



Biomonitoringprogramma rond de Reststoffen EnergieCentrale (REC) Harlingen

Januari tot en met december 2017

C.J. van Dijk, A.J. van Alfen & W. de Visser

Biomonitoringprogramma rond de Reststoffen EnergieCentrale (REC) Harlingen

Januari tot en met december 2017

C.J. van Dijk, A.J. van Alfen & W. de Visser

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, mei 2018

Rapport WPR-798

Van Dijk, C.J., A.J. van Alfen & W.de Visser, 2018. *Biomonitoringprogramma rond de Reststoffen EnergieCentrale (REC) Harlingen; Januari tot en met december 2017*. Wageningen Research, Rapport WPR-798. 44 blz.; 9 fig.; 7 tab.; 27 ref.

Trefwoorden: biomonitoring, gewassen, koemelk, zware metalen, PAK's, dioxines, fluoride

© 2018 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Agrosysteemkunde, Postbus 16, 6700 AA Wageningen; T 0317 48 07 00; www.wur.nl/plant-research

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Rapport WPR-798

Foto omslag: Bakken met spinazie op een meetpunt (Wageningen Plant Research)

Inhoud

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
2	Resultaten	9
	2.1 Cadmium	9
	2.1.1 Metingen 2017	9
	2.1.2 Trendmatig verloop 2010-2017	11
	2.2 Kwik	12
	2.2.1 Metingen 2017	12
	2.2.2 Trendmatig verloop 2010-2017	13
	2.3 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen	14
	2.3.1 Metingen 2017	14
	2.3.2 Trendmatig verloop 2010-2017	15
	2.4 Dioxinen en dioxine-achtige PCB's	17
	2.4.1 Metingen 2017	17
	2.4.2 Trendmatig verloop 2010-2017	17
	2.5 Fluoriden	18
	2.5.1 Kalkpapiermetingen 2017	18
	2.5.2 Trendmatig verloop kalkpapiermetingen 2010-2017	19
	2.5.3 Gras-metingen 2017	20
	2.5.4 Trendmatig verloop gras-metingen 2010-2017	21
	2.6 Meldingen	22
3	Evaluatie	23
	3.1 Zware metalen cadmium en kwik	23
	3.2 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)	23
	3.3 Dioxinen en dioxine-achtige PCB's	24
	3.4 Fluoriden	24
4	Conclusies	26
	Literatuur	28
	Bijlage 1 Toetsingskader	30
	Bijlage 2 Opzet biomonitoringprogramma	32
	Bijlage 3 Meteorologische gegevens	39
	Bijlage 4 PAK-gehalten per component in spinazie en boerenkool	41
	Bijlage 5 Dioxinen en PCB's in koemelk	43

Samenvatting

Omrin heeft als exploitant van de Reststoffen Energie Centrale (REC) aan de Industriehaven in Harlingen een overeenkomst gesloten met LTO Noord om negatieve effecten op het agrarisch productiemilieu bij exploitatie van de installatie zoveel mogelijk te vermijden. In het kader van de overeenkomst is in 2010 een biomonitoringprogramma geïmplementeerd rond de installatie in aanbouw. De installatie is operationeel vanaf april 2011. In het depositiegebied van de installatie bevinden zich voornamelijk akkerbouwbedrijven, veehouderijen en enkele glastuinbouwbedrijven.

Het biomonitoringprogramma rond de REC is in 2017 voortgezet en bestaat uit vijf meetpunten waar gevoelige en sterk accumulerende plantensoorten op een gestandaardiseerde wijze jaarrond worden geteeld. Na een bepaalde expositietijd worden de planten visueel beoordeeld en geanalyseerd op een aantal componenten die door de installatie worden geëmitteerd, namelijk cadmium, kwik, polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's), dioxinen en fluoriden. In dit rapport worden de resultaten over de periode januari – december 2017 gepresenteerd. Daarnaast worden in de vorm van grafieken, naast de resultaten uit het afgelopen jaar ook de resultaten uit voorgaande jaren gepresenteerd om een beeld te geven van de trend over langere termijn.

De belangrijkste conclusies zijn:

- De cadmium en kwikgehalten in de gewassen binnen de directe invloedssfeer van de REC komen overeen met het lokale achtergrondniveau (referentiemeetpunt). Het lange termijn belastingniveau is redelijk constant, er is geen sprake van een dalende of stijgende trend ten opzichte van het niveau zoals dat bij de nulmeting is vastgesteld zonder bijdrage van de REC (2010);
- Het maximaal toelaatbare gehalte voor cadmium is niet overschreden en de kwikgehalten waren relatief laag. Dit betekent dat er geen sprake is geweest van een potentieel risico met betrekking tot de consumptiekwiteit van de onderzochte gewassen;
- Op verschillende meetpunten rond de installatie en verspreid over het seizoen kwamen PAK-gehalten voor hoger dan op het referentiepunt. Er was echter geen verband aantoonbaar tussen de gesommeerde PAK gehalten en het aantal uren wind vanaf de REC naar de afzonderlijke meetpunten. Er is geen sprake van een dalende of stijgende trend ten opzichte van het niveau zoals dat bij de nulmeting is vastgesteld zonder bijdrage van de REC (2010);
- De gehalten aan dioxinen in koemelk kwamen overeen met het landelijk achtergrondniveau. Het lange termijn belastingniveau is redelijk constant, er is geen sprake van een dalende of stijgende trend;
- Het maximaal toelaatbare gehalte voor dioxinen en PCB's in koemelk is niet overschreden. Dit betekent dat er geen sprake is geweest van een potentieel risico met betrekking tot de consumptiekwiteit van de onderzochte koemelk;
- De fluoridengehalten in kalkpapiertjes (als indicatie voor gasvormige fluoriden in de lucht) waren relatief laag en er zijn geen eenduidige verschillen gevonden tussen de gehalten rond de installatie en het referentiepunt. Er lijkt echter sprake van een licht dalende trend in de atmosferische fluoridenbelasting ten opzichte van het tijdstip van de nulmeting waarbij inmiddels de ondergrens is bereikt van wat nog meetbaar is;
- Er zijn geen aanwijzingen dat het maximaal toelaatbare risiconiveau voor fluoriden in de lucht (MTRLucht) is overschreden. De atmosferische fluoridenconcentraties vormen geen risico voor gevoelige plantensoorten;

-
- In de winterperiode waren enkele fluoriden gehalten in gras rond de installatie hoger dan op grond van het seizoenpatroon werd verwacht en ook hoger dan op het referentiepunt. Er was echter geen verband aantoonbaar tussen gehalten en het aantal uren wind vanaf de REC naar de afzonderlijke meetpunten. Er is geen sprake van een dalende of stijgende trend ten opzichte van het niveau zoals dat bij de nulmeting is vastgesteld zonder bijdrage van de REC (2010);
 - De adviesnorm voor fluoriden is tweemaal overschreden. Met betrekking tot het risico voor vee zijn de gevonden fluoridengehalten van weinig tot geen betekenis;
 - In 2017 is geen schade gemeld aan gewassen in de omgeving van de REC;
 - Er zijn geen aanwijzingen dat de emissie van de REC invloed heeft gehad op de kwaliteit van agrarische gewassen en producten in de omgeving van de installatie. Het algemene beeld van gemiddelde belastingniveaus op achtergrondniveau rond de installatie komt overeen met dat van andere biomonitoringprogramma's rond afvalverbrandingsinstallaties in Nederland. Incidenteel is een meetwaarde (net) boven het achtergrondniveau aangetroffen.

1 Inleiding

Omrin heeft als exploitant van de Reststoffen Energie Centrale (REC) aan de Industriehaven in Harlingen een overeenkomst gesloten met LTO Noord om negatieve effecten op het agrarisch productiemilieu bij exploitatie van de installatie zoveel mogelijk te vermijden. In het kader van de overeenkomst is in 2010 een biomonitoringprogramma geïmplementeerd rond de installatie. De resultaten van de metingen in 2010 hebben een beeld opgeleverd van de bestaande belasting in het agrarisch gebied ten noordoosten van Harlingen zonder bijdrage van de REC (Van Dijk & van Alfen, 2011). Vanaf april 2011 is de installatie operationeel en worden gereinigde rookgassen via een centrale schoorsteen geëmitteerd naar de lucht. Onder de overheersende windrichting zullen de rookgassen zich vooral in noordnoordoostelijke richting verspreiden. In het depositiegebied bevinden zich voornamelijk akkerbouwbedrijven, veehouderijen en enkele glastuinbouwbedrijven.

In het biomonitoringprogramma worden planten ingezet als indicatoren of als accumulatoren. Indicatoren zijn gevoelige plantensoorten die met min of meer specifieke zichtbare symptomen reageren op een bepaalde luchtverontreinigingscomponent. Accumulatoren zijn plantensoorten die een bepaalde component relatief snel uit de lucht opnemen en opslaan meestal zonder dat daarbij zichtbare effecten optreden. Doel van het monitoringprogramma is het vroegtijdig registreren van mogelijke effecten van de uitstoot van de installatie. Door de keuze van gevoelige plantensoorten en relevante biologische producten (zoals koemelk) heeft een biomonitoringprogramma voornamelijk een signaalfunctie. Dit betekent dat zolang er op de meetpunten rond de betreffende installatie geen duidelijke overschrijding van normen of achtergrondwaarden plaatsvindt er geen negatieve effecten te verwachten zijn op de overige gewassen en producten die in de omgeving van de installatie worden verbouwd of geproduceerd. Deze aanpak heeft als voordeel dat er met een beperkt meetprogramma toch adequaat een vinger aan de pols kan worden gehouden met betrekking tot de milieukwaliteit rond de installatie. Alleen in het geval dat de resultaten op de meetpunten daar aanleiding toe geven kan het onderzoek worden uitgebreid naar gewassen in het veld.

Het monitoringprogramma bestaat uit vijf meetpunten waar gevoelige en sterk accumulerende plantensoorten op een gestandaardiseerde wijze jaarrond worden geteeld. Na een bepaalde expositietijd worden de planten visueel beoordeeld en geanalyseerd op een aantal componenten die door de installatie geëmitteerd worden, namelijk cadmium, kwik, polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's), dioxinen en fluoriden. De analyseresultaten worden geëvalueerd door ze te vergelijken met gehalten gemeten op een referentielocatie buiten de invloedssfeer van de installatie, landelijke achtergrondgehalten en normen voor consumptie- of veevoerkwaliteit.

In dit jaarrapport wordt een overzicht gegeven van de metingen die in de periode januari tot en met december 2017 zijn uitgevoerd. Op verschillende tijdstippen zijn analyses uitgevoerd in spinazie, boerenkool, koemelk, gras en 'kalkpapiertjes' (Tabel 1). Naast de resultaten van het afgelopen jaar worden ook de resultaten uit voorgaande jaren in samengevatte vorm gepresenteerd om een beeld te geven van de trend over langere termijn. Waar mogelijk is in de grafieken ook de norm en de bandbreedte voor het achtergrondniveau weergegeven (zie verder Bijlage 1). Bij de interpretatie dient rekening gehouden te worden met het gegeven dat de jaargemiddelden betrekking hebben op verschillende perioden van het jaar. Dit is afhankelijk van het gewas, zo wordt spinazie alleen in voorjaar en zomer geteeld en boerenkool alleen in de herfst en winterperiode.

Indien verschillen in gehalten tussen meetpunten daar aanleiding toe geven is de relatie met de windrichtinggegevens in beeld gebracht (zie ook Bijlage 3). Gehalten in gewassen blijken namelijk bij constante emissie redelijk gecorreleerd te zijn met het aantal uren dat er wind uit de richting van een bron naar de verschillende meetpunten waait. Een significante correlatie is geen bewijs dat er ook een causaal verband zou bestaan voor wat de bijdrage betreft van de installatie aan deze gehalten. Andere factoren spelen ook een rol zoals variatie in emissie, windsnelheid, landschapskarakteristieken en

opname-eigenschappen van het gewas. Desondanks blijkt het leggen van genoemde relatie een nuttige bijdrage te leveren aan de evaluatie van de resultaten.

In Hoofdstuk 2 worden de resultaten per component gepresenteerd, toegelicht en wordt een beeld gegeven van de trendmatige ontwikkeling over de jaren dat het biomonitoringprogramma operationeel is (2010-2017). Vervolgens worden in Hoofdstuk 3 de bevindingen geëvalueerd en in perspectief geplaatst en tenslotte worden in Hoofdstuk 4 de belangrijkste conclusies gepresenteerd. Informatie met betrekking tot normstelling en achtergrondgehalten is te vinden in Bijlage 1. Informatie over de opzet en uitvoering van het biomonitoringprogramma en een toelichting op de keuze van de verschillende componenten is toegevoegd als Bijlage 2. Enkele meteorologische gegevens zijn als Bijlage 3 toegevoegd.

Tabel 1 Tijdsplanning voor waarnemingen en monsternames in 2017.

Indicator	Weeknummer												
	2	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50
Spinazie					•	•	•	•	•				
Boerenkool		•									•		•
Gras	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Koemelk						•				•			
'Kalkpapiertjes'	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

2 Resultaten

2.1 Cadmium

2.1.1 Metingen 2017

De cadmiumgehalten in spinazie (Tabel 2) varieerden van 31 tot 82 $\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g. en bleven daarmee ruim onder het maximaal toelaatbare gehalte voor bladgroenten van 200 $\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g. (EC, 2008). Het hoogste gehalte is gevonden in week 22 (mei/juni) op meetpunt 2. In deze periode zijn zowel rond de installatie als op het referentiepunt vergelijkbare gehalten gevonden. Het referentiepunt geeft een indicatie van het lokale achtergrondniveau omdat het buiten de invloedssfeer van de installatie ligt. Ook voor de overige expositieperioden geldt dat de gehalten rond de installatie redelijk overeen kwamen met het referentiepunt.

De gehalten in boerenkool varieerden van 12 tot 32 $\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g. (Tabel 2), ook ruim onder het maximaal toelaatbare gehalte voor bladgroenten. Voor alle expositieperioden geldt dat de gehalten op de meetpunten rond de installatie redelijk overeen kwamen met het referentiepunt.

De gehalten in spinazie en boerenkool gaven geen directe aanleiding voor een nadere analyse van de windrichtinggegevens. Maar voor de vergelijkbaarheid met voorgaande rapportages is de analyse wel gemaakt. Hiervoor is per expositieperiode het aantal uren wind uit de richting van de REC naar elk afzonderlijk meetpunt bepaald (Bijlage 3). Hieruit bleek dat er geen significant verband aantoonbaar was tussen de gevonden gehalten en het aantal uren dat er gedurende een expositieperiode wind heeft gewaaid vanuit de richting van de REC naar de meetpunten rond de installatie (Figuur 1). Voor boerenkool is ook geen verband gevonden. Het is aannemelijk dat de emissie van de REC geen invloed heeft gehad op de gevonden cadmiumgehalten.

Volledigheidshalve kan nog gemeld worden dat bij beide gewassen geen specifieke zichtbare symptomen zijn waargenomen als gevolg van een verhoogde cadmiumopname. Dat was ook niet te verwachten want zichtbare symptomen treden pas op bij gehalten ruim boven de norm van 200 $\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g. (Stoop & Rennen, 1991).

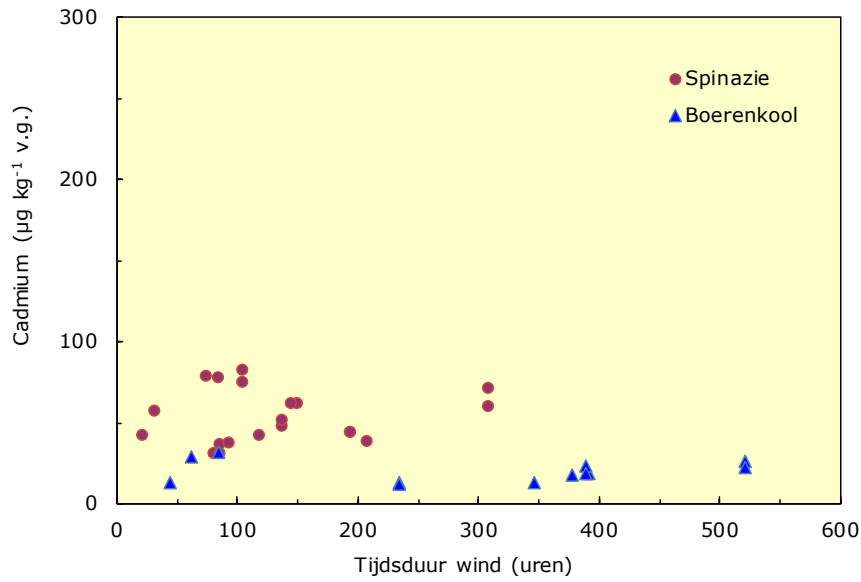
Tabel 2 Cadmiumgehalten in spinazie en boerenkool ($\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g.).

Gewas	Monster- name	Expositie (weken)	Meetp 1	Meetp 2 ¹	Meetp 3 ¹	Meetp 4	Meetp 5 (referentiepunt)	Achter- grond ²	MAX ³
Spinazie	Week 18	8	62	71	60	62	78		200
	Week 22	4	78	82	75	79	77		200
	Week 26	4	42	48	51	57	76		200
	Week 30	4	31	36	31	37	34		200
	Week 34	4	38	44	44	42	41		200
	Gemiddelde			50	56	52	55	61	50 - 122
Boerenkool	Week 6	8	13	13	12	13	12		200
	Week 42	8	19	23	19	29	20		200
	Week 50	8	18	26	22	32	26		200
	Gemiddelde			17	21	18	25	19	12 - 29

¹ Meetpunten 2 en 3 liggen onder dezelfde windrichting op respectievelijk ca. 1300 en 3200 m ten NO van de installatie.

² Bandbreedte achtergrondniveau (zie Bijlage 1 voor toelichting).

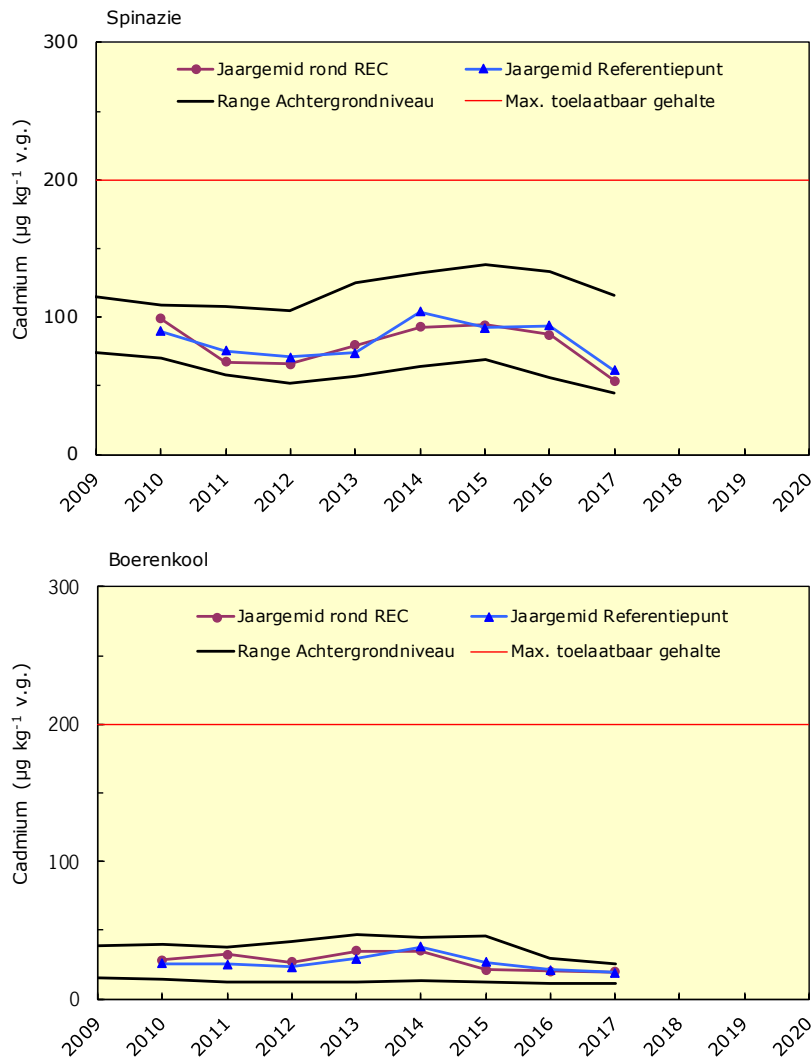
³ MAXimaal toelaatbaar gehalte voor bladgroenten (EU, 2008).



Figuur 1 Cadmiumgehalte in spinazie en boerenkool ($\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g.) in relatie tot het aantal uren dat er gedurende de expositieperioden wind heeft gewaaid vanuit de richting van de REC naar de vier meetpunten rond de installatie.

2.1.2 Trendmatig verloop 2010-2017

In het afgelopen jaar (2017) was er voor zowel spinazie als boerenkool geen eenduidig verschil tussen de gemiddelde belasting binnen de invloedssfeer van de REC en het referentiepunt (Figuur 2). De jaargemiddelde gehalten lagen voor zowel spinazie als boerenkool binnen de bandbreedte van het achtergrondniveau. Het gemiddelde niveau in spinazie nam af ten opzichte van voorgaande jaar, de gehalten in boerenkool waren nagenoeg gelijk. Afgezien van (kleine) fluctuaties tussen jaren is er geen sprake van een duidelijke dalende of stijgende trend in de cadmiumbelasting ten opzichte van de nulmeting, zonder bijdrage van de REC (2010).



Figuur 2 Trendmatig verloop van het jaargemiddelde cadmiumgehalte ($\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g.) in spinazie (boven) en boerenkool (beneden) in de directe omgeving van de REC en het referentiepunt buiten de directe invloedssfeer van de installatie. De rode lijn geeft het maximaal toelaatbare gehalte voor bladgroenten weer, de zwarte lijnen de bandbreedte van het achtergrondniveau (Bijlage 1). NB. In 2010 was de REC nog niet operationeel.

2.2 Kwik

2.2.1 Metingen 2017

De kwikgehalten in spinazie waren relatief laag, variërend van 1,4 tot 2,3 $\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g. (Tabel 3). De hoogste gehalten zijn gemeten in week 34 (augustus). Voor alle expositieperioden geldt dat de gehalten op de meetpunten rond de installatie nagenoeg overeen kwamen met de gehalten op het referentiepunt (lokaal achtergrondniveau).

De kwikgehalten in boerenkool varieerden van 1,8 tot 8,2 $\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g. In week 6 waren de gehalten op alle meetpunten, inclusief het referentiepunt iets hoger ten opzichte van de expositieperioden later in het jaar. Ook voor boerenkool geldt dat de gehalten op de meetpunten rond de installatie nagenoeg overeen kwamen met de gehalten op het referentiepunt. Voor kwik in bladgroenten is geen maximaal toelaatbaar gehalte vastgesteld waaraan de gehalten getoetst kunnen worden.

Ook voor kwik geldt dat bij beide gewassen geen specifieke zichtbare symptomen zijn waargenomen als gevolg van een verhoogde kwikopname. Dat was ook niet te verwachten want zichtbare symptomen treden pas op bij gehalten ruim boven de 200 $\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g. (Stoop & Rennen, 1991).

Tabel 3 Kwikgehalten in spinazie en boerenkool ($\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g.).

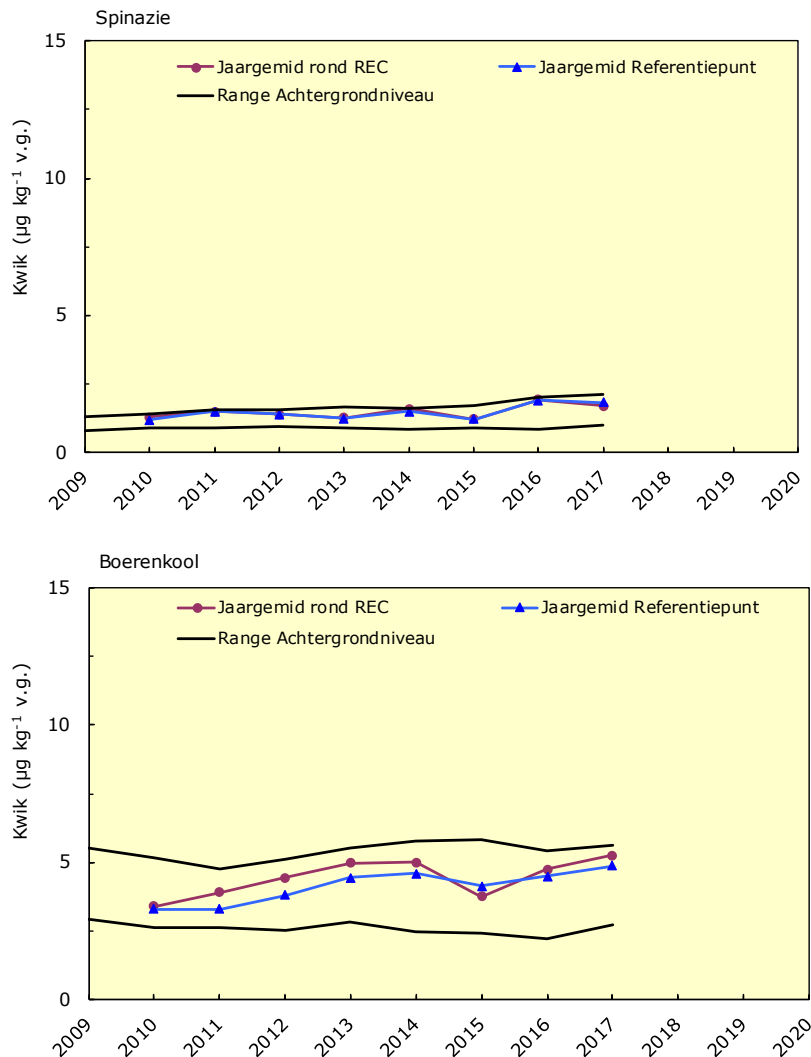
Gewas	Monster- name	Expositie (weken)	Meetp 1	Meetp 2 ¹	Meetp 3 ¹	Meetp 4	Meetp 5 (referentiepunt)	Achter- grond ²
Spinazie	Week 18	8	1,5	1,6	1,4	1,6	2,0	
	Week 22	4	1,4	1,6	1,5	1,7	1,6	
	Week 26	4	1,7	1,9	1,8	1,8	2,1	
	Week 30	4	1,4	1,6	1,4	1,5	1,6	
	Week 34	4	2,3	1,9	2,2	2,0	2,0	
	Gemiddelde			1,7	1,7	1,7	1,7	1,9
Boerenkool	Week 6	8	7,6	8,2	7,6	7,8	7,3	
	Week 42	8	2,0	2,6	1,8	2,4	1,8	
	Week 50	8	5,0	6,4	5,6	6,1	5,6	
	Gemiddelde			4,9	5,7	5,0	5,4	4,9

¹ Meetpunten 2 en 3 liggen onder dezelfde windrichting op respectievelijk ca. 1300 en 3200 m ten NO van de installatie.

² Bandbreedte achtergrondniveau (zie Bijlage 1 voor toelichting).

2.2.2 Trendmatig verloop 2010-2017

In het afgelopen jaar (2017) was er voor zowel spinazie als boerenkool geen eenduidig verschil tussen de kwikbelasting binnen de invloedssfeer van de installatie en het referentiepunt (Figuur 3). De jaargemiddelde kwikgehalten in spinazie en boerenkool lagen binnen de bandbreedte van het achtergrondniveau. Zowel rond de installatie als op het referentiepunt was het gemiddelde niveau in spinazie nagenoeg gelijk ten opzichte van het voorgaande jaar, in boerenkool liet het niveau een lichte stijging zien. Afgezien van kleine fluctuaties tussen jaren is er geen sprake van een duidelijke dalende of stijgende trend ten opzichte van de nulmeting, zonder bijdrage van de REC (2010).



Figuur 3 Trendmatig verloop van het jaargemiddelde kwikgehalte ($\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g.) in spinazie (boven) en boerenkool (beneden) in de directe omgeving van de REC en het referentiepunt buiten de directe invloedssfeer van de installatie. De zwarte lijnen geven de bandbreedte van het achtergrondniveau weer (zie Bijlage 1). Voor kwik is geen maximaal toelaatbare gehalte voor bladgroenten vastgesteld. NB. In 2010 was de REC nog niet operationeel.

2.3 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen

2.3.1 Metingen 2017

Uit deze groep van organische verbindingen zijn de uit toxiciteitsoogpunt 16 belangrijkste componenten bepaald en gesommeerd (Tabel 4). De gehalten per individuele component zijn weergegeven in Bijlage 4. De PAK-gehalten in spinazie varieerden van 55 tot 147 $\mu\text{g kg}^{-1}$ d.s. De hoogste waarde is gevonden in week 18 (mei) op meetpunt 2, op ca. 1300 m ten noordoosten van de installatie en was hoger dan op het referentiepunt (lokaal achtergrondniveau). Ook op de meetpunten 3 en 4 zijn verspreid over het seizoen enkele gehalten gevonden die hoger waren dan op het referentiepunt.

De PAK-gehalten in boerenkool varieerden tussen 88 en 344 $\mu\text{g kg}^{-1}$ d.s. De hoogste waarde is gevonden in week 6 op meetpunt 3. Ook op het referentiepunt is in deze expositieperiode een relatief hoge waarde gevonden. In week 42 en 50 zijn op de meetpunten rond de installatie enkele gehalten gevonden hoger dan op het referentiepunt. Voor PAK in bladgroenten is geen maximaal toelaatbaar gehalte vastgesteld.

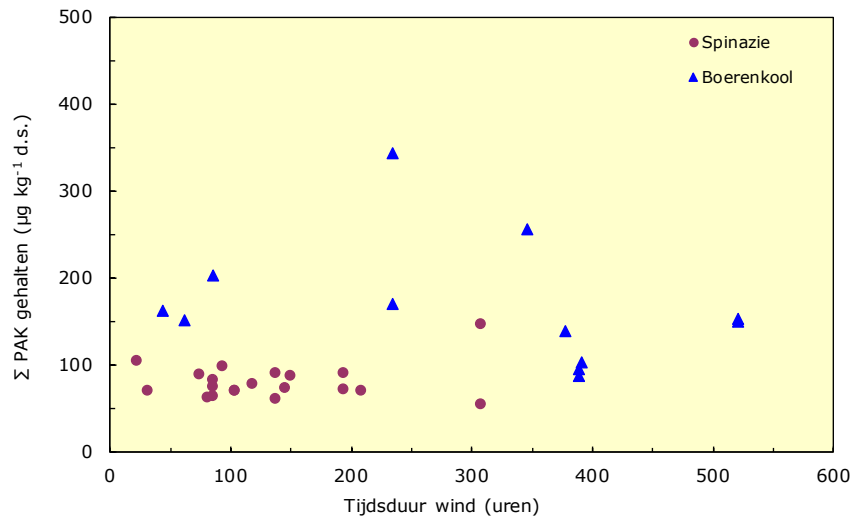
Op grond van de variatie in gehalten zijn de windrichtinggegevens geanalyseerd. Hiervoor is per expositieperiode het aantal uren wind uit de richting van de REC naar elk afzonderlijk meetpunt bepaald (Bijlage 3). Uit de analyse bleek dat er geen significant verband aantoonbaar was tussen de gesommeerde PAK gehalten in spinazie en boerenkool op de meetpunten rond de installatie en het aantal uren wind vanaf de REC naar de afzonderlijke meetpunten (Figuur 4). Het gehalten in spinazie van 147 $\mu\text{g kg}^{-1}$ d.s. is wel gemeten na de expositieperiode met het meeste aantal uren wind (308) uit de richting van de installatie naar het betreffende meetpunt maar lijkt toch een uitschieter. Voor de gehalten in boerenkool geldt dat het hoogste gehalte (344) is gemeten na de periode met 234 uren wind uit de richting van de installatie. Bij meer uren wind uit de richting van de installatie zijn echter ook lagere gehalten gevonden van ca. 100 $\mu\text{g kg}^{-1}$ d.s. Op grond van deze resultaten is het niet aannemelijk dat de emissie van de REC van invloed is geweest op de gevonden PAK-gehalten.

Tabel 4 Totaal PAK-gehalten in spinazie en boerenkool ($\mu\text{g kg}^{-1}$ d.s.).

Gewas	Monster-name	Expositie (weken)	Meetp 1	Meetp 2 ¹	Meetp 3 ¹	Meetp 4	Meetp 5 (referentiepunt)	Achtergrond ²
Spinazie	Week 18	8	88	147	55	73	46	
	Week 22	4	83	70	71	90	69	
	Week 26	4	78	62	91	70	68	
	Week 30	4	63	65	76	99	60	
	Week 34	4	70	72	91	105	65	
	Gemiddelde			76	83	77	87	62
Boerenkool	Week 6	8	256	170	344	162	152	
	Week 42	8	104	95	88	151	70	
	Week 50	8	140	154	150	204	151	
	Gemiddelde			167	140	194	172	124

¹ Meetpunten 2 en 3 liggen onder dezelfde windrichting op respectievelijk ca. 1300 en 3200 m ten NO van de installatie.

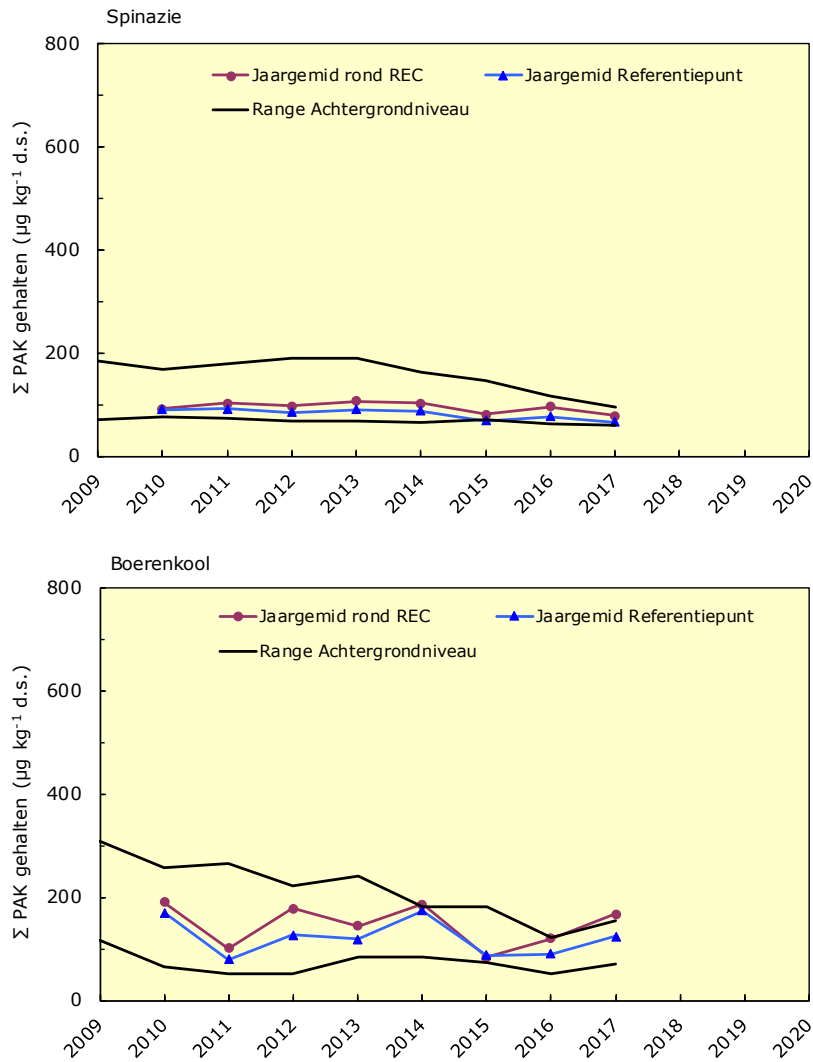
² Bandbreedte achtergrondniveau (zie Bijlage 1 voor toelichting).



Figuur 4 Totaal PAK-gehalte in spinazie en boerenkool ($\mu\text{g kg}^{-1}$ d.s.) in relatie tot het aantal uren dat er gedurende de expositieperioden wind heeft gewaaid vanuit de richting van de REC naar de afzonderlijke meetpunten.

2.3.2 Trendmatig verloop 2010-2017

In het afgelopen jaar (2017) was er voor spinazie geen eenduidig verschil tussen de gemiddelde PAK belasting binnen de invloedssfeer van de REC en het referentiepunt (Figuur 5). De jaargemiddelde gehalten op zowel de meetpunten rond de installatie als het referentiepunt lagen binnen de bandbreedte van het achtergrondniveau en waren nagenoeg gelijk aan die van vorig jaar. Het gemiddelde gehalte in boerenkool binnen de invloedssfeer van de installatie was, net als in het voorgaande jaar iets hoger dan op het referentiepunt en lag net buiten de bandbreedte van het achtergrondniveau. De gehalten in boerenkool laten zowel rond de installatie als op het referentiepunt een lichte stijging zien. Afgezien van de fluctuaties tussen jaren is er geen sprake van een duidelijke dalende of stijgende trend in de PAK belasting ten opzichte van de nulmeting, zonder bijdrage van de REC (2010).



Figuur 5 Trendmatig verloop van het jaargemiddelde PAK gehalte ($\mu\text{g kg}^{-1}$ d.s.) in spinazie (boven) en boerenkool (beneden) in de directe omgeving van de REC en het referentiepunt buiten de directe invloedssfeer van de installatie. De zwarte lijnen geven de bandbreedte van het achtergrondniveau weer (zie Bijlage 1). Voor PAK's is geen maximaal toelaatbare gehalte voor bladgroenten vastgesteld. NB. In 2010 was de REC nog niet operationeel.

2.4 Dioxinen en dioxine-achtige PCB's

2.4.1 Metingen 2017

Uit deze groep van organische verbindingen zijn de uit toxiciteitsoogpunt belangrijkste dioxineverbindingen en dioxine-achtige PCB's bepaald en gesommeerd (Tabel 5). De gehalten per individuele component zijn weergegeven in Bijlage 5. Het gemiddelde dioxinegehalte in koemelk van vee dat een deel van het voer heeft gekregen uit het maximum depositiegebied van de installatie kwam overeen met het landelijk achtergrondniveau voor Nederland en bleef daarmee ruim onder het maximaal toelaatbare gehalte voor melk en melkproducten van 2,5 pg TEQ g⁻¹ vet. De dioxine-achtige PCB gehalten waren relatief laag ten opzichte van het landelijk achtergrondniveau waardoor de som van dioxinen plus dioxine-achtige PCB's ruim beneden het maximaal toelaatbare gehalte voor melk en melkproducten van 5,5 pg TEQ g⁻¹ vet bleef.

Tabel 5 Gehalte aan dioxinen en dioxine-achtige PCB's in koemelk (pg TEQ/g vet).

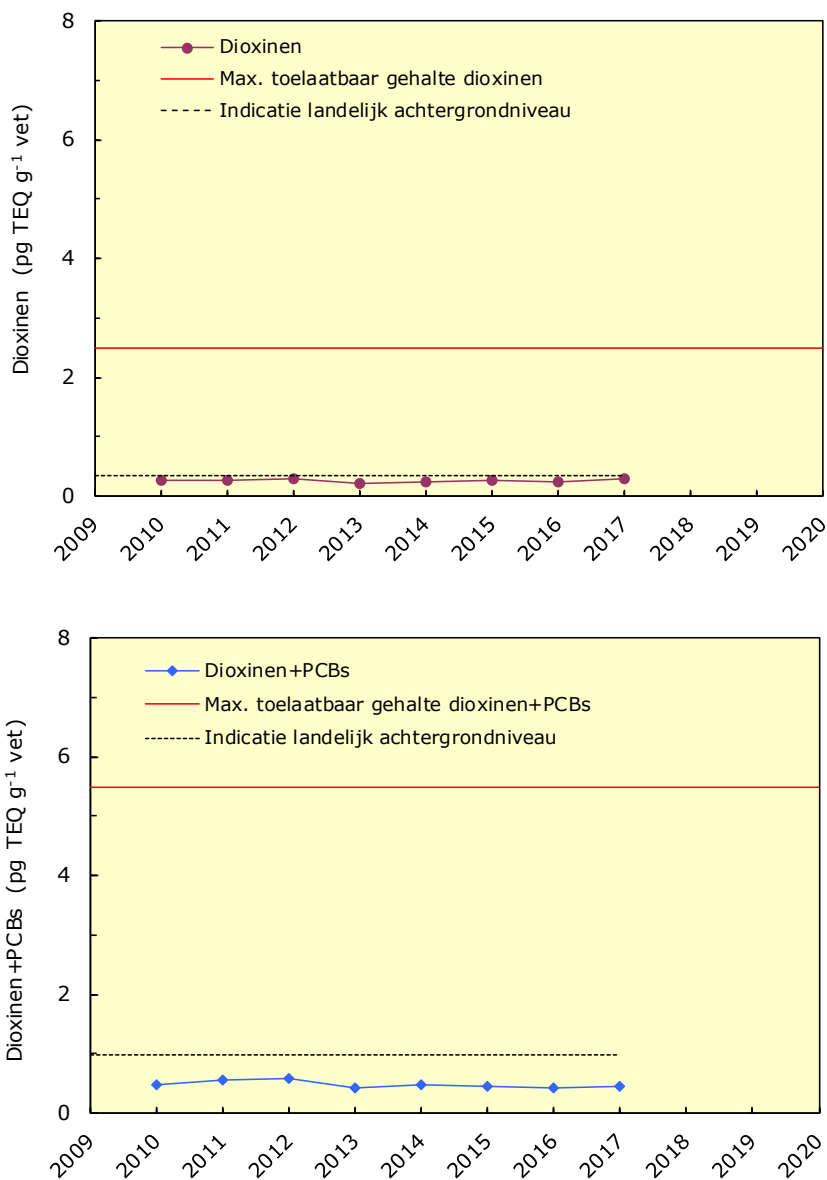
Componenten	Monstername	Gehalte (pg TEQ/g vet)	Achter- grond ¹	MAX ²
Dioxinen	Week 22	0,41		2,5
	Week 38	0,17		2,5
	Gemid.	0,29	0,34 (0,45)	
PCB's	Week 22	0,15		
	Week 38	0,19		
	Gemid.	0,17	0,64 (0,89)	
Dioxinen+PCB's	Week 22	0,56		5,5
	Week 38	0,36		5,5
	Gemid.	0,46	0,98 (-)	

¹ Gemiddelde achtergrondniveau in Nederland, tussen haakjes het 99-percentiel (zie Bijlage 1 voor toelichting).

² MAXimaal toelaatbaar gehalte voor melk en melkproducten in pg TEQ/g vet (EC, 2011).

2.4.2 Trendmatig verloop 2010-2017

Het gemiddelde gehalte aan dioxinen en dioxinen+PCB's in koemelk was nagenoeg gelijk aan dat van voorgaande jaren (Figuur 6). Er is geen sprake van een duidelijke dalende of stijgende trend ten opzichte van de nulmeting, zonder bijdrage van de REC (2010).



Figuur 6 Trendmatig verloop van het gemiddelde gehalte aan dioxinen (boven) en dioxinen plus PCB's (onder) in koemelk (pg TEQ/g vet). De rode lijnen geven het maximaal toelaatbare gehalte weer voor respectievelijk dioxinen en dioxinen plus PCB's. De stippellijnen geven een indicatie van landelijk achtergrondniveau weer. NB. In 2010 was de REC nog niet operationeel.

2.5 Fluoriden

2.5.1 Kalkpapiermetingen 2017

De fluoridengehalten in kalkpapiertjes (Tabel 6) varieerden van 'beneden de aantoonbaarheidsgrens' (<0,07) tot 0,12 µg per gram per dag (µg g⁻¹d⁻¹). De hoogste waarde is gemeten in de periode maart-april op meetpunt 2. In 88% van de monsters lag het gehalte beneden de aantoonbaarheidsgrens.

De MTR_{lucht} (maximaal toelaatbaar risiconiveau voor lucht) als jaargemiddelde komt overeen met een gehalte in kalkpapier van ca. 0,16 µg g⁻¹ d⁻¹ (zie ook Bijlage 1 en 2). De gemiddelde gehalten op zowel de meetpunten rond de installatie als op het referentiepunt lagen rond de aantoonbaarheidsgrens, en bleven daarmee ruim beneden de MTR_{lucht}. Het is niet aannemelijk dat de emissie van de REC van invloed is geweest op de fluoridengehalten in kalkpapieren.

Tabel 6 Fluoridengehalten in kalkpapieren ($\mu\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$) na een expositieperiode van vier weken.

Monstername	Meetp 1	Meetp 2 ¹	Meetp 3 ¹	Meetp 4	Meetp 5 (referentiepunt)	Achtergrond ²	MTR _{lucht} ³
15-12/11-01	<0,07 ⁴	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07		
12-01/08-02	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07		
09-02/08-03	<0,07	0,08	0,09	<0,07	<0,07		
09-03/05-04	<0,07	0,12	0,07	<0,07	<0,07		
06-04/03-05	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07		
04-05/31-05	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	0,07		
01-06/28-06	<0,07	<0,07	<0,07	0,08	<0,07		
29-06/26-07	<0,07	<0,07	<0,07	0,07	<0,07		
27-07/23-08	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07		
24-08/20-09	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07		
21-09/18-10	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07		
19-10/15-11	<0,07	<0,07	<0,07	0,11	<0,07		
16-11/13-12	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07		
Gemiddelde	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	≤0,08	0,16

¹ Meetpunten 2 en 3 liggen onder dezelfde windrichting op respectievelijk ca. 1300 en 3200 m ten NO van de installatie.

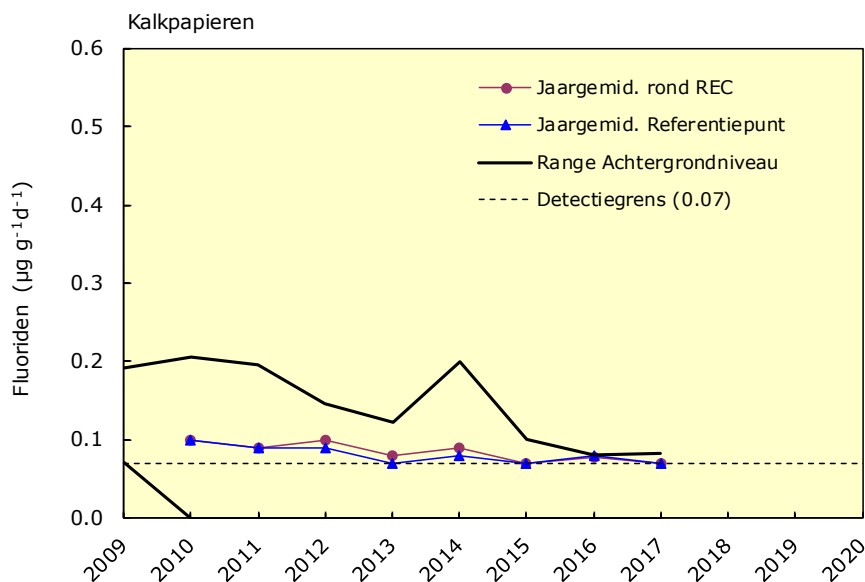
² Bandbreedte achtergrondniveau (zie Bijlage 1 voor toelichting).

³ Maximaal toelaatbaar risiconiveau voor lucht.

⁴ <: gehalte beneden de aantoonbaarheidsgrens, bij berekeningen is de waarde van de aantoonbaarheidsgrens aangehouden.

2.5.2 Trendmatig verloop kalkpapiermetingen 2010-2017

In het afgelopen jaar (2017) was er geen eenduidig verschil tussen de gemiddelde atmosferische fluoridenbelasting binnen de invloedssfeer van de REC en het referentiepunt (Figuur 7). Er lijkt sprake van een licht dalende trend in de atmosferische fluoridenbelasting ten opzichte van het tijdstip van de nulmeting, zonder bijdrage van de REC (2010). Inmiddels liggen de jaargemiddelde gehalten rond de aantoonbaarheidsgrens en hebben daarmee de ondergrens van wat nog meetbaar is bereikt.



Figuur 7 Trendmatig verloop van het gemiddelde fluoridengehalte in kalkpapieren ($\mu\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$) in de directe omgeving van de REC en het referentiepunt buiten de directe invloedssfeer van de installatie. De zwarte lijnen geven de bandbreedte van het achtergrondniveau weer (zie Bijlage 1).

NB. In 2010 was de REC nog niet operationeel.

2.5.3 Gras-metingen 2017

De fluoridgehalten in gras rond de REC (Tabel 7) volgden globaal het normale seizoenspatroon met hogere gehalten in de winter en lagere gehalten in de zomer. De gehalten varieerden van 'beneden de aantoonbaarheidsgrens' (<1) tot 42,7 µg g⁻¹ d.s. De hoogste waarde is gemeten in week 49 (november) op meetpunt 4. In de winterperiode waren enkele meetwaarden rond de installatie hoger dan op grond van het seizoenpatroon werd verwacht en ook hoger dan op het referentiepunt. De adviesnorm voor veevoer voor jongvee van 25 µg g⁻¹ d.s. als absoluut maximum is in twee monsters overschreden. In de zomerperiode kwamen de gehalten redelijk overeen met het seizoensafhankelijke achtergrondniveau, een aantal meetwaarden lagen beneden de aantoonbaarheidsgrens (<1).

Om na te gaan of de incidenteel hogere gehalten een mogelijke relatie hebben met de emissie van de REC zijn de windrichtinggegevens van het afgelopen jaar geanalyseerd. Hiervoor is per expositieperiode van vier weken het aantal uren wind uit de richting van de REC naar elk afzonderlijk meetpunt bepaald (Bijlage 3). Uit de analyse bleek dat er geen significant verband aantoonbaar was tussen de voor seizoeninvloeden gecorrigeerde maandgemiddelde fluoridgehalten in gras rond de installatie en het aantal uren wind vanaf de REC naar de afzonderlijke meetpunten (Figuur 8). Hogere gehalten in de winterperiode komen zowel voor bij een laag als een hoger aantal uren wind uit de richting van de installatie. De hoogst gemeten waarde tot 42,7 µg g⁻¹ d.s. lijkt een uitschieter.

Tabel 7 Fluoridgehalten in gras (µg g⁻¹ d.s.) na een expositieperiode van vier weken.

Monstername	Meetp 1	Meetp 2 ¹	Meetp 3 ¹	Meetp 4	Meetp 5 (referentiepunt)	SA ²	Advies norm ³
Week 2	23,3	5,5	10,9	10,9	2,8	7,5	25
Week 6	10,8	9,4	6,9	4,8	4,8	9,5	25
Week 10	9,2	21,3	6,3	6,2	2,9	9,5	25
Week 14	2,8	2,8	2,9	6,0	2,2	5,5	25
Week 18	1,4	4,0	<1,0 ⁴	2,4	3,3	3,0	25
Week 22	2,4	1,0	<1,0	2,2	1,9	3,0	25
Week 26	1,4	1,2	1,0	2,9	1,0	2,5	25
Week 30	<1,0	<1,0	<1,0	1,7	<1,0	3,0	25
Week 34	1,1	<1,0	<1,0	2,9	<1,0	3,0	25
Week 38	1,9	3,3	<1,0	2,2	<1,0	3,5	25
Week 42	2,9	1,2	<1,0	9,6	1,8	4,0	25
Week 46	6,9	7,6	1,4	42,7	4,0	5,0	25
Week 50	31,5	3,7	1,2	7,6	6,9	6,0	25
Gemiddelde	7,4	4,8	2,8	7,9	2,7	≤3 ⁵	

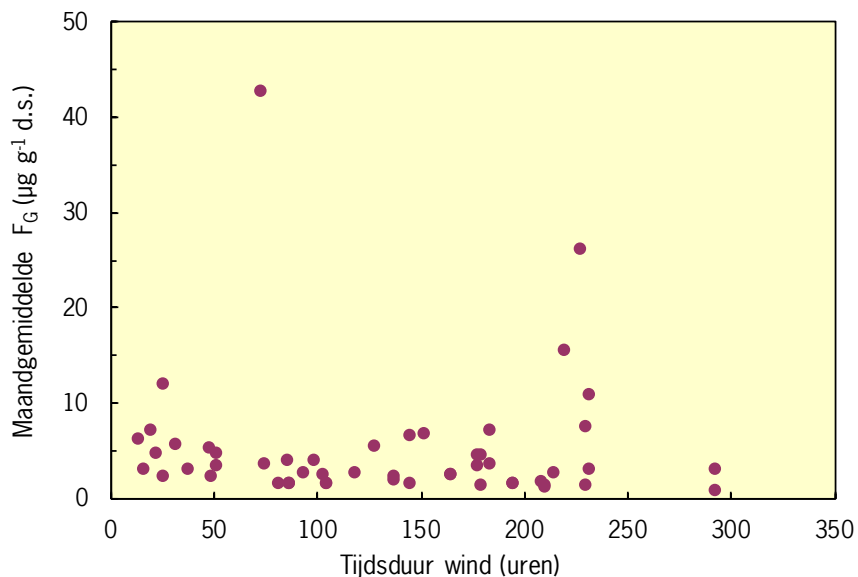
¹ Meetpunten 2 en 3 liggen onder dezelfde windrichting op respectievelijk ca. 1300 en 3200 m ten NO van de installatie.

² Seizoensafhankelijk achtergrondniveau (Van der Eerden, 1991).

³ Adviesnorm voor veevoer voor jongvee (Gezondheidsraad, 1981).

⁴ <: gehalte beneden de aantoonbaarheidsgrens, bij berekeningen is de waarde van de aantoonbaarheidsgrens aangehouden.

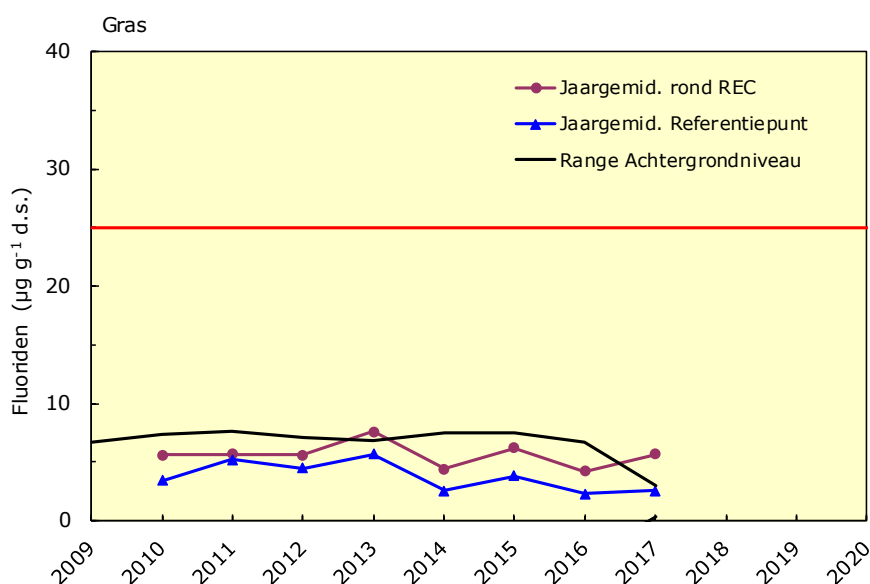
⁵ Bandbreedte achtergrondniveau (zie Bijlage 1 voor toelichting).



Figuur 8 Voor seizoeninvloeden gecorrigeerde maandgemiddelde fluoridengehalten in gras ($\mu\text{g g}^{-1} \text{d.s.}$) in relatie tot het aantal uren dat er gedurende de expositieperioden van vier weken wind heeft gewaaid uit de richting van de REC naar de meetpunten rond de installatie.

2.5.4 Trendmatig verloop gras-metingen 2010-2017

Zoals ook in voorgaande jaren was er in het afgelopen jaar (2017) een klein verschil tussen het gemiddelde fluoridengehalte binnen de invloedssfeer van de REC en het referentiepunt (Figuur 9). De afname van de bandbreedte van het achtergrondniveau is mede het gevolg van het wegvallen van een aantal achtergrond meetpunten (inmiddels is een nieuw achtergrondmeetpunt toegevoegd in Wildervank). Afgezien van de kleine fluctuaties tussen jaren is er geen sprake van een duidelijke dalende of stijgende trend in de fluoridenbelasting van gras ten opzichte van de resultaten van de nulmeting, zonder bijdrage van de REC (2010).



Figuur 9 Trendmatig verloop van het gemiddelde fluoridengehalte in gras ($\mu\text{g g}^{-1} \text{d.s.}$) in de directe omgeving van de REC en het referentiepunt, buiten de directe invloedssfeer van de installatie. De rode lijn geeft de adviesnorm van $25 \mu\text{g g}^{-1} \text{d.s.}$ weer als maximaal toelaatbaar fluoridengehalte in veevoer voor jongvee (VROM, 2001). De zwarte lijnen geven de bandbreedte voor het achtergrondniveau weer (zie Bijlage 1). NB. In 2010 was de REC nog niet operationeel.

2.6 Meldingen

Er zijn in het afgelopen jaar geen meldingen geweest van schade aan gewassen in de omgeving van de REC.

3 Evaluatie

3.1 Zware metalen cadmium en kwik

Er zijn geen eenduidige verschillen gevonden tussen de cadmium- en kwikgehalten in spinazie en boerenkool binnen de directe invloedssfeer van de REC en het referentiepunt, dat een indicatie geeft van het lokale achtergrondniveau. In tegenstelling tot vorig jaar zijn er in spinazie aan het begin van het seizoen geen hoge cadmium- en kwikgehalten gemeten als gevolg van specifieke weersomstandigheden. De norm voor het maximaal toelaatbare cadmiumgehalte in bladgroenten is niet overschreden (voor kwik is geen norm voor bladgroenten vastgesteld). Hoewel de gehalten er geen directe aanleiding voor gaven is er een analyse van de windrichtinggegevens uitgevoerd. Er was geen verband aantoonbaar tussen de gevonden gehalten en het aantal uren dat er gedurende een expositieperiode wind heeft gewaaid vanuit de richting van de REC naar de afzonderlijke meetpunten.

Uit de resultaten van vergelijkbare biomonitoringprogramma's in noord Nederland is bekend dat het achtergrondniveau van cadmium in bladgroenten enige variatie kan vertonen, zowel ruimtelijk als over het seizoen (Van Dijk & Van Alfen, 2016a, 2016b; Van Dijk *et al.*, 2015). Dit verklaart ook de bandbreedte van het achtergrondniveau. De gemiddelde gehalten rond de REC lagen voor zowel spinazie als boerenkool binnen de bandbreedte van het achtergrondniveau en er zijn geen eenduidige verschillen gevonden ten opzichte van het referentiepunt. Ook zijn er geen eenduidige verschillen gevonden tussen meetpunt 2, in het depositiemaximum ten noordoosten van de installatie onder de overheersende windrichting en meetpunt 3 dat onder dezelfde windrichting maar op grotere afstand ligt. Afgezien van de fluctuaties tussen jaren is er geen sprake van een duidelijke dalende of stijgende trend in de cadmium- en kwikbelasting ten opzichte van het niveau zoals dat bij de nulmeting in 2010 is vastgesteld (zonder bijdrage van de REC).

Er zijn geen aanwijzingen dat de emissie van de REC van invloed is geweest op de cadmium- en kwikgehalten in de verschillende gewassen. Op grond van de resultaten is het aannemelijk dat er geen sprake is geweest van een potentieel risico met betrekking tot de consumptiekwaliteit van de onderzochte gewassen.

3.2 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)

Het merendeel van de PAK-gehalten in spinazie en boerenkool kwam overeen met het niveau op het referentiepunt (lokaal achtergrondniveau). Op verschillende meetpunten rond de installatie zijn verspreid over het seizoen gehalten gevonden die hoger waren dan op het referentiepunt. Er was echter geen verband aantoonbaar tussen de gesommeerde PAK gehalten en het aantal uren wind vanaf de REC naar de afzonderlijke meetpunten. Dat blijkt ook uit het feit dat hoogst gevonden gehalte in boerenkool is gemeten na de periode met 234 uren wind uit de richting van de installatie terwijl bij veel meer uren wind (>500 uur) juist lagere gehalten zijn gevonden.

Uit de resultaten van vergelijkbare biomonitoringprogramma's in noord Nederland is bekend dat het achtergrondniveau van PAK-gehalten in bladgroenten een redelijk grote variatie kan vertonen, zowel ruimtelijk als over het seizoen. Dit verklaart ook de relatief grote bandbreedte van het achtergrondniveau. Voor spinazie lagen de gemiddelde gehalten rond de REC binnen de bandbreedte van het achtergrondniveau en kwamen wat ordegrrootte betreft overeen met het referentiepunt. Als gevolg van hogere gehalten op verschillende meetpunten verspreid over het seizoen lagen de gemiddelde PAK-gehalten in boerenkool rond de installatie echter iets boven de bandbreedte van het achtergrondniveau en waren ook hoger dan het gemiddelde op het referentiepunt. Op meetpunt 2, ten noordoosten van de installatie onder de overheersende windrichting in het depositiemaximum werden

over het algemeen lagere gehalten gemeten dan op meetpunt 3 dat onder dezelfde windrichting maar op grotere afstand ligt.

Het algemene beeld van gemiddelde belastingniveaus op achtergrondniveau met incidenteel een meetwaarde (net) boven het achtergrondniveau komt overeen met dat van voorgaande jaren. Afgezien van de fluctuaties tussen jaren is er geen sprake van een duidelijke dalende of stijgende trend in de PAK belasting ten opzichte van het niveau zoals dat bij de nulmeting in 2010 is vastgesteld (zonder bijdrage van de REC).

Er zijn geen aanwijzingen dat de emissie van de REC van invloed is geweest op de PAK-gehalten in de verschillende gewassen. Voor PAK-gehalten in land- en tuinbouwproducten zijn geen normen of advieswaarden beschikbaar waaraan getoetst kan worden, maar het is niet aannemelijk dat er sprake is geweest van een potentieel risico met betrekking tot de consumptiekwaliteit van de gewassen.

3.3 Dioxinen en dioxine-achtige PCB's

Het gemiddelde dioxinegehalte in koemelk van vee dat een deel van het voer kreeg uit het maximum depositiegebied van de installatie kwam redelijk overeen met het landelijk achtergrondniveau. De dioxine-achtige PCB gehalten in de melk waren relatief laag ten opzichte van het landelijk achtergrondniveau. Normen voor melk en melkproducten zijn niet overschreden. De gehalten waren nagenoeg gelijk aan die van voorgaande jaren en er is geen sprake van een duidelijke dalende of stijgende trend ten opzichte van het niveau zoals dat bij de nulmeting in 2010 is vastgesteld (zonder bijdrage van de REC).

Er zijn geen aanwijzingen dat de emissie van de REC een aantoonbare bijdrage heeft geleverd aan de dioxinen en PCB belasting in de directe omgeving van de installatie. Ook was er geen sprake van een potentieel risico met betrekking tot de consumptie kwaliteit van de onderzochte koemelk.

3.4 Fluoriden

Fluoridengehalten in kalkpapiertjes geven een beeld van de gasvormige anorganische fluoriden in de lucht in het gebied rond de REC. Er zijn geen eenduidige verschillen gevonden tussen de fluoridengehalten binnen de directe invloedssfeer van de REC en het referentiepunt (lokaal achtergrondniveau). Op grond van een indicatieve toetsing is het niet aannemelijk dat het maximaal toelaatbare risiconiveau voor lucht (MTR_{lucht}) als jaargemiddelde is overschreden.

Ten tijde van de nulmeting, zonder bijdrage van de REC (2010) waren de fluoridengehalten al relatief laag. Er lijkt echter sprake van een licht dalende trend in de atmosferische fluoridenbelasting ten opzichte van het tijdstip van de nulmeting. In het afgelopen jaar lag bij ruim 80% van de metingen het gehalte beneden de aantoonbaarheidsgrens en daarmee is de ondergrens bereikt van wat nog meetbaar is. De resultaten tonen aan dat de atmosferische fluoridenconcentraties geen risico vormen voor gevoelige plantensoorten zoals tulpen, die op verschillende locaties rond Harlingen worden geteeld.

De fluoridengehalten in gras rond de REC en het referentiepunt volgden globaal het seizoenspatroon met hogere gehalten in de winter en lagere gehalten in de zomer. De seizoenafhankelijkheid is een gevolg van het feit dat er gedurende de winterperiode vrijwel geen grasgroei plaatsvindt, waardoor de verdunning van het in het gras geaccumuleerde fluoride gering is. In het zomerseizoen waren de gehalten relatief laag. In de winterperiode waren enkele meetwaarden rond de installatie hoger dan op grond van het seizoenpatroon werd verwacht en ook hoger dan op het referentiepunt. Daarbij werd de adviesnorm voor veevoer voor jongvee van $25 \mu\text{g g}^{-1}$ d.s. als absoluut maximum tweemaal overschreden.

Als gevolg van enkele incidenteel hogere gehalten in de winterperiode waren de jaargemiddelde fluoridengehalten op de meetpunten rond de installatie, met uitzondering van meetpunt 3, iets hoger ten opzichte van het referentiepunt (lokale achtergrondniveau). Er was echter geen significant verband aantoonbaar was tussen de voor seizoeninvloeden gecorrigeerde maandgemiddelde fluoridengehalten in gras rond de installatie en het aantal uren wind vanaf de REC naar de afzonderlijke meetpunten. Hogere gehalten in de winterperiode komen zowel voor bij een laag als een hoger aantal uren wind uit de richting van de installatie. Dit is in lijn met de resultaten van de kalkpapiermetingen waaruit bleek dat de atmosferische fluoridenbelasting relatief laag is. Een mogelijke verklaring van de hogere fluoride gehalten zou kunnen liggen in het feit dat fluoriden ook gebonden aan deeltjes (aerosolen, stofdeeltjes) kunnen voorkomen die wel op het gras terecht komen maar met de kalkpapiermethode niet worden gedetecteerd.

Afgezien van de kleine fluctuaties tussen jaren is er geen sprake van een duidelijke dalende of stijgende trend ten opzichte van het niveau zoals dat bij de nulmeting is vastgesteld zonder bijdrage van de REC (2010). Het is niet aannemelijk dat de emissie van de REC een bijdrage heeft geleverd aan fluoridengehalten in gras. Met betrekking tot het risico voor vee zijn de gevonden fluoridengehalten van weinig betekenis.

4 Conclusies

Het biomonitoringprogramma rond de REC is in 2017 voortgezet op vier meetpunten rond de installatie en een referentiepunt buiten de invloedssfeer van de installatie. Gedurende het seizoen zijn sterk accumulerende plantensoorten op een gestandaardiseerde wijze geteeld. Na een bepaalde expositietijd zijn de planten visueel beoordeeld en geanalyseerd op een aantal componenten die door de installatie worden geëmitteerd.

De belangrijkste conclusies zijn:

- De cadmium en kwikgehalten in de gewassen binnen de directe invloedssfeer van de REC komen overeen met het lokale achtergrondniveau (referentiemeetpunt). Het lange termijn belastingniveau is redelijk constant, er is geen sprake van een dalende of stijgende trend ten opzichte van het niveau zoals dat bij de nulmeting is vastgesteld zonder bijdrage van de REC (2010);
- Het maximaal toelaatbare gehalte voor cadmium is niet overschreden en de kwikgehalten waren relatief laag. Dit betekent dat er geen sprake is geweest van een potentieel risico met betrekking tot de consumptiekwaliteit van de onderzochte gewassen;
- Op verschillende meetpunten rond de installatie en verspreid over het seizoen kwamen PAK-gehalten voor hoger dan op het referentiepunt. Er was echter geen verband aantoonbaar tussen de gesommeerde PAK gehalten en het aantal uren wind vanaf de REC naar de afzonderlijke meetpunten. Er is geen sprake van een dalende of stijgende trend ten opzichte van het niveau zoals dat bij de nulmeting is vastgesteld zonder bijdrage van de REC (2010);
- De gehalten aan dioxinen in koemelk kwamen overeen met het landelijk achtergrondniveau. Het lange termijn belastingniveau is redelijk constant, er is geen sprake van een dalende of stijgende trend;
- Het maximaal toelaatbare gehalte voor dioxinen en PCB's in koemelk is niet overschreden. Dit betekent dat er geen sprake is geweest van een potentieel risico met betrekking tot de consumptiekwaliteit van de onderzochte koemelk;
- De fluoridengehalten in kalkpapiertjes (als indicatie voor gasvormige fluoriden in de lucht) waren relatief laag en er zijn geen eenduidige verschillen gevonden tussen de gehalten rond de installatie en het referentiepunt. Er lijkt echter sprake van een licht dalende trend in de atmosferische fluoridenbelasting ten opzichte van het tijdstip van de nulmeting waarbij inmiddels de ondergrens is bereikt van wat nog meetbaar is;
- Er zijn geen aanwijzingen dat het maximaal toelaatbare risiconiveau voor fluoriden in de lucht (MTRLucht) is overschreden. De atmosferische fluoridenconcentraties vormen geen risico voor gevoelige plantensoorten;
- In de winterperiode waren enkele fluoriden gehalten in gras rond de installatie hoger dan op grond van het seizoenpatroon werd verwacht en ook hoger dan op het referentiepunt. Er was echter geen verband aantoonbaar tussen gehalten en het aantal uren wind vanaf de REC naar de afzonderlijke meetpunten. Er is geen sprake van een dalende of stijgende trend ten opzichte van het niveau zoals dat bij de nulmeting is vastgesteld zonder bijdrage van de REC (2010);
- De adviesnorm voor fluoriden is tweemaal overschreden. Met betrekking tot het risico voor vee zijn de gevonden fluoridengehalten van weinig tot geen betekenis;
- In 2017 is geen schade gemeld aan gewassen in de omgeving van de REC;

-
- Er zijn geen aanwijzingen dat de emissie van de REC invloed heeft gehad op de kwaliteit van agrarische gewassen en producten in de omgeving van de installatie. Het algemene beeld van gemiddelde belastingniveaus op achtergrondniveau rond de installatie komt overeen met dat van andere biomonitoringprogramma's rond afvalverbrandingsinstallaties in Nederland. Incidenteel is een meetwaarde (net) boven het achtergrondniveau aangetroffen.

Literatuur

- CBLB, 2011. Huidige prestatiekenmerken van de bepaling van fluoride in plantenmateriaal (volgens SWV-E1421 v2.0). Chemisch Biologisch Laboratorium Bodem, Wageningen UR.
- EC, 2008. COMMISSION REGULATION (EC) No 629/2008 of 2 July 2008 amending Regulation (EC) No 1881/2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:173:0006:0009:EN:PDF>
- EC, 2011. COMMISSION REGULATION (EU) No 1259/2011 of 2 December 2011 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels for dioxins, dioxin-like PCBs and non dioxin-like PCBs in foodstuffs <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:320:0018:0023:EN:PDF>
- Franzaring, J., 1995. Einflußgrößen beim Biomonitoring luftgetragener Polyzyklischer Aromatischer Kohlenwasserstoffe mit dem Akkumulationsindikator Grünkohl. Inaugural-Dissertation Universität Trier, Shaker Verlag, Aachen.
- Halbwachs, G., 1967. Zur Frage von Schädigungen der Vegetation durch Teerdämpfe. Zhytopathologische Zeitschrift 60: 73-91.
- Hoekstra, B.W., C.J. van Dijk & W.J. van Doorn, 2009. Fluoridenconcentraties Eemshavengebied in perspectief. Tauw, Deventer. Rapport 4632275, 47 pp.
- Hoogenboom, R., Ten dam, G., Van Bruggen, M., Zeilmaker, M., Jeurissen, S., Traag, W., en S. van Leeuwen, 2014. Dioxines en PCB's in eieren van particuliere kippenhouders. RIKILT Wageningen UR rapport 2014.012.
- Liem, A.K.D., R. van der Berg, H.J. Bremmer, J.M. Hesse & W. Slooff, 1993. Integrated criteria document dioxins. National Institute of Public Health and Environmental Protection. Report no. 710401032, Bilthoven, 191 pp.
- Overmeire, I. van, et al., 2009. Assessment of the chemical contamination in home-produced eggs in Belgium: General overview of the CONTEGG study. Science of the Total Environment, 407: 4403-4410.
- Radermacher, L. & H. Rudolph, 1994. Beitragsserie Biomonitoring. II. Bioindikationsmethoden - aktive Verfahren. Grünkohl als Bioindikator. Ein Verfahren zum Nachweis von organischen Substanzen in Nahrungsmitteln. UWSF-Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie 6: 384-386.
- RIVM, 2016. Resultaten dioxine-analyses harlingen, Bijlage(n) bij brief met kenmerk: RIVM VLH 20160018 AH MvB, 5 pag., februari 2016.
- Schoss, S., P. Adamse, J. Immerzeel, L. Portier, W. Traag & R. Hoogenboom. Levels and trends of dioxins and dioxin-like PCBs in food of animal origin in the Netherlands during the last decade (2001-2010). RIKILT – Institute of Food Safety, Wageningen (in voorbereiding).
- Staarink, T. & P. Hakkenbrak, 1987. Het Contaminantenboekje. Staatsuitgeverij, Den Haag, 76 pp.
- Stoffen en Normen, 1999. Overzicht van de belangrijke stoffen en normen in het milieubeleid. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. Samson, Alphen aan den Rijn. 593 pp.
- Stoop, J.M., R.J.D. Leemans & A.J.M. Rennen, 1992. Schadelijke stoffen voor de land- en tuinbouw. Kwik. Centrum voor Landbouw en Milieu, CLM 100-1992, Utrecht, 60 pp.
- Stoop, J.M. & A.J.M. Rennen, 1991. Schadelijke stoffen voor land- en tuinbouw. Cadmium. Centrum voor Landbouw en Milieu, Utrecht, 55 pp.
- Van den berg, M., Birnbaum, L.S., Denison, M., De Vito, M., Farland, W., Feeley, M., Fiedler, H., Hakansson, H., Hanberg, A., Haws, L., Rose, M., Safe, S., Schrenk, D., Tohyama, C., Tritscher, A., Tuomisto, J., Tysklind, M., Walker, N. and Peterson, R.E. 2006. The 2005 World Health Organization Reevaluation of Human and Mammalian Toxic Equivalency Factors for Dioxins and Dioxin-Like Compounds. Toxicological Sciences. 93, 223-241.
- Van der Eerden, L.J.M., 1980. De invloed van asfalt- en teerdampen op planten. Instituut voor Plantenziektenkundig Onderzoek, Rapport R250. Wageningen, 4 pp.
- Van der Eerden, L.J.M., 1991. Fluoride content in grass as related to atmospheric fluoride concentrations: a simplified predictive model. Agriculture, Ecosystems and Environment 37: 257-273.

-
- Van Dijk, C.J. & A.J. van Alfen, 2011. Biomonitoringprogramma rond de reststoffen Energiecentrale (REC) Harlingen. Februari t/m december 2010. Plant Research International, Rapport 383, Wageningen.
- Van Dijk, C.J. & A.J. van Alfen, 2016a. Gewasmonitoringprogramma rond de Geïntegreerde Afvalverwerkingsinstallatie Wijster. Januari t/m december 2015. Plant Research International, Rapport 645, Wageningen.
- Van Dijk, C.J., A.J. van Alfen, & W.J. van Doorn, 2016b. Biomonitoringprogramma rondom HVCafvalcentrale te Alkmaar. - Januari t/m december 2015. Plant Research International Rapport 646, Wageningen.
- Van Dijk, Chris, Wim van Doorn & Bert van Alfen, 2015. Long term plant biomonitoring in the vicinity of waste incinerators in The Netherlands. *Chemosphere* 122:45-51.
- VDI, 1999. VDI-Richtlinie 3792, Blatt 6 - Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.): Messen von Immissions-Wirkungen: Standardisierte Exposition von Grünkohl. Gründruck in Arbeit. Düsseldorf.
- VROM, 2001. Emissiereductiedoelstellingen Prioritaire Stoffen. Notitie ten behoeve van NMP4. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.
- Wania, F., 1999. On the origin of elevated levels of persistent chemicals in the environment. *Environmental Science and Technology* 30: 360A-396A.
- Wania, F. & D. Mackay, 1993. Global fractionation and cold condensation of low volatility organochlorine compounds in polar regions. *Ambio* 22: 10-18.

Bijlage 1 Toetsingskader

Voor het vaststellen van eventuele effecten van de uitstoot van de REC op de kwaliteit van akker- en tuinbouwproducten worden de gemeten gehalten op de punten rond de installatie vergeleken met die op het referentiepunt, in de zelfde omgeving maar buiten de directe invloedssfeer van de installatie. Ook worden de gehalten vergeleken met achtergrondgehalten en getoetst aan normen voor consumptie- of veevoederkwaliteit (indien beschikbaar). Onderstaand een korte toelichting op de herkomst en/of berekening van de achtergrondgehalten en een overzicht van de geldende normen (Tabel B1.1).

De achtergrondwaarden voor cadmium, kwik en PAK's in spinazie en boerenkool zijn gebaseerd op gemeten gehalten op drie referentielocaties van vergelijkbare biomonitoringprogramma's rond afvalverbrandingsinstallaties in Harlingen, Alkmaar en Wijster. De referentielocaties liggen buiten de invloedssfeer van de installaties. De achtergrondwaarden worden weergegeven als voortschrijdend 3-jarig gemiddelde (\pm SD). Daarvoor is voor elk jaar het gemiddelde gehalte (en standaardafwijking) berekend over de meetwaarden van het betreffende jaar, het voorgaande jaar en het jaar erna (jaar x , $x-1$, $x+1$). Op deze wijze is het mogelijk een vergelijking te maken tussen de gemiddelde achtergrondniveau's voor noord Nederland in het betreffende jaar met de rond REC gemeten waarden in dat zelfde jaar. Door het voortschrijdend 3-jaar gemiddelde met de bandbreedte te presenteren wordt een beeld verkregen van de mate van variatie in de tijd en of er sprake is van een stijgende of dalende trend.

Het achtergrondgehalte voor dioxinen en dioxine-achtige PCB's in koemelk is gebaseerd op een inventarisatie van het RIKILT – Institute of Food Safety (onderdeel van Wageningen UR) waarbij gehalten zijn bepaald in koemelk uit niet additioneel belaste gebieden verspreid over Nederland in de periode 2001-2010 (Schoss *et al.*, 2012). Voor dioxinen en PCB's in koemelk is in 2011 een verlaging van de normering doorgevoerd (EC, 2011).

Voor consumptiegewassen (spinazie en boerenkool) gelden de normen zoals vastgelegd in de EU regelgeving (EC, 2008). In de verordening zijn normen opgenomen voor o.a. zware metalen in bladgroenten zoals spinazie en boerenkool. Voor kwik en PAK-gehalten in bladgroenten zijn geen normen geformuleerd.

De achtergrondwaarde voor fluoriden in kalkpapieren is gebaseerd op metingen op het referentiepunt van het biomonitoringprogramma rond de REC in Harlingen en twee niet additioneel belast meetpunten in Oostvoorne (Zuid-Holland) en Wildervank (zuidoost Groningen; sinds september 2017), en wordt weergegeven als voortschrijdend 3-jarig gemiddelde (zie bovenstaand). Op grond van de bestaande relatie tussen de atmosferische fluoridenconcentratie en het fluoridgehalte in kalkpapieren (zie Bijlage 2) is het mogelijk de jaargemiddelde gehalten in kalkpapieren indicatief te toetsen aan het maximaal toelaatbare risiconiveau voor lucht (MTR_{lucht}). De MTR_{lucht} als jaargemiddelde van $0,05 \mu\text{g m}^{-3}$ komt overeen met een gehalte in kalkpapieren van $0,16 \mu\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$.

De achtergrondwaarde voor fluoriden in gras is gebaseerd op metingen op drie referentielocaties van vergelijkbare biomonitoringprogramma's (Alkmaar, Wijster en Harlingen) en sinds september 2017 op een niet additioneel belast meetpunt in Wildervank (zuidoost Groningen), en wordt weergegeven als voortschrijdend 3-jarig gemiddelde (zie bovenstaand). Fluoridgehalten in gras vertonen over het algemeen een seizoenspatroon met lagere gehalten in de zomerperiode en hogere gehalten in de winterperiode. Het seizoenafhankelijk achtergrondgehalte voor fluoriden in gras is afgeleid door het jaargemiddelde te corrigeren met een seizoensindex. De index is bepaald op basis van analyses rond een aantal fluoridenbronnen in Nederland (Van der Eerden, 1991).

De Gezondheidsraad (1981) heeft aanbevolen om in geval van twijfel over een eventuele te hoge fluoridenbelasting van vee via het voer, de gehalten in het voer te toetsen aan de maximaal

toelaatbaar fluoridengehalte. In het biomonitoringprogramma rond de REC worden de fluoriden gehalten in gras standaard getoetst aan de door de Raad voorgestelde maximaal toelaatbare gehalten. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat de wetenschappelijke basis voor deze veevoernorm smal is.

Maximaal toelaatbaar fluoridengehalte voor jong rundvee: 25 $\mu\text{g g}^{-1}$ voer.
 Maximaal toelaatbaar fluoridengehalte voor ouder vee: 30-33 $\mu\text{g g}^{-1}$ voer.

Tabel B1.1 Overzicht van de maximaal toelaatbare gehalten en achtergrondgehalten voor de verschillende componenten en gewassen.

Component	Gewas/ Product	Max. toelaatbaar gehalte	Achter- grond	Weergave	Eenheid	Herkomst onderliggende data
Cadmium	Spinazie	200 ^a	59 – 122	Voortschr. gemid.	$\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g.	Referentielocaties (3) van monitoringprojecten rond AVI's (n=45)
	Boerenkool	200 ^a	12 - 29	Voortschr. gemid.	$\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g.	Referentielocaties (3) van monitoringprojecten rond AVI's (n=27)
Kwik	Spinazie	-	1,0 – 2,1	Voortschr. gemid.	$\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g.	Referentielocaties (3) van monitoringprojecten rond AVI's (n=45)
	Boerenkool	-	2,7 - 5,9	Voortschr. gemid.	$\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g.	Referentielocaties (3) van monitoringprojecten rond AVI's (n=27)
PAK's	Spinazie	-	61 – 96	Voortschr. gemid.	$\mu\text{g kg}^{-1}$ d.s.	Referentielocaties (2) van monitoringprojecten rond AVI's (n=30)
	Boerenkool	-	72 – 154	Voortschr. gemid.	$\mu\text{g kg}^{-1}$ d.s.	Referentielocaties (2) van monitoringprojecten rond AVI's (n=18)
Dioxinen	Koemelk	2,5 ^b	0,34 0,45	Gemid. 99-Perc.	pg TEQ g^{-1} vet	RIKILT inventarisatie van 2001-2010 (Schoss <i>et al.</i> , 2012)
Dioxine-achtige PCB's	Koemelk		0,64 0,86	Gemid. 99-Perc.	pg TEQ g^{-1} vet	RIKILT inventarisatie van 2001-2010 (Schoss <i>et al.</i> , 2012)
Dioxinen+PCB's	Koemelk	5,5 ^b	0,98	Gemid.	pg TEQ g^{-1} vet	
Fluoriden	Kalkpapieren	0,16 ^c	$\leq 0,08$	Voortschr. gemid.	$\mu\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$	Referentielocatie (1) van monitoringproject rond AVI en meetpunt in Oostvoorne en Wildervank (n=82)
	Gras	25 ^d	≤ 3	Voortschr. gemid	$\mu\text{g g}^{-1}$ d.s.	Referentielocaties (3) van monitoringprojecten rond AVI's en een meetpunt in Wildervank (n=121)
	Gras		2,5-9,5	Seizoen- patroon		Jaargemiddelde van 5 $\mu\text{g g}^{-1}$ d.s. vermenigvuldigd met een seizoenindex (Van der Eerden, 1991)

^a maximaal toelaatbaar gehalte in bladgroenten (EC, 2008).

^b maximaal toelaatbaar gehalte voor melk en melkproducten (EC, 2011).

^c maximaal toelaatbaar risiconiveau ($\text{MTR}_{\text{lucht}}$) als jaargemiddelde van 0,05 $\mu\text{g m}^{-3}$ komt overeen met een gehalte in kalkpapieren van 0,16 $\mu\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$ (Van der Eerden & Van Alfen, 1990).

^d maximaal toelaatbaar gehalte in veevoer voor jong rundvee, voor ouder vee gelden hogere adviesnormen (Gezondheidsraad, 1981).

Bijlage 2 Opzet biomonitoringprogramma

B2.1 Algemeen

Biomonitoring met behulp van planten is een methode waarmee nationaal en internationaal veel ervaring is opgedaan. Doel is in beide gevallen het vroegtijdig registreren van mogelijke effecten van de uitstoot van een installatie. Door de keuze van gevoelige plantensoorten eventueel in combinatie met andere relevante agrarische producten (bijvoorbeeld koemelk) heeft een biomonitoring-programma voornamelijk een signaalfunctie (Van Dijk, *et al.*, 2015b).

In het biomonitoringprogramma worden accumulatoren toegepast, dat wil zeggen plantensoorten die een bepaalde component relatief snel uit de lucht opnemen en opslaan zonder dat daarbij zichtbare effecten optreden (Tabel B2.1). De gewassen worden op een gestandaardiseerde wijze geteeld (actieve monitoring) en na een bepaalde expositietijd visueel beoordeeld en geanalyseerd op een aantal door de REC geëmitteerde luchtverontreinigingscomponenten: cadmium (Cd), kwik (Hg) en polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's). Op een melkveehouderij nabij de installatie wordt het dioxine- en PCB-gehalte in koemelk bepaald (passieve monitoring). Het fluoridengehalte (F) wordt bepaald in weilandgras uit de directe omgeving van de meetpunten en de metingen door middel van kalkpapiertjes geven een beeld van de ruimtelijke verdeling van de belasting door gasvormige anorganische fluoriden.

Om de analyseresultaten goed te kunnen interpreteren, worden de planten opgekweekt in containers met standaard schone potgrond, en niet in de volle grond. Op deze wijze wordt alleen de opname via de lucht door de bovengrondse plantendelen bepaald en de invloed van lokale verschillen in bodemkwaliteit uitgesloten. Door de over het algemeen grote variatie in bodemsamenstelling is het monitoren van grond niet zinvol. De bijdrage van REC aan de depositie op de bodem is dermate laag dat deze niet aantoonbaar zal zijn binnen de natuurlijke variatie in gehalten.

Tabel B2.1 Overzicht van de verschillende gewassen en producten, de bijbehorende componenten en de bemonsteringfrequenties en aantallen per jaar.

Gewas/ product	Component	Periode	Bemonstering- frequentie per jaar	Aantal locaties	Totaal aantal analyses
Spinazie	Cd, Hg, PAK's	Voorjaar/zomer	5	5	25
Boerenkool	Cd, Hg, PAK's	Herfst/winter	3	5	15
Koemelk	Dioxinen en PCB's	Voor- en najaar	2	1	2
'Kalkpapiertjes'	Fluoriden	Jaarrond (4-wekelijks)	13	5	65
Gras	Fluoriden	Jaarrond (4-wekelijks)	13	5	65

B2.2 Meetpunten

Situering

Gekozen is voor een meetstrategie waarbij het monitoren vooral is gericht op het bewaken van de milieukwaliteit. Daarbij past een ruimtelijke verdeling met locaties in zoveel mogelijk windrichtingen ten opzichte van de potentiële bron. Op deze manier kan de correlatie tussen windrichting en gevonden gehalten optimaal worden geëvalueerd. De keuze van het aantal en de situering van de meetpunten is bepaald op grond van de geografische ligging en het verspreidingspatroon van de installatie. Uit de resultaten van verspreidingsberekeningen voor NO_x die in het kader van de MER studie zijn uitgevoerd blijkt dat het depositiemaximum op ca. 1250 m noordnoordoost van het

bedrijfsterrein ligt (MER Hoofdstuk 6, Figuur 6.2). Bij de MER berekeningen is uitgegaan van een geplande schoorsteenhoogte van 55 m. Deze is later aangepast tot 44 m, dit betekent dat het verwachte depositiemaximum iets dichterbij de installatie zal komen te liggen dan in de MER is aangegeven.

Uitgaande van het bovenstaande zijn voor het biomonitoringprogramma in totaal 5 meetpunten ingericht (Tabel B2.2 en Figuur B2.1). Eén van de meetpunten (2) ligt in het depositiemaximum op ca. 1250 m ten noordoosten van de installatie. Op dezelfde lijn op circa 3000 m afstand is eveneens een meetpunt aangelegd (3). Op grotere afstand in de omgeving van Pingjum, op circa 8 km ten zuiden van de installatie en buiten de directe invloedssfeer is een meetpunt (5) als referentielocatie ingericht. Voor het bepalen van het dioxinen en PCB gehalte in koemelk wordt tweemaal per jaar een melkmonster genomen op een melkveehouderij ('Melk 1') waarvan het vee hoofdzakelijk in het verwachte depositiegebied graast of voer krijgt uit dat gebied. Analyse van melk uit de omgeving van het referentie meetpunt is niet noodzakelijk omdat reeds een betrouwbaar landelijk achtergrondniveau is vastgesteld waaraan getoetst kan worden.



Figuur B2.1 Geografische ligging van de meetpunten 1 tot en met 4 rond de REC. Ook is de melkveehouderij aangegeven waar melkmonsters worden genomen ('Melk 1'). Meetpunt 5, het referentiepunt staat niet in de figuur, deze ligt op circa 8 km ten zuiden van de REC in Pingjum.

Tabel B2.2 Overzicht van de adressen waar de meetpunten van het biomonitoringprogramma zich bevinden.

Meetpunt	Naam	Adres	Coördinaten
1	Mts. Tichelaar	Hoarnesteek 8, 8857 RB Wijnaldum	53°12'17.08"N 5°26'25.44"O
2	J. Graham	Haulewei 7a, 8857 RE Wijnaldum	53°11'48.64"N 5°26'45.13"O
3	D. de Jong	Haerewei 7, 8856 BT Pietersbierum	53°12'18.88"N 5°28'14.97"O
4	Mts. De Jong Velsma	Harlingerstraatweg 36, 8872 NB Midlum	53°11'0.34"N 5°26'13.75"O
5	W. de Witte	Strandweg 2, 8749 TG Pingjum	53° 7'10.56"N 5°24'30.03"O
Melk 1	S. Bootsma	Leane 7, 8856 XH Pietersbierum	53°12'25.55"N 5°28'36.23"O

Meetpunt 1

Coördinaten: 53°12'17.08"N 5°26'25.44"O

Ligging: ca. 2000 m ten noord-noordoosten van REC

Omschrijving: het meetpunt ligt aan de Hoarnesteek op ca 450 m van de zeedijk en wordt in alle richtingen omringd door akkers en weilanden. De dichtsbijzijnde woning en bedrijfsgebouwen staan op enkele tientallen meters afstand noordelijk van het meetpunt. De aanstroming van lucht vanaf de REC in de richting van het meetpunt wordt niet belemmerd door bebouwing, begroeiing of andere obstakels.

Meetpunt 2

Coördinaten: 53°11'48.64"N 5°26'45.13"O

Ligging: ca 1300 m ten noordoosten van REC

Omschrijving: het meetpunt ligt achter de woning op het perceel aan de Haulewei. Het meetpunt wordt aan alle kanten omringd door akkers en weilanden. De aanstroming van lucht uit de richting van de REC naar het meetpunt wordt niet belemmerd door hoge begroeiing of andere obstakels. In de 'zichtlijn' bevindt zich alleen het haventerrein. Gezien de hoogte van de bebouwing vormt dit geen noemenswaardige belemmering voor de aanstroming.

Meetpunt 3

Coördinaten: 53°12'18.88"N 5°28'14.97"O

Ligging: ca 3200m ten noordoosten van REC

Omschrijving: het meetpunt ligt in de zelfde lijn ten opzichte van de REC als meetpunt 2 maar op grotere afstand, naast de zoutwinlocatie Barradeel aan de Haerewei. Het meetpunt wordt aan alle kanten omringd door akkers en weilanden. De aanstroming van lucht uit de richting van de REC naar het meetpunt wordt niet belemmerd door hoge begroeiing of andere obstakels. In de 'zichtlijn' bevindt zich alleen het haventerrein. Gezien de hoogte van de bebouwing vormt dit geen noemenswaardige belemmering voor de aanstroming.

Meetpunt 4

Coördinaten: 53°11'0.34"N 5°26'13.75"O

Ligging: ca 1200 m ten zuid-zuidoosten van REC

Omschrijving: het meetpunt ligt aan de achterzijde van het perceel aan de Harlingerstraatweg direct naast een van de loodsen. In de 'zichtlijn' tussen het meetpunt en de REC bevindt zich bouwland, de provinciale weg N390 en het haventerrein. Vanaf het meetpunt gezien is er vrij zicht op de schorsteen van de REC, de bebouwing op het haventerrein vormt dit geen noemenswaardige belemmering voor de aanstroming.

Meetpunt 5

Coördinaten: 53° 7'10.56"N 5°24'30.03"O

Ligging: 8,4 km ten zuiden van REC

Omschrijving: Het meetpunt ligt aan de noordzijde van het perceel aan de Strandweg, op ongeveer 15 m afstand van de boerderij. Westelijk van het meetpunt op ongeveer 250 m afstand ligt de autoweg N31 en daarachter de zeedijk. In alle andere richtingen wordt het omringd door akkers en weilanden. Het meetpunt ligt buiten de invloedssfeer van de REC.

Inrichting

Voor het betrouwbaar vaststellen van de belasting op de meetpunten rond de installatie moet de aanvoer van lucht uit de richting van de installatie zo min mogelijk worden belemmerd door bebouwing en/of begroeiing. Elk meetpunt beslaat circa 20 m² en is afgezet met ±1 m hoog gaas en windscherm (Figuur B2.2) en moet goed bereikbaar zijn. Op alle meetpunten worden afhankelijk van het seizoen verschillende plantensoorten geteeld in kunststof bakken gevuld met standaard potgrond. De planten worden van water voorzien d.m.v. capillaire opzuiging vanuit een reservoir.



Figuur B2.2 Meetpunt 1 van het biomonitoringprogramma met op de achtergrond de REC. Oppervlakte van circa 20 m², afgezet met windbreekgaas en vrij 'zicht' in de richting van de REC. Tijdstip: mei 2013, op moment van de eerste spinazieoogst.

B2.3 Componenten

De componentkeuze is gebaseerd op de vergunde emissies van de REC. Andere selectiecriteria zijn de stofeigenschappen (toxiciteit, vluchtigheid) en de mogelijkheid tot toetsing aan normen voor consumptiekwiteit van gewassen waarop deze stoffen terecht komen.

Op basis van genoemde criteria zijn de volgende componenten geselecteerd:

- Zware metalen (cadmium en kwik).
- Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's).
- Dioxinen en dioxine-achtige PCB's.
- Fluoriden

Onderstaand wordt nader ingegaan op de verschillende componenten, de verspreiding via de lucht en de wijze waarop deze in het biomonitoringprogramma worden bepaald.

Cadmium en kwik

Uit de groep van zware metalen zijn de componenten cadmium en kwik geselecteerd omdat deze relatief vluchtige componenten vrijkomen bij verbranding van afval en deels via de rookgassen worden afgevoerd. Cadmium wordt, geabsorbeerd aan zwevende deeltjes, via de lucht verspreid. Planten kunnen het door de lucht aangevoerde cadmium via de huidmondjes opnemen. In de plant is het cadmium zeer mobiel en kan door de gehele plant worden getransporteerd. Uiteindelijk kan het in diverse plantendelen zoals wortels, bladranden en zaden worden opgeslagen (Stoop & Rennen, 1991). Het gasvormig kwik kan zich over grote afstanden verspreiden in tegenstelling tot de gebonden fractie

die, afhankelijk van de deeltjesgrote, weer in de directe omgeving van de installatie neerslaat. Planten kunnen gasvormig kwik opnemen via de bovengrondse plantendelen (Stoop *et al.*, 1992).

In het monitoringprogramma is alleen de opname door de bovengrondse plantendelen bepaald. Opname via de wortels is in het biomonitoringprogramma verwaarloosbaar door het telen van de gewassen in bakken met standaard potgrond.

Spinazie werd na een expositieperiode van ± 4 weken geoogst. Per meetpunt werd een mengmonster samengesteld uit al het oogstbare plantmateriaal. Voor boerenkool werd per meetpunt het oudste bladmateriaal van alle planten geoogst na een expositieperiode ± 8 weken. Van de boerenkoolmonsters wordt alleen het bladmateriaal gebruikt voor verdere behandeling, stengels en nerven worden verwijderd. De gewasmonsters werden gedroogd en gemalen en vervolgens verpakt in plastic monsterflesjes voor transport naar het laboratorium. De analyses zijn uitgevoerd door Eurofins, Heerenveen.

Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)

Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) ontstaan bij onvolledige verbranding van organisch materiaal. De verhouding tussen de afzonderlijke verbindingen is sterk afhankelijk van de omstandigheden gedurende het verbrandingsproces. Planten kunnen PAK's uit de lucht opnemen en in zeer beperkte mate transporteren naar andere plantendelen. Verhoogde gehalten in bovengrondse plantendelen zijn dan ook voornamelijk het gevolg van opname via de bladeren. De belangrijkste opnameroutes zijn de actieve opname van gasvormige PAK's via huidmondjes en de passieve diffusie door de cuticula. Plantensoorten met een hoog gehalte aan lipiden, brede, gekrulde bladeren en een voor opname gunstige oppervlaktestructuur (dikke waslaag) nemen PAK's gemakkelijk op. Een voorbeeld van een dergelijk gewas is boerenkool. Deze soort wordt in Duitsland veelvuldig als monitoringplant in routinematig milieuonderzoek naar organische luchtverontreinigingscomponenten toegepast (Rademacher & Rudolph, 1994; VDI, 1999). De relatie tussen atmosferische PAK concentraties en PAK gehalten in gewassen sterk afhankelijk van het seizoen (Franzaring, 1995).

In de lucht komen laag moleculaire, niet kankerverwekkende, PAK's vooral voor in de gasfase. Droge gasvormige depositie is dan het belangrijkste verwijderingsproces uit de lucht. Hoog moleculaire PAK's (overwegend kankerverwekkend) zijn vooral gebonden aan stofdeeltjes en aërosolen. Voor deze deeltjes is naast de droge depositie ook de natte depositie van belang. De temperatuur heeft een grote invloed op zowel het gedrag van de componenten (condenseren of overgaan in de gasfase) als op het verdampen vanuit het plantmateriaal van reeds opgenomen PAK's. Deze desorptie bij hogere temperatuur heeft onder andere tot gevolg dat PAK-concentraties in plantenmateriaal in de winterperiode hoger zijn dan in de zomer. Door hetzelfde proces vindt er een zeer geleidelijk accumulatie van PAK's plaats in koude berg- en poolgebieden, het zogenaamde 'cold-condenser-effect' (Wania *et al.*, 1993; Wania, 1999).

Ondanks het feit dat PAK's in sterke mate kunnen accumuleren in bovengrondse plantendelen zijn direct zichtbare effecten slechts incidenteel waargenomen met name na blootstelling van planten aan teer- en asfaltdampen (Halbwachs, 1967; Van der Eerden, 1980).

In het biomonitoringprogramma zijn uit deze groep van organische verbindingen de 13 uit toxiciteitsoogpunt belangrijkste componenten bepaald. De PAK gehalten werden bepaald in dezelfde gewasmonsters als voor de cadmium en kwik bepaling. De analyses zijn uitgevoerd door Eurofins, Heerenveen.

Dioxinen en dioxine-achtige PCB's

Dioxinen is een verzamelnaam voor twee subgroepen van gechlorideerde tricyclische aromatische componenten welke overeenkomstige chemische, fysische en biologische eigenschappen bezitten. Het betreft de polychloordibenzo_p_dioxinen (PCDD's) en de polychloor_dibenzofuranen (PCDF's). Het totaal aantal chlooratomen kan variëren van 1 tot 8, waardoor er 75 PCDD congenen en 135 PCDF congenen mogelijk zijn. Dioxinen hebben geen technische toepassing en worden derhalve dan ook niet opzettelijk gemaakt (m.u.v. wetenschappelijk onderzoek). Dioxinen kunnen gevormd worden bij allerlei verbrandingsprocessen onder andere vuilverbranding (AVI's), kabelbranderijen etc. De

verblijftijd in de lucht van de afzonderlijke componenten wordt bepaald door de verschijningsvorm. Afhankelijk van stoffeïenschappen en de temperatuur komen deze voor in de gasfase of gebonden aan deeltjes. In combinatie met de meteorologische omstandigheden bepaalt dit het depositiegebied (Liem *et al.*, 1993). Dioxinen hebben de eigenschap zich op te hopen in lichaamsvet. Vee dat vervuild (kracht)voer opneemt, accumuleert op deze wijze dioxinen in het vetweefsel en in de melk (melkvet). De toxiciteit wordt bepaald door middel van Toxiciteit Equivalenten¹ (Van den Berg *et al.*, 2006).

Naast de PCDD/F's zijn er ook een aantal dioxineachtige chloorbifenylen (PCB's) die in de toekomst meegenomen dienen te worden bij de beoordeling of een product geschikt is voor menselijke consumptie of als veevoeder mag worden gebruikt. Onder dioxine-achtige PCB's worden twee groepen chloorbifenylen verstaan. De eerste groep zijn die chloorbifenylen waarvan het waterstofatoom op één ortho positie vervangen is door een chlooratoom. Dit zijn de zogenaamde Mono-Ortho gesubstitueerde chloorbifenylen (MO-CB's). De tweede groep zijn die planaire chloorbifenylen waarvan geen van de waterstofatomen op de ortho positie vervangen is door een chlooratoom. Dit zijn de zogenaamde Non-Ortho gesubstitueerde chloorbifenylen (planaire PCB's).

Bij de analyses van de melk worden de mono- en non-ortho gesubstitueerde chloorbifenylen en enkele indicator PCB's simultaan met de dioxinen bepaald. De toxiciteit wordt op dezelfde wijze bepaald als voor dioxinen: door middel van Toxiciteit Equivalenten. Bij de bepaling van het totaal gehalte worden de indicator PCB's buiten beschouwing gelaten.

Sinds het aantonen van verhoogde dioxinegehalten in melk uit het Lickebaertgebied in 1989 is er tot op de dag van vandaag nog steeds grote maatschappelijke belangstelling voor de relatie tussen dioxinen en afvalverbrandingsinstallaties. Om hieraan tegemoet te komen worden de uit toxiciteitsoogpunt belangrijkste dioxine en PCB componenten bepaald in koemelk afkomstig uit het verwachte maximum depositiegebied van de installatie. Op twee melkveehouderijen wordt tweemaal per jaar een melkmonster genomen van vee dat hoofdzakelijk in dat gebied heeft gegraasd of daaruit voer heeft gekregen. Uit de tank met melk van meerdere dagen wordt een monster van één liter genomen en koel bewaard tijdens transport naar het laboratorium. De analyses zijn uitgevoerd door het RIKILT, onderdeel van Wageningen UR.

Fluoriden

Monocotyle plantensoorten zoals tulpen, gladiolen en fresia's zijn relatief gevoelig voor fluoridenhoudende luchtverontreiniging. In de omgeving van Harlingen worden tulpen geteeld. Ook bij dieren kunnen schadelijke effecten optreden (fluorosis: aantasting van beenderen en gebit) door het consumeren van planten waarin fluoriden zijn geaccumuleerd of waarop stofvormig fluoriden is gedeponeerd. Op basis van resultaten uit vergelijkbare monitoringprogramma's rond afvalverbrandingsinstallaties wordt de ruimtelijke verspreiding van gasvormig fluoride gemonitord door middel van een accumulatiemeting, de zogenaamde 'kalkpapiermetingen'.

Metingen van fluoriden in kalkpapieren zijn vooral geschikt om een indruk te krijgen van de veranderingen in fluoridenbelasting in ruimte en tijd. Daarnaast lijkt de passieve opname van gasvormige fluoriden in kalkpapieren op de wijze waarop planten fluoriden opnemen. Het weer beïnvloedt beide processen op ongeveer dezelfde manier, en zowel voor planten als voor kalkpapieren geldt dat gasvormige fluoriden sterker accumuleren dan deeltjesvormige fluoriden. Het omrekenen van fluoridengehalten in kalkpapieren naar atmosferische fluoriden-concentraties voor het toetsen aan normen moet als indicatief worden beschouwd omdat de variatie in deze relatie vrij groot is. De opname van fluoriden in kalkpapieren is een passief proces: windsnelheid, relatieve vochtigheid en de verhouding tussen stof- en gasvormige fluoriden spelen daarbij een belangrijke rol. Bij dezelfde atmosferische fluoridenconcentratie is de opname van fluoriden hoger naarmate de windsnelheid en luchtvochtigheid toenemen.

¹ De toxiciteit van de 17 belangrijkste dioxinen wordt uitgedrukt in zgn. Toxiciteit Equivalenten (TEQ) ten opzichte van de meest toxische verbinding 2,3,7,8 tetrachloordibenzodioxine (2,3,7,8-TCDD). Dit betekent dat de componenten afzonderlijk worden gewogen op basis van hun toxiciteit ten opzichte van 2,3,7,8-TCDD. Deze wegingsfactoren worden uitgedrukt in zogenaamde Toxiciteits-Equivalentie-Factoren (TEF). De werkelijk gemeten gehalten van de 17 afzonderlijke componenten worden vermenigvuldigd met de bijbehorende TEF-factor en tenslotte gesommeerd (Van den Berg *et al.*, 2006).

Een 'kalkpapiertje' bestaat uit een rond filtreerpapier geïmpregneerd met een suspensie van calciumhydroxide. Zes van dergelijke papertjes worden opgehangen in een kastje op 1,50 m boven het maaiveld (Van Dijk, 2011). Het kastje is aan de boven- en onderzijde gedeeltelijk open om een optimale luchtcirculatie te realiseren (Figuur B2.3). Door de vorm van het kastje worden deeltjes met een grote depositiesnelheid niet opgenomen. De kalkpapieren worden standaard vier weken blootgesteld aan de atmosfeer. Verzadiging met fluoriden komt onder praktijkomstandigheden niet voor. Het in kalkpapiertjes geaccumuleerde fluoriden wordt ontsloten door middel van verassing waarna het fluoride uit de oplossing wordt gedestilleerd en gemengd met een kleurreagens. De bepalingen zijn uitgevoerd door het Centraal Laboratorium van Wageningen UR. De analyseresultaten worden gepresenteerd als daggemiddelden. Dit betekent dat het totale gehalte wordt gedeeld door het aantal blootstellingdagen (standaard 28 dagen; eenheid: $\mu\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$).

Fluoridgehalten in kalkpapieren kunnen worden omgerekend naar fluoridgehalten in lucht (Van der Eerden & Van Alfen, 1990). Uit onderzoek rond enkele fluoridenbronnen in Nederland en België is een formule afgeleid voor de relatie tussen de atmosferische fluoridenconcentratie (F_A , in $\mu\text{g m}^{-3}$) en het fluoridgehalten in kalkpapieren (F_K , in $\mu\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$):

$$F_K = 7,714 F_A^{1,302}$$

Hoewel de correlatie tussen F_A en F_K significant is ($r=0,81$; $p < 0,001$), is er geen voor de hand liggende fysiologische verklaring voor het feit dat de exponent in de functie groter is dan 1. Ook geeft de correlatie coëfficiënt aan dat de onzekerheidsmarge rondom voorspelde waarden van F_K bij gegeven F_A substantieel is. Voorzichtigheid bij het gebruik van deze relatie is daarom geboden. Op grond van bovenstaande relatie komt de $\text{MTR}_{\text{lucht}}$ voor het jaargemiddelde overeen met een gehalte in kalkpapieren van $0,16 \mu\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$.

De accumulatie van fluoriden in gras is behalve van de belasting via de lucht ook afhankelijk van de groeisnelheid van het gras en de meteorologische omstandigheden. De fluoridgehalten in gras kunnen van dag tot dag verschillen. Toch wordt er om praktische redenen slechts eenmaal per vier weken een monster genomen. Het is een aanvaarde methode om deze als maandgemiddelden te beschouwen.

Voor de bepaling van het fluoridgehalte in gras werd eenmaal per vier weken in de directe omgeving van de meetpunten in een raster over een oppervlakte van $9 \times 9 \text{ m}$ op 16 punten gras iets boven de grond afgeknippt. Het is van belang dat bij de bemonstering geen grond of kunstmestkorrels worden meegenomen, omdat dit de analyseresultaten sterk beïnvloedt. Het verse materiaal werd gedroogd en gemalen waarna het fluoridgehalte werd bepaald. De analyseresultaten worden weergegeven als hoeveelheid fluoriden per gram droge stof ($\mu\text{g g}^{-1} \text{d.s.}$). De analyses zijn uitgevoerd door het Centraal Laboratorium van Wageningen UR.



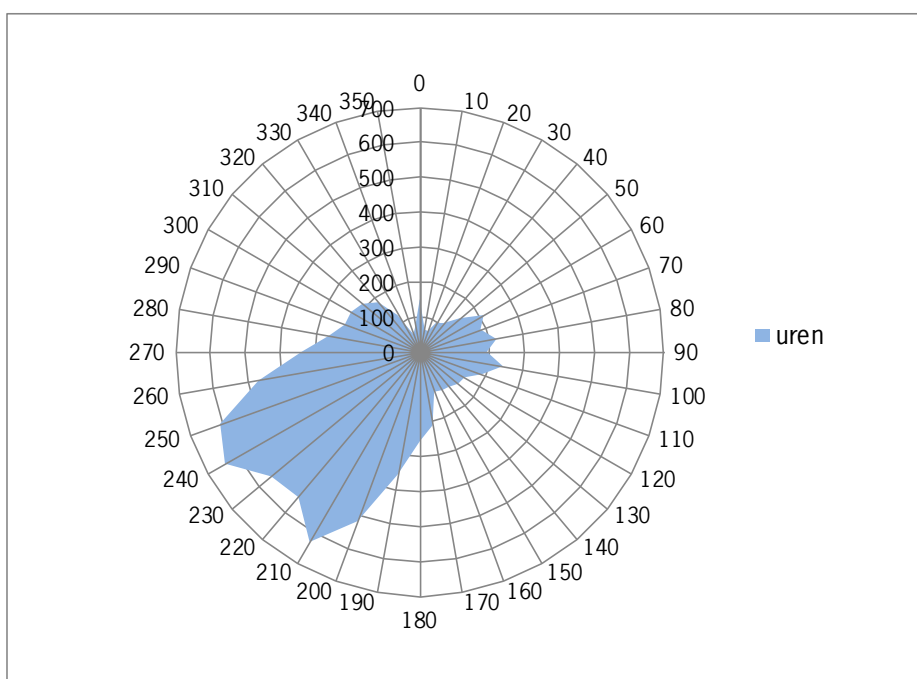
Figuur B2.3 Links een 'fluoridenkastje' in het veld en rechts een bovenaanzicht van het kastje met de geïmpregneerde filtreerpapertjes.

Bijlage 3 Meteorologische gegevens

De verspreiding van de door de REC geëmitteerde componenten hangt af van de meteorologische omstandigheden, de terreinkenmerken en de chemische eigenschappen van de component. Een indicatie over mogelijke verbanden tussen REC-emissie en verhoogde gehalten in gewassen kan verkregen worden door de windrichting tijdens de expositieperiode te beoordelen. Uiteraard levert het leggen van een relatie tussen gehalten en windrichtingfrequentie geen volledige bewijsvoering op voor wat betreft de eventuele bijdrage van de REC aan deze gehalten. Andere factoren spelen ook een rol zoals variatie in emissie, windsnelheid, landschapskarakteristieken en fysiologische eigenschappen van het gewas. Desondanks blijkt het evalueren van genoemde relatie een nuttige bijdrage te kunnen leveren aan de evaluatie van de resultaten.

De windrichtinggegevens zijn afkomstig van vliegveld Eelde (KNMI). Voor elke locatie is een sector van 30° uit de windroos bepaald waarvandaan de wind over de bron en de betreffende locatie waait (Figuur B3.1).

Voor cadmium en mogelijk ook kwik geldt dat eenmaal opgenomen materie niet gemakkelijk de plant verlaat. Voor deze componenten zijn de windrichtinggegevens (uren) over de gehele expositieperiode per gewas beoordeeld (Tabel B3.1). Voor evaluatie van de voor seizoeninvloeden gecorrigeerde fluoridengehalten in gras zijn de windrichtinggegevens per vier-wekelijkse expositieperiode en de seizoenindex (Van der Eerden, 1991) gebruikt (Tabel B3.2). Van fluoride (in gras) is bekend dat het kan uit- of afspoelen afhankelijk van de hoeveelheid neerslag vlak voor monstername. De hoeveelheid neerslag is bepaald voor enkele tijdstippen voor de afzonderlijke monsternames (Tabel B3.3).



Figuur B3.1 Windroos op basis van metingen van het KNMI weerstation vliegveld Eelde 2017.

Tabel B3.1 Aantal uren per expositieperiode dat er wind heeft gewaaid uit de richting van de REC naar de verschillende meetpunten (vliegveld Eelde).

Expositieperiode	Meetpunt 1		Meetpunt 2		Meetpunt 3		Meetpunt 4		Meetpunt 5 (referentiepunt)	
	Uren	%	Uren	%	Uren	%	Uren	%	Uren	%
Spinazie										
09-03 /03-05	150	11,2	308	22,9	308	22,9	145	10,8	70	5,2
04-04/31-05	85	12,6	104	15,5	104	15,5	74	11,0	58	8,6
01-06/28-06	118	17,6	137	20,4	137	20,4	31	4,6	41	6,1
29-06/26-07	81	12,1	86	12,8	86	12,8	93	13,8	29	4,3
27-07/23-08	208	31,0	194	28,9	194	28,9	22	3,3	39	5,8
Boerenkool										
14-12-16 / 08-02-17	346	25,7	234	17,4	234	17,4	44	3,0	45	3,2
24-08 / 18-10	391	29,1	389	28,9	389	28,9	62	4,6	55	4,1
19-10 / 13-12	378	28,1	521	38,8	521	38,8	85	6,3	29	2,2

Tabel B3.2 Aantal uren wind per expositieperiode van vier weken uit de richting van de REC naar de verschillende meetpunten.

Expositieperiode	Mpt 1	Mpt 2	Mpt 3	Mpt 4	Mpt 5	Seizoen-index ¹
	190°-220°	220°-250°	220°-250°	310°-340°	120°-150°	
15-12/11-01	219	183	183	19	9	1.5
12-01/08-02	127	51	51	25	36	1.95
09-02/08-03	177	231	231	16	5	1.95
09-03/05-04	102	164	164	47	38	1.1
06-04/03-05	48	144	144	98	32	0.6
04-05/31-05	85	104	104	74	58	0.6
01-06/28-06	118	137	137	31	41	0.5
29-06/26-07	81	86	86	93	29	0.6
27-07/23-08	208	194	194	22	39	0.6
24-08/20-09	214	179	179	37	40	0.7
21-09/18-10	177	210	210	25	15	0.8
19-10/15-11	151	229	229	72	12	1
16-11/13-12	227	292	292	13	17	1.2

¹ Seizoenindex volgens Van der Eerden (1991).

Tabel B3.3 Hoeveelheid neerslag (mm) gevallen op de monsterdatum en op de laatste 3, 7 en 28 dagen van elke expositieperiode (KNMI-station Harlingen).

Expositieperiode	Monsterdatum	Laatste 3 dagen	Laatste 7 dagen	Totale periode
15-12/11-01	0,8	6,4	12,8	21,8
12-01/08-02	0,1	0,2	11,7	51,6
09-02/08-03	2,6	4,7	31,3	80,0
09-03/05-04	0,0	0,0	0,0	25,9
06-04/03-05	1,0	3,0	7,7	23,4
04-05/31-05	0,0	2,1	2,1	9,0
01-06/28-06	1,6	3,2	15,9	66,0
29-06/26-07	1,9	16,1	41,0	97,1
27-07/23-08	0,0	0,0	20,1	84,8
24-08/20-09	0,3	8,6	27,1	171,6
21-09/18-10	0,0	0,0	2,1	53,0
19-10/15-11	1,5	13,0	27,6	78,2
16-11/13-12	2,7	12,4	39,0	128,8

Bijlage 4 PAK-gehalten per component in spinazie en boerenkool

Tabel B4.1 PAK-gehalten per component in spinazie ($\mu\text{g kg}^{-1}$ d.s.) op vijf meetpunten rond de REC Harlingen.

Component	Week 18					Week 22					Week 26					Week 30					Week 34									
	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Acenafteen	<1.5 ¹	<1.57	<1.71	<1.67	<1.73	1.34	1.37	1.37	1.95	1.52	<3.69	<3.69	<3.8	<3.96	<3.72	<4.67	<4.63	<4.81	<4.71	<4.72	<3.01	<3.1	<3.13	<3.11	<3.05	<3.01	<3.1	<3.13	<3.11	<3.05
Acenafyleen	<0.68	<0.71	<0.78	<0.76	<0.79	<0.78	<0.80	<0.79	<0.79	<0.79	<0.75	<0.75	<0.77	<0.81	<0.76	<0.78	<0.77	<0.80	<0.78	<0.79	<0.77	<0.80	<0.80	<0.80	<0.78	<0.77	<0.80	<0.80	<0.80	<0.78
Anthraceen	0.68	1.92	<0.78	<0.76	<0.79	<0.78	<0.80	<0.79	0.86	<0.79	1.55	1.41	1.03	1.09	1.02	1.66	2.41	1.3	2.22	1.58	1.24	1.52	1.32	1.46	1.44	1.24	1.52	1.32	1.46	1.44
Benz(a)antraceen	3.7	2.29	0.9	2.19	1.29	2.13	0.89	<0.79	1.73	1.07	2.98	3.65	3.36	3.17	3.12	3.11	4.4	3.18	3.46	3.28	3.69	4.34	4.23	3.94	3.9	3.69	4.34	4.23	3.94	3.9
Benzo(b)fluoranthreen	6.82	3.31	1.27	4.99	2.86	5.10	2.11	1.53	3.44	2.10	25	25.8	32.3	24.9	27	25	29.4	31.5	32.7	29.3	24.7	31	31.3	34.1	27.4	24.7	31	31.3	34.1	27.4
Benzo(ghi)peryleen	3.68	1.49	0.79	2.27	1.66	2.56	1.05	<0.79	1.47	1.35	<0.75	<0.75	<0.77	<0.81	<0.76	<0.78	<0.93	<0.80	<0.88	<0.79	0.80	<0.80	<0.80	<0.80	<0.78	0.80	<0.80	<0.80	<0.80	<0.78
Benzo(a)pyreen	3.63	1.37	<0.78	2.69	1.3	2.72	1.18	0.93	1.94	1.27	15.6	13.1	31.1	17.1	13.7	10.3	10.3	20.5	32.1	9.43	15.4	16.4	32.2	38.8	14.6	15.4	16.4	32.2	38.8	14.6
Benzo-(k)-fluoranthreen	2.02	0.99	<0.78	1.77	0.79	1.86	<0.80	<0.79	1.36	<0.79	8.05	5.42	9.91	7.91	6.48	4.67	4.15	6.52	12	3.78	7.12	6.83	10.3	12.5	6.01	7.12	6.83	10.3	12.5	6.01
Chryseen	5.15	7.38	1.32	4.6	2.18	2.99	1.32	0.97	2.36	1.41	1.86	<0.75	<0.77	<0.81	0.81	0.90	0.862	<0.80	1.05	<0.79	1.54	<0.80	<0.80	<0.80	<0.78	1.54	<0.80	<0.80	<0.80	<0.78
Dibenzo(ah)antraceen	0.89	<0.71	<0.78	<0.83	<1.01	0.85	<0.80	<0.79	<0.79	<0.79	3.37	1.36	1.26	2.38	1.93	2.22	<0.77	0.97	2.05	0.95	2.08	1.0	0.89	2.2	1.29	2.08	1.0	0.89	2.2	1.29
Fenanthreen	16.7	22.4	15.9	16.6	9.96	26.0	29.4	28.2	33.7	27.4	4.35	1.62	1.24	2.18	2.61	2.85	<1.65	<0.80	2.77	<0.79	3.12	1.46	0.98	1.78	1.03	3.12	1.46	0.98	1.78	1.03
Fluoranthreen	21.7	64.6	16.1	16.9	9.19	13.6	12.1	16.8	19.0	11.6	1.45	<0.75	<0.77	<0.81	0.84	0.89	<1.06	<0.80	0.958	<0.79	1.07	<0.80	<0.80	<0.80	<0.78	1.07	<0.80	<0.80	<0.80	<0.78
Fluoreen	<1.5	<1.57	<1.71	<1.67	<1.73	6.67	5.18	4.13	5.71	5.28	2.56	<0.75	0.85	0.934	1.44	1.65	1.14	<0.80	<0.78	<0.79	1.59	<0.80	<0.80	<0.80	<0.78	1.59	<0.80	<0.80	<0.80	<0.78
Indeno(123cd)pyreen	3.85	1.52	0.93	1.74	1.39	2.70	0.96	0.94	1.73	1.46	<0.75	<0.75	<0.77	<0.81	<0.76	<0.78	<0.91	<0.80	<0.78	<0.79	<0.77	<0.80	<0.80	<0.80	<0.78	<0.77	<0.80	<0.80	<0.80	<0.78
Naftaleen	<4.23	<4.41	<4.81	<4.7	<4.87	5.66	5.96	6.35	5.82	6.36	2.33	0.77	0.86	1.05	1.52	0.90	<0.77	<0.80	<0.78	<0.79	1.41	<0.80	<0.80	0.81	<0.78	1.41	<0.80	<0.80	0.81	<0.78
Pyreen	11.6	30.9	5.8	8.69	4.46	6.85	4.83	5.53	7.81	5.02	2.98	1.05	1.11	1.49	1.95	1.95	<0.77	<0.80	1.09	<0.79	1.57	<0.80	<0.80	1.07	<0.78	1.57	<0.80	<0.80	1.07	<0.78
PAK's som	88	147	55	73	46	83	70	71	90	69	78	62	91	70	68	63	65	76	99	60	70	72	91	105	65	70	72	91	105	65

¹ <: gehalte ligt beneden de aangegeven aantoonbaarheidsgrens

Tabel B4.2 PAK-gehalten per component in boerenkool ($\mu\text{g kg}^{-1}$ d.s.) op vijf meetpunten rond de REC Harlingen.

Component	Week 6					Week 42					Week 50				
	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp	mtp
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Acenafteen	1.26	1.09	1.27	1.14	0.923	<3.41	<3.32	<3.33	<3.26	<3.26	<1.57	<1.6	<1.57	<1.5	<1.49
Acenaftyleen	<0.79 ¹	<0.79	<0.77	<0.76	<0.76	<0.81	<0.79	<0.79	<0.78	<0.78	<0.79	<0.8	<0.78	<0.75	<0.75
Anthraaceen	1.01	1.23	1.13	<0.76	<0.76	<1.46	<1.42	<1.43	<1.4	<1.4	<0.79	<0.8	<0.78	1.02	<0.75
Benz(a)antraceen	13.8	5.73	5.24	7.42	5.71	3.05	2.99	3.08	3.27	3.11	2.55	3.97	3.2	6.68	2.51
Benzo(b/j)fluorantheen	12.9	7.22	6.91	7	7.53	33.8	29.4	25.4	41.5	27.2	5.56	9.15	6.75	11.5	4.8
Benzo(ghi)peryleen	9.68	3.73	3.39	3.35	4.04	1.03	0.83	<0.79	1.15	<0.78	2.06	2.21	2.34	2.9	2.21
Benzo(a)pyreen	5.22	1.26	1.46	1.53	1.68	28.1	28.4	26.9	53.2	18.4	2.63	<0.88	2.41	1.07	0.88
Benzo-(k)-fluorantheen	3.21	1.87	1.54	1.66	1.75	13.2	14.2	12.7	26.2	7.4	1.39	2.13	1.57	2.9	1.11
Chryseceen	30.8	22.6	22.1	23.9	23.9	2.78	1.99	1.09	2.31	<0.78	10.4	14.3	12.7	21.4	10.7
Dibenzo(ah)antraceen	3.08	2.18	2.61	1.2	2.38	4.48	4.94	5.63	6.09	1.79	<0.79	0.8	0.79	3.1	14.7
Fenanthreene	36.2	31.3	74.2	28.1	22.8	5.07	2.58	3.36	5.3	1.33	24.2	26.2	25.1	34.4	24.7
Fluorantheen	77	51.1	148	47.2	44.6	1.23	<0.79	<0.79	1.25	<0.78	47.9	50.5	51.6	65	48.2
Fluoreen	3.6	4.23	4.33	3.45	2.92	2.38	<0.79	<0.79	1.88	<0.78	<1.57	<1.6	<1.57	1.71	<1.49
Indeno(123cd)pyreen	13.1	4.97	4.62	4.96	5.09	<0.81	<0.79	<0.79	<0.78	<0.78	2.65	2.75	2.83	3.73	2.58
Naftaleen	<6.3	<6.3	<6.2	<6.1	<6.1	1.23	<0.79	<0.79	1.27	<0.78	<6.3	<6.4	<6.26	<5.99	<5.96
Pyreen	38.1	24.2	60.1	23.4	21	1.24	<0.79	<0.79	1.37	<0.78	29.1	29.7	29.6	40.8	28
PAK's som [UB]	256	170	344	162	152	104	95	88	151	70	140	154	150	204	151

¹ <: gehalte ligt beneden de aangegeven aantoonbaarheidsgrens

Bijlage 5 Dioxinen en PCB's in koemelk

Tabel B5.1 Gehalte aan dioxinen en PCB's in koemelk afkomstig van een melkveehouderij in de directe omgeving van de REC.

Component	Week 22	Week 38
Dioxinen (pg g⁻¹ vet)		
2,3,7,8-TCDF	<0,070 ¹	<0,044
1,2,3,7,8-PeCDF	<0,101	<0,036
2,3,4,7,8-PeCDF	0,133	0,134
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,075	0,086
1,2,3,6,7,8-HxCDF	<0,083	0,061
2,3,4,6,7,8-HxCDF	<0,096	0,067
1,2,3,7,8,9-HxCDF	<0,101	<0,03
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	<0,067	0,062
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	<0,079	<0,032
OCDF	<0,131	0,078
<hr/>		
2,3,7,8-TCDD	<0,096	<0,036
1,2,3,7,8-PeCDD	<0,202	0,050
1,2,3,4,7,8-HxCDD	<0,083	0,037
1,2,3,6,7,8-HxCDD	<0,083	0,064
1,2,3,7,8,9-HxCDD	<0,094	0,042
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,130	<0,140
OCDD	0,226	0,198
Totaal Dioxinen (pg TEQ g⁻¹ vet)	0,412	0,173
<hr/>		
Non-ortho-PCB's (pg g⁻¹ vet)		
PCB81	<0,307	0,176
PCB77	1,13	1,15
PCB126	1,37	1,68
PCB169	0,267	0,387
<hr/>		
Mono-ortho-PCB (pg g⁻¹ vet)		
PCB123	<9,31	<6,50
PCB118	147	196
PCB114	<9,83	<5,99
PCB105	30,4	35,8
PCB167	9,58	12,3
PCB156	16,1	20,6
PCB157	<6,41	<7,73
PCB189	7,30	<3,77
Totaal PCB's (pg TEQ g⁻¹ vet)	0,152	0,185
<hr/>		
Totaal Dioxinen+PCB's (pg TEQ g⁻¹ vet)		
	0,564	0,358
<hr/>		
Indicator PCB's (pg g ⁻¹ vet)		
PCB28	<79	<48
PCB52	<102	<70
PCB101	<145	<82
PCB153	373	445
PCB138	249	297
PCB180	102	119

¹ <: gehalte beneden de detectiegrens

Correspondentie adres voor dit rapport:

Postbus 16
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wur.nl/plant-research

Rapport WPR-798

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



Correspondentie adres voor dit rapport:
Postbus 16
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wur.nl/plant-research

Rapport WPR-798

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.

