



foto's Hans van den Bos, Bosbeeld

Bosbodemonwikkeling en beheer op droge zandgronden

De problematiek, wat weten we en wat kunnen we met die kennis doen?

Door verzuring en vermisting is de biodiversiteit in arme bossen achteruitgegaan en zijn bodems aangetast. De ernst van het probleem is mede door de PAS-discussie al wel doorgedrongen. Maar om zinvolle herstelmaatregelen te nemen, is vaak nog onvoldoende praktische en wetenschappelijke kennis aanwezig. Niet alle beheerders zijn namelijk op de hoogte van de meest actuele wetenschappelijke kennis en ook de wetenschap zelf heeft nog vele vragen. Op 10 oktober 2019 kwamen beheerders en wetenschappers bij elkaar om actuele kennis en de lopende onderzoeklijnen over bosbodems bij elkaar te brengen.

— Erwin Al (Staatsbosbeheer), Ido Borkent (Bosland) en Jasprina Kremers (Probos)

> Als bosbeheerders weten we dat verzuring een probleem is voor de natuur en onze bossen. En om maar meteen een eerste misverstand uit de weg te halen: verzuring door depositie is niets nieuws, maar is een heel natuurlijk bodemproces. In de lucht bindt namelijk CO_2 met watermoleculen in waterdruppels tot H^+ en HCO_3^- . Daarmee heeft regen een licht zure pH als het op de bodem komt en heeft het invloed op de pH van de bodem. In de bodem komt CO_2 vrij bij respiratie van wortels, schimmels, bacteriën, microfauna en productie van niet-organische zuren, waarna

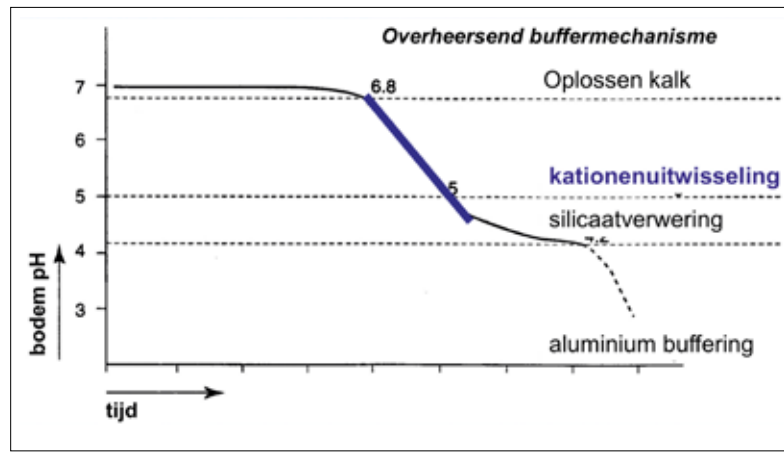
de CO_2 reageert met bodemvocht. Verzuring van de bodem treedt ook op als stikstof in de vorm van ammoniak (NH_3) in vallende regendruppels reageert tot ammoniumdeeltjes (NH_4^+). En stikstofoxiden (NO_x) ontstaan bij onweer uit een reactie tussen stikstof uit de lucht en ozon of zuurstof. Al deze reacties leiden in de bodem tot voor organismen opneembare meststoffen en verzuring (H^+). De verzuring van de bodem gaat de laatste decennia echter vele malen sneller dan onder natuurlijke omstandigheden (zie figuur 4). Doordat vooral de concentratie aan ammoniak (veehouderij) is gestegen, is ook verzuring de laatste decennia versneld.

Het probleem van de verzuring is dat de verzurenstoffen in de neerslag hun uitwerking hebben op de basen die vanuit bodemdeeltjes en humus in de bodem beschikbaar zijn. De basische kationen calcium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}) en kalium (K^+) worden door de H^+ verdrongen van deze bodemdeeltjes en komen in oplossing (zie figuur 2). Met andere woorden: de bodem verweert en de belangrijke nutriënten spoelen versneld uit en zijn dan niet meer beschikbaar voor de planten. Bij de verwerking vormt bicarbonaat ($2\text{HCO}_3^- + \text{Ca}^{2+}$) de eerste buffer. De H^+ -deeltjes uit de bodemoplossing hechten in de plaats van Ca^{2+} aan de bodemdeeltjes: de daling van de pH stopt. Hierbij heeft de basenuitwisseling een eigen pH waarbij deze zo lang de voorraad strekt in staat is de toevoer van H^+ te neutraliseren: de kationenuitwisseling.

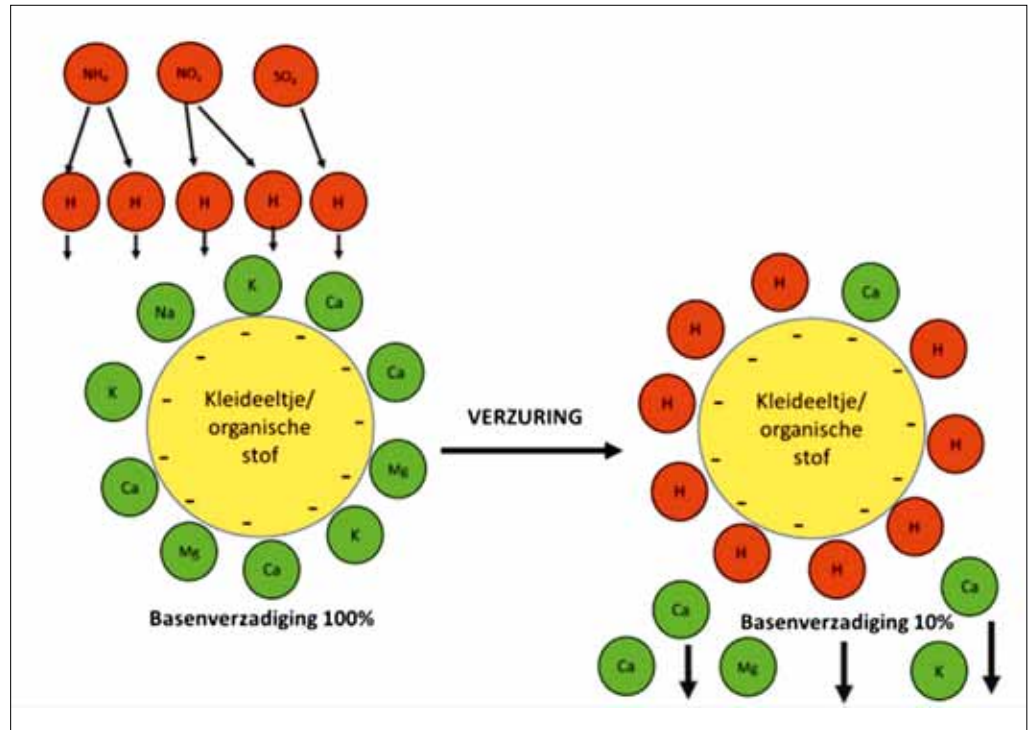
Zuurbuffering van de bodem treedt trapsgewijs op doordat achtereenvolgens de kationen Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , $\text{Fe}^{2+/3+}$ en Al^{3+} ieder op hun eigen pH-bufferplateau hun bufferende werking in de bodem uitvoeren (zie figuur 1). De capaciteit van de bodem om in de bodemoplossing uitwisselbare positieve ionen (kationen of H^+) te binden, wordt de Cation Exchange Capacity genoemd (CEC). Ook silicaatverwerking speelt in het bufferingsproces een belangrijke rol (zie kader pagina 24). Op leemarme zandgronden wordt de CEC vrijwel volledig bepaald door de hoeveelheid aanwezige organische stof. Ook de organische stof kan immers kationen aan zich binden (zie kader 1). Naarmate er meer zuur wordt aangevoerd, zal de basenverzadiging van de bodemdeeltjes afnemen en gaan voor planten beschikbare basen-nutriënten door uitspoeling verloren (zie figuur 2).

De kationuitwisseling met het bodemadsorptiecomplex is de basis voor de buffers op de zandgronden. De buffercapaciteit hangt af van de minerale bodemdeeltjes en is van nature vooral op de armste bodems, de haarpodzolen (zie kader pagina 24) laag. Dit vindt zijn oorzaak in de oorsprong van de bodemdeeltjes van dit bodemtype (spodosol). De CEC hiervan is beperkt, terwijl de bufferstoffen er juist snel vrijkomen en uitspoelen. Het gehalte aan organische stof helpt daarbij de buffercapaciteit te verhogen: hoe meer organische stof in de bodem, hoe hoger de CEC en dus hoe meer kationen uitgewisseld kunnen worden en als nutriënt beschikbaar kunnen blijven voor de planten.

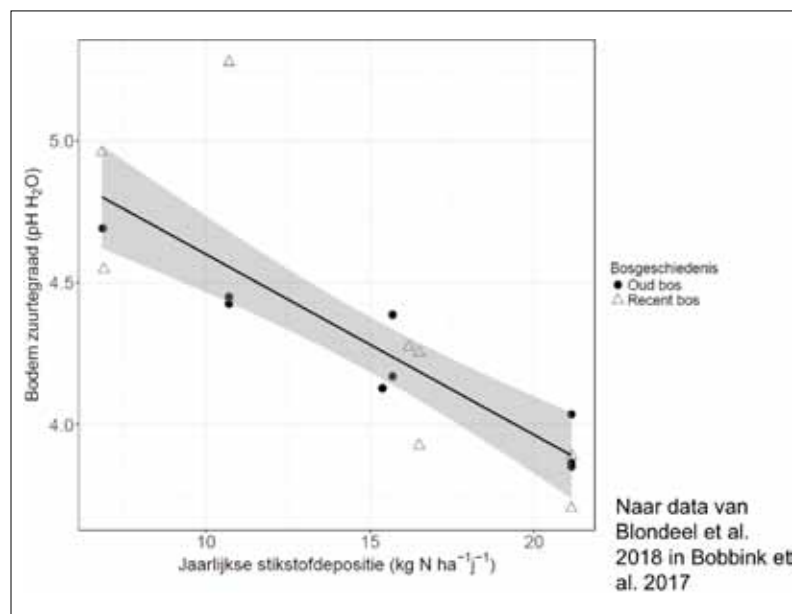
Bijkomend probleem bij verzuring is de alumi-



Figuur 1. Buffering door kationenuitwisseling in de loop van de tijd (presentatie Roland Bobbink)



Figuur 2. Dalende basenverzadiging onder invloed van verzuring in het bufferingsproces (presentatie Roland Bobbink)



Figuur 3. Er is een sterke correlatie tussen de jaarlijkse stikstofdepositie en de zuurgraad van de bodem in voedselarm loofbos met eik (presentatie Roland Bobbink)

umvergiftiging. Als de pH onder de 4,2 komt, dan komt reactief aluminium (Al^{3+}) in oplossing. Aluminium is toxisch voor veel planten. Het is dus wenselijk om de verstoorde bufferende werking van de bodem voor zover mogelijk te herstellen om verregaande verzuring onder pH 4,2 te voorkomen dan wel terug te draaien.

Verzuring is niet de enige oorzaak van het verdwijnen van nutriënten: deze verdwijnen ook uit het bos door houtoogst. Het grootste deel van de mineralen zit in schors van stam- en takhout, fijn takhout en in takken. In de stam van de meeste boomsoorten zitten naar verhouding weinig nutriënten maar dat geldt niet voor eik en beuk, waar juist wel hogere gehalten zitten in het stamhout. Vooral bij oogst van de stam met tak- en tophout ontstaat er voor P, Ca en K een negatieve balans. De afname van P is klein in verhouding tot de voorraad in de bodem. Een tekort aan Mg door de afvoer van tak- en tophout blijkt nauwelijks voor te komen. Ook voor N worden, gezien de hoge depositie, geen problemen verwacht. Wel valt op dat de gemeten gehalten van N in stammen hoger zijn dan in de buitenlandse literatuur wordt aangegeven.

De aanwezigheid van de bosanemoon in beukenbos met lindes bij Doorwerth was voor onderzoeker Patrick Hommel rond de eeuwwisseling aanleiding voor nader onderzoek naar het effect van lindestrooisel op de humusontwikkeling in de bodem.

Gevolgen van verzuring in bodem en ecosysteem

De gevolgen van de verzuring voor de plantengroei zijn groot. Van nature is de hoeveelheid voor planten beschikbare N in de bodem beperkt, wat er evolutionair toe heeft geleid dat veel organismen in hun stofwisseling sterk reageren op hogere beschikbaarheid van N. Veel stikstofinput in een bodem met weinig andere nutriënten geeft daarom een onbalans die ingrijpend doorwerkt in het ecosysteem. Planten gaan als reactie op de grote beschikbaarheid van N harder groeien, waarbij ze wel proberen om de andere nutriënten in verhouding op te nemen, waarmee ze de concentraties van andere nutriënten verder uitputten en de onbalans versterken.

In de kringloop op arme zandbodems, waar het in dit artikel om gaat, hebben schimmels een belangrijke rol. Veel bomen en andere planten van deze voedselarme bodemsystemen leveren slecht verteerbaar strooisel, dat eerst wordt versnipperd door bodemdieren waarna de moeilijkst afbreekbare stoffen langzaam door schimmels worden afgebroken. Schimmels maken zodoende met hun mycelium fosfaten, stikstof en andere nutriënten beschikbaar. Mycorrhiza-schimmels (schimmels die een symbiose vormen met plantenwortels) leveren bovendien water en nutriënten aan bomen in ruil voor suikers die de bomen in de fotosynthese gevormd hebben. Als N echter in overmaat aanwezig is (in de vorm van NH_4^+ en NO_3^-) neemt de wisselwerking met mycorrhiza-schimmels af waarbij de planten minder suiker uitwisselen. De planten nemen N ruimschoots op terwijl de in

Holt- en haarpodzolen

Rots vormt veelal het moedermateriaal van bodems, dat fragmenteert door klimaat, vervolgens wordt gesorteerd door water en wind, en daarna verder verweert onder natuurlijke verzuring. De oorsprong van de rotsen speelt een cruciale rol voor de eigenschappen van de later afgeleide bodemdeeltjes. Als het ontstaan is uit langzaam afkoelende lava, dat zal het aandeel mineralen hoger zijn dan (bijvoorbeeld in water) snel gestolde lava. Vanuit samengeperst sediment ontstaan gesteente vertoont weer andere eigenschappen. Hier speelt weer een belangrijke rol of er bijvoorbeeld kalkconcentraties, afkomstig van zeediertjes, of organische stof uit prehistorische venen onderdeel van vormen. Zo is de oorsprong van de rotsen bepalend voor de mineralogische samenstelling van de bodem en vormt het de basis voor verwerking en nutriëntenlevering van de eruit voortgekomen bodem. De internationale (VS) bodemtaxonomie deelt bodems in op basis van deze ontstaansprocessen en de daaruit fysieke eigenschappen. De in Nederland gehanteerde morfologische bodemsystematiek van Bakker en Schelling baseert zich vooral op de zichtbare eigenschappen van bodemprofielen, en laat de ontstaansgeschiedenis grotendeels buiten beschouwing. Vandaar dat Bakker en Schelling de duinvaaggrond, de haarpodzolen en de holtpodzolen in Nederland min of meer in elkaars verlengde plaatsen, terwijl op basis van de internationale bodemtaxonomie deze drie bodemtypen geheel los van elkaar worden beschouwd als onderdeel van respectievelijk:

- Entisols met nauwelijks tot geen bodemvorming, waarbij duinvaaggronden opgesplitst zijn in opgestoven bodems met fijne korrelgrootte, meestal mineraalarm en droog; Fluvents, en de uitgestoven bodems, vaak ongelijk gesorteerd, met leemlaagjes, mogelijk mineraalrijker en/of vochtig; Orthent en Psamment,
- Spodosols, de zure bodems die ontstaan zijn uit verstoven, uit mineraalarm moedermateriaal gevormde, dekzandafzettingen met een ongelijkmatige textuur
- Inceptisols. Dit zijn licht zure (pH <5,5), relatief jonge, uit vooral riviergerelateerd mineraalrijk sediment ontstane bodems met een door neerslagoverschot veroorzaakte neerwaartse waterstroom.

Belangrijk en essentieel verschil tussen haarpodzolen (spodosol) en holpodzol (inceptosol) is de potentiële basenverzadiging van de bodemdeeltjes. De bodemdeeltjes van holtpodzolen kunnen veel meer kationen aan zich binden dan de bodemdeeltjes van de haarpodzolen.

Silicaatverwerking

Silicaatverwerking speelt op de achtergrond een rol. Silicaten zijn bodemdeeltjes met gunstige buffereigenschappen. Bij silicaatverwerking bestaat de bufferende werking uit de natuurlijke productie van basische kationen (K^+ , Mg^{2+} en Ca^{2+} uit kalium-, magnesium- en calciumsilicaat) in de zandbodem. Onder invloed van zuur levert bijvoorbeeld kaliveldspaat de base K^+ , waarbij het uiteenvalt in kaoliniet en min of meer inert kiezelzuur, waaraan de H^+ gebonden is. Omdat veldspaat met een hoge buffercapaciteit maar zeer langzaam uiteenvalt is de bufferende werking zeer langdurig (decennia tot eeuwen), maar is de snelheid ervan zeer gering.





verhouding minder beschikbare maar belangrijke voedingsstoffen P, K, Mg, Ca en de diverse sporenelementen juist te weinig worden opgenomen. Deze onbalans heeft gevolgen voor het gehele ecosysteem. De mycorrhiza's gaan achteruit door een combinatie van afnemende suikeraanvoer, veel N in de bodem en toxische Al^{3+} . Schimmels worden gegeten door bodemdieren en deze weer door grotere dieren, zoals potwormen en andere saprotrofe en herbivore bodemorganismen. De planten gaan dus ten gevolge van de verzuring en hoge N-concentratie in vitaliteit achteruit. De op planten grazende en browsende mijten en springstaarten nemen in verhouding te weinig P op, waarop deze tekorten doorwerken in het gehele bodemvoedselweb (zie figuur 5). De onbalansen in nutriënten hebben effecten op het gehele boscysteem. De nutriëntentekorten resulteren in tekorten aan bepaalde aminozuren in het blad, wat zorgt voor een gebrekkige en ontoereikende voeding voor rupsen en insecten. Hierdoor krijgen bijvoorbeeld koolmezen onvoldoende voedingsstoffen binnen waardoor hun jongen door eenzijdig aminozureaanbod en calciumgebrek verzwakken (botbreuken) en hoge sterfte kennen. Boven in de voedselketen werkt deze onbalans door in verminderd broedsucces van bijvoorbeeld de sperwer.

Mogelijke herstelmaatregelen

Er worden momenteel meerdere mogelijke herstelmaatregelen uitgezocht in onderzoeken en in veldproeven. Het gaat om 0) niets doen, 1) het gebruik van zogenaamde rijkstrooiselsoorten, 2) het gebruik van steenmeel en 3) het beperken van houtoogst.

Niets doen

De ontwikkelingen als gevolg van de stikstofdepositie in de bosbodem leiden tot een natuurlijke reactie van de bosbodem en het boscysteem. In de minst verstoorte natuurlijke bossen, zoals sommige door Natura 2000 beschermde boshabitats, zouden we kunnen besluiten om niets te doen en het bos de ruimte te bieden te reageren. Ook als dit mocht leiden tot verlies aan biodiversiteit en vitaliteit. De achterliggende gedachte is dat hiermee het ecosysteem zijn eigen weg gaat en een nieuwe balans ontwikkelt voor de huidige antropogene aantasting. Door nu van alles te willen veranderen om een deel van de problemen op te lossen, wordt die natuurlijke reactie verder verstoord.

Niets doen is een optie die natuurlijk wel het risico in zich draagt dat we veel biodiversiteit verliezen en het nog maar de vraag is of daar iets voor terugkomt. Onderzoek kan dus wel duidelijk

Het gebruik van boomsoorten zoals linde die een goed verteerbaar strooisel leveren lijken een rol te kunnen spelen in herstel van de basenbezetting in het bodemcomplex.

maken hoe het bos uit zichzelf reageert op de hoge stikstofdepositie.

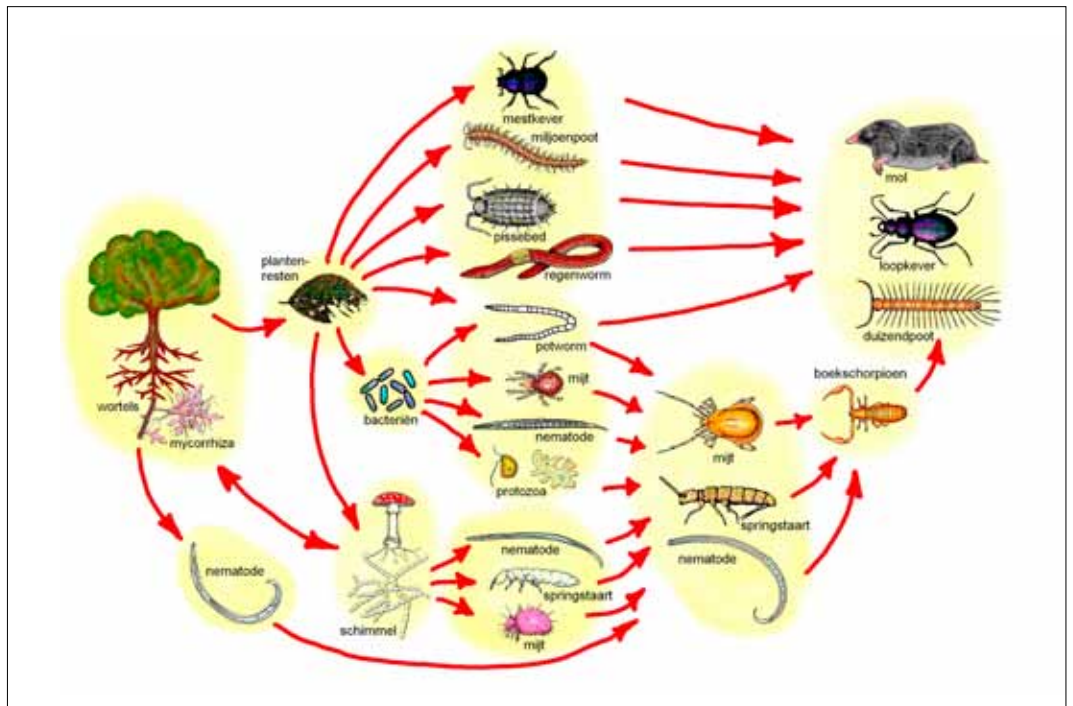
Rijkstrooiselsoorten

Het gebruik van boomsoorten (zoals linde, esdoorn, hazelaar) die een goed verteerbaar strooisel leveren ('rijkstrooiselsoorten') lijkt een rol te kunnen spelen in herstel van de basenbezetting in het bodemcomplex. Uit onderzoek blijkt dat het loof van deze boomsoorten, in tegenstelling tot bijvoorbeeld dennennaalden, meer basen bevat. Omdat loof sneller wordt afgebroken dan naalden, levert blad sneller basen die beschikbaar komen in de bodem. Rijkstrooiselsoorten leveren strooisel dat bacteriën relatief goed kunnen omzetten. Door bacteriële omzetting komen meer voedingsstoffen in de bodemoplossing en komt er sneller en meer organisch materiaal in de bodem in de vorm van stabiele humus. Deze toename aan organisch materiaal verhoogt de CEC, wat het vochthoudend vermogen (minder uitspoeling) en het vasthoudend vermogen van de bodem voor kationen versterkt. Maar het is nog maar de vraag of dit daadwerkelijk leidt tot blijvend hogere

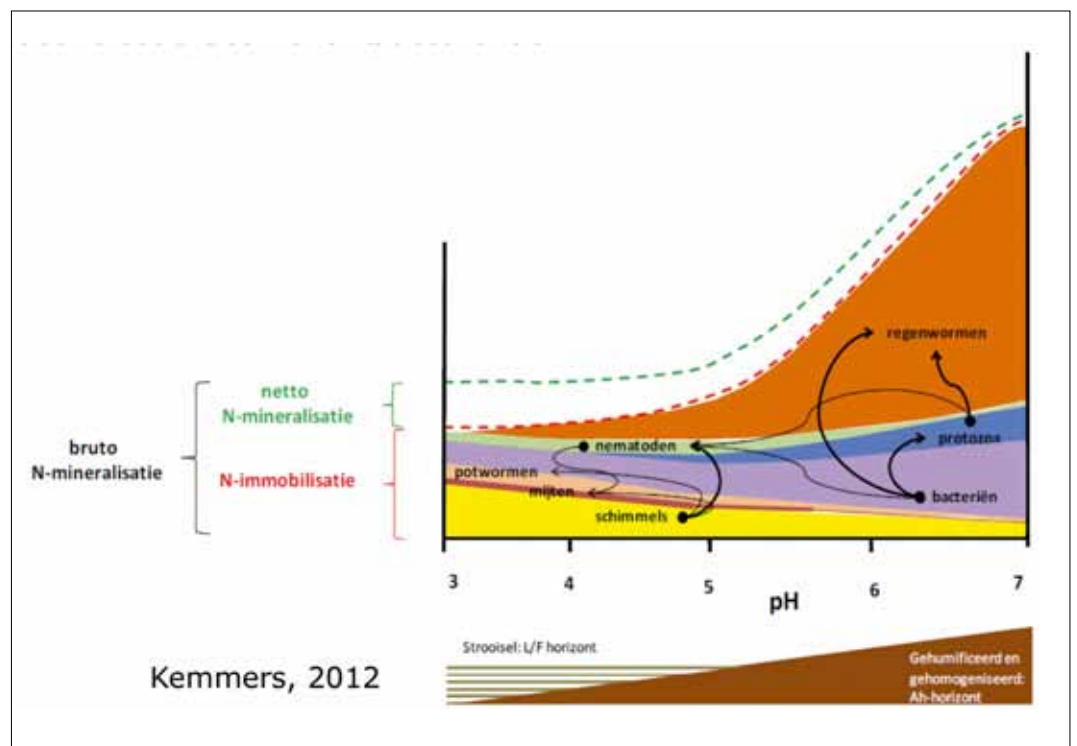
basenbezetting in de CEC, of dat de vrijkomende basen onder de verder zure omstandigheden als nog uitspoelen. Hierdoor wordt het bodemleven gestimuleerd en ontstaat een proces van humusontwikkeling van mor naar moder en mogelijk naar mull (zie figuur 6). Onderzoek toont aan dat rijkstrooisel mogelijk de nutriëntencyclus kan verbeteren. Het is nog wel de vraag of dit ook het geval is op de armste zandbodems (haarpodzolen, zie kader). Het is dus ook niet zeker of op deze bodem zich uiteindelijk soorten zullen vestigen die van nature op rijkere bodems voorkomen. Diverse lopende onderzoeken naar rijkstrooiselsoorten wijzen erop dat de humusverdeling in bossen op haarpodzolen meer moder-achtige vormen gaat aannemen (zie figuur 6). Voorbeelden van zomereik met Amerikaanse vogelkers tonen een verhoogde basenbezetting ten opzichte van monocultuur zomereik, terwijl de accumulatie van onafgebroken materiaal in onverteerde strooisellaag vermindert. Dit hangt samen met het toenemen (oorzaken en gevolgen zijn lastig te scheiden) van de hoeveelheid regenwormen, waarbij op de onderzoekslocaties nauwelijks diepgravende (anekische) wormen zijn gevonden. Dus de verticale menging door wormen is op de onderzochte locaties niet of nauwelijks aan de orde. Daarnaast is zowel sprake van toe- als afname van andere bodembiota, zoals mijten en springstaarten. Pas gevallen strooisel van de Amerikaanse vogelkers is giftig voor de bodemfauna door het vrijkomen van blauwzuur (HCN). Analyse van micro-arthropoden in deze bodems duidt op frequente rekolonisatie en extinctie. De onderzochte locaties tonen een beperkte stijging van de pH, die echter onder pH 4.0 blijft. Aangezien onder dergelijke zure omstandigheden nauwelijks regenwormen voorkomen (zie figuur 5), is het opvallend dat de rijkstrooiselsoorten gunstig uitwerken op de regenwormen en andere biota. Rijkstrooiselsoorten vertonen dus een effect dat wel wordt aangeduid als mineralenpomp: mineralen worden via het strooisel boven in het profiel aangevuld in goed opneembare vorm, waar organismen in de bodem van profiteren. Het is nog de vraag of en onder welke voorwaarden deze manier van nutriëntencirculatie daadwerkelijk een duurzame oplossing is. Of spoelen de opgepompte nutriënten het systeem ook weer uit vanwege een te beperkt adsorptievermogen?

Steenmeel

Een tweede mogelijke herstelmaatregel is die van steenmeelgiften. Steenmeel is gemalen gesteente dat silicaatmineralen bevat die door verwerking basische kationen kunnen leveren (Ca, Mg, K). De diverse soorten steenmeel bevatten ieder een eigen combinatie van silicaten en kunnen verschillen in Ca-, K-, P- en Mg-gehalten. De afgifte van basen is geleidelijk (slow release) maar gestaag. Hierin verschilt steenmeel dus belangrijk van snel en kortwerkende kalkbemestingsproducten. Toepassing van een type steenmeel is bodemspecifiek: het gekozen type steenmeel kan in een bepaalde bodem goed uitwerken, terwijl op een andere locatie geen gunstig effect optreedt. Het succes hangt dus af van de oorspronkelijke bodem en de



Figuur 4. Het bodemvoedselweb: bacteriën, schimmels en bodemfauna met o.a. springstaarten, mijten en wormen, en hogere organismen (presentatie J. Bloem, figuur R. de Goede WUR)

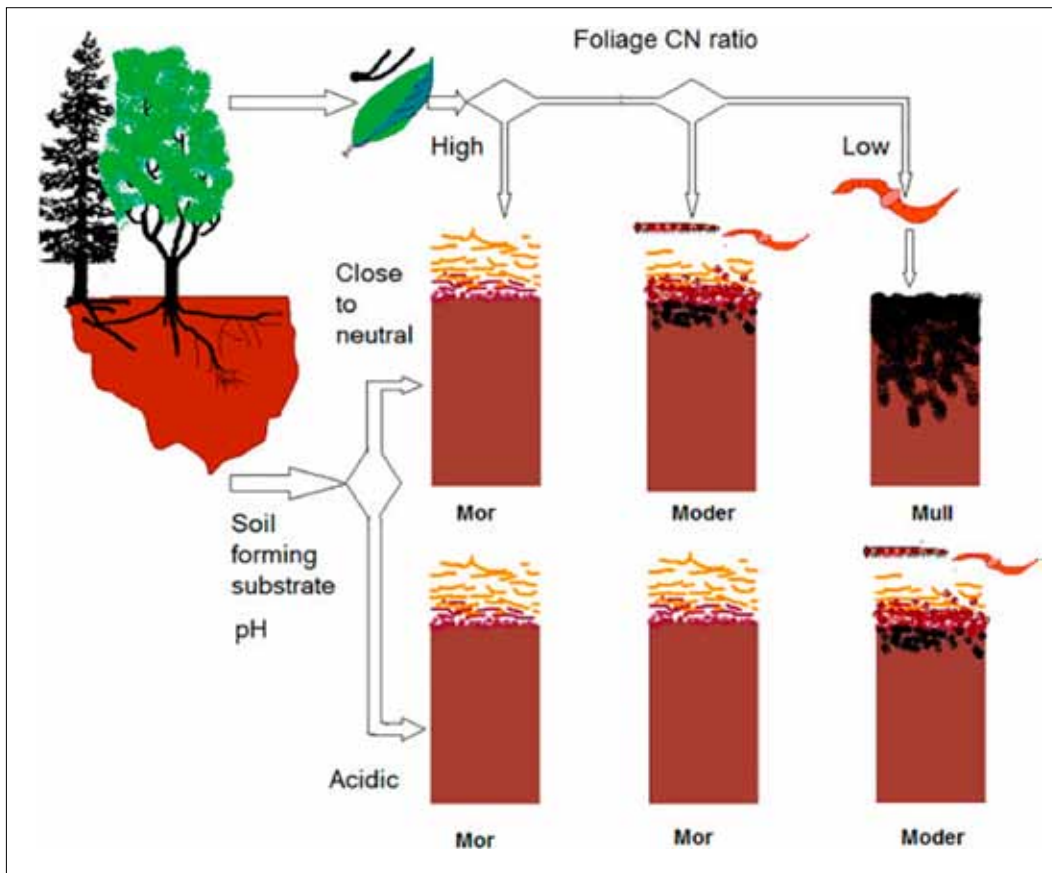


Figuur 5. Relatie pH en samenstelling hoofdgroepen van het bodemleven (Bloem, figuur Rolf Kemmers WUR)

lokale tekorten.

Na drie jaar onderzoek op eikenboslocaties in Gelderland en Noord-Brabant komen de eerste resultaten beschikbaar. Het blijkt dat waar steenmeel werd opgebracht een hogere basenverzadiging werd gemeten, een hogere beschikbaarheid van basische kationen en dat binnen deze korte termijn ook al positieve effecten in de bladchemie van eik werden gemeten. Het tekort aan K werd

bijvoorbeeld opgeheven in de met steenmeel behandelde proefvlakken, gehalten aan Ca en soms Mg namen toe in het blad. Ook zijn er tekenen van herstel van de bodemprocessen waargenomen: de nitrificatie nam toe en er vindt bacteriële omzetting van NH_4^+ in NO_3^- plaats. Dit wijst op minder toxische stress en kan via uitspoeling van NO_3^- leiden tot afname van N in de bodem. Daarnaast blijken vooral oppervlaktebewonende



Figuur 6. De relatie tussen boomsoorten en humusvormen. Het grote verschil tussen mull-humusbodems en de overige humusvormen is het ontbreken van een strooisellaag en is de bovengrond donker humeus en kruimelig door wormenvergraving. In een moderprofiel is ruw strooisel aanwezig, maar wordt de overgang naar het minerale profiel gekenmerkt door amorphe humusbolletjes als uitwerpselen van microfauna. In een morprofiel is de dikkere strooisellaag vooral het domein van schimmels en is er een scherpe afscheiding met de minerale [eerste humeuze] bodem. Er zijn verschillende tussenvormen te onderscheiden, ook in andere systemen dan arme zandgronden. [Jan den Ouden]

regenwormen te profiteren van de toename van nutriënten. Bladmetingen van de bomen toonden aan dat de concentraties K verbeterde en het N-gehalte deels afnam. Ectomycorrhiza's (per gram wortels) nemen echter af, evenals miljoenpoten in het strooisel. Waar dit door komt, en of dit tijdelijk of permanent is, is nog niet duidelijk. In ieder geval is de voorlopige conclusie dat er op bodemsysteemniveau meer gunstige dan ongunstige effecten optreden onder invloed van de geteste steenmeelgift.

Steenmeelgift is, mits zorgvuldig voor de betreffende bodem geselecteerd en gedoseerd, een maatregel die in ieder geval een deel van de achteruitgang ten gevolge van hoge stikstofdepositie lijkt te kunnen keren. Daarnaast is op dit moment ook een deel van de achteruitgang van het bodemleven nog niet gestopt of verbeterd. Onderzoek moet uitwijzen in hoeverre de processen in de bodem onder invloed van steenmeel tot een nieuwe biologische samenstelling leiden die bijdraagt aan een duurzaam herstelde bosbodems.

Houtoogst

Wat betreft een beperking aan houtoogst, een derde mogelijke herstelmaatregel, lijkt het erop dat oogst van stamhout op zandbodems nog wel acceptabel is zonder de nutriëntenbalans te

veel schade te doen. Bij de oogst van zowel stam als tak- en top hout is het juist wel zinvol om mitigerende maatregelen te overwegen. Dat kan bijvoorbeeld door de takken eerst een half jaar te laten liggen zodat K kan vrijkomen. Ook het achterlaten van schors kan effectief zijn, net als het minder of geen takhout oogsten. Op hele arme gronden (met zeer lage CEC) zal zelfs de oogst van stamhout achterwege moeten blijven, als we willen voorkomen dat veel meer nutriënten uit het bodemsysteem verdwijnen dan wat langs natuurlijke weg kan worden gecompenseerd. We weten nu nog niet hoe, wat de nutriënten betreft, duurzame houtoogst, dus zonder verlies van de kwaliteit van de bodem en de leefomgeving, mogelijk is. Dat zal verder onderzoek moeten uitwijzen.

Samenvattend kunnen we zeggen dat verzuring door verregaande stikstofdepositie voor degradatie van bosbodems zorgt en daarmee van gehele bosesystemen. Herstelmaatregelen (rijkstrooisel, steenmeel, beperken houtoogst) die we nu kunnen uitvoeren, kunnen misschien helpen om deze processen af te remmen. Maar deze maatregelen zijn zeker niet de belangrijkste oplossing voor de problemen. De oplossing begint bij het effectief aanpakken van de stikstofbelasting.

Bos, koolstof en klimaat

Bos levert door de vastlegging van koolstof in hout en bosbodems een belangrijke bijdrage aan klimaatmitigatie. Klimaatlim bosbeheer is erop gericht deze capaciteit zoveel mogelijk te benutten. Bij kap en verjonging is het overwogen waard om maatregelen te nemen die de koolstof-vastleggende functie van het bos niet ondermijnen. Zo wordt na oogst in sommige gevallen wel eens gekozen voor bodembewerking, in de vorm van klepelen, om verjonging te stimuleren. Er volgt dan echter een snellere afbraak van organisch materiaal plaats, wat snellere koolstofverliezen tot gevolg heeft.

In verjonging kan met behulp van boomsoortenkeuze de koolstofvastlegging in de bosbodems worden gestimuleerd. Bij rijkstrooiselsoorten, zoals esdoorn, vindt door betere verteerbaarheid inmenging van de humus veel dieper in de bodem plaats dan bijvoorbeeld bij fijnspar waarbij meer accumulatie van strooisel boven op de bodem plaatsvindt. Hoewel zich bij fijnspar méér C in het strooisel bevindt, is de hoeveelheid stabiel opgeslagen C juist lager ten opzichte van het in de bodem verwerkte esdoornstrooisel. De C uit fijnspar is voor een groot deel labiel en komt bij verstoringen veel makkelijker vrij als CO₂. Voor klimaatlim bosbeheer is het dus belangrijk niet alleen te streven naar meer C in de bosbodems maar ook naar meer stabiele C die beter beschermd is en minder snel afbreekt. In gemengd loofbos wordt C beter stabiel in de bodem opgeslagen en is daarmee minder gevoelig voor verstoringen dan bijvoorbeeld in monocultuur fijnspar.

Over de herstelmaatregelen is nog niet alles duidelijk. Niets doen is een groot risico. Te vroeg met handelen zijn we zeker niet, maar hopelijk zijn we nog niet te laat. Wel iets doen leidt tot een nu niet voorspelbare verandering van het systeem, dus maatregelen moeten "no-regret" worden toegepast terwijl verder onderzoek voor voortschrijdend inzicht zorgt. Dus voorlopig is het beste om op kleine schaal maatregelen toe te passen en dan goed te volgen wat de effecten op verschillende componenten (basenverzadiging, pH, bodemfauna, schimmels, nitrificatie, boomvitaliteit) van het bosesysteem zijn.

Toekomstperspectief voor bosbodems

Duinvaaggronden, haarpodzolen en holtpodzolen hebben verschillend moeder materiaal en verschillen in mineralenrijkdom. Dat betekent dat niet op iedere bodem hetzelfde mogelijk is. Bostypen op haarpodzolen zijn arme bostypen op arme bosbodems. Sommige beheerders en wetenschappers denken dat het mogelijk is om een arme haarpodzol te ontwikkelen tot een rijkere holtpodzol. Dat klinkt aantrekkelijk maar we weten daarvoor nog te weinig over de rol van strooiselkwaliteit, humusontwikkeling en de rol van bodembiota. Kan humusontwikkeling in de bodem uiteindelijk de CEC zodanig beïnvloeden, dat een in abiotisch

opzicht als haarpodzol geclassificeerde bodem de basenhuishouding van een holtpodzol evenaart?

Wat kunnen beheerders dan nu al wel doen om een gezonde bodem te krijgen of te behouden? Er is een aantal variabelen dat van invloed is op de bosbodemonwikkeling. Dat zijn externe factoren, zoals stikstofdepositie, verdroging, klimaatverandering en wilddruk. Het zijn factoren die een beheerder maar moeilijk kan beïnvloeden. Wel maakt de beheerder keuzes in de beheerdoelstelling en het beheer die mede bepalend zijn voor de richting waarin bos en bodem zich ontwikkelen. Deze variabelen bieden, samen met de huidige kennis van de effecten van deze variabelen, een handelingsperspectieven voor de beheerder. Uiteindelijk gaat het erom in beheerkeuzes op een logische wijze het ontwikkelen van een gezonde bosbodem centraal te houden.

1. Klimaatverandering is een gegeven en we weten niet wat dit voor effecten zal hebben op de bosbodems.
2. Brongerichte aanpak van externe factoren is essentieel: de N-depositie moet fors lager worden.
3. Bosgerichte beheermaatregelen:
 - Conditie voor bosontwikkeling borgen, zoals beperken van vraat in bossen opdat struiken en bomen kunnen verjongen en ontwikkelen.
 - Bosbodemonwikkeling op gang helpen, via het mengen van boomsoorten en behoud bosmicroklimaat.
 - Mineralentekorten opheffen als dat ecologisch veilig kan.
 - Houtoogst relateren aan het nutriëntendraagvlak van de bodem.
 - Bij voldoende geschikte omstandigheden het bodemsysteem helpen bij herstel. Dat kan in sommige gevallen door het enten met bodemfauna of het inbrengen van oud bosplanten.

redactie@vakbladnbl.nl

De bosbodemdag werd georganiseerd door Staatsbosbeheer en Probos, in samenwerking met Stichting Bargerveen, vakgroep Bosecologie en Natuurbeheer (WUR) en Bosgroep Zuid. Presentaties werden gegeven door Henk Siepel, Roland Bobbink, Gert-Jan van Duinen, Jaap Bloem, Joop Spijker, Ellen Desie, Maaike Weijters, Jan den Ouden en Rino Jans. Arno Willems was dagvoorzitter. Allen hebben ook kritisch meegelezen bij de totstandkoming van dit artikel. Alle presentaties zijn te vinden op de website van Probos.



Fungi of temperate Europe

Fungi of temperate Europe, Thomas Laessle & Jens H. Petersen, 2019. Hardcover, 1708 pagina's, Uitgave Princeton University Press, Princeton, ISBN: 978-0-691-18037-3, € 89,99.

In augustus van dit jaar is een bijzonder boek van twee Deense mycologen verschenen: *Fungi of temperate Europe*. Het resultaat van "slechts" vijf jaar werk, is een van de meest uitgebreide mycologische werken ooit verschenen. In twee afzonderlijke boekdelen worden met meer dan 7000 foto's op 1700 pagina's 2800 soorten schimmels beschreven die voorkomen in de gematigde zone van Europa.

Wie niet zo bekend is met de wonderschone wereld van de (vruchtlichamen van) schimmels, heeft wel een uurtje (of twee) nodig om de boeken simpelweg door te bladeren en te genieten van de enorme variatie in vormen en kleuren. Van de minuscule *Gloeotinia* die alleen voorko-

men op urtjes van *Carex* die op de grond gevallen zijn, tot de meer vertrouwde boleten en prachtige wasplaten tot wanstaltige schepsels als *Glomus macroparicum*; het is allemaal te bewonderen. Uniek aan dit boek is dat niet alleen gangbare families en groepen worden besproken, maar bijna alle groepen vruchtlichamen van schimmels, dus ook bijvoorbeeld roesten, schimmels die alleen voorkomen op levende insecten of schimmels die gallen veroorzaken in bladeren.

Het werk is sterk visueel van opzet. Verwacht geen uitgebreide inleiding (jammer, ik houd wel van een stevig stuk over de ecologie van schimmels) en uitgebreide beschrijvingen bij de soorten. Het gebrek aan tekst wordt goedge maakt door de duizenden foto's die bijna zonder uitzondering van zeer hoge kwaliteit zijn. En door de indeling en determinatie sleutels van het boek. Ook hier is gekozen voor een visuele insteek. De twee banden zijn onderverdeeld in tachtig vormgroepen, die met behulp van innovatieve "identificatiewaaiers" determinatie sterk vereenvoudigen ten opzichte van geschreven determinatie sleutels. Ook voor behoorlijke leken zoals ikzelf, zijn schimmels met enige volharding en speurwerk tot op groep en genus niveau te determineren.

Het werk maakt duidelijk wat de variatie in soorten en groepen kan zijn in goed ontwikkelde gebieden. Alleen al dit inzicht en de realisatie hoeveel er mist in Nederlandse natuurgebieden maakt het de moeite waard om dit werk op alle beheerkantoren op tafel te leggen en in de betere particuliere boekenkasten te hebben staan, zodat schimmels de aandacht krijgen die ze verdienen.

Gijs Gerrits

