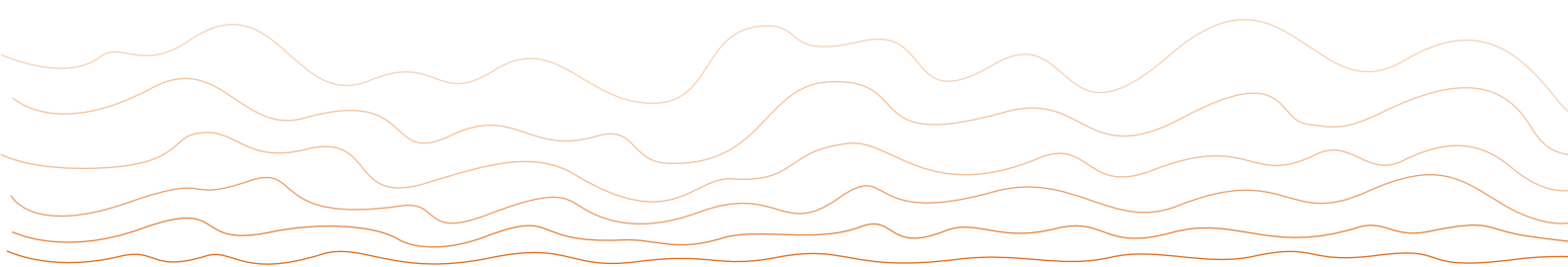


Technische commissie bodem
Postbus 30947 T 070 – 339 3034
2500 GX Den Haag E info@tcbodem.nl



ZIEKTEVERWEKKERS EN BODEMBEHEER



ZIEKTEVERWEKKERS EN BODEMBEHEER

RAPPORT

Dit rapport is opgesteld door J. Tuinstra

TCB R21(2009)

DEN HAAG
december 2009

Technische commissie bodem, Postbus 30947, 2500 GX Den Haag
telefoon 070 3393034; fax 070 3391342; e-mail info@tcbodem.nl

Dit rapport is verkrijgbaar via de website www.tcbodem.nl

VOORWOORD

Dit rapport gaat over in de bodem aanwezige ziekteverwekkers en de betekenis ervan voor het bodembeheer. Het is een verkenning van dit onderwerp, toegespitst op de effecten voor mensen en voor vee.

De aandacht voor effecten van klimaatverandering geven het onderwerp ziekteverwekkers in de bodem extra actualiteit. Klimaatadaptatie en natuurontwikkeling leiden tot meer vernatting van land en tot meer land-water overgangen, waardoor de infectiedruk van bepaalde ziekteverwekkers toeneemt.

Informatie over het blootstellingsrisico en de mate waarin daadwerkelijk effecten van ziekteverwekkers in de bodem optreden is schaars, omdat er weinig wordt gemeten en geregistreerd. Toch blijkt dat ziekteverwekkers in verschillende situaties een probleem kunnen vormen bij bodembeheer en bodemgebruik. Het rapport doet suggesties voor bodembeheermaatregelen, die de infectiedruk kunnen verminderen.

Het rapport is tot stand gekomen op basis van informatieverzameling door het secretariaat van de TCB en inspirerende discussies in TCB vergaderingen. Het is geschreven op eigen initiatief van de TCB, omdat zij vindt dat er meer aandacht voor dit onderwerp zou moeten zijn.

Het rapport sluit af met een aantal adviezen. Ik hoop dat deze adviezen verwerkt zullen worden bij beleidsvorming. Verder verwacht ik dat ook terreinbeheerders en ruimtelijke planners of inrichters profijt kunnen hebben van dit rapport.

Een aantal personen wil ik speciaal bedanken voor de bijdragen die zij leverden: de heer M.J.G. Banken¹, mevr. A.M. de Roda Husman², de heer L. Moll³ en de heer B.R. Berends⁴.

Ali Edelenbosch

Voorzitter Technische commissie bodem

¹ Oud adjunct-secretaris TCB.

² Laboratorium voor zoönosen en omgevingsmicrobiologie, RIVM, Bilthoven.

³ Gezondheidsdienst voor Dieren, Deventer.

⁴ *Institute for risk assessment sciences (IRAS)*, Universiteit van Utrecht.

INHOUD

1. INLEIDING	1
2. ZIEKTEVERWEKKERS	3
2.1 Inleiding	3
2.2 Voorbeeld <i>E. Coli</i> 0157	4
2.3 Voorbeeld Q-koorts	5
2.4 Voorbeeld Miltvuur	5
2.5 Voorbeeld Leverbot	6
3. KLIMAAT	9
4. SITUATIES	11
4.1 Aanwenden van mest	11
4.2 Verspreiding van bagger op het land	13
4.3 Vernatting	16
4.4 Aanleg moerassen en ondiepe oeverzones	17
4.5 Inundatie	19
5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	21
6. LITERATUUR	26
BIJLAGE 1: SCHATTING INFECTIEKANS	29
BIJLAGE 2: POTENTIËLE EFFECTEN VAN VERSCHILLENDE OMGEVINGSFACTOREN	32
BIJLAGE 3: OVERZICHT ZIEKTEVERWEKKERS VOOR MENS EN VEE IN DE BODEM	33

1 INLEIDING

In de praktijk van bodembeheer ligt de nadruk vaak op chemische en fysische karakteristieken van de bodem en krijgen biologische karakteristieken minder aandacht. Kennis van biologische kenmerken in samenhang met fysische en chemische is echter essentieel voor goede afwegingen in het kader van duurzaam bodemgebruik.

Dit rapport richt zich op een deelaspect van biologische kenmerken, namelijk ziekteverwekkers (pathogenen) voor mensen en vee⁵ die voorkomen in de bodem. Het gaat hierbij om een verkenning van het onderwerp, gericht op de vraag hoe bodembeheer de infectiedruk op mens en dier door ziekteverwekkers in de bodem beïnvloedt.

De problematiek van de aanwezigheid van ziekteverwekkers in of op de bodem is niet nieuw. De wijdverspreide aanwezigheid van mogelijke ziekteverwekkers in het milieu betekent nog niet automatisch dat dit leidt tot ziekte. Een complex van factoren is van invloed op de ontwikkeling van de ziekteverwekker, op de blootstelling aan de ziekteverwekker en op de gevoeligheid van de gastheer. Beroepsgroepen treffen bovendien allerlei specifieke maatregelen om besmetting te voorkomen. Dit rapport heeft niet tot doel een overzicht te geven van veterinaire besmettingsrisico's of van alle ziekten die mogelijk kunnen optreden. Dat is het domein van bijvoorbeeld de veterinaire wetenschap en de epidemiologie. De invalshoek van dit rapport is algemener.

De vraag is in welke situaties bij het huidige bodemgebruik en bodembeheer en bij veranderingen hierin sprake is van gezondheidsrisico's voor mens en vee als gevolg van biologische ziekteverwekkers. De vervolgvraag is dan hoe bodemgebruik en bodembeheer de eventuele gezondheidsrisico's voor mens en vee kunnen vergroten of verkleinen.

De doelgroep van de rapportage wordt gevormd door beleidsmakers, terreinbeheerders en ruimtelijke planners/ inrichters.

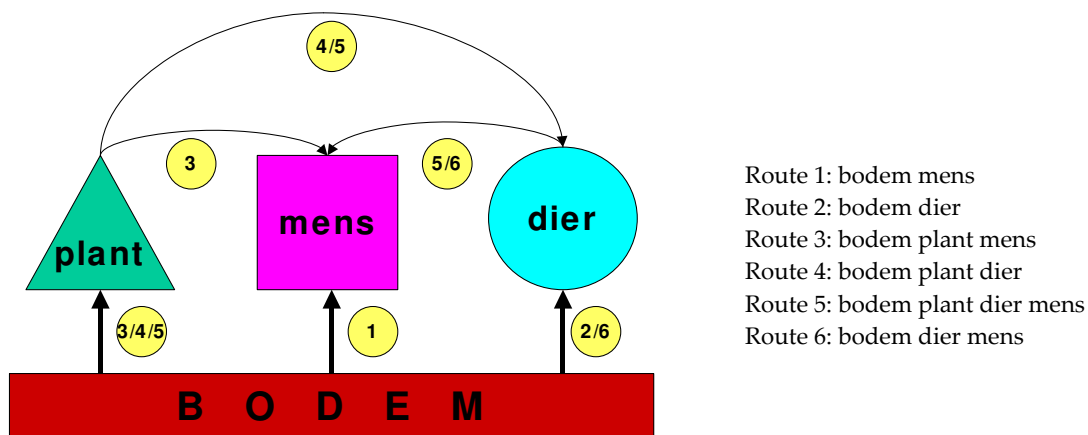
⁵ Deze inperking tot effecten op mensen en vee betekent bijvoorbeeld dat effecten op planten buiten beschouwing blijven. Ook de (bodem)biologische bestrijding van ziekten en plagen in de bodem blijft in dit rapport buiten beschouwing.

2 ZIEKTEVERWEKKERS

2.1 INLEIDING

Er zijn verschillende soorten biologische ziekteverwekkers, zoals bacteriën, virussen, gisten, schimmels en protozoën. De blootstelling aan ziekteverwekkende organismen in de bodem kan plaatsvinden door direct contact met de bodem, maar ook indirect via planten of (andere) dieren. Wanneer een ziekte via gewervelde dieren wordt overgebracht op de mens spreekt men van een zoönose. Er is het laatste decennium veel aandacht voor zoönosen, vooral vanwege epidemieën in de landbouw (mond- en klauwzeer, vogelgriep, Q-koorts). Bij overdracht van een aantal infectieziekten is er sprake van een vector. Dit is het medium waarmee de ziekteverwekker zich verspreidt. Een voorbeeld hiervan zijn muggen, die de malariaparasiet kunnen overdragen.

Een overzicht van de relatie van ziekteverwekkers met de bodem en de mogelijke blootstellingsroutes van dier en mens aan de bodem is weergegeven in figuur 1.



Figuur 1. Schematisch weergegeven relaties tussen bodem, plant, dier en mens wat betreft de besmettingsroutes die ziekteverwekkers volgen

Een overzicht van ziekteverwekkers en hun relatie met de bodem wordt gegeven in bijlage 2. Een aantal voorbeelden wordt hier gegeven.

2.2 VOORBEELD E. COLI 0157

Directe blootstelling van de mens aan ziekteverwekkers in de bodem (route 1) kan plaatsvinden wanneer de bodem verontreinigd is met uitwerpselen van vee, door verspreiding van rioolslib of door bijvoorbeeld de verspreiding van bagger afkomstig uit de nabijheid van riooloverstorten. In bijlage 2 worden de belangrijkste ziekteverwekkers genoemd die hierin aanwezig kunnen zijn, zoals de bacterie *Escherichia coli* 0157, die tot grote gezondheidschade bij mensen kan leiden zonder schadelijk te zijn voor vee. Door Jones (1999) wordt geschat dat 1 tot 4% van het vee (vooral

melkvee) in Groot-Brittannië met deze bacterie is besmet. Het aantal gemelde gevallen van ziekte door besmetting met *E. coli* 0157 is in Nederland ongeveer 50 per jaar, waarbij de oorzaak vrijwel altijd besmet voedsel is (Rahamat-Langendoen *et al.* 2008). Een potentieel infectierisico bestaat echter ook bij direct contact met mest of faeces en met hiermee verontreinigde grond (Mukherjee *et al.* 2006). Niet alleen vee vormt een reservoir, maar de bacterie is ook aanwezig in uitwerpselen van wilde vogels. Onderzoek in Groot-Brittannië toonde aan dat 1-3% van de zeemeeuwen met *E. coli* 0157 was besmet (Wallace *et al.* 1997). Bij de schatting van het infectierisico met faecale ziekteverwekkers zoals *E. coli* 0157 speelt de snelheid van afsterving en verwijdering uit de bodem een belangrijke rol. *E. coli* 0157 heeft een overlevingstijd in de bodem tot meer dan vier maanden (Jones 1999).

Het kwantificeren van de gezondheidsrisico's van ziekteverwekkers als *E. coli* 0157 in en op de bodem voor de mens is moeilijk, omdat er weinig wordt gemeten. Kwantitatieve microbiële risicobeoordelingen (QMRA) zijn wel uitgevoerd voor de schatting van het infectierisico van de mens ten gevolge van het gebruik van rioolslib op landbouwgronden (Gale 2005; Brooks 2005), op basis van een bron-pad-receptor benadering⁶. Een dergelijke benadering zou ook voor bodem geschikt zijn om de risico's van microbiële ziekteverwekkers in te schatten.

In bijlage 1 is een oriënterende berekening uitgevoerd voor de infectiekans en het sterfterisico voor de mens bij blootstelling aan *E. coli*. vanuit besmette mest in grond. Omdat er voor het infectierisico ten gevolge van pathogenen zoals *E. coli* in de bodem geen toetsingskader voorhanden is, is een vergelijking gemaakt met andere toetsingskaders voor risicobeoordeling van verontreinigde bodem en grondwater. De berekening illustreert dat het gezondheidsrisico bij blootstelling aan besmette mest in grond beduidend hoger is dan het maximaal toelaatbaar risiconiveau voor de mens bij blootstelling aan kankerverwekkende stoffen in chemisch verontreinigde bodem. Ook is het infectierisico hoger dan de grenswaarde van 10^{-4} per jaar die voor de infectiekans door ziekteverwekkende micro-organismen in drinkwater wordt gehanteerd⁷. Er is dus een relatief hoog gezondheidsrisico bij blootstelling aan met besmette mest verontreinigde grond. Er zijn echter in de praktijk weinig gemelde besmettingsgevallen. Kennelijk zijn de voorzorgen en de hygiëne bij het omgaan met mest zodanig, dat besmetting veelal voorkomen wordt. Ook zal een deel van de besmettingsgevallen niet in beeld zijn, omdat geen huisarts wordt bezocht of geen melding plaatsvindt. Als de blootgestelde groepen veranderen, bijvoorbeeld doordat recreanten in plaats van agrariërs met de mest in contact komen, kan de blootstelling en daarmee de kans op infectie toenemen. Hierop wordt elders in dit rapport verder ingegaan.

2.3 VOORBEELD Q-KOORTS

Ook Q-koorts is een aan mest gerelateerde ziekte voor de mens. De ziekte wordt veroorzaakt door de bacterie *Coxiella burnetii*. De belangrijkste besmettingsbron voor de mens zijn koeien, schapen en geiten. De relatie met bodem kan bestaan via gecontamineerd zand en stofdeeltjes. Blootstelling van de mens vindt plaats via de lucht (inhalatie). Dieren die geïnfecteerd zijn met *C. burnetii* hebben in het algemeen geen symptomen, met uitzondering van miskramen. Tijdens een miskraam

⁶ Van belang is om de bron (ziekteverwekkers in de bodem), het pad (de route tot blootstelling) en de gevoeligheid van de gastheer (mens, vee) te kennen en te kwantificeren.

⁷ Waterleidingbesluit (wetten.overheid.nl)

of geboorte besmetten de geïnfecteerde placenta en het vruchtwater de omgeving. Ook kan besmetting van de omgeving met *C. burnetii* plaatsvinden doordat geïnfecteerde dieren de bacterie uitscheiden in de urine en faeces. De mens wordt geïnfecteerd door het inademen van besmette fijne stofdeeltjes of door het eten of drinken van besmette rauwe melk(-producten). Het acute ziektebeeld van Q-koorts gaat vaak samen met longontsteking, maar Q-koorts kan leiden tot een breed scala aan klachten en stevige koorts. De ziekte vertoont de laatste paar jaar een sterke toename. Het aantal meldingen bedroeg in december 2009 rond de 2200. In 2007 en 2008 was er sprake van respectievelijk 190 en 1000 patiënten. Daarvoor was sprake van circa 15 patiënten per jaar. Verspreiding vond plaats van agrarisch gebied naar woongebieden. Hierbij zou, aanvullend op verspreiding door de wind, mogelijk ook een verdere verspreiding door besmette kleine knaagdieren een rol gespeeld kunnen hebben (Karagiannis *et al.* 2009). De oorspronkelijke bron van de recente uitbraak is vooral gelegen in de lokale geitenhouderijen. Geiten worden vaak in potstallen gehouden, dat zijn stallen waarbij de mest dagelijks wordt bedekt met een nieuwe laag stro. Als het mengsel van mest en stro een bepaalde hoogte heeft bereikt, wordt de stal geleegd. De aangestampte en grijpte mest wordt verspreid over kavels die worden gebruikt voor de akkerbouw. De bacterie is resistent voor een warme, droge omgeving en voor de meeste desinfectantia. Daardoor kan het maanden tot jaren in stof of zand overleven. Door verwaaiing kan de bacterie in de lucht komen. Op die manier kan de bacterie afhankelijk van de weersomstandigheden tot enkele kilometers verspreid worden. Een besmetting met slechts enkele bacteriën is nodig om infectie en ziekte te veroorzaken⁸. Inmiddels is in verband met de volksgezondheid besloten drastisch in te grijpen en grootschalig geiten te ruimen.

2.4 VOORBEELD MILTVUUR

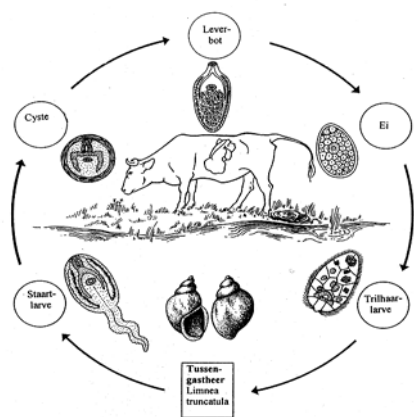
Net als bij *E. coli* 0157 kan ook bij miltvuur direct contact met de bodem leiden tot infectie. Miltvuur of Anthrax (*Bacillus anthracis*) is vooral van belang vanwege de sporen die in de wat diepere lagen van de bodem kunnen voorkomen. Deze sporen kunnen tien tot tachtig jaar overleven. In Nederland zijn uitbraken van deze beruchte zoönose overigens al in meer dan twintig jaar niet meer voorgekomen. Sinds 1976 zijn zeven gevallen van humane miltvuur bekend. Het laatste geval bij vee was in 1994. Deze besmetting was het gevolg van graafwerkzaamheden⁹. Nederland kent nog vele zogenaamde 'pest- of miltvuurbosjes'; plaatsen waar veehouders vroeger hun aan miltvuur (of runderpest) gestorven vee (ondiep) begroeven onder ongebluste kalk en die werden gemarkeerd met het planten van een boom en/of struiken. Dit werd gedaan, omdat graven, of zelfs maar het omwoelen van de grond door ploegen, ter hoogte van de begraafplaats bijna onvermijdelijk leidde tot een hernieuwde uitbraak (Horvath and Reed 1984; Merck 1986). Tijdens ruilverkavelingen zijn vele van deze bosjes gerooid en thans weten nog slechts weinigen de exacte locatie. Graafwerkzaamheden, waaronder het verleggen van sloten of overstromingen, kunnen de sporen vrijmaken. Bij de aanleg van de Betuwelijn is men een aantal malen op een dergelijke 'witte kuil' gestuit en is in samenspraak met de Keuringsdiensten van Waren en Veterinaire Zaken (thans onderdeel van de Voedsel en Waren Autoriteit) een protocol opgesteld om de kansen op verspreiding van sporen zoveel mogelijk te beperken.

⁸ Bron: website RIVM (www.rivm.nl): richtlijn LCI, Infectieziekten A-Z, FAQ Q-koorts, 25 juni 2009

⁹ Bron: RIVM: <http://www.rivm.nl/cib/infectieziekten/anthrax/index.jsp>

2.5 VOORBEELD LEVERBOT

De levenscyclus van een ziekteverwekker kan ook via andere organismen verlopen (variant op route 2). In dat geval verloopt de infectie indirect via tussengastheren en vectoren. Een voorbeeld is de leverbot (*Fasciola hepatica*). De ontwikkelingscyclus van leverbot verloopt deels via de posthoornslak (*Lymnea truncatula*) als tussengastheer (figuur 2 en kader 1). Leverbot is een ziekte die ernstige gezondheidsschade kan veroorzaken bij schapen en koeien. Vooral bij schapen kan de ziekte dodelijk zijn. Ook de mensen kunnen worden besmet met het larvale stadium. Dit kan leiden leverziekten. Een bekende uitbraak van leverbot besmetting bij de mens werd veroorzaakt door het eten van waterkers in Frankrijk¹⁰. Ook is leverbot geconstateerd bij een persoon die intensief veldonderzoek verrichtte in met leverbot besmette vegetatie¹¹ en bij een schapenhouder. In dit laatstgenoemde geval wordt nog onderzoek gedaan naar de wijze van overdracht van de ziekte¹². Leverbot komt voor waar sprake is van gunstige condities voor de tussengastheer, de posthoornslak. Deze gedijt goed in oeverzones, ondiep water en drassig land. De kans op het optreden van leverbot bij schapen en koeien wordt in Nederland jaarlijks geschat op basis van slakentellingen en neerslaggegevens. Er zijn aanwijzingen dat er sprake is van een toename van het aantal besmettingen van rundvee en schapen met de parasiet als gevolg van maatregelen bij (natuur)gebieden als het verhogen van het grondwaterpeil en verbreden of verondiepen van sloten. In Brabant, midden Overijssel, Friesland en Groningen komt leverbot terug op plaatsen waar de ziekte decennia lang verdwenen was als gevolg van de peilverlagingen in de vorige eeuw¹³.



Figuur 2. Levenscyclus van leverbot (bron: www.dierengezondheidszorg.be)

¹⁰ http://www.rivm.nl/ziekdoodier/zoon_op_rij/leverbot.jsp

¹¹ pers. med. Prof. Dr. J.G.M. Roelofs, Radboud Universiteit Nijmegen, 4 februari 2009

¹² http://www.rivm.nl/cib/publicaties/bulletin/jaargang_19/Copy_of_bull1911/gesignaleerd.jsp

¹³ L. Moll, Gezondheidsdienst van Dieren, pers. med. 20 april 2009

KADER 1. LEVENCYCLUS LEVERBOT

De leverbot is een parasitaire platworm van enkele centimeters groot die leeft in de galgangeren van de lever van de gastheer (rund, schaap, haas, ree enz.). De leverbot kan 4.000 tot 7.000 eieren per dag produceren. De eieren worden met de mest van de gastheer uitgescheiden. Uit de eieren ontwikkelen zich de trilhaarlarven die binnen 24 uur een posthoornslak moeten vinden om te overleven. Uit een trilhaarlarve kunnen zich in de posthoornslak na drie maanden 150 tot 200 staartlarven ontwikkelen. De staartlarven zwemmen uit de slak en hechten zich aan het gras. Zij verliezen hun staart en kapselen zich in tot besmettelijke cysten. De besmettelijke cysten worden met het gras opgenomen door de gastheer. In de pens van de gastheer raakt de besmettelijke cyste een deel van haar kapsel kwijt, voordat ze in het darmkanaal komt. Hier ontwikkelt zich uit de cyste een klein leverbotje. Dit botje baant zich een weg dwars door de darmwand en gaat op zoek naar de lever. De jonge leverbot doorboort de lever om zich na enkele maanden als volwassen leverbot te nestelen in de galgangeren. (Bron: Gezondheidsdienst voor Dieren).

3 KLIMAAT

Klimaatverandering en bodembeheer hebben een duidelijke relatie. Heftige regenval en droogte stellen eisen aan het omgaan met ruimte voor water in zowel landelijk als stedelijk gebied. De condities voor ziekteverwekkers in de bodem voor mens en vee veranderen hierdoor en dit kan leiden tot meer of minder infectiedruk. Van Lier *et al.* (2007) beschrijft de invloed van klimaatverandering op vectorgebonden ziekteverwekkers. De kennis van de epidemiologie van vectorgebonden aandoeningen is echter vaak nog onvoldoende om voorspellingen te doen over de effecten van klimaatverandering op de verspreiding van de aandoeningen. De betekenis van de bodem op de toe- of afname van vectorgebonden ziekteverwekkers is indirect. Het bodemgebruik is bepalend voor de aanwezigheid van een geschikte habitat voor de ziekteverwekker, de vector of de gastheer. Door irrigatie en wateropslag neemt het aantal broedplaatsen voor vectoren zoals steekmuggen toe. Hogere temperaturen leiden in het algemeen tot snellere ontwikkelingen van vector en ziekteverwekker. De toename in Nederland van de ziekte van lyme, die wordt overgebracht door teken kan deels worden verklaard door klimaatverandering. Andere factoren die het aantal teken en de verspreiding ervan beïnvloeden zijn verandering in landgebruik, zoals nieuw bos bij stedelijke gebieden en de toename van het voorkomen van grootwild en grazers in natuurgebieden (Van Lier *et al.* 2007). De teek heeft voor zijn ontwikkeling zowel kleine als grotere zoogdieren nodig en gedijt goed in bosrijke gebieden met een dichte ondergroei en een hoge luchtvochtigheid. Herbert *et al.* (2008) wijzen op een Europese trend van toename van dichtbegroeide voedselrijke natuur op voormalige landbouwgebieden. Een overzicht van de factoren die meespelen bij de mogelijke toename van ziekten door vectorgebonden ziekteverwekkers is gegeven in bijlage 2.

Ook kunnen klimaatveranderingen van invloed zijn op de aanwezigheid van water- en voedseloverdraagbare infectieziekten (Schijven en De Roda Husman 2005). Middels een kwantitatieve microbiologische risicoanalyse werd berekend of risico's ten gevolge van klimaatveranderingen zullen toe- of afnemen. Heftige regenval kan leiden tot riooloverstorten waardoor hoge aantallen pathogenen in oppervlaktewater en mogelijk sediment of slib terecht komen. Als het oppervlaktewater wordt gebruikt voor bijvoorbeeld irrigatie van gewassen dan komen deze pathogenen in de bodem en op de gewassen terecht. Heftige regenval kan ook tot overstroming leiden van grondwaterwinningen waardoor faeces van wild en landbouwhuisdieren kan afstromen in bodem en grondwater. Droogte kan leiden tot hogere concentraties pathogenen in achtergebleven water of groei van pathogenen door hogere temperaturen van omgeving en water.

Door Gale *et al.* (2008) is een kwalitatief raamwerk ontwikkeld voor de voorspelling van de gevolgen van klimaatverandering op veeziekten (toegesplitst op Groot Britannië). Op basis daarvan concluderen zij dat klimaatverandering endemische ziekten vooral beïnvloedt door de effecten van toegenomen overstromingen. Hierdoor kunnen bijvoorbeeld sporen van Anthrax vrijkomen uit de bodem en drinkwatervoorzieningen bedreigen, kunnen opslagtanks met bijvoorbeeld drijfmest openbreken waardoor faecale ziekteverwekkers zoals *E. coli* en *Cryptosporidium* zich over grote gebieden kunnen verspreiden en nieuwe habitats worden gecreëerd voor vectoren zoals de posthoornslak, waardoor leverbot zich verder kan ontwikkelen.

4 SITUATIES

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op situaties waarbij sprake is van infectiedruk door ziekteverwekkers in het compartiment bodem. Deze situaties geven geen uitputtend beeld van relevante situaties in verband met ziekteverwekkers, maar zijn wel zo gekozen dat naar het oordeel van de TCB hiermee een redelijk breed beeld wordt geschetst van de relatie tussen bodembeheer en ziekteverwekkers. Twee situaties hebben vooral betrekking op de gangbare praktijk (verspreiden van mest en verspreiden van bagger) en drie situaties illustreren vooral een veranderende trend in bodembeheer (vernatting, aanleg moerassen, tijdelijk onder water zetten van land).

4.1 AANWENDEN VAN MEST

In mest en urine van landbouwhuisdieren zijn veel potentiële ziekteverwekkers aanwezig. Een overzicht is opgenomen in bijlage 3. Met het aanwenden van mest kunnen ziekteverwekkers in de bodem worden gebracht of kan hun ontwikkeling worden gestimuleerd of geremd. Doordat mest vaak antibiotica bevat kan de samenstelling van de microbiële gemeenschap in de bodem worden beïnvloed. Een deel van de bacteriën kan resistentie ontwikkelen en deze kan worden overgedragen via plasmiden¹⁴ waarop zich resistentiegenen bevinden. Bacteriën die niet in staat zijn deze plasmiden te ontvangen worden uitgeselecteerd, wat kan betekenen dat bepaalde groepen bodemmicro-organismen verdwijnen. Resistentie kan worden overgedragen op ziekteverwekkende bacteriën, bijvoorbeeld als de antibioticumresistente bodembacteriën en ziekteverwekkende bacteriën gelijktijdig bij mens of dier een infectie veroorzaken. Dit kan leiden tot het bemoeilijken van de bestrijding van de door deze bacteriën veroorzaakte infectieziekten (SKB 2009).

Mest kan op verschillende manieren worden aangewend. In Nederland wordt de meeste mest als mengsel van faeces en urine, ofwel drijfmest, vanuit de stallen of de mestopslag op het land gebracht door mestinjectie. Een deel van de mest komt direct op het weiland via grazend vee. In de akkerbouw geldt een onderwerkplicht voor dierlijke mest. Op zandgronden wordt de mest dan veelal geïnjecteerd, op zwaardere (klei)gronden vindt vermenging met de toplaag plaats. De wijze van aanwenden van mest is van invloed op de mogelijke blootstelling van mensen aan ziekteverwekkers in de mest. Blootstelling kan plaatsvinden via verschillende routes. Inslikken van mest of met mest verontreinigde grond via hand-mond contact is de meest directe contactweg. Besmetting met de eerder besproken *E. coli* 0157 die tot een infectie bij de mens leidt vindt bijvoorbeeld plaats via dergelijk direct contact. Een andere contactweg is inhalatie van stofdeeltjes die via mest zijn besmet met ziekteverwekkers. Dit speelt mogelijk een rol bij de verspreiding van Q-koorts. Een derde contactweg is via drinkwater uit grondwater, wanneer ziekteverwekkers zoals *Cryptosporidium* uit de mest afspoelen en via het grondwater worden verspreid. In onderzoek aan privé-grondwaterwinningen bleek het water in een aantal gevallen (2,7% van 144 winningen) *E. coli*

¹⁴ Plasmiden zijn een cirkelvormige stukjes DNA, los van het chromosomaal DNA, die voorkomen in sommige ééncellige organismen. Via deze plasmiden kan genetische informatie worden uitgewisseld tussen (bijvoorbeeld) bacteriën.

0157 te bevatten. Het ging hierbij bijvoorbeeld om kampeerterrinen in landbouwgebieden met grote veedichtheden (Schets *et al.* 2005).

Dergelijke verontreiniging van grondwater met ziekteverwekkers van faecale oorsprong kan ook een beperking vormen voor andere vormen van grondwatergebruik, zoals warmte- koudeopslag (WKO) ten behoeve van koeling of verwarming van gebouwen. De ziekteverwekkers in het grondwater kunnen in het buizensysteem van een open WKO-installatie worden verspreid. Bij onderhoudswerkzaamheden kunnen mensen aan deze ziekteverwekkers worden blootgesteld. Om te voorkomen dat het water in de WKO-installatie deze ziekteverwekkers bevat is het af te raden om WKO- installaties aan te leggen op plaatsen waar bronnen van faecale verontreiniging aanwezig zijn, zoals bijvoorbeeld bij kippen- of varkenshouderijen¹⁵.

Verspreiden van mest vormt een integraal onderdeel van de land- en tuinbouwpraktijk. Bemesting is nodig voor de productiviteit van het grasland en het akkerland. De discussies over de hoeveelheid en de wijze van aanbrengen van mest en het type bemesting (drijfmest, gerijpte droge mest) worden vooral gestuurd door het behoud van productiviteit, het bewerkstelligen van een goede nutriëntenkringloop en het tegengaan van emissies van nutriënten (stikstof, fosfaat) naar grondwater en oppervlaktewater. De aanwezigheid van ziekteverwekkers voor de mens in mest is echter ook een belangrijke factor om mee te wegen bij de omgang met mest. Dit wordt, vanzelfsprekend, al van oudsher gedaan door de agrariërs zelf, door het inacht nemen van hygiënemaatregelen. Bij veranderingen in landbouwkundig gebruik, bijvoorbeeld de transitie naar duurzame landbouw of juist de schaalvergroting in de landbouw, kunnen infectierisico's veranderen doordat blootstellingscondities en blootgestelde groepen veranderen. De aanwezigheid van ziekteverwekkers in mest verdient daarom aandacht. Een notie, die het belang van het onderwerp onderstreept is dat de potentiële gezondheidsrisico's van met mest verontreinigde en met bijvoorbeeld *E. coli* 0157 besmette bodem in dezelfde ordegrootte liggen als de beleidsmatig vastgestelde risicogrenzen voor chemisch verontreinigde bodem en voor de microbiële verontreiniging van drinkwater (zie bijlage 1).

Bij agrarisch natuurbeheer en bij begrazingsprojecten in natuur- en recreatiegebieden zijn de blootgestelde groepen aan bemeste grond (of grond met faecaliën) anders dan in de reguliere landbouwkundige praktijk. Recreanten zijn zich niet altijd bewust van het besmettingsrisico als gevolg van mest. Dat betekent dat voorlichting een belangrijk aspect is om eventuele besmettingskansen te verkleinen. Ter illustratie van de aard van de infectieziekten en de relatieve betekenis hiervan zijn in tabel 1 gegevens vermeld van infecties bij kinderboerderijbezoekers, die onder andere via mest in aanraking konden komen met ziekteverwekkers. De vergelijking van kinderboerderijen met recreatieve situaties met begrazing is indicatief, omdat de contactwegen kunnen verschillen.

Mogelijke maatregelen:

¹⁵ Over de aanwezigheid van ziekteverwekkende micro-organismen in het diepe anaërobe grondwater en de invloed van WKO hierop is nog weinig bekend. Potentieel ziekteverwekkende bacteriën als *Clostridia* zouden hier hypothetisch gezien kunnen voorkomen en deze kunnen theoretisch ook in het WKO-water in het buizensysteem terecht komen. Bij blootstelling aan WKO-water bij onderhoudswerkzaamheden zouden hierdoor hypothetisch gezondheidsrisico's kunnen ontstaan (Schijven en De Roda Husman, in voorbereiding).

Slechts een deel van de maatregelen ligt op het vlak van bodembeheer. Verwerking van de mest kan effectief om zijn ziekteverwekkers uit de mest te verwijderen. Maatregelen in de bedrijfsvoering kunnen er toe bijdragen dat landbouwhuisdieren minder infecties met zich dragen en dat minder antibiotica worden toegediend.

Bij inrichting en beheer van natuur- en recreatieterreinen zijn vooral voorlichting en hygiëne van belang om direct contact met faecaliën en mest zoveel mogelijk tegen te gaan.

Tabel 1. Ruw geschatte en waargenomen jaarlijkse aantallen ziektegevallen door infectie met zoönosen gerelateerd aan mest bij kinderboerderijbezoekers. Het overzicht is beperkt tot zoönosen met een relatie met hoefdieren waarbij het blootstellingsrisico tenminste deels wordt bepaald door contact met mest of urine. De ruwe schatting voor kinderboerderijbezoekers is gebaseerd op extrapolatie vanuit bekende aantallen infecties in andere situaties waar contact plaatsvindt met landbouwhuisdieren (Berends 2001).

Ziekteverwekker	Aantal ziektegevallen per miljoen bezoeken	
	Geschat	Waargenomen
Colibacillose (VTEC: <i>E. coli</i> O157:H7)	8,0	0,8
Salmonellose (<i>Salmonella</i> spp.)	128,0	21,3
Campylobacteriose (<i>Campylobacter</i> spp.)	53,3	5,3
Psittacose/ornithose (<i>Chlamydia psittaci</i> EAE)	42,7	0,4
Q koorts (<i>Coxiella burnetii</i>)	213,3	0,0
Cryptosporidiose (<i>Cryptosporidium parvum</i>)	160,0	0,0
Paratuberculose (<i>Mycobacterium paratuberculosis</i>)	1,6	0,0
Yersiniose (<i>Yersinia enterocolitica</i> & <i>pseudotuberculosis</i>)	2,1	0,0
Listeriose (<i>Listeria monocytogenes</i>)	1,6	0,1

4.2 VERSPREIDING VAN BAGGER OP HET LAND

Jaarlijks wordt ongeveer 2,5 miljoen m³ onderhoudsbagger door met name waterschappen verspreid op de aangrenzende bodem (AKWA 2008). De verwachting is dat deze hoeveelheid de komende jaren niet sterk zal wijzigen. Een deel hiervan wordt eerst tijdelijk in depot gezet. Er is bij het verspreiden van onderhoudsbagger op aangrenzende percelen sprake van een ontvangstplicht voor de landeigenaren.

De al dan niet ziekteverwekkende micro-organismen die in oppervlaktewateren aanwezig zijn bevinden zich grotendeels in het sediment en worden met de bagger over het land verspreid. De bronnen van deze ziekteverwekkers variëren van: van nature behorend tot het bodem-watermilieu, riooloverstorten, lozingen van gezuiverd afvalwater, het uitrijden van mest etcetera. Bagger kan daardoor kiemen bevatten van veel verschillende ziekteverwekkers voor mens of vee. In tabel 2 worden een aantal ziekteverwekkers genoemd die met verspreiding van bagger op het land tot een toename van de infectiedruk kunnen leiden. Voor de meeste ziekteverwekkers geldt dat geen sprake zal zijn van langdurige handhaving, groei en ontwikkeling in het bodemmilieu. De verhoging van de infectiedruk voor mens en vee is dan van tijdelijke aard.

Tabel 2. Ziekteverwekkers in de bodem die potentieel kunnen toenemen bij verspreiding van bagger op het land

Bodemgebruik	Ziekteverwekkers die potentieel kunnen toenemen (niet uitputtend)
Verspreiden van bagger op het land	Ziekteverwekkers uit mest, rioolslib, rioolwater, met name: Bacteriën: <i>Enteropathogene E. Coli</i> zoals <i>E. Coli 0157</i> , <i>Campylobacter</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Clostridium</i> , <i>Mycobacterium</i> , <i>Anthrax</i> (miltvuur), <i>Coxiella</i> Parasieten: <i>Cryptosporidium</i> , <i>Giardia</i> Virussen: Calcivirussen waaronder humane norovirussen, rotavirussen, hepatitis A en E virussen, enterovirussen Schimmels: bodemschimmels zoals <i>Sphorothrix Schenkii</i>

Gezondheidsrisico's voor mens en vee worden met name gerelateerd aan de negatieve invloed van riooloverstorten op de kwaliteit van het sediment. Via deze overstorten wordt direct vanuit de riolering op het oppervlaktewater geloosd. Zij treden in werking bij hevige of langdurige neerslag. Gemiddeld gebeurt dit 5 tot 15 maal per jaar. Een belangrijke maatregel om risico's te reduceren is daarom het opsporen, zoveel mogelijk beëindigen en saneren van riooloverstorten, evenals het niet op het land brengen van bagger in de nabijheid van nog bestaande riooloverstorten. Sinds 2000 geldt de mogelijkheid voor agrariërs om te eisen dat bagger in de nabijheid van een riooloverstort eerst wordt geanalyseerd op chemische en microbiële verontreiniging voordat deze wordt verspreid. In het Regeling bodemkwaliteit bij het Besluit bodemkwaliteit (in werking sinds 2008) is aangegeven dat de ontvangstplicht niet geldt voor verspreiding van bagger afkomstig uit de omgeving van een riooloverstort en dat de waterbodem hier als puntbron dient te worden onderzocht.

Het terugdringen van riooloverstorten hangt nauw samen met de aanpassing van rioolstelsels en afkoppeling van hemelwater. Op basis van criteria uitgewerkt door de CIW (Commissie Integraal Waterbeheer 2001) zijn risicovolle riooloverstorten geïdentificeerd. Inmiddels is het merendeel van deze overstorten gesaneerd (644 van de 723 in de periode 2001 tot 2006)¹⁶.

Voor de meeste bagger geldt dat deze niet afkomstig is van de omgeving van een puntbron zoals een riooloverstort. Er is geen landelijk overzicht van de gesteldheid van de baggerspecie in de Nederlandse watergangen ten aanzien van aantallen en soorten ziekteverwekkers. Ook zijn er geen Nederlandse data over de mate waarin directe of indirecte blootstelling aan baggerspecie oorzaak is van ziekten. In een risico-analyse voor de toepassing van bagger in het Friese veenweidegebied is geconcludeerd op basis van een kwalitatieve risicoinschatting dat in het geval van ophoging van percelen met schone of licht verontreinigde bagger geen risico's zijn te verwachten door ziekteverwekkers voor vee en voor landbouwproducten (Kamp *et al.* 2007). Voor de tijdspanne tussen opbrengen en beweiden wordt in deze studie een half jaar genoemd, waarin het risico van besmetting met bijvoorbeeld *E. coli* 0157 aanzienlijk wordt verkleind.

De methode van baggeren kan van invloed zijn op de risico's. Bij de traditionele methoden van baggeren wordt de bagger door middel van graafmachines uit de watergangen gehaald en vervolgens over de percelen uitgereden. Daarna worden de percelen geëgaliseerd en opnieuw ingezaaid. Bagger uit polders met veel oppervlaktewater is de laatste jaren op veel plaatsen in

¹⁶ Brief van de Minister van Verkeer en Waterstaat aan de Tweede Kamer, 26 september 2006.

'weilanddepots' gezet. Na rijping van de bagger worden de depots ontmanteld en vaak weer in gebruik genomen als weiland. Het baggeren vindt dan plaats met een boot. Voordelen van het baggeren met een baggerboot zijn, dat hiermee ook brede watergangen kunnen worden gebaggerd en dat vermeden wordt dat er op de aangrenzende percelen schade ontstaat aan het gewas en aan de bodemstructuur. Een in opkomst zijnde techniek is het verspuiten van bagger (Nieuwe Oogst 30 juli 2005). Vooral in het veenweidegebied wordt dit 'baggerpompen' steeds vaker toegepast. Hierbij wordt de slootbagger in een werkgang over een strook van 45 tot 50 meter gelijkmatig in een dunne laag over het land verspreid en kan de toepassing goed samenlopen met het maaien en oogsten van het gras. Uitdroging, hogere temperatuur en ultraviolet licht versnellen het uitschakelen van ziekteverwekkers (Hughes 2003). Bij de traditionele methoden zal de bagger minder gelijkmatig worden verdeeld en zal de bagger daardoor minder snel opdrogen. Ook zal bij traditionele methoden van baggeren meer structuurbederf van de grond optreden door het extra materieel dat nodig is voor het uitrijden en verdelen van de bagger. Ziekteverwekkers kunnen hierdoor waarschijnlijk langer overleven in bagger die met conventionele methoden op de kant wordt gebracht. Waarschijnlijk zal er wel sprake zijn van verhoogde gezondheidsrisico's voor de omgeving op het moment van baggerspuiten door de gevormde aerosolen. In buitenlands onderzoek bleek bij besproeiing van landbouwgrond met afvalwater de verspreiding van *E.coli* door de lucht ruim zeventienhonderd meter te bedragen (Shuval *et al.* 1989).

Maatregelen

Maatregelen die de infectiedruk bij het verspreiden van bagger op het land kunnen verminderen zijn divers en hebben betrekking op de baggermethoden, het moment van baggeren en het verminderen van de contactkans van mens en vee met vers verspreide bagger.

Te noemen maatregelen zijn:

- baggerspecie in het najaar op de kant zetten;
- voorkomen dat kwetsbare diergroepen en jongvee op percelen grazen waar baggerspecie op de kant is gezet;
- voorkomen dat kwetsbare groepen mensen zoals kinderen, ouderen en zwangeren worden blootgesteld aan recent opgebrachte bagger;
- voldoende lang wachten met beweiding of ruwvoerwinning totdat de baggerspecie is opgedroogd;
- in afweging betrekken van veterinaire en humane gezondheidsrisico's bij keuze voor baggerspuiten of meer conventionele manieren van baggerverwerking. De risico's zijn mede afhankelijk van de samenstelling van de bagger, weersomstandigheden, blootstelling van mensen en dieren, etc.;
- voorzichtigheid betrachten bij de uitvoering van baggerspuiten (windstil weer, geen mensen of dieren in nabijheid) vanwege het verspreidingsrisico van ziekteverwekkers in aerosolen;
- opsporen en zoveel mogelijk beëindigen van riooloverstorten; geen bagger verspreiden afkomstig uit de nabijheid (enkele honderden meters) van riooloverstorten. Voor baggerspecie nabij riooloverstorten wordt gedacht aan een tijdsinterval tussen opbergen en begrazing van circa een half jaar;
- rekening houden met de mogelijkheid van ingegraven kadavers met miltvuur. De kans op het vrijkomen van rustsporen van miltvuur is groter bij ruim (diep of breed) baggeren.
- informatieverstrekking. In de genoemde studie over het verspreiden van bagger in het Friese veenweidegebied (Kamp *et al.* 2007) wordt de suggestie gedaan om voor aanbieders

en ontvangers van bagger een checklist op te stellen waarop een aantal belangrijke aandachtspunten staan vermeld, die van belang zijn om risico's bij het opbrengen van bagger te minimaliseren.

4.3 VERNATTING

In veenweidegebieden is vernatting door middel van het verhogen van het grondwaterpeil een manier om de maaiveldval door klink, krimp, zetting en oxidatie van veen tegen te gaan. Peilverhoging levert ook ruimte voor waterberging en biedt kansen voor de ontwikkeling van drassige natuur (natte graslanden).

Bij vernatting kan ook gedacht worden aan het vergroten van het areaal aan zogenaamde 'natte bossen' zoals elsenbroekbos en ooibossen. Volgens Alterra biedt dit perspectief voor waterberging, ecologie en recreatie (Hommel *et al.* 2007).

Het verhogen van het grondwaterpeil heeft vooral gevolgen voor het vee, dat te maken krijgt met een (mogelijke) toename van ziekten die gekoppeld zijn aan nat grasland. Ook kan extra hinder ontstaan van muggen (beschreven bij moerassen, 4.4).

De ziekteverwekkers die potentieel kunnen toenemen zijn weergegeven in tabel 3.

Er zijn weinig kwantitatieve gegevens gevonden over de effecten van vernatting op dierziekten. Zoals reeds eerder genoemd zijn er aanwijzingen dat er sprake is van een toename van het aantal besmettingen van rundvee en schapen met de parasiet leverbot, als gevolg van maatregelen bij (natuur)gebieden als het verhogen van het grondwaterpeil en verbreden of verondiepen van sloten. Onderzoek uit 1965-1967 (Over 1967) laat zien dat posthoornslakken vooral voorkomen bij een gemiddeld hoge grondwaterstand (zie de grondwatertrappen I, II en III in tabel 4). Mogelijk zou de prognose van het optreden van leverbot verbeteren als ook gebruik gemaakt zou kunnen worden van grondwaterstandsgegevens¹⁷.

Tabel 3. Ziekteverwekkers in de bodem die potentieel kunnen toenemen bij verhoging van het grondwaterpeil

Verandering in bodemgebruik	Ziekteverwekkers die potentieel kunnen toenemen (niet uitputtend)
Het verhogen van het grondwaterpeil (vernatten)	Leverbot (vee), Pootgebreken (tussenklauwproblemen) Boutvuur (vee) Bodemschimmels (vee) Huidmaden (vee) Hinderlijke vliegen en muggen (mens, vee)

Bij een onderzoek van de GD om de invloed van intensieve veehouderij en cultuurtechnische maatregelen in Friesland te bepalen zijn bedrijven waar in 1968 – 1969 leverbot was geconstateerd

¹⁷ L. Moll, Gezondheidsdienst van Dieren, pers. med. 20 april 2009.

in 1986 opnieuw onderzocht. Op 20% van de bedrijven werd in 1986 opnieuw leverbot vastgesteld. Op bedrijven waar het zomerpeil naar 110 cm onder maaiveld was gebracht werden twee jaar later geen posthoornslakken meer aangetroffen.

Tabel 4. Overzicht vindplaats posthoornslak in relatie tot het grondwaterpeil (Over 1967).

Grondwatertrap	I	II	III	IV	V	VI	VII
GHG	–	–	< 40	> 40	< 40	40 - 80	> 80
GLG	< 50	50 - 80	80 - 120	80 – 120	> 120	> 120	> 120
Percentage locaties met posthoornslak	44%	83%	65%	0%	0%	0%	0%

GHG: gemiddeld hoogste grondwaterstand (in centimeters beneden maaiveld)

GLG: gemiddeld laagste grondwaterstand (in centimeters beneden maaiveld)

Maatregelen

De door vernatting toegenomen kans op dierziekten bij vee is deels inherent aan de keuze om vee te weiden in grasland met verhoogd grondwaterpeil. Mogelijke maatregelen kunnen zijn om in voor infectieziekten risicovolle perioden geen beweiding door vee in natte gebieden te laten plaatsvinden; het opsporen en eventueel afrasteren van natte plekken en het lokaal verbeteren van waterafvoer. De keuze van minder gevoelige runderrassen die goed gedijen in nat grasland kan ook tot de maatregelen behoren. Deze eigenschappen worden bijvoorbeeld toegeschreven aan het runderras de Groninger Blaarkop (CGN 2009). Het tijdelijk ontoegankelijk maken door afrastering van oeverzones kan een effectieve manier zijn om leverbot tegen te gaan.

4.4 AANLEG MOERASSEN EN ONDIEPE OEVERZONES

Moerasgebieden (wetlands) worden in het natuurbeleid erkend als waardevolle natuur. Op basis van het huidige natuurbeleid en het waterbeleid is te verwachten dat het areaal moerasgebied zal toenemen. Situatie met vergelijkbare milieucondities zijn milieuvriendelijke oevers en natte bufferstroken langs landbouwarealen, die mogelijk meer zullen worden aangelegd ten behoeve van het reduceren van de emissie van nutriënten uit landbouwpercelen. Ook vindt discussie plaats over de effectiviteit van helofytenfilters voor de reductie van de emissie van nutriënten uit de landbouw naar oppervlaktewater (PBL 2008). Helofytenfilters worden ook ingezet in stedelijke omgeving met als doel de waterkwaliteit te verbeteren.

Deze ontwikkelingen leiden ertoe dat er een toename is van milieus van ondiep water en glooiende oevers. In tabel 5 is weergegeven welke ziekteverwekkers potentieel in een dergelijk milieu kunnen toenemen.

Tabel 5. Ziekteverwekkers die potentieel kunnen toenemen bij aanleg van moerassen en ondiepe oevers.

Verandering in bodemgebruik	Ziekteverwekkers die potentieel kunnen toenemen (niet uitputtend)
Aanleg van moerassen en ondiepe oevers	Leverbot (vee), Hinderlijke vliegen en muggen (mens, vee) Malaria (mens; onwaarschijnlijk) <i>Pseudomonas sp.</i> (mens) <i>Aeromonas sp.</i> (mens)

Stilstaand water in ondiepe plassen of plassen met glooiende oevers kan een broedplaats zijn voor muggen en knutten. Gezien de toename aan natte natuurontwikkelingsprojecten is ook een toename aan hinderlijke muggen en knuttenplagen aannemelijk. Door Higler (2001) wordt ook een relatie gelegd met een mogelijke toename van plagen van muggen en knutten in de uiterwaarden en binnendijkse retentiebekkens als gevolg van klimaatverandering. De verwachting is dat in de zomer minder water dan nu door de rivieren afgevoerd wordt. Dat betekent dat er in het voorjaar langer water in de plassen en poelen in de uiterwaarden blijft staan, maar dat in de zomer de kans op uitdroging door de hogere temperaturen vergroot wordt. Bij uitdrogende poelen met glooiende oevers is er een groot oppervlak voor muggenlarven aanwezig.

In de wetenschappelijke literatuur worden verschillende schattingen gegeven van de mogelijke terugkeer van malaria in Nederland, als gevolg van vernatting, verbrakking en toename van de watertemperaturen. Takken *et al.* (1999) schatten in dat dit uiterst onwaarschijnlijk is, terwijl Koren *et al.* (1999) de kans wel aanwezig achten. De inschatting in Van Lier *et al.* (2007) en Takken *et al.* (2008) is dat de vector (de *Anopheles*- mug) en de parasiet (*Plasmodium vivax*) wel kunnen toenemen door de genoemde veranderingen in omstandigheden, maar dat het onwaarschijnlijk is dat malaria zich op grote schaal zal voordoen in Nederland. Mensen die zijn besmet met de malariaparasiet worden snel onderkend en behandeld, waardoor de ontwikkeling van een reservoir van de parasiet bij de mens niet plaatsvindt en besmetting van de mug niet mogelijk is.

Mogelijke maatregelen

Bij de ondiep aflopende oevers langs sloten en vaarten kan een raster worden aangebracht om de inloop van vee en daarmee het risico van leverbot te voorkomen. Maatregelen om de hinder van vliegen en muggen te beperken liggen deels in de ruimtelijke planning. Door STOWA (2001) wordt aangegeven dat leefgebieden van steekmuggen tenminste enkele honderden meters van woonkernen gesitueerd zouden moeten worden. Ook het planten van opgaande vegetatie om broedgebieden te isoleren wordt genoemd. Andere suggesties die worden gedaan liggen op het vlak van actief biologisch beheer in de vorm van het stimuleren van de aanwezigheid van predatoren (zoals vissen, kevers en kever- en libellenlarven) en doorstroming. Higler (2001) doet de volgende suggesties:

- zorg dat wateren regelmatig aangetakt zijn met stromend water zodat predatoren van steekmuglarven de kans krijgen de plassen en poelen binnen te trekken waardoor de populatieontwikkeling van steekmuggen wordt beperkt;
- maak bij natuurontwikkeling langs rivieren zo veel mogelijk gebruik van doorstroming, want stroming en regelmatige golfslag voorkomt de ontwikkeling van populaties van

steekmuggen. Ook wordt hierdoor de groei van wateroverdraagbare pathogenen zoals *Aeromonas* en *Pseudomonas* tegengegaan.

4.5 INUNDATIE

Inundatie betreft de mogelijkheid om in de toekomst land tijdelijk onder water te zetten ten behoeve van waterberging. In tabel 6 is weergegeven welke ziekteverwekkers potentieel kunnen toenemen bij inundatie.

Tabel 6. Ziekteverwekkers die potentieel kunnen toenemen bij inundatie.

Verandering in bodemgebruik	Ziekteverwekkers die potentieel kunnen toenemen (niet uitputtend)
Inundatie	Aan mest gerelateerde ziekteverwekkers Hinderlijke vliegen en muggen (mens, vee) Ziekteverwekkers in kadavers (vooral: miltvuur) <i>Pseudomonas sp.</i> (mens) <i>Aeromonas sp.</i> (mens) <i>Vibrio sp.</i> (mens) alleen in geval van brakke en zouten wateren

Over het effect van inundatie op de ontwikkeling en verspreiding van ziekteverwekkers is weinig bekend. De beschikbare studies hebben vooral betrekking op de gevolgen voor de landbouw. Door Cornelissen *et al.* (2003) die een quick scan uitvoerden naar de effecten van waterberging op planten dierziekten, onkruiden en contaminanten wordt het effect van inundatie op het voorkomen van en de verspreiding van dierziekten als beperkt geschat. De schatting is onder andere gebaseerd op praktijkervaringen, zoals in de uiterwaarden, waarbij de parallel getrokken wordt tussen inundatie en de regelmatige overstroming van de uiterwaarden. Er zijn geen gevallen bekend van grote uitbraken van dierziekten of infecties als gevolg van de overstroming van de uiterwaarden. Uit de studie bleek dat er veel kennislacunes zijn. Aanbevolen wordt om onder andere studie te verrichten naar:

- het gedrag en de verspreiding van stoffen en organismen in bergingsgebieden. Waarschijnlijk verschillen de risico's binnen een bergingsgebied aanzienlijk onder invloed van gebiedskenmerken en type berging;
- het effect van overstromingsduur, -frequentie, -periode en waterkwaliteit op relevante contaminanten, organismen en gewassen. Dit zijn factoren die een belangrijke rol spelen bij het bepalen van de risico's van waterberging.

Een aantal algemene aandachtspunten kunnen worden genoemd. Voor een verdere detaillering van de maatregelen is het eerst van belang dat onderzoek wordt ingezet om de eerdergenoemde benodigde kennis te verwerven. Aandachtspunten zijn:

- met voorrang saneren van riooloverstorten in potentiële inundatiegebieden;
- vermijden van septische tanks en IBAS (individuele behandeling van afvalwater) in potentiële inundatiegebieden;
- zoveel mogelijk tegengaan van verspreiding van mest, bijvoorbeeld door bij voorkeur geen gebieden te kiezen met een grote veedichtheid of geen inundatie te laten plaatsvinden na intensieve bemesting;

- na inundatie en ontwatering voldoende tijd in acht nemen voordat het oorspronkelijk gebruik (landbouw, recreatie) wordt hervat, zodat sterfte van ziekteverwekkers kan plaatsvinden.

5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Uit deze verkenning komt naar voren dat ziekten van vee of mens door ziekteverwekkers in de bodem een probleem kunnen vormen bij bodembeheer en bodemgebruik. De toename in Nederland van leverbot bij schapen en koeien kan waarschijnlijk (deels) toegeschreven worden aan hogere grondwaterstanden en bodembeheermaatregelen bij natuurgebieden. In een aantal gevallen heeft leverbot ook geleid tot infectie van mensen. Microbiële verontreinigingen in drinkwaterputten zijn normoverschrijdend in gebieden met intensieve landbouw. De aanwezigheid van de mest-gerelateerde ziekteverwekkers zoals *E. coli* 0157 kunnen leiden tot infectie van kinderen bij hand-mond gedrag.

Het kwantificeren van de gezondheidsrisico's van ziekteverwekkers in en op de bodem voor mens en vee is echter moeilijk, omdat er weinig wordt gemeten. Kwantitatieve microbiële risico-beoordelingen (QMRA) zijn wel uitgevoerd voor de schatting van het infectierisico van de mens ten gevolge van het gebruik van rioolslib op landbouwgronden op basis van een bron-pad-receptor benadering. Een dergelijke benadering zou ook voor bodem geschikt zijn om de risico's van microbiële ziekteverwekkers te schatten.

De TCB beveelt aan om met behulp van kwantitatieve risicoanalyses meer zicht te krijgen op het gezondheidsrisico van ziekteverwekkers in de bodem, bijvoorbeeld bij het verspreiden van bagger op het land of bij vernatting of inundatie van bemest land. Deze onderzoeksresultaten kunnen ondermeer gebruikt worden om nauwkeuriger de periode te bepalen waarin na opbrengen van bagger op het land sprake is van een infectierisico voor mens en vee.

De grootste risico's lijken te bestaan bij mest-gerelateerde ziekteverwekkers. Het berekende gezondheidsrisico voor de mens bij blootstelling aan grond met aan mest gerelateerde ziekteverwekkers is hoog, wanneer deze wordt afgemeten aan de maximaal toelaatbare risiconiveau's die worden gehanteerd in verwante situaties¹⁸. In dit rapport is dit geïllustreerd met een berekening van het infectierisico door *E. coli* 0157 in grond. Bij agrarisch natuurbeheer en bij begrazingsprojecten in natuur- en recreatiegebieden zijn de blootgestelde groepen aan bemeste grond (of grond met faecaliën) anders dan in de reguliere landbouwkundige praktijk. Recreanten zijn zich niet altijd bewust van het besmettingsrisico als gevolg van mest.

De TCB vindt het belangrijk dat via voorlichting aandacht wordt besteed aan deze bewustwording, om eventuele besmettingskansen te verkleinen.

Veranderingen in bodemgebruik en bodembeheer, waarbij de sturende rol van water in het landschap een belangrijke factor is, zullen waarschijnlijk leiden tot een toename van de infectiedruk. Ook autonome ontwikkelingen, zoals de temperatuurstijging en veranderende neerslagpatronen dragen hier aan bij. In dit rapport is ook aandacht besteed aan de relatie tussen landgebruik en ziekteverwekkers in bredere zin, waarbij niet altijd sprake is van ontwikkeling van

¹⁸ Bij de beoordeling van de risico's van chemische bodemverontreiniging met carcinogene verbindingen en bij de beoordeling van microbiële verontreinigingen in drinkwater.

de ziekteverwekker in de bodem. Zo wordt het aantal teken en de verspreiding ervan in verband gebracht met verandering in landgebruik, zoals nieuw bos bij stedelijke gebieden en de toename van het voorkomen van grootwild en grazers in natuurgebieden. De inrichting van natte natuur in de omgeving van woongebieden kan leiden tot meer overlast van muggen en knutten.

De TCB vindt het daarom belangrijk om bij inrichtingsvraagstukken en in de praktijk van het bodembeheer de betekenis van ziekteverwekkers nadrukkelijk mee te wegen. Hierbij gaat het vooral om praktische maatregelen om de verspreiding van ziekteverwekkers en de infectiedruk te verminderen. Suggesties voor maatregelen zijn in dit rapport gegeven voor vijf verschillende situaties waarbij sprake kan zijn van een toename van de infectiedruk.

Infectiedruk kan ook direct worden beïnvloed door de wijze van bodembewerking. Een verdichte bodem die is ontstaan door te zware belasting met landbouwvoertuigen leidt tot slechte drainage, waardoor in poeltjes verschillende ziekteverwekkers zoals blauwwieren en mest-gerelateerde organismen zich sterk kunnen ontwikkelen.

De TCB heeft geconstateerd dat bij het vormgeven van het beleid voor duurzaam bodembeheer nog geen rekening wordt gehouden met de aanwezigheid van ziekteverwekkers in de bodem. De TCB vindt dat de mogelijke ontwikkeling van ziekteverwekkers in de bodem een relevant onderwerp is bij de verdere invulling van duurzaam bodembeheer. Hierbij is dit rapport een aanzet.

Daarnaast heeft de TCB nog de volgende aanbevelingen:

- De TCB vindt verder onderzoek belangrijk naar de ecologie van vector en gastheer en de epidemiologie van vectorgebonden ziekteverwekkers zoals teken als verspreiders van de ziekte van lyme. Dit inzicht is van belang om via de inrichting van het landschap, de keuzes bij natuurontwikkeling en via voorlichting aan (bijvoorbeeld) recreanten de kans op infecties te verkleinen.
- Gebleken is dat er nog veel onbekend is over het effect van inundatie op de ontwikkeling en verspreiding van ziekteverwekkers. In dit rapport zijn een aantal onderzoeksaanbevelingen gedaan. Met name over de processen in de bodem en de ontwikkeling (of afsterving) van ziektekiemen in de periode direct volgend op de drooglegging na inundatie is nog veel onbekend. De TCB vindt het van belang dat hier meer onderzoek aan wordt verricht.
- Bij de recente uitbraak van Q-koorts is gebleken dat nog veel onbekend is over de wijze waarop de ziekte zich tot (ver) buiten het brongebied kan verspreiden. De eventuele rol van bodemgebruik en bodembeheer hierbij is onbekend. De TCB beveelt aan om onderzoek hiernaar te verrichten, waarbij gekeken zou kunnen worden naar de mogelijke betekenis van de inrichting van het landschap als habitat van dieren, die deels kunnen bijdragen aan de verspreiding van de ziekte.
- De toename van de ziekte leverbot bij vee is waarschijnlijk gerelateerd aan vernatting en verhoogde grondwaterstanden. De TCB beveelt aan om de mogelijkheden te onderzoeken om op basis van grondwaterstandsgegevens de kans op het optreden van leverbot beter te voorspellen. Verbetering van deze voorspelling draagt bij aan het tijdig treffen van

maatregelen waardoor de omvang van de infectie en de noodzaak voor het gebruik van antibiotica beperkt blijft.

LITERATUUR

- AKWA, 2008. Landelijke waterbodempogave bestandsopname 2007. AKWA rapportnummer 07.001. Advies- en Kenniscentrum Waterbodems. www.helpdeskwater.nl
- Berends, B.R., 2001. Kinderboerderijen in Nederland en de relevante veterinaire volksgezondheidsrisico's. VVDO rapport H0101. Hoofdafdeling voedingsmiddelen van dierlijke oorsprong, faculteit diergeneeskunde, Universiteit Utrecht.
- Brooks J.P., B.D. Tanner, C.P. Gerba, C.N. Haas and I.L. Pepper, 2005. Estimation of bioaerosol risk of infection to residents adjacent to a land applied biosolids site using an empirically derived transport model. *Journal of Applied Microbiology* 2005, 98, 397-405.
- CGN, 2009. [Brochure Groninger Blaarkop](#). EU GENRES 870/04 project EURECA. Centrum voor Genetische Bronnen Nederland (CGN), Wageningen UR.
- CIW, 2001. Riooloverstorten. Deel 1: knelpuntcriteria riooloverstorten. Methodiek ter beoordeling van riooloverstorten met betrekking tot waterkwaliteit, volksgezondheid en diergezondheid. Commissie Integraal Waterbeheer, juni 2001.
- Cornelissen A.H.M., Harmsen J., Kempenaar C., Knol W.C. en van der Zweerde W., 2003. Waterberging op landbouwgronden. Effecten op plant- en dierziekten, onkruiden en contaminanten.
- Gale P., 2005. Land application of treated sewage sludge: quantifying pathogen risks from consumption of crops. *Journal of Applied Microbiology* 2005, 98, 380-396.
- Gale P., A. Adkin, T. Drew and M. Wooldridge, 2008. Predicting the impact of climate change on livestock disease in Great Britain. *Short communications. The Veterinary Record* 2008 162: 214-215.
- Herbert H., T. Prins and I.J. Gordon, 2008. Changes in global scale land use and its implications for nature conservation and emerging vector-borne diseases. In: *Emerging pests and vector-borne diseases in Europe. Ecology and control of vector-borne diseases*. Takken W, B Knols (eds.). Wageningen Academic Publishers, The Netherlands.
- Higler L.W.G., 2001. Literatuuronderzoek naar de mogelijkheden van het ontstaan van plagen door steekmuggen. *Alterra-rapport 208*. Wageningen.
- Horvath D.J. and R.L. Reed, 1984. Indirect effects of soil and water on animal health. *Science of the Total Environment* 37: 3147-55.
- Hughes K., 2003. Aerial dispersal and survival of sewage-derived faecal coliforms in Antarctica. *Atmospheric Environment* 37: 3147-55.
- Jones D.L., 1999. Potential health risks associated with the persistence of *Escherichia coli* O157 in agricultural environments. *Soil use and management* (1999) 15, 76-83.
- Jongma, W., 1986. Stageverslag (#volledige titel).
- Kamp *et al*, 2007. Risico-analyse van hergebruik van baggerslib in de landbouw. Opgesteld door Q-Point BV en Wageningen UR, 21 december 2007.
- Karagiannis I., Schimmer B., Van Lier A., Timen A., Schneeberger P., Van Rotterdam B., De Bruin A., Wijkmans C., Rietveld A., Van Duynhoven I., 2009. Investigation of a Q-fever outbreak in a rural area of The Netherlands. *Epidemiol. Infect.* 137: 1283-1294.
- Koren L.G.H., F. van Knipen en J.E.M.H. van Bronswijk, 1999. Ingezonden brief in *Ned. Tijdschr. Geneesk.*, 11 december; 143 (50).
- Merck's Veterinary Manual, 1986. 6th edition. Anthrax. New Jersey, New Jersey (USA): Merck & co.

- Mukherjee H., S. Cho, J. Scheftel, S. Jawahir, K. Smith and F. Diez-Gonzalez, 2006. Soil survival of *Escherichia coli* O157 H7 acquired by a child from garden soil recently fertilized with cattle manure. *Journal of Applied Microbiology* 101: 429-436.
- Over H.J., 1967. Proefschrift "Ecological biogeography of *Lymnaea truncatula* in the Netherlands", 29 november 1967.
- P. Hommel, S. van Rooy en A. Olsthoorn, 2007. Ruimte voor water: kansen voor nieuwe natte bossen. *Vakblad natuur bos en landschap*, maart 2007.
- PBL, 2008. Kwaliteit voor later. Ex ante evaluatie Kaderrichtlijn water. Planbureau voor de leefomgeving, 2008.
- Rahamat-Langendoen J.C., J.A. van Vliet en E.A. van Lier, 2008. Staat van infectieziekten in Nederland 2007. RIVM rapport 210211004/2008.
- Schets F.M. *et al*, 2005. *Escherichia coli* O157:H7 in drinking water from private water supplies in the Netherlands. *Water Research* 39 (2005) 4485-4493.
- Schijven J. F. and A M de Roda Husman, 2005. Effect of climate changes on waterborne disease in The Netherlands. *Water Science & Technology* Vol. 51 no. 5: 79-87.
- Schijven J. F. and A M de Roda Husman, *in prep*. Potential health risks of microorganisms in aquifer thermal energy storage. Report of RIVM (National Institute of Public Health and the Environment), *in prep*.
- Shuval H.I. *et al*, 1989. Aerolized enteric bacteria and virusses generated by spray irrigation of wastewater. *Wat Sci Technol* 21: 132-5; geciteerd door Hughes, 2003.
- SKB, 2009. Veterinaire antibiotica in de bodem en het oppervlaktewater. SKB project 20080612, definitieve rapportage 4 juni 2009.
- STOWA, 2001. Geen narigheid met nattigheid. Over bedreigingen van water in de woonomgeving. Rapportnummer 2001-11.
- Takken W., P.A. Kager en H.J. van der Kaay, 1999. Reactie op ingezonden brief Koren *et al* Ned. *Tijdschr. Geneeskd.* 1999, 11 december; 143(50).
- Takken W., P.A. Kager en J.P. Verhave, 2008. Will malaria return to North-West Europe? In: Emerging pests and vector-borne diseases in Europe. Ecology and control of vector-borne diseases. Takken W., B. Knols (eds.). Wageningen Academic Publishers, The Netherlands.
- Van Lier E.A., J.C. Rahamat-Langendoen en J.A. van Vliet, 2007. Staat van infectieziekten in Nederland 2006. RIVM rapport 210211002/2007.
- Walace *et al*, 1997. Isolation of verocytotoxin producing *Escherichia coli* O157 from wild birds. *Journal of Applied Microbiology* 82, 399-404.

BIJLAGE 1: SCHATTING INFECTIEKANS

Met onderstaande berekening wordt een conservatieve schatting gegeven van de kans op infectie en sterfte, wanneer een kind via hand-mond gedrag grond inslikt besmet met de ziekteverwekker *E. coli* 0157. De aanname is dat de grond 5% mest bevat en dat de mest besmet is met 10^4 cfu¹⁹ per gram. Er is uitgegaan van een groningestie van spelende kinderen van 0,1 gram per dag, wat een gangbare aanname is bij beoordeling van de blootstelling van kinderen aan verontreinigde bodem.

Kader b1. Oriënterende berekening ziekte- en sterfterisico bij blootstelling aan met mest verontreinigde grond door besmetting met *E. coli* 0157

Enkele achtergrondgegevens

Infectie leidt bij 2-7% van de patiënten tot ernstige complicaties. Het sterftepercentage bij deze complicaties is circa 3% (Berends, 2001). Ingestie van ordegrrootte 10 tot 50 cellen (cfu) van *E. coli* 0157 is voldoende om ziekteverschijnselen op te lopen. Bij blootstelling aan geïnfecteerde mest met ordegrrootte 10^2 tot 10^5 cfu g⁻¹ betekent dit dat ingestie van 10^{-4} tot 10^{-1} g faeces voldoende is om infectie met de ziekteverwekker in de mens te veroorzaken (Jones, 1999).

Aannamen:

Ingestie grond door een spelend kind: 0,1 g per dag

Aangenomen percentage mest in grond: 5%

Besmettingsgraad mest: 10^4 cfu g⁻¹ (in range 10^2 tot 10^5 cfu g⁻¹)

Formule berekening kans op zieke (Gale, 2005): $p = 1 - [1 + N/N50 * (2^{1/\alpha} - 1)]^{-\alpha}$

N = dosis (aantal cfu)

$\alpha = 0,16$ (organisme-specifieke parameter, bepaalt de vorm van de dosis effect curve; Gale, 2005);

De N50 (of ID50) is de dosis (aantal cfu) waarbij, bij blootstelling van ieder lid van de populatie, de helft van de populatie geïnfecteerd zou raken. De ID50 voor *E. coli* 0157 wordt gesteld op 1130 (Gale, 2005)

Kans op sterfte: 0,15% van ziektegevallen.

Resultaat bij invullen van bovenstaande formule:

Kans op ziekte per blootstelling: 0,21; Kans op sterfte per blootstelling: $2,1 * 10^{-4}$

Ter vergelijking:

Grens voor ernstig risico ten gevolge van carcinogene verbindingen in grond (maximum toelaatbaar risiconiveau voor de mens): kans op sterfte 10^{-6} bij blootstelling per jaar .

Grenswaarde voor de kans op infectie door pathogene micro-organismen in drinkwater: 10^{-4} per jaar. ²⁰

¹⁹ cfu : colony forming units

²⁰ Waterleidingbesluit (wetten.overheid.nl)

BIJLAGE 2: POTENTIËLE EFFECTEN OP OMGEVING, GASTHEER EN PATHOGEEN VAN VERSCHILLENDE OMGEVINGSFACTOREN ²¹

Factor van invloed	Potentieel effect op omgeving	Potentieel effect op vector, pathogeen en gastheer
Stijging CO ₂ -concentratie in atmosfeer	Bevordert groei planten, plantenbedekking zorgt voor gunstig microklimaat vectoren, verlengt groeiseizoen	Levensduur vectoren verlengd door gunstig microklimaat
Stijging temperatuur	Toename warme klimaatregio's, langer groeiseizoen, minder koude dagen, meer extreem hoge temperaturen	Snellere ontwikkeling vector en pathogeen, meer generaties per jaar, uitbreiding leefgebied. Te hoge temperatuur negatief effect op overleving vector en pathogeen
Neerslag	Toename in neerslag extremen	Beïnvloedt patroon voortplanting muggen
Urbanisatie	Ontwikkelingslanden: mensen opeen onder slechte hygiënische omstandigheden Geïndustrialiseerde landen: stedelijke ontwikkeling in of nabij bosgebied	Meer transmissie van ziekte, meer broedplaatsen vectoren
Ontbossing	Oppervlaktewater neemt toe, mens verdringt bos	Meer broedplaatsen vectoren, meer contact tussen mens en vector
Irrigatie en wateropslag	Oppervlakte neemt toe	Meer broedplaatsen vectoren
Intensivering landbouw	Verstoring land en vegetatie, verminderde biodiversiteit, meer oppervlaktewater	Verhoogde diversiteit broedplaatsen vectoren, verminderde sterfte onder vectoren door natuurlijke vijanden
Toename internationale handel	Toename verscheepte goederen	Verhoogd transport vectoren
Toename reisgedrag	Toename verplaatsing van mensen	Toename verplaatsing van pathogenen tussen endemische en niet-endemische regio's, verhoogde blootstelling van reizigers in endemische gebieden

²¹ Uit: Van Lier *et al.*, 2007.

BIJLAGE 3: ZIEKTEVERWEKKERS VOOR MENS EN VEE IN DE BODEM

Groep	Naam	Ziekte	Mens of Vee	Ernst van de ziekte	Relatie met bodem
Bacteriën	Bacillus anthracis	miltvuur	M+V	Zeer ernstig voor mens en vee	Sporen overleven tientallen jaren in de bodem
				Vaak dodelijk (cfr verschilt per vorm):	Vergraven bodem bij 'witte kuilen' of pestbosjes kan leiden tot miltvuur bij mens en vee. Het gaat dan (voor de mens) om de cutane vorm
				Cutaan: kan dodelijk zijn, veelal niet	
				Respiratoir: onbehandeld cfr > 80%	
				Gastro-intestinaal: sommige vormen	
				onbehandeld cfr > 50%	
				complicatie bij 5%: meningitis met cfr 100%	
	Staphylococcus aureus	zomerwrang	V	Zeer ernstig (vaak dodelijk)	Wrangvliegen ontwikkelen zich in bodem en vegetatie
	Clostridium chauvoei	boutvuur	V	Zeer ernstig, vaak dodelijk (paard en schaap)	Directe relatie drasland en boutvuur; sporen in de bodem
	Clostridium botulinum	botulisme	M+V	Zeer ernstig, vaak dodelijk (vogels, vee)	Via water, waterbodem, kadavers, (kippen)mest
	Clostridium tetani	tetanus	M+V	Zeer ernstig, vaak dodelijk (vogels, vee)	Via water, waterbodem, kadavers, (kippen)mest
	Clostridium perfringens		M+V	Zeer ernstig, vaak dodelijk (lammeren)	Vee in de wei (via faeces?)
	Pseudomonas aeruginosa	o.a. loopoor	M	Matig ernstig (oor- en oogontstekingen)	Indirect (bij contact met water, modder, slib)
	Cyanobacteriën	blauwalgen	M+V	Matig ernstig (hepato- en neurotoxisch)	Indirect (via oppervlaktewater, bagger)
				sterfte bij vee bij drinken grote hoeveelheden	
	Aeromonas sp.		M		Relatie mest, rioolslib, rioolwater (indirect: bagger)
	Legionella pneumophila	longontsteking	M	Zeer ernstig	Indirect, via water. Ook gerelateerd aan potgrond
	Campylobacter spp.		M		Relatie mest, rioolslib, rioolwater (indirect: bagger)
	Escherichia coli 0157		M		Relatie mest, rioolslib, rioolwater (indirect: bagger)
)	Salmonella spp.		M		Relatie mest, rioolslib, rioolwater (indirect: bagger)
	Vibrio cholera non-O1		M		Relatie mest, rioolslib, rioolwater (indirect: bagger)
	Vibrio vulnificus		M		Relatie mest, rioolslib, rioolwater (indirect: bagger)
Groep	Naam	Ziekte	Mens of Vee	Ernst van de ziekte	Relatie met bodem

Overzicht ziekteverwekkers voor mens en vee in de bodem

(vervolg bacteriën	Vibrio parahaemolyticus		M		Relatie mest, rioolslib, rioolwater (indirect: bagger)
	Vibrio alginolyticus		M		Relatie mest, rioolslib, rioolwater (indirect: bagger)
	Vibrio cholerae		M		Relatie mest, rioolslib, rioolwater (indirect: bagger)
	Leptospira icterohaemorrhagiae	ziekte van Weil	M		Relatie mest, rioolslib, rioolwater (indirect: bagger)
	Leptospira grippityphosa	modderkoorts	M		Relatie mest, rioolslib, rioolwater (indirect: bagger)
	Plasmodium vivax	Nederlandse malaria	M	Matig ernstig ('driedaags koorts')	Indirect (via mug in moerasachtige brakke waterpartijen)
					Ziekte komt nu niet voor. Kan bij zilte natuurontwikkeling.
Platworm	Fasciola hepatica	leverbot	M+V	Matig ernstig (leverschade; met name schapen zijn gevoelig, kan dodelijk zijn)	Direct bij glooiende oevers (vector is posthoornslak) en in drassige weiden
Schimmels	Sporothrix schenckii		M+V	Meestal niet ernstig (huidinfectie), soms	Direct (vochtige bodems)
	Microsporium gypseum		M+V	Niet ernstig (huidinfectie)	Direct (vochtige bodems)
Virussen	Calici-virussen zoals noro-virussen		M		Relatie mest, rioolslib, rioolwater (indirect: bagger)
	Rota-virussen		M		Relatie mest, rioolslib, rioolwater (indirect: bagger)
	Hanta virus		M		Relatie mest, rioolslib, rioolwater (indirect: bagger)
	FMD virus	mond- en klauwzeer	M		Niet duidelijk (via besmette dieren, aerosolen)
	Hepatitis A en E virussen	geelzucht	M		Niet duidelijk (via besmette dieren, faeces in opp. water)
	Enterovirussen zoals poliovirus	polio	M		Niet duidelijk (wateroverdraagbaar)
parasieten	Trichobilharzia ocellata	zwemmersjeuk	M	Niet ernstig (irritatie)	Recreatie oeverzone; glooiende oevers)
	Cryptosporidium		M		Relatie mest, rioolslib, rioolwater (indirect: bagger)
	Giardia		M		Relatie mest, rioolslib, rioolwater (indirect: bagger)
	Toxoplasma gondii	toxoplasmose	M (en katten)	Meestal niet ernstig, kan ernstig zijn. Risico's voor zwangere vrouwen: effecten op ongeboren kind.	Via uitwerpselen van katten. Vooral in (dicht)bewoonde gebieden. Blootstelling kinderen via hand-mond gedrag.
planten		giftige planten	M+V		Direct
		plantenallergie	V+M		Direct