

# Negen vragen over ecologie van bosbodems

— Anjo de Jong en Rein de Waal  
(Alterra, Wageningen UR) en Erwin Al  
(Staatsbosbeheer)

Een goed functionerende bodem van het bos is een van de belangrijke pijlers voor duurzaam bosbeheer. Een bosbeheerder leert dan ook al vroeg in zijn opleiding dat het zijn verantwoordelijkheid is om de mogelijkheden van de bodem voor de ontwikkeling van bos niet aan te tasten maar zo mogelijk te verbeteren. Een bosbodem kan zich daarbij onafhankelijk van het moeder materiaal op den duur ontwikkelen tot een drager van een bijzonder rijk ecosysteem. Bekend zijn de tropische regenwouden, waar het moeder materiaal extreem arm is, maar waar het bos zich op een flinterdunne laag bosbodem in ongekende dimensies en soortenrijkdom weet te handhaven en te ontwikkelen. Ook voor de gematigde streken bestaan voorbeelden van oude rijke bossen op ondergrond waar je dat in eerste instantie niet zou verwachten, zoals in het zuidoosten van Finland en in Bialowieza. Een vraag die hier centraal staat is: wat maakt nu dat die bosbodems zich zo kunnen ontwikkelen en hoe kan je daar als beheerder zo goed mogelijk op inspelen? Aan de hand van onderstaande negen vragen met antwoorden geven we u hierin meer inzicht.

## Hoe is het gesteld met de voedingstoestand van de Nederlandse bossen?

In Nederland hebben we voornamelijk jonge bossen (maximaal 150 jaar) op door eeuwen menselijk gebruik gedegradeerde, arme zandbodems. Na een moeizame eerste generatie bos zien we dat de tweede en derde generatie bos het beter doen, de voedingstoestand is dus

*Deel 4 in de serie over bosbodems. Hoe zit het met de ecologie van bosbodems? We zien dat goed functionerende bosbodems onafhankelijk van de ondergrond een zeer rijk en vitaal bosecosysteem in stand kunnen houden. Het is bekend dat de biodiversiteit in de bosbodems hierbij cruciaal is, het is niet goed bekend hoe deze biodiversiteit bij exploitatie kan worden behouden of hersteld. Het is een feit dat we de laatste jaren meer (tak- en tophout) oogsten en dat het met de vitaliteit van belangrijke bosbomen als iep en ook eik en es al langere tijd niet goed gaat. Niet alleen productiebos, maar ook natuurbos heeft problemen, waarbij verzuring, verdroging en vermesting een rol spelen. Onderzoek gaat zich de komende jaren hierop richten. Daarom besteden we in deze serie (in de komende nummers) aandacht aan praktische kanten van het complexe onderwerp bosbodemecologie.*

onder invloed van het bos geleidelijk verbeterd. Tegelijk blijkt dat er een afname is van calcium (Ca), magnesium (Mg) en kalium (K) in de bossen op zandgronden met verzuring en verlies van voedingsstoffen uit de bosbodem tot gevolg. Daar komt dan bij dat stikstof (N), ook een belangrijke voedingsstof, ruimschoots blijft neerdalen in onze bossen. Beide ontwikkelingen hebben een ongunstige uitwerking op de gezondheid van de bossen. Hierbij valt op dat de bossen op (arme) zandgronden het meest lijden, maar dat ook bossen op betere gronden een verandering in de voedingsstoffenbalans tonen die ertoe leidt dat soortenrijkdom en vitaliteit onder druk staan. Deze ontwikkeling doet zich voor bij het hele spectrum van multifunctionele bossen met houtproductie-accent tot natuurbossen met een habitattypestatus onder Natura 2000.

## Hoe kan het nu dat er in bossen tekorten zijn van voedingsstoffen? De bodem bevat toch aanzienlijke hoeveelheden mineralen?

Een groot deel van de voedingsstoffen in de bodem zit vast in het moeder materiaal. Het is daar gebonden in complexe minerale verbindingen. De voedingsstoffen komen daar maar langzaam uit vrij door vertering. Hoe fijner het moeder materiaal (klei en leem), hoe sneller die vertering gaat. Voor de bomen en planten is de beschikbare voorraad van belang. Dat zijn de voedingsstoffen die in bodemvocht zijn opgelost of die gemakkelijk in oplossing komen, bijvoorbeeld als ze aan zand,

klei of humus geadsorbeerd zijn. De aanvulling van die beschikbare voorraad gaat dus langzaam door vertering en daarnaast is er ook een kleine aanvulling van Ca, Mg, K en P door depositie. In veel bossen neemt de houtvoorraad toe en zal de voorraad voedingsstoffen die in de biomassa is opgeslagen ook groter worden ten koste van de bodemvoorraad. Een deel van deze voedingsstoffen voeren we met de oogst af. En ten slotte is er nog uitspoeling, die mede door verzuring van de bodem wordt vergroot. Om de opneembare voorraad voedingsstoffen op peil te houden, zijn goed ontwikkelde bosbodems in staat uitspoeling van mineralen tot een minimum te beperken. Het is uitermate relevant te onderkennen hoe we in onze pril ontwikkelende bosbodems de capaciteit om voedingsstoffen vast te houden kunnen versterken. Duidelijk is dat de uitspoeling uit bosecosystemen al deels wordt voorkomen doordat voedingsstoffen via de bomen en ondergroei wordt vastgelegd in het humuscompartiment (de humusvorm of strooisellaag en de minerale bo-





foto: Hans van den Bos, Bosbeeld

vengrond) van de bodem. De humusvorm is dus een belangrijke schakel in voorkomen van het verdwijnen uit het systeem van voedingsstoffen.

### Waarom kunnen we niet simpelweg voedingsstoffen aanvullen in de vorm van kunstmestkorrels? Bij landbouw werkt dat toch ook prima?

Kunstmest komt erg snel vrij. Een deel wordt direct opgenomen en vastgelegd in biomassa, bijvoorbeeld door hogere gehalten aan nutriënten in het hout en blad. Wat in hout wordt opgeslagen ligt dan deels lange tijd vast en wordt mogelijk afgevoerd. Wat niet kan worden opgenomen of vastgehouden door de bodem, spoelt in korte tijd uit. Vaak is er enkele jaren na een kunstmestgift geen effect meer te zien in groei of nutriëntgehalten: de stoffen zijn dan dus niet meer beschikbaar en het bodemsysteem is terug bij af. Je zou dus regelmatig opnieuw meststoffen moeten toedienen, maar dat is veel te kostbaar.

Bovendien willen beheerders, terecht, niet onnodig vaak in bossen ingrijpen. Zeker niet omdat snelwerkende kalkmeststoffen tijdelijk de mineralisatie van organische stof versnellen, met ook vaak uitspoeling tot gevolg. Daarom wordt er de komende jaren onderzoek gedaan naar het toedienen van langzaam vrijkomende meststoffen.

### Als toedienen van mest in bossen geen optie is, zijn er dan geen mogelijkheden om de nutriënten beter vast te houden?

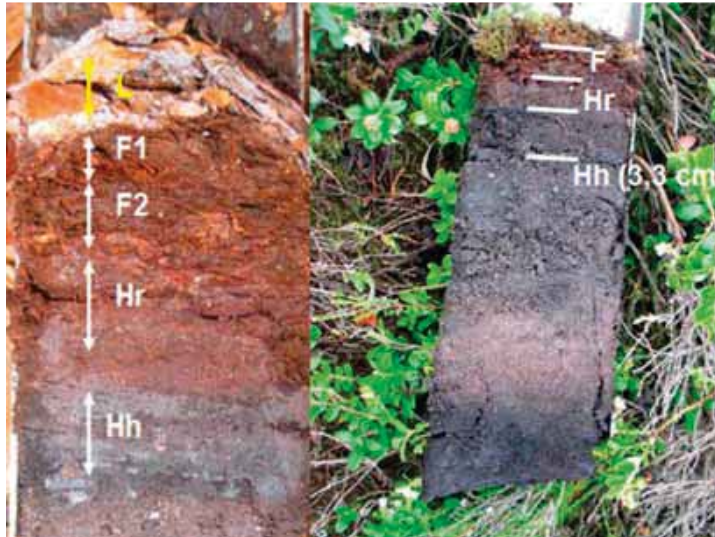
Een goed ontwikkelde humusvorm is daarvoor van groot belang, vooral op leemarme zandgronden waar het minerale moedermateriaal weinig mogelijkheden heeft om voedingsstoffen vast te houden. Voedingsstoffen worden gebonden aan humuscomplexen, maar ook vastgelegd in het bodemleven dat in de humuslaag actief is. Oude, amorfe, sterk gehumificeerde lagen houden relatief veel basen als Ca (maar ook N en P) vast en vertragen verdere uitspoeling. Deze amorfe

humuslagen die zich ontwikkelen in oude bossen op arme gronden zijn cruciaal in het ontwikkelen van een stabiel boscysteem waarin zoveel mogelijk nutriënten en basen worden hergebruikt. De ontwikkelingen van zulke humusvormen vormen een ecologisch antwoord van het bos op de natuurlijke tendens van de abiotische groeiplaats om te verarmen. Humus houdt daarnaast goed water vast en bevordert tegelijk de doorluchting. Voor bossen is dit van groot belang aangezien beschikbaar vocht een belangrijke factor is voor de vitaliteit van bomen.

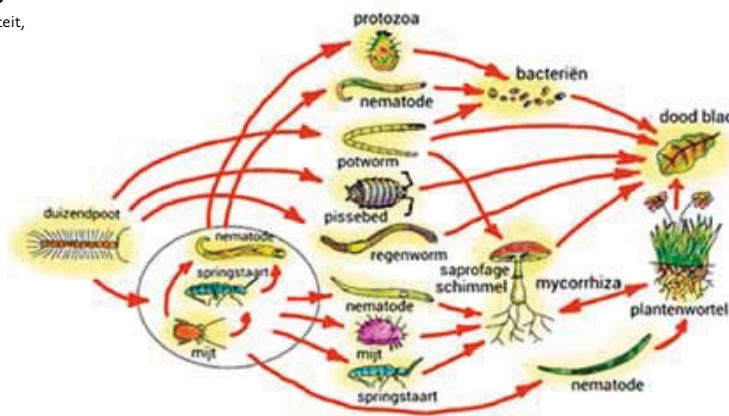
### De humuskwaliteit hangt toch af van de boomsoort en de menging van boomsoorten? Op arme zandgronden heb je dan toch niet zo veel keuze?

De humuseigenschappen hangen voor een groot deel samen met de samenstelling van de minerale bodem. Op armere bodems gaat de omzetting van organische stof relatief langzaam. Veel van

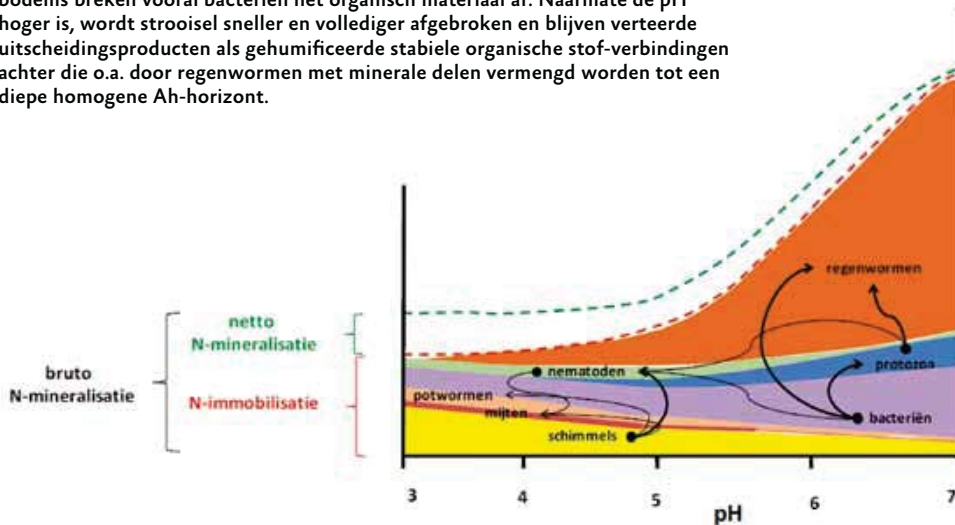
**Figuur 1**  
Een dikke amorfe H-laag die dominant is in een oud bos (links) en in oude heide (rechts) dat in de 'humusfase' verkeert.



**Figuur 2**  
Het bodemvoedselweb  
(Ron de Goede, Bodemkwaliteit, Wageningen Universiteit).



**Figuur 3**  
Bij zure bodems doen vooral schimmels het werk. Bij licht zure tot licht basische bodems breken vooral bacteriën het organisch materiaal af. Naarmate de pH hoger is, wordt strooisel sneller en vollediger afgebroken en blijven verteerde uitscheidingsproducten als gehumificeerde stabiele organische stof-verbindingen achter die o.a. door regenwormen met minerale delen vermengd worden tot een diepe homogene Ah-horizont.



de omzetting gebeurt hier door schimmels en potwormen, die de organische stof maar weinig vermengen met de minerale bodem. Er is op deze door schimmels gedomineerde bodems dan ook een duidelijke scheiding tussen humuslaag en minerale bodem (stapeling). Hier krijg je bijvoorbeeld mor-moder humusvormen die opgebouwd zijn uit weinig verteerde plantenresten en zure amorfe humus. Op rijkere bodems met beter verwerend moeder materiaal is het bodemleven (veel regenwormen en bacteriën) veel actiever en wordt organisch en mineraal materiaal vermengd en omgezet in stabiele humusvormen en ontstaan door bacteriën gedomineerde mull of mull-moder humusvormen.

Boomsortensamenstelling speelt daarnaast ook een belangrijke rol. Sommige boomsoorten hebben blad dat relatief rijk is aan calcium en dat vrij gemakkelijk verteert. Het gaat bijvoorbeeld om es, esdoorn en linde, die van nature vooral op betere bodems voorkomen. Bij die boomsoorten kan tot een bodem-pH van ongeveer 4 nog een humusomzetting met vermenging plaats hebben, terwijl bij beuk, eik of grove den dan stapeling plaats vindt. Ten opzichte van strooisel van bijvoorbeeld eik of grove den heeft het strooisel van bijvoorbeeld esdoorn of linde ook een gunstig effect op de pH van de bodem. Bij die verrijkende soorten kan de humusvorming op een zandgrond dan iets meer gaan lijken op die van een rijkere bodem. Er kan zo maar een kleine verschuiving in het systeem plaatsvinden. En boomsoorten als es en linde zijn niet geschikt voor de armste bodems. Er zijn dan wel alternatieve soorten die nog op wat armere bodems groeien, zoals berk, of lijsterbes in de ondergroei.

**Hoe zit dat dan met de adviezen om gebruik te maken van bomen met goed verteerbare humus om bodemprofielen meer in de mull-moder richting te laten ontwikkelen?**

Bij een betere omzetting van organische stof hoort ook een ander bodemleven. Het bodemleven zorgt voor de omzetting van strooisel in humus. Op rijkere bodems zet het bodemleven organische stof snel om. In het algemeen leidt snel recycleren van nutriënten tot productievare systemen en er ontstaat een andere bodemvegetatie, soms met meer oud-bosplanten. Maar op die bodems worden voedingsstoffen ook goed vastgehouden. Veel voedingsstoffen worden opgeslagen in bodemfauna (vooral wormen) en bacteriën, en voedingsstoffen worden gebonden aan bijvoorbeeld kleimineralen en stabiele humusverbindingen die het bodemleven maakt.

In de bodems met de armere humusvormen zijn juist schimmels goed in staat voedingsstoffen vast te houden. Schimmels hebben met hun mycelium een onvoorstelbaar veel groter absorptieoppervlak dan bomen met hun wortels en kunnen daarmee vrijwel alle voedingsstoffen opnemen die bij vertering of verwerking vrijkomen – ook van slecht verterende bladeren en naalden. Deze voedingsstoffen kunnen via symbiose (mycorrhiza's) direct aan de bomen geleverd worden in ruil voor suikers, of ze komen weer vrij

via bijvoorbeeld mijten en springstaarten die de schimmels opeten. Mycorrhiza-schimmels op de zuurdere bodems verteren organische stof maar bevorderen ook de vertering van de minerale bodem waardoor extra voedingstoffen in het systeem beschikbaar komen. Zo wordt de lage beschikbaarheid aan nutriënten aardig gecompenseerd.

Verzuring van de bodem en een overmaat aan stikstof zijn echter ongunstig voor veel mycorrhiza-schimmels. Ze functioneren het beste in een niet te zure bodem, en naarmate de bodem zuurder wordt zijn ze minder in staat hun rol voor de bodem en de bomen uit te voeren. Bij een zure bodem gaat vertering van moeder materiaal sneller, terwijl de schimmels minder goed in staat zijn om vrijkomende nutriënten vast te houden. Dit bevordert uitspoeling. Een ontwikkeling richting de iets rijkere humusvormen zou dit mogelijk kunnen beperken.

Bomen die van nature op betere groeiplaatsen voorkomen hebben bladeren die passen bij de snellere omzetting van dat bodemsysteem. Bomen van arme groeiplaatsen hebben vaak taaier blad dat moeilijker verteert maar wat past bij de omzetting door schimmels. We weten nog niet wat er precies gebeurt als we bomen van rijkere bodems gebruiken om arme bodems te verbeteren. Esdoorn is bijvoorbeeld in staat om een humuslaag op zure bodems te vormen die kenmerken heeft van rijkere humus. De vraag is of de voedingsstoffen daarmee duurzaam worden opgenomen in de kringloop, of dat er na verloop van tijd misschien zelfs versnelde uitspoeling kan plaatsvinden, omdat belangrijke mechanismen en organismen nog ontbreken, zoals we ook bij bemesten zien. Of omdat de boom verdwijnt en geen aanvoer meer plaats vindt van de "malsere" humus.

### **Een evenwichtige ontwikkeling van een bosbodem houdt in dat het gehele bodemecosysteem zich kan blijven aanpassen aan wat de vegetatie aan strooisel kan bieden. Hoe zit het dan met oogst van hout, of van tak- en tophout?**

Het is van belang dat de balans van voedingsstoffen enigszins in evenwicht is. Vertering, depositie, uitspoeling, opname door planten en vertering van organische stof bepalen de balans. De cyclus van opname van nutriënten door bomen, en het weer teruggeven van nutriënten via strooisel is hierin van groot belang (recycling). We zien dat voor Ca de cyclus van voedingsstoffen via de bladval het belangrijkste is. Bomen nemen Ca deels uit diepere bodemlagen op en geven het via blad- en naaldval terug aan de humuslaag. Voor andere nutriënten spelen vooral ook de wortels een grote rol. Fijne wortels worden namelijk net als blad en naalden constant vernieuwd. Het hout in takken en stammen speelt in de hele cyclus van nutriënten een beperkte rol omdat de gehalten aan nutriënten relatief klein zijn. Dat zegt echter niet dat het een onbelangrijke factor is. Ongeveer vijftien tot dertig procent van de opgenomen nutriënten van een boom komt in de takken en de stam terecht, waarvan het grootste

deel vaak in de takken. Op erg arme bodems kan oogst van dat hout een wezenlijk negatief effect hebben op de nutriëntenbalans. Daarnaast gaat veel van de totale biomassaproductie (koolstof) van een boom in het hout zitten. In een ongestoord bos komt dit uiteindelijk allemaal ten goede aan de strooisellaag, maar in productiebos wordt dit meest afgevoerd.

Meer afvoer van takhout betekent dus minder organische stof in de bodem, zou je denken. Maar zo eenvoudig is het ook weer niet. Uit verschillende buitenlandse studies blijkt dat het laten liggen van takhout op kapvlaktes juist door beschutting weer gunstig kan zijn voor de vertering van organische stof in de bodem en leidt dan juist tot minder organische stof in de bodem. Op zich is die iets versnelde omzetting niet zo'n probleem, mits de vrijkomende voedingsstoffen door vegetatie of bodemorganismen opgenomen kunnen worden en niet uitspoelen. Snel verjongen is om die reden van belang.

Oogst van takhout vergt vaak ook grootschalig werken, en dus kapvlaktes. Het meer extreme microklimaat dat daarmee ontstaat, is ongunstig voor het bodemleven, en mycorrhiza in het bijzonder. Daarnaast verliezen deze schimmels hun symbiosepartners. Dus ook om die schimmels niet te verliezen is het van belang snel te verjongen.

### **Wat is er over de invloed van stikstof op het bodemecosysteem te zeggen?**

Een hoge beschikbaarheid van stikstof is ongunstig voor mycorrhiza. Als mycorrhiza-schimmels minder goed functioneren is dat ongunstig voor de bomen, omdat ze vooral op armere bodems van groot belang zijn voor de opname van water en bijvoorbeeld fosfor. Stikstof versnelt de eerste fase van omzetting van strooisel (de makkelijke suikers), maar vertraagt de omzetting van de meer bestendige humus. Verder brengt de overmaat aan stikstof de verhoudingen tussen voedingsstoffen uit balans. Lopend onderzoek laat zien dat dit in de gehele voedselketen door kan werken.

### **Op welke factoren in het beheer kunnen we sturen in de bodemontwikkeling of het herstel van de bosbodem?**

Minder input van stikstof en een afname van de grote voorraden ervan in de bodem zou mooi zijn, maar dat zijn dingen waar beheerders helaas niet veel aan kunnen doen. Wel is het van belang om te zorgen dat er vooral op de armere bodems geen verlies aan nutriënten plaats heeft (behalve N), en dat de organische stof in de bodem verder kan toenemen. Natuurlijk is het toedienen van nutriënten een mogelijkheid, maar we weten nog niet precies op welke wijze die toediening uitgevoerd moet worden om optimaal bij te dragen aan behoud of herstel van het levende systeem in de bodem en hoe de volgende generatie bos er van kan profiteren. Als het echt nodig is om nutriënten toe te dienen, is het van belang om langzaam werkende stoffen te gebruiken, zoals steenmeel. Er is echter nog nauwelijks onderzoek gedaan naar de effecten er van op de ontwikkeling van de bosbodem. In hoeverre kan een te grote pH-schok bijvoorbeeld voorkomen worden en negatieve

effecten op de vegetatie en bodemfauna beperkt worden?

Op de armste bodems is het verstandig om terughoudend te zijn met oogst, vooral van tak- en tophout. Een adviesstelsel dat daarvoor houvast moet geven is momenteel in ontwikkeling. Bij oogst is kleinschalig en extensief dunnen voor de opbouw en het behoud van de strooisellaag beter dan intensief dunnen of kaalkap. Hoe meer gesloten het bos blijft, hoe beter voor de humuslaag. Voor de bodem is kleinschalige oogst en behoud van schermvormen gewenst om fluctuaties van vocht en temperatuur te temperen, zo dicht mogelijk tegen het bosmicroklimaat aan. Ook is omwoelen van de organische bovenlaag van de bodem voor het bodemleven ongunstig (bijvoorbeeld door ploegen). Dit staat echter op gespannen voet met de bosbouwpraktijk van verjongen op arme zandgronden. Natuurlijk verjongen met grove den verloopt het best in verjongingsvlaktes met hooguit enkele zaadbomen en blootleggen van minerale bovengrond.

Kaalkap is voor sommige dieren, planten en lichtboomsoorten gunstig, maar omwille van het bodemleven is het beter om de schaal beperkt te houden. Concrete afmetingen zijn helaas niet onderbouwd te geven. Daarnaast is het advies altijd wat bomen te laten staan die kunnen dienen als refugia voor mycorrhiza's. Als binnen circa twee jaar geen natuurlijke verjonging opkomt, is aanplant aan te raden, zowel voor behoud van de mycorrhiza's als om uitspoeling te voorkomen.

### **En hoe nu verder?**

Ondanks dat we al veel weten over bosbodems zijn ze voor een groot deel nog een black box. Op onderdelen snappen we het een beetje maar we weten bijvoorbeeld nog veel te weinig over de relaties tussen de humusontwikkeling, oogst en verjonging in het bos. We weten ook nog niet precies in welke mate mycorrhiza's voedingsstoffen vasthouden of hoeveel ze bijdragen aan de vertering van mineralen en dus helpen bij de nutriëntenbalans. We weten ook niet hoe snel en onder welke randvoorwaarden ze bodems weer koloniseren als ze eenmaal weg zijn of hoe je dat kunt stimuleren. We weten voor veel bodemtypen ongeveer hoeveel macronutriënten en koolstof ze in voorraad hebben, maar hoe die voorraad zich ontwikkelt, weten we niet goed. Van sporenelementen, weten we nog veel minder. Hetzelfde geldt voor het bodemleven. We weten dus eigenlijk niet of we de bosbodem duurzaam beheren. We vinden het allemaal belangrijk om duurzaam te werken maar op het gebied van bosbodems weten we eigenlijk nog niet eens wat dat betekent. Het is daarom des te belangrijker om de komende jaren onderzoek te doen naar de processen die zich afspeelen in de bosbodems en naar de praktische consequenties daarvan in het beheer.<

*anjo.dejong@wur.nl*

Het rapport is te lezen op:  
<http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/489568>