



FRONT OFFICE VOEDSEL- EN PRODUCTVEILIGHEID

Beoordeling van Overwegingen bij het opstellen van een bemonsteringsprotocol voor grazers afkomstig van (mogelijk) gecontamineerde uiterwaarden.

Beoordeling aangevraagd door:	BuRO
Beoordeling opgesteld door:	WFSR en RIVM
Datum aanvraag:	6-7-2023
Datum beoordeling:	10-10-2023 (concept) 09-11-2023 (concept 2) 25-01-2024 (definitief)
Coördinator:	RIVM
Opstellers:	WFSR
Toetsers:	RIVM
Projectnummer:	V/093130

Onderwerp

In 2020 constateerde de Nederlandse voedsel- en warenautoriteit (NVWA) dat in 'wildernisvlees' afkomstig van uiterwaarden hoge gehalten dioxines en dioxine-achtige polychloorbifenylen (DL-PCB's) voor kunnen komen. Het wildernisvlees is afkomstig van specifieke runderrassen die jaarrond grazen in de uiterwaarden langs de grote Nederlandse rivieren. Wildernisvlees uit een aantal gebieden werd in afwachting van vervolgonderzoek door de NVWA aangemerkt als 'verdacht van dioxinebesmetting' waardoor de verkoop voor consumptiedoeleinden alleen mogelijk is nadat is vastgesteld dat het dioxinegehalte onder de wettelijke norm ligt.

In opdracht van bureau Risicobeoordeling & onderzoek (BuRO) voerde Wageningen Food Safety Research (WFSR) aanvullend onderzoek uit naar gehalten van dioxines en DL-PCB's, PFAS's en zware metalen in wildernisvlees en in de bodem, het gras en het water in een aantal geselecteerde uiterwaarden. Op basis van deze gegevens concludeerde BuRO eind 2022 dat de aanwezigheid van hoge gehalten dioxines en DL-PCB's en PFAS mogelijk tot gezondheidsrisico's zou kunnen leiden bij regelmatige consumptie van dit vlees. BuRO adviseerde daarom het aanbod van dit wildernisvlees alleen toe te staan nadat is aangetoond dat dit vlees aan de wettelijke normen voldoet.



De vraag die nu bij directie Keuren van de NVWA voorligt is hoe het bemonsteringsprotocol voor het aantonen van de conformiteit van vlees afkomstig uit een van contaminatie verdacht gebied eruit moet zien. De analyseresultaten die volgens dit protocol worden verkregen moeten voldoende onderbouwing geven om dit gebied (onder voorwaarden) weer open te stellen voor de verkoop van het vlees.

Vraagstelling

Welke overwegingen moeten worden gemaakt bij het opstellen van een bemonsteringsprotocol voor dioxines en DL-PCB's en PFAS's ter onderbouwing van het vrijgeven van verdachte uiterwaarden om het aanbieden van vlees uit deze gebieden voor menselijke consumptie opnieuw toe te staan?

Uitspraak met betrekking tot de volgende vragen:

1. Hoe kan een kudde runderen voor monsternamen in subgroepen worden ingedeeld, bijvoorbeeld op basis van te verwachten contaminatiegraad van de betreffende dieren? De achtergrond van deze vraag is dat mogelijk specifieke groepen dieren binnen de heterogene populatie hoger of juist lager zijn gecontamineerd, bijvoorbeeld door verschil in blootstelling (zoals door leeftijd), fysiologische verschillen tussen runderassen of variatie in uitscheiding (zoals melkgift bij lacterende koeien).
2. Onder welke omstandigheden of voorwaarden kunnen bevindingen met betrekking tot dioxines en DL-PCB's en PFAS's uit één uiterwaarde worden vertaald naar een andere (bijvoorbeeld naastgelegen) uiterwaarde? Welke variabelen spelen daarbij een rol en zijn er stroomgebieden die samengenomen kunnen worden bij de beoordeling van de besmettingsgraad?
3. Hoe kan in een bemonsteringsprotocol worden omgegaan met seizoensinvloeden, variatie tussen jaren en het effect van overstroming?
4. Welke PFAS dienen in de analyses meegenomen te worden? Is er aanleiding om naast PFOS en PFOA andere PFAS mee te nemen bij de bemonstering?
5. Naast runderen grazen ook paarden in de uiterwaarden. Welke factoren bepalen variatie van gehalten dioxines en DL-PCB's en PFAS in paardenvlees, en hoe verhoudt de contaminatie zich tot het rundvlees? Hoe kunnen groepen paarden op basis van (te verwachten) contaminatie logisch worden ingedeeld in subgroepen voor monsternamen?
6. Geef een overzicht van (de voor een statistische onderbouwing van een representatieve steekproef) relevante getallen, zoals aantallen dieren (runderen en paarden) in uiterwaarden (per gebied, per rivier en totaal), omvang van kuddes (minimum en maximum aantal dieren de variatie in deze omvang), de samenstelling van een kudde en aantallen uiterwaarden waar deze dieren grazen (uitgesplitst per rivier).
7. Welke alternatieve monsternamen (zoals bodem, water, bloed) kan een rol spelen bij de onderbouwing van het opnieuw toestaan van de verkoop van vlees uit een verdachte uiterwaarde? Hoe kunnen deze additionele gegevens worden benut bij de besluitvorming?
8. Zijn er randvoorwaarden (of extra maatregelen) die aan het openstellen van een gebied moeten worden gesteld als op basis van bovenstaande overwegingen een uiterwaarde wordt vrijgegeven?



Conclusies

- 1) Op basis van eerder onderzoek naar deze runderen kan geen uitspraak worden gedaan over verschillen tussen geslacht, ras en leeftijd. Wel lijken jonge kalveren hogere gehalten aan dioxines en PCB's te bevatten dan de moederkoeien door een hogere blootstelling via melk. Voor PFAS's zijn er geen gegevens maar lijkt dit ook waarschijnlijk.
- 2) Grond lijkt de belangrijkste bron voor de verhoogde gehalten van contaminanten in runderen. Omdat de contaminanten zijn aangevoerd via de rivier, zal grond in gebieden in hetzelfde stroomgebied en die in gelijke mate overstromen vergelijkbare gehalten aan contaminanten bevatten. Wel lijkt er sprake van hot-spots in bepaalde gebieden en zijn gebieden soms geheel of gedeeltelijk gesaneerd.
- 3) Er zijn aanwijzingen dat gehalten van dioxines, PCB's en PFAS's in vlees in het najaar lager zijn dan in het voorjaar. Dit kan worden verklaard door een lagere blootstelling, groei van de dieren en uitscheiding. Bij dioxines en PCB's speelt ook een hoger vetgehalte na de zomer een mogelijke rol. In de periode na een overstroming zal de inname van contaminanten tijdelijk verhoogd zijn totdat aanhangend slib op vegetatie door regenval is afgespoeld, waardoor het van belang is hoe snel dieren terugkeren naar de overstroomde delen. Daardoor zal er ook variatie zijn in de gehalten in dierlijke producten tussen de seizoenen en de jaren met wel/niet een overstroming,
- 4) PFOS lijkt de belangrijkste PFAS in vlees van de runderen, deels door de mate van voorkomen maar ook door verschillen in kinetiek van de verschillende PFAS's in de dieren. Zo lijkt PFOA niet op te hopen in runderen en is er nauwelijks overdracht naar de melk. Gezien de normstelling zouden ook PFHxS en PFNA moeten worden meegenomen in de analyses en is het aan te raden om ook andere PFAS's te monitoren, inclusief mogelijke precursors.
- 5) Er is weinig informatie over contaminantgehalten in vlees van paarden die grazen in de uiterwaarden. Wel lijken gehalten van dioxines en DL-PCB's bij paarden hoger dan bij runderen, hetgeen ook blijkt uit de veel hogere EU-normen voor dioxines en DL-PCB's in paardenvlees die sinds 1-1-2023 van kracht zijn. Voor PFAS's zijn geen wettelijke normen voor paardenvlees.
- 6) In de meeste gebieden in de uiterwaarden gaat het om kuddes van zo'n 20-30 runderen of paarden, die sterk variëren in leeftijd. Het eerdere onderzoek was niet gericht op mogelijke verschillen in slachtperiode, geslacht, leeftijd etc. Wel lijken verschillen tussen dieren uit een bepaald gebied relatief klein en voldoen alle dieren meestal of allemaal wel of niet aan de normen. Er zijn meerdere eigenaren die dieren jaarrond laten grazen in de uiterwaarden van de grote rivieren en het aantal gebieden kan per jaar variëren. Daardoor is het lastig om een uitspraak te doen over het totaal aantal dieren.
- 7) De mate van vervuiling van de bodem is bepalend voor de kans op overschrijding van wettelijke normen in vlees maar het is nog niet mogelijk om een direct verband te leggen tussen gehalten in bodem en vlees. Water lijkt geen belangrijke bron voor dioxines, PCB's maar ook PFAS's. Bloed heeft een goede voorspellende waarde voor gehalten van dioxines en PCB's in vlees, mits uitgedrukt op vetbasis conform de wettelijke normen. Mager vlees (<1% vet) vormt hierop een uitzondering. Bloed bevat 10-20x hogere gehalten aan PFOS dan vlees, op basis van een beperkt aantal dieren uit eerder onderzoek..



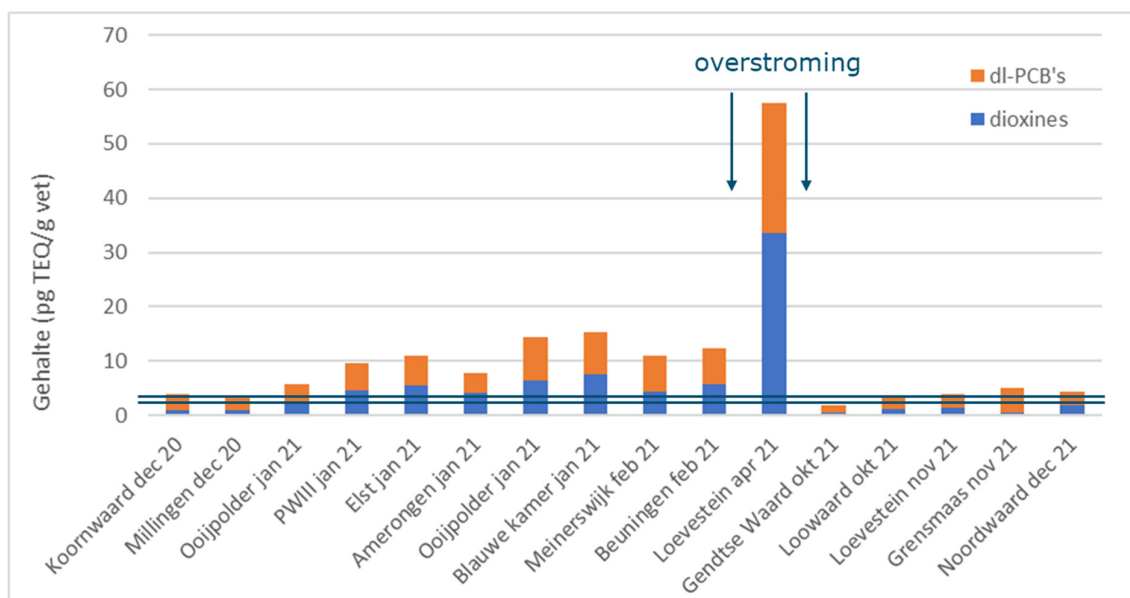
- 8) De slachperiode, maar ook de snelheid van het vrijgeven van gebieden na een overstroming lijken in grote mate van invloed op de gehalten van contaminanten. Dat geldt waarschijnlijk ook voor de mate van begroeiing in de winterperiode en de begrazingsdruk.

Inleiding

Het initiële onderzoek uitgevoerd door WFSR was gericht op het verkrijgen van een beeld van de gehalten van contaminanten als dioxines, PCB's, PFAS's en zware metalen in runderen die jaarrond graasden in veertien uiterwaarden in het stroomgebied van de Maas en de Rijn. Dat is vastgelegd in een eerste rapport (Hoogenboom et al., 2022a). Het onderzoek was niet systematisch genoeg om de meeste van de gestelde vragen t.b.v. een bemonsteringsprotocol te kunnen beantwoorden. Wel zijn er gedurende het onderzoek inzichten verkregen die hieraan een bijdrage kunnen leveren. Tabel 1 toont een overzicht van de dioxine- en PCB-gehalten in het niervet van dieren van de diverse locaties uit het eerste onderzoek, naast de PFOS-gehalten in vlees, in de meeste gevallen de enige van de vier door de Europese Commissie (EC) gereguleerde PFAS's die boven de detectiegrens werd aangetroffen¹. Gehalten boven het wettelijk maximumgehalte (maximum level; ML) zijn vet gedrukt, rekening houdend met een meetonzekerheid voor dioxines en PCB's van 15% en voor PFOS van 40%. Naast locatie, geboortedatum, slachtdatum en ras, wordt ook het gemiddelde per locatie en de variatie tussen de dieren getoond. Zoals blijkt uit tabel 1, werden op de meeste locaties 3 dieren onderzocht. Tabel 1 laat zien dat de variatie (%CV) in de dioxinegehalten varieerde tussen 11 en 49%, die voor de som van dioxines en DL-PCB's tussen 5 en 42%, en voor NDL-PCB's tussen 3 en 55%. Op vrijwel alle locaties voldeed het vet van onderzochte dieren of allemaal wel of niet aan één of meerdere normen voor deze stoffen. Uitzondering was de Koornwaard waar twee jonge kalveren maar ook één koe niet voldeden aan tenminste één van de normen. Op drie locaties na gold dat ook voor de PFOS-gehalten. De %CV varieerde voor PFOS tussen de 12 en 77%, dus wat meer dan voor dioxines en PCB's. Ook is op een aantal locaties gekeken naar gehalten in grond en gras als mogelijke bron voor de contaminanten.

¹ Dioxines betreft een groep van 210 gechlorideerde dibenzo-p-dioxines en dibenzofuranen, waarvan er 17 op basis van persistentie zijn opgenomen in de norm. Aan elk van deze 17 congenen is een zogenaamde toxische equivalentiefactor (TEF) toegekend die de relatieve potentie t.o.v. 2,3,7,8-tetrachloor-dibenzo-p-dioxine (TCDD, de meest toxische congener) weergeeft. Gehaltes van elke congener worden hiermee vermenigvuldigd en vervolgens opgeteld tot TEQ-gehalte. Dioxine-achtige (dioxin-like, DL) PCB's zijn 12 PCB-congeneren die qua effecten en persistentie lijken op dioxines en eveneens een TEF hebben. EFSA heeft een gezondheidkundige norm (Tolerable Weekly Intake, TWI) afgeleid voor de som van dioxines en dl-PCB's. Een zestal andere PCB's vertegenwoordigen de niet-dioxine-achtige PCB's (non-dioxin-like, NDL-PCB's) en hiervan worden de gehalten opgeteld. Voor deze stoffen is door EFSA geen TWI afgeleid. De EU heeft ML's vastgesteld van 2,5 pg TEQ/g vet voor dioxines, 4 pg TEQ/g vet voor de som van dioxines en DL-PCB's en 40 ng/g vet voor NDL-PCB's. Bij PFAS's gaat het eveneens om een grote groep stoffen maar EFSA heeft alleen voor de som van 4 PFAS's die zijn aangetroffen in bloed van kinderen in de kritische studie (PFOA, PFNA, PFHxS en PFOS) een TWI afgeleid. Voor al deze stoffen zijn door de EC maximumgehalten vastgesteld (EU 2023/915), voor PFOS in vlees 0,3 µg/kg. Bij toetsing aan de norm wordt van het gehalte eerst de meetonzekerheid van de methode afgetrokken.

In een vervolgstudie is onderzoek gedaan naar gehalten in dieren die door de eigenaren waren verplaatst naar een stal of een schoner gebied (Hoogenboom et al., 2022b). Op basis van de twee onderzoeken, is de hypothese gevormd dat gehalten in vlees sterk variëren gedurende het jaar en dat die eind van de zomerperiode lager zijn dan aan het einde van de winterperiode, de periode waarin de meeste dieren tijdens het onderzoek geslacht werden (Figuur 1). Deze seizoenvariatie komt enerzijds door een hogere inname van grond gedurende de winter en vlak na overstromingen, omdat grond op basis van de waarnemingen de belangrijkste bron van de contaminanten lijkt. Anderzijds nemen gehalten in het vlees in de rest van het jaar af door groei en vetaanzet (dit laatste vooral van belang voor dioxines en PCB's), uitscheiding via urine en feces en bij de vrouwelijke dieren melkgift aan de kalveren. Echter, het onderzoek was qua omvang en opzet te beperkt om deze hypothese voldoende te onderbouwen. Daardoor kunnen geen harde conclusies worden getrokken op basis van de resultaten uit deze twee rapporten.



Figuur 1. Gehalten van dioxines en DL-PCB's in niervet van runderen uit diverse uiterwaarden in het stroomgebied van de Maas (Grensmaas, Koornwaard, Noordwaard) of de Rijn. Data zijn geordend op basis van de slachtdatum. In februari 2021 en juli 2021 was er sprake van overstromingen.

In het najaar 2023 zijn door de Gezondheidsdienst voor Dieren (GD) monsters genomen van overtollige dieren uit een groot aantal uiterwaarden. De monsters van twee gebieden langs de Waal, Beuningen en Loevestein, zijn door WFSR onderzocht op dioxines, PCB's (niervet) en PFAS's (vlees). Tabel 2 toont de resultaten voor de 14 individuele dieren, 11 koeien en 3 stieren. In vlees werd alleen PFOS aangetroffen boven de detectiegrens maar in alle gevallen onder de norm. Rekening houdend met de meetonzekerheid gold dat ook voor de dioxines. Echter, niervet van drie koeien uit Loevestein en van de 3 stieren uit Beuningen overschreed de norm voor de som van dioxines en DL-PCB's (som-TEQ). Bovendien waren de gehalten van de NDL-PCB's van de 3 stieren uit Beuningen boven de norm. Vier van de zeven koeien uit Loevestein en alle koeien uit Beuningen voldeden wel aan alle normen. De drie koeien uit Loevestein met een te hoog som-TEQ-gehalte vielen op door een relatief hoog vetgehalte (geschat door de GD maar methode niet gevalideerd), twee van deze dieren hadden in 2023 geen kalf en dus geen melkgift. Dit lijkt de hypothese te weerspreken dat meer vetaanzet resulteert in lagere dioxine- en PCB-gehalten. Mogelijk speelt het gebrek aan excretie via de melk hier een rol in combinatie met

een grotere voer-, en daarmee grondinname door deze 3 koeien. Opvallend is ook dat juist de PCB's, waarvan de gehalten in gras en grond relatief laag zijn t.o.v. de dioxines, in hoge mate verantwoordelijk zijn voor de overschrijding van de normen. Dit zou kunnen wijzen op een andere bron maar ook op een verschil in opname of uitscheiding. Over het algemeen bevestigen de resultaten dat gehalten van dieren geslacht in het najaar relatief laag zijn maar deels nog niet voldoen aan de normen, met name die voor de som van dioxines en DL-PCB's en die voor ND-PCB's.

Momenteel wordt door RIVM gewerkt aan optimalisatie van een kinetisch model voor één van de rassen (Rode geus) waarin de diverse aspecten t.a.v. geslachtsverschillen en seizoensinvloeden worden meegenomen (Minnema et al., 2021; Noteboom et al., 2021). Dit model wordt verder verfijnd en kon nog niet worden ingezet voor het huidige advies. De verwachting is dat dit model na afronding door risicobeoordelaars en risicomangers kan worden ingezet om de gehalten van dioxines en dl-PCB's in wilde runderen beter te kunnen voorspellen.

Beantwoording vragen

1. Hoe kan een kudde runderen voor monstername in subgroepen worden ingedeeld, bijvoorbeeld op basis van te verwachten contaminatiegraad van de betreffende dieren? De achtergrond van deze vraag is dat mogelijk specifieke groepen dieren binnen de heterogene populatie hoger of juist lager zijn gecontamineerd, bijvoorbeeld door verschil in blootstelling (zoals door leeftijd), fysiologische verschillen tussen runderassen of variatie in uitscheiding (zoals melkgift bij lacterende koeien).

Bij het initiële onderzoek waren er teveel variabelen om een uitspraak te kunnen doen over het indelen van kuddes in groepen. Zo werden per locatie meestal alleen vrouwelijke of mannelijke dieren en van verschillende leeftijd onderzocht, werden de dieren op verschillende momenten gedurende het jaar geslacht en waren er dieren van 3 verschillende rassen (Rode Geus, Galloway, Hooglander). Vanuit het onderzoek is daardoor onvoldoende inzicht in mogelijke verschillen tussen mannelijke en vrouwelijke runderen en het effect van leeftijd. Ook is er weinig informatie over b.v. de vetgehalten van de dieren, een factor die van belang is voor de gehalten aan dioxines en PCB's. Koeien zouden meer vet bevatten en geven een deel van de contaminanten door aan kalveren, met name via de melk, maar mogelijk is er ook een verschil in de voer- en grondinname. Er zijn wel een beperkt aantal gegevens van dieren uit de Koornwaard die laten zien dat jonge kalveren hogere gehalten aan dioxines en PCB's bevatten dan de moederkoeien (Hoogenboom et al., 2022a,b; niet opgenomen in tabel 1). Dat kan verklaard worden doordat die kalveren vooral melk hebben gedronken en daardoor een hogere inname hebben van deze stoffen. Dat geldt waarschijnlijk ook voor PFOS maar op deze locatie lagen de gehalten bij zowel de koeien als hun kalveren onder de detectiegrens waardoor dit niet bevestigd kan worden. Stieren zouden met name aan het einde van de winter weinig vet bevatten, hetgeen een verklaring is voor de hoogst gemeten gehalten in dieren uit Loevestein geslacht in het voorjaar, naast een piekblootstelling door de overstroming in februari 2021. Als dieren uitgegroeid zijn zal er bij een stabiele blootstelling en gelijkblijvend vetgehalte (van belang voor dioxines en PCB's) een steady-state gehalte bereikt worden voor zowel dioxines, PCB's als een aantal PFAS's, waaronder PFOS, waarbij inname gelijk is aan uitscheiding. Waarschijnlijk liggen die gehalten hoger dan bij groeiende dieren maar er zijn geen gegevens om na te gaan hoeveel hoger dit is. Door melkgift zullen de gehalten in vet en vlees van koeien afnemen. Ook zal de inname van voer en daarmee grond t.o.v. het gewicht relatief lager zijn dan bij groeiende dieren. Het aanvullende onderzoek uit 2023 laat vier koeien uit Loevestein zien met lage dioxine- en PCB-gehaltenes en drie koeien met hogere gehaltenes. Opvallend waren de door de GD geschatte hoge vetgehaltenes van deze drie dieren, waarvan er twee in 2023 geen kalf

hadden gehad en dus ook geen melkgift. Voor Beuningen zijn de gehalten in de koeien ook onder de normen maar wel hoger dan de vier koeien uit Loevestein met de lage gehalten. De drie stieren uit Beuningen bevatten duidelijk hogere gehalten dan de vier koeien, voor zowel de dioxines, de DL- en de ND-PCB's. Voor PFOS in vlees zijn er geen duidelijke verschillen tussen koeien en stieren. Het aantal lijkt echter te klein om hier een conclusie aan te verbinden over verschillen tussen koeien en stieren.

2. Onder welke omstandigheden of voorwaarden kunnen bevindingen met betrekking tot dioxines en DL-PCB's en PFAS's uit één uiterwaarde worden vertaald naar een andere (bijvoorbeeld naastgelegen) uiterwaarde? Welke variabelen spelen daarbij een rol en zijn er stroomgebieden die samengenomen kunnen worden bij de beoordeling van de besmettingsgraad?

Bij aanvang van het onderzoek waren er geen gegevens beschikbaar over gehalten van dioxines, PCB's en PFAS's in grond en gras in de uiterwaarden. In het onderzoek zijn daarom van dertien uiterwaardgebieden één of meerdere grondmonsters onderzocht op dioxines en PCB's, met zeer wisselende gehalten (Hoogenboom et al., 2022a). Dit maakt het trekken van conclusies niet eenvoudig. Grond lijkt echter de belangrijkste bron voor de dioxines, PCB's en PFAS's in weefsels en organen van runderen, deels op basis van de seizoenvariatie en op basis van een vergelijking met gebieden op andere locaties. Deze contaminanten zijn grotendeels via de rivier aangevoerd en daarmee lijkt het waarschijnlijk dat vergelijkbare gebieden in het stroomgebied van de Rijn (dus inclusief Waal en IJssel) in principe als één groep beschouwd kunnen worden, naast het stroomgebied van de Maas. Er zijn echter factoren die voor lokale verschillen kunnen zorgen:

- Ook bedrijven in Nederland kunnen een bijdrage hebben geleverd aan de besmetting van uiterwaarden. Dit vereist kennis omtrent de lozing en uitstoot van relevante contaminanten door bedrijven, ook in het verleden.
- Er kunnen verschillen zijn in de mate van overstroming van uiterwaarden en daarmee de depositie van verontreinigd slib.
- Sanering van gebieden, zoals de Millinger Waard, en delen van Bakenhof en Meinerswijk, beiden bij Arnhem. Galloway koeien uit de Millingerwaard, geslacht in december 2020 bevatten 2 en 4 keer lagere gehalten dan vergelijkbare koeien uit de Ooijpolder, iets verder stroomafwaarts en geslacht respectievelijk begin en eind januari 2021. Grondgehalten in de Millingerwaard waren ook veel lager.
- Mogelijk mede door sanering en de mate van overstroming blijkt uit de data dat er bij sommige locaties sprake is van hotspots, dus gebieden met hogere contaminantgehalten in de grond.

De situatie voor het stroomgebied van de Rijn lijkt te verschillen van die in het stroomgebied van de Maas. Zo lijkt er bij de Rijn sprake van een mogelijke hotspot stroomopwaarts voor de meest toxische dioxine, TCDD. Dat zou een verklaring zijn voor de hogere TEQ-gehalten in dieren uit uiterwaarden in het stroomgebied van de Rijn t.o.v. die uit de uiterwaarden van de Maas. Zo bevatten rode geus koeien uit de Koornwaard aan de Maas, geslacht in december 2020, 3 keer lagere gehalten dan die uit Beuningen, geslacht begin februari 2021. Maar het verschil met Galloway koeien uit de Ooijpolder langs de Rijn, geslacht begin januari is veel kleiner, terwijl daar de gehalten in dieren die 3 weken later werden geslacht 2 tot 3 keer hoger zijn. Echter, hier spelen ook verschillen tussen deelgebieden in de Ooijpolder een mogelijke rol. Zo kunnen de dieren in één deelgebied de dijk oversteken naar een minder besmet gebied.

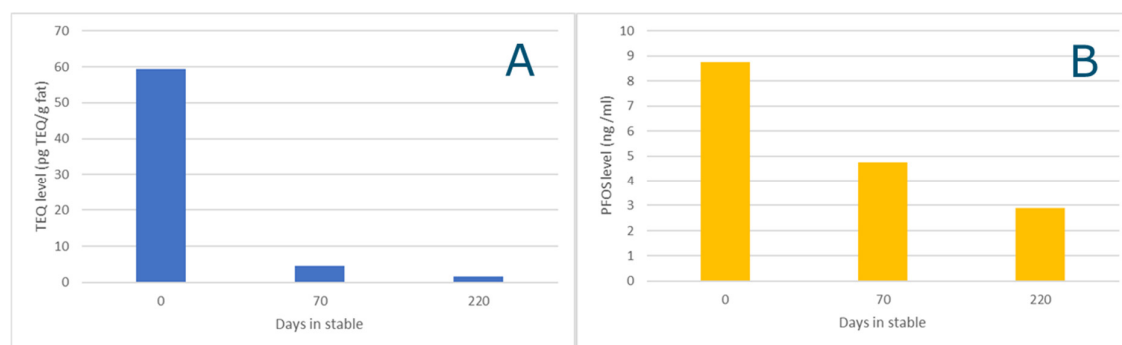
Soortgelijke verschillen tussen dieren uit stroomgebieden van Rijn en Maas werden gevonden voor PFOS-gehalten in vlees, die bij dieren uit de Koornwaard ook veel lager waren dan die van de koeien uit Beuningen, maar mogelijk weer veroorzaakt door andere factoren zoals de slachtdatum. PFOS-gehalten in vlees waren onder de detectiegrens in dieren uit de Millingerwaard en hoger (maar onder de ML) in vlees van dieren uit de

Ooijpolder. Dat laatste gold ook voor Galloway stieren uit Meinerswijk, hetgeen mogelijk ook wijst op verschillen tussen dit ras en Rode geus.

Kuddes begrazen in principe alle delen van de uiterwaarden en bij dit soort persistente contaminanten gaat het dus om een gemiddeld beeld van de besmetting van de grond. Dat laatste vergt waarschijnlijk een grootschalig onderzoek per gebied en mogelijk geven de gehalten in dieren een beter beeld van de relevante besmetting. Door het ontbreken van een meer systematische vergelijking van dieren die in dezelfde periode zijn geslacht is het moeilijk om harde conclusies te trekken over overeenkomsten en verschillen tussen uiterwaarden uit hetzelfde stroomgebied. Wel suggereren de data van dieren geslacht in het najaar van 2023 soortgelijke gemiddelde gehalten in koeien uit Loevestein en Beuningen, beiden langs de Waal.

3. Hoe kan in een bemonsteringsprotocol worden omgegaan met seizoensinvloeden, variatie tussen jaren en het effect van overstroming?

Op basis van Figuur 1 lijken gehalten van dioxines en PCB's gedurende het seizoen te dalen. Het hoogste gehalte werd gevonden in stieren van Loevestein aan het einde van de winterperiode in dieren die graasden in een gebied dat medio februari overstroomd was. Het effect van de overstroming in juli 2021 is minder duidelijk, wellicht ook door veel meer vegetatie en de langere periode tussen overstroming en slacht. Aanvullende onderzoek (Hoogenboom et al., 2022b) laat zien dat gehalten aan dioxines en PCB's in 6 maanden zo'n 20 tot 30 keer daalden bij stieren afkomstig van Loevestein (langs de Waal) die in april in een stal werden gezet en schoon voer kregen tot begin november (Figuur 2A). Stieren uit dezelfde kudde, die wel in het gebied bleven (geslacht in november 2021) lieten echter ook meer dan 10 keer lagere gehalten aan dioxines en PCB's zien dan dieren geslacht in april 2021. Voor PFOS-gehalten in plasma was er een 3-voudige afname bij de op stal gezette dieren (Figuur 2B). In vlees van de op stal gezette dieren waren de gehalten 9 keer lager dan in vergelijkbare dieren geslacht begin april.



Figuur 2. Gehalten van de som van dioxines en DL-PCB's (A) en PFOS (B) in plasma van stieren uit Loevestein die van april tot november zijn gehuisvest in een stal.

De verklaring is dat dieren in de zomer en het najaar veel minder grond binnen krijgen, de belangrijkste bron voor de dioxines en PCB's en waarschijnlijk ook PFAS's. Ook groeien de dieren en wordt een deel van de stoffen uitgescheiden via feces en urine. Die uitscheiding is weliswaar langzaam maar vindt wel plaats en bij koeien tijdens de lactatie gaat dit nog veel sneller (zowel dioxines, PCB's als PFOS). Ook zal de hoeveelheid lichaamsvet (sterk) toenemen hetgeen van belang is voor gehalten van dioxines en PCB's waarvan de normen op vetbasis zijn uitgedrukt. Dit duidt erop dat gehalten in dieren die in het najaar worden geslacht veel lager zijn en de meeste kans bieden op gehalten onder de normen. De data van de dieren geslacht in het najaar van 2023 lijken dit niet helemaal te ondersteunen maar mogelijk is er een andere verklaring voor de hoogste gehalten in de relatief vetste koeien (zie boven).

Tijdens een overstroming zal de inname van grond gedurende enige tijd verhoogd zijn. Dat betekent dat gehalten zullen variëren tussen de jaren, afhankelijk van wel of geen overstroming van het gebied. Ook zal de temperatuur en neerslag mogelijk van invloed zijn op de groei van de vegetatie en de hoeveelheid grond die de dieren binnen krijgen. Indien de dieren na een overstroming langer uit het overstroomde gebied gehouden worden, totdat de grond is afgespoeld door regen, zullen de gehalten naar verwachting veel lager zijn. Opvallend was dat koeien uit de uiterwaarden bij Beuningen (zelfde ras als bij Loevestein en ook aan de Waal), geslacht op 2 februari 2021 (dus vóór de overstroming), zo'n 5 keer lagere gehalten aan dioxines en DL-PCB's toonden. Mogelijk spelen ook verschillen tussen koeien en stieren hier een rol.

Voor PFOS waren gehalten in vlees van de in het voorjaar 2021 geslachte stieren van Loevestein en koeien van Beuningen vergelijkbaar (2-3 keer boven de ML) maar in de in november geslachte dieren van Loevestein een factor 3 lager en onder de ML.

4. Welke PFAS's dienen in de analyses meegenomen te worden? Is er aanleiding om naast PFOS en PFOA andere PFAS's mee te nemen bij de bemonstering?

In het onderzoek werd met name PFOS gevonden. Dat kan deels komen door het voorkomen in het milieu maar ook doordat PFOA in runderen niet lijkt te accumuleren of wordt uitgescheiden in melk (Kowalczyk et al., 2013). De nieuwe normen voor PFAS's in vlees betreffen PFHxS, PFOS, PFOA en PFNA (EC 2023/915) en de som van deze 4 PFAS's. Daarom kan een conclusie m.b.t. het voldoen aan de normen alleen gebaseerd worden op de individuele gehalten van deze 4 PFAS's en de som. Uiteraard is het voor een risico-beoordeling van belang om ook inzicht te verkrijgen in andere PFAS's. Idealiter betreft dat ook zogenaamde precursors, stoffen die bij afbraak kunnen resulteren in de gereguleerde PFAS's. Deze precursors kunnen met de huidige methode, gericht op de vier genormeerde PFAS's en een aantal verwante stoffen, niet gedetecteerd worden maar inmiddels is er wel ervaring mee opgedaan met verpakkingsmaterialen. Verder onderzoek moet uitwijzen of de methode ook werkt voor vlees en of het niet leidt tot een verhoging van de LOQ's (limit of quantification; detectiegrens) van gereguleerde PFAS's.

5. Naast runderen grazen ook paarden in de uiterwaarden. Welke factoren bepalen variatie van gehalten dioxines en DL-PCB's en PFAS's in paardenvlees, en hoe verhoudt de contaminatie zich tot het rundvlees? Hoe kunnen groepen paarden op basis van (te verwachten) contaminatie logisch worden ingedeeld in subgroepen voor monstername?

Paarden waren geen onderdeel van eerder onderzoek. De paar monsters van paarden uit uiterwaarden van de Waal die medio 2020 zijn onderzocht op dioxines en PCB's laten wel hoge gehalten zien. Er is dus meer onderzoek vereist om een uitspraak te kunnen doen over paarden grazend in de uiterwaarden. Voor vlees (maar niet vet) van paarden zijn pas recent EU-normen voor dioxines en DL-PCB's vastgesteld (EC 2023/915). Voor de som is die 2,5 keer hoger dan voor runderen hetgeen erop duidt dat paarden in algemeenheid hogere gehalten bevatten, gezien de wijze waarop normen voor contaminanten worden afgeleid ("strikt maar haalbaar"). Echter, in monitoringsprojecten in Nederland, uitgevoerd binnen de WOT, zijn nauwelijks analyses van dioxines en PCB's op vlees of vet van paarden uitgevoerd en geen voor PFAS's. Voor PFAS's zijn er geen normen voor paarden.

6. Geef een overzicht van (de voor een statistische onderbouwing van een representatieve steekproef) relevante getallen, zoals aantallen dieren (runderen en paarden) in uiterwaarden (per gebied, per rivier en totaal), omvang van kuddes (minimum en

maximum aantal dieren de variatie in deze omvang), de samenstelling van een kudde en aantallen uiterwaarden waar deze dieren grazen (uitgesplitst per rivier).

Over het algemeen gaat het bij gebieden in de uiterwaarden om kuddes runderen en/of paarden met een beperkte omvang (20-30 dieren) met zowel mannetjes als vrouwtjes maar ook een zeer gevarieerde leeftijdsopbouw. Voor een goed kuddebeheer worden ook diverse dieren uit de kudde gehaald en dus niet per sé alleen oudere of jongere dieren. Een deel van de op dat moment voor natuurbegrazing gebruikte uiterwaarden langs de Maas, Rijn en Waal van drie verschillende eigenaren zijn in het eerste onderzoek meegenomen. Er zijn echter meer eigenaren die dieren gedurende het hele jaar laten grazen in de uiterwaarden. De actuele aantallen kunnen variëren en het beste worden opgevraagd bij Staatsbosbeheer of wellicht op basis van UBN's.

7. Welke alternatieve monsternamen (zoals bodem, water, bloed) kan een rol spelen bij de onderbouwing van het opnieuw toestaan van de verkoop van vlees uit een verdachte uiterwaarde? Hoe kunnen deze additionele gegevens worden benut bij de besluitvorming?

Bodem lijkt de belangrijkste bron voor zowel dioxines, PCB's als PFAS's. Bij die laatste stoffen kan water en gras een bijdrage leveren maar de afname in vleesgehalten die is waargenomen bij dieren van Loevestein duidt erop dat bodem belangrijker is als bron, in elk geval voor PFOS. Bepaalde PFAS's waaronder PFOA lijken maar in beperkte mate op te hopen in vlees van runderen. Uiteraard kunnen gehalten van contaminanten in bodem een beeld geven van de mate waarin een gebied besmet is en daarmee de kans dat gehalten in dierlijke producten besmet kunnen worden maar vooralsnog is het niet mogelijk om een directe relatie tussen gehalten in bodem en dierlijke producten te leggen, mede door de vele factoren die een rol spelen, tenzij die gehalten overeenkomen met wat er in andere gebieden wordt gevonden (dus niet in uiterwaarden).

In het eerdere onderzoek is ook gekeken naar gehalten van dioxines, PCB's en PFAS's in bloed en is op die manier de afname in de tijd gevolgd bij op stal gezette dieren. Voor dioxines en PCB's is de methode vrij bewerkelijk omdat bloed weinig vet bevat en daarmee relatief lage gehalten van deze contaminanten. Wel lijken gehalten uitgedrukt op vetbasis een goede voorspelling te geven van die in vet en ook vetter vlees. Voor mager vlees (<1% vet) klopt dit niet. PFAS's verdelen zich over lever, bloed en in mindere mate over de rest van het lichaam (inclusief vlees). gehalten in vlees zijn dus altijd lager dan die in bloed en lever. Op basis van het eerder uitgevoerde onderzoek (Hoogenboom et al., 2022b) zou de ratio tussen bloed en vlees een factor 10 tot 20 te zijn. Dit is echter voor een beperkt aantal dieren van Loevestein onderzocht. Een soortgelijke ratio werd waargenomen in een studie met melkkoeien gevoerd met voer uit een met PFAS besmet gebied (Kowalczyk et al., 2013).

8. Zijn er randvoorwaarden (of extra maatregelen) die aan het openstellen van een gebied moeten worden gesteld als op basis van bovenstaande overwegingen een uiterwaarde wordt vrijgegeven?

Omdat er sprake lijkt van seizoensinvloeden zou een beperkt slachtseizoen in het najaar een voorwaarde kunnen zijn, mits kan worden aangetoond dat gehalten in die periode bij de diverse type rassen daadwerkelijk onder de norm liggen. Daarbij speelt ook de voorwaarde dat dieren na een overstroming pas toegang krijgen tot het gebied als het slib is afgespoeld van de gewassen. Ook de mate van begroeiing in de winterperiode, mede afhankelijk van de begrazingsdruk kunnen belangrijke factoren zijn voor de inname van grond. Het opsporen en onttrekken van mogelijke hotspots aan het graasgebied, zeker in de winterperiode, kan een bijdrage leveren aan een lagere blootstelling.

Tabel 1. Gehalten van dioxines, DL-PCB's, de som van dioxines en DL-PCB's en NDL-PCB's in niervet en PFOS in vlees van runderen uit de uiterwaarden

Locatie/ slachtdatum	Ras	M/V	Geboorte datum	Dioxines (pg TEQ/g)	Ge- mid- delde	SD %CV	DL-PCB's (pg TEQ/g)	Som (pg TEQ/g)	Ge- mid- delde	SD %CV	NDL- PCB's (ng/g)	Ge- mid- delde	SD %CV	PFOS (µg/kg)	Ge- mid- delde	SD %CV
Millingen	G	V	30-11-2017	1,0	0,9	0,1	2,6	3,6	3,2	0,5	16	14	4	<0,1	<0,1	
1-12-2020	G	V	9-12-2016	0,8		11%	1,9	2,7		14%	9		30%	<0,1		
	G	V	15-7-2017	0,9			2,3	3,2			16			<0,1		
Ooijpolder	G	V	26-8-2010	6,1	6,3	2,2	6,5	12,6	14,3	4,8	69	78	43	0,2	0,3	0,0
26-1-2021	G	V	21-6-2005	4,2		35%	6,4	10,6		33%	40		55%	<0,1		13%
	G	V	10-5-2019	8,6			11,1	19,7			124			0,3		
5-1-2021	G	V	28-9-2017	2,0	2,2	0,5	2,7	4,7	5,8	1,2	19	24	7	0,1	0,1	0,0
	G	V	30-7-2019	2,8		22%	4,4	7,1		21%	32		31%	0,1		13%
	G	V	20-3-2019	1,9			3,6	5,5			20			<0,1		
Gendtse Waard	RG	M	29-8-2019	0,5	0,5	0,1	1,4	1,9	1,8	0,1	12	16	6	0,1	0,2	0,1
14-10-2021	RG	V	9-6-2020	0,4		16%	1,3	1,7		8%	20		35%	0,2		47%
Beuningen	RG	V	12-11-2019	5,5	5,7	0,7	7,3	12,8	12,3	1,0	74	76	6	0,4	0,6	0,1
2-2-2021	RG	V	18-6-2005	6,5		13%	6,5	12,9		8%	82		8%	0,7		24%
	RG	V	9-6-2017	5,1			6,2	11,2			71			0,6		
Loevestein	RG	M	30-12-2018	34,8	33,6	3,6	24,4	59,5	57,5	3,1	497	507	14	0,9	0,9	0,1
1-4-2021	RG	M	12-4-2019	29,6		11%	24,4	54,0		5%	501		3%	0,7		12%
	RG	M	29-7-2019	36,5			22,6	59,1			523			0,9		
8-11-2021	RG	M	9-10-2019	2,1	1,4	0,7	3,0	5,1	3,9	1,6	33	28	13	0,2	0,2	0,0
	RG	M	12-3-2020	1,5		49%	3,2	4,6		41%	37		46%	0,2		19%
	RG	V	8-3-2017	0,7			1,4	2,1			13			0,2		
Loowaard	G	V	18-9-2015	1,4	1,2	0,3	2,8	4,1	3,7	0,9	27	24	6	-		
21-10-2021	G	V	4-7-2018	0,8		29%	1,9	2,7		24%	17		25%	-		
	G	V	14-3-2018	1,4			2,9	4,3			28			-		
	G	M	18-7-2018	1,7			3,5	5,3			38			-		

Locatie/ slachtdatum	Ras	M/V	Geboorte datum	Dioxines (pg TEQ/g)	mean	SD %CV	DL-PCB's (pg TEQ/g)	Som (pg TEQ/g)	mean	SD %CV	NDL- PCB's (ng/g)	mean	SD %CV	PFOS (µg/kg)	mean	SD %CV
Meinerswijk	G	M	12-4-2018	3,6	4,5	0,8	5,4	9,0	11,0	1,7	45	61	14	0,2	0,2	0,0
1-2-2021	G	M	28-3-2018	5,1		17%	7,0	12,2		16%	72		23%	0,3		19%
	G	M	2-5-2018	4,7			7,1	11,8			67			0,2		
Blauwe ka- mer	G	M	11-8-2016	7,7	7,6	3,1	7,3	15,1	15,3	6,5	45	55	25	0,4	0,4	0,2
26-1-2021	G	M	22-4-2017	5,9		40%	6,4	12,3		42%	31		45%	0,3		48%
	G	M	9-4-2018	6,7			6,2	12,9			64			0,5		
	G	M	20-6-2018	7,1			6,5	13,5			75			0,6		
	G	M	25-7-2017	13,4			14,7	28,1			88			0,2		
	G	M	23-4-2018	4,6			5,3	9,9			26			0,2		
Elst	G	V	10-7-2017	3,9	5,5	1,5	5,0	8,9	10,9	2,0	49	62	17	0,6	0,7	0,2
20-1-2021	G	V	18-3-2017	6,9		27%	6,1	12,9		18%	81		28%	0,9		23%
	G	V	15-8-2016	5,7			5,2	11,0			55			0,7		
PWIII	G	V	20-3-2018	4,0	4,6	1,9	4,4	8,4	9,6	2,9	28	36	14	0,4	0,5	0,4
14-1-2021	G	V	5-7-2018	6,7		41%	6,2	12,9		31%	52		37%	0,9		77%
	G	V	13-9-2017	3,1			4,3	7,4			29			0,2		
Amerongen	G	V	22-8-2018	3,8	4,0	1,5	3,2	6,9	7,7	2,7	28	31	11	0,2	0,1	0,0
20-1-2020	G	V	24-4-2018	2,7		36%	2,8	5,5		36%	22		36%	0,1		37%
	G	V	8-8-2018	5,6			5,3	10,8			44			0,1		
Grensmaas	G	M	29-8-2019	0,5	0,6	0,1	4,2	4,7	5,1	0,6	48	52	6	<0,1	<0,1	
1-11-2021	G	M	3-6-2020	0,6		13%	4,9	5,5		11%	56		11%	<0,1		
Koornwaard	RG	V	7-4-2020	1,0	1,0	0,2	4,1	5,1	3,8	0,9	21	15	5	<0,1		
1-12-2020	RG	V	13-2-2020	1,0		21%	3,1	4,1		22%	17		31%	<0,1		
	RG	V	19-8-2015	0,6			1,8	2,4			8			0,1		
	RG	V	1-4-2006	1,0			2,3	3,3			10			0,1		
	RG	V	2-4-2018	1,1			2,8	3,9			17			<0,1		
	RG	V	16-7-2019	1,3			3,1	4,4			19			<0,1		
	RG	V	8-1-2019	1,0			2,6	3,7			14			<0,1		

Locatie/ slachtdatum	Ras	M/V	Geboorte datum	Dioxines (pg TEQ/g)	mean	SD %CV	DL-PCB's (pg TEQ/g)	Som (pg TEQ/g)	mean	SD %CV	NDL- PCB's (ng/g)	mean	SD %CV	PFOS (µg/kg)	mean	SD %CV
Noordwaard	H	M	7-5-2019	2,2	1,9	0,5	3,0	5,3	4,5	1,2	17	16	2	0,5	0,5	0,0
10-12-2021	H	M	25-6-2020	1,5		27%	2,1	3,6		27%	14		14%	0,4		9%

Rassen: RG Rode Geus, G Galloway, H Hooglander

Vetgedrukte gehalten overschrijden de ML van 2,5 en 4 pg TEQ/g vet voor respectievelijk dioxines of de som van dioxines en DL-PCB's, dan wel 40 ng/g vet voor NDL-PCB's, rekening houdend met een meetonzekerheid van 15%, of de norm voor PFOS van 0,3 µg/kg vlees rekening houdend met een meetonzekerheid van 40%.

Vetgedrukte gebieden duiden op één of meerdere stoffen waarvan het gemiddelde de norm overschrijdt.

Tabel 2. Gehaltes aan dioxines, DL-PCB's, de som van dioxines en DL-PCB's, en NDL-PCB's in niervet en PFOS in vlees van runderen van twee locaties langs de Waal, gedood in het najaar 2023.

Locatie	Loevestein							Beuningen						
	koe	koe	koe*	koe	koe	koe*	koe	koe	koe	koe	koe	stier	stier	stier
Geslacht														
Leeftijd (jaar)	4	4	2	2	8	3	2	4	10	3	2	2	1	1
Dioxines (pg TEQ/g vet)	0,6	0,5	2,2	0,4	2,8	2,4	0,8	1,3	1,7	0,9	0,8	2,6	2,4	2,3
DL-PCB's (pg TEQ/g vet)	1,2	1,2	2,9	1,0	2,8	2,5	1,4	2,2	2,7	1,9	1,8	5,9	4,0	4,4
Som-TEQ (pg TEQ/g vet)	1,8	1,6	5,1	1,4	5,6	4,9	2,2	3,5	4,3	2,8	2,6	8,4	6,4	6,7
NDL-PCB's (ng/g vet)	12	13	41	7	32	30	20	20	29	20	19	88	49	63
PFOS (µg/kg vlees)	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2

Gehaltes boven de norm zijn vetgedrukt, rekening houdend met de meetonzekerheid. Eenheden zijn conform wetgeving ((EU) 2023/915).

* geen kalf in 2023

Conclusies

- 1) Op basis van eerder onderzoek naar deze runderen kan geen uitspraak worden gedaan over verschillen tussen geslacht, ras en leeftijd. Wel lijken jonge kalveren hogere gehalten aan dioxines en PCB's te bevatten dan de moederkoeien door een hogere blootstelling via melk. Voor PFAS's zijn er geen gegevens maar lijkt dit ook waarschijnlijk.
- 2) Grond lijkt de belangrijkste bron voor de verhoogde gehalten van contaminanten in runderen. Omdat de contaminanten zijn aangevoerd via de rivier zal grond in gebieden in hetzelfde stroomgebied en die in gelijke mate overstromen vergelijkbare gehalten aan contaminanten bevatten. Wel lijkt er sprake van hotspots in bepaalde gebieden en zijn gebieden soms geheel of gedeeltelijk gesaneerd.
- 3) Er zijn aanwijzingen dat gehalten van dioxines, PCB's en PFAS's in vlees in het najaar lager zijn dan in het voorjaar. Dit kan worden verklaard door een lagere blootstelling, groei van de dieren en uitscheiding. Bij dioxines en PCB's speelt ook een hoger vetgehalte na de zomer een mogelijke rol. In de periode na een overstroming zal de inname van contaminanten tijdelijk verhoogd zijn totdat aanhangend slib op vegetatie door regenval is afgespoeld, waardoor het van belang is hoe snel dieren terugkeren naar de overstroomde delen. Daardoor zal er ook variatie zijn in de gehalten in dierlijke producten tussen de seizoenen en de jaren met wel/niet een overstroming.
- 4) PFOS lijkt de belangrijkste PFAS in vlees van de runderen, deels door de mate van voorkomen maar ook door verschillen in kinetiek van de verschillende PFAS's in de dieren. Zo lijkt PFOA niet op te hopen in runderen en is er nauwelijks overdracht naar de melk. Gezien de normstelling zouden ook PFHxS en PFNA moeten worden meegenomen in de analyses en is het aan te raden om ook andere PFAS's te monitoren, inclusief mogelijke precursors.
- 5) Er is weinig informatie over contaminantgehalten in vlees van paarden die grazen in de uiterwaarden. Wel lijken gehalten van dioxines en DL-PCB's bij paarden hoger dan bij runderen, hetgeen ook blijkt uit de veel hogere EU-normen voor dioxines en DL-PCB's in paardenvlees die sinds 1-1-2023 van kracht zijn. Voor PFAS's zijn geen wettelijke normen voor paardenvlees.
- 6) In de meeste gebieden in de uiterwaarden gaat het om kuddes van zo'n 20-30 runderen of paarden, die sterk variëren in leeftijd. Het eerdere onderzoek was niet gericht op mogelijke verschillen in slachtperiode, geslacht, leeftijd etc. Wel lijken verschillen tussen dieren uit een bepaald gebied relatief klein en voldoen alle dieren meestal of allemaal wel of niet aan de normen. Er zijn meerdere eigenaren die dieren jaarrond laten grazen in de uiterwaarden van de grote rivieren en het aantal gebieden kan per jaar variëren. Daardoor is het lastig om een uitspraak te doen over het totaal aantal dieren.
- 7) De mate van vervuiling van de bodem is bepalend voor de kans op overschrijding van wettelijke normen in vlees maar het is nog niet mogelijk om een direct verband te leggen tussen gehalten in bodem en vlees. Water lijkt geen belangrijke bron voor dioxines, PCB's maar ook PFAS's. Bloed heeft een goede voorspellende waarde voor gehalten van dioxines en PCB's in vlees, mits uitgedrukt op vetbasis conform de wettelijke normen. Mager vlees (<1% vet) vormt hierop een uitzondering. Bloed bevat 10-20x hogere gehalten aan PFOS dan vlees, op basis van een beperkt aantal dieren uit eerder onderzoek.
- 8) De slachtperiode, maar ook de snelheid van het vrijgeven van gebieden na een overstroming lijken in grote mate van invloed op de gehalten van contaminanten. Dat geldt waarschijnlijk ook voor de mate van begroeiing in de winterperiode en de begrazingsdruk.

Referenties

- Hoogenboom, L.A.P., Leenders, L.L., van der Weg, G., Brust, G.M.H. (2022a) Contaminanten in vlees van grote grazers in Nederlandse uiterwaarden. WFSR-rapport 2022.018. <https://doi.org/10.18174/572302>.
- Hoogenboom, L.A.P., Leenders, L.L., van der Weg, G. (2022b) Effect van verplaatsen van grote grazers op de gehalten van dioxines, PCB's en PFAS's. WFSR rapport 2022.022. <https://doi.org/10.18174/577400>
- Kowalczyk, J. Ehlers, S., Oberhausen, A., Tischer, M., Fürst, P., Schafft, H., and Lahrssen-Wiederholt, M. (2013) Absorption, Distribution, and Milk Secretion of the Perfluoroalkyl Acids PFBS, PFHxS, PFOS, and PFOA by Dairy Cows Fed Naturally Contaminated Feed. *J. of Agricultural and Food Chemistry*, 61, 2903–2912. <https://doi.org.10.1021/jf304680j>
- Minnema, J., Zeilmaker, M., Hoogenboom, R., and Noteboom, S. (2021) Transfer models for dioxins and dioxin-like PCBs in wild cattle (case study: Dutch floodplains) – model documentation. RIVM letter report 2021-0149.
- Noteboom, S., Minnema, J., Zeilmaker, M., Hoogenboom, R., and Jeurissen, S. (2021) Transfer of dioxins and dioxin-like PCBs from grass and soil to meat of wild cattle grazing in floodplains in the Netherlands. RIVM letter report 2021-0142.