

Herstelstrategie H4010A: Vochtige heiden (hogere zandgronden)

Smits, N.A.C., Beije, H.M., A.J.M. Jansen, L. van Tweel–Groot, J. Smits & J.J. Vogels

Leeswijzer

Dit document start met de kenschets uit het profieldocument (paragraaf 1) en geeft daarna een overzicht van de ecologische randvoorwaarden van het habitatype (paragraaf 2). Vervolgens wordt ingegaan op de effecten van atmosferische stikstofdepositie op het habitatype (paragraaf 3) en op andere processen die de kwaliteit beïnvloeden (paragraaf 4). Vervolgens komen in paragraaf 5 en 6 maatregelen aan bod om de achteruitgang te stoppen, dan wel de kwaliteit te verbeteren. Deze maatregelen dienen in aanvulling op het reguliere beheer (paragraaf 2) te worden uitgevoerd. In paragraaf 7 worden maatregelen voor uitbreiding besproken en in paragraaf 8 komt de effectiviteit en duurzaamheid van de maatregelen aan bod. In paragraaf 9 worden de maatregelen in een overzichtstabel samengevat en het document wordt afgesloten met literatuurreferenties in paragraaf 10.

1. Kenschets

De tekst in onderstaand kader betreft de kenschets van het profielendocument van het hele habitatype. Weggelaten zijn alinea's die specifiek over andere subtypen gaan dan het subtype van deze herstelstrategie.

Vochtige heiden komen voor op voedselarme, zeer natte tot zeer vochtige, matig zure tot zure standplaatsen op de hogere zandgronden en in het heuvelland en het laagveengebied. Kenmerkend is de hoge bedekking van Gewone dophei. Vochtige heide komt in ons land zowel op zandgronden voor als in het laagveen. Kwalitatief goede vochtige heiden kunnen goed samen voorkomen met rompgemeenschap met Pijpenstrootje en Veenmos. Deze grazige delen mogen echter niet overheersen en komen alleen in een mozaïekvorm voor.

De begroeiingen van het subtype Vochtige heiden op zandgronden (H4010A) variëren afhankelijk van de waterhuishouding, de ouderdom en het leemgehalte van de bodem. Landschappelijk gezien komen natte heiden op zandgrond o.a. voor op de oevers van vennen, op beekdalflanken, in laagten met een ondoorlaatbare ondergrond en in tot op het zand afgegraven voormalige hoogveengebieden.

In laagveengebieden vormt het subtype H4010B het eindstadium in de verlanding. Vochtige heide ontwikkelt zich uit eerdere successiestadia (trilveen en veenmosrietland) doordat bij het dikker worden van de kragge geleidelijk een dikkere regenwaterlens ontstaat en de bereikbaarheid van de bovengrond voor basenrijker water onder de kragge afneemt. Ook op vast veen kan verzuring door regenwaterlensen leiden tot ontwikkeling van moerasheide, bijvoorbeeld vanuit voorheen bevloede rietlanden. De vegetatie wordt gedomineerd door ondiep wortelende zuurminnende soorten. De spaarzaam voorkomende basenminnende soorten, zoals Riet en Paddenrus, bevinden zich met hun wortelstelsel in diepere veenlagen die (nog) voldoende basenrijk zijn.

H4010_A Vochtige heiden (*hogere zandgronden*)

Dit type Vochtige heiden komt voor op voedselarme, zeer natte tot zeer vochtige, matig zure tot zure standplaatsen op de hogere zandgronden en in het heuvelland. De meest zure en natte heiden tenderen naar hoogveen. Open begroeiingen zijn vaak rijk aan korstmossen. Op leemhoudende standplaatsen bevatten de natte heidebegroeiingen veelal soorten van blauwgraslanden en heischraal grasland (zie habitattypen H6410 en *H6230).

In gedegradeerde Vochtige heiden gaan grassen zoals Pijpenstrootje (*Molinia caerulea*) domineren of treden struiken zoals Gagel (*Myrica gale*) op de voorgrond. Begroeiingen met Gagel (11RG3) worden tot het habitatype gerekend, indien deze met de bovengenoemde plantengemeenschappen kleinschalige mozaïeken vormen, maar niet domineren.

De subassociatie met Gevlekte orchis is gebonden aan bodems met een wat hogere pH, die wordt gebufferd door basenrijk water, afkomstig uit kalkhoudende leem of door lokale kwel vanuit omliggende hogere zandruggen.

De subassociatie met Korstmos wordt gekenmerkt door de open dwergstruiklaag, waartussen de korstmossen groeien. Vaak ontstaan de open plekken door afstervende en uiteenvallende oude struikheiplanten.

De subassociatie met Rode en Blauwe bosbes komt voor bij een relatief vochtig microklimaat, zoals noordhellingen en beschaduwde heiden.

In Vochtige heiden (hogere zandgronden) komen 12 soorten voor van de Vogel- en Habitatrichtlijn waarvoor de stikstofgevoeligheid van het type een probleem kan vormen voor de kwaliteit van het leefgebied. Daarnaast zijn er twee typische soorten, waarvoor in dit habitatype mogelijke problemen als gevolg van stikstofdepositie worden verwacht. De specifieke effecten voor fauna worden beschreven in Deel I (paragraaf 2.4). Afhankelijk van het belang en de functie van dit habitatype voor de soorten, kunnen ook andere habitats noodzakelijke onderdelen van het leefgebied vormen. Voor een volledig overzicht van de deelhabitats, zie bijlage 1 en 2 van Deel II.

Soortgroep	VHR-soort	Belang en functie	N-gevoeligheid van leefgebied	Effecten van stikstofdepositie
Vogels	Blaauwe kiekendief	Klein: voortplantings- en foerageergebied	Ja	Afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Bruine kiekendief	Klein: foerageergebied	Ja	Afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Grauwe kiekendief	Groot: voortplantings- en foerageergebied	Ja	Afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Grauwe klauwier	Groot: voortplantings- en foerageergebied	Ja	Afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Grutto	Groot: foerageergebied	Ja	Afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Kemphaan	Groot: voortplantings- en foerageergebied	Ja	Koeler en vochtiger microklimaat (1) + afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Korhoen	Groot:	Ja	Afname kwantiteit voedselplanten

		voortplantings- en foerageergebied		(3) + afname prooibesikbaarheid (6)
Vogels	Nachtzwaluw	Klein: foerageergebied	Ja	Afname prooibesikbaarheid (6)
Vogels	Paapje	Groot: voortplantings- en foerageergebied	Ja	Afname prooibesikbaarheid (6)
Vogels	Roodborsttapuit	Klein: voortplantings- en foerageergebied	Mogelijk	Afname prooibesikbaarheid (6)
Vogels	Velduil	Klein: voortplantings- en foerageergebied	Ja	Afname prooibesikbaarheid (6)
Vogels	Watersnip	Klein: voortplantings- en foerageergebied	ja	Afname prooibesikbaarheid (6)

Soortgroep	Typische soort	Belang en functie	N-gevoeligheid van leefgebied	Effecten van stikstofdepositie
Sprinkhanen	Heidesabelsprinkhaan	Groot: voortplantings- en foerageergebied	Ja	Koeler en vochtiger microklimaat (1)
Dagvlinders	Gentiaanblauwtje	Groot: voortplantings- en foerageergebied	ja	Koeler en vochtiger microklimaat (1) + afname kwantiteit voedselplanten (3)

Voor een goed begrip van de onderstaande paragrafen, is het essentieel om uit te gaan van de definitie van het habitattypen en zijn kwaliteitseisen (abiotische randvoorwaarden, samenstellende vegetatietypen, typische soorten en overige kenmerken van goede structuur en functie). Zie daarvoor het profielendocument <https://www.natura2000.nl/profielen/h4010-vochtige-heiden>

2. Ecologische randvoorwaarden

Voor de ecologische randvoorwaarden wordt uitgegaan van de omstandigheden van de Associatie van Gewone dophei (11Aa02; Schaminée et al. 1995), waarbij de subassociaties A (met veenmos), C (typisch) en E (met gevlekte orchis) staan voor zeer kenmerkende gemeenschappen, terwijl subassociaties B (met bosbes) en D (met korstmossen) als minder kenmerkend worden beschouwd, samen met twee SBB-typen: rompgemeenschappen van de Klasse der hoogveenbulten en natte heiden, te weten RG Beenbreek (SBB-11-k) en RG Geelgroene zegge - Dwergzegge (SBB-11-j).

2.1 Zuurgraad

De optimale zuurgraad omvat een traject van matig zuur tot zuur met een pH-H₂O < 5,5. Dit is het kernbereik van de zuurgraad voor het habitattypen. Suboptimaal zijn zwak zure situaties met

een pH tussen 5,5 en 6,0. Dit aanvullend bereik omvat condities waarbij het habitatype niet duurzaam in goed ontwikkelde vorm in stand kan worden gehouden, maar die wel een waardevolle aanvulling kan leveren in de vorm van soortenrijke overgangssituaties naar Heischrale graslanden (H6230) en Blauwgraslanden (H6410) (Runhaar et al. 2009).

2.2 Voedselrijkdom

Het kernbereik voor de voedselrijkdom waarbij de goed ontwikkelde vormen van het habitatype kunnen voorkomen, omvat alleen de klasse zeer voedselarm. Het aanvullend bereik, waarbinnen minder kenmerkende vegetaties kunnen voorkomen, omvat de klassen matig voedselarm en licht voedselrijk (Runhaar et al. 2009).

2.3 Vochttoestand

Het kernbereik van de vochttoestand ligt tussen de klassen 's winters inunderend tot vochtig, dat wil zeggen met een gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand tussen 20 cm boven maaiveld tot >40 cm beneden maaiveld, in het laatste geval in combinatie met <14 dagen droogtestress. Er is geen sprake van een aanvullend bereik (Runhaar et al. 2009).

2.4 Landschapsecologische processen

De bovengenoemde randvoorwaarden zijn in belangrijke mate afhankelijk van een bepaalde ligging van het habitatype in het landschap. Vochtige heiden zijn op landschapsschaal in zijgebieden waar regenwater inzijgt in de bodem en vervolgens afstroomt naar het grondwater. Dit zorgt in de zandgebieden voor zure en voedselarme omstandigheden.

De vochtige omstandigheden van het habitatype zijn afhankelijk van de aanwezigheid van een waterstagnerende laag in de bodem dan wel van aanvoer van lateraal toestromend, jong grondwater vanuit een aangrenzend, hoger gelegen gebied. Laterale toestroming van grondwater treedt vooral op aan randen van beekdalen, terwijl schijngrondwaterstanden op een waterstagnerende laag ook hoger op in het zandlandschap kunnen voorkomen. In beide gevallen leidt dit soms tot hoge grondwaterstanden die relatief constant zijn, hetgeen zorgt voor een hoge soortenrijkdom. Waar de waterstanden flink uitzakken aan het eind van de zomer, heeft dat een lagere soortenrijkdom tot gevolg.

Laterale toevoer van grondwater heeft niet alleen invloed op peilschommelingen, maar ook op de waterkwaliteit. Op plaatsen waar licht aangerijkt grondwater binnen bereik van de wortelzone komt, ontstaan mogelijkheden voor de vegetatietypen met een iets hogere pH en voedselrijkdom (subassociatie met Gevlekte orchis of vegetaties met Beenbreek en Wilde gagel), maar ook voor soorten (o.a. veenmossen) die profiteren van een hoger aanbod van koolstof in de vorm van CO₂ (Jansen et al. 1996).

Plaggen, maar ook het (met mate) periodiek opentrappen van de bodem bij begrazing kan in vochtige heide gemakkelijk leiden tot het ontstaan van het habitatype H7150 Pioniervegetaties met snavelbiezen. Bij voortgaande successie ontwikkelt dit habitatype zich geleidelijk weer naar vochtige heide. Omgekeerd kunnen Vochtige heiden zich via natuurlijke successie ontwikkelen in de richting van Hoogveenbossen (H91D0), maar het duurt zeer lang voordat deze de gewenste kwaliteit van het nieuwe habitatype hebben. In sommige gevallen (op vaaggronden) en pas na honderd jaar zouden zich ook Oude eikenbossen (H9190) kunnen vormen. De instandhoudingsdoelstellingen voorzien in het algemeen niet in zo'n natuurlijke successie.

In ruimtelijk opzicht komen Vochtige heiden vaak voor in combinatie met een reeks van andere habitattypen die de totale soortenrijkdom sterk kunnen bevorderen, zeker als de overgangen geleidelijk van aard zijn. De bovengenoemde herstelmaatregelen voor Vochtige heiden leiden in het algemeen niet tot fricties met andere habitattypen. Integendeel, want hydrologische maatregelen in Vochtige heiden zullen naastgelegen, ‘nattere’ typen meestal ten goede komen.

Zie ook de informatie uit de landschapsdoorsneden (Deel III).

2.5 Regulier beheer

Vochtige heiden vormen een successiestadium in de ontwikkeling naar bos en vragen dus actief beheer om in stand te kunnen blijven. Het reguliere beheer komt vooral neer op een voortzetting van het traditionele heidegebruik en bestaat uit extensieve begrazing, kleinschalig plaggen, chopperen, maaien en eventueel branden. Omdat de successie van nature langzaam verloopt, is slechts weinig (regulier) beheer nodig. Extensieve begrazing, vooral met koeien of schapen, vormt daarbij een belangrijk onderdeel. Het doel daarbij is het laten ontstaan van mozaïekvegetaties met een grote afwisseling in vegetatiestructuur zonder dat daarbij nadelige effecten optreden voor de fauna. Dit is alleen mogelijk als de intensiteit van de begrazing laag is. Bij voorkeur worden de dieren gehoed door een herder en overnachten ze buiten het natuurterrein. Kwetsbare terreingedeelten zoals oude structuurrijke heide, steile hellingen en relictpopulaties van kwetsbare soorten dienen te worden ontzien bij begrazing.

Soortgelijke restricties gelden voor de andere, genoemde maatregelen ten behoeve van regulier beheer. Deze zijn alleen zinvol als ze kleinschalig, gefaseerd en met lage frequentie worden uitgevoerd. Méér dan bij begrazing het geval is, hebben deze maatregelen als doel te voorkómen dat zich al te veel voedingsstoffen ophopen, waardoor vergrassing zou kunnen optreden. De meeste soorten mossen, korstmossen, paddenstoelen en dieren zijn gebonden aan de oudere (maar niet vergraste) heidestadia (www.natuurkennis.nl).

3. Effecten van stikstofdepositie

De kritische depositiewaarde voor het habitatype is berekend op 17 kg N/ha/jr (1214 mol N ha/jaar; [Van Dobben et al. 2012](#)). Het getal komt overeen met de modeluitkomsten in Berendse (1988) die horen bij een relatief extensief beheer t.b.v. de gewenste biodiversiteit en vallen binnen de empirische range die in de review van 2011 is bijgesteld naar 10–20 kg N/ha/jaar; [Bobbink & Hettelingh 2011](#)).

3.1 Verzuring

De gewenste zuurgraad voor het habitatype omvat alle pH-H₂O waarden beneden 5,5 (optimaal) of waarden tussen 5,5 en 6,0 (suboptimaal). Dit betekent dat verzuring alléén niet gemakkelijk leidt tot het verdwijnen van het habitatype. Verzuring kan er wel toe leiden dat sommige kenmerkende vegetaties binnen de grenzen van het habitatype in het gedrang komen. Dit leidt tot kwaliteitsvermindering. Met name voor de subassociatie met Gevlekte orchis (11Aa02E) alsook de rompgemeenschappen met Beenbreek (SBB-11-j) en Geelgroene zegge – Dwergzegge (SBB-11-k) kan de zuurgraad zo laag worden dat deze vegetaties verdwijnen.

Voor de vegetatietypen die alleen in mozaïek voorkomen, is de Draadgentiaan–associatie (28Aa1) het meest gevoelig voor verzuring. Bij verdergaande verzuring kan ook de Grondster–associatie (28Aa4) verdwijnen (Runhaar et al. 2009). Het bovenstaande betekent dat de verzurende effecten van stikstofdepositie het snelst optreden in de zwak gebufferde delen van de vochtige heiden.

Op het niveau van soorten zijn o.a. Klokjesgentiaan, Gevlekte orchis en Heidekartelblad de soorten die het eerst verdwijnen door verzuring. Hierbij speelt ook een rol dat deze soorten gevoelig zijn voor hoge concentraties ammonium. Deze stof hoopt zich op zodra de pH daalt beneden 4,5 (Van den Berg & Roelofs 2005; Dorland et al. 2005).

3.2 Vermesting

Het meest gevoelig voor vermisting is de Associatie van Gewone dophei (Runhaar et al. 2009). Dit vegetatietype is bepalend voor de aanwezigheid van het habitatype. Op plaatsen waar de Associatie van Gewone dophei op grotere schaal verdwijnt, verdwijnt daarmee ook het habitatype omdat alle minder kenmerkende vegetaties alleen tot het habitatype behoren indien ze in mozaïek voorkomen met de Associatie van Gewone dophei. Binnen de Associatie van Gewone dophei is de subassociatie met veenmossen het meest gevoelig voor aanvoer van stikstof. In deze subassociatie is vanwege een stabielere waterstand de fosfaatbeschikbaarheid wat hoger, zodat stikstof er minder beperkingen van fosfaatlimitatie ondervindt. Ook de hoeveelheid organisch materiaal is er groter. De verhoging van het stikstofgehalte in de planten maakt dat het strooisel ervan makkelijker afbreekt waardoor de opgeslagen voedingsstoffen vrijkomen. Natte veenmosrijke heiden kunnen daarom onder invloed van hoge atmosferische depositie in korte tijd dichtgroeien met Pijpenstrootje (website natuurkwaliteit.nl). Hierbij speelt ook een rol dat de stikstof vooral beschikbaar komt in de vorm van ammonium. Pijpenstrootje profiteert daarvan, in tegenstelling tot andere soorten die juist een toxische invloed ondervinden van ammonium (De Graaf 2000).

Op het niveau van soorten is bekend dat korstmossen en mossen al bij lage deposities nadelig worden beïnvloed. Bij hogere deposities hebben eerst enkele soorten uit het habitatype de neiging om sterk te gaan domineren als gevolg van stikstoftoevoer, bijvoorbeeld Gewone dophei en Veenpluis. Dit leidt tot het soortenarmer worden van het habitatype. Bij hogere deposities worden ook deze soorten op hun beurt verdrongen door Pijpenstrootje (Bobbink & Hettelingh 2011). De rompgemeenschappen met Pijpenstrootje (10–RG4–[10] en 11–RG2–[11]) die daarbij ontstaan, vertegenwoordigen een matige kwaliteit van het habitatype. Pijpenstrootje heeft geen last van vergiftiging door hoge concentraties ammonium die ontstaan bij pH < 4,5.

3.3 Fauna

Voor het leefgebied van VHR en/of typische diersoorten geldt dat de effecten van stikstofdepositie via de volgende factoren doorwerken: koeler en vochtiger microklimaat, afname voortplantingshabitat, afname kwantiteit voedselplanten en afname prooibeschikbaarheid (Nijssen et al. 2017). Een uitsplitsing van deze factoren naar de onderscheiden soorten is terug te vinden in de kenschets en een beschrijving van de specifieke factoren is terug te vinden in paragraaf 2.4 van Deel I.

In tegenstelling tot de effecten van stikstofdepositie op veranderingen in habitatstructuur, microklimaat en reproductiehabitat (Stuijzand et al. 2004) is het effect van stikstofdepositie op voedselkwaliteit en –kwantiteit van planten voor herbivoren relatief nieuw en weinig onderzocht. Volgens Vogels et al. (2011, 2017b) en Nijssen et al. (2017) is dit een belangrijke tweede causale

route die de achteruitgang van veel diersoorten kan verklaren. In de eerste plaats leidt het wegvallen van specifieke plantensoorten tot een teruggang van de faunadiversiteit. In de tweede plaats tasten verzuring en vermesting de kwaliteit van voedselplanten aan. De toename van N als gevolg van depositie en de verhoogde fixatie van P door verzuring zorgen voor een verschuiving van de verhouding tussen N en P in de vegetatie wat mogelijk een effect heeft op abundantie en reproductie bij zowel herbivoren, detrivoren als predatoren. Bij de Veldkrekel (*Gryllus campestris*) bijvoorbeeld, bleken de groei en reproductie beter bij een hogere P beschikbaarheid in het voedsel (Vogels et al. 2013). Bij de Nachtpauwoog (*Saturnia pavonia*) was de ontwikkelingsduur korter en de overleving beter op heideplanten met lagere N/P verhouding. Beide soorten zijn geen typische soorten van het habitatype Vochtige heiden, maar er wordt vermoed dat P-gebrek voor veel meer diersoorten een probleem vormt en daarmee de opbouw van faunagemeenschappen en voedselweb relaties in vochtige heiden verstoort.

Vogels et al. (2011) stellen dat het optreden van P-limitatie in een van oudsher N-gelimiteerd (of N/P co-gelimiteerd) systeem een sterke factor van aantasting kan zijn voor veel karakteristieke faunasoorten. Deze soorten zullen hun voedselinname afmeten aan het limiterende element (in de oorspronkelijke situatie de hoeveelheid opgenomen N), waardoor ze op N-verzadigde heiden minder biomassa eten en daardoor veel lagere hoeveelheden P opnemen. Daarnaast zijn er volgens deze auteurs aanwijzingen voor een verlaagde inname van eiwitten, ondanks het verhoogde totaal N-gehalte in heideplanten. Gebleken is dat een groot deel van de N die door de heideplanten wordt opgenomen niet wordt omgezet in eiwitten maar in niet verteerbare structuren, wellicht in celwanden. Vermoed wordt dat de fauna geen onderscheid kan maken tussen totaal N en verteerbaar N, als gevolg waarvan minder eiwit wordt opgenomen dan gewenst zou zijn voor het metabolisme van het individu.

Een ander effect op de voedselkwaliteit betreft de lage ijzerconcentraties in het bladmateriaal van heideplanten. Deze lage ijzerconcentraties, die in extreme gevallen beperkend kunnen zijn voor de planten zelf en voor herbivoren, lijken veroorzaakt te worden door de verhoogde concentraties aluminium in het bodemvocht (als indirect gevolg van verzuring). Doordat heide-achtigen het transport van het giftige aluminium naar de bovengrondse delen remmen, wordt ook het ijzertransport geremd (Vogels et al. 2011).

Volgens Vogels et al. (2011) is het voor het beheer van essentieel belang hoe de voornoemde processen worden beïnvloed door de ontwikkeling van de strooisellaag. Heideplanten hebben in verhouding tot andere planten een hoog gehalte calcium, waardoor via bladval jaarlijks aanzienlijke hoeveelheden calcium terecht komen in de strooisellaag. Dit zou de mogelijkheden voor de opname van P via de mycorrhizaschimmels verbeteren, ware het niet dat de strooisellaag tot nu toe vaak wordt weg geplagd om de overmaat aan stikstof te verwijderen. Het is volgens dezelfde auteurs de vraag of plaggen in situaties met hoge N-depositie wel effectief is om N-gelimiteerde situaties te herstellen, omdat na een aantal jaren de hoeveelheid geaccumuleerde N in de bodem weer op het oude niveau is. Hierdoor bestaat het gevaar dat plaggen meewerkt aan het ontstaan van P-limitatie die nadelig lijkt te zijn voor (een deel van) de fauna. Deze hypothese is in een vervolgstudie in droge heide getoetst en voor P experimenteel aangetoond (Vogels et al. 2016a). Of dit voor Vochtige heiden eveneens optreedt is niet getoetst maar wordt wel verwacht.

Voor het Gentiaanblauwtje (*Phengaris alcon*) werkt de verandering van het microklimaat door vanwege het geheel verdwijnen of in dichtheid verminderen van knooppieren die als essentiële

gastheer dienen. Daarnaast kan door vergrassing ook de waardplant Klokjesgentiaan (*Gentiana pneumonanthe*) verdwijnen. Aanwijzingen dat het Gentiaanblauwtje gevoelig is voor stikstofdepositie, zijn ook gevonden in een trendanalyse over de periode 1998–2008 door [Wallis de Vries \(2010\)](#). In deze studie zijn monitoringdata vergeleken van terreinen met hoge versus zeer hoge deposities. In beide soorten van terreinen neemt het Gentiaanblauwtje af. Niet duidelijk is echter of en bij welke lagere deposities de soort al hinder ondervindt van stikstof.

Beheermaatregelen zoals plaggen en de combinatie van plaggen en begrazing leiden niet zonder meer tot een herstel van de faunagemeenschappen, hoewel in de regel de effectiviteit in Vochtige heiden hoger is dan in Droge heiden, in het laatste geval kan het zelfs tot een netto afname van de biodiversiteit leiden, ook in de latere fase van de successie na het plaggen.

4. Andere omstandigheden die de effecten van stikstofdepositie beïnvloeden

4.1 Verdroging

Vochtige heiden zijn veelal in meer of mindere mate verdroogd vooral als gevolg van ontwatering, waterwinning en bosaanleg in de omgeving. De uitleg voor het laatste geval is dat bos een hogere verdamping heeft dan de lage vegetaties die vroeger meestal aanwezig waren in de omgeving van vochtige heiden. Vermoed wordt dat ook de humusontwikkeling in de zandlandschappen door de vastlegging van stuifzanden een verdrogend effect heeft. Doordat de meeste bos- en heidebodems tegenwoordig veel humusrijker zijn dan vroeger, houden deze veel meer vocht vast dat vervolgens weer via een kaal bodemoppervlak of via de vegetatie verdampt. Vooral de vele stuifzanden waren vroeger belangrijke leveranciers van vocht aan grondwatersystemen. Humusarm, grof zand houdt nauwelijks water vast. Een groot deel van de neerslag die hierop valt, komt direct ten goede aan het grondwater (www.natuurkennis.nl). Verdroging kan ook zijn ontstaan, doordat waterstagnerende lagen zijn beschadigd in het verleden door het graven van greppels of door diepploegen. De waterkerende werking van organische lagen kan ook onherstelbaar zijn beschadigd door drainage in combinatie met een extreem droge zomer. Omdat de grondwaterspiegel dieper wegzakt in heiden die zijn verdroogd, is minder vocht beschikbaar in de wortelzone. Van de kenmerkende vegetaties is de veenmosrijke subassociatie hiervoor het meest gevoelig.

Een indirect gevolg van verdroging is dat de mineralisatie van organische stof toeneemt, waardoor meer nutriënten (N en P) beschikbaar komen voor de vegetatie. Als gevolg hiervan gaat Pijpenstrootje (*Molinia caerulea*) sneller groeien en concurreren met de andere soorten, waaronder Gewone dophei (*Erica tetralix*). Na verloop van tijd kunnen zich zelfs monotone grasvlakten ontwikkelen.

In Vochtige heiden waarin de aanvoer van bufferende stoffen stopt als gevolg van een verminderde toevoer van grondwater treedt al gauw verzuring op. Een andere oorzaak van verzuring is de oxidatie van zwavel, ammonium, ijzer en mangaan als gevolg van dalende waterstanden in de zomer en de daarmee gepaard gaande betere doorluchting van de bodem. Voor de vegetatie leidt verzuring tot het verdwijnen van plantensoorten van zwakgebufferde omstandigheden zoals Klokjesgentiaan.

Een ander indirect gevolg van verlaagde grondwaterstanden kan zijn dat de opbolling van het grondwaterpeil in dekzandruggen vermindert waardoor zijdelings minder (lang) grondwater doorstroomt naar aangrenzende laagten. Dit is nadelig voor soorten die van zulke laterale, vaak CO₂-rijke kwel afhankelijk zijn, zoals Beenbreek, Veldrus en veenmossen.

Verdroging van vochtige heide heeft ook voor de fauna nadelige gevolgen. De eitjes van bijvoorbeeld diverse sprinkhaansoorten moeten regelmatig vochtig zijn of in het geval van de moerassprinkhaan (*Stethophyma grossum*) (typische soort) zelfs af en toe worden overstroomd. De meeste eitjes zijn wel bestand tegen onregelmatige uitdroging, maar als vochtige omstandigheden alleen nog optreden in de wintermaanden is uitsterven van de populatie onherroepelijk. Ook een aantal soorten reptielen krijgt problemen bij verdroging. Levendbarende hagedissen (*Zootoca vivipara*) verliezen teveel vocht onder continu droge omstandigheden, waardoor de groeisnelheid en activiteit afneemt (www.natuurkennis.nl).

4.2 Toestromend, verrijkt grondwater

Vermesting en verzuring kunnen, behalve als gevolg van verdroging, ook optreden als gevolg van toestroming van grondwater dat is belast met meststoffen uit aangrenzende landbouwgronden of met ammonium (uit stikstofdepositie) dat is ingevangen door naaldbossen in de omgeving. Deze verschijnselen zijn vooral beschreven voor beekdallandschappen maar kunnen ook optreden in Vochtige heiden waar jong grondwater zijdelings afstroomt dicht onder het maaiveld ([Aggenbach et al. 2009](#)). Het gaat daarbij met name om de veenmosrijke variant van de dopheide-associatie. De vermestende effecten zijn een gevolg van het feit dat met het toestromend grondwater meer nutriënten (vooral nitraat en ammonium) beschikbaar komen in de wortelzone. Verzurende effecten zijn te verwachten als het grondwater rijk is aan nitraat, ijzer en zwavel en waarbij tijdens droge perioden zuur wordt gevormd door oxidatie van pyriet.

4.3 Versnippering en achteruitgang van variatie

De versnippering van kleine heideterreinen en de geringe interne variatie kan een probleem zijn voor de overleving van populaties. Dit geldt in het bijzonder voor een deel van de fauna en voor plantensoorten van drogere standplaatsen, maar in mindere mate ook voor soorten van vochtige heide (www.natuurkennis.nl). De aanwezigheid van voldoende zaden is ook vaak een probleem als het gaat om terreinen waar vochtige heide wordt hersteld uit landbouwgrond ([Bekker et al. 2005](#)). Een ander probleem dat samenhangt met versnippering is het feit dat kleine heideterreinen – méér dan grote heideterreinen – de invloed ondervinden van naastgelegen bossen. Hierdoor slaan er meer bomen op dan gemiddeld in grote heideterreinen. Kleine heideterreinen groeien daardoor snel dicht. Kleine heideterreinen zijn daarnaast uiteraard ook (voor een groter deel van de oppervlakte) gevoeliger voor ontwatering vanuit de omgeving.

4.4 Ontoereikend regulier beheer

In sommige gevallen wordt de kwaliteit van het habitatype beperkt door ontoereikend beheer. Ontoereikend regulier beheer wordt niet apart onder paragraaf 5 of 6 behandeld.

4.5 Voormalige zwaveldepositie en andere sulfaatbelasting

De effecten van voormalige zwaveldepositie en andere sulfaatbelasting in dit habitatype worden verder toegelicht in Intermezzo II van Deel I.

5. Maatregelen tegen de effecten van stikstofdepositie

5.1 (Extra) begrazen

Er zijn verschillende studies die de effecten van heidebegrazing samenvatten, recent ook op het gebied van de fauna (Stuijzand et al. 2004; Vogels et al. 2011). De conclusie daarvan is dat vergrassing kan worden teruggedrongen door begrazing, ondanks het feit dat daardoor slechts weinig stikstof wordt afgevoerd. De gewenste dominantie van heidesoorten wordt bewerkstelligd doordat de grazers de voorkeur geven aan grassen. Voor dit doel is een hogere begrazingsdruk nodig dan in het regulier begrazingsbeheer. Het nadeel hiervan is echter dat een hoge begrazingsdruk risico's met zich meebrengt van ongewenste bijeffecten. Veenmosvegetaties bijvoorbeeld zijn gevoelig voor vertrapping. In droge tijden zal het vee liever in de vochtige hei grazen dan in droge hei. Als de vochtige hei deel uitmaakt van een groter heidelandschap en het aandeel van de vochtige hei klein is, dan concentreert het vee zich dus 's zomers in de vochtige hei. Dit heeft dan vervlakking van de vegetatiestructuur tot gevolg..

Drukbegrazing in combinatie met bekalking is geen geschikte maatregel gebleken als alternatief voor plaggen (Wallis de Vries et al. 2018). Drukbegrazing leidde op natte heide ook na vier seizoenen uitvoering niet tot het doorbreken van de dominantie van Pijpenstrootje en het scheppen van open kiemingsmilieus. Het herstel van doelsoorten voor de flora bleef daarmee uit. Ook waren er in de vegetatie, maar vooral in de mycoflora, aanwijzingen dat de schapenmest een vermestend effect heeft. In combinatie met bekalking trad er bij drukbegrazing zelfs enige verrijking met eutrafente soorten op. Daarmee lijkt drukbegrazing op natte heide niet zo effectief om vergrassing tegen te gaan als op droge heide (Wallis de Vries et al. 2018).

Ook een diersoort zoals het Gentiaanblauwtje kan hinder ondervinden van (intensievere vormen van) zomerbegrazing, vermoedelijk omdat de waardmieren van deze soort er nadelig door worden beïnvloed (Wallis de Vries 2004). Om negatieve bijwerkingen te voorkomen, wordt vanuit overwegingen voor de fauna onder andere geadviseerd om intensievere vormen van begrazing te beperken tot kortdurende perioden. In de genoemde publicaties, evenals op www.natuurkennis.nl worden nadere adviezen gegeven over begrazing, afhankelijk van de lokale terreinomstandigheden. Niettemin moet worden opgemerkt dat begrazing vooral voor de fauna nog belangrijke **kennislacunes** heeft. Voor de Blauwe kiekendief en Velduil geldt dat het waarschijnlijk belangrijk is om bij begrazing terreindelen onbegrast te laten tegen nestverstoring door grote grazers (hypothese).

5.2 Plaggen en chopperen

In vochtige heiden die sterk zijn aangetast door vermesting (o.a. door stikstofdepositie) is plaggen een veel uitgevoerde maatregel. Daarbij wordt de vegetatie- en strooisellaag verwijderd. De algemene richtlijnen voor plaggen ten behoeve van herstel staan op www.natuurkennis.nl onder heide en stuifzand, alsmede in bijvoorbeeld Van Turnhout et al. (2008) en Bal et al. (2001). Belangrijk is dat het plaggen van vochtige hei kleinschalig wordt uitgevoerd. Dit houdt onder andere verband met het gegeven dat vochtige heiden vaak op overgangen liggen van droge grond naar bijvoorbeeld open water. Hier pendelen veel kleine dieren heen en weer, hetgeen wordt

bemoeilijkt als de plagstroken te lang of te breed zijn. Plagbanen dienen altijd de gradiënt te volgen en niet haaks op de gradiënt te worden uitgevoerd. Op deze wijze wordt ook voorkomen dat in de zomer zich regenwater verzamelt en stagneert op de geplagde terreindelen en voor pendelende dieren een barrière vormt.

Wat de vegetatie betreft, moet bij het plaggen in het bijzonder worden gelet op groeiplaatsen van Beenbreek en Klokjesgentiaan. Beide soorten produceren kortlevende zaden en kunnen zich dus niet of nauwelijks vanuit een zaadbank vestigen. Het is noodzakelijk om deze soorten bij het plaggen te sparen. Uitbreiding van deze soorten is te stimuleren door direct naast hun groeiplaatsen te plaggen. Hierbij moeten wel de nesten van knoopmieren worden gespaard, die juist weer graag in horsten van Pijpenstrootje zitten. Deze mieren spelen een bepalende rol in het leven van het Gentiaanblauwtje. Op plekken waar deze vlindersoort voorkomt, is een op deze soort gericht beheer gunstig voor een palet van andere soorten van vochtige hei.

Plaggen is een maatregel waarmee effectief vooral de vermestende effecten van stikstofdepositie kunnen worden weggenomen, maar ook die van verdroging. In het laatste geval onder de voorwaarde dat tegelijkertijd de waterhuishouding wordt hersteld. Anders keert de vergrassing snel terug. Plaggen moet slechts met lange tussenpozen (minimaal 25 jaar) worden uitgevoerd, om de levensgemeenschap voldoende tijd te geven zich te herstellen. Een dergelijke plagfrequentie lijkt niet voldoende om alle opgehoopte stikstofvoorraad kwijt te raken, maar dit is wellicht ook niet nodig indien mag worden aangenomen dat de humuslaag bijdraagt aan het immobiliseren (wegvangen) van ammonium. Dit laatste wordt recent betoogd door verschillende groepen van auteurs (o.a. [Vogels et al. 2011](#); [Bijlsma et al. 2009](#)), maar die zich daarbij vooral richten op droge heiden. In de herstelstrategie voor Droge heiden wordt hier nader op ingegaan. Een bijbehorend advies is dat indien wordt geplagd, het gehumificeerde, onderste deel van de strooisellaag te sparen en dus niet te verwijderen.

Ondanks de voorschriften die voor plaggen zijn ontwikkeld en worden toegepast, is plaggen een maatregel die door de OBN-deskundigenteams wordt beschouwd als risicovol, vooral voor de fauna. Dit houdt o.a. verband met het destructieve karakter in de eerste jaren na het plaggen. Daarom is in OBN-verband gezocht naar alternatieven in de vorm van bijvoorbeeld drukkbegrazing en chopperen ([Wallis de Vries et al. 2018](#)).

Chopperen is iets minder rigoureuus en kan men omschrijven als een vorm van diep maaien of ondiep plaggen. Met chopperen wordt de vegetatie verwijderd en een deel van het strooisel, vooral het losse, weinig verteerde deel ervan. Het kan als alternatief voor plaggen worden gebruikt op plaatsen waar de strooisellaag dunner is dan twee centimeter. Ook bij goed ontwikkelde humusprofielen kan chopperen gunstig werken doordat de snel mineraliserende, losse strooisellaag wordt verwijderd, terwijl de compacte, fijne en stabiele humuslaag gehandhaafd blijft. Dit laatste kan gunstig zijn voor de vochthuishouding en de buffering en vertraagt de vorming van opslag. Onderzoek heeft uitgewezen dat chopperen in combinatie met bekalking een kansrijk alternatief biedt voor plaggen ([Wallis de Vries et al. 2018](#)). Het is effectief voor het doorbreken van de dominantie van Pijpenstrootje en maakt een snelle rekolonisatie van bodemfauna gebonden aan oudere ontwikkelingsstadia van natte heide mogelijk.

5.3 Branden en maaien

Branden en maaien zijn maatregelen die beperkt tegenwicht kunnen bieden aan de gevolgen van stikstofdepositie. Ten aanzien van de vermestende invloed van stikstof kunnen een equivalent van enkele jaren depositie worden weggenomen door deze maatregelen. Daarnaast kunnen deze maatregelen in zowel niet als wel belaste situaties een bijdrage leveren aan een betere structuurvariatie en daardoor een betere kwaliteit van de heidevegetatie, in het bijzonder voor de fauna. Voorwaarden daarbij zijn dat de bedoelde maatregelen worden uitgevoerd in combinatie met begrazing en dat ze alleen kleinschalig en met lange tussenpozen worden toegepast. Voorbeelden hiervan zijn te vinden op o.a. de Strabrechtse heide (**mond. meded. Smits, SBB**). Voor het Paapje is het waarschijnlijk belangrijk om gefaseerd te maaien voor groter prooibesikbaarheid (hypothese). Voor de Watersnip is het beter niet te maaien voor 15 juli in verband met late (mogelijke 2e) legfels.

5.4 (Extra) opslag verwijderen

Stikstofdepositie versnelt de groei van boomopslag. In gebieden met veel stikstofdepositie zullen regelmatig jonge boompjes uit het terrein moeten worden verwijderd.

5.5 Herstel buffering

Indien vochtige heide is verzuurd door atmosferische depositie, kan men overwegen om met kalk of steenmeel de buffering te herstellen. Soorten die te lijden kunnen hebben van verzuring zijn bijvoorbeeld Beenbreek (*Narthecium ossifragum*), Klokjesgentiaan (*Gentiana pneumonanthe*), Blauwe zegge (*Carex panicea*) en Heidekartelblad (*Pedicularis sylvatica*). Als stelregel geldt dat wanneer het mogelijk is om door middel van hydrologische ingrepen een verbetering van de bufferingssituatie te kunnen verkrijgen, dit de voorkeur heeft boven het herstel van bodembuffering door bekalking en/of door basenleverende silicaten toe te voegen (zgn. steenmelen).

5.5.1 Bekalken

Om de basenverzadiging van de bodem te herstellen, kan na het plaggen een lichte bekalking worden toegepast. De hoeveelheid kalk die daarvoor nodig is, is afhankelijk van het bodemtype. De bekalking heeft twee voordelen. Ten eerste voorkomt dit de sterfte van bijvoorbeeld Klokjesgentiaan door ammoniumvergiftiging omdat de combinatie van veel ammonium en een zure bodem dan niet optreedt. Ten tweede wordt bij een lichte buffering ammonium omgezet in nitraat dat vervolgens wordt afgevoerd naar het grondwater. Hiermee verdwijnt stikstof uit de heidebodem en vermindert het gevaar op vermesting. Alleen plekken die zijn geplagd, komen in aanmerking voor bekalking.

Op sommige plekken is bekalking af te raden. Dit betreft met name plekken waar zich na plaggen veenmossen kunnen vestigen en waar ook een goed vestigingsmilieu ontstaat voor knoopmieren, die op hun beurt noodzakelijk zijn voor de vestiging van Gentiaanblauwtjes. Directe bekalking werkt remmend op de vestiging van veenmossen (*Sphagnum compactum*, *S. molle* en *S. tenellum*). De plekken waar dergelijke veenmossen verwacht kunnen worden, zijn slenksituaties waar in een deel van het jaar enig koolzuurrijk grondwater uittreedt. Dezelfde veenmossen zijn vaak nog wel in de omgeving op ongeplagde terreindelen te herkennen. Bekalking op de hogere delen van de gradiënt kan wel gunstig uitwerken, omdat daarmee de toevoer van koolzuurrijk grondwater naar de lagere delen wordt bevorderd.

5.5.2 Toevoegen basenleverende bodemmineralen (steenmeel)

Mineralentoediening in de vorm van fijn gemalen silicaatmineralen (steenmeel) is in Vochtige heiden een maatregel waarvan verwacht wordt dat ze effectief zou kunnen zijn als herstelmaatregel op verzuurde bodems. Zie [Deel 1, Hoofdstuk 3, paragraaf 3.2.15](#).

Uit recent onderzoek is gebleken dat steenmeeltoediening leidt tot een significante verhoging van de concentratie basische kationen in de bodem en, in tegenstelling tot bekalken, ook de concentratie kalium in de bodem verhoogt. Voedselkwaliteit van de vegetatie nam bij één van de toegediende steenmeelsoorten toe, gemeten als toename van herbivore Diptera ([Weijters et al. 2018](#)), mogelijk als gevolg van een toename van het fosfaatgehalte in de plant.

De keuze voor toepassing van deze maatregel in Vochtige heiden moet worden afgewogen tegen duurzamere herstelmaatregelen zoals het verbeteren van de hydrologische omstandigheden. Maatregelen die leiden tot een verbetering van de waterhuishouding verdienen altijd de voorkeur. Wanneer hydrologisch herstel niet mogelijk is, dan is steenmeeltoediening een mogelijk alternatief. Aangezien er nog weinig bekend is over de middellange termijn effecten is grootschalige uitvoering van deze maatregel nog niet aan de orde ([Van Diggelen et al. 2019](#)).

Bij elke vorm van basentoediening bestaat een kans op overdosering van kationen. Dit risico neemt toe naarmate het adsorptiecomplex kleiner (weinig organische stof of weinig leemhoudend) is en de reactiviteit van de toegediende bufferstof groter (carbonaat groter dan silicaatmineraal). Bij de dosering en keuze voor het type steenmeel moet rekening worden gehouden met de grootte van het adsorptiecomplex en met de verweerbaarheid van het steenmeel. Met name op bodems die recent geplagd zijn en daardoor weinig organische stof bevatten is het van belang om dit goed af te stemmen (minder toedienen bij een klein adsorptiecomplex) ([Weijters et al. 2018](#)).

In het geval een heidesysteem P- (of K-)gelimiteerd is bestaat het risico dat P (of K) uit het steenmeel een bemestend effect heeft met mogelijke negatieve gevolgen voor karakteristieke soorten. Daarom moet bij de afweging om wel of geen steenmeel als herstelmaatregel toe te passen altijd eerst worden nagegaan welk element limiterend is (zie verder [Deel 1, hoofdstuk 3](#) voor voorwaarden van toepassing).

Voortzetten van lopende experimenten met het toevoegen van steenmeel moet de vraag beantwoorden of deze maatregel op langere termijn effectief is in het duurzaam verbeteren van de buffercapaciteit van de bodem en het opheffen van de verminderde voedselkwaliteit voor de fauna als gevolg van verzuring, zonder negatieve neveneffecten op karakteristieke plantensoorten als gevolg van een potentieel bemestend effect van P en/of K uit het toegediende steenmeel.

Ervaring met de toepasbaarheid, effectiviteit en mogelijke risico's van steenmeeltoediening in Vochtig heiden is op dit moment nog te beperkt om over te gaan tot grootschalige toepassing. Deze maatregel kan wel op experimentele basis worden toegepast begeleid door een goede monitoring. Daarbij is het van belang dat eerst ter plekke bodemchemisch en plantchemisch vooronderzoek wordt uitgevoerd om inzicht te krijgen in de mate van verzadiging van het bodemadsorptiecomplex en mogelijke nutriëntdeficiënties in de vegetatie.

Steenmeelgift in Vochtige heiden geldt als hypothetische maatregel onder de In [Deel 1, Hoofdstuk 3, paragraaf 3.2.15](#) genoemde voorwaarden.

6. Maatregelen gericht op functioneel herstel

6.1 Hydrologisch herstel

In verdroogde situaties draagt herstel van de waterhuishouding vrijwel altijd bij aan het behouden of verbeteren van de kwaliteit van vochtige heide. Dit geldt voorlopig zelfs in situaties met een te hoge stikstofdepositie, zeker waar het gaat om het tegengaan van de verzurende invloed ervan. Door grondwater enige invloed te geven in de wortelzone, wordt een lichte buffering bewerkstelligd waar veel bijzondere soorten van kunnen profiteren. Er is echter verschil tussen maatregelen die nodig kunnen zijn op landschapsniveau (=regionaal) dan wel lokaal niveau.

6.1.1 Maatregelen op landschapsniveau

Dit type van maatregelen is in het algemeen vooral nodig wanneer de zomergrondwaterstanden moeten stijgen. Regionale oorzaken van te lage zomergrondwaterstanden kunnen zijn ontwatering, waterwinning, aanleg van diepe zand- en grindwinningen, toegenomen verdamping en dergelijke in de omgeving van de vochtige heide. De meeste invloed gaat vaak uit van de laagste delen in het landschap die worden ontwaterd, maar ook van de inziggebieden die worden ontwaterd. Meestal is een hydrologische studie nodig om hier voldoende zicht op te krijgen. Indien de verdroging vooral regionale oorzaken kent, is overleg met de betrokkenen nodig om vast te stellen in hoeverre vernatting van heide weer mogelijk is. Het dempen van sloten in inziggebieden is meestal een van de eenvoudigste maatregelen. Indien vernatting leidt tot inundatie van terreindepressies in de zomer, dan moet dat in voorkomende gevallen worden afgewogen tegen het voorkomen van het Gentiaanblauwtje in die gebieden. Zomerinundatie is nadelig voor populaties van deze soort ([Wallis de Vries 2004](#)).

Verdroging door toegenomen verdamping is tegen te gaan door omvorming van vegetaties. De mate van verdamping van een bodem met vegetatie neemt af in de volgorde: naaldbos – loofbos – humusrijke heide – humusarme heide – stuifzand. Ook door verwijdering van organisch materiaal kan de waterlevering naar de ondergrond mogelijk worden gestimuleerd, maar de mate waarin is onbekend. Het effect van zulke omvormingen in het vegetatiepatroon hangt verder vooral af van het grondwatersysteem. Voor regionale watersystemen zijn meestal grootschalige omvormingen nodig en is zorgvuldig vooronderzoek of deskundigenadvies nodig om de effecten van het verwijderen van bos, bosopslag en organische bodems te kunnen inschatten. Het herstelbeheer gaat dan over in inrichtingsbeheer.

Ook waar verontreinigd grondwater een probleem is in Vochtige heiden, zijn maatregelen nodig in de naaste omgeving. Ingeval het grondwater is belast met ammonium vanwege verhoogde invang van stikstofdepositie door nabijgelegen naaldbossen, is het zinvol om die invang te verminderen door omvorming van naaldbos in loofbos of in lage vegetatietypen. Op plaatsen waar het grondwater is verontreinigd door bemesting van landbouwgronden, is het zinvol de bemesting van die desbetreffende landbouwgronden te verminderen of te staken.

6.1.2 Maatregelen op lokaal niveau

Om voldoende hoge grondwaterstanden in de winter te bewerkstelligen, zijn lokale maatregelen veelal voldoende. Ongewenste afvoer van water via sloten kan worden tegengegaan door het water in de sloten op te stuwen tot het gewenste niveau, of door sloten te dempen of voldoende ondieper te maken. In geval sloten door waterkerende lagen zijn heen gegraven, kunnen ze fungeren als een lek in een schijngrondwaterstand. Om deze lekkages tegen te gaan, kan men nieuwe stagnerende lagen aanbrengen met behulp van bijvoorbeeld leem of zwartveen. In kleine grondwatersystemen heeft zelfs het dempen van een enkele ondiepe greppel soms al een flinke vernatting tot gevolg (website natuurkwaliteit.nl).

In kleine systemen met een schijngrondwaterspiegel kan lokale omvorming van de vegetatie effectief zijn om de verdamping op lokaal niveau te verminderen. Tot de desbetreffende maatregelen behoren o.a. het verwijderen van bosopslag.

Het vasthouden van water is in Vochtige heiden, zoals in alle natte habitattypen, een herstelmaatregel die met de nodige voorzichtigheid moet worden toegepast. Eventuele toestroming van lokaal grondwater mag niet worden geblokkeerd, omdat daardoor veenmossen geremd kunnen worden in hun groei, plantensoorten die kenmerkend zijn voor stromend grondwater achteruit gaan en de kans op interne eutrofiëring (door fosfaatmobilisatie) toeneemt. Verder kan een snelle verhoging van het grondwaterpeil ook negatieve gevolgen hebben voor de fauna, bijvoorbeeld voor het Gentiaanblauwtje en hun gastheren (knoopmieren). Op sommige plaatsen zijn slangenpopulaties geheel of nagenoeg geheel verdwenen doordat hun overwinteringsplekken overstroomden als gevolg van een plotselinge peilopstuwung in de winter.

Door vernatting geleidelijk te laten plaatsvinden is zulke schade aan flora en fauna te voorkomen. Het beste is de peilverhogingen in fasen te doen verlopen, zodanig dat op de meest gevoelige plekken een jaarlijkse peilverhoging van hooguit enkele centimeters optreedt en dat de gevoelige soorten zich naar hogere terreindelen kunnen verplaatsen. Daarnaast is het belangrijk dat de vernattingsmaatregelen niet leiden tot een verstoring van de natuurlijke peilfluctuatie. Het is 'natuurlijk' (normaal) dat in vochtige heiden enige uitdroging optreedt in het zomerseizoen. Men hoeft dit niet te compenseren door het sterker opstuwen van water (website natuurkwaliteit.nl).

6.2 Herstel van variatie

Aanwezigheid van gradiënten en combinaties van biotopen zijn van groot belang voor een groot aantal kenmerkende (vooral dier-)soorten. Het betreft in zijn algemeenheid gradiënten naar droge heide en heischrale graslanden, maar ook naar blauwgraslanden, gageelstruwelen, wilgenstruwelen, broekbossen en droge bossen. Zo bestaat het leefgebied van het Groentje (*Callophrys rubi*) (typische soort) uit een combinatie van vochtige heide, droge heide en overgangen hiervan naar bosopslag. Alleen de combinatie van deze vegetaties levert condities die noodzakelijk zijn voor de levenscyclus van deze soort (Van Reusel & Van Dyck 2007).

Ook het ontwikkelen van fijnschalige vegetatiemozaïeken van begroeiingen van verschillende leeftijden is in het belang van veel soorten. Uitgebreidere beschrijvingen hiervan worden gegeven door o.a. Van Turnhout et al. (2008) en Vogels & Smits (2009). Door het nemen van maatregelen die de bedoelde gradiënten en vegetatiemozaïeken doen herstellen, kunnen kwaliteitskenmerken van het habitatype verbeteren die eerder te lijden hebben gehad van depositie en andere

oorzaken. Of dit voldoende is om typische soorten zoals het Groentje te laten toenemen, is echter onduidelijk zolang de echte bottleneck voor zo'n soort niet bekend is.

Er zijn sterke vermoedens dat tenminste voor een deel van de fauna ook de voedselkwaliteit moet verbeteren om een toename van populaties te bewerkstelligen. Het gaat daarbij om voldoende beschikbaarheid van micronutriënten die niet alleen zijn afgenomen door stikstofdepositie (via verzuring en versnelde uitspoeling uit de bodem), maar ook doordat het heidelandchap minder dynamisch is geworden dan ten tijde van het boerengebruik. Het onderzoek dat in dit verband gaande is, biedt nog onvoldoende aanknopingspunten om dit te bevestigen. De praktijkproeven die sinds enkele jaren gaande zijn op b.v. de Strabrechtse heide, suggereren wel dat een verhoogde input van micronutriënten via tijdelijke akkertjes, reactivering van stuifplekken e.d. gunstige resultaten heeft voor bijvoorbeeld de Veldkrekel ([mond. meded. Smits, SBB](#)).

7. Maatregelen voor uitbreiding

In principe zijn er diverse mogelijkheden om Vochtige heiden te ontwikkelen op plaatsen waar het habitatype reeds lang is verdwenen. De beste perspectieven daarvoor zijn uiteraard aanwezig op plekken waar de voedselrijkdom, pH en waterhuishouding relatief weinig zijn veranderd. Dat is met name het geval in natte bossen, voor zover hier geen ander habitatype dan vochtige heiden wordt nagestreefd. Bossen zijn in de regel niet of nauwelijks bemest in tegenstelling tot veel landbouwgronden die voor nieuwe natuur worden verworven. Ook is de bodemopbouw er veel minder ingrijpend veranderd. Herstel van de gewenste abiotische condities is vaak relatief gemakkelijk, waarbij verwijdering van strooisel en herstel van de hydrologie meestal een hoofdrol spelen.

7.1 Afgraven

Ook op voormalige landbouwgronden liggen vaak goede mogelijkheden om nieuwe vochtige heide te krijgen, mits de waterhuishouding kan worden hersteld en de gronden niet diep zijn geploegd. Door het afgraven van de voedselrijke toplaag tot een diepte waar de beschikbaarheid van fosfaat minder dan 200 micromol per gram drooggewicht bedraagt, is een voedselarme situatie voor de nieuwe natuur te scheppen. Het P-gehalte is van belang aangezien heidesystemen een co-limitatie hebben van N en P of zelfs P-gelimiteerd zijn (o.a. [Vogels et al. 2011](#)). Deze en andere richtlijnen worden nader beschreven in onder andere [Bobbink et al. \(2007\)](#). Waar in het verleden gebieden zijn geëgaliseerd, wordt het oorspronkelijk maaiveld bij voorkeur weer hersteld door vroegere laagten uit te graven tot op het oorspronkelijk maaiveld. Op de hogere delen moet de voedselrijke bouwvoor daarentegen vaak niet worden afgegraven, onder andere omdat deze bepalend kunnen zijn voor het functioneren van lokale hydrologische systemen. Uiteraard heeft dat gevolgen voor de gewenste natuur aldaar. Indien men het voedingsstoffenniveau op de ruggen wil terugbrengen, dan kan dat alleen via een intensief verschrallingsbeheer. Niettemin is heide op de ruggen pas op zeer lange termijn te ontwikkelen, aangezien stikstoflimitatie wordt bemoeilijkt door verhoogde N-depositie terwijl voor (co-)limitatie van fosfaat een lange periode van verschralling nodig is.

8. Effectiviteit en duurzaamheid

Voor de keuze van de juiste maatregelen, zeker waar het gaat om hydrologische maatregelen, is vooraf vaak een landschapsecologische analyse onontbeerlijk. Indien op grond van de analyse de juiste herstelmaatregelen zijn gekozen, zijn de vegetatiekundige effecten ervan goed voorspelbaar vanwege ruime ervaring in vochtige heiden. De effectiviteit van maatregelen is recent onderzocht door [Jansen et al. \(2010\)](#) op basis van zoveel mogelijk monitorreeksen van 2 tot 20 jaar in herstelprojecten. Ook volgens [Dorland et al. \(2005\)](#) kan de kwaliteit van Vochtige heiden verbeteren door het nemen van herstelmaatregelen, ook onder de huidige stikstofbelasting. Verwacht wordt dat de verbeterde kwaliteit nog enige tijd in stand kan blijven.

Gebleken is dat plaggen in combinatie met herstel van de waterhuishouding het meest effectief en duurzaam is voor de vegetatie. Ook alleen plaggen, zonder andere maatregelen, leidde op korte termijn tot een toename van het aantal Rode lijstsoorten, maar wanneer de waterhuishouding niet op orde is, was dit effect slechts kortstondig. Om te voorkomen dat zaadkapitaal verloren gaat, wordt daarom ontraden om op dergelijke plaatsen te plaggen zolang daar nog geen hydrologisch herstel mogelijk is. Hydrologisch herstel is essentieel en dient voorafgaand of tenminste tegelijk met eventuele andere maatregelen te worden uitgevoerd.

Door het bekalken van Vochtige heiden na plaggen kan de buffering voor langere tijd worden hersteld. Hoe lang dat is, moet de toekomst uitwijzen, maar het lijkt erop dat de werking bij de huidige zuurdepositie zeker meer dan 10 jaar aanhoudt. Sommige onderzoekers verwachten dat bekalking als herstelmaatregel slechts eenmalig hoeft te worden uitgevoerd bij een daling van de stikstofdepositie ([De Graaf et al. 2004](#); [Van den Berg & Roelofs 2005](#)), maar onduidelijk is welke absolute depositieniveaus men daarbij in gedachten heeft.

De effectiviteit van de herstelmaatregelen hangt ook samen met de schaal waarop deze worden uitgevoerd. Naarmate de neveneffecten van een maatregel nadeliger zijn voor het systeem, dient de uitvoering in meerdere fasen te worden uitgevoerd, althans indien er restpopulaties aanwezig van soorten die zich moeilijk verbreiden. Het plaggen van een sterk gedegenerende heide biedt de meeste kwaliteitsverbetering indien de werkzaamheden worden gespreid over een periode van bijvoorbeeld 20 tot 30 jaar, opdat resterende populaties voldoende kansen krijgen om te overleven en zich uit te breiden. Deze strategie heeft als bijkomend voordeel dat het vegetatiepatroon gevarieerder wordt ten behoeve van faunasoorten die opereren op landschapsschaal.

Maatregelen die minder ingrijpend zijn zoals maaien kunnen sneller achter elkaar worden uitgevoerd. Het 'crux' schuilt in een combinatie en variatie van maatregelen in tijd en ruimte, waarmee een kwaliteitsverbetering wordt gerealiseerd die tegenwicht biedt voor de nivellering van structuurvariatie door stikstofdepositie.

Daarnaast hangt de effectiviteit van herstelmaatregelen samen met de mate waarin dispersie mogelijk is van flora en fauna. Ontwikkeling van Vochtige heiden op 'nieuwe' plekken heeft wat dit betreft de beste perspectieven indien goed ontwikkelde percelen in de omgeving aanwezig zijn. In andere gevallen kan overwogen worden om maaisel van een elders gelegen donorgebied

uit te strooien. Hiermee bestaan goede ervaringen ([Klimkowska et al. 2010](#); [Weijters et al. 2015](#); [Van der Bij et al. 2018](#)).

9. Overzichtstabel

Deze overzichtstabel is bedoeld als ondersteuning bij de te nemen maatregelen (paragraaf 5, 6 en 7) en dient slechts samen met de tekst te worden toegepast.

Maatregel	Code	Type	Doel	Potentiële effectiviteit	Randvoorwaarden / succesfactoren	Vooronderzoek	Herhaalbaarheid	Responstijd	Mate van bewijs
(Extra) begrazen	3.2.9	H/U	Tegengaan vergrassing	Matig	Liefst kortdurende drukbegrazing;	Op standplaats	Beperkte duur	Even geduld	B
Plaggen	3.2.4	H/U	Tegengaan vermessing/verzuring	Groot	Kleinschalig; indien noodzakelijk in combinatie met hydrologisch herstel	Op standplaats	Beperkte duur	Even geduld	B
Chopperen	3.2.6	H	Tegengaan vermessing/verzuring door verdroging	Groot	Kleinschalig; indien noodzakelijk in combinatie met hydrologisch herstel of met bekalking	Op standplaats	Beperkte duur	Even geduld	H
Branden of maaien	3.2.10 3.2.8	H/U	Structuurvariatie	Matig	Kleinschalig; In combinatie met begrazing; 1x > 15 jr	Op standplaats	Beperkte duur	Even geduld	V
(Extra) opslag verwijderen	3.2.13	H/U	Verbossing voorkomen	Matig/ groot	Opslag zo nodig afvoeren	Niet noodzakelijk	Zo lang als nodig	Direct	B
Bekalken	3.2.1	H/U	Herstel buffering	Matig	Op plekken waar debodem is verzuurd	Op standplaats	Beperkte duur	Even geduld	B
Toevoegen basenleverende bodemmineralen (steenmeel)	3.2.15	H	Herstel buffering	Matig	Zie Deel I, Hoofdstuk 3, paragraaf 3.2.15: Aandachtspunten bij toepassing	Op standplaats	Beperkte duur	Even geduld	H

Hydrologisch herstel	3.2.2	H/U	Herstel hydrologie en lichte buffering	Groot	Afhankelijk van LESA	LESA	Eenmalig	Even geduld	B
Bos kappen en plaggen		U	Nieuwe vestiging	Groot	Hydrologie herstellen	Op standplaats	Eenmalig	Vertraagd	V
Afgraven		U	Ontwikkeling vanuit voormalige landbouwgronden	Groot	Hydrologie en reliëf herstellen	LESA	Eenmalig	Lang	V

Verklaring kolommen:

Maatregel: soort maatregel, corresponderend met informatie uit paragraaf 5, 6 en 7

Code: code van de herstelmaatregel, corresponderend met tabel 3.1 uit Deel I hoofdstuk 3

Type: H = herstelmaatregel, U = uitbreidingsmaatregel

Doel: beoogde effect van de maatregel (ten behoeve van behoud, herstel en/of uitbreiding)

Potentiële effectiviteit: klein/matig/groot. Effectiviteit van de maatregel (als regime) ten opzichte van andere maatregelen en gerelateerd aan het beoogde effect

Randvoorwaarden / succesfactoren: de belangrijkste randvoorwaarden en succesfactoren van de maatregel

Vooronderzoek: niet noodzakelijk, op standplaats (in het HT zelf of in de directe omgeving), LESA (LandschapsEcologische SysteemAnalyse: Van der Molen 2010).

Herhaalbaarheid: eenmalig (kan maar eenmalig worden uitgevoerd, bijv. dempen sloten); beperkte duur (bij intensivering gaan nadelen opwegen tegen voordelen) of zo lang als nodig (geen negatieve trade-off tussen intensiteit en effectiviteit. Kun je altijd mee doorgaan, geen negatieve gevolgen).

Responstijd: dit betreft het effect van de maatregel (regime): Direct (< 1 jr); Even geduld (1 tot 5 jr); Vertraagd (5 tot 10 jr); Lang (meer dan 10 jr).

Mate van bewijs:

B – Bewezen: de maatregel heeft onder de in de tekst gegeven voorwaarden (gebiedssituatie + manier van uitvoeren) met zekerheid het in de tekst beschreven positieve effect als hij in de praktijk wordt uitgevoerd. In de regel zal dat onderbouwd moeten zijn met (OBN-)literatuur, maar het kan eventueel ook met (nog niet eerder gepubliceerde) goed gedocumenteerde waarnemingen en o.a. OBN handleidingen.

V – Vuistregel: de maatregel kan onder de in de tekst gegeven voorwaarden (gebiedssituatie + manier van uitvoeren) in veel gevallen het in de tekst beschreven positieve effect hebben als hij in de praktijk wordt uitgevoerd, maar dat is niet zeker. Redenen voor de onzekerheid kunnen zijn dat uit monitoring is gebleken dat er ook (onverklaarde) mislukkingen zijn of dat de voorwaarden voor succesvol herstel nog niet goed bekend zijn.

H – Hypothese: door logisch nadenken is een maatregel geformuleerd die in de praktijk nog niet of nauwelijks is uitgetoetst, maar die in theorie effectief zou kunnen zijn. De aanleiding van de hypothese kan gelegen zijn in analogieën (de maatregel is een vuistregel of bewezen maatregel in een sterk verwant habitatype) of in processen waarvan we denken dat we ze goed begrijpen, maar die echter nog niet op praktijkschaal zijn getoetst.

10. Literatuur

- Aggenbach, C.J.S., D. Groenendijk, R.H. Kemmers, H.H. van Kleef, A.J.P. Smolders, W.C.E.P. Verberk & P.F.M. Verdonschot 2009. Preadvies beekdallandschappen; Knelpunten, kennislacunes en kennisvragen voor natuurherstel in beekdalen. Ministerie van LNV, directie IFZ/Bedrijfsuitgeverij.
- Bal, D., H.M. Beije, M. Felliger, R. Haveman, A.J.F.M. van Opstal & F.J. van Zadelhoff 2001. Handboek natuurdoeltypen. Rapport Expertisecentrum LNV 2001/020, Wageningen.
- Bekker, R.M., L.J.L. van den Berg, R.J. Strykstra & R. Verhagen 2005. Heidevegetaties, zo gezaaid?: Het opbrengen van maaisel als versnelde natuurontwikkelingmaatregel geëvalueerd. *De Levende Natuur* 106: 214–218.
- Berendse, F. 1988. De nutriënten balans van droge zandgrondvegetaties in verband met de eutrofiering via de lucht. Wageningen, Landbouwniversiteit.
- Bergsma, H., J. J. Vogels, M. Weijters, R. Bobbink, A. J. M. Jansen & L. Krul 2016. Tandrot in de bodem – hoeveel biodiversiteit kan de huidige minerale bodem nog ondersteunen? *Bodem* 1:27–29.
- Bijlsma, R.J., R.W. de Waal & E. Verkaik 2009. Natuurkwaliteit dankzij extensief beheer. Nieuwe mogelijkheden voor beheer gericht op een veerkrachtig bos- en heidelandchap. Alterra-rapport 1902, Wageningen.
- Bobbink, R., M. Ashmore, S. Braun, W. Fluckiger & I.J.J. van den Wyngaert 2003. Empirical nitrogen critical loads for natural and semi-natural ecosystems: 2002 update. In: B. Achermann & R. Bobbink (eds.) *Empirical critical loads for nitrogen*. Environmental Documentation No. 164 Air, pp. 43–170. Swiss Agency for Environment, Forest and Landscape SAEFL, Berne.
- Bobbink, R., M. Hart, M. van Kempen, F. Smolders & J.G.M. Roelofs 2007. Grondwaterkwaliteitsaspecten bij vernatting van verdroogde natte natuurparels in Noord-Brabant. B-Ware Research Centre BV. Nijmegen. Rapport 2007.15. 116p.
- Bobbink, R. & J.P. Hettelingh (eds.) 2011. Review and revision of empirical critical loads and dose-response relationships. Proceedings of an expert workshop, Noordwijkerhout, 23–25 June 2010. RIVM rapport 680359002. 244p.
- De Graaf, M.C.C. 2000. Exploring the calcicole-calcifuge gradient in heathlands. Proefschrift, Katholieke Universiteit Nijmegen. 175p.
- Dorland, E. R. Bobbink & E. Brouwer 2005. Herstelbeheer in de heide: een overzicht van de maatregelen in het kader van OBN. *De Levende Natuur* 106:204–207.
- Jansen, A.J.M., M.C.C. de Graaf & J.G.M. Roelofs 1996. The restoration of species-rich heathland communities in The Netherlands. *Vegetatio* 126: 73–88.
- Jansen, A.J.M., R.M. Bekker, R. Bobbink, J.H. Bouwman, R. Loeb, H. van Dobben, G.A. van Duinen & M.F. Wallis de Vries 2010. De effectiviteit van de regeling Effectgerichte Maatregelen (EGM) voor Rode-lijstsoorten. Rapport DKI nr. 2010/dk 137-O.
- Klimkowska, A., H. Keizer-Vlek, M. Wallis de Vries, R.J. Bijlsma, A. Schotman & H. van Dobben 2011, in prep. Urgente maatregelen tot behoud van bedreigde typische soorten en vegetatietypen van de Habitatrictlijn. Alterra-rapport.
- Nijssen, M. E., M. F. Wallis De Vries & H. Siepel 2017. Pathways for the effects of increased nitrogen deposition on fauna. *Biological Conservation* 212: 423–431.
- Runhaar, H., M.H. Jalink, H. Hunneman, J.P.M. Witte & S.M. Hennekens 2009. Ecologische vereisten habitattypen. KWR 09-018. 45p.

- Schaminée, J.H.J., E.J. Weeda & V. Westhoff 1995. De Vegetatie van Nederland deel 2. Wateren, moerassen en natte heiden. Opulus Press, Uppsala/Leiden.
- Stuijzand, S., C. van Turnhout & H. Esselink 2004. Gevolgen van verzuring, vermesting en verdroging en invloed van herstelbeheer op heidefauna. Rapport EC-LNV nr 2004/152 O.
- Van den Berg, L.J.L & J.G.M. Roelofs 2005. Effecten van veranderingen in atmosferische stikstofdepositie op Nederlandse heide. De Levende Natuur 106: 190-192.
- Van der Bij, A.U., M.J. Weijters, R. Bobbink, J.A. Harris, M. Pawlett, K. Ritz, P. Radochova, J. Moradi, J. Frouz J & R. van Diggelen 2018. Facilitating ecosystem assembly: plant-soil interactions as a restoration tool. Biological Conservation 220: 272-279.
- Van Diggelen, R., H. Bergsma, R.J. Bijlsma, R. Bobbink, A. van den Burg, J. Sevink, H.N. Siebel, H. Siepel, J. Vogels, W. de Vries & Maaïke Weijters 2019. Steenmeel en natuurherstel: een gelukkige relatie of een risicovolle combinatie? Vakblad Natuur Bos Landschap 155: 20-23.
- Van Dobben, H.F., R. Bobbink, D. Bal & A. van Hinsberg 2012. Overzicht van kritische depositiewaarden voor stikstof, toegepast op habitattypen en leefgebieden van Natura 2000. Alterra rapport 2397, Wageningen.
- Van Reusel, W. & H. van Dyck 2007. When functional habitat does not match vegetation types: A resource-based approach to map butterfly habitat. Biological Conservation 135: 202-211.
- Van Turnhout, C.E. van, E. Brouwer, M. Nijssen, S. Stuijzand, J. Vogels, H. Siepel & H. Esselink 2008. Herstelmaatregelen in heideterreinen – Samenvatting OBN onderzoek en richtlijnen met betrekking tot de fauna. DK 2008/042-O. Ede, Directie Kennis LNV. 71 p.
- Vogels, J. & J. Smits 2009. Casus: Faunagericht beheer op de Strabrechtse Heide. De Levende Natuur 110: 130-133.
- Vogels, J.J. Van den Burg, A. Remke, E. & H. Siepel 2011. Effectgerichte maatregelen voor het herstel en beheer van faunagemeenschappen van heideterreinen. Evaluatie en ontwerp van bestaande en nieuwe herstelmaatregelen (2006-2010). Directie Kennis en Innovatie, Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, Den Haag. Rapport nr. 2011/OBN152-DZ.
- Vogels, J.J., N. R. Webb & H. Siepel 2013. Hoofdstuk 14 Impact of changed plant stoichiometric quality on heathland fauna composition. in W. H. Diemont, W. J. M. Heijman, H. Siepel, and N. R. Webb (eds.). Economy and ecology of heathlands. KNNV publishing. Zeist.
- Vogels, J.J., M. Weijters, R.J. Bijlsma, R.W. de Waal, R. Bobbink & H. Siepel 2016a. Fosfaattoevoeging Heide. VBNE, Driebergen. 127p.
- Vogels, J.J., R. Bobbink, M. Weijters & H. Bergsma 2016b. Het droge heidelandschap in de 21e eeuw: aandacht voor mineralogie en historisch landgebruik. De Levende Natuur 117: 245-250.
- Vogels, J.J., E. Verbaarschot, R. Bobbink, V. de Jong & M. Scherpenisse 2017a. Monitoring steenmeeltoepassing ten behoeve van herstel biodiversiteit –Voortgangsrapportage. Stichting Bargerveen – iov Stichting Het Nationale Park de Hoge Veluwe, 37 p.
- Vogels, J.J., W.C.E.P. Verberk, L.P.M. Lamers & H. Siepel 2017b. Can changes in soil biochemistry and plant stoichiometry explain loss of animal diversity of heathlands? Biological Conservation 212, Part B: 432-447.
- Wallis de Vries, M.F. 2004. A quantitative conservation approach for the endangered butterfly *Maculinea alcon*. Conservation Biology 18: 489-499.
- Wallis de Vries, M.F. 2010. Trends van dagvlinders in relatie tot stikstofdepositie. Rapport VS2010.016, De Vlinderstichting, Wageningen.

- Wallis de Vries, M., K. Huskens, J. Vogels, R. Versluijs, M. Geertsma, J. Kuper, R. Loeb, E. Brouwer & R. Bobbink 2018. Alternatieven voor plaggen van natte heide. Effecten op middellange termijn. Rapport nr. 2018/OBN221–NZ, Driebergen. 112 p.
- Weijters, M., A. van der Bij, R. Bobbink, R. van Diggelen, J. Harris, M. Pawlett, J. Frouz, A. Vliegthart & R. Vermeulen 2015. Praktijkproef heideontwikkeling op voormalige landbouwgrond in het Noordenveld. Resultaten 2011–2014. Rapport B–Ware Research Centre Nijmegen, Vlinderstichting Wageningen, Universiteit Antwerpen, Stichting WBBS Loon, Soil Institute of the Czech Academy of Sciences České Budějovice, Cranfield University. 144 pp. + Bijlagen.
- Weijters, M., R. Bobbink, E. Bohnen–Verbaarschot, B. Van de Riet, J. Vogels, H. Bergsma & H. Siepel 2018. Herstel van heide door middel van slow release mineralengift. Resultaten van 3 jaar steenmeelonderzoek. Rapport nr. 2018/OBN222–DZ, VBNE, Driebergen, 216 p.
www.natuurkennis.nl. Website Ontwikkeling + Beheer Natuurkwaliteit.