

Aan  
De Minister van Landbouw,  
Natuur en Voedselkwaliteit  
Postbus 20401  
2500 EK Den Haag

TCB A054(2009)

Den Haag, 23 december 2009

Betreft: advies Nieuwe verontreinigingen in de bodem van het landelijk gebied

Mevrouw de Minister,

De TCB kreeg van u, mede namens de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, het verzoek te adviseren over nieuwe verontreinigingen in de bodem van het landelijk gebied<sup>1</sup>. De ministeries van LNV en VROM onderschrijven het belang van een gezonde en schone bodem. Vanuit dit belang voor natuur en landbouw vraagt u welke nieuwe verontreinigingen volgens de TCB het meest relevant zijn als het gaat om de bodem in het landelijk gebied. Bodem en grondwater verdienen volgens de adviesaanvraag extra aandacht vanwege ophoping van stoffen en lange termijn effecten.

#### INLEIDING

U vraagt welke verontreinigingen de TCB als meest relevant identificeert en wat de mogelijke effecten zijn van deze verontreinigingen op voedselkwaliteit, gezondheid van ecosystemen en gezondheid van de mens. Verder vraagt u naar de mate waarin verontreinigingen aanwezig zijn in bodem en grondwater en naar de (snelheid van) verspreiding. Tot slot wordt de TCB gevraagd naar de meest zinvolle vervolgacties, de meest urgente onderzoeksaanbevelingen en de gebieden in Nederland waar gemeten zou moeten worden.

De TCB beantwoordt in dit advies de vragen over de meest relevante verontreinigingen, doet onderzoeksaanbevelingen en geeft een indicatie van de nieuwe verontreinigingen die gemeten zouden moeten worden. De overige vragen worden in dit advies niet beantwoord omdat er op dit moment te weinig kennis aanwezig is en het een uitgebreid onderzoeksprogramma vergt om deze vragen te beantwoorden. Specifiek gaat het om de vragen over de mogelijke effecten van nieuwe verontreinigingen, over de inschatting ten aanzien van de mate van aanwezigheid van deze stoffen in bodem en grondwater en over de snelheid van verspreiding naar het grondwater. Ook de vragen

---

<sup>1</sup> Kenmerk DP. 2008/1405, zie bijlage 1.

over de gebieden waar de grootste risico's zijn te verwachten en in welke gebieden gemeten zou moeten worden, worden daarom in dit advies niet beantwoord.

#### LEESWIJZER

De TCB richt zich in het eerste deel van dit advies op het beantwoorden van de vraag welke verontreinigingen de TCB relevant acht. In het tweede deel van het advies doet de TCB aanbevelingen voor nader onderzoek en voor methoden waarmee nieuwe verontreinigingen in een vroeg stadium kunnen worden gesignaleerd.

Dit advies is gericht op stoffen die in bodem en grondwater in het landelijk gebied kunnen voorkomen. Er zijn weinig gegevens beschikbaar over het voorkomen van nieuwe verontreinigingen in de bodem. Daarom wordt ook aandacht besteed aan het voorkomen van nieuwe verontreinigingen in andere media, zoals bijvoorbeeld oppervlaktewater, omdat deze belangrijk kunnen zijn voor de verspreiding naar bodem en grondwater.

#### NIEUWE VERONTREINIGINGEN

Voor de term 'nieuwe verontreinigingen', in het Engels aangeduid als *emerging substances*, worden verschillende definities gehanteerd. De Tweede Kamer<sup>2</sup> hanteert de term 'nieuwe stoffen' voor stoffen waarvoor (nog) geen milieunormen beschikbaar zijn, maar die wel van invloed kunnen zijn op de ecologische en chemische toestand van het water.

Het EU-project *Network of reference laboratories for monitoring emerging environmental substances, NORMAN*, hanteert de volgende definitie: '*Emerging pollutants*' can be defined as pollutants that are currently not included in routine monitoring programmes at the European level and which may be candidates for future regulation, depending on research on their (eco)toxicity, potential health effects, public perception and on monitoring data regarding their occurrence in the various environmental compartments<sup>3</sup>.

Volgens De Voogt<sup>4</sup> heeft het begrip *emerging* vooral betrekking op 'nieuwe stoffen die figuurlijk komen bovendrijven, waarbij nieuw kan staan voor zowel stoffen die wij nog niet zo lang gebruiken, als stoffen die weliswaar al tientallen jaren in gebruik zijn, maar waarvan de aanwezigheid in ons milieu pas heel kort geleden is ontdekt'. Hier wordt door De Voogt nog aan toegevoegd dat *emerging* ook de nieuwe eigenschappen van deze stoffen omvat, bijvoorbeeld dat deze stoffen beter in water oplosbaar zijn dan de klassieke stoffen, daardoor beter in water achterblijven, mobieler zijn en ook moeilijker uit water te verwijderen zijn.

Uit deze beschrijvingen blijkt een glijdende schaal in de definitie van 'nieuw' in termen van regulering die loopt van de situatie dat 'stoffen niet routinematig worden gemeten' via 'stoffen waarvoor (nog) geen normen bestaan' tot stoffen die zijn komen 'bovendrijven'. Er kan een lange periode zitten tussen het moment dat stoffen in de belangstelling staan en het moment dat een norm voor een stof wordt vastgesteld of routinematig wordt gemeten. In dit advies gaat de TCB uit van nieuw in de betekenis van stoffen waarvoor (nog) geen milieunormen beschikbaar zijn. Het al

---

<sup>2</sup> Tweede Kamer, vergaderjaar 2003-2004, 28 808, nr. 12.

<sup>3</sup> [www.norman-network](http://www.norman-network).

<sup>4</sup> De Voogt, P. 2009. Schoonheid in water, Vossiuspers UvA, oratie 329, Amsterdam.

of niet beschikbaar zijn van een milieunorm is een redelijk objectief criterium. Overigens verwacht en vindt de TCB niet dat voor alle stoffen normen opgesteld dienen te worden.

Zoals al blijkt uit de beschrijving van De Voogt omvatten nieuwe verontreinigingen ook oudere stoffen. Deze stoffen kunnen dankzij ontwikkelingen in de analytische chemie nu wel worden gemeten terwijl dat een aantal jaren geleden niet kon. Daarnaast is er de groep van 'onbekende stoffen', stoffen waarvan wordt vermoed dat ze verantwoordelijk zijn voor toxische of andere schadelijke effecten die in mensen en dieren worden waargenomen<sup>5</sup>.

#### BELEID VOOR STOFFEN EN RELATIE MET VOORKOMEN IN HET MILIEU: TOELATINGSBELEID

Bij de introductie van nieuwe stoffen op de markt is voor bepaalde stofgroepen al langere tijd toelatingsbeleid van kracht, zoals de Gewasbeschermingsrichtlijn (91/414/EEG), de Biocidenrichtlijn (98/8/EG) en de Diergeneesmiddelenrichtlijn (2001/82/EG). Het toelatingsbeleid van stoffen volgens deze richtlijnen omvat onder andere een milieubeoordeling.

Het bestaan van toelatingsbeleid is geen garantie dat stoffen niet in verhoogde en/of schadelijke concentraties in het milieu voorkomen. Zo blijken bijvoorbeeld sommige toegelaten bestrijdingsmiddelen in oppervlaktewater toch het toelatingscriterium van het CTGB<sup>6</sup> te overschrijden, of de ecotoxicologische norm (MTR) voor bestrijdingsmiddelen<sup>7,8</sup>. Echter de grootste overschrijdingen worden gerapporteerd voor de drinkwaternorm<sup>9</sup>. Bestrijdingsmiddelen die niet (meer) zijn toegelaten in Nederland worden soms nog wel aangetroffen in Nederland. Voor een deel betreft het stoffen die in België en Duitsland wel zijn toegelaten. Ook is er volgens het Milieu- en Natuurplanbureau mogelijk sprake van illegaal gebruik van middelen<sup>10</sup>.

Andere redenen waarom stoffen die een toelatingsprocedure hebben doorlopen toch in normoverschrijdende gehalten in het milieu worden teruggevonden, kunnen zijn dat de aannamen die gedaan zijn in de beoordelingsprocedure niet overeen komen met de werkelijkheid of dat bepaalde middelen niet volgens de geldende voorschriften worden gebruikt. Ook is het een mogelijkheid dat actieve stoffen in een specifieke toepassing intensiever op een oppervlak bodem worden gebruikt of dat actieve stoffen ook in andere toepassingen worden gebruikt. De actieve stof wordt in zulke gevallen in grotere hoeveelheden toegepast dan vooraf verondersteld, wat leidt tot hogere concentraties in het milieu.

---

<sup>5</sup> Lahr, J. 2007. Nieuw verontreinigingen in de bodem; Een verkennende literatuurstudie naar de mogelijke risico's van hormoonverstoorders en diergeneesmiddelen, Alterra-rapport 1619, Alterra, Wageningen.

<sup>6</sup> College voor de Toelating van Gewasbeschermingsmiddelen en Biociden.

<sup>7</sup> [www.bestrijdingsmiddelenatlas.nl](http://www.bestrijdingsmiddelenatlas.nl), versie 13 maart 2008.

<sup>8</sup> Op één plek in Nederland werd voor 25 procent van het totaal aantal gemeten stoffen (in 2005-2006) het toelatingscriterium overschreden (zoals gehanteerd door het CTGB). Op ongeveer 20 plekken wordt het toelatingscriterium van het CTGB voor alle gemeten stoffen met 10-25 procent overschreden en op ongeveer 50 plekken zijn overschrijdingen te vinden tot 10 procent van dit criterium.

<sup>9</sup> Kwaliteitseisen van voor menselijke consumptie bestemd water volgens het Waterleidingbesluit: voor individuele bestrijdingsmiddelen 0,1 µg/l, voor de som van bestrijdingsmiddelen 0,5 µg/l en voor aldrin, dieldrin, heptachloor en heptachloorepoxide 0,03 µg/l.

<sup>10</sup> MNP, 2007 Milieubalans, Milieu- en Natuurplanbureau, rapportnummer 500081004, Bilthoven.

Sinds 1 juni 2007 is REACH<sup>11</sup> van kracht. Het doel van REACH, de Europese verordening voor registratie en toelating van chemische stoffen, is dat alle bedrijven in de toeleveringsketen van chemische stoffen (van producent tot distributeur en afnemer) zich ervan verzekeren dat productie, handel en gebruik op een zo veilig mogelijke manier plaatsvinden. Stoffen die in het kader van specifieke EU-regelgeving aan een beoordeling zijn onderworpen, zoals gewasbeschermingsmiddelen, biociden, geneesmiddelen en diergeneesmiddelen, zijn vrijgesteld van enkele belangrijke REACH-verplichtingen. Voor gewasbeschermingsmiddelen en biociden geldt dat de hierin toegepaste werkzame stoffen en co-formulanten<sup>12</sup> die volgens de Gewasbeschermingsrichtlijn of Biocidenrichtlijn zijn beoordeeld, worden beschouwd als geregistreerd volgens REACH. Voor geneesmiddelen en diergeneesmiddelen geldt dat de hierin toegepaste stoffen die volgens de Europese richtlijnen zijn beoordeeld, zijn vrijgesteld van de volgende REACH-verplichtingen: registratie, bepalingen voor de *downstream* gebruikers, beoordeling en autorisatie. Voor deze stoffen is het wel verplicht dat er informatie-uitwisseling plaatsvindt in de hele keten van fabrikant tot en met eindgebruiker. Voor geneesmiddelen en diergeneesmiddelen in de vorm van voor de eindgebruiker bestemde preparaten gelden de bovengenoemde vrijstellingen precies omgekeerd. Deze preparaten zijn vrijgesteld van informatie-uitwisseling, maar moeten wel voldoen aan de andere REACH-verplichtingen.

Zoals het eerdergenoemde voorbeeld van bestrijdingsmiddelen in oppervlaktewater aantoont, geeft toelatingsbeleid niet voldoende garantie om te voorkomen dat nieuwe verontreinigingen in het milieu en mogelijk ook in bodem terechtkomen. De REACH regelgeving vereist dat fabrikanten en importeurs de risico's van stoffen evalueren en dit doen voor elk gebruik van die stof dat bij hen bekend is. Het is op dit moment nog te vroeg om uitspraken te doen over de effectiviteit van deze verplichting en of dit een intensiever gebruik van stoffen kan voorkomen. Bovendien zijn er stoffen die niet onder REACH vallen. De TCB adviseert om extra maatregelen te laten opnemen in het toelatingsbeleid en/of het emissiebeleid die kunnen leiden tot het beperken van emissies en effecten van stoffen. Ook zouden activiteiten moeten worden opgezet die helpen bij het in een zo vroeg mogelijk stadium voorspellen en/of signaleren van relevante nieuwe verontreinigingen. Hiervoor worden in dit advies suggesties gedaan.

Dit advies volgt twee lijnen die in de toekomst ook naast elkaar kunnen worden ingezet. Enerzijds heeft de TCB op basis van *expert judgement* een risicobeoordeling uitgevoerd, uitgaande van bronnen en verspreidingswegen van verschillende stofgroepen. Op basis van deze risicobeoordeling is een aantal urgente nieuwe verontreinigingen geïdentificeerd. Deze beoordeling zou kunnen worden aangevuld met een risicobeoordeling op basis van de structuur van stoffen (QSAR<sup>13</sup>). Anderzijds doet de TCB aanbevelingen voor nader onderzoek en voor analyse- en meetmethoden die kunnen worden ingezet om nieuwe verontreinigingen in een vroeg stadium te signaleren.

---

<sup>11</sup> Registratie, Evaluatie, Autorisatie en beperking van Chemische stoffen (EC-verordening 1907/2006).

<sup>12</sup> Co-formulanten: stoffen of preparaten die worden gebruikt of bestemd zijn om te worden gebruikt in een gewasbeschermingsmiddel of hulpstof, maar die geen werkzame stoffen, beschermstoffen of synergistische middelen zijn.

<sup>13</sup> QSAR, *Quantitative structure-activity relationships*

In water (zowel grond- als oppervlaktewater) zijn tot nog toe meer metingen uitgevoerd van nieuwe verontreinigingen dan in bodem. Er zijn vrijwel geen resultaten bekend van chemisch-analytisch veldonderzoek naar de aanwezigheid van nieuwe verontreinigingen in bodem. Een uitzondering hierop vormt een SKB-onderzoek naar antibiotica in bodem, waarvan de resultaten recent beschikbaar zijn gekomen. Conclusie van dit *pilot*onderzoek is dat op de onderzochte akkers voor het uitrijden van mest iets hogere hoeveelheden resistentiegenen voorkwamen van een antibioticum (sulfonamiden) dan op de referentielocaties (nabij gelegen locaties, in ieder geval de laatste twee jaren niet bemest). Na bemesting is er een duidelijke toename van de hoeveelheden resistentiegenen op de bemeste locaties. Verder zijn in mest en grond van bemeste akkers antibiotica (tetracyclinen, sulfonamiden en quinolonen) aangetoond. Van de onderzochte antibiotica werden van de tetracyclinen (oxytetracycline en doxycycline) de hoogste concentraties teruggevonden in bodem (tot 0,7 µg/kg). Dit is te verklaren omdat tetracycline van de onderzochte antibiotica het sterkst bindt aan bodemdeeltjes. Geconcludeerd is dat het gezien het indicatieve karakter van deze studie niet mogelijk is om aan te geven in hoeverre sprake is van een mogelijk probleem voor dier- en volksgezondheid<sup>14</sup>.

Omdat er weinig kennis en informatie is over welke nieuwe verontreinigingen via de bodem de grootste risico's vormen, voor het ecosysteem en de mens, heeft de TCB een *expert judgement* uitgevoerd. Deze is uitgevoerd op basis van snel beschikbare informatie. Hier is geen uitgebreide literatuurstudie aan vooraf gegaan. De *formats* die zijn ontwikkeld voor het uitvoeren van de *expert judgement*, kunnen ook uitgangspunt zijn voor een diepgaande studie. Een dergelijke studie kan bijvoorbeeld door een onderzoeksinstituut worden uitgevoerd met gebruikmaking van meer gegevens en door fysisch-chemische eigenschappen en de structuur van stoffen bij de beoordeling te betrekken.

Alvorens de *expert judgement* te behandelen, wil de TCB benadrukken dat behalve de individuele effecten van de hier besproken stoffen ook de gecombineerde effecten van stoffen van belang zijn. De TCB heeft in verschillende publicaties gewezen op het belang van deze combinatietoxicologie, zowel voor het ecosysteem<sup>15</sup>, als voor de mens<sup>16</sup>. Ook moet het belang van de metaboliëten van verschillende stoffen niet uit het oog worden verloren.

De *expert judgement* van de TCB bestaat uit drie stappen. Ten eerste is een aantal stofgroepen geselecteerd. Ten tweede is een overzicht gemaakt van verschillende combinaties van bronnen en verspreidingsroutes (zie bijlage 2). Vervolgens is op basis van deze verspreidingsroutes door de TCB ingeschat welke stofgroepen in bodem en grondwater terecht kunnen komen en of aanwezigheid in bodem en grondwater van die stof kan leiden tot ecologische risico's en risico's voor de mens (zie bijlage 3).

Bij het uitvoeren van de *expert judgement* heeft de TCB kwalitatief of semikwantitatief gebruik gemaakt van een aantal criteria. De productie- of gebruiksvolumes van de stofgroepen vormden een belangrijk criterium. Een ander criterium is de mate waarin de stof direct op de bodem of in het

---

<sup>14</sup> SKB 2009. Antibiotica in de bodem; een *pilot* studie, SKB-rapportnummer PP8348, Gouda.

<sup>15</sup> TCB Advies Ecologische onderbouwing bodemnormstelling, A045(2008), Den Haag.

<sup>16</sup> TCB Advies Combinatietoxicologie voor de mens in Sanscrit, S72(2007), Den Haag.

grondwater terechtkomt. De TCB is ervan uitgegaan dat naarmate een stof via meer verschillende tussenstappen in bodem of grondwater terechtkomt, de hoeveelheid van die stof afneemt door verschillende processen (zoals afbraak, adsorptie, verdunning enzovoort). Via sommige van deze tussenstappen kunnen echter ook metabolieten worden gevormd die daardoor juist in hoeveelheid toenemen. Ook de grootte van het bodemoppervlakte waarop de stofgroepen terecht komen is een criterium.

Het resultaat van de *expert judgement* met bovengenoemde criteria is dat het het meest waarschijnlijk is dat diergeneesmiddelen een probleem vormen voor de bodem (zie bijlage 3). Argumenten hiervoor zijn de grote volumes aan diergeneesmiddelen die worden gebruikt<sup>17</sup> en de directe route naar de bodem na uitscheiding door vee of via het uitrijden van mest op akkers en weilanden. Het bovenbeschreven SKB-onderzoek naar antibiotica in bodem was kleinschalig. De TCB adviseert om grootschaliger onderzoek uit te voeren naar het voorkomen van diergeneesmiddelen in bodem en eventuele effecten hiervan op ecologie en op de mens.

Ook legt de TCB hoge prioriteit bij desinfectanten. Argument hiervoor is, in het geval van gebruik in de landbouw, de directe route naar de bodem na uitscheiding door vee of via het uitrijden van mest. Bovendien is deze groep stoffen gemaakt om bacteriën te bestrijden. Effecten op bodembacteriën zijn derhalve te verwachten. Er zijn geen gegevens bekend over het gebruik van desinfectanten in Nederland. De verwachting is dat het om grote hoeveelheden gaat. Gegevens over het gebruik van biociden, waaronder desinfectanten, die door de Europese Commissie zijn verzameld voor heel Europa ondersteunen dit vermoeden (zie bijlage 3). De TCB beveelt aan om gegevens over het gebruik van desinfectanten in Nederland te verzamelen.

Andere groepen stoffen waarvan de TCB de prioriteit hoog acht, zijn gewasbeschermingsmiddelen, geneesmiddelen voor de mens, oestrogen actieve stoffen, brandvertragers, detergents en perfluorverbindingen. Sommige van deze stofgroepen hebben een hoge prioriteit gekregen terwijl er weinig over bekend is. In die gevallen spelen verwachtingen over de hoeveelheden van het gebruik en de verspreidingsroutes een belangrijke rol bij de inschatting.

#### RISICOSCHATTING OP BASIS VAN STRUCTUUR

Aanvullend op bovenbeschreven schatting van belangrijke bronnen en verspreidingsroutes van stoffen zouden de risico's van nieuwe verontreinigingen uit bodem mede kunnen worden ingeschat op basis van de moleculaire structuur van stoffen. Bij deze inschatting zou ook rekening moeten worden gehouden met de metabolieten van de stoffen. De structuur van de stof kan mogelijk iets zeggen over de eigenschappen en effecten van de metabolieten. Bij deze inschatting kan gebruik worden gemaakt van *databases*<sup>18</sup>, die alle mogelijke wegen voor biologische afbraak van organische moleculen aangeven. Via deze databases kan van stoffen worden nagegaan of een molecuul kan

---

<sup>17</sup> In 2005 werden circa 500 ton veterinaire geneesmiddelen gebruikt in Nederland, waarvan 60 procent tetracyclines, 18 procent trimethoprim en sulfonamides, 11 procent cefalosporines en penicilines, 6 procent macrolides, 2 procent fluoroquinolonen, 2 procent aminoglycosiden en 1 procent overige (Fidin, 2006. antibioticarapportage 2005, Den Haag) (Fidin is de vereniging van producenten en importeurs van diergeneesmiddelen).

<sup>18</sup>Voorbeeld: *The University of Minnesota Biocatalysis/Biodegradation Database (UMBBDD)*, <http://umbdd.ahc.umn.edu/>.

worden gemetaboliseerd door micro-organismen. Als dit zo blijkt te zijn, dan is er een gedegen kans dat de stof in de natuur wordt omgezet.

#### METEN VAN NIEUWE VERONTREINIGINGEN

Nieuwe verontreinigingen zijn stoffen die nog relatief onbekend zijn, waar nog geen normen voor bestaan of waar nog weinig ervaring mee is opgedaan bij het uitvoeren van metingen. Ook kunnen effecten zijn waargenomen terwijl de veroorzakende stof(fen) (nog) onbekend zijn. Deze situaties vragen om andersoortige metingen dan de gebruikelijke chemische analyse- en meetmethoden.

Als men op zoek is naar nieuwe verontreinigingen, maar nog niet weet om welke stoffen het gaat, is het aan te bevelen een chemische *screening* uit te voeren welke stoffen in hoge concentraties in bodem en grondwater worden teruggevonden. Een andere mogelijkheid is om een dergelijke *screening* te combineren met biologische toetsen. Het voordeel van het gebruik van de combinatie van methoden is dat deze zowel informatie oplevert over de effecten van (combinaties van) stoffen op organismen, als over welke stoffen de effecten veroorzaken. Dit is belangrijk om maatregelen te kunnen nemen, zoals bijvoorbeeld emissiereductie of sanering. Voorbeelden van dergelijke methodes zijn de *Effect Directed Analysis (EDA)*<sup>19</sup> en de *Toxicity Identification Evaluation (TIE)*<sup>20</sup>. Deze methoden kunnen worden uitgevoerd met extracten van bodemonsters.

Een voorbeeld van *screenende monitoring* is een onderzoek waarin grondwatermonsters zijn geanalyseerd op polaire stoffen. Dit type chemische analyse genereert aan de hand van een nauwkeurig vastgestelde molecuulmassa een aantal (onbekende) kandidaatstoffen op. Op basis hiervan wordt met behulp van molecuulmassabibliotheken vervolgens een meest kansrijke samenstelling van de aangetroffen stof vastgesteld. Bevestiging van de moleculaire identiteit kan daarna door middel van meting van de desbetreffende individuele stof worden verkregen. Met behulp van deze technieken is voor twintig locaties in Nederland aangetoond dat er een relatie bestaat tussen de in grondwater gevonden organische verontreinigingen en het grondgebruik<sup>21</sup>. In grondwater onder landbouw en natuurgebieden werden vooral landbouwkundige biociden gevonden, maar ook geneesmiddelen en door de industrie geproduceerde chemicaliën. Industriële en huishoudelijke chemicaliën werden het meest gevonden in grondwater, dat in direct contact stond met oppervlaktewater (door oeverinfiltratie).

#### TENSLLOTTE

De TCB heeft in dit advies de vragen beantwoord over de meest relevante verontreinigingen, heeft onderzoeksaanbevelingen opgesteld en heeft een suggestie gedaan voor de nieuwe verontreinigingen die gemeten zouden moeten worden. De overige vragen van de Minister zijn in dit advies niet beantwoord omdat deze vragen te breed zijn om in het kader van deze

---

<sup>19</sup> Brack, W. 2003. *Effect-directed analysis: a promising tool for the identification of organic toxicants in complex mixtures*, *Anal. Bioanal. Chem.* 377, p 397-407.

<sup>20</sup> Govers, H.A.J. et al. 2003. *Integrated assessment of pesticides: methods for predicting and detecting environmental risks in a safety net*. In: den Hond F., Groenewegen P. van Straalen NM (eds.), *Pesticides. Problems, Improvements, Alternatives*. Blackwell Science, Oxford, 0632056592, p 135-154.

<sup>21</sup> Ter Laak, T. et al. 2009. *Screening and identification of organic contaminants in Dutch groundwater*, KWR Water, Nieuwegein.

adviesaanvraag te beantwoorden. Daarvoor is een uitgebreid onderzoeksprogramma nodig. Specifiek gaat het dan om de vragen over de mogelijke effecten van de nieuwe verontreinigingen, over de inschatting ten aanzien van de mate van aanwezigheid van deze stoffen in bodem en grondwater en over de snelheid van verspreiding naar het grondwater. Ook de vragen over de gebieden waar de grootste risico's zijn te verwachten en in welke gebieden gemeten zou moeten worden, zijn in dit advies niet beantwoord.

#### CONCLUSIES EN (ONDERZOEKS)AANBEVELINGEN

Het huidige toelatingsbeleid biedt onvoldoende garantie om te voorkomen dat nieuwe verontreinigingen in het milieu en mogelijk ook in de bodem terechtkomen. De TCB adviseert om extra maatregelen te laten opnemen in het toelatingsbeleid en/of het emissiebeleid die kunnen leiden tot het beperken van emissies en effecten van stoffen.

De aanpak die de TCB heeft gehanteerd voor het uitvoeren van de *expert judgement* kan uitgangspunt zijn voor een meer diepgaande studie die bijvoorbeeld door een onderzoeksinstituut uitgevoerd wordt. Hierbij zouden ook fysisch-chemische eigenschappen en de structuur van stoffen kunnen worden betrokken.

Een criterium dat een belangrijke rol heeft gespeeld bij de inschatting zijn de productie- of de gebruiksvolumes van de stofgroepen. Een ander criterium is de mate waarin de stof direct op de bodem of in het grondwater terechtkomt. Ook de grootte van het bodemareaal waarop de stofgroepen terecht komen is een criterium. Resultaat van de *expert judgement* door de TCB is dat de hoogste prioriteit van nieuwe verontreinigingen voor ecologie en voor de mens volgens de TCB ligt bij diergeneesmiddelen. De TCB legt ook een hoge prioriteit bij desinfectanten. Aangezien er weinig gegevens beschikbaar zijn over het gebruik van desinfectanten in Nederland beveelt de TCB aan om deze gegevens te verzamelen.

Bij het identificeren van nieuwe verontreinigingen gaat het over het algemeen om stoffen die nog relatief onbekend zijn, waar nog geen normen voor bestaan of waar nog weinig ervaring mee is opgedaan bij het uitvoeren van metingen. Indien de chemische identiteit van nieuwe verontreinigingen nog niet bekend is, biedt chemische *screening* de mogelijkheid uit te zoeken welke stoffen in hoge concentraties in bodem en grondwater worden teruggevonden. De TCB beveelt aan om de chemische *screening* te combineren met biologische toetsen voor het signaleren van relevante nieuwe verontreinigingen.

In zowel grond- als oppervlaktewater worden meer metingen uitgevoerd van nieuwe verontreinigingen dan in bodem. De TCB beveelt aan om in bodem metingen uit te voeren van nieuwe verontreinigingen. De hoogste prioriteit zou moeten liggen bij het vóórkomen van diergeneesmiddelen en desinfectanten in de bodem en vervolgens bij mogelijke effecten daarvan op het ecosysteem en op de mens. Bij het uitvoeren van deze metingen moet ook aandacht zijn voor de omzettingen van deze stoffen.



De TCB beveelt aan om op percelen met verschillende functies (bijvoorbeeld landbouw, natuur, maar ook percelen waar infiltratie plaatsvindt) een *screenende monitoring* uit te voeren van bodemonsters om te bekijken welke stoffen daaruit als zorgwekkend naar voren komen.

Een afschrift van dit advies stuur ik naar uw ambtgenoot, de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.

Met de meeste hoogachting,



Ali Edelenbosch  
Voorzitter Technische commissie bodem.

*TCB adviezen gerelateerd aan dit advies:*

Advies Ecologische onderbouwing bodemnormstelling, A045(2008)

Advies Combinatietoxicologie voor de mens in Sanscrit, S72(2007)

*De commissieleden van de TCB zijn:*

**Mevr. A. Edelenbosch**, voorzitter TCB.

**Prof.dr. P.C. de Ruiter**, plaatsvervangend voorzitter TCB, hoogleraar Milieuwetenschappen aan de Universiteit Utrecht, wetenschappelijk manager Centrum Bodem bij Wageningen UR.

**Prof.dr.ir. F.B.J. Barends**, hoogleraar Grondwatermechanica aan de TU Delft, lid wetenschapsteam bij Deltares (Geo-Engineering)

**Dr. J. Griffioen**, Milieugeochemicus bij Deltares/TNO Geological Survey of the Netherlands

**Drs. C. Hegger**, Arts maatschappij en Gezondheid bij GGD Rotterdam-Rijnmond.

**Dr.ir. J.J. Neeteson**, Manager business unit Agrosysteemkunde van Plant Research International, WUR en geeft leiding aan de leerstoelgroep Biologische Landbouwsystemen van Wageningen Universiteit.

**Prof.dr. J.G.M. Roelofs**, hoogleraar Aquatische Ecologie en Milieubiologie aan de Radboud Universiteit Nijmegen

**Prof.dr. J.C.H.M. Vangronsveld**, Hoogleraar milieukunde, universiteit van Hasselt.

**Prof.dr. W. Verstraete**, hoogleraar Microbiële ecologie en technologie aan de Universiteit van Gent

**Prof.dr. W.P. de Voogt**, bijzonder hoogleraar Milieuchemie van opkomende watercontaminanten aan de Universiteit van Amsterdam, principal scientist bij KWR Nieuwegein

**Dr. A.P. van Wezel**, ecotoxicoloog, teamleider Chemische waterkwaliteit en gezondheid bij KWR Nieuwegein

**Dr. C.M. Plug**, ministerieel vertegenwoordiger, directeur Duurzaam Produceren VROM

*Het secretariaat van de TCB:*

**Dr. J. van Wensem**, algemeen secretaris

**Dr.ir. A.E. Boekhold**, plaatsvervangend algemeen secretaris

**Drs. J. Tuinstra**, senior adjunct secretaris

**Drs. M. ten Hove**, adjunct secretaris

**Drs. J.L.M. Oomes**, adjunct secretaris

**S.I. Sewnarain**, administratief medewerker

Dit advies is opgesteld door Marlies ten Hove

## Bijlage 1: Adviesaanvraag

Technische Commissie Bodembescherming  
Mevrouw ir. L.E. Stolker-Nanninga, voorzitter  
Postbus 20951  
2500 EZ 's-GRAVENHAGE



landbouw, natuur en  
voedselkwaliteit

uw brief van	uw kenmerk	ons kenmerk	datum
		DP. 2008/1405	23 januari 2009
onderwerp		doorkiesnummer	bijlagen
Adviesaanvraag nieuwe verontreinigingen in de bodem van het landelijk gebied		3785092	1

Geachte mevrouw Stolker,

Minder bekende verontreinigingen zoals hormoonverstorende stoffen en veterinaire en humane geneesmiddelen komen steeds meer in de maatschappelijke belangstelling te staan. Mede daarom komt de vraag naar voren of in het beleid voldoende aandacht is voor deze zogenaamde nieuwe verontreinigingen. Het gaat dan met name om mogelijke effecten van deze verontreinigingen op voedselkwaliteit, diergezondheid, bodemecologie en de gezondheid van de mens. Over deze nieuwe verontreinigingen bestaat een kennis-hiaat vooral wat betreft het voorkomen in het milieu en de eventuele daadwerkelijke risico's, zowel voor de korte als voor de langere termijn. Er zijn wel al enkele verkennende studies uitgevoerd (zie bijlage). Nieuwe verontreinigingen doen zich zowel in de bodem als in het grond- en oppervlaktewater voor. Vooral bodem en grondwater vragen extra aandacht vanwege mogelijke ophoping en lange termijn effecten, bijvoorbeeld vanwege mutaties in micro-organismen.

LNV en VROM onderschrijven het belang van een gezonde en schone bodem. De bodem is een belangrijke productiefactor voor landbouw en natuur. LNV en VROM vragen zich daarom af of een heroverweging nodig is van de beleidsinzet gericht op bodemverontreinigingen. Hiervoor is echter nodig dat er meer inzicht komt in de technisch inhoudelijke componenten die relevant zouden zijn voor een eventuele aanpassing van het beleid. Hiertoe wordt in deze adviesaanvraag 'nieuwe verontreinigingen in de bodem van het landelijk gebied' aan de TCB een aantal vragen gesteld.

Vragen :

- Welke nieuwe verontreinigingen zijn volgens de TCB het meest relevant?
- Wat zijn de mogelijke effecten van deze verontreinigingen op voedselkwaliteit, diergezondheid, gezondheid van ecosystemen en de gezondheid van de mens? Wat zijn mogelijke acute, chronische en gestapelde effecten?
- Is er een inschatting te maken in welke mate de verontreinigingen aanwezig zijn in het landelijk gebied in de bodem en grondwater? Valt er iets te zeggen over de verspreiding en de snelheid van verspreiding in de bodem, naar het (grond)water?

Datum

Kenmerk

Vervolgblad

23 januari 2009

DP. 2008/1405

2

- Kan de TCB aangeven, gegeven de soort stoffen, het voorkomen in bodem en grondwater en de mogelijke effecten, in welke gebieden zich mogelijk de grootste risico's voor (gaan) doen?
- Wat zijn mogelijke criteria om tot een prioritering te komen in aanpak van de mogelijke risico's? Wat zijn mogelijk zinvolle vervolgacties?
- Wat zijn de meest urgente onderzoeksaanbevelingen van de TCB aan de ministeries van LNV en VROM?
- Welke nieuwe verontreinigingen zouden volgens de TCB moeten worden gemeten en in welke gebieden in Nederland zouden deze moeten worden gemeten?

In de bijlage staat een overzicht van de minimaal te raadplegen rapporten en onderzoeken.

Mede namens de minister van VROM, verzoek ik u het advies medio 2009 af te ronden. Vanuit de ministeries treden J. de Jong (LNV)(070-3785092) en M. Nelemans (VROM) (070-3394105) op als contactpersonen voor deze adviesaanvraag.

DE MINISTER VAN LANDBOUW, NATUUR EN  
VOEDSELKWALITEIT,

G. Verburg

Datum	Kenmerk	Vervolgblad
23 januari 2009	DP. 2008/1405	3

Bijlage : rapporten en onderzoeken

Te raadplegen rapporten en onderzoeken:

- Potentiële effecten van diergeneesmiddelen op het terrestrische milieu in Nederland op basis van meststromen (CML, 2008)
- Nieuwe verontreinigingen in de bodem. Een verkennende literatuurstudie naar de mogelijke risico's van hormoonverstoorders en diergeneesmiddelen. (Alterra-rapport 1619, 2007)
- Ozon aan de grond bedreigt landbouw (Energy policy MIT, november 2007) (NRCnext 01-11-2007)
- Emerging environmental pollutants: key issues and challenges (proceedings workshop EU-project NORMAN, june 2006)
- Annual Meetings SETAC-Europe ([www.setac.org](http://www.setac.org))
- Ecologische risico's van diergeneesmiddelengebruik. Een oriëntatie op het terrestrische milieu (Alterra-rapport 976, 2004).
- Milieurisico's van geneesmiddelen. Signalement. (Gezondheidsraad, 2001, rapport nr. 2001/17).
- Antibiotica in de bodem: gezondheidsrisico's voor mens en dier door mogelijk via dierlijke mest in milieu gebrachte antibiotica (Geofox-Lexmond; onderzoek in uitvoering)
- Meetplan 2009 nieuwe verontreinigingen Alterra (onderzoek in uitvoering)

Bijlage 2: Schema Bronnen, verspreidingsroutes en mogelijk routes van nieuwe verontreinigingen naar bodem en grondwater

**Schema Bronnen, verspreidingsroutes en mogelijk routes van nieuwe verontreinigingen naar bodem en grondwater** Verspreidingsroutes 1 t/m 4 moeten worden gezien als 'in serie geschakeld' (dus chronologisch opeenvolgend). Als bij verspreidingsroute 4 genoemd staat 'waterbodem' dan is dat niet de enige manier waarop stoffen uiteindelijk in de bodem terecht komen, maar dan zijn ook de eerdergenoemde verspreidingsroutes ook van belang.

Bronnen	Verspreidingsroute 1	Verspreidingsroute 2	Verspreidingsroute 3	Verspreidingsroute 4	Emissie naar bodem via	Emissie naar grondwater via
1. Industrie	1a lozen op oppervlaktewater	afvalwaterzuiveringsinstallatie (AWZI)	oppervlaktewater	waterbodem	oeverinfiltratie bevloeiing van akkers bagger op land	Oeverinfiltratie, bevloeiing van akkers
	1b uitstoot naar de lucht	via de lucht	atmosferische depositie		atmosferische depositie zowel droog als nat	via bodem (poriewater) naar grondwater
2. Zieken- en verpleeghuizen, psychiatrische inrichtingen	2. rioolwater	rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI)	grond- en oppervlaktewater	waterbodem	oeverinfiltratie bevloeiing van akkers bagger op land	Oeverinfiltratie, bevloeiing van akkers
		via riooloverstort				
3. Huishoudens	3a rioolwater	rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI)	grond- en oppervlaktewater	waterbodem	oeverinfiltratie bevloeiing van akkers bagger op land	Oeverinfiltratie, bevloeiing van akkers
	via riooloverstort					
	3b toepassen van stoffen in de tuin op of het erf	direct op de bodem			direct op de bodem	via bodem (poriewater) naar grondwater
4. Landbouw: melkveehouderij en intensieve veeteelt	4a gier en mest uit mestopslag	uitrijden van mest	direct op de bodem/ afspoeling naar oppervlaktewater/ uitspoeling naar grondwater	waterbodem	mest bagger op land	via bodem (poriewater) naar grondwater
	4b grazend vee	mest- en urineplekken	direct op bodem			via bodem (poriewater) naar grondwater
5. Landbouw: open teelten	5a gier en mest opbrengen op land	direct op de bodem	direct op de bodem, uitspoeling naar grondwater of bevloeiing met oppervlaktewater	waterbodem	direct op de bodem bagger op land	via bodem (poriewater) naar grondwater
	5b gebruik van bestrijdings- en grondontsmettingsmiddelen	direct op de bodem/ afspoeling naar oppervlaktewater/via de lucht (o.a. drift)	uitspoeling naar grondwater /bevloeiing met oppervlaktewater/ atmosferische depositie	waterbodem	direct op de bodem, oeverinfiltratie of via bevloeiing/atmosferische depositie. Bagger op land	uitspoeling naar grondwater



6 Verkeer	6. luchtemissie	via de lucht	via droge en natte depositie op de bodem	atmosferische depositie zowel droog als nat	Via bodem (poriewater) naar grondwater
7. Oude stortplaatsen	7 lekkage naar bodem en grondwater			direct of via grondwater	direct of via bodem (via poriewater)
8 Recreatie	8 persoonlijke verzorgingsproducten in opp. water	oppervlaktewater	waterbodem	oeverinfiltratie bevoeiing van akkers	Oeverinfiltratie, bevoeiing van akkers
9. Bouwstoffen	9. uitloging naar bodem en grondwater			direct op bodem	via bodem (poriewater) naar grondwater
10. Natuurlijke bronnen (plantensterfte, compost)	10. direct op bodem			direct op bodem	via bodem (poriewater) naar grondwater

Bijlage 3: Schema Stoffen, inschatting van risico's voor ecologie en mens en ingeschatte prioriteit.

Bijlage 3: Stoffen<sup>1</sup>, inschatting van risico's voor ecologie en mens en ingeschatte prioriteit.

Stofgroepen	Productie- of verbruiksvolume	Bron/ Verspreidingsroute <sup>2</sup>	Kans op blootstelling/ effect voor ecologie via de bodem	Kans op effect/blootstelling voor de mens via de bodem <sup>3</sup>	Ingeschatte prioriteit <sup>4</sup>
A gewasbeschermings- middelen	totaal verbruik 12086 ton actieve stof (grootste deel schimmelbestrijding: 5.020 ton) <sup>5</sup>	5b	kans is aanwezig	onbekend	+
B diergeneesmiddelen	antibioticaverbruik van 590 ton in 2007 (gegevens Fidin) <sup>6</sup> (tetracyclinen en sulfanomiden ca. 75% van het verbruik).tetracycline bindt sterker aan bodemdeeltjes	4a 4b 5a	voor antibiotica nog onvoldoende info om conclusies te trekken t.a.v. effecten op ecologie <sup>7</sup> . oxytetracycline leidt tot verminderde groei planten <sup>8</sup>	voor antibiotica nog onvoldoende info om conclusies te trekken t.a.v. effecten op gezondheid <sup>6</sup>	++
C geneesmiddelen voor de mens	antibioticaconsumptie door de mens in 1999: 40 ton <sup>9</sup> cytostatica tot nu toe niet aangetoond in oppervlaktewateren <sup>10</sup> drie meest voorgeschreven middelen in 2008: 1. metoprolol 2. omeprazol 3. acetylsalicylzuur <sup>11</sup>	2 3a	in oppervlaktewater gemeten concentraties van diclofenac en carbamazepine liggen het dichtst bij de laagst gemeten effectconcentratie <sup>12</sup> onduidelijk hoe dit is voor bodem	onbekend	+
D oestrogeen actieve stoffen	onbekend	2, 3 4a 4b 5a	onbekend	onbekend	+

<sup>1</sup> De lijst van stoffen is onder andere tot stand gekomen met behulp van de lijst uit artikel van Schwarzenbach *et al.* 'The Challenge of Micropollutants in Aquatic Systems', *Science*, **313**, p.1072-1076.

<sup>2</sup> Gebruikte cijfers in deze kolom verwijzen naar het schema in Bijlage 2 met bronnen en verspreidingsroutes.

<sup>3</sup> Als stap voor 'de kans op blootstelling en effecten voor de mens' zou nog 'opname in gewas/melk en vlees' in een kolom in dit schema passen. Dit criterium vindt de TCB belangrijk maar is niet opgenomen in dit schema omdat er nagenoeg geen gegevens bekend zijn.

<sup>4</sup> De ingeschatte prioriteit is aangegeven met behulp van de tekens: ++,+, O en O?. De betekenis van de tekens is: ++: hoogste prioriteit, +: hoge prioriteit; O: lage prioriteit, O? lage prioriteit maar ook onzeker aangezien weinig informatie beschikbaar.

<sup>5</sup> CBS, 2009, Statistisch Jaarboek 2009.

<sup>6</sup> SKB, 2009, Veterinaire antibiotica in bodem en oppervlaktewater, rapportage literatuuronderzoek, Gouda.

<sup>7</sup> SKB, 2009, Antibiotica in de bodem; een *pilot* studie, SKB rapportnr. 8348, Gouda.

<sup>8</sup> Boxall, A.B.A., *e. al.*, Uptake of veterinary medicines from soils into plants, *J. of Agricultural and Food chem.*, 54, 228-2297.

<sup>9</sup> Montforts, M.H.M.M. *Validation of the EU Environmental Risk Assessment for Veterinary Medicines*, Thesis, Leiden University, april 2005, Leiden

<sup>10</sup> H.H.L. van Heijnsbergen, BSc., Cytostatica in het aquatisch milieu; Aanwezigheid en risico's, Utrecht, september 2008

<sup>11</sup> SFK (Stichting Farmaceutische Kengetallen), 2009, Data en feiten 2009.

<sup>12</sup> Rademaker, W. en M. de Lange, 2009, De risico's van geneesmiddelen in het aquatisch milieu, H2O, 5.

E biociden met koper en chroom verduurzaamd hout mag nog slechts beperkt worden gebruikt. Andere koperverbindingen mogen wel worden gebruikt.	geen gegevens over Nederland bekend. in Europa jaarlijkse productie/import 142.435 ton <sup>13</sup>	3.b 9	effecten van houtverduurzamingsmiddelen op bodemecosysteem zijn mogelijk <sup>14</sup> de verwachting is dat het grootste deel van de biociden toxisch of heel erg toxisch is voor aquatische organismen en dat de helft van de stoffen slecht afbreekbaar zijn <sup>12</sup> .	risico voor de mens via bodem wordt klein geacht	O
F desinfectanten (waterontsmetting, stal ontsmettingsmiddelen, ontsmetting in ziekenhuizen),	geen gegevens over Nederland bekend. In Europa jaarlijkse productie/import 256.430 ton <sup>12</sup>	1a 2 3a 4a 5a	de verwachting is dat het grootste deel van de actieve stoffen toxisch of heel erg toxisch is voor aquatische organismen en dat de helft van de stoffen slecht afbreekbaar zijn <sup>12</sup> .	onbekend	+
G persoonlijke verzorgingsproducten	onbekend	3a > 98% surfactanten wordt in RWZI's <sup>15</sup> afgebroken (biodegradatie)  9 oppervlaktewater dat middels recreatie wordt vervuild, wordt <b>niet</b> gezuiverd, echter de producten worden wel sterk verdund.	een studie naar de vier belangrijkste surfactanten heeft aangetoond dat er geen risico is voor aquatische organismen <sup>16</sup> . Mogelijk geldt dit ook voor terrestrische organismen.	onbekend	O
H brandvertragers	onbekend	1a (komen voor in slib) 1b 3a 7	in regenwater meest teruggevonden: TBBPA. hecht zich vooral aan bodem- en sedimentdeeltjes is teruggevonden in darmkanaal van sediment- en bodemorganismen <sup>17</sup>	onbekend	+
I detergenten	onbekend	1a 5b	onbekend	onbekend	+

<sup>13</sup> EC, Environment Directorate-Generla, 2009, Assessment of different options to address risks from the use of biocides; Final Report.

<sup>14</sup> TCB, 2006, Advies beoordeling milieuaspect houtverduurzamingsmiddelen, TCB S63(2006), Den Haag

<sup>15</sup> RWZI: rioolwaterzuiveringsinstallatie.

<sup>16</sup> Feijtel T.C. en van de Plassche E.J., 1995, 'Environmental risk characterisation of 4 major surfactants used in the Netherlands' RIVM-report 679101 025, RIVM, Bilthoven.

<sup>17</sup> SEC Briefrapport, 2006, Contra-expertise t.b.v. risicobeoordeling.

J perfluorverbindingen	onbekend	1b 3a 7	onbekend	onbekend	+
K weekmakers (ftalaten) naar schatting 300 ton ftalaten in het milieu	onbekend	1b (ftalaten in regenwater tot max. 100 µg/l. <sup>18</sup> 7	in het sediment van vrijwel alle grote rivieren hoge concentratie ftalaten <sup>19</sup>	onbekend	O
L anti-corrosiemiddelen (triazolen, tiazolen)	onbekend	3a 7	onbekend	onbekend	O?
M benzine-additieven (MTBE, ETBE)	(scheepvaart) <sup>20,21</sup> bij 17% van de onderzochte benzinstations werd waarde van 26 µg/l voor grondwater overschreden	1a	kans op blootstelling via grondwater	kans op blootstelling via grondwater	O
O nanodeeltjes	wereldwijde productie 2300 ton per jaar (schatting voor 2005-2010 uit 2004) <sup>22</sup>	3a 6 8 (afh. van toepassing)	verwacht wordt dat nanodeeltjes in het milieu vooral aan sediment en grond zullen binden. Er zijn geen meetgegevens beschikbaar. <sup>23</sup> eerste resultaten van onderzoek laten effecten zien op reproductie- en immuunsysteem van regenwormen <sup>(24)</sup>	er is geen relevante informatie beschikbaar over acute of langdurige orale blootstelling aan lagere concentraties nanodeeltjes <sup>17</sup>	O?

<sup>18</sup> Peters, 2008, *Xeno-estrogenic compounds in precipitation*, *J. of Env. Monit.*, **10**, 760-769

<sup>19</sup> Greenpeace, 2004, Gif Bloedlink.

<sup>20</sup> TCB, Advies Normstelling MTBE, S45(2007)

<sup>21</sup> TCB, advies Normstelling ETBE, A040(2008)

<sup>22</sup> Struijs, J., *et al.*, 2007, 'Nanodeeltjes in water', RIVM-rapport 607030001/2007.

<sup>23</sup> SCENIHR (*Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks*), 2009, 'Risk Assessment of Products of Nanotechnologies',

<sup>24</sup> Mondelinge mededeling Nico van den Brink, november 2009, Alterra, Wageningen UR.