

Resultaten melk- en grasmonitoring en kwaliteitscontroles 2014

Landelijk Meetnet Radioactiviteit in Voedsel

C.G.M. Onstenk, P.N. Brandhoff, A. Vos van Avezathe, M.J. van Bourgondiën, R.J.B. Peters

RIKILT
WAGENINGEN UR

Resultaten melk- en grasmonitoring en kwaliteitscontroles 2014

Landelijk Meetnet Radioactiviteit in Voedsel

C.G.M. Onstenk, P.N. Brandhoff, A. Vos van Avezathe, M.J. van Bourgondiën, R.J.B. Peters

Dit onderzoek is uitgevoerd door RIKILT Wageningen UR in opdracht van en gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken, in het kader van de Wettelijke Onderzoekstaken 'Chemische Contaminanten' (WOT-02-001-001).

RIKILT Wageningen UR
Wageningen, april 2015

RIKILT-rapport 2015.004

RIKILT
WAGENINGEN UR

Onstenk, C.G.M., P.N. Brandhoff, A. Vos van Avezathe, M.J. van Bourgondiën, R.J.B. Peters, 2015. *Resultaten melk- en grasmonitoring en kwaliteitscontroles 2014; Landelijk Meetnet Radioactiviteit in Voedsel.* Wageningen, RIKILT Wageningen UR (University & Research centre), RIKILT-rapport 2015.004. 28 blz.; 5 fig.; 4 tab.; 0 ref.

Projectnummer: 122.71.525.01
BAS-code: WOT-02-001-001
Projecttitel: Nationaal Plan Kernongevallenbestrijding, Landelijk Meetnet Radioactiviteit in Voedsel (LMRV)
Projectleider: M.J. van Bourgondiën

© 2015 RIKILT Wageningen UR
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 Wageningen UR is het niet toegestaan:

a. *dit door RIKILT Wageningen UR uitgebrachte rapport gedeeltelijk te publiceren of op andere wijze gedeeltelijk openbaar te maken;*
b. *dit door RIKILT Wageningen UR uitgebrachte rapport, c.q. de naam van het rapport of RIKILT Wageningen UR, 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 Wageningen UR 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,
www.wageningenUR.nl/rikilt. RIKILT is onderdeel van Wageningen UR (University & Research centre).

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 2015.004

Verzendlijst:

- Arla Foods B.V., Nijkerk (dhr A. van Manen)
- Bel Leerdammer B.V., Schoonrewoerd (dhr E.M.M. van Zichem)
- CCL B.V. Veghel (dhr R. Margry)
- CONO Kaasmakers, Middenbeemster (dhr R. Sas)
- De Graafstroom, Bleskensgraaf (dhr G. Krijgsman)
- D.O.C. Kaas Ba, Hoogeveen (dhr K. van Cleef)
- Framelco, Raamsdonksveer (mw F. Aydogan)
- FrieslandCampina Butter, Lochem (dhr F. Hoksbergen)
- FrieslandCampina Cheese, Rijkevoort (dhr T. Thomassen)
- FrieslandCampina Cheese, Born (dhr R. Kroon)
- FrieslandCampina Cheese, Balkbrug (dhr D. de Weerd)
- FrieslandCampina Cheese, Gerkesklooster (mw M. Wijnsma)
- FrieslandCampina Cheese, Marum (dhr J. Pruim)
- FrieslandCampina Cheese, Steenderen (dhr W. Zeevalkink)
- FrieslandCampina Cheese, Workum (dhr J. Buma)
- FrieslandCampina DOMO, Bedum (mw G. Poelma)
- FrieslandCampina DOMO, Beilen (mw G. Datema)
- FrieslandCampina, Eindhoven (dhr M. Vennix)
- FrieslandCampina Consumer Products, Maasdam (mw T. Pol)
- FrieslandCampina R&D, Leeuwarden (dhr J. Altenburg)
- FrieslandCampina, Rotterdam (dhr C. den Boer)
- HAK BV, Giessen (dhr J. Spoor)
- Hyproca LYEMPF B.V., Kampen (mw T. Huitema)

- Masterlab AS, Boxmeer (dhr T.C.M. Roosenboom)
- Masterlab AS, Putten (dhr T. Vrijenhoek)
- M.C.TEC BV, Giessen (dhr R. Prins)
- NAVOBI, Ermelo (dhr R. Schut)
- NRG Petten (dhr J. Kok)
- Nutricia Cuijk BV, Cuijk (dhr J. Lamers)
- Nutricia Zoetermeer, Zoetermeer (mw C. Captein)
- Oostroms Conservenfabriek BV, Kapelle (dhr M. Vleugel)
- Promelca BV, Gorinchem (dhr A. van Dongen)
- Provincie Limburg, Maastricht (dhr L. Peeters)
- Qlip N.V., Leusden (dhr A. Hooijer)
- RIKILT, Wageningen
- RIVM-LSO, Bilthoven (dhr L. Nissan)
- RWS WGMLA, Lelystad (dhr C. Engeler)
- RWS Zeeland, Vrouwenpolder (dhr G. van der Maas)
- RWS Zeeland, Terneuzen (dhr A. Neve)
- RWS Zuid-Holland, Middelharnis (dhr P. Slijk)
- Sonac Vuren B.V. Vuren (dhr N. De Vos)
- TUD/RID, Delft (mw J. de Beer - Kouwenberg)
- NVWA, Groningen (dhr A. Draaijer)
- NVWA, Wageningen (dhr M. van Smaalen)
- NVWA, Wageningen (dhr E. Roerink)
- NVWA, Wageningen (dhr P. Verheijen)
- NVWA- mw K. Zwaagstra
- NVWA- dhr H. Jeuring
- Ministerie van EZ- dhr B. Ent

Inhoud

Samenvatting **7**

1 Inleiding **9**

2 Materiaal en methoden **10**

2.1 Analysemethoden 10
2.1.1 Laag-resolutie gammaspectrometrie 10
2.1.2 Hoog-resolutie gammaspectrometrie 10
2.1.3 Vloeistofscintillatietelling 10
2.2 Monitoring rauwe melk 10
2.2.1 Laag-resolutie gammaspectrometrie 10
2.2.2 Hoog-resolutie gammaspectrometrie 11
2.2.3 Vloeistofscintillatietelling 11
2.3 Grasonderzoek 11
2.4 Rondzendonderzoek 11
2.4.1 Weipoeder controlemonster 11
2.4.2 Rondzendmonster I-131 12

3 Resultaten en discussie **13**

3.1 Monitoring rauwe melk 13
3.1.1 Laag-resolutie gammaspectrometrie 13
3.1.2 Hoog-resolutie gammaspectrometrie 14
3.1.3 Vloeistofscintillatietelling 14
3.2 Grasonderzoek 14
3.3 Rondzendonderzoek 15
3.3.1 Weipoeder controlemonster 15
3.3.2 Rondzendmonster I-131 17

4 Conclusie **19**

Bijlage 1 **20**

Samenvatting

Het Landelijk Meetnet Radioactiviteit in Voedsel (LMRV) dient als bewaking voor de voedselproductie en wordt ingezet in het nationale monitoringsprogramma, met name voor de monitoring van radioactiviteit in melk. In dit jaarrapport worden de resultaten van de melk- en grasmonitoring, en van de kwaliteitscontroles van de voedselmonitoren in 2014 gepresenteerd.

In geen van de onderzochte melk- en grasmonsters zijn kunstmatige radionucliden gevonden, alleen natuurlijke radionucliden.

Uit de kwaliteitscontrolemetingen van de weipoederbatches en het I-131 rondzendonderzoek blijkt dat de spreiding in resultaten tussen de verschillende voedselmonitoren onderling gering is. Voor Cs-137 en I-131 komen de resultaten van de voedselmonitoren en het resultaat van de geaccrediteerde methode op de hoog-resolutie gammaspectrometer overeen. De weipoedermetingen laten voor het natuurlijke radionuclide K-40 echter wel een systematische overschatting zien.

1 Inleiding

Als lidstaat van de Europese Unie dient Nederland te voldoen aan de door Euratom en de Europese Commissie gestelde verplichtingen op de controle op radioactiviteit in voedsel en diervoeders (EC, 2000). In Nederland is dit ingericht door middel van het Landelijk Meetnet Radioactiviteit in Voedsel en een monitoringprogramma. Het LMRV is een meetnet bestaande uit circa 50 meet-opstellingen voor gammaspectrometriebepalingen, geoptimaliseerd voor analyse van voedsel-producten, de zogenaamde 'voedselmonitor', opgesteld bij diverse bedrijven en instellingen. Dit meetnet kan gamma-emitterende nucliden, zoals Cs-134, Cs-137 en I-131 bepalen. Het LMRV wordt ingezet in het nationale monitoringsprogramma gericht op voedselbescherming en ter ondersteuning van exportcertificering (met name voor de zuivelindustrie). Het LMRV biedt tevens extra meetcapaciteit en een landelijke beschikbaarheid van meetlocaties in het geval van een nucleaire of radiologische calamiteit.

Het monitoringsprogramma voor radioactiviteit in voedsel en diervoeders wordt deels uitgevoerd op de voedselmonitoren en deels op het RIKILT. Met de voedselmonitoren worden jaarlijks circa 1000 monsters (m.n. zuivelmonsters) gemeten. Daarnaast worden in het laboratorium van RIKILT in totaal nog circa 1500 analyses verricht op alfa- (U-235, U-238, Pu-239/240 en Am-241), bèta- (H-3, C-14 en Sr-90) en gamma-emitterende radionucliden (m.n. Cs-134, Cs-137, I-131, Co-60).

Melk en melkproducten zijn een belangrijk onderdeel van het Nederlandse consumptiepakket; het is op basis van gewicht de tweede productgroep die geconsumeerd wordt (gemiddeld 310g per dag). Sinds 1965 wordt in Nederland de melkproductie gecontroleerd op antropogene en natuurlijke radionucliden omdat I- en Cs-isotopen via voer (gras) snel in melk worden opgenomen na een nucleair incident. Voor monitoring zijn Cs-137 en Sr-90 op de lange termijn van belang omdat deze nucliden een halfwaardetijd van ongeveer 30 jaar hebben. Cesium lijkt chemisch en biologisch sterk op kalium en heeft een biologische halfwaardetijd van rond de drie maanden. Dit betekent dat wanneer iemand cesium bijvoorbeeld via voedsel heeft binnengekregen, de helft hiervan na drie maanden het lichaam weer heeft verlaten. Strontium hoopt zich op in botweefsel omdat het zich chemisch en biologisch hetzelfde gedraagt als calcium. Als strontium in het botweefsel is geïncorporeerd, is afgifte uit het bot marginaal en veroorzaakt strontium somatische en stochastische effecten. Hierdoor is het van belang voedingsmiddelen te monitoren op aanwezigheid van deze radionucliden.

De kwaliteit en juistheid van de metingen op de voedselmonitoren worden gewaarborgd en gecontroleerd door één keer per jaar een rondzendmonsteronderzoek te doen en regelmatig controlemonsters te meten. De resultaten van deze metingen worden gebruikt om de voedselmonitoren met elkaar te vergelijken.

Dit rapport geeft een overzicht van de metingen die in 2014 met het LMRV zijn uitgevoerd, evalueert de resultaten en trekt daaruit conclusies over de kwaliteit van de voedselmonitoren en de metingen.

2 Materiaal en methoden

2.1 Analysemethoden

2.1.1 Laag-resolutie gammaspectrometrie

Een voedselmonitor is een meetsysteem bestaande uit een laag-resolutie gammaspectrometer en wordt gebruikt voor screening op gamma-emitterende radionucliden, zoals Cs-134, Cs-137 en I-131, in voedingsproducten en milieumonsters. In de voedselmonitoren zit een robuuste natriumjodide (NaI) detector met hoge gevoeligheid, waarvoor weinig specifieke voorzieningen nodig zijn (bijvoorbeeld geen continue koeling). Een nadeel van dit type detector is het geringe scheidend vermogen (de resolutie), maar dit is voor monitoringsdoeleinden geen probleem.

Bij elke voedselmonitor is een referentiebron met bijbehorend certificaat aanwezig. Deze bron bestaat uit Am-241 (1 kBq), Cs-137 (4 kBq) en K-40 (17,5 kBq). Deze bron is gebruikt om de initiële energiekalibratie te maken. Voorafgaand aan elke monstermeting wordt deze bron gemeten en als er energiedrift is opgetreden wordt een automatische correctie uitgevoerd.

2.1.2 Hoog-resolutie gammaspectrometrie

Voor metingen waarbij een beter scheidend vermogen nodig is (monsters met complexe mengsels aan radionucliden) of bevestigingsmetingen zijn er bij het RIKILT twee hoog-resolutie gammaspectrometers, waarvan één met automatische monsterwisselaar. Deze detectoren zijn minder gevoelig dan de voedselmonitoren, maar hebben een beter scheidend vermogen waardoor de aanwezige nucliden met grotere nauwkeurigheid geïdentificeerd en gekwantificeerd kunnen worden. De metingen op deze detectoren zijn geaccrediteerd.

2.1.3 Vloeistofscintillatietelling

Met de methoden beschreven in 2.1.1 en 2.1.2 kunnen alleen gammastraling emitterende nucliden worden gemeten. Sr-90 is echter een nuclide dat bètastraling emitteert en wordt gemeten op een vloeistofscintillatieteller (Liquid Scintillation Counter, LSC) (een Quantulus 1220 (PerkinElmer)). Voor de strontium-analyse is een uitgebreide voorbewerking noodzakelijk. Deze voorbewerking bestaat uit het maken van een fosfaatneerslag, deze drogen en verassen, gevolgd door een magnetrondestructiestap, waarna het destruaat over ion-exchange kolommen geëlueerd wordt. Het verkregen eluaat wordt gemengd met scintillatiecocktail (Ultima Gold AB, PerkinElmer), en gemeten met vloeistofscintillatietelling. De Sr-90 metingen zijn geaccrediteerd.

2.2 Monitoring rauwe melk

2.2.1 Laag-resolutie gammaspectrometrie

Bij de diverse zuivelfabrieken wordt wekelijks een melkmonster gemeten op de voedselmonitoren. Deze metingen worden zelfstandig uitgevoerd door de operator van de voedselmonitor ter plaatse. Volgens protocol wordt 1 kg rauwe melk ingewogen in een Marinelli-beker (een speciale meetbeker voor de voedselmonitoren) en vervolgens bij kamertemperatuur gemeten. Dit laatste omdat temperatuurswisselingen in het NaI-detectorkristal de kwaliteit van de meting sterk beïnvloeden.

2.2.2 Hoog-resolutie gammaspectrometrie

Ieder jaar wordt in het voorjaar en in het najaar een melkronde gehouden. Bij iedere melkfabriek waar een voedselmonitor staat wordt één liter rauwe melk opgehaald. Deze monsters worden vervolgens op het RIKILT laboratorium onderzocht op diverse gammastraling uitzendende nucliden. De gamma-meting wordt uitgevoerd met de geaccrediteerde methode op de hoge-resolutie gamma-spectrometer. De monsters worden hiertoe overgebracht in een Marinelli-beker en gedurende één uur gemeten.

2.2.3 Vloeistofscintillatietelling

De monsters die tijdens de melkrondes worden opgehaald worden naast de gammametingen ook geanalyseerd op Sr-90. De monsters worden voorbewerkt zoals beschreven in paragraaf 2.1.3 en worden acht uur per monster gemeten op de Quantulus.

2.3 Grasonderzoek

Aanvullend op de melkmonitoring wordt er één keer per jaar op alle voedselmonitorlocaties een grasmonster genomen en gemeten door de daarvoor opgeleide lokale operators. Dit wordt gedaan zodat er een recente nulmeting beschikbaar is in het geval van een nucleaire calamiteit.
Het gras wordt volgens vast protocol per kwart vierkante meter afgeknipt op 1 cm boven de grond, totdat genoeg gras is verzameld. Bij elke voedselmonitorlocatie is een vast grasveld aangewezen waar het gras geknipt wordt. Het verzamelde gras wordt gewogen en een Marinelli-beker wordt gevuld. Door daarna de gevulde Marinelli-beker te wegen kan het meetresultaat omgerekend worden van Bq/kg naar Bq/m².

2.4 Rondzendonderzoek

2.4.1 Weipoeder controlemonster

Bij elke voedselmonitor is een controlemonster aanwezig bestaande uit 600 gram weipoeder. Dit poeder is in 1986 na de Tsjernobyl-ramp geproduceerd en bevat Cs-137 en K-40. In totaal zijn zes verschillende batches weipoeder geproduceerd. Omdat de batches geen certificaat hebben zijn de activiteitsconcentraties op 1-1-2007 bepaald met de geaccrediteerde hoog-resolutie gamma spectrometer (zie Tabel 1). Deze waarden worden gebruikt als referentiewaarden.

Tabel 1
Activiteitsconcentraties op referentiedatum 1-1-2007 van de weipoeder batches.

Batchnummer	K-40 [Bq/kg]	Cs-137 [Bq/kg]
0	1305	1321
6	1356	1923
22	1283	1076
35	1310	3050
37	1369	520
39	1308	1115

De weipoedermonsters zijn door de operators op locatie gemeten om de prestatie van de voedsel-monitor te controleren. Hiertoe is een rekenblad opgestuurd waarin de operator de gemeten Cs-137 en K-40 activiteit invoert. De Cs-activiteit wordt teruggerekend naar de referentiedatum. De K-40 activiteit wordt niet teruggerekend naar de referentiedatum vanwege de halfwaardetijd van K-40 van 1,3 miljard jaar.

2.4.2 Rondzendmonster I-131

De spreiding in de resultaten en de gevoeligheid van de voedselmonitoren worden ieder jaar gecontroleerd met een rondzendmonsteronderzoek. In 2014 is controlemonster RZM0036, een oplossing van het radionuclide I-131 in water, naar alle voedselmonitorlocaties opgestuurd. De I-131 oplossing is een niet gecertificeerde oplossing afkomstig van PerkinElmer. Van de primaire oplossing is een verdunning gemaakt, en met behulp van een pipetteerautomaat zijn flesjes gevuld met 100 ml uit deze verdunning.

Ieder flesje bevat 1735 Bq I-131. Deze waarde is met behulp van de geaccrediteerde methode op de hoog-resolutie gammaspectrometer bepaald op referentiedatum 8 september 2014, om 9:00 uur. De rondzendmonsters zijn met bijbehorend werkvoorschrift en een elektronisch rekenblad verzonden naar de contactpersonen van het LMRV. In het werkvoorschrift staat dat de operator de totale hoeveelheid oplossing in het flesje over dient te brengen in een Marinelli-beker, het flesje twee keer na te spoelen met water, en vervolgens de Marinelli-beker met water aan te vullen tot 1000 gram om de optimale meetgeometrie te bereiken. Vervolgens wordt het rondzendmonster gedurende een half uur gemeten op de voedselmonitor. De operators wordt verzocht het monster tweemaal te meten met een tussenpose van één halfwaardetijd van 8 dagen. De verkregen resultaten van beide metingen worden door de operators in het rekenblad ingevoerd en de gevonden I-131 activiteit wordt automatisch teruggerekend naar de referentiedatum.

3 Resultaten en discussie

3.1 Monitoring rauwe melk

3.1.1 Laag-resolutie gammaspectrometrie

In 2014 zijn in totaal 730 melkmonsters gemeten op de voedselmonitoren. In Tabel 2 staat een overzicht van de gemiddelde gemeten activiteitsconcentraties per maand. In geen enkel monster is voor de antropogene radionucliden een activiteitsconcentratie boven de aantoonbaarheidsgrens gemeten. De gemiddelde K-40 activiteitsconcentratie over heel 2014 was 53,6 ± 13,6 Bq/kg. Figuur 1 geeft een overzicht van de per monsterlocatie gemiddelde K-40 activiteitsconcentraties over het hele jaar.

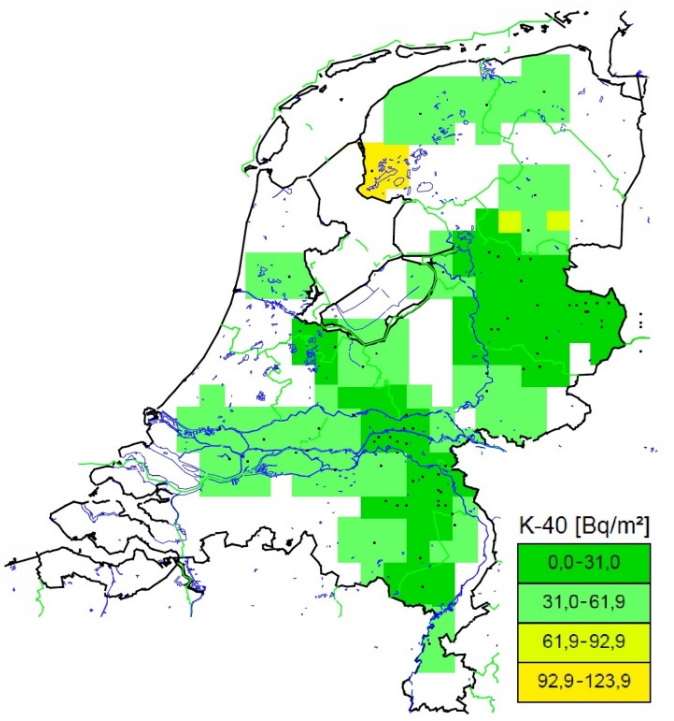
Tabel 2

Activiteitsconcentraties gemiddeld per maand in koeienmelk in 2014.

Maand	Aantal monsters	K-40 [1]	I-131	Cs-134	Cs-137
		Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg
Januari	68	53,6 ± 13,1	< 0,6	< 0,6	< 0,5
Februari	55	53,4 ± 12,1	< 0,6	< 0,6	< 0,5
Maart	62	49,3 ± 13,7	< 0,6	< 0,6	< 0,5
April	66	55,4 ± 16,4	< 0,6	< 0,6	< 0,5
Mei	69	53,3 ± 12,6	< 0,6	< 0,6	< 0,5
Juni	53	53,4 ± 12,6	< 0,6	< 0,6	< 0,5
Juli	65	55,0 ± 14,5	< 0,6	< 0,6	< 0,5
Augustus	44	54,8 ± 12,0	< 0,6	< 0,6	< 0,5
September	62	58,5 ± 16,9	< 0,6	< 0,6	< 0,5
Oktober	67	49,9 ± 11,9	< 0,6	< 0,6	< 0,5
November	52	55,6 ± 10,8	< 0,6	< 0,6	< 0,5
December	67	52,0 ± 12,4	< 0,6	< 0,6	< 0,5
Jaargemiddelde	730 [2]	53,6 ± 13,6	< 0,6	< 0,6	< 0,5

[1] Standaarddeviatie is gegeven als 1σ.

[2] Totaal gemeten monsters in 2014.



Figuur 1 *Gemiddelde K-40 activiteitsconcentratie in melk over heel 2014 per meetlocatie.*

3.1.2 Hoog-resolutie gammaspectrometrie

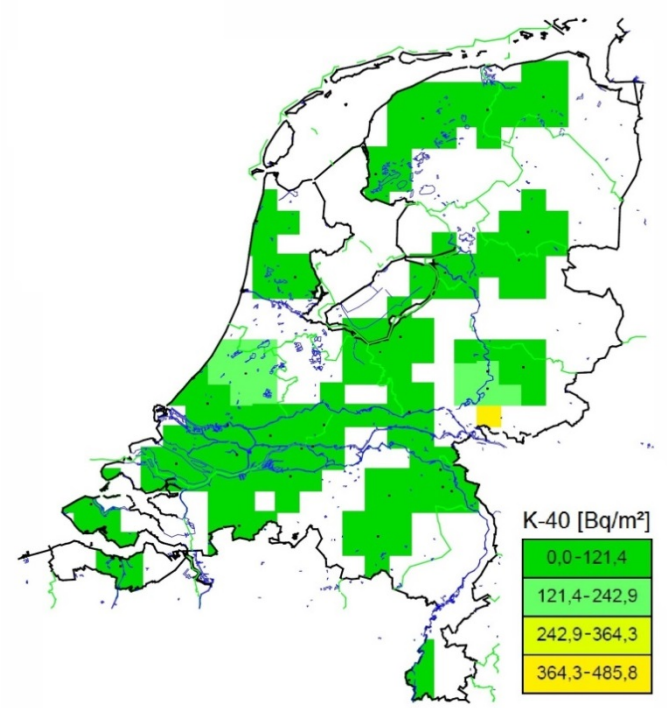
In 2014 zijn er 51 melkmonsters opgehaald tijdens de melkrondes in het voor- en najaar, afkomstig van de melkfabrieken waar de voedselmonitoren staan. Hiervan waren 48 monsters koemelk, en 3 monsters geitenmelk. Deze monsters zijn geanalyseerd met de hoog-resolutie gammaspectrometer, op een breed spectrum aan γ-emitters. In geen van de monsters is antropogene gamma-activiteit boven de detectielimiet aangetoond (2 Bq/kg voor Cs-137). Het natuurlijke radionuclide K-40 is wel gevonden, met een gemiddelde activiteitsconcentratie van 53,3 ± 10,5 Bq/kg.

3.1.3 Vloeistofscintillatietelling

De monsters die tijdens de melkrondes opgehaald zijn, zijn naast gamma-analyse ook geanalyseerd op Sr-90 activiteit. In geen van de monsters is Sr-90 boven de detectielimiet aangetoond (0,2 Bq/kg).

3.2 Grasonderzoek

In de periode van 7 juli tot en met 7 augustus zijn er op 36 locaties grasmonster genomen en vervolgens gemeten. In geen van deze monsters zijn de antropogene radionucliden Cs-134, Cs-137, I-131, Te-132 en Co-60 gevonden. Het natuurlijke radionuclide K-40 is wel in alle monsters teruggevonden, en in een aantal monsters zijn natuurlijke radionucliden als Bi-214 en Pb-214 gevonden die bij een regenbui uit de lucht worden gespoeld en op het gras neerkomen, of afkomstig uit grond dat bij de bemonstering meegekomen kan zijn.
Als het gras besmet raakt bij een calamiteit kunnen de grasdepositiemetingen worden geplot op de kaart van Nederland, wat resulteert in een depositiekaart. In Figuur 2 staat een voorbeeld van hoe een depositiekaart er uit zou zien, in dit geval geplot voor het totaal aan gevonden natuurlijke radionucliden: K-40, Be-7, Pb-212, Pb-214 en Bi-214. Lokale variaties worden veroorzaakt door verschillende grondsoorten, bemesting, grassoorten en de lengte van het bemonsterde gras.

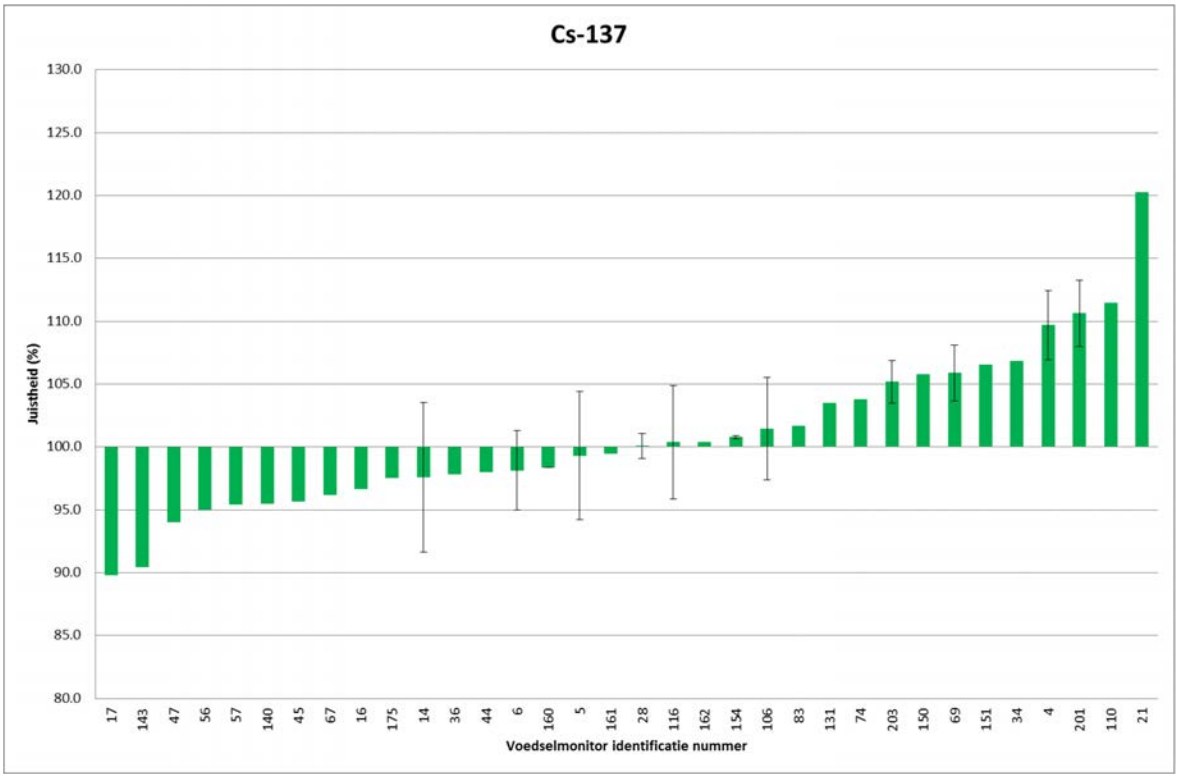


Figuur 2 *Voorbeeld van een depositiekaart voor het natuurlijke K-40, gemeten tijdens het grasonderzoek in 2014.*

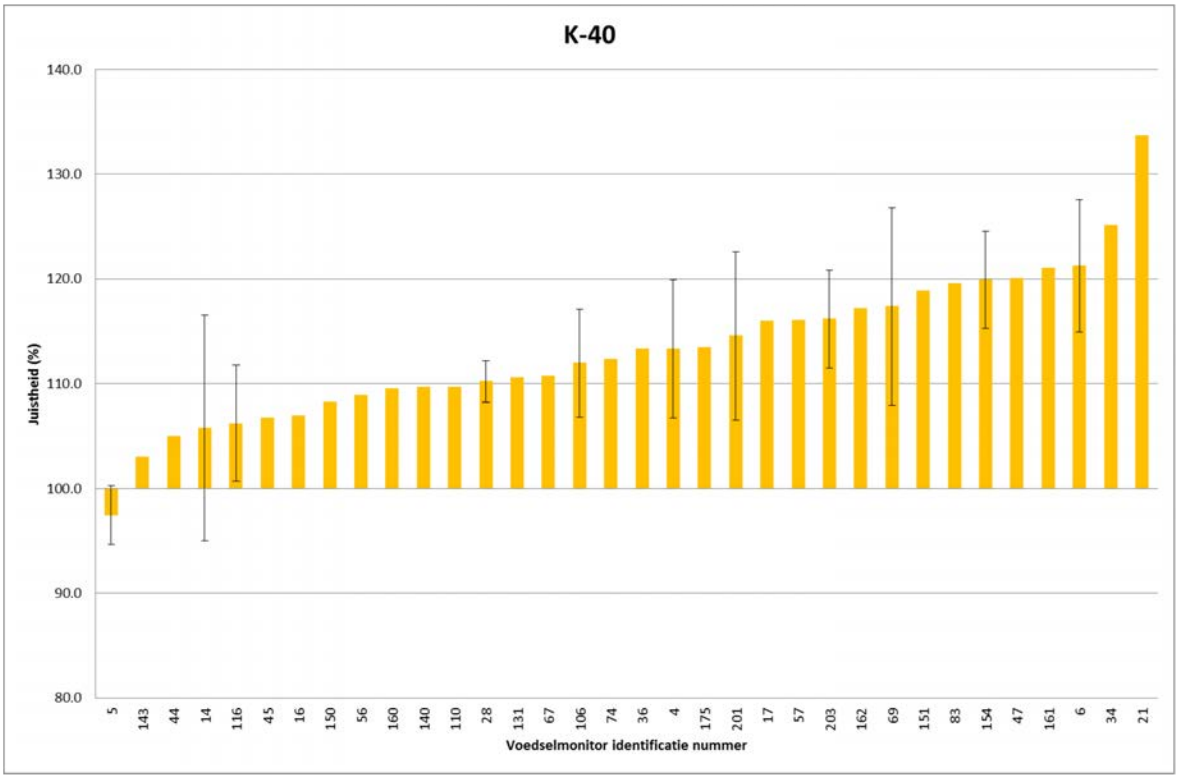
3.3 Rondzendonderzoek

3.3.1 Weipoeder controlemonster

Tijdens het I-131 rondzendmonsteronderzoek wordt tevens op elke voedselmonitorlocatie minimaal één maal het weipoeder controlemonster gemeten. Op de meeste locaties is maar één monster uit één batch aanwezig, maar op sommige locaties zijn meerdere monsters uit meerdere batches aanwezig. Op die locaties zijn alle aanwezige monsters gemeten.
De gemeten activiteitsconcentraties zijn voor Cs-137 teruggerekend naar de referentiedatum, en de juistheden voor K-40 en Cs-137 zijn bepaald. Voor de voedselmonitoren waarop meerdere monsters en/of monsters meerdere keren gemeten zijn, zijn deze juistheden gemiddeld en is de spreiding daarin bepaald. Deze resultaten van Cs-137 zijn te zien in Figuur 3 en van K-40 in Figuur 4.



Figuur 3 *De (gemiddelde) juistheid voor Cs-137 per voedselmonitor. De onzekerheidsbalkjes geven de spreiding (2σ) in de resultaten van de betreffende voedselmonitor weer.*



Figuur 4 *De (gemiddelde) juistheid voor K-40 per voedselmonitor. De onzekerheidsbalkjes geven de spreiding (2σ) in de resultaten van de betreffende voedselmonitor weer.*

De gemiddelde juistheid (met 2σ betrouwbaarheidsinterval) van alle voedselmonitoren is voor K-40 112 ± 14,7 %, en voor Cs-137 102 ± 11,5 %.
De resultaten zijn in lijn met de gevonden juistheden in voorgaande jaren (zie Tabel 3).

Tabel 3
Gemiddelde juistheden van de weipoedermetingen over de jaren 2011-2014.

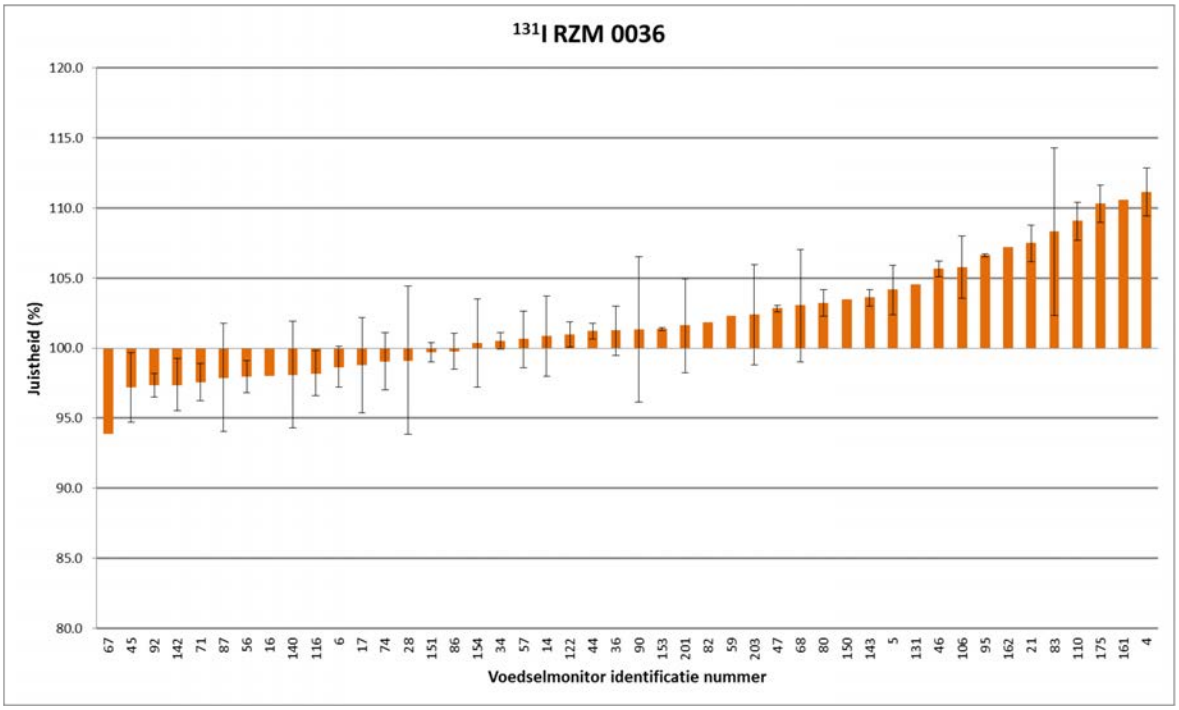
Jaar	Gemiddelde juistheid Cs-137 [%]	Spreiding (2σ) Cs-137 [%]	Gemiddelde juistheid K-40 [%]	Spreiding (2σ) K-40 [%]
2011	100	16,4	117	21,8
2012	98	11,4	109	10,4
2013	102	12,4	115	15,2
2014	102	11,5	112	14,7

Voor Cs-137, het belangrijkste nuclide bij mogelijke voedselbesmettingen van nucleaire oorsprong, is de gevonden juistheid van de voedselmonitoren over de jaren zeer goed en de spreiding tussen de verschillende voedselmonitoren beperkt. Eén voedselmonitor gaf een resultaat buiten de vooraf gestelde marge van 80 – 120 %. Omdat dit een eenmalige meting betrof en voor deze voedselmonitor in eerdere rondzendonderzoeken geen resultaten buiten de marges werden gevonden, is niet tot herkalibratie overgegaan.

Voor K-40 is een systematische afwijking in de juistheid te zien van 12 %. Een vergelijkbare afwijking is in voorgaande jaren ook waargenomen. De spreiding tussen de voedselmonitoren is in dezelfde orde van grootte als bij Cs-137. Voedselmonitoren hebben een zeer lage gevoeligheid bij hogere energieën. Hierdoor kan een kleine afwijking in gemeten counts leiden tot een grote afwijking in de activiteits-concentratie wat een verklaring kan zijn voor de systematische afwijking. K-40 is een natuurlijk radionuclide dat niet van belang is bij de bepaling van voedselbesmetting bij een calamiteit maar wordt gebruikt als controleparameter.

3.3.2 Rondzendmonster I-131

Ieder jaar wordt een rondzendmonster I-131 op de voedselmonitoren gemeten. Het rondzendmonster wordt minstens twee keer gemeten, met ongeveer een week ertussen. De gemeten activiteiten worden teruggerekend naar de referentiedatum en per voedselmonitor gemiddeld.
De resultaten, als percentage van de referentieactiviteit, zijn te zien in Figuur 5.



Figuur 5 *Juistheid van de voedselmonitoren ten opzichte van de referentiewaarde gemeten op de geaccrediteerd hoog-resolutie gamma spectrometer. De onzekerheidsbalkjes geven de spreiding (2σ) in de resultaten van de betreffende voedselmonitor weer.*

Gemiddeld over alle voedselmonitoren is de gemeten activiteit 1765 Bq. De juistheid (met 2σ betrouwbaarheidsinterval) ten opzichte van de referentiewaarde van de voedselmonitoren is 102 ± 8,1 %. De resultaten zijn in lijn met die van voorgaande jaren (zie Tabel 4).

Tabel 4

Gemiddelde juistheden van het I-131 rondzendmonsteronderzoek over de jaren 2011-2014.

Jaar	Gemiddelde juistheid I-131 [%]	Spreiding I-131 (2σ) [%]
2011	105	13,8
2012	100	8,2
2013	103	8,8
2014	102	8,1

De spreiding tussen de voedselmonitoren onderling is gering. De meeste voedselmonitoren geven een kleine overschatting van de activiteit, maar alle liggen ruim binnen de vooraf gestelde marge van 80 – 120 %. Dit betekent dat alle voedselmonitoren naar behoren presteren.

4 Conclusie

In de monsters rauwe melk van de melkrondes in het voor- en najaar en de overige melkmonsters gemeten op de voedselmonitoren zijn geen kunstmatige radionucliden gevonden, alleen het van nature voorkomende K-40. De resultaten van de lokaal uitgevoerde metingen op de voedselmonitoren en de metingen op de hoog-resolutie gammaspectrometer bij RIKILT zijn goed met elkaar in overeenstemming.

Het grasonderzoek is op 36 locaties uitgevoerd. Er zijn geen kunstmatige radionucliden gevonden. Het gevonden beeld is bruikbaar als achtergrondmeting bij eventuele calamiteiten.

Uit de controlemetingen met de weipoederbatches en het I-131 rondzendonderzoek komt naar voren dat de spreiding in resultaten tussen de verschillende voedselmonitoren onderling gering is. Voor Cs-137 en I-131 komen de resultaten van de voedselmonitoren en het resultaat van de geaccrediteerde methode op de hoog-resolutie gammaspectrometer overeen en liggen alle metingen op één na binnen de vooraf gestelde marge van 80 - 120%. De weipoedermetingen laten echter wel een systematische overschatting van 12% zien voor het natuurlijke radionuclide K-40.

Bijlage 1

Tabel A

Uitwerking rondzendmonsteronderzoek RZM0036, september 2014.

Referentiewaarde: gem. resultaat, verkregen met RIKILT-referentiemethode (HR-Ge detector)				
Monitornummer	**Activiteit**	**Datum en tijd**	**Activiteit**	**Recovery**
	Bq/kg		**op ref. datum**	
Referentie >	***1735***	**08-09-14 9:00**	**(Bq/kg)**	**(%)**
4	1914	8-09-14 11:50	1934	**111,5**
4	1043	15-09-14 9:33	1911	**110,2**
4	742	19-09-14 12:30	1939	**111,8**
4 gemiddeld				**111,1**
5	1794	8-09-14 10:05	1801	**103,8**
5	994	15-09-14 9:27	1820	**104,9**
5	696	19-09-14 12:32	1819	**104,8**
5	412	25-09-14 9:33	1789	**103,1**
5 gemiddeld				**104,2**
6	1698	8-09-14 9:58	1704	**98,2**
6	931	15-09-14 9:22	1705	**98,3**
6	660	19-09-14 12:38	1727	**99,5**
6 gemiddeld				**98,7**
14	1595	9-09-14 6:07	1721	**99,2**
14	1624	9-09-14 8:20	1766	**101,8**
14	807	17-09-14 10:19	1762	**101,5**
14 gemiddeld				**100,8**
16	1692	8-09-14 10:30	1701	**98,0**
16 gemiddeld				**98,0**
17	1432	10-09-14 9:38	1706	**98,3**
17	1191	12-09-14 10:22	1689	**97,4**
17	680	19-09-14 7:29	1747	**100,7**
17 gemiddeld				**98,8**
21	1420	11-09-14 13:56	1873	**107,9**
21	771	18-09-14 13:29	1857	**107,0**
21 gemiddeld				**107,5**
28	2295	5-09-14 8:47	1771	**102,1**
28	1671	8-09-14 10:59	1683	**97,0**
28	1608	9-09-14 7:56	1746	**100,7**
28	921	15-09-14 8:17	1680	**96,8**
28 gemiddeld				**99,1**
34	1730	8-09-14 10:33	1740	**100,3**
34	872	16-09-14 10:33	1747	**100,7**
34 gemiddeld				**100,5**
36	1748	8-09-14 12:09	1767	**101,9**
36	952	15-09-14 9:47	1746	**100,6**
36 gemiddeld				**101,2**
44	1733	8-09-14 12:09	1752	**101,0**
44	881	16-09-14 9:29	1759	**101,4**
44 gemiddeld				**101,2**
45	1548	9-09-14 11:20	1702	**98,1**
45	833	16-09-14 10:42	1671	**96,3**

Referentiewaarde: gem. resultaat, verkregen met RIKILT-referentiemethode (HR-Ge detector)				
Monitornummer	Activiteit	Datum en tijd	Activiteit	Recovery
	Bq/kg		op ref. datum	
Referentie >	***1735***	**08-09-14 9:00**	**(Bq/kg)**	**(%)**
45 gemiddeld				**97,2**
46	1653	9-09-14 14:14	1836	**105,8**
46	987	15-09-14 12:43	1829	**105,4**
46 gemiddeld				**105,6**
47	1766	8-09-14 12:01	1785	**102,9**
47	873	16-09-14 15:45	1783	**102,7**
47 gemiddeld				**102,8**
56	1707	8-09-14 8:54	1707	**98,4**
56	782	17-09-14 8:01	1693	**97,6**
56 gemiddeld				**98,0**
57	1425	10-09-14 15:28	1733	**99,9**
57	678	19-09-14 10:08	1758	**101,3**
57 gemiddeld				**100,6**
59	347	27-09-14 7:28	1775	**102,3**
59 gemiddeld				**102,3**
67	797	16-09-14 15:50	1629	**93,9**
67 gemiddeld				**93,9**
69	978	15-09-14 12:37	1812	**104,4**
69	738	18-09-14 11:25	1763	**101,6**
69 gemiddeld				**103,0**
71	1287	11-09-14 14:47	1701	**98,1**
71	701	18-09-14 13:04	1685	**97,1**
71 gemiddeld				**97,6**
74	1424	10-09-14 11:19	1706	**98,3**
74	733	18-09-14 8:17	1731	**99,8**
74 gemiddeld				**99,1**
80	1276	12-09-14 9:03	1801	**103,8**
80	1261	12-09-14 10:07	1788	**103,1**
80	749	18-09-14 10:05	1781	**102,7**
80	747	18-09-14 12:29	1792	**103,3**
80 gemiddeld				**103,2**
82	1759	8-09-14 10:19	1767	**101,8**
82 gemiddeld				**101,8**
83	1899	8-09-14 11:31	1916	**110,4**
83	1007	15-09-14 9:14	1843	**106,2**
83 gemiddeld				**108,3**
86	1580	9-09-14 11:35	1739	**100,2**
86	723	18-09-14 10:33	1723	**99,3**
86 gemiddeld				**99,8**
87	1325	11-09-14 10:05	1722	**99,3**
87	699	18-09-14 12:04	1675	**96,5**
87 gemiddeld				**97,9**
90	1758	8-09-14 14:03	1790	**103,2**
90	864	16-09-14 9:28	1726	**99,5**
90 gemiddeld				**101,3**
92	1193	12-09-14 8:54	1684	**97,0**
92	849	16-09-14 9:09	1694	**97,6**
92 gemiddeld				**97,3**
95	1670	9-09-14 13:27	1849	**106,6**
95	769	18-09-14 13:19	1850	**106,7**

Referentiewaarde: gem. resultaat, verkregen met RIKILT-referentiemethode (HR-Ge detector)				
Monitornummer	Activiteit	Datum en tijd	Activiteit	Recovery
	Bq/kg		op ref. datum	
Referentie >	*1735*	08-09-14 9:00	(Bq/kg)	(%)
95 gemiddeld				**106,6**
106	1818	8-09-14 15:00	1858	**107,1**
106	1004	15-09-14 9:35	1839	**106,0**
106	918	16-09-14 9:20	1832	**105,6**
106	693	19-09-14 12:29	1812	**104,4**
106 gemiddeld				**105,8**
110	1887	8-09-14 11:01	1900	**109,5**
110	937	16-09-14 11:23	1884	**108,6**
110 gemiddeld				**109,1**
116	1704	8-09-14 11:28	1719	**99,1**
116	930	15-09-14 9:26	1702	**98,1**
116	647	19-09-14 12:33	1691	**97,4**
116 gemiddeld				**98,2**
122	2458	4-09-14 11:36	1757	**101,3**
122	1239	12-09-14 8:29	1746	**100,6**
122 gemiddeld				**101,0**
131	450	24-09-14 13:05	1814	**104,5**
131 gemiddeld				**104,5**
140	2324	4-09-14 16:03	1689	**97,3**
140	1654	8-09-14 13:57	1683	**97,0**
140	1223	12-09-14 10:22	1735	**100,0**
140	845	16-09-14 10:11	1692	**97,5**
140	672	19-09-14 9:37	1738	**100,1**
140	459	23-09-14 10:47	1682	**97,0**
140	358	26-09-14 9:48	1695	**97,7**
140	242	1-10-14 8:43	1755	**101,1**
140	226	1-10-14 9:58	1651	**95,2**
140 gemiddeld				**98,1**
142	1287	11-09-14 14:39	1701	**98,0**
142	757	17-09-14 14:28	1678	**96,7**
142 gemiddeld				**97,4**
143	1790	8-09-14 10:33	1799	**103,7**
143	943	15-09-14 19:28	1791	**103,2**
143	868	16-09-14 20:08	1800	**103,8**
143 gemiddeld				**103,6**
150	1781	8-09-14 11:09	1795	**103,5**
150 gemiddeld				**103,5**
151	1720	8-09-14 11:14	1734	**99,9**
151	867	16-09-14 8:33	1725	**99,5**
151 gemiddeld				**99,7**
153	1616	9-09-14 8:39	1759	**101,4**
153	813	17-09-14 7:35	1758	**101,3**
153 gemiddeld				**101,4**
154	1597	9-09-14 14:00	1772	**102,1**
154	715	18-09-14 13:28	1721	**99,2**
154	659	19-09-14 13:34	1730	**99,7**
154 gemiddeld				**100,3**
161	1738	9-09-14 12:27	1918	**110,6**
161 gemiddeld				**110,6**
162	1697	9-09-14 10:25	1859	**107,2**

Referentiewaarde: gem. resultaat, verkregen met RIKILT-referentiemethode (HR-Ge detector)				
Monitornummer	**Activiteit**	**Datum en tijd**	**Activiteit**	**Recovery**
	Bq/kg		**op ref. datum**	
Referentie >	***1735***	**08-09-14 9:00**	**(Bq/kg)**	**(%)**
162 gemiddeld				**107,2**
175	947	16-09-14 13:56	1922	**110,7**
175	731	19-09-14 11:28	1905	**109,8**
175 gemiddeld				**110,3**
201	1765	8-09-14 11:33	1781	**102,7**
201	976	15-09-14 9:24	1786	**103,0**
201	659	19-09-14 12:36	1723	**99,3**
201	438	24-09-14 11:56	1760	**101,4**
201 gemiddeld				**101,6**
203	1746	8-09-14 9:56	1752	**101,0**
203	989	15-09-14 9:20	1811	**104,4**
203	675	19-09-14 12:39	1766	**101,8**
203 gemiddeld				**102,4**
301 (HR Ge-detector)	1310	11-09-14 12:00	1715	**98,9**
301 (HR Ge-detector)	667	19-09-14 12:00	1741	**100,3**
301 gemiddeld				**99,6**
RIKILT (HR Ge-detector)	2835	02-09-14 15:49	1730	99,7
RIKILT (HR Ge-detector)	2682	03-09-14 8:52	1740	100,3
RIKILT gemiddeld			1735	100,0
Gemiddelde alle voedselmonitoren			**2842**	**102,0**
			st.dev.	**4,0**
			aantal	**46**
			max.	**111,1**
			min.	**93,9**

Tabel B

Resultaten Cs-137 en K-40 metingen in weipoeder, juli 2014.

(weipoeder bestaat uit zes verschillende charges t.w. 0, 6, 22, 35, 37 en 39)							
Monitor	**Charge**	**Cs-137**	**Meetdatum**	**Cs-137**	**Cs-137**	**K-40**	**K-40**
nr.	**nr.**	**gemeten**		**op ref.datum**	**recovery**	**gemeten**	**recovery**
		Bq/kg		**Bq/kg**	**%**	**Bq/kg**	**%**
4	0	1242	11-07-14	1475	112	1478	113
4	6	1787	08-07-14	2123	110	1566	116
4	22	985	16-07-14	1171	109	1430	111
4	35	2771	09-07-14	3292	108	1428	109
4	37	476	15-07-14	566	109	1621	118
4	39	1036	14-07-14	1231	110	1468	112
4 gemiddeld					**110**		**113**
5	0	1122	14-07-14	1334	101	1275	98
5	6	1667	08-07-14	1980	103	1316	97
5	22	878	16-07-14	1044	97	1222	95
5	35	2463	09-07-14	2926	96	1301	99
5	37	436	16-07-14	518	100	1330	97
5	39	932	14-07-14	1108	99	1290	99
5 gemiddeld					**99**		**97**
6	0	1097	11-07-14	1303	99	1621	124
6	6	1616	11-07-14	1921	100	1675	124
6	22	878	21-07-14	1044	97	1483	116
6	35	2490	11-07-14	2958	97	1570	120
6	37	438	16-07-14	520	100	1671	122
6	39	904	15-07-14	1074	96	1599	122
6 gemiddeld					**98**		**121**
14	37	418	10-07-14	497	95	1500	110
14	37	436	30-07-14	518	100	1396	102
14 gemiddeld					**98**		**106**
16	22	874	31-07-14	1040	97	1372	107
16 gemiddeld					**97**		**107**
17	6	1454	07-07-14	1727	90	1572	116
17 gemiddeld					**90**		**116**
21	6	1945	11-07-14	2312	120	1813	134
21 gemiddeld					**120**		**134**
28	39	936	07-07-14	1112	100	1451	111
28	39	942	07-07-14	1120	100	1433	110
28 gemiddeld					**100**		**110**
34	35	2742	11-07-14	3258	107	1639	125
34 gemiddeld					**107**		**125**
36	0	1088	16-07-14	1293	98	1478	113
36 gemiddeld					**98**		**113**
44	35	2513	29-07-14	2990	98	1376	105
44 gemiddeld					**98**		**105**
45	6	1547	29-07-14	1840	96	1448	107
45 gemiddeld					**96**		**107**
47	39	882	29-07-14	1049	94	1570	120
47 gemiddeld					**94**		**120**
56	39	891	22-07-14	1060	95	1424	109
56 gemiddeld					**95**		**109**
57	0	1062	07-07-14	1261	95	1515	116

(weipoeder bestaat uit zes verschillende charges t.w. 0, 6, 22, 35, 37 en 39)							
Monitor nr.	**Charge nr.**	**Cs-137 gemeten Bq/kg**	**Meetdatum**	**Cs-137 op ref.datum Bq/kg**	**Cs-137 recovery %**	**K-40 gemeten Bq/kg**	**K-40 recovery %**
57 gemiddeld					**95**		**116**
67	35	2468	23-07-14	2935	96	1450	111
67 gemiddeld					**96**		**111**
69	35	2698	07-07-14	3206	105	1494	114
69	35	2735	30-07-14	3254	107	1581	121
69 gemiddeld					**106**		**117**
74	37	454	17-07-14	539	104	1537	112
74 gemiddeld					**104**		**112**
83	0	1130	15-07-14	1343	102	1560	120
83 gemiddeld					**102**		**120**
106	0	1134	11-07-14	1347	102	1469	113
106	6	1687	08-07-14	2004	104	1543	114
106	22	894	16-07-14	1063	99	1374	107
106	35	2555	09-07-14	3035	100	1458	111
106	37	450	15-07-14	535	103	1558	114
106	39	950	14-07-14	1129	101	1481	113
106 gemiddeld					**101**		**112**
110	6	1803	10-07-14	2143	111	1487	110
110 gemiddeld					**111**		**110**
116	0	1139	14-07-14	1354	102	1381	106
116	6	1676	08-07-14	1991	104	1484	109
116	22	887	16-07-14	1054	98	1356	106
116	35	2578	09-07-14	3063	100	1330	102
116	37	433	15-07-14	515	99	1457	106
116	39	925	15-07-14	1099	99	1418	108
116 gemiddeld					**100**		**106**
131	6	1674	14-07-14	1990	103	1500	111
131 gemiddeld					**103**		**111**
140	35	2449	29-07-14	2914	96	1436	110
140 gemiddeld					**96**		**110**
143	37	395	07-08-14	470	90	1411	103
143 gemiddeld					**90**		**103**
150	37	462	31-07-14	550	106	1481	108
150 gemiddeld					**106**		**108**
151	6	1724	08-07-14	2049	107	1611	119
151 gemiddeld					**107**		**119**
154	6	1631	14-07-14	1939	101	1648	122
154	6	1629	31-07-14	1938	101	1603	118
154 gemiddeld					**101**		**120**
160	37	430	30-07-14	512	98	1499	109
160 gemiddeld					**98**		**109**
161	37	435	17-07-14	517	99	1657	121
161 gemiddeld					**99**		**121**
162	37	439	17-07-14	522	100	1604	117
162 gemiddeld					**100**		**117**
175	37	426	28-07-14	507	98	1553	113

(weipoeder bestaat uit zes verschillende charges t.w. 0, 6, 22, 35, 37 en 39)							
Monitor	**Charge**	**Cs-137**	**Meetdatum**	**Cs-137**	**Cs-137**	**K-40**	**K-40**
nr.	**nr.**	**gemeten**		**op ref.datum**	**recovery**	**gemeten**	**recovery**
		Bq/kg		**Bq/kg**	**%**	**Bq/kg**	**%**
175 gemiddeld					**98**		**113**
201	0	1224	11-07-14	1455	110	1481	114
201	6	1830	08-07-14	2174	113	1534	113
201	22	992	07-07-14	1179	110	1572	123
201	22	994	16-07-14	1181	110	1463	114
201	35	2808	09-07-14	3337	109	1458	111
201	37	488	16-07-14	580	112	1597	117
201	39	1040	15-07-14	1236	111	1450	111
201 gemiddeld					**111**		**115**
203	0	1169	11-07-14	1389	105	1470	113
203	6	1724	08-07-14	2048	107	1578	116
203	22	950	21-07-14	1130	105	1477	115
203	35	2676	09-07-14	3180	104	1524	116
203	37	457	16-07-14	543	104	1641	120
203	39	991	15-07-14	1178	106	1525	117
203 gemiddeld					**105**		**116**
gemiddelde van alle monitoren					**102,3**		**112,5**
				st.dev.	**5,8**	st.dev.	**7,3**
				aantal	**34**	aantal	**34**
				max.	**120,2**	max.	**133,7**
				min.	**89,8**	min.	**95,2**

RIKILT Wageningen UR
Postbus 230
6700 AE Wageningen
T 0317 48 02 56
www.wageningenUR.nl/rikilt

RIKILT-rapport 2015.004

RIKILT Wageningen UR is onderdeel van de internationale kennisorganisatie Wageningen University & Research centre. RIKILT doet onafhankelijk onderzoek naar de veiligheid en betrouwbaarheid van voedsel. Het instituut is gespecialiseerd in de detectie, identificatie, functionaliteit en (mogelijk schadelijke) effectiviteit van stoffen in voedingsmiddelen en diervoeders.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR 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 UR
Postbus 230
6700 AE Wageningen
T 0317 48 02 56
www.wageningenUR.nl/rikilt

RIKILT-rapport 2015.004

RIKILT Wageningen UR is onderdeel van de internationale kennisorganisatie Wageningen University & Research centre. RIKILT doet onafhankelijk onderzoek naar de veiligheid en betrouwbaarheid van voedsel. Het instituut is gespecialiseerd in de detectie, identificatie, functionaliteit en (mogelijk schadelijke) effectiviteit van stoffen in voedingsmiddelen en diervoeders.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR 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.