



Biomonitoringprogramma rond de Reststoffen EnergieCentrale (REC) Harlingen

Januari tot en met december 2013

C.J. van Dijk & A.J. van Alfen





Biomonitoringprogramma rond de Reststoffen EnergieCentrale (REC) Harlingen

Januari tot en met december 2013

C.J. van Dijk & A.J. van Alfen

© 2014 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Plant Research International. 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 DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Plant Research International, Agrosysteemkunde.

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



Plant Research International, onderdeel van Wageningen UR Business Unit Agrosysteemkunde

Adres : Postbus 616, 6700 AP Wageningen
: Wageningen Campus, Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
Tel. : 0317 – 48 05 45
Fax : 0317 – 41 80 94
E-mail : info.pri@wur.nl
Internet : www.wageningenUR.nl/pri

Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
1. Inleiding	3
2. Resultaten	5
2.1 Cadmium	5
2.1.1 Metingen 2013	5
2.1.2 Trendmatig verloop 2010-2013	6
2.2 Kwik	7
2.2.1 Metingen 2013	7
2.2.2 Trendmatig verloop 2010-2013	8
2.3 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen	9
2.3.1 Metingen 2013	9
2.3.2 Trendmatig verloop 2010-2013	10
2.4 Dioxinen en dioxine-achtige PCB's	11
2.4.1 Metingen 2013	11
2.4.2 Trendmatig verloop 2010-2013	12
2.5 Fluoriden	13
2.5.1 Kalkpapiermetingen 2013	13
2.5.2 Trendmatig verloop kalkpapiermetingen 2010-2013	14
2.5.3 Gras-metingen 2013	15
2.5.4 Trendmatig verloop gras-metingen 2010-2013	16
2.6 Meldingen	17
3. Evaluatie	19
Zware metalen cadmium en kwik	19
Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)	19
Dioxinen en dioxine-achtige PCB's	19
Fluoriden	20
4. Conclusies	21
Referenties	23
Bijlage I. Toetsingskader	2 pp.
Bijlage II. Opzet biomonitoringprogramma	8 pp.
Bijlage III. Meteorologische gegevens	2 pp.
Bijlage IV. PAK-gehalten per component in spinazie en boerenkool	3 pp.
Bijlage V. Dioxinen en PCB's in koemelk	1 p.

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 2013 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 2013 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.

Op grond van de resultaten kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Voor de onderzochte componenten zijn er geen eenduidige verschillen gevonden tussen de gemiddelde belasting binnen het depositiegebied van de REC en het referentiepunt (achtergrond). Ook zijn er geen verschillen gevonden tussen het meetpunt in het depositiemaximum van de installatie en het meetpunt dat onder dezelfde windrichting maar op grotere afstand ligt. Dit laatste duidt erop dat er geen sprake is van een additionele belasting door de REC op het punt waar men dit het eerst zou verwachten, namelijk in het depositiemaximum;
- Het merendeel van de in gewassen bepaalde gehalten aan zware metalen (cadmium en kwik) en PAK's lag binnen de bandbreedte van het achtergrondniveau voor de betreffende component;
- De gehalten aan dioxinen en dioxine-achtige PCB's in koemelk kwamen zowel in het voor- als najaar overeen met het landelijk achtergrondniveau;
- Normen voor consumptiekwaliteit (cadmium en dioxinen) zijn niet overschreden. Bij de geconstateerde belastingniveaus is geen sprake van een potentieel risico met betrekking tot de consumptiekwaliteit van de onderzochte gewassen en koemelk.
- De fluoridengehalten in kalkpapiertjes (als indicatie voor gasvormige fluoriden in de lucht) lagen binnen de bandbreedte van het achtergrondniveau en ook hier zijn geen eenduidige verschillen gevonden tussen de gehalten op de meetpunten rond de installatie en het referentiepunt. Het maximaal toelaatbare risiconiveau voor fluoriden in de lucht (MTR_{lucht}) is niet overschreden. De atmosferische fluoridenconcentraties vormen geen risico voor gevoelige plantensoorten;
- In de winterperiode waren de fluoridengehalten in gras rond de installatie iets hoger dan op grond van het seizoenspatroon werd verwacht. De adviesnorm voor fluoriden in veevoer voor jongvee is echter niet overschreden. Er was geen verband aantoonbaar tussen de verhoogde gehalten en het aantal uren wind vanaf de REC naar de afzonderlijke meetpunten. In absolute zin vormen de fluoridengehalten geen potentieel risico voor vee;
- Het algemene beeld zoals dat rond de REC is gemeten komt overeen met dat op referentiepunten van andere biomonitoringprogramma's rond afvalverbrandingsinstallaties in Nederland.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat er geen aanwijzingen zijn dat de emissie van de REC een aantoonbare bijdrage heeft geleverd aan de belasting van de onderzochte componenten in de directe omgeving van de installatie. In 2014 wordt het monitoringprogramma ongewijzigd voortgezet.

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, 2011a). 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 2013 zijn uitgevoerd. Op verschillende tijdstippen zijn analyses uitgevoerd in spinazie, boerenkool, koemelk, gras en 'kalkpapiertjes' (Tabel 1). 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. Voor elk jaar is per gewas en per component het jaargemiddelde gehalte berekend van alle metingen op de meetpunten in de directe omgeving van de installatie. Daarnaast is het jaargemiddelde bepaald voor het referentiepunt. Bij de berekeningen is voor gehalten beneden de aantoonbaarheidsgrens de waarde van de aantoonbaarheidsgrens aangehouden. Waar mogelijk is in de grafieken ook de norm en de bandbreedte voor het achtergrondniveau weergegeven (zie verder Bijlage I). 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.

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 (2010-2013). 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 I. Informatie over de opzet en uitvoering van het biomonitoringprogramma en een toelichting op de keuze van de verschillende componenten is toegevoegd als Bijlage II. Enkele meteorologische gegevens zijn als Bijlage III toegevoegd.

2. Resultaten

2.1 Cadmium

2.1.1 Metingen 2013

De cadmiumgehalten in spinazie (Tabel 2) varieerden van 37 tot 120 $\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g. De waarde van 120 $\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g. werd zowel in week 18 als 22 op verschillende meetpunten gevonden. In week 18, de eerste meting in spinazie van het seizoen, lagen de gehalten op zowel de meetpunten rond de installatie als op het referentiepunt iets boven het achtergrondniveau. Gedurende de rest van het seizoen lagen de gehalten binnen de bandbreedte voor het achtergrondniveau. De gehalten in boerenkool, die in de herfst en winter werd geteeld, varieerden van 12 tot 39 $\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g. (Tabel 2). De gehalten kwamen overeen met het achtergrondniveau, maar in week 42 waren de gehalten op alle meetpunten, inclusief het referentiepunt iets hoger dan bij de twee andere metingen in week 6 en week 50. Het maximaal toelaatbare gehalte voor bladgroenten van 200 $\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g. (EC, 2008) is in beide gewassen niet overschreden.

Uit de resultaten van vergelijkbare biomonitoringprogramma's in Nederland is bekend dat cadmiumgehalten in bladgroenten enige variatie kunnen vertonen, zowel tussen meetpunten onderling als over het seizoen. Dit verklaart ook de bandbreedte van het achtergrondniveau (Bijlage I). Voor de meetpunten rond de REC lagen de gemiddelde gehalten 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, ten noordoosten onder de overheersende windrichting en in het depositiemaximum van de installatie en meetpunt 3 dat onder dezelfde windrichting maar op grotere afstand ligt. De resultaten gaven geen aanleiding tot een nadere analyse van de windrichtinggegevens.

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.) op vijf meetpunten rond de REC in Harlingen.

Gewas	Monstername	Meetp 1	Meetp 2 ¹	Meetp 3 ¹	Meetp 4	Meetp 5 (referentiepunt)	Achter- grond ²	MAX ³
Spinazie	Week 18	120	120	112	120	112	61 - 110	200
	Week 22	104	96	112	120	104	61 - 110	200
	Week 26	59	67	68	62	67	61 - 110	200
	Week 30	48	51	40	48	37	61 - 110	200
	Week 34	58	62	52	78	50	61 - 110	200
	Gemiddelde	78	79	77	86	74		
Boerenkool	Week 6	12	16	15	24	14	13 - 41	200
	Week 42	33	39	32	34	30	13 - 41	200
	Week 50	18	25	18	22	16	13 - 41	200
	Gemiddelde	21	27	22	27	20		

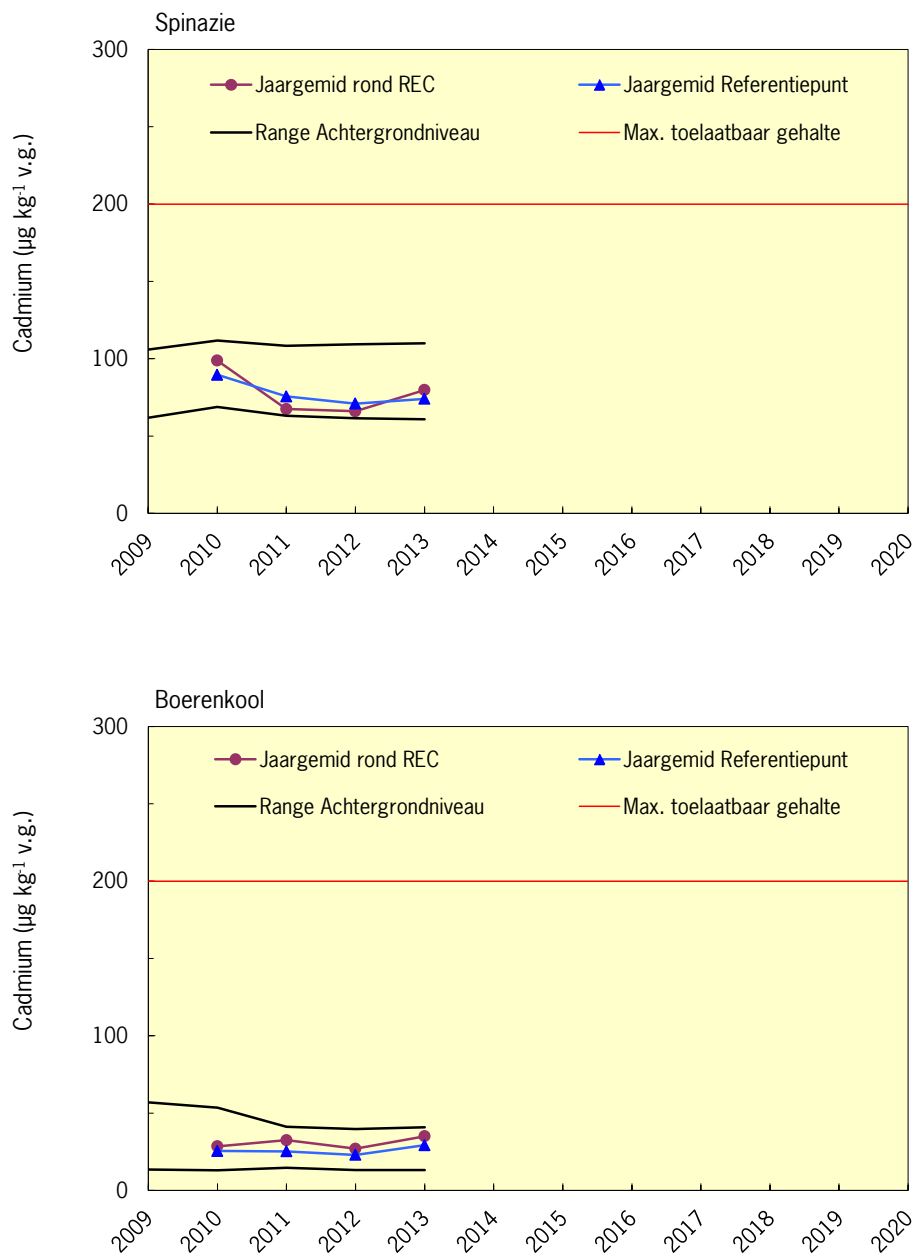
¹ Meetpunten 2 en 3 liggen onder dezelfde windrichting op respectievelijk ca. 1300 en 3200 m ten NO van de installatie.

² Bandbreedte achtergrondniveau (zie Bijlage I).

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

2.1.2 Trendmatig verloop 2010-2013

Uit de vergelijking van het jaargemiddelde gehalte in de directe omgeving van de installatie (meetpunten 1 t/m 4) en het jaargemiddelde voor het referentiepunt (meetpunt 5) blijkt dat er in het afgelopen jaar voor zowel spinazie als boerenkool geen eenduidig verschil was tussen de belasting binnen de invloedssfeer van de REC en het referentiepunt (Figuur 1). Dit beeld komt overeen met dat van voorgaande jaren. In 2013 zijn de gemiddelde niveaus licht gestegen t.o.v. vorig jaar maar liggen nog binnen de bandbreedte van het achtergrondniveau.



Figuur 1. 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 I). NB. In 2010 was de REC nog niet operationeel.

2.2 Kwik

2.2.1 Metingen 2013

De kwikgehalten in spinazie waren relatief laag en lagen grotendeels binnen de bandbreedte van het achtergrondniveau (Tabel 3). De gehalten in boerenkool lagen in week 6 op zowel de meetpunten rond de installatie als op het referentiepunt iets boven het achtergrondniveau. Gedurende de rest van het seizoen lagen de gehalten binnen de bandbreedte voor het achtergrondniveau. Voor kwik in bladgroenten is geen maximaal toelaatbaar gehalte vastgesteld waaraan de gevonden gehalten getoetst kunnen worden.

Uit de resultaten van vergelijkbare biomonitoringprogramma's in Nederland is bekend dat kwikgehalten in bladgroenten relatief laag zijn en weinig variatie vertonen. Dat verklaart ook de vrij smalle bandbreedte van het achtergrondniveau (Bijlage I). Voor de meetpunten rond de REC lagen de gemiddelde gehalten 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, ten noordoosten onder de overheersende windrichting en in het depositiemaximum van de installatie en meetpunt 3 dat onder dezelfde windrichting maar op grotere afstand ligt. De resultaten gaven geen aanleiding tot een nadere analyse van de windrichtinggegevens.

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.) op vijf meetpunten rond de REC in Harlingen*

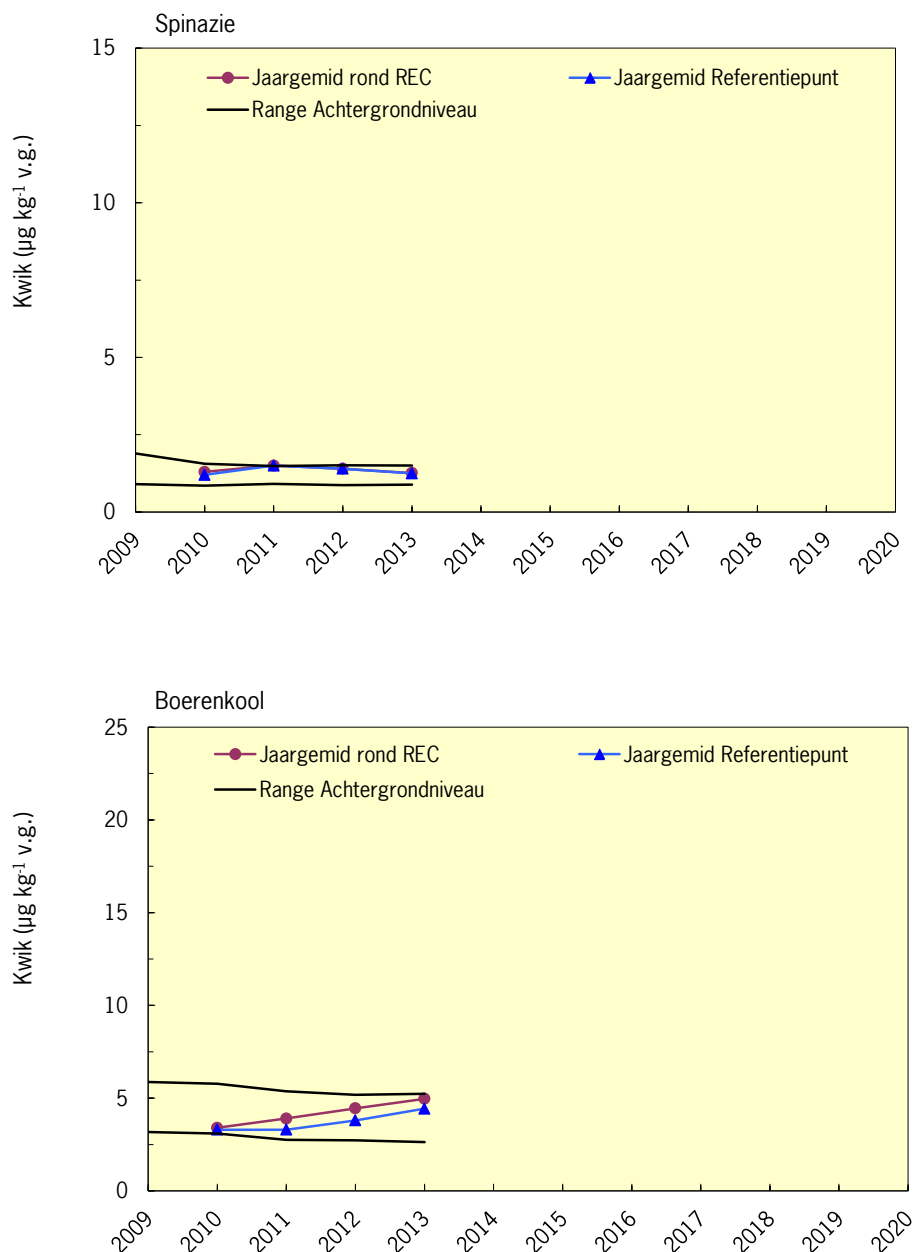
Gewas	Monstername	Meetp 1	Meetp 2 ¹	Meetp 3 ¹	Meetp 4	Meetp 5 (referentiepunt)	Achtergrond ²
Spinazie	Week 18	1,1	1,0	0,9	1,0	1,0	0,9 - 1,5
	Week 22	1,4	1,2	1,3	1,4	1,5	0,9 - 1,5
	Week 26	1,4	1,4	1,4	1,2	1,3	0,9 - 1,5
	Week 30	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	0,9 - 1,5
	Week 34	1,6	1,8	1,6	1,1	1,4	0,9 - 1,5
	Gemiddelde	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	
Boerenkool	Week 6	6,2	7,0	7,7	7,8	6,4	2,6 - 5,2
	Week 42	2,6	3,4	2,7	2,7	2,7	2,6 - 5,2
	Week 50	4,2	6,2	4,3	4,8	4,2	2,6 - 5,2
	Gemiddelde	4,3	5,5	4,9	5,1	4,3	

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 I).

2.2.2 Trendmatig verloop 2010-2013

Uit de vergelijking van het jaargemiddelde gehalte in de directe omgeving van de installatie (meetpunten 1 t/m 4) en het jaargemiddelde voor het referentiepunt (meetpunt 5) blijkt dat er in het afgelopen jaar voor zowel spinazie als boerenkool geen eenduidig verschil was tussen de belasting binnen de invloedssfeer van de REC en het referentiepunt (Figuur 2). Dit beeld komt overeen met dat van voorgaande jaren. In 2013 was het gemiddelde niveau in spinazie nagenoeg gelijk aan dat van vorig jaar, terwijl het niveau in boerenkool een stijging liet zien, maar voor zowel spinazie als boerenkool lagen de gemiddelden nog binnen de bandbreedte van het achtergrondniveau.



Figuur 2. 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 I). 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 2013

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 IV. De PAK-gehalten in spinazie, dat in voorjaar en zomer werd geteeld, varieerden van 56 tot 239 $\mu\text{g kg}^{-1}$ d.s. De hoogste waarde werd gemeten op meetpunt 3 in week 30 (eind juli). In die periode waren ook de gehalten op overige meetpunten rond de installatie en het referentiepunt wat hoger t.o.v. de overige expositieperioden. Met uitzondering van de hoogste waarde lagen alle gehalten binnen de bandbreedte van het achtergrondniveau. De PAK-gehalten in boerenkool, die in de herfst en winter werd geteeld, varieerden tussen 94 en 236 $\mu\text{g kg}^{-1}$ d.s. De hoogste waarde werd gemeten op meetpunt 3 in week 50 (begin december). In die periode waren ook de gehalten op overige meetpunten en het referentiepunt wat hoger ten opzichte van de andere twee expositieperioden. Alle gehalten lagen binnen de bandbreedte van het achtergrondniveau. Voor PAK in bladgroenten is geen maximaal toelaatbaar gehalte vastgesteld.

De PAK-gehalten in spinazie en boerenkool vertoonden enige variatie, zowel tussen meetpunten onderling als over het seizoen. Dit beeld komt overeen met dat van vergelijkbare biomonitoringprogramma's in Nederland en verklaart ook de relatief grote bandbreedte rond het achtergrondniveau (Bijlage I). Voor de meetpunten rond de REC lagen de gemiddelde PAK-gehalten in spinazie en boerenkool binnen de bandbreedte van het achtergrondniveau maar er zijn wel verschillen gevonden ten opzichte van het referentiepunt. Het gemiddelde PAK gehalte in spinazie op meetpunt 3 was hoger t.o.v. de overige meetpunten rond de installatie en het referentiepunt (als gevolg van het hogere gehalte in week 30), ondanks het feit dat dit meetpunt op grotere afstand ligt. Het gemiddelde PAK gehalte in boerenkool was op alle meetpunten rond de installatie hoger dan op het referentiepunt. Op meetpunt 2, ten noordoosten onder de overheersende windrichting en in het depositiemaximum van de installatie werd echter een lager gehalte gevonden dan op meetpunt 3 dat onder dezelfde windrichting maar op grotere afstand ligt.

Naar aanleiding van deze verschillen zijn de windrichtinggegevens nader geanalyseerd. Hieruit bleek dat er geen aantoonbaar verband was tussen de gesommeerde PAK gehalten en het aantal uren wind vanaf de REC naar de afzonderlijke meetpunten rond de installatie (Figuur 4). Dit betekent dat er geen aanwijzingen zijn dat de emissie van de REC van invloed is geweest op de gevonden gehalten.

Tabel 4. Totaal PAK-gehalten in spinazie en boerenkool ($\mu\text{g kg}^{-1}$ d.s.) op vijf meetpunten rond de REC in Harlingen.

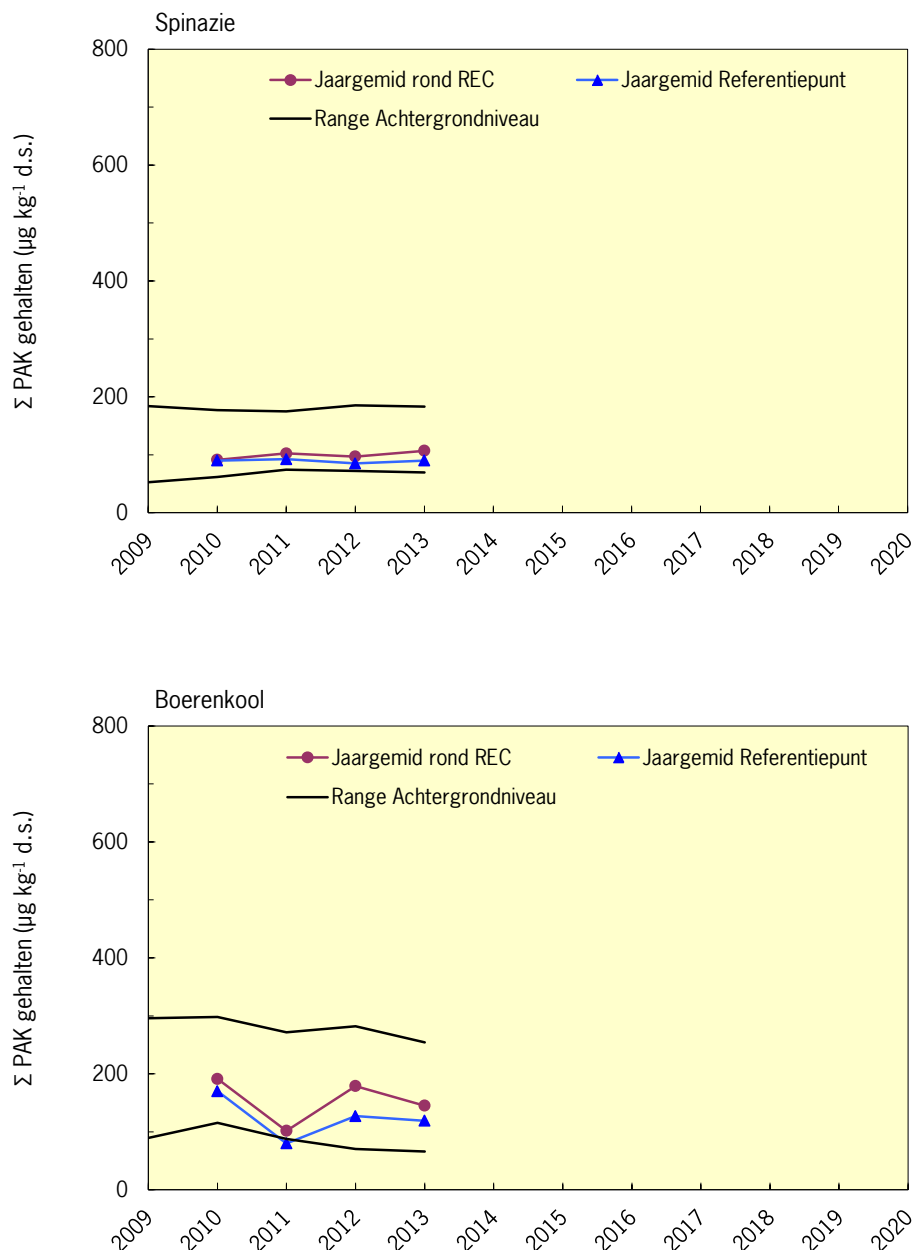
Gewas	Monstername	Meetp 1	Meetp 2 ¹	Meetp 3 ¹	Meetp 4	Meetp 5 (referentiepunt)	Achtergrond ²
Spinazie	Week 18	80	72	75	89	60	69 - 183
	Week 22	105	99	104	93	68	69 - 183
	Week 26	99	117	115	82	131	69 - 183
	Week 30	143	155	239	176	136	69 - 183
	Week 34	58	57	102	78	56	69 - 183
	Gemiddelde	97	100	127	104	90	
Boerenkool	Week 6	159	101	103	149	131	66 - 254
	Week 42	170	95	118	134	94	66 - 254
	Week 50	118	175	236	179	131	66 - 254
	Gemiddelde	149	124	152	154	119	

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

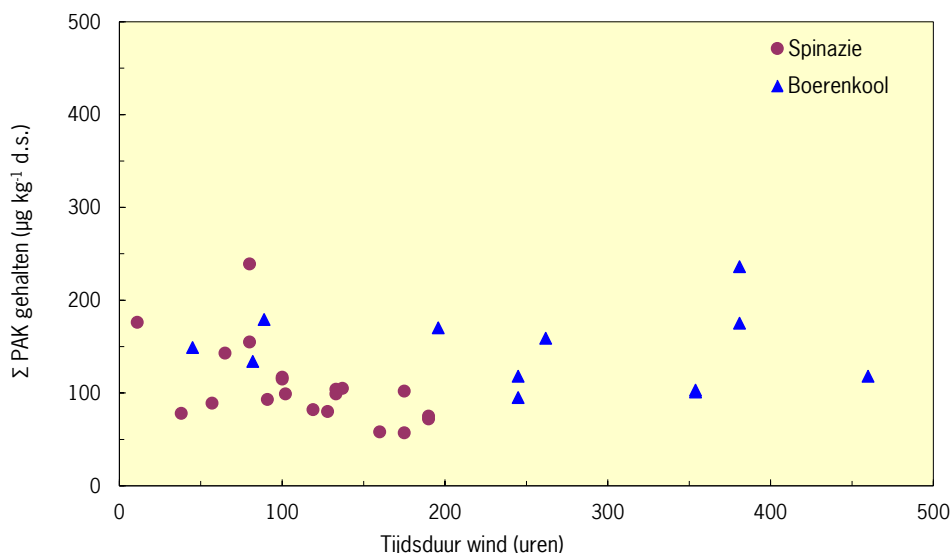
² Bandbreedte achtergrondniveau (zie Bijlage I).

2.3.2 Trendmatig verloop 2010-2013

Uit de vergelijking van het jaargemiddelde gehalte in de directe omgeving van de installatie (meetpunten 1 t/m 4) en het jaargemiddelde voor het referentiepunt (meetpunt 5) blijkt dat er in het afgelopen jaar voor spinazie geen eenduidig verschil was tussen de belasting binnen de invloedssfeer van de REC en het referentiepunt. Voor boerenkool blijkt dat de belasting binnen de invloedssfeer van de REC iets hoger was dan op het referentiepunt. Dit beeld komt overeen met dat van voorgaande jaren. Voor wat de PAK-gehalten in spinazie betreft was het niveau in 2013 op zowel de meetpunten rond de installatie als het referentiepunt nagenoeg gelijk aan dat van vorig jaar terwijl de gehalten in boerenkool een daling lieten zien t.o.v. het voorgaande jaar (Figuur 3).



Figuur 3. Trendmatig verloop van het jaargemiddelde PAK gehalte (µg 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 I). Voor PAKs is geen maximaal toelaatbare gehalte voor bladgroenten vastgesteld. NB. In 2010 was de REC nog niet operationeel.



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

2.4 Dioxinen en dioxine-achtige PCB's

2.4.1 Metingen 2013

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 V. De dioxinegehalten in koemelk van vee dat een deel van het voer krijgt uit het maximum depositiegebied van de installatie waren zowel in het voor- als najaar lager dan het gemiddelde landelijk achtergrondniveau. Het maximaal toelaatbare gehalte voor melk en melkproducten is niet overschreden. De gehalten aan dioxine-achtige PCB's waren relatief laag in vergelijking met het gemiddelde achtergrondniveau. De gesommeerde gehalten van dioxinen en dioxine-achtige PCB's bleven ruim beneden het maximaal toelaatbare gehalte voor melk en melkproducten van $5,5 \text{ pg TEQ g}^{-1} \text{ vet}$.

Tabel 5. Gehalte aan dioxinen en dioxine-achtige PCB's in koemelk (pg TEQ/g vet) van vee dat een deel van het voer krijgt afkomstig uit het maximum depositiegebied van de REC in Harlingen.

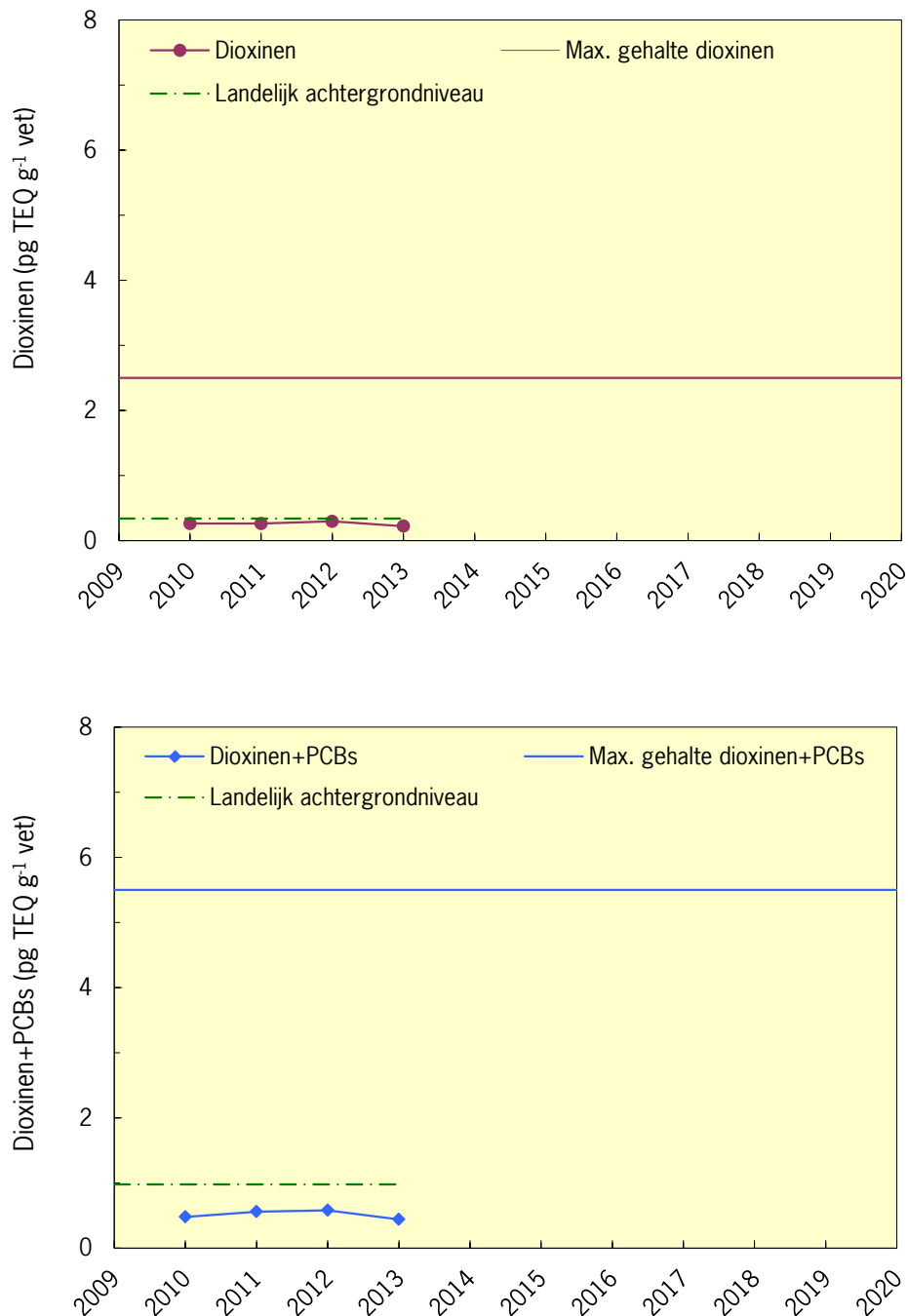
Componenten	Monstername	Gehalte (pg TEQ/g vet)	Achtergrond ¹	MAX ²
Dioxinen	Week 22	0,19	0,34 (0,45)	2,5
	Week 38	0,24	0,34 (0,45)	2,5
PCB's	Week 22	0,17	0,64 (0,89)	
	Week 38	0,27	0,64 (0,89)	
Dioxinen+PCB's	Week 22	0,35	0,98 (-)	5,5
	Week 38	0,51	0,98 (-)	5,5

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

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

2.4.2 Trendmatig verloop 2010-2013

De gemiddelde gehalten voor dioxinen en dioxinen+PCB's in koemelk van vee dat een deel van het voer krijgt afkomstig uit het maximum depositiegebied van de REC laten in 2013 een lichte daling zien t.o.v. vorig jaar (Figuur 5).



Figuur 5. 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 het gemiddelde landelijk achtergrondniveau weer.

NB. In 2010 was de REC nog niet operationeel.

2.5 Fluoriden

2.5.1 Kalkpapiermetingen 2013

De fluoridengehalten in kalkpapiertjes (Tabel 6) varieerden van 'beneden de aantoonbaarheidsgrens' (<0,07) tot 0,18 µg per gram per dag (µg g⁻¹d⁻¹). De hoogste waarde werd gemeten op meetpunt 2 in de periode juni-juli. In die periode werden ook op de overige meetpunten, inclusief het referentiepunt vergelijkbare gehalten gevonden. De individuele meetwaarden en de gemiddelde gehalten per meetpunt lagen binnen de bandbreedte van het achtergrondniveau. Er zijn geen eenduidige verschillen gevonden tussen de meetpunten rond de REC en het referentiepunt. Ook zijn er geen eenduidige verschillen gevonden tussen meetpunt 2, in het depositiemaximum en meetpunt 3 dat onder dezelfde windrichting maar op grotere afstand ligt.

De MTR_{lucht} (maximaal toelaatbaar risiconiveau voor lucht) als jaargemiddelde komt overeen met een gehalte in kalkpapieren van 0,16 µg g⁻¹ d⁻¹ (Bijlage I en II) De jaargemiddelde gehalten van de verschillende meetpunten rond de REC en het referentiepunt varieerden van 0,08 tot 0,09 µg g⁻¹ d⁻¹. Hieruit volgt dat de MTR_{lucht} niet is overschreden.

Hoewel de resultaten er geen aanleiding toe gaven zijn toch de windrichtinggegevens nader geanalyseerd. Uit de analyse bleek dat er geen significant verband aantoonbaar was tussen de fluoridengehalten en het aantal uren wind vanaf de REC naar de afzonderlijke meetpunten rond de installatie (Figuur 6). Zoals te verwachten op grond van de relatief lage fluoridengehalten zijn er geen aanwijzingen dat de emissie van de REC van invloed is geweest op de gehalten.

Tabel 6. Fluoridengehalten in kalkpapieren (µg g⁻¹ d⁻¹) op vijf meetpunten rond de REC in Harlingen.

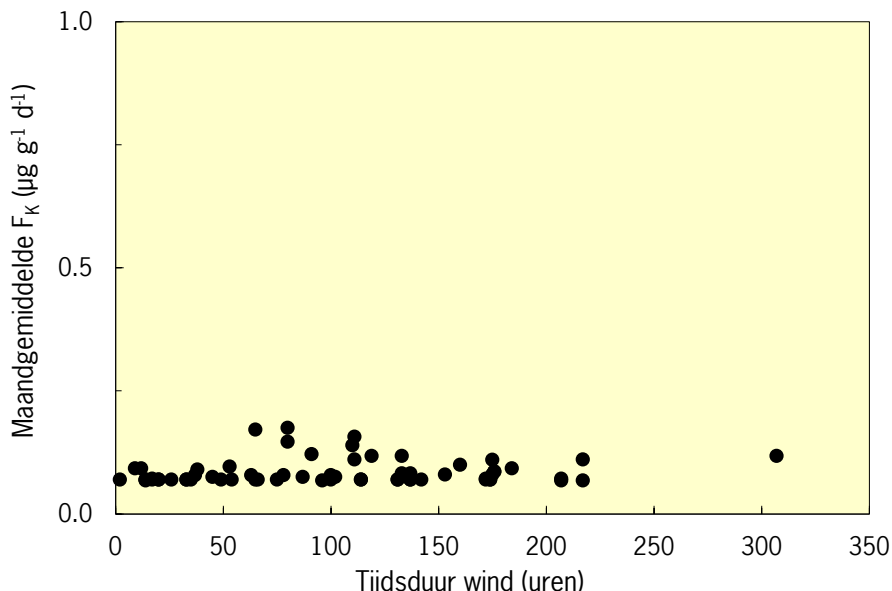
Monstername	Meetp 1	Meetp 2 ¹	Meetp 3 ¹	Meetp 4	Meetp 5 (referentiepunt)	Achtergrond ²	MTR _{lucht} ³
16-12/12-01	0,09	0,11	0,07	0,09	0,09	0,03 - 0,17	
13-01/09-02	0,08	<0,07 ⁴	<0,07	<0,07	0,08	0,03 - 0,17	
10-02/09-03	<0,07	<0,07	0,07	<0,07	<0,07	0,03 - 0,17	
10-03/06-04	0,07	<0,07	0,07	<0,07	0,08	0,03 - 0,17	
07-04/04-05	0,11	0,09	0,09	0,08	0,10	0,03 - 0,17	
05-05/01-06	0,08	0,12	0,08	0,12	0,08	0,03 - 0,17	
02-06/29-06	0,08	0,08	0,08	0,12	<0,07	0,03 - 0,17	
30-06/27-07	0,17	0,18	0,15	0,16	0,14	0,03 - 0,17	
28-07/24-08	0,10	0,11	0,08	0,09	0,07	0,03 - 0,17	
25-08/21-09	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	0,03 - 0,17	
22-09/19-10	0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	0,03 - 0,17	
20-10/16-11	0,12	0,07	0,07	<0,07	<0,07	0,03 - 0,17	
17-11/14-12	0,08	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	0,03 - 0,17	
Gemiddelde	0,09	0,09	0,08	0,09	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 I).

³ Maximaal toelaatbaar risiconiveau voor lucht.

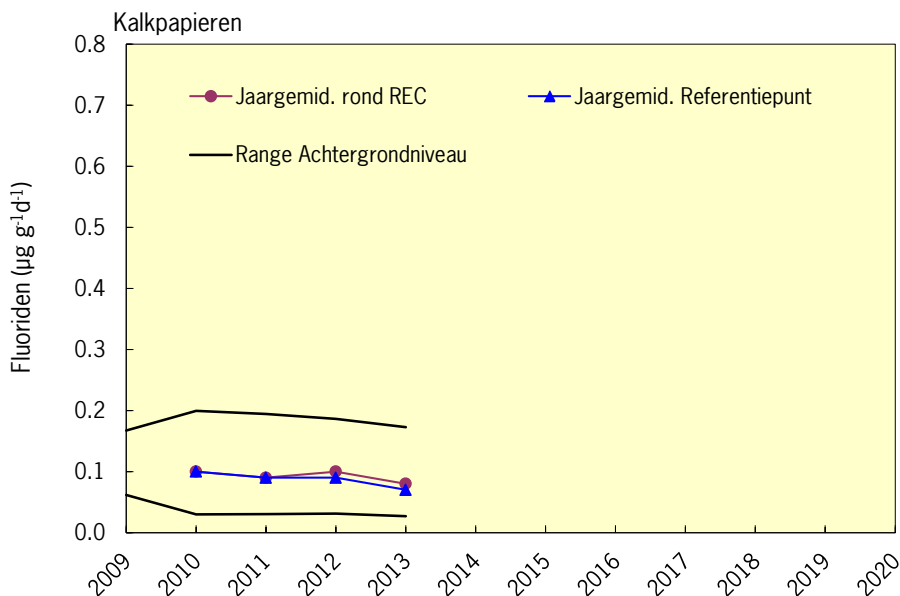
⁴ Gehalte beneden de aantoonbaarheidsgrens, bij berekeningen is voor gehalten beneden de aantoonbaarheidsgrens de waarde van de aantoonbaarheidsgrens aangehouden.



Figuur 6. Fluoridengehalte in kalkpapieren (F_K ; $\mu\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$) in relatie tot het aantal uren wind per expositieperiode van 28 dagen vanuit de richting van de REC naar de meetpunten rond de installatie.

2.5.2 Trendmatig verloop kalkpapiermetingen 2010-2013

Uit de vergelijking van het jaargemiddelde gehalte in de directe omgeving van de installatie (meetpunten 1 t/m 4) en het jaargemiddelde voor het referentiepunt (meetpunt 5) blijkt dat er in het afgelopen jaar met betrekking tot de fluoridengehalten in kalkpapieren geen eenduidig verschil was tussen de belasting binnen de invloedssfeer van de REC en het referentiepunt. Dit beeld komt overeen met dat van voorgaande jaren. In 2013 lagen de gemiddelde gehalten binnen de bandbreedte van het achtergrondniveau en lieten een lichte daling zien t.o.v. vorig jaar (Figuur 7).



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 I). NB. In 2010 was de REC nog niet operationeel.

2.5.3 Gras-metingen 2013

De fluoridengehalten in gras rond de REC (Tabel 7) volgden globaal het normale seizoenspatroon. De gehalten varieerden van 'beneden de aantoonbaarheidsgrens' (<1) tot 24 $\mu\text{g g}^{-1}$ d.s. Gehalten hoger dan op grond van het seizoenpatroon werd verwacht kwamen op alle meetpunten voor met name in de winterperiode. De adviesnorm voor veevoer voor jongvee van 25 $\mu\text{g g}^{-1}$ d.s. als absoluut maximum werd niet overschreden, maar enkele keren dicht benaderd, vooral op meetpunten 1 en 2. In de zomerperiode lag een deel van de gehalten beneden de aantoonbaarheidsgrens (<1), de wel aantoonbare gehalten kwamen overeen met het seizoensafhankelijke achtergrondniveau.

De jaargemiddelde fluoridengehalten op de meetpunten rond de installatie waren hoger dan het jaargemiddelde op het referentiepunt. Op grond van de geconstateerde verschillen zijn de windrichtinggegevens (Bijlage III) nader geanalyseerd. Hieruit bleek dat er geen aantoonbaar verband was tussen de voor seizoeninvloeden gecorrigeerde fluoridengehalten in gras en het aantal uren wind vanaf de REC naar de afzonderlijke meetpunten rond de installatie (Figuur 8). Het is dus niet aannemelijk dat de emissie van de REC van invloed is geweest op de fluoridengehalten in het gras.

Tabel 7. Fluoridengehalten in gras ($\mu\text{g g}^{-1}$ d.s.) op vijf meetpunten rond de REC in Harlingen.

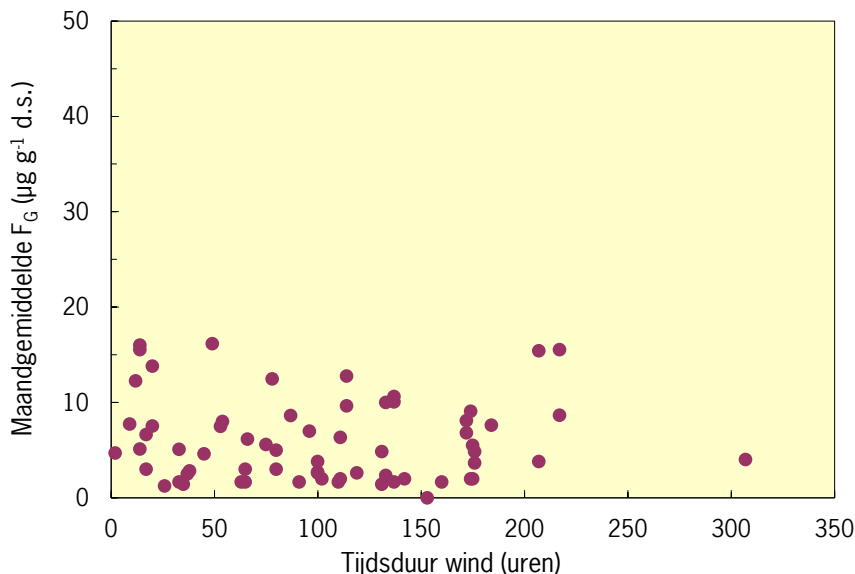
Monstername	Meetp 1	Meetp 2 ¹	Meetp 3 ¹	Meetp 4	Meetp 5 (referentiepunt)	SA ²	Advies norm ³
Week 2	11,4	23,3	13,0	18,4	11,6	7,5	25
Week 6	24,3	20,7	19,6	9,9	9,0	9,5	25
Week 10	14,7	13,3	15,8	15,6	12,0	9,5	25
Week 14	7,3	17,6	17,1	15,2	9,5	5,5	25
Week 18	1,2	2,2	2,9	1,5	4,5	3,0	25
Week 22	<1,0 ⁴	1,4	6,0	<1,0	<1,0	3,0	25
Week 26	<1,0	1,9	1,3	1,3	<1,0	2,5	25
Week 30	<1,0	1,8	3,0	3,8	<1,0	3,0	25
Week 34	<1,0	1,2	3,3	1,7	<1,0	3,0	25
Week 38	1,9	3,4	<1,0	2,1	<1,0	3,5	25
Week 42	5,6	10,2	7,7	2,4	<1,0	4,0	25
Week 46	4,0	15,4	3,8	5,1	4,7	5,0	25
Week 50	4,4	24,0	4,4	6,7	19,4	6,0	25
Gemiddelde	6,1	10,5	7,6	6,5	5,9	5,0	

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).

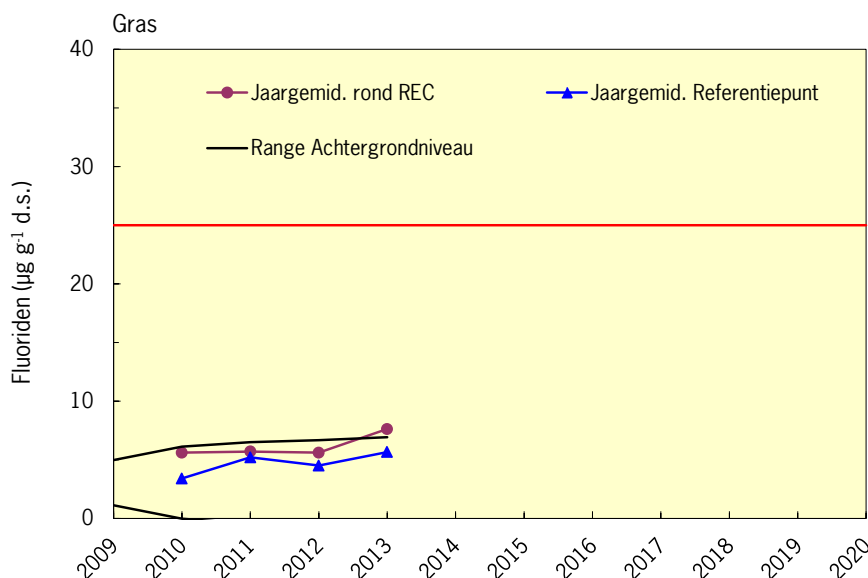
⁴ Gehalte beneden de aantoonbaarheidsgrens, bij berekeningen is voor gehalten beneden de aantoonbaarheidsgrens de waarde van de aantoonbaarheidsgrens aangehouden.



Figuur 8. Maandgemiddelde fluoridgehalten in gras (F_G ; $\mu\text{g g}^{-1} \text{d.s.}$; gecorrigeerd voor seizoeninvloeden volgens Van der Eerden, 1991) in relatie tot het aantal uren wind per expositieperiode van 28 dagen vanuit de richting van de REC naar de meetpunten rond de installatie.

2.5.4 Trendmatig verloop gras-metingen 2010-2013

De vergelijking van het jaargemiddelde gehalte berekend uit de metingen rond de installatie (meetpunten 1 t/m 4) en het jaargemiddelde voor het referentiepunt (meetpunt 5) laat zien dat de fluoridenbelasting binnen de invloedssfeer van de REC iets hoger is dan op het referentiepunt, buiten de invloedssfeer van de installatie. De gemiddelde gehalten lagen de afgelopen jaren binnen de bandbreedte van het achtergrondniveau, alleen in 2013 ligt het jaargemiddelde gehalte binnen de invloedssfeer van de REC daar net boven. (Figuur 9).



Figuur 9. Trendmatig verloop van het gemiddelde fluoridgehalte 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 fluoridgehalte in veevoer voor jongvee (VROM, 2001). De zwarte lijnen geven de bandbreedte voor het achtergrondniveau weer (zie Bijlage I). 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.

Raadsfractie Frisse Wind Harlingen heeft in 2013 een onderzoek laten uitvoeren door Stichting Toxicowatch naar dioxinen en dioxine-achtige PCB's in eieren van particuliere kippenhouders in de omgeving van Harlingen (Arkenbout, 2013). Op grond van de analyses werd geconcludeerd dat een deel van de onderzochte scharreleieren hoge concentraties dioxines en PCB's bevatten, waarbij in enkele gevallen de maximaal toegestane normen werden overschrijden en de eieren daardoor niet voor consumptie geschikt zouden zijn. In de communicatie rond het rapport is door Frisse Wind/Toxicowatch een verband gelegd tussen de gevonden dioxinen/PCB gehalten in eieren en de emissie van de REC.

PRI heeft na de bekendmaking van het onderzoek navraag gedaan bij het RIKILT, het expertisecentrum op het gebied van dioxinen, naar de relevantie van het onderzoek. Volgens het RIKILT zijn er weinig gegevens bekend over dioxine/PCB gehalten in eieren van particuliere houders in Nederland. Belgisch onderzoek heeft echter aangetoond dat gehalten in eieren van particuliere houders vaker verhoogd zijn en dat de gehalten die in de omgeving van Harlingen zijn gevonden niet uitzonderlijk zijn (Overmeire, I. van, *et al.*, 2009). Voor commerciële bedrijven ligt dat anders, zij moeten regelmatig controles uit laten voeren omdat ze eieren in de handel brengen. Mocht het gehalte te hoog zijn dan moet het bedrijf zorgen voor verbeteringen. Het vergelijken van gehalten in particuliere eieren met bedrijfseieren zoals in het Toxicowatch onderzoek is gedaan is volgens het RIKILT niet correct omdat dat per definitie tot verschillen zal leiden. In dat verband toont het onderzoek op zijn best aan dat er ook in Nederland meer onderzoek gedaan zou moeten worden naar dioxinen en PCB's in eieren van particulieren en de risico's van consumptie van eigen eieren.

In het rapport worden geen uitspraken gedaan omtrent de herkomst van de dioxinen maar geconcludeerd wordt wel dat: 'Analyses van eieren van scharrelkippen in Midlum, Wijnaldum en Harlingen maken duidelijk, dat het agrarisch biomonitoringprogramma van het LTO niet zonder meer kan worden gebruikt om uitspraken te doen over de risico's voor volksgezondheid' (pag. 15). Het LTO biomonitoringprogramma is ook niet opgezet om algemene risico's voor de volksgezondheid (door bijvoorbeeld andere bronnen) te onderzoeken of in beeld te brengen. Het programma is opgezet om de milieubelasting van de uitstoot van de REC op de productie en kwaliteit van agrarische gewassen te onderzoeken en te meten. Indirect zeggen de resultaten uit het biomonitoringprogramma wel iets over risico's voor de volksgezondheid omdat gehalten aan zware metalen in bladgroenten en dioxinen/PCB's in koemelk worden getoetst aan de normen voor menselijke consumptie. Voor de goede orde, in het biomonitoringprogramma zijn geen normoverschrijdingen geconstateerd.

In september heeft de Stichting Afvaloven Nee informatie naar buiten gebracht over de dioxine metingen in koemelk die in het kader van het biomonitoringprogramma in 2012 zijn uitgevoerd. De concentraties aan dioxinen in de melk zouden met ruim 30% omhoog zijn gegaan sinds de ingebruikname van de REC. De stichting vraagt de gemeente de afvaloven om die reden stil te leggen. Deze gevolgtrekking is niet terecht, uit de melkanalyses uit het biomonitoringprogramma zijn geen bijzonderheden naar voren gekomen. De dioxine/PCB gehalten in de melk waren relatief laag t.o.v. het landelijk achtergrondniveau en er zijn geen eenduidige verschillen gevonden tussen de metingen voor en na ingebruikname van de REC.

3. Evaluatie

Zware metalen cadmium en kwik

Er zijn geen eenduidige verschillen gevonden tussen de cadmium- en kwikgehalten in spinazie en boerenkool op de meetpunten rond de installatie en het referentiepunt. De gehalten lagen binnen de bandbreedte van het achtergrondniveau. Het achtergrondniveau is gebaseerd op achtergrondmetingen van vergelijkbare biomonitoringprogramma's rond afvalverbrandingsinstallaties. Uit eerdere resultaten van het biomonitoringprogramma is bekend dat cadmium-, en in minder mate ook kwikgehalten in bladgroenten een zekere variatie over het seizoen kunnen vertonen, dat was ook het afgelopen jaar het geval. Gemiddeld kwamen de niveaus redelijk overeen met voorgaande jaren alleen het kwikgehalte in boerenkool liet een lichte stijging zien. De norm voor het maximaal toelaatbare cadmiumgehalte in bladgroenten is in geen van de monsters overschreden (voor kwik is geen norm voor bladgroenten vastgesteld).

Er zijn geen aanwijzingen dat de emissie van de REC een aantoonbare bijdrage heeft geleverd aan de cadmium- en kwikbelasting in de directe omgeving van de installatie. 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 spinazie en boerenkool.

Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)

De PAK-gehalten in spinazie en boerenkool vertoonden enige variatie, zowel tussen meetpunten onderling als over het seizoen. De individuele gehalten in spinazie en boerenkool lagen, met uitzondering van één hogere waarde (spinazie), binnen de bandbreedte van het achtergrondniveau. Dit beeld komt overeen met dat van vergelijkbare biomonitoringprogramma's in Nederland en de variatie in gehalten verklaart ook de bandbreedte rond het achtergrondniveau. Het achtergrondniveau is gebaseerd op achtergrondmetingen van vergelijkbare biomonitoringprogramma's rond afvalverbrandingsinstallaties.

Gemiddeld kwamen de PAK gehalten in spinazie op de meetpunten rond de installatie en het referentiepunt redelijk overeen met voorgaande jaren terwijl het gehalte in boerenkool een lichte daling liet zien. Echter, zowel voor spinazie als boerenkool was, als gevolg van een incidenteel hogere meetwaarde het gemiddelde gehalte voor de meetpunten binnen de invloedssfeer van de REC iets hoger dan op het referentiepunt. Vanwege dit verschil zijn de windrichtinggegevens geanalyseerd. Hieruit bleek dat er geen aantoonbaar verband was tussen de gevonden PAK gehalten en het aantal uren wind vanaf de REC naar de afzonderlijke meetpunten.

Er zijn geen aanwijzingen dat de emissie van de REC een aantoonbare bijdrage heeft geleverd aan de PAK belasting in de directe omgeving van de installatie. Voor PAK-gehalten in land- en tuinbouwproducten zijn geen normen of advieswaarden beschikbaar waaraan getoetst kan worden. Op grond van de resultaten is het echter niet aannemelijk dat er sprake is geweest van een potentieel risico met betrekking tot de consumptiekwaliteit van de onderzochte spinazie en boerenkool.

Dioxinen en dioxine-achtige PCB's

De gehalten aan dioxinen en dioxine-achtige PCB's in koemelk, afkomstig van een melkveehouderij in de directe omgeving van de REC, waren zowel in het voor- als najaar lager dan het gemiddelde landelijk achtergrondniveau. Het achtergrondniveau is gebaseerd op een landelijke inventarisatie. Het gemiddelde niveau aan dioxinen en dioxine-achtige PCB's nam licht af ten opzichte van het voorgaande jaar. Bij gehalten op achtergrondniveau was er uiteraard geen sprake van overschrijding van de normen voor melk en melkproducten.

Er zijn geen aanwijzingen dat de emissie van de REC een aantoonbare bijdrage heeft geleverd aan de dioxinen 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.

Fluoriden

Fluoridengehalten in kalkpapiertjes geven een beeld van de gasvormige anorganische fluoriden in de lucht in het gebied rond de REC. De gehalten in kalkpapiertjes lagen binnen de bandbreedte van het achtergrondniveau en er zijn geen eenduidige verschillen gevonden tussen de gehalten op de meetpunten rond de installatie en het referentiepunt. Het achtergrondniveau is gebaseerd op referentiemetingen van verschillende monitoringprogramma's voor fluoriden in Nederland. Hoewel de resultaten er niet direct aanleiding toe gaven zijn toch de windrichtinggegevens nader geanalyseerd. Hieruit bleek dat er geen verband aantoonbaar was tussen de gevonden fluoridengehalten en het aantal uren wind vanaf de REC naar de afzonderlijke meetpunten. Gemiddeld nam het niveau van de gehalten licht af ten opzichte van het voorgaande jaar.

Het maximaal toelaatbare risiconiveau voor lucht (MTRLucht) als jaargemiddelde is niet overschreden. 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 relatief lage fluoridenconcentraties bevestigen eerdere indicatieve schattingen waaruit bleek dat de bijdrage van zeezout aan de atmosferische fluoridenconcentratie verwaarloosbaar is ten opzichte van de al aanwezige achtergrondconcentratie in de lucht (Hoekstra *et.al.*, 2009).

Fluoridengehalten in gras volgen over het algemeen een seizoenpatroon met hogere gehalten in het najaar en 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. De fluoridengehalten in gras rond de REC en het referentiepunt volgden globaal het seizoenpatroon maar in de winterperiode waren een deel van de gehalten rond de installatie hoger dan op grond van het seizoenpatroon werd verwacht. De adviesnorm voor veevoer is niet overschreden maar werd wel enkele keren dicht benaderd. Het gemiddelde niveau van de gehalten nam licht toe ten opzichte van het voorgaande jaar. Dit beeld komt overeen met dat van vergelijkbare biomonitoringprogramma's in Nederland.

Naar aanleiding van de geconstateerde verschillen in gehalten tussen meetpunten rond de installatie en het referentiepunt zijn de windrichtinggegevens nader geanalyseerd. Hieruit bleek dat er geen aantoonbaar verband was tussen de gehalten en het aantal uren wind vanaf de REC naar de afzonderlijke meetpunten. Hogere gehalten in gras gingen niet gepaard met hogere gehalten in kalkpapieren, het ligt dus niet voor de hand dat de hogere gehalten in gras zijn veroorzaakt door opname van gasvormige fluoriden uit de lucht. Een mogelijke verklaring zou kunnen zijn dat de kans dat het gemonsterde gras enigszins verontreinigd is met grond in de winter groter is dan gedurende de overige seizoenen, ten opzichte van gras bevatten grondeeltjes relatief veel fluoride.

Er zijn geen aanwijzingen dat de emissie van de REC een aantoonbare bijdrage heeft geleverd aan fluoridengehalten in kalkpapieren en gras. Op grond van de resultaten is het niet aannemelijk dat er sprake is geweest van een potentieel risico voor fluoridengevoelige plantensoorten. Met betrekking tot het risico voor vee zijn de gevonden fluoridengehalten in gras van weinig betekenis.

4. Conclusies

Het biomonitoringprogramma rond de REC is in 2013 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.

Op grond van de resultaten kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Voor de onderzochte componenten zijn er geen eenduidige verschillen gevonden tussen de gemiddelde belasting binnen het depositiegebied van de REC en het referentiepunt (achtergrond). Ook zijn er geen verschillen gevonden tussen het meetpunt in het depositiemaximum van de installatie en het meetpunt dat onder dezelfde windrichting maar op grotere afstand ligt. Dit laatste duidt erop dat er geen sprake is van een additionele belasting door de REC op het punt waar men dit het eerst zou verwachten, namelijk in het depositiemaximum;
- Het merendeel van de in gewassen bepaalde gehalten aan zware metalen (cadmium en kwik) en PAK's lag binnen de bandbreedte van het achtergrondniveau voor de betreffende component;
- De gehalten aan dioxinen en dioxine-achtige PCB's in koemelk kwamen zowel in het voor- als najaar overeen met het landelijk achtergrondniveau;
- Normen voor consumptiekwiteit (cadmium en dioxinen) zijn niet overschreden. Bij de geconstateerde belastingniveaus is geen sprake van een potentieel risico met betrekking tot de consumptiekwiteit van de onderzochte gewassen en koemelk;
- De fluoridengehalten in kalkpapiertjes (als indicatie voor gasvormige fluoriden in de lucht) lagen binnen de bandbreedte van het achtergrondniveau en ook hier zijn geen eenduidige verschillen gevonden tussen de gehalten op de meetpunten rond de installatie en het referentiepunt. Het maximaal toelaatbare risiconiveau voor fluoriden in de lucht (MTR_{lucht}) is niet overschreden. De atmosferische fluoridenconcentraties vormen geen risico voor gevoelige plantensoorten;
- In de winterperiode waren de fluoridengehalten in gras rond de installatie iets hoger dan op grond van het seizoenspatroon werd verwacht. De adviesnorm voor fluoriden in veevoer voor jongvee is echter niet overschreden. Er was geen verband aantoonbaar tussen de verhoogde gehalten en het aantal uren wind vanaf de REC naar de afzonderlijke meetpunten. In absolute zin vormen de fluoridengehalten geen potentieel risico voor vee;
- Het algemene beeld rond de REC van gemiddelde belastingniveaus op achtergrondniveau met incidenteel een meetwaarde (net) boven het achtergrondniveau komt overeen met dat van andere biomonitoringprogramma's rond afvalverbrandingsinstallaties in Nederland.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat er geen aanwijzingen zijn dat de emissie van de REC een aantoonbare bijdrage heeft geleverd aan de belasting van de onderzochte componenten in de directe omgeving van de installatie. In 2014 wordt het monitoringprogramma ongewijzigd voortgezet.

Referenties

- Arkenbout, A., 2013.
Inventariserend onderzoek dioxinen Harlingen. Stichting Toxicowatch.
- Berg, M. van den, L.S. Birnbaum, M. Denison, M. de Vito, W. Farland, M. Feeley, H. Fiedler, H. Hakansson, A. Hanberg, L. Haws, M. Rose, S. Safe, D. Schrenk, C. Tohyama, A. Tritscher, J. Tuomisto, M. Tysklind, N. Walker & R.E. Peterson, 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.
- Dijk, C.J. van & A.J. van Alfen, 2011a.
Biomonitoringprogramma rond de reststoffen Energiecentrale (REC) Harlingen. Februari t/m december 2010. Plant Research International, Rapport 383, Wageningen.
- Dijk, C.J. van & A.J. van Alfen, 2011b.
Fluoridehoudende luchtverontreiniging in de provincie Groningen. Evaluatie van de regionale achtergrondbelasting in de periode april 2010 – april 2011. Notitie Plant Research International, Wageningen.
- Dijk, C.J. van & A.J. van Alfen, 2012.
Fluoridehoudende luchtverontreiniging in de provincie Groningen. Evaluatie van de regionale achtergrondbelasting in de periode april 2011 – april 2012. Notitie Plant Research International, Wageningen.
- 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>
- Eerden, L.J.M. van der, 1980.
De invloed van asfalt- en teerdampen op planten. Instituut voor Plantenziektenkundig Onderzoek, Rapport R250. Wageningen, 4 pp.
- Eerden, L.J.M. van der, 1991.
Fluoride content in grass as related to atmospheric fluoride concentrations: a simplified predictive model. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 37: 257-273.
- 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.
- 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.

- 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. & A.J.M. Rennen, 1991.
Schadelijke stoffen voor land- en tuinbouw. Cadmium. Centrum voor Landbouw en Milieu, Utrecht, 55 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.
- 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. & D. Mackay, 1993.
Global fractionation and cold condensation of low volatility organochlorine compounds in polar regions. *Ambio* 22: 10-18.
- Wania, F., 1999.
On the origin of elevated levels of persistent chemicals in the environment. *Environmental Science and Technology* 30: 360A-396A.

Bijlage I.

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 I-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 (dit rapport), Alkmaar en Wijster. De referentielocaties liggen buiten de invloedssfeer van de installaties.

De achtergrondwaarden worden weergegeven als voortschrijdend 5-jarig gemiddelde. Dat wil zeggen dat elk jaar het gemiddelde gehalte (en standaardafwijking) wordt berekend over de meetwaarden van de laatste 5 jaar. 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 datzelfde jaar. Door het voortschrijdend 5-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 (Van den Berg *et al.*, 2006). 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, weergegeven als voortschrijdend 5-jarig gemiddelde, is gebaseerd op metingen op het referentiepunt van het biomonitoringprogramma rond de REC in Harlingen en enkele niet additioneel belaste meetpunten in de Provincie Groningen en Zuid Holland. Op grond van de bestaande relatie tussen de atmosferische fluoridenconcentratie en het fluoridengehalte in kalkpapieren (zie Bijlage II) is het mogelijk de jaargemiddelde gehalten in kalkpapieren 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 enkele niet additioneel belaste meetpunten in de Provincie Groningen, en wordt weergegeven als voortschrijdend 5-jarig gemiddelde. Fluoridengehalten 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 het 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 I-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	61 - 110	Voortschr. gemid.	$\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g.	Referentielocaties (3) van monitoringprojecten rond AVI's (2009-2013; n=65)
	Boerenkool	200 ^a	13 - 41	Voortschr. gemid.	$\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g.	Referentielocaties (3) van monitoringprojecten rond AVI's (2009-2013; n=39)
Kwik	Spinazie	-	0,9 – 1,5	Voortschr. gemid.	$\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g.	Referentielocaties (3) van monitoringprojecten rond AVI's (2009-2013; n=65)
	Boerenkool	-	2,6 – 5,2	Voortschr. gemid.	$\mu\text{g kg}^{-1}$ v.g.	Referentielocaties (3) van monitoringprojecten rond AVI's (2009-2013; n=39)
PAK's	Spinazie	-	69 - 183	Voortschr. gemid.	$\mu\text{g kg}^{-1}$ d.s.	Referentielocaties (3) van monitoringprojecten rond AVI's (2009-2013; n=65)
	Boerenkool	-	66 - 254	Voortschr. gemid.	$\mu\text{g kg}^{-1}$ d.s.	Referentielocaties (3) van monitoringprojecten rond AVI's (2009-2013; n=39)
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	0,03 - 0,17	Voortschr. gemid.	$\mu\text{g g}^{-1}$ d ¹	Referentielocatie (1) van monitoringproject rond AVI en drie meetpunten in provincie Groningen en één in Zuid Holland (2009-2013; n=310)
	Gras	25 ^d	≤ 5,2	Voortschr. gemid	$\mu\text{g g}^{-1}$ d.s.	Referentielocaties (3) van monitoringprojecten rond AVI's en drie meetpunten in provincie Groningen (2009-2013; n=375)
	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 (MTR_{lucht}) als jaargemiddelde van $0,05 \mu\text{g m}^{-3}$ komt overeen met een gehalte in kalkpapieren van $0,16 \mu\text{g g}^{-1}$ d¹ (Van der Eerden & Van Alfen, 1990).

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

Bijlage II.

Opzet biomonitoringprogramma

II-1 Algemeen

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 II-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 II-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
'Kalkpapieren'	Fluoriden	Jaarrond (4-wekelijks)	13	5	65
Gras	Fluoriden	Jaarrond (4-wekelijks)	13	5	65

II-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 II-2 en Figuur II-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 II-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 II-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 schoorsteen 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 II-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 II-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.

II-3 Componenten

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

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 aerosolen. 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 polychloor-dibenzo_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 stoffeigenschappen 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

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).

monitoringprogramma's rond afvalverbrandingsinstallaties wordt de ruimtelijke verspreiding van gasvormig fluoride gemonitord door middel van een accumulatiemeting, de zogenoemde '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.

Een 'kalkpapiertje' bestaat uit een rond filtreerpapier geïmpregneerd met een suspensie van calciumhydroxide. Zes van dergelijke papiertjes 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 II-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 kleurreegens. De bepalingen zijn uitgevoerd door het Centraal Laboratorium van Wageningen UR. De analysesresultaten worden gepresenteerd als daggemiddelden. Dit betekent dat het totale gehalte wordt gedeeld door het aantal blootstellingdagen (standaard 28 dagen; eenheid: $\mu\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$).

Fluoridengehalten in kalkpapieren kunnen worden omgerekend naar fluoridengehalten 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 fluoridengehalten 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 fluoridengehalten 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 fluoridengehalte 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 afgeknipt. Het is van belang dat bij de bemonstering geen grond of kunstmestkorrels worden meegenomen, omdat dit de analyse-resultaten sterk beïnvloedt. Het verse materiaal werd gedroogd en gemalen waarna het fluoridengehalte werd bepaald. De analysesresultaten 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 II-3. Links een 'fluoridenkastje' in het veld en rechts een bovenaanzicht van het kastje met de geïmpregneerde filtreerpapertjes.

Bijlage III.

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. Voor elke locatie is een sector uit de windroos bepaald waarvandaan de wind over de bron en de betreffende locatie waait. Voor cadmium, PAK's en mogelijk ook kwik geldt dat eenmaal opgenomen materie niet gemakkelijk de plant verlaat. Daarom zijn voor deze componenten windrichtinggegevens over de gehele expositieperiode per gewas bepaald (Tabel III-1).

Van fluoride (in gras) is bekend dat het kan uit- of afspoelen afhankelijk van de hoeveelheid neerslag vlak voor monsternamen. De hoeveelheid neerslag (station Harlingen) is bepaald voor enkele tijdstippen voor de afzonderlijke monsternamen (Tabel III-2)

Tabel III-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										
07-03/01-05	128	9,5	190	14,1	190	14,1	57	4,2	140	10,4
02-05/29-05	137	20,4	133	19,8	133	19,8	91	13,5	63	9,4
30-05/26-06	102	15,2	100	14,9	100	14,9	119	17,7	142	21,1
27-06/24-07	65	9,7	80	11,9	80	11,9	111	16,5	110	16,4
25-07/21-08	160	23,8	175	26,0	175	26,0	38	5,7	33	4,9
Boerenkool										
12-12 / 07-02	262	16,8	354	23,1	354	23,1	45	3,2	54	3,9
22-08 / 16-10	196	14,6	245	18,2	245	18,2	82	6,1	61	4,5
17-10 / 11-12	460	34,2	381	28,3	381	28,3	89	6,6	51	3,8

Tabel III-2. 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
13-12/09-01	7,5	8,0	9,7	97,0
10-01/06-02	5,0	19,0	27,4	64,3
07-02/06-03	0,0	0,0	1,2	12,0
07-03/03-04	0,0	0,0	2,0	31,2
04-04/01-05	0,0	4,8	4,8	21,7
02-05/29-05	7,6	7,8	16,1	57,4
30-05/26-06	0,0	1,2	45,8	69,9
27-06/24-07	0,0	0,0	0,0	23,7
25-07/21-08	0,0	11,3	15,6	48,9
22-08/18-09	1,2	33,3	61,1	91,8
19-09/16-10	0,0	19,6	44,2	65,6
17-10/13-11	5,5	13,0	45,6	178,7
14-11/11-12	0,0	2,4	10,9	46,4

Bijlage IV.

PAK-gehalten per component in spinazie en boerenkool

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

Component	Meetpunt 1				Meetpunt 2				Meetpunt 3				Meetpunt 4				Meetpunt 5								
	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week					
	18	22	26	30	34	18	22	26	30	34	18	22	26	30	34	18	22	26	30	34					
Acenafteen	2,5	1,61	1,68	2,17	0,92	3,0	2,79	2,8	2,99	3,0	2,63	2,41	2,0	1,9	2,08	2,01	1,38	1,73	1,3	2,1	1,21	1,15	2,45	1,16	1,18
Acenaftyleen	0,99	0,99	0,91	0,98	0,90	2,0	1,86	1,87	1,99	2,0	0,97	0,99	1,00	0,95	1,04	1,00	0,99	1,3	1,11	1,00	0,83	0,96	1,15	1,03	0,80
Anthraceen	0,99	0,99	0,91	0,98	0,90	1,45	1,46	0,93	1,00	1,0	0,97	1,08	1,00	0,95	1,04	1,04	1,2	1,63	1,33	1,00	0,80	0,79	0,79	0,86	0,80
Benz(a)antracene	1,72	1,29	1,13	1,87	1,11	1,35	1,26	1,01	1,75	1,0	1,45	2,26	2,25	0,95	1,47	1,00	1,28	4,34	2,89	1,09	1,26	0,79	0,79	1,55	0,80
Benzo(b)fluorantheen	3,74	2,7	2,3	3,24	2,07	2,75	2,4	2,24	5,02	2,95	2,75	3,38	4,58	1,37	3,03	1,01	1,24	8,86	4,73	1,11	1,26	1,06	1,26	1,28	0,80
Benzo(ghi)peryleen	2,26	1,6	1,4	2,13	1,09	1,0	0,93	1,01	1,29	1,04	1,26	1,63	1,39	0,95	1,33	1,00	0,99	6,71	2,98	1,00	0,91	1,02	0,79	1,13	0,80
Benzo(a)pyreen	1,84	1,49	1,3	1,69	1,21	1,0	0,93	0,93	1,00	1,0	1,18	1,81	1,77	0,95	1,04	1,00	0,99	6,58	2,86	1,00	1,0	0,79	0,86	0,88	0,80
Benzo(k)fluorantheen	1,11	0,99	0,91	0,98	0,90	1,02	0,93	0,94	1,61	1,12	0,97	0,99	1,63	0,95	1,04	1,00	0,99	2,27	1,48	1,00	0,80	0,79	0,79	0,79	0,80
Chryseen	2,81	2,37	1,94	3,25	1,72	1,76	1,16	1,17	3,03	1,36	3,85	4,88	5,78	1,77	2,87	1,12	1,56	5,32	4,07	1,37	1,31	1,27	1,76	2,21	1,41
Dibenzo(a,h)antracene	0,99	0,99	0,91	0,98	0,90	1,0	0,93	0,93	1,13	1,0	0,97	0,99	1,00	0,95	1,04	1,00	0,99	1,1	1,00	1,38	0,80	0,79	0,79	0,90	0,80
Fenantheen	15,8	15,1	19	20,8	11	43,1	41,6	28,2	25,8	18,2	32,2	34,8	32,3	23,9	39,4	54,0	54,7	69,1	60,5	49,2	22,3	20,8	31,7	29,5	20,6
Fluorantheen	13,3	12,1	14,6	16,8	11,2	19,3	18,6	34,5	17,1	11,4	25,4	34,5	31,7	26,4	44,9	43,2	48,6	76,6	50,0	40,5	10,2	10,8	35,4	17,7	10,3
Fluoreen	4,16	3,02	2,89	3,8	2,26	5,01	4,66	4,67	4,98	5,01	3,29	3,49	2,91	1,71	3,26	4,61	4,25	4,67	4,1	4,59	3,06	4,46	4,8	4,27	4,42
Indeno(1,2,3cd)pyreen	2,28	1,52	1,79	1,82	1,65	1,0	0,93	0,93	1,00	1,0	1,59	1,56	1,44	0,95	2,52	1,00	0,99	6,93	3,12	1,00	0,98	1,09	0,79	1,21	0,80
Naftaleen	19,9	19,9	18,2	19,7	18	12,7	11,2	11,2	13,9	12	9,7	9,91	9,99	9,48	10,4	9,96	11,5	9,9	9,96	9,96	6,37	6,36	6,34	6,35	6,37
Pyreen	5,89	5,08	5,18	7,69	4,64	7,36	7,2	11	9,47	5,01	9,83	12,1	13,8	7,81	14,6	19,3	23,3	31,9	24,3	18,6	4,52	4,52	11,5	7,43	4,09
PAK's som	80	72	75	89	60	105	99	104	93	68	99	117	115	82	131	143	155	239	176	136	58	57	102	78	56

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

Component	Meetpunt 1			Meetpunt 2			Meetpunt 3			Meetpunt 4			Meetpunt 5		
	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week
	6	42	50	6	42	50	6	42	50	6	42	50	6	42	50
Acenafteen	3,87	4,99	1,07	5,04	4,94	1,09	7,91	4,96	1,14	7,4	4,95	1,69	4,13	4,99	1,64
Acenaftyleen	1,46	4,99	0,97	1,9	4,94	0,99	2,22	4,96	1,09	2,87	4,95	0,97	2,58	4,99	1,02
Anthraceen	1,17	4,99	0,97	1,44	4,94	1,0	1,96	4,96	0,95	2,85	4,95	1,09	1,68	4,99	0,94
Benz(a)antraceen	4,18	1,00	3,34	3,25	1,1	4,01	2,14	0,99	2,83	3,53	1,73	6,6	3,56	1,00	5,09
Benzol(b,j)fluorantheen	12,2	1,72	4,56	9,24	1,76	8,29	7,1	1,92	6,28	11,4	2,28	15,9	10,5	1,61	6,98
Benzol(ghi)peryleen	23,1	1,00	1,4	2,53	0,99	1,8	2,31	0,99	1,34	1,86	0,99	1,8	2,92	1,00	1,84
Benzol(a)pyreen	9,12	1,00	1,03	1,33	0,99	3,75	1,31	0,99	2,63	1,35	0,99	14,1	1,11	1,00	1,12
Benzol(k)fluorantheen	7,37	1,00	0,97	1,47	0,99	1,62	1,56	0,99	1,28	2,3	0,99	3,28	3,18	1,00	1,33
Chryseen	35,8	3,82	8,62	19,5	3,59	12,5	11,3	3,13	9,96	19,4	5,49	15	14,2	3,42	9,92
Dibenzol(a,h)antraceen	<0,5 ¹	1,00	0,97	<0,5	0,99	0,93	<0,5	0,99	0,95	<0,5	0,99	0,97	<0,5	1,00	0,94
Fenanthreen	4,88	15,7	20,2	4,99	19,6	21,2	4,99	29,2	46,9	32,5	32,7	25,1	29,3	20,4	19,6
Fluorantheen	16,3	20,4	32,8	24,8	23,5	35,4	33,6	34,6	96,8	34,8	33,2	42,3	30,6	19,4	35,9
Fluoreen	4,88	4,99	3,11	4,99	4,94	3,18	4,99	4,96	3,03	5,08	4,95	3,11	4,96	4,9	3,02
Indeno(123cd)pyreen	19,7	1,00	2,44	2,99	1,02	3,3	2,32	0,99	1,85	1,94	0,99	2,45	2,43	1,00	3,67
Naftaleen	4,88	9,99	19,5	4,99	9,88	57,5	4,99	9,92	18,9	4,91	17,8	19,4	4,96	14,6	18,9
Pyreen	9,62	92,3	16,1	12,1	10,4	18,3	13,9	13,6	40	17,1	16,5	25,3	14,7	8,55	19
PAK's som	159	170	118	101	95	175	103	118	236	149	134	179	131	94	131

¹ <: gehalte beneden de detectiegrens.

Bijlage V.

Dioxinen en PCB's in koemelk

Tabel V-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	<0,05 ¹	<0,05
1,2,3,7,8-PeCDF	<0,05	<0,05
2,3,4,7,8-PeCDF	0,13	0,17
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,06	0,08
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,06	0,08
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0,06	0,08
1,2,3,7,8,9-HxCDF	<0,05	<0,05
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	<0,05	<0,05
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	<0,05	<0,05
OCDF	<0,10	<0,10
2,3,7,8-TCDD	<0,05	0,06
1,2,3,7,8-PeCDD	<0,05	0,07
1,2,3,4,7,8-HxCDD	<0,05	<0,05
1,2,3,6,7,8-HxCDD	<0,05	0,15
1,2,3,7,8,9-HxCDD	<0,05	<0,05
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,16	0,19
OCDD	0,16	0,12
Totaal Dioxinen (pg TEQ g⁻¹ vet)	0,19	0,24
Non-ortho-PCB's (pg g⁻¹ vet)		
PCB81	0,23	0,29
PCB77	0,57	1,0
PCB126	1,5	2,4
PCB169	0,24	0,44
Mono-ortho-PCB (pg g⁻¹ vet)		
PCB123	<10	<10
PCB118	192	222
PCB114	<10	<10
PCB105	38	46
PCB167	13	16
PCB156	20	24
PCB157	<10	<10
PCB189	<10	<10
Totaal PCB's (pg TEQ g⁻¹ vet)	0,17	0,27
Totaal Dioxinen+PCB's (pg TEQ g⁻¹ vet)	0,35	0,51
Indicator PCB's (pg g⁻¹ vet)		
PCB28	<100	<100
PCB52	<100	<100
PCB101	<100	<100
PCB153	490	550
PCB138	300	360
PCB180	120	150

¹ <: gehalte beneden de detectiegrens.

