

Verspreidingsroutes van residuen van gewasbeschermingsmiddelen in krachtvoer op melkveebedrijven en de mogelijke effecten hiervan op het voedselaanbod voor weidevogels

Een verkenning van de route en geïdentificeerde kennislacunes op basis van literatuur en expertconsultatie

Martine Bruinenberg, Jeroen Pijlman, Maaike van Agtmaal, Joost Sleiderink, Nick van Eekeren



© 2021 Louis Bolk Instituut

Verspreidingsroutes van residuen van
gewasbeschermingsmiddelen in krachtvoer op
melkveebedrijven en de mogelijke effecten hiervan op het
voedselaanbod voor weidevogels - Een verkenning op basis
van literatuur en expert consultatie

Dr.ir. Martine H. Bruinenberg, Jeroen Pijlman MSc, Dr.ir.
Maaïke van Agtmaal, Joost W.M. Sleiderink MSc, Dr.ir. Nick
van Eekeren

Publicatienummer 2021-031LbD

89 pagina's

Deze publicatie is beschikbaar via
www.louisbolk.nl/publicaties

www.louisbolk.nl

info@louisbolk.nl

T 0343 523 860

Kosterijland 3-5

3981 AJ Bunnik

 @LouisBolk

Louis Bolk Instituut: Onderzoek en advies ter bevordering van
duurzame landbouw, voeding en gezondheid

Voorwoord

Dit rapport is het resultaat van een opdracht van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, naar aanleiding van een aangenomen motie om onafhankelijk empirisch onderzoek te doen naar residuen van gewasbeschermingsmiddelen in mest, bodem en voer, en de effecten hiervan op insecten als voedsel voor weidevogels. Daarop heeft het ministerie van LNV het Louis Bolk Instituut gevraagd om aan de hand van een verkenning van de wetenschappelijke literatuur te inventariseren of er sprake is van kennislacunes. Informatie omtrent de verspreidingsroutes van gewasbeschermingsmiddelen, de eventuele kennislacunes in relatie tot deze routes en de effecten op insecten en weidevogels zijn bij elkaar gebracht in dit rapport.

Het project is gefinancierd door het ministerie van LNV (Directie Plantaardige Agroketens en Voedselkwaliteit). De opdracht en het rapport zijn afgestemd met het ministerie LNV en er is gebruik gemaakt van de expertise van Jelmer Buijs (Buijs Agro-Services), Ivo Roessink (WEnR), Menno Thomas (WUR / Zetadec), Maarten Klunder (Ctgb) en Khalid Bensbaho (Eurofins Zeeuws Vlaanderen).

Inhoud

1	Inleiding en achtergrond	6
2	Vraagstelling en onderzoeksdoel	8
3	Onderzoeksopzet	9
4	Verkenning verspreidingsroutes residuen in een melkveebedrijf	11
4.1	De mogelijke verspreidingsroutes	11
4.2	De aanvoer van residuen van gewasbeschermingsmiddelen in krachtvoergrondstoffen	13
4.3	Residuen in de koe en mest	28
4.4	Residuen op en in de bodem	36
4.5	Opname residuen in het voedselweb en mogelijke effecten voedselbeschikbaarheid weidevogels	44
4.6	Overige mogelijke aanvoerroutes	55
5	Samenvatting, conclusies en aanbevelingen	59
	Summary	67
	Literatuur	71
	Bijlage 1. Beoordeling van residu-risico's	77
	Bijlage 2. Overzicht van aangetroffen chemische middelen en hun registratie.	80
	Bijlage 3. Gedetecteerde pesticiden, types, frequenties, concentraties en bronnen.	83
	Bijlage 4. Geïdentificeerde mogelijke kennislacunes, onderverdeeld naar routeonderdeel.	84
	Bijlage 5. Geconsulteerde experts.	89

1 Inleiding en achtergrond

In de aanloop naar deze verkenning heeft de opdrachtgever - het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) - de volgende achtergrond geschetst:

“In een aangenomen motie wordt LNV verzocht om onafhankelijk empirisch onderzoek uit te voeren naar residuen van gewasbeschermingsmiddelen in mest, bodem en voer en de effecten hiervan op insecten als voedsel voor weidevogels¹. LNV heeft de Kamer toegezegd om naar aanleiding van de motie van lid Wassenberg aan de hand van een verkenning te inventariseren of mogelijk sprake is van kennislacunes².

De motie hangt samen met een door Buijs en Samwel-Mantingh (2019) gepubliceerd onderzoeksrapport. Hierin leggen de auteurs een relatie tussen het voorkomen van chemische stoffen in krachtvoer, bodem, mest op veehouderijbedrijven en een afname van weidevogelpopulaties. Gesteld wordt dat stoffen uit gewasbeschermingsmiddelen, biociden en diergeneesmiddelen via (onder andere) het krachtvoer in de mest terecht komen, insecten en bodemleven doden die als voedsel voor weidevogels kunnen dienen. Sinds de publicatie hebben Wageningen Environmental Research (WEnR) (2019) en het College voor de toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden (Ctgb) (2019) de onderzoeksresultaten vanuit verschillende invalshoeken nader onderzocht. Zo heeft WEnR gekeken naar een mogelijk causaal verband tussen de chemische stoffen in krachtvoer en mest (drijfmest, vaste mest en koeienvlaaien) in relatie tot de afname van weidevogels³ en heeft ook het Ctgb een nadere analyse uitgevoerd. WEnR constateerde dat het rapport methodisch niet goed wordt onderbouwd en een causaal verband niet wordt aangetoond. Het Ctgb deelde deze conclusie en concludeerde dat de gevonden gehalten biociden en gewasbeschermingsmiddelen in de bodem geen toegestane concentraties overschrijden⁴.

In 2020 wezen beide organisaties LNV op de mogelijke risico's voor bodem- en mestleven bij het specifiek uitrijden van mest met daarin chemische stoffen. WEnR heeft daarom op basis van de door Buijs en Samwel-Mantingh (2019) gerapporteerde stoffen

¹ Zie kamerstuk: 35616-10 (<https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-35616-10.html>)

² Zie kamerstuk: Aangangsel Handelingen II 2020-2021, nr. 2167 (<https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/kamervragen/detail?id=2021Z00837&did=2021D.11124>)

³ Kamerstuk 27858, nr. 452 (<https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-27858-452>) en Aangangsel Handelingen II 2018-2019, nr. 2395, 25 april 2019 (<https://zoek.officielebekendmakingen.nl/ah-tk-20182019-2395.html>)

⁴ Kamerstuk 27858, nr. 459, 4 juni 2019 (<https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-27858-459.html>);

in mest beredeneerd of er mogelijk risico's waren voor bodem- en mestleven bij het specifiek uitrijden van mest met daarin chemische stoffen (Deneer et al. 2020). WEnR constateerde dat in vrijwel alle gevallen de gerapporteerde concentraties in mest van (combinaties) van werkzame stoffen van gewasbeschermingsmiddelen onder de gehanteerde normen voor bodemleven bleven. LNV heeft hieruit opgemaakt dat de mogelijke emissieroute van gewasbeschermingsmiddelen via voer in de mest geen significante route is en dat het hierop aanpassen van de beoordelingssystematiek niet noodzakelijk is⁵."

Naar aanleiding hiervan heeft het ministerie van LNV het Louis Bolk Instituut gevraagd om aan de hand van de inventarisatie van de wetenschappelijke literatuur en expertconsultatie mogelijke *kennislacunes* omtrent de verspreidingsrouten en effecten van de residuen op insecten en weidevogels te identificeren.

⁵ Kamerstuk 27858, nr. 523 (<https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-27858-523.html>)

2 Vraagstelling en onderzoeksdoel

Het doel van deze inventarisatie was het in kaart brengen van mogelijke kennislacunes voor wat betreft: (i) de verspreidingsrouten van residuen van gewasbeschermingsmiddelen in krachtvoer naar mest en mogelijk bodem en (ii) de effecten van deze residuen op insecten (zoals mestkevers in koeienvlaaien) en weidevogels. De belangrijkste vragen waarop antwoorden zijn gezocht, waren:

1. Wat is er op basis van de wetenschappelijke literatuur bekend over:
 - a) De verspreidingsrouten van residuen van gewasbeschermingsmiddelen in krachtvoer naar mest en mogelijk de bodem;
 - b) De effecten van deze residuen op insecten (zoals mestkevers in koeienvlaaien);
 - c) De gevolgen van deze effecten voor het voedselaanbod van weidevogels.
2. Wat zijn – gezien de antwoorden op vraag 1 – mogelijke kennislacunes voor wat betreft:
 - a) De verspreidingsrouten van residuen van gewasbeschermingsmiddelen in krachtvoer naar mest en mogelijk bodem;
 - b) De effecten op insecten als voedsel voor weidevogels.

3 Onderzoeksopzet

Het onderzoek is opgezet als een verkenning aan de hand van de mogelijke routes van residuen van gewasbeschermingsmiddelen door het melkveebedrijf heen. De nadruk tijdens het inventariseren van kennis lag op:

- De vraag wat er bekend is over de verspreidingsroutes van residuen van gewasbeschermingsmiddelen in krachtvoer naar mest en mogelijk naar de bodem
- De effecten van deze residuen op insecten (zoals mestkevers in koeienvlaaien) en weidevogels
- Of er sprake is van kennislacunes voor wat betreft deze verspreidingsroutes van residuen en de effecten op insecten als voedsel voor weidevogels.

Deze verkenning is gedaan via literatuuronderzoek en via expertconsultatie. Allereerst is naar aanleiding van het literatuuronderzoek, de mogelijke weg van residuen door het melkveebedrijf in kaart gebracht. Vervolgens is in de literatuur gekeken en bij experts te rade gegaan wat er bekend is over residuen in deze route, en wat mogelijke kennislacunes in verschillende schakels van deze route zijn op basis van de wetenschappelijke literatuur. De belangrijkste kennislacunes die uit dit onderzoek naar voren komen zijn daarbij gestaafd bij verschillende experts.

Afbakening

De volgende punten van afbakening zijn toegepast tijdens dit onderzoek:

- Omdat in de vraagstelling specifiek weidevogels genoemd worden, is bij deze verkenning een mogelijke verspreidingsroute van residuen aangenomen door een melkveebedrijf (Hoofdstuk 4). Immers, de melkveehouderij beheert het merendeel van de Nederlandse agrarische graslanden waarop de weidevogels leven. Bovendien is ook het produceren van mestflatten tijdens beweiding van belang voor de verspreidingsroute. De melkveehouderij, inclusief bijbehorende graslanden, is dan ook gebruikt als afbakening van dit onderzoek. Meegenomen is wel dat op melkveebedrijven, al dan niet gemengd met andere agrarische activiteiten, in sommige gevallen pluimvee- of varkensmest op het land wordt gebracht. Het gevolg van de afbakening tot de melkveehouderij is ook dat wanneer over krachtvoer wordt gesproken als aanvoerbron op een melkveebedrijf, dit gaat het over rundveekrachtvoer (en niet over voer voor pluimvee of varkens).
- In de vraagstelling wordt gesproken over insecten als voedsel voor weidevogels. Omdat weidevogels behalve van insecten ook van andere boven- en ondergrondse fauna afhankelijk zijn, zoals regenwormen en spinnen, is ook naar deze diergroepen gekeken in deze studie.
- Omdat het *in mest en bodem* niet mogelijk is om onderscheid te maken naar de herkomst van een chemische stof (gewasbeschermingsmiddel, veterinair middel, conserveringsmiddel, biociden, andere) in de mest, hebben we in de

verspreidingsroute gekeken naar verschillende chemische stoffen. Wel lag de focus van de verkenning op residuen van gewasbeschermingsmiddelen:

- Gewasbeschermingsmiddelen. Binnen de noemer residuen is er gekeken naar zowel hoofdbestanddelen van gewasbeschermingsmiddelen (met name insecticiden en fungiciden) en omzettingsproducten daarvan, welke ook biologisch actief zijn.
- Conserveringsmiddelen. Sommige gewasbeschermingsmiddelen zijn tevens in gebruik als conserveringsmiddel, zoals bepaalde fungiciden, om de toename van schimmels tijdens opslag te remmen. Het is niet mogelijk onderscheid te maken of residuen *in krachtvoer* afkomstig zijn van middelengebruik voor conservering of als gewasbescherming.
- Diergeneesmiddelen en veterinaire middelen tegen parasieten. Binnen dit onderzoek is daarnaast (relatief beknopt) gekeken naar diergeneesmiddelen en op veehouderijen gebruikte middelen tegen parasieten. Deze middelen en de metabolieten hiervan kunnen ook een negatief effect op het milieu hebben. De reden voor het meenemen van veterinair gebruikte middelen, is dat hier al relatief veel onderzoek naar gedaan is én dat sommige actieve stoffen zowel gebruikt worden voor een veterinaire toepassing als ingezet worden als gewasbeschermingsmiddel. Een voorbeeld hiervan is Cypermethrin, dat o.a. bij tarwe gebruikt wordt tegen bladluis en als anti-parasitair middel bij rundvee.
- Andere chemische middelen, zoals biociden en desinfectiemiddelen. Deze andere chemische middelen kunnen ook residuen en metabolieten in mest en bodem leveren en zijn daarom ook (relatief beknopt) meegenomen.
- In dit rapport worden voorbeelden gegeven van residuconcentraties van gewasbeschermingsmiddelen in diervoeders (krachtvoergrondstoffen, krachtvoer en ruwvoer) en mest. Voor wat betreft de betekenis van deze concentraties, hebben we ons beperkt tot de vraag welke kennis er is over de mogelijke effecten van deze concentraties in diervoeders en mest en wat dit zou kunnen betekenen voor insecten en weidevogels. We hebben geen inschatting gemaakt van de directe gevolgen van gewasbeschermingsmiddelen op insecten en de uiteindelijke weidevogelstand.

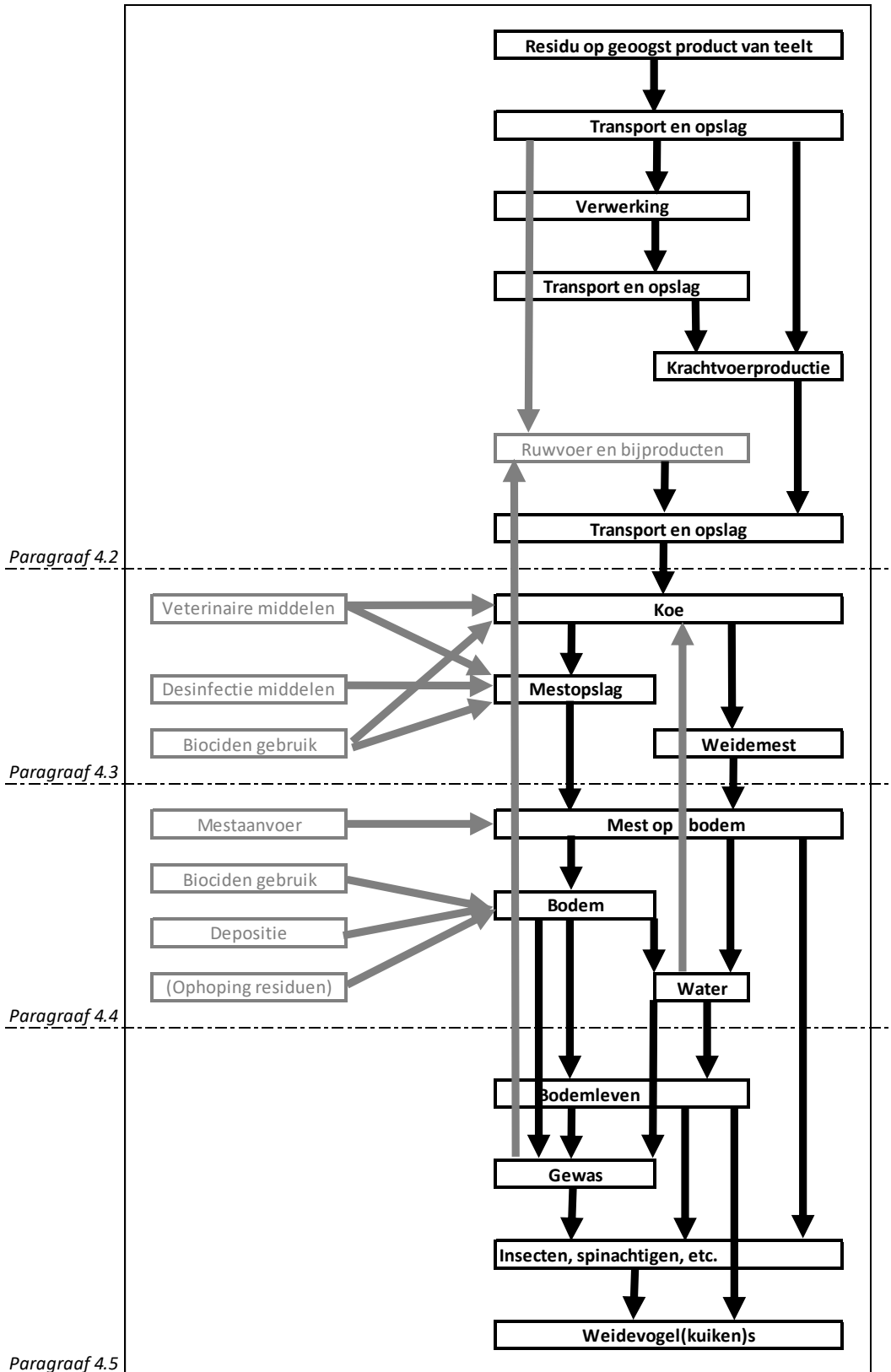
Leeswijzer

In hoofdstuk 4 is aan de hand van wetenschappelijke en grijze literatuur en expertconsultatie de mogelijke verspreidingsroute van residuen door het melkveebedrijf beschreven en zijn mogelijke kennislacunes rondom deze route geïdentificeerd. In hoofdstuk 5 zijn de belangrijkste bevindingen uit hoofdstuk 4 samengevat en worden er op basis van de geïdentificeerde kennislacunes aanbevelingen gedaan voor een eventuele kennisagenda om de mogelijke kennislacunes in te vullen.

4 Verkenning verspreidingsroutes residuen in een melkveebedrijf

4.1 De mogelijke verspreidingsroutes

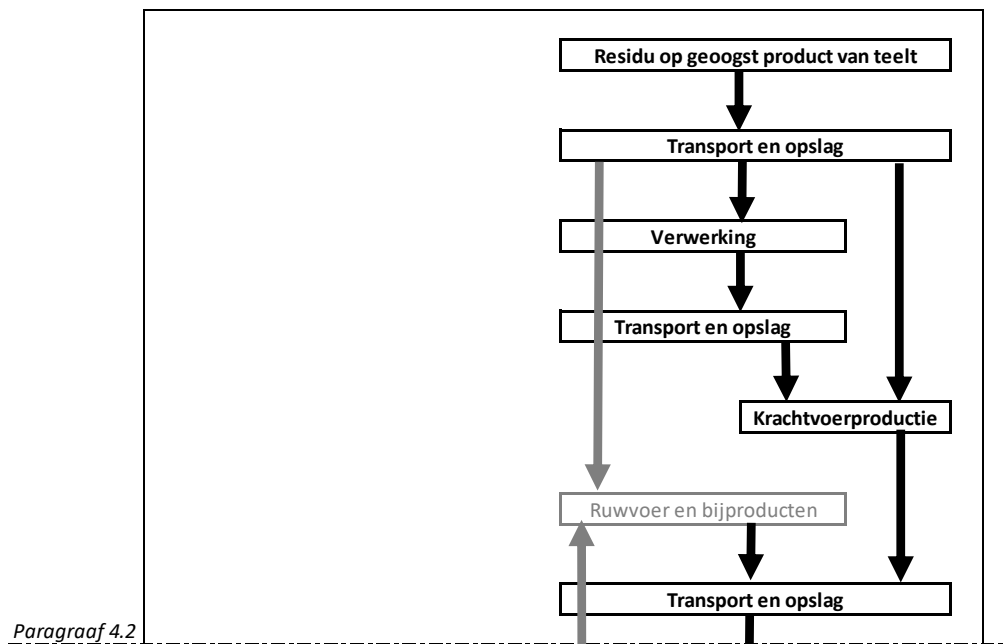
Op basis van literatuuronderzoek, expertconsultatie en expert judgement is een schema gemaakt van de mogelijke verspreidingsroute(s) van residuen binnen een melkveebedrijf (Figuur 1). Naast de aanvoer van residuen van gewasbeschermingsmiddelen via het 'krachtvoerspoor' (zwarte pijlen en tekstblokken), zijn er ook diverse andere mogelijke routes van chemische stoffen, zoals (dier)geneesmiddelen en biociden, denkbaar. De aanvoerroutes van deze andere chemische stoffen naar de mest of de bodem zijn met grijze pijlen weergegeven. In de volgende paragrafen 4.2 t/m 4.5 is per 'onderdeel' gekeken welke informatie er is rondom de verspreidingsroute van residuen via het krachtvoerspoor, en wat mogelijke kennislacunes zijn. In paragraaf 4.6 is een beknopt overzicht gegeven van de mogelijke alternatieve routes waarop residuen in een melkveebedrijf terecht zouden kunnen komen en verspreiden.



Figuur 1. De mogelijke verspreidingsroutes van residuen uit gewasbeschermingsmiddelen via het krachtvoer door het melkveebedrijf (zwarte pijlen en tekstblokken)). Ook mogelijke andere verspreidingsroutes van residuen van andere chemische middelen (o.a. biociden, (dier)geneesmiddelen) zijn weergegeven (grijze pijlen en tekstblokken). Dit schema is tot stand gekomen naar aanleiding van literatuuronderzoek, expertconsultatie en expert judgement.

4.2 De aanvoer van residuen van gewasbeschermingsmiddelen in krachtvoergrondstoffen

De focus van deze paragraaf ligt op hoe residuen van gewasbeschermingsmiddelen in krachtvoergrondstoffen terecht kunnen komen (met aandacht voor gebruikte middelen, plantfysiologische processen en transport en opslag), wat effecten zijn van de verwerking van die krachtvoergrondstoffen tot krachtvoer op de residuen en in welke mate residuen in krachtvoer worden aangetroffen. Op basis hiervan is gekeken naar de mogelijke residuenaanvoer, via teelt en aankoop van voeders, op het melkveebedrijf. Per onderdeel is gekeken naar de mogelijke kennislacunes en kennisvragen.



4.2.1 Achterblijven van residuen uit teelt na de oogst

Om te weten hoeveel residuen van gewasbeschermingsmiddelen - gebruikt tijdens de teelt - potentieel achterblijven op krachtvoergrondstoffen en daarna in de mestketen terecht kunnen komen, is het nodig inzicht te krijgen in de factoren die dat bepalen. Belangrijke factoren zijn - naast de hoeveelheid en moment van dosering - het type middel, bodemfactoren, welke plant en welk deel van de plant uiteindelijk gebruikt wordt in het veevoer. Gewasbeschermingsmiddelen kennen sterk uiteenlopende toepassingsgebieden en werkingsmechanismen. Een voorbeeld hiervan is de plantopname via zaad, blad of bodem (wortels), met een wisselende interne plantverspreiding.

Veelgebruikte krachtvoergrondstoffen in de Nederlandse melkveehouderij

Het grootste deel van de krachtvoergrondstoffen die op Nederlandse melkveebedrijven gebruikt worden, is afkomstig uit Europa (incl. Oekraïne). Tegelijk worden er grondstoffen uit alle werelddelen, met uitzondering van Afrika, geïmporteerd naar Europa, waarbij de gebruikte granen vrijwel volledig afkomstig zijn uit Europa, terwijl zo'n 40% van de eiwitrijkere

grondstoffen (o.a. sojabijproducten) afkomstig is van buiten Europa (volgens brancheorganisatie Nevedi⁶). Veel gebruikte krachtvoergrondstoffen zijn weergegeven in Tabel 1. Dit zijn nagenoeg allemaal zaden en knollen - of delen daarvan.

Tabel 1. Belangrijkste grondstoffen gebruikt voor de productie van krachtvoer voor melkrundvee (bron: <https://www.nevedi.nl/feiten-cijfers/mengvoersamenstelling>)

Categorie krachtvoergrondstof	Veel gebruikte krachtvoergrondstof
Eiwitrijke voedermiddelen	Sojaschroot, raapzaadschroot-schilfers
Zetmeelrijke voedermiddelen	Mais, tarwe, triticale, rogge, gerst
Toegevoegde vetten & oliën	Palmolie, palmolievetzuren en -mengsels, sojaolie, dierlijk vet (alleen monogastrische dieren)
Additieven	Zout, krijt, magnesiumoxide, vitaminen en sporenelementen
Overige voedermiddelen	Palmpitschilfers, maisglutenvoermeel, tarwegries, sojahullen, citruspulp, bietenpulp, melasse + vinasse, kruiden

Hoeveelheid en moment van dosering gewasbeschermingsmiddelen in teelt

In Nederland en de EU is per middel een gebruiksvoorschrift van toepassing, waarin onder andere staat bij welke teelt en hoe vaak een middel mag worden ingezet en wat de toegestane dosering is. Er is op dit moment nog geen regelgeving omtrent het toepassen van verschillende middelen met stoffen uit dezelfde werkzame groep binnen één teelt, waardoor er theoretisch een hogere dosering van een stof of stofgroep kan worden toegepast, dan een afzonderlijk middelvoorschrift voorschrijft. Buiten de EU geldt dat de meeste landen zelf besluiten over het toestaan van het gebruik van middelen. Daardoor kan het voorkomen dat residuen van middelen die niet meer in de EU zijn toegestaan, alsnog in krachtvoergrondstoffen terecht kunnen komen. Meer informatie over de risicobeoordeling van middelen is opgenomen in Bijlage 1

Mogelijke kennislacune: ondanks dat er toelating en gebruiksvoorschriften per middel zijn opgesteld, is er geen sluitend inzicht in de tijdens de teelt gebruikte gewasbeschermingsmiddelen per krachtvoergrondstof. Hierdoor is het vanuit middelengebruik maar beperkt mogelijk inschattingen te maken van mogelijke typen en hoeveelheden residuen welke aanwezig kunnen zijn op krachtvoergrondstoffen.

De opname van residuen van gewasbeschermingsmiddelen door verschillende plantensoorten en -onderdelen

Planten verschillen sterk in hun anatomie en fysiologie om gewasbeschermingsmiddelen op te nemen. Er zijn veel studies gedaan naar de opname van gewasbeschermingsmiddelen en verplaatsing door/ in de plant, maar een groot gedeelte van deze studies focust op gewassen voor humane voeding. Sur et al. (2003) onderzochten (in opdracht van Bayer) de

⁶ <https://www.pigbusiness.nl/artikel/26909-driekwart-grondstoffen-nederlands-veevoer-afkomstig-uit-europa>

verplaatsing van de neonicotide insecticide Imacloprid naar reproductieve organen in een aantal gewassen. Aardappel en mais namen respectievelijk 2,5 en 20% van de toegepaste hoeveelheid Imacloprid op. Van deze hoeveelheid werd respectievelijk 12 en 1,2% in de reproductieve organen gevonden. Imacloprid, dat als zaaddressing of bodeminsecticide toegepast wordt, wordt dus slechts voor een deel door gewassen opgenomen, en de opname verschilt sterk per gewas. Het hoge percentage in aardappel is mogelijk het gevolg van dat het te oogsten product in de behandelde bodem groeit. De lage hoeveelheid van het gewasbeschermingsmiddel dat in de maiskorrel teruggevonden wordt, komt overeen met waarnemingen in een onderzoek naar organische contaminanten tijdens de groeicyclus van de maisplant (Fan et al., 2020). Hier werden slechts zeer geringe concentraties van de contaminanten in maiskorrels waargenomen ten opzichte van de vegetatieve gewasdelen (Fan et al., 2020).

Gewassen, waarvan de oogstbare delen continu in direct contact staan met bodem waar gewasbeschermingsmiddelen belanden, hebben mogelijk een groter risico op opname. Zo concluderen Létondor et al. (2015) op basis van een studie met radijs, dat het risico op contaminatie van knol en wortelgewassen ingeschat zou kunnen worden op basis van de dikte van het periderm (de buitenste laag cellen) en haar doorlaatbaarheid, de oorsprong van secundaire weefsels (cortex en/of merg), de mate van xyleem-stroom door de knol/wortel heen en het vetgehalte van de wortel/knol. Voorbeelden van wortel- en knolgewassen die als krachtvoer of veevoer worden ingezet zijn bieten, chicorei en aardappels.

Een beperking van de meeste studies is daarnaast dat opname en verplaatsing door/in de plant vaak in het zaailingstadium (waarbij nog geen opname in oogstbare delen gemeten kan worden) en/of in een aquacultuur systemen gemeten worden. Ten opzichte van aquacultuur, zijn er in een bodem veel meer processen actief die de opname van een gewasbeschermingsmiddel beïnvloeden.

Effecten van stofeigenschappen van gewasbeschermingsmiddelen op de opname door de plant

Systemische eigenschappen van gewasbeschermingsmiddelen zijn cruciaal voor de opname en het transport van pesticiden in gewassen (Hwang et al. 2018). Middelen verschillen sterk in chemische eigenschappen die opname en transport binnen de plant beïnvloeden.

Vanuit het perspectief van een gewasbeschermingsmiddel wordt de opname en het transport in de plant vooral bepaald door drie parameters: lipofilie, wateroplosbaarheid en de octanol-water verdelingscoëfficiënt ($\log K_{ow}$ is een maat voor de verhouding tussen lipofilie en hydrofilie) (Wang 2021). Een optimale $\log K_{ow}$ voor opname van een pesticide zal gebruikelijk tussen de 3 en 0,5 zitten. De fractie gewasbeschermingsmiddel in de wortels van planten ten opzichte van de hele plant is positief gecorreleerd aan de $\log K_{ow}$, terwijl de fractie van wortel naar bovengrondse delen verplaatste gewasbeschermingsmiddelen negatief met de $\log K_{ow}$ gecorreleerd is (Wang et al., 2021; Namiki et al., 2018; Ju et al., 2020).

Vanwege het belang van lipofilie voor de opname en het transport van pesticiden, wordt doorgaans aangenomen dat lipofiele/hydrofobe pesticiden met name plantdelen met een hoog vetgehalte zullen contamineren. Mogelijk betekent dit dat ook oliën, gebruikt in dier-voeders, eerder lipofiele/hydrofobe pesticiden of residuen zullen bevatten dan bijvoorbeeld granen en graanbijproducten.

Naast chemische eigenschappen zijn er ook fysische eigenschappen van pesticiden die een rol spelen in de opname en transport van pesticiden in planten. Pesticiden die door plantenwortels geabsorbeerd zijn, moeten -voordat zij het xyleem bereiken- door verschillende lagen heen, zoals de epidermis, cortex, endodermis en pericycle (Collins et al., 2006). Deze taak is gemakkelijker voor chemische stoffen met een lage moleculaire massa, die vervolgens ook makkelijker hun weg naar de bovengrondse plantdelen vinden via xyleem en floëem (Kvesitadze et al., 2015).

Daarnaast is van belang op te merken dat veel studies - zoals die van Sur et al. (2003) – gericht zijn op een enkel gewasbeschermingsmiddel in meerdere planten, terwijl anderen gericht zijn op meerdere gewasbeschermingsmiddelen op slechts één type plant. Om alle relevante combinaties van gewasbeschermingsmiddelen in elke relevante plantensoort te onderzoeken vergt zeer veel onderzoek, maar anderzijds blijft hierdoor het effect van een mogelijke combinatie van middelen op de opname en transport in verschillende plantensoorten vaak onduidelijk.

Mogelijke kennislacune: er is fundamentele kennis is over de factoren -van planten, bodem en gewasbeschermingsmiddelen- die de opname en het transport van de stoffen in planten beïnvloeden. Die kennis is vaak te beperkt om de opname en residugehalten in oogstbare delen -die voor veevoer worden gebruikt-, in praktijksituaties te voorspellen. Meer inzicht in de opname door de plant (met aandacht voor plantfysiologie en voor stoffeigenschappen van gewasbeschermingsmiddelen) bij vollegrondsteelt van de belangrijkste krachtvoergrondstoffen kan daarom bijdragen aan een beter inzicht in de hoeveelheid residuen die in de Nederlandse praktijk in krachtvoergrondstoffen terecht kan komen.

4.2.2 Verwerking grondstoffen tot krachtvoer

Verwerkingscoëfficiënten van gewasbeschermingsmiddelen tijdens de productie van krachtvoer

De productie van krachtvoer gebeurt in verschillende stappen. De meeste grondstoffen voor krachtvoeders zijn een bijproduct van een andere industrie (zoals sojaschroot, palmpitschilfers, zonnebloemschroot, maisglutenvoer, tarwezemelen, etc). Om deze grondstoffen te scheiden van het doelproduct, worden verschillende stappen toegepast, waaronder processen zoals persen en extractie. Nadat de grondstof is verkregen, ondergaan veel producten ook nog een verwerking om de verteerbaarheid of benutbaarheid voor het dier te verhogen (zoals toasten, extrusie). Daarna worden de verschillende

grondstoffen opgeslagen, vervoerd, en dan in de voerfabriek gemengd en (vaak) in pellets geperst. Factoren die hierbij een rol spelen: stoom, druk, hitte, frictie, kunnen effecten hebben op de aanwezigheid van de aanwezige gewasbeschermingsmiddelen. Deze effecten worden weergegeven in de verwerkingsfactoren van gewasbeschermingsmiddelen. De verwerkingsfactor kan gedefinieerd worden als *de fractie van de residuconcentratie in het verwerkte voerproduct ten opzichte van de concentratie in het ruwe landbouwproduct*. De verwerkingsfactor is voornamelijk afhankelijk van de vetoplosbaarheid van het residu van gewasbeschermingsmiddelen en vervolgens van het verschil in vetgehalte tussen het ruwe en eindproduct.

Meijer et al. (2020) evalueren in hun rapport een aantal bronnen die verwerkingsfactoren van pesticide-gewas-verwerking-productcombinaties gepubliceerd hebben. Het Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) heeft een database opgesteld die grondstoffen bevat voor kracht/mengvoer zoals citrus- en bietenpulp, soja-, zonnepit-, raapzaad-, katoenzaad-schroot, aardappelschillen, ruwe en verwerkte producten van mais en andere granen, waaronder bierborstel. De verwerkingsfactoren voor een groot aantal gewasbeschermingsmiddelen-productcombinaties worden hierin vermeld. Een uittreksel van deze database voor de hierboven genoemde producten is bijgevoegd als Excel bestand. In Tabel 2 zijn een paar voorbeelden uitgelicht. In de linker kolom staat het rauwe product en in de kolom daarnaast het verwerkte product. In kolom drie wordt het betreffende gewasbeschermingsmiddel genoemd. In de kolom "Individual Pf" staan de verwerkingsfactoren die tijdens een studie gevonden zijn. Sommige studies bevatten meerdere proeven (zie kolom "number of trials"), vandaar dat er in sommige rijen meerdere verwerkingsfactoren staan. In de vijfde kolom staat de mediaan van de gemeten verwerkingsfactoren. De BfR heeft de betrouwbaarheid van de studies ook op meerdere criteria beoordeeld en vervolgens in drie categorieën ingedeeld: "Acceptable", "Indicative" en "Not acceptable". In sommige studies zijn dus wel verwerkingsfactoren bepaald, maar deze zijn niet betrouwbaar bevonden (zie laatste rij). De laatste kolom bevat de referenties.

In Tabel 2 zijn er verschillen waar te nemen tussen gewasbeschermingsmiddelen en hun vóórkomen tijdens verwerking. Tijdens de productie van bierbostel uit gerst blijft er van Azoxystrobin slechts 15% van de originele concentratie over, terwijl de concentratie Cypermethrin juist toeneemt met 22%. Ook zijn er verschillen tussen gewasbeschermingsmiddelen in hun verdeling over de reststromen na verwerking waargenomen. De concentratie Chlorothalonil is 3,5 keer hoger in de hul dan is de onverwerkte sojaboon. Sojaschroot (meal) dat overblijft na het onthullen en na het uitpersen voor olie, bevat <50% van de concentratie Chlorotalonil die de rauwe sojaboon bevatte. Dit komt doordat het grootste gedeelte van deze stof in de hul zat die geen onderdeel uitmaakt van het schroot. De stof Imidacloprid, aan de andere kant, verdeelt zich relatief evenredig over hul en schroot aangezien er vergelijkbare fracties overblijven in deze onderdelen na verwerking. In het

voorbeeld van Phenmedipham in bietenpulp zien we dat de verse pulp een lagere concentratie bevat dan de onverwerkte suikerbiet, maar dat het drogen van de verse pulp leidt tot een sterke toename in de concentratie van dit middel. Het bestand dat alle krachtvoer-relevante producten/middelen bevat, zal bijgevoegd worden als excel bestand. De gehele database (incl. producten voor menselijke consumptie en additionele tabbladen en kolommen) is te vinden op: <https://www.bfr.bund.de/cm/343/bfr-datensammlung-zu-verarbeitungsfaktoren.xlsx>.

Tabel 2. Voorbeelden ter toelichting van de BfR database met verwerkingsfactoren voor gewas-beschermingsmiddelen in voedsel/voederverwerking. Alle genoemde middelen zijn geregistreerd (geweest) als gewasbeschermingsmiddel (zie Bijlage 2).

Raw Primary Commodity	Processed Commodity	Active Substance	Type	Individual Pf	Median Pf	Number of Trials	Acceptability of Study	Reference
Barley grains	Brewer's grain	Azoxystrobin	F	0.13 , 0.15, 0.24	0.15	3	Acceptable	70
Barley grains	Brewer's grain, dried	Cypermethrin	I	0.29, 1.15, 1.29, 1.51	1.22	4	Acceptable	818
Soyabeans for oil	Hulls	Chlorothalonil ¹	F	3.50	3.5	1	Indicative	183
Soyabeans for oil	Meal	Chlorothalonil ¹	F	< 0.50	< 0.50	1	Indicative	183
Soyabeans for oil	Hulls	Imidacloprid ²	I	0.72	0.72	1	Indicative	395
Soyabeans for oil	Meal	Imidacloprid ²	I	0.86	0.86	1	Indicative	395
Sugar beet roots	Pulp	Phenmedipham	H	< 0.67, < 1.00	< 0.84	2	Indicative	598
Sugar beet roots	Pulp, dried	Phenmedipham	H	2.86	2.86	1	Indicative	950
Sunflower seeds	Meal	Metazachlor	H	Not applicable	Not applicable	4	Not acceptable	568

¹Registratie tot 2019 ; ²Registratie tot 2020

Mogelijke kennislacune: uit buitenlandse (grijze) literatuur is een tabel bekend waarin weergegeven wordt welke fractie van de residuconcentratie in het verwerkte voerproduct terecht komt ten opzichte van de concentratie in het ruwe landbouwproduct, tijdens het produceren van krachtvoergrondstoffen. Is deze tabel bekend binnen Nederland en wordt deze ook gebruikt om inschattingen van residuen in de voeders te bepalen? In de tabel wordt met name rekening gehouden met de delen van de plant die in het veevoer terecht komen. Er is voor zover bekend *geen informatie over afbraak en verdwijning als gevolg van verwerkingsprocessen.*

4.2.3 Transport en opslag

Krachtvoergrondstoffen en de geproduceerde krachtvoerders zullen altijd getransporteerd moeten worden voor ze aan vee gevoerd kunnen worden. Transport van bulkgrondstoffen vindt over het algemeen plaats per schip, hoewel het uitgangproduct natuurlijk ook via treinen of vrachtwagens vervoerd zal worden en het eindproduct uiteindelijk via bulk-wagens vervoerd wordt naar de uiteindelijke gebruikers.

Chemische behandelingen

Zowel bulkschepen als andere transportmiddelen zullen na gebruik ontsmet worden, waarbij restanten van de ontsmettingsmiddelen aanwezig zullen blijven in de containers. Daarnaast worden producten (bijvoorbeeld citrusvruchten) en krachtvoergrondstoffen bij transport en opslag behandeld met fungiciden en insecticiden om bederf te voorkomen en de bewaar-duur te verlengen (Ortelli et al., 2005; pers. comm. LALLF/AGF, 2018).

Mogelijke kennislacune: Het gebruik van ontsmettingsmiddelen en conserveringsmiddelen kan mogelijk bijdragen aan de mate waarin residuen van verschillende chemische middelen in krachtvoergrondstoffen terecht komen. Inzicht in het gebruik (soort en hoeveelheid) van de chemische middelen die worden ingezet om bulkschepen te ontsmetten en om vraat of bederf tijdens transport en opslag te voorkomen, is van belang voor het inschatten van de hoeveelheid middelen die uiteindelijk in krachtvoergrondstoffen terecht komen.

Afbraak en omzetting gewasbeschermingsmiddelen tijdens opslag

Het is mogelijk afhankelijk van de opslagomstandigheden van grondstoffen en gemengde krachtvoerders wat de effecten op gewasbeschermingsmiddelen (en eventuele andere chemische middelen) zijn tijdens opslag. Omdat er ook gestreefd wordt de voederwaarde zoveel mogelijk te behouden, zal opslag mogelijk vaak onder dusdanige omstandigheden zijn, dat er zo min mogelijk omzetting van nutriënten plaatsvindt – en mogelijk is ook de omzetting van gewasbeschermingsproducten daardoor beperkt. Mengvoerders hebben vaak een “shelf-datum”; na deze datum zou de productkwaliteit dan minder worden, bv omdat de aanwezige vetten ranzig worden. Mogelijk kan er na deze datum ook meer omzetting van gewasbeschermingsmiddelen plaatsvinden. Mocht er op een gegeven moment een omzetting van gewasbeschermingsmiddelen plaatsvinden, dan is het nog de vraag, hoe deze afbraak verloopt en wat voor metabolieten er gevormd worden. Voor een eventuele afbraak en omzetting van gewasbeschermingsmiddelen tijdens opslag, hebben wij geen (wetenschappelijke of grijze) literatuur kunnen vinden.

Mogelijke kennislacune: Tijdens de opslag van krachtvoergrondstoffen en krachtvoerders worden gewasbeschermingsmiddelen mogelijk (deels) omgezet en afgebroken. Er is geen literatuur bekend over de verdwijning, halfwaardetijd en eventuele gevormde (bioactieve) metabolieten van aanwezige residuen van gewasbeschermingsmiddelen onder verschillende opslagomstandigheden. Meer inzicht in de afbraak en omzetting van residuen van gewasbeschermingsmiddelen kan bijdragen aan een beter inzicht in de hoeveelheid residuen die uiteindelijk in krachtvoergrondstoffen of het krachtvoer achterblijven.

4.2.4 Gehalten in krachtvoerders

Waargenomen concentraties in krachtvoerders

De aanvoerhoeveelheid en –samenstelling van voeders is bedrijfsspecifiek, wat maakt dat een goede inschatting van de residu-aanvoer ook grotendeels bedrijfsspecifiek zal zijn. In Europa zijn krachtvoerproducenten dan ook wettelijk verplicht om hun grondstoffen en producten regelmatig op gewasbeschermingsmiddelen te onderzoeken, maar ze hoeven de resultaten niet openbaar te maken. Dit leidt ertoe dat er erg weinig bekend is over de actuele aanwezigheid van residuen van gewasbeschermingsmiddelen in grondstoffen en krachtvoer. In de twee meest recente rapportages van het monitoringsprogramma van de European Food Safety Authority worden (bewerkte) krachtvoergrondstoffen buiten beschouwing gelaten omdat hier geen *maximum residue limits* (MRL's) voor bestaan (EFSA 2020, 2021).

In de wetenschappelijke literatuur zijn er wel data te vinden omtrent producten bestemd voor humane consumptie, maar vanuit de veevoerindustrie is er nauwelijks informatie beschikbaar. Onderzoekers verbonden aan Wageningen Food Safety Research hebben diverse methodes ontwikkeld om voeders te analyseren op gewasbeschermingsmiddelen (en andere chemische middelen), maar passen deze methode in hun publicaties alleen toe op kunstmatig met chemische middelen (waaronder gewasbeschermingsmiddelen) verrijkte (kracht)voermoesters (Mol et al., 2008; Kellman et al., 2009; Tienstra en Mol, 2018; Sapozhnikova et al., 2020). In Van der Lee et al., (2008) wordt slechts één controlemonster in dublo geanalyseerd op residuen ter validatie van hun methodes. In dit ongedefinieerde controlemonster worden wel diverse residuen aangetroffen, waaronder Ethoxyquin (56µg/kg), Malathion (10µg/kg) en Pirimiphos-methyl (51µg/kg).

In een ander onderzoek met (niet-verrijkte) krachtvoermoesters, trof Walorczyk (2008) 15 chemische middelen (met name gewasbeschermingsmiddelen) in verschillende frequenties aan in 145 moesters (van diverse niet verder toegelichte producten) met een detectiemethode voor 144 middelen (Tabel 4). In een vervolgonderzoek, waarbij de methode met 27 extra middelen uitgebreid is, detecteren zij residuen in 17% van 900 controlemoesters (Walorczyk en Drozdzyński, 2012). Er worden in totaal 24 actieve stoffen gedetecteerd, waarvan de frequenties en voederbronnen weergegeven worden in Bijlage 3. De nadruk in deze twee onderzoeken lag op granen en hun bijproducten.

Op de website van het Europese Referentie Laboratorium voor Residuen van Pesticiden zijn resultaten van het RIKILT instituut/NVWA beschikbaar (originele publicatie van deze data niet genoemd). Tussen 2006 en 2009 werden 840 voedermoesters geanalyseerd op gewasbeschermingsmiddelen en andere chemische middelen. 272 van deze 840 moesters (32%) bleek gecontamineerd te zijn met residuen van verschillende chemische middelen. Mengvoer en bijproducten van de voedingsindustrie zaten bij de

Tabel 3. Gedetecteerde gewasbeschermingsmiddelen en andere chemische middelen, aantal detecties per middel, range aan concentraties en bronnen. Uit Walorczyk (2008). I = insecticiden, A = acariciden, F = fungiciden. De middelen die gearceerd zijn, waren ten tijde van de publicatie (2008) niet in Nederland geregistreerd (zie Bijlage 2).

Middel	Type	Aantal detecties	range ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Bronnen
Pirimiphos-methyl	I/A	19	90 - 5120	Tarwezemel, rogge graan, lupine, malt
Deltamethrin	I	14	9 - 2580	Tarwe zemelen graan, triticale graan, malt
Dichlofluanid	F	5	15 - 346	Tarwe aar en stro, stro, hooi
Tolyfluanid	F	5	45 - 653	Tarwe aar en stro, stro, hooi
Tebuconazole	F	4	10 - 143	Rogge graan, stro, mengvoer
Chlorpyrifos-methyl	I	3	20 - 1080	Tarwezemel, malt
Difenoconazole	F	2	820 - 1200	Mengvoer
Bifenthrin	I	2	11 - 14	Rogge graan, malt
Azoxystrobin	F	1	76	Stro
Chlorothalonil	F	1	395	Stro
Cypermethrin	I	1	42	Stro
Epoxiconazole	F	1	186	Stro
Fludioxonil	F	1	17	Mengvoer
Lindane	I	1	67	Rogge graan
Malathion	I	1	8	Tarwe graan

vaakst gecontamineerde productgroepen. De frequentie waarmee voer residuen van chemische middelen bevatte, wordt weergegeven in Tabel 4. In totaal werden 53 verschillende middelen aangetroffen. Tabel 5 geeft de frequentie van de middelen weer, waarmee de acht meest gedetecteerde middelen aangetroffen werden. Pirimiphos-methyl, een breed werkende insecticide en acaricide dat onder andere na de oogst in graanopslag toegepast kan worden, werd in 124 (15%) van de monsters waargenomen. Ethoxyquin, dat als conserveermiddel in veevoer toegepast werd (maar inmiddels verboden is), werd in 46 (6%) van de gevallen gedetecteerd, voornamelijk in oliën en melkvervangers. Endosulfaan werd 28 keer aangetroffen, waarvan 24 in soja producten. De concentraties Endosulfaan (10-760 $\mu\text{g}/\text{kg}$) overtroffen in sommige gevallen de maximale residulimiet (MRL) voor sojabonen (500 $\mu\text{g}/\text{kg}$). Acht van de 10 monsters die Difenoconazol bevatten, waren bietenpulp. Dit middel wordt veel toegepast om bieten te beschermen tegen een schimmelziekte.

Ander onderzoek van het Rikilt toonde aan dat Pirimiphos-methyl het vaakst wordt aangetroffen, hoewel deze frequentie afnam na 2007 (de Rijk et al., 2011). MRL overschrijdingen werden gevonden voor Endosulfaan in plantaardige oliën (soja), Chlorpyrifos in kokosolie, Dichlorvos in gierst, Fenitrothion in sojaschillen, Malathion in sojaolie, Cypermethrin in sojaschroot, Isoprothiolaan in rijst en Tebuconazol in grassilage.

Tabel 4. Aantal geanalyseerde voederproducten per categorie waarin residuen van gewasbeschermingsmiddelen werden aangetroffen. Resultaten van het RIKILT instituut (2006-2009), overgenomen van de website van het Europese Referentie Laboratorium voor Residuen van Pesticiden

Type voeder	Aantal monsters	Aantal monsters met residuen
Mengvoer	95	76
Bijproduct voedingsindustrie	62	38
Graan, graan producten en bijproducten	96	41
Plant aardige vetten en oliën en dierlijke olie mixen	6	1
Vis, andere zeedieren en bijproducten (vetten/olie)	10	5
Ruwvoer	89	2
Land dier producten (vetten/olie)	72	1
Melkproducten	2	2
Oliezaden, olievruchten, hun producten en bijproducten	154	18
Oliezaden, olievruchten (vetzuren/vet/olie)	139	38
Andere planten, hun producten en bijproducten	7	2
Andere zaden, vruchten en hun producten en bijproducten	3	1
Knollen, wortels en hun producten en bijproducten	53	13
Melkvervangers	52	34
Totaal	840	272

Tabel 5. Totale frequentie van aan treffen gewasbeschermingsmiddelen en andere chemische middelen in 840 veevoer producten en grondstoffen. Resultaten van het RIKILT instituut (2006-2009), overgenomen van de website van het Europese Referentie Laboratorium voor Residuen van Pesticiden. I = insecticiden, A = acariciden, S=synergist, F=fungiciden, H=herbiciden. De middelen die gearceerd zijn, waren ten tijde van het onderzoek niet in Nederland geregistreerd als gewasbeschermingsmiddel (zie Bijlage 2).

Pesticide	Type	Geregistreerd	Aantal detecties
Pyrimiphos-methyl	I/A	Ja	124
Ethoxyquin ¹	Anti-oxidant	Nee	46
Endosulfan	I/A	Nee	28
Piperonyl butoxide	S	Tot 2014	24
Difenconazole	F	Ja	10
Malathion	I/A	Tot 2007	9
Carbendazim	F	Tot 2007	7
Chlorpropham	H	Tot 2020	5
45 andere middelen			63

¹ Ethoxyquin werd gebruikt als toevoegingsmiddel in diervoeding en werd in 2017 geschorst.

Uit een monitoring uitgevoerd door Bruinenberg et al., (manuscript in voorbereiding; Tabel 6) blijkt dat er chemische middelen (vooral gewasbeschermingsmiddelen) in voedermiddelen zitten.

Ook het onderzoek van Buijs en Samwel-Mantingh (2019) geeft een overzicht van chemische middelen in Nederlands krachtvoer. In het onderzoek zijn 25 voermonsters (vnl. mengvoerders zonder samenstellingsopgave) genomen, waarbij in totaal 62 chemische

Tabel 6. Voorbeelden van waargenomen gehalten aan gewasbeschermingsmiddelen in verschillende voeders (Bruinenberg et al., manuscript in voorbereiding). I = insecticiden, F = fungiciden, H = herbiciden, S = synergist.. De middelen die gearceerd zijn, waren ten tijde van het onderzoek niet in Nederland geregistreerd als gewasbeschermingsmiddel (zie Bijlage 2).

Middel	Type	Product	Concentratie (µg/kg DS)
Cypermethrin	I	Krachtvoerpellets	182
Cypermethrin	I	Bierbostel	1393
Fthalamide	F	Krachtvoer	106
Chloorprofam	H	Voeraardappels 1	342
Chloorprofam	H	Voeraardappels 2	375
Chloorprofam	H	Perspulp	163
Piperonyl-butoxide	S	Krachtvoerpellet 1	384
Piperonyl-butoxide	S	Krachtvoerpellet 2	882

middelen in veevoer werden aangetroffen – de meeste hiervan waren gewasbeschermingsmiddelen. Vijftientig chemische middelen waren insecticiden (gemiddeld 3,9 per gangbaar bedrijf en 2,5 per biologisch bedrijf) – en 15 insecticiden hadden gehalten boven de 0.7 µg / kg voer (~ 0.8 µg/kg DS). Niet alle insecticiden kwamen even vaak voor: middelen als Teflurin, Spiridiclofen en Malathion kwamen maar een enkele keer voor, terwijl andere middelen, zoals Cypermethrin en Piperonyl-butoxide in meer dan driekwart van de voeders werd aangetroffen. Piperonyl-butoxide is geen insecticide, maar een synergist, die de werking van insecticiden versterkt. De meest voorkomende insecticiden zijn weergegeven in Tabel 7.

Tabel 7. Kenmerken van de meest voorkomende insecticiden in de 25 gemonsterde voeders (Buijs en Samwel-Mantingh, 2019). De middelen die gearceerd zijn, waren ten tijde van het onderzoek niet in Nederland geregistreerd als gewasbeschermingsmiddel (zie Bijlage 2).

Insecticide	Aantal	Gemiddelde	St dev	Min	Max
	#	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
Chloorpyrifos-ethyl	9	21	33,1	2	102
Chloorpyrifos-methyl	8	26	22,3	1	65
Pirimifos-methyl	16	62	83,4	1	280
Cypermethrin	18	37	69,7	1	247
Bifenthrin	5	2	1,5	1	5
Piperonyl-butoxide ¹	19	76	135,0	3	548

¹ dit is geen insecticide, maar een synergist. Deze verhoogt de werkzaamheid van insecticiden en kan de werkingsduur verlengen door de afbraak van pesticiden in insecten te remmen

In het onderzoek van Buijs en Samwel-Mantingh (2019) waren de meeste onderzochte krachtvoermonsters mengvoer, waarvan de leverancier/samenstelling niet vermeld wordt. Het is daarom niet duidelijk welke teelten verantwoordelijk zijn voor het voorkomen van de aangetroffen insecticiden in het mengvoer. Vier monsters waren geen mengvoer, maar geplette gerst (van lokale biologische afkomst; bevatte geen enkele insecticide), luzernebrok (van Franse biologische afkomst; bevatte ook geen enkele insecticide), gangbare maisvlok (bevatte 6 insecticiden en Piperonyl-butoxide) en gangbare bietenpulp

(bevatte slechts 3µg/kg Bifenthrin). De aangetroffen concentratie in gangbaar krachtvoer was een factor 25 hoger dan in biologisch krachtvoer. Ook werden er herbiciden (15; gemiddeld 3,7 per gangbaar bedrijf en 1,2 per biologisch bedrijf) en fungiciden (22; gemiddeld 3,8 per gangbaar bedrijf en 3,5 per biologisch bedrijf) aangetroffen in veevoer (krachtvoer/ruwvoer). De gemiddelde waargenomen concentraties fungiciden waren vergelijkbaar tussen biologische en gangbare veevoermonsters.

De vijf meest aangetroffen herbiciden op basis van frequentie waren Glyphosaat (en een metaboliet van glyphosaat AMPA), Fluazifop, Haloxyfop, Chloorprofam en Prosulfocarb. De gehalten glyphosaat en afbraakproduct AMPA in krachtvoer waren meerdere malen hoger in krachtvoer dan in mest of bodem. De meest voorkomende fungiciden op basis van frequentie waren Fthalimide (afbraakproduct van Folpet), DDAC, Epoxyconazool, Bifenyl en Antraquinon. In het mengvoer werd gemiddeld een som van 693 µg/kg verschillende chemische middelen aangetroffen, waarvan 125 µg onder de verschillende typen insecticiden viel.

Mogelijke kennislacune: de hoeveelheid en soort aanwezige residuen in (geïmporteerde) veevoergrondstoffen is grotendeels onbekend, evenals de variatie van de residuen in veevoergrondstoffen. Daarbij zijn de interne normen die door de veevoerindustrie worden gehanteerd niet openbaar en is het niet duidelijk hoe hierop wordt toegezien. Meer inzicht in de werkelijke hoeveelheid residuen van gewasbeschermingsmiddelen en andere chemische middelen in krachtvoergrondstoffen (zowel onbewerkte grondstoffen, zoals mais, als bewerkte grondstoffen, zoals sojaschroot) en andere voeders kan helpen bij de inschatting in welke mate deze residuen in krachtvoer zitten en vervolgens in de verdere keten van het melkveebedrijf terecht zouden kunnen komen.

Ook zeer persistente organochlorine gewasbeschermingsmiddelen, zoals DDT, HCH, Endosulfan en Aldrin, kunnen, hoewel verboden in Nederland, in voeders en krachtvoergrondstoffen (voornamelijk olie bevattende producten) geïmporteerd worden vanuit landen waar deze stoffen nog in gebruik zijn (Singh et al., 2020). Endosulfan blijkt een grote risicofactor te zijn in geïmporteerde sojaproducten en wordt in Nederland nog regelmatig aangetroffen in mengvoer voor varkens en pluimvee (Adamse et al., 2014).

Voor de detectie van residuen van chemische middelen (gewasbescherming / veterinaire / biociden) in gewassen en producten bestaan multi-residu methoden waarin een grote hoeveelheid middelen tegelijkertijd gedetecteerd kunnen worden. Niet alle middelen blijken te kunnen worden gedetecteerd met multi-residu methoden. In 2020 heeft Wageningen Food Safety Research een rapport opgesteld over de potentiële aanwezigheid van gewasbeschermingsmiddelen die een 'single residue method' ter detectie vereisen (Klüche et al., 2020). Zevenentwintig middelen die een 'single residue' methode vereisten, zijn gekoppeld aan hun doelgewassen, waaruit vervolgens die gewassen zijn

geselecteerd waarvan delen als grondstof voor krachtvoer dienen en waarvan volumes boven 100.000 ton per jaar in Nederland van buiten de EU geïmporteerd zijn gedurende de jaren 2013-2017. Vervolgens is er per exportland een risico-indicatie van overschrijding van Europese MRL normen voor deze grondstoffen gegeven. De gewasbeschermingsmiddelen Chlorothalonil (soja), Diquat (citrus, soja, suikerbiet- en riet), Fenbutatinoxide (citrus), Fluazifop (citrus) en Fluazifop-P (citrus), Glufosinaat (mais), Glyfosaat (mais) en Paraquat (mais) kwamen naar voren als meest risicovol. Daadwerkelijke waarnemingen van deze stoffen in krachtvoer waren echter geen onderdeel van dit rapport en concentraties werden dus niet weergegeven. Ook werden grondstoffen voor krachtvoer van Nederlandse en Europese bodem niet inbegrepen in het rapport.

Mogelijke kennislacune: sommige stoffen worden niet gedetecteerd, omdat ze buiten de (goedkopere) standaardmethoden vallen, waardoor risico's op aanwezigheid onderschat kunnen zijn.

4.2.5 Mogelijke residuenaanvoer uit ruwvoerteelt en ruwvoeraankopen

Rantsoenen van runderen in de Nederland zijn in het algemeen opgebouwd uit een deel ruwvoer (gras en eventueel snijmais), een deel krachtvoer (gepelleteerd mengsel van droge grondstoffen) en eventueel nog een deel natte bijproducten (bijvoorbeeld bierbostel afkomstig als restproduct in de voedingsindustrie). Daarnaast worden soms supplementen los verstrekt zoals mineralen of vetten.

Ruwvoer

Ruwvoer op melkveebedrijven bestaat vooral uit mais en gras dat op het merendeel van de Nederlandse melkveebedrijven zelf geteeld wordt. Bij ruwvoertekorten wordt er soms ruwvoer aangekocht. Daarnaast wordt er door bedrijven in graslandgebieden (bijvoorbeeld het veenweidegebied), die zelf geen mais telen, mais aangekocht. De herkomst van het aangekochte ruwvoer is meestal Nederland of de omliggende landen.

Bij de teelt van gras worden alleen herbiciden gebruikt bij het scheuren van grasland (doodspuiten van gras alvorens opnieuw in te zaaien) of bij onkruidbeheersing in blijvend grasland. Ook bij de teelt van groenbemesters wordt veelal gespoten met round-up om de groenbemester te vernietigen. Een deel van de gebruikte middelen zal in de bodem achterblijven – wat mogelijk deels door het daarop volgende gewas opgenomen wordt, of in de bodem accumuleert.

Bij de teelt van mais worden naast herbiciden ook insecticide en fungicide op het zaad gebruikt. Sinds 2020 mag het insecticide Methiocarb, wat ook vogelwerend was, niet meer gebruikt worden. Daarnaast werd ook neonicotinoïden gebruikt tegen ritnaalden, maar ook dit is nu ook verboden. Andere middelen worden nu toegepast.

Natte bijproducten

Natte bijproducten zijn veelal afkomstig uit de humane voedingsindustrie. Het gaat hier onder andere om aardappelpersvezels en andere aardappelproducten, bierbostel, suikerbietenpulp, chicoreiperspulp, verschillende mais- en tarwebijproducten, (DDGS⁷) erwten- en sojaproducten (OPNV, 2019). Gewasbeschermingsmiddelen in natte bijproducten zijn al meegenomen in de paragraaf over krachtvoerders.

Strooisel

Stro kan op het melkveebedrijf gebruikt worden als extra structuurbron in het rantsoen, waarbij melkkoeien of jongvee een kleine hoeveelheid in het rantsoen toegevoegd krijgen. Daarnaast wordt stro ook gebruikt om in te strooien in de boxen. Eventuele gewasbeschermingsmiddelen in het stro komen dan via de mest en de ruige mest in de kringloop van het melkveebedrijf terecht. In een casestudy uit 2020 zijn 2 tot 22 verschillende gewasbeschermingsmiddelen gedetecteerd in 8 verschillende stromonsters, waarbij zowel het aantal en de gehalten in biologisch stro lager waren dan in gangbaar stro (Van Eekeren et al., 2021). De persistentie van de actieve stof in het stro speelt dan een belangrijke rol – het is nog onduidelijk hoeveel van de actieve stof afgebroken wordt in het maagdarmkanaal van de koe of in de ruige mest. Het maximaal gehalte aan insecticiden in het stro was 286 µg/kg. In 2014 heeft het Rikilt in totaal 149 stro- en 43 hooimonsters verzameld, zowel uit Nederland als uit andere Europese landen (Frankrijk, Verenigd Koninkrijk, Duitsland, België en Denemarken). In slechts vier van de stromonsters zijn géén gewasbeschermingsmiddelen aangetroffen, in vier andere monsters is één gewasbeschermingsmiddel aangetroffen, in de resterende monsters werd meer dan één middel aangetroffen, met een maximum van tien (Mol et al., 2014). De meest voorkomende gewasbeschermingsmiddelen waren fungiciden: Epoxiconazole, Boscalide en Tebucanazole. Elk kwam voor in meer dan 50% van de monsters. Het meest voorkomende insecticide was Lambda-cyhalothrin, in 17 van de monsters. In 28 van de 43 hooimonsters werden met de gebruikte methoden geen gewasbeschermingsmiddelen aangetroffen. De meeste aangetroffen gewasbeschermingsmiddelen in de hooimonsters waren fungiciden en herbiciden - er werd slechts één keer een insecticide aangetroffen.

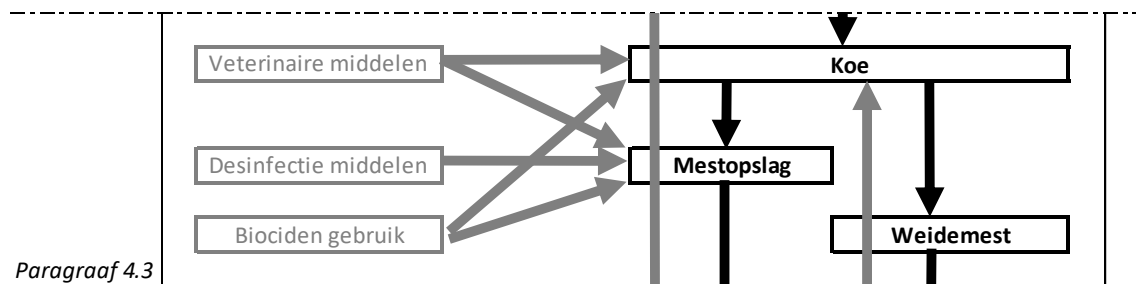
⁷ dried distillers grains with solubles; komt vrij bij de productie van bio-ethanol

Deze inventarisatie geeft duidelijk aan dat vee blootgesteld wordt aan verschillende gewasbeschermingsmiddelen. De werkelijke consequenties hiervan zijn afhankelijk van de opname en het gebruik van stro en hooi en de afbraak van de middelen in het lichaam van de dieren of in de ruige mest.

Mogelijke kennislacune: uit de literatuur is gebleken dat er residuen van gewasbeschermingsmiddelen in stro (gebruikt als strooisel) aanwezig zijn. Dit komt vervolgens op het land terecht door het stro met mest op te mengen tot ruige mest. Het is grotendeels onbekend hoeveel gewasbeschermingsmiddelen er in stro zitten en hoe snel deze middelen in stro en in ruige mest worden afgebroken. Inzicht in de hoeveelheid gewasbeschermingsmiddelen in stro zou een indicatie geven van de hoeveelheid middelen die via de zogenoemde vaste mest op het land terecht komen.

4.3 Residuen in de koe en mest

Deze paragraaf beschrijft factoren die bepalen of residuen van gewasbeschermingsmiddelen die in het krachtvoer aanwezig uiteindelijk in de mest terecht zullen komen en vervolgens effecten zouden kunnen hebben op insecten. Ook andere chemische middelen (veterinaire middelen) die via de koe en mest op het land terecht kunnen komen zijn hierbij zijdelings meegenomen. Er is aandacht voor i. Processen in de koe, inclusief excretie van middelen in de mest, ii. Processen in de mest tijdens mestopslag en iii. Processen in de mest tijdens beweiding. Ook overige mogelijke aanvoerroutes van residuen (met andere chemische middelen; weergegeven met grijze pijlen en tekstblokken in het schema) zijn hierbij meegenomen. Deze worden beknopt besproken in paragraaf 4.6.



4.3.1 Residuen in de koe

Uit het feit dat er residuen van gewasbeschermingsmiddelen in de mest te vinden zijn (Buijs en Samwel-Mantingh, 2019), is af te leiden dat residuen tenminste deels door het lichaam van de koe passeren en in de mest terechtkomen. Er is echter relatief meer kennis over wat er gebeurt met stoffen uit *veterinaire* middelen zoals Deltamethrin, wat in antiparasitaire middelen voor landbouwhuisdieren zit alsook in bepaalde gewasbeschermingsmiddelen. Daarom is de wetenschappelijke kennis over de omzetting en afbraak van veterinaire middelen in het lichaam van de koe gebruikt om te beredeneren hoeveel van de residuen van gewasbeschermingsmiddelen er uiteindelijk in de mest terecht kunnen komen.

Een belangrijk aspect van het vóórkomen van de gewasbeschermingsmiddelen in voer, is de relatief continue toediening van gewasbeschermingsmiddelen: terwijl veterinaire middelen eenmalig of gedurende een korte periode eenmalig toegepast worden, worden de middelen in voer dagelijks opgenomen (zolang de voedermiddelen uit een bepaalde partij verstrekt worden). Op de meeste melkveebedrijven is de gemiddelde krachtvoer-voergift per dag minstens 5 à 6 kg per dier. Bij een concentratie van bijv. 250 µg per kg krachtvoer van bijv. Cypermethrin (zie paragraaf 4.2.3; Tabel 7), zal dit dan in een dagelijkse Cypermethrin opname van 1,5 mg resulteren. Dit is minder dan dat er bij eenmalig gebruik van bv het pour-on middel Deltanil (met Deltamethrin als actieve stof) via de huid door het dier opgenomen zal worden: Deltanil bevat 10mg Deltamethrin/ml. Bij een 10 ml toediening (volgens voorschrift), zal er 100 mg Deltamethrin via de huid aan het dier verstrekt worden.

Het productblad van Deltanil geeft aan dat er geen wachttijd is voor melk, wel voor (orgaan)vlees (17 dagen voor Deltanil toegepast bij rundvee, 35 dagen bij schapen). Zeventien dagen na toediening zit de Deltamethrin waarde van het (orgaan)vlees dus onder de MRL-waarde, hoogstwaarschijnlijk inclusief een veiligheidsmarge. Partitie naar melk is dusdanig laag dat de concentratie altijd onder de MRL-waarde blijft. Dit is in overeenstemming met Ahktar et al (1992), die heeft aangetoond dat na het toevoegen van Deltamethrin in het rantsoen (orale toediening), de halfwaardetijd van Deltamethrin in melk ongeveer een dag is. Er zijn ook sporen van metabolieten van Deltamethrin in melk en weefsels aangetroffen (3- (2,2-dibromovmethyl)-2,2-dimethylcyclopropane carboxylic acid (< 0.0235 ppm) en 3-phenoxybenzoic acid (< 0.034 ppm)).

In het onderzoek van Ahktar et al. (1992) naar Deltamethrin trad ook geen bioaccumulatie in de organen op – vier dagen na de start van de behandeling, was er een plateau ontstaan. Het stopzetten van de behandeling resulteerde in een scherpe daling van residuen in de melk en organen (Ahktar et al., 1992).

Gehaltes aan Deltamethrin in het lichaam zijn laag, wat veroorzaakt is door de slechte absorptie van Deltamethrin door melkkoeien (Ahktar, 1986). Vierentwintig uur na het stopzetten van de behandeling was al 36-43% van de Deltamethrin via de faeces verwijderd, 4-6% via de urine en 0.4-1.6% via de melk (Ahktar et al. 1986). In het lichaam waren deltamethringehaltes het hoogst in niervet en subcutaan vet –waarbij 50% van het middel 9 dagen na stopzetten van de behandeling al verdwenen was (Ahktar et al., 1992). Ook Croucher et al. (1985) vonden hogere gehaltes in niervet dan in subcutaan vet. Bij Deltamethrin is aangetoond dat 95% van het product uitgescheiden werd in de faeces (maximum waarde na 2 dagen en na 8 dagen ook nog residuen aanwezig) en slechts 0.3-0.6% via de urine, waarbij na 8 dagen geen residu meer in urine werd aangetroffen (Venant et al., 1990). Het betekent dus dat in het geval van Deltamethrin, de uitscheiding via de mest correleert met de opname via het voer, tenminste bij concentraties zoals in deze studies zijn gebruikt.

In paragraaf 4.2.4. is al aangegeven dat Cypermethrin enkele malen aangetroffen is in krachtvoer en bijproducten. Cypermethrin is een insecticide uit de groep pyrethroiden, waar ook Deltamethrin en Permethrin onder vallen. Het is niet duidelijk of deze producten zich op vergelijkbare wijze gedragen in het dier.

De belangrijkste route voor eliminatie van Cypermethrin uit het lichaam is via urine en faeces (de hoeveelheid uitgescheiden product is in ongeveer gelijk voor deze beide routes, tussen de 40 en 50% van totaal opgenomen hoeveelheid) – slechts een fractie van een procent werd als onveranderd product uitgescheiden met de melk (Croucher et al., 1985): bij een Cypermethrin opname van 10 mg/kg rantsoen, was het residu in de melk slechts 0.03 mg/kg. De concentraties van de residuen in de weefsels van de dieren, gemeten na 7, 20 of 21 dagen behandelen, waren laag, waarbij de hoogste concentratie gevonden werd in de lever (lever > nieren > niervet > subcutaan vet > bloed > spier > hersenen). In de lever en

nieren werden hierbij vooral metabolieten van Cypermethrin aangetroffen, terwijl in niervet, subcutaan vet en melkvet ongemetaboliseerd Cypermethrin aangetroffen werd. Conclusie van Croucher et al. (1986) was dat een opname van Cypermethrin in het rantsoen door het dier niet leidt tot significante residuen in eetbare producten – de niet genoemde keerzijde hiervan is, dat het grotendeels via faeces (mest) en urine weer uitgescheiden wordt.

Vergelijkbare resultaten zijn gevonden voor Permethrin (Gaughan et al., 1978): het grootste deel van (alcohol-trans) Permethrin equivalenten werd na het slachten van de dieren aangetroffen in darm (1824 ppb in dikke ; 363 ppb in dunne darm) en pens (876 ppb), relatief kleinere hoeveelheden werden aangetroffen in lever (122 ppb), niervet (109 ppb) en visceraal vet (96 ppb) – dit is dus grofweg 8% in de stofwisseling en 92% in het maagdarmkanaal. In vet en lever werd wel meer acid-trans en alcohol-trans Permethrin aangetroffen (Gaughan et al., 1978). De Permethrin isomeren werden snel gemetaboliseerd en verwijderd, zodat er relatief weinig middelen en metabolieten in melk of weefsels achterbleven. Ook hier geldt dus dat Permethrin snel verwijderd wordt – en daarmee dus wel – deels onveranderd – in de mest terecht komt.

Ook bijvoorbeeld Cyromazine wordt vrijwel niet opgenomen in het lichaam en dus uitgescheiden in de mest.

Ondanks de variatie aan resultaten die voor de verschillende pyrethroïden gerapporteerd zijn (40% uitscheiding van Cypermethrin in urine volgens Croucher et al; 4-6% uitscheiding van Deltamethrin in urine volgens Ahktar et al., 1986 ; 0.3-0.6% uitscheiding van Deltamethrin in urine volgens Venant et al., 1990) lijkt het erop dat de grootste hoeveelheid van het met het rantsoen opgenomen product onveranderd uitgescheiden wordt in urine en faeces.

Zo'n 90% van de onbedoeld in voer voorkomend pyrethroïden lijkt in de mestkelder of direct via beweiden op het land terecht te komen. Ook voor Ivermectine, een veterinair ontwormingsmiddel (een avermectine), is bekend dat 90% onveranderd wordt uitgescheiden via het maagdarmkanaal, zelfs na toediening via injectie of als pour-on (Lommen et al., 2019). Echter, er is geen overzicht bekend waarin het gedrag van verschillende middelen in het lichaam en de uitscheiding in de mest en/of urine aangegeven wordt, zeker niet voor de nieuwe types insecticiden, zoals Spirodiclofen (valt onder keto-enolen ⁸). Bovendien is de uitscheiding in de urine relatief onbelicht, omdat die moeilijker te meten is.

Voor middelen die ook veterinair gebruikt worden, wordt in elk geval wel gekeken naar de wachttijd (tijd die voorbij gaat tot melk weer geconsumeerd mag worden en dieren geslacht mogen worden). Voor andere type gewasbeschermingsmiddelen, die niet gericht tegen parasieten bij vee ingezet worden, ligt dit anders. Fungiciden en herbiciden vallen onder andere klasse middelen en de reactie van deze middelen in het maagdarmkanaal en de interne organen is grotendeels onbekend.

⁸ Nieuwe klasse van insecticiden en acariciden

Mogelijke kennislacune: uit de wetenschappelijke literatuur blijkt dat insecticiden uit de pyrethroiden groep niet in het lichaam afgebroken worden, maar grotendeels weer via faeces of urine uitgescheiden worden. Het is niet zeker of ook insecticiden uit andere groepen (zoals keto-enolen) zich op vergelijkbare wijze in het dier gedragen qua opname in het lichaam, omzetting in de organen en snelheid en verdeling van excretie in faeces en urine.

Voor fungiciden en herbiciden is er nog minder bekend over het gedrag van de middelen in het dier en bij uitscheiding verdeling tussen excretie in faeces en urine.

De verdeling tussen excretie in faeces en urine is van belang bij weidegang of in sommige stallen waar deze gescheiden worden opgevangen en op het land gebracht.

Meer inzicht in de opname en afbraak van residuen van verschillende soorten gewasbeschermingsmiddelen in vee kan helpen bepalen hoeveel residuen er uiteindelijk in de mest en op het land terecht zullen komen.

Gevonden gehalten van residuen in mest

De literatuur rondom residuen van biociden en andere biologisch actieve stoffen in mest is relatief beperkt. Er is met name onderzoek gedaan naar residuen van veterinaire geneesmiddelen in mest, waarvan een groot deel van het onderzoek is gericht op varkens- of pluimveemest. Buijs en Samwel-Mantingh (2019) vonden 74 verschillende middelen (waarvan de meeste geregistreerd staan als gewasbeschermingsmiddel) met gehaltenes $>0.5\mu\text{g}/\text{kg}$ vers product in de mest van 25 bedrijven. De belangrijkste middelen hiervan ($>5\mu\text{g}/\text{kg}$ DS of voorkomend op meer dan 5 bedrijven) zijn weergegeven in Tabel 8. Wel zijn bij de analyses van Buijs en Samwel-Mantingh (2019) vragen geplaatst omtrent de wijze van monstername en stoffenanalyses (o.a. Deneer et al. 2019). Waargenomen gehaltenes waren soms heel laag ($<0.5\mu\text{g}/\text{kg}$ verse mest – deze zijn hier niet genoemd), maar in sommige gevallen werden ook gehaltenes $> 1\text{mg}/\text{kg}$ verse mest aangetroffen. Drieëntwintig middelen kwamen regelmatig voor óf in hoge concentraties ($>50\mu\text{g}/\text{kg}$ DS, zoals Permethrin (cis en trans); 198 en 322 $\mu\text{g}/\text{kg}$ DS; Cypermethrin: 2x, max 87 $\mu\text{g}/\text{kg}$ DS ; Deltamethrin; 3x, max 73 $\mu\text{g}/\text{kg}$ DS). Permethrin staat niet (meer) geregistreerd als gewasbeschermingsmiddel, het stond tot 2020 wel geregistreerd als biocide, en nu alleen nog als veterinair middel.

Voor veel stoffen die werden aangetroffen in het onderzoek van Buijs en Samwel-Mantingh (2019), kon geen directe link naar de aanwezigheid in voer worden gelegd (Brock et al., 2019). Deltamethrin en Permethrin zitten in middelen die tegen vliegen ingezet worden op veebedrijven en zouden op deze manier in de mest terecht gekomen kunnen zijn.

Cyromazine is een middel dat o.a. in pluimveevoer gebruikt wordt. Het wordt vrijwel niet opgenomen in het lichaam en voorkomt de ontwikkeling van vliegen(larven) die in de mest broeden en het verhindert verpoppen van de larven. Cypermethrin, Deltamethrin en

Permethrin vallen onder de pyrethroiden en worden grotendeels onveranderd uitgescheiden in de mest (Croucher et al., 1985; Ahktar et al., 1986; Venant et al., 1990). Spirodiclofen is een relatief nieuw insecticide. Hiervan zijn voor zover bekend, nog geen gegevens beschikbaar over opname en uitscheiding door koeien en de schadelijkheid voor mestinsecten.

Tabel 8. Gewasbeschermingsmiddelen en andere chemische middelen (zie Bijlage 2) aangetroffen in de mest (in $\mu\text{g}/\text{kg DS}$; runderdrijfmest, vaste mest, varkensdrijfmest) in onderzoek van Buijs en Samwel-Mantingh, 2019. Chemische middelen die gearceerd zijn, waren ten tijde van het onderzoek niet geregistreerd als gewasbeschermingsmiddel. Alleen gewasbeschermingsmiddelen die meer dan 5 keer (van de 27 monsters) werden aangetroffen óf in concentraties $>5\mu\text{g}/\text{kg DS}$ zijn in deze tabel opgenomen. I= insecticiden, A= acariciden, F = fungiciden, H = herbiciden, S = synergist, B=biociden, Av. = aviciden, pGR=plantengroeieregulator.

	type	aantal	gem	min	max	stdev
2-4D	H	1	222	222	222	x
6-benzyladenine	pGR	7	45	4,9	277	102,2
Antraquinon	Av.	9	22	2,1	52,1	21,5
Azoxystrobin	F	1	312	312	312	x
BAC12	B	3	504	113	916	401,9
BAC14	B	3	291	71	616	287,3
Benzovindiflupir	F	3	43	14,2	78	32,3
Bixafen	F	11	133	2,9	1000	290,7
Boscalid	F	9	18	2,7	107	34,0
Caffeine	Ov.	11	71	2,4	564	166,5
Cyromazine	I	1	328	328	328	x
Cypermethrin	I	2	46	5,9	87	57,3
Ddac	B	3	39	24	61,7	20,0
Deltamethrin	I	3	47	14,4	73	29,8
Dichlorprop	H	1	116	116	116	x
Difenyl	F	9	17	2	89	27,2
Epoxiconazole	F	8	60	2,6	199	65,2
Fluopyram	F	3	26	7,6	51,1	22,4
Fluroxypyr	H	3	66	23	140	64,6
Fluxapyroxad	F	7	33	6,2	98,3	31,1
Mcpa	H	8	30	4,2	198	67,8
Mecoprop	H	3	78	15,7	194	100,3
Metamitron	H	1	855	855	855	x
Metconazole	F, pGR	4	23	3,6	61	26,2
Permethrin-cis	I	1	198	198	198	x
Permethrin-trans	I	1	322	322	322	x
Piperonyl-butoxide	S	10	72	1,7	321	105,3
Pochloraz-dezimidazole-amino	F	3	107	36	216	96,0
Protioconazole-dethio	F	6	12	2,9	25	8,8
Spirodiclofen	A, I	1	2469	2469	2469	x
Spiroxamine	F	1	321	321	321	x
Tebuconazole	F	10	213	5,5	1468	444,4
Tetraconazole	F	1	55	55	55	x

In eigen empirisch onderzoek (Bruinenberg et al., manuscript in voorbereiding) vonden we in acht mestmonsters van verschillende melkveebedrijven in de Westelijke Veenweiden als belangrijkste chemische middelen Chloorprofam (8x; gemiddeld 9.6 µg/kg DS), Antraquinon (7x; gemiddeld 3.0 µg/kg DS), Cypermethrin (5x; gemiddeld 5.9 µg/kg DS) en Difenyl (8x; gemiddeld 8.8 µg/kg DS) – zowel Antraquinon als Difenyl staan niet geregistreerd als gewasbeschermingsmiddel. In één van de mestmonsters was ook Permethrin (een veterinair middel) in een relatief hoge concentratie (460µg/kg DS) aangetroffen. Op dit bedrijf waren de dieren enkele dagen voor bemonstering behandeld met een pour-on die Permethrin bevat. In totaal waren er 13 verschillende chemische middelen in de acht mestmonsters aangetroffen, drie tot acht per bedrijf. Met uitzondering van Permethrin zijn de (gemiddelde) gehalten in het onderzoek van Bruinenberg et al. (manuscript in voorbereiding) lager dan de gehalten aangetroffen in het onderzoek van Buijs en Samwel-Mantingh (2019). Analyses zijn uitgevoerd door hetzelfde laboratorium.

Mogelijke kennislacune: de herkomst (en route door het melkveebedrijf) van de gevonden chemische stoffen - waaronder residuen in gewasbeschermingsmiddelen in mest - kan niet eenduidig terug gebracht worden naar het krachtvoer als bron. Mogelijk zijn er alternatieve aanvoerbronnen zoals het gebruik van biociden in de stal of mestkelder. Meer inzicht in de aanvoerbronnen van chemische stoffen anders dan residuen van gewasbeschermingsmiddelen kan helpen te bepalen wat de bijdrage van residuen van gewasbeschermingsmiddelen op de totale aanvoer van chemische stoffen is.

Mogelijke kennislacune: er is weinig onderzoek bekend naar concentraties van residuen van gewasbeschermingsmiddelen in mest. Meer onderzoek naar voorkomende concentraties zou meer inzicht geven in mogelijke vervolgeffecten binnen de verspreidingsroute van een melkveebedrijf.

4.3.2 Mogelijke omzettingen in de mestopslag

In een recente internationale review keken Wohde et al. (2016) naar het voorkomen en de omzetting van veterinaire geneesmiddelen en biociden in mest (zowel rundvee, varkens- en pluimveemest). Zij vonden 42 verschillende studies waarin is gekeken naar de omzetting van stoffen in de mest, waarvan slechts drie gericht waren op biociden, in alle gevallen in varkensmest (Kreuzig, 2010; Kreuzig et al. 2010 en Varel, 2002). Vanwege de beperkte hoeveelheid studies naar biociden in de mest, was één van de conclusies van Wohde et al. (2016) dat onderzoek naar de aanwezigheid van biociden in mest onvoldoende aandacht krijgt tot nu toe. Daarnaast concluderen zij dat actieve stoffen van veterinaire geneesmiddelen en biociden alom vertegenwoordigd zijn in mest, en dat de aanname kan worden gemaakt dat wanneer veterinaire geneesmiddelen worden gebruikt, delen hiervan in de mest terechtkomen.

Het type mest (bijv. drijfmest of vaste mest), de opslagtemperatuur, het droge stofgehalte, pH, de aanwezige microbiologie, de aanwezigheid van aerobe en anaerobe condities, de beschikbaarheid van elektronacceptoren (nodig voor anaerobe omzettingen) en het rantsoen van dieren kunnen allen de omzetting van veterinaire geneesmiddelen en biociden beïnvloeden (Wohde et al., 2016). Naast omzetting spelen ook processen als vervluchtiging, binding en de vorming van niet-extraheerbare residuen een rol in het 'verdwijnen' van residuen in mest. Afhankelijk van de bindingscapaciteit van de mest, kunnen residuen geadsorbeerd worden in de mest. Hoe droger de mest, des te hoger deze capaciteit voor adsorptie. Drijfmest heeft als meer vloeibare mest een meer homogene samenstelling dan vaste mest, wat ook van invloed kan zijn op de verdeling van residuen in de mest.

In algemene zin verloopt de omzetting van residuen sneller in aerobe omstandigheden dan in anaerobe omstandigheden. Ook verloopt de omzetting sneller onder hogere temperaturen, en verlopen omzettingen als gevolg van biologische processen (bijv. metabolisatie) sneller dan als gevolg van chemische processen (bijv. hydrolyse). Echter, bij temperaturen boven ca. 30-50 graden kan deze verhouding omkeren en kunnen processen als hydrolyse versterkt worden. Drijfmest in mestkelder en mestopslagen zijn (grotendeels) anaeroob. Vaste mest (ook wel stalmest genoemd, meestal verkregen in strooiselstallen) kan veel meer aerobe delen bevatten, afhankelijk van o.a. de ratio mest en stro en het vochtgehalte van het mengsel, en kan relatief warmer worden als gevolg van compostingsprocessen. De aanwezigheid van (meerdere) residuen van chemische stoffen (gewasbeschermingsmiddelen of veterinaire middelen) in mest beïnvloedt daarnaast de structuur van de microbiële gemeenschap, waardoor residuen ook hun eigen omzetting in mest beïnvloeden. Daarnaast komen vindt er in de mestopslag ook aanvoer van residuen uit bijvoorbeeld ontsmettingsmiddelen of biociden die direct in de stal of indirect via het melkproces worden gebruikt, die ook weer effecten op omzettingen kunnen hebben. Ook spelen een aantal andere factoren een rol bij de omzetting van residuen, namelijk het droge stofgehalte, de pH en de aanwezigheid van elektronacceptoren.

Mogelijke kennislacune: uit de literatuur blijkt dat chemische stoffen uit biociden, diergeneesmiddelen en gewasbeschermingsmiddelen in mest onderhevig kunnen zijn aan afbraak en omzettingen. Er is onvoldoende kennis om duidende uitspraken te doen over de verwachte omzetting van verschillende residuen in verschillende soorten mest. De afbraak van residuen kan door verschillende factoren per situatie verschillen. Meer inzicht in de afbraak van chemische stoffen in de mest kan helpen te bepalen in welke mate residuen van gewasbeschermingsmiddelen in (verschillende soorten) mest aanwezig zijn en op het land terecht zullen komen.

Homogeniteit van de verdeling van residuen in de mestkelder

In de mestkelder wordt drijfmest regelmatig rondgepompt om bezinken van vaste delen te voorkomen. Dit betekent dat de mest regelmatig gemengd wordt en inhoudsstoffen mogelijk vrij homogeen over de drijfmest verdeeld worden. Verdeling op het land zal hierdoor waarschijnlijk vrij homogeen zijn, wat de kans op piekconcentraties, met een hoger risico voor insecten, beperkt. Dit is echter niet met zekerheid te zeggen en zou onderzocht moeten worden.

Mogelijke kennislacune: hoe homogeen chemische middelen verdeeld zijn over de drijfmestopslag (bezinken, drijven, gebonden aan bepaald chemische stoffen) is onbekend. Meer inzicht in de homogeniteit van de verdeling van chemische stoffen in de mestkelder (waaronder residuen van gewasbeschermingsmiddelen) kan helpen inschatten of er bij uitrijden van de mest sprake kan zijn van piekconcentraties met verhoogde risico's voor o.a. bodem- en mestfauna.

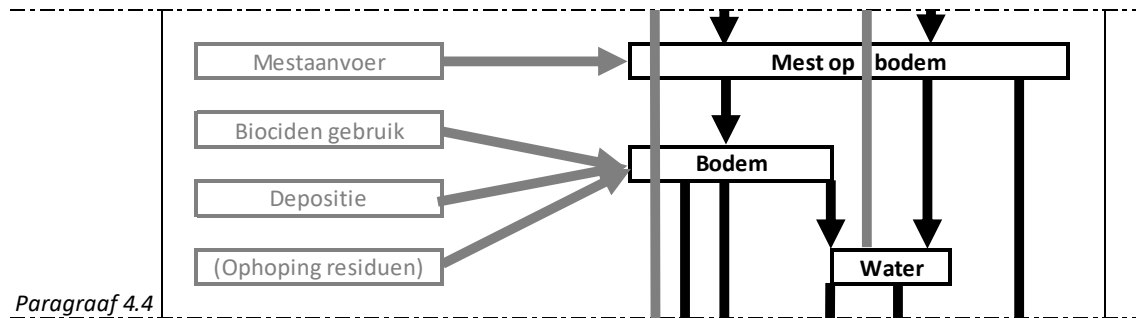
4.3.3 Omzetting in weidemest (mestflatten)

Wanneer koeien weiden komen faeces (mest) en urine gescheiden op de bodem (mestflatten en urineplekken). Omzettingen van residuen van chemische stoffen in mest spelen daardoor waarschijnlijk een beperktere rol in weidemest dan wanneer mest eerst wordt opgeslagen. Echter, weidemest is wel onder invloed van weersomstandigheden, waardoor bijvoorbeeld temperaturen in het seizoen van de mest makkelijker kunnen oplopen dan in een mestkelder, en weidemest zal meer aeroob zijn dan drijfmest in een opslag. Voor zover bekend is er echter maar beperkt onderzoek gedaan naar de omzettingen van residuen in weidemest versus mest in een mestopslag. Vale et al. (2004) concludeerden uit veldonderzoek dat er nauwelijks omzetting van pyrethroïden (Deltamethrin en Alphacypermethrin) plaatsvindt na het neerleggen van kunstmatige mestflatten met 10 ppm (gebaseerd op verse product) Deltamethrin en Cypermethrin: de gehalten in de droge stof bleven vrijwel gelijk gedurende 60 dagen.

Mogelijke kennislacune: uit wetenschappelijk gepubliceerd veldonderzoek naar pyrethroïden in weidemest is gebleken dat deze nauwelijks verdwijnen uit de mest. Het is onduidelijk hoe snel andere middelen uit weidemest verdwijnen. Bovendien is er - voor zover bekend - beperkt onderzoek gedaan naar omzettingen van residuen in weidemest en urine versus drijfmest (mest en urine samen) in een opslag. Meer inzicht in de persistentie van chemische middelen (waaronder insecticiden) in weidemest en urine kan helpen bij de inschatting hoe lang eventuele effecten van aanwezige middelen in de mest door kunnen werken, nadat de mest op het land gedeponeed is.

4.4 Residuen op en in de bodem

In deze paragraaf is de focus op de aanvoer van residuen op de bodem via het krachtvoerspoor (ondersteund met kennis vanuit veterinaire middelen), en op de processen en factoren in de bodem die bepalen hoe residuen van chemische middelen in de bodem opgenomen en verdeeld worden of in het (grond- of oppervlakte-) water terecht komen. Andere mogelijke aanvoerroutes (grijze pijlen en tekstblokken in het schema zijn beknopt samengevat in paragraaf 4.6).



4.4.1 Bepalende factoren voor de residuaanvoer uit de mest naar de bodem?

Bij een beoordeling van gewasbeschermingsmiddelen, gedaan voor de eventuele toelating bij de toepassing in een teelt, wordt voor het bepalen van het zogenoemde Verwaarloos Risico (VR) een homogene verdeling van de werkzame stof in de bovenste 10 cm van de bodem aangenomen (Ctgb, 2019). Voor residuaanvoer vanuit mest naar de bodem is (nog) geen algemene consensus over een methode om de hoeveelheid residu in de bodem in te schatten, na het toedienen van mest of bij weidegang. De manier waarop het residu in de bodem verdeeld wordt, bepaalt echter wel in hoeverre het bodemleven hieraan blootgesteld wordt. In eerdere studies naar de mogelijke risico's van residuen uit mest (Ctgb, 2019; Deneer et al. 2020) is gebruik gemaakt van de aanname dat residuen uit mest zich homogeen verdelen in een bodemlaag na het toedienen van mest.

Er zijn echter verschillende groepen van factoren te benoemen die de verdeling en de blootstelling aan stoffen in de bodem beïnvloeden, waardoor het niet aannemelijk is dat residuen van gewasbeschermingsmiddelen (en eventuele veterinaire middelen en/of biociden) zich homogeen verdelen in de bodem (o.a. Peijnenburg, 2015). Deze groepen van factoren zijn;

1. Factoren vanuit de stof zelf bekijken: fysische-chemische eigenschappen en relevante processen waarbij blootstelling aan de stof is. De eigenlijke biologische beschikbaarheid van de stof voor biota. En kennen stoffen specifieke interacties met bijvoorbeeld ionen?
2. Factoren vanuit de bodem bekijken: bodemsamenstelling, afbraak, erosie en de factoren klimaat plus de invloed van de tijd op deze. Gronden hebben verschillende gehalten van organische stof, klei, vocht en hebben een verschillende pH. De

biologische beschikbaarheid van stoffen wordt doorgaans beïnvloed door deze eigenschappen (European Chemicals Bureau, 2003).

3. Factoren vanuit het bodemleven bekeken: impact van bodembiota op de stof, bijvoorbeeld wordt een stof opgenomen, of wordt een stof door de bodem verspreid (bijv. wormen die organisch materiaal zoals weidemest, vaste mest en drijfmest verplaatsen). Hierbij speelt ook dat het bodemleven niet homogeen is verdeeld in het bodemprofiel, en de bijvoorbeeld de activiteit afhankelijk is van diverse factoren. Zo bevinden de meeste bodemmicroben zich in de bovenste 5 cm van de bodem, en minder in de lagen 5-10 en 10-15 cm (o.a. Bardgett et al. 1997).
4. Factoren vanuit de manier van aanvoer van mest met residuen bekeken: de dosering, het tijdstip en de manier waarop de mest op de bodem wordt gebracht.

Bodem-, stof- en bodemleveneffecten op verdeling residuen

In meer detail, is te stellen dat de bodem een inhomogene, complexe matrix is, waarin een veelheid aan processen plaatsvindt. Er zijn dan ook significant verschillende toxiciteitsniveaus te vinden op verschillende plaatsen in de bodem, bij gelijke totale concentraties in verschillende bodemsoorten. Toxiciteit neemt doorgaans af gedurende de tijd in de bodem. De effectieve blootstelling hangt daarom af van het emissiepatroon van het residu, timing van de emissie, bodemeigenschappen, residu-eigenschappen, weers- en klimaatinvloeden, tijdsverloop, etc. Omdat verschillende eigenschappen en processen de blootstelling beïnvloeden, is te stellen dat de benadering van de verwachte residuconcentratie in de bodem een versimpelde benadering van de werkelijkheid is (Peijnenburg, 2015).

Mogelijke kennislacune: de werkelijke blootstelling aan residuen in een bodem is beperkt in te schatten, wegens een gebrek aan metingen en/of kennis van diverse factoren. Hierdoor is er onzekerheid te verwachten rondom geschatte residuconcentraties. Daarnaast, nadat residuen op de bodem terecht zijn gekomen, maken diverse bodem- en stoffeigenschappen, inclusief de heterogeniteit van de bodem en het aanwezige bodemleven, dat de werkelijke blootstelling aan residuen per situatie specifiek is.

Meer inzicht in de feitelijke verdeling van residuen van chemische middelen uit mest in de bodem kan bijdragen aan een inschatting van effecten van uitgereden drijfmest op residuconcentraties en blootstellingen in een bodem.

Effecten van de manier van aanvoer van mest

Vanuit de manier van aanvoer mest met residuen bekeken, valt er op hoofdlijnen een onderscheid te maken tussen mechanisch mest aanbrengen en weidemest van weidende koeien. Wanneer mest mechanisch wordt aangevoerd, is er doorgaans drie- of viermaal per jaar een moment van aanvoer op grasland, en vaak éénmalig op bouwland. In de meeste gevallen gaat het hier om drijfmest, wat een mengsel is van urine en faeces. Het kan ook

gaan om stalmest, waarbij urine en faeces zijn opgemengd met droog plantenmateriaal (meestal stro). Op zand- en kleigronden wordt drijfmest in de bodem gebracht met een zodenbemester (ca. 3-5 cm diep), op sleufafstanden van 15-25 cm. In de praktijk betekent dit vaak dat een deel van de mest in de sleuf, gemaakt door een zodenbemester, terecht komt, en deels nog op de bodem afhankelijk van de hoeveelheid aangevoerde mest (Foto 1). Op klei- en veengronden is het gebruik van de sleepvoetbemester toegestaan onder voorwaarden, wat in de praktijk betekent dat een groot deel van de mest op de grond wordt aangebracht (Foto 2). In beide gevallen komt er op het grootste deel van de bodem geen mest terecht, en kan de mest hier pas terechtkomen na verloop van tijd. Bij de aanname dat een mestsleuf van een bemester 3 cm breed is, en er elke 15 cm een sleufje mest op de bodem wordt gebracht, blijft er na bemesten 12 cm bodem onbemest en komt alle aangebrachte mest dus op een vijfde van de bodem terecht.

Bij weidegang komen urine en faeces, grotendeels gescheiden, in relatief (veel) hogere lokale hoeveelheden op de bodem dan bij mechanisch mest aanbrengen. Zo maten van Middelkoop et al. (2004) dat mestflatten na beweiden gemiddeld zo'n 3,4 à 3,7% van het bodemoppervlak bedekken. Dat zou betekenen dat weidemest tot bijna 30 keer zo hoge concentraties op de bodem terecht komt ten opzichte van volveldse verspreiding, en dat concentraties van residuen in de mest dus ook tot bijna 30 keer zo hoog kunnen zijn ten opzichte van een volveldse verspreiding. Ook urineconcentraties van een urineplek van een weidende koe zijn een veelvoud (ca. 200 tot 2000 kg N per ha, Selbie et al. 2015) van een volveldse verspreiding, en daardoor dus ook de verdeling van de eventuele aanwezige residuen in de urine. Wel zal urine relatief sneller in de bodem trekken en verspreiden dan mest, al zal de verspreiding relatief beperkt zijn tot de plaats waar de koe heeft geürineerd.



Foto 1: links. Resultaat mest aanbrengen (ca. 20 m³/ha) met zodebemester op kleigrond

Foto 2: midden: Resultaat mest aanbrengen (ca. 20 m³/ha) met sleepvoetbemester op kleigrond

Foto 3: rechts. Een mestflat (faeces) van een weidende melkkoe

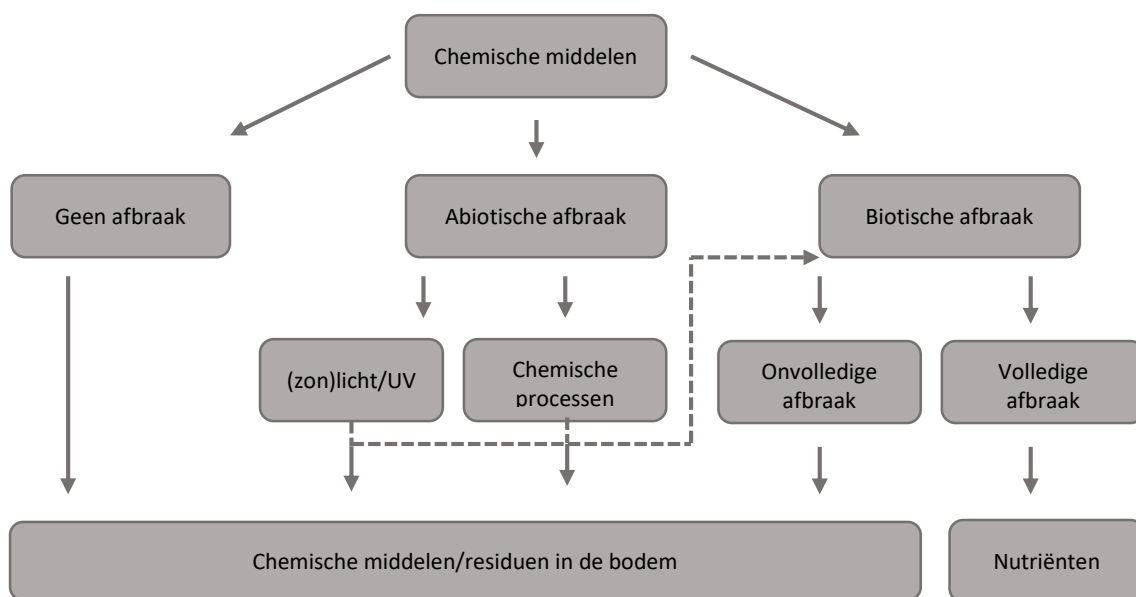
Naast de verdeling van drijfmest, mest en urine op de bodem, zijn er ook andere factoren die een mogelijk effect zouden kunnen hebben op de verdeling van residuen uit de mest/urine in de bodem. Voorbeelden hiervan zijn de bodem- en weersomstandigheden; in een relatief natte bodem en bij regenachtig weer spoelt mest mogelijk wat sneller in de bodem. Daarnaast is het te verwachten dat de meer vloeibare fractie mest sneller in de bodem trekt dan de vastere delen, net als urine. Hier zullen chemische en fysische eigenschappen van het residu ook een rol spelen, zoals de hydrofilie (wateroplosbaarheid).

Samenvattend spelen na het aanbrengen van de drijfmest, mest of urine de verdeling, diverse residu-eigenschappen, weer-, bodem- en bodemleven factoren een rol in de mate en snelheid waarmee residuen zich zullen verdelen in de bodem en daarmee op (lokale) residu concentraties in de bodem.

Mogelijke kennislacune: voor het bepalen van het zogenoemde Verwaarloosbaar Risico (VR) van een gebruikt middel in een teelt, wordt aangenomen dat deze zich homogeen verdeelt in bovenste 10 cm van de bodem. Voor het inschatten van de residuconcentratie die via mest in de bodem terecht komt, is deze benadering in eerdere studies ook toegepast. Omdat drijfmest in/op sleufjes wordt aangebracht en mest en urine van weidende koeien in flatten op de bodem terecht komt, mag verwacht worden dat in elk geval direct na het aanbrengen van de mest op de bodem, lokale residuconcentraties ca. 4 tot 30 keer zo hoog zijn dan bij een volveldse verspreiding. Daarnaast spelen diverse factoren een rol in de mate en snelheid van verdeling van het residu in de bodem, zoals eigenschappen van het residu, het weer en het bodemleven. Het is dan ook aannemelijk dat residuen welke via mest of urine op de bodem zijn gekomen, zich niet homogeen in de bodem verspreiden, in elk geval niet op relatief korte termijn. Het gebruik van het Verwaarloosbaar Risico (VR), waarbij een homogene verdeling van residuen in de bovenste 10 cm van de bodem wordt aangenomen, geeft daardoor hoogstwaarschijnlijk niet de juiste inschatting van residuconcentraties in de bodem afkomstig van drijfmest, faeces of urine. Een vraag is hoe deze dan wel het best kan worden ingeschat. Meer inzicht in de verdeling van de residuen uit drijfmest in de bodem, is gewenst om de werkelijke blootstelling aan deze residuen in te kunnen schatten en de effecten hiervan voor o.a. het bodemleven te kunnen duiden.

4.4.2 Hoe verloopt accumulatie en afbraak van residuen in de bodem in relatie tot opname door het gewas en afvoer via het gewas?

Het risico van accumulatie van chemische middelen na de mestgift verschilt per stof en per bodem, en is ook afhankelijk van weersomstandigheden zoals temperatuur en regenval. De mogelijke route van een residu uit mest is weergegeven in Figuur 2.



Figuur 2. De mogelijke route van accumulatie en degradatie van chemische middelen en residuen in de bodem

Geen afbraak, absorptie aan bodemdeeltjes

Residuen van verschillende middelen kunnen zich sterk binden aan de bodem. Een voorbeeld hiervan is Deltamethrin. Uit de wetenschappelijke beoordeling van Deltanil blijkt dat de halfwaardetijd 72 dagen is en dat de stof zich niet verplaatst in de bodem (Akerblond et al, 2008). De binding aan bodemdeeltjes is afhankelijk van de pH en is sterker bij een lagere pH. Daarnaast zijn er een aantal andere factoren die de sorptie beïnvloeden: i) Het organische stofgehalte: hoe hoger het organische stofgehalte hoe hoger de sorptie; ii) de aanwezigheid van mineralen: verschillende kleimineralen hebben een hoge bindingscapaciteit; iii) kation uitwisseling en elektrostatische lading: de binding is sterker bij een hogere Ca^{2+} concentratie dan bij een hoge Na^{+} concentratie.

Als een residu zich stabiel bindt met bodemdeeltjes, is deze veelal afgeschermd voor degradatie of wordt de degradatie vertraagd en kan de stof zich, zeker met herhaalde applicatie, ophopen in de bodem. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn voor Deltamethrin, Cypermethrin en Permethrin, die vooral in een bodem met veel klei of een hoog percentage organische stof weinig mobiel zijn (Kaufman et al., 1981). Dit proces van binding is echter zeer complex en niet eenduidig. Residuen kunnen na binding weer vrijkomen en afbreken, met name als de (chemische) omgeving verandert. Ook breken sommige stoffen juist sneller af nadat ze zijn gebonden (Kah et al, 2007).

Afbraak door abiotische processen: licht/fotokatalytische degradatie

Verscheidende chemische middelen (gewasbeschermingsmiddelen, veterinaire middelen, biociden) zijn gevoelig voor afbraak door UV radiatie. Bij weidegang of het uitrijden van de mest, zeker waar de mest bovengronds wordt uitgereden zoals met de sleepvoetmethode, kan blootstelling aan licht de afbraak van residuen versnellen.

De degradatie van het residu in de toplaag van de bodem zowel direct plaatsvinden onder blootstelling van zonlicht, als indirect via elektronentransfer of via vorming van vrije radicalen die een reactie in gang zetten (Konstantinou et al., 2001).

Afbraak door abiotische processen: chemische omzettingen

In de bodem komen naast fotokatalytische omzettingen ook andere chemische omzettingen voor die residuen kunnen afbreken, zoals hydrolyse, oxidatie en reductie. Een studie van Racke et al. (1996) toont aan dat in geval van Chlorpyrifos de abiotische hydrolyse met zuur-base katalyse ook plaatsvindt in een steriele bodem, zonder tussenkomst van microben. Wel gaat dit proces langzamer en is het vaak onvolledig, en vindt volledige afbraak van metabolieten van Chlorpyrifos vaak plaats door microbiële degradatie.

Afbraak door microben

De afbraak van residuen door microben gebeurt met behulp van verschillende soorten enzymen die een omzetting katalyseren. Deze eerste stap in de afbraak gebeurt door middel van oxidatie, hydrolyse of reductie, waarbij de originele pesticiden worden opknipt in meerdere restproducten die soms ook bioactief zijn (Verma et al 2014). Om gewasbeschermingsmiddelen af te breken is vaak een scala aan verschillende enzymen nodig die specifieke verbindingen binnen het middel-molecuul kunnen verbreken. Voor de afbraak is daarom een consortium van microben nodig om gewasbeschermingsmiddelen en de toxische restproducten af te breken. Wanneer de benodigde enzymen niet allemaal aanwezig zijn volgt er vaak een onvolledige afbraak.

Accumulatie in de bodem

Of gewasbeschermingsmiddelen en andere chemische middelen in de bodem accumuleren hangt af van veel factoren: De samenstelling van de bodem, het organische stofgehalte, de pH, de aanwezigheid van kleimineralen, de kationbezetting, het bodemleven en alle andere bodemeigenschappen zijn sterk bepalend voor de afbraaksnelheid van de chemische middelen. Daarnaast speelt ook het weer een belangrijke rol; met name de temperatuur en het bodemvochtgehalte hebben een sterk effect op de chemische en biologische processen die residuen degraderen.

Opname en afvoer door het gewas

Naast afbraak van chemische middelen speelt fyto-extractie, de opname van residuen uit de bodem door planten, een rol in het reduceren van middelen in de bodem. Van Eekeren et al. (2021) vonden aanwijzingen voor de opname van residuen door het gras: de relatie tussen het aantal maai beurten en de aangetroffen hoeveelheid chemische middelen in de bodem was negatief. Mogelijk is opname door het gewas een belangrijke route om de accumulatie in de bodem tegen te gaan (Timmermans en van Eekeren, 2016). In een onderzoek van Buijs en Mantingh (2020) worden andere stoffen in het gras gevonden dan in

de bodem gemeten zijn. Mogelijk is de beschikbaarheid en de opname voor het gewas niet voor alle middelen hetzelfde.

4.4.3 Bodemvocht, grond- en slootwater

Naast dat residuen uit mest in de bodem terechtkomen, zal ook een deel van de residuen in bodemvocht (deels porievocht) en slootwater terechtkomen door o.a. inspoeling en afspoeling. Dit spoor is mogelijk ook van belang om de residublootstelling aan insecten voor weidevogels te kunnen inschatten. Doorgaans zijn residu-risiconormen voor aquatische milieus vele malen strenger dan voor terrestrische milieus. Bijvoorbeeld, het RIVM hanteert de norm van Verwaarloosbaar Risiconiveau voor Cypermethrin van 0,004 µg per kg droge grond, terwijl voor oppervlaktewater de jaargemiddelde milieukwaliteitsnorm 0,000008 µg per liter is. Ook het Ctgb hanteert toelatingscriteria voor de aanwezigheid van gewasbeschermingsmiddelen in oppervlaktewater. De strengere normen voor aquatische milieus hebben onder andere te maken met de verdeling van residuen in water (water is homogener dan bodem), en met de mate van blootstelling aan aquatische organismen.

Residuen via water in de kringloop?

Vooral sloot- en oppervlaktewater (soms bronwater), zijn een drinkwaterbron voor koeien. Eventuele residuen welke in het water terecht zijn gekomen, kunnen daardoor opnieuw worden opgenomen door koeien en zo in de kringloop van het melkveebedrijf terugkeren. Daarnaast neemt het gras (of mais), dat als ruwvoer dient voor de koe, naast directe nutriënten en stoffen uit de bodem ook bodemvocht op voor zijn groei, waarmee potentieel ook residuen uit grondwater opgenomen kunnen worden en in het voer van koeien terecht kunnen komen. Ook maken sommige insecten gebruik van aquatische milieus in bijvoorbeeld hun larvale stadia, waarbij er mogelijk blootstelling aan residuen kan optreden.

Mogelijke kennislacune: Voor zover bekend is er nagenoeg geen onderzoek gedaan naar in- en afspoeling van residuen uit mest richting sloot- en grondwater, welke veelal een drinkwaterbron zijn voor koeien, een waterbron is voor gewassen en van belang zijn voor sommige insectensoorten. Het is daarmee onbekend in welke mate residuen via sloot- en grondwater in de kringloop van een melkveebedrijf kunnen blijven, en daardoor eventueel kunnen accumuleren.

Meer inzicht in de opname van residuen van gewasbeschermingsmiddelen en andere chemische middelen in water door koeien en planten kan helpen beredeneren of er sprake kan zijn van recirculatie van residuen van deze middelen.

Residuen in slootwater en slootkanten

Volgens Jansma en de Wit (2016) hebben slootranden potentie als goede foerageerruimte voor weidevogels, en kunnen deze fungeren als verbindingzone tussen gebieden met

specifiek kuikengrasland. Ook bleken kruidenrijke graslanden niet per definitie meer insecten te bevatten dan slootkanten. In slootkanten staan veelal deels plantensoorten welke via hun wortels slootwater kunnen opnemen, waarmee ook residuen uit oppervlaktewater in deze planten terecht zou kunnen komen, en uiteindelijk in het bodemvoedselweb van een slootkant. Daarnaast is het aannemelijk dat een deel van de insecten, levend in de slootkant, in contact komt met het slootwater. Risiconormen van residuen in oppervlaktewater zijn doorgaans vele malen strenger dan voor terrestrische ecosystemen.

Veenweiden en natte bodems als belangrijke weidevogelhabitat

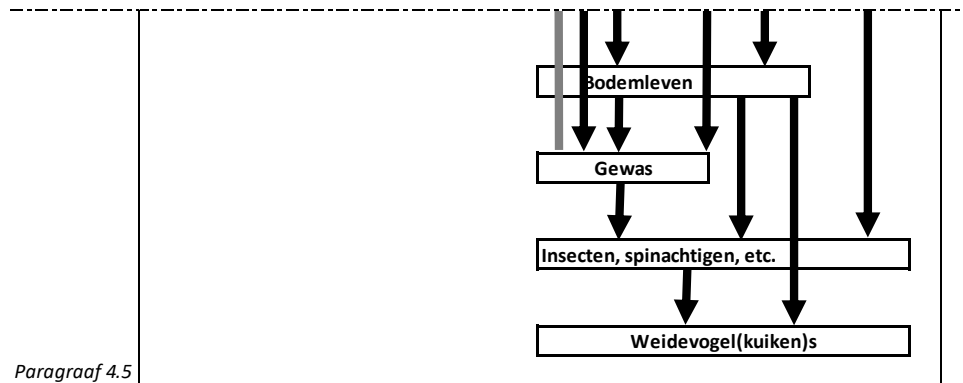
Nederland kent verschillende gebieden waar weidevogels in grotere mate voorkomen. Plasdras gebieden (hetzij in beperkte mate), en greppel- en slootkanten vormen een belangrijke (foerageer)habitat voor met name jonge weidevogels in het voorjaar (Visser et al., 2017; Oosterveld et al., 2014). Een belangrijk deel van deze gebieden zijn de veenweiden. In bijvoorbeeld de westelijke veenweiden is het gebruikelijk dat grondwaterpeilen in de wintermaanden oplopen tot nabij het maaiveld, als gevolg van neerslag en een zeer beperkte verdamping. Daarnaast kennen deze gronden in het groeiseizoen fluctuerende grondwaterstanden, die bij hevige neerslag tijdelijk kunnen oplopen tot aan het maaiveld (Hoving et al. 2018). Op minerale gronden kunnen bodemvochtgehalten met name stijgen na perioden van neerslag. Op alle grondsoorten kan neerslag leiden tot uit- en afspoeling van mest, bodem en mogelijk ook biociden. Vraag is daarmee wat hoge en fluctuerende grondwaterstanden of bodemvochtgehalten betekenen voor de verdeling van residuen in de bodem. Daarnaast is het de vraag wat dit betekent voor ecologische risico's op ecosysteemniveau voor zowel de bodem, de sloot of greppel en de overgangszone daartussen.

Een hypothese kan zijn dat gronden die frequent zeer nat zijn, een snellere residuverdeling in de bodem hebben, waardoor er minder frequent piekconcentraties van residuen in delen van de bodem kunnen voorkomen. Een andere hypothese kan zijn dat die gronden of perceelsdelen flora en fauna kennen die deels is aangepast aan aquatische omstandigheden, waardoor mogelijk eerder zogenoemde Verwaarloosbaar Risico (VR) normen worden overschreden.

Mogelijke kennislacune: het is onbekend wat hoge en fluctuerende grondwaterstanden of bodemvochtgehalten betekenen voor de verdeling van residuen in de bodem en ook wat dit vervolgens betekent voor risico's op ecosysteemniveau voor zowel de bodem, de sloot of greppel en de overgangszones daartussen. Nattere gronden en met name veenweiden (sommige zijn 'weidevogelkernegebied') zijn een belangrijke weidevogelhabitat. De beschikbaarheid van insecten voor weidevogels hangt samen met de toxiciteit van residuen in de bodem, sloot of greppel en de overgangszones daartussen.

4.5 Opname residuen in het voedselweb en mogelijke effecten voedselbeschikbaarheid weidevogels

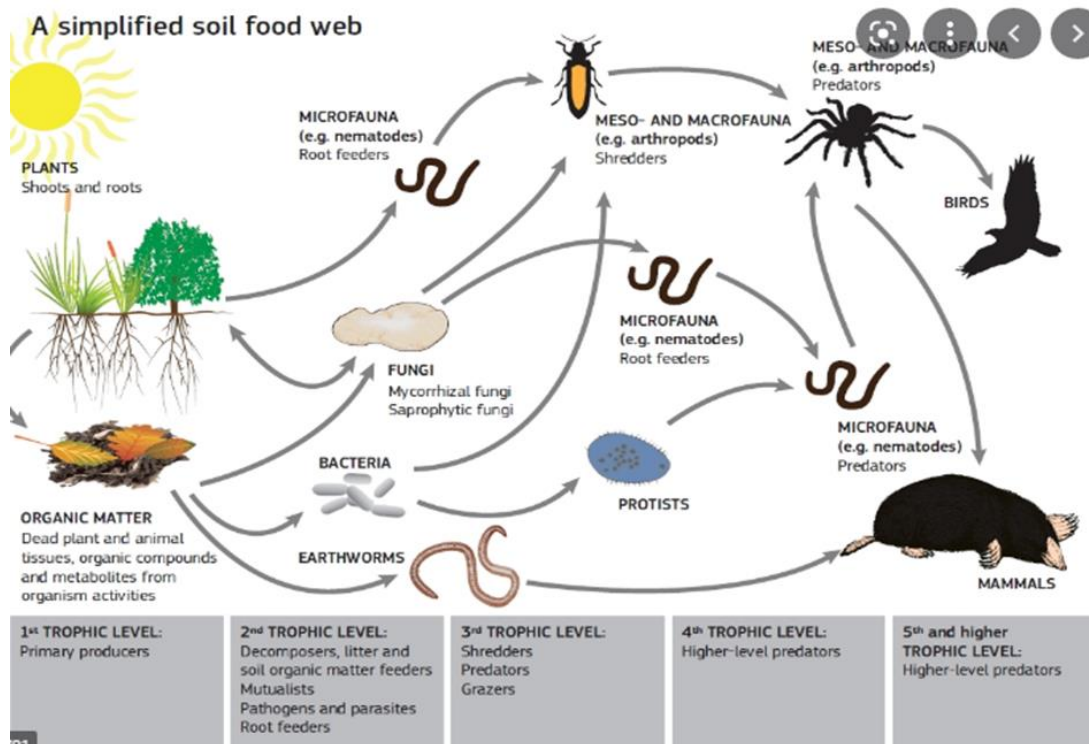
In deze paragraaf ligt de focus op de processen en samenhang van het voedselweb en de effecten van residuen van gewasbeschermingsmiddelen en andere chemische middelen hierop. Hierbij is aandacht voor mogelijke effecten op het bodemleven, mestfauna en bovengrondse fauna. Daarnaast is beschreven wat de residuen mogelijk direct en indirect kunnen betekenen voor weidevogels.



4.5.1 Effecten van residuen van gewasbeschermingsmiddelen op bodemorganismen

Effecten bodemvoedselweb

Binnen de bodem komen ontelbaar veel organismen voor: naar schatting leven onder één m² grond 2.100 tot 41.000 springstaarten en evenveel mijten, 2.000 tot 20.000 potwormen en daarnaast nog miljarden schimmels en protozoën (Deproost, 2014). Dit bodemleven vormt samen het bodemvoedselweb (Figuur 3).



Figuur 3. Een versimpelde weergave van het bodemvoedselweb. Bron: Faber et al. (2018; <https://weblog.wur.nl/natuur-biodiversiteit/levende-bodem-de-basis-voor-ons-leven/>)

Het ondergrondse en het bovengrondse voedselweb zijn nauw met elkaar verweven. Veel bovengrondse insecten bijvoorbeeld hebben een larvaal stadium in de bodem of eten bodemorganismen zoals springstaarten en mijten. Dit zorgt ervoor dat verschuivingen in het bodemvoedselweb ook in de bovengrondse voedselketens effect kunnen sorteren. Daarnaast heeft ieder van de organismen in de bodem een functie; een verschuiving van het bodemleven door de aanwezigheid van bijvoorbeeld fungiciden zal effect hebben op organismen hoger in de voedselketen die leven van schimmels. De aanwezigheid van gewasbeschermingsmiddelen (en andere chemische stoffen) in de bodem kan dus een effect hebben op verschillende groepen bodemorganismen en op de functie van het bodemvoedselweb. De consequenties hiervan zijn niet altijd één op één duidelijk. Wel is duidelijk dat residuen zowel directe als indirecte effecten kunnen hebben op verschillende delen van het voedselweb: een stof hoeft niet toxisch of lethaal te zijn voor een organisme om toch effect te sorteren op de populatie onder de grond en boven de grond (Sánchez-Bayo, 2021).

Mogelijke kennislacune: op grond van wetenschappelijke literatuur blijkt dat er verschuivingen in het bodemleven plaats kunnen vinden als gevolg van de aanwezigheid van chemische stoffen zoals residuen van gewasbeschermingsmiddelen. Effecten hiervan op de aanwezigheid van verschillende organismen zijn grotendeels onbekend, evenals de gevolgen voor het functioneren van het bodemvoedselweb en uiteindelijk het voedselaanbod voor weidevogels.

Meer inzicht in de effecten van residuen van chemische stoffen zoals gewasbeschermingsmiddelen op het bodemvoedselweb kan helpen beredeneren of er uiteindelijk effecten op insecten en ander bodemleven zijn.

Microbieel bodemleven

In de bodem spelen micro-organismen een belangrijke rol bij de afbraak en mineralisatie van organische stof, waardoor nutriënten in het systeem kunnen recycleren. Micro-organismen en evertebraten dragen bij aan die recycling, en hebben een belangrijke rol in het maken en onderhouden van een goede bodemstructuur.

In het proefschrift van Mombrikotb (2016) is beschreven hoe de bodemmicrobiologie, na een lange termijnexperiment waarin 25 jaar lang twee gewasbeschermingsmiddelen werden gebruikt, drastisch verandert ten opzichte van de controle waarin geen gewasbescherming was ingezet. Verandering van de bodemmicrobiologie heeft gevolgen voor de functie en de activiteit van het microbioom. Ook andere onderzoeken onderschrijven dit; in de review van Buneman et al. (2006) is een lange lijst met effecten van verschillende middelen op verschillende groepen micro-, meso- en macro-organismen van bodemleven zoals bacteriën, schimmels, nematoden, potwormen, springstaarten en regenwormen weergegeven. Beschreven effecten zijn onder andere: i) verschuiving in de gevonden soorten, ii) verschil in bodemademhaling en activiteit, iii) verschuiving in enzym productie en activiteit, iv) lethale effecten en v) effect op reproductie (Buneman et al. 2006).

Mesofauna: Springstaarten en mijten

Gewasbeschermingsmiddelen en andere chemische middelen hebben effect op verschillende groepen bodemmesofauna zoals springstaarten en mijten, in verschillende lagen van het voedselweb. De toepassing van insecticiden heeft bijvoorbeeld een sterk en direct effect op de springstaartenpopulatie in de bodem (Endlweber et al., 2005). Effecten kunnen ook indirect zijn: de aanwezigheid van fungiciden bleek een negatief effect te hebben op een subgroep uit de populatie springstaarten en mijten, namelijk de (herbo)fungivore grazende microarthropoden (Van Eekeren et al., 2022). Ook zijn er effecten van residuen op de reproductie aangetoond; de aanwezigheid van residuen van DDT in de bodem zorgde voor voornamelijk asexuele voortplanting bij microarthropoden (Siepel, 1995). Directe effecten van gewasbeschermingsmiddelen werden ook gevonden.

Macrofauna/Regenwormen

Afhankelijk van het type en de dosis van het gewasbeschermingsmiddel, het veterinaire middel of de biocide kunnen residuen verschillende effecten hebben op regenwormen. Dit kunnen ook positieve effecten zijn. Gilbert et al. (2019) vonden positieve effecten van Deltamethrin- en Triclabendazole-behandelingen van koeien op regenwormen in mestflatten. Omdat er door deze middelen minder kevers en vliegen voorkwamen, is een mogelijke verklaring dat er mogelijk minder voedselconcurrentie voor regenwormen was opgetreden. Veel vaker worden er negatieve effecten gerapporteerd. Een voorbeeld hiervan zijn insecticiden die inwerken op het zenuwstelsel zoals Neonicotinoiden. Deze werken op eenzelfde wijze in regenwormen. Door de persistentie van de insecticiden is ook de kans op blootstelling of ingestie door de regenworm groot. Naast lethale effecten van pesticiden zijn er ook effecten op het gedrag (o.a. minder of oppervlakkiger graven) en de reproductie waargenomen (Pisa et al, 2015).

Andere effecten zijn dat gebonden residuen in de bodem door regenwormen weer kunnen worden vrijgemaakt. In een studie van Fuhreman en Lichtenstein (1978) werden verschillende bestrijdingsmiddelen die gebonden waren aan bodemdeeltjes in de worm terug gevonden. Het 'vrijmaken' van bodem gebonden residuen zorgde ook voor accumulatie van insecticiden in het lichaam van de worm, wat mogelijk gevolgen kan hebben voor organismen hoger in de voedselketen.

Mogelijke kennislacune: er is op basis van wetenschappelijke literatuur een relatief beperkt inzicht in effecten van verschillende concentraties aan residuen op de aanwezigheid van bodem micro-, meso- en macrofauna nabij uitgereden drijfmest en mestflatten, op zowel een kortere als langere termijn. Wat zijn bijvoorbeeld zijdelingse effecten van fungiciden en biociden op het bodemvoedselweb? In hoeverre zal er een relevante verschuiving optreden, en is de verschuiving tijdelijk of van langere termijn?

4.5.2 Effecten residuen in mest en bodem op bovengrondse fauna

Belang van mest(toediening) voor bovengrondse fauna

Zowel drijfmest als weidemestflatten trekken direct diverse insecten en organismen aan, die de mest als voedingsbron gebruiken. Het is onduidelijk of de overlevingskansen van insecten even groot zijn in mest die met een zodebemester of sleepvoetbemester aangebracht is, of in mestflatten. Mest aangebracht in sleuven zal immers mogelijk sneller opdrogen dan in weidemest wat de overlevingskansen van larven mogelijk vermindert.

Mogelijke kennislacune: kunnen vliegen en mestkevers gebruik maken van de drijfmest die machinaal op het land aangebracht wordt, door het te gebruiken als broedplaats, of zal de mest sneller verdwijnen dan weidemestflatten en daardoor minder insecten leveren?

Inzicht in het gebruik van drijfmestsleuven als mogelijke broedplaats voor insecten, geeft aan in hoeverre de beoordeling van residuconcentraties in onverdunde drijfmest van belang is voor een risicobeoordeling voor mestfauna.

Inzicht in het gebruik van drijfmestsleuven als mogelijke broedplaats voor insecten, geeft aan in hoeverre de beoordeling van residuconcentraties in onverdunde drijfmest van belang is voor een risicobeoordeling voor mestfauna.

Faeces versus urine-plekken bij weidegang

Een verschil tussen mechanisch mest aanbrengen en beweiding, is het apart uitscheiden van faeces en urine op de grond bij beweiding. Waar er redelijk wat onderzoek gedaan is naar insecticiden in faeces en effecten hiervan op bijvoorbeeld de overlevingskansen van kevers (zie verderop in deze paragraaf), is er naar concentraties aan insecticiden in urine beperkt onderzoek gedaan, terwijl urine juist makkelijker door de bodem verspreid wordt dan faeces. Theoretisch zou dit een groter oppervlak kunnen treffen. Er is al wel aangetoond dat urine residuen van insecticiden kan bevatten, en urine sneller door de bodem zal verspreiden; zo kunnen aanwezige residuen in *urine* theoretisch eerder een direct effect hebben op bodemorganismen dan residuen aanwezig in *mestflatten*, die eerst de mestfauna zullen treffen. Eventuele consequenties hiervan zijn onbekend.

Het lijkt voor de hand te liggen om ervan uit te gaan dat gewasbeschermingsmiddelen (en andere chemische middelen) in weidemestflatten in eerste instantie geen effecten hebben op organismen die niet direct afhankelijk zijn van de mestflatten voor voeding. Echter, de van mest afhankelijke organismen zullen de residuen verder verspreiden. Zelfs wanneer de mestorganismen zouden sterven als gevolg van te hoge concentraties aan pesticiden, dan zijn er weer andere organismen verantwoordelijk voor de verdere verspreiding. Uiteindelijk zullen residuen in mestflatten dus verder verspreid worden in de bodem, waarbij de concentratie na verloop van tijd zal verminderen als gevolg van deze verspreiding. Voor zover bekend zijn dit type effecten niet gekwantificeerd.

Mogelijke kennislacune: in de literatuur zijn geen kwantitatieve effecten bekend van aanwezigheid van residuen van gewasbeschermingsmiddelen in mestflatten, onder urineplekken en rond drijfmestsleuven op de aanwezigheid en overlevingskansen van kevers, vliegen, regenwormen en ander bodemleven in de nabije omgeving. Vraag is wat de verschillen zijn tussen deze drie typen (mestflat, urineplek, drijfmest) in verspreiding en daarmee samenhangende effecten.

Meer inzicht in de verspreiding van de verschillende types mest kan helpen bij de beoordeling van de risico's van de aanwezige residuen in faeces, urine en drijfmest.

Mogelijke residu effecten van veterinaire middelen op vliegen en kevers

Veel veterinaire middelen tegen ectoparasieten (vliegen, horzels, teken, etc.) en/of endoparasieten (maagdarm- en longwormen), zoals macrocyclische lactonen (Ivermectine, Eprinomectine) en pyrethroïden (Deltamethrine, Cypermethrine), die via de huid of oraal door het dier opgenomen worden, worden uiteindelijk grotendeels onveranderd in de mest uitgescheiden (Tixier et al. 2016). Ze kunnen dan zelfs in lage concentraties (onder de detectiegrens) een sterk negatief effect op de aanwezigheid van vliegen en kevers in mestflatten hebben (Wardaugh et al., 1998; Floate et al., 2015) en milieurisico's veroorzaken (Stowa, 2019). Het gebruik van deze middelen kan dan ook tot concentraties in de mest leiden waarbij de voortplanting van mestfauna sterk verminderd wordt of de mestfauna niet overleeft. De verwachting is dat middelen die als veterinair middel (oraal dan wel via de huid) opgenomen worden, op dezelfde manier reageren als ditzelfde middel dat gebonden is aan krachtvoergrondstoffen. Of dit werkelijk zo is en of de hoeveelheid van de middelen die via het krachtvoerspoor in de mest terecht komt, hoog genoeg is om effect op de overleving van insecten te sorteren, zou middels metingen en empirisch onderzoek getest moeten worden.

Mogelijke kennislacune: uit de wetenschappelijke literatuur blijkt dat veel chemische stoffen uit diergeneesmiddelen vrijwel volledig en onveranderd in de mest terecht komen. Dit geldt zowel voor orale middelen als voor pour-on middelen.

Wordt een middel dat via krachtvoer door het dier opgenomen wordt (relatief constante toediening) in gelijke mate uitgescheiden als veterinaire middelen (piekbelasting)? En zijn de concentraties dan hoog genoeg om effecten op overleving van insecten te sorteren?

Op basis van de beperkte gegevens die bij ons bekend zijn over middelen in de mest, zijn in paragraaf 4.3.1 de meest voorkomende middelen al aangegeven. In mest werden insecticiden (+ synergist), fungiciden, herbiciden en een avicide aangetroffen. In de voorgaande paragraaf is al aangegeven dat er effecten van bijvoorbeeld fungiciden in de

bodem op het bodemvoedselweb op kunnen treden. Omdat er tot dusver weinig bekend is over de effecten van fungiciden en herbiciden op mestfauna, én omdat van verschillende insecticiden bekend is dat deze grotendeels in de mest terecht kunnen komen en waarschijnlijk ook het meeste effect op mestfauna zullen sorteren, hebben we ons in deze paragraaf verder gericht op de in de mest voorkomende insecticiden. Dit waren Cypermethrin, Deltamethrin, Permethrin, Cyromazine en Spirodiclofen, waarbij de laatste twee ieder maar één keer aangetroffen zijn (in het onderzoek van Buijs en Samwel-Mantingh, 2019), maar beide wel in vrij hoge concentraties. Alleen Cypermethrin en Permethrin waren zowel aangetroffen in het onderzoek van Buijs en Samwel-Mantingh (2019) als in dat van Bruinenberg et al. (manuscript in voorbereiding) In de uitgevoerde analyses is niet onderzocht op avermectinen (Ivermectine), dus daar wordt slechts zeer zijdelings op ingegaan.

In onderzoek van Gilbert et al (2019) werden kunstmatige mestflatten neergelegd afkomstig van koeien behandeld met pyrethroïde (Deltamethrin), Triclabendazole, koperbolus of een controlegroep. De aantrekkingskracht voor arthropoden was gelijk tussen de verschillende behandelingen, maar na vier weken waren er significant minder larven zichtbaar in de pyrethroïden en Triclabendazole behandelingen ten opzichte van de andere behandelingen. Dit effect was sterker voor de dipteralarven (o.a. vliegenlarven). Het sterkste effect werd waargenomen voor de mest die zowel Triclabendazole als pyrethroïden bevatte, met gemiddeld 86% minder vliegenlarven (Gilbert et al., 2019). Verwacht wordt dat de verschillen in aantallen larven veroorzaakt zijn door verminderde ontwikkeling en overleving van de larven. Het onderzoek van Gilbert et al (2019) betreft veterinaire toediening, dus geen indirecte toediening via het voer. In hoeverre concentraties in de mest vergelijkbaar kunnen zijn is afhankelijk van eventuele concentraties in het (kracht)voer en van het moment en dosis van veterinaire toediening.

Er is meer onderzoek gedaan naar het effect van Deltamethrin en andere pyrethroïden: het effect van pyrethroïden in de mest op de aanwezigheid, het overleven en de reproductie van kevers kan desastreus zijn - afhankelijk van de concentraties (Wardhaugh et al, 1998; Virlouv et al., 2006; Vale en Grant, 2002). Vale et al. (2004) vonden een LC50 voor kevers en muscoïde (vliegen) larven van gemiddeld 0,04 voor Deltamethrin pour-on, 0,25 voor Deltamethrin dip, 0,22 voor Alphacypermethrin pour-on, 0,10 voor Cyfluthrin pour-on, 0,23 voor Cypermethrin dip en 0,63 voor Flumethrin dip (alle in mg/kg in het verse product). Volwassen vliegen werden pas gedood bij 10 mg/kg Deltamethrin concentraties. De aangehaalde studie gaat met name over het sterfte van vliegen en kevers. Voordat de concentratie zo hoog is dat vliegen en kevers sterven, is er mogelijk al een effect op motoriek, voorplanting en ontwikkeling: vliegenlarven die blootstelling aan verschillende pyrethroïden overleefden, bleken in volwassen stadium kleiner te blijven dan larven die niet aan de pyrethroïden blootgesteld waren (Sommer et al., 2001). Bovendien worden er minder eieren per keer gelegd en komt er een lager percentage eieren uit bij vliegen die

blootgesteld zijn aan Deltamethrin (Mann et al., 2015). Bij kevers is aangetoond dat van juvenielen die een blootstelling aan Deltamethrin overleefden tot een volwassen stadium, de ontwikkelingsduur significant langer was dan bij de juvenielen die hier niet aan blootgesteld waren (Wardhaugh et al., 1998). Dit soort effecten maakt het duidelijk dat er niet-lethale doses ook - niet direct zichtbare - effecten op de insectenstand op kunnen treden. Reproductie kan hierdoor afnemen, met effecten voor de insectenstand tot gevolg. Bovendien worden insecten door eventuele motorische stoornissen kwetsbaarder (zoals bijvoorbeeld aangetoond voor Ivermectine bij kevers (Verdu et al., 2015) en zullen eerder opgegeten worden, waardoor er meer accumulatie van residuen hoger in de voedselketen plaats zal vinden.

Bij de wetenschappelijke beoordeling van Deltanil is aangegeven dat het effect een aantal weken kan aanhouden en dat Deltamethrin een negatief effect heeft op insectenpopulaties in mest. Hier werd vervolgens geen verder onderzoek meer naar gedaan, mogelijk omdat er geen richtlijnen voor zijn. De aanwezigheid van risico's wordt inmiddels wel genoemd in RMM's (risicobeperkende maatregelen); zo is er bijvoorbeeld een advies over de frequentie van herhaalbehandelingen en in relatie tot de duur van de afscheiding van Deltamethrin. Het opstellen van richtlijnen omtrent het gebruik van insectenwerende middelen zou wenselijk zijn om bewustwording bij het gebruik van deze middelen te verhogen.

Mogelijke kennislacune: in wetenschappelijke literatuur zijn negatieve effecten beschreven van het gebruik van specifieke veterinaire middelen bij koeien op de aanwezigheid van mestfauna in mestflatten. Het is onbekend of de concentraties die in mest op de Nederlandse melkveehouderij aanwezig kunnen zijn, soortgelijke effecten kunnen sorteren. Bovendien is er beperkt inzicht in de effecten van sub-lethale doses aan insecticiden en andere gewasbeschermingsmiddelen op de motoriek, voortplanting, ontwikkeling van eieren en larven en andere aspecten van mestfauna en bodemfauna.

Meer inzicht in de mogelijke effecten van verschillende soorten residuen van gewasbeschermingsmiddelen *aanwezig in mest* op insecten kan helpen beredeneren wat voor consequenties het gebruik van middelen voor de Nederlandse mestfauna heeft.

4.5.3 Mogelijke effecten residuen op weidevogels

In Nederland zijn er 14 verschillende vogelsoorten die onder de weidevogels vallen, waarvan de belangrijkste en bekendste de kievit, grutto, tureluur en scholekster zijn (Verstrael, 1987) (Tabel 9). Onderzoek laat zien dat de beschikbaarheid van insecten met name van belang is voor de overlevingskans van kuikens. Kuikens van de genoemde soorten wegen wanneer ze uitkomen tussen de 10 en 38 gram en bij het uitvliegen, 25-40 dagen later, 70-250 gram.

Tabel 9. Kenmerken weidevogelkuikens, gebaseerd op Schekkerman, 1997 en Beintema et al. 1991.

	Gewicht na uitkomen	Tijd tot uitvliegen (dagen)	Gewicht bij uitvliegen	Opname (#dierpjes/dag)	Belangrijke type prooien
Kievit	10-23 g	35-40	115-185 g	800-5000	Loopkevers, mestkevers, vliegenlarven
Grutto	19-38 g	30-35	140-250 g	2000-9000	Vliegenlarven, vliegen, kevers
Scholekster	31 g	34	250-320 g	Gezien de groei: vergelijkbaar met of iets hoger dan grutto	Emelten, regenwormen, kevers
Tureluur	10-24 g	25	70-99 g	Gezien de groei: vergelijkbaar met kievit	Kevers, muggen

Effecten van voedselbeschikbaarheid voor weidevogel(kuiken)s

De vogeldichtheid is gecorreleerd aan de aanwezigheid van insecten (Benton et al., 2002); een vermindering van vliegende en bodeminsecten, als gevolg van intensivering, weer en klimaatverandering en een eventuele *blootstelling aan residuen van gewasbeschermingsmiddelen in de bodem en mest* (Ewald et al., 2015), zal dan waarschijnlijk ook een effect hebben op de aanwezigheid van vogels.

Kievitkuikens verzamelen vooral ongewervelden die op of vlak boven de bodem leven, zoals loopkevers (Beintema et al., 1991). Bovendien graven kievitkuikens in mestvlaaien naar mestkevers en larven van wapenvliegen, of eten ze wormen van het bodemoppervlak. Gruttokuikens zijn veel actiever in hun gedrag: zij jagen op insecten die zich hoger in de vegetatie bevinden (Beintema et al., 1991). Ze eten dan ook bijvoorbeeld meer vliegende insecten. De tureluur zit qua foerageergedrag tussen de kievit en de grutto in en eet kevers, muggen, wapenvliegen, etc. De scholekster wordt als enige van deze groep door de ouders gevoerd, en heeft daardoor beschikking over de ondergrondse fauna, zoals emelten en regenwormen (Beintema et al., 1991).

Mogelijke kennislacune: uit de wetenschappelijke literatuur blijkt dat verschillende weidevogels verschillende voedingspatronen hebben, maar allemaal deels afhankelijk zijn van insecten en/of bodemleven als voedselbron. Weidevogelkuikens hebben grote hoeveelheden prooien per dag nodig. Onvoldoende *beschikbaarheid* van deze prooien betekent een verminderd voedselaanbod. Vraag is in hoeverre kuikens direct en indirect afhankelijk zijn van mestfauna om te foerageren, of er alternatieven zijn en welke dat zijn. Meer inzicht in het foerageergedrag van weidevogelkuikens kan helpen beredeneren welk effect een verminderde insectenpopulatie uiteindelijk kan hebben op de weidevogelstand.

Daarnaast is meer inzicht nodig in de oorzaken van de wereldwijde en Nederlandse afname van insecten om in te kunnen schatten wat de mogelijke rol van residuen in mest op de beschikbaarheid van insecten en andere prooien voor weidevogels is.

Het kievitskuiken gaat dus actief op zoek naar insecten in mestflatten. Een vermindering van insecten in deze broedplaatsen als gevolg van concentratie van gewasbeschermingsmiddelen (en andere chemische middelen) heeft daarmee direct effect op de voedselbeschikbaarheid voor kievitskuikens. Echter, de kuikens foerageren ook op andere plekken op het bodemoppervlak, waar effecten mogelijk meer indirect zijn.

Voor de grutto, scholekster en tureluur, die niet direct in de mestflatten lijken te foerageren, lijken er daarom weinig directe effecten van vermindering van voedselaanbod in mestflatten te verwachten, maar er zullen wel indirecte effecten optreden door middel van insecten die zich vanuit de mestflatten verspreiden. Bovendien verzamelen en vermenigvuldigen strooiselbewonende (rode) regenwormen zich onder de vochtige omgeving van de flatten, waardoor er ook verspreiding van mestflatten naar de bodem op zal treden. Ook de verspreiding van residuen in urine en drijfmest naar de bodem blijft relevant. Zowel residuen in drijfmest als in urine zullen op korte termijn mogelijk sneller verspreid worden dan de residuen in mestflatten. Dit zou weidevogels daardoor breder kunnen treffen: lagere gehalten in de bodem, dus mogelijk een minder sterk effect, maar de verspreidingsgraad zal hoger zijn, dus een groter eventueel verontreinigd oppervlak.

Mogelijke effecten van residu concentraties op voedsel voor weidevogel(kuiken)s

Vliegen tolereren hogere gehalten aan het insecticide Deltamethrin (Vale et al., 2004) dan kevers. Dit betekent dat vliegen in elk geval meer Deltamethrin opnemen en dit nog overleven. Naar verwachting zullen er zich dan middelen in het insectenlichaam bevinden en mogelijk accumuleren in organen. Hierover is bij ons tot dusver nog geen informatie bekend. In regenwormen is er accumulatie van middelen aangetoond (Fuhreman en Lichtenstein, 1978). De consequentie van de hoge opname door weidevogels van insecten en andere invertebraten (tot duizenden per dag), is dat ze mogelijk in totaliteit ook hoge hoeveelheden residuen opnemen.

Mogelijke kennislacune: Wat zijn mogelijk te verwachten *hoeveelheden* van residuen welke kunnen accumuleren in de verschillende prooidieren, op de voedselbeschikbaarheid van weidevogels?

Meer inzicht in de mogelijke accumulatie van chemische stoffen in insecten kan helpen beredeneren of deze stoffen ook accumuleren in weidevogels en daar effecten kunnen sorteren, bijvoorbeeld door effecten op vruchtbaarheid of gezondheid.

Mogelijke effecten van residu opnames door weidevogel(kuiken)s

Hoewel het buiten de vraagstelling van dit onderzoek viel, kan het van belang zijn te kijken naar de opname van residuen op weidevogels en de mogelijke effecten daarvan op o.a. de populatieomvang. Dit inzicht kan bijdragen aan het maken van een inschatting van de mogelijke effecten van residuen aanwezig in mest op de voedselbeschikbaarheid van

weidevogels. Ook kan onderzoek naar residu concentraties in weidevogel(kuiken)s helpen inzicht te krijgen in of deze in het voedsel aanwezig zijn.

In een recent onderzoek naar de aanwezigheid van residuen in grutto's en eieren van grutto's werden, behalve DDT en in een enkel geval DEET, vrijwel geen chemische middelen aangetroffen (Lommen et al., 2021). In dit onderzoek werd echter de hele vogel en het hele ei gebruikt om analyses van chemische middelen op uit te voeren. Mogelijk zou een analyse van gevoelige organen, zoals de lever, andere resultaten opgeleverd hebben. Andere mogelijke verklaringen voor het (bijna) niet vinden van chemische middelen in grutto's en eieren waren mogelijk dat er geen of heel beperkte accumulatie plaatsvindt, en/of dat de fauna waarop de vogels foerageren juist de fauna is die minder residuen bevat (want het is de overlevende fauna).

Naast fauna levende in en op de bodem die vogels gebruiken om te foerageren, zijn er ook andere mogelijke routes denkbaar waarop vogels residuen van chemische middelen binnen kunnen krijgen. Een voorbeeld hiervan is het aantreffen van Fipronil, waarschijnlijk afkomstig van vlooiënbestrijding bij kleine huisdieren, in de haren die gebruikt zijn als nestmateriaal van koolmeesjes (Guldmond et al., 2019). Hoge gehalten aan Fipronil zouden effect kunnen hebben op de overleving van de vogels.

Effecten van residuen in (kracht)voer van vee op weidevogel(kuiken)s

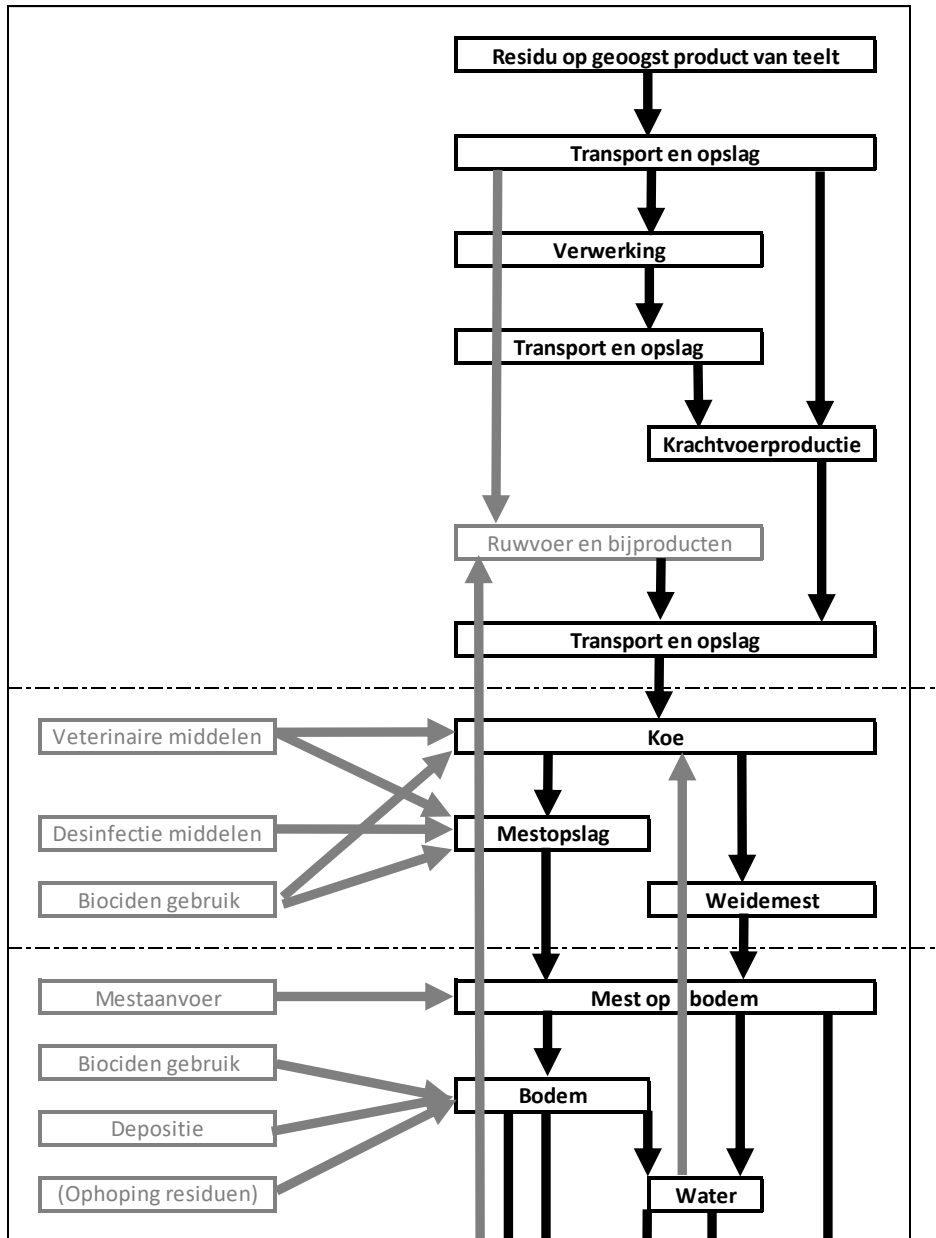
In de voorgaande paragrafen is getracht inzicht te geven in het vóórkomen van residuen van gewasbeschermingsmiddelen (en andere chemische middelen) op verschillende plaatsen in de route van voer, vee, mest, bodem, bodem-, mest- en bovengrondse fauna en in weidevogels. Naast de directe route, wordt er in de volgende paragraaf nog kort aandacht besteed aan alternatieve aanvoerroutes (paragraaf 4.6).

Gebleken is dat het spoor van residuen via voer, mest en bodem op dit moment maar deels te traceren is. Het is duidelijk dat er residuen van gewasbeschermingsmiddelen in de mest terecht komen, én dat hoge concentraties van verschillende chemische middelen in de mest effecten op (aanwezigheid en overleven van) insecten kunnen sorteren. Er is weinig onderzoek bekend waarin middelen in de mest in een brede monitoring gemeten zijn. Vervolgens is de herkomst van deze middelen ook niet altijd vast te stellen. De effecten van aanwezigheid van residuen in het voer op het voorkomen en de overlevingskansen van weidevogel(kuiken)s kunnen daarom zonder invulling van deze kennislacunes (nog) niet eenduidig vastgesteld worden.

Mogelijke kennislacune: Uit de verschillende onderdelen van de residu-route van gewasbeschermingsmiddelen kan vastgesteld worden dat er wel residuen in het voer en mest terecht kunnen komen. Daarnaast komen er ook residuen van biociden en veterinaire middelen in de mest terecht. Hoge gehalten aan residuen in de mest kunnen een effect op het overleven van mestfauna sorteren, ook al is deze route maar deels te traceren. Meer inzicht in de herkomst van chemische middelen in de mest en de concentraties van de middelen in de mest, is noodzakelijk om meer duidende uitspraken te kunnen doen over de effecten van residuen van gewasbeschermingsmiddelen in krachtvoer op insecten en andere fauna die dienen als voedsel voor weidevogels.

4.6 Overige mogelijke aanvoerroutes

Er zijn diverse alternatieve aanvoerroutes van biociden denkbaar op een melkveebedrijf. Hieronder zijn ze kort genoemd, aangezien de focus van dit onderzoek niet ligt op het in kaart brengen van alternatieve aanvoerroutes van biociden op een melkveebedrijf. Een deel van deze alternatieve aanvoerroutes is in de vorige paragrafen ook reeds beknopt besproken. De mogelijke alternatieve aanvoerroutes zijn met grijze pijlen tekstblokken weergegeven in het schema.



Mogelijke alternatieve aanvoerroutes zijn:

- Aanvoer van residuen via aangekocht ruwvoerders, natte voeders, stro of andere soorten biomassa.
- Een opname van reeds aanwezige residuen in de bodem waarop het ruwvoer voor het melkveebedrijf wordt geteeld, waardoor het via de koe, mest en bodem (theoretisch) kan circuleren op een melkveebedrijf;
- Residuen welke aanwezig zijn in slootwater en grondwater, al dan niet afkomstig via het krachtvoerspoor op een melkveebedrijf, welke worden gebruikt als drinkwater voor koeien. Ook via deze weg kunnen residuen via de koe, mest en bodem (theoretisch) circuleren op een melkveebedrijf;

- Veterinaire middelen voor zowel landbouwhuisdieren als ook voor honden en katten;
- Biociden welke direct toegepast op het erf en in de stal, bijvoorbeeld voor bestrijding van ratten of geleedpotigen;
- Biociden welke worden toegepast op het land, bijvoorbeeld in de teelt van mais of om (on)kruiddruk in grasland te beheersen;
- Biociden afkomstig van particulier gebruik op of in de buurt van een melkveebedrijf;
- Desinfectiemiddelen, veelal toegepast in de (melk)stal;
- Depositie uit omliggende landbouw (drift), bijvoorbeeld afkomstig van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen voor akkerbouwmatige teelten in de omgeving van het melkveebedrijf;
- Depositie uit verkeer; In verschillende auto onderdelen worden bijvoorbeeld biociden toegepast⁹ en ook kunnen er residuen vrijkomen bij de verbranding van fossiele brandstoffen¹⁰ (Van Eekeren et al., 2022);
- Aanvoer van residuen via de eventuele aanvoer van mest afkomstig van andere dierhouderijen, zoals rundvee-, varkens- en / of pluimveemest.
- (Historische ophoping); hoewel dit niet direct een aanvoerroute is, kunnen in het verleden gebruikte biociden zijn achtergebleven in de bodem. Deze komen bij een bodemanalyse dan mogelijk in beeld.

Mogelijke kennislacune: Naast gewasbeschermingsmiddelen via krachtvoer en andere voeders, zijn er meerdere alternatieve aanvoerroutes van biociden en residuen van chemische middelen op een melkveebedrijf (en naar de mest) denkbaar. Deze routes zijn grotendeels nog niet in kaart gebracht, waardoor het belang van deze routes moeilijk is in te schatten. Daarnaast ligt het voor de hand dat deze routes verschillen per bedrijf en situatie, bijvoorbeeld afhankelijk van de ligging (welke teelten zijn er rondom het bedrijf, zijn er veel wegen in de buurt, wat voor soorten aanvoerposten zijn er op een bedrijf, etc.) en of er bijvoorbeeld bestrijding met biociden plaatsvindt op een bedrijf tegen vliegen, luizen of vlooiën of tegen bijvoorbeeld ratten. Meer inzicht in de alternatieve routes kan helpen duiden hoe groot de bijdrage van residuen van gewasbeschermingsmiddelen kan zijn op effect richting mest- en bodemleven, prooien voor weidevogels en uiteindelijk de weidevogelpopulatie.

Aanvullende opmerkingen

Wanneer er voldoende inzicht is in de route van residuen uit verschillende bronnen, en de insleep van residuen van gewasbeschermingsmiddelen via de mest voldoende geduid kan

⁹ https://www.kennisnetwerkbiociden.nl/nieuwsbrief/nieuwsbrief_8_juni_2017/auto-industrie-worstelt-met-niet-te-delen-biocidetoepassingen

¹⁰ Montfort en Smit, 2020. [Memo duiding M=W 17 juli 2020 \(rivm.nl\)](#)

worden, zijn er ook nog andere aspecten omtrent beoordelingen van risico's in de melkveehouderij die van belang zouden kunnen zijn. Voorbeelden hiervan zijn het op voldoende accurate wijze kunnen bepalen van residuen in o.a. voer, mest en bodem, het beoordelen van mogelijke effecten van combinaties van stoffen op het insecten en bodemleven, het kiezen van de juiste testorganismen om effecten van verschillende gewasbeschermingsmiddelen te duiden en het uitvoeren van empirisch onderzoek om ecologische risico's van gewasbeschermingsmiddelen, maar ook van veterinaire middelen en biociden, te kunnen duiden. In Bijlage 3 is kort ingegaan op een deel van deze aspecten. Deze vielen echter buiten de scope van deze studie.

5 Samenvatting, conclusies en aanbevelingen

In dit rapport heeft het Louis Bolk Instituut op verzoek van het ministerie van LNV getracht een zo breed mogelijk overzicht te geven van wetenschappelijk gefundeerde kennis over de verspreidingsroute van (residuen van) gewasbeschermingsmiddelen in krachtvoer naar mest en mogelijk bodem en de effecten hiervan op insecten en de voedselbeschikbaarheid voor weidevogels. De belangrijkste vragen hierbij waren:

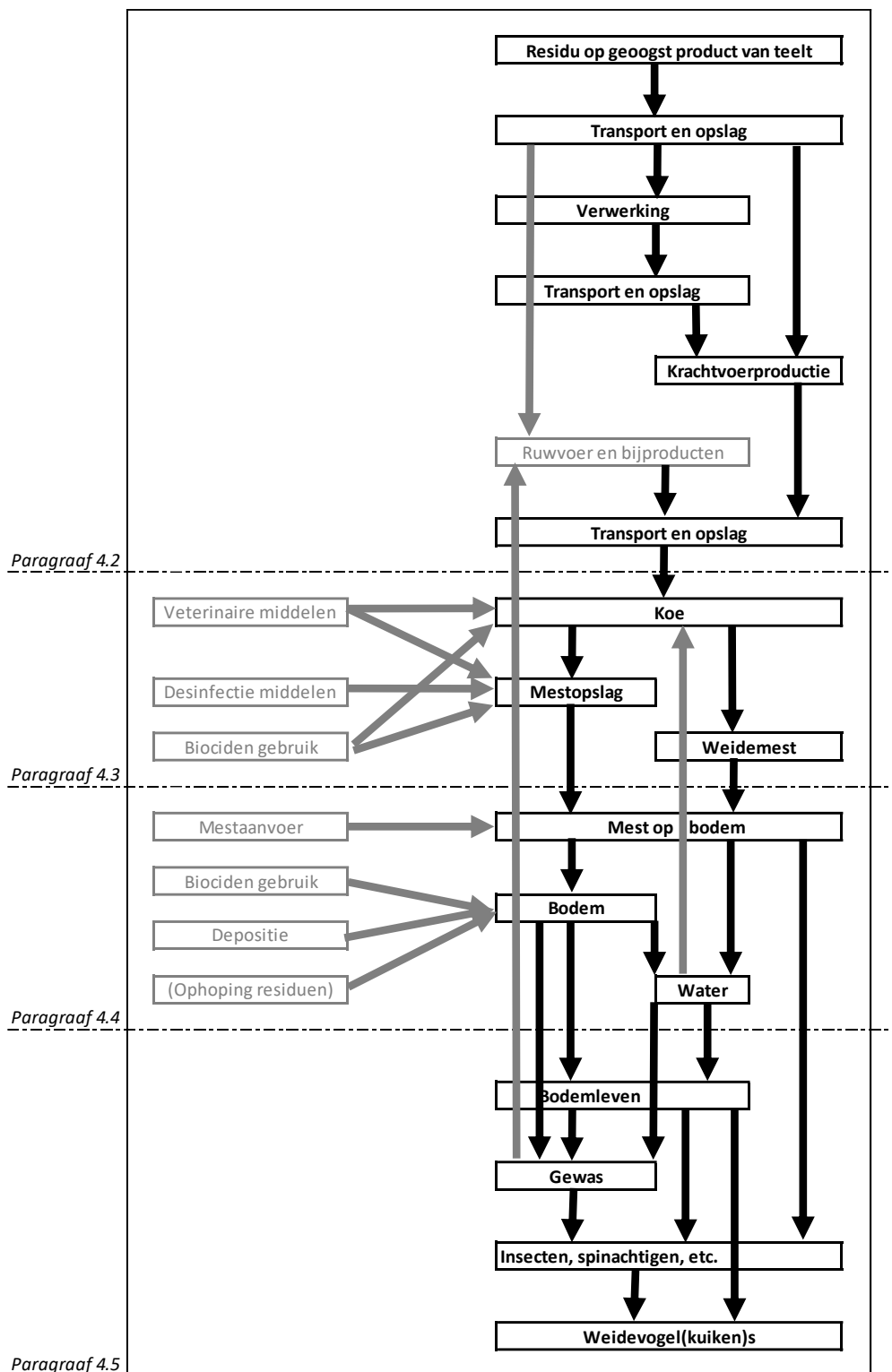
1. Wat is er op basis van de wetenschappelijke literatuur bekend over:
 - a. De verspreidingsroutes van residuen van gewasbeschermingsmiddelen in krachtvoer naar mest en mogelijk de bodem;
 - b. De effecten van deze residuen op insecten (zoals mestkevers in koeienvlaaien);
 - c. De gevolgen van deze effecten voor het voedselaanbod van weidevogels
2. Wat zijn – gezien de antwoorden op vraag 1 – mogelijke kennislacunes voor wat betreft:
 - a. De verspreidingsroutes van residuen van gewasbeschermingsmiddelen in krachtvoer naar mest en bodem
 - b. De effecten op insecten als voedsel voor weidevogels

Deze verkenning is gedaan via literatuuronderzoek en via expertconsultatie. Tijdens het onderzoek is er een afbakening toegepast:

- Omdat in de vraagstelling specifiek weidevogels genoemd worden, die vooral voorkomen op graslanden van melkveebedrijven, lag de focus van het onderzoek op melkveebedrijven.
- In de vraagstelling wordt gesproken over insecten als voedsel voor weidevogels. Omdat ook andere fauna, zoals regenwormen en spinnen van belang zijn als voedselbron voor weidevogels, is hier ook naar gekeken in het onderzoek.
- De nadruk lag op residuen in krachtvoer, maar er is ook – relatief beknopt – gekeken naar diergeneesmiddelen en anti-parasitaire middelen, en mogelijke andere aanvoerroutes van residuen op een melkveebedrijf.
- Het was niet mogelijk onderscheid te maken tussen middelen gebruikt als conserveringsmiddel of als gewasbeschermingsmiddel (als ze voor beide doelen ingezet kunnen worden).
- Er worden cases als voorbeeld gegeven met betrekking tot de concentraties van gewasbeschermingsmiddelen en andere chemische middelen in voer en mest, waarbij aangegeven wordt wat de mogelijke gevolgen kunnen zijn. Er worden geen uitspraken gedaan over de werkelijke schades.

De mogelijke route van residuen in krachtvoer via dier en mest naar bodem, insecten/bodemleven en weidevogels is weergegeven in Figuur 1. Tijdens het onderzoek zijn er verschillende mogelijke kennislacunes geïdentificeerd, die per onderdeel beschreven zijn.

Een samenvatting hiervan is weergegeven in Bijlage 4. Een korte samenvatting van de geïdentificeerde kennislacunes is weergegeven in Tabel 10 onderaan dit hoofdstuk.



Figuur 4. De mogelijke verspreidingsroutes van residuen uit gewasbeschermingsmiddelen via het krachtvoer door het melkveebedrijf (zwarte pijlen en tekstblokken)). Ook mogelijke andere verspreidingsroutes van residuen van (niet-)gewasbeschermingsmiddelen zijn weergegeven (grijze pijlen en tekstblokken)). Dit schema is tot stand gekomen naar aanleiding van literatuuronderzoek, expertconsultatie en expert judgement.

Residuen van gewasbeschermingsmiddelen en andere bronnen

Deze route is opgedeeld in vier onderdelen: i. aanvoer van residuen via krachtvoer op een melkveebedrijf; ii. de opname via krachtvoer, processen in het dier en uitscheiding in de mest; iii. de verdeling van residuen via mest en urine op de bodem; en iv. de opname van residuen in mest en bodem door fauna in en om de mest en bodem en het bodemleven, en uiteindelijke voedselbeschikbaarheid voor weidevogels.

Bij de interpretatie van de route en lacunes is het goed om te realiseren dat de instroom van residuen in de route verderop binnen een melkveebedrijf steeds gecompliceerder wordt doordat het vrijwel onmogelijk is residu bronnen van elkaar te scheiden. Het eerste onderdeel van de route is vrij eenduidig: eventuele residuen van gewasbeschermingsmiddelen gebruikt tijdens de teelt van het product komen in het krachtvoer terecht. In onderdeel twee kunnen er ook geneesmiddelen of andere voeders gebruikt worden door het dier, waarvan ook residuen van uitgescheiden kunnen worden in de mest. Bovendien worden er op het melkveehouderijbedrijf ook biociden of desinfectiemiddelen gebruikt. In het derde onderdeel komen daar bovendien weer andere chemische stoffen bij, bijvoorbeeld door depositie of ophoping residuen uit eerder gebruik.

Onderdeel i) aanvoer van residuen via krachtvoer

De belangrijkste mogelijke kennislacune in dit onderdeel is dat het op basis van de (wetenschappelijke en grijze) literatuur niet duidelijk is **welke residuen en hoeveel residuen van gewasbeschermingsmiddelen er precies in het al dan niet geïmporteerde krachtvoer aanwezig zijn**. De residuen in grondstoffen en krachtvoerders worden regelmatig door mengvoerbedrijven gemeten, maar een overzicht hiervan is niet eenvoudig toegankelijk, waardoor ook de insleep van residuen van gewasbeschermingsmiddelen op melkbedrijven via voeders niet inzichtelijk is. Het openbaar maken van overzichten zou hierbij helpen. Een andere mogelijkheid om inzicht in residugehalten in krachtvoerders te krijgen, is het uitvoeren van een uitgebreide monitoring, die eventueel ook regelmatig herhaald wordt.

Een ander punt van aandacht bij gebruik van voeders is dat het niet duidelijk is hoe lang de verschillende middelen in het krachtvoer bij opslag werkzaam zijn. Ook is het niet duidelijk wat de effecten zijn van processen tijdens de productie van het krachtvoer, zoals extraheren, verhitten en persen.

Een aspect dat direct volgt op het inzicht in aanwezigheid van residuen in krachtvoerders, is het opstellen van maximale residu limieten (MRL's) van krachtvoergrondstoffen voor landbouwhuisdieren. Het zou goed zijn om hier, behalve risico's voor het dier, ook normen voor op mest foeragerende fauna (of fauna die uiteindelijk met de mest in aanraking komt) voor op te stellen.

Onderdeel ii) residu opname via krachtvoer, processen in het dier en uitscheiding in de mest

De belangrijkste kennislacune in dit onderdeel is **het ontbreken van een inzicht in de veelvoorkomende residu concentraties (gemiddelde waarden, maar ook uitschieters naar boven, zowel afkomstig van gewasbeschermingsmiddelen als van veterinaire middelen en biociden) in weidemestflatten, urine en mest** op melkveebedrijven. Inzicht in deze concentraties is noodzakelijk om in te kunnen schatten wat de effecten op insecten en bodemleven zou kunnen zijn, en daarmee of er effecten op de voedselvoorziening van weidevogels te verwachten zijn.

Voor de meeste gewasbeschermingsmiddelen (en eventuele andere chemische middelen) die via het voer opgenomen zouden kunnen worden, is het onduidelijk of residuen afgebroken worden in de pens of darm (volledig of tot metabolieten) of dat ze intact blijven, maar uit de gevonden literatuur blijkt wel dat er verschillende chemische middelen in de mest aangetroffen worden. De meeste van deze middelen staan geregistreerd als gewasbeschermingsmiddel. Dat deze middelen in de mest aangetroffen worden, geeft aan dat er van de betreffende middelen mogelijk weinig afbraak plaatsvindt in het maagdarkanaal, maar de herkomst van de middelen in mest is niet altijd eenduidig te herleiden tot het voer. Het verkrijgen van **inzicht in de relatie tussen verschillende concentraties van gewasbeschermingsmiddelen in voer en de excretie van deze middelen in mest** is daarom wenselijk.

Er is ook weinig inzicht in de afbraak van chemische middelen in de mestopslag of (in mindere mate) in weidemest, waardoor niet duidelijk is in welke mate middelen daadwerkelijk via mest en urine op het land verspreid worden, en gedurende welke periode residuen van gewasbeschermingsmiddelen in weidemest of urine risicovol blijven.

Onderdeel iii) de verdeling van residuen via mest en urine op het land

De belangrijkste kennislacune in dit onderdeel is dat het niet goed mogelijk lijkt de daadwerkelijke blootstelling van residuen in de bodem goed in te schatten, in tegenstelling tot wat in eerdere studies is aangenomen. Waarschijnlijk is de **verdeling van residuen uit drijfmest in de bodem niet homogeen en zullen er concentratiepieken optreden**, doordat mest geconcentreerd wordt aangebracht in sleuven en /of in mestflatten en urineplekken. Een andere kennislacune is dat de werkelijke blootstelling aan residuen in de bodem maar beperkt is in te schatten door de heterogeniteit van de bodem (zowel binnen als tussen grondsoorten), wat maakt dat de werkelijke blootstelling aan voorkomende chemische middelen en eventuele effecten hiervan specifiek zijn per situatie.

Onderdeel iv) de opname van residuen in mest en bodem door fauna in en om de mest en bodem en het bodemleven, en uiteindelijke voedselbeschikbaarheid voor weidevogels

De belangrijkste kennislacune in dit routeonderdeel is **het ontbreken van duidelijkheid omtrent de werkelijke kwantitatieve effecten van verschillende gewasbeschermingsmiddelen (en andere chemische middelen) op bodemleven (o.a. potwormen, springstaarten en mijten, en regenwormen), mestfauna (o.a. mestkevers en mestvliegen) en andere bovengrondse ongewervelden (o.a. loopkevers)**. Voor verschillende middelen, waaronder avermectinen en pyrethroïden, zijn deze effecten wel beschreven, maar consequenties zijn nog niet eenduidig in beeld gebracht middels "geen-effect" concentraties en veilige waarden. Voor andere middelen, zoals fungiciden, is er over deze effecten beperkte of (nog) geen informatie gevonden, evenmin als voor combinaties van middelen (cocktails) die in de mest aangetroffen worden. Het **opstellen van richtlijnen omtrent veilige concentraties van residuen in mest voor bodemleven, mestfauna en bovengrondse ongewervelden** dient daarom ook prioriteit te krijgen.

Behalve de lethale effecten zou ook aandacht besteed moeten worden aan sub-lethale effecten, waarbij dieren niet gedood worden, maar wat wel effect heeft op de insectenpopulatie door verminderde vruchtbaarheid en motorische problemen, omdat deze effecten mogelijk ook van betekenis kunnen zijn voor de voedselbeschikbaarheid van weidevogels.

De belangrijkste kennislacune in het route-onderdeel weidevogels is **het ontbreken van een wetenschappelijk aangetoonde directe relatie tussen de afname van insecten en andere prooien als gevolg van residuen van gewasbeschermingsmiddelen in krachtvoer en de afname van weidevogels**. Om hier sluitende conclusies te kunnen trekken, is het noodzakelijk het spoor van residuen via voer, mest en bodem verder te kwantificeren via de verschillende opgestelde kennislacunes. Eerst moet duidelijk worden of er een relatie is tussen gewasbeschermingsmiddelen (en eventuele andere chemische middelen) in de mest en de overlevingskansen en reproductie van insecten, bodemleven en andere prooien voor weidevogels. Als er inderdaad negatieve effecten van residuen in krachtvoerders op de overlevingskansen en reproductie van insecten en andere prooien blijkt te bestaan, kunnen mogelijke consequenties voor de overlevingskansen van weidevogel(kuiken)s worden ingeschat.

Noot: "het ontbreken van een wetenschappelijke aangetoonde directe relatie" wil niet zeggen dat de relatie niet bestaat maar wil ook niet zeggen dat de relatie wel bestaat.

Samenvattende conclusie omtrent effecten van residuen van gewasbeschermingsmiddelen op insecten en het voedselaanbod voor weidevogels

Op basis van de gevonden literatuur kan, als algemene conclusie omtrent de route van gewasbeschermingsmiddelen in de melkveehouderij, gesteld worden dat het op basis van de benoemde kennislacunes **nog niet mogelijk is een eenduidig beeld te krijgen van de effecten van residuen van gewasbeschermingsmiddelen in krachtvoer op i) de route door**

het dier (accumulatie, metabolisatie), ii) de uitscheiding in de mest (weidemest, urine en drijfmest) en iii) de effecten op insecten en andere prooien voor weidevogels. Zolang er geen eenduidig beeld is van deze effecten, kan ook niet met zekerheid gesteld worden dat er wel of geen effect van deze residuen is op de voedselbeschikbaarheid van weidevogelkuikens. Een kanttekening hierbij is wel dat uit de verschillende onderdelen van de route kan vastgesteld worden dat er inderdaad residuen van gewasbeschermingsmiddelen in het voer terecht kunnen komen en ook dat hoge gehalten in de mest effect op overleven van mestfauna kunnen sorteren. Meer inzicht in de herkomst van chemische middelen in de mest en de concentraties van de middelen in de mest, is noodzakelijk om meer te kunnen zeggen over de effecten van residuen van gewasbeschermingsmiddelen in krachtvoer op insecten en bodemleven als voedsel voor weidevogels.

Noot: "een niet eenduidig beeld" wil niet zeggen dat de effecten niet bestaan, ook wil het niet zeggen dat de effecten wel bestaan. De Commissie van de Europese unie heeft in 2000 een toelichting gegeven op het voorzorgsbeginsel inzake activiteiten met milieugevolgen¹¹.

In samenvatting: Indien ten gevolge van toetsbare kennis een redelijk vermoeden bestaat dat een bepaalde handeling een ongewenst gevolg heeft voor mens of milieu, maar het causale verband tussen handeling en gevolg niet met volledige zekerheid kan worden aangetoond, is degene die beslist over het toelaten of verrichten van de handeling, verplicht een controleerbare afweging te maken of het risico al dan niet genomen kan worden of het gevolg zal intreden (https://www.eumonitor.nl/9353000/1/j4nvhdhfdk3hydza_j9vvik7m1c3gyxp/vikahhrewozt).

Aldus is het raadzaam ten aanzien van dit onderwerp (i) een onderbouwde afweging te maken en (ii) nader onderzoek te doen naar de causale relaties.

Aanbevelingen

Het is aan te bevelen een onderzoeksagenda op te stellen op basis van de belangrijkste geïdentificeerde mogelijke kennislacunes. Onderdelen van deze onderzoeksagenda kunnen daarom zijn:

- 1) Het bepalen van residuen van gewasbeschermingsmiddelen in krachtvoer voor melkkoeien. Dit kan gebeuren door middel van openbare testen van de residuen of door middel van een brede, regelmatig terugkerende, monitoring van residuen in krachtvoerders op melkveebedrijven in Nederland.
- 2) Het verkrijgen van inzicht in de voorkomende residu concentraties van gewasbeschermingsmiddelen (en andere chemische middelen) in de mest op melkveebedrijven, middels een brede monitoring.
- 3) Op basis van de resultaten bij 1 en 2, inzicht verkrijgen in de relatie tussen verschillende concentraties van verschillende typen gewasbeschermingsmiddelen in voer en mest. Dit zou primair kunnen gaan om insecticiden, omdat deze het meest directe effect hebben op insecten in de mest. Maar juist van andere typen

¹¹ https://www.eumonitor.nl/9353000/1/j4nvhdhfdk3hydza_j9vvik7m1c3gyxp/vikahhrewozt

gewasbeschermingsmiddelen (o.a. fungicide), die indirect via het voedselweb effect hebben op insecten, is de overdracht naar de mest onbekend.

- 4) Meer inzicht verkrijgen in de werkelijke verdeling van residuconcentraties uit drijfmest, weidemest en urine. Hiermee kan beter ingeschat worden in hoeverre insecten en bodemleven daadwerkelijk blootgesteld worden aan relatief hoge concentraties van (residuen van) gewasbeschermingsmiddelen en andere chemische middelen uit drijfmest of aan verdunde concentraties van (residuen van) chemische middelen in de bodem door homogene verdeling van de drijfmest in de bovenste 10 cm van de bodem.
- 5) Het uitvoeren van empirisch onderzoek om duidelijkheid te verkrijgen omtrent de werkelijke kwantitatieve effecten van in mest aanwezige chemische middelen (waaronder gewasbeschermingsmiddelen) op bodemleven en insecten. De huidige wetenschappelijke kennis hieromtrent is grotendeels geënt op veterinaire middelen die als enkelvoudig middel toegediend worden (oraal of via de huid).
- 6) Het vaststellen van een relatie tussen middelengebruik in de landbouw en de afname van insecten en bodemleven als voedsel voor weidevogels. Een aantal eerder genoemde kennislacunes is hierbij essentieel.
- 7) Aangezien het hier om een diversiteit aan middelen gaat is hiervoor regie en coördinatie van de overheid noodzakelijk.

Andere onderzoeksrichtingen zouden nog kunnen zijn: de effecten van recirculatie (accumulatie in de keten als gevolg van een gesloten kringloop met aankoop van voer en afvoer van melk), de mogelijke afspoeling van middelen in de mest naar de sloot en semi-aquatische milieus en de effecten van een combinatie van verschillende middelen in de mest (cocktails) en van piekbelastingen van middelen op het land en de daarmee samenhangende risico's voor de insectenstand. Ook is het belang mogelijke alternatieve aanvoer-routes op een melkveebedrijf, anders dan via krachtvoer, beter in beeld te brengen.

Tabel 10. Een samenvatting van de in hoofdstuk 4 geïdentificeerde mogelijke kennislacunes, onderverdeeld in de verschillende route-onderdelen. De lacunes zijn uitgebreider beschreven in Bijlage 4.

Route-onderdeel	Thema's waar mogelijke kennislacunes rondom effecten van residuen uit gewasbeschermingsmiddelen (en eventuele andere chemische middelen) zijn gevonden
Teelt krachtvoergrondstoffen	Middelengebruik in teelten voor krachtvoergrondstoffen Residu opnames in plant(delen)
Verwerking krachtvoergrondstoffen	Effect krachtvoergrondstofverwerking
Opslag en transport	Gebruik ontsmettings- en conserveringsmiddelen Afbraak en evt. gevormde metabolieten
Krachtvoer	Openbaarheid cijfers aanwezige residuen Sommige stoffen vallen buiten standaard analysemethode
Koe	Accumulatie, afbraak Uitscheiding in faeces en/of urine
Mest	Cijfers aanwezige residuen in mest Herleiden gevonden stoffen in mest naar bron Eventueel omzettingen en afbraak in opslag Homogeniteit residuen in opslag Eventueel omzettingen en afbraak in weidemest Eventueel omzettingen en afbraak in urine
Bodem	Werkelijke residu blootstelling inschatten Homogeniteit residuen in de bodem Effecten piekconcentraties
Oppervlakte en -grondwater	Circulatie via drinkwater koeien Circulatie via vochtopname gewassen Insecten gebruik makend van aquatische milieus Concentraties bij hoge en fluctuerende grondwaterstanden
Bodemvoedselweb	Verschuiving grootte en samenstelling bodemvoedselweb Micro-, meso- en macrofauna nabij drijfmest en mestflatten
Vliegen en kevers / mestfauna	Risico's bij mestflat, urineplek of (strook) drijfmest Verschillen gewasbeschermings- en veterinaire middelen Effecten van cocktails van middelen in mest Effecten van sub-lethale doses
Weidevogels	Afhankelijkheid van insecten / andere prooien voor kuikens Effecten voedselbeschikbaarheid
Algemeen	Rol andere mogelijke aanvoerroutes

Summary

In this report, the Louis Bolk Institute aims to give a broad overview of scientific knowledge about the route of pesticides in dairy farming systems: from distribution and transfer of pesticide residues in concentrate feeds to manure and subsequently soils. Furthermore the effects of pesticide residues in dairy farming systems on insects and feed supply for meadow birds is discussed.

The most important questions were:

1. What is in scientific literature known about:
 - a. Distribution and transfer of pesticides (residues) to manure and subsequently to soil;
 - b. The effects of pesticide residues on insects (for example beetles in cow pats);
 - c. The consequences of pesticide (residue) presence on feed supply for meadow birds.
2. What are – regarding the answer to question 1 – knowledge gaps with respect to:
 - a. The distribution route of pesticides (residues) from concentrates to manure and soils;
 - b. The effects of pesticide presence on insects as feed source for meadow birds

To answer these questions we conducted a literature review and consulted experts. During our research the main focus was on the distribution route of pesticides from concentrates feed to manure and soil with emphasis on the feed supply (insects, but also earthworms and other soil fauna) for meadow birds on dairy farms. Besides the pesticide route via concentrates feeds, other residue routes might be significant (e.g. veterinary medicines or chemicals for conservation purposes). These are also included.

In Chapter 4 (Figure 4) an schematic overview is given of the potential distribution route of (residues of) pesticides. The route is divided into 4 parts or processes: i. Supply of pesticides (residues) via concentrate feeds on a dairy farm; ii. Intake of residues in concentrate feeds, processes in the animal and excretion in manure; iii. Distribution of residues via manure and urine on the soil; and iv. Effects of residues in manure and soil on fauna in and around manure and on the final food supply for meadow birds. In the first part of the route, concentrates or other feed products are the main source of pesticides on the farm. However, after this first part, the introduction of chemical compounds on the farm becomes more differentiated as in the second part also other chemical compounds are introduced, e.g. in veterinary products, and in the third part even chemical compounds from the environment (deposition) can contaminate the dairy farm.

The identified knowledge gaps, based on scientific knowledge and expert consultation, are also arranged per part of the distribution route. The most important knowledge gaps are

described below. All knowledge gaps are described in Chapter 4 of the report and briefly summarized in Chapter 5.

Part i) introduction of residues on dairy farms via concentrates

The most important knowledge gap is the lack of knowledge on which and how many residues of pesticides are present in the used concentrates, even though the concentration are regularly measured by the feed companies. Overviews of pesticides in feeds are not publicly available. The quantitative introduction of pesticides in concentrates on farms is therefore not clear, and thus the importance is difficult to estimate. However, from the available literature it can be concluded that high levels may occur.

Another identified knowledge gap in this route, is that the effects of production processes and storage of concentrates on the persistence of eventually present pesticides in the feeds are unclear.

Part ii) Intake of residues by the cow, processes in the animal and excretion in manure

The most important knowledge gap here, is the absence of a list of frequent residue concentrations (averages and range of occurring concentrations) in faeces pats, urine and slurry on dairy farms. Insight in these concentrations is necessary to estimate the actual effects on insects and soil fauna.

For most ingested pesticides, it is unclear whether residues are degraded in the gastrointestinal tract or remain intact after ingestion by the animal. Insight in the transfer of pesticides in feed to manure is an important aspect to estimate the actual impact of those pesticides. Also to which extent pesticides degrade in manure (in storage or after application on the land) is not known.

Part iii) the distribution of residues via manure to the soil

The most important knowledge gap in this route is the lack of knowledge about how to estimate the actual distribution of residues to the soil. This distribution is probably not homogenous – concentration peaks may occur, because the slurry is applied in slits, and faeces and urine are deposited on random spots. Another difficulty in the interpretation of residues in the soil, is the heterogeneity of soils, which results in a residue degradation specific per situation.

Part iv. Effects of residues on fauna in manure and soil and its effects on the food availability for meadow birds.

The most important knowledge gap in this route is the absence of clear quantitative effects on insects and other soil fauna – e.g. earthworms, beetles, flies and spiders. For some (mainly veterinary) chemical substances, effects are scientifically tested and described for specific invertebrates, but an overall effect remains unclear. A set-up of guidelines with respect to safe concentrations of different products for invertebrates in manure and soil should

therefore be prioritized. Also sub-lethal effects may be of importance and should be considered.

For meadow birds an important knowledge gap is the absence of scientific evidence of the relation between chemical substances in agriculture and the decline of insects, followed by a decline of meadow birds. To draw a final conclusion on this subject, it is necessary to further quantify the distribution route of residues, by the mentioned knowledge gaps.

Note: "the absence of scientific evidence" does not mean that the relation does not exist, but it does also not mean that it does exist.

Overall conclusion

Based on the reviewed literature, it can be concluded that it is not yet possible to describe the actual effects of pesticides in feeds on concentrations in manure and soil, and effects on insects and other invertebrates consumed by meadow birds. It is therefore not possible to say that residues in concentrates have an effect on food supply of meadow birds. However, based on the literature it is clear that pesticides do occur in concentrates, that manure may contain residues and that residues of pesticides in faeces may affect surviving insects in manure and soil. Therefore, it is recommended to perform empirical research and monitoring studies to answer the most important knowledge gaps.

Note: "the absence of a clear relation between residues in feeds and food supply of meadow birds" does not mean that the effects don't exist, but also not that these effects do exist. In 2000, the Commission of the European Union explained the precautionary principle considering activities with environmental consequences¹²: "If it is suspected that a specific act results in undesired effects on humans or environment, but a causal effect is not completely certain, the person who decides on the action is obligatory to consider the risks and estimate whether or not the action will have consequences." It is therefore advisable i) to consider the potential consequences and ii) to perform empirical research towards causal relations.

Recommended knowledge agenda

- 1) measuring pesticides (residues) in concentrates for dairy cows, by both publishing the residue analyses routinely conducted in the dairy feed industry and by monitoring on dairy farms.
- 2) Obtaining insight in residue concentrations in manure on dairy farms, by means of a broad monitoring program.
- 3) Based on results of 1) and 2): test the transfer of pesticides in feeds to manure. Are there also other sources relevant for concentrations of chemical substances in manure?
- 4) Obtain insight in the distribution of residue concentrations of slurry, faeces and urine into the soil to estimate the actual exposure of soil fauna to chemical substances.

¹² https://www.eumonitor.nl/9353000/1/j4nvhdjdk3hydza_j9vvik7m1c3gyxp/vikqhhrewozt

- 5) Performing empirical research to quantify the effects of residues of pesticides in manure (faeces, urine and slurry) on soil fauna and fauna present in manure. The current scientific knowledge is mainly based on specific (single) veterinary substances in manure, on a few specific invertebrates (beetles, flies). The effect of (a blend of) different substances on a broader range of invertebrates of importance for meadow birds is still unclear.
- 6) The relation between use of chemical substances in agriculture and the decline of insects as food source for meadow birds. Other previously mentioned knowledge gaps and agenda points are essential in this perspective.
- 7) Considering the diversity of chemical substances present in manure, direction and coordination by the government is essential.

Other research interests could be the effects of recirculation (accumulation in the agricultural chain), washing off of substances in applied manure to surface water, and effects of peak concentrations on agricultural land after slurry fertilization, and its risks for insects. Furthermore, it is important to describe and quantify alternate routes (other than by means of concentrates) of chemical substances on dairy farms.

Literatuur

- Adamse, P., Peters, R. J. B., Van Egmond, H. J., & De Jong, J. (2014). Occurrence and trend analysis of organochlorine in animal feed (No. 2013.009). RIKILT Wageningen UR.
- Ahktar, M.H., C. Danis, H. L. Trenholm en K.E. Hartin, 1992. Deltamethrin residues in milk and tissues of lactating dairy cows. *Journal of Environmental Science and Health, Part B: pesticides, Food Contaminants and Agricultural Wastes*, 27:3, 235-253.
- Ahktar, M.H., K.E. Hartin en H.L. Trenholm, 1986. Fate of [14C] Deltamethrin in lactating dairy Cows. *J. Agric. Food Chem.* 34, 758-762.
- Bampidis, V., Bastos, M., Christensen, H., Dusemund, B., Kouba, M., Durjava, M. K., López-Alonso, M., Puente, S. L., Marcon, F., Mayo, B., Pechová, A., Petkova, M., Ramos, F., Sanz, Y., Villa, R. E., Woutersen, R., Brock, T., Knecht, J. de, Kolar, B., ... Azimonti, G. 2019. Guidance on the assessment of the safety of feed additives for the environment. *EFSA Journal*, 17(4), e05648. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5648>
- Bardgett, R.D., D.K. Leemans, R. Cock en P.J. Hobs. 1997. Seasonality of the soil biota of grazed and ungrazed hill grasslands. *Soil Biology and Biochemistry* 29, 1285-1294.
- Beintema, A.J., J.B. Thissen, D. Tensen en G.H. Visser, 1991. Feeding ecology of charadriiform chicks in agricultural grassland. *Ardea* 79 (1991): 31-44
- Brock, T, J. Lahr, D. Melman, T. Vissers en L. Wipfler, 2019. Duiding van het rapport 'Een onderzoek naar de mogelijke relaties tussen de afname van weidevogels en de aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen op veehouderijen' door Jelmer Buijs en Margriet Samwel-Mantingh. Wageningen Environmental Research 2019.
- Buijs, J. en Samwel-Mantingh, M. 2019. Een onderzoek naar mogelijke relaties tussen de afname van weidevogels en de aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen op veehouderijbedrijven. Bennekom, 173 pp.
- Buijs, J. en Mantingh, M. 2020. Inventarisatie van de aanwezigheid en risico's van bestrijdingsmiddelen in begraasde natuurgebieden in Gelderland. Bennekom, 157 pp.
- Bünemann, Else K., G. D. Schwenke, and L. Van Zwieten. Impact of agricultural inputs on soil organisms—a review. *Soil Research* 44.4 (2006): 379-406.
- Collins, C., Fryer, M., & Grosso, A. (2006). Plant uptake of non-ionic organic chemicals. *Environmental science & technology*, 40(1), 45-52.
- Croucher, A., D.H. Hutson en G. Stoydin, 1985. Excretion and residues of pyrethroid insecticide cypermethrin in lactating dairy cows. *Pestic.Sci.* 16, 287-301.
- Ctgb, 2019. Ctgb-advies betreffende het rapport 'Een onderzoek naar mogelijke relaties tussen de afname van weidevogels en de aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen op veehouderijbedrijven.'
- De Rijk, T., Punt, A., van der Kamp, H., Zomer, P., Mol, H., van Egmond, H., ... & van der Schee, H., 2011. Monitoring results for pesticide residues in feed and feed ingredients.
- Deneer, J. D. Belgers, M. Thomas, I. Roessink. 2020. Milieurisico bestrijdingsmiddelen en veterinaire stoffen in mest via effecten op de voedselketen van weidevogels. Wageningen, Wageningen Environmental Research, rapport 3037.
- Deproost, P., 2014. Het belang van bodemleven. Inspiratiedag over functionele biodiversiteit. Departement LNE, Gent. https://lv.vlaanderen.be/sites/default/files/attachments/pr_20141104_fab_inspiratiedag_bodemleven_petra_deproost_albon.pdf
- Directie kennis LNV, 2008. Ecologische kenmerken van weidevogeljongen en de invloed van beheer op overleving Kennisoverzicht en effectiviteit van maatregelen. Directie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit Rapport DK nr. 2008/090, Ede.
- Durak, J., Rokoszak, T., Skiba, A., Furman, P., & Styszko, K. 2021. Environmental risk assessment of priority biocidal substances on Polish surface water sample. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(1), 1254–1266. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11581-7>

- EFSA, 2010. EFSA Panel on Plant Protection Products and their Residues (PPR); Scientific Opinion on the development of specific protection goal options for environmental risk assessment of pesticides, in particular in relation to the revision of the Guidance Documents on Aquatic and Terrestrial Ecotoxicology (SANCO/3268/2001 and SANCO/10329/2002). *EFSA Journal* 2010;8(10):1821.
- European Chemicals Agency. 2018. Guidance on the Biocidal Products Regulation. volume IV, Environment. Part A: Information Requirements. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2823/49865>
- European Chemicals Bureau. 2003. Technical document on risk assessment. https://echa.europa.eu/documents/10162/16960216/tgdpart2_2ed_en.pdf
- European Food Safety Authority (EFSA), Carrasco Cabrera, L., & Medina Pastor, P. (2021). The 2019 European Union report on pesticide residues in food. *EFSA Journal*, 19(4), e06491.
- European Food Safety Authority (EFSA), Medina-Pastor, P., & Triacchini, G. (2020). The 2018 European Union report on pesticide residues in food. *EFSA Journal*, 18(4), e06057.
- Ewald, J.E., C.J. Wheatly, N.J. Aebischer, S.J. Moreby, S.J. Duffield, H.Q.P. Crick en M.B. Morecroft, 2015. Influences of extreme weather, climate and pesticide use on invertebrates in cereal field over 42 years. *Global Change Biology* 21, 3931-3950.
- Faber et al., 2018; <https://weblog.wur.nl/natuur-biodiversiteit/levende-bodem-de-basis-voor-ons-leven/>
- Fan, Y., Chen, S. J., Li, Q. Q., Zeng, Y., Yan, X., & Mai, B. X., 2020. Uptake of halogenated organic compounds (HOCs) into peanut and corn during the whole life cycle grown in an agricultural field. *Environmental Pollution*, 263, 114400.
- Floate, K.D., R. Düring, J. Hanafi, P. Jud, J. Lahr, J. Lumaret, A. Scheffzyk, T. Tixier, M. Wohde, J. Römbke, L. Sautot en W. Blanckenhorn, 2015. Effects of ivermectine. Validation of a standard field test method in four countries to assess the toxicity of residues in dung of cattle treated with veterinary medical products. *Environmental Toxicology and Chemistry* 9999, 1-13.
- Fuhremann, T. W., and E. P. Lichtenstein: Release of unextractable soil bound 14C-methylparathion residues and their uptake by earthworms and oat plants. *J. Agr. Food Chem.* 26, 605 (1978).
- Garvin, N., Doucette, W. J., & White, J. C. (2015). Investigating differences in the root to shoot transfer and xylem sap solubility of organic compounds between zucchini, squash and soybean using a pressure chamber method. *Chemosphere*, 130, 98-102.
- Gaughan, L.C., M.E. Ackerman, T. Unai en J.E. Caida, 1978. Distribution and metabolism of trans- and cis-permethrin in lactating Jersey cows. *J. Agric. Food Chem.* 26, 613-618.
- Geissen, V. V. Silva, E. Huerta Lwanga, N. Beriot, K. Oostindie, Z. Bin, E. Pyne, S. Busink, P. Zomer, H. Mol, C. J. Ritsema. 2021. Cocktails of pesticide residues in conventional and organic farming systems in Europe – Legacy of the past and turning point for the future. *Environmental Pollution* 278, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116827>.
- Gilbert, G, F.S. MacGillivray, H.L. Robertson en N.N. Jonsson, 2019. Adverse effects of routine bovine health treatments containing triclabendazole and synthetic pyrethroids on the abundance of dipteran larvae in bovine faeces. *Scientific reports* 9:4315.
- Guldmond, A., R. Gommers, P. Leendertse en K. van Oers, 2019. Koolmezensterfte en buxusmotbestrijding. Pesticidenbelasting bij jonge koolmezen. CLM rapport-998, november 2019, Culemborg.
- Hoving, I., K. van Houwelingen, F. Lenssinck en E. Jansen. 2008. Precisiewatermanagement. Waar staan we precies en welke stappen moeten nog genomen worden. Presentatie Wageningen UR, <https://www.veenweiden.nl/wp-content/uploads/2018/03/4.-Precisiewatermanagement-Idse-Hoving.pdf>
- Hwang, K. W., & Moon, J. K., 2018. Translocation of chlorpyrifos residue from soil to Korean cabbage. *Applied Biological Chemistry*, 61(2), 145-152.

- Jansma, A. en J. de Wit, 2016. Voedsel voor weidevogels. Slootranden net zo interessant als kruidenrijk grasland? V-focus oktober 2016.
- Ju, C., Dong, S., Zhang, H., Yao, S., Wang, F., Cao, D., ... & Yu, Y. (2020). Subcellular distribution governing accumulation and translocation of pesticides in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Chemosphere*, 248, 126024.
- Kah, M., S.Beulke, en C.D. Brown. Factors influencing degradation of pesticides in soil. *Journal of agricultural and food chemistry* 55.11 (2007): 4487-4492.
- Kellmann, M., Muenster, H., Zomer, P., & Mol, H. (2009). Full scan MS in comprehensive qualitative and quantitative residue analysis in food and feed matrices: how much resolving power is required?. *Journal of the American Society for Mass Spectrometry*, 20(8), 1464-1476.
- Klüche, M., Bikker, P., van Egmond, H. J., Hoffmans, Y., & Mol, J. G. J. (2020). Potential presence of pesticide residues in feed, requiring single residue methods (SRM): Probability of exceedance of EU legal residue limits in feed materials imported from non-EU countries, due to differences in legislation between the EU and third countries (No. 2020.002). Wageningen Food Safety Research.
- Konstantinou, I. K., Zarkadis, A. K., & Albanis, T. A. (2001). Photodegradation of Selected Herbicides in Various Natural Waters and Soils under Environmental Conditions. *Journal of Environment Quality*, 30(1), 121. doi:10.2134/jeq2001.301121x
- Kreuzig R (2010) The reference manure concept for transformation tests of veterinary medicines and biocides in liquid manure. *Clean Soil Air Water* 38(8):697–705
- Kreuzig R, Hartmann C, Teigeler J, Höltge S, Cvetković B, Schlag P (2010) Development of a novel concept for fate monitoring of biocides in liquid manure and manured soil taking 14C-imazalil as an example. *Chemosphere* 79(11):1089–1094
- Kvesitadze, G., Khatisashvili, G., Sadunishvili, T., & Kvesitadze, E. (2015). Plants for remediation: Uptake, translocation and transformation of organic pollutants. In *Plants, pollutants and remediation* (pp. 241-308). Springer, Dordrecht.
- LALFF / AGF, 2018. Internetsamenvatting: <https://www.agf.nl/article/170515/rapport-residuen-van-gewasbeschermingsmiddelen-in-citrus/>
- Lamshöft M, Sukul P, Zühlke S, Spiteller M (2010) Behaviour of 14C-sulfadiazine and 14C-difloxacin during manure storage. *Sci Total Environ* 408(7):1563–1568
- Létondor, C., Pascal-Lorber, S., & Laurent, F. (2015). Uptake and distribution of chlordecone in radish: different contamination routes in edible roots. *Chemosphere*, 118, 20-28.
- Lommen, J. R. Gommer, M.H. Bruinenberg, N J.M. van Eekeren. 2021. Grutto's en pesticiden: Een verkennend onderzoek. CLM Onderzoek en Advies en Louis Bolk Instituut. 27 pp.
- Mann, C.M., S. Barnes, B. Offer eb W. Wall, 2015. Lethal and sub-lethal effects if faecal deltamethrin residues on dung-feeding insects. *Medical and Veterinary Entomology* 29, 189-195.
- Mantingh, M. 2021. Monitoring van bestrijdingsmiddelen en diergeneesmiddelen in haar. Pesticide Action Network Netherlands.
- Meijer, N., van der Velde-Koerts, T., van Egmond, H., & Bikker, P. (2020). Pesticides in feed materials of plant origin: Application of processing factors (No. 2019.016). Wageningen Food Safety Research.
- Mikes, O., Cupr, P., Trapp, S., & Klanova, J. (2009). Uptake of polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides from soil and air into radishes (*Raphanus sativus*). *Environmental Pollution*, 157(2), 488-496.
- Mol J.H.J., T. de Rijk, H. van Egmond en J de Jong, 2014. Occurrence of mycotoxins and pesticides in straw and hay used as animal feed. Rikilt report 2014.006.

- Mol, H. G., Plaza-Bolaños, P., Zomer, P., de Rijk, T. C., Stolker, A. A., & Mulder, P. P. (2008). Toward a generic extraction method for simultaneous determination of pesticides, mycotoxins, plant toxins, and veterinary drugs in feed and food matrixes. *Analytical Chemistry*, 80(24), 9450-9459.
- Namiki, S., Otani, T., Motoki, Y., Seike, N., & Iwafune, T. (2018). Differential uptake and translocation of organic chemicals by several plant species from soil. *Journal of pesticide science*, D17-088.
- Oosterveld E.B., Bruinzeel L.W., Wymenga E. 2014. Ecologie van weidevogels: Kennisbundeling voor bescherming en beheer. A&W-rapport 1831 Altenburg & Wymena ecologisch onderzoek, Feanwâlden.
- OPNV. 2019. Persbericht afzet vochtrijke diervoeders van OPNV. Overleg Platform Natte Veevoeders. <https://www.opnv.nl/attachments/article/217/Afzetcijfers2019.pdf>
- Ortelli, D., E. Patrick en C. Corvi, 2005. Pesticide residues survey in citrus fruits. *Food additives and contaminants* 22 (5), 423-428.
- Peijnenburg, W. 2015. Overview of processes driving the exposure of chemicals in soil. Topical Scientific Workshop on Soil Risk Assessment, Helsinki. https://echa.europa.eu/documents/10162/22816427/soil_risk_assessment_peijnenburg_en.pdf/adc5323c-c2d8-47f6-9816-fb0946e58af5.
- Pisa, L.W., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L.P. *et al.* Effects of neonicotinoids and fipronil on non-target invertebrates. *Environ Sci Pollut Res* 22, 68–102 (2015). <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3471-x>
- Racke, Kenneth D., et al. "Factors affecting the hydrolytic degradation of chlorpyrifos in soil." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44.6 (1996): 1582-1592.
- Stowa, 2019. Diergeneesmiddelen in het milieu. Een synthese van de huidige kennis. Stowa rapport 26, Amersfoort.
- Sánchez-Bayo, 2021. Indirect effect of pesticides on insects and other arthropods. *Toxics* 9, 177.
- Sapozhnikova, Y., Zomer, P., Gerssen, A., Nuñez, A., & Mol, H. G., 2020. Evaluation of flow injection mass spectrometry approach for rapid screening of selected pesticides and mycotoxins in grain and animal feed samples. *Food Control*, 116, 107323.
- Schekkerman, H., 1997. Graslandbeheer en groeimogelijkheden voor weidevogelkuijken. IBN-rapport 292/DLG-publicatie 102. Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Wageningen.
- Selbie, D.R., L. E. Buckthought and M. A. Shepherd. 2015. The Challenge of the Urine Patch for Managing Nitrogen in Grazed Pasture Systems. *Advances in Agronomy* 129, <http://dx.doi.org/10.1016/bs.agron.2014.09.004>.
- Siepel, Henk. Applications of microarthropod life-history tactics in nature management and ecotoxicology. *Biology and fertility of soils* 19.1 (1995): 75-83.
- Singh, A., Nag, S. K., & Singh, S. (2020). Occurrence of Organophosphate and Synthetic Pyrethroid Pesticide Residues in Animal Feed-An Assessment. *Animal Nutrition and Feed Technology*, 20(1), 13-24.
- Sommer, C., K. Vagn-Jensen en J.B. Jespersen, 2001. Topical treatment of calves with synthetic pyrethroids: effects on the non-target dung fly *Neomyia cornicina* (Diptera: Muscidae). *Bulletin of Entomological Research* 91, 131-137.
- Sur, R., & Stork, A. (2003). Uptake, translocation and metabolism of imidacloprid in plants. *Bulletin of insectology*, 56, 35-40. STUDIE DOOR BAYER
- Tarazona, J. V. 2015. Protection goals and conceptual models: How science can support risk managers on what to protect? Workshop on Soil Risk Assessment, Helsinki. https://echa.europa.eu/documents/10162/22816427/soil_risk_assessment_tarazona_en.pdf/1acf4e44-d559-4392-b971-0f587a6d8335

- Tienstra, M., & Mol, H. G. (2018). Application of gas chromatography coupled to quadrupole-orbitrap mass spectrometry for pesticide residue analysis in cereals and feed ingredients. *Journal of AOAC International*, 101(2), 342-351.
- Timmermans, Bart GH, and Nick van Eekeren, 2016. Phytoextraction of Soil Phosphorus by Potassium-Fertilized Grass-Clover Swards. *Journal of environmental quality* 45 (2): 701-708.
- Tixier, T., W.U. Blanckenhorn, J. Lahr, K. Floate, A. Scheffzyk, R. Düring, M. Wohde, J. Roembke en J. Lumaret, 2016. A four-country ring test of non target effects of ivermectin residues on the function of coprophilous communities of arthropods in breaking down livestock dung. *Environmental toxicology and chemistry* 9999, 1-6 2016.
- Vale, G.A. en I.F. Grant, 2002. Modelled impact of insecticide-contaminated dung on the abundance and distribution of dung fauna. *Bulletin of Entomological Research* 92, 251-263.
- Vale, G.A., I.F. Grant, C.F. Dewhurst en D. Aigreau, 2004. Biological and chemical assays of pyrethroids in cattle dung. *Bulletin of Entomological research* 94, 273-282.
- Van Eekeren et al. (2022) Microarthropod communities and their ecosystem services restore when permanent grassland with mowing or low-intensity grazing is installed. *Agriculture Ecosystems and Environment* 323.
- Van Eekeren, N, M. Bruinenberg en B. van Vorle, 2021. Bewuste strokeuze om pesticiden in stro. *V-Focus juli 2021*, 34-35.
- Van der Lee, M. K., Van der Weg, G., Traag, W. A., & Mol, H. G. (2008). Qualitative screening and quantitative determination of pesticides and contaminants in animal feed using comprehensive two-dimensional gas chromatography with time-of-flight mass spectrometry. *Journal of chromatography A*, 1186(1-2), 325-339.
- Van Middelkoop, J.C., C. van der Salm, D.J. den Boer, M. ter Horst, W.J. Chardon, R.F. Bakker, R.L.M. Schils, P.A.I. Ehlert, O.F. Schoumans, ASG - divisie Praktijkonderzoek. 2004. Effecten van fosfaat- en stikstofoverschotten op grasland. *PraktijkRapport Rundvee* 48.
- Varel V., 2002. Carvacrol and thymol reduce swine waste odor and pathogens: stability of oils. *Curr Microbiol* 44(1):38-43
- Venant, A., P. Belli, S. Borrel en J. Mallet, 1990. Excretion of deltamethrin in lactating dairy cows. *Food additives and contaminants* 7, 535-543.
- Verdu, J.R., V. Cortez, A.J. Ortiz, E. González-Rodríguez, J. Martínez-Pinna, J. Lumaret, J.M. Lobo, C. Numa en F. Sánchez-Piñero, 2015. Low doses of ivermectin cause sensory and locomotor disorders in dung beetles. *Scientific reports* 5: 13192.
- Verma, J.P., Jaiswal, D.K. & Sagar, R. Pesticide relevance and their microbial degradation: a state-of-art. *Rev Environ Sci Biotechnol* 13, 429-466 (2014). <https://doi.org/10.1007/s11157-014-9341-7>
- Verstrael, T.J. 1987. Weidevogelonderzoek in Nederland. Een overzicht van het Nederlandse weidevogelonderzoek 1970-1985. Contactcommissie Weidevogelonderzoek van de Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek, 's-Gravenhage.
- Virlouvet G., E. Bichon, F. André en B. Le Bizec, 2006. Faecal elimination of cypermethrin by cows after pour-on administration: determining concentrations and measuring the impact of dung beetles. *Toxicological and environmental chemistry* 88(3), 489-499.
- Visser T., Melman D., Buijs R., Schotman A. 2017. Greppel plas-dras voor weidevogels, Betekenis als habitatonderdeel voor weidevogelkuikens. Wageningen, Wageningen Environmental Research Rapport 2845, pp. 68.
- Walorczyk, S. (2008). Development of a multi-residue method for the determination of pesticides in cereals and dry animal feed using gas chromatography-tandem quadrupole mass spectrometry: II. Improvement and extension to new analytes. *Journal of Chromatography A*, 1208(1-2), 202-214.

- Walorczyk, S., & Drożdżyński, D. (2012). Improvement and extension to new analytes of a multi-residue method for the determination of pesticides in cereals and dry animal feed using gas chromatography–tandem quadrupole mass spectrometry revisited. *Journal of Chromatography A*, 1251, 219-231.
- Wang, F., Li, X., Yu, S., He, S., Cao, D., Yao, S., ... & Yu, Y. (2021). Chemical factors affecting uptake and translocation of six pesticides in soil by maize (*Zea mays* L.). *Journal of Hazardous Materials*, 405, 124269.
- Wang, W., Wan, Q., Li, Y., Xu, W., & Yu, X. (2019). Uptake, translocation and subcellular distribution of pesticides in Chinese cabbage (*Brassica rapa* var. *chinensis*). *Ecotoxicology and environmental safety*, 183, 109488.
- Wardhaugh, K.G., B.C. Longstaff en M.J. Lacey, 1998. Effects of residues of deltamethrin in cattle faeces on the development and survival of three species of dung-breeding insects. *Australian Veterinary Journal* 76, 273-280.
- WEnR, 2019. Met bijdragen van T. Brock, J. Lahr, D. Melman, T. Visser & L. Wipfler. Duiding van het rapport 'Een onderzoek naar de mogelijke relaties tussen de afname van weidevogels en de aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen op veehouderijen' door Jelmer Buijs en Margriet Samwel-Mantingh. 47 pp.
- Wohde, M., S. Berkner, T. Junker, S. Konradi, L. Schwarz en R.-A. Düring. 2016. Occurrence and transformation of veterinary pharmaceuticals and biocides in manure: a literature review. *Environ Sci Eur* (2016) 28:23

Bijlage 1. Beoordeling van residu-risico's

In dit hoofdstuk wordt op hoofdlijnen beschreven hoe ecologische risico's van stoffen worden vastgesteld, ten behoeve van de toelating van stoffen voor gebruik.

Detailinformatie over de Nederlandse situatie is onder andere te vinden bij het College voor de toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden (CTGB).

Bijlage 1.1 Normen voor verspreiding van residuen van gewasbeschermingsmiddelen via veevoer naar de bodem

Voor de veiligheid van consumenten en vee zijn er zogenoemde maximale residulimieten (MRL's) vastgesteld. De MRL is de hoeveelheid die op het gewas mag achterblijven zonder dat de veiligheid voor de Volksgezondheid in het geding komt. Voor de verspreiding van residuen uit veevoer in de bodem via mest, zijn op er op dit moment geen MRL-normen, omdat voor deze route niet is aangetoond dat dit tot aantoonbare risico's leidt. Dat betekent dat er bij het vaststellen van de MRL-normen ook geen rekening gehouden wordt met verspreiding van residuen van veevoer via het dier naar mest en uiteindelijk de bodem. *Er is dus bij de toelating van een stof geen empirisch onderzoek gedaan naar eventuele ecologische effecten van residuen afkomstig uit het (kracht)voerspoor, welke via mest in bodem kunnen komen (WEnR, 2019).* Daardoor is het ook niet bekend of er zich via deze route afbraakproducten kunnen vormen en of residuen nieuwe verbindingen kunnen aangaan, waarvan het effect onbekend is. In veiligheidsonderzoeken en toelatingsprocedures wordt vooral gekeken naar effecten van residuen die *tijdens teelten* (van o.a. krachtvoergrondstoffen) op en in de bodem terechtkomen.

Bijlage 1.2 Risicobeoordeling van residuen voor terrestrische ecosystemen

In de EU is er een standaardprocedure omschreven voor de ecologische risicobeoordeling van biociden (European Chemicals Agency, 2018). In die procedure wordt een risicofactor berekend door het gemeten of gemodelleerde gehalte van een vervuilende stof (PEC¹³) te delen door de concentratie van de stof waarbij er geen negatief effect is op ecosystemen (PNEC¹⁴). Hierbij wordt als standaard aangenomen dat een residu zich homogeen verdeelt in de bovenste 10 cm van de bodem. De PNEC wordt afgeleid van de beschikbare informatie van toxiciteit voor soorten in het relevante milieu én van toxische eindpunten (LC¹⁵ – de concentratie waarop 50% van de organismen sterft, of NOEC¹⁶ – de concentratie waarop geen effecten worden gezien). Als de risicofactor gelijk of groter dan 1 is, wordt aangenomen dat een potentieel milieurisico waarschijnlijk zal voorkomen. Als de risicofactor kleiner dan 1 is, wordt er aangenomen dat er geen potentieel milieurisico is.

¹³ Predicted Environmental Concentration (PEC)

¹⁴ Predicted No-Effect Concentration (PNEC)

¹⁵ Lethal Concentration (LC)

¹⁶ No Observed Effect Concentration (NOEC)

Standaardtestorganismen voor risicobeoordelingen zijn de springstaartensoort *Folsomia candida*, de bodemmijt *Hypoaspis aculeifer*, de regenworm *Eisenia foetida* of *Eisenia andrei*, een terrestrische niet-doelwit plant en microbiële organismen.

Is een risicofactor geschikt om risico's op ecosysteemdienstniveau¹⁷ te schatten?

Er is al langere tijd een discussie gaande over de wijze waarop risico's van biociden in ecosystemen in te schatten (o.a. EFSA, 2020). Dit onderstreept dat er kennis is dat de huidige standaardbenadering met de risicofactor onvoldoende de verbinding maakt met risico's voor wat betreft de levering van ecosysteemdiensten door (agro)-ecosystemen. De standaardprocedure - door risico's van individuele stoffen te beoordelen aan de hand van indicatorsoorten - houdt uiteindelijk maar beperkt rekening met effecten van (een mix van) biociden (en residuen daarvan) op het functioneren van ecosystemen.

Milieubeschermingsdoelen zijn vanuit meer invalshoeken te benaderen dan nu wordt gedaan via de standaardprocedure (EFSA, 2020; Tarazona, 2015). Bijvoorbeeld:

- Vanuit een voorzorgsprincipe als er onvoldoende informatie is om risico voldoende te beoordelen (Tarazona, 2015).
- Wanneer voldoende informatie aanwezig is, kan volgens Tarazona (2015) worden gekozen te beoordelen:
 - Vanuit een concept om vervuiling zoveel mogelijk te voorkomen
 - Vanuit een concept van ecologische drempelwaarden
 - Vanuit een concept van ecologische herstelwaarden
 - Vanuit een concept van vermindering van biodiversiteit

Het feit dat er een discussie is rondom een risicobeoordeling waarin breder wordt gekeken naar ecosystemen, onderstreept dat er wetenschappelijke kennis is, dat de huidige standaardbenadering met de risicofactor onvoldoende de link maakt met risico's voor wat betreft de levering van ecosysteemdiensten door (agro)-ecosystemen.

Effecten individuele stoffen versus een mogelijke cocktail

Risicobeoordeling van stoffen, met als doel te beoordelen of ze voldoende veilig zijn om te gebruiken, wordt gedaan met individuele stoffen, waarbij ook wordt gekeken naar mogelijke bioactieve metabolieten van die stoffen. Diverse studies geven een indicatie dat in krachtvoer, mest en bodem vrijwel altijd combinaties van stoffen worden aangetroffen (o.a. Wohde et al. 2016; Buijs en Samwel-Mantingh, 2019; Geissen et al. 2021). *In de risicobeoordeling wordt echter niet gekeken naar mogelijke effecten van combinaties van stoffen.* Het is dus onduidelijk of een residu van een bepaalde stof, in combinatie met de aanwezigheid van (geaccumuleerde) residuen van andere stoffen, nog steeds hetzelfde risico met zich meebrengt. Ook de aanwezige synergisten, die het effect van insecticiden versterken, kunnen bij een combinatie van verschillende stoffen onverwachte effecten

¹⁷ Ecosysteemdiensten: baten die de levende natuur de mens oplevert. Dat kunnen dan drie soorten diensten zijn: voorzienende, zoals het leveren van schoon drinkwater, regulerende zoals natuurlijke plaagbestrijding en culturele ecosysteemdiensten. F.R. Veeneklaas (2012)

hebben. Bij het bepalen van ecologische *risico's* is het daarom van belang te kijken naar de effecten van combinaties van aanwezige hoofdbestanddelen, omzettingsproducten als ook eventuele metabolieten van biociden, veterinaire geneesmiddelen en andere stoffen die biologisch actieve residuen kunnen opleveren (o.a. Lamshöft et al. 2010).

Bijlage 1.3 Vaststellen van residu-concentraties

In de in 4.1 beschreven verspreidingsroute van residuen van gewasbeschermingsmiddelen door het melkveebedrijf heen, worden verschillende onderdelen van de route benoemd, en daarmee ook verschillende matrices waarvan residu-concentraties geanalyseerd zijn. De gerapporteerde analyses betreffen monsters van ruw- en krachtvoerders, van mest, bloed, faeces en urine, van de bodem, en van dieren (regenwormen, vogels). Voor al deze matrices is het allereerst belangrijk om op een representatieve manier homogene monsters te nemen, met voldoende herhalingen. Daarnaast is het van belang dat het laboratorium bij extractie rekening houdt met het type matrix dat het betreft.

Analyses van residuen zullen over het algemeen uitgevoerd worden door geaccrediteerde laboratoria, die beschikken over detectiemethoden waarmee relevante concentraties met een voldoende nauwkeurige limit of detection (LOD) en limit of quantification (LOQ) bepaald kunnen worden, waarbij het onderscheid tussen de LOD en de LOQ duidelijk weergegeven is. Waarden die tussen de LOD en de LOQ vallen, kunnen in principe niet gekwantificeerd worden, of alleen met een duidelijke verklaring dat het geschatte waarden betreft. Behalve de LOD en de LOQ zou er ook nog een detection limit (DL) gegeven kunnen worden. Hiermee wordt een aanwezigheid aangegeven, maar gehalten zijn zo laag, dat er geen uitspraken over de concentratie gedaan kan worden.

Bij laboratoria worden methoden over het algemeen gestandaardiseerd. Deze standaardisatie wordt bij gewasbeschermingsmiddelen gedaan met een "spike", waarmee de recovery getest kan worden. Bij een onvoldoende recovery van de spike wordt de analyse herhaald (persoonlijke communicatie Khalid Bensbaho, Eurofins ZVL).

Tenslotte is het gewenst transparantie na te streven, zowel in de methode van monsternamen als in de analysemethoden. Dit geldt zeker in geval van een aanpassing van de analysemethode, bijvoorbeeld voor een efficiëntieslag of bij het verlagen van de LOQ. Een goed begrip van de toegepaste methoden helpt bij het inschatten van de kwaliteit van de opgeleverde analyseresultaten en vergemakkelijkt het gebruik van de data, bijvoorbeeld voor vervolgonderzoek.

Bijlage 2. Overzicht van aangetroffen chemische middelen en hun registratie.

Tabel 11. Overzicht van aangetroffen chemische middelen en hun registratie in gewasbeschermingsmiddel, biocide, (dier)geneesmiddel, industriële stof of overige middelen in Europa. Middelen die toegelaten zijn in de verschillende databases, worden aangeduid met 'ja'. Middelen die niet in de databases teruggevonden zijn, worden aangeduid met 0. H=herbiciden, PGr = plantengroeieregulator, I = insecticiden, Av = aviciden, F=fungiciden, B = biociden, A = acariciden, AH = anti-helminthic, S=synergist.

Toegelaten / geregistreerd als					
	Type	Gewasbescherming smiddel	Biocide	(dier)genees middel	Overige
2-4D	H	Ja	0	0	
6-benzyladenine	PGr	Ja	0	0	
Alphacypermetrin	I	0	Ja	0	
Antraquinon	Av	0 (tot 2008)	0	0	Industrieel
Azoxystrobin	F	Ja	0	0	
BAC12	B	0	0	0	Desinfecteermid del melkleiding
BAC14	B	0	0	0	Desinfecteermid del melkleiding
Benzovindiflupyr	F	Ja	0	0	
Bifenthrin	I	0 (tot 2009)	0 (tot 2013)	0	
Bifenyl		0	Ja	0	Industrieel
Bixafen	F	Ja	0	0	
Boscalid	F	Ja	0	0	
Carbendazim	F	0 (tot 2007)	0 (tot 2016)	0	
Chloorprofam	H	Nee (opgebruik tot 2020)	0	0	
Chlorothalonil	F	0 (tot 2019)	0 (tot 2021)	0	
Chlorpyrifos	I	0 (tot 2019)	0 (tot 2007)	0	
Cyfluthrin	I	0 (tot 2007)	0 (tot 2018)	0	
Cypermethrin	I	Ja	0	Ja	
Cyromazine	I	0	Ja (vooralsnog)	0	
DEET	I	0	Ja (humaan gebruik)	0	

DDAC	B	0	Ja	0	
Deltamethrin	I	Ja	Ja	Ja	
Dichlofluanid	F	0	0 (tot 2018)	0	
Dichlorprop	H	0	0	0	
Dichlofos	I, A	0	0	0	
Difenoconazole	F	Ja	0	0	
Difenyl	F	0	Ja	0	Industrieel
Endosulfaan	I, A	0	0	0	
Epoxiconazole	F	0 (tot 2020)	0	0	
Fenitrothion	I	0 (tot 1999)	0 (tot 2004)	0	
Fluazifop (2-buthyl)	H	Ja	0	0	
Fluopyram	F	Ja	0	0	
Fluroxypyr	H	0 (tot 1999)	0	0	
Fluroxypyr-meptyl	H	Ja	0	0	
Fthalamide (folpet)	F	Ja	Ja	0	Industrieel
Fludioxonil	F	Ja	0	0	
Flumethrin	I	0	0	Ja	
Fluxapyroxad	F	Ja	0	0	
Glyfosaat	H	Ja	0	0	
Haloxyfop	H	0 (tot 2020)	0	0	
Imidacloprid	I	Nee (tot 2020)	Ja	Ja	
Ivermectine	AH, I	0	0	Ja	
Lambda- Cyhalothrin	I	Ja	0	0	
Lindane	I	0 (tot 1999)	0	0	
Malathion	I, A	0 (tot 2007)	0	0	
MCPA	H	Ja	0	0	
Mecoprop-P	H	Ja	0	0	
Metamitron	H	Ja	0	0	
Metazachlor	H	Ja	0	0	
Metconazole	F, PGr	Ja	0	0	
Methiocarb	Av., I	0 (tot 2020)	0	0	
Permethrin	I	0 (tot 2000)	0 (tot 2020)	Ja	
Phenmedipham	H	Ja	0	0	
Piperonyl butoxide	S	0 (tot 2014)	Ja	Ja	

Pirimiphos-methyl	I, A	Ja	0	0
Prochloraz	F	Ja	0	0
Prosulfocarb	H	Ja	0	0
Protioconazole	F	Ja	0	0
Spirodiclofen	A, I	Nee (tot 2020)	0	0
Spiroxamine	F	Ja	0	0
Tebuconazole	F	Ja	Ja	0
Tefluthrin,	I	Ja	0	0
Tolyfluanid	F	0 (tot 2008)	0 (tot 2018)	0
Thiabendazole	F	Ja	Ja	0

Toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden uit database Ctgb ([CTGB Toelatingen](#)), diergeneesmiddelen uit de diergeneesmiddeleninformatiebank van het College ter Beoordeling van Geneesmiddelen (<https://www.diergeneesmiddeleninformatiebank.nl>) en de eventueel industrieel gevormde middelen zijn overgenomen uit de memo "Duiding van de herkomst van stoffen aangetroffen in Drentse Natura 2000 gebieden" uit 2020 (RIVM, in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat).

Bijlage 3. Gedetecteerde pesticiden, types, frequenties, concentraties en bronnen.

Uit: Walorczyk en Drozdzyński (2012)

Pesticide	Type	Aantal detecties	Concentratie range (mg/kg)	Gemiddelde concentratie (mg/kg)	Bronnen
<i>Pirimiphos-methyl</i>	Insecticide/ acaricide	92	<0.01-3.44	0.29	Malt, konijnenvoer, mengvoer, ganzenvoer, rogge graan, tarwe graan, triticale graan, gerst graan, haver, tarwezemel, graan-boon mengsel, roggezemel, lijnzaad
<i>Deltamethrin</i>	Insecticide	36	0.012-1.56	0.11	Malt, tarwe graan, gerst graan, rogge graan, roggezemel
<i>Tebuconazole</i>	Fungicide	29	<0.01-0.090	0.02	Ganzenvoer, triticale graan, tarwegraan, tarwezemel, gerst graan, rijst, rapzaad, rogge graan, voedingsgisten
<i>Chlorpyrifos-methyl</i>	Insecticide	10	<0.01-0.137	0.05	Mengvoer, malt, tarwezemel, konijnenvoer, bierborstel
<i>Epoxiconazole</i>	Fungicide	5	<0.01-0.014	0.001	Tarwe graan, rogge graan, gerst graan
<i>Azoxystrobin</i>	Fungicide	4	<0.01-0.019	0.001	Gerst graan, voedingsgisten
<i>Boscalid</i>	Fungicide	4	0.01-0.019	0.001	Gerst graan, voedingsgisten
<i>Malathion</i>	Insecticide/ aracide	4	0.022-0.622	0.21	Rogge graan, gerst graan, tarwe graan
<i>Bifenthrin</i>	Insecticide/ aracide	3	0.016-0.203	0.08	Malt, gerst graan
<i>ΣDDT</i>	Insecticide/ aracide	3	0.01-0.067	0.04	Rogge graan, tarwe graan, tarwezemel
<i>Dichlofos</i>	Insecticide/ aracide	3	0.102-0.342	0.2	Malt, rogge graan
<i>Cypermethrin</i>	Insecticide/ aracide	2	0.063-0.11	0.09	Malt, tarwe graan
<i>Carboxin</i>	Fungicide	2	0.058-0.445	0.25	Tarwe graan
<i>Prochloraz</i>	Fungicide	2	0.014-0.019	0.02	Gerst graan, tarwe graan
<i>Propiconazole</i>	Fungicide	2	0.033-0.037	0.04	Tarwe graan, rijst
<i>Pyraclostrobin</i>	Fungicide	2	<0.001-0.011	0.01	Voedingsgisten
<i>Chlorpyrifos</i>	Insecticide/ aracide	1	0.082	0.082	Gerst graan
<i>Cyproconazole</i>	Fungicide	1	0.03	0.03	Tarwe graan
<i>Difenoconazole</i>	Fungicide	1	0.01	0.01	Rijst
<i>Diphenylamine</i>	Fungicide	1	0.053	0.053	Ganzenvoer
<i>Fludioxonil</i>	Fungicide	1	0.052	0.052	Gerst graan
<i>Flusilazole</i>	Fungicide	1	0.022	0.022	Gerst graan
<i>Flutriafol</i>	Fungicide	1	0.022	0.022	Tarwe graan
<i>Triticonazole</i>	Fungicide	1	0.1	0.1	Gerst graan

Bijlage 4. Geïdentificeerde mogelijke kennislacunes, onderverdeeld naar routeonderdeel.

Tabel 12. Mogelijke kennislacunes per route-onderdeel: aanvoer in krachtvoerders

	Route-onderdeel	Mogelijke kennislacunes
1	Gebruik van middelen tijdens (internationale) teelt	Ondanks dat toelating en gebruiksvoorschriften per middel zijn opgesteld, is er geen sluitend inzicht in de tijdens de teelt gebruikte gewasbeschermingsmiddelen per krachtvoergrondstof. Hierdoor is het maar beperkt mogelijk inschattingen te maken van mogelijke typen en hoeveelheden residuen welke aanwezig kunnen zijn op krachtvoergrondstoffen.
2	Voorspelling gehalten in oogstbare delen	Ondanks beschikbare fundamentele kennis over de factoren van planten, bodem en gewasbeschermingsmiddelen die de opname en het transport van de stoffen in planten beïnvloeden, is nog niet mogelijk om de opname en residugehalten in oogstbare delen - die voor veevoer worden gebruikt - te voorspellen. Meer inzicht in opname van residuen door de plant kan bijdragen aan een beter beeld van de hoeveelheid residuen die in krachtvoergrondstoffen terecht kan komen.
3	Verwerking	In de (grijze) literatuur is een tabel beschikbaar met verwerkingsfactoren voor gewasbeschermingsmiddelen in voederverwerking. Geeft deze voldoende weer wat er gebeurt met in de grondstof aanwezige gewasbeschermingsmiddelen tijdens de productie van voer? In deze tabel wordt rekening gehouden met delen van planten die in veevoer terecht komen. Er is voor zover bekend geen informatie over afbraak en verdwijning als gevolg van verwerkingsprocessen.
4	Transport	Het gebruik van ontsmettingsmiddelen en conserveringsmiddelen kan mogelijk bijdragen aan de mate waarin chemische middelen in krachtvoergrondstoffen terecht komen. Inzicht in het gebruik (soort en hoeveelheden) van de chemische middelen om vaat en bederf tijdens transport te voorkomen, is van belang voor het inschatten van de hoeveelheid middelen die uiteindelijk in krachtvoer terecht komen.
5	Opslag	Tijdens de opslag van krachtvoerders (en grondstoffen) worden gewasbeschermingsmiddelen mogelijk (deels) omgezet, maar er is geen literatuur bekend over de verdwijning, halfwaardetijd en eventueel gevormde metabolieten tijdens opslag. Meer kennis hiervan kan bijdragen aan inzicht in de residuen die uiteindelijk in krachtvoer achterblijven.
6	Krachtvoerders*	De hoeveelheid en soort aanwezige residuen in (geïmporteerde) veevoergrondstoffen is grotendeels onbekend, evenals de variatie van de residuen in veevoergrondstoffen. Interne normen die door de veevoerindustrie worden gehanteerd zijn niet openbaar en is het niet duidelijk hoe hierop wordt toegezien. Meer inzicht in de werkelijke hoeveelheid residuen van gewasbeschermingsmiddelen in krachtvoergrondstoffen en andere voeders kan helpen bij de inschatting in welke mate deze residuen in krachtvoer zitten en vervolgens in de verdere keten van het melkveebedrijf terecht zouden kunnen komen.
7	Krachtvoerders	Sommige stoffen worden niet gemeten, omdat ze buiten de (goedkopere) standaardmethoden vallen, waardoor risico's op aanwezigheid onderschat kunnen zijn.
8	Stro en hooi	Hoe snel worden gewasbeschermingsmiddelen in stro afgebroken en wordt dit versneld door opmenging tot ruige mest. Hoeveel van de in stro aanwezige middelen komen er uiteindelijk als vaste mest op het land terecht.

*Prioritering: route-onderdelen met * hebben –naar eigen inschatting- prioriteit voor verder onderzoek/kwantificering. Hiermee komt er -stuurbaar- zicht op maatregelen voor ecosysteemdiensten.

Tabel 13. Mogelijke kennislacunes per route-onderdeel : residuen in koe en mest

	Route-onderdeel	Mogelijke kennislacunes
9	Dier*	Uit de wetenschappelijke literatuur blijkt dat insecticiden uit de pyrethroiden groep niet in het lichaam afgebroken worden, maar grotendeels weer via faeces of urine uitgescheiden worden. Het is niet zeker of verschillende insecticiden uit verschillende groepen (zoals keto-enolen) zich op vergelijkbare wijze in het dier gedragen qua opname in het lichaam, omzetting in de organen en snelheid en verdeling van excretie in faeces en urine. Voor fungiciden en herbiciden is er nog veel minder bekend over het gedrag van de middelen in het dier. Meer inzicht in de opname en afbraak van residuen van verschillende soorten gewasbeschermingsmiddelen in vee kan helpen bepalen hoeveel residuen er uiteindelijk in de mest en op het land terecht zullen komen.
10	Mest*	De herkomst (en route door het melkveebedrijf) van de gevonden chemische stoffen – waaronder residuen van gewasbeschermingsmiddelen - in mest kan niet eenduidig terug gebracht worden naar het krachtvoergebruik als bron. Mogelijk zijn er tevens alternatieve aanvoerbronnen zoals het gebruik van biociden in de stal of mestkelder. Meer inzicht in de aanvoerbronnen van chemische stoffen anders dan gewasbeschermingsmiddelen kan helpen te bepalen wat de bijdrage van residuen van gewasbeschermingsmiddelen op de totale aanvoer van chemische stoffen is.
11	Mest*	Er is weinig informatie over concentraties van gewasbeschermingsmiddelen in mest. Meer onderzoek naar voorkomende concentraties zou meer inzicht geven in mogelijke vervolgeffecten binnen de verspreidingsroute van het melkveebedrijf..
12	Mest	Uit de literatuur blijkt dat chemische stoffen uit biociden, diergeneesmiddelen en gewasbeschermingsmiddelen in mest onderhevig kunnen zijn aan afbraak en omzettingen. Er is onvoldoende kennis om duidende uitspraken te doen over de verwachte omzetting van verschillende residuen in verschillende soorten mest.
13	Mest	Hoe homogeen gewasbeschermingsmiddelen verdeeld zijn over de drijfmestopslag (bezinken, drijven, gebonden aan bepaald chemische stoffen) is onbekend. Meer inzicht in de homogeniteit van de verdeling van chemische stoffen in de mestkelder kan helpen inschatten of er bij uitrijden van de mest sprake kan zijn van piekconcentraties met verhoogde risico's voor o.a. bodem- en mestfauna.
14	Mest	Uit wetenschappelijk onderzoek naar pyrethroiden in weidemest is gebleken dat deze nauwelijks verdwijnen uit de mest. Het is onduidelijk hoe snel andere middelen uit weidemest verdwijnen. Bovendien is er voor zover bekend, beperkt onderzoek gedaan naar omzettingen van residuen van (drijf)mest in een opslag. Meer onderzoek naar de persistentie van chemische middelen (waaronder insecticiden) in weidemest en urine kan helpen bij de inschatting hoe lang effecten van eventueel aanwezige middelen in de mest door kunnen werken, nadat de mest op het land gedeponeerd is.

*Prioritering: route-onderdelen met * hebben –naar eigen inschatting- prioriteit voor verder onderzoek/kwantificering. Hiermee komt er -stuurbaar- zicht op maatregelen voor ecosysteemdiensten.

Tabel 14. Mogelijke kennislacunes per route-onderdeel : residuen op en in de bodem en oppervlakte- of grondwater

	Route-onderdeel	Mogelijke kennislacunes
15	Bodem	De werkelijke blootstelling aan residuen in een bodem is maar beperkt in te schatten, wegens een gebrek aan metingen en / of kennis van diverse factoren. Hierdoor is er onzekerheid te verwachten rondom geschatte residuconcentraties. Nadat residuen op de bodem terecht zijn gekomen, maken diverse bodem- en stoffeigenschappen, inclusief de heterogeniteit van de bodem en het aanwezige bodemleven, dat de werkelijke blootstelling aan residuen per situatie specifiek is. Meer inzicht in de feitelijke verdeling van residuen van gewasbeschermingsmiddelen uit mest in de bodem kan bijdragen aan een inschatting van effecten van uitgereden drijfmest op residuconcentraties en blootstellingen in een bodem
16	Bodem*	Voor het bepalen van het zogenoemde Verwaarloosbaar Risico (VR) van een gebruikt middel in een teelt, wordt aangenomen dat deze zich homogeen verdeelt in bovenste 10 cm van de bodem. Voor het inschatten van de residuconcentratie welke via mest in de bodem terecht komt, is deze benadering ook toegepast in eerdere studies. Echter, omdat drijfmest in/op sleufjes wordt aangebracht en mest en urine van weidende koeien in flatten op de bodem terecht komt, mag verwacht worden dat in elk geval direct na het aanbrengen van de mest op de bodem, lokale residuconcentraties ca. 4 tot 30 keer zo hoog zijn dan bij een volveldse verspreiding en zich <i>niet</i> op korte termijn homogeen verspreiden. Meer inzicht in de verdeling van de residuen uit drijfmest in de bodem, is gewenst om de werkelijke blootstelling aan deze residuen in te kunnen schatten en de effecten hiervan voor o.a. het bodemleven te kunnen duiden.
17	Water	Voor zover bekend is er nagenoeg geen onderzoek gedaan naar in- en afspoeling van residuen uit mest richting sloot- en grondwater, welke veelal een drinkwaterbron zijn voor koeien, een waterbron is voor gewassen en van belang zijn voor sommige insecten soorten. Het is daarmee onbekend in welke mate residuen via sloot- en grondwater in de kringloop van een melkveebedrijf kunnen blijven, en daardoor eventueel kunnen accumuleren en recirculeren.
18	Water	Het is onbekend wat hoge en fluctuerende grondwaterstanden of bodemvochtgehalten betekenen voor de verdeling van residuen in de bodem en wat dit vervolgens betekent voor risico's op ecosysteemniveau voor zowel de bodem, de sloot of greppel en de overgangszones daartussen. Nattere gronden en met name veenweiden zijn een belangrijke weidevogelhabitat. De beschikbaarheid van insecten voor weidevogels hangt samen met de toxiciteit van residuen in de bodem, sloot of greppel en de overgangszones daartussen.

*Prioritering: route-onderdelen met * hebben –naar eigen inschatting- prioriteit voor verder onderzoek/kwantificering. Hiermee komt er -stuurbaar- zicht op maatregelen voor ecosysteemdiensten.

Tabel 15. Mogelijke kennislacunes per route-onderdeel : opname residuen in het bodemleven, mestfauna en bovengrondse ongewervelden

	Route-onderdeel	Mogelijke kennislacunes
19	Bodemfauna	Er is op basis van wetenschappelijke literatuur een relatief beperkt inzicht in effecten van verschillende concentraties aan residuen op de aanwezigheid van bodem micro-, meso- en macrofauna nabij uitgereden drijfmest en mestflatten, op zowel een kortere als langere termijn. Wat zijn bijvoorbeeld zijdelingse effecten van fungiciden en biociden op het bodemvoedselweb? In hoeverre zal er een relevante verschuiving optreden, en is de verschuiving tijdelijk of van langere termijn
20	Mestfauna	Kunnen vliegen en mestkevers gebruik maken van de drijfmest die machinaal op het land aangebracht wordt, door het te gebruiken als broedplaats, of zal de mest sneller verdwijnen dan weidemestflatten en daardoor minder insecten leveren. Inzicht in het gebruik van drijfmestsleuven als mogelijke broedplaats voor insecten, geeft aan in hoeverre de beoordeling van residuconcentraties in onverdunde drijfmest van belang is voor een risicobeoordeling voor mestfauna
21	Bovengrondse fauna*	In de literatuur zijn geen kwantitatieve effecten bekend van aanwezigheid van residuen van gewasbeschermingsmiddelen in mestflatten, onder urineplekken en rond drijfmestsleuven op de aanwezigheid en overlevingskansen van kevers, vliegen, regenwormen en ander bodemleven in de nabije omgeving. Vraag is wat de verschillen zijn tussen deze drie typen (mestflat, urineplek, drijfmest) in verspreiding en daarmee samenhangende effecten. Meer inzicht in de verspreiding van de verschillende types mest kan helpen bij de beoordeling van de risico's van de aanwezige residuen in faeces, urine en drijfmest.
22	Dier	Uit de wetenschappelijke literatuur blijkt dat veel chemische stoffen uit diergeneesmiddelen vrijwel volledig en onveranderd in de mest terecht komen. Dit geldt zowel voor orale middelen als voor pour-on middelen. Wordt een middel dat via krachtvoer door het dier opgenomen wordt (relatief constante toediening) in gelijke mate uitgescheiden als veterinaire middelen (piekbelasting)? En zijn de concentraties dan hoog genoeg om effecten op overleving van insecten te sorteren?
23	Mestfauna*	In wetenschappelijke literatuur zijn negatieve effecten beschreven van het gebruik van specifieke veterinaire middelen bij koeien op de aanwezigheid van mestfauna in mestflatten. Het is onbekend of de concentraties die in mest op de Nederlandse melkveehouderij aanwezig kunnen zijn, soortgelijke effecten kunnen sorteren. Bovendien is er beperkt inzicht in de effecten van sub-lethale doses aan insecticiden en andere gewasbeschermingsmiddelen op bodem- en mestfauna (zoals motoriek en ontwikkeling van larven). Meer inzicht in de mogelijke effecten van verschillende soorten residuen van gewasbeschermingsmiddelen <i>aanwezig in mest</i> op insecten kan helpen beredeneren wat voor consequenties het gebruik van middelen voor de Nederlandse mestfauna heeft.

*Prioritering: route-onderdelen met * hebben –naar eigen inschatting- prioriteit voor verder onderzoek/kwantificering. Hiermee komt er -stuurbaar- zicht op maatregelen voor ecosysteemdiensten.

Tabel 16. Mogelijke kennislacunes per route-onderdeel : effecten op weidevogels

	Route-onderdeel	Mogelijke kennislacunes
24	Weidevogels	Uit de wetenschappelijke literatuur blijkt dat verschillende weidevogels verschillende voedingspatronen hebben, maar allemaal deels afhankelijk zijn van insecten en/of bodemleven als voedselbron. Weidevogelkuikens hebben grote hoeveelheden prooien per dag nodig. Onvoldoende <i>beschikbaarheid</i> van deze prooien betekent een verminderd voedselaanbod. Vraag is in hoeverre kuikens direct en indirect afhankelijk zijn van mestfauna om te foerageren, of er alternatieven zijn en welke dat zijn. Meer inzicht in het foerageergedrag van weidevogelkuikens kan helpen beredeneren welk effect een verminderde insectenpopulatie uiteindelijk kan hebben op de weidevogelstand. Daarnaast is meer inzicht nodig in de oorzaken van de wereldwijde en Nederlandse afname van insecten om in te kunnen schatten wat de mogelijke rol van residuen in mest op de beschikbaarheid van insecten en andere prooien voor weidevogels is.
25	Weidevogels	Wat zijn mogelijk te verwachten <i>hoeveelheden</i> van residuen welke kunnen accumuleren in de verschillende prooidieren, op de voedselbeschikbaarheid van weidevogels? Meer inzicht in de mogelijke accumulatie van chemische stoffen in insecten kan helpen beredeneren of deze stoffen ook accumuleren in weidevogels en daar effecten kunnen sorteren, bijvoorbeeld door effecten op vruchtbaarheid of gezondheid.
26	Weidevogels*	Uit de verschillende onderdelen van de residu-route van gewasbeschermingsmiddelen kan vastgesteld worden dat er wel residuen in het voer terecht kunnen komen, en ook dat hoge gehalten in de mest een effect op het overleven van mestfauna kunnen sorteren, ook al is deze route maar deels te traceren. Meer inzicht in de herkomst van chemische middelen in de mest en de concentraties van de middelen in de mest, is echter noodzakelijk om meer duidende uitspraken te kunnen doen over de effecten van residuen van gewasbeschermingsmiddelen in krachtvoer op insecten en andere fauna die dienen als voedsel voor weidevogels.

*Prioritering: route-onderdelen met * hebben –naar eigen inschatting- prioriteit voor verder onderzoek/kwantificering. Hiermee komt er -stuurbaar- zicht op maatregelen voor ecosysteemdiensten.

Bijlage 5. Geconsulteerde experts.

Tijdens het onderzoek zijn er verschillende experts geconsulteerd. Opgedane kennis en informatie is verwerkt in het rapport.

Datum	Expert	Verbonden aan	Thema
28 juni 2021	Jelmer Buijs	Buijs Agro-services	Achtergronden onderzoek bestrijdingsmiddelen op veehouderijbedrijven
30 juni 2021	Ivo Roesink	WEnR	Toegepaste methoden bij duiding rapport Buijs
30 juni 2021	Menno Thomas	Zetadec / WUR	Import grondstoffen
2 september 2021	Maarten Klunder	Ctgb	Achtergronden duiding rapport Buijs door Ctgb en werkwijze van Ctgb bij toelating middelen
14 september 2021	Khalid Bensbaho	Eurofins ZVL	Analysesmethoden, verhogen nauwkeurigheid, gebruik matrices, standaarden