

Themanummer voedselkwaliteit

Het voorbeeld van de mezen zullen de meeste lezers van deze nieuwsbrief al wel eens hebben gehoord. Door de verzuring als gevolg van de overmatige stikstofdepositie is het calciumgehalte van veel bosbodems gedaald, is de calciumhuishouding van planten verstoord en krijgen koolmezen te weinig calcium binnen. Gevolg zijn jonggeboren mezen met gebroken pootjes. Dit voorbeeld zou er wel eens een uit velen kunnen zijn. Het zal immers niet de enige diersoort zijn die via het voedselweb last ondervindt van veranderingen in samenstelling van planten als gevolg van de stikstofdepositie. In veel gevallen spelen veranderde verhoudingen in voedingsstoffen een sleutelrol, zo blijkt uit het pas verschenen OBN-rapport 'Imbalanced by overabundance'.



foto Alex Hoekerd

De relatie tussen stikstofdepositie en de effecten daarvan op dieren is een nog tamelijk onontgonnen onderzoeksveld. Veel studies naar de effecten van stikstofdepositie op ecosysteem richten zich op de gevolgen voor de bodem- en waterchemie, productiviteit en plantengemeenschappen. Onderzoekers van Stichting Bargerveen, B-ware, NIOO, Biosfeer en de Vlinderstichting hebben daarom bestaande kennis gebundeld en vervolgens op een rij gezet welke problemen mogelijk spelen in de ecologische relaties tussen planten en dieren als gevolg van toegenomen stikstofdepositie. Deze studie was niet bedoeld om meteen oplossingen aan te leveren, maar om zicht te krijgen op alle mogelijke problemen en bijbehorende mechanismen. De bedoeling is om met de opgedane kennis en hypothesen de komende jaren beter inzicht in te krijgen door middel van gericht onderzoek. In het rapport beschrijven de onderzoekers vier mechanismen waardoor de hoge stikstoflast, via bodem en planten kan zorgen voor een veranderde voedselkwaliteit voor fauna. Het gaat om een verstoord koolstof/stikstof en stikstof/fosfaat-verhouding, om een calcium-, natrium- of ander sporenelement gebrek, een gebrek aan essentiële

Kwaliteit van bosbodems en bomen neemt af onder invloed van hoge stikstoflast

Krijgen planten onder invloed van de huidige en historische overmatige stikstofdepositie een andere chemische samenstelling? Er zijn inderdaad sterke en steeds meer aanwijzingen in die richting. Roland Bobbink en collega's van onderzoekscentrum B-Ware onderzochten in 2019 en 2020 eikenbossen verspreid over de Veluwe en kwamen tot, volgens hem, zorgwekkende conclusies. De bemonsterde zomereiken bleken veel te lage concentraties Ca en K in het blad te hebben, maar juist een overmaat aan stikstof. De hoeveelheid Mg zat op de grens van tekorten of net daarboven. Ook is er sprake van ernstig P-tekort in de bemonsterde zomereiken. In combinatie met de te hoge N-gehaltes, vielen voor de bemonsterde bomen zowel de N-Ca, N-K als N-P-ratio's (veel) te hoog uit: kortom een zeer ernstige nutriëntenonbalans! Hoewel er in Nederland sinds bijna twee

decennia geen systematische monitoring meer plaatsvindt van de bladchemie van bomen, laten de weinige beschikbare gegevens steeds hetzelfde beeld zien. In opstanden met veel aantasting van de zomereiken heeft de bodem in de meeste gevallen lagere gehalten aan uitwisselbaar Ca en/of K en/of Mg (dus een lagere buffercapaciteit). Ook het Mn-gehalte en P-water is vaak lager, terwijl het ammoniumgehalte juist hoog is. Bobbink en collega's onderzochten op de Veluwe ook beuken en vonden daar ernstige tekorten aan Ca, K en P, terwijl Mg op de grens van tekorten zat of daarnet boven. Ook de N-gehaltes in het blad waren sterk verhoogd in de bladeren van de bemonsterde. Bobbink: "Ook in Europese trendstudies, zoals het ICP-Forests, waar Nederland twintig jaar geleden helaas mee is gestopt, is duidelijk sprake van toenemende Ca, K, Mg en P-tekorten in eik, beuk en naaldbomen als spar, gecombineerd met toenemende N-gehaltes in het blad."

aminozuren of andere essentiële voedingsstoffen en ten slotte een verandering in aanmaak aan afweerstoffen in planten.

Verhouding fosfaat, stikstof en koolstof

Een eerste probleem dat kan optreden heeft te maken met de zogenaamde 'ecologische stoichiometrie'. Het zijn effecten die kunnen optreden als er een verstoord verhouding optreedt in een organisme of ecosysteem tussen de elementen P, N en C. Het idee is namelijk dat organismen beter kunnen functioneren als deze drie elementen in een soort-specifieke 'ideale' verhouding beschikbaar zijn. Planten kunnen zich vaak nog wel goed aanpassen aan een veranderd aanbod aan deze elementen door hun eigen C:N:P verhouding mee te laten bewegen. Maar hoe hoger in de voedselpiramide, hoe minder plastisch organismen zijn in hun C:N:P verhouding. Deze organismen zijn dus ook steeds sterker gebonden aan een bepaalde vaste verhouding aan deze elementen in hun voeding. Dit is ook afhankelijk van de mate van specialisatie van een soort. Soorten die bijvoorbeeld in hun levenscyclus afhankelijk zijn van een bepaalde andere soort waardplant zoals veel vlinderrupsen, zijn vaak gevoeliger voor een verandering in de verhouding beschikbaar P, N en C.

Tekort aan sporenelementen

Een tweede probleem kan optreden als dieren een tekort aan sporenelementen binnenkrijgen als gevolg van de hoge N-depositie. Door stikstofdepositie wordt bodemverzuring versneld en spoelen veel elementen uit naar het grondwater. Uit het beschikbare onderzoek komen tot op heden vooral voorbeelden naar voren waarbij gewervelden een tekort aan kalk hebben voor hun skelet. Onder toegenomen N-depositie worden hogere N:K, N:Mg en vaak ook N:Ca verhoudingen gemeten, wat betekent dat de concentratie van deze elementen effectief wordt verlaagd. Dit is ook voor ongewervelden die Ca in hun exoskelet inbouwen een potentieel probleem. Voor veel insecten kan door verzuring een tekort aan Na in de voedselbron ontstaan. Dit tekort bestaat ook van nature bij nectar- en stuifmeel-etende insecten en zou wel eens de reden kunnen zijn dat insecten, vooral vaak gezien bij vlinders, natrium uit modder, urine of plantensap halen als alternatieve bron.

Eiwitten versus koolhydraten

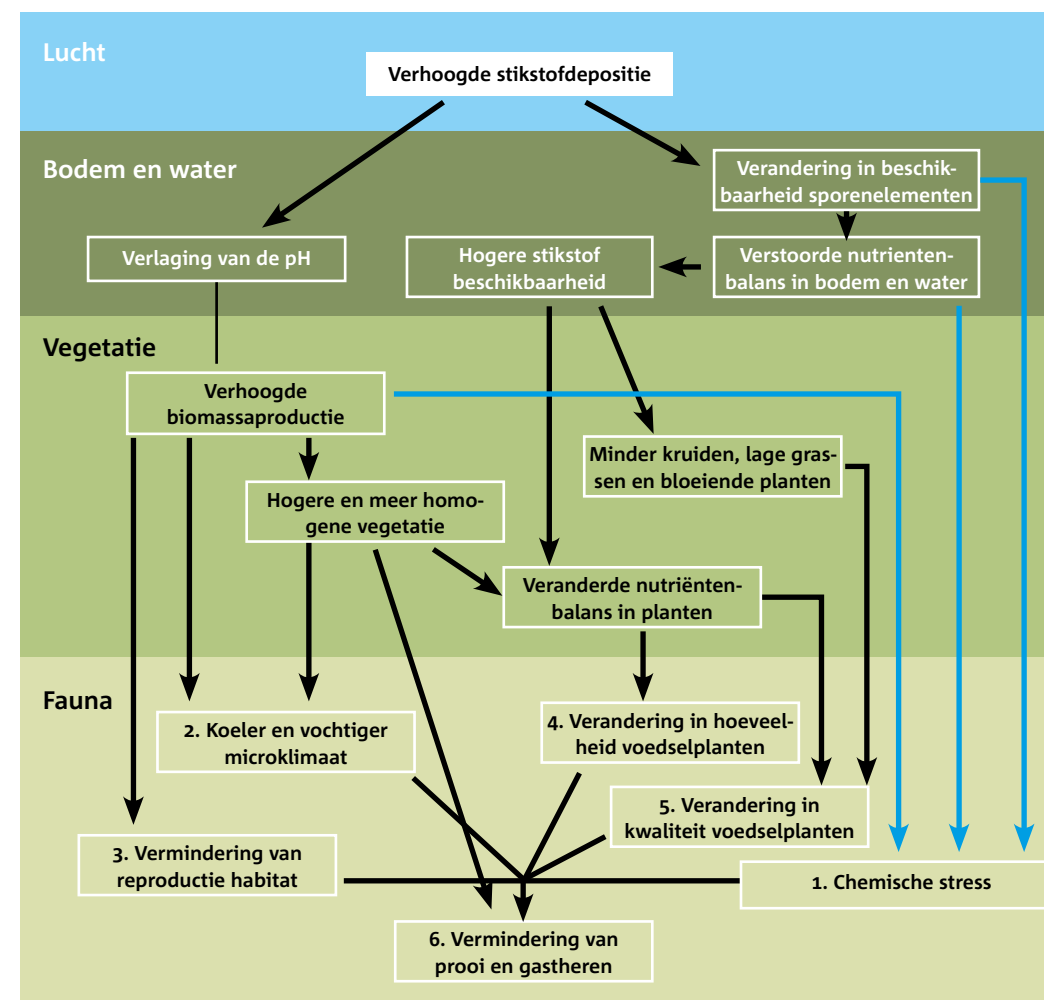
Een derde probleem kan ontstaan in de eiwit-huishouding van consumenten. Meer stikstof in bladeren van de producenten, betekent over het algemeen ook meer eiwitten in verhouding tot



foto Ge van 't Hof

Bruine eikenpage en bruine vuurvlieder hebben last van stikstofovermaat

De bruine eikenpage is uit grote delen van de hoge zandgronden verdwenen, wat de vraag oproept of dit een gevolg is van stikstofovermaat. In Limburg, Noord-Brabant en in de Vlaamse Kempen zijn nog steeds plekken waar deze soort wel voorkomt. Toch plekken die bekend staan om de hoge stikstofdepositie. Het blijkt dat de eitjes en rupsen van de bruine eikenpage in deze regio's vooral worden gevonden op kleine eikjes op overgangen van voormalige landbouwgrond naar bos en langs spoorwegtaluds (waar vaak puin in de grond zit). Bovendien doet de soort het goed in de kalkrijke duinen, maar beroerd in het binnenland. Analyses van bodem en eikenblad bevestigen dat op deze plaatsen een hogere pH voorkomt in combinatie met een lagere N:P-verhouding in de plant. Dit lijkt erop te wijzen dat de bruine eikenpage een voorkeur heeft voor eiken op een beter gebufferde bodem, waarin voor de rupsen een betere balans is tussen stikstof en andere voedingsstoffen dan op verzuurde zandgronden. Bij de bruine vuurvlieder vond Vlinderstichting-onderzoeker Michiel Wallis de Vries een sterkere achteruitgang bij de hoogste N-depositie en uit twee Duitse studies bleek een grotere sterfte bij hoge N-gift. "Op de zuidelijke Veluwe deed deze vlinder het nog redelijk goed. Het valt op dat de soort daar vooral op de heischrale en kruidrijke graslanden voorkomt dan op de echt arme heideterreinen. Ook hier zie je dat de waardplant schapenzuring op de heide een onbalans vertoont in de N:P-verhouding vanwege hoge stikstofgehalten. Overigens komt de bruine vuurvlieder ook wel op zinkweides voor, net over de grens bij Aken. Het lijkt erop dat ook daar de bijzondere chemische samenstelling van de planten zorgt voor goede omstandigheden voor deze vlinder".



Routes waarlangs N-depositie directe effecten en indirecte effecten heeft op bodem en water en vervolgens op de vegetatie en fauna. De blauwe pijlen komen uitsluitend voor in aquatische systemen of in heel vochtige bodems. Andere routes kunnen voorkomen in zowel aquatische als terrestrische systemen (naar een figuur van Marijn Nijssen, Stichting Bargerveen).



foto Arnold van den Burg

Verstoorde eiwitamenstelling bij vogels

Misschien wel het meest bekende voorbeeld van mogelijk negatieve invloed via planten van overmatige stikstofdepositie op fauna, zijn de sperwer en de koolmezen. Het blijkt uit onderzoek van Arnold van den Burg dat stikstof via de eiwitshoudding van flora en fauna een groot effect heeft op een aantal van de negatieve trends in de broedvogelbevolking. Meer stikstof in de lucht zal in eerste instantie leiden tot meer eiwitproductie, betere groei en een lagere C/N ratio van blad. Op een gegeven moment echter ontstaat er een tekort aan andere nutriënten die voor de bouw van de aminozuren noodzakelijk zijn. Planten gaan dan meer vrije aminozuren maken die extra stikstof bevatten en gebruikt worden om stikstof tijdelijk op te slaan. Ook maken ze stikstofhoudende producten zonder voedingswaarde. Wanneer rupsen van dit blad blijven eten, krijgen ze een onvoldoende gebalanceerd mengsel van aminozuren binnen en bovendien allerlei stikstofverbindingen die de plant geproduceerd heeft. De groei van de rups wordt hierdoor belemmerd en de ontwikkeling kan ernstig verstoord raken. Dit heeft ook effect op de verdere voedselketen: essentiële voedingsstoffen worden minder gemakkelijk doorgegeven. De lage gehalten daaraan (bijvoorbeeld vitamine B2) in de bladeren van bomen zien we uiteindelijk terug in zangvogels, maar veel meer nog in roofvogels, zoals de sperwer. De sperwer is in de jaren negentig sterk achteruitgegaan in de bossen van de hogere zandgronden, vooral de voormalige heide- en stuifzandgebieden. De eiproductie en eiuitkomst zijn aminozuurgelimiteerd en om de eileg mogelijk te maken, gebruiken de sperwerwijfjes een groot deel van hun eigen borstspier om tekorten van specifieke aminozuren aan te vullen. Deze investering is zo groot dat de wijfjes wat betreft hun borstspieromvang na de eileg vergelijkbaar zijn met uitgehongerde winterslachtoffers.



foto Dieters

Afname voedselkwaliteit van algen in het IJsselmeer?

Het IJsselmeer had tot de jaren tachtig een enorme overvloed aan fosfaat, grotendeels afkomstig uit wasmiddelen in het afvalwater. Toen fosfaat uit dat product werd gehaald, daalde het gehalte heel snel. Daarnaast namen ook de concentraties stikstof af, maar minder snel. Hierdoor is de balans tussen stikstof en fosfaat in het IJsselmeer sterk afgenomen. Dedmer van de Waal van het Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO-KNAW) onderzoekt de ecologische stoichiometrie van aquatische ecosystemen, ofwel de balans tussen elementen in de interacties tussen organismen en hun omgeving: "Dit komt uit de chemie, waarbij de balans tussen elementen in een chemische reactie niet kan veranderen. Zo werkt het ook bij ecologische interacties. Immers, elementen kunnen niet verdwijnen". Het is nog onduidelijk of de verandering in stikstof en fosfaat balans in het IJsselmeer de voedselkwaliteit van algen voor grazers, zoals waterlooien, heeft doen afnemen, en wat de rol daarvan zou kunnen zijn op de visstand. Van de Waal: "Omdat de grazers relatief veel fosfor nodig hebben, zorgt een sterke afname in fosfaat er bijvoorbeeld vaak voor dat algen minder voedzaam. Daarnaast wordt stikstof gebruikt voor de gifstoffen in blauwalgen, waardoor een toename in de stikstof en fosfaat balans ervoor kan zorgen dat de gifstofhoeveelheden in deze algen toenemen. Dit zou verder kunnen worden versterkt door stikstofdepositie, vooral in zomers wanneer stikstof beperkend kan zijn. Maar dat moet nog worden uitgezocht". De voedselkwaliteit van algen hangt daarbij ook nog af van de algensamenstelling, en ook die veranderd in het IJsselmeer: "We zien inderdaad een verandering in samenstelling van de algen, waarbij giftige soorten blauwalgen lijken te zijn afgenomen ten gunste van vergelijkbare niet-giftige soorten. Maar net als hun giftige verwanten staan ook deze soorten bekend als slecht voedsel voor de grazers, vooral omdat ze kolonies maken met veel slijmachtig materiaal", aldus Dedmer van de Waal.

koolhydraten. N is immers een belangrijk onderdeel van eiwitten. Het voedsel van dieren bestaat doorgaans uit een vaste verhouding eiwitten:koolhydraten. Per soort verschilt die verhouding en ook gedurende de levenscyclus van een dier kan die verhouding veranderen. Als het voedsel dat dieren eten verandert van samenstelling, kunnen ze hun voedselinname daarop aanpassen. Dieren zijn blijkbaar in staat om de concentratie van beide voedingsstoffen in hun voedsel te detecteren en kunnen bij gebrek aan een van de twee componenten dan meer of ander voedsel gaan eten. Met dit mechanisme kunnen ze de opname van beide nutriënten op elkaar afstemmen. Maar als het voedsel echt veel hogere gehalten aan eiwit en/of koolhydraat heeft, dan is er een risico op tekorten voor de andere nutriënten. Dan kunnen de dieren er 'niet meer tegenop' eten. Hoe dit precies werkt onder invloed van verhoogde N-depositie, is niet duidelijk. Er zijn studies die laten zien dat een algehele toename van het eiwitgehalte in producenten, leidt tot een lagere totale opname van koolhydraten door de consumenten. Maar er zijn ook studies die onder een verhoogde N-depositie het eiwitgehalte bij producenten niet zien toenemen ondanks een verhoogde totaal-N concentratie. Een deel van de stikstof is in dat geval in een niet voor consumenten bruikbare vorm in de plant opgeslagen.

Essentiële voedingsstoffen

Dieren kunnen de meeste aminozuren zelf maken. Alleen de essentiële aminozuren moeten ze direct uit het voedsel krijgen. Door een verhoogde stikstofdepositie maken planten vooral stikstofrijke aminozuren. Dat gaat ten koste van de stikstofarme aminozuren. En onder die stikstofarme zit nu net een aantal essentiële aminozuren. In eieren van vogels zijn veel embryonale afwijkingen toe te schrijven aan een tekort van een of meerdere specifieke aminozuren, of aan een ongunstige samenstelling van de aminozuren. Iets vergelijkbaars speelt met de essentiële vitamines en vetzuren. Dit zijn voedingsstoffen die dieren niet zelf kunnen maken en dus 'kant-en-klaar' in het plantaardig voedsel moeten zitten. Ook die zullen in samenstelling of in gehalten kunnen veranderen waardoor de consumenten andere hoeveelheden of verhoudingen van vitamines en vetzuren opnemen. Bij mensen leiden gebreken bijvoorbeeld tot minder groei, gewichtsverlies, slechter zicht en de ontwikkeling van kanker. Hoe de stikstofdepositie bijdraagt aan een gebrek aan de essentiële vitamines en essentiële vetzuren, is echter een geheel onontgonnen onderzoeksveld.

Afweerstoffen

Planten maken allerlei stoffen die moeten voorkomen dat ze worden gegeten. Deze antivraatstoffen kunnen C-gebaseerd of N-gebaseerd zijn. Heeft een plant met een overmaat aan stikstof te maken, zal deze waarschijnlijk meer van de op stikstof gebaseerde stoffen maken, mits die plant daartoe in staat is. Verder blijkt dat planten die dit soort 'fytoxische' produceren om vraat te beperken, vaak door specialistische herbivoren gegeten worden die in staat zijn om deze gifstoffen te neutraliseren of op te slaan. Deze soorten zijn daardoor weinig gevoelig voor veranderingen van antivraat- of gifstoffen. Generalistische soorten hebben een grotere gevoeligheid voor veranderingen in concentraties van antivraatstoffen of fytoxische. Onder invloed van N-depositie zullen generalistische soorten dus sterker reageren op veranderingen in concentraties van deze stoffen in de plant dan specialisten.

Wat kan een beheerder hier nu mee?

Op basis van de mogelijke gevolgen van de N-depositie op de voedselkwaliteit stellen de onderzoekers een aantal onderzoeklijnen voor. Allereerst moet duidelijk zijn wat de voor voedselkwaliteit belangrijke chemische processen in planten zijn die door N-depositie veranderen. De tweede lijn is hoe consumenten dan precies reageren op die veranderingen: gaan ze meer of minder eten, gaan ze anders eten? Neemt hun fitness toe of af? En tenslotte natuurlijk: wat kunnen beheerders hier mee? Wat moeten ze in het veld veranderen om de negatieve effecten in de plant-consument-relaties teniet te doen of te verminderen? Aan beheerders de moeilijke taak om het huidige overschot van stikstof uit de ecosystemen te halen en de schade door verzuring te herstellen, zonder de van nature voorkomende chemische balans van die systemen nog verder te verstoren. Zo kan het stimuleren van stikstofmineralisatie en -nitrificatie de beschikbaarheid van anorganisch N tijdelijk verhogen, waardoor tijdelijk de groei en N-opname door planten gestimuleerd wordt, die door begrazen of maaibeheer dan weer kan worden afgevoerd. Hierdoor neemt helaas de snelheid van verzuring weer toe, waardoor ook daarvoor nog aanvullende maatregelen noodzakelijk blijven. Steenmeel als maatregel om verzuring te bestrijden is dan ook een voorbeeld van een mogelijk nieuw toepasbare maatregel gericht op het herstellen van veranderingen in nutriëntbalansen. Of dit in de praktijk ook zo gaat werken, moet uit de lopende onderzoeken blijken. •



foto Gilles van Martin

Effecten van kalk- en fosfaatgift op veldkrekels

Door de hoge stikstofdepositie raakt de bodem verzurd. Met het plaggen, waarbij het stikstofoverschot wordt afgevoerd, verdwijnt echter ook een groot deel van het beschikbare fosfaat. Een tekort aan fosfaat werkt negatief op de vegetatie. Bekalken kan de verzuring tegengaan, fosfaatgift kan het door plaggen veroorzaakte tekort aan dat element opheffen. Als met deze maatregelen de vegetatie erop vooruitgaat, profiteren daar dan ook karakteristieke ongewervelden, zoals veldkrekels, van? Joost Vogels van Stichting Bargerveen onderzocht dit in een veldexperiment op de Hoge Veluwe. Het onderzoek liet in ieder geval zien dat de soortenrijkdom van de vegetatie door bekalking en de fosfaat-gift toenam. Het leidde ook tot een significant lagere verhouding tussen stikstof en fosfor in struikheide en pijpenstrootje, maar door bekalking veranderde de verhouding in sporenelementen eveneens sterk. Vervolgens keek hij hoe veldkrekels reageerden op de veranderde kwaliteit van de vegetatie. Vogels: "Er bleek geen verschil in de uiteindelijke totale reproductie tussen krekels die voedsel ontvingen uit P behandelde proefvlakken en krekels die voedsel ontvingen uit proefvlakken zonder P-behandeling. Veldkrekels die voedsel ontvingen uit de met fosfaat behandelde proefvlakken kenden echter wel een hogere dagelijkse reproductie dan krekels die voedsel ontvingen uit onbehandelde proefvlakken. Met andere woorden: ze legden sneller hun eieren. Hiermee werd onze hypothese ten dele bevestigd dat door stikstofdepositie en plaggen verhoogde N:P ratio negatief uitpakt op de groei en reproductie van ongewervelden." Bekalking had echter een sterk negatief effect op de totale reproductie: veldkrekels die voedsel ontvingen uit bekalkte proefvlakken legden significant minder eieren dan krekels die voedsel ontvingen uit onbekalkte proefvlakken. Opmerkelijk was een toename van kannibalisme bij krekels die voedsel kregen uit de met kalk behandelde proefvlakken. Volgens onderzoeker Vogels is de meest plausibele verklaring hiervoor dat de door bekalking veroorzaakte forse verandering in verhouding van sporenelementen (Mg:Mn, Ca:Mn, Mg:Fe ratio, etc) in de planten leidt tot element-gebreken in de veldkrekels. "Welk element-gebrek precies, kunnen we niet uit het experiment opmaken. Wel betekent het dat bekalking als verzuringsbestrijdende maatregel niet zonder meer positief uitpakt voor alle soorten in droge heide en als beheermaatregel dus met de nodige voorzichtigheid moet worden ingezet."

Verlagen en presentaties van Webinars/Workshop

- 3-12-2020
OBN-webinar: [Begrazing kalkarme duinen](#)
- 10-12-2020
OBN-webinar: [Biodiversiteit of CO₂-fabriek? Herstel en beheer van Beekdalvenen](#)
- 11-12-2020
OBN-webinar: [Ontwikkel oobossen met de afwegingstool](#)
- 14-12-2020
OBN-Workshop [Invloed nutriëntenrijk grondwater op kwelafhankelijke ecosystemen](#)
- 15-12-2020
OBN-webinar [Herstel konijnenpopulaties in de duinen](#)

Nieuwe rapporten

- [Kansen voor oude droge heide in het heidelandschap](#)
- [Ecologisch assessment van de landschappen van Nederland](#)
- [Natte overstromingsvlakten in het rivierengebied: ecologisch functioneren en ontwikkelkansen](#)
- [Mini-special Levende Natuur over Griend](#)

- Rapporten en brochures bestellen: info@vbne.nl (o.v.v. rapportcode)
- Download OBN-rapporten (pdf): www.natuurkennis.nl
- Kijk voor cursusaanbod op: www.veldwerkplaatsen.nl

De OBN-nieuwsbrief is een uitgave van de VBNE. Een pdf-versie vindt u op www.natuurkennis.nl.
Redactie: Geert van Duinhoven, Mark Brunsveld, Wim Wiersinga
Redactie-adres: VBNE, Princenhof Park 7
3972 NG Driebergen, info@vbne.nl
Lay-out: Aukje Gorter
Druk: Senefelder Misset, Doetinchem