

ADVIES
DUURZAMER BODEMGEBRUIK
OP ECOLOGISCHE GRONDSLAG

ADVIES
DUURZAMER BODEMGEBRUIK

OP ECOLOGISCHE GRONDSLAG

Dit advies is vastgesteld op de TCB-vergadering van 4 juni 2003.

Namens de commissie,

De plv. secretaris,

De voorzitter,

Het origineel van dit advies is gestuurd aan de
verantwoordelijke bewindspersoon/personen.

Dr. J. van Wensem.

Ir. L.E. Stolker-Nanninga.

INHOUD

SAMENVATTING, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	i-viii
1. AANLEIDING	1
2. DUURZAMER BODEMGEBRUIK	5
3. ECOLOGISCHE DIENSTEN EN GESCHIKTHEID VOOR GEBRUIK	9
4. ECOSYSTEEMGERICHT BODEMBEHEER	19
5. NAAR DUURZAMER BODEMGEBRUIK	25
6. METEN MET BEHULP VAN INDICATORSYSTEMEN	37
7. REFERENTIES	47
BIJLAGE 1: Adviesaanvraag	51
BIJLAGE 2: Deelaspectecten van ecologische diensten op lokale - en deelstroomgebiedschaal	55
BIJLAGE 3: Vormen van bodemgebruik in Nederland	59
BIJLAGE 4: Regels voor bodemgebruik en het ecosysteem	61
BIJLAGE 5: Advies Rol en betekenis bodemecosystemen in relatie tot NMP-4 en de Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening	67
BIJLAGE 6: Advies Raamwerk voor ecologische inbreng op de beleids- terreinen bodembescherming, biodiversiteit en ruimtelijke ordering in relatie tot NMP-4 en de Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening	71

SAMENVATTING, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Veel vormen van bodemgebruik in Nederland zijn niet duurzaam. De gevolgen van het niet duurzame gebruik van de bodem uiten zich bijvoorbeeld in bodemdaling, ophoping van voedingstoffen in het milieu, afname van nuttige organische stof in landbouwgronden, een verarmde flora en fauna en gebrek aan natuurlijke ziekte- en plaagwering. Het bodemgebruik in Nederland kan duurzamer worden door een ecosysteembenadering in het bodembeheer te introduceren. Bodembeheer wordt hierbij als het instrument gezien om tot duurzamer gebruik te komen en betreft alle handelingen die bewust worden verricht om het huidige en toekomstige bodemgebruik te realiseren.

Door een ecosysteembenadering in het bodembeheer te introduceren wordt het beter mogelijk om de nadelige gevolgen van het huidige bodemgebruik te overzien en daarop te anticiperen. Dit voorkomt afwenteling van de nadelige gevolgen, verbetert de kansen voor de overgang naar andere vormen van bodemgebruik en leidt zowel op de korte als lange termijn tot minder kosten voor de maatschappij ten gevolge van niet duurzaam bodemgebruik. Ook leidt een ecosysteembenadering tot behoud en versteviging van de ecologische basis van het bodemgebruik en daarmee op de lange termijn tot behoud van de maatschappelijke waarde van de bodem. Een ecosysteembenadering bij het beheer geeft tevens een beter inzicht in de partijen die betrokken moeten worden bij de planning en de inrichting van het bodemgebruik.

Ecosysteemgericht beheer is gebaseerd op uit 3 uitgangspunten:

1. Duurzaam gebruik van bodem en water

Er wordt een relatie gelegd tussen de kwaliteit en het gebruik van het ecosysteem. Het (gewenste) gebruik wordt afgestemd op de geschiktheid van het ecosysteem om bepaalde vormen van gebruik te ondersteunen.

De effecten van een ingreep of verandering in het landgebruik worden beoordeeld op de ruimtelijke schaal en op de tijdschaal van het ecosysteem om het afwentelen van verminderde kwaliteit of verandering in kwantiteit naar 'elders en later' inzichtelijk te maken en te voorkomen.

2. Multisectorale procesbenadering

Een multisectorale aanpak leidt tot een proces van voortdurende afstemming tussen de verschillende beleidsterreinen (zoals Ruimtelijke Ordening, Waterhuishouding en Milieubeheer) en de verschillende planniveaus (internationaal, nationaal, provinciaal en lokaal bij gemeenten of waterschappen). Alle beherende instanties of personen, overige betrokkenen en belanghebbenden nemen deel aan het proces van planvorming, met name in het kader van lange termijn doelen.

3. Samenhang in de organisatie van het beheer

De verantwoordelijkheden voor het ecosysteembeheer dienen op beleidsniveau, planningniveau en operationeel niveau geregeld en afgestemd te zijn. De betrokken instanties dienen deze verantwoordelijkheden actief te zoeken.

DUURZAAM GEBRUIK VAN BODEM EN WATER

De gezondheid van ecosystemen is richtinggevend voor het duurzaam gebruik van bodem en water. De gezondheid van ecosystemen kan worden afgeleid uit kenmerken zoals activiteit, stabiliteit, veerkracht en organisatie. Deze kenmerken kunnen thans nog niet worden omgezet in eenduidige en meetbare indicatoren. Daarom stelt de commissie voor de gezondheid van ecosystemen af te lezen aan de hand van het functioneren van ecologische diensten. Ecologische diensten zijn eigenschappen van en/ of processen in een ecosysteem, welke van nut zijn voor de mens. De belangrijkste ecologische diensten zijn: bodemvruchtbaarheid, adaptatie & veerkracht, buffer & reactorfuncties, biodiversiteit, ziekte- en plaagwering en de fysieke structuur. De genoemde diensten zijn voor alle vormen van bodemgebruik van belang en afhankelijk van elkaar. Uitgangspunt is dat een gezond ecosysteem in staat is deze ecologische diensten naar behoren te verrichten.

Bodemgebruik is van oudsher gebaseerd op ecologische diensten, maar deze zijn in toenemende mate verdrongen door technische en chemische hulpmiddelen die vaak nadelig zijn voor natuur en milieu, en voor het functioneren van de ecologische diensten zelf. Een voorbeeld hiervan is dat gewasbeschermingsmiddelen nadelig zijn voor het functioneren van natuurlijke plaagwerende organismen. De commissie is er van overtuigd dat bodemgebruik kan worden verduurzaamd door het behouden en stimuleren van ecologische diensten, omdat hiermee de noodzaak voor het gebruik van nadelige hulpmiddelen kan worden verminderd. Zij heeft een aantal vuistregels voor het behouden en stimuleren van ecologische diensten opgesteld.

Naast het leveren van ecologische diensten ten behoeve van het bodemgebruik stelt het ecosysteem ook randvoorwaarden aan het bodemgebruik. Deze randvoorwaarden worden vaak genegeerd, hetgeen negatieve gevolgen voor de natuur en het milieu en vaak ook de bruikbaarheid van de bodem heeft. Een voorbeeld hiervan is een sterk waterverdampend bostype op droogtegevoelige gronden. Vaker nog wordt het ecosysteem aan het gebruik aangepast met technische of chemische hulpmiddelen, met dezelfde negatieve gevolgen. Een voorbeeld hiervan is sterke ontwatering van veenweidegebieden ten behoeve van de landbouw. De duurzaamheid van het bodemgebruik kan aanzienlijk worden bevorderd door rekening te houden met die randvoorwaarden, en bij inrichting en planning veel meer dan nu uit te gaan van de geschiktheid van de bodem voor het gewenste gebruik.

Voor het beheer van ecologische diensten worden als relevante schaalniveaus een lokale- en een deelstroomgebiedschaal onderscheiden. Ecologische diensten zijn voor alle vormen van bodemgebruik belangrijk, maar niet in dezelfde mate. De verschillen in belang voor verschillende vormen van bodemgebruik zullen toenemen naarmate er meer naar deelaspecten van ecologische diensten wordt gekeken. Op lokale schaal moeten de ecologische diensten beheerd worden die direct van belang zijn voor het lokale bodemgebruik. Op deelstroomgebiedschaal moeten (aspecten van) grootschalige ecologische diensten beheerd worden, zoals waterbuffering en vastlegging van broeikasgassen.

MULTISECTORALE PROCESBENADERING

Ecosysteemgericht bodembeheer vereist integratie tussen bodem-, water-, natuur-, landbouwbeleid, milieubeleid in algemenere zin en ruimtelijke ordening. Hoewel deze integratie op gang begint te komen, vertoont de regelgeving die consequenties heeft voor de wijze waarop de bodem wordt beheerd, nog veel sectorale trekken. Uitgaande van een ecosysteembenadering kunnen deze regels verbeterd en beter op elkaar afgestemd worden. Duurzamer bodemgebruik zal vooral via stimuleringsmaatregelen tot stand gebracht moeten worden. Op lokale schaal heeft stimulering zeker kans van slagen omdat lokale beheerders bij het bodemgebruik mede afhankelijk zijn van ecologische diensten. De commissie denkt daarbij aan voorlichting en voorbeeldprojecten, en het ontwikkelen en aanbieden van hulpmiddelen zoals duurzaamheidstoetsen, duurzamere teeltplannen, milieumeetlatten en eenvoudige meetinstrumenten. Op deelstroomgebiedschaal moeten ecologische diensten onderhouden worden die meer van algemeen belang zijn. Hierbij zal het moeilijker zijn om lokale beheerders ervan te overtuigen dat zij ook aan het onderhoud van deze algemene

ecologische diensten dienen bij te dragen, en zal het opstellen van regels meer opleveren.

SAMENHANG IN ORGANISATIE VAN BEHEER

Bij de organisatie van het beheer dienen op basis van een ecosysteembenadering alle relevantie beheerders betrokken te zijn. Welke dit zijn hangt af van het vraagstuk en de schaal waarop dit vraagstuk speelt. Thans ontbreekt een platform waarop met alle relevante beheerders afwegingen gemaakt kunnen worden voor bodemvraagstukken. De commissie denkt dat door een betere afstemming en organisatie van bestaande instituties tot zo'n platform kan worden gekomen. In specifieke gevallen zou, net als in de Kempen, overwogen kunnen worden om een bodembeheerorganisatie op te richten.

De verantwoordelijkheid voor de uitvoering van het beheer kan in principe op het lokale schaalniveau gelegd worden. De commissie geeft in haar advies een overzicht van de lokaal relevante (aspecten van) ecologische diensten voor landbouw, natuur, openbaar groen, moes/ volkstuinten en siertuinen. Lokale overheden dienen bodemgebruikers te wijzen op de afhankelijkheid van ecologische diensten en het belang en voordeel van het in stand houden van ecologische diensten. Dit kan rechtstreeks gebeuren of via samenwerking met particuliere en semi-overheidsorganisaties die zich met bodemgebruik en bodembeheer bezig houden. Samenwerking met deze organisaties is in ieder geval noodzakelijk, omdat zij ook een belangrijke rol spelen bij de aansturing van (lokaal) bodemgebruik en beheer.

Op deelstroomgebiedschaal dienen overheden zich vooral te richten op (aspecten van) ecologische diensten die op grote schaal behouden en aangestuurd moeten worden, zoals waterbuffering en opslag en emissie van broeikasgassen. Overheden op deelstroomgebiedschaal dienen lokale overheden en overige organisaties die zich met bodemgebruik en bodembeheer bezig houden, of de lokale gebruikers rechtstreeks aan te spreken op die aspecten die van belang zijn voor bodembeheer op grotere schaal.

Bij de inrichting dienen alle overheden rekening te houden met de randvoorwaarden die het ecosysteem, of meer concreet de bodem, aan het gebruik stelt. Sturing dient bij voorkeur plaats te vinden door geschikte combinaties van landgebruik en bodems te vinden; niet door de bodem met systeemvreemde hulpmiddelen geschikt te maken voor het gebruik. Hiervoor is kennis noodzakelijk, die naar oordeel van de commissie wel aanwezig is, maar onvoldoende wordt ingezet. De commissie beveelt aan deze

kennis meer toegankelijk te maken, en ruimtelijke ordenaars, inrichters en bodemgebruikers te blijven wijzen op het belang van goede combinaties van bodemgebruik en ecosysteemeigenschappen.

METEN

Om de toestand van de ecologische diensten te kunnen vaststellen en om te kunnen meten of het gevoerde beleid tot gewenst resultaat leidt, is meten met behulp van een indicatorsysteem noodzakelijk. De commissie ziet het meest in een in Nederland ontwikkeld indicatorsysteem voor ecologische diensten (BoBI), waar ook al enige meetervaring mee is. Mede op basis van een vergelijking met een Deens microbiologisch indicatorsysteem voor de gezondheid van ecosystemen, zou de BoBI idealiter nog moeten worden aangevuld met een aantal ontbrekende elementen. Routinematig meten met de BoBI is echter kostbaar. Het is nodig prioriteiten te stellen ten aanzien van de meetinspanning, het aantal te meten indicatoren en de inspanning te verdelen over verschillende beheerders. De commissie doet een voorstel voor een kleinere set aan te meten indicatoren voor verschillende vormen van bodemgebruik op lokale- en deelstroomgebiedschaal, die deels gebaseerd is op de BoBI. Daarnaast beveelt zij aan om voorlopig geen normen vast te leggen voor de indicatoren. Er dient eerst meer ervaring te worden opgedaan met het ecosysteemgericht beheer en het meten met behulp van de indicatoren.

AANBEVELINGEN

Duurzaam gebruik van bodem en water

- Duurzamer bodemgebruik is noodzakelijk ter vermindering van bestaande - en ter voorkoming van nieuwe – milieuproblemen en de daarmee gepaard gaande kosten, ter behoud van de ecologische basis van bodemgebruik en daarmee ter behoud van de economische en sociaal-culturele waarde van de bodem op de lange termijn.
- Duurzamer bodemgebruik wordt bereikt door het behoud en de ontwikkeling van ecologische diensten en het toetsen aan de geschiktheid van de bodem voor het huidige of toekomstige gebruik.
- In eerste instantie moet gestuurd worden op het behoud van ecologische diensten als zij in voldoende mate zijn ontwikkeld om het bodemgebruik duurzaam te ondersteunen, en het ontwikkelen van ecologische diensten in de ‘goede’ richting indien dit niet het geval is.

- Er moet bij de planning en inrichting rekening worden gehouden met de randvoorwaarden die een ecosysteem oplegt aan het bodemgebruik.

Multisectorale procesbenadering

- Het bodemgebruik in Nederland leidt al geruime tijd tot nadelige effecten en daarmee gepaard gaande kosten voor de maatschappij. Er is thans sprake een groot aantal maatschappelijke en politieke ontwikkelingen die invloed hebben op het bodemgebruik, waaronder de intensivering van het bodemgebruik, het toenemend gebruik van de ondergrond, de klimaatveranderingen, de noodzaak om wateroverlast, verdroging en bodemdaling aan te pakken, de veranderingen in de Nederlandse landbouw en het Europese landbouwbeleid, en de ontwikkeling van de EU Bodemstrategie. Deze ontwikkelingen zouden voor de overheid zowel aanleiding als aanknopingspunt moeten zijn om nu met het bevorderen van duurzamer bodemgebruik op ecologische grondslag, zoals omschreven in dit advies, te beginnen.
- De commissie zou graag de elementen van voorliggende advies terug willen zien in de voorgenomen Nota Ruimte, de Nationale agenda voor een Vitaal Platteland en de Beleidsbrief Bodem.
- De aanbevolen ecosysteembenadering, inclusief het toetsen aan de geschiktheid van de bodem voor het huidige of toekomstige gebruik, biedt goede mogelijkheden voor aansluiting en inbreng bij de Kaderrichtlijn water, de EU Bodemstrategie, het voorgenomen Europese landbouwbeleid en de toenemende integratie tussen het waterbeleid en de ruimtelijke ordening. De commissie beveelt aan deze aansluiting en inbreng in de beleidsontwikkeling na te streven.
- Ook de ondergrond dient actief beheerd te worden, waarbij het om de bescherming van kwalitatieve en kwantitatieve eigenschappen gaat. Thans zijn er geen duidelijke beheerders of regels voor de ondergrond.
- In de planvorming met betrekking tot het bodemgebruik, zoals ruimtelijke ordening en inrichtingsplannen, dient een kosten-baten analyse, waarbij de baten van lokaal bodemgebruik via een ecosysteembenadering worden afgewogen ten opzichte van de kosten die meestal op de lange termijn en op een groter schaalniveau optreden, aanwezig te zijn.
- Bij de ruimtelijke ordening en inrichting dient de geschiktheid van de bodem en de ondergrond, als onderdeel van het ecosysteem, een van de belangrijkste uitgangspunten te zijn voor het huidige of beoogde gebruik.
- Bestaande Nederlandse regelgeving die consequenties heeft voor het bodemgebruik dient geanalyseerd te worden op de bruikbaarheid in relatie tot een

ecosysteembenadering en zo nodig te worden aangepast. De regelgeving moet tevens op basis van een ecosysteembenadering beter op elkaar worden afgestemd.

- De commissie beveelt aan lokale bodemgebruikers zoveel mogelijk via stimulering tot beheer en de ontwikkeling van ecologische diensten te bewegen. Daarvoor kan aansluiting gezocht worden bij bestaand instrumentarium, maar moet wellicht ook nieuw instrumentarium worden ontwikkeld.
- De commissie beveelt aan lokale bodemgebruikers te laten bijdragen aan het behoud en de ontwikkeling van ecologische diensten die op grotere schaal van belang zijn. Hiervoor lijkt regelgeving noodzakelijk.
- De commissie acht inbreng van duurzamer bodemgebruik vanuit Nederland in de op Europees niveau ontwikkelde Good Agricultural Practice noodzakelijk.
- Ter ontwikkeling van duurzamere bodemgebruiksvormen is het noodzakelijk om meer experimenteerruimte te bieden, ook al is dit soms strijdig met de huidige wet- en regelgeving.
- De commissie wil graag betrokken zijn en blijven bij het verlenen van ontheffingen in het kader van onderzoek ten behoeve van het ontwikkelen van meer duurzame vormen van bodemgebruik.
- Om de toestand en de ontwikkeling van ecologische diensten, en de resultaten van het gevoerde beleid te volgen, beveelt de commissie aan een indicatorsysteem voor ecologische diensten in te zetten.
- De commissie beveelt aan om normstelling op basis van indicatoren voor ecologische diensten voorlopig achterwege te laten en eerst meer ervaring op te doen met het ecosysteemgericht beheer en het gebruik van de indicatoren.

Organisatie van beheer

- Bij het bodembeheer dient een lokale, regionale en deelstroomgebiedschaal te worden onderscheiden. Bij het beheer van ecologische diensten is het regionale schaalniveau minder belangrijk; dit schaalniveau is echter wel van belang bij de inrichting en de ruimtelijke ordening.
- Er dient samenwerking en afstemming tot stand gebracht te worden tussen overheden onderling en met de bij bodembeheer betrokken koepel-, natuur- en milieuorganisaties.
- De verantwoordelijkheid voor de uitvoering van het bodembeheer in het kader van duurzaam bodemgebruik moet bij de lokale bodembeheerders worden gelegd.

Kennisontwikkeling en -overdracht

Met betrekking tot kennisontwikkeling en -overdracht in het kader van duurzamer bodemgebruik acht de commissie de volgende acties noodzakelijk:

- Een structurele verkenning van duurzame beheerinstrumenten en motieven voor duurzaam bodemgebruik.
- Ontwikkeling en gebruik van een toets op duurzaamheid voor bodemgebruik.
- Verdere ontwikkeling van een meetsysteem met indicatoren voor ecologische diensten, op verschillende schaalniveaus.
- Verdere ontwikkeling van duurzamere vormen van bodemgebruik, bijvoorbeeld via de ontwikkeling van duurzamere teeltplannen.
- Ontwikkeling en bevordering van het gebruik van milieumeetlatten.
- Bevordering van de overdracht van traditionele praktijkkennis en van de kennis uit voorbeeldprojecten.
- Meer aandacht voor de rol en de werking van het ecosysteem bewerkstelligen in met name het technisch onderwijs, zoals in de civiele techniek en in de agrarische productiesystemen.
- Het op termijn ontwikkelen van streefbeelden voor indicatoren voor ecologische diensten, in relatie tot economische en sociaal-culturele waarden.

De commissie heeft een groot aantal aanbevelingen gedaan en wil graag van de vorderingen op de hoogte worden gesteld.

1 AANLEIDING

Bij brief van 30 maart 2000 vroeg de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) de Technische commissie bodembescherming (TCB) om advies over de rol en betekenis van bodemecosystemen bij bodemgebruik (zie bijlage 1). Wij hebben over dit onderwerp twee adviezen uitgebracht [1, 2]¹ en gaven aan nog een derde advies te willen uitbrengen over de wijze waarop het bodemecosysteem een meer centrale rol zou kunnen spelen in het bodembeleid en de ruimtelijke ordening. De Minister van VROM heeft in een reactie aangegeven dat de eerste twee adviezen ondersteuning betekenen voor het reeds ingezette beleid en richtinggevend zijn voor toekomstig beleid [3]. Met het opstellen van het derde advies hebben wij op verzoek van het Ministerie van VROM gewacht op de afronding van de quickscan Bodem & Ecologie [4]. Dit rapport werd in opdracht van het Ministerie opgesteld door een kerngroep van deskundigen op het gebied van bodem en ecologie, waaronder een aantal TCB-leden. Het Ministerie van VROM heeft het voornemen om de Tweede Kamer in 2003 te informeren middels een beleidsbrief over duurzaam bodemgebruik. Wij hebben begrepen dat deze brief een lange termijn visie voor de omgang met het bodemsysteem zal bevatten. Bij het opstellen van de brief zal het derde advies worden betrokken.

Inmiddels is het rapport 'Ecologische bodemkwaliteit in ruimtelijke ordening en milieubeheer: Verslag van de quickscan: Bodem & Ecologie' [4] verschenen. In het rapport is een advies opgesteld inzake de wijze waarop het ecologische functioneren van de bodem in het landelijk gebied is te beschrijven en is te gebruiken bij het bevorderen van een duurzamer bodemgebruik in het Nederlandse ruimtelijke ordening-, landinrichting- en milieubeleid. De meest concrete aanbevelingen zijn hieronder samengevat.

- Behoud van ecologische bodemkwaliteit zal gericht moeten zijn op het in stand houden en onderhouden van ecologische kringlopen.
- Een natuurlijke nutriëntenvoorziening, ziektevermindering en bodemstructuurvorming vraagt om weloverwogen organisch stofbeheer, het tegengaan van verontreiniging en stimulering en introductie van bodemstructuurvormende organismen en antagonisten.
- Bij natuurontwikkeling dient van tevoren naar de geschiktheid van de bodem te worden gekeken.

¹ Deze adviezen zijn als bijlagen 5 en 6 opgenomen in voorliggend advies.

- Bodembiodiversiteit dient te worden beschermd.
- Meetprogramma's, om na te gaan of het beleid effectief is, dienen zich met name te richten op goed gekozen fysisch-chemische en biologische parameters die indicatief zijn voor ecologische bodemkwaliteit.

BEGRIPPEN

In aanvulling op onze eerdere adviezen en de quickscan hebben wij voorliggend advies opgesteld. In het advies staat conform de adviesaanvraag het functioneren van het 'bodemecosysteem' in relatie tot bodemgebruik centraal. Het advies geeft een visie op hoe bij bodemgebruik omgegaan moet worden met de levende component van de bodem. Het accent zal daarbij liggen op de bovengrond, omdat dit deel van de bodem biologisch het meest actief is en het meest intensief gebruikt wordt. De begrenzing van de bovengrond is vaag, omdat deze afhankelijk is van het bodemgebruik en de situatie waarnaar wordt gekeken. In eerdere adviezen hebben wij de bovenste anderhalve meter van de bodem aangewezen als praktische interpretatie van de bovengrond, omdat deze laag van belang is voor het bovengrondse deel van het ecosysteem [5, 6, 7].

Met de begrippen 'bodemsysteem', 'bodemecosysteem' en 'ecosysteem' wordt meestal ruimtelijk gezien hetzelfde bedoeld. In overwegend 'abiotische' vakgebieden (bodemkunde, geologie) wordt de term bodemsysteem vaker gebruikt, terwijl in 'biotische' vakgebieden (biologie) een voorkeur voor (bodem)ecosysteem te vinden zal zijn. Wij willen de nadruk leggen op de levende, tijd- en ruimteafhankelijke proceskant van het systeem, waarvan ook de bovengrondse vegetatie onderdeel uitmaakt. In dat opzicht is de in de adviesaanvraag gebruikte term 'bodemecosysteem' te beperkt. Wij geven de voorkeur aan de term ecosysteem. Het grond- en oppervlaktewater wordt hierbij nadrukkelijk gezien als onderdeel van het ecosysteem.

Bodemgebruik heeft in dit advies betrekking op het ruimtelijk gebruik van de bodem, als onderdeel van het ecosysteem, door de maatschappij. Belangrijke vormen van gebruik zijn: landbouw, bosbouw, bebouwing, (ondergrondse) infrastructuur, recreatie, natuur, winning ten behoeve van de watervoorziening en delfstoffenwinning. Een groot deel van de Nederlandse bodem wordt gebruikt voor 'groene functies' zoals landbouw en natuur. Het accent in dit advies ligt dan ook op het bodemgebruik in het landelijk gebied. Het advies gaat echter ook in op het bodemgebruik in het stedelijk gebied, omdat ecosystemen ook in het stedelijk gebied onmisbaar zijn voor een aantal vormen van bodemgebruik. Het gaat dan om tuinen en openbaar groen.

Daarnaast draagt duurzamer bodemgebruik op kleinere schaal, ook in het stedelijk gebied, bij aan duurzamer bodemgebruik op grotere schaal.

LEESWIJZER

Het eerste deel van het advies (hoofdstukken 2-4) beschrijft de motieven en de aangrijpingspunten voor duurzaam bodemgebruik. Het tweede deel van het advies (hoofdstukken 5 en 6) geeft een aanzet tot operationalisering van een duurzamer bodemgebruik op ecologische grondslag. In hoofdstuk 2 komt onze visie op een duurzamer bodemgebruik en de rol van het ecosysteem daarin aan de orde. In hoofdstuk 3 wordt het concept van gezondheid van ecosystemen geïntroduceerd. Voorgesteld wordt om duurzaam bodemgebruik te baseren op een operationaliseerbaar criterium voor gezondheid van ecosystemen, de zogenoemde ecologische diensten. Bodembeheer in het kader van duurzamer bodemgebruik zou gericht moeten zijn op het in stand houden en stimuleren van ecologische diensten en op geschiktheid van het ecosysteem voor het gewenste gebruik. Wij zien bodembeheer als een instrument om tot een duurzamer bodemgebruik te komen. In hoofdstuk 4 wordt beschreven welke rol bodembeheer speelt bij duurzamer bodemgebruik, en wordt ingegaan op uitgangspunten voor beheer, de beheerders en de schalen voor beheer. Hoofdstuk 5 bevat een visie op hoe overheden duurzaam bodemgebruik kunnen beïnvloeden. De relatie tussen ecologische diensten, vormen van bodemgebruik en beheerders op verschillende schaalniveaus staat daarbij centraal. In hoofdstuk 6 komt het meten van ecologische diensten met behulp van indicatorsystemen aan de orde.

2 DUURZAMER BODEMGEBRUIK

Dit hoofdstuk gaat in op de vraag wat moet worden verstaan onder duurzaam bodemgebruik en wat de positie van het ecosysteem daarin is.

In het Nationale MilieubeleidsPlan 4 (NMP4) [8] wordt gesteld dat duurzame ontwikkeling zowel het gebied van de natuur en het milieu, als dat van de economie en van de sociale kwaliteit betreft. De essentie van duurzame ontwikkeling is, volgens NMP4, dat deze drie dimensies in hun onderlinge balans worden beheerd en behouden.

De Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (WRR) heeft een advies over duurzame ontwikkeling opgesteld naar aanleiding van de Verkenningen Rijksoverheidsbeleid naar een Nationale Strategie voor Duurzame ontwikkeling [9, 10]. Het begrip duurzame ontwikkeling is in 1987 geïntroduceerd door de commissie Bruntland in het rapport *Our common future* [11]. Het wordt hierin onder andere gedefinieerd als een ontwikkeling waarbij tegemoet wordt gekomen aan de huidige behoeften zonder de mogelijkheden van toekomstige generaties om aan hun behoeften te voldoen te benadelen². Volgens de WRR formuleerde de commissie Bruntland duurzame ontwikkeling op twee verschillende wijzen. Enerzijds als een nieuwe waarde, die uitdrukt dat het ecologisch draagvlak door menselijk handelen niet in gevaar mag worden gebracht. Anderzijds als een metabegrip, een principe waarbij alle waarden, behoeften, instituties, tijd- en ruimteschalen met elkaar samenhangen en een evenwicht hiertussen wenselijk is.

Volgens de WRR wordt duurzame ontwikkeling in de Verkenningen vooral geïnterpreteerd als het metabegrip en vindt dat daar het gevaar aan kleeft dat de richtinggevende betekenis van duurzame ontwikkeling verloren gaat. ‘Wanneer in dit verband alle mogelijke overheidshandelen van het adjectief ‘duurzaam’ wordt voorzien, suggereert dit een kwaliteit die niet noodzakelijkerwijs verband houdt met duurzaamheid vanuit een ecologisch perspectief.’ De raad pleit ervoor duurzame ontwikkeling te blijven zien in de betekenis als waarde; een op het ecologisch substraat gebaseerde samenhang tussen rijk en arm en tussen nu en later, die wijst op de noodzaak op een betere balans tussen de in het geding zijnde behoeften. Duurzame

² *Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs* [11].

ontwikkeling moet volgens de WRR worden afgebakend tot het ecologische aspect en de afwegingen die van daaruit moeten worden gemaakt met de economische en sociaal culturele waarden. Dit suggereert een zekere hiërarchie, waarbij ecologie de basis vormt.

In navolging van de WRR richten wij ons in dit advies op de ecologische basis van duurzaam bodemgebruik, van waaruit dan een afweging kan worden gemaakt met economische en sociaal culturele waarden. Het citaat 'Ecology is economy on the long term'³ geeft immers aan dat schade aan het ecosysteem op termijn ook gevolgen heeft voor de economische en daarmee ook de sociale dimensie van het bodemgebruik [13].

Volgens sommige opvattingen kan het ecosysteem in relatie tot het bodemgebruik worden gezien als een pure nutsvoorziening die in stand moet worden gehouden. Deze visie houdt in dat alleen die eigenschappen van het ecosysteem behouden moeten blijven die iets opleveren voor het maatschappelijk gebruik. De maatschappij heeft volgens ons echter ook het rentmeesterschap ten aanzien van het ecosysteem, hetgeen inhoudt dat niet alleen de nuttige eigenschappen behouden moeten blijven, maar dat er ook aandacht moet zijn voor de intrinsieke waarde van het ecosysteem.

Omdat het lastig is in absolute zin aan te geven wat 'duurzaam' is, geven wij er de voorkeur aan om dit begrip in relatieve zin te gebruiken, en ons te richten op bodemgebruik dat op z'n minst duurzamer is dan het huidige bodemgebruik en respect heeft voor de nutsfuncties en intrinsieke waarde van het ecosysteem.

Sommige gangbare vormen bodemgebruik zijn in Nederland bij het huidige beheer intrinsiek niet duurzaam. Deze vormen van gebruik kunnen op de lange termijn niet op deze wijze worden gehandhaafd (zie box 1). Ook in onze voorgaande adviezen over de rol en betekenis van bodemecosystemen werd reeds geconstateerd dat er bij het huidige bodemgebruik het evenwicht tussen economie en ecologie zoek is. Het ecosysteem ondervindt hiervan de nadelige gevolgen [1, 2].

³ De bron van dit citaat is niet achterhaald, wellicht uit: E.T. Odum, *Ecology and society* [12].

Box 1. Voorbeelden van niet duurzame vormen van bodemgebruik

Niet duurzaam bodemgebruik kan ontstaan doordat de inrichting en het gebruik niet zijn afgestemd op het onderliggende ecosysteem. Er treedt ter plekke, maar vaak ook later en elders, schade op. Gedacht kan worden aan woningbouw op bodems met een hoge grondwaterstand, of het aanplanten van sterk verdampende bostypen op verdrogingsgevoelige gronden. Ook kan gedacht worden aan het inrichten van industrieterreinen op schone gronden die geschikt zijn voor meer groene vormen van gebruik, terwijl er voldoende voormalige industrieterreinen en door bebouwing beïnvloede gronden aanwezig zijn.

Vaak wordt het ecosysteem 'passend gemaakt' met behulp van fysische en/ of chemische hulpmiddelen, die op zichzelf een negatieve invloed kunnen hebben op het bodemsysteem. Een voorbeeld hiervan is het met behulp van molens en gemalen sterk verlagen van de waterstand ten behoeve van woningbouw of landbouw, waardoor het bodemsysteem haar veerkracht verliest en inklinkt. Het voordeel treedt onmiddellijk op, woningbouw en bewerking van het land vroeg in het voorjaar worden mogelijk. De negatieve gevolgen worden pas na vele jaren merkbaar: voor de ontwatering moeten steeds meer kosten worden gemaakt, de omringende dijken moeten verhoogd worden, de bodem is slechter te bewerken door verdichting, tuinen zakken weg rond de (op diepere, draagkrachtige lagen gefundeerde) huizen en grondwaterafhankelijke natuur verdroogt.

Een specifiek voorbeeld hiervan zijn veenweidegebieden [14]. In deze gebieden treedt een sterke bodemdaling op ten gevolge van drooglegging en bodembewerking. Door de verlaagde waterstand klinkt het veen in. Daarnaast komt er zuurstof bij het veen waardoor afbraak van het veen optreedt. Dit zijn onomkeerbare processen. Hierbij komen de gedurende duizenden jaren in het veen opgeslagen nutriënten en verontreinigingen vrij in bijvoorbeeld het oppervlaktewater. De nutriënten en verontreinigingen zijn in het veen terechtgekomen via vertering van de bodem, het grondwater, atmosferische depositie, mest en gebiedsvreemd water. Via goed bodembeheer weten sommige boeren in het veenweidegebied bodemdaling te beperken en een aanzienlijk betere milieukwaliteit te bereiken ten opzichte van omringende bedrijven [15]. In 2002 heeft de Raad van State uitgesproken dat de gemeente Vlist (Krimpenerwaard) maïsteelt moet verbieden in het veenweidegebied rond Stolwijk. Dit wordt onder andere gemotiveerd met de kwetsbaarheid van dit gebied voor bodembewerking en vermesting [16].

Ook kan niet duurzaam bodemgebruik ontstaan door het accent te veel te leggen op het maximaliseren van de baten en te weinig op het behoud van het ecosysteem. Een voorbeeld hiervan is het gebruik van bestrijdingsmiddelen en het intensief bewerken van de grond die ook nuttige ecologische processen, zoals plaagwerend vermogen of de organische stofkringloop, in de bodem aantasten. Een ander voorbeeld is het overmatig gebruik van meststoffen, waarbij ammoniak vervluchtigt en nitraat en fosfaat uitspoelen en afspoelen naar grond- en oppervlaktewater, waardoor allerlei secundaire effecten optreden. Hierbij moet bijvoorbeeld gedacht worden aan het ontstaan van ongewenste vegetaties in natuurgebieden (vergrassing van de heide, verruiging van terreinen met stikstofminnende planten als bramen en brandnetels, het ontstaan van pitrusvlaktes bij vernattingsprojecten), bedreiging van drinkwaterproductie uit grondwater door nitraat of door mobilisatie van metalen in de ondergrond door oxidatie van pyriet.

3 ECOLOGISCHE DIENSTEN EN GESCHIKTHEID VOOR GEBRUIK

INLEIDING

De baten van lokaal bodemgebruik leiden vaak nu en ter plekke, maar ook later en elders, op groter schaalniveau, tot kosten voor anderen (externe kosten) (zie ook box 1, hoofdstuk 1). Deze kosten zouden bij het lokale gebruik van de bodem moeten worden betrokken. Wij denken dat het via een ecosysteembenadering bij bodemgebruik mogelijk is om de kosten te internaliseren.

Het centraal stellen van het ecosysteem bij bodemgebruik is vanuit het ecosysteem zelf geredeneerd niet strikt noodzakelijk. Ecosystemen hebben de eigenschap zich voortdurend aan te passen aan veranderende omstandigheden en vertonen in onbeheerde vorm een autonome ontwikkeling. Ook in ongunstige omstandigheden zal zich een voor die situatie optimaal ecosysteem ontwikkelen. De zorg van de mens voor het ecosysteem is er vooral op gericht het systeem zodanig te beïnvloeden dat er baten voor de mens ontstaan. Om verzekerd te blijven van deze baten of niet steeds geconfronteerd te worden met steeds hogere kosten om dezelfde baten te realiseren is aandacht voor de ecologische dimensie van duurzaam bodemgebruik noodzakelijk.

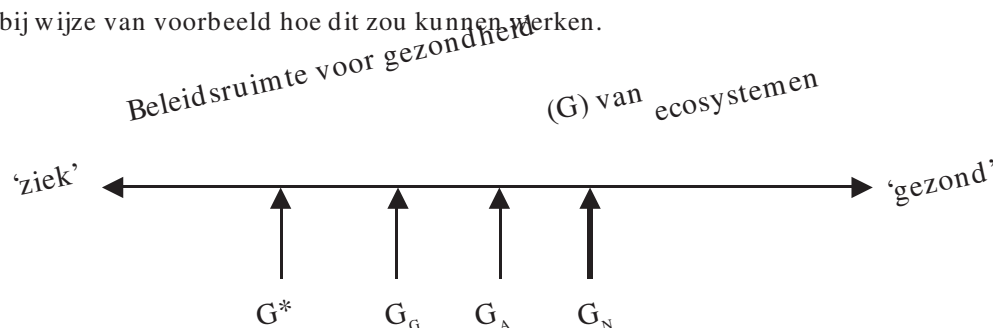
Om het ecosysteem voldoende gewicht in de schaal te laten leggen bij bodemgebruik, is het nodig om te weten hoe ecologisch verantwoord bodemgebruik eruit ziet. In de Wet bodembescherming wordt het belang van de bescherming van de bodem omschreven als: het belang van het voorkomen, beperken of ongedaan maken van veranderingen van de hoedanigheden van de bodem, die een vermindering of bedreiging betekenen van de functionele eigenschappen die de bodem voor mens, plant of dier heeft. Bodembescherming richt zich dus op de functionele eigenschappen die de bodem voor mens, dier of plant heeft. Ecologisch verantwoord bodemgebruik zou dan moeten leiden tot het voorkomen, beperken of ongedaan maken van aantastingen van die functionele eigenschappen in relatie tot de eisen die het ecosysteem stelt.

GEZONDHEID VAN ECOSYSTEMEN

Om de vraag te beantwoorden of een bepaald bodemgebruik ecologisch verantwoord is, met andere woorden, voldoende rekening houdt met het ecosysteem, zou kunnen

worden uitgegaan van de gezondheid van ecosystemen⁴. Het concept 'gezondheid van ecosystemen' verbreedt het gebruik van de term gezondheid (gericht op de mens) en betreft het op ecosystemen. De term 'gezondheid' wordt in dit verband gehanteerd om de condities van een - door de mens beïnvloed - ecosysteem te beschrijven. In een in opdracht van de TCB opgesteld discussiestuk over de gezondheid van bodemecosystemen wordt uitvoerig ingegaan op dit concept [17].

Gezondheid van ecosystemen is een richtinggevend concept; het leidt tot waarden en normen die regelmatig geëvalueerd moeten worden. Daarmee ontstaat beleidsruimte voor het vaststellen van een na te streven kwaliteit van het ecosysteem in relatie tot de economische en sociaal-culturele dimensie van bodemgebruik. Figuur 1 illustreert bij wijze van voorbeeld hoe dit zou kunnen werken.



Figuur 1. Conceptuele weergave van de gebruiksspecifieke beleidsruimte voor gezondheid van ecosystemen⁵. De relatieve posities van de G(ezondheid)-waarden op de as van 'ziek' naar 'gezond' zijn locatie-afhankelijk en staan hier ingetekend bij wijze van voorbeeld. G^* : door experts geschatte minimum gezondheid benodigd voor specifiek lokaal gebruik; G_G : gezondheidsniveau dat zou ontstaan ten gevolge van het gebruik zonder sturende invloed van de overheid; G_A : het actuele gezondheidsniveau; G_N : het gezondheidsniveau dat wenselijk of optimaal wordt geacht door niet bij het lokale gebruik betrokken belanghebbenden.

De gebruiksspecifieke beleidsruimte bevindt zich theoretisch tussen:

- Wat volgens deskundigen de minimale gezondheid moet zijn van een ecosysteem bij een bepaald gebruik (G^*). Beneden deze waarde moet de bodem als ongeschikt voor het gebruik worden gezien;
- Wat volgens niet bij het lokale gebruik betrokken belanghebbenden een wenselijke of optimale gezondheid is, gegeven het gebruik (G_N).

De actuele gezondheid (G_A) is een resultante van het huidige bodemgebruik; in de afbeelding is een situatie aangegeven waarbij op duurzaamheid wordt geanticipeerd. De actuele gezondheid ligt meestal tussen G_N en G^* in. G_G is de gezondheid die

⁴ Wij verwijzen met het begrip 'gezondheid van ecosystemen' naar het in de wetenschappelijke literatuur bekende begrip 'ecosystem health'.

⁵ Deze figuur is een bewerking van een figuur uit het OECD *Agri-biodiversity indicators: background paper* [18]. In de oorspronkelijke figuur wordt de situatie voor agrobiodiversiteit uitgewerkt.

zou ontstaan als bij het gebruik geen duurzame doelstelling is betrokken. Uitgaande van een gezondheidsbevorderende werking van bodemgebruik met een duurzame doelstelling, ligt G_G links van G_A . Bij gebrek aan handhaving of bij calamiteiten kunnen G_A en G_G zelfs links van G^* komen te liggen. De positie van G_A kan via gericht beleid beïnvloed worden. In een streven naar duurzamer bodemgebruik zou G_A richting G_N moeten schuiven; dit moet echter wel in relatie tot de economische en sociale dimensie van het bodemgebruik worden beschouwd.

Aan het concept 'gezondheid van ecosystemen' kleven ook enige nadelen. Het is niet goed van toepassing te verklaren op volledig natuurlijke ecosystemen, omdat een systeem zonder menselijke beïnvloeding niet gezond of ongezond is, maar zich in een specifiek stadium van zijn temporele ontwikkeling bevindt. Dergelijke ecosystemen komen in Nederland echter niet voor. Daarnaast is de definiëring van een door de mens beïnvloed, gezond ecosysteem niet waarde vrij, maar gerelateerd aan de verwachting die men heeft met betrekking tot het ecosysteem. De perceptie van een gezond ecosysteem kan derhalve variëren in de tijd en is afhankelijk van het type ecosysteem. Sommige wetenschappers hebben een voorkeur voor een meer absoluut beoordelingssysteem en wijzen om die reden het concept 'gezondheid van ecosystemen' af. Wij menen echter dat voor complexe systemen zoals ecosystemen die voortdurend veranderen in ruimte en tijd het vrijwel onmogelijk is om een absoluut beoordelingssysteem vast te stellen.

In Box 2 wordt een aantal criteria genoemd aan de hand waarvan de gezondheid van bodemecosystemen zou kunnen worden vastgesteld. Deze criteria zijn voornamelijk onderzocht in het klassieke domein van de systeemecologie. De lijst is niet uitputtend. Onderzoek naar de praktische toepassing van de criteria in de context van gezondheid van ecosystemen (in Nederland) is gaande [19], maar nog niet ver genoeg om op de korte termijn bruikbaar te zijn. In het navolgende zullen wij aangeven welke activiteiten ondernomen zouden moeten worden om het concept 'gezondheid van ecosystemen' operationeel te maken voor het bodembeleid.

Box 2. Criteria voor gezondheid van ecosystemen

Deze criteria zouden kunnen worden gebruikt om de gezondheid van ecosystemen te definiëren en evalueren. De belangrijkste zijn, gerangschikt naar aflopende mate van natuurlijkheid:

- **Activiteit.** Dit criterium refereert aan de energiestromen binnen het ecosysteem, welke meetbaar zijn in termen van nutriëntenkringlopen en biomassaproductie. De activiteit van een gezond ecosysteem is daarbij sterk afhankelijk van het type ecosysteem.
- **Draagkracht.** Dit criterium refereert aan de specifieke capaciteit van een ecosysteem om met stress om te gaan (stabiliteit) en om na een stressperiode te kunnen herstellen (herstelvermogen).
- **Organisatie.** Dit criterium refereert aan de complexiteit van het ecosysteem. Complexe systemen kennen een hogere mate van interactie tussen soorten, een grotere biodiversiteit en een lager aandeel aan opportunistische soorten. Aangenomen wordt dat een gezond ecosysteem een hogere complexiteit heeft dan een ongezond ecosysteem; dit is uiteraard afhankelijk van het ontwikkelingsstadium van het ecosysteem.
- **Afwezigheid van ziektebeelden.** Een gezond ecosysteem kenmerkt zich door de afwezigheid of lage presentie van karakteristieke ziektebeelden, zoals een afname van de biodiversiteit, een remming van de primaire productie, een toename van het aandeel aan opportunistische soorten en de ontwikkeling van plagen.
- **Afhankelijkheid van externe hulpmiddelen.** In een gezond ecosysteem neemt de afhankelijkheid van externe hulpmiddelen (bijvoorbeeld energie, organisch materiaal, meststoffen, water, bestrijdingsmiddelen) om de activiteit van het ecosysteem te handhaven af in de tijd, terwijl deze in een ongezond ecosysteem juist toeneemt.
- **Schade aan aangrenzende systemen.** Een ongezond ecosysteem kenmerkt zich door het toebrengen van schade aan of risico's voor aangrenzende systemen (waaronder de mens). Voorbeelden betreffen uitspoeling van nitraat naar het ondiepe grondwater en van stikstof, fosfaat en toxische stoffen naar het oppervlaktewater vanuit de landbouw.

Bron: referentie 17.

ECOLOGISCHE DIENSTEN

Het concept 'gezondheid van ecosystemen' is via de criteria uit box 2 niet onmiddellijk operationeel te maken. Als overkoepelend criterium voor de gezondheid van ecosystemen kunnen de zogenoemde ecologische diensten worden gezien. Ecologische diensten zijn eigenschappen en/ of processen binnen het ecosysteem, welke van nut zijn voor de mens. Bodems verlenen van nature ecologische diensten die bepaalde vormen van bodemgebruik meer of minder ondersteunen. Het vermogen van een ecosysteem om ecologische diensten te verrichten biedt wel mogelijkheden tot operationalisering. Immers, van een gezond ecosysteem mag worden verwacht dat de ecologische diensten naar behoren verricht worden. Behoud en ontwikkeling van ecologische diensten sluit goed aan bij de doelstelling van de Wet bodembescherming die zich immers richt op bescherming van de functionele eigenschappen van de bodem. Of de aanwezigheid en ontwikkeling van ecologische diensten ook per definitie een volledig

gezond ecosysteem oplevert zou nader moeten worden onderzocht. Vanuit praktisch oogpunt bevelen wij dan ook aan het bodembeheer ter ondersteuning van duurzaam bodemgebruik in eerste instantie te richten op het behoud en ontwikkelen van de ecologische diensten van het ecosysteem.

In box 3 wordt een aantal belangrijke ecologische diensten gegeven, die voor alle vormen van bodemgebruik in meer of mindere mate van belang zijn. Deze ecologische diensten zijn afhankelijk van elkaar en kunnen dus niet geheel los van elkaar worden gezien. De in box 3 genoemde ecologische diensten kunnen worden opgesplitst in een groot aantal afzonderlijke aspecten (zie bijlage 2), die afhankelijk van het bodemgebruik al dan niet van belang zijn. Sommige van de in box 3 genoemde diensten en afzonderlijke aspecten (bijlage 2) kunnen ook als een product van een ecologische dienst worden gezien, zoals bijvoorbeeld schoon grondwater, landbouwproducten of gezonde lucht. De grens tussen dienst en product is echter vrij vaag en hangt van de context af. Wij zullen daarom uitsluitend over ecologische diensten spreken.

Box 3. Ecologische diensten

1. Bodemvruchtbaarheid: het vermogen om nutriënten te leveren en biomassa te produceren (inclusief bodemstructuur, organische stof, alle essentiële nutriënten voor plant en dier);
2. Adaptatie en veerkracht: het vermogen tot aanpassing of de mate van fragiliteit bij verstoring en omzetting naar ander bodemgebruik;
3. Buffer en reactor functie: opslag en buffering van water, gassen, stoffen, energie (opslag warmte en koude), kationenuitwisselingscapaciteit, afbraak en synthese van stoffen en verbindingen (detoxificatie, humificatie);
4. Biodiversiteit*: genetische, functionele en structurele biodiversiteit;
5. Ziekte- en plaagwering: het natuurlijke vermogen om ziekten en plagen te voorkomen en onderdrukken;
6. Fysieke structuur: draagkracht, historisch archief, landschappelijke identiteit.

*Zie toelichting in de tekst.

Biodiversiteit in box 3 is een containerbegrip. Er zijn ten aanzien van biodiversiteit verschillende aspecten te onderscheiden, die in box 3 met genetische, functionele en structurele biodiversiteit zijn benoemd [zie ook referentie 20]. Met genetische biodiversiteit wordt hier bedoeld op de diversiteit van de voorraad genen, met functionele biodiversiteit op de diversiteit aan functies (processen) in het ecosysteem en met structurele biodiversiteit op het aantal verschillende soorten in het ecosysteem. De genetische biodiversiteit vormt de potentie van het systeem voor zowel functionele als structurele biodiversiteit. Met betrekking tot ecologische diensten wordt vooral de functionele biodiversiteit van belang geacht, dat wil zeggen welke

verschillende processen het systeem kan uitvoeren. Structurele biodiversiteit speelt een belangrijke rol in het bovengrondse deel van het ecosysteem, maar ook bijvoorbeeld in de stabiliteit van voedselwebben die zich in de bodem bevinden. De bodem is een compartiment dat veel onzichtbare biodiversiteit herbergt. Aangenomen wordt dat er een positieve relatie is tussen biodiversiteit en gezondheid van een ecosysteem [21, 22, 23].

In een ver verleden was ieder bodemgebruik afhankelijk van ecologische diensten. Om de gebruiksmogelijkheden van de bodem te vergroten zijn veel 'systeemvreemde' technische en chemische hulpmiddelen ontwikkeld, zoals funderingen, heipalen, ophooglagen, grondwaterpeilbeheersing, dijken, kunstmest en bestrijdingsmiddelen. Een aantal van deze hulpmiddelen heeft, zeker bij intensief gebruik, nadelige gevolgen voor het ecosysteem zelf. Deze betreffen meestal aantasting van de ecologische diensten, zoals aantasting van het draagvermogen en structuur van de bodem, afname van het organische stofgehalte in de bodem, verontreiniging van grondwater, vermindering van het plaagwerend vermogen en vermindering van het bufferend vermogen van de bodem. Het hedendaagse intensieve gebruik van de bodem, met het grootschalige gebruik van systeemvreemde hulpmiddelen, ondergraaft het functioneren van de ecologische diensten, waardoor er steeds meer hulpmiddelen nodig zijn om het gebruik te continueren, hetgeen weer een verdere aantasting van de ecologische diensten tot gevolg heeft.

Wij denken dat het bodemgebruik duurzamer wordt als het ondersteund wordt door ecologische diensten (in plaats van systeemvreemde fysische en chemische hulpmiddelen). Bodembeheer zou er dan op gericht moeten zijn het bodemgebruik minder afhankelijk te maken van milieuhygiënisch nadelige hulpmiddelen en meer te laten leunen op ecologische diensten van de bodem. Veel chemische en technische hulpmiddelen bij het bodemgebruik hebben in belangrijke mate bijgedragen aan de hedendaagse welvaart in Nederland. Een verminderde afhankelijkheid van deze middelen door het overschakelen op ecologische diensten zou kunnen betekenen dat bepaalde vormen van bodemgebruik in eerste instantie economisch minder rendabel worden, hetgeen ook sociale gevolgen kan hebben. Hier tegenover staat dat de schade aan het milieu zal afnemen. Ook zullen de kosten die gepaard gaan met het voorkomen en bestrijden van schade en de kosten voor de inzet van hulpmiddelen afnemen. Voor de langere termijn zijn de perspectieven weer gunstig.

De implicaties voor het bodemgebruik op de korte en de lange termijn zijn dus sterk afhankelijk van de aard en de intensiteit van het gebruik. Het bodemgebruik dient er in ieder geval uiteindelijk op gericht te zijn om situatiespecifiek optimaal

gebruik te maken van de ecologische diensten van het bodemsysteem. Daarnaast is het van tevoren bepalen of de bodem (het ecosysteem) geschikt is voor het gewenste gebruik van cruciaal belang (zie volgende paragraaf). Met betrekking tot optimaal gebruik maken van ecologische diensten willen wij de vuistregels voor duurzaam gebruik van het ecosysteem in herinnering brengen, zoals verwoord in ons eerste advies over dit onderwerp [1]:

- Gebruik van ecologische diensten⁶ leidt niet tot lokale uitputting of vernietiging hiervan.
- Bij het gebruik van een bepaalde ecologische dienst blijven de overige diensten ter plaatse zoveel mogelijk intact.
- Het herstelvermogen van de bodem blijft intact, dit houdt onder andere in dat de diensten die tijdelijk en soms langdurig ter plaatse afwezig zijn geweest terug moeten kunnen keren. Dit houdt ook in dat alle belangrijke organismen van het ecosysteem voorradig moeten blijven.
- De snelheid van herstel is in verhouding met de snelheid waarmee van gebruik wordt gewisseld. Herstel dat honderden jaren vergt is ongewenst als wisselingen zich om de 30 jaar voordoen.
- Alle ecologische diensten moeten voldoende ruimte krijgen; dit stelt grenzen aan de schaal waarop gebruik mag plaats vinden.
- Het gebruik van het ecosysteem mag de omgeving, zoals het grondwater en aanliggende ecosystemen, niet belasten.

Dit betekent dat bodembeheer in het kader van duurzamer bodemgebruik meer dan nu in het teken dient te staan van bevorderen van natuurlijke plaagbestrijding, structuurbehoud van de bodem, het sluiten van nutriëntencycli, het voorkomen van verontreiniging door atmosferische depositie en door chemische hulpmiddelen. Er moet meer rekening gehouden worden met de randvoorwaarden die het ecosysteem oplegt aan het bodemgebruik. Deze benadering pleit ook voor technologische innovatie, om het menselijk handelen ecologisch beter inpasbaar te maken. De conclusies van de quickscan Bodem en Ecologie geven eveneens een aanzet voor dit type bodembeheer voor de landbouw. Als concrete aanbevelingen worden daarin genoemd: verbeteren van de organische stofkringloop in de bodem, bevorderen van het bodemleven, beperken van het bestrijdingsmiddelengebruik, terugdringen van overmatige stikstof- en fosfaataanvoer. In hoofdstuk 5 zal meer concreet worden ingegaan op de wijze waarop overheden duurzamer bodemgebruik kunnen bevorderen.

⁶ In de tussenliggende tijd hebben wij het woordgebruik ten aanzien van dit onderwerp enigszins aangepast. De term 'ecologische diensten' is in de plaats gekomen van 'ecologische functies' om aan te sluiten bij de wetenschappelijke literatuur en om verwarring over het woord 'functies' te voorkomen.

GESCHIKTHEID VOOR GEBRUIK

Bodemgebruik stelt eisen aan het ecosysteem, maar het ecosysteem legt ook randvoorwaarden op aan het bodemgebruik. Het gebruik aanpassen aan de randvoorwaarden levert een duurzamer gebruik op.

Een belangrijk element van bodemgebruik waarbij een ecosysteembenadering centraal staat, is de noodzaak om uit te gaan van geschiktheid voor gebruik bij de ruimtelijk planning en inrichting. In ons tweede advies [2] en de quickscan Bodem & Ecologie [4] wordt aandacht besteed aan de huidige problemen met het landgebruik. Uit deze analyses blijkt dat veel problemen worden veroorzaakt door het feit dat er teveel vanuit wordt gegaan dat 'alles overal kan'. Door de werking van de markt en de vele belangen die spelen bij het realiseren van een bepaald gebruik blijft de vraag of de bodem geschikt is voor het huidige of toekomstige gebruik, en of er misschien niet geschiktere locaties zijn om een bepaald gebruik te realiseren, meestal buiten beeld. Als gevolg daarvan wordt de maatschappij geconfronteerd met ongeschikte bodems, met andere woorden bodems die onderdeel uitmaken van een ecosysteem dat niet passende randvoorwaarden oplegt aan het bodemgebruik. Dit blijkt uit problemen met de waterhuishouding, grondwaterverontreiniging, nutriëntenvoorziening, ziekten of plagen. Deze bodems worden met veel fysische en chemische hulpmiddelen geschikt gemaakt, hetgeen vaak een negatieve invloed heeft op het ecosysteem.

Uiteraard onderschrijven wij de behoefte van de mens om veilig te kunnen leven. Deze veiligheid heeft een gezondheids-, ruimte en voedselaspect. Wij zijn geen tegenstander van noodzakelijke ingrepen in het ecosysteem ter wille van de veiligheid, zoals het aanleggen van dijken, het creëren van bewoonbare ruimte door inpoldering of ontginning, het bestrijden van plagen (zoals malaria) of het kunstmatig verhogen van de bodemvruchtbaarheid. Ons betoog komt er op neer dat bij de keuze voor het soort ingreep, of voor de situering van de ingreep, beter nagedacht kan en moet worden over de geschiktheid van de locatie (sommige locaties zijn geschikter dan anderen), de consequenties van de ingreep voor het ecosysteem en of het niet mogelijk is om het ecosysteem zelf te laten meewerken aan de oplossing. Voorbeeld hiervan is de hernieuwde discussie over de Deltawerken, die nu door sommigen worden gezien als een inflexibele, tegen het ecosysteem inwerkende veiligheidsvoorziening. Er gaan steeds meer stemmen op om bij de beveiliging tegen het water meer te vertrouwen op natuurlijke processen die door de mens een handje worden geholpen. Het mogelijk maken van sedimentatie in estuaria en bij riviermondingen, en het tijdelijk toelaten van meer water op het land, vormen daarbij grote uitdagingen, mede omdat dit in de huidige situatie om diverse redenen vrijwel uitgesloten is.

Beoordeling van geschiktheid voor gebruik en het laten meewegen van deze geschiktheid bij ordenings- en inrichtingsvraagstukken kan tot een aanzienlijke vermindering van problemen met de bodem leiden. Onder bodemdeskundigen behoeft het dan ook geen discussie meer dat het (van tevoren) bepalen van geschiktheid voor gebruik noodzakelijk is. Dit element komt naar voren in onze advisering over Systeemgericht grondwaterbeheer [24, 25], in de quickscan Bodem & Ecologie [4], bij natuurontwikkeling en bij in situ bodemsanering, waarbij eerst de potentie van de bodem wordt onderzocht om verontreinigingen af te kunnen breken, om daarna de ontbrekende componenten (voeding, organismen, etc.) toe te voegen.

Er is ook een duidelijke relatie tussen geschiktheid voor gebruik en het optimaal gebruik maken van ecologische diensten; hoe meer ecologische diensten de bodem voor het specifieke gebruik biedt, des te geschikter is de bodem voor het gebruik.

Het zal bij de ordening, inrichting en gebruik van het land meer dan nu weer 'gewoon' moeten worden om na te gaan of het beoogde bodemgebruik past bij het ecosysteem op lokaal schaalniveau. Bij natuurontwikkeling wordt daar reeds in beperkte mate rekening mee gehouden door van tevoren te toetsen of het gewenste natuurtipe past bij een aantal kenmerken van de lokale omstandigheden. Bij combinaties van gebruikseisen van bodemgebruik aan het ecosysteem en randvoorwaarden vanuit het ecosysteem die niet in overeenstemming zijn, dient nagegaan te worden of er geen alternatieven voor de inrichting of het gebruik mogelijk zijn. Met combinaties die niet in overeenstemming zijn, wordt bijvoorbeeld bedoeld:

- Intensieve veeteelt in gebieden met uitspoelingsgevoelige gronden.
- Zeer nutriëntenbehoefte gewassen telen op arme (meestal ook uitspoelingsgevoelige) gronden.
- Gewassen specifiek voor zandgronden op kleigronden; zo verplaatst de bollenteelt zich van zandige gronden naar kleigronden waarbij de gehele bovengrond geschikt wordt gemaakt door deze te mengen met grote hoeveelheden zand.
- Plaaigevoelige gewassen telen op gronden waar de plaag goed gedijt.
- Gewassen telen op gronden die tot veel ziektes en plagen in het gewas leiden.
- Grootschalige bebouwing op inklinkings- en verdrogingsgevoelige gronden.
- Bebouwing op gronden met een hoge grondwaterstand.
- Het inrichten van industrieterreinen op schone gronden die geschikt zijn voor meer groene vormen van gebruik, terwijl er voldoende voormalige industrieterreinen en door bebouwing beïnvloede gronden aanwezig zijn.
- Akkerbouw met zware machines op structuurbederf gevoelige gronden.
- Sterk waterverdampende bostypen op droogtegevoelige gronden.

- Kwelwaterafhankelijke natuur op locaties waar de bijbehorende kwel qua kwantiteit en/ of kwaliteit niet te herstellen is.
- Natuur op locaties waar de noodzakelijke milieukwaliteit niet te herstellen is.

Zowel bij natuurontwikkelaars, bouwers van woonwijken en infrastructurele werken als bij agrariërs is veel praktijkkennis aanwezig over (on)gepaste combinaties van gebruik en ecosysteemeigenschappen. Wij menen daarom dat het onvoldoende rekening houden met de geschiktheid van het ecosysteem voor gebruik niet alleen wordt veroorzaakt door gebrek aan kennis. De aanwezige kennis wordt eerder te weinig benut. De inrichter of beheerder is niet op de hoogte van de kennis, het gebruikte kennisysteem (computermodel) is ontoereikend of de kennis wordt ter zijde geschoven. Dit laatste kan immers omdat er hulpmiddelen zijn om het ‘ongeschikte’ ecosysteem aan te passen, zoals waterstandsverlaging, bestrijdingsmiddelen en funderingen. De milieuhygiënische gevolgen van het niet optimaal combineren van bodemgebruik en bodemeigenschappen leiden vaak tot ‘externe’ kosten en worden mede daarom niet voldoende onderkend bij ordenings - en inrichtingsvraagstukken.

4 ECOSYSTEEMGERICHT BODEMBEHEER

Bodembeheer is niets nieuws, maar dient meer dan nu uit te gaan van een systeembenadering en heeft meer aandacht voor duurzaamheid nodig.

In eerdere adviezen en hoofdstuk 2 is aangegeven dat veel huidige vormen van bodemgebruik niet duurzaam zijn. In hoofdstuk 3 is aangegeven dat bodemgebruik duurzamer kan worden door het beheer en de ontwikkeling van ecologische diensten centraal te stellen. Bodemgebruik wordt gerealiseerd via beïnvloeding van de bodem, in de vorm van handelingen die op en in de bodem worden uitgevoerd. Om duurzamer bodemgebruik te realiseren, zal het bodembeheer moeten worden aangepast. Dit hoofdstuk geeft een aanzet voor bodembeheer in de context van duurzaam bodemgebruik. Daarbij wordt ook ingegaan op de vraag wie de beheerders van de bodem zijn en op welke schaal bodembeheervraagstukken spelen.

WAT IS BODEMBEHEER?

De bodem wordt door de maatschappij voor vele doeleinden gebruikt. Beïnvloeding van de bodem ten behoeve van het gebruik is onvermijdelijk. Bodembeheer wordt omschreven als alle handelingen die worden verricht om de bodem bewust te beïnvloeden ten behoeve van het huidige en toekomstige bodemgebruik. De handelingen kunnen heel divers zijn, van bijvoorbeeld ploegen van een perceel door een boer tot het toedelen van bepaalde vormen van gebruik aan de bodem in een gebied door de provincie. Uitvoering van bodembeheer, het verrichten van de handelingen, wordt gedaan door overheden, organisaties of personen die bevoegd gezag, eigenaar en/ of gebruiker zijn. Bodembeheer vindt meestal structureel plaats. De beheerder kiest binnen kaders (wetenschappelijke aanbevelingen en regels) en zijn eigen praktijkkennis voor het beheer dat het beste bij de situatie past. Bodembeheer in de context van duurzamer bodemgebruik wordt dus geen nieuwe activiteit; het gaat eerder om beheer op een andere grondslag.

Bodembeheer wordt door verschillende bodemgebruikers met verschillende doelstellingen en op verschillende schaalniveaus uitgevoerd. Vanwege het niet duurzame karakter van veel vormen van bodemgebruik leidt het huidige bodembeheer regelmatig tot conflicten tussen bodemgebruikers. De conflicten leiden meestal tot een verslechtering van de gebruiksmogelijkheden voor (minstens) één van de partijen [2,

25]. De toename van deze conflicten is inherent aan de intensivering van het bodemgebruik.

SYSTEEMBENADERING

Systeemgericht bodembeheer kan een belangrijke rol spelen bij het oplossen van belangentegenstellingen bij het bodemgebruik [25, 26]. In een systeemgerichte benadering wordt rekening gehouden met het feit dat de bodem onderdeel is van het ecosysteem. Het ecosysteem kan worden gezien als het geheel van minerale delen, dode organische stof, lucht, water, micro-organismen, fauna en flora. Binnen dit systeem vinden vele interacties plaats tussen de organismen onderling en tussen organismen en de niet levende componenten. Het systeem reageert op de omgeving. De begrenzing van het systeem in het horizontale vlak is afhankelijk van de vraag die wordt gesteld. In de context van het bodembeheer zal vaak een deelstroomgebied⁷ of een polder een bruikbare begrenzing opleveren (zie verder de paragraaf 'schalen voor beheer'). Bij systeemgericht beheer wordt er rekening gehouden met het feit dat beïnvloeding van de bodem door bodemgebruik consequenties kan hebben voor het hele systeem, en daarmee ook andere vormen van, en toekomstig, bodemgebruik. En, omgekeerd, wordt er ook rekening mee gehouden dat het systeem randvoorwaarden stelt aan het gebruik.

Bij een systeembenadering wordt uitgegaan van de samenhang van de samenstellende delen van het systeem in ruimte en tijd. Processen in de tijd en ruimtelijke dynamiek staan hierbij op de voorgrond. Hoewel bodems als weinig dynamisch worden gezien, zijn ze toch in ruimte en tijd met elkaar verbonden via:

- grondwater- en oppervlaktewaterstroming. Stoffen, organismen, neerslag en bodemmateriaal worden via deze media getransporteerd;
- organismen, de biosfeer;
- menselijk handelen in elkaars nabijheid maar soms ook op afstand (denk aan marktwerking, grondstromen of mestafzetcontracten);
- de ontstaan(s)geschiedenis);
- de culturele identiteit van het landschap.

⁷ Sinds de Europese Kaderrichtlijn Water is de term stroomgebied gereserveerd voor de stroomgebieden van de grote Europese rivieren. Om kleinschaligere systemen aan te wijzen, wordt hier gesproken van deelstroomgebieden. In principe kan de omvang van een deelstroomgebied variëren van het stroomgebied van een beekje tot dat van een zijrivier van een grote Europese rivier. In het polderlandschap is een polder een vergelijkbare eenheid.

Deze verbintenis betekent dat ingrepen (beheer) niet los kunnen worden gezien van gevolgen die deze ingrepen kunnen hebben later en elders. Het met elkaar in verband brengen van de baten van bodemgebruik voor de ene (vaak lokale) gebruiker met de kosten daarvan voor de andere gebruiker (ook elders en later) is daarbij essentieel. Door het beheer op het systeem te richten in plaats van op onderdelen van het systeem worden effecten van het beheer elders en later sneller zichtbaar. Het wordt mogelijk om op verschillende ruimtelijke schaalniveaus verschillende beheersystemen te integreren door uit te gaan van het systeem. Ook valt dan beter te bepalen wie de betrokken beheerders zijn bij een bepaald vraagstuk, omdat de reikwijdte van een ingreep (beheer) beter kan worden overzien als de bodem als onderdeel van het ecosysteem wordt gezien.

In ons advies over systeemgericht grondwaterbeheer en het onderliggende rapport van de TCB-werkgroep Grondwater [24, 25] worden drie uitgangspunten geformuleerd voor systeemgericht beheer:

1. Duurzaam gebruik van bodem en water
 - Er wordt een relatie gelegd tussen de kwaliteit en het gebruik van het ecosysteem. Het (gewenste) gebruik wordt afgestemd op de geschiktheid van het ecosysteem om bepaalde vormen van gebruik te ondersteunen.
 - De effecten van een ingreep of verandering in landgebruik worden beoordeeld op de ruimtelijke schaal en de tijdschaal van het ecosysteem om het afwentelen van verminderde kwaliteit of verandering in kwantiteit naar 'elders en later' inzichtelijk te maken en te voorkomen;
2. Multisectorale procesbenadering
 - Een multisectorale aanpak leidt tot een proces van voortdurende afstemming tussen de verschillende beleidsterreinen (zoals Ruimtelijke Ordening, Waterhuishouding en Milieubeheer) en de verschillende planniveaus (internationaal, nationaal, provinciaal en lokaal bij gemeenten of waterschappen). Alle beherende instanties of personen, overige betrokkenen en belanghebbenden nemen deel aan het proces van planvorming, met name in het kader van lange termijn doelen.
3. Samenhang in de organisatie van het beheer
 - De verantwoordelijkheden voor het ecosysteembeheer dienen op beleidsniveau, planningniveau en operationeel niveau geregeld en afgestemd te zijn. De betrokken instanties dienen deze verantwoordelijkheden actief te zoeken.

BEHEERDERS

Om duurzamer bodemgebruik gestalte te geven is van belang te weten wie de beheerders zijn van de bodem. Nederland kent geen uitvoerende overheidsinstanties voor het beheer van de bovengrond, zoals waterschappen die het oppervlaktewater beheren. De bovengrond is grotendeels privé-bezit, waarbij het bezit sterk versnipperd is. Praktisch beheer van de bovengrond wordt in het algemeen uitgevoerd door de eigenaar en/of gebruiker. Boeren bewerken het land om gewassen te telen. Natuurbeherende organisaties beheren het land om natuurtypes te ontwikkelen of in stand te houden. In het stedelijk gebied zijn particuliere eigenaren en gemeentelijke diensten de voornaamste bodembeheerders. Het ligt dan ook voor de hand om voor de uitvoering van het bodembeheer in het kader van duurzamer bodemgebruik, de eigenaar en/of gebruiker van de bovengrond aan te spreken. Daarnaast is er sprake van ruimtelijk beheer van de bovengrond, dat wil zeggen de ruimtelijke ordening en inrichting van de bovengrond. Voor deze vorm van beheer zijn overheden primair verantwoordelijk.

De ondergrond wordt ook in toenemende mate gebruikt, onder andere voor ondergronds bouwen, warmte- en koude opslag en in situ grondwatersaneringen. Uitbreiding van het beheer naar de ondergrond is dringend noodzakelijk. Ook in het kader van systeemgericht grondwaterbeheer wordt hiervoor gepleit [24, 25].

SCHALEN VOOR BEHEER

Een deelstroomgebied wordt beschouwd als een van de meest natuurlijke ruimtelijke eenheden voor de afbakening van ecosystemen. In gebieden met een sterk beïnvloede waterhuishouding, zoals in West Nederland, kunnen polders of poldercomplexen als een vergelijkbare eenheid worden gezien. In ons advies Aanzet voor stroomgebiedenbeheer hebben wij aangegeven dat het water- en bodembeheer in Nederland georganiseerd zou moeten worden op het niveau van deelstroomgebieden met een omvang die vergelijkbaar is met de waterschappen in hun moderne organisatievorm [27]. Dit sluit aan bij de beheervisie van oppervlaktewater, zoals aangegeven in de Europese Kaderrichtlijn Water [28]. De schaal van deelstroomgebieden is voor bodembeheer van betekenis als het gaat om stofkringlopen, hydrologische kringlopen en landschapontwikkeling. Als tweede schaal voor bodembeheer kan de regionale schaal onderscheiden worden, die met name van belang is voor de ruimtelijke ordening. De derde schaal die van betekenis is voor de praktische uitvoering van bodembeheer kan omschreven worden als de gebruikersschaal. Hiermee wordt aangesloten bij de schaal van het bestaande lokale bodemgebruik.

Bij beheer in het kader van een duurzamer bodemgebruik zal in het algemeen gezocht moeten worden naar de grootst mogelijke eenheid in gebruik die dezelfde eisen stelt aan het ecosysteem en waar het ecosysteem dezelfde randvoorwaarden aan stelt. Een polder met voornamelijk akkerbouw kan op grotere schaal beheerd worden dan een regio met gemengde vormen van landbouw en natuur. Bodembeheer ten behoeve van natuur is afhankelijk van het type natuur en de schaal waarop dat type voorkomt. Daarnaast stellen bijvoorbeeld de grondsoort of het natuurlijke waterpeil randvoorwaarden aan het beheer. De schaal voor het beheer moet gebaseerd worden op het doel van het beheer en de ruimtelijke eenheden van het bodemgebruik, zoals bijvoorbeeld tuinen, percelen, polders, de schaal waarop natuurtypen onderscheiden worden, landschappen, deelstroomgebieden en regio's.

5 NAAR DUURZAMER BODEMGEBRUIK

Duurzamer bodemgebruik kan worden bereikt door de gezondheid van ecosystemen te bevorderen. Dit kan worden geoperationaliseerd door:

- het bevorderen van - en meewerken met - ecologische diensten en
- rekening te houden met de geschiktheid van de bodem voor het gewenste gebruik.

Beïnvloeding van het bodemgebruik door de overheid in de richting van duurzaamheid zou volgens ons moeten plaats vinden door beïnvloeding van de uitvoering van het bodembeheer. In het vorige hoofdstuk zijn de uitgangspunten voor ecosysteemgericht beheer gegeven, die samengevat neerkomen op:

- Duurzaam gebruik van bodem en water;
- Multisectorale procesbenadering;
- Samenhang in de organisatie van het beheer.

In dit hoofdstuk worden deze punten concreter uitgewerkt.

DUURZAMER GEBRUIK VAN BODEM EN WATER:

BODEMGEBRUIKSVORMEN EN ECOLOGISCHE DIENSTEN

In de hoofdstukken 3 en 4 is een inhoudelijke aanzet gegeven voor duurzamer gebruik van bodem en water. Om deze nader te concretiseren zal in deze paragraaf worden ingegaan op het belang van ecologische diensten voor de verschillende bodemgebruiksvormen. Door bodembeheer moeten de voor het bodemgebruik van belang zijnde ecologische diensten worden behouden en gestimuleerd. Wij hebben ons met name gericht op bodemgebruiksvormen waarbij de bodem (gedeeltelijk) toegankelijk is voor bewerking en beheer. Voor beheer van de ondergrond verwijzen wij naar ons advies over systeemgericht grondwaterbeheer [24]⁸.

In het totaal wordt ongeveer 87% van het totale oppervlak van Nederland (inclusief water) in beslag genomen door grotendeels open gebruiksvormen (zie bijlage 3). Het aandeel (grotendeels) verhard oppervlak bedraagt tussen de 5 - 10% van het totale oppervlak [29]. Hieronder zullen wij onderscheid maken in landbouw⁹ (56,3%, exclusief glastuinbouw), natuur (natuurlijke terreinen (3,3%), bossen (7,8%) en grote

⁸ Met bijbehorend rapport van de TCB werkgroep Grondwater [25].

⁹ Tussen haakjes het percentage oppervlak ten opzichte van het totale Nederlandse oppervlak inclusief water.

extensieve recreatieparken), openbaar groen (parken, plantsoenen, open delen van sport- en recreatieterreinen), moes- en volkstuinten (waarvan moestuinten deels in woongebieden liggen) en siertuinen (onderdeel van woongebieden (5,3%)). Deze gebruiksvormen hebben ook een rol gespeeld bij de beleidsvernieuwing bodemsanering [30]. Kleinschalige vormen van bodemgebruik, zoals tuinen, zijn qua omvang van minder belang dan landbouw en natuur. Toch worden ze in de onderstaande analyse meegenomen, omdat ze een belangrijke ecologische rol spelen in een meestal grotendeels verhard gebied. Ecologische diensten zijn in het stedelijk gebied van belang voor het realiseren van bepaalde vormen van bodemgebruik, zoals tuinen, plantsoenen, parken en volkstuinten. Daarnaast kunnen deze kleinschalige vormen bijdragen aan het functioneren van ecologische diensten op grote schaal, zoals waterbuffering en structurele biodiversiteit (diversiteit in soorten planten en dieren).

Relevante schalen

Er worden in hoofdstuk 4 voor bodembeheer een lokale schaal, een regionale schaal en een deelstroomgebiedschaal onderscheiden. Bestuurlijk en politiek gezien is de regionale schaal vooral van belang voor de ruimtelijke ordening. Als het ecosysteem (de grondlaag¹⁰) de belangrijkste sturende rol zou hebben, dan zou bij de ruimtelijke ordening de deelstroomgebiedschaal het meest relevant zijn. Deze schaal is voor ecosystemen de meest natuurlijke schaal. Ten aanzien van ecologische diensten valt er ook onderscheid te maken tussen de lokale schaal en de deelstroomgebiedschaal. Lokaal zijn die aspecten van ecologische diensten van belang die het lokale bodemgebruik tot een succes maken, dat wil zeggen er is een afhankelijkheidsrelatie tussen lokaal gebruik en de ecologische dienst. Er zijn echter ook aspecten van ecologische diensten die van algemeen belang zijn voor de samenleving, zoals waterbuffering of het vastleggen van broeikasgassen. Deze algemene aspecten spelen in het algemeen op een deelstroomgebiedschaal of groter. In het navolgende worden daarom een lokale- en een deelstroomgebiedschaal onderscheiden, waarbij de deelstroomgebiedschaal in deze context als maatgevend voor de regionale schaal kan worden gezien.

Ecologische diensten en bodemgebruik

In hoofdstuk 3 zijn de volgende ecologische diensten genoemd:

- Bodemvruchtbaarheid;
- Adaptatie & veerkracht;

¹⁰ Grondlaag is een term ontleend aan de Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening en heeft betrekking op de bodemgesteldheid en het geohydrologische systeem, en wordt in de Vijfde Nota gezien als basis voor verdere planning [31].

- Buffer & reactor functie;
- Biodiversiteit;
- Ziekte- en plaagwering;
- Fysieke structuur.

De genoemde ecologische diensten zijn afhankelijk van elkaar en voor alle vormen van (open) bodemgebruik relevant. In tabel 1 wordt aangegeven in welke mate wij het lokale bodemgebruik afhankelijk achten van een ecologische dienst. Hierbij is uitgegaan van het streven naar duurzaamheid, dat wil zeggen dat gekeken is naar de mate waarin het bodemgebruik ondersteund zou moeten en kunnen worden door ecologische diensten in plaats van milieuhygiënisch nadelige hulpmiddelen. Deze ecologische diensten zouden dan ook op lokale schaal door de lokale beheerders beheerd moeten worden.

Tabel 1. Mate waarin het lokale bodemgebruik afhankelijk wordt geacht van ecologische diensten (- = niet relevant, + = weinig belang, ++ = veel belang).

Ecol. dienst	Gebruiksvorm				
	Landbouw	Natuur	Openb. groen	Moes/ volkstuin	Siertuin
Bodemvruchtbaarheid	++	++	+	++	+
Adaptatie & veerkracht	++	++	+	-	-
Buffer & reactor functie	++	++	++	-	-
Biodiversiteit	-	++	++	-	++*
Ziekte- en plaagwering	++	-	+	+	-
Fysieke structuur	++	++	+	+	-

*Met name structurele biodiversiteit, dat wil zeggen veel verschillende soorten planten (en dieren); dit wordt meestal door de gebruikers nagestreefd.

Bij het opstellen van tabel 1 hebben de volgende overwegingen een rol gespeeld.

- Verschillen in de afhankelijkheid van bodemvruchtbaarheid bij bodemgebruik komen direct voort uit het gewenste productieniveau en gewenste type vegetatie. Bij landbouw dient de bodemvruchtbaarheid relatief hoog te zijn, voor natuur is juist differentiatie in bodemvruchtbaarheid van groot belang.
- Verschillen in het belang van adaptatie & veerkracht en buffer & reactor functies worden vooral ingegeven door de schaal en productieniveau waarop het gebruik zich afspeelt.
- Bij biodiversiteit is gekeken naar de conserverende en esthetische aspecten van een bepaald bodemgebruik, maar ook naar de schaal.
- Bij ziekte- en plaagwering gaat het om het productieniveau; bij natuur zijn ziekten en plagen als een normaal verschijnsel opgevat. Overigens lijkt er een nauwe

relatie te bestaan tussen ziekte- en plaagwering en biodiversiteit, in de zin dat hoge biodiversiteit het ziekte- en plaagwerend vermogen kan verhogen.

- Bij de fysieke structuur speelt de schaal en het productieniveau een rol bij het toekennen van de mate van belang.

In tabel 2 wordt aangegeven in welke mate het lokale bodembeheer volgens ons kan bijdragen aan algemene ecologische diensten die op deelstroomgebiedschaal onderhouden moeten worden. Het belang hiervan is vooral schaalafhankelijk: is de schaal waarop het gebruik plaats vindt relevant voor het grotere geheel? Hier zit voor landbouw en natuur een overlap met tabel 1 in, omdat daar ook al rekening gehouden wordt met de grootschaligheid van het gebruik. In tabel 2 gaat het echter om de ecologische diensten waar een beheerder op deelstroomgebiedschaal zich in de aansturing op zou moeten richten.

Tabel 2. Mate waarin lokaal bodemgebruik kan bijdragen aan het beheer van ecologische diensten op deelstroomgebied schaal (- = niet relevant, + = weinig belang, ++ = veel belang).

Ecol. dienst	Gebruiksvorm				
	Landbouw	Natuur	Openb. groen	Moes/ volkstuin	Siertuin
Bodemvruchtbaarheid	++	++	-	-	-
Adaptatie & veerkracht	++	++	+	-	-
Buffer & reactor functie	++	++	++	+	+
Biodiversiteit	++	++	++	+	+
Ziekte- en plaagwering	++	++	+	-	-
Fysieke structuur	++	++	++	-	-

Bij het opstellen van tabel 2 hebben de volgende overwegingen een rol gespeeld.

- Nutriëntenfluxen op deelstroomgebiedschaal worden grotendeels bepaald door de verhouding tussen landbouw, natuur en vormen van stedelijk gebruik in een deelstroomgebied. De bodemvruchtbaarheid bepaalt direct en indirect (bemesting afhankelijk van toestand) de grootte van de nutriëntenfluxen.
- Adaptatie & veerkracht zijn in verband met de mogelijkheden tot verandering in bodemgebruik vooral van belang bij grootschalige vormen van gebruik.
- Kleinschalige vormen van gebruik kunnen bijdragen aan de buffer & reactor functies, bijvoorbeeld in verband met zelfreinigend vermogen en waterberging in tuinen, en daarnaast ook koolstofvastlegging in grotere vormen van openbaar groen.
- Kleinschalige vormen van bodemgebruik kunnen ook bijdragen aan structurele biodiversiteit op grote schaal.

- Bij ziekte- en plaagwering worden kleinschalige functies weinig relevant gevonden voor de grote schaal, dat wil zeggen dat tuinen niet als een belangrijke bron van ziekte- en plaagwerende organismen worden gezien voor de grote schaal. Ziekte- en plaagwering wordt echter voor moes- en volkstuinten wel lokaal van belang gevonden (zie tabel 1). Voor natuur geldt het omgekeerde: ziekte- en plaagwering wordt lokaal niet van belang gevonden (tabel 1) maar op grote schaal kan natuur bijdragen als reservoir van ziekte- en plaagwerende organismen en is tegelijkertijd ook een reservoir van ziekteverwekkers.
- Bij de fysieke structuur is de schaal van het bodemgebruik van doorslaggevend belang.

Het onderscheidend vermogen van de tabellen 1 en 2 kan verhoogd worden door de genoemde ecologische diensten te splitsen in afzonderlijke aspecten. Hierdoor kan specifieker bepaald worden welke aspecten van ecologische diensten van belang zijn voor welke vorm van bodemgebruik, en door de bodembeheerder behouden en ontwikkeld moeten worden. In bijlage 2 van dit advies wordt een (niet uitputtende) lijst gegeven van aspecten van ecologische diensten gekoppeld aan bodemgebruik. Op lokale schaal gaat het om aspecten van ecologische diensten waar het bodemgebruik van afhankelijk is. Op deelstroomgebiedschaal gaat het om aspecten die bijdragen aan algemene ecologische diensten.

Er is veel kennis onder beheerders en onderzoekers over de beheermaatregelen die genomen zouden moeten worden om het functioneren van ecologische diensten de goede kant op te sturen. Toch zal het niet altijd duidelijk zijn welke beheermaatregelen moeten worden genomen en in welke mate beheer nodig is om bij te sturen [32]. Nader onderzoek naar de relatie tussen bodembeheer (de knoppen en de mate waarin deze 'open' moeten) en de gezondheid van het bodemecosysteem, in de vorm van goed functionerende ecologische diensten, is noodzakelijk. Daarbij zal echter gerealiseerd moeten worden dat de stuurbaarheid van ecosystemen beperkt is, en meer winst kan worden geboekt door mee te werken met natuurlijke processen [23].

MULTISECTORALE PROCESBENADERING

Integratie van beleid

In ons advies over systeemgericht grondwaterbeheer en het daaraan ten grondslag liggende rapport van de werkgroep Grondwater [24, 25] wordt onder een multisectorale procesbenadering verstaan dat er sprake is van voortdurende afstemming tussen verschillende beleidsterreinen (bodembescherming, ruimtelijke ordening, waterbeheer) en verschillende planniveaus (internationaal, rijk, provinciaal, gemeenten,

waterschappen). Verschillende beleidsvormen (type sturing en instrumenten) worden zoveel mogelijk op elkaar afgestemd, soms speciaal ten behoeve van een bepaald vraagstuk. De reconstructiewet wordt als voorbeeld van sectoroverstijgend beleid genoemd [25].

Ecosysteemgericht bodembeheer vereist integratie tussen bodem-, water-, natuur-, landbouwbeleid, milieubeleid in algemenere zin en ruimtelijke ordening. Deze noodzaak tot integratie komt reeds tot uiting in recente nota's als het Nationaal MilieubeleidsPlan 4, de Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening, het Structuurschema Groene Ruimte 2 en de Nota Natuur voor mensen, mensen voor natuur [8, 31, 33, 34]. Ook de Europese Kaderrichtlijn Water [28] gaat uit van verregaande integratie tussen deze genoemde beleidsterreinen, hoewel bodem geen expliciet onderdeel daarvan is.

Instrumenten

De huidige regelgeving die consequenties heeft voor bodembeheer vertoont nog veel sectorale trekken, omdat deze niet op een systeembenadering is gebaseerd (zie bijlage 4). Wij zijn er geen voorstander van om de ontwikkeling van duurzamer bodemgebruik te baseren op grotendeels nieuwe regelgeving. Deze opvatting komt voort uit de volgende overwegingen:

- Bodembeheer is organisatorisch complex en heeft relatie met veel beleidsvelden. De bestaande sectorale regelgeving die consequenties heeft voor bodembeheer kan sterk verbeterd worden door uit te gaan van een ecosysteembenadering. Hierdoor zal integratie en afstemming van de regelgeving ontstaan.
- Bodembeheer is een alledaagse activiteit en vindt plaats in een zeer complexe omgeving. De keuze voor een beheervorm wordt naast regelgeving door een groot aantal factoren beïnvloed, zoals het weer, de lokale bodemgesteldheid of de marktprijs voor het gewas of land. Door de complexiteit hiervan is het vrijwel onmogelijk om generieke maatregelen voor bodembeheer te bedenken die het overal goed zullen doen. Dit vraagt om maatwerk en gebiedgerichte benaderingen.
- Mede gegeven de wens om tot minder en eenvoudiger regelgeving te komen, denken wij dat het beter is om het lokaal bodemgebruik in de richting van duurzaamheid te stimuleren, in plaats van te reguleren. Argument hiervoor is dat lokaal bodemgebruik zeker op de lange termijn afhankelijk is van duurzaam omgaan met ecologische diensten. Daarom kan van de lokale beheerder verwacht worden dat hij/ zij oog heeft voor het belang van deze ecologische diensten, en dat stimuleringsmaatregelen afdoende zijn om het bodemgebruik in een duurzame richting te leiden. In de maatschappij zijn er verschillende posi-

tieve ontwikkelingen¹¹, die laten zien dat er oog is voor duurzame ontwikkeling. Uitbouwen van - en aanhaken bij - deze ontwikkelingen door de overheid kan duurzamer bodemgebruik in grote mate bevorderen.

Het is op lokaal niveau dan ook vooral van belang de beheerders te laten inzien dat er voordelen verbonden zijn aan duurzamer bodemgebruik (minder milieuschade, minder problemen met het halen van wettelijke normen, minder beheer om de ecologische diensten in stand te houden, minder problemen bij verandering in bodemgebruik, grotere landschappelijke waarde). In dit licht zou ook het agrarisch natuurbeheer kunnen worden gezien. De effectiviteit van het agrarisch natuurbeheer staat ter discussie met betrekking tot de biodiversiteit. Het belang van agrarisch natuurbeheer in het kader van gezondheid van ecosystemen staat echter buiten deze discussie omdat via deze vorm van beheer het land minder intensief wordt bewerkt en er verschillende maatregelen genomen kunnen worden die bijvoorbeeld het ziekte- en plaagwerend vermogen bevorderen. Agrarisch natuurbeheer vergt extra inspanning en een andere kijk van de beheerder op het systeem waarmee hij/ zij produceert. Juist die ‘andere kijk’ kan leiden tot een duurzame omgang met het ecosysteem.

Er zijn echter ook lasten verbonden aan duurzamer bodemgebruik. Het kan nodig zijn om lokaal beperkingen in acht te nemen of extra maatregelen te nemen, om winst op deelstroomgebiedschaal te boeken. Onder andere daardoor kunnen de baten van het bodemgebruik (lokaal) afnemen. Er kan weerstand bestaan in verband met angst voor inkomensverlies. Wij zijn van mening dat van een lokale bodembeheerder mag worden verwacht dat hij een basisniveau van duurzaamheid weet te realiseren dat wat ons betreft hoger ligt dan de minimale kwaliteit. Dit basisniveau zou bijvoorbeeld voor de landbouw via de door de EU vastgestelde Good Agricultural Practice (GAP) vastgesteld kunnen worden. Deze zou dan in de richting van een basisniveau van duurzamer bodemgebruik dienen te worden uitgebreid.

Daarnaast wordt van lokale uitvoerders van het beheer ook verwacht dat zij een bijdrage leveren aan ecologische diensten van algemeen belang, die op deelstroomgebiedschaal een rol spelen. In de landbouw worden deze vaak met de termen groene en blauwe diensten omschreven. Lokale beheerders kunnen deze bijdrage als irrelevant of te beperkend ervaren. Naar verwachting zal de gevraagde inspanning niet vanzelf worden geleverd. Op dit punt zal een regulerend systeem meer opleveren dan uitsluitend stimulering via voorlichting.

¹¹ Bijvoorbeeld LEADER, VEL en VANLA, Koeien en Kansen [35, 36, 37].

Hierbij kan gedacht worden aan het vergoeden van beheerders die in duurzaam bodembeheer (veel) verder gaan dan op basis van hun lokale belangen verwacht mag worden. Dit ligt in lijn met bijvoorbeeld de voorgenomen wijzigingen in het EU-landbouwbeleid waar het accent zal komen te liggen op inkomenssteun in plaats van op subsidie voor vermarktbaar producten.

Kennisontwikkeling en -overdracht

Om duurzamer bodemgebruik te bevorderen zal er naast het ontwikkelen van stimuleringsbeleid ook aandacht moeten zijn voor kennisontwikkeling en -overdracht. Er zijn tal van onderzoeksprojecten in het kader van duurzamer bodemgebruik. Te denken valt bijvoorbeeld aan het agrobiodiversiteitsprogramma en onderzoeksprojecten van proefboerderij de Marke. Het is aan te bevelen om een structurele verkenning te maken van de beheerinstrumenten die in het kader van duurzaam bodemgebruik worden ontwikkeld en van de motieven van deelnemers aan projecten die in het kader van duurzaam bodemgebruik worden uitgevoerd. Ook wordt een aantal onderzoeksprojecten genoemd in hoofdstuk 6, waar het gaat om ecologische beoordelingsmethoden voor de bovengrond, die onder andere gebruikt kunnen worden bij de bepaling of de bodem geschikt is voor het (geplande) gebruik. Aanbevelingen met betrekking tot dit type onderzoek bevinden zich eveneens in hoofdstuk 6.

In het kader van een ecosysteembenadering denken wij dat het goed is bodembeheervormen (bijvoorbeeld teeltwijzen) te ontwikkelen die bijdragen aan duurzamer bodemgebruik. Daarbij wordt expliciet aandacht besteed aan het feit dat de bodem onderdeel is van het ecosysteem, aan de omgang met ecologische diensten, en aan het voorkomen van effecten van bodemgebruik elders en later. Meer ruimte voor wetenschappelijke experimenten ten behoeve van duurzamer bodemgebruik lijkt ons noodzakelijk, ook al passen deze experimenten soms niet binnen de huidige regelgeving [15, 38].

Als instrument voor het beoordelen van bodembeheer op duurzaamheid zou een toets op duurzaamheid ontwikkeld kunnen worden, die is gebaseerd op een ecosysteembenadering, dat wil zeggen dat in de toets effecten van het beheer op de ecologische diensten ter plekke maar ook op grotere (deelstroomgebiedschaal) en in de toekomst worden gewogen. Integratie met het instrumentarium dat bestaat op het gebied van waterbeheer en milieubeheer, zoals watertoets en m.e.r. is hierbij gewenst¹². Op deelgebieden zijn diverse milieumeetlatten ontwikkeld (bijvoorbeeld voor de keuze

¹² Zie ook ons advies *Systeemgericht grondwaterbeheer en bijbehorend rapport* [24, 25].

van het minst milieubelastende gewasbeschermingsmiddel) die hierbij behulpzaam zouden kunnen zijn.

Met betrekking tot kennisoverdracht signaleren wij dat er veel nuttige praktijkkennis is onder lokale bodembeheerders, met name agrariërs, die niet meer wordt overgedragen. Wij bevelen aan meer aandacht te hebben voor deze kennis, door deze actief te verzamelen, vast te leggen en de overdracht ervan te bevorderen.

Onderwijs speelt een belangrijke rol bij het ontwikkelen van bodembeheervaardigheden. De aandacht voor het ecosysteem in onderwijs is echter beperkt, zeker in technische richtingen waarbij de bodem als een levenloze grondlaag voor activiteiten wordt gezien. In de agrarische sector speelde ondersteuning vanuit proefbedrijven en voorlichtingsorganisaties van de overheid van oudsher een belangrijke rol. Door het hoge opleidingsniveau van agrariërs, de hoge mate van specialisatie en andere maatschappelijke prioriteiten is deze rol sterk afgenomen en deels overgenomen door partijen die de agrarische producten afnemen en daarbij eisen stellen aan de kwaliteit en wijze van telen. Wij pleiten ervoor systematisch meer aandacht te schenken aan de werking van het ecosysteem, en de rol van de bodem daarin, te bewerkstelligen in met name het technische onderwijs, zoals in de civiele techniek en in de agrarisch productiesystemen.

SAMENHANG IN DE ORGANISATIE VAN HET BEHEER

Met betrekking tot de organisatie van het beheer dienen in een ecosysteembenadering alle relevante beheerders bij de uitvoering van het beheer betrokken te zijn. Welke beheerders relevant zijn, hangt af van het vraagstuk en de schaal waarop dit vraagstuk speelt. Thans ontbreekt het in Nederland aan een platform waarop met alle relevante beheerders afwegingen kunnen worden gemaakt voor verschillende bodemvraagstukken, ieder met hun eigen dynamiek en schaal. Vooralsnog denken wij daarbij aan een verbeterde organisatie met de bestaande instituties. Voor specifieke situaties (grootschalige problemen, zoals de bodemverontreiniging in de Kempen) kan aan aparte bodembeheerorganisaties gedacht worden.

Uitgangspunt voor beheer zou het ecosysteem in de vorm van een deelstroomgebied kunnen zijn, omdat dit het beste aansluit bij de notie dat het ecosysteem het leidend of ordenend principe is bij bodemgebruik en bodembeheer [zie ook Kaderrichtlijn Water, 28]. Het beheer en dus de beheerders van het deelstroomgebied zijn dan leidend voor het beheer en beheerders op kleinere schaalniveaus. De verantwoordelijkheid voor de uitvoering van het beheer kan in principe worden gelegd op het

lokale schaalniveau tenzij het vraagstuk om een grotere schaal vraagt. Ook in het kader van de voorgestelde ecosysteembenadering in UNEP-verband¹³ wordt deze benadering aanbevolen [39].

In tabel 3 worden de uitvoerders van het beheer en de aansturende overheden genoemd, voor de vijf onderscheiden bodemgebruikvormen. De uitvoerders van het lokale beheer zijn degenen die daadwerkelijk de bodem gebruiken. Zij worden daarin op lokale schaal aangestuurd door de laagst van toepassing zijnde overheid. Welke dat is (of zijn) heeft vooral te maken met het schaalniveau waarop het gebruik plaats vindt. Gemeenten, provincies en waterschappen hebben diensten die bodembeheer op lokale schaal uitvoeren, maar daarnaast hebben deze overheden een beheertaak, in de zin van inrichting, ruimtelijke ordening, voorlichting, regelgeving en vergunningverlening, die zich op verschillende schaalniveaus kan afspelen. De rijksoverheid en de Europese Unie beheren de bodem (het ecosysteem) via ruimtelijke ordening en regelgeving, met name op de grotere schaal.

Tabel 3. Uitvoering van - en beïnvloeding door overheden - van bodembeheer op verschillende schaalniveaus.

Gebruiksvorm	Landbouw	Natuur	Openb. groen	Moes/ volkstuin	Siertuin
Lokaal beheer uitvoering	Agrariërs	Natuurbeheerders	Gemeente - en Prov. diensten	Gebruikers	Gebruikers
Lokaal beheer, aansturing	Gemeenten en Provincies	Gemeenten en Provincies	Gemeenten en Provincies	Gemeenten	Gemeenten
Deelstroomgebied beheer (of groter), aansturing	Waterschappen Provincies, Rijk en EU	Waterschappen Provincies, Rijk en EU	Waterschappen Provincies	Waterschappen Provincies	Waterschappen Provincies

Hierbij moet bedacht worden dat de overheid slechts een van de aansturende actoren is. Er zijn particuliere en semi-overheidsorganisaties die bodembeheer beïnvloeden, zoals bijvoorbeeld Vereniging Natuurmonumenten, provinciale landschapsorganisaties, verenigingen van particuliere boseigenaren, Staatsbosbeheer, Vereniging voor Natuur- en Milieueducatie, Vereniging van Waterbedrijven in Nederland, Land- en tuinbouworganisaties, afnemende en toeleverende bedrijfsorganisaties. Met het oog op onze adviserende taak aan de overheid, wordt in dit advies met name ingegaan op rol van de overheden bij het bodembeheer. Samenspraak en afstemming tussen overheden en met andere actoren die zijn betrokken bij de uitvoering van het bodembeheer is echter wel noodzakelijk.

De beïnvloeding van het bodembeheer op deelstroomgebiedschaal wordt gedaan door overheden die grotere schaalniveaus in hun beheertaak hebben. Zij dienen de

¹³ *United Nations Environmental Programme.*

lokale uitvoerders (eventueel via de lokale beïnvloedende overheden en organisaties) aan te sturen op die aspecten van het bodembeheer die van belang zijn voor ecologische diensten op deelstroomgebiedschaal. Dit kan bijvoorbeeld bij tuinen gaan om waterberging, bij openbaar groen om een bijdrage aan koolstofvastlegging, bij landbouw om nutriëntenverliezen of uit- en afspoeling van gewasbeschermingsmiddelen, bij natuur om instelling van een bepaald waterpeil. Daarbij moet rekening gehouden worden met het feit dat kosten en baten op verschillende schaalniveaus kunnen liggen. Ter wille van vraagstukken op deelstroomgebiedschaal (of groter) is het noodzakelijk van de lokale beheerder (of uitvoerder van het beheer) inspanningen te vragen die als irrelevant of te beperkend (te kostbaar in tijd en geld) worden ervaren. Het vinden van oplossingen voor het spanningsveld tussen beheer op lokale schaal en beheer op deelstroomgebiedschaal is een van de grootste uitdagingen voor duurzaam bodemgebruik. Dit betekent ook dat overheden op deelstroomgebiedschaal niet alleen een beheertaak hebben op het gebied van de ruimtelijke ordening en inrichting. Het beheer van aspecten van ecologische diensten die op deelstroomgebiedschaal spelen, kan worden opgevat als het behartigen van een algemeen maatschappelijk belang, waar overheden een meer leidende rol in zouden moeten spelen.

AANBEVELINGEN VOOR STURING

Gezien onze adviserende taak hebben de aanbevelingen met name betrekking op de rol van overheden bij duurzaam bodemgebruik. De aansturing van lokaal bodembeheer wordt op lokaal niveau in het algemeen door gemeenten en provincies gedaan. Deze overheden zouden moeten bepalen welke (aspecten van) ecologische diensten relevant en bepalend zijn voor het lokale bodemgebruik. Met behulp van meetsystemen dient de relatie tussen ecologische diensten en het gebruik te worden vastgesteld. Als de ecologische diensten voldoende ontwikkeld zijn om het gebruik duurzaam te ondersteunen, dan dient deze situatie onderhouden te worden. Als dit niet het geval is dan dienen de ecologische diensten verder ontwikkeld te worden. Het behouden en/ of ontwikkelen gebeurt door lokale uitvoerders van het bodembeheer via of met behulp van andere betrokken actoren zoals koepelorganisaties en natuur- en milieuorganisaties. Verschillende instrumenten kunnen daarbij behulpzaam zijn, zoals voorlichting over teeltwijzen en bodembewerking, het aanbieden van doe-het-zelf-pakketten voor bodembeoordeling, voorbeeldprojecten, etc. Met betrekking tot bestemmingsplannen en streekplannen dient beter en systeemgericht rekening te worden gehouden met geschiktheid van het ecosysteem voor het gewenste gebruik.

Op deelstroomgebiedschaal (en groter) spelen de waterschappen, de provincies, het rijk en de Europese Unie een grote rol bij het aansturen van bodembeheer. Activiteiten op dit niveau dienen betrekking te hebben op ecologische diensten die van algemeen belang zijn en op grote schaal spelen, zoals waterbufferend vermogen, gasuitwisseling met de atmosfeer, biodiversiteit in algemene zin, landschappelijke en aardkundige waarden. Het betreft hier ecologische diensten die niet direct van belang zijn voor de lokale bodemgebruiker, maar wel door deze praktisch onderhouden en ontwikkeld moeten worden. Daarom zal naar verwachting aansturing op behoud van deze diensten niet alleen via voorlichting en stimulering plaats kunnen vinden, en lijkt een regulerend systeem noodzakelijk. Ook op deze schaal speelt de rol van de overheden bij de ruimtelijke ordening, waarbij toetsing van geschiktheid voor gebruik een cruciaal onderdeel zou moeten zijn.

6 METEN MET BEHULP VAN INDICATORSYSTEMEN

De beste indicator voor ecologische diensten is het waarnemen van het gebeurlijk falen van een of meerdere diensten.

In hoofdstuk 3 is geconcludeerd dat ecologische diensten op de korte termijn het meeste perspectief bieden als het gaat om de operationalisering van beleid dat zich richt op de gezondheid van ecosystemen. Om de actuele toestand van ecologische diensten te beschrijven en om te meten of het bodembeheer tot het gewenste resultaat leidt, is het nodig om beoordelingscriteria voor ecologische diensten vast te stellen. Omdat het hierbij gaat om relatief complexe processen is het niet mogelijk om met een eenvoudige waarneming de toestand vast te stellen. Er moet gedacht worden aan indicatorsystemen voor ecologische diensten.

Er zijn diverse systemen voorgesteld die behulpzaam zouden kunnen zijn bij het beoordelen van de toestand van ecologische diensten met behulp van biologische en abiotische indicatoren. Zie Box 5 Voorbeelden van ecologische beoordelingssystemen voor de bovengrond. De eerste 7 methoden in deze box richten zich op het beoordelen van de actuele kwaliteit van de bovengrond. Afhankelijk van de vraag kan echter een beoordeling van de bovengrond alleen niet voldoende zijn. In een systeembenadering is ook de kwantiteit en de kwaliteit van het oppervlakte- grond- en kwelwater, alsmede van de lucht en de neerslag van belang. Methode 1 en 2 hebben direct betrekking op de beoordeling van ecologische diensten en zullen verderop besproken worden. De derde methode (Soil Biological Site Classification) beschrijft de biologische bodemkwaliteit aan de hand van de aanwezige bodemlevensgemeenschap in relatie tot abiotische bodemeigenschappen en referentiewaarden, maar doet geen uitspraken over het functioneren van de bodem. De vierde en vijfde methode (Project Duurzaam Bodem Beheer en Soil Food web Incorporated) zijn instrumenten voor agrariërs en tuinders om inzicht te krijgen in het functioneren van de bodem en hoe dat verbeterd zou kunnen worden. De methoden zes en zeven (Integrated environmental effect modelling en OTU's & DNA fingerprints) betreffen fundamentele onderzoek naar de gezondheid en functionele diversiteit van de bodem. Sommige inzichten en technieken uit deze onderzoeken zijn reeds opgenomen bij de bodembioologische indicator (methode 1) en Microorganisms as indicators of soil health (methode 2).

De overige methoden hebben betrekking op de geschiktheid van de bovengrond voor een bepaald gebruik, met name voor natuur (8 t/ m 12 in box 5). Voor andere vormen van bodemgebruik is er nog geen methode maar is er wel veel kennis over geschiktheid voor gebruik. Het samenvoegen van deze kennis in de vorm van een databank of een aantal beslissingsondersteunende instrumenten is wenselijk. Recente ontwikkelingen in de ecologische risicobeoordeling van bodemverontreiniging, toegespitst op de vraag of er op een verontreinigde locatie risicoreducerend beheer of sanering nodig is, zijn niet in de box opgenomen [40, 41, 42, 43].

Box 5. Voorbeelden van ecologische beoordelingssystemen voor de bovengrond

1. Bodembioologische Indicator (BoBI). Op basis van metingen van een aantal biologische parameters in de bovengrond worden AMOEBE's gemaakt. De parameters zijn grotendeels gekoppeld aan ecologische diensten. De metingen zijn gekoppeld aan het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit. Het indicatorsysteem is uitgetest voor het landgebruik landbouw, maar kan worden uitgebouwd naar andere vormen van landgebruik. De indicator kan gebruikt worden om op landelijke schaal te meten [44, 45].
2. Microorganisms as indicators of soil health. Op basis van 7 kenmerken voor de gezondheid van de bodem worden verschillende bodemecosysteemparameters benoemd, alsmede microbiële indicatoren voor die parameters, die tezamen een minimale dataset vormen om de gezondheid van de bodem te beoordelen. De bodemecosysteemparameters zijn aspecten van ecologische diensten. Het rapport bevat concrete aanbevelingen ten aanzien van de opzet van een meetsysteem en signaleert ontbrekende kennis [20].
3. The Soil Biological Site Classification. Dit systeem gaat uit van 'ecotypes' die zijn gebaseerd op bodemfauna, een 'functionele parameter' (bait lamina) en abiotische parameters. De ecotypes fungeren als referentie en zijn gebaseerd op literatuuronderzoek naar 'normaalwaarden' voor de parameters; bodemmonsters worden onderzocht en vergeleken met de normaalwaarden van het ecotype waartoe het monster zou moeten behoren. De mate van afwijking zegt iets over de ecologische bodemkwaliteit in de bovengrond, maar er is nog geen directe koppeling gemaakt met ecologische diensten. Het systeem houdt expliciet rekening met landgebruik en wordt nog steeds uitgebreid. Er is samenwerking met het BoBI-project van het RIVM. Dit indicatorsysteem kan gebruikt worden om op landelijke schaal te meten [46].
4. Project Duurzaam Bodem Beheer. Door de invoering van Minas is de belangstelling van de praktijk sterk gericht op chemische aspecten van bodemkwaliteit. Steeds meer ontstaat echter het besef dat ook de fysische en biologische aspecten belangrijk zijn. In dit project zijn praktische instrumenten voor duurzaam bodembeheer ontwikkeld op basis van fysische, chemische en biologische indicatoren. De ontwikkelde instrumenten zijn bestemd voor de agrariërs. Instrumenten zijn: cursus Bodem in Zicht, Testkit Bodemkwaliteit, Vuistregels voor bemesting (onder andere: groenbemesterwaaier, ureumwaaier, draaischijf organische stof management, gras/klaverwaaier), CD Rom Mineralen Management, CD Rom Organische stof [47].

- vervolg -

5. Foodweb Incorporated. Het laboratorium SFI definieert een 'gezonde bodem' aan de hand van biologische (voedselweb) en abiotische parameters, stelt aan de hand van grondmonsters vast of de bodem gezond is en geeft advies over de behandeling van de bodem, die onder andere kan bestaan uit het toevoegen van bepaalde organismen. SFI is vooral actief in de biologische landbouw en is gericht op ecologische diensten in de bovengrond die van belang zijn voor de landbouw, en is met name ontwikkeld voor perceels- of bedrijfsbeoordeling. Een Nederlandse dependance is actief onder de naam Soil Foodweb Europe [48].
6. Integrated environmental effect modelling: Ecosystem health indicators. Dit is een fundamentele benadering met behulp van klassiek ecologische begrippen uit box 2. Is nog in ontwikkeling. Zou geschikt kunnen zijn voor de beoordeling van de gezondheid van het ecosysteem in de bovengrond, van perceelschaal tot op landelijke schaal. Zie bijvoorbeeld: TRIAS-project Ecosystem Stability Analysis (ESA): towards a quantitative guide for user oriented soil management and ecological soil quality assessment, 2001-2005 en referenties daarin [19].
7. OTU's & DNA fingerprints. Door middel van moleculaire technieken worden bodems onderzocht op hun rijkdom aan soorten. Onverwacht is hierbij gebleken dat gronden bijzonder veel verschillende operationele taxonomische eenheden (OTU's: operational taxonomic units) bevatten, vaak tot meerdere duizenden. Deze rijkdom aan soorten en de distributie ervan blijkt erg afhankelijk te zijn van de behandeling van de bodem en van de heterogeniteit ervan. De nieuwe moleculaire technologie (onder andere DNA-fingerprinting alsmede analyse door middel van micro-arrays van meerdere duizenden fylogenetische respectievelijk functionele genen tegelijkertijd) maakt het mogelijk om bodems te vergelijken en om hun evolutie in genomische diversiteit te documenteren en te informatiseren [zie bijvoorbeeld 49].
8. Natuurplanner. De natuurplanner is een ondersteunend systeem om op landelijke schaal de effecten van de belangrijkste milieuthema's (vermesting, verzuring, verdroging en versnippering) te beschrijven en voorspellen. Met het systeem kunnen beleidsvragen beantwoord worden, kan natuur- en milieubeleid geëvalueerd worden en kunnen veranderingen in de natuur op landelijke schaal gesignaleerd worden. Het systeem gaat uit van de belangrijkste standplaatsfactoren voor terrestrische natuur, met name zuurgraad bodem, stikstofbeschikbaarheid, stand bovenste grondwater, aanwezigheid metalen, en bestaat uit een serie modellen. Het systeem doet uitspraken op landelijke schaal en alleen voor natuurlijke omstandigheden [50].
9. Ecologische typering van bodems. Humusprofielen worden gebruikt om de ecologische kwaliteit van de bodem te beschrijven, met daaraan gekoppeld de kansrijkheid voor de ontwikkeling van natuurdoeltypen. De typering is niet gekoppeld aan ecologische diensten en gaat uit van een beperkte ecosysteemopvatting. Dit systeem is specifiek voor natuur en kan gebruikt worden bij de beoordeling van de geschiktheid van terreinen voor natuurontwikkeling [51, 52].

- vervolg -

10. Ecologisch kennisysteem (EKS) Veenweidegebieden. Een interactief computerprogramma dat de standplaatseisen van planten gebruikt om de gebruiker inzicht te verschaffen in de eigenschappen van de standplaats en hem of haar te ondersteunen bij het beheer daarvan. De factoren die met name van invloed zijn op de plantengroei op een standplaats zijn de vochtvoorziening, de voedselrijkdom en de zuurgraad. Op grond van het resultaat van de standplaatsanalyse ondersteunt EKS de gebruiker bij het beheer, zoals het voeren van het instandhoudingsbeheer, het kiezen van een doelvegetatie en het hiervoor te voeren ontwikkelingsbeheer. Omdat EKS vooral is gericht op de individuele gebruiker is het programma ook en vooral bruikbaar voor (agrarische) natuurbeheerders en in het onderwijs [53].
11. BONANZA: Bodembeoordelingssysteem voor Natuurontwikkeling in met Nutriënten en Zware metalen verontreinigde (voormalige) Agrarische gebieden. Dit beslissingsondersteunend systeem kan worden ingezet als beoordelingsinstrument voor de geschiktheid voor gebruik bij de aankoop van land, voor bijvoorbeeld de ecologische hoofdstructuur. Het is nog in ontwikkeling en tot nu toe vrij bodemchemisch van aard. Er is geen koppeling aan ecologische diensten en er is sprake van een beperkte ecosysteemopvatting. Is geschikt voor de beoordeling van terreinen [54].
12. Kwetsbaarheidsanalyse natuurdoelen op verontreinigde bodem. Op basis van ecologische kennis van doelsoorten van het natuurbeleid, gegroepeerd naar blootstellingsroutes, gevoeligheid en populatiedynamische karakteristieken, wordt een weging uitgevoerd van kwetsbaarheid verhogende of verlagende kenmerken met betrekking tot zware metalen en DDT. Het betreft een beslissingsondersteunend systeem waarmee beheerders en inrichters afwegingen kunnen maken ten aanzien van de meest haalbare alternatieven voor natuurontwikkeling (welke doelsoorten bij het beoogde natuurtype zijn het meest kwetsbaar). Daarnaast kan het systeem helpen bij de keuze voor te meten parameters en risicoreducerend beheer. Op termijn is het de bedoeling de methodiek te incorporeren in BONANZA [55].

Met betrekking tot het meten van ecologische diensten met name op grote schaal bieden de methoden 1 en 2 uit box 5 de meeste aanknopingspunten. In tabel 4 wordt een overzicht gegeven van de indicatoren die in het kader van gezondheid van ecosystemen met deze methoden in de bodem gemeten worden. De genoemde indicatoren hebben allemaal betrekking op ecologische diensten. Een één op één vertaling van een ecologische dienst naar een indicator zou de keuze voor welke indicatoren waar te meten, op basis van de tabellen 1 en 2 en bijlage 2, eenvoudiger maken. Zo'n vertaling is echter maar heel beperkt mogelijk omdat de meeste individuele indicatoren uitspraken doen over meerdere ecologische diensten. Zo zegt bijvoorbeeld de hoeveelheid en structuur van organische stof in de bodem iets over bodemvruchtbaarheid, over ziekte- en plaagwering en over de fysieke structuur. Dit houdt verband met het al eerder vermelde feit dat ecologische diensten afhankelijk van elkaar zijn. Daarom geeft juist het totaal van de indicatoren een indicatie van de gezondheid van het systeem. Voor meer informatie over de koppeling tussen indicatoren en ecologische diensten wordt verwezen naar referenties 20, 44 en 45.

De bodembioologische indicator (BoBI) [44, 45] is in Nederland ontwikkeld door het RIVM en Alterra. Het betreft thans nog een combinatie van onderzoek en meten. De metingen zijn gekoppeld aan het landelijk meetnet bodem. De BoBI is het meest compleet van de genoemde indicatorsystemen, met name omdat hiermee vrijwel het volledige voedselweb in de bodem kan worden beschreven. Dit is van belang als men uitspraken wil doen over de stabiliteit en veerkracht, en ook de functionele biodiversiteit van het ecosysteem. Schimmels, waaronder mycorrhiza's, worden van groot belang geacht voor de afbraak van resistent organisch materiaal in de bodem en de ontwikkeling van vegetaties in natuurlijke systemen. Schimmels waren aanvankelijk wel opgenomen in de BoBI maar zijn vanwege een verwachte geringe relevantie voor landbouwgronden en budgettaire redenen tot nu toe niet gemeten. In de toekomst zullen schimmels wel meegenomen worden in het meetprogramma, zeker als dit gaat worden toegepast op natuurlijke terreinen [56]. Daarnaast kan ook de kwaliteit van de organische stof (samenstelling en structuur) van belang zijn, met name in natuurlijke gebieden.

Tabel 4. Indicatoren in de bodembioologische indicator en een set microbiële indicatoren die door een werkgroep van deskundigen is voorgesteld om bodemgezondheid vast te stellen.

Bodembioologische indicator [44, 45]	'Micro-organismen als indicatoren voor gezondheid van de bodem' [20]
pH	Microbiële diversiteit (genetisch, functioneel en structureel)
Organische stof gehalte	Bodemademhaling
Lutum	Afbraak organische stof
Beschikbaar fosfaat	Bodemenzymen
Grootvee eenheden	Methaanoxidatie
Zware metalen	Stikstofmineralisatie en -fixatie, (de)nitrificatie
Bacteriële groeisnelheid	Microbiële biomassa
Genetische diversiteit bacteriën	Biomassa protozoën
Potentiële koolstof mineralisatie	Bacteriële DNA/ eiwit synthese
Potentiële stikstof mineralisatie	RNA metingen
Functionele microbiële diversiteit	Bacteriofagen
Aantallen, individuen, soorten en geslachten, maturity index nematoden	Mycorrhiza
Aantallen, biomassa, soorten en diversiteit potwormen	Plaagwering
Aantallen, biomassa, soorten en diversiteit regenwormen	Humane pathogenen
Aantallen en aantallen soorten micro-arthropoden, procentuele verdeling naar voedselgroepen	Biosensor bacteriën
	Plasmiden
	Antibiotisch resistente bacteriën
	Catabole genen

De bodembioologische indicator bevat verder vergeleken met de set microbiële indicatoren in tabel 4 geen indicatoren voor:

- gasuitwisseling tussen de bodem en atmosfeer (ademhaling, methaanoxidatie, stikstoffixatie en denitrificatie) die van belang zijn in verband met klimaatverandering;

- belasting van het systeem met pathogenen, antibiotica en bestrijdingsmiddelen;
- de aanwezigheid van ziekten en plagen.

Daarnaast missen wij indicatoren voor de fysieke structuur van de bodem en de buffer- en reactorcapaciteit (CEC).

Idealiter zou een meetsysteem dat is gericht op ecologische diensten van de bodem alle indicatoren van de bodembioologische indicator bevatten, aangevuld met hierboven gesignaleerde, ontbrekende gegevens. Daarnaast zou de meetinspanning gericht moeten zijn op de randvoorwaarden die nodig zijn voor het goed functioneren van het ecosysteem, zoals de kwaliteit van de lucht en de kwaliteit en kwantiteit van grond-, oppervlakte- en kwelwater. Meten met behulp van de bodembioologische indicator, met aanvullingen, brengt echter veel kosten met zich mee. Er zullen prioriteiten gesteld moeten worden. Tevens is het gewenst om de meetinspanning over de verschillende betrokken partijen te verdelen. Om de meetinspanning te beperken zou er steekproefgewijs of per proefgebied gemeten kunnen worden. Daarnaast zou het aantal indicatoren beperkt kunnen worden (zie verder).

Er worden ook al veel gegevens verzameld die behulpzaam kunnen zijn bij het inventariseren van de gezondheid van ecosystemen. In het vorige advies over de rol van het ecosysteem bij bodemgebruik [2] wezen wij er al op dat er in Nederland vele onderzoeks- en meetprogramma's zijn waarin routinematig de kwaliteit van ecosystemen al dan niet in relatie tot het gebruik wordt vastgesteld. Ook worden waardevolle karakteristieken van ecosystemen geïnventariseerd, zoals vegetaties, planten, vogels, zoogdieren, vlinders, insecten en aardkundige waarden. Ook gegevens over het jaarlijkse oppervlak van verschillende teelten, droogte- en waterschade in de landbouw, schade door plagen in de landbouw, gezondheid van bossen en de kwaliteit van het landschap worden vastgelegd. Voorbeelden van het laatste zijn het meetnet Kleine landschapselementen en een zojuist afgerond onderzoek naar het verschil in landschappelijke kwaliteit tussen de biologische en de gangbare landbouw [57, 58]. Het inventariseren en samenvoegen van de resultaten van deze programma's en meetactiviteiten zou op een significante wijze het inzicht van de kwaliteit van bodemecosystemen kunnen verbeteren. In het vorige advies hebben wij geadviseerd hiervoor een planbureau op te richten dat dient te rapporteren over de stand van zaken en ontwikkelingen van ecosystemen in relatie tot het gebruik van de bodem [2]. Het Natuur en Milieu Planbureau vervult thans deze functie.

De vraag wat het doel van het meten is, dient altijd voorop te staan. De meetresultaten zijn een bron van informatie op basis waarvan het beheer kan worden bijgesteld. Daarnaast kunnen de resultaten gebruikt worden om te zien of het gevoerde

beleid tot het gewenste resultaat leidt. Op lokale schaal zou de gebruiker of beheerder (zie tabel 3) de aspecten van ecologische diensten moeten meten die van direct belang zijn voor het lokale gebruik (tabel 1 en bijlage 2). De lokale beheerder kan deze vorm van meten stimuleren door gerichte voorlichting en door meetmethoden beschikbaar te stellen. Hierbij kunnen onder andere methoden zoals omschreven bij punt 4 en 5 in box 5 van dienst zijn. De resultaten van deze meetinspanning kunnen ook gebruikt worden voor het beantwoorden van vragen op grotere schaal. De resulterende gegevens zouden dan ook ter beschikking moeten komen aan zowel beheerders op lokale als op deelstroomgebiedschaal. Eenvoudig toegankelijke (internet) databanken zouden hierbij behulpzaam kunnen zijn. In tabel 5 worden suggesties gedaan voor een aantal indicatoren per bodemgebruik die lokaal bepaald zouden kunnen worden. In verband met de inspanning die gemoeid is met meten wordt er een beperktere set aan indicatoren voorgesteld dan de BoBI met bovengenoemde aanvullingen. Hierbij is gekeken naar de noodzakelijkheid van bepaalde (aspecten van) ecologische diensten voor het gebruik en naar de evenwichtigheid van de set ten aanzien van alle ecologische diensten. Dit laatste heeft voor grootschalige vormen van bodemgebruik zwaarder meegeteld.

Tabel 5. Suggesties voor indicatoren waarmee op lokale schaal de toestand van ecologische diensten gemeten kan worden. Het gaat hierbij om ecologische diensten waar het lokale gebruik afhankelijk van is.

Landbouw	Organische stof (hoeveelheid), stikstof (hoeveelheid, mineralisatie en uitspoeling naar bovenste grondwater), fosfaat (beschikbaar, totaal geaccumuleerd en uit-/afspoeling), zuurgraad, kationen uitwisselingscapaciteit, koper, zink, Maturity Index nematoden, biomassa en biodiversiteit regenwormen, biomassa micro-organismen en functionele microbiële biodiversiteit, ziekte- en plaagwerend vermogen.
Natuur	Organische stof (hoeveelheid en structurele opbouw), zuurgraad, kationen uitwisselingscapaciteit, koolstof/ stikstof ratio organische stof, nitrificatiesnelheid, bacterie/ schimmelratio, Maturity index nematoden, biomassa en biodiversiteit regenwormen of potwormen, biomassa micro-organismen en microbiële biodiversiteit in algemene zin.
Openb. groen	Organische stof (hoeveelheid), zuurgraad, Maturity Index nematoden, biomassa regenwormen.
Moes/ volkstuintuin	Organische stof (hoeveelheid), zuurgraad, eventueel stikstof en fosfaat, biomassa regenwormen.
Siertuin	Organische stof, zuurgraad.

Toelichting tabel 5:

- Biomassa micro-organismen: maat voor microbiële activiteit. Hieruit kan de bacterie/schimmelratio worden afgeleid die een indicator is voor het functioneren van het systeem.
- Functionele microbiële biodiversiteit: indicator voor de diversiteit en functioneren van microbiologische processen in de bodem (w.o. mycorrhiza's, potentie voor omzetting landbouw in natuur, omzettingsvermogen complexe verbindingen af te breken, bodemvruchtbaarheid).
- Kationen uitwisselingscapaciteit: indicator voor het bodemchemisch bufferend vermogen.
- Koolstof/stikstof ratio organische stof: indicator voor de afbreekbaarheid van organische stof.
- Koper, zink: indicator voor overbemesting, atmosferische depositie metalen.

- Maturity Index nematoden: indicator voor belasting van systeem alsmede adapterend vermogen en evenwicht in het systeem.
- Nitrificatiesnelheid: bufferend vermogen in verband met de toevoer stikstof via atmosferische depositie.
- Organische stof (hoeveelheid): indicator voor structuur, vochtregulatie, ziekte- en plaagwering, voedselrijkdom, bufferende capaciteit.
- Ziekte- en plaagwerend vermogen: indicator voor het vermogen van de bodem ziekten en plagen te weren.
- Regenwormen: indicator voor bodemvruchtbaarheid, toxische verbindingen, biodiversiteit, bodemstructuur.
- Stikstof en fosfaat: indicatoren voor bodemvruchtbaarheid, maar ook voor 'lekkende' nutriëntenkringlopen.
- Zuurgraad: indicator voor bodemvruchtbaarheid, kalkrijkdom, maar ook voor verzuring.

Wij zijn verder van mening dat het meten van pathogenen in de bodem van belang is bij landbouw, moes/ volkstuinten in verband met voedselveiligheid, en vragen ons af of deze indicator reeds in ander verband gemeten wordt.

Hoewel in tabel 5 wel indicatoren voor natuur worden vermeld, zou de prioriteit van meten niet bij deze vorm van bodemgebruik moeten liggen. Met name bij natuur geven de vegetatie en andere 'uiterlijke' kenmerken, zoals de aanwezigheid van bepaalde kensoorten, al belangrijke aanwijzingen over de toestand van het ecosysteem. Het is hierbij niet altijd noodzakelijk om 'in de bodem te kruipen' om iets aan de weet te komen over het functioneren van de ecologische diensten. Bij natuur zou een zwaarder accent moeten liggen op het vooraf toetsen of de locatie geschikt is voor het gewenste gebruik. Het beheer zou zich dan moeten richten op het geschikt houden/ maken van de locatie. Hierbij kan gebruik gemaakt worden van de methoden die zijn aangegeven in box 5 (8 t/ m 12).

Op deelstroomgebiedschaal zal de activiteit van de beheerders (tabel 3) gericht moeten zijn op het meten en bijsturen van algemene ecologische diensten (zie tabel 2 en bijlage 2). Op deze schaal gaat het dan vaak om metingen van fluxen en balansen, van bijvoorbeeld nutriënten, broeikasgassen en verontreinigende stoffen. Voor groot-schalige bodemgebruiksvormen (landbouw en natuur) wordt een deel van de indicatoren al op lokale schaal gemeten (zie tabel 5). Het is dus van belang dat meetgegevens die zijn verzameld op lokaal niveau ook ter beschikking komen aan beheerders op deelstroomgebiedschaal. In tabel 6 worden indicatoren voor grootschalige vragen genoemd, in aanvulling op tabel 5.

Er is nog niet veel ervaring opgedaan met het meten met behulp van biologische indicatorsystemen. Wij bevelen aan om in eerste instantie uit te gaan van een aantal proefgebieden of steekproefsgewijs te meten. Voorlopig kunnen trends in de waarden

van de indicatoren worden gevolgd; hiermee kan de benodigde kennis worden opgebouwd. In het algemeen is bekend in welke richting de waarden van de indicatoren zich bewegen als er sprake is van een verbetering of verslechtering van het functioneren van de ecologische diensten. Op basis van de resultaten kunnen uitspraken gedaan worden over de geschiktheid van de indicatoren en de meetintensiteit.

Tabel 6. Suggesties voor indicatoren waarmee op deelstroomgebiedschaal (of groter) de toestand van ecologische diensten gemeten kan worden. Het gaat hierbij om ecologische diensten die op deelstroomgebiedschaal beheerd moeten worden.

Landbouw	Waterbufferend vermogen, vastlegging koolzuurgas, methaanoxidatie, biodiversiteit in algemene zin, landschappelijke waarden, aardkundige waarden
Natuur	Waterbufferend vermogen, vastlegging koolzuurgas, methaanoxidatie, plaagwerend vermogen, landschappelijke waarden, aardkundige waarden
Openbaargroen	Waterbufferend vermogen, vastlegging koolzuurgas, methaanoxidatie, biodiversiteit in algemene zin, landschappelijke waarden, aardkundige waarden
Moes/ volkstuintuin	Waterbufferend vermogen
Siertuin	Waterbufferend vermogen

Toelichting tabel 6:

- Aardkundige waarden: indicator voor bijzonder aardkundige elementen, archeologische schatten, leesbaarheid landschap (het gaat hier eerder om inventarisatie dan indicator).
- Biodiversiteit in algemene zin: bijdragen aan genetische, functionele en structurele biodiversiteit in Nederland.
- Landschappelijke waarden: indicator voor landschappelijke aantrekkelijkheid, karakteristieke elementen in het Nederlandse landschap (het gaat hier eerder om inventarisatie dan indicator).
- Methaanoxidatie: indicator voor het vermogen methaan vast te leggen en voor verliezen naar de atmosfeer.
- Vastlegging koolzuurgas: indicator voor het vastleggen van kooldioxide in de bodem en voor verliezen naar de atmosfeer.
- Waterbufferend vermogen: indicator voor het vermogen water tijdelijk te bergen en geleidelijk los te laten, alsmede indicator voor potentiële droogte en waterschade.

Wij bevelen aan om voorlopig geen normen vast te leggen voor de indicatoren. Eerst dient er voldoende ervaring te worden opgedaan met het ecosysteemgericht beheer en het meten van het functioneren van ecologische diensten met behulp van indicatoren. Wij vrezen dat een discussie over normen voor indicatoren de aandacht van ecosysteem gericht beheer sterk zal afleiden en het draagvlak voor dit beheer ondermijnt. Op termijn denken wij dat het wenselijk is dat de overheid een streefwaarde of streefbeeld voor de indicatoren vaststelt, om zo sterker te kunnen sturen op de gezondheid van ecosystemen. De keuze voor een streefwaarde die een 'goede of gewenste' toestand van de indicatoren aangeeft is er één die in relatie met de economische en sociale dimensie van het bodemgebruik moet worden vastgesteld. Hiervoor moeten op basis van gedegen kennis beslissingen worden genomen. Gezien de complexiteit van deze beslissingen kunnen beslissingondersteunende instrumenten hierbij een belangrijke rol spelen [59].

7 REFERENTIES

- 1 Technische commissie bodembescherming, 2000. Advies Rol en betekenis van bodemecosystemen in relatie tot NMP-4 en de Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening. TCB S33(2000), dd. 7 juni 2000, Den Haag.
- 2 Technische commissie bodembescherming, 2000. Advies Raamwerk voor ecologische inbreng op de beleidsterreinen bodembescherming, biodiversiteit en ruimtelijke ordening in relatie tot NMP-4 en de Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening. TCB A29(2000), Den Haag.
- 3 VROM, 2001. Brief van de Minister aan de voorzitter van de Technische commissie bodembescherming, met als onderwerp adviezen 'Rol en betekenis van bodemecosystemen voor het gebruik van de bodem', kenmerk BWL/ 2001066135, 9 juli 2001, Den Haag.
- 4 Ecologische bodemkwaliteit in ruimtelijke ordening en milieubeheer. Verslag van de quickscan: Bodem & Ecologie. Chemielinco-rapport 20787, augustus 2002.
- 5 Technische commissie bodembescherming, 1988. Advies Saneringswijze Steendijkpolder-Zuid, TCB A88/ 01, Den Haag.
- 6 Technische commissie bodembescherming, 1994. Advies Urgentiebepaling, inwerkingtredeingscirculaire saneringsparagraaf Wet Bodembescherming, TCB A08(1994), Den Haag.
- 7 Technische commissie bodembescherming, 1998. Advies Nieuw afwegingsproces saneringsdoelstelling, TCB A27(1998), Den Haag.
- 8 VROM, 2001. Nationaal Milieubeleidsplan 4. Een wereld en een wil. Werken aan duurzaamheid. Den Haag.
- 9 Wetenschappelijke raad voor het regeringsbeleid, 2002. Duurzame ontwikkeling. Bestuurlijke voorwaarden voor een mobiliserend beleid. Rapporten aan de regering nr. 62, Sdu Uitgevers, Den Haag.
- 10 VROM, 2002. Nationale strategie voor duurzame ontwikkeling. Verkenningen van het Rijksoverheidsbeleid. Den Haag.
- 11 The world commission on environment and development, 1987. Our common future. Oxford University Press.
- 12 Odum, E.P., 1997. Ecology – A bridge between science and society. Sinauer Associates. ISBN 0 87 893 630 0.
- 13 Koper, A., 2003. Laten we niet alles verpesten. Interview met Herman Wijffels, voorzitter SER en Vereniging Natuurmonumenten. In de Volkskrant van 15 februari 2003.
- 14 Het dilemma van de Nederlandse veenweidegebieden. Vernatting tegengaan, landschap behouden. Boornblad februari 2003, p. 8-9, en daarin genoemde referenties.
- 15 Hoek, S. van der, 2002. Boerenverstand. In de Volkskrant van 18 juni 2002.
- 16 Artikel 'Verbod op maïsteelt in Krimpenerwaard blijft' in Agrarisch Dagblad van 15 februari 2002, naar aanleiding van uitspraak Raad van State afdeling bestuursrechtspraak, E01.99.0085/ 1, 13 februari 2002.
- 17 Leemkule, M.A. van de, 2001. Characterising land use related soil ecosystem health. WEB Natuurontwikkeling, in opdracht van de Technische commissie bodembescherming, R15(2001), Den Haag. In het Engels met uitgebreide Nederlandse samenvatting.
- 18 Parris, K., 2001. Agri-biodiversity indicators: background paper. OECD, www.oecd.org/agr/env/indicators.htm.

- 19 TRIAS-project Ecosystem Stability Analysis (ESA): towards a quantitative guide for user oriented soil management and ecological soil quality assessment, 2001-2005, samenwerkingsverband van Universiteit Utrecht (P.C. de Ruiter), Wageningen UR (J.E. Kammenga, J. Bloem) en Vrije Universiteit Amsterdam (C.A.M. van Gestel, H.A. Verhoef) en referenties daarin.
- 20 National Environmental Research Institute, 2002. Microorganisms as indicators of soil health. Ministry of the Environment, technical report no. 388, Roskilde, Denmark.
- 21 Tilman, D., D. Wedin en J. Knops, 1996. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. *Nature* 379: 718-720.
- 22 Griffiths, B.S., K. Ritz, R.D. Bardgett, R. Cook, S. Christensen, F. Ekelund, S. Sørensen, E. Bååth, J. Bloem, P. de Ruiter, J. Dolfing and B. Nicolardot, 2000. Ecosystem response of pasture soil communities to fumigation-induced microbial diversity reductions: an examination of the biodiversity-ecosystem function relationship. *Oikos* 90: 279-294.
- 23 Holling, C.S. and G.K. Meffe, 1996. Command and control and the pathology of natural resource management. *Conservation Biology* 10: 328-337.
- 24 Technische commissie bodembescherming, 2003. Advies systeemgericht grondwaterbeheer. TCB S24(2003), Den Haag.
- 25 Brink, C. van den en N.G.F.M. van der Aa, namens de TCB werkgroep Grondwater, 2003. Systeemgericht grondwaterbeheer. Grondwatersysteembenadering bij ruimtelijke vraagstukken In opdracht van de Technische commissie bodembescherming, TCB R17(2003), Den Haag.
- 26 Wit, N.H.S.M. de, 2002. Naar een duurzaam gebruik van de bodem. *Bodem* 4:155-157.
- 27 Technische commissie bodembescherming, 2001. Advies Aanzet voor stroomgebiedenbeheer. TCB A30(2001), Den Haag.
- 28 EU Kaderrichtlijn Water, 2000. Richtlijn 2000/ 60/ EG van het Europese Parlement en de Raad tot vaststelling van een kader voor communautaire maatregelen betreffende waterbeleid.
- 29 www.statline/cbs/nl.
- 30 VROM, 2002. Regeling locatiespecifieke omstandigheden. *Staatscourant* nr. 195, 10 oktober 2002, p. 21-22.
- 31 VROM, 2001. Ruimte maken, Ruimte delen. Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening 2000/ 2020. Den Haag.
- 32 Brussaard, L., 2003. Presentatie van het rapport Ecologische bodemkwaliteit in ruimtelijke ordening en milieubeheer. Verslag van de quickscan: Bodem & Ecologie. Chemielinco-rapport 20787, augustus 2002. In VROM, verslag Workshop Levende Bodem, 28 mei 2003, Den Haag.
- 33 LNV, 2002. Structuurschema Groene Ruimte 2. Samen werken aan groen Nederland. Den Haag.
- 34 LNV, 2000. Natuur voor mensen, mensen voor natuur. Nota natuur, bos en landschap in de 21^e eeuw. Den Haag.
- 35 Innovatie Netwerk Groene Ruimte en Agrocluster, 2002. Samen werken aan Samenwerken, 15 voorbeeldprojecten LEADER. Fonds DuurSaam, Steenwijk.
- 36 Koeleman, E., T. van Schie, J. Dijkstra, Z. Faber en F. Verhoeven, 2003. Boeren in balans. Praktijkgids voor een gezonde veehouderij. Roodbont Uitgeverij, Zutphen.
- 37 Galama, P.J. 2002. Milieukoers van melkveepioniers. PRI rapport nr. 10, Wageningen.
- 38 Hoek, S. van der, 2003. Goeie stront stinkt niet. In de Volkskrant van 4 april 2003.
- 39 Beslissing van Conferentie van Partijen. UNEP/ CDB/ CoP/ 5/ decision 6: Ecosystem approach.

- 40 Rutgers, M., T. Aldenberg, R.O.G. Franken, D.T. Jager, J.P.A. Lijzen, W.J.G.M. Peijnenburg, A.J. Schouten, T.P. Traas, D. de Zwart en L. Posthuma, 2000. Ecologische risicobeoordeling van verontreinigde (water)bodems – voorstellen ter verbetering van de urgentiesystematiek. RIVM rapport nr. 711701018, Bilthoven.
- 41 Rutgers, M., J.J. Bogte, E.M. Dirven-Van Bremen en A.J. Schouten, 2001. Locatiespecifieke ecologische risicobeoordeling. Praktijkonderzoek met een Triade-benadering. RIVM rapport nr. 711701026, Bilthoven.
- 42 Schouten, A.J., J.J. Bogte, E.M. Dirven-Van Bremen en M. Rutgers, 2003. Locatiespecifieke ecologische risicobeoordeling. Praktijkonderzoek met de TRIADE-benadering deel 2. RIVM rapport nr. 711701032, Bilthoven.
- 43 Platform voor ecologische risicobeoordeling Periscoop. De platformorganisatie bestaat uit vertegenwoordigers van VROM, RIVM, LNV, AKWA-RIZA en Bioclear. Van de taakgroepen: 'State of the art van ecologische risicobeoordeling', 'Beheer van risico's', 'Belang van ecologische risico's' en 'Veld-ecologische beoordelingscriteria' zullen in 2003 rapporten worden opgeleverd.
- 44 Schouten, A.J., J. Bloem, W. Didden, G. Jagers op Akkerhuis, H. Keidel en M. Rutgers, 2002. Bodembioologische Indicator 1999. Ecologische kwaliteit van graslanden op zandgrond. RIVM rapport 607604003, Bilthoven.
- 45 Schouten, A.J., M. Rutgers en A.M. Breure, 2001. BoBI op weg. Tussentijdse evaluatie van het project Bodembioologische Indicator. RIVM rapport 607604002, Bilthoven.
- 46 Römbke, J., P. Dreher und Mitarbeiter, 2000. Bodenbiologische Bodengüte-Klassen. ECT Oekotoxikologie, Fraunhofer-Institut e.a. voor Umwelt Bundes Amt, rapport UBA-FB 000033.
- 47 Project Duurzaam Bodembeheer. Samenwerkingsverband van Nutriënten Management Instituut (M.C. Hanegraaf), Centrum voor Landbouw en Milieu (L. den Boer) en Louis Bolk Instituut (C. Koopmans), gefinancierd door LNV. Project is met een aantal producten afgerond in juni 2003.
- 48 Ingham, E. www.soilfoodweb.com.
- 49 Zhoe et al., Spatial and resource factors influencing high microbial diversity in soil. *Applied Environmental Microbiology* 68:326-334.
- 50 Natuurplanner. www.rivm.nl/milieu/natuurplanner.
- 51 Kemmers, R., R. de Waal, B. van Delft en P. Mekking, 2002. Ecologische typering van bodems. *Landschap* 19(2): 89-103.
- 52 Delft, B. van, R. Kemmers en R. de Waal, 2002. Ecologische typering van bodems onder korte vegetaties. *Landschap* 19(3): 153-164.
- 53 Brouwer, E., C.F. van Beusekom, J.E.R. Klaren en G.Th. van Beusekom, 2002. Ecologisch kennissysteem veenweidegebieden. Handleiding en CD-rom versie 1.0. ITPS, Bilthoven en Vereniging Natuurmonumenten, 's-Graveland.
- 54 Kros, J., S.C. Bos, P. Domburg, J.H. Faber, J.E. Groenenberg, C. Klok, W.C. Ma, W.G.H. Ogg, H.R.G. de Ruiter, W. de Vries en J.G. Wesseling, 2001. Ontwikkeling van een bodembeoordelingssysteem voor natuurontwikkeling op met nutriënten en zware metalen verontreinigde gebieden. CUR/ SKB rapport nr. SV-004, Gouda.
- 55 Faber, J.H., J.J.C. van der Pol, P.F.A.M. Römkens, J. Lahr, Y. Wessels, M.A. van de Leemkule, K. Spaans, H.R.G. de Ruiter en J.H. de Jong, 2003. Kwetsbaarheid en kansrijkdom van natuurdoelen op verontreinigde bodems; van eco(toxico)logische expertise naar een beslissingsondersteunend systeem. Fase 1: pilotstudie. CUR/ SKB rapport nr. SV-034, Gouda (in druk).
- 56 Mededeling per e-mail van T. Breure en A.J. Schouten, 2003, RIVM.
- 57 Dijkstra, H. et al., 2003. Meetnet kleine landschapselementen; Meetdoelen en typologie. Alterra rapport 646, Wageningen.

- 58 Hendriks, K en D.J. Stobbelaar, 2002. Landbouw in het landschap. Wat heeft de biologische landbouw te bieden aan het Nederlandse landschap? *Landschap* 2002(4): 215-225.
- 59 Elghali, L., 2003. Decision support tools for environmental policy decisions and their relevance to life cycle assessment. Centre of Environmental Strategy, University of Surrey, Working Paper 02/ .
- 60 Handleiding toelating bestrijdingsmiddelen versie 0.2. www.ctb-wageningen.nl.

BIJLAGE 1 Adviesaanvraag

BIJLAGE 2

KOPPELING VAN ECOLOGISCHE DIENSTEN AAN
BODEMGEBRUIKSVORMEN: AFZONDERLIJKE ASPECTEN

In hoofdstuk 5 worden ecologische diensten aan verschillende bodemgebruiksvormen gekoppeld. Op voorhand werd al geconcludeerd dat alle ecologische diensten voor bijna alle gebruiksvormen op de twee onderscheiden schalen van belang zijn. Het onderscheidend vermogen in termen van andere vormen van beheer is gering en kan wellicht verhoogd worden door de ecologische diensten te splitsen in afzonderlijke aspecten. Hieronder wordt een niet uitputtende lijst van afzonderlijke aspecten van ecologische diensten gekoppeld aan bodemgebruik, op lokale schaal in termen van diensten die nodig zijn en op deelstroomgebiedschaal in termen van 'bijdragen aan' (vergelijk tabel 1 en 2 in hoofdstuk 5).

De ecologische diensten zijn:

1. Bodemvruchtbaarheid
2. Adaptatie en veerkracht;
3. Buffer en reactor functie;
4. Biodiversiteit;
5. Ziekte- en plaagwering;
6. Fysieke structuur.

De afzonderlijke aspecten die worden onderscheiden zijn (tussen haakjes het nummer van de bovengenoemde ecologische dienst; het eerste woord zal gebruikt worden in de tabellen):

- Aanpassing: vermogen tot aanpassing aan ander gebruik (2)
- Autonomie: ontwikkeling van natuur (1 en 4)
- Biodiversiteit in algemene zin: alle beschouwde aspecten van biodiversiteit (1, 2, 3, 4, 5)
- Bodemarchief: aardkundige en archeologische waarden (6)
- Bodemstructuur (1 en 6)
- Broeikasgassen: omzetting van diverse gassen zoals koolzuur, methaan, vluchtige organische verbindingen (3)
- Conservering: vermogen de bodem te conserveren (voorkomen bodemdaling en inklinking, m.n. in veengebieden) (3 en 6)
- Functionele biodiversiteit: diversiteit aan functies/ processen in een ecosysteem (1, 2, 3, 4, 5)
- Genetische biodiversiteit: diversiteit/ voorraad genen in een ecosysteem (2, 4, 5)

- Grondwater: kwalitatief en kwantitatief goed grondwater (3)
- Landschap: landschappelijke kwaliteit en diversiteit (4 en 6)
- Lucht: vermogen lucht te zuiveren (3)
- Organische stof (1, 3, 5, 6)
- Ziekte- en plaagwering (5)
- Productie: landbouwproducten (1)
- Structurele biodiversiteit: aantal verschillende soorten en interacties tussen soorten in een ecosysteem (2, 6)
- Transport: water aan- en afvoer (vermogen water te transporteren) (3)
- Water buffering: vermogen om water tijdelijk vast te houden, en geleidelijk weer los te laten (3)
- Zelfreiniging: vermogen stoffen af te breken (3)