatie en coma) en het cardiovasculaire systeem (onder andere verhoogde hartslag en contractiesterkte) gerapporteerd. Daarnaast zijn ook verstoringen van het celmembraan (met als gevolg bijvoorbeeld interne bloedingen en oedeem) en hepatotoxische effecten waargenomen. Ook is gerapporteerd dat  $\alpha$ -solanine een inotropisch effect heeft en dat het acetylcholinesterase remt (EMA, 2012; NTP, 1998).

Bij hamsters die gedurende 1 week gevriesdroogde aardappel kregen (geschatte inname 28,2 mg/kg lg/dag voor  $\alpha$ -chaconine en 10,1 mg/kg lg/dag voor  $\alpha$ -solanine), werden geen effecten gevonden op lichaamsgewicht of gedrag en ook bij sectie werden geen afwijkingen gevonden (NTP, 1998).

Bij resusapen die gedurende 25 dagen B5141 aardappelen kregen (geschatte inname 2,31-3,05 mg/kg lg/dag voor  $\alpha$ -chaconine en 0,77-1,01 mg/kg lg/dag voor  $\alpha$ -solanine) werden geen toxische effecten waargenomen (JECFA Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, 1992; NTP, 1998).

Bij konijnen die aardappelen kregen (overeenkomend met een inname van 0-23 mg/kg lg/dag voor glycoalkaloïden) werden geen nadelige effecten waargenomen. Bij konijnen die groene aardappelen kregen voor een periode tot 20 dagen (geschatte inname 49-53 mg/kg lg/dag voor glycoalkaloïden) werden wel effecten waargenomen, waaronder diarree, haarverlies, gewichtsverlies, waterige ogen, stijfheid en lusteloosheid (JECFA Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, 1992; NTP, 1998).

#### *Overige effecten*

Er is geen informatie over de carcinogeniteit van solanine. Diverse experimenten wijzen erop dat solanine niet mutageen of clastogeen is. Teratogene en embryotoxische effecten van  $\alpha$ -chaconine en  $\alpha$ -solanine zijn gerapporteerd in meerdere diersoorten, waaronder kikkers, kippen en minivarken (EMA, 2012; JECFA Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, 1992).

#### *Toxicologische grenswaarden*

Een TDI is niet afgeleid. In 1992 heeft JECFA geconcludeerd dat de ervaring met de consumptie van aardappelen, vaak dagelijks, erop wijst dat gehalten aan glycoalkaloïden die normaal worden gevonden in aardappelen die deugdelijk zijn geteeld en bewaard (20-100 mg/kg) niet leiden tot bezorgdheid (JECFA Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, 1992). Er zijn geen maximumgehalten voor glycoalkaloïden in aardappel vastgelegd op EU-niveau. Sommige lidstaten hebben op nationaal niveau een maximumgehalte van 200  $\mu$ g/kg vastgelegd, (EC, 2015), wat lager is dan de 200 mg/kg vermeldt door (LIVSFS, 2012). Waar dit verschil op gebaseerd is, is onduidelijk.

#### *Blootstelling*

In 2009 is de blootstelling aan glycoalkaloïden, waaronder  $\alpha$ -solanine en  $\alpha$ -chaconine, via de consumptie van aardappelen geschat voor drie Europese landen waaronder Nederland (Ruprich et al., 2009). De blootstellingsschatting voor Nederland is uitgevoerd op basis van de voedselconsumptiepeiling uit 1997/1998 onder personen van 1-97 jaar. De concentratiegegevens van glycoalkaloïden waren afkomstig uit Tsjechië (2004-2005) en Zweden (1997). De mediane (P50) en hoge (P99) acute blootstelling waren respectievelijk 24 en 601  $\mu$ g/kg lg/dag. De mediane (P50) en hoge (P99) chronische blootstelling waren respectievelijk 154 en 374  $\mu$ g/kg lg/dag. Blootstellingsschattingen per leeftijdsgroep zijn niet gerapporteerd. Deze blootstellingsschattingen zijn gebaseerd op de aanname dat monsters met een glycoalkaloïdengehalte onder de rapportage limiet geen glycoalkaloïden bevatten (het zogenaamde lower-bound scenario).

Ervan uitgaande dat 95% van de glycoalkaloïden in aardappel bestaat uit  $\alpha$ -solanine en  $\alpha$ -chaconine en dat er evenveel  $\alpha$ -solanine als  $\alpha$ -chaconine aanwezig is, kan de blootstelling aan  $\alpha$ -solanine worden berekend. De mediane (P50) en hoge (P99) acute en chronische blootstelling aan  $\alpha$ -solanine is respectievelijk 11 en 285  $\mu$ g/kg lg per dag en 73 en 178  $\mu$ g/kg lg per dag. JECFA rapporteerde dat er

---

iets minder  $\alpha$ -solanine dan  $\alpha$ -chaconine aanwezig is in aardappelen, dus deze schattingen zijn op basis van de beschikbare informatie conservatieve schattingen van de inname van  $\alpha$ -solanine (JECFA Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, 1992). EFSA heeft geen blootstellingsschatting voor glycoalkaloiden of solanine via voedsel uitgevoerd.

### 3.4.3 Gewasbeschermingsmiddelen

Gewasbeschermingsmiddelen zijn stoffen of preparaten die onder andere worden gebruikt om planten te beschermen tegen schadelijke organismen en om ongewenste planten te verdelgen. Daarnaast worden gewasbeschermingsmiddelen ook gebruikt tijdens de opslag van plantaardige producten om ze beter te kunnen bewaren. Alleen toegelaten gewasbeschermingsmiddelen mogen worden verhandeld en gebruikt. Het CTGB beoordeelt gewasbeschermingsmiddelen op werkzaamheid, veiligheid voor mens en milieu en fysisch chemische eigenschappen, en verleent de toelatingen.

Veel actieve stoffen in gewasbeschermingsmiddelen kunnen worden ingedeeld in groepen met een vergelijkbaar toxicologisch effect. Om een realistische blootstellingsschatting te maken wordt in de CAG methodiek (cumulative assessment group, cumulatieve beoordelingsgroepen) de blootstellingsschatting per groep met hetzelfde toxicologische effect uitgevoerd, en niet per individuele stof. Deze methodiek is nog niet geïmplementeerd in de wetgeving. Daarom wordt hieronder de toxiciteit en blootstellingsschatting weergegeven voor de individuele actieve stoffen (EFSA, 2013b).

#### *Blootstellingsschatting*

Voor de blootstellingsschatting van de gewasbeschermingsmiddelen wordt gebruik gemaakt van de gehalten in aardappel zoals gerapporteerd in de KAP-databank en in de RASFF-databank. Deze gehalten worden gecombineerd met Nederlandse consumptiedata voor aardappel en aardappelproducten. Daarna kan de blootstellingsschatting vergeleken worden met een toxicologische grenswaarde. Overschrijdingen van de MRL zoals gerapporteerd in KAP of RASFF wordt beschouwd als incidenteel voorkomend. Alleen voor monsters waarin een MRL-overschrijding werd geconstateerd is een blootstellingsschatting gemaakt waarbij de acute inname is vergeleken met de Acute Referentie Dosis (ARfD).

Hiervoor wordt het NESTI (national estimate of short-term intake) model gebruikt. Dit rekenmodel bevat consumptiegegevens van drie doelgroepen: baby's/peuters, jonge kinderen en de algemene bevolking. Het rekenmodel bevat consumptiegegevens van zowel rauwe producten als van de producten die daarvan worden gemaakt (zoals appelsap van appels en brood van graan) en verschillende bereidingswijzen doorlopen. Deze consumptiegegevens worden gebruikt om de inname te schatten bij een bepaald residugehalte. Daarbij wordt uitgegaan van het 97,5-percentiel voor consumptie en de hoogste waarde gerapporteerd in KAP of RASFF voor residugehalte. De geschatte inname kan vervolgens worden vergeleken met de ARfD (van der Velde-Koerts et al., 2010).

De gehalten aan residuen worden in KAP of RASFF gerapporteerd voor rauwe aardappel. Met procesfactoren kan worden gecorrigeerd voor afname of toename van de concentratie van het residu tijdens het bereiden (wassen, schillen en koken/bakken/frituren) van de aardappelen. Vooral bij gewassen waarvan het volume daalt (bijvoorbeeld slinken en drogen) tijdens bereiding vindt vaak een toename van de concentratie plaats, terwijl bij gewassen die geschild worden vaak een afname van de residuconcentratie plaatsvindt. Conversiefactoren zijn soms nodig als het residu dat wordt gemeten bij monitoring (residu definitie voor handhaving) niet gelijk is aan het residu waarvoor toxicologische grenswaarden zijn vastgesteld (residu definitie voor risicobeoordeling) (van der Velde-Koerts et al., 2010).

#### **3.4.3.1 Chloorprofam**

Chloorprofam hoort tot de groep carbamaten en wordt gebruikt als herbicide. Op aardappelen wordt het gebruikt als kiemremmingsmiddel. In het kader van de hernieuwing van de toelating is een nieuwe risicoanalyse voor chloorprofam uitgevoerd. Deze ligt momenteel voor peer-review bij EFSA. De belangrijkste metaboliet van chloorprofam, 3-chloroaniline, is ongeveer viermaal toxischer (gebaseerd op de ADI) als chloorprofam en heeft dezelfde toxicologische effecten (DAR, 2016).

---

### *Acute toxiciteit*

Chloorprofam heeft een lage acute toxiciteit na orale inname. De orale LD<sub>50</sub> in rat is >2000-4200 mg/kg lg (EC, 2003a). In een acute orale toxiciteitsstudie in vrouwelijke ratten die capsules met chloorprofam kregen, is een NOAEL van 50 mg/kg lg afgeleid, gebaseerd op klinische effecten (zoals braken en verminderde activiteit) bij hogere doseringen (JMPR Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues, 2005).

### *Subchronische en chronische toxiciteit*

In muizen, ratten en honden zijn de belangrijkste doelorganen van chloorprofam de schildklier en het hematopoëtische stelsel (veranderingen in de morfologie van rode bloedcellen, methemoglobinemie en veranderingen in lever en milt door hemolyse) (JMPR Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues, 2000). In ratten doen de effecten op het hematopoëtische stelsel zich voor bij lagere doses dan de effecten op de schildklier, maar in honden is dit omgekeerd. De laagste relevante orale NOAEL is 5 mg/kg lg/dag gebaseerd op veranderingen in de schildklier in een 60-wekenstudie in honden (EC, 2003a; JMPR Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues, 2000).

### *Overige effecten*

De "weight-of-evidence"-benadering<sup>1</sup> wijst erop dat er geen zorg is voor genotoxische effecten van chloorprofam of de metabooliet 3-chloroaniline (DAR, 2016; EC, 2003a; JMPR Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues, 2000). Goedaardige Leydigcel tumoren zijn waargenomen in ratten na langdurige (2 jaar) blootstelling aan hoge doseringen chloorprofam. De NOAEL was 500 mg/kg lg/dag (EC, 2003a; JMPR Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues, 2000).

De NOAEL bij ratten voor toxiciteit in moederdieren was 200 mg/kg lg/d gebaseerd op verminderde gewichtstoename en verminderde voedselinname bij hogere doseringen. Embryotoxische effecten zijn alleen waargenomen bij doseringen waarbij ook maternale toxiciteit werd gevonden. Chloorprofam is niet teratogeen (EC, 2003a; JMPR Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues, 2000). In een tweegeneratiestudie was de NOAEL voor toxiciteit in moederdieren 1000 ppm, wat overeenkwam met 50 mg/kg lg/dag, gebaseerd op effecten op het hematopoëtische stelsel bij hogere doses. De NOAEL voor ontwikkelingstoxiciteit was ook 1000 ppm (50 mg/kg lg/dag) (JMPR Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues, 2000).

Een NOAEL voor ontwikkelingstoxiciteit in konijnen van 125 mg/kg lg/dag is vastgesteld op basis van postimplantatieverlies, verminderd gewicht van de pups, milde afwijkingen van het skelet en ontwikkelingsachterstanden bij doseringen waarbij ook maternale toxiciteit werd gevonden. In een andere studie in konijnen werd een NOAEL voor maternale toxiciteit van 125 mg/kg lg/dag gerapporteerd (EC, 2003a; JMPR Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues, 2000).

### *Toxicologische grenswaarden*

De Europese Commissie heeft in 2003 voor chloorprofam een ADI vastgesteld op 0,05 mg/kg lg, gebaseerd op de 60-weken studie in honden en een veiligheidsfactor van 100. De ARfD is vastgesteld op 0,50 mg/kg lg en is gebaseerd op zowel een 90-dagen studie in honden als op een acute toxiciteitsstudie in honden (beide met een NOAEL van 5 mg/kg lg/d) en een veiligheidsfactor van 100 (EC, 2003). In de huidige "Draft Assessment Report" (DAR) voor hernieuwing van de toelating (momenteel onder publieke consultatie) stelt de Rapporteur Member State (RMS, in dit geval Nederland) voor om de ADI en ARfD te behouden (DAR, 2016).

Naast de ARfD voor chloorprofam wordt in de DAR een ARfD voor de belangrijkste metabooliet 3-chloroaniline voorgesteld van 0,03 mg/kg lg. Deze voorgestelde ARfD is gebaseerd op acute effecten (verhoging van methemoglobine waargenomen na 3 dagen blootstelling) bij muizen en ratten bij een LOAEL van 10 mg/kg lg/dag, en een veiligheidsfactor van 300. Verfijning van de ARfD is mogelijk als meer geschikte toxiciteitsstudies worden ingediend (DAR, 2016).

---

<sup>1</sup> Voor meer informatieve zie: Guidance on the use of the weight of evidence approach in scientific assessments, EFSA Scientific Committee, EFSA Journal 2017;15(8):4971.



---

### *Blootstelling*

De hoogste RASFF-melding voor chloorprofam in aardappel is 47 mg/kg, gerapporteerd door Groot-Brittannië. Dit is een overschrijding van de huidige MRL voor aardappel (10 mg/kg). Zodra een overschrijding van de MRL wordt vastgesteld, mag deze partij aardappelen niet op de markt gebracht worden. Echter, niet alle partijen aardappelen worden gecontroleerd, dus een overschrijding van de MRL kan in de praktijk voorkomen zonder dat dit wordt opgemerkt. Daarom wordt hieronder een worst-case scenario uitgewerkt voor een acute blootstelling aan aardappelen met 47 mg/kg chloorprofam. Opgemerkt wordt dat een overschrijding van de MRL uitzonderlijk is. In KAP zijn van de 262 meetresultaten tussen 2006 en 2015 slechts 1 waarde boven de MRL en 261 waarden onder de MRL. In het jaarlijkse Europese overzicht van residuen van gewasbeschermingsmiddelen in voedsel uit 2014 (EFSA, 2016a) wordt gemeld dat van de 1057 geanalyseerde aardappelmonsters 800 monsters een chloorprofamgehalte onder LOQ hadden, 256 een chloorprofamgehalte boven LOQ hadden maar onder MRL, en slechts 1 monster een chloorprofamgehalte boven MRL had.

Als eerste stap is een acute inname voor chloorprofam berekend met het Nederlandse NESTI model (versie 05), wat een worst-case berekening oplevert. Bij een chloorprofamgehalte in aardappel van 47 mg/kg (hoogst gerapporteerde waarde in RASFF) en de ARfD van 0,5 leidt dit tot een overschrijding van de ARfD; de berekende inname varieert dan van 193% van de ARfD voor de algemene populatie tot 878% van de ARfD voor baby's (8-20 maanden).

Deze innameberekening kan worden verfijnd door het toepassen van procesfactoren. Hierbij wordt nog wel uitgegaan van het worst-casegehalte chloorprofam op aardappel (47 mg/kg gerapporteerd in RASFF door Groot-Brittannië), maar wordt de innameberekening verfijnd met behulp van procesfactoren. De procesfactoren geven weer of het chloorprofamgehalte lager wordt tijdens bereidingsstappen, zoals wassen, schillen en koken/bakken/frituren. Wanneer de meest recente procesfactoren worden toegepast (DAR, 2016), wordt een inname berekend voor de algemene populatie van 121% van de ARfD. Met toepassing van deze procesfactoren is de berekende inname voor baby's van 8-20 maanden en kinderen van 2-6 jaar lager dan de ARfD (respectievelijk 44% en 95%). De grote daling komt vooral door het toepassen van procesfactoren voor gekookte aardappelen en gefrituurde aardappelen. Daarbij is gekozen om de procesfactor voor geschilde gekookte aardappelen (0,049) en geschilde gefrituurde aardappelen (0,050) te gebruiken. Door toepassing van chloorprofam als kiemremmingsmiddel op de aardappel, zit een groot deel van de residuen op de schil. Door de aardappel te schillen, wordt de hoeveelheid chloorprofam in het gegeten product verlaagd. De grootste bijdrage aan de chloorprofam-inname komt door ongeschilde, gebakken aardappelen. Er is geen procesfactor beschikbaar voor ongeschilde, gebakken aardappelen. Daarom is de procesfactor van 0,81 (voor ongeschilde, geroosterde aardappelen) (DAR, 2016) is gebruikt. Dit is wellicht niet geheel representatief, omdat roosteren een ander effect op het chloorprofamgehalte in de geconsumeerde aardappel kan hebben dan bakken.

Residuen worden meestal gemeten in zogenoemde composietmonsters die bestaan uit meerdere aardappelen van hetzelfde veld. Tussen deze aardappelen kunnen verschillen zitten in het chloorprofamgehalte. Hiervoor wordt in de NESTI-berekening een variabiliteitsfactor meegenomen. De standaard variabiliteitsfactor voor aardappel is 7 (WHO, 1997).

Op basis van een proef redeneert de RMS dat de variabiliteitsfactor in de innameberekening verlaagd kan worden naar 3 (DAR, 2016). Als derde stap kan de innameberekening worden verfijnd door deze verlaagde variabiliteitsfactor toe te passen. De berekende inname varieert dan van 19% van de ARfD voor baby's tot 95% van de ARfD in kinderen (2-6 jaar) en 56% van de ARfD in de algemene populatie.

Indien 3-chloroaniline wordt opgenomen in de residudefinitie voor risicoanalyse zoals voorgesteld door de RMS in de hernieuwing, moet ook de inname voor 3-chloroaniline worden berekend. Het gehalte aan 3-chloroaniline is geschat op 5% van het chloorprofamgehalte (DAR, 2016). Dit betekent  $47 \times 0.05 = 2,35$  mg/kg aardappel. De inname voor 3-chloroaniline varieert van 161% van de voorlopige ARfD (0,03 mg/kg lg) voor de algemene populatie tot 732% van de voorlopige ARfD voor baby's. Verfijning van de innameberekening met procesfactoren is (nog) niet mogelijk vanwege de grote mate van onzekerheid in de procesfactoren die gebaseerd zijn op een enkel datapunt. Omdat de toxicologische eindpunten voor chloorprofam en 3-chloroaniline vergelijkbaar zijn, moeten de

resultaten bij elkaar opgeteld worden indien het voorstel voor de nieuwe residudefinitie wordt geaccepteerd. In dat geval wordt de ARfD (fors) overschreden.

In Nederland is de hoogste gerapporteerde waarde voor chloorprofam op aardappelen 13 mg/kg:

- Stap 1 (geen verfijning)  
53,4 – 243% van de ARfD (hoogste waarde voor baby's)
- Stap 2 (verfijning met procesfactoren)  
12,1 – 33,4% van de ARfD (hoogste waarde voor de algemene populatie)
- Stap 3 (nadere verfijning met verlaagde variabiliteitsfactoren)  
5,3 – 26,3% van de ARfD (hoogste waarde voor kinderen van 2-6 jaar)

De berekende inname worden gerapporteerd in Tabel 20.

Zoals hierboven aangegeven moeten de resultaten met 3-chloroaniline meegenomen worden in de innameberekeningen indien 3-chloroaniline wordt opgenomen in de vernieuwde residudefinitie. Het gehalte aan 3-chloroaniline zal dan  $13 \times 0,05 = 0,65$  mg/kg aardappel zijn. Dit leidt tot een inname van 44,5 – 202% van de voorlopige ARfD, met de hoogste waarde voor baby's. Verfijning met procesfactoren (stap 2) is niet mogelijk. Wel kan deze innameberekening verfijnd worden met de verlaagde variabiliteitsfactoren (stap 3).

Omdat de toxicologische eindpunten voor chloorprofam en 3-chloroaniline vergelijkbaar zijn, moet de totale inname berekend worden door de percentages van de afzonderlijke ARfDs van chloorprofam en 3-chloroaniline bij elkaar op te tellen. Het toepassen van de procesfactoren voor chloorprofam en de verlaagde variabiliteitsfactor voor chloorprofam en 3-chloroaniline leidt tot een berekende inname die voor alle bevolkingsgroepen lager is dan 100% (Tabel 20).

**Tabel 20** Blootstellingsberekening chloorprofam en 3-chloroaniline voor diverse leeftijdsgroepen (% van de bijbehorende ARfD's) bij een hoogste gerapporteerde waarde op aardappel in Nederland (13 mg/kg).

Stap	chloorprofam			3-chloroaniline			Totaal (Som van chloorprofam en 3-chloroaniline)		
	Baby's (8-20 mnd)	Kinderen (2-6 jaar)	Algemene populatie (1-97 jr)	Baby's (8-20 mnd)	Kinderen (2-6 jr)	Algemene populatie (1-97 jr)	Baby's (8-20 mnd)	Kinderen (2-6 jr)	Algemene populatie (1-97 jr)
1	243	150	53,4	202	125	44,5	445	275	97,9
2	12,1	26,3	33,4	-	-	-	-	-	-
3	5,3	26,3	15,5	88,5	61,5	26,9	93,8	87,8	42,4

1 = Geen verfijning.

2 = Verfijning met procesfactoren.

3 = Verdere verfijning met verlaagde variabiliteitsfactoren.

### 3.4.3.2 Chloorpyrifos

Chloorpyrifos is een breedspectrum insecticide.

#### Acute toxiciteit

In ratten worden acute orale LD<sub>50</sub>-waarden gerapporteerd van 84-264 mg/kg lg voor mannelijke dieren en van 66-141 mg/kg lg voor vrouwelijke dieren. In muizen is de orale LD<sub>50</sub>-waarde 71 mg/kg lg voor mannelijke en 64 mg/kg lg voor vrouwelijke dieren. In konijnen ligt de orale LD<sub>50</sub>-waarde dat tussen 1000 en 2000 mg/kg lg. Signalen van acute toxiciteit zijn in lijn met remming van cholinesterase (EFSA, 2014b).

Een "acute comparative cholinesterase assay" (CCA) is uitgevoerd in vrouwelijke ratten en pups met eenmalige doses chloorpyrifos. De waargenomen effecten omvatten onder andere remming van cholinesterase in plasma, erythrocyt en hersenen. De NOEL voor remming van cholinesterase in plasma en erythrocyten was 0,85 mg/kg lg en de NOEL voor remming van cholinesterase in hersenen was 2 mg/kg lg (DAR Draft assessment report Spain, 2013). Een eenmalige dosis van 0,5 mg/kg lg leidde

---

niet tot significante remming van acetylcholinesterase-activiteit in erythrocyten en ook niet tot klinische effecten in mannelijke vrijwilligers. De plasmacholinesterase-activiteit was wel verlaagd met 15-27% (DAR Spain, 1999).

#### *Subchronische en chronische toxiciteit*

Zowel bij langdurige als kortdurende blootstelling is het zenuwstelsel (onder andere remming van acetylcholinesterase) het belangrijkste doelorgaan in alle onderzochte diersoorten. De laagste relevante NOAEL is 1 mg/kg lg/dag en is gerapporteerd in 90-dagen studies in zowel rat, muis als hond (EFSA, 2014b).

In ratten zijn de meest kritische effecten na chronische (2 jaar) blootstelling een lager lichaamsgewicht, verminderde gewichtstoename en remming van cholinesterase-activiteit in hersenen en erythrocyten. De laagste NOAEL was 0,1 mg/kg lg/dag. NOAEL's van 0,9 mg/kg lg/dag voor mannelijke muizen en 1,0 mg/kg lg/dag voor vrouwelijke muizen zijn gerapporteerd in een chronische studie. Deze NOAEL's zijn gebaseerd op remming van cholinesterase-activiteit in de hersenen en effecten op de ogen bij hogere doseringen.

In een chronische studie in honden was de NOAEL 1,0 mg/kg lg/dag gebaseerd op remming van cholinesterase-activiteit in de hersenen bij hogere doseringen (DAR Spain, 1999; EFSA, 2014b). Een herhaalde CCA is uitgevoerd in vrouwelijke ratten en pups, en remming van cholinesterase in plasma, erythrocyten en hersenen is onderzocht. De NOEL voor cholinesterase remming in plasma en erythrocyten was 0,1 mg/kg lg/dag. De NOEL voor cholinesterase remming in de hersenen was 0,5 mg/kg lg/dag (DAR Spain, 1999).

In een subchronische studie werden proefpersonen blootgesteld aan dagelijkse doseringen chloorpyrifos, met een maximale dosering van 0,1 mg/kg lg/dag en een maximale duur van 28 dagen. De NOEL was 0,014 mg/kg lg, gebaseerd op plasma cholinesterase-activiteit. De NOAEL was 0,10 mg/kg lg/dag, de hoogste dosering die getest werd (DAR Spain, 1999).

#### *Overige effecten*

Chloorpyrifos wordt niet als genotoxisch of carcinogeen beschouwd (EFSA, 2014b).

Studies naar reproductietoxiciteit en ontwikkelingstoxiciteit zijn uitgevoerd in muizen, ratten en konijnen. In een twee-generatiestudie in ratten was de NOAEL voor de ouderdieren en voor de pups gelijk: 1 mg/kg lg/dag. Deze NOAEL is gebaseerd op verminderde cholinesterase-activiteit in de hersenen en histopathologische veranderingen in de bijniere bij hogere doseringen in de volwassen dieren en op verminderde groei en overleving bij hogere doseringen in de pups. De NOAEL voor effecten op de voortplanting was >5 mg/kg lg/dag, de hoogste dosering die getest werd.

In een studie naar ontwikkelingstoxiciteit in ratten was de NOAEL 2,5 mg/kg lg/dag, gebaseerd op een geringe toename van postimplantatieverlies. De NOAEL voor maternale toxiciteit in deze studie was 0,1 mg/kg lg/dag, gebaseerd op verlaging van de cholinesterase-activiteit in plasma en erythrocyten (DAR Spain, 1999; EFSA, 2014b).

In konijnen was de NOAEL voor ontwikkelingstoxiciteit 81 mg/kg lg/dag, gebaseerd op verminderde groei en mogelijke postimplantatieverliezen bij hogere doseringen. De NOAEL voor maternale toxiciteit was 81 mg/kg lg/dag, gebaseerd op verminderde gewichtstoename (DAR Spain, 1999).

In muizen was de NOAEL voor maternale toxiciteit 1 mg/kg lg/dag, gebaseerd op tekenen van cholinerge effecten en één sterfgeval in hogere doseringen. De NOEL voor maternale toxiciteit was 0,1 mg/kg lg/dag. De NOAEL voor ontwikkelingstoxiciteit was <1 mg/kg lg/dag, gebaseerd op misvormingen (DAR Spain, 1999).

#### *Toxicologische grenswaarden*

EFSA heeft in 2014 een ADI voor chloorpyrifos afgeleid van 0,001 mg/kg lg/dag, gebaseerd op de NOAEL van 0,1 mg/kg lg/dag in de chronische studie in ratten en een veiligheidsfactor van 100. De ARfD is vastgesteld op 0,005 mg/kg lg/dag, gebaseerd op de NOAEL van 0,5 mg/kg lg/dag in de herhaalde CCA studie en een veiligheidsfactor van 100 (EFSA, 2014b).

Opgemerkt wordt dat de residuen van chloorpyrifos niet alleen bestaat uit chloorpyrifos, maar ook uit metabolieten waaronder 3,5,6-trichloorpyridinol (TCP) en conjugaten van TCP. Omdat TCP en zijn conjugaten andere toxicologische eindpunten heeft dan chloorpyrifos, zijn ook verschillende ADI's en

---

ARfD's van toepassing. Voor TCP en zijn conjugaten is een ADI van 0,03 mg/kg lg/dag en een ARfD van 0,25 mg/kg lg vastgesteld (EFSA, 2015d). Omdat de ARfD van TCP 50-maal hoger is dan de ARfD voor chloorpyrifos en de gehalten van TCP lager zijn dan van chloorpyrifos, is deze metaboliet voor dit moment niet meegenomen in de innameberekeningen.

In haar meest recente opinie stelt EFSA voor om de desethyl-metaboliet op te nemen in de residudefinitie voor monitoring en risicoanalyse (EFSA, 2017b). Voor deze metaboliet zijn meer data nodig om de toxicologische relevantie en de relevantie voor de residudefinitie vast te stellen.

#### *Blootstelling*

Chloorpyrifos is in de EU niet toegelaten voor gebruik op aardappelen (EFSA, 2015d). In Nederland is er één product gebaseerd op chloorpyrifos geregistreerd "voor de behandeling van zaden bestemd voor export ter voorkoming van schade door insecten" (CTGB, 2017a). Daarom worden geen residuen verwacht op aardappelen en is de MRL vastgesteld op de LOQ. Deze LOQ is verlaagd van 0,05 naar 0,01 omdat het technisch mogelijk was en omdat de hogere LOQ niet voldoende veilige werd geacht (EFSA, 2015d). Ondanks dat gebruik op aardappel niet toegelaten is, worden residuen wel gerapporteerd in de KAP database. Daarom wordt een worst-case scenario uitgewerkt met de hoogste gerapporteerde waarde in KAP (0,045 mg/kg aardappel). Opgemerkt wordt dat een overschrijding van de MRL uitzonderlijk is. In het jaarlijkse Europese overzicht van residuen van gewasbeschermingsmiddelen in voedsel uit 2014 wordt gemeld dat van de 1381 geanalyseerde aardappelmonsters 1365 monsters een chloorpyrifosgehalte onder LOQ hadden, 10 monster een gehalte op de MRL en 6 monsters een chloorpyrifosgehalte boven MRL hadden (EFSA, 2016a).

Een acute inname voor chloorpyrifos is berekend met het Nederlandse NESTI model (versie 05). Bij een chloorpyrifosgehalte in aardappel van 0,045 mg/kg (hoogst gerapporteerde waarde in KAP) en de ARfD van 0,005 leidt dit niet tot een overschrijding van de ARfD; de berekende inname varieert dan van 18,5% van de ARfD voor de algemene populatie tot 84% van de ARfD voor baby's (8-20 maanden). Bij bereiding in het huishouden (zoals wassen, schillen, verwerken) wordt een verlaging van het chloorpyrifos verwacht. Anderzijds wordt een toename van de desethylmetaboliet verwacht (EFSA, 2017b). De toxicologische relevantie van deze metaboliet is nog onbekend.

#### **3.4.3.3 Diquat(dibromide)**

Diquat is een herbicide dat gebruikt wordt voor het doodspuiten van het aardappelloof. Het diquat-ion is het actieve bestanddeel (EC, 2001).

#### *Acute toxiciteit*

Diquat heeft een matige acute orale toxiciteit. De orale LD<sub>50</sub>-waarde in rat is 214-222 mg/kg lg voor het diquat-ion en 1000 mg/kg lg voor diquat (EC, 2001 (EFSA, 2015b)).

#### *Subchronische en chronische toxiciteit*

Bij subchronische blootstelling zijn de ogen (staar) en de epididymis de belangrijkste doelorganen in ratten en honden. Daarnaast zijn in ratten andere effecten gevonden, waaronder verhoogd urinevolume, geringe veranderingen in hematologische waarden en erosie van de tong en mondholte. De NOAEL in ratten was 4,7 mg/kg lg/dag (gebaseerd op 3 studies) en de NOAEL in honden was 0,5 mg/kg lg/dag (bij vrouwelijke honden) (EC, 2001; EFSA, 2015b)). De kritische effecten gevonden in chronische toxiciteitsstudies (2 jaar) waren staar in ratten en verwijding van de niertubuli in muizen. De rat is de meest gevoelige diersoort. De NOAEL was 0,2 mg/kg lg/dag gevonden in een chronische studie (2 jaar) (EC, 2001; EFSA, 2015b).

#### *Overige effecten*

De "weight-of-evidence"-benadering wijst erop dat diquat niet genotoxisch is. Diquat laat geen carcinogeniteit zien in studies in muizen en ratten (EC, 2001; EFSA, 2015b).

Diquat laat effecten zien op reproductie en ontwikkeling in ratten en konijnen. In een twee-generatiestudie was de NOAEL voor volwassen dieren 1,4 mg/kg lg/dag en de NOAEL voor de pups was 6,7 mg/kg lg/dag. Gerapporteerde effecten zijn onder andere kleinere worpgrootte in F1 generatie, effecten in de ogen, verminderde gewichtstoename, verminderde voedselconsumptie en nierschade. In een studie naar ontwikkelings toxiciteit was de NOAEL voor maternale toxiciteit 4 mg/kg

---

Ig/dag, gebaseerd op verminderde gewichtstoename bij hogere doseringen. De NOAEL voor ontwikkelingstoxiciteit in dezelfde studie was ook 4 mg/kg Ig/dag, gebaseerd op verminderde ossificatie bij hogere doseringen.

De maternale NOAEL in konijnen was 1 mg/kg Ig/dag, gebaseerd op verminderde gewichtstoename bij hogere doseringen. De NOAEL voor ontwikkelingstoxiciteit was 3 mg/kg Ig/dag, gebaseerd op vruchtafdrijving en leverschade bij hogere doseringen (EC, 2001; EFSA, 2015b).

EFSA concludeert dat diquat effecten heeft op hormoonproducerende organen en wordt geclassificeerd als toxisch voor reproductie (categorie 2). Daardoor zou men diquat kunnen beschouwen als mogelijk hormoonverstoring. Echter, resultaten van de bestaande studies wijzen niet op een duidelijke hormoonverstoringende activiteit van diquat (EFSA, 2015b).

#### *Toxicologische grenswaarden*

De EC heeft in 2001 een ADI voor het diquat-ion vastgesteld van 0,002 mg/kg Ig/dag, gebaseerd op een NOAEL van 0,2 mg/kg Ig/dag uit de chronische studie in ratten en een veiligheidsfactor van 100. Het afleiden van een ARfD werd niet relevant gevonden (EC, 2001). EFSA heeft in 2015 de ADI zoals vastgesteld door de EC onderschreven. Daarnaast heeft EFSA een ARfD afgeleid van 0,01 mg/kg Ig voor het diquat-ion, gebaseerd op de NOAEL van 1 mg/kg/Ig/dag uit de ontwikkelingsstudie in konijnen en een veiligheidsfactor van 100 (EFSA, 2015b).

#### *Blootstelling*

Diquatdibromide en het diquat-ion worden in Nederland niet standaard gemeten op aardappel. EFSA rapporteert dat in 2014 diquat door 5 landen wordt gemeten. Van de 642 uitgevoerde metingen waren er 5 positief voor diquat, maar er wordt niet vermeld op welke gewassen diquat is gevonden of hoe hoog de gevonden gehalten waren (EFSA, 2016a). In eerdere rapporten zijn vergelijkbare resultaten beschreven. In 2013 zijn 1277 monsters gemeten, waarvan 10 boven de LOQ (EFSA, 2015a). In 2011 zijn 62 monsters (alleen groenten) gemeten, waarvan 4 boven de LOQ. Voor 2012 en 2015 zijn geen resultaten voor diquat beschreven in de jaarlijkse EFSA rapportage (EFSA, 2017a). Omdat geen gehalten voor diquat of diquatdibromide op aardappel beschikbaar zijn, kan de blootstelling niet worden geschat op basis van residugehaltes en consumptiedata. Daar in 2014 slechts 5 van de 642 geanalyseerde monsters positief waren voor diquat, wordt de inname van residuen van diquat door de consumptie van aardappel als laag ingeschat.

### **3.4.3.4 Ethoprofos**

Ethoprofos is een insecticide dat werkt door remming van het cholinesterase-systeem (EFSA, 2006a).

#### *Acute toxiciteit*

Ethoprofos heeft een hoge acute toxiciteit na orale blootstelling: de gerapporteerde LD<sub>50</sub>-waarden zijn 31 mg/kg Ig in muizen en 47 mg/kg Ig in ratten (EFSA, 2006a)

#### *Subchronische en chronische toxiciteit*

Het meest gevoelige eindpunt bij subchronische toxiciteit is remming van cholinesterase in alle diersoorten. De laagste NOAEL is 0,1 mg/kg Ig/dag, gerapporteerd in een 28-dagen studie in ratten en in een 90-dagen studie in honden, gebaseerd op remming van cholinesterase in erythrocyten en hersenen bij hogere concentraties. Ook bij de chronische toxiciteit van ethoprofos is remming van cholinesterase het meest gevoelige eindpunt. De laagste NOAEL is 0,04 mg/kg Ig/dag in ratten en 0,3 mg/kg Ig/dag in muizen zoals gerapporteerd in chronische (2-jaar) studies (EFSA, 2006a).

#### *Overige effecten*

De "weight-of-evidence"-benadering wijst erop dat ethoprofos niet genotoxisch of carcinogeen is in *in vivo* studies. Wel zijn er aanwijzingen voor reproductietoxiciteit: in een drie-generatiestudie in ratten werd verminderde vruchtbaarheid en kleinere worpgrootte waargenomen. Dit ging echter gepaard met algemene toxiciteit en werd niet waargenomen in een twee-generatiestudie. De NOAEL voor reproductietoxiciteit is 15,7 mg/kg Ig/dag. De NOAEL voor de volwassen dieren en de pups was 7,3 mg/kg Ig/dag. Er werden geen effecten van teratogeniteit of ontwikkelingstoxiciteit gevonden in studies met muizen, ratten en konijnen. De laagste NOAEL voor maternale toxiciteit is 0,125 mg/kg

---

Ig/dag, gebaseerd op verminderde gewichtstoename bij hogere doseringen. De laagste NOAEL voor foetale toxiciteit is 2,0 mg/kg Ig/dag (EFSA, 2006a).

De remming van cholinesterase is onderzocht in ratten. Na eenmalige blootstelling wordt met name de cholinesterase-activiteit in de hersenen geremd, meer dan de cholinesterase-activiteit in erythrocyten. Herhaalde blootstelling tijdens de dracht leidde niet tot neurotoxiciteit of neuropathologie in de pups. De mate van remming in de pasgeboren pups was kleiner dan in vrouwelijke ratten. De NOAEL voor pasgeboren pups was 30 mg/kg Ig/dag. De overall NOAEL was 1,0 mg/kg Ig/dag (EFSA, 2006a).

#### *Toxicologische grenswaarden*

EFSA heeft een ADI voor ethoprofos vastgesteld van 0,0004 mg/kg Ig/dag, gebaseerd op de NOAEL van 0,04 mg/kg Ig/dag in de chronische studie in ratten en een veiligheidsfactor van 100. Daarnaast is een ARfD van 0,01 mg/kg Ig afgeleid, gebaseerd op de NOAEL van 1,0 mg/kg Ig/dag voor remming van cholinesterase in volwassen en pasgeboren ratten en een veiligheidsfactor van 100 (EFSA, 2006a).

#### *Blootstelling*

In Nederland worden jaarlijks residuen van ethoprofos op aardappel gemeten in de Multi-Residu Methode (MRM). Aangezien er geen residuen van ethoprofos in KAP zijn geregistreerd, geeft dit aan dat residuen van ethoprofos op aardappel onder de LOQ waren, en dat blootstelling aan ethoprofos via de consumptie van aardappel verwaarloosbaar is.

### **3.4.3.5 Fluazifop-p-butyl**

Fluazifop-p-butyl is een herbicide dat gebruikt wordt tegen grasachtig onkruid.

#### *Acute toxiciteit*

Fluazifop-p-butyl heeft een lage acute toxiciteit na orale blootstelling: de gerapporteerde LD<sub>50</sub>-waarden zijn >2000 mg/kg Ig in muizen en 2451 mg/kg Ig in ratten (EFSA, 2012a).

#### *Subchronische en chronische toxiciteit*

Bij subchronische blootstelling in ratten, honden en hamsters zijn de lever (alle diersoorten), nieren en milt (ratten en hamsters) de belangrijkste doelorganen. Daarnaast is een verlaging van het plasmacholesterol gevonden in ratten en honden. De laagste NOAEL is 0,9 mg/kg Ig/dag gevonden in een 90-dagenstudie in ratten met fluazifop (EFSA, 2012a).

Bij chronische blootstelling in muizen, ratten en hamsters zijn de meest gevoelige eindpunten levertoxiciteit (alle diersoorten) en niertoxiciteit (ratten en hamsters). De overall NOAEL is 1 mg/kg Ig/dag gevonden in een chronische (2 jaar) studie in ratten met fluazifopzuur (EFSA, 2012a).

#### *Overige effecten*

Er is geen genotoxiciteit of carcinogeniciteit waargenomen met fluazifop-p-butyl. In studies naar reproductietoxiciteit (uitgevoerd met fluazifop-butyl) werden verminderde orgaangewichten voor testes en epididymen, langere dracht en kleinere worpgrootte waargenomen. Daarnaast werden ook verhoogde orgaangewichten voor lever en nieren en verlaagde orgaangewichten voor milt, testes en baarmoeder gevonden in de nakomelingen. De NOAEL voor toxiciteit in volwassen dieren en nakomelingen is 0,8 mg/kg Ig/dag en de NOAEL voor reproductietoxiciteit is 7 mg/kg Ig/dag. In ontwikkelingsstudies met fluazifop-p-butyl zijn geen aanwijzingen voor teratogene effecten gevonden. De NOAEL voor maternale toxiciteit in konijnen is 10 mg/kg Ig/dag, gebaseerd op lagere lichaamsgewichten bij hogere doseringen. De NOAEL voor maternale toxiciteit in ratten is 20 mg/kg Ig/dag, gebaseerd op lagere lichaamsgewichten en verminderde voedselconsumptie bij hogere doseringen. De NOAEL voor ontwikkelingstoxiciteit is 2 mg/kg Ig/dag in ratten en 10 mg/kg Ig/dag in konijnen (EFSA, 2012a).

#### *Toxicologische grenswaarden*

EFSA heeft een ADI vastgesteld van 0,01 mg/kg Ig/dag (uitgedrukt als fluazifopzuur) gebaseerd op de NOAEL van 1 mg/kg Ig/dag in de chronische studie in ratten met fluazifopzuur en een veiligheidsfactor van 100. Daarnaast is een ARfD van 0,017 mg/kg (uitgedrukt als fluazifopzuur) vastgesteld gebaseerd

---

op de NOAEL van 2 mg/kg lg/dag in de studie naar ontwikkelingstoxiciteit in ratten en een veiligheidsfactor van 100 (EFSA, 2012a).

#### *Blootstelling*

Fluazifop-p-butyl wordt wereldwijd gebruikt op een groot aantal gewassen. In Nederland is fluazifop-p-butyl geregistreerd voor gebruik op een groot aantal gewassen, waaronder aardappel. De toelating is geldig tot 1 januari 2018, op dit moment is het onbekend of de hernieuwingsprocedure is gestart. Mogelijkerwijs zal de toelating van fluazifop-p-butyl in de nabije toekomst vervallen.

De hoogste RASFF-melding voor fluazifop in aardappel is 0,22 mg/kg, een overschrijding van de MRL van 0,15 mg/kg aardappel. Zodra een overschrijding van de MRL wordt vastgesteld, mag deze partij aardappelen niet op de markt gebracht worden. Echter, niet alle partijen aardappelen worden gecontroleerd, dus een overschrijding van de MRL kan in de praktijk voorkomen zonder dat dit wordt opgemerkt. Daarom wordt hieronder een worst-case scenario uitgewerkt voor een acute blootstelling aan aardappelen met 0,22 mg/kg fluazifop. Opgemerkt wordt dat een overschrijding van de MRL uitzonderlijk is. In het jaarlijkse Europese overzicht van residuen in voedsel uit 2014 wordt gemeld dat van de 613 geanalyseerde aardappelmonsters voor fluazifop-butyl, 611 monsters een gehalte onder LOQ hadden (c.q. geen of in zeer lage niet kwantificeerbare gehalten fluazifop-butyl), 2 monsters een gehalte boven LOQ hadden, maar onder MRL en geen enkel monster had een fluazifop-butylgehalte boven de MRL (EFSA, 2016a).

Een acute inname voor fluazifop-p-butyl is berekend met het Nederlandse NESTI model (versie 05). Bij deze berekening is uitgegaan van een gehalte in aardappel van 0,22 mg/kg (hoogst gerapporteerde waarde in RASFF), procesfactoren zoals gerapporteerd door EFSA en de ARfD van 0,017. Er zijn geen conversiefactoren toegepast. De berekende acute inname leidt tot een overschrijding van de ARfD voor baby's. De berekende inname varieert dan van 29,5% van de ARfD voor de algemene populatie tot 79,6% van de ARfD voor kinderen (2-6 jaar) en 127,7% van de ARfD voor baby's (8-20 maanden). Gekookte aardappelen hebben de grootste bijdrage, gevolgd door gefrituurde aardappelen. Voor gefrituurde aardappelen is geen procesfactor beschikbaar. Daarom is de standaardfactor 1 gebruikt. Dit zou een onderschatting kunnen zijn, aangezien de andere procesfactoren hoger zijn dan 1.

#### **3.4.3.6 Fluopicolide**

Fluopicolide is een schimmelbestrijdingsmiddel dat onder andere tegen aardappelziekte (*Phytophthora infestans*) wordt gebruikt. De metaboliet M01 van fluopicolide heeft een vergelijkbare toxiciteit als fluopicolide zelf, maar heeft een iets hogere acute toxiciteit.

#### *Acute toxiciteit*

Fluopicolide heeft een lage acute toxiciteit na orale blootstelling: de LD<sub>50</sub> in ratten is >5000 mg/kg lg. De metaboliet M01 is iets toxischer met een LD<sub>50</sub>-waarde van 500 mg/kg lg in vrouwelijke ratten en van 5000 mg/kg lg in mannelijke ratten (EFSA, 2009b).

#### *Subchronische en chronische toxiciteit*

Bij subchronische blootstelling in muizen, ratten en honden is de lever het belangrijkste doelorgaan. In een 28-dagenstudie in ratten was de NOAEL 17,7 mg/kg lg/dag, gebaseerd op verminderde gewichtstoename (bij vrouwelijke ratten), een verhoogd orgaangewicht voor lever (bij mannelijke ratten) en histopathologie in lever en nier (bij zowel mannelijke als vrouwelijke ratten) bij hogere doseringen. In een 90-dagenstudie in ratten werden veranderingen in hematologische en klinische parameters, verhoogde orgaangewichten voor nier, lever en milt, en histopathologische veranderingen in lever en nier gevonden bij een dosering van 109 mg/kg lg/dag. De NOAEL was 7,4 mg/kg lg/dag (EFSA, 2009b).

In een chronische (2 jaar) studie in ratten was de NOAEL 8,4 mg/kg lg/dag, gebaseerd op histopathologische veranderingen in lever en nieren bij hogere doseringen. In een 78-wekenstudie in muizen werden effecten op de lever gevonden: vergroting van de lever, vlekken op de lever en hypertrofie. De NOAEL in deze studie was 7,9 mg/kg lg/dag (EFSA, 2009b).

---

In een 90-dagenstudie in ratten was de NOAEL voor M01 14 mg/kg lg/dag gebaseerd op verminderde voedselinname en verminderde gewichtstoename bij hogere doseringen. In een 90-dagenstudie in honden was de NOAEL 22,5 mg/kg lg/dag, maar deze studie had duidelijke beperkingen en is daarom beperkt bruikbaar. Het kritische effect van M01 na langdurige blootstelling is een verminderde gewichtstoename en levertoxiciteit. In een langdurige (2 jaar) studie in ratten was de NOAEL 5,7 mg/kg lg/dag, gebaseerd op histopathologie in de lever bij hogere doseringen. In een langdurige studie (2 jaar) in honden was de NOAEL 4,5 mg/kg lg/dag (EFSA, 2009b).

#### *Overige effecten*

Op basis van de "weight-of-evidence"-benadering wordt fluopicolide niet beschouwd als genotoxisch of carcinogeen bij mensen. Ook M01 is niet genotoxisch of carcinogeen. Er is geen bewijs voor reproductietoxiciteit van fluopicolide gevonden in een twee-generatiestudie. De NOAEL voor reproductietoxiciteit is 103,4 mg/kg lg/dag, de hoogste dosering in de studie. Omdat in de F0 en F1 generaties een verminderde voedselconsumptie en verminderde gewichtstoename zijn waargenomen, is de NOAEL voor de volwassen dieren en voor de pups 25,5 mg/kg lg/dag. In een ontwikkelingsstudie in ratten werden verlaagde lichaamsgewichten in de vrouwelijke ratten en verminderd gewicht en lengte in de pups waargenomen bij een dosering van 700 mg/kg lg/dag. De NOAEL voor maternale toxiciteit en voor ontwikkelingstoxiciteit was 60 mg/kg lg/dag. In een ontwikkelingsstudie in konijnen werden dezelfde effecten gevonden als bij de ratten. Daarnaast werd ook een verhoogde mortaliteit en verhoogde incidentie van premature geboorte waargenomen. De NOAEL voor ontwikkelingstoxiciteit en voor maternale toxiciteit was 20 mg/kg lg/dag (EFSA, 2009b). In een meer-generatiestudie met M01 in ratten werden geen effecten op de reproductie gevonden. De NOAEL voor reproductietoxiciteit was 13,5 mg/kg lg/dag, de hoogste dosering in de studie. Bij deze dosering werd wel een verlaagd lichaamsgewicht in vrouwelijke ratten en nakomelingen gevonden. De NOAEL voor maternale toxiciteit alsook de NOAEL voor toxiciteit in de nakomelingen is 7,5 mg/kg lg/dag.

In een ontwikkelingsstudie in konijnen is een NOAEL van 30 mg/kg lg/dag vastgesteld voor zowel maternale toxiciteit als ontwikkelingstoxiciteit, gebaseerd op gewichtsverlies, verhoogde incidentie van vruchtafdrijving, lager lichaamsgewicht van de foetus en overlijden van moederdieren bij hogere doseringen (EFSA, 2009b).

#### *Toxicologische grenswaarden*

EFSA heeft een ADI van 0,08 mg/kg lg/dag vastgesteld op basis van de NOAEL van 8 mg/kg lg/dag in een 78-wekenstudie in muizen en een veiligheidsfactor van 100. Daarnaast werd een ARfD van 0,18 mg/kg lg vastgesteld, gebaseerd op een NOAEL van 18 mg/kg lg/dag uit de 28-dagenstudie in ratten en een veiligheidsfactor van 100 (EFSA, 2009b).

Voor de metabooliet M01 zijn aparte toxicologische grenswaarden vastgesteld. De ADI is 0,05 mg/kg lg/dag, gebaseerd op chronische studies in ratten en honden en een veiligheidsfactor van 100. De ARfD is 0,3 mg/kg lg, gebaseerd op de NOAEL van 30 mg/kg lg/dag in een ontwikkelingsstudie in konijnen en een veiligheidsfactor van 100 (EFSA, 2009b).

#### *Blootstelling*

Fluopicolide wordt op een groot aantal gewassen gebruikt, onder andere op aardappelen. De hoogste gerapporteerde waarde voor fluopicolide in aardappel in de KAP-databank is 0,031 mg/kg. Dit is een geringe overschrijding van de MRL voor aardappel (0,03 mg/kg). Zodra een overschrijding van de MRL wordt vastgesteld, mag deze partij aardappelen niet op de markt gebracht worden. Echter, niet alle partijen aardappelen worden gecontroleerd, dus een overschrijding van de MRL kan in de praktijk voorkomen zonder dat dit wordt opgemerkt. Daarom wordt hieronder een worst-case scenario uitgewerkt voor een acute blootstelling aan aardappelen met 0,031 mg/kg fluopicolide. Opgemerkt wordt dat een overschrijding van de MRL uitzonderlijk is. In het jaarlijkse Europese overzicht van residuen in voedsel uit 2014 wordt gemeld dat in dat jaar geen overtredingen van de MRL zijn gevonden (EFSA, 2016a). In KAP is één melding voor fluopicolide van 0,031 mg/kg aardappelen in 2014, welke net boven de MRL ligt.

Een acute inname voor fluopicolide is berekend met het Nederlandse NESTI model (versie 05). Bij een gehalte in aardappel van 0,031 mg/kg (hoogst gerapporteerde waarde in KAP) en de ARfD van



---

0,18 leidt dit niet tot een overschrijding van de ARfD. De berekende inname varieert van 0,4% van de ARfD voor de algemene populatie tot 1,0% van de ARfD voor kinderen (2-6 jaar) en 1,6% van de ARfD voor baby's (8-20 maanden). Hierbij zijn geen conversiefactoren of procesfactoren toegepast. Verfijning van de innameberekening op basis van conversiefactoren en procesfactoren wordt niet nodig geacht.

Naast fluopicolide zou ook de metabooliet M01 meegenomen moeten worden in de blootstellingsschatting. Residuen van M01 in verschillende gewassen zijn op of onder LOQ. Deze gerapporteerde gehalten zijn wel minder dan 10% van het totale residuegehalte, en een overschrijding van de MRL voor M01 wordt dan ook niet verwacht (JMPR Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues, 2009).

#### **3.4.3.7 Fosthiazaat**

Fosthiazaat is een bestrijdingsmiddel dat wordt gebruikt tegen insecten en nematoden. Het werkingsmechanisme is remming van acetylcholinesterase. Fosthiazaat wordt op dit moment beoordeeld door EFSA.

##### *Acute toxiciteit*

Fosthiazaat heeft een hoge acute toxiciteit na orale blootstelling: de LD<sub>50</sub>-waarde in rat is 57-73 mg/kg (EC, 2003b).

##### *Subchronische en chronische toxiciteit*

De kritische effecten van fosthiazaat zijn remming van acetylcholinesterase en histopathologie in de bijnieren. De laagste NOAEL voor effecten op de bijnier is 0,5 mg/kg lg/dag, gerapporteerd in zowel een 90-dagenstudie als een 1-jaarstudie in honden (EC, 2003). Naast de remming van acetylcholinesterase en effecten op de bijnier, zijn ook effecten op ogen, hypofyse en skeletspieren waargenomen. De laagste overall NOAEL is 10,7 ppm (0,42 mg/kg lg/dag) gerapporteerd in een chronische (2 jaar) studie in ratten (EC, 2003b).

##### *Overige effecten*

Fosthiazaat wordt niet beschouwd als genotoxische of carcinogeen. Verminderde levensvatbaarheid van pups is waargenomen bij doseringen die ook toxisch waren voor de volwassen dieren. De NOAEL voor reproductietoxiciteit is 10 ppm (0,7 mg/kg lg/dag). In een ontwikkelingsstudie in konijnen werd een verlaging van het foetale gewicht en een verhoging van het aantal kleine foetussen gevonden bij doseringen die ook maternale toxiciteit veroorzaakten. De NOAEL voor ontwikkelingstoxiciteit is 1,5 mg/kg lg/dag (EC, 2003b).

##### *Toxicologische grenswaarden*

De EC heeft in 2003 een ADI vastgesteld voor fosthiazaat van 0,004 mg/kg lg/dag, gebaseerd op de NOAEL van 0,42 mg/kg lg/dag uit de chronische studie in ratten en een veiligheidsfactor van 100. Daarnaast is een ARfD vastgesteld van 0,005 mg/kg lg/dag, gebaseerd op een NOAEL van 0,5 mg/kg lg/dag in een 90-dagenstudie en een 1-jaarstudie in hond (EC, 2003b).

##### *Blootstelling*

Gebruik van fosthiazaat op aardappelen is toegelaten in Nederland en diverse andere Europese lidstaten. In KAP is de hoogste waarde voor fosthiazaat op aardappel 0,06 mg/kg. Dit is hoger dan de MRL voor aardappel (0,02 mg/kg). Zodra een overschrijding van de MRL wordt vastgesteld, mag deze partij aardappelen niet op de markt gebracht worden. Echter, niet alle partijen aardappelen worden gecontroleerd, dus een overschrijding van de MRL kan in de praktijk voorkomen zonder dat dit wordt opgemerkt. Daarom wordt hieronder een worst-case scenario uitgewerkt voor een acute blootstelling aan aardappelen met 0,06 mg/kg fosthiazaat. Opgemerkt wordt dat een overschrijding van de MRL uitzonderlijk is. In het jaarlijkse Europese overzicht van residuen in voedsel uit 2014 wordt gemeld dat van alle 982 aardappelmonsters die zijn geanalyseerd voor fosthiazaat, 978 monsters een waarde onder LOQ hadden, 2 monsters een gehalte boven LOQ hadden maar onder MRL, en slechts 2 monsters een fosthiazaatgehalte boven de MRL hadden (EFSA, 2016a). In KAP staan twee meetresultaten voor fosthiazaat, waarvan één op de MRL en de andere onder de MRL.

---

Een acute inname voor fosthiazaat is berekend met het Nederlandse NESTI model (versie 05). Bij een gehalte in aardappel van 0,06 mg/kg (hoogst gerapporteerde waarde in KAP) en de ARfD van 0,005 leidt dit tot een overschrijding van de ARfD bij baby's (8-20 maanden). De berekende inname varieert van 24,7% van de ARfD voor de algemene populatie tot 66,5% van de ARfD voor kinderen (2-6 jaar) en 112,1% van de ARfD voor baby's (8-20 maanden). Gekookte aardappel levert de hoogste bijdrage, gevolgd door gefrituurde aardappel. Voor gekookte aardappelen is de berekende inname voor baby's 106,6% van de ARfD.

### **3.4.3.8 Glufosinaat-ammonium**

Glufosinaat-ammonium is een breedspectrum herbicide. Het werkingsmechanisme is remming van glutamine synthetase in planten, waardoor fotosynthese niet kan plaatsvinden en de plant doodgaat. Glufosinaat is het werkzame bestanddeel, maar in de gewasbeschermingsmiddelen wordt het ammoniumzout gebruikt. De toxicologische data hieronder beschreven zijn gebaseerd op studies met het ammoniumzout tenzij anders aangegeven.

#### *Acute toxiciteit*

De orale LD<sub>50</sub>-waarden voor glufosinaat-ammonium zijn 1510 mg/kg lg in rat en 416 mg/kg lg in muis. In muizen, ratten en honden heeft glufosinaat-ammonium acute effecten op het zenuwstelsel (onder andere trillen, ataxie, convulsies) en het maagdarmsstelsel (diarree). De NOAEL voor acute neurotoxiciteit in ratten was 100 mg/kg lg, gebaseerd op klinische effecten zoals gewichtsverlies bij hogere doseringen (EFSA, 2005a).

#### *Subchronische en chronische toxiciteit*

In subchronische toxiciteitsstudies in muizen, ratten en honden werden klinische effecten (zoals sedatie, spasmen, hyperactiviteit en tranende ogen) en remming van glutamine synthetase-activiteit waargenomen. Daarnaast werd ook mortaliteit waargenomen bij hoge doseringen. De laagste NOAEL was 4,5 mg/kg lg/dag in een 1-jaarstudie in honden, gebaseerd op mortaliteit en verlaagde glutamine synthetase-activiteit bij hogere doseringen (EFSA, 2005a).

In chronische toxiciteitsstudies in ratten en muizen waren de belangrijkste effecten van glufosinaat veranderingen in hematologische en biochemische parameters en een verhoogd orgaangewicht van de nieren. De NOEL voor rat was 40 ppm (2 mg/kg lg/dag), gebaseerd op verhoogd orgaangewicht van de nieren bij hogere doseringen. De NOAEL in muizen was 80 ppm (11 mg/kg lg/dag voor mannelijke muizen en 16 mg/kg lg/dag in vrouwelijke muizen), gebaseerd op mortaliteit bij hogere doseringen (EFSA, 2005a).

#### *Overige effecten*

Er is geen bewijs van genotoxische of carcinogene werking van glufosinaat. In studies naar reproductietoxiciteit bij ratten werden pre- en postimplantatieverlies, premature geboorte en vruchtafdrijvingen gerapporteerd. De NOAEL voor reproductietoxiciteit was 120 ppm (7,5 mg/kg lg/dag voor mannelijke ratten en 9,6 mg/kg lg/dag voor vrouwelijke ratten), gebaseerd op kleinere worpgroottes bij hogere doseringen. In een studie naar ontwikkelingstoxiciteit in ratten werden neurotoxische effecten, mortaliteit, vaginale bloedingen en verminderd lichaamsgewicht (verminderde toename in lichaamsgewicht) gezien. De NOAEL voor maternale toxiciteit en ontwikkelingstoxiciteit was 10 mg/kg lg/dag. In een studie naar ontwikkelingstoxiciteit bij konijnen werden premature geboortes, vruchtafdrijvingen en dode foetussen gerapporteerd. De NOAEL voor maternale toxiciteit en voor ontwikkelingstoxiciteit was 6,3 mg/kg lg/dag (EFSA, 2005a).

#### *Toxicologische grenswaarden*

EFSA heeft een ADI vastgesteld van 0,021 mg/kg lg/dag, gebaseerd op de studie naar ontwikkelingstoxiciteit bij konijnen met een veiligheidsfactor van 300 (de standaard veiligheidsfactor van 100 en een extra factor van 3 voor de ernst van de effecten in ratten en konijnen). Twee ARfD-waarden zijn afgeleid; een voor vrouwen van vruchtbare leeftijd en een voor de algemene populatie. De ARfD voor vrouwen van vruchtbare leeftijd was 0,021 mg/kg lg en is gebaseerd op dezelfde NOAEL en veiligheidsfactoren als de ADI. De ARfD voor de algemene populatie is 0,045 mg/kg lg, gebaseerd op de NOAEL van 4,5 mg/kg lg/dag in de 1-jaarstudie in honden en een veiligheidsfactor van 100 (EFSA, 2005a).

---

### *Blootstelling*

Glufosinaat wordt niet gemeten in het reguliere monitoringsprogramma in Nederland. EFSA meldt dat in 2014 geen enkel resultaat boven de LOQ werd gerapporteerd in de voedingsproducten die getest zijn. Er werd niet vermeld op welke gewassen glufosinaatresiduen gemeten zijn. EFSA concludeerde dat de kortdurende inname verwaarloosbaar is voor alle voedingsproducten die geanalyseerd zijn in kader van het EUCP (EFSA, 2016a). De EU-overzichten van eerdere jaren geven vergelijkbare resultaten. In 2013 werd in vier van de 1606 geanalyseerde monsters glufosinaat gevonden in gehalten boven de LOQ (EFSA, 2015a). In 2011 werd in één van de 379 gemeten monsters glufosinaat gevonden, in 2010 in één van de 53 gemeten monsters (EFSA, 2014a). De gevonden gehalten werden niet gerapporteerd, en er werd ook niet gespecificeerd op welke gewassen glufosinaat werd gevonden.

### **3.4.3.9 Lambda-Cyhalothrin**

Lambda-cyhalothrin is een insecticide en wordt gebruikt op tarwe, aardappelen, tomaten, pruimen en perziken. Lambda-cyhalothrin ontregelt het zenuwstelsel en leidt op die manier tot verlammingen en de dood van het insect.

#### *Acute toxiciteit*

Lambda-cyhalothrin is acut toxisch na orale blootstelling. De LD<sub>50</sub>-waarden zijn 56 mg/kg lg in ratten en 19,9 mg/kg lg in muizen. In een studie in ratten naar acute neurotoxiciteit werd een versnelde ademhaling gevonden bij doseringen van meer dan 10 mg/kg lg. Daarnaast werden bij 35 mg/kg lg ook klinische indicaties van neurotoxiciteit gevonden. De NOAEL was 2,5 mg/kg lg (EFSA, 2014c).

#### *Subchronische en chronische toxiciteit*

Het zenuwstelsel was het belangrijkste doelorgaan van lambda-cyhalothrin in subchronische studies in ratten en honden. Indicaties van neurotoxiciteit, zoals speekselvloed, verminderde coördinatie, abnormaliteiten in postuur, prikkelbaarheid en trillingen. In ratten is daarnaast ook levertoxiciteit en een verminderde lichaamsgewichtstoename gevonden. De laagste NOAEL is gerapporteerd in een 1-jaarstudie in honden en was 0,5 mg/kg lg/dag. In chronische toxiciteitsstudies in muizen en ratten met cyhalothrin werden NOAEL's van 1,7 en 1,8 mg/kg lg/dag gerapporteerd. De kritische effecten waren onder andere verminderde gewichtstoename, verhoogd orgaangewicht van de lever, veranderingen in klinische chemie in de rat en verminderde gewichtstoename en klinische indicaties van neurotoxiciteit in muizen (EFSA, 2014c).

#### *Overige effecten*

Cyhalothrin is niet carcinogeen. Het wordt onwaarschijnlijk geacht dat lambda-cyhalothrin genotoxische effecten veroorzaakt. Cyhalothrin had geen effecten op reproductie of ontwikkeling in ratten en konijnen. Er zijn echter wel effecten op sperma gerapporteerd in de literatuur bij muizen bij lage doseringen lambda-cyhalothrin. In een meer-generatiestudie met cyhalothrin in ratten werden verminderde gewichtstoenames gevonden in zowel ouderdieren als pups. Daarnaast werd een verlaagde overleving na geboorte gerapporteerd bij doses die toxisch zijn in de ouderdieren. De NOAEL voor toxiciteit in de ouderdieren is 1,5 mg/kg lg/dag en de NOAEL voor toxiciteit in de pups is 0,5 mg/kg lg/dag. In een studie naar neurotoxiciteit tijdens de ontwikkeling in ratten met lambda-cyhalothrin werden verminderde gewichtstoename, verlaagde overleving van de pups en morfologische veranderingen in de hersenen gevonden. De NOAEL was 4,9 mg/kg lg/dag voor zowel maternale toxiciteit als ontwikkelingstoxiciteit en neurotoxiciteit (EFSA, 2014c).

EFSA heeft geconcludeerd dat het niet mogelijk is om de hormoonverstorende effecten van lambda-cyhalothrin te schatten, omdat onduidelijk is of de gevonden effecten op hersenmorfologie en sperma via hormoonverstoring plaatsvinden (EFSA, 2014c).

#### *Toxicologische grenswaarden*

Een ADI van 0,0025 mg/kg lg/dag is afgeleid, gebaseerd op de NOAEL van 0,5 mg/kg lg (uitgedrukt als cyhalothrin) uit de meer-generatiestudie en een veiligheidsfactor van 200. De veiligheidsfactor is de standaard factor van 100 plus een factor van 2 voor de omrekening van cyhalothrin naar lambda-cyhalothrin. Een ARfD van 0,005 mg/kg lg is vastgesteld, gebaseerd op een NOAEL van 0,5 mg/kg lg/dag uit de 1-jaarstudie in honden en een veiligheidsfactor van 100 (EFSA, 2014c). Een extra factor 2 is hier niet nodig omdat de studie is uitgevoerd met lambda-cyhalothrin.

---

### *Blootstelling*

In Nederland worden jaarlijks de residuen van lambda-cyhalothrin op aardappel gemeten met behulp van de MRM. Aangezien er geen residuen van lambda-cyhalothrin in KAP zijn geregistreerd, geeft dit aan dat dat residuen van lambda-cyhalothrin op aardappel onder de LOQ waren, en dat blootstelling aan lambda-cyhalothrin via de consumptie van aardappel verwaarloosbaar is.

### **3.4.3.10 Linuron**

Linuron is een herbicide en werkt via remming van fotosynthese.

#### *Acute toxiciteit*

Linuron heeft een matige acute toxiciteit na orale blootstelling. LD<sub>50</sub>-waarden van 1146 mg/kg lg voor mannen en 1508 mg/kg lg voor vrouwen zijn gerapporteerd in rattenstudies (EC, 2002; EFSA, 2016e).

#### *Subchronische en chronische toxiciteit*

In ratten en honden wordt de toxiciteit van linuron na kortdurende orale blootstelling gekarakteriseerd door hemolytische effecten. Daarnaast werden in honden ook effecten op klinische chemie beschreven. In honden werden ook de vorming van methemoglobine en de afzetting van hemosiderine gerapporteerd. In een 90-dagenstudie in ratten was de NOAEL 1,9 mg/kg lg/dag. De NOAEL in honden was 0,9 mg/kg lg/dag zoals gerapporteerd in zowel een 90-dagenstudie als een 1-jaarstudie (EC, 2002; EFSA, 2016e).

In een 2-jaarstudie in ratten werden bij 1,3 mg/kg lg/dag (de LOAEL) effecten gevonden op rode bloedcellen, voortplantingsorganen en het hormoonstelsel. Ook werden er minder gezwellen in de hypofyse gevonden, maar meer Leydigcel-adenomen in mannelijke ratten. Er kon geen NOAEL worden vastgesteld. In een 18-maandenstudie in muizen was de NOAEL 6,5 mg/kg lg/dag, gebaseerd op verminderde gewichtstoename in mannelijke muizen bij hogere doseringen (EC, 2002; EFSA, 2016e).

#### *Overige effecten*

Linuron wordt niet beschouwd als genotoxisch. In ratten blootgesteld aan linuron werden gezwellen in testes (Leydigceladenoom), baarmoeder en eierstokken gevonden. Linuron is geclassificeerd als carcinogeen categorie 2, e.g. verdacht humaan carcinogeen (EC, 2002; EFSA, 2016e).

In verschillende studies in ratten en konijnen werd gevonden dat linuron de vruchtbaarheid en voortplanting vermindert en ontwikkelingstoxiciteit veroorzaakt. De NOAEL voor toxiciteit in volwassen dieren is 0,8 mg/kg lg/dag, gebaseerd op 20% gewichtsafname bij hogere doseringen. De NOAEL voor de nakomelingen is 6 mg/kg lg/dag, gebaseerd op kleinere worpgrootte. De NOAEL voor reproductietoxiciteit is 6 mg/kg lg/dag, gebaseerd op verminderde vruchtbaarheid. In een studie naar ontwikkelingstoxiciteit in ratten was de NOAEL voor maternale toxiciteit 20 mg/kg lg/dag, gebaseerd op verminderde voedselconsumptie en vergroting van de milt bij hogere doseringen. De NOAEL voor de ontwikkelingstoxiciteit was ook 20 mg/kg lg/dag, gebaseerd op verminderde ossificatie bij hogere doseringen (EC, 2002; EFSA, 2016e).

#### *Toxicologische grenswaarden*

De Europese Commissie heeft in 2002 een ADI vastgesteld van 0,003 mg/kg lg/dag, gebaseerd op de lange termijn LOAEL (Lowest Observed Adverse Effect Level) van 1,3 mg/kg lg/dag uit de 2-jaarstudie in ratten en een veiligheidsfactor van 500. Dit is de standaard veiligheidsfactor 100 plus een additionele factor van 5 om onzekerheden te dekken bij gebrek aan een NOAEL. Een ARfD van 0,03 mg/kg lg/dag is vastgesteld, gebaseerd op de NOAEL van 10 mg/kg lg/dag in de ontwikkelingsstudie in konijnen en een veiligheidsfactor van 300 (EC, 2002). In 2016 heeft EFSA de ADI onderschreven. Voor de ARfD heeft EFSA opgemerkt dat de eindpunten voor ontwikkelingstoxiciteit konijnen de meest kritische kunnen zijn, en dat er een hiaat in de data is (EFSA, 2016e).

#### *Blootstelling*

Het geautoriseerd gebruik van linuron verloopt op 1 mei 2017. Tot op heden zijn in Nederland residuen van linuron op aardappel gemeten in de MRM. Aangezien er geen residuen van linuron in KAP zijn geregistreerd, geeft dit aan dat residuen van linuron op aardappel onder de LOQ zijn, en dat

---

blootstelling aan linuron via de consumptie van aardappel verwaarloosbaar is. Dit wordt bekrachtigd door de resultaten in het EU-rapport over residuen in voedsel: van de 1183 aardappelmonsters die werden onderzocht op linuron hadden 1182 monsters een linurongehalte onder LOQ en één monster had een linurongehalte boven LOQ maar onder MRL (EFSA, 2016a).

#### **3.4.3.11 Lufenuron**

Lufenuron is een insecticide en behoort tot de chitineremmers. Het remt daardoor de groei van larven. Lufenuron wordt ook als antivlooienmiddel gebruikt bij honden en katten.

##### *Acute toxiciteit*

Lufenuron heeft een lage acute toxiciteit na orale blootstelling, met LD<sub>50</sub>-waarden van >2000 mg/kg lg (EFSA, 2008a).

##### *Subchronische en chronische toxiciteit*

Kortdurende studies in ratten, honden en muizen laten zien dat blootstelling aan lufenuron leidt tot tonisch-clonische toevallen, veranderingen in lever en schildklier. Bij doseringen van 30 mg/kg lg/dag en hoger wordt ook mortaliteit gerapporteerd. De NOAEL was 1,5 mg/kg lg/dag gebaseerd op veranderingen in de lever in een 1-jaarstudie in honden. In chronische toxiciteitsstudies in muizen (18-maandenstudie) en ratten (2-jaarstudie) werden toevallen, mortaliteit en effecten op longen, lever, urinewegen en prostaat gevonden. De NOAEL's waren 2 mg/kg lg/dag in ratten en 2,1 mg/kg lg/dag in muizen (EFSA, 2008a).

##### *Overige effecten*

Lufenuron is niet genotoxisch of carcinogeen. In een meer-generatiestudie in ratten werden geen effecten gevonden op vruchtbaarheid. Ook werd geen toxiciteit in de ouderdieren gevonden. De NOAEL voor reproductietoxiciteit en maternale/paternale toxiciteit was 20 mg/kg lg/dag, de hoogste dosering die getest is. De NOAEL voor de nakomelingen was 8 mg/kg lg/dag, gebaseerd op een geringe vertraging in de "surface rightening reflex test". In een teratogeniteitsstudie in konijnen werden geen nadelige effecten op ontwikkeling en maternale toxiciteit gevonden, terwijl in ratten geringe maternale toxiciteit werd waargenomen (verminderd lichaamsgewicht en verminderde voedselconsumptie). De NOAEL voor ontwikkelingstoxiciteit was 1000 mg/kg lg/dag, de hoogste dosering getest in konijnen (EFSA, 2008a).

##### *Toxicologische grenswaarden*

De ADI is vastgesteld op 0,015 mg/kg lg/dag, gebaseerd op de NOAEL van 1,5 mg/kg lg/dag in de 1-jaarstudie in honden en een veiligheidsfactor van 100. Een ARfD werd niet noodzakelijk geacht (EFSA, 2008a).

##### *Blootstelling*

In Nederland worden residuen van lufenuron op aardappel gemeten in de MRM. Aangezien er geen residuen van lufenuron in KAP zijn geregistreerd, geeft dit aan dat residuen van lufenuron op aardappel onder de LOQ zijn, en dat blootstelling aan lufenuron via de consumptie van aardappel verwaarloosbaar is. Dit wordt bekrachtigd door de resultaten in het EU rapport over pesticidenresiduen in voeding: van de 1002 aardappelmonsters die werden onderzocht op lufenuron hadden 999 monsters een lufenuron-gehalte onder LOQ, één monster had een lufenuron-gehalte boven LOQ maar onder MRL en slechts 2 monsters hadden een lufenuron-gehalte boven MRL (EFSA, 2016a).

#### **3.4.3.12 Metribuzin**

Metribuzin is een herbicide en wordt gebruikt op onder andere sojabonen, aardappelen en tarwe. Het werkingsmechanisme is het remmen van fotosynthese.

##### *Acute toxiciteit*

Metribuzin heeft een matige acute toxiciteit na orale inname. De LD<sub>50</sub>-waarde in rat is 322 mg/kg lg. In een studie naar acute neurotoxiciteit in ratten werden hangende oogleden (ptosis), verlaagde lichaamstemperatuur en effecten op beweging en motoriek gevonden. Deze effecten werden toegeschreven aan algemene toxiciteit. De NOAEL was >2 mg/kg lg/dag (EFSA, 2006b).

---

#### *Subchronische en chronische toxiciteit*

In ratten, honden en konijnen zijn de belangrijkste doelorganen van in onderzoek naar subchronische toxiciteit van metribuzin de lever en nieren. Daarnaast zijn bij hogere doseringen ook effecten in de schildklier en rode bloedcellen gevonden. De algemene NOAEL was 2 mg/kg lg/dag. In chronische toxiciteitsstudies in muizen, ratten en honden was het belangrijkste doelorgaan de lever. Daarnaast zijn ook effecten op de schildklier gevonden in ratten, dit wordt gezien als een knaagdier-specifiek effect. De algemene NOAEL was 1,3 mg/kg lg/dag, gevonden in een 2-jaarstudie in ratten (EFSA, 2006b).

#### *Overige effecten*

Metribuzin is niet genotoxisch of carcinogeen. In een meer-generatiestudie zijn geen effecten op vruchtbaarheid gevonden. De NOAEL voor reproductietoxiciteit was >67 mg/kg lg/dag. De NOAEL voor ouderdieren was 2,2 mg/kg lg/dag. De NOAEL voor nakomelingen was ook 2,2 mg/kg lg/dag. In studies in ratten en konijnen naar ontwikkelingstoxiciteit werden een verminderd lichaamsgewicht en verminderde voedselconsumptie gevonden in moederdieren, en achterstanden in skeletontwikkeling in de nakomelingen gevonden. Daarnaast werden in de rattenstudie afwijkingen in de urineleider en nier gevonden in pups. De NOAEL voor maternale toxiciteit was <25 mg/kg lg/dag (laagste dosering getest) in ratten en 30 mg/kg lg/dag in konijnen. De NOAEL voor ontwikkelingstoxiciteit was <10 mg/kg lg/dag, de laagste dosering die getest werd in konijnen (EFSA, 2006b).

#### *Toxicologische grenswaarden*

De ADI is vastgesteld op 0,013 mg/kg lg/dag, gebaseerd op de NOAEL van 1,3 mg/kg lg/dag uit de chronische studie in ratten en een veiligheidsfactor van 100. De ARfD is vastgesteld op 0,02 mg/kg lg/dag, gebaseerd op een NOAEL van 2 mg/kg lg/dag uit de studie naar acute neurotoxiciteit en een veiligheidsfactor van 100 (EFSA, 2006b).

#### *Blootstelling*

In Nederland worden residuen van metribuzin op aardappel gemeten in de MRM. Aangezien er geen residuen van metribuzin in KAP zijn geregistreerd, geeft dit aan dat residuen van metribuzin op aardappel onder de LOQ zijn, en dat blootstelling aan metribuzin via de consumptie van aardappel verwaarloosbaar is. Dit wordt bekrachtigd door de resultaten in het EU rapport over residuen in voedsel: van de 55668 monsters die werden onderzocht op metribuzin hadden 55648 monsters een metribuzin-gehalte onder LOQ, en 20 monsters hadden een metribuzin-gehalte boven LOQ (EFSA, 2016a). Er wordt niet gerapporteerd hoe hoog de gevonden gehalten zijn, en ook niet op welke gewassen metribuzin werd gevonden.

### **3.4.3.13 Thioclopride**

Thioclopride is een insecticide dat gebruikt wordt tegen zuigende en bijtende insecten. Het wordt gebruikt op verschillende gewassen, zoals rijst, groenten, aardappelen, suikerbieten en fruitsoorten zoals steenvruchten en bessen. Thioclopride remt nicotinerge acetylcholine receptoren (nAChR) in het centraal zenuwstelsel, waardoor signaaloverdracht in de zenuwen wordt geremd (EFSA, 2014e).

#### *Acute toxiciteit*

De orale LD<sub>50</sub> voor thioclopride in ratten is 621-836 mg/kg lg in mannelijke ratten en 396-444 mg/kg lg in vrouwelijke ratten (EC, 2004).

#### *Subchronische en chronische toxiciteit*

In zowel kortdurende als langdurige studies zijn de belangrijkste doelorganen voor toxiciteit van thioclopride de lever en de schildklier. In de lever werden histopathologische veranderingen en inductie van leverenzymen. In de schildklier zijn effecten op hormonen en histopathologische veranderingen gerapporteerd. Daarnaast is voor chronische toxiciteit ook het zenuwstelsel geïdentificeerd als doelorgaan, gebaseerd op degeneratie. De laagste relevante NOAEL was 100 ppm (7,3 mg/kg lg/dag) voor mannelijke ratten in een 90-dagenstudie. De laagste chronische NOAEL was 25 ppm (1,23 mg/kg lg/dag) gevonden in een 2-jaarstudie in ratten (EC, 2004).

### *Overige effecten*

Thiaclopride is niet genotoxisch maar is wel gerelateerd aan gezwellen in schildklier, baarmoeder en eierstokken in muizen en ratten. In een studie naar ontwikkelingstoxiciteit in konijnen zijn verminderd gewicht van de foetus, verhoogde resorptie en effecten op het skelet waargenomen bij doseringen die ook maternale toxiciteit veroorzaken. De NOAEL voor ontwikkelingstoxiciteit was 10 mg/kg lg/dag, de NOAEL voor maternale toxiciteit was 2 mg/kg lg/dag. In een studie naar reprotoxiciteit in ratten was de NOAEL 50 ppm (2,7 mg/kg lg/dag), gebaseerd op verminderd gewicht van de pups, verminderde levensvatbaarheid en obstructie tijdens de bevalling (EC, 2004).

### *Toxicologische grenswaarden*

De Europese Commissie heeft een ADI vastgesteld van 0,01 mg/kg lg/dag, gebaseerd op de 2-jaarstudie in ratten en een veiligheidsfactor van 100. De Europese Commissie heeft een ARfD vastgesteld van 0,03 mg/kg lg, gebaseerd op acute neurotoxiciteit in ratten en een veiligheidsfactor van 100 (EC, 2004).

### *Blootstelling*

In Nederland worden residuen van thiaclopride op aardappel gemeten in de MRM. Aangezien er geen residuen van thiaclopride in KAP zijn geregistreerd, geeft dit aan dat residuen van thiaclopride op aardappel onder de LOQ zijn, en dat blootstelling aan thiaclopride via de consumptie van aardappel verwaarloosbaar is. Dit wordt bekrachtigd door de resultaten in de jaarlijkse EU rapporten residuen van pesticiden in voedsel: in 2011 is thiaclopride gemeten op aardappelen, maar er zijn geen monsters gevonden boven LOQ. In 2013 en 2014 zijn er in de categorie 'all plant products' monsters gevonden boven LOQ, maar er is niet gerapporteerd op welke gewassen thiaclopride werd gevonden.

## 3.4.4 Acrylamide

Acrylamide is een wateroplosbare organische stof die gevormd wordt tijdens het op hoge temperatuur bereiden (frituren, bakken, roosteren) van zetmeelrijke gewassen, zoals aardappelen. Acrylamide wordt voornamelijk gevormd uit suikers en aminozuren (vooral asparagine) tijdens de Maillardreactie (EFSA, 2015c, 2015e).

### *Acute toxiciteit*

Orale LD<sub>50</sub>-waarden voor acrylamide zijn gerapporteerd voor diverse knaagdieren en staan vermeld in Tabel 21 (EFSA, 2015e).

**Tabel 21** *Orale LD<sub>50</sub>-waarden voor acrylamide voor diverse knaagdieren.*

Diersoort	Orale LD <sub>50</sub>
Rat	> 150 mg/kg
Muis	107 mg/kg
Konijn en Cavia	150-180 mg/kg

### *Subchronische en chronische toxiciteit*

Het meest gevoelige eindpunt dat niet is gerelateerd aan carcinogeniteit, is een verandering in de morfologie van zenuwen die gevonden werd in ratten met behulp van elektronenmicroscopie. De NOAEL voor dit eindpunt was 0,2 mg/kg lg/dag (JECFA Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, 2011b).

### *Overige effecten*

Acrylamide en de metabool glycidamide worden beschouwd als genotoxisch en carcinogeen (EFSA, 2015e; JECFA Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, 2011a).

Daarnaast wordt acrylamide gezien als neurotoxisch en heeft het een negatief effect op voortplanting (vooral in mannen) en ontwikkeling. De NOAEL voor effecten op de mannelijke voortplanting is 2 mg/kg lg/dag en de NOEAL voor effecten op de ontwikkeling is 1 mg/kg lg/dag (EFSA, 2015e).

### Toxicologische grenswaarden

Omdat acrylamide genotoxisch is, kan geen TDI worden afgeleid. EFSA heeft een BMDL<sub>10</sub> (Bench Mark Dose Level) van 0,17 mg/kg lg/dag afgeleid voor neoplastische effecten en een BMDL<sub>10</sub> van 0,43 mg/kg lg/dag voor perifere neuropathie. Voor stoffen die zowel genotoxisch als carcinogeen zijn, heeft EFSA geconcludeerd dat er bij een MOE van 10.000 of hoger geen reden tot bezorgdheid voor de volksgezondheid is (EFSA, 2015c, 2015e).

In 2011 heeft JECFA geconcludeerd dat de belangrijkste effecten van acrylamide de genotoxiciteit en carcinogeniteit zijn. JECFA heeft een BMDL<sub>10</sub> van 0,18 mg/kg lg/dag afgeleid voor tumoren in de Klier van Harder bij mannelijke muizen, en een BMDL<sub>10</sub> van 0,31 mg/kg lg/dag voor borsttumoren bij vrouwelijke ratten (JECFA Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, 2011a).

### Blootstelling

De meest recente innameberekeningen voor acrylamide in Nederland zijn in 2009 en in 2014 gepubliceerd. In deze berekeningen zijn acrylamideconcentraties gemeten in 2006 en 2007 gecombineerd met voedselconsumptiegegevens van jonge kinderen (2-6 jaar) (Boon et al., 2009) en van personen in de leeftijd van 7 tot 15 jaar en van 16 tot 69 jaar (Geraets et al., 2014). Deze populaties zijn gekozen omdat hiervoor aparte voedselconsumptiegegevens beschikbaar waren. De concentratiegegevens waren afkomstig van de NVWA.

In jonge kinderen was de mediane (P50) lange-termijninname gelijk aan 0,7 µg/kg lg/dag en de hoge inname (P95) aan 1,2 µg/kg lg/dag. Dit komt respectievelijk overeen met een margin of exposure (MOE) van 242 (P50) en 141 (P95) in vergelijking met de BMDL<sub>10</sub> voor neoplastische effecten. De mediane en hoge lange-termijninname voor 7-15 jarigen waren respectievelijk 0,6 en 1,4 µg/kg lg/dag en 0,3 en 0,9 µg/kg lg/dag voor 16-69 jarigen. In vergelijking met de BMDL<sub>10</sub> voor neoplastische effecten komt dit respectievelijk neer op een MOE van 283 (P50) en 121 (P95) voor kinderen van 7-15 jaar en een MOE van 566 (P50) en 189 (P95) voor volwassenen. Deze MOE's zijn veel lager dan de gewenste MOE van 10.000; er is dus reden voor bezorgdheid voor de volksgezondheid.

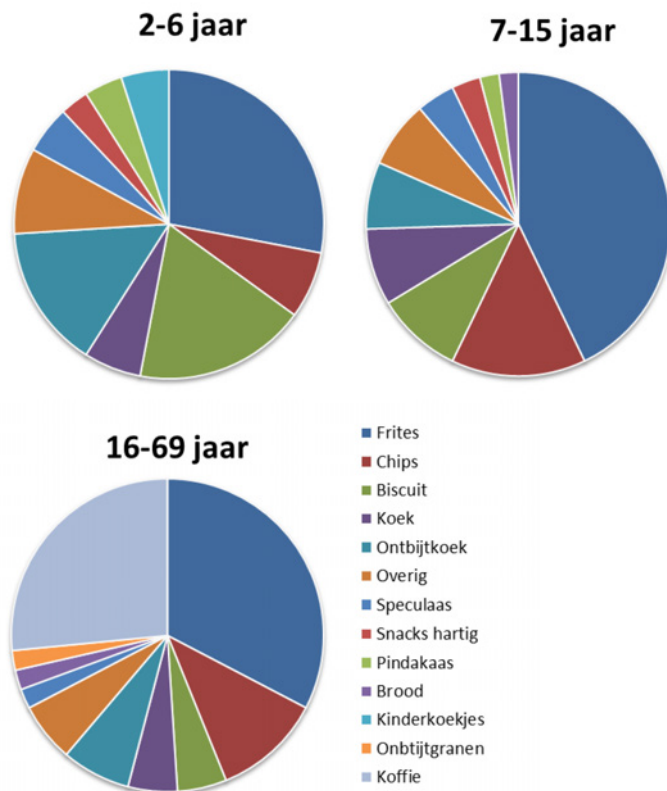
Volgens deze innameberekeningen droeg de consumptie van friet en van chips het meeste bij aan de totale acrylamide-inname: 35% in jonge kinderen, 56% in kinderen en 43% in volwassenen (zie ook Figuur 5). Samen met de gegevens over de acrylamide-inname via het gehele dieet (met onder andere koekjes, brood en koffie) kunnen deze percentages worden gebruikt om de inname van acrylamide via de consumptie van aardappel geconsumeerd als friet en chips te schatten (Tabel 22). Deze innameschattingen zijn gebaseerd op de aanname dat monsters met een acrylamideconcentratie onder de rapportagelimiet, een acrylamidegehalte hebben gelijk aan de helft van deze limietwaarde (het zogenaamde medium-bound scenario).

**Tabel 22** Berekende innames acrylamide via aardappel

Populatiegroep	Mediaan (P50) µg/kg lg/dag	Hoge consumptie (P95) µg/kg lg/dag
Jonge kinderen (2-6 jaar)	0,25	0,42
Kinderen (7-15 jaar)	0,34	0,78
Volwassenen (16-69 jaar)	0,13	0,39

Opgemerkt dient te worden dat de geschatte bijdrage van friet en chips aan de acrylamide-inname via het gehele dieet is gebaseerd op de totale innameverdeling. In de staarten van deze verdeling kan de bijdrage van deze producten aan de totale blootstelling anders zijn. De bijdrage in de hoogste innamegroep is echter niet gerapporteerd, waardoor een schatting van de bijdrage van friet en chips op het niveau van de hoge inname (P95) niet mogelijk is.





**Figuur 5** Bijdrage van diverse voedselgroepen aan de totale inname van acrylamide in de leeftijdscategorieën 2-6 jaar, 7-15 jaar en 15-69 jaar.

De blootstellingsschatting voor acrylamide zoals gerapporteerd in de twee Nederlandse studies was gebaseerd op acrylamideconcentraties geanalyseerd in 2006 en 2007. Door maatregelen om de acrylamideconcentraties in levensmiddelen terug te dringen die genomen zijn sinds de ontdekking van acrylamide in 2002, zou de blootstelling kunnen zijn afgenomen. In 2015 heeft EFSA een blootstellingsschatting voor acrylamide in Europa uitgevoerd die was gebaseerd op acrylamideconcentraties gevonden sinds 2010. De data waren afkomstig van 24 Europese landen en zes brancheverenigingen en zijn gebruikt om de blootstelling aan acrylamide in verschillende Europese landen, waaronder Nederland, te schatten. De totale blootstelling geschat door EFSA was iets hoger dan de blootstellingsschatting gerapporteerd in de Nederlandse studies gebaseerd op de acrylamideconcentraties uit 2006 en 2007. De door EFSA gerapporteerde data geven de bijdrage van aardappel aan totale acrylamideconcentraties alleen weer voor Europa, en zijn daarom niet geschikt om de Nederlandse blootstelling via aardappel te schatten. De onderliggende acrylamideconcentraties in friet en chips gebruikt door EFSA waren vergelijkbaar met die gebruikt in de Nederlandse studies: 308 vs. 373 µg/kg respectievelijk. De concentraties in brood waren een factor 10 hoger in de studie van EFSA (42 vs. 4 µg/kg), terwijl de concentratie in koffie vergelijkbaar was (26 vs. 21 µg/kg). EFSA gebruikt daarnaast een conservatievere benadering om de chronische blootstelling aan acrylamide via de voeding te schatten dan was gedaan in de Nederlandse studies. Een van de verschillen met de EFSA berekening is dat EFSA niet corrigeert voor binnen-persoonsvariatie, waardoor de hoge innames worden overschat. Dit kan ook hebben bijgedragen aan de hogere schatting van de blootstelling gerapporteerd door EFSA.

### 3.5 Beheers/voorzorgsmaatregelen

Aardappeltelers zijn zelf verantwoordelijk voor de verwijdering van groene knollen, vreemde bestanddelen (fysische gevaren) en het transporteren in schone trailers naar de verwerkende industrie. Naast Nederlandse en Europese wetgeving zijn er op verschillende plekken in de keten

---

(visuele) inspecties die uitgevoerd worden door de branche zelf, of de overheid. Hieronder worden de regelgeving en beheersmaatregelen kort besproken.

#### *Regelgeving rondom de teelt aardappelen*

In Nederland geldt strenge regelgeving (Zaaizaad- en Plantgoedwet (ZPW) 2005) voor de aardappelteelt van pootgoed. In opdracht van het ministerie van Economische Zaken voert de Nederlandse Algemene Keuringsdienst voor zaaigoed en pootgoed van landbouwgewassen (NAK) keuringen uit als controle van deze wetgeving. Alleen teeltmateriaal van rassen die in het Nederlands Rassenregister zijn ingeschreven mag in de handel worden gebracht (Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden, 2005). Bij de teelt van aardappelen dient de teler te voldoen aan het Besluit gebruik meststoffen en de Regeling gewasbeschermingsmiddelen en biociden (Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden, 2017a; Wet Gewasbeschermingsmiddelen en Biociden, 2017).

De NAK voert (wettelijke) keuringen uit op basis van de ZPW 2005 en de Regeling Verhandeling Teeltmateriaal (2015). Iedereen die zaaizaad en/of pootgoed teelt en bewerkt moet bij de NAK zijn aangesloten. Tevens mag in Nederland alleen gecertificeerd pootgoed gebruikt en verhandeld worden. Deze NAK-keuringen zijn gericht op de fysiologische gesteldheid van de aardappel, voornamelijk op het voorkomen van aardappelziekten. Voordat een partij pootgoed afgeleverd wordt, vindt er een visuele inspectie, op onder andere knolziekten, gebreken, gewicht en maatsortering, plaats. Na goedkeuring van de keurmeester wordt de partij vrijgegeven.

#### *Verwerkende Industrie*

Telers van "verwerkingsaardappelen" kunnen het "Voedselveiligheid certificaat aardappelen verwerkende industrie" (VVA-certificaat) verkrijgen via de Vereniging voor de Aardappelverwerkende Industrie (VAVI, 2016). Alle stappen in het aardappelteelt-, oogst, transport- en bewaringsproces worden gecontroleerd op de voorwaarden voor een optimale voedselveiligheid. De jaarlijkse, fysieke controle door de sector stelt vast of de noodzakelijke preventieve beheersmaatregelen zijn genomen en of registraties van gebruikte gewasbeschermingsmiddelen, meststoffen en kiemremmingsmiddelen accuraat zijn. Ter ondersteuning worden monsters van aardappelen geanalyseerd op mogelijke aanwezigheid van residuen (VAVI, 2016). Om de verwerkende industrie van aardappelen te voorzien, is het VVA-certificaat noodzakelijk. Bij verkoop aan de retailsector is het GlobalG.A.P.-certificaat ook essentieel (Smit et al., 2008). Het VVA-certificaat beperkt zich tot de verwerking op de aardappelboerderij, exclusief het transport van de aardappelen (VAVI, 2016).

#### *GlobalG.A.P.*

GlobalG.A.P. (Good Agricultural Practice) beschrijft de richtlijnen op het gebied van voedselveiligheid, duurzaamheid en kwaliteit van agrarische producten. De GlobalG.A.P.-richtlijnen omvatten zowel verplichtingen als aanbevelingen. Telers dienen zich te houden aan de wettelijke eisen van hun land voor onder andere het gebruik van mest en gewasbeschermingsmiddelen. De telers die exporteren moeten daarnaast voldoen aan de eventueel additionele wettelijke residurestricties van de exportmarkten. De controle wordt uitgevoerd door een onafhankelijke door GlobalGap goedgekeurde organisatie (GlobalG.A.P., 2016). In Nederland houden twee commissies zich bezig met GlobalGap: Platform GlobalGap en Harmonisatie overleg GlobalGap.

#### *HACCP-eisen*

HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) is een risico-inventarisatie door organisaties en bedrijven die zich bezighouden met de bereiding, verwerking, behandeling, verpakking, vervoer en distributie van levensmiddelen. Het in Nederland ontwikkelde HACCP-certificatieschema "Eisen voor een op HACCP gebaseerd voedselveiligheidssysteem" wordt sinds 1996 gehanteerd in de voedselverwerkende industrie voor het produceren van veilig voedsel. De horeca heeft een Hygiëncode opgesteld waarin alle regels opgenomen zijn die opgevolgd moeten worden om een voedselveilig product te leveren en te voldoen aan de wetgeving. Een van de eisen betreft het verminderen van de vorming van acrylamide. De norm (eis) voor de temperatuur van frituurolie voor de bereiding van gefrituurde aardappelproducten is maximaal 175°C.

---

#### *GMP+*

Good Manufacturing Practices (GMP) geeft de voorwaarden voor een goede wijze van produceren. De + staat daarbij voor de integratie van HACCP-eisen. Deze voorwaarden hebben betrekking op opslag, transport, personeel, procedures, documentatie en productieprocessen. Er is een aantal technische stoffen toegestaan tijdens de be- en verwerking van aardappelen. Bij gebruik van hulpstoffen dient op basis van een gevarenanalyse aangetoond te worden dat de onbedoelde, maar technisch onvermijdbare aanwezigheid van residuen van deze hulpstoffen of hun derivaten in het eindproduct, geen gevaar vormen voor de humane gezondheid. Hierbij moet rekening gehouden worden met eventuele overdosering van de hulpstoffen en de aanwezigheid van contaminanten in de toegepaste technische hulpstoffen (GMP + International, 2013).

#### *Wetgeving rondom GGO*

Alleen onder proefomstandigheden mogen GGO-aardappelen geteeld worden. De Regeling Teelt stelt dat de teler van GGO-gewassen tenminste een afstand van 3 meter ten aanzien van niet-GGO telers en 10 meter ten aanzien van GGO-vrije telers in acht moet nemen. De telers dienen zelf maatregelen te nemen om de producten van GGO-gewassen en niet GGO-gewassen tijdens teelt, bewerking, verwerking, transport en opslag strikt te scheiden.

#### *Sorteermachines*

Aardappelen kunnen worden gesorteerd met behulp van optische sorteermachines, die de aardappelen scheiden op verkleuring (groen), of op basis van chemische structuur (glazige aardappelen, of met suikerpunten). Hiermee kan voorkomen worden dat aardappelen met een hoog glycoalkaloïdgehalte of aardappelen met een hogere kans op acrylamidevorming verwerkt worden tot aardappelproducten. Deze machines kunnen ook fysische verontreinigingen, zoals stenen, scheiden van de aardappelen (Concept Engineers, 2017).

## 3.6 Trends in de aardappelketen

Hieronder zijn de te verwachten ontwikkelingen in de aardappelketen tot 2025 beschreven. De trends zijn onderverdeeld in diverse subcategorieën.

#### *Globalisering, internationale ontwikkelingen.*

De consumptie van en de vraag naar aardappelproducten (o.a. frites) neemt toe, met name ook in Azië en Zuid-Amerika. Dit hangt samen met de verbetering van de levensstandaard en de opkomst en groei van fastfoodketens in deze regio's. Deze toenemende vraag leidt tot meer export van ingevroren aardappelproducten, en meer vraag naar pootgoed voor lokale teelt en verwerking (van Rijswick and Ausma, 2016). Het volume in de aardappelverwerkende industrie neemt hierdoor verder toe. De industrie (frozen) in Noordwest Europa (met name Nederland en België) anticipeert de komende jaren op toenemende export via uitbreiding en vervanging van hun bestaande productiecapaciteit. Niet alle productielijnen worden meteen volledig benut, maar deze ontwikkeling leidt op termijn tot een grotere grondstofbehoefte. De industrie dekt een groot deel van haar grondstofbehoefte in via contracten (Janssens et al., 2012). Contractteelt neemt verder toe met nieuwe contractvormen, waarbij naast de huidige éénjarige ook meerjarige contracten tussen verwerker en teler worden vastgelegd. In deze contracten worden meerjarige hoeveelhedsafspraken gecombineerd met jaarlijkse prijsafspraken inclusief de mogelijkheid voor het afdekken van prijsrisico's. De internationalisering en toename van de handelsstromen kunnen ook leiden tot import uit landen met minder strenge controles. Nederland loopt vaak voorop bij het niveau van controle en regelgeving, maar lagere prijzen kunnen tot extra handel leiden.

#### *Veredeling*

De ontwikkeling van nieuwe rassen is een continu proces. Zo kunnen de opbrengsten per hectare verhoogd worden, nieuwe resistenties worden ingebracht, de verwerkingsefficiëntie verbeterd worden of aardappelen geschikt gemaakt worden voor andere omstandigheden en markten. Een van de trends hierbij is dat aardappelen geschikt gemaakt worden voor teelt op verzilte grond. Dit leidt echter tot de vraag of chemische stoffen in de bodem makkelijker in deze aardappelen opgenomen zullen worden.

---

Bekend is dat de opname van cadmium uit de bodem toeneemt in aardappelen bij een verhoogde Chloorconcentratie (McLaughlin 1994, persoonlijke communicatie Paul Römken, Alterra).

De Europese Commissie heeft in maart 2017 een tijdelijk experiment georganiseerd om de productie van pootgoed geproduceerd uit zaailingen uit aardappelzaad te beoordelen ((EU) 2017/547). Er wordt niet verwacht dat dit leidt tot veranderingen in de chemische gevaren in de aardappel. Onbekend is of de kruisingen zullen leiden tot een verandering in de aanwezigheid van planttoxines.

#### *Genetische modificatie (GGO)*

Het aantal hobbykwekers neemt af, en de aanwas van nieuwe kwekers is beperkt. Er is een toenemende behoefte aan de wettelijke toelating van beschikbare, maar kostbare, moderne veredelings technieken die ook bijdragen aan veredeling (o.a. CRISPR-CAS, cisgenese) (Visser, 2017). Veredeling van een nieuw aardappelras kan sneller en efficiënter dan op de traditionele manier door gebruik te maken van deze technieken. Andere mogelijkheden om het aantal generaties te reduceren zijn miniknollen en aardappelzaad. De verdere ontwikkeling van resistente rassen draagt onder andere bij aan een vermindering van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen. Het onderzoek naar de ontwikkeling van nieuwe resistente rassen richt zich met name op antagonisten en nieuwe genetische technieken en is gericht op concrete vragen vanuit de markt. De productie van GGO-aardappelen voor consumptie is op dit moment in Nederland en de EU niet toegestaan. Door strenge beheersmaatregelen wordt bij proeven met GGO-aardappelen voorkomen dat contaminatie middels uitkruising, opslagplanten of vermenging plaatsvindt. Echter, GGO-aardappelen zijn in landen buiten Europa volop in ontwikkeling en de verwachting is dat deze ontwikkeling op den duur in Europa zal volgen. De meeste toepassingen betreffen aardappelen die resistent zijn tegen diverse pathogenen waaronder phytophthora. Daarnaast zijn aardappelen met modificaties die leiden tot onder andere een verlaging van het gehalte reducerende suikers in opkomst.

#### *Consumententrends*

Jaarlijks daalt de consumptie van tafelaardappelen in Nederland met circa 2-3% (het areaal tafelaardappel daalt met 1-2%), terwijl de consumptie van zogenoemde gemakproducten met aardappel (ready-to-eat) stijgt, met name aardappelen in schil, krieltjes, kleinere verpakkingen, meer speciale producten met toegevoegde waarde (Engwerda, 2017). Residuen van gewasbeschermingsmiddelen zitten op de schil, wat kan leiden tot mogelijk verhoogde inname van residuen. Monitoring van de schil is daarom belangrijk om dit risico te beheersen. Voorgebakken producten hebben een lager risico op de vorming van acrylamide, de fabrikant heeft meer grip op de vorming van acrylamide dan de consument. De horeca bereidt echter steeds meer frites op basis van verse aardappelen, wat leidt tot een verschuiving van de bereiding van frites van de fabriek naar de snackbar en restaurants. De vraag is of er in de horeca dezelfde aandacht is voor het voorkómen van acrylamidevorming als in de fabrieken. Voor de horeca bestaat er een hygiëncode waar voorkoming van acrylamidevorming in opgenomen is, echter de controle op acrylamidevorming is afwezig. Het thuisgebruik van friteuses neemt af en maakt plaats voor nieuwe technieken zoals airfryers. Twee recente studies laten zien dat de hoeveelheid acrylamide die gevormd wordt in airfryers vergelijkbaar is met frituren in vet (Giovanelli et al., 2017; Santos et al., 2017). De consument stelt steeds hogere eisen op het gebied van duurzaamheid, gezondheid, en veiligheid van producten. De schakels hoger in de keten (supermarkten, fastfoodketens) zullen hierop inspelen en de komende jaren strengere afnemerseisen stellen.

#### *Nieuwe proces- en conserveringstechnieken*

Aardappelen bevatten circa twee procent eiwit; dit eiwit wordt uit de reststroom van de zetmeelproductie gehaald. Aardappeleiwit wordt steeds meer gebruikt in voedselproducten voor consumenten die vegetarisch, koosjer of halal willen eten. Daarnaast wordt het gebruikt in gluten-, of lactosevrije producten. De functionele eiwitten (merknaam Solanic) worden toegepast om de voedingswaarde van bijvoorbeeld sportdranken te verhogen, of voor structuurverbetering van ijs. De toenemende valorisatie van de inhoudstoffen van aardappelen, zoals bijvoorbeeld plantaardige eiwitten uit zetmeelaardappelen, leidt mogelijk tot voedselveiligheidsvraagstukken voor nieuwe producten afkomstig van deze nieuwe processen (AVEBE, 2016).

---

### *Verandering in middelengebruik*

Vermindering van gebruik en verandering in de aard van gewasbeschermingsmiddelen in de teelt wordt gestimuleerd o.a. omdat vaak spuiten de teler geld kost. Dit stimuleert ook toepassing van nieuwe technieken zoals lagere doseringen, smart farming en plaatsgewijze behandeling.

Er zijn nieuwe kiemremmers in opkomst die gebruik maken van natuurlijke stoffen zoals ethyleen, dat vrijkomt bij de rijping van bananen, of olie uit karwijzaad. In België zijn sinds kort muntolie en ethyleen beschikbaar, die geen residu op de knollen achterlaten. Aan deze middelen, muntolie en ethyleen, zijn ook nadelen verbonden. Zo hebben ze een hogere kostprijs, zijn ze pas effectief bij hogere temperaturen (vanaf 7 graden) en hebben ze een kortere nawerking (leidend tot een kortere houdbaarheid van tafelaardappelen). Daarnaast heeft ethyleen een negatieve invloed op de bakkleur (Janssens and Smit, 2016). Andere middelen zoals karwijolie, kruidnagelolie, 1-methylcyclopreen, 1,4-dimethylnaphtalene en 3-decen-2-one hebben ook een natuurlijke oorsprong, zijn residuloos en kunnen via verneveling worden toegepast. Over de invloed op de aardappel en het proces is nog geen informatie beschikbaar (Janssens and Smit, 2016).

### *Betere controles*

Er is meer aandacht voor residu- en kwaliteitscontroles in de keten, wat het uiteindelijke product veiliger maakt. Het aantal hobbykwekers neemt af, en de aanwas van nieuwe kwekers is beperkt. De overgebleven telers hebben meer hectares aardappelen per teler. Mogelijk leidt dit tot minder aandacht voor de steeds strengere voedselveiligheidseisen. Echter, grotere telers hebben ook mogelijk meer geld beschikbaar om aan de strengere (consument)eisen te voldoen.

### *Precisielandbouw*

Er komt steeds meer data beschikbaar over het gewas en de geoogste aardappelen door middel van GPS, drones, systemen voor ziekte- en onkruidherkenning en door het gebruik van camerasystemen op machines en bij inschuurlijnen. Deze technieken leiden tot nauwkeuriger toediening en minder gebruik van gewasbeschermingsmiddelen. Via beeldanalyses en fenotypering zijn hiermee bijvoorbeeld aardappelen van slechtere kwaliteit en groene aardappelen beter te detecteren. Ook is gerichtere bespuiting mogelijk, waardoor minder residuen zullen achterblijven (persoonlijke communicatie workshop).

### *Klimaatverandering*

Klimaatverandering leidt met name tot steeds hogere temperaturen en extremer weer (nat en droog) met steeds grotere uitdagingen met betrekking tot ziektebeheersing van de aardappel. Veel neerslag kan leiden tot overstroming van riolen en rivieren met mogelijke gevaren voor de landbouwgrond, bijvoorbeeld doordat residuen van geneesmiddelen of zaden van ongewenste organismen in de bodem terechtkomen. De steeds wisselende weeromstandigheden beïnvloeden het groeiseizoen en de omvang en kwaliteit van de oogst. In combinatie met de groeiende vraag naar grondstof leidt dit tot een volatielere markt en hogere prijzen. De Rabobank verwacht de komende jaren dan ook een prijsstijging (van Rijswick and Ausma, 2016). In seizoenen met zeer lage opbrengsten zal de industrie haar grondstofbehoefte moeten afdekken met importen uit landen waar men normaliter geen aardappelen koopt, en waar toezicht mogelijk minder goed is georganiseerd dan in Nederland. De verandering van het klimaat zou in de toekomst kunnen leiden tot halfjaarlijkse oogst, maar de verwachting is dat dit niet voor 2025 plaatsvindt.

---

# 4 Conclusie en aanbevelingen

## 4.1 Conclusie

De Nederlandse aardappelketen bestaat uit een drietal verschillende ketens: pootgoed, consumptieaardappelen en zetmeelaardappelen. Echter, de mogelijke gevaren binnen deze drie ketens zijn grotendeels overeenkomstig. Additionele gevaren kunnen optreden indien pootgoed als consumptieaardappel gebruikt wordt. Zo is er bijvoorbeeld een aantal gewasbeschermingsmiddelen dat niet toegelaten is voor consumptieteelt en wel voor pootgoed. Hierop ontbreekt dan de controle.

Per stap in de keten, d.w.z. teelt, opslag/transport/bewaring, en verwerking zijn de mogelijke gevaren geïdentificeerd (intermediate list). Hieronder volgt per stap in de keten een korte samenvatting van de chemische gevaren die conform de opdracht van de NVWA in de aardappelketen gevonden werden op basis van de uitgevoerde literatuurstudie, expertworkshop en data-analyse. De KAP-database bevatte een beperkt aantal gegevens voor de stoffen die op de intermediate list voorkwamen. Zo zijn zware metalen alleen in diervoeders gemeten en is niet in KAP vastgelegd welke gewasbeschermingsmiddelen in de multi-methode gemeten worden.

### **Teelt**

Voor cadmium zijn in Europese aardappelen ML-overschrijdingen gerapporteerd. Daarnaast is voor importaardappelen lood en kwik een mogelijk gevaar, indien de aardappelen afkomstig zijn van verontreinigde gebieden. Monitoringsresultaten van PBDE's en PFAS-verbindingen suggereren dat deze stoffen geen gevaar opleveren in aardappelen. In vervuilde bodems kunnen wel hogere concentraties PBDE's en PFAS's voorkomen. Het gebruik van stikstofhoudende meststoffen is bij normaal gebruik (wassen en koken) een verwaarloosbaar gevaar. Voor een aantal gewasbeschermingsmiddelen zijn na gebruik residuen aangetroffen in het consumeerbare deel, ondanks dat deze geen systemische werking bezitten. De MRL's voor sommige stoffen worden incidenteel overschreden, al zijn deze MRL's niet altijd gebaseerd op humane risico's. Biologische aardappelen kunnen koperoxychloride bevatten, wanneer dit overmatig als meststof gebruikt wordt. Ook importaardappelen kunnen koperoxychloride bevatten, omdat dit buiten Nederland wel is toegestaan als gewasbeschermingsmiddel.

Tijdens de opslag en transport kan het gehalte glycoalkaloïden (TGA), zoals solaninen, in en net onder de aardappelschil toenemen en in kiemen ontstaan. Consumptie van deze aardappelen kan mogelijk een risico voor de mens opleveren. Mycotoxines, zoals DON en DAS, kunnen door besmetting met *Fusarium* spp. voorkomen in aardappelen. Echter, er zijn weinig gegevens beschikbaar over het vóórkomen van DON en DAS in aardappelen.

De strikte beheersmaatregelen die genomen moeten worden om het risico op contaminatie via proefvelden te voorkomen, leiden er toe dat GGO-aardappelen op dit moment geen gevaar zijn voor de humane gezondheid.

### **Oogst, bewaring en transport**

Bij juist gebruik van (transport)machines, klimaatbeheersing en desinfectiemiddelen wordt er geen introductie van chemische gevaren verwacht in deze stappen van de keten. Ongeschilde of onvoldoende gewassen aardappelen kunnen mogelijk leiden tot een gevaar bij het gebruik van kiemremmingmiddelen.

### **Verwerking**

Dioxines en PCB's kunnen zeer incidenteel bij de verwerking in aardappelen terechtkomen; echter, in plantaardige producten leidt een correcte verwerking tot een verwaarloosbaar gevaar. Acrylamide ontstaat bij de verwerking van aardappelproducten (verhitting boven 120°C) en de concentratie is afhankelijk van de tijd en temperatuur tijdens verwerking. Specifieke kennis over furan en AGE's ontbreekt, waardoor deze procescontaminanten niet uitgesloten kunnen worden als mogelijke gevaren. Golfballen en glas zijn fysische gevaren die kunnen leiden tot gevaar voor de consument, met name in verwerkte aardappelproducten.

---

Gebaseerd op het literatuuronderzoek, de monitoringsdata, en de expertworkshop is een aantal stoffen geselecteerd, waarvoor het effect op de volksgezondheid verder is onderzocht (intermediate list) en indien mogelijk een blootstellingschatting voor is uitgevoerd. Het betreft de volgende 16 stoffen: cadmium, acrylamide, solanine, en 13 gewasbeschermingsmiddelen (diquat, ethoprofos, fluopicolide, glufosinaat-ammonium, lambda-cyhalothrin, linuron, metribuzin, thiachlopride, lufenuron, chloorpyrifos, fluazifop-p-butyl, fosthiazaat en chloorprofam). Op basis van toxicologische grenswaarden en uitgevoerde (worst-case) blootstellingschatting kan geconcludeerd worden dat chloorprofam, inclusief de metabooliet 3-chloroaniline, en acrylamide tot een potentieel risico in de Nederlandse aardappelketen kan leiden. Indien de toelating van het gewasbeschermingsmiddel fluazifop-p-butyl verlengd wordt, is een mogelijk risico voor baby's (8-20 maanden) niet uit te sluiten. Voor solanine zijn geen limieten vastgesteld. De maximale concentratie in aardappelen die een aantal landen heeft bepaald wordt slechts incidenteel overschreden.

De Nederlandse aardappelteelt kent strenge regelgeving en controles voor de teelt, oogst, transport en bewaring. Voor pootgoed geldt dat de NAK (wettelijke) keuringen uitvoert, waarbij iedereen die zaaizaad en/of pootgoed teelt en bewerkt aangesloten moet zijn. Telers binnen de verwerkende industrie dienen een VVA-certificaat te hebben, waarbij alle stappen in de teelt, oogst, transport en bewaring worden gecontroleerd. Daarnaast eist de retailsector dat telers zich houden aan de Global-G.A.P. richtlijnen. Binnen de hygiëncode voor de HoReCa zijn regels opgenomen die opgevolgd moeten worden om een voedselveilig product te leveren en te voldoen aan de wetgeving. Een van de normen betreft het verminderen van acrylamidevorming (ondanks het ontbreken van een maximumlimiet). Met optische sorteermachines kunnen aardappelen gescheiden worden op verkleuring (groen), of op basis van chemische structuur (glazige aardappelen, of met suikerpunten). Hiermee kan voorkomen worden dat aardappelen met een hoog glycoalkaloïdgehalte of aardappelen met een hoge kans op acrylamidevorming tot aardappelproducten verwerkt worden. Deze machines kunnen ook fysische verontreinigingen, zoals stenen, scheiden van de aardappelen.

In het algemeen kan geconcludeerd worden dat de Nederlandse aardappelketen een strikte controle kent, waardoor er weinig potentiële gevaren voor de consument worden verwacht.

## 4.2 Aanbevelingen

In dit rapport zijn potentiële chemische en fysische gevaren in de aardappelketen beschreven, waarbij voor de meest relevante stoffen de blootstelling is geschat. Op basis van de huidige gegevens wordt monitoring van chloorprofam, inclusief de metabooliet 3-chloroaniline, en acrylamide aanbevolen. Voor een aantal stoffen was te weinig relevante data beschikbaar om een uitspraak te kunnen doen over de mogelijke gevaren via de aardappelketen. Dit betreft mycotoxines (DON en DAS), de planttoxine calystegine, perfluorverbindingen en de procescontaminanten furan en AGE's. Aanbevolen wordt relevante, nieuwe informatie nauwlettend in de gaten te houden en, indien er aanwijzingen voor een potentieel gevaar zijn, alsnog een gezondheidsbeoordeling uit te voeren. EFSA is momenteel bezig met herziene beoordelingen van DAS en DON en perfluorverbindingen.

Trends in de aardappelketen zijn onderzocht op mogelijk opkomende chemische en fysische gevaren. Een van de meest relevante trends in de aardappelketen is dat aardappelen geschikt gemaakt worden voor teelt op verzilte grond door middel van een zoutbad. Een verhoogde Chloorconcentratie in aardappelen kan mogelijk leiden tot verhoogde opname van cadmium uit de bodem. Om potentiële gezondheidsrisico's door cadmiuminname uit te sluiten, wordt geadviseerd deze trend nauwlettend te volgen. Een andere belangrijke trend is dat consumenten vaker verse producten willen, waaronder friet op basis van verse aardappelen. Hierdoor treedt er een verschuiving van de bereiding van friet van de fabriek naar snackbar, restaurants en thuisbakken op. In de fabriek vorgebakken producten hebben een lagere kans op de vorming van acrylamide; de fabrikant heeft meer grip op acrylamidevorming onder andere, doordat vorgebakken friet geblancheerd wordt. Deze trend naar meer thuisbereiding kan dus leiden tot hogere concentraties acrylamide in aardappelproducten. Daarnaast stijgt de consumptie van zogenoemde gemakproducten (ready-to-eat) zoals aardappelen in de schil, wat mogelijk kan leiden tot een verhoogde inname van gewasbeschermingsmiddelen. Monitoring van de aardappel mét schil is daarom belangrijk om dit risico te beheersen. Dit is voor gewasbeschermingsmiddelen al verplicht in EU-wetgeving, maar bijvoorbeeld niet voor cadmium in aardappels.

---

## 5 Dankwoord

De auteurs bedanken de volgende personen en organisaties bedanken voor hun medewerking aan dit rapport: alle experts in de aardappelketen, van primaire productie tot verwerkende industrie en retail, die bijgedragen hebben aan de workshop. Verder willen we graag alle RIKILT-experts bedanken die hebben bijgedragen aan dit rapport: Stefan van Leeuwen, Hans Mol, Monique de Nijs, Theo de Rijk en Martijn van der Lee. Daarnaast bedanken de auteurs de wetenschappelijke experts Anton Haverkort (Wageningen UR PRI) en Maryvon Noordam (RIKILT Wageningen UR) voor het kritisch lezen van (delen van) het rapport. De auteurs bedanken verder Polly Boon en Karin Mahieu (RIVM) voor hun bijdrage aan de risicobeoordeling, en Coen Graven, Marcel Mengelers en Bernadette Ossendorp (RIVM) voor hun kritische blik op dit onderdeel van het rapport. De studie beschreven in het rapport is uitgevoerd in opdracht van de Nederlandse Voedsel en Waren Autoriteit (NVWA), en gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie.



---

# Literatuur

- Agentschap NL. (2013). *Steekproefonderzoek R22 en HFK lekkage koelinstallaties*. KWA bedrijfsadviseurs.
- Andersson, A. Broman, F. Hellström, A. and Österdahl, B. (2010). *The Swedish Monitoring of Pesticide Residues in Food of Plant Origin: 2008 Part I: National Report*. National Food Administration Sweden.
- Avebe. (September 2016). <http://www.avebe.nl/>.
- AVEBE, U. A. (2016). *Jaarverslag 2015/2016*. [www.avebe.nl](http://www.avebe.nl)
- Aviko. (2015). Geen golfballen en glasscherven! In *Aviko News*.  
<http://www.avikopotato.nl/nl/nieuws/nieuws/18-agronomie-berichten/363-geen-golfballen-en-glasscherven>.
- Baltussen, W., Dolman, M., Hoste, R., Janssens, S., Reijs, J. and Smit, A. (2016). *Grondstoffefficiëntie in de zuivel-, varkensvlees-, aardappel- en suikerketen*. LEI Wageningen UR. pp. 86.
- Baltussen, W. H. M., Kornelis, M., van Galen, M. A., Logatcheva, K., van Horne, P. L. M., Smit, A. B., Janssens, S. R. M., de Smet, A., Zelst, N. F., Immink, V. M., Oosterkamp, E. B., Gerbrandy, A., van Bockel, W. B. and Pham, T. M. L. (2014). *Prijzsvorming van voedsel; Ontwikkelingen van prijzen in acht Nederlandse ketens van versproducten*. Wageningen: LEI Wageningen UR.  
Available at: <http://edepot.wur.nl/325776>
- Barceloux, D. G. (2008). Potatoes, Tomatoes, and Solanine Toxicity (*Solanum tuberosum* L., *Solanum lycopersicum* L.). In *Medical Toxicology of Natural Substances: Foods, Fungi, Medicinal Herbs, Toxic Plants, and Venomous Animals* (pp. 77-83). John Wiley & Sons, Inc.
- Beltman, W., Matser, A., Van der Linden, A. and Brand, E. (2014). *Gedrag van chloorprofam en 3-chlooraniline in de bodem; bepaling van adsorptie, omzetting en uitloging met tarragrond van aardappelen*. Alterra Wageningen UR (University & Research centre). Alterra-rapport 2523, pp. 66 p.
- Bergqvist, C. (2011). *Arsenic accumulation in various plant types*. Stockholm University Sweden.
- Berkhout, P., van Asseldonk, M., Benninga, J., Gé, I., Hoste, R. and Smit, B. (2015). *De kracht van het agrocluster. Het belang van de primaire landbouw voor het totale agrocomplex*. Wageningen: LEI Wageningen UR.
- BfR. (2011). Questions and Answers about Furan. Bundesinstitut für Risikobewertung.
- Boerderij. (2016). AH geen verbod koper in bio aardappelen. Available at:  
<http://www.boerderij.nl/Akkerbouw/Nieuws/2016/8/AH-geen-verbod-koper-in-bio-aardappelen-2859766W/>.
- Boon, P. E., Bakker, M. I., van Klaveren, J. D. and van Rossum, C. T. M. (2009). *Risk assessment of the dietary exposure to contaminants and pesticide residues in young children in the Netherlands*. RIVM Bilthoven. Report nr. pp. Available at:
- Boon, P. E., te Biesebeek, J. D., van Leeuwen, S. P. J., Zeilmaker, M. J. and Hoogenboom, L. A. P. (2016). Dietary exposure to polybrominated diphenyl ethers in the Netherlands. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu RIVM.
- Bradshaw, N. and Ogilvy, S. (2006). *Food Standard Agency Pesticide Residue Minimisation Crop Guide Potatoes*. FSA Food Standard Agency. pp. 64 p.
- Buck, R. C., Franklin, J., Berger, U., Conder, J. M., Cousins, I. T., de Voogt, P., Jensen, A. A., Kannan, K., Mabury, S. A. and van Leeuwen, S. P. J. (2011). "Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in the environment: Terminology, classification, and origins", *Integrated Environmental Assessment and Management*, Vol. 7 No. 4, pp. 513-541.
- CBS. (2016a). Aardappel: biologisch en/of in omschakeling. Available at:  
<http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=81517ned&D1=0-127,129,131,176,225-226,228-229,232-233,238,244,264-267,270,273,282,291,304,308,316,325,338,342,349-350,353,361,367,379,397&D2=a&D3=a&HDR=G2,G1&STB=T&VW=T>.
- CBS. (2016b). Akkerbouwgewassen, productie naar regio. Available at:  
<http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=7100oogs&D1=1-3&D2=17-24&D3=0&D4=6,20-22&HDR=G2,G3,T&STB=G1&VW=T>.

- CBS. (2016c). Landbouw; gewassen, dieren en grondgebruik naar regio. Available at: [http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?VW=T&DM=SLNL&PA=80780NED&D1=24-31,90-97&D2=0&D3=0,5,\(I-2\),\(I-1\),I&HD=170224-0859&HDR=G1,G2&STB=T](http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?VW=T&DM=SLNL&PA=80780NED&D1=24-31,90-97&D2=0&D3=0,5,(I-2),(I-1),I&HD=170224-0859&HDR=G1,G2&STB=T).
- CLO. (2014). Wettelijke normen voor het gebruik van meststoffen. Available at: [www.clo.nl](http://www.clo.nl).
- CLO. (2015). Gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in de landbouw per gewas, 1995-2012. Available at: [www.clo.nl](http://www.clo.nl)
- Concept Engineers. (2017). Optische sorteermachines. Available at: <http://www.conceptengineers.nl/>.
- CTGB. (1998). *Carvon (13070N)*. Available at: [https://ctgb.blob.core.windows.net/documents/56490aee8f592d09690b57d82814f3ef\\_19980023\\_13070\\_01.html](https://ctgb.blob.core.windows.net/documents/56490aee8f592d09690b57d82814f3ef_19980023_13070_01.html) (accessed
- CTGB. (2006). *Perazijnzuur/waterstofperoxide (13174N)*. Available at: [https://ctgb.blob.core.windows.net/documents/9347bf448d8d331b384086d93ed63899\\_20160199\\_13174.pdf](https://ctgb.blob.core.windows.net/documents/9347bf448d8d331b384086d93ed63899_20160199_13174.pdf) (accessed
- CTGB. (2007). *natrium-p-tolueensulfonylchloramide (8241N)*. Available at: [https://ctgb.blob.core.windows.net/documents/c2dea862b92d2316a00e309cfbe007f1\\_20161183\\_08241.pdf](https://ctgb.blob.core.windows.net/documents/c2dea862b92d2316a00e309cfbe007f1_20161183_08241.pdf) (accessed
- CTGB. (2014). *natriumhypochloriet (14570N)*. Available at: [https://ctgb.blob.core.windows.net/documents/8b76f485645e9e45def815cd39c0844f\\_20146390\\_14570\\_P.pdf](https://ctgb.blob.core.windows.net/documents/8b76f485645e9e45def815cd39c0844f_20146390_14570_P.pdf) (accessed
- CTGB. (2017a). Chloorpyrifos. Available at: <http://ctgb.nl/toelatingen/toelating?id=13274>.
- CTGB. (2017b). Minerale olie. Available at: <http://ctgb.nl/toelatingen>.
- DAR. (2016). Draft Assessment Report and Proposed decision of the Netherlands prepared in the context of the possible renewal of chlorpropham under Regulation (EC) 1107/2009. Available at: <https://www.efsa.europa.eu/en/consultations/call/160622>
- DAR Draft assessment report Spain. (2013). "Addendum III -B6: Toxicology and metabolism to Draft Assessment Report on chlorpyrifos, prepared by the rapporteur Member State Spain in the framework of Directive 91/414/EEC",
- DAR Spain. (1999). *Draft Assessment Report (DAR) on the active substance chlorpyrifos, prepared by the rapporteur Member State Spain in the framework of Directive 91/414/EEC*.
- de Bont, C. J. A. M., van Gaasbeek, A. F., Jager, J. H. and Tacken, G. M. L. (1997). *Effecten van de STOPA-regeling voor teelt en afzet van pootaardappelen*. Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO).
- de Vries, W., Römkens, P. F. A. M., Bonten, L. T. C., Rietra, R. P. J. J., Ma, W. C. and Faber, J. H. (2008). *De invloed van bodemeigenschappen op kritische gehalten voor zware metalen en organische microverontreinigingen in de bodem*. Alterra Wageningen UR.
- EC. (1997). "FOOD SCIENCE AND TECHNIQUES REPORTS OF THE SCIENTIFIC COMMITTEE FOR FOOD - OPINIONS OF THE SCIENTIFIC COMMITTEE FOR FOOD ON: Nitrates and Nitrite", Vol. 38
- EC. (2001). "Review report for the active substance diquat. Finalised in the Standing Committee on the Food Chain and Animal Health at its meeting on 12 December 2000 in view of the inclusion of diquat in Annex I of Council Directive 91/414/EEC.",
- EC. (2002). "Review report for the active substance linuron. Finalised in the Standing Committee on the Food Chain and Animal Health at its meeting on 3 December 2002 in view of the inclusion of linuron in Annex I of Council Directive 91/414/EEC."
- EC. (2003a). "Review report for the active substance chlorpropham. Finalised in the Standing Committee on the Food Chain and Animal Health at its meeting on 28 November 2003 in view of the inclusion of chlorpropham in Annex I of Council Directive 91/414/EEC."
- EC. (2003b). "Review report for the active substance fosthiazate. Finalised in the Standing Committee on the Food Chain and Animal Health at its meeting on 4 July 2003 in view of the inclusion of fosthiazate in Annex I of Council Directive 91/414/EEC."
- EC. (2004). *Review report for the active substance thiacloprid. Finalised in the Standing Committee on the Food Chain and Animal Health at its meeting on 29 June 2004 in view of the inclusion of thiacloprid in Annex I of Directive 91/414/EEC*.
- EC. (2015). *Summary Report of the Standing Committee on Plants Animals Food and Feed held in Brussels on 23 June 2015 (Section Toxicological Safety of the Food Chain)*. Report nr. pp. Available at:
- EFSA. (2005a). *Conclusion regarding the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance glufosinate*. pp. 1-81.

- 
- EFSA. (2005b). "Note to the initial report of the scientific panel on contaminants in the food chain on provisional findings on furan in food ", *EFSA journal*, Vol. 137, pp. 1-20.
- EFSA. (2006a). *Conclusion regarding the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance ethoprophos*. pp. 1-72.
- EFSA. (2006b). *Conclusions regarding the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance metribuzin*. pp. 1-74.
- EFSA. (2008a). *Conclusions regarding the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance lufenuron*. 1-130.
- EFSA. (2008b). "Nitrate in vegetables Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food chain", *EFSA journal*, Vol. 689, pp. 1-79.
- EFSA. (2009a). "Cadmium in Food Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain", *EFSA journal*, Vol. 980, pp. 1-139.
- EFSA. (2009b). *Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance fluopicolide*. pp. 1-158.
- EFSA. (2011a). "Results of the monitoring of perfluoroalkylated substances in food in the period 2000 - 2009", *EFSA journal*, Vol. 9 No. 2
- EFSA. (2011b). "Review of the existing maximum residue levels (MRLs) for maleic hydrazide according to Article 12 of Regulation (EC) No 396/2005", *EFSA journal*, Vol. 9 No. 10
- EFSA. (2011c). "Scientific Opinion on Hexabromocyclododecanes (HBCDDs) in Food", *EFSA journal*, Vol. 9 No. 7
- EFSA. (2011d). "Scientific Opinion on Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in Food", *EFSA journal*, Vol. 9 No. 5.
- EFSA. (2011e). "Scientific Opinion, statement on tolerable weekly intake for cadmium, EFSA panel on contaminants in the food chain", *EFSA journal*, Vol. 9 No. 2, pp. 19.
- EFSA. (2012a). "Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance fluazifop-P (evaluated variant fluazifop-P-butyl)", *EFSA journal*, Vol. 10 No. 11, pp.
- EFSA. (2012b). "Lead dietary exposure in the European population", *EFSA journal*, Vol. 10 No. 7, pp. 2831-2890.
- EFSA. (2012c). "Modification of the existing MRLs for fluopicolide in radishes, onions, kale and potatoes", *EFSA journal*, Vol. 10 No. 2, pp. 2581.
- EFSA. (2012d). "Review of the existing maximum residue levels (MRLs) for chlorpropham according to Article 12 of Regulation (EC) No 396/2005", *EFSA journal*, Vol. 10 No. 2.
- EFSA. (2012e). "Scientific Opinion on Brominated Flame Retardants (BFRs) in Food: Brominated Phenols and their Derivatives", *EFSA journal*, Vol. 10 No. 4.
- EFSA. (2012f). "Scientific Opinion on Emerging and Novel Brominated Flame Retardants (BFRs) in Food", *EFSA journal*, Vol. 10 No. 10.
- EFSA. (2012g). "Scientific Opinion on Mineral Oil Hydrocarbons in Food", *EFSA journal*, Vol. 10 No. 6, pp.
- EFSA. (2012h). "Update of the monitoring of levels of dioxins and PCBs in food and feed", *EFSA journal*, Vol. 10 No. 7.
- EFSA. (2013a). "Deoxynivalenol in food and feed: occurrence and exposure", *EFSA journal*, Vol. 11 No. 10.
- EFSA. (2013b). "Scientific opinion on the identification of pesticides to be included in cumulative assessment groups on the basis of their toxicological profile.", *EFSA journal*, Vol. 11 No. 7, pp. 131.
- EFSA. (2013c). "Scientific Opinion on Tropane alkaloids in food and feed", *EFSA journal*, Vol. 11 No. 10, pp. 113.
- EFSA. (2014a). "The 2011 European Union report on pesticide residues in food.", *EFSA journal*, Vol. 12 No. 5.
- EFSA. (2014b). "Conclusion on the peer review of the pesticide human health risk assessment of the active substance chlorpyrifos.", *EFSA journal*, Vol. 12 No. 4, pp. 34.
- EFSA. (2014c). "Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance lambda-cyhalothrin.", *EFSA journal*, Vol. 12 No. 5, pp. 170.
- EFSA. (2014d). "Outcome of the consultation with Member States, the applicant and EFSA on the pesticide risk assessment of confirmatory data for the active substance fluopicolide", *EFSA journal*, Vol. EN-626 No.

- EFSA. (2014e). *Reasoned Opinion on the review of the existing maximum residue levels (MRLs) for thiacloprid according to Article 12 of Regulation (EC) No 396/2005*. pp. 3617-3728.
- EFSA. (2014f). "Scientific Opinion on the safety assessment of carvone, considering all sources of exposure", *EFSA journal*, Vol. 12 No. 7.
- EFSA. (2015a). "The 2013 European Union report on pesticide residues in food", *EFSA journal*, Vol. 13 No. 3.
- EFSA. (2015b). "Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance diquat", *EFSA journal*, Vol. 13 No. 11.
- EFSA. (2015c). EFSA explains risk assessment: acrylamide in food. In. [https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/corporate\\_publications/files/acrylamide150604.pdf](https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/corporate_publications/files/acrylamide150604.pdf)
- EFSA. (2015d). "Refined risk assessment regarding certain maximum residue levels (MRLs) of concern for the active substance chlorpyrifos", *EFSA journal*, Vol. 13 No. 6, pp. 41.
- EFSA. (2015e). *Scientific Opinion on acrylamide in food*. EFSA journal: Report nr. pp. 4104-4425.
- EFSA. (2016a). "The 2014 European Union Report on Pesticide Residues in Food", *EFSA journal*, Vol. 14 No. 10.
- EFSA. (2016b). "Assessment of the pesticide active substance carvone (d-/l-carvone at a ratio of at least 100:1) for inclusion in Annex IV of Regulation (EC) No 396/2005", *EFSA journal*, Vol. 14 No. 2.
- EFSA. (2016c). "Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance maleic hydrazide", *EFSA journal*, Vol. 14 No. 6, pp. 4492-4514.
- EFSA. (2016d). *Occurrence of tropane alkaloids in food*.
- EFSA. (2016e). "Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance linuron.", *EFSA journal*, Vol. 14 No. 7, pp. 20.
- EFSA. (2017a). "The 2015 European Union report on pesticide residues in food.", *EFSA journal*, Vol. 15 No. 4.
- EFSA. (2017b). "Review of the existing maximum residue levels for chlorpyrifos according to Article 12 of Regulation (EC) No 396/2005.", *EFSA journal*, Vol. 15 No. 3.
- Ellner, F. (2002). "Mycotoxins in Potato Tubers infected by *Fusarium sambucinum*", *Myxotoxin Research*, Vol. 18 No., pp. 57-61.
- EMA. (2012). *Assessment report on Solanum dulcamara L. stipites*. European Medicines Agency.
- Engwerda, J. (2017). Waardecreatie is van groot belang voor Aviko. *Boederij*
- ESR. (2007). *Scoping risk from natural toxins in New Zealand crop plants*. Institute of Environmental Science & Research Limited for the benefit of New Zealand Food Safety Authority.
- Eurostat Stastics. (2014). Pesticide sales statistics. (Vol. 2016). Available at: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Pesticide\\_sales\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Pesticide_sales_statistics).
- FAOstat. (2017). potato production worldwide. Available at: <http://www.fao.org/faostat/en/#search/potato%20production>.
- Fernandes, A. R., Mortimer, D.Rose, M.Smith, F.Panton, S. and Garcia-Lopez, M. (2016). "Bromine content and brominated flame retardants in food and animal feed from the UK", *Chemosphere*, Vol. 150 No., pp. 472-478.
- FoodDrinkEurope. (2013). *Acrylamide Toolbox* pp. 57.
- Frazier, M. J. and Olsen, N. L. (2015). "The Effects of Chlorpropham Exposure on Field-Grown Potatoes", *American Journal of Potato Research*, Vol. 92 No. 1, pp. 32-37.
- Friedman, M. (2006). "Potato Glycoalkaloids and Metabolites: Roles in the Plant and in the Diet", *Journal of agricultural and food chemistry*, Vol. 54 No., pp. 8655-8681.
- Friedman, M. and Levin, C. E. (2016). Glycoalkaloids and Calystegine Alkaloids in Potatoes. In *Advances in Potato Chemistry and Technology* (pp. 167-194).
- Geraets, L., te Biesebeek, J. D., van Donkersgoed, G., Koopman, N. and Boon, P. E. (2014). *The intake of acrylamide, nitrate and ochratoxin A in people aged 7 to 69 living in the Netherlands*. RIVM Bilthoven.
- Giovanelli, G., Torri, L., Sinelli, N. and Buratti, S. (2017). "Comparative study of physico-chemical and sensory characteristics of French fries prepared from frozen potatoes using different cooking systems", *European Food Research and Technology*, Vol. No., pp. 1-13.
- GlobalG.A.P. (2016). General regulations - Crops rules. In *Version 5.0 - July 2016*. Available at: [http://www.globalgap.org/export/sites/default/.content/.galleries/documents/160630\\_GG\\_GR\\_Crops\\_Rules\\_V5\\_0-2\\_en.pdf](http://www.globalgap.org/export/sites/default/.content/.galleries/documents/160630_GG_GR_Crops_Rules_V5_0-2_en.pdf).

- 
- GMP + International. (2013). *Risicobeoordeling: aardappelverwerkende industrie*. www.gmpplus.org: GMP+ International.
- Gorenjak, A. H., Urih, D., Langerholc, T. and Krisl, J. (2014). "Nitrate Content in Potatoes Cultivated in Contaminated Groundwater Areas", *Journal of Food Research*, Vol. 3 No. 1, pp. 18-27.
- Grob, K. (2005). "Reduction of Exposure to Acrylamide: Achievements, Potential of Optimization, and Problems Encountered from the Perspectives of a Swiss Enforcement Laboratory", *JOURNAL OF AOAC INTERNATIONAL*, Vol. 88 No. 1.
- Haase, N. U. (2010). "Glycoalkaloid Concentration in Potato Tubers Related to Storage and Consumer Offering", *Potato Research*, Vol. 53 No., pp. 297-307.
- Haverkort, A. J. (2016). Overleg Aardappelketen.
- Haverkort, A. J., Boonekamp, P. M., Hutten, R., Jacobsen, E., Lotz, L. A. P., Kessel, G. J. T., Vossen, J. H. and Visser, R. G. F. (2016). "Durable Late Blight Resistance in Potato Through Dynamic Varieties Obtained by Cisgenesis: Scientific and Societal Advances in the DuRPh Project", *Potato Research*, Vol. 59 No. 1, pp. 35-66.
- Hellenäs, K., Fohgelberg, P., Fäger, U., Busk, L., Abramsson Zetterberg, L., Ionescu, C. and Sanner Färnstrand, J. (2013). *Acrylamide in Swedish Food - target sampling 2011-2012*. Swedish National Food Agency.
- Hertzberger, S. (2017). *Stukjes golfbal in diepvriesproducten*. Available at: [http://www.vmt.nl/Nieuws/Golfballen\\_in\\_diepvries-aardappelproducten-170516111441?utm\\_medium=email&utm\\_campaign=Golfballen+in+diepvries-aardappelproducten&utm\\_source=newsletter](http://www.vmt.nl/Nieuws/Golfballen_in_diepvries-aardappelproducten-170516111441?utm_medium=email&utm_campaign=Golfballen+in+diepvries-aardappelproducten&utm_source=newsletter) (accessed 18-05-2017)
- Hoogenboom, R., Traag, W., Fernandes, A. and Rose, M. (2015). "European developments following incidents with dioxins and PCBs in the food and feed chain", *Food Control*, Vol. 50 No., pp. 670-683.
- Hoogenboom, R., Zeilmaker, M., van Eijkeren, J., Kan, K., Mengelers, M., Luykx, D. and Traag, W. (2010). "Kaolinic clay derived PCDD/Fs in the feed chain from a sorting process for potatoes", *Chemosphere*, Vol. 78 No. 2, pp. 99-105.
- Hull, G. L. J., Woodside, J. V., Ames, J. M. and Cuskelly, G. J. (2012). "Nε-(carboxymethyl)lysine content of foods commonly consumed in a Western style diet", *Food Chemistry*, Vol. 131 No. 1, pp. 170-174.
- HZPC Holland B.V. (2015/2016). "Jaarverslag".
- Janssens, S. R. M., Hoste, R., Baltussen, W. H. M. and Bunte, F. H. J. (2012). *Handelsrelaties in de aardappel- en varkenssector; de relatie tussen aanbieder en afnemer*. LEI Wageningen UR.
- Janssens, S. R. M., Netjes, A. and Verdouw, C. N. (2006). *Visie op de aardappelkolom*. Wetenschapswinkel Wageningen UR.
- Janssens, S. R. M. and Smit, A. B. (2016). *Reststromen consumptieaardappelen* LEI Wageningen UR.
- JECFA Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. (1992). Monograph on Solanine and Chaconine in WHO Food Additives Series 30 (monograph 764). Available at: <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v30je19.htm>.
- JECFA Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. (2011a). *Safety evaluation of certain food additives and contaminants Prepared by the Seventy-second meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) WHO Food Additives Series 63; Acrylamide (addendum)*.
- JECFA Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. (2011b). *Safety evaluation of certain food additives and contaminants Prepared by the Seventy-third meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)*.
- JMPR Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues. (2000). *Pesticide residues in food - 2000 Report of the Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment and the WHO Core Assessment Group*. FAO Plant production and protection paper.
- JMPR Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues. (2005). *Pesticide residues in food - 2005. Report of the Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment and the WHO Core Assessment Group*. FAO Plant Production and Protection Paper.
- JMPR Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues. (2009). *Report Fluopicolide* Report nr. pp. Available at:
- Kabata-Pendias A. (2011). *Trace elements in soils and plants* (Vol. 4th edition), CRC Press Taylor & Francis Group.
- Kennisakker. (2017). www.kennisakker.nl

- 
- Lammerts van Bueren, E. and van Loon, J. (2011). *De praktijk van kleine kwekers in de aardappelveredeling in Nederland*. COGEM (Commissie Genetische Modificatie).pp. 48.
- Latus-Zietkiewicz, D., Perkowski, J. and Chelkowski, J. (1995). "Mycotoxins production pathogenicity and toxicity of Fusarium species isolated from potato tubers with dry rot injuries", *Microbiology*, Vol. 13 No., pp. 87-100.
- LIVSFS. (2012). *1 § Livsmedel som anges i bilagan får inte innehålla högre halter av främmande ämnen än de som anges där (gränsvärden)*. Livsmedelsverkets föreskrifter om främmande ämnen i livsmedel: pp. 1-4.
- Mariotti M., C. P., Fromberg A., Bysted A., Pedreschi F., Granby K. (2015). "Heat toxicant contaminant mitigation in potato chips", *LWT - Food Science and Technology*, Vol. 60 No. 2, pp. 860-866.
- Medeiros Vinci, R., Mestdagh, F. and De Meulenaer, B. (2012). "Acrylamide formation in fried potato products – Present and future, a critical review on mitigation strategies", *Food Chemistry*, Vol. 133 No., pp. 1138-1154.
- Mozolewski, W. and Smoczyński, S. (2004). "Effect of Culinary Processes on the Content of Nitrates and Nitrites in Potatoe", *Pakistan Journal of Nutrition*, Vol. 3 No. 6, pp. 357-361.
- Mueller, K. E., Mueller-Spitz, S. R., Henry, H. F., Vonderheide, A.P., Soman, R. S., Kinkle, B.K. and Shann, J. R. (2006). "Fate of Pentabrominated Diphenyl Ethers in Soil: Abiotic Sorption, Plant Uptake, and the Impact of Interspecific Plant Interactions", *Environmental Science and Technology*, Vol. 40 No., pp. 6662-6667.
- Musilova, J., Bystricka, J., Vollmannova, A., Volnova, B. and Hegedusova, A. (2015). "Factors affecting heavy metals accumulation in potato tubers", *ENVIRONMENTAL PROTECTION AND NATURAL RESOURCES*, Vol. 26 No. 3(65), pp. 54-59.
- NAK. (2011). *De keuring van Pootaardappelen*. Stichting Nederlandse Algemene Keuringsdienst voor zaaizaad en pootgoed van landbouwgewassen.
- NAK. (2016). *Informatiegids - Keuring van Zaaizaden en pootgoed 2016*. www.nak.nl Stichting Nederlandse Algemene Keuringsdienst voor zaaizaad en pootgoed van landbouwgewassen.
- NAO. (2014). *Hygiëneprotocol Pootaardappel Contact Commissie Ringrot Versie 2.0* Nederlandse Aardappel Organisatie.
- NAO. (2016). Invoer en export consumptie- en industrieaardappelen in tonnen oogst.
- News Desk. (2017). *Mccain recalls potatoes for golf balls*. Available at: <http://www.foodsafetynews.com/2017/04/mccain-recalls-roundys-harris-teeter-potatoes-for-golf-balls/#.WR08f-vyiUk> (accessed 18-06-2017)
- NIVAP. (2016). [http://www.aardappelpagina.nl/nl/over\\_aardappelen/rassen\\_en\\_kwaliteit/kruisingen](http://www.aardappelpagina.nl/nl/over_aardappelen/rassen_en_kwaliteit/kruisingen).
- Noorlander, C., van Leeuwen, S., te Biesebeek, J., Mengelers, M. J. B. and Zeilmaker, M. J. (2011). "Levels of Perfluorinated Compounds in Food and Dietary Intake of PFOS and PFOA in The Netherlands", *Journal of agricultural and food chemistry*, Vol. 59 No. 13, pp. 7496-7505.
- Norton, G. J., Deacon, C. M., Mestrot, A., Feldmann, J., Jenkins, P., Baskaran, C. and Meharg, A. A. (2015). "Cadmium and lead in vegetable and fruit produce selected from specific regional areas of the UK", *Science of The Total Environment*, Vol. 533 No., pp. 520-527.
- Novidon. (2017). www.novidon.nl.
- NTP. (1998). *Review of toxicological literature on a-chaconine and a-solanine*. National Institute of Environmental Health Sciences.
- NVIC. (2015). *Acute vergiftigingen bij mens en dier - jaaroverzicht 2015*. Nationaal Vergiftigingen Informatie Centrum.
- NVWA. (2005). *Cadmium en lood in landbouwgewassen in de Kempen*.
- NVWA. (2007). *Acrylamide in levensmiddelen op de Nederlandse markt*. NVWA.
- NVWA. (2012). *Individuele analyseresultaten van producten, bemonsterd bij de belangrijkste winkelketens (januari 2011 - december 2012)*.
- NVWA. (2014). *Report of pesticide residue monitoring - results of the Netherlands for 2014*. In.
- NVWA. (2015). *Individuele analyseresultaten van producten, bemonsterd bij de belangrijkste winkelketens (juli 2014 - juni 2015)*.
- Omayio, D. G., Abong, G. O. and Okoth, M. W. (2016). "A Review of Occurrence of Glycoalkaloids in Potato and Potato Products", *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, Vol. 4 No. 3, pp. 195-202.
- Petersson, E., Arif, U., Schulzova, V., Krtková, V., Hajšlová, J., Meijer, J., Andersson, H. C., Jonsson, L. and Sitbon, F. (2013). "Glycoalkaloid and Calystegine Levels in Table Potato Cultivars

- Subjected to Wounding, Light, and Heat Treatments", *Journal of agricultural and food chemistry*, Vol. 61 No. 24, pp. 5893-5902.
- Posnick, R. L. (2007). Acrylamide, furan and the FDA. In Cianci S. (Ed.). *Food Safety Magazine*.
- Raad voor plantenrassen NAKtuinbouw. (2016). *Protocol voor het cultuur- en gebruikswaarde onderzoek van aardappelen*.
- Rabobank Cijfers & Trends. (2016). "Thema-update: Pootaardappelsector augustus 2016", Vol. No., pp.
- Regeling Verhandeling Teeltmateriaal. (2015). <http://wetten.overheid.nl/BWBR0019210/2015-01-01>. In.
- Römkes, P. and Rietra, R. P. J. J. (2011). *Lood in bodem en gewas in volkstuinencomplexen in Leiden - locatiespecifiek onderzoek naar de risico's van bodemverontreiniging*. Wageningen: Alterra Report 2255.
- Rupprecht, J. K. (2006). "Behaviour of fluopicolide in plants", *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer*, Vol. 59 No. 2-3 pp. 261-280.
- Ruprich, J., Rehurkova, I., Boon, P., Svensson, K., Moussavia, S., van der Voet, H., Bosgra, S., van Klaveren, J. D. and Busk, L. (2009). "Probabilistic modelling of exposure doses and implications for health risk characterization: Glycoalkaloids from potatoes.", *Food and Chemical Toxicology*, Vol. 47 No., pp. 2899-2905.
- RVO Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (2016). Rijksdienst voor ondernemend Nederland-mest en grond. Available at: <http://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/mest-en-grond/mest/tabellen-en-publicaties/tabellen-en-normen>.
- Rytel, E., Golubowska, G., Lisinska, G., Pęksa, A. and Aniolowska, K. (2005). "Changes in glycoalkaloid and nitrate contents in potatoes during French fries processing", *Journal of the science of food and agriculture*, Vol. 85 No., pp. 879-882.
- Sakaliene, O., Koskinen, W. C., Blazauskiene, G. and Petroviene, I. (2009). "Level and fate of chlorpropham in potatoes during storage and processing", *J Environ Sci Health B*, Vol. 44 No. 1, pp. 1-6.
- Santamaria, P. (2006). "Review Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EG regulation", *Journal of Science of Food and Agriculture*, Vol. 89 No. 10, pp. 10-17.
- Santos, C. S. P. Cunha, S. C. and Casal, S. (2017). "Deep or air frying? A comparative study with different vegetable oils", *European Journal of Lipid Science and Technology*, Vol. No., pp. 1600375-n/a.
- Scholten, O. and Lammerts van Bueren, E. (2013). "Onderzoeksprogramma Groene Veredeling Bioimpuls 2009-2013: Perspectieven op phytophthora resistente aardappelrassen".
- Seal, C. J., de Mul, A., Eisenbrand, G., Haverkort, A. J., Franke, K., Lalljie, S. P., Mykkanen, H., Reimerdes, E., Scholz, G., Somoza, V., Tuijtelars, S., van Boekel, M., van Klaveren, J., Wilcockson, S. J. and Wilms, L. (2008). "Risk-benefit considerations of mitigation measures on acrylamide content of foods--a case study on potatoes, cereals and coffee", *Br J Nutr*, Vol. 99 Suppl 2 No., pp. S1-s46.
- SKAL. (2017). [www.skal.nl](http://www.skal.nl)
- Slanina, P. (1990). "Solanine (glycoalkaloids) in Potatoes: Toxicological Evaluation", *Food and Chemical Toxicology*, Vol. 28 No. 11, pp. 759-761.
- Smit, A., Driessen, P. and Glasbergen, P. (2008). "Constraints on the Conversion to Sustainable Production: the Case of the Dutch Potato Chain", *Business Strategy and the Environment*, Vol. 17 No., pp. 369-381.
- Sprong, R. C. and Boon, P. E. (2015). *Dietary exposure to cadmium in the Netherlands*. RIVM Bilthoven.
- Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden. (2005). *Zaaizaad- en plantgoedwet*. Available at: <http://wetten.overheid.nl/BWBR0018040/2015-01-01> (accessed
- Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden. (2017a). *Besluit gebruik meststoffen*. Available at: <http://wetten.overheid.nl/BWBR0009066/2017-01-01> (accessed
- Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden. (2017b). *Meststoffenwet*. Available at: <http://wetten.overheid.nl/BWBR0004054/2016-03-01> (accessed
- Stahl, T., Heyn, J., Thiele, H., Huther, J., Failing, K., Georgii, S. and Brunn, H. (2009). "Carryover of perfluorooctanoic acid (PFOA) and perfluorooctane sulfonate (PFOS) from soil to plants", *Arch Environ Contam Toxicol*, Vol. 57 No. 2, pp. 289-298.
- Stichting Kennisontwikkeling Kennisoverdracht Bodem. (2007). *Zware metalen*.
- Stichting TBM. (2017). <http://www.stichtingtbn.nl/>.

- Sukkel, W., van Wijk, K. and Vermeij, I. (2011). *Duurzaamheidsprestaties op het gebied van milieu - Deelstudie van duurzaamheidsprestaties van de Nederlandse biologische landbouw*. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving Wageningen UR. pp. 84.
- Terluin, I., Jager, J. and Jongeneel, R. A. (2014). *Convergentie toeslagen Eerste Pijler GLB in Nederland*. LEI Wageningen UR.
- Tweede kamer der Staten-Generaal. (2016). *Vragen gesteld door de leden der kamer, met de daarop door de regering gegeven antwoorden*
- Uribarri, J., Woodruff, S., Goodman, S., Cai, W., Chen, X., Pyzik, R., Yong, A., Striker, G. E. and Vlassara, H. (2010). "Advanced glycation end products in foods and a practical guide to their reduction in the diet", *J Am Diet Assoc*, Vol. 110 No. 6, pp. 911-916.e912.
- van der Velde-Koerts, T., van Donkersgoed, G., Koopman, N. and Ossendorp, B. C. (2010). *Revision of Dutch dietary risk assessment models for pesticide authorisation purposes*. RIVM Bilthoven.
- van Rijswijk, C. and Ausma, A. (2016). Thema-update: Pootaardappelsector: Grenzen opzoeken. Available at: [https://www.rabobank.nl/images/q559-tu-pootaardappelen\\_29868091.pdf](https://www.rabobank.nl/images/q559-tu-pootaardappelen_29868091.pdf): Rabobank
- van Velzen, A. G., Gorcum, T. F., van Riel, A. J. H. P., Meulenbelt, J. and de Vries, I. (2010). *Acute vergiftigingen bij mens en dier - jaaroverzicht 2009*. Nationaal Vergiftigingen Informatie Centrum.
- VAVI. (2016). *Handboek Voedselveiligheid certificaat aardappelen verwerkende industrie (VVA-certificaat) Teelt en Bewaar-seizoen 2016/2017*.
- VAVI. (2017). [www.vavi.nl](http://www.vavi.nl).
- Visser, A., Leendertse, P., van der Wal, A. and Hoftijser, E. (2016). *Opstellen van een risicolijs van bestrijdingsmiddelen* CLM Onderzoek en Advies.
- Visser, M. (2017). Gaan VS aan de Nederlandse pieper sleutelen? *Dagblad Trouw*.
- Vrkoslavová, J., Demnerová, K., Macková, M., Zemanová, T., Macek, T., Hajšlová, J., Pulkrabová, J., Hrádková, P. and Stiborová, H. (2010). "Absorption and translocation of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) by plants from contaminated sewage sludge", *Chemosphere*, Vol. 81 No. 3, pp. 381-386.
- Wageningen Economic Research. (2017). Agrimatie - informatie over de agrosector. Available at: <http://agrimatie.nl/ThemaResultaat.aspx?subpubID=2424&themaID=3596&sectorID=2417>.
- Warren, G. P., Alloway, B. J., Lepp, N. W., Singh, B., Bochereau, F. J. M. and Penny, C. (2003). "Field trials to assess the uptake of arsenic by vegetables from contaminated soils and soil remediation with iron oxides", *Science of The Total Environment*, Vol. 311 No. 1-3, pp. 19-33.
- Wet Gewasbeschermingsmiddelen en Biociden. (2015). Available at: <http://wetten.overheid.nl/BWBR0021670/2015-06-01>.
- Wet Gewasbeschermingsmiddelen en Biociden. (2017). Wet van 17 februari 2007, houdende regeling voor de toelating, het op de markt brengen en het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en biociden (Wet gewasbeschermingsmiddelen en biociden). Available at: <http://wetten.overheid.nl/BWBR0021670/2015-06-01>.
- WHO. (1992). *Evaluation of certain food additives and naturally occurring toxicants: thirty-nine report of the joint FAO/WHO Expert Committee on Food additives*.
- WHO. (1997). *Food consumption and exposure assessment of chemicals*. World Health Organization.
- Zhou, Y., Lin, Q., Jin, C., Cheng, L., Zheng, X., Dai, M. and Zhang, Y. (2015). "Simultaneous analysis of N(epsilon)-(carboxymethyl)Lysine and N(epsilon)-(carboxyethyl)lysine in foods by ultra-performance liquid chromatography-mass spectrometry with derivatization by 9-fluorenylmethyl chloroformate", *J Food Sci*, Vol. 80 No. 2, pp. C207-217.



---

# Bijlage 1 Afkortingenlijst

3-CA	3-chloroaniline
ADI	Aanvaardbare dagelijkse inname
AGE	Advanced glycation endproducts
ARfD	Acute Reference Dose
ATR	Advance Tax Ruling
AVEBE	Coöperatie Aardappelzetmeel verkoop bureau
BFR	Broomhoudende vlamvertrager
BMDL	Bench Mark Dose Level
CAG	Cummulative Assessment Group
CBS	Centraal Bureau voor de Statistiek
CCA	Comparative cholinesterase assay
CLO	Compendium voor de Leefomgeving
CEL	Nε-carboxyethyl- lysine
CML	Nε-carboxymethyl-lysine
CTGB	College voor de toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden
DAR	Draft Assessment Report
DAS	Diacetoxyscirpenol
DDAC	Didecylmethyl ammonium-chloride
DL-PCB	Dioxine-achtige PBC
DON	Deoxynivalenol
EC	Europese Commissie
EFSA	European Food Safety Authority
EU	Europese Unie
Global-G.A.P.	Global Good Agricultural Practice
GGO	Genetisch Gemodificeerde Organismen
GMP	Good Manufacturing Practice
HACCP	Hazard Analysis and Critical Control Points
HBCDD	Hexabromocyclododecanen
HFK	Fluorkoolwaterstoffen
IARC	International Agency for Research on Cancer
JECFA	Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives
KAP	Kwaliteitsprogramma Agrarische Producten
LD <sub>50</sub>	Lethale Dosis 50%
LEI	Wageningen Economic Research
LOAEL	Lowest observed adverse effect level
LOD	Limit of Analytical Determination
LOQ	Limit of Analytical Quantification
MG	Methylglyoxal
ML	Maximumlimieten
MOE	Margin of exposure
MOL	Methylglyoxal-lysine dimeren
MRL	Maximum Residuegehalten
MRM	Multi residu methode
nAChR	nicotinerge-acetylcholinereceptor
NAK	Nederlandse Algemene Keuringdienst voor zaai- en pootgoed van landbouwgewassen
NAO	Nederlandse AardappelOrganisatie
NDL-PCB	Niet-dioxine-achtige PCB
NESTI	National estimate of short-term intake
NIVAP	Nederlands Instituut voor de Afzetbevordering van Pootaardappelen
NOAEL	No Observed Adverse Effect Level

---

NOEL	No Observed Effect Level
NVIC	Nationaal vergiftigingen informatie centrum
NVWA	Nederlandse Voedsel- en Waren Autoriteit
PBDE	Polybroom diphenylethers
PCB	Polychloorbifenyl
PCDD	Polygechloreerde dibenzo-p-dioxines
PCDF	Dibenzofuranen
PFAS	Perfluoralkylverbindingen
PFOA	Perfluoroktaanzuur
PFOS	Perfluoroktaansulfonzuur
POP	Persistente organische verontreinigen
PPM	Parts per million
PRI	Plant Research Wageningen Universiteit & Research
PTMI	Provisional Tolerable Monthly Intake
PVC	Polyvinylchloride
RASFF	Rapid Alert System for Food and Feed
RMS	Rapporteur Member State
RIVM	RijksInstituut voor Volksgezondheid en Milieu
ROS	Reactive Oxygen Species
RVO	Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
TBM	TeeltBeschermende Maatregelen Zetmeelaardappelen
TCDD	2,3,7,8 tetrachloordibenzo-p-dioxine
TDI	Tolerable Daily Intake
TEF	Toxische equivalentfactoren
TEQ	Toxische equivalenten
TGA	Totale Glycoalkaloïden
TWI	Tolerable Weekly Intake
VAVI	Vereniging AardappelVerwerkende Industrie
VVA	Voedselveiligheid certificaat aardappelen verwerkende industrie
WHO	Wereldgezondheidsorganisatie
ZPW	Zaai- en Plantgoedwet

## Bijlage 2 Handels- en verwerkingsbedrijven

**Tabel A1.1** Handelsbedrijven van pootgoedaardappelen in Nederland (NAO, 2016)

Bedrijf	Provincie
Agrico	Flevoland
Agroplant Holland B.V.	Noord-Holland
Averis Seeds B.V.	Groningen
Aviko Potato B.V.	Flevoland
C. Meijer B.V.	Zeeland
C.Z.A.V.	Zeeland
Caithness Potatoes BV	Flevoland
DANESPO Holland B.V.	Friesland
Den Hartigh B.V.	Flevoland
Europlant Aardappel B.V.	Friesland
Fehax	Zeeland
HZPC Holland B.V.	Friesland
I.P.M. Holland B.V.	Friesland
Interseed Holland B.V.	Flevoland
Koel- en Vrieshuis Medemblik BV	Noord-Holland
KWS POTATO B.V.	Flevoland
Nedato B.V.	Zuid-Holland
PeKa Kroef B.V.	Noord-Brabant
Plantera B.V.	Flevoland
Royal Z.A.P.	Noord-Holland
Schaap Holland	Flevoland
Select Potato B.V.	Zuid-Holland
Selectiebedrijf Kooi B.V.	Friesland
Semagri Holland B.V.	Flevoland
Stet Holland B.V.	Flevoland
The Potato Company B.V.	Flevoland

NAO-approved companies January 2016.

**Tabel A1.2** Verwerkingsbedrijven van pootgoedaardappelen (NAO,2016).

Bedrijf	Provincie
Agro Duiveland B.V.	Zeeland
Agroplant Holland B.V.	Noord-Holland
Akkerbouwbedrijf B.G. Terpstra	Friesland
De Kubbe B.V.	Flevoland
De Marne Loodsen BV	Groningen
De Schutter Service	Flevoland
Fehax	Zeeland
Koelhuis Bergmans B.V.	Friesland
Landbouwbedrijf P.H. Boer	Zuid-Holland
Loonbedrijf J. Dieleman	Zeeland
Schaap Holland	Flevoland
Taco Agro	Limburg
Th. Hof & Zn. B.V.	Overijssel
Van Sambeeck V.O.F.	Noord-Brabant
ZOS Emmeloord	Flevoland
ZOS Stiens	Friesland
ZOS Wehe Den Hoorn	Groningen

NAO-approved companies March 2016.

## Bijlage 3 Herkomstlanden Nederlandse import pootgoed (in ton) (CBS 2017)

Afrika	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Marokko	112	0	0	0	0	0
<b>Totaal Afrika</b>	112	0	0	0	0	0

Europa	2010	2011	2012	2013	2014	2015
België	6.819	3.409	6.489	7.067	13.274	15.115
Bulgarije	0	0	0	0	0	135
Cyprus	0	0	0	377	0	66
Denemarken	11.059	2.908	2.059	5.519	1.895	8.995
Duitsland	5.904	3.187	72.954	10.185	10.309	7.020
Estland	0	0	0	0	0	8
Finland	0	0	302	310	1.172	149
Frankrijk	36.140	45.161	46.253	49.116	50.837	38.180
Griekenland	0	0	0	0	0	30
Hongarije	126	0	0	0	0	48
Ierland	0	0	0	0	0	45
Italië	1.898	506	256	121	0	562
Kroatië	0	0	0	0	0	19
Letland	0	0	0	0	0	58
Litouwen	0	0	0	0	0	28
Luxemburg	0	0	0	0	0	48
Malta	0	0	0	0	0	2
Oostenrijk	204	197	756	33	0	119
Polen	0	0	0	0	0	2.609
Portugal	2.298	0	0	0	0	240
Roemenië	0	0	0	0	0	94
Slovenië	0	0	0	0	0	34
Slowakije	0	0	0	0	0	52
Spanje	46	3.827	388	34	124	3.992
Tsjechië (Republiek)	65	0	0	0	0	129
Verenigd Koninkrijk	11.645	7.599	11.482	3.293	3.930	5.174
Zweden	236	488	130	346	608	813
<b>Totaal Europa</b>	76.663	67.282	141.067	76.400	82.149	83.774

## Bijlage 4    Herkomst Nederlandse import zetmeel (in ton) (CBS 2017)

Europa	2010	2011	2012	2013	2014	2015
België	0	5.044	93	538	1.270	3.406
Bulgarije	0	0	0	0	0	8.222
Cyprus	0	0	0	0	0	25
Denemarken	0	0	0	0	0	101
Duitsland	243.357	143.280	137.648	66.351	32.289	41.955
Estland	0	0	0	0	0	3
Finland	0	0	0	0	0	15
Frankrijk	0	83	0	0	0	1.018
Griekenland	0	0	0	0	0	11
Hongarije	0	0	0	0	0	37
Ierland	0	0	0	0	0	17
Italië	0	0	0	0	0	234
Kroatië	0	0	0	0	0	2
Letland	0	0	0	0	0	4
Litouwen	0	0	0	0	0	5
Luxemburg	0	0	0	0	0	11
Oostenrijk	1	0	0	0	0	52
Polen	0	0	0	0	0	85
Portugal	0	0	0	0	0	49
Roemenië	0	0	0	0	0	15
Slovenië	0	0	0	0	0	7
Slowakije	0	0	0	0	0	8
Spanje	0	1.716	0	0	0	566
Tsjechië (Republiek)	0	0	0	0	0	43
Verenigd Koninkrijk	0	0	0	0	0	506
Zweden	0	0	0	0	0	50
<b>Totaal Europa</b>	<b>243.358</b>	<b>150.124</b>	<b>137.741</b>	<b>66.889</b>	<b>33.559</b>	<b>48.241</b>

## Bijlage 5    Herkomst Nederlandse import verse aardappelen inclusief primeurs (in ton) (CBS 2017)

Europa	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Andorra	0	0	0	0	0	3
Azerbeidzjan	0	0	0	0	0	9
België	487.874	381.128	407.649	366.765	321.197	314.826
Bulgarije	0	0	0	0	0	466
Cyprus	7.016	16.496	6.860	5.587	9.294	2.803
Denemarken	2.808	2.575	5.084	8.677	2.091	6.632
Duitsland	433.260	1.002.912	1.118.440	1.018.084	1.048.008	1.061.546
Estland	0	0	0	0	209	55
Finland	0	0	57	709	0	604
Frankrijk	138.911	139.935	99.801	97.047	82.496	114.921
Griekenland	0	0	0	69	1	183
Hongarije	0	0	0	0	0	382
Ierland	9.464	13.290	67	489	30	3.101
IJsland	0	0	0	0	0	0
Italië	6.516	6.030	4.635	6.785	5.918	5.570
Kroatië	0	0	0	0	0	40
Letland	0	0	0	39	0	192
Litouwen	0	0	0	623	0	172
Luxemburg	0	886	0	0	0	1.693
Malta	3.903	5.839	6.736	9.506	8.801	3.563
Noorwegen	0	0	0	0	1	1
Oostenrijk	22	130	0	0	0	915
Polen	473	0	744	1.028	0	2.431
Portugal	6.607	9.386	8.317	7.526	6.131	7.539
Roemenië	0	0	0	2.978	32	267
Russische Federatie	0	12	0	0	0	2
Servië	23	0	0	8	0	0
Slovenië	0	0	0	297	589	185
Slowakije	0	0	0	0	0	238
Spanje	18.217	17.074	12.443	21.813	17.338	27.585
Tsjechië (Republiek)	0	53	238	0	0	1.026
Turkije	39	0	0	1	0	1
Verenigd Koninkrijk	7.528	23.817	4.402	9.819	7.725	14.407
Zweden	105	16	31	43	0	1.268
Zwitserland	0	0	4	0	0	52
<b>Totaal Europa</b>	<b>1.122.768</b>	<b>1.619.579</b>	<b>1.675.508</b>	<b>1.557.893</b>	<b>1.509.861</b>	<b>1.572.669</b>

Azië	2010	2011	2012	2013	2014	2015
China (Volksrepubliek)	0	0	0	0	0	10
Hongkong	0	0	0	0	0	1
India	0	0	0	0	0	2
Indonesië	0	0	0	0	0	1
Israël	13.348	18.441	20.459	27.815	40.002	28.610
Japan	0	0	0	0	0	3
Korea (Republiek)	0	0	0	0	0	1
Libanon	0	0	0	0	0	6
Maleisië	0	0	0	0	0	1
Taiwan	0	0	0	0	0	2
Thailand	0	0	0	0	0	1
<b>Totaal Azië</b>	<b>13.348</b>	<b>18.441</b>	<b>20.459</b>	<b>27.815</b>	<b>40.002</b>	<b>28.630</b>

Afrika	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Egypte	12.035	7.161	15.012	3.979	3.075	315
Kenia	0	0	0	0	0	1
Marokko	6.192	6.344	9.371	5.613	6.255	4.426
Oeganda	0	0	0	0	1	0
Tunesië	25	0	0	47	0	46
Zuid-Afrika	0	0	0	0	0	1
<b>Totaal</b>	<b>18.253</b>	<b>13.505</b>	<b>24.383</b>	<b>9.639</b>	<b>9.330</b>	<b>4.789</b>

# Bijlage 6 Gewasbeschermingsmiddelen en risicoklasse

Werkzame stof	Toepassing in/op	Aard werking	Indeling Risicoklasse volgens CLM
1,4-DIMETHYLNAPHTALEEN	Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Kiemremmingsmiddel	n.a.
ABAMECTIN	Veredelingsteelt	Insecticide Acaricide	Rood milieu
ACETAMIPRID	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Insecticide	Rood milieu
ACLONIFEN	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Herbicide	Rood humaan
ALUMINIUMFOSFIDE	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Mollenbestrijding	Groen
AMETOCTRADIN / DIMETHOMORF / MANCOZEB	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Fungicide	Groen / Rood milieu / Rood humaan
AMISULBROM	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Fungicide	Oranje
AZADIRACTIN	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Insecticide Acaricide	Groen
AZOXYSTROBIN	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Fungicide	Groen
BACILLUS SUBTILIS STAM QST 713	Veredelingsteelt	Fungicide	Groen
BACILLUS THURINGIENSIS SUBSP. AIZAWAI	Veredelingsteelt	Fungicide Insecticide	Groen
BEAUVERIA BASSIANA ATCC74040	Aardappelen	Insecticide	Groen
BEAUVERIA BASSIANA STAM GHA	Veredelingsteelt	Fungicide	Groen
BENALAXYL-M / MANCOZEB	Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Fungicide	Groen / Rood humaan
BENTAZON	Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Herbicide	Rood milieu
BENTHIAVALICARB- ISOPROPYL / MANCOZEB	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Fungicide	Groen / Rood humaan
BOSCALID / PYRACLOSTROBIN	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Fungicide	Groen / Groen
CARVON / D-KARVON	Pootaardappel	Kiemremmingsmiddel	Groen
CHLOORPROFAM	Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Kiemremmingsmiddel	Groen
CHLOORTHALONIL / CYMOXANIL / METALAXYL-M	Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Fungicide	Groen / Groen / Rood humaan
CHLORANTRANILIPROLE	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Insecticide	Groen
CLETHODIM	Aardappelen	Herbicide	Groen



Werkzame stof	Toepassing in/op	Aard werking	Indeling Risicoklasse volgens CLM
CLOMAZONE	Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Herbicide	Groen
CLOMAZONE / LINURON	Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Herbicide	Groen / Rood humaan
CONIOTHYRIUM MINITANS STAM CON/M/91-8	Aardappelen	Fungicide	Groen
CYAZOFAMIDE	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Fungicide	Oranje
CYCLOXYDIM	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Herbicide	Groen
CYFLUMETOFEN	Veredelingsteelt	Acaricide	Groen
CYMOXANIL	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Fungicide	Groen
CYMOXANIL met: FAMOXADONE / FLUAZINAM / MANCOZEB / MANDIPROPAMID / PROPAMOCARB HYDROCHLORIDE / ZOXAMIDE	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Fungicide	Groen / Rood humaan / Oranje / Rood humaan / Oranje / Rood humaan / Groen / Rood milieu / n.a.
CYPRODINIL / FLUDIOXONIL	Veredelingsteelt	Fungicide	Rood humaan / Rood humaan
DELTAMETHRIN	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Insecticide	Rood milieu
DIFENOCONAZOOL	Aardappelen	Fungicide	Rood humaan
DIFENOCONAZOOL / MANDIPROPAMID	Aardappelen	Fungicide	Rood humaan / Groen
DIMETHENAMIDE-P / PENDIMETHALIN	Veredelingsteelt	Herbicide	Rood milieu / Rood humaan
DIMETHOMORF / FLUAZINAM / MANCOZEB	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Fungicide	Rood / Oranje / Rood humaan
DIQUAT	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Herbicide	Rood humaan
ESFENVALERAAT	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Insecticide	Rood humaan
ETHOPROFOS	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Insecticide	Rood humaan
ETHYLEEN	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Kiemremmingsmiddel	Groen
ETOXAZOOL	Veredelingsteelt	Acaricide	Rood milieu
FENAMIDONE / PROPAMOCARB / PROPAMOCARB HYDROCHLORIDE	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Fungicide	Rood milieu / Rood milieu
FLONICAMID	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Nematicide	Groen
FLUAZIFOP-P-BUTYL	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Herbicide	Groen

Werkzame stof	Toepassing in/op	Aard werking	Indeling Risicoklasse volgens CLM
FLUAZINAM	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Fungicide	Oranje
FLUDIOXONIL	Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Fungicide	Rood humaan
FLUOPICOLIDE / PROPAMOCARB / PROPAMOCARB- HYDROCHLORIDE	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Fungicide	Rood humaan / Rood milieu
FLUOPYRAM	Veredelingsteelt	Fungicide	Oranje
FLUOXASTROBIN / PENCYCURON	Pootaardappel	Fungicide	Groen / Oranje
FLUTOLANIL	Pootaardappel	Fungicide	Oranje
FOSETYL / FOSETYL- ALUMINIUM / PROPAMOCARB	Veredelingsteelt	Fungicide	Oranje / Rood milieu
FOSTHIAZAAT	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Nematicide	Oranje
GLUFOSINAAT-AMMONIUM	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Herbicide	Rood humaan
GLYFOSAAT	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Herbicide	Rood milieu
GROENEMUNTOLIE	Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Kiemremmingsmiddel	Groen
HEXYTHIAZOX	Veredelingsteelt	Acaricide	Groen
IJZER(III)FOSFAAT	Aardappelen	Slakkenbestrijding	n.a.
IMAZALIL	Pootaardappelen	Fungicide	Groen
IMAZALIL / THIABENDAZOOL	Pootaardappelen	Fungicide	Groen / Rood milieu
INDOXACARB	Veredelingsteelt	Insecticide	Oranje
IPRODION	Pootaardappelen	Fungicide	Groen
LAMBDA-CYHALOTHRIN	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Insecticide	Rood humaan
LINURON	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Herbicide	Rood humaan
MALEINEHYDRAZIDE	Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Kiemremmingsmiddel	Groen
MANCOZEB	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Fungicide	Rood humaan
MANCOZEB / METALAXYL-M / ZOXAMIDE	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Fungicide	Rood humaan / Oranje / n.a.
MANDIPROPAMID	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Fungicide	Groen
MANEB	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Fungicide	Rood humaan
MEPANIPYRIM	Veredelingsteelt	Fungicide	Groen
METARHIZIUM ANISOPLIAE STAM F52	Veredelingsteelt	Insecticide Acaricide	Groen
METAZACHLOOR	Veredelingsteelt	Herbicide	Rood humaan
METOBROMURON	Aardappelen	Herbicide	n.a.
METRIBUZIN	Pootaardappel Consumptieaardappel	Herbicide	Rood humaan

Werkzame stof	Toepassing in/op	Aard werking	Indeling Risicoklasse volgens CLM
	Zetmeelaardappel		
METRIBUZIN / PROSULFOCARB	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Herbicide	Rood humaan / Groen
MINERALE OLIE	Pootaardappel	Insecticide	Oranje
OXAMYL	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Nematicide	Rood humaan
PENCYCURON	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Fungicide	Oranje
PENCYCURON / PROTHIOCONAZOOL	Pootaardappel	Fungicide	Oranje / Oranje
PENDIMETHALIN	Consumptieaardappel	Herbicide	Rood humaan
PENFLUFEN	Aardappel	Fungicide	n.a.
PENFLUFEN / PROTHIOCONAZOOL	Aardappel	Fungicide	n.a. / Oranje
PERAZIJNZUUR / WATERSTOFFEROXIDE	Aardappelen	Biocide	n.a.
PIRIMICARB	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Insecticide	Rood humaan
PROPAMOCARB HYDROCHLORIDE	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Fungicide	Rood milieu
PROSULFOCARB	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Herbicide	Groen
PSEUDOMONAS SP. STAM DSMZ 13134	Pootaardappel	Fungicide	Groen
PYMETROZINE	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Insecticide	Groen
PYRAFLUFEN-ETHYL	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Herbicide	Oranje
PYRIMETHANIL	Veredelingsteelt	Fungicide	Groen
QUIZALOFOP-P-ETHYL	Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Herbicide	Rood humaan
RIMSULFURON	Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Herbicide	Oranje
S-METOLACHLOOR	Veredelingsteelt	Herbicide	Rood milieu
TEFLUBENZURON	Veredelingsteelt	Insecticide	Rood milieu
THIABENDAZOOL	Pootaardappel	Fungicide	Rood milieu
THIACLOPRIDE	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Insecticide	Rood humaan
THIAMETHOXAM	Pootaardappel Consumptieaardappel Zetmeelaardappel	Insecticide	Rood milieu
THIOFANAAT-METHYL	Pootaardappel	Fungicide	Oranje
TOLCLOFOS-METHYL	Pootaardappel	Fungicide	Rood milieu
TRICHODERMA HARZIANUM RIFAI STAM T-22	Veredelingsteelt	Fungicide	Groen

n.a. Geen vermelding in rapport CLM risicolijst bestrijdingsmiddelen 2016. N = 109 werkzame stoffen; rood humaan: 34, rood milieu: 20, oranje: 20, groen: 46 stoffen.

# Bijlage 7 Long list en intermediate list

Long list (komt voor in aardappelketen)	Intermediate list I (mogelijk chemisch gevaar voor humane voedselveiligheid)	Intermediate list II: RIVM beoordeling	Rationale
Zware metalen • cadmium • lood • arseen • kwik	Cadmium Lood	Cadmium	EFSA rapporteert concentraties in Europa/Australië boven ML voor Cd (EFSA, 2009a)  Lood van belang bij import (Slowakije, industrieel gebied) EFSA rapporteert geen ML overschrijdingen
Pesticiden • 109 pesticiden toegestaan gebruik aardappelteelt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aclonifen</li> <li>• chloorpyrifos</li> <li>• cyprodinil</li> <li>• difenoconazool</li> <li>• diquat</li> <li>• esfenvaleraat</li> <li>• ethoprofos</li> <li>• famoxadone</li> <li>• fluazifop-p-butyl</li> <li>• fluazinam</li> <li>• fludioxonil</li> <li>• fluopicolide</li> <li>• fosthiazaat</li> <li>• glufosinaat-ammonium</li> <li>• iprodion</li> <li>• lambda-cyhalothrin</li> <li>• linuron</li> <li>• lufenuron</li> <li>• mancozeb</li> <li>• maneb</li> <li>• metribuzin</li> <li>• pencycuron</li> <li>• pendimethalin</li> <li>• pirimicarb</li> <li>• thiaclopride</li> </ul> <p style="text-align: center;">(25)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• chloorpyrifos</li> <li>• diquat</li> <li>• ethoprofos</li> <li>• fluazifop-p-butyl</li> <li>• fluopicolide</li> <li>• fosthiazaat</li> <li>• glufosinaat-ammonium</li> <li>• lambda-cyhalothrin</li> <li>• linuron</li> <li>• lufenuron</li> <li>• metribuzin</li> <li>• thiaclopride</li> </ul> <p style="text-align: center;">(12)</p>	<p>Intermediate list I:: Alle pesticiden met CLM-criterium rood huuman consument (Visser et al., 2016) <b>en</b> alle pesticiden met MRL-overschrijdingen in KAP/RASFF</p> <p>Intermediate list II: alle pesticiden met MRL-overschrijdingen (KAP/RASFF) <b>en</b> (CML criteria rood consument <b>of</b> ADI &lt;10 µg/kg/lg/dag <b>of</b> ARFD &lt;50 µg/kg/lg)</p> <p>en alle pesticiden met CLM-criterium rood consument <b>en</b> (ADI &lt;10 µg/kg/lg/dag <b>of</b> ARFD &lt;50 µg/kg/lg)</p>
Meststoffen • stikstof (nitraat)			Geen ML vastgesteld.  Bij normaal gebruik (wassen/koken) reductie circa 90-100%
Mycotoxines • Deoxynivalenol (DON) • Diacetoxyscirpenol (DAS)	DON DAS		EFSA call staat uit, (nog) niet te beoordelen door ontbreken data
GGO			Niet toegestaan in EU
Proceshulpstoffen • Minerale olie (gebruik machines) • Koudemiddelen klimaatbeheersing (HFK, propaan-CO <sub>2</sub> , ammoniak-CO <sub>2</sub> )			Geen gevaar verwacht bij juist gebruik

Long list (komt voor in aardappelketen)	Intermediate list I (mogelijk chemisch gevaar voor humane voedselveiligheid)	Intermediate list II: RIVM beoordeling	Rationale
Planttoxines <ul style="list-style-type: none"> <li>• Solanine</li> <li>• <math>\beta</math>-chaconine</li> <li>• Calystegine</li> </ul>	Solanine Calystegine	Solanine	Gebrek aan data calystegine; geen beoordeling mogelijk
Kiemremmingsmiddelen <ul style="list-style-type: none"> <li>• chloorprofam</li> <li>• carvon</li> </ul>	Chloorprofam	Chloorprofam	>MRL en direct gebruik op de aardappel
Desinfectiemiddelen <ul style="list-style-type: none"> <li>• benzoëzuur</li> <li>• DDAC</li> <li>• Natrium-p- tolueensulfonchloramide</li> <li>• Quaternaire ammonium verbindingen</li> <li>• Perazijnzuur/waterstofpero xide</li> <li>• Natriumhypochloriet</li> </ul>			Geen direct contact met consumptieaardappel, meeste stoffen zijn vluchtig en/of residu resten niet te verwachten na grondig spoelen met water
Persistente organische verontreinigingen (POPs) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dioxine</li> <li>• PCB's</li> <li>• Broomhoudende vlamvertragers</li> <li>• Perfluorverbindingen</li> </ul>	Perfluorverbindingen		Geen gevaar bij correcte verwerking (wassen, schillen)  Perfluorverbindingen te weinig data voor beoordeling
Procescontaminanten <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acrylamide</li> <li>• Furan</li> <li>• Advanced glycation endproducts (AGE's)</li> </ul>	Acrylamide Furan AGE's	Acrylamide	EFSA call staat uit voor meer data furan  AGE's te weinig data voor beoordeling

---

RIKILT Wageningen University & Research  
Postbus 230  
6700 AE Wageningen  
T 0317 48 02 56  
[www.wur.nl/rikilt](http://www.wur.nl/rikilt)

RIKILT-rapport 2017.010

---

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.





To explore  
the potential  
of nature to  
improve the  
quality of life



---

RIKILT Wageningen University & Research  
Postbus 230  
6700 AE Wageningen  
T 0317 48 02 56  
[www.wur.nl/rikilt](http://www.wur.nl/rikilt)

RIKILT-rapport 2017.010

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

