

Stikstof en natuurherstel

**Onderzoek naar een
ecologisch noodzakelijke
reductiedoelstelling
van stikstof**



Stikstof en natuurherstel
Onderzoek naar een
ecologisch noodzakelijke
reductiedoelstelling van stikstof

Dr. Ir. A.B. van den Burg, Stichting BioSFeer
Prof. Dr. F. Berendse, Emeritus Hoogleraar Wageningen University
Dr. H.F. van Dobben, Wageningen Environmental Research
Dr. Ir. J. Kros, Wageningen Environmental Research
Dr. R. Bobbink, Onderzoekcentrum BWARE
Prof. Dr. J. Roelofs, Onderzoekcentrum BWARE
B. Odé, Floron
Dr. C.A.M. van Swaay, Vlinderstichting
Ir. H. Sierdsema, Sovon
Dr. H.N. Siebel, Natuurmonumenten
Prof. Dr. Ir. W. de Vries, Wageningen University

Dit rapport is gepubliceerd in april 2021 door het Wereld Natuur Fonds,
in samenwerking met de auteurs en met steun van Natuurmonumenten.

ISBN/EAN: 978-90-74595-99-5

Fotografie: Arnold van den Burg (tenzij anders aangegeven)

Opmaak en vormgeving: Sjansen aan de Lek

Druk: Libertas Pascal



Foto voorpagina

De vliegendorchis is in Nederland een zeldzame wilde orchidee op kalkrijke bodems. De kleine bloemetjes trekken graafwespen aan, die in het bloempje een paringsbereide partner zien. Hierom hebben de bloemetjes schijnogen en fop-antennen en een blauwe vlek welke de weerkaatsing van licht op de vleugels weerspiegelt. Als de wespen met de bloem paren, bestuiven ze de plant. De vliegendorchis is echter ook een voorbeeld van een stikstofgevoelige soort, die zomaar de komende jaren zou kunnen verdwijnen uit Nederland. Om de natuurkwaliteit in Nederland weer op peil te brengen, zodat ook bijzondere soorten kunnen overleven, zal de stikstofdepositie moeten afnemen. De ecologische onderbouwing hiervan is het onderwerp van dit rapport.

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Verantwoording en dankwoord	4
Samenvatting	5
Leeswijzer	8
1 Inleiding	9
1.1 Aanleiding	9
1.2 Emissie- of depositiereductie als doel	11
1.3 Kritische depositiewaarden	11
1.4 Vraagstelling	12
2 Effecten van stikstof op natuurkwaliteit	13
2.1 Ecologische grenzen van natuurkwaliteit in relatie tot stikstof	13
2.2 De accumulatie van stikstof in natuurlijke ecosystemen	14
2.3 Ernstige bodemverzuring	16
2.4 Nutriëntengebrek en onbalans	16
2.5 Aantasting van de biodiversiteit	18
2.6 De rol van ammoniak en stikstofoxiden	19
2.7 Ecologische eindpunten van natuurherstel in relatie tot stikstof	20
2.8 Conclusies	20
3 De omvang van het probleem: stikstofgevoelige habitattypen en hun kritische depositiewaarden	21
3.1 Prioriteit en gevoeligheid van habitattypen	21
3.2 Selectie en arealen van gevoelige habitattypen	22
3.3 Populaties en oppervlakte geschikt leefgebied	24
3.4 Conclusies	26
4 Effecten van natuurherstelmaatregelen en de grenzen ervan	27
4.1 Maatregelen ter verbetering van de natuurkwaliteit	27
4.2 Afvoer van stikstof als herstelmaatregel	27
4.3 Maatregelen tegen de effecten van stikstof	29
4.4 Natuurherstelmaatregelen in relatie tot het halen van de KDW	30
4.5 Conclusies	32
5 Reductie doelstellingen: areaal onder kritische depositiewaarden	33
5.1 Vraagstelling en berekeningsmethode	33
5.2 Natura 2000-gebieden boven de KDW in relatie tot reducties in stikstofemissie	34
5.3 Conclusies	35
6 Conclusies en aanbevelingen	37
Naschrift	38
Literatuur	39
Annex I - Overzicht meegenomen habitattypen	43
Annex II - Berekeningsmethode	47
Annex III - Gevoeligheid voor al dan niet meenemen van leefgebieden	48



Voorwoord

We hebben de verantwoordelijkheid om onze Nederlandse natuur goed over te dragen aan de volgende generaties. Aantrekkelijke natuur met gezonde bos-, heide- en watersystemen, rijk aan biodiversiteit en soorten als vlinders, vogels en andere dieren. Daarvan is veel verdwenen als prijs voor de welvaart waarin we leven. Wat ons nu nog rest aan natuur heeft dringend aandacht nodig.

In de afgelopen jaren is de zorg voor de natuur te lang speelbal geweest van politieke tegenstellingen. Deze zorg voor natuurkwaliteit en biodiversiteit kan enkel slagen als het een volwassen stem krijgt en een heldere regie wordt gevoerd. Het voorliggende rapport levert daarvoor een belangrijke bijdrage.

Ongeveer 15% van het Nederlandse landoppervlak bestaat uit beschermd natuurgebieden. Grote delen daarvan worden ernstig bedreigd door veel te hoge concentraties stikstof. Te lang hebben we te weinig gedaan om het stikstofprobleem op te lossen. Met de Raad van State uitspraak van 29 mei 2019 is onontkoombaar vast komen te staan dat de natuurschade door stikstof nu in ernst aangepakt en opgelost moet worden.

Stikstof wordt nu door velen in de eerste plaats gezien als een probleem voor de economie, omdat het huizenbouw of wegenuitbreiding belemmert, en boeren dwingt tot maatregelen. De regering zoekt naar maatregelen die juridisch houdbaar zijn en zo min mogelijk belemmeringen opleveren voor de economische ontwikkeling.

Dit gaat voorbij aan de oorsprong van het probleem: het verlies van natuur en biodiversiteit door aantasting van de luchtkwaliteit. Dit werkt door in de kwaliteit van bodem en water. De risico's van de aantasting van onze leefomgeving kunnen nauwelijks overschat worden: het vormt op termijn een bedreiging voor de gehele samenleving. Biodiversiteit en gezonde bodem, water en lucht zijn onlosmakelijk van elkaar afhankelijk. En het is ook een ernstige bedreiging voor de landbouw vanwege het verlies aan bodemgezondheid, bestuiving van gewassen door insecten en natuurlijke plaagbestrijding.

De Commissie Remkes (adviescollege Stikstofproblematiek) was de eerste die adviseerde om de natuurdoelen centraal te stellen. In het eindadvies van de commissie wordt geadviseerd de stikstofemissies in 2030 met minimaal 50%

te reduceren. Met een emissiereductiedoel van minstens 50% wordt bij 75% van de natuurwaarden de depositie tot een veilig niveau gebracht.

We hebben wetenschappelijke kennis nodig om de natuurschade te kunnen begrijpen. Zonder kennis van de ernst en omvang van de natuurschade door stikstof ontbreekt een wetenschappelijke basis voor het stikstofreductiebeleid. Zonder kennis over de ecologische taakstelling zal onzekerheid het stikstofdebat blijven beheersen.

De Nederlandse wetenschap op het terrein van ecologische effecten van stikstof staat internationaal hoog aangeschreven. Dat kan niet verbazen als we ook weten dat in Nederland de stikstofproblemen decennia geleden als eerste werden gesignaleerd en hier nog steeds verreweg de hoogste stikstofconcentraties van Europa optreden. Met de wetenschappelijke publicaties van kritische depositiewaarden staat vast dat veel habitattypen ernstig worden overbelast. Met de kennis van de kritische depositiewaarden is echter nog geen antwoord gegeven op de vraag met welke reductietaakstelling we aan de slag moeten gaan in de Nederlandse situatie, waarbij de kritische depositiewaarden al sinds vele decennia ernstig worden overschreden. Wat betekent die erfenis voor het herstelvermogen van de natuur?

Met het voorliggende rapport wordt die vraag alsnog beantwoord. Belangrijke subvraag: wat zijn realistische verwachtingen van herstelmaatregelen om de stikstofschade in de natuurgebieden te beperken?

Met dit rapport wordt voorzien in een belangrijke leemte in het debat over stikstof. Het is een belangrijke bijdrage aan een beter inzicht in het belang van de stikstofreductie in relatie tot natuurkwaliteit.

Met duidelijkheid over de - wettelijk verplichte - taakstelling voor het behoud van natuurkwaliteit en biodiversiteit kan bestuurders en ondernemers de gewenste zekerheid worden geboden ten aanzien van de (ecologische) effecten van hun te voeren beleid. Hierdoor kan stikstof op termijn uit het juridisch moeras getrokken worden.

Louise Vet
Jan Willem Erisman
Valentijn Wösten

Verantwoording en dankwoord

Dit rapport is tot stand gekomen in het vervolg op een bijeenkomst te Utrecht op 24 juli 2020 van een deel van de bij dit rapport betrokken auteurs. Aanleiding voor die bijeenkomst is geweest het bespreken van het eindadvies van het Adviescollege Stikstofproblematiek (de commissie Remkes). In het eindadvies van het adviescollege moest een belangrijke leemte worden vastgesteld op het onderdeel ecologie. Gemist werd een goede ecologisch-wetenschappelijke onderbouwing voor de gestelde stikstofreductieambitie en de daaraan gekoppelde (on)mogelijkheden van natuurherstel. Hierop is besloten in die omissie te voorzien. Dit heeft geleid tot de voorliggende wetenschappelijke publicatie.

De auteurs bedanken Jan Cees Voogd voor zijn hulp bij de doorrekeningen.



Samenvatting

De natuurkwaliteit in Nederland staat ernstig onder druk, doordat er veel leefgebied verloren is gegaan door intensivering van landbouwmethoden en bebouwing. Ook de kwaliteit van natuurgebieden is in veel gevallen sterk verslechterd. Een van de grote oorzaken van deze achteruitgang is de overmatige aanwezigheid van stikstofverbindingen.

Uitspraak Raad van State

De Raad van State gaf op 29 mei 2019 in een uitspraak aan dat het PAS (Programma Aanpak Stikstof) niet als basis mag worden gebruikt voor het verlenen van toestemming voor activiteiten die stikstof uitstoten. De natuurschade vanwege stikstof kwam daarmee opnieuw prominent op de Nederlandse politieke agenda te staan. Door de PAS-uitspraak moeten schadelijke effecten van projecten op voorhand worden uitgesloten. Conform de eisen in de Vogel- en Habitatrichtlijn mag de natuurkwaliteit niet verder achteruitgaan en het streven moet zijn om een goede staat van instandhouding te bereiken van soorten en habitattypen.

Doel van dit rapport

Om stikstofgevoelige natuurwaarden te kunnen behouden en herstellen moet de uitstoot van stikstof omlaag en zullen aanvullend natuurherstelmaatregelen moeten worden uitgevoerd. Maar hoeveel de uitstoot moet verminderen en hoe effectief de herstelmaatregelen zijn, daarover bestaat nog veel onduidelijkheid. Zeker is wel dat te lang wachten met het terugbrengen van de uitstoot zal leiden tot nog grotere schade waarbij nog meer soorten zullen verdwijnen.

Zonder vaststelling van de ecologische randvoorwaarden is een besluit op basis van een integrale afweging van zowel natuur- als economische belangen niet mogelijk. In dit rapport geven we een overzicht van de mogelijkheden om met natuurherstelmaatregelen de natuurkwaliteit te verbeteren of te behouden, waarbij we duidelijk maken dat die maatregelen de effecten van stikstofdepositie meestal niet kunnen mitigeren. Daarnaast geven we op basis van doorrekeningen aan welke reductie van stikstofemissie op welke termijn nagestreefd moet worden om kwetsbare habitattypen en soorten te behouden. Dit rapport geeft hiermee invulling aan de omissie in de belangenafweging en dient als zodanig als handreiking aan het landsbestuur.

Stikstof en de staat van de natuur

Voor sommige planten, schimmels en dieren zijn ammoniak en in mindere mate stikstofoxiden bij hoge concentraties schadelijk dan wel giftig. Veel andere soorten en hele ecosystemen hebben vooral te lijden onder de verzurende en vermestende werking van stikstofverontreiniging.

Zowel het huidige niveau van stikstofdepositie als de geaccumuleerde stikstof van de voorbije decennia ondermijnen het functioneren van stikstofgevoelige ecosystemen, waardoor gedegenereerde landschappen en leefgemeenschappen zijn ontstaan. Veel plantensoorten zijn verdwenen als gevolg van stikstofovermaat en verlies aan kalium, magnesium en calcium door bodemverzuring. Hierbij komt dat planten ook verdwijnen door veranderde concurrentieverhoudingen tussen soorten, waardoor in veel gevallen slechts enkele soorten de van oorsprong soortenrijke vegetaties zijn gaan domineren. In Nederland zijn de afgelopen decennia ca. 400 plantensoorten, die karakteristiek zijn voor voedselarme milieus, sterk afgenomen of zelfs verdwenen, zoals rozenkransje of valkruid. Ook veel diersoorten zijn in de gevarezone gekomen, omdat de planten waarmee ze zich voeden zijn verdwenen of omdat de voedselkwaliteit van de planten sterk is afgenomen. Ze bevatten bijvoorbeeld te weinig calcium of eiwit. Zo hebben vlinders (bijvoorbeeld kleine heivlinder, veenbesblauwtje) en vogels (bijvoorbeeld duinpieper en paapje), met name als gevolg van stikstofdepositie te lijden onder veranderingen in de vegetatiesamenstelling, vergrassing, het dichtgroeien van vegetaties en een slechte voedselkwaliteit voor de rupsen (vlinders) dan wel een afname van insectenaantallen (als voedsel voor vogels).

De Habitatrichtlijn verplicht Nederland om 81 expliciet benoemde plant- en diersoorten te beschermen. Maar op dit moment kent nog maar een kwart van deze soorten een gunstige staat van instandhouding. En van de soorten die vallen onder de Vogelrichtlijn vertoont nog ruim een derde een negatieve trend. Van de habitattypen van de Habitatrichtlijn verkeert circa 90% in een matige tot zeer ongunstige staat van instandhouding. Vaak is er een duidelijk verband met veranderingen in de stikstofhuishouding die de afgelopen decennia hebben plaatsgevonden, hoewel ook andere factoren een rol spelen.

In de cascade van effecten die zich als gevolg van voortdurende te hoge stikstofdepositie voordoen, zitten we in

de laatste fase, welke wordt gekenmerkt door ernstige bodemverzuring, verhoogde nitraatuitspoeling naar het grondwater en biodiversiteitsverlies op grote schaal. Voor elk habitatype is een kritische depositiewaarde (KDW) bepaald: deze waarden kunnen beschouwd worden als die depositiewaarden waarboven er een gerede kans bestaat op negatieve ecologische effecten. De KDWs worden nog op ca. 75% van de Natura 2000-gebieden overschreden en zonder een aanzienlijke verlaging van de stikstofdepositie, zal de natuurkwaliteit nog verder afnemen en zullen soorten verdwijnen. Ecosystemen, met bijbehorende biodiversiteit, moeten weer ecologisch duurzaam kunnen functioneren, zonder schadelijke effecten van verzuring en vermisting en de noodzaak voor telkens herhaalde herstelmaatregelen. Reductie van de ammoniakemissies is voor de natuurkwaliteit zwaarwegender vanwege de toxische effecten van ammoniak en ammonium, maar stikstofoxiden dragen evenveel bij aan de verzurings- en vermistingsproblematiek.

Hoeveel areaal beschermen tegen te hoge stikstofdepositie?

Voor de droge habitattypen of natte habitattypen die door regenwater worden gevoed, geldt dat afname van de depositie cruciaal is voor het bereiken van een gunstige staat van instandhouding. In totaal beslaan deze habitattypen ongeveer 30% van het totaal areaal stikstofgevoelige habitats in Nederland. Herstel van de milieukwaliteit is hier van doorslaggevend belang, omdat populatieherstel en herintroductie alleen mogelijk zijn als de overleving en voortplanting van dieren voldoende zijn gewaarborgd met adequate abiotische randvoorwaarden. In lijn met het advies van het Adviescollege Remkes zou op korte termijn 75% van het areaal van deze habitattypen onder de KDW gebracht moeten worden, om verdere schade te voorkomen. Waar het Adviescollege Remkes dit betrok op alle habitattypen wordt het in dit rapport verder toegespitst op de prioritair en zeer stikstofgevoelige habitattypen, waarvoor andere mitigerende maatregelen uiterst beperkt zijn (of zelfs niet bestaan).

De (on)mogelijkheden van herstelmaatregelen

Naast reductie van de stikstofdepositie zijn ook herstelmaatregelen noodzakelijk voor het behoud en herstel van de biodiversiteit. In natte systemen kunnen waar mogelijk maatregelen ter verbetering van de hydrologie direct worden ingezet. De negatieve effecten van stikstofdepositie kunnen voor een deel worden gemitigeerd met gebufferd grondwater.

Voor de effecten van stikstof-accumulatie zijn er in droge, stikstofgevoelige habitattypen geen herstelmaatregelen die alle negatieve effecten van extra stikstof uitsluiten, als de KDW wordt overschreden. Het met organisch materiaal afvoeren van stikstof door bijvoorbeeld afplaggen, leidt namelijk ook tot afvoer van waardevolle voedingsstoffen, zoals fosfor, kalium, magnesium en calcium, die als gevolg van verzuring toch al sterk zijn afgenomen. Maatregelen die gericht zijn op het tegengaan van verzuring als gevolg van stikstofdepositie, zoals de toepassing van steenmeel en kalk, bieden weer geen oplossing voor de nadelige effecten van stikstofovermaat.

Op de droge zandgronden, die erg gevoelig zijn voor stikstofdepositie, is ecosysteemherstel daarom pas goed mogelijk als er al een sterke reductie van de stikstofdepositie (tot onder de KDW) heeft plaatsgevonden. Herstelmaatregelen zijn dan nog zeker nodig, omdat ecosystemen zich niet vanzelf zullen herstellen en zelfs met herstelmaatregelen zal het vaak nog tientallen jaren kosten om de biodiversiteit weer op het vereiste niveau te krijgen. In de tussentijd kan de nadruk liggen op noodmaatregelen die het verdere verlies van soorten beperken en experimentele maatregelen waarvan we kunnen leren hoe we de natuur zo goed mogelijk herstellen als de stikstofkraan voldoende is dichtgedraaid. Maar herstelmaatregelen geven geen juridische ruimte om het sterk reduceren van de stikstofemissies uit te stellen, zoals onder het PAS gebeurde.

Hoeveel en hoe snel de emissie reduceren?

Gegeven het feit dat reductie van de emissie de enige manier is om de natuurkwaliteit te beschermen tegen de schadelijke effecten van stikstof en ook juridische en maatschappelijke zekerheid biedt, op welke emissiereductie zou dan moeten worden aangestuurd en met welk tijdsplan is dan mogelijk? De snelheid van de afname van de depositie zou op basis van de staat waarin de natuur verkeert zo snel mogelijk moeten zijn.

In totaal 50% reductie (zoals beoogd in 2035 in het huidige wetsvoorstel) geeft nog altijd 40% overschrijding (in hectaren) van de KDW voor de geselecteerde prioritair en zeer gevoelige habitats waar de ecologische problemen het grootst zijn. Om de biodiversiteit te beschermen is dit overschrijdingspercentage te hoog, ook omdat de betreffende habitats nu veelal in slechte staat verkeren en veel soorten strikt afhankelijk zijn van deze habitattypen. Verder levert verdere emissiereductie nog hoge natuurwinst op (in termen van hectaren onder KDW). Bij ongeveer 70% emissiereductie ligt ca 25% van het areaal aan

geselecteerde prioritaire en zeer gevoelige habitats nog boven de KDW. Voorbij dit punt is vooral nog natuurwinst te behalen door verdere reductie van emissie buiten de landsgrenzen.

Ook via een andere berekeningsmethode waarbij op korte termijn een overschrijdingspercentage van de KDW van ca 25-75% wordt toegestaan op het volledige areaal van de geselecteerde prioritaire en zeer gevoelige habitat-typen, blijkt dat reducties van 50-70% nodig zijn. Op grond van het bovenstaande adviseren we voor de periode tot 2035 dan ook een emissiereductie met 70% en ten minste 50% in 2030, zoals ook in het advies van het adviescollege Remkes is aangegeven. Zelfs bij deze reductie zullen waarschijnlijk nog aanzienlijke verdere biodiversiteitsverliezen plaatsvinden, zodat het belangrijk is deze termijn te verkorten wanneer hiertoe mogelijkheden zijn.

Op langere termijn (2050) zou er geen natuurschade meer mogen optreden als gevolg van stikstof en moet de depositie overal onder de KDW liggen. Na het behalen van de hier aangegeven doelen voor 2030 – 2035 zou het beleid zich moeten richten op grotere reducties in het buitenland, waardoor het areaal Natura 2000-gebieden onder de KDW in Nederland de 100% kan benaderen.

Conclusies en aanbevelingen

Op grond van de beschreven onderzoeksresultaten komen we tot de volgende conclusies en aanbevelingen:

- 1 Stikstofgevoelige natuur bevindt zich op dit moment in slechte staat, mede als gevolg van de geaccumuleerde te hoge stikstofdepositie en de beperkte effecten en mogelijkheden van natuurherstelmaatregelen. In natte natuurgebieden is veel mitigatie mogelijk met hydrologisch herstel, maar in droge natuurgebieden hebben mitigerende maatregelen tegen stikstof ongunstige bijwerkingen. De PAS-natuur herstelstrategieën zijn dan ook niet opgesteld om de effecten van stikstof (volledig) te mitigeren en kunnen derhalve ook niet hiervoor ingezet worden, zeker niet in droge natuurgebieden. Op dit moment blijven echter noodmaatregelen nodig om verder biodiversiteitsverlies te voorkomen en de PAS-natuur 'herstel' strategieën kunnen hierin leidend zijn.
- 2 Om de risico's op verdere natuurschade en verlies van biodiversiteit te beperken zou de depositie op ten minste 75% van de hectaren stikstofgevoelige prioritaire en zeer gevoelige habitattypen zo snel mogelijk onder de KDW gebracht moeten worden. Dit is te bereiken met een nationale emissiereductie van 70%.

Wat betreft de snelheid waarmee 70% emissiereductie bereikt kan worden, sluiten we ons aan bij het advies van het Adviescollege Remkes: 50% emissiereductie in 2030, en een emissiereductie van 70% in 2035. Om nagenoeg 100% van de hectaren onder de KDW te krijgen, (tussen de jaren 2035 en 2050), zijn we vooral afhankelijk van emissiereductie in het buitenland.

Leeswijzer

Hoofdstuk 1 behandelt de aanleiding voor het schrijven van dit rapport: het leveren van een ecologisch fundament onder het te voeren stikstofbeleid, in samenhang met de natuurherstelstrategieën. Ook wordt in dit eerste hoofdstuk besproken hoe we omgaan met emissie- vs. depositie-reductie en de kritische depositiewaarden als ijkpunten voor het te voeren beleid. In Hoofdstuk 2 beschrijven we hoe de natuurkwaliteit door stikstofdepositie wordt aangetast, waardoor ingrijpen noodzakelijk is geworden. Tevens geeft dit de ecologische doelen aan van het te voeren stikstofbeleid. De mate waarin habitattypen en soorten te lijden hebben onder stikstofdepositie is weergegeven in Hoofdstuk 3. Hieruit volgt ook een depositiereductie-doelstelling voor de prioritair en zeer gevoelige habitattypen. Behalve stikstofemissiereductie zet het huidige beleid ook sterk in op de implementatie van natuurherstelmaatregelen. De mogelijkheden en beperkingen hiervan worden besproken in Hoofdstuk 4. Hoofdstuk 5 is gewijd aan de doorrekening van de benodigde emissiereductie voor het halen van het doel zoals vastgesteld in Hoofdstuk 3. Hoofdstuk 6 sluit af met de conclusies en aanbevelingen. De bijlagen geven inzicht in de problematiek van de meegenomen habitattypen (Annex I), de berekeningsmethoden behorend bij Hoofdstuk 5 (Annex II), en het al dan niet meenemen van leefgebieden in de berekeningen van Hoofdstuk 5 (Annex III).



1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De natuurkwaliteit in Nederland staat ernstig onder druk (Nederlandse rapportage aan de Europese Commissie 2019, WNF 2020). Veranderd landgebruik heeft hieraan bijgedragen. Het gaat dan bijvoorbeeld om intensivering van landbouwkundig gebruik of bebouwing, waardoor veel habitat is vernietigd. Maar ook de kwaliteit van natuurgebieden is in veel gevallen dermate verslechterd dat de biodiversiteit hard achteruit is gegaan. Oorzaken hiervoor zijn samen te vatten in zogenaamde 'Ver'-factoren: vermisting, verzuring, verdroging en vergiftiging.

In de afgelopen decennia zijn successen behaald met het terugdringen van de depositie van zwavelverbindingen (clo.nl/nl018325) en de fosfaatgehalten in huishoudelijk afvalwater (clo.nl/nl015222), maar toch zijn de reeds behaalde resultaten van milieumaatregelen onvoldoende gebleken om het verlies van biodiversiteit te stoppen (o.a. WNF 2020).

Een groot probleem dat in veel natuurgebieden nog steeds optreedt, is de overmatige toevoer van reactief stikstof (NO_x , zoals stikstofdioxide en nitraat en NH_y , zoals ammoniak en ammonium). Voor sommige soorten is een overmaat van één vorm van reactief stikstof giftig, maar veel andere soorten en hele ecosystemen hebben vooral te lijden onder de verzurende en vermistende werking van deze verontreiniging (o.a. Landschap, 2017). Het functioneren van ecosystemen raakt dermate verstoord dat soorten zich niet kunnen handhaven. Stikstofoverschotten in het milieu zijn overigens niet alleen een Nederlands probleem, want ze doen zich voor in grote delen van Europa, maar de situatie in Nederland is in de Europese context extreem te noemen (Fig. 1).

De Raad van State deed op 29 mei 2019 uitspraak over het PAS (Programma Aanpak Stikstof) en veegde daarmee dat beleid van tafel. De natuurschade als gevolg van stikstof kwam daarmee opnieuw prominent op de Nederlandse politieke agenda te staan. Er heerst echter politieke

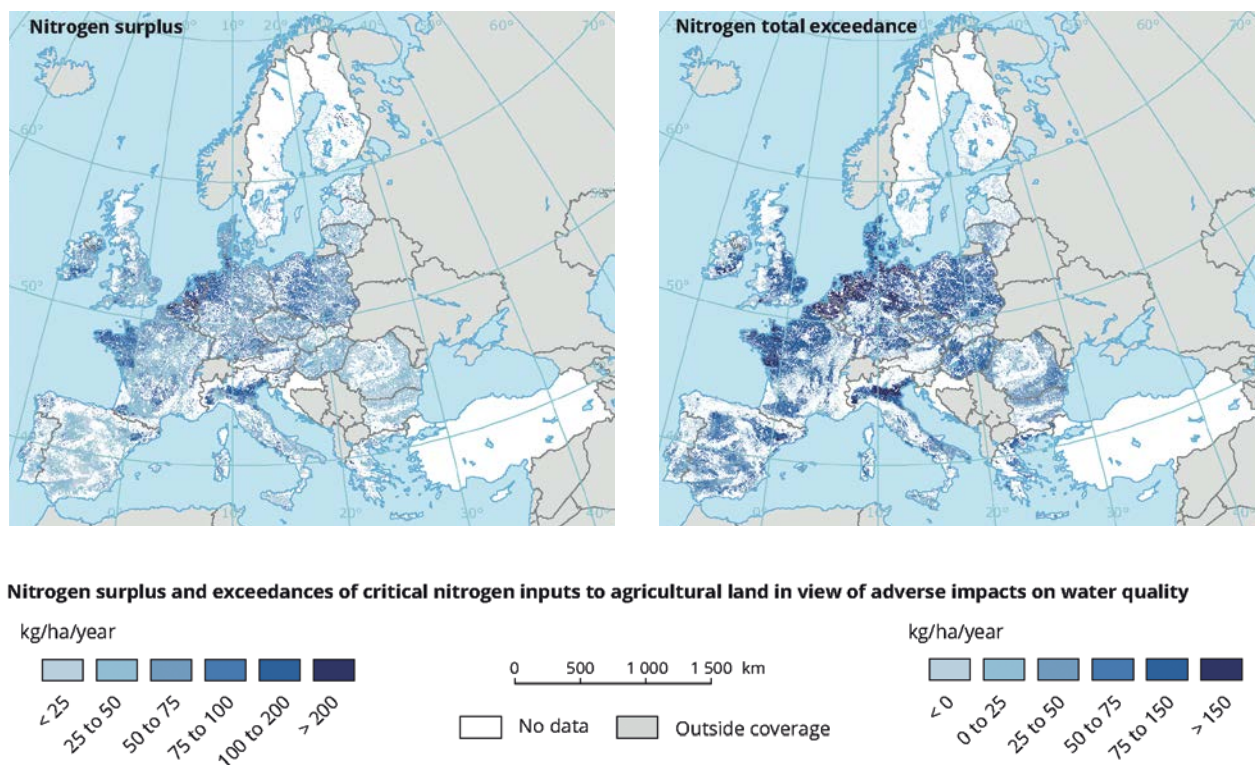
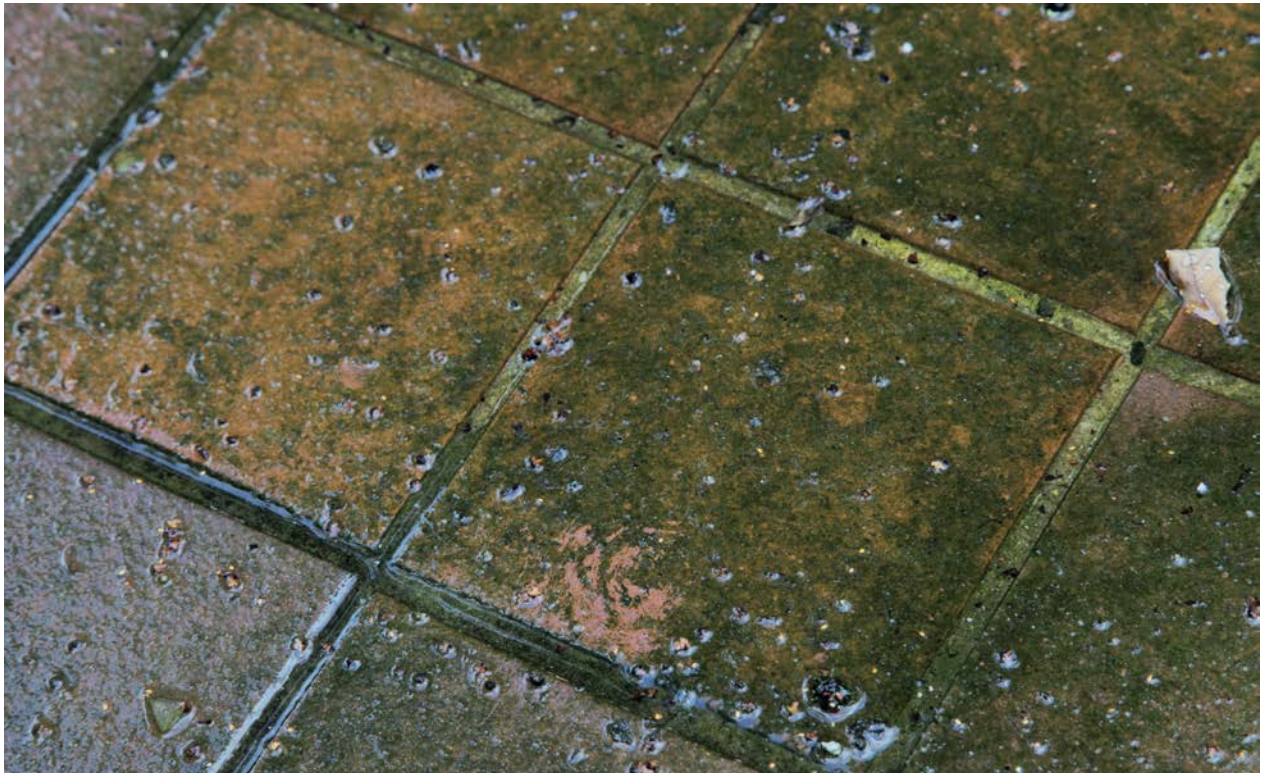


Fig. 1. Geschat stikstofoverschot (de balans tussen bemesting en depositie enerzijds en opname door planten en vastlegging anderzijds) in Europa in 2010 (links); rechts de mate van overschrijding van kritische stikstofgiften op landbouwgrond waarbij negatieve effecten op de waterkwaliteit optreden (European Environment Agency 2019). De situatie in Nederland is extreem binnen Europa.



Stikstof is een meststof welke door het promoten van algengroei ervoor zorgt dat tegel- en houtwerk snel groen worden.

onduidelijkheid over de ecologisch minimaal noodzakelijke emissie- en depositiereductie om de stikstofgevoelige natuurwaarden te kunnen behouden of te kunnen herstellen. Hiernaast bestaat in politiek en bestuur vaak geen goed beeld van de beperkingen van natuurherstelmaatregelen in een groot aantal habitattypen. Ten onrechte is er soms het beeld dat alle effecten van stikstof met behulp van (PAS-) natuurherstelmaatregelen teniet zijn te doen of op voorhand zijn uit te sluiten, zoals voor nieuwe projecten is vereist conform de uitleg van de Habitatrictlijn door het Europees Hof van Justitie.

De belangrijkste overweging voor de Raad van State om tot hun PAS uitspraak te komen, was dan ook het niet op voorhand kunnen uitsluiten van natuurschade op Natura 2000-habitattypen binnen het PAS. In het PAS-dossier ontbrak een onderzoek naar de ecologisch noodzakelijke agenda van de depositiereductie. Ook als onderdeel van de in april 2020 door de minister bekend gemaakte Structurele Aanpak Stikstof ontbreekt een onderzoek naar de ecologisch noodzakelijke maatregelen en het tijdsbestek waarbinnen deze maatregelen moeten worden uitgevoerd om verdere verliezen van kwaliteit en oppervlak van beschermde habitats te voorkomen. Op Nederland rust echter de Europeesrechtelijke plicht de Natura 2000-waarden in een goede staat van instandhouding te brengen en te houden (artikelen 6 lid 1 en lid 2 Hrl). Het tijdspad om

dat doel te realiseren wordt ingeperkt door het verliesrisico van de beschermde Natura 2000-natuurwaarden als gevolg van te langzaam ingrijpen c.q. een te lang blijven voortduren van een te hoge stikstofdepositie. De politiekmaatschappelijke behoefte aan rechtszekerheid over vergunningbesluitvorming is zeer groot. De Habitatrictlijn laat niet toe dat Natura 2000-waarden onomkeerbaar verloren gaan. Zicht op een juridisch en ecologisch solide aanpak van de stikstofproblematiek is daarom noodzakelijk. Het stikstofprobleem moet nu echt opgelost worden.

De Wet natuurbescherming (Wnb) geeft in Nederland invulling aan de Europese Habitatrictlijn en ziet primair toe op natuurbelangen en instandhouding van de natuurkwaliteit. Om aan de wettelijke eisen te kunnen voldoen, is de best beschikbare wetenschappelijke kennis nodig over de ecologisch noodzakelijke emissie- en depositiereductie. Deze kennis is noodzakelijk voor de regering om het te voeren reductiebeleid te kunnen bepalen op basis van een integrale afweging van alle betrokken belangen, waaronder natuurlijk de betrokken natuur- en economische belangen. Zonder vaststelling van de ecologische randvoorwaarden is een besluit op basis van een integrale afweging van alle betrokken belangen nauwelijks mogelijk. Dit rapport geeft invulling aan deze omissie in de belangenafweging en dient als zodanig als handreiking aan het landsbestuur.

1.2 Emissie- of depositiereductie als doel

De potentiële ecologische effecten van stikstof worden doorgaans, en ook in dit rapport, in verband gebracht met de depositiewaarden. Immers, niet de hoeveelheid geëmitteerde stikstof is doorslaggevend voor de ecologische gevolgen, maar de depositie daarvan op de natuurterreinen. Daarom is het logisch het doel van beleid uit te drukken in te realiseren depositiereductie, zoals we ook in dit rapport zullen doen. De reductietaakstelling van de depositie zal zich echter moeten richten op de bronnen, waarvan de uitgestoten stikstofverbindingen zich over meer dan honderd kilometer kunnen verspreiden (www.rivm.nl/stikstof/vragen-en-antwoorden-over-stikstof-en-ammoniak, Gies et al. 2019) en waarbij het om miljoenen emissiepunten gaat. Daarom spreekt met vaak van een 'stikstofdeken' over Nederland. In bestuurlijke stukken wordt vaak gesproken van emissie reductiedoelstellingen, maar dit is niet het doel op zich. In dit rapport koppelen we de beschikbare middelen (emissiereductie en natuurherstelmaatregelen) aan het doel: ecologisch duurzaam herstel van de natuurkwaliteit en biodiversiteit.

1.3 Kritische depositiewaarden

In dit rapport houden we als 'veilige' stikstofdosis de voor de habitattypen vastgestelde kritische depositiewaarden (afgekort als KDW) aan (Van Dobben et al. 2012). Aan de KDW's liggen vooral gegevens uit additie experimenten ten grondslag, die leiden tot KDW-ranges per EUNIS natuurtipe (het Europese systeem voor de indeling van ecosystemen). Deze zijn geïntegreerd met gesimuleerde KDW's per vegetatietipe - bodemtype combinatie (Van Dobben et al. 2006). Die integratie heeft plaatsgevonden door vertaling van vegetatie- en EUNIS typen naar habitattypen, en middeling van de KDW's over bodemtypen en vegetatietypen. Deze procedure leidt tot unieke KDW's per habitattipe en leefgebied, die zodanig zijn vastgesteld dat ze altijd binnen de empirische range vallen (Van Dobben et al. 2012). Dit is zo gedaan omdat er over de empirische ranges een brede internationale consensus bestaat (Bobbink & Hettelingh 2011). De Nederlandse KDW's zijn dus een verbijzondering van de Europese waarden, en kunnen beschouwd worden als die depositiewaarden waarboven er een gerede kans bestaat op negatieve ecologische effecten (voor habitattypen vooral met betrekking tot vegetatiekenmerken). Internationaal zullen



Uitbundige groei van slijmalgen over stuifzandvegetaties als gevolg van stikstofdepositie zorgt ervoor dat onderliggende planten afsterven. Zelfs op droge zandbodems lijkt het alsof er water blijft staan, maar dit is allemaal slijm welke door de algen wordt geproduceerd.

de KDW's eind 2021 herzien worden en de verwachting is dat er vooral bijstelling naar beneden zal plaatsvinden. We beschouwen in dit rapport de KDW's als onderbouwde richtpunten voor het beleid en niet als ecologische kantelpunten voor de kwaliteit van habitattypen of leefgebieden. De KDW's zijn dus niet de maatstaf waarbij de instandhouding van individuele soorten absoluut gegarandeerd kan worden.

Omdat stikstof in ecosystemen kan accumuleren en de bijkomende effecten ervan op verzuring ook sterker worden naarmate de blootstelling aan verzurende depositie langer aanhoudt (Bobbink & Lamers 1999, Bergsma et al. 2018), moet, zolang de KDW (sterk) overschreden wordt, de toegestane jaarlijkse depositie eigenlijk telkens naar beneden bijgesteld worden. Ook hiermee houden we in beginsel geen rekening in dit rapport, maar het is wel een belangrijk gegeven dat we meenemen bij de interpretatie van onze uitkomsten, omdat dit een belangrijke reden is dat er nu snel moet worden opgetreden tegen overmatige stikstofdepositie.

1.4 Vraagstelling

De hoofdvraag van dit rapport is welke afname van stikstofdepositie er nodig is om de natuurkwaliteit van stikstofgevoelige habitattypen duurzaam te behouden en te herstellen, gegeven de huidige staat van de natuurgebieden en de herstelmaatregelen die kunnen worden getroffen. Herstel is daarbij een hogere ambitie dan be-

houd, ofwel het voorkómen van verdere aantasting (bij overschrijding van de KDW), maar ook deze laatste ambitie vereist reeds reductie in stikstofdepositie, omdat bij langdurige overschrijding van de KDW verdere achteruitgang als gevolg van accumulatie effecten nog steeds kan optreden. Dit is zeker het geval wanneer de te hoge depositie lange tijd aanhoudt en er geen vlak-dekkend beheer is welke de in de tijd accumulerende effecten voorkomt en zelf geen schade aan de natuurlijke kenmerken van het habitatype toebrengt. Dus, om projecten met stikstofemissie te vergunnen, moet, op termijn, de natuurkwaliteit duurzaam op orde zijn (wat dit is, wordt op hoofdlijnen nader verkend in dit rapport). Dit wordt ook vanuit de Habitatrichtlijn verlangd, zij het dat voor het bereiken van een gunstige staat van instandhouding voor habitattypen en soorten geen *deadline* is gesteld in deze richtlijn.

Hieruit volgt dat de factor 'tijd' een verdere uitwerking van de hoofdvraag behoeft. Veel habitattypen zijn in dermate slechte staat (Vogel- en Habitatrichtlijn rapportage 2019) dat we, naast wat er al verloren is gegaan, ook de komende periode nog veel natuurwaarden dreigen te verliezen. Voorbeelden van habitattypen die dit betreffen zijn de Oude eikenbossen (Lucassen et al. 2014) en de nagenoeg verdwenen intacte vegetaties van Heischrale graslanden (o.a. Bobbink et al. 2017). Een tweede vraag van dit rapport is dus binnen welke termijn welke reductie-ambitie gerealiseerd zou moeten worden om het verlies van natuurwaarden te stoppen. De derde vraag van dit rapport is welke emissiereductiedoelstelling hoort bij de vereiste afname van de depositie.

2 Effecten van stikstof op natuur kwaliteit

2.1 Ecologische grenzen van natuurkwaliteit in relatie tot stikstof

Sinds de jaren tachtig van de 20ste eeuw bestaat er wetenschappelijke consensus dat te hoge niveaus van stikstofdepositie schadelijk zijn voor natuur. Onder invloed van stikstof treden vermessing, verzuring en directe toxiciteit op. In Nederland zijn de afgelopen decennia ca. 400 plantensoorten die karakteristiek zijn voor voedselarme milieus, sterk afgenomen of zelfs verdwenen (Tamis et al., 2005). Ook in de analyse van de Rode Lijst (Sparrius et al. 2014) komt duidelijk naar voren dat soorten van meest voedselarme milieus afnemen en die van voedselrijke juist toenemen. Er zijn kritische depositiewaarden vastgesteld waarboven de kans groot is dat natuurschade zal ontstaan (Van Dobben et al. 2012). Deze schade is ernstiger naarmate de KDW in grotere mate en/of langduriger wordt overschreden. De huidige situatie in Nederland is dat gedurende de voorbije decennia de KDW op veel habitattypen en locaties al ruimschoots overschreden werd en dat dit nu nog steeds het geval is. Hoewel de

mate van overschrijding gemiddeld is afgenomen sinds de jaren 1990 (maar stabiel is sinds de beginjaren 2000; clo.nl/018918), leidt de huidige ruime mate van overschrijding tot steeds verdere aantasting van tal van Nederlandse natuurterreinen (o.a. Bergsma et al. 2018). De verschillende routes die leiden tot aantasting van de natuurkwaliteit door stikstofdepositie zijn grafisch samengevat in het Living Planet Report van het Wereld Natuur Fonds (2020; p. 77) (zie ook Nijssen et al. 2017).

Effecten van stikstofdepositie zijn in een aantal habitattypen nu dermate ernstig dat natuurlijk herstel zonder ingrijpende maatregelen niet meer mogelijk is (Bobbink et al. 2017, Bergsma et al. 2018). Deze maatregelen worden ingrijpender naarmate de (ruime) overschrijding van de KDW langer voortduurt en de aantasting blijft toenemen. Dat we in deze slechte staat van natuurkwaliteit van de betreffende habitattypen zijn terecht gekomen (rapportage Vogel- en Habitatrichtlijn 2019) impliceert dat we al veel natuurlijke kenmerken van deze habitattypen verloren hebben en veel van de biodiversiteit die typerend is voor deze habitattypen zijn kwijtgeraakt.



Bossen vangen relatief veel luchtvervuiling in: dat is goed voor de luchtkwaliteit, maar maakt bossen wel gevoelig voor schadelijke effecten van een overmaat aan stikstof.

Het is niet zo dat er door aantasting van gebieden door stikstofdepositie simpelweg 'andere' natuur ontstaat. Fundamentele ecologische processen in een aantal habitattypen zijn inmiddels dermate verstoord geraakt dat natuur hier plaats heeft gemaakt voor sterk aangetaste, niet meer als habitattypen kwalificerende landschappen waarin veel minder planten en dieren (zowel soorten als aantallen) kunnen leven (o.a. Landschap 2017). Het verhelpen van deze fundamentele ecologische knelpunten is noodzakelijk voor natuurherstel. Hieronder beschrijven we kort de processen in natuurlijke ecosystemen die sterk worden beïnvloed door veranderingen in atmosferische stikstofdepositie. Sommige van de veranderingen die in natuurlijke ecosystemen hebben plaatsgevonden, kunnen niet uit zichzelf herstellen nadat de stikstofdepositie sterk is teruggebracht. De vraag is dan of aanvullende maatregelen wel kunnen leiden tot herstel van de oorspronkelijk aanwezige biodiversiteit (H4). Veel van de relevante processen houden onderling verband met elkaar, maar ter wille van het overzicht willen we toch enkele van de zwaarwegende knelpunten los van elkaar bespreken.



Bodemverzuring (rechts, referentie links) leidt tot een anders functionerende bodem, met een andere humusgelaagdheid (donkere laag onderin het humusprofiel), waarmee ook eigenschappen van ecosystemen veranderen. Dergelijke processen zijn niet vanzelf omkeerbaar.

2.2 De accumulatie van stikstof in natuurlijke ecosystemen

Na de Tweede Wereldoorlog is de atmosferische stikstofdepositie in Nederland (en geheel West-Europa) sterk toegenomen als gevolg van intensivering van de landbouw, toename van het verkeer en verdere industrialisering (Fig. 2a; Berendse et al. 2021). Eind jaren zeventig tot begin jaren negentig bereikte de stikstofdepositie in Nederland extreem hoge waarden, waarna een daling plaatsvond als gevolg van aangescherpt beleid, onder meer door de ingevoerde MINAS-mineralenboekhouding die agrarische bedrijven moesten bijhouden. Na 2005 zien we een stagnatie van deze positieve ontwikkeling. Deze stagnatie is zichtbaar zowel in de veranderingen in atmosferische stikstofdepositie als in de ammoniakconcentraties die door het RIVM gemeten worden in de atmosfeer. Gemiddeld bestaat ca. 65% van de gemeten en gemodelleerde stikstofdepositie uit ammonium, grotendeels afkomstig uit de Nederlandse veeteelt en (voor ongeveer 1/3) uit het buitenland.

De planten en micro-organismen in voedselarme ecosystemen zijn sterk aangepast aan milieus met een zeer lage input van stikstofverbindingen. Deze soorten zijn in staat om alle stikstof die het ecosysteem binnenkomt op te nemen en vervolgens vast te leggen in levende biomassa

en organische stof in de bodem. Deze aanpassing is voor veel organismen van levensbelang onder stikstofarme omstandigheden, maar heeft vergaande consequenties wanneer de stikstoftoevoer sterk toeneemt. Onder die omstandigheden vindt een sterke versnelling plaats van de accumulatie van stikstof in het ecosysteem (Fig. 2b). In de Nederlandse heidevelden en dennenbossen is deze ophoping van stikstof uitgebreid gemeten. Gedurende de eerste 50 tot 100 jaar accumuleert alle stikstof die het ecosysteem binnenkomt via atmosferische depositie, terwijl andere stikstofbronnen (bijv. N-fixatie vanuit de lucht door bacteriën) geen rol van betekenis blijken te spelen (Fig. 2c). Het overgrote deel van deze stikstof hoopt zich op in de organische stof in de bodem (70-90%) hetgeen leidt tot een snelle toename van de stikstofmineralisatie (Berendse 1990). Bij hoge stikstofdepositie kan de stikstofmineralisatie binnen enkele decennia stijgen met meer dan een factor 10 hetgeen vergaande gevolgen heeft voor de primaire productie en de concurrentieverhoudingen binnen de plantengemeenschap. Modelsimulaties laten zien dat door de accumulatie van organische stikstof in de bodem de effecten van verhoogde stikstofdepositie aanzienlijk versterkt worden en tenslotte veel groter zijn dan op basis van de toename van de N-depositie zou kunnen worden verwacht. Als gevolg van de snelle accumulatie van organische stikstof in de bodem wordt na enkele decennia een punt bereikt waarbij de dominante plantensoort (bijv. struikheide

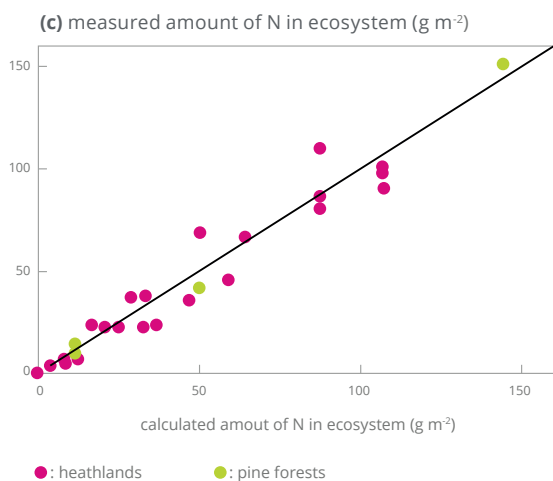
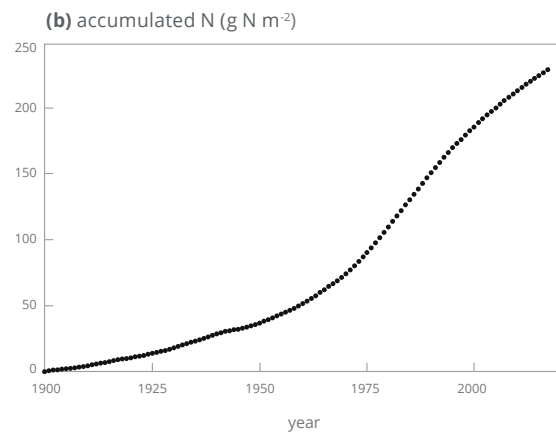
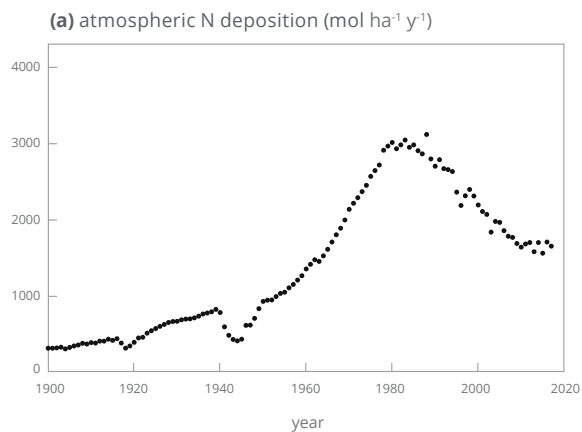


Fig. 2. (a) de gemiddelde atmosferische stikstofdepositie in Nederland gedurende de laatste 120 jaar berekend op basis van gemeten waarden en modelsimulaties van het RIVM (Berendse et al., 2021). (b) De berekende accumulatie van stikstof in ecosystemen waar vanaf 1900 geen stikstofafvoer heeft plaatsgevonden; (c) een vergelijking tussen de gemeten totale hoeveelheden organische stikstof in heidevelden en bossen (verticale as) en de hoeveelheid die berekend is op basis van de aanname dat alle stikstofdepositie in het ecosysteem accumuleert en er geen andere belangrijke inputs van stikstof zijn (horizontale as); bron: Berendse (1990).

of dopheide) zijn maximale groeisnelheid bereikt en niet meer alle stikstof die door mineralisatie beschikbaar komt, volledig kan opnemen. Vanaf dat moment accumuleert ammonium in de bodemoplossing. In veel ecosystemen zijn er plantensoorten met een hogere groeisnelheid en een grotere opnamecapaciteit aanwezig die snel van deze verhoogde beschikbaarheid gebruik kunnen maken. Een bekend voorbeeld is de vergrassing van de Nederlandse heide waar bijv. pijpenstrootje de heidesoorten in snel tempo kan verdringen (Berendse & Aerts 1984). Deze veranderingen gaan vrijwel altijd gepaard met grote verliezen van biodiversiteit. In dopheidevelden zien we dat bij vergrassing soorten als klokjesgentiaan of beenbreek verdwijnen. In drogere heidevelden verdwijnt dan een groot aantal bijzondere soorten korst- en levermossen. Een vergelijkbaar verschijnsel zien we in de dennenbossen op zandgronden waar als gevolg van de versnelde accumulatie van stikstof in de bodem vaak gewone braam de oorspronkelijke onderbegroeiing met bijv. rode of blauwe bosbes vervangt.

Deze veranderingen in soortensamenstelling vertragen vaak de genoemde ophoping van ammonium in het bodemvocht, omdat deze soorten meer voedingsstoffen kunnen opnemen. Maar wanneer de accumulatie van

organische stikstof in de bodem zich voortzet, wordt op een gegeven moment ook voor deze soorten de maximale opnamecapaciteit bereikt. Vanaf dat moment worden de problemen veel groter. De concentraties van ammonium in het bodemvocht lopen dan snel op met als gevolg dat er een explosieve ontwikkeling volgt van nitrificerende bacteriën die ammonium als energiebron gebruiken (bijv. *Nitrosomonas*) en nitraat produceren waarbij H^+ -ionen worden gevormd (Van Breemen et al. 1982). Wanneer ammonium en nitraat niet meer door planten kunnen worden opgenomen, vindt ook geen neutralisatie meer plaats van het geproduceerde zuur en zal het gevormde nitraat uitspoelen, waarna een zeer snelle verzuring van de bodem plaats vindt. Bodemverzuring als gevolg van ammoniakemissies vindt dus alleen plaats wanneer de bodem met stikstof verzadigd is en de planten geen of nauwelijks meer ammonium of nitraat kunnen opnemen (zie voor verdere uitleg van het verzuringsproces H 2.6).

In de meetseries in de Nederlandse heidevelden werd over een periode van 50 jaar gemeten dat de input van stikstof (op molaire basis) ongeveer 30 maal zo hoog was als de depositie van fosfor (Berendse, 1990). De optimale verhouding tussen stikstof en fosfor ligt voor veel plantensoorten

tussen 14 en 16. Er heeft dus ten gevolge van de stikstofdepositie die een aantal decennia zeer hoog is geweest, een ontwrichting plaatsgevonden van de verhouding tussen enerzijds stikstof en anderzijds fosfor die planten en veel andere organismen nodig hebben. Hetzelfde geldt voor essentiële mineralen als kalium, calcium en magnesium. Dit heeft gevolgen voor de biodiversiteit, bijvoorbeeld voor insecten op heidevelden (Vogels et al. 2011).

Als extra effect van de accumulatie van stikstof in veel ecosystemen zal ook grondwater onder bijvoorbeeld bossen vervuild raken met nitraat, waardoor ook grondwater-gevoede beeksystemen met te hoge nitraatconcentraties te maken zullen krijgen (alook onze drinkwatervoorziening). In heideterreinen kan extreme droogte, zoals we in de voorbije jaren hebben gehad, extreme pieken in de uitspoeling van nitraat veroorzaken, zodra de droogte voorbij is (Bobbink et al. 2019). Waar beeksystemen nu al te maken hebben met infiltrerend nitratrijk water uit landbouwgrond, verruigen de oevers en verdwijnen mos-soorten. Het effect van het uitspoelen van nitraat zal nog lang na-ijlen, ook als we per direct de stikstofdepositie tot nul terug zouden kunnen brengen, zowel als gevolg van de benodigde inzijingstijd als van de grote stikstofoverschotten die zich gedurende de afgelopen decennia in veel natuurgebieden hebben opgehoopt.

2.3 Ernstige bodemverzuring

Bodemverzuring is een chemisch en ecologisch complex proces dat via verschillende routes leidt tot een afname van biodiversiteit. Als gevolg van verzuring komt bijvoorbeeld aluminium vrij in de bodem (Tian & Niu, 2015) wat plantenwortels aantast, waardoor de wortels minder goed functioneren of planten zelfs op grote schaal dood gaan (o.a. De Graaf et al. 1997, De Vries et al. 2015). Tegelijkertijd neemt de beschikbaarheid aan planten-voedingsstoffen, zoals calcium, magnesium en kalium als gevolg van verzuring af (Tian & Niu, 2015): door het oplossen van verweerbare mineralen en het vrijkomen van nutriënten van uitwisselingscomplexen, spoelen ze uit de wortelzone, waardoor ze onbereikbaar worden voor de vegetatie. Vaak lekt nitraat uit de bodem en worden de basische kationen 'meegenomen', zodat het elektrisch evenwicht in de bodem behouden blijft. Dit verlies aan basische kationen levert een sterke aantasting op van de bodemkwaliteit (Haynes & Swift 1986, De Vries et al. 2015). In bossen kan dit probleem, als gevolg van nitraatuitspoeling, optreden vanaf een stikstofdepositieniveau van 10-15 kg/ha/jr (Bobbink & Lamers 1999, De Vries et al. 2007, Dise et al. 2009).

Voorbeelden van deze problematiek zijn onder andere te vinden in de teloorgang van de droge heideterreinen, die enorm aan biodiversiteit hebben ingeboet (Vogels et al. 2011, Landschap 2017). Dit komt onder andere doordat er bijna geen kruidachtige planten meer tussen de heide staan als gevolg van de verhoogde gehalten opgelost aluminium en ammonium (De Graaf et al. 1997). Behalve het verlies aan plantendiversiteit heeft dit ook direct gevolgen voor insecten die hun voedselplanten missen, of dat nu bloembezoekers zijn die geen stuifmeel of nectar meer kunnen vinden of bijvoorbeeld rupsen waarvan de specifieke waardplanten zijn verdwenen. Het fundamentele ecologische knelpunt van aantasting van de bodemkwaliteit door verzuring voorkomt dat de leefgemeenschap van een intact heidesysteem zich kan ontwikkelen. Ook is er zonder ingrijpen vaak geen bodemherstel meer mogelijk, omdat de mineralen met basische kationen (Ca+Mg+K) die hiervoor zouden moeten zorgen al grotendeels zijn opgebruikt in de voorbije decennia van aanhoudende, zeer hoge niveaus van zure depositie (Bobbink et al. 2017, Bergsma et al. 2018).

2.4 Nutriëntengebrek en onbalans

Stikstofdepositie leidt in habitattypen met een van nature nutriëntenarme en verzuringsgevoelige bodem tot een situatie waarbij de bodem wel heel veel stikstof bevat (H 2.2), maar in verhouding veel minder andere essentiële nutriënten (H 2.3). Voor planten ontstaat er als gevolg hiervan een onnatuurlijke balans tussen stikstof en andere voedingsstoffen, die de fysiologie van de planten verandert en hiermee ook de voedingswaarde van de planten voor veel planteneters (Vogels et al. 2011, Van den Burg et al. 2014, Nijssen et al. 2017, Kurze et al. 2018, Vogels et al. 2020).

In de eerste plaats kunnen tekorten aan bepaalde voedingsstoffen, zoals kalium, magnesium en calcium de kwaliteit van de plant zelf aantasten. Hierdoor kunnen planten een verminderde groei of reproductie laten zien of zelfs dood gaan. Ook zijn er tekorten van elementen in planten die doorwerken in de voedselketen, zoals calcium. Calciumgebrek in de vegetatie leidt ertoe dat soorten die calcium nodig hebben voor hun skelet in de problemen komen. Allerlei soorten huisjesslakken, pissebedden en miljoenpoten met een calciumrijk exoskelet verdwijnen uit de strooisellaag of zelfs uit de natuurgebieden onder invloed van bodemverzuring en calciumgebrek (Vogels et al. 2020). Dit leidt ertoe dat vogels onvoldoende calciumrijke prooien vinden: de oudervogels produceren bij gevolg eischalen van slechte kwaliteit (de eieren komen dan



Als bossen te lang aan verzurende depositie worden blootgesteld, daalt de calciumbeschikbaarheid in het ecosysteem zodat vogels geen goede eieren meer kunnen leggen en jongen al in het nest hun pootjes breken.

ook niet uit) en hun jongen lopen een verhoogd risico om al als nestjong hun poten te breken (deze jongen gaan dood) (Van den Burg 2017, 2019^B). Hiernaast kunnen relatieve tekorten ten opzichte van stikstof optreden, zoals bij fosfor het geval is (Vogels et al. 2020).

Onder invloed van de overdaad aan stikstof en het tekort aan andere nutriënten verandert ook de eiwit-huishouding in de planten (Vogels et al. 2020). In van nature nutriëntenarme systemen is stikstof één van de beperkende voedingsstoffen voor de groeisnelheid van planten. Door de stikstofdepositie wordt deze beperking opgeheven en zullen andere nutriënten beperkend worden, zoals fosfor, kalium, magnesium of calcium. Veel plantensoorten nemen onder deze omstandigheden meer stikstof op dan dat ze kunnen gebruiken voor hun groei, waardoor stikstofrijke producten zich ophopen in de planten. We zien dit bijvoorbeeld in de vorm van vrije aminozuren: dit zijn de bouwblokken van eiwitten die niet meer (snel genoeg) door de planten in eiwit kunnen worden omgezet. Ook stapelen zich allerlei andere stikstofhoudende verbindingen zich op in de planten (dit wordt ook wel non-protein nitrogen genoemd, ofwel NPN). In sommige plantensoorten blijft het eiwitgehalte stabiel bij toenemende stikstofgehalten in de plant en wordt er alleen meer NPN gemaakt (Vogels et al. 2011). In andere plantensoorten stijgt het NPN-gehalte eveneens maar neemt het eiwitgehalte zelfs af (van den Burg et al. 2014). Dit alles leidt niet direct tot grote schade voor de plant, maar verandert wel in belangrijke mate de relatie van de plant met herbivoren.



De kromzitter komt niet voor in eiken met hoge NPN en lage eiwitgehalten, zoals ontstaan na langdurig veel te hoge stikstofdepositie op een nutriëntenarme bodem.

Door voornoemde veranderingen in de plant daalt de kwaliteit van planten voor herbivoren (Vogels et al. 2020). Vlinderrupsen, die weinig gebruik maken van darmbacteriën, zijn heel gevoelig voor veranderingen in hun voedselkwaliteit. Experimenten met kleine nachtpauwoog (op struikheide; Vogels et al. 2011) en kleine wintervlinder (op zomereik; Van den Burg et al. 2014) hebben laten



Sperwers zijn gevoelig voor aminozuurtekorten die leiden tot verminderde ei productie en ei-uitkomst en meer embryonale afwijkingen.



Heidehaantjes kunnen plaagvormig voorkomen in verzuurde en vermeste heidevelden en heideplanten doen afsterven.

zien dat de rupsen massaal sterven op plantmateriaal dat als gevolg van stikstofdepositie is aangetast. Ook op populatieniveau in het veld zijn deze effecten merkbaar: de dichtheden van genoemde soorten in aangetaste gebieden zijn sterk afgenomen. Hogerop in de voedselketen zien we in bossen vooral specifieke aminozuurgebreken als uitloeijsel van het gebrekkige eiwitmetabolisme in planten, zoals verminderde veergroei bij jonge mezen en slechte broedresultaten en populatiedaling bij sperwers (Vogels et al. 2020, Van den Burg 2002).

Enkele insectensoorten kunnen nog wel met de aangetaste planten overweg. Vaak zijn dit kevers (heidehaantje, eikenprachtkever) die gebruik maken van darmbacteriën om hun voedsel te verteren (Vogels et al. 2020). Waarschijnlijk kunnen deze soorten via hun darmbacteriën de voedselkwaliteit verbeteren, zeker wat betreft hun aminozuur- en eiwitmetabolisme. Deze insecten kunnen belangrijke plagen vormen en ervoor zorgen dat planten massaal afsterven. In de genoemde voorbeelden gaat het om struikheide (Brunsting & Heil 1985) en zomereiken (Lucassen et al. 2014), welke typerend zijn voor de habitattypen waarin ze voorkomen.

Bovengenoemde effecten van stikstofdepositie verlopen via aantasting van de bodemkwaliteit. Om deze problematiek te verhelpen is zowel bodemherstel noodzakelijk als het afremmen van de accumulatie van stikstof door afname van de stikstofdepositie.

2.5 Aantasting van de biodiversiteit

In voorgaande paragraaf is een aantal effecten van stikstof beschreven welke de grenzen aangeven waarbinnen ecosystemen en habitattypen nog normaal kunnen functioneren zonder grote verliezen van biodiversiteit. Hoewel veel soorten te lijden hebben onder de processen die eerder zijn beschreven, komen ook in veel habitattypen één of enkele plantensoorten voor die juist sterk weten te profiteren van de nieuw ontstane abiotische condities. Deze plantensoorten kunnen in de oorspronkelijke vegetatie gaan domineren, wat op zichzelf ook leidt tot verdere aantasting van de biodiversiteit. Voorbeelden hiervan zijn de vermosing van stuifzanden (Sparrus & Kooijman 2011), vergassing en verstruweling van heidevelden of grijze duinen (clo.nl/nl154706, Haveman & Schaminée 2002, Kooijman et al. 2017) en de overmatige opslag van struiken en bomen in de hoogveengebieden (Limpens 2009). Deze soorten hebben vaak fysiologische aanpassingen waardoor ze weinig last hebben van de verzuring (ze zijn bijvoorbeeld aluminium- en ammoniumtolerant; Vogels et al. 2011) en worden niet geremd door overmatige stikstof (ze nemen bijvoorbeeld geen extra stikstof uit hun omgeving op dan dat ze strikt voor hun groei nodig hebben; Van den Burg et al. 2014). Ook hebben ze weinig last van planteneters die hun opmars zouden kunnen tegenhouden.

Sterke groei van slechts één of enkele plantensoorten zorgt ervoor dat andere, vaak langzaam groeiende soorten de competitie om ruimte, licht, water en voedingsstoffen verliezen en uit ecosystemen verdwijnen (zoals in de voorbeelden hierboven). Bijzondere of zeldzame plantensoorten worden in dit proces vervangen door algemene soorten. Dit betekent dat ook insecten waarvan de levenswijze samenhangt met de verdwenen plantensoorten, of met kruidenrijkdom in het algemeen, geen stand kunnen houden (Bouwman et al. 2020). De voedselbasis voor deze insecten verdwijnt en hierdoor wordt het ook moeilijker voor insecteneters, zoals andere insecten en vogels, om te overleven en zich voort te planten.

Het palet aan effecten beschreven in H2.2 tot en met H2.5 zorgt ervoor dat de biodiversiteit in stikstofgevoelige habitattypen waarbij de KDW ruim wordt overschreden sterk onder druk staat. Deze druk wordt niet alleen gevoeld door veel van de soorten die in de betreffende habitattypen thuishoren, maar ook door planten en dieren, die een speciale beschermingsstatus hebben binnen de Habitat- en Vogelrichtlijn. De instandhouding van populaties van deze soorten is een hieruit voortvloeiende landelijke verplichting. Zonder onderscheid te maken tussen soorten van stikstofgevoelige of minder



Vergrassing van heidevelden met pijpenstrootje komt veel voor.



Doordat er minder insecten zijn op heidevelden, komen er ook minder kraaien voor. Daardoor zijn er ook minder kraaiennesten beschikbaar voor ransuilen.

gevoelige habitattypen kent slechts een kwart van de soorten (van totaal 81 soorten) die vallen onder de Habitatrictlijn een gunstige staat van instandhouding (Nederlandse rapportage aan de Europese Commissie, 2019). Van de Vogelrichtlijnsoorten kent, volgens dezelfde rapportage, nog ruim een derde een negatieve trend. Van de habitattypen verkeert circa 90% in een matige tot zeer ongunstige staat van instandhouding. Er is (logischerwijs) samenhang tussen de slechte staat van instandhouding van habitattypen en soorten en dit geldt zeker voor de (soorten van) stikstofgevoelige habitattypen. In H3.3 wordt dit met voorbeelden geïllustreerd.

2.6 De rol van ammoniak en stikstofoxiden

De eerder beschreven knelpunten worden niet gelijkelijk veroorzaakt door NH_y en NO_x . De depositie van NH_y leverde - gemiddeld over de laatste decennia - 65% van de totale depositie van stikstofverbindingen (Berendse et al. 2021). Daarnaast is ammoniak vetoplosbaar en kan hierdoor door de cuticula van het blad heen ongecontroleerd de plant binnenkomen. Opname door het blad van gereduceerd stikstof in de vorm van ammonium resulteert in interne verzuring van de plant. Bovendien is ammonium, in tegenstelling tot stikstofoxiden, positief geladen waardoor het een ongewenste interactie geeft met receptoren die positief geladen ionen, zoals K en Ca, transporteren, zowel in de plant zelf als bij de opname van voedingsstoffen door de wortels. Stikstofoxiden hebben deze effecten niet (Britto & Kronzucker 2002).

In tegenstelling tot vaatplanten die veel voedingsstoffen met hun wortels uit de bodem opnemen, halen korstmossen het merendeel van hun voedingsstoffen direct uit de lucht, waardoor ze erg gevoelig zijn voor de luchtkwaliteit (o.a. Johansson 2012). De kritische waarde voor de NH_3 -concentratie in de lucht is dan ook 1 en 3 $\mu\text{g}/\text{m}_3$ voor respectievelijk korstmossen en planten (Cape et al. 2009) terwijl dit voor NO_2 15 en 30 $\mu\text{g}/\text{m}_3$ is (voor gevoelige vegetaties en overige vegetaties: Sutton et al. 2009). Ondergronds kan door het ophopen van NH_4^+ de wortelopname van o.a. calcium, magnesium en kalium worden geremd en ook de algehele groei van de wortels (Bobbink & Weijters 2018). Dit maakt dat NH_3 meer bijdraagt aan de natuurschade dan NO_x en voor het herstel van de natuurkwaliteit is reductie van de NH_y depositie dus het meest zwaarwegend (zie ook Stevens et al. 2011, Sutton et al. 2020).

Wat betreft de effecten op de bodemverzuring verschillen de emissies van NO_x en NH_3 weinig van elkaar, hoewel dit anders lijkt vanuit het oogpunt van de deposities, die vooral in de vormen zijn van HNO_3 , NH_4NO_3 en $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Stikstofoxiden (NO en NO_2) worden namelijk in reactie met zuurstof (O_2) en water (H_2O) omgezet in salpeterzuur (HNO_3) waarbij protonen (H^+ ionen) worden geproduceerd. NH_3 buffert echter juist het salpeterzuur, gevormd door de uitstoot van stikstofoxiden (en ook zwavelzuur, gevormd door de uitstoot van zwaveloxiden), in de lucht door de reactie: $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{NH}_4^+$. Daarbij worden ammonium (NH_4^+)-zouten gevormd: ammoniumsulfaat en -nitraat. In de lucht zorgt NH_3 er dus voor dat

de regen minder zuur wordt (zie ook Sutton et al. 2020 voor toxische effecten van NH_3 zonder de aanwezigheid van zuren in de atmosfeer). Bij de opname van NH_4^+ scheiden de planten een zuureenheid (H^+) uit, waardoor het wortelmilieu verzuurt. Dat is echter de H^+ van salpeterzuur en zwavelzuur die in de lucht door NH_3 is gebufferd en de netto bijdrage van NH_3 aan die verzuring is hiermee nihil. Als in de bodem ammonium door bacteriën wordt omgezet in nitraat, wordt hierbij twee maal zoveel zuur geproduceerd als in de lucht is geneutraliseerd (Van Breemen et al. 1982). Dit proces leidt wel tot netto verzuring door NH_3 , tenzij het gevormde nitraat wordt opgenomen door planten, waarbij een zuureenheid wordt geneutraliseerd (dan is de netto bijdrage van NH_3 weer nihil). Bij de opname door planten van HNO_3 , welke in de lucht werd gevormd uit NO_x , wordt ook het zuur geneutraliseerd. Pas als het nitraat niet door planten wordt opgenomen of uitspoelt uit een stikstofverzadigde bodem, vindt er verzuring van de bodem plaats en spoelen ook basische kationen uit tot onder de wortelzone van de vegetatie, terwijl de protonen aan het adsorptiecomplex achterblijven. Per saldo is NO_x in veel habitattypen voor iets meer verzuring verantwoordelijk dan NH_3 door onvolledige nitrificatie (zie ook De Vries & Erisman 2020). In van nature zure ecosystemen of door antropogene invloeden verzuurde bodems ($\text{pH} < 4.5$) wordt de nitrificatie (sterk) geremd. Samenvattend is het zo dat in de meeste gevallen bij stikstofverzadiging van de bodem (waarbij planten niet nog meer stikstof kunnen opnemen) een snelle verzuring van de bodem plaatsvindt.

2.7 Ecologische eindpunten van natuurherstel in relatie tot stikstof

Het doel van stikstofemissie- (en depositie-) reductie zou moeten zijn dat bovengenoemde negatieve effecten van stikstofdepositie die het ecologisch functioneren van ecosystemen in de weg staan, niet meer optreden. Dit betekent dat stikstof in de toekomst weer één van de co-limiterende voedingsstoffen is in van nature nutriëntenarme ecosystemen. Naast stikstofdepositie-reductie is herstelbeheer in veel habitattypen een noodzaak, omdat spontaan herstel heel langzaam optreedt of bijvoorbeeld niet meer kan optreden door gebrek aan silicaten met basische kationen. Dit beheer is gericht op herstel van de bodemkwaliteit en het terugdringen van plantensoorten die zich dominant hebben ontwikkeld in aangetaste ecosystemen. Veel herstelmaatregelen zijn echter alleen zinvol nadat een aanzienlijke reductie van de stikstofdepositie heeft plaatsgevonden of als middel om in de tussentijd relictpopulaties te behouden. Tot slot zou de



Is de groei van uitbundige korstmosvegetaties in de toekomst weer mogelijk in Nederland?

luchtkwaliteit moeten verbeteren tot een niveau dat het herstel van ammoniak-gevoelige, rijk ontwikkelde korstmosvegetaties mogelijk maakt.

2.8 Conclusies

Het functioneren van stikstofgevoelige ecosystemen wordt fundamenteel ondermijnd door de geaccumuleerde stikstof van de voorbije decennia, maar ook door het huidige niveau van stikstofdepositie. Onder invloed van het stikstofoverschot ontstaan gedegeneerde landschappen en leefgemeenschappen. Ammoniakemissies zijn vanwege hun grote bijdrage aan de totale stikstofdepositie en de toxische effecten het grootste probleem voor de natuurkwaliteit, maar stikstofemissies uit andere sectoren moeten ook teruggebracht worden voordat duurzaam ecologisch herstel mogelijk wordt. In de cascade van effecten die zich als gevolg van voortdurende veel te hoge stikstofdepositie voordoen, zitten we in de laatste fase, welke wordt gekenmerkt door ernstige bodemverzuring en biodiversiteitsverlies op grote schaal.

3 De omvang van het probleem: stikstofgevoelige habitattypen en hun kritische depositiewaarden

Habitattypen verschillen in hun gevoeligheid voor stikstofdepositie. In veel van de gevoelige habitattypen zijn van tal van soorten planten en dieren nog maar kleine populaties over. Het op korte termijn (10-15 jaar) laten overleven van deze populaties in hun (stikstofgevoelige) habitattypen is doorslaggevend voor het tijds kader waarbinnen reducties en noodmaatregelen gerealiseerd moeten worden. In dit hoofdstuk wordt de achtergrond gegeven van de stikstofgevoeligheid van habitattypen, waarmee later gerekend zal worden (H5). Ook wordt vanuit het perspectief van plant- en dierpopulaties aangegeven welke verdere biodiversiteitsverliezen zullen plaatsvinden, als de huidige situatie voortduurt. In deze studie is meer in detail gekeken naar prioritaire, zeer gevoelige en enkele gevoelige habitattypen gekeken. Het gaat hierbij om ca. 30% van het totaal areaal van de stikstofgevoelige habitats.

3.1 Prioriteit en gevoeligheid van habitattypen

De habitattypen zijn gedefinieerd in de Europese 'Habitatrichtlijn' (Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen, 1992). De Habitatrichtlijn is, samen met de Vogelrichtlijn, de Europese implementatie van de 'Convention on Biological Diversity' (CBD, het 'verdrag van Rio' uit 1992, www.cbd.int), dat beoogt het wereldwijde verlies aan biodiversiteit te keren. Hiertoe is door de EU een lijst van soorten en een lijst van habitattypen (=kenmerkende combinaties van soorten en abiotische condities) opgesteld die onder een beschermingsregime vallen. Voor deze soorten (in Nederland: 131) en typen (in Nederland: 52) zijn doelen gesteld, meestal een vergroting van het verspreidingsgebied en een vergroting van de



Via de Habitatrichtlijn worden niet alleen aangewezen soorten zoals de wespindief beschermd, maar ook andere kenmerkende soorten die horen bij de leefgemeenschappen van de habitattypen.

populatie (voor soorten) of een verbetering van de kwaliteit (voor typen). Voor de op wereldschaal zeldzame en/of vrijwel uitsluitend binnen de EU voorkomende typen heeft de EU een bijzondere verantwoordelijkheid en deze worden in de Richtlijn aangemerkt als 'prioritair'. Aan het behalen van bovengenoemde verbeterdoelstellingen is in de Richtlijn geen tijdslimiet gesteld, waardoor die doelen feitelijk niet juridisch hard zijn. Het voorkómen van verdere achteruitgang is echter wel een harde verplichting. Aan de prioritaire typen worden geen harde eisen verbonden anders dan aan de andere typen.

In Nederland vormt stikstofdepositie een van de grootste bedreigingen voor oppervlakte en kwaliteit van habitattypen en de KDW is een middel om deze bedreiging te kwantificeren. Voor sommige toepassingen (onder andere de Wet Ammoniak en Veehouderij) wordt gebruik gemaakt van gevoeligheidsklassen, hierbij gelden habitattypen met een KDW < 1400 Mol N/ha/j als 'zeer gevoelig', met 1400 < KDW < 2400 Mol N/ha/j als 'gevoelig' en met een KDW > 2400 Mol N/ha/j als 'minder/niet gevoelig'. Voor een volledig overzicht van de KDW's per habitatype, en de wijze waarop deze zijn afgeleid wordt verwezen naar Van Dobben et al. (2012).

3.2 Selectie en arealen van gevoelige habitattypen

De omvang van het natuurareaal op land bedraagt in Nederland ongeveer 695.000 ha. Hiervan wordt 15% aangemerkt als beschermd habitatype. Van deze habitattypen is ongeveer 11% van het oppervlak een 'prioritair' habitatype. Ongeveer 26% van het oppervlak van alle habitattypen betreft zeer stikstofgevoelige habitattypen. Op basis van de Rapportage Habitatrictlijn 2019 is de huidige staat van instandhouding (Svl), maar ook het toekomstperspectief, van de stikstofgevoelige prioritaire, zeer gevoelige en gevoelige habitattypen over het algemeen matig ongunstig tot zeer ongunstig. We dreigen hiermee belangrijke natuurwaarden te verliezen en het uitzicht op herstel lijkt somber bij de huidige stikstofbelasting,

In natte ecosystemen die door (gebufferd) grondwater worden gevoed, is in een aantal gevallen mitigatie van stikstofdepositie mogelijk door herstel van de lokale hydrologie. In andere gevallen is een habitatype weliswaar zeer stikstofgevoelig, maar is stikstofdepositie toch niet de sleutelfactor voor de instandhouding, maar bijvoorbeeld (het ontbreken van) dynamiek, zoals bij stroomdalgraslanden. In dit rapport hebben we een selectie van habitattypen gemaakt die voor hun voortbestaan sterk afhankelijk zijn van een afname van de stikstofdepositie, omdat mitigerende maatregelen die leiden tot duurzaam ecologisch herstel niet aanwezig zijn of grote beperkingen met

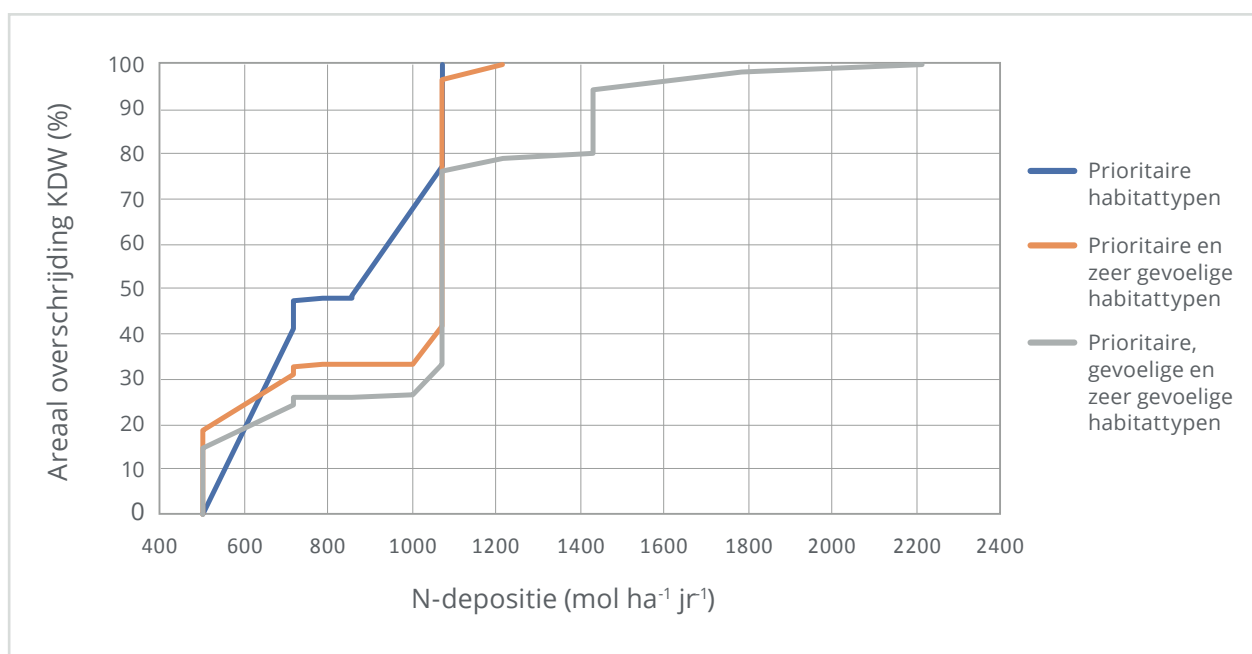


Fig. 3. Cumulatieve frequentieverdeling van de KDW van de opgenomen habitattypen, gewogen naar het areaal dat de habitattypen beslaan (in % van het totaal van de opgenomen habitattypen). Bij 900 mol N ha⁻¹ jr⁻¹ depositie wordt de KDW op ruim 50% van het oppervlak van de prioritaire habitattypen overschreden.

zich meebrengen in de uitvoering. Dit betreft vooral droge of regenwater gevoede habitattypen op van nature slecht gebufferde bodems, zoals zandgronden. Binnen deze selectie zijn de habitattypen opgedeeld in de prioritaire habitattypen en zeer gevoelige habitattypen. We hebben tenslotte ook twee gevoelige droge boshabitattypen meegenomen om vast te stellen hoe dit de uitkomsten beïnvloedt (met de verwachting dat de uitkomsten daarmee meer parallel lopen met de uitgevoerde doorrekening voor alle habitattypen). Uiteindelijk zullen we ons echter in het bijzonder baseren op de resultaten voor de prioritaire en zeer gevoelige habitattypen, omdat hier het knelpunt ten aanzien van de noodzakelijke stikstofemissiereductie het grootst is. Als we voor deze gebieden landelijk de KDW kunnen bereiken, lossen we hiermee gelijk ook de problemen op voor omliggende stikstofgevoelige habitattypen met een hogere KDW.

Hieronder is opgesomd welke habitattypen stikstofgevoelig zijn (op basis van hun KDW) en zijn meegenomen in de latere doorrekening (H5), onderverdeeld in stikstofgevoelige prioritaire habitattypen, zeer gevoelige habitattypen en gevoelige habitattypen. Een uitgebreidere beschrijving van de habitattypen is opgenomen in Annex I.

Prioritaire habitattypen:

Grijze duinen H2130 (subtypen A-C), KDW 714-1071 mol, Svl: matig ongunstig, toekomstperspectief: matig ongunstig



De bodem van hoogvenen is opgebouwd uit dood en levend veenmos, met bijvoorbeeld veenbes.

Duinheiden met kraaihei H2140 (subtypen A, B), KDW 1071 mol, Svl: gunstig, toekomstperspectief: gunstig

Duinheiden met struikhei H2150, KDW 1071 mol, Svl: matig ongunstig, toekomstperspectief: matig ongunstig

Heischrale graslanden H6230 (subtypen dka, dkr, vka), KDW 714 - 857 mol, Svl: zeer ongunstig, toekomstperspectief: zeer ongunstig

Actieve hoogvenen H7110 (subtypen A, B), KDW 500 - 786 mol, Svl: zeer ongunstig, toekomstperspectief: zeer ongunstig

Zeer gevoelige habitattypen:

Duinbossen H2180 (subtype Abe), KDW 1071 mol, Svl: matig ongunstig, toekomstperspectief: matig ongunstig.

Vochtige duinvalleien H2190 (subtypen Aom, C), KDW 1071 - 1429 mol, Svl: matig ongunstig, toekomstperspectief: matig ongunstig.

Vochtige heiden H4010A (subtype A), KDW 1214 mol, Svl: zeer ongunstig, toekomstperspectief: zeer ongunstig.

Droge heiden H4030, KDW 1071 mol, Svl: zeer ongunstig, toekomstperspectief: zeer ongunstig.

Herstellende hoogvenen H7120 (subtypen ah, vh), KDW 500 - 1214 mol, Svl: zeer ongunstig, toekomstperspectief: zeer ongunstig.

Oude eikenbossen H9190, KDW 1071 mol, Svl: zeer ongunstig, toekomstperspectief: zeer ongunstig.



De duinen vormen een rijk geschakeerd en dynamisch landschap met prioritaire en zeer gevoelige habitattypen.



Als we de meest stikstofgevoelige natuurtypen beschermen, profiteren andere typen automatisch mee, zoals de beukenbossen.

Gevoelige habitattypen:

Duinbossen H2180 (subtypen Ao, B, C), KDW 1429 - 2214 mol, Svl: matig ongunstig, toekomstperspectief: matig ongunstig.

Beuken-eikenbossen met hulst H9120, KDW 1429 mol, Svl: matig ongunstig, toekomstperspectief: matig ongunstig.

Het totaal areaal van in dit rapport opgenomen habitattypen is 11458 hectare voor de prioritaire, stikstofgevoelige habitattypen, 27096 hectare voor de zeer gevoelige habitattypen en 10317 hectare voor de gevoelige boshabitattypen op droge zandgronden. In totaal beslaan de in dit rapport meegenomen habitattypen ongeveer 30% (27%) van het landelijk areaal aan (zeer) stikstofgevoelige habitattypen. Een overzicht van de KDW's van de opgenomen prioritaire en (zeer) stikstofgevoelige habitattypen, met mee-weging van het oppervlak dat de habitattypen beslaat, is weergegeven in Fig. 3.

3.3 Populaties en oppervlakte geschikt leefgebied

De schadelijke effecten van stikstofdepositie blijven bestaan zolang de stikstofdepositie te hoog blijft en ook het herstel heeft tijd nodig. De kans is dus groot dat, ondanks goede inspanningen, ook de komende periode natuurwaarden verloren zullen gaan. Met dit ecologisch verlies van natuurwaarden moet rekening worden gehouden



Het vogelnestje, een orchidee zonder bladgroen is één van de soorten die te lijden hebben onder stikstofdepositie en mede hierdoor uit Nederland zou kunnen verdwijnen.

in relatie tot het tijdspad waarop reductie van stikstofdepositie kan plaatsvinden. Als de stikstofreductie te laag of traag uitpakt, zullen bijvoorbeeld oude eikenbossen verder afsterven (door verzuring en stikstofstapeling). Goed ontwikkelde heischrale graslanden zullen door bodemverzuring mogelijk geheel verdwijnen (daar is nu nog maar een paar procent van over), de successie van stuifzanden zal te snel blijven verlopen door de vermestende werking van stikstofdepositie en de aantasting van veengebieden (vergrassing en verbossing als gevolg van stikstof) en heidegebieden (verzuring en vergrassing) zal op het grootste oppervlak van deze habitattypen blijven voortduren.

Ook veel soorten planten en dieren waarvan de stikstofdepositie substantieel bijdraagt aan de teloorgang zullen de komende tien jaar nog vrijwel zeker verder achteruitgaan, uit aangewezen gebieden verdwijnen of mogelijk zelfs landelijk uitsterven. In Nederland zijn de afgelopen decennia al ca. 400 plantensoorten die karakteristiek zijn voor voedselarme milieus, sterk afgenomen of zelfs verdwenen (Tamis et al. 2005). Het inkrimpen van het areaal en regionaal uitsterven is inmiddels een algemeen voorkomend verschijnsel, bijvoorbeeld bij veel bosplanten zoals bosanemoon en slanke sleutelbloem. Sommige plantensoorten hebben eveneens sterk te lijden, maar worden met behulp van specifieke beheermaatregelen in stand gehouden. Voorbeelden hiervan zijn de klokjesgentiaan, valkruid en heidekartelblad. Door decennia van overmatige stikstofdepositie, in combinatie met andere



De bruine eikenpage is een zeer kwetsbare soort die steeds verder achteruitgaat in Nederland. De soort is afhankelijk van jonge eikenbossen op de hogere zandgronden, maar door aantasting van de kwaliteit van de eiken, is de toekomst voor deze soort niet rooskleurig.

oorzaken, zijn veel soorten echter al bijna uitgestorven op landelijke schaal (Klimkowska et al. 2011).

Voorbeelden in deze categorie zijn: rozenkransje (3 populaties, waarvan 1 overleeft door gericht beheer), kleine schorseneer (3 locaties met weinig individuen), kleine wolfsklauw (5 locaties, maar geen verjonging meer), groene nachtorchis (1 populatie van ongeveer 20 individuen), beklierde ogentroost (zou inmiddels al uitgestorven kunnen zijn), lange zonnedauw (1 populatie), slijkzegge (1 populatie), tweehuzige zegge (2-3 populaties), breed wollegras (1 populatie), duitse brem (1 populatie), vogel-nestje (5-6 populaties), veenbloembies (3 heel kleine populaties), moerasgamander (2 populaties) en de vliegenorchis (3-4 populaties) (NDFD, 2021).

Dezelfde processen zien we ook terug bij de fauna. Voorbeelden hiervan zijn vlinders, zoals de grote parelmoervlinder (nog op 4 plekken aanwezig), het gentiaanblauwtje, de kleine heivlinder (nog op 1 plek aanwezig), de bruine eikenpage, de veenbesparelmoervlinder (4 plekken), het veenbesblauwtje (2 plekken) en het veenhooibeestje (4 plekken), maar ook vogels zoals de duinpieper (uitgestorven), de klapekster (uitgestorven als broedvogel), het paapje, de tapuit en het korhoen (1 populatie, in leven gehouden met behulp van herhaalde bijplaatsing). De vlinders hebben te lijden onder het gebrek aan verstuiwend zand, vergrassing, of een slechte voedselkwaliteit voor de rupsen (Vogels et al. 2011, Van den Burg et al. 2014,

Kurze et al. 2018, Vogels et al. 2020), hetgeen omstandigheden zijn welke door de overmatige stikstofdepositie zijn ontstaan. Op vergelijkbare wijze hebben de genoemde vogelsoorten last van veranderingen in de vegetatiesamenstelling, vergrassing, het dichtgroeien van vegetaties en de afname van insectenaantallen (als voedsel), die eveneens samenhangen met stikstofdepositie.

Het is, zeker bij vogels, vaak heel moeilijk om soorten die eenmaal zijn uitgestorven als broedvogel weer terug te krijgen (denk aan de duinpieper, klapekster, korhoen en tapuit). Voorkómen dat soorten uitsterven heeft dus de hoogste urgentie. Nederland is bovendien via de Vogel- en Habitatrichtlijn verplicht tot de instandhouding van soorten als het pimpernelblauwtje, korhoen, tapuit en paapje. Herstel van de milieukwaliteit is van doorslaggevend belang, omdat populatieherstel en herintroductie alleen mogelijk zijn als de overleving en voortplanting van de dieren voldoende zijn gewaarborgd met adequate abiotische randvoorwaarden en het juiste ecologisch functioneren van de habitattypen.

Een belangrijk bijkomend probleem is dat voor populaties van soorten die nu op uitsterven staan de Natura 2000-gebieden de enige refugia zijn, terwijl een deel van de soorten vroeger ook voorkwamen in het agrarisch gebied (en voorbeelden hiervan zijn nog altijd te vinden in het buitenland). Het huidige agrarisch gebied in Nederland voldoet echter in het algemeen niet aan de basiskwaliteit die veel algemene Nederlandse soorten nodig hebben. Ook de 'ecologisch robuuste' verbindingen tussen de afzonderlijke onderdelen van het Nederlands natuurnetwerk schieten tekort voor stikstofgevoelige flora en fauna. De afronding van NNN zal wel enige verlichting gaan brengen, maar ook de realisatie hiervan gaat te langzaam. De beste optie die we nu hebben om de soorten die op uitsterven staan te beschermen, is dus door in te zetten op een goede kwaliteit van onze Natura 2000-gebieden. Herstel van de (randvoorwaarden voor) biodiversiteit buiten de beschermde gebieden is echter ook noodzakelijk om de biodiversiteit in Nederland in stand te houden (landelijk gebied: WWF 2020).

Hoe zeldzamer (nog min of meer intacte) habitattypen en soorten zijn, des te moeilijker het is om de instandhouding ervan te waarborgen. Dit komt door het optreden willekeurige, vaak lokale, gebeurtenissen waarvoor kleine, zeldzame populaties zeer gevoelig zijn. Denk aan droogte, overstroming, brand, ongelukkige (natuur-) maatregelen of ecologische interacties (denk bijvoorbeeld aan een goed jaar voor parasieten, ziektes, etc.). De stikstofreductie-ambitie moet er dus toe leiden dat de leefgebieden van



Eén grote brand op de Sallandse Heuvelrug kan al jaren direct het einde betekenen voor het korhoen in Nederland (hier in niet aangetast habitat in Noorwegen)

bestaande relictpopulaties zo snel mogelijk kunnen herstellen en dat ook in de directe omgeving hiervan meer geschikt leefgebied kan regenereren, en er geschikte verbindingzones ontstaan. Zo kunnen we voorkomen dat we populaties van bedreigde soorten kwijtraken als gevolg van lokale, toevallige processen. Omdat we de stikstofdepositie op (zeer) gevoelige habitattypen niet met slechts lokale maatregelen onder de KDW kunnen brengen, betekent dit dat de landelijke ambitie om de uitstoot terug te dringen groot moet zijn om deze soorten in Nederland te kunnen behouden. Voor de in de bijlagen van de Habitatrichtlijn genoemde soorten is beschreven aan welke criteria de populaties van deze soorten moeten voldoen, wat betreft hun aantallen en voorkomen (Ottburg & Van Swaay 2014), maar voor andere soorten is dit niet het geval.

Het Adviescollege Stikstof heeft 50% emissiereductie in 2030 voorgesteld, waarmee 75% van het oppervlak van de habitattypen onder de KDW komen. Dit betekent dat op de resterende 25% van het oppervlak voortgaande aantasting van de natuurkwaliteit wordt toegestaan en dat hiermee ook de uitsterfkans voor een groot aantal soorten, waarvan nog slechts enkele kleine relictpopulaties bestaan, nog altijd aanwezig is. Om deze kans verder te verkleinen moet op korte termijn in ieder geval 75% van het areaal van de geselecteerde prioritaire en zeer gevoelige habitattypen onder de KDW worden gebracht, omdat dit de meest kwetsbare habitattypen zijn met veelal de meest gevoelige en bedreigde soorten. Op langere termijn zou het streven moeten zijn om regionaal en landelijk uitsterven als gevolg van overmatige stikstofdepositie

geheel te voorkomen. Dit betekent een stikstofdepositie tot onder de KDW op bijna 100% van het totale oppervlak stikstofgevoelige habitattypen. In hoofdstuk 5 berekenen we wat dit zou betekenen voor de emissie reductiedoelstellingen en concretiseren we het tijdsplan.

3.4 Conclusies

De staat van instandhouding van de Nederlandse stikstofgevoelige habitattypen en bijbehorende soorten is extreem zorgelijk. Het belangrijkste probleem voor de instandhouding van stikstofgevoelige habitattypen en soorten is de overschrijding van de kritische depositiewaarden. Ook individuele soorten ondervinden problemen in hun voortbestaan als gevolg van de hoge stikstofdepositie. Het gaat hierbij niet alleen om soorten met een beschermd status, maar vooral om soorten die inherent deel uitmaken van de betreffende habitattypen. Het verdwijnen van deze soorten is eveneens een aantasting van de natuurlijke kenmerken van het habitatype. Zonder aanzienlijke verlaging van de stikstofdepositie, zal de natuurkwaliteit nog verder afnemen en zullen soorten verdwijnen. Grootschalige maatregelen (nationaal) met voldoende impact (depositiereductie tot onder de KDW) en snelheid zijn noodzakelijk om de resterende natuurwaarden in Nederland veilig te stellen. Op kortst mogelijke termijn zou 75% van het areaal van de geselecteerde zeer stikstofgevoelige habitattypen en (zeer) gevoelige prioritaire habitattypen onder de KDW gebracht moeten worden.

4 Effecten van natuurherstelmaatregelen en de grenzen ervan

4.1 Maatregelen ter verbetering van de natuurkwaliteit

Er zijn verschillende oorzaken van aantasting van de natuurkwaliteit van habitattypen. Naast stikstofdepositie spelen bijvoorbeeld verdroging, pesticiden, recreatiedruk, dominantie van exoten, isolatie, gebiedsgrootte en aansluiting met andere habitattypen of leefgebieden een rol. Dit leidt ertoe dat er ook allerlei maatregelen te bedenken zijn, waarmee de kwaliteit van habitattypen te verbeteren is, welke niet primair samenhangen met stikstof, zoals het verminderen van recreatiedruk of het weghalen van exoten. Hoewel dergelijke maatregelen heel belangrijk zijn, kunnen ze het verstoorde functioneren van ecosystemen als gevolg van stikstofdepositie meestal niet teniet doen (Van den Burg 2019A). Daarnaast bestaat er ook wetenschappelijke onzekerheid over de exacte ecologische uitwerking van veel maatregelen (Ploegmakers et al. 2021).

In het PAS werden natuurherstelstrategieën geformuleerd die tot doel hadden de natuurkwaliteit te verbeteren of te behouden. Deze maatregelen zijn niet primair opgesteld om de effecten van stikstof te mitigeren (hoewel er natuurlijk wel maatregelen zijn die invloed hebben op de stikstofbalans) of om deze op voorhand uit te sluiten. Natuurherstelmaatregelen worden vaak onterecht aangevoerd als argumentatie voor het kunnen toestaan van het toenemen van stikstofdepositie op natuurgebieden.

Een sprekend praktijkvoorbeeld hiervan is een voorstel tot mitigatie van toenemende stikstofdepositie als gevolg van een nieuw project door het verwijderen van exoten (Amerikaanse eik, Amerikaanse vogelkers) uit een gedegenereerde opstand van het habitatype Oud eikenbos, met een depositieniveau boven de KDW. De (foutieve) gedachte in de betreffende Passende Beoordeling was dat de stikstof die met de exoten uit het gebied verwijderd wordt, ingezet zou kunnen worden om de extra stikstofdepositie op het gebied toe te staan. Het verwijderen van exoten wordt weliswaar genoemd in de PAS-herstelstrategie, maar niet met de bedoeling om hiermee de stikstofbalans te vereffenen. De (zeer weinige) stikstof die in het af te voeren hout besloten ligt, draagt nauwelijks bij aan een reductie van de verzuring en vermisting van de bodem, welke de kwaliteit van het habitatype ondermijnt, mede ook omdat je eveneens calcium, magnesium

en kalium afvoert. Een dergelijke natuurherstelmaatregel schiet dus ernstig tekort als mitigerende maatregel tegen de effecten van stikstofdepositie.

Doordat PAS-natuurmaatregelen worden ingezet voor doelen waarvoor ze niet opgesteld zijn, is ten onrechte het beeld ontstaan dat er allerlei natuurmaatregelen zijn, waarmee de effecten van stikstofdepositie teniet kunnen worden gedaan. Er zijn echter maar weinig scenario's te bedenken waarbij maatregelen een adequaat middel zijn om de effecten van stikstof echt te mitigeren. In droge habitattypen lopen mitigerende maatregelen tegen stikstof gemakkelijk stuk op ongunstige bijwerkingen van het (herhaald) toepassen. In kwelafhankelijke habitattypen is in sommige gevallen wel mitigatie mogelijk met hydrologisch herstel (zie H4.4), maar dat loopt vaak stuk op maatschappelijke weerstand.

In onderstaande paragrafen wordt ingegaan op de mogelijkheden en beperkingen die verschillende typen maatregelen met zich meebrengen in hun rol om de effecten van stikstof te mitigeren.

4.2 Afvoer van stikstof als herstelmaatregel

Het ligt voor de hand te veronderstellen dat de problemen die de accumulatie van stikstof in natuurlijke ecosystemen met zich mee heeft gebracht, eenvoudig kunnen worden opgelost door deze stikstof af te voeren door bijv. plaggen, kappen of uitbaggeren. Lange tijd werd er veel geld geïnvesteerd in het afplaggen van heide teneinde de vroegere heidevelden weer te herstellen. Inmiddels is echter duidelijk geworden dat met veel van deze herstelmaatregelen niet alleen de opgehoopte stikstof wordt afgevoerd, maar ook waardevolle nutriënten zoals fosfor, kalium, magnesium en calcium waardoor inmiddels, met name op de hogere zandgronden, een landschap is ontstaan waarin stikstof overvloedig beschikbaar is, maar er grote tekorten zijn ontstaan van veel essentiële voedingsstoffen. Herstelmaatregelen gebaseerd op de afvoer van organische stof en stikstof zijn dan ook alleen zinvol wanneer de stikstofdepositie al aanzienlijk is verlaagd. Wanneer dat niet het geval is, kunnen deze maatregelen zelfs belangrijke negatieve effecten hebben, omdat in de daarop volgende jaren de hoeveelheid stikstof in de bodem wel



Grootschalige afvoer van stikstof van heidevelden leidt tot monotone heidevegetaties, die weinig bijdragen voor de flora en fauna van heideterreinen.

wordt aangevuld maar die van andere essentiële elementen niet of in onvoldoende mate. De ecologische gevolgen hiervan zijn in paragrafen 2.4 en 2.5 besproken.

Er is een hele reeks andere ecosystemen waar de afvoer van stikstof en andere voedingsstoffen jaarlijks plaatsvindt. Graslanden zijn zelfs afhankelijk van de jaarlijkse afvoer van voedingsstoffen door maaien, branden of begrazing. Je zou dan ook kunnen denken dat in deze ecosystemen geen stikstofaccumulatie plaatsvindt. In hooilanden en in veel begraaide graslanden neemt de fractie van de geproduceerde biomassa, die jaarlijks wordt afgevoerd, toe met toenemende productie. Het gevolg is dat de hoeveelheid stikstof in het systeem en de jaarlijkse productie sterk gestabiliseerd wordt. Toch zijn ook hier belangrijke effecten van de verhoogde stikstofdepositie zichtbaar.

In het oudste graslandexperiment van Nederland (het Wageningen Grassland Experiment) worden sinds 1958 productie, soortensamenstelling en een aantal bodemeigenschappen gemeten (Elberse et al. 1983, Berendse et al. 2021). De vegetaties in dit experiment hebben zowel de sterke stijging (van ongeveer 300 %) van de stikstofdepositie meegemaakt, alsook de daling (met ongeveer 40% ten opzichte van de piek) na 1987. De vraag is wat de effecten zijn geweest van de stijgende stikstofdepositie en natuurlijk ook: of de dalende stikstofdepositie tot

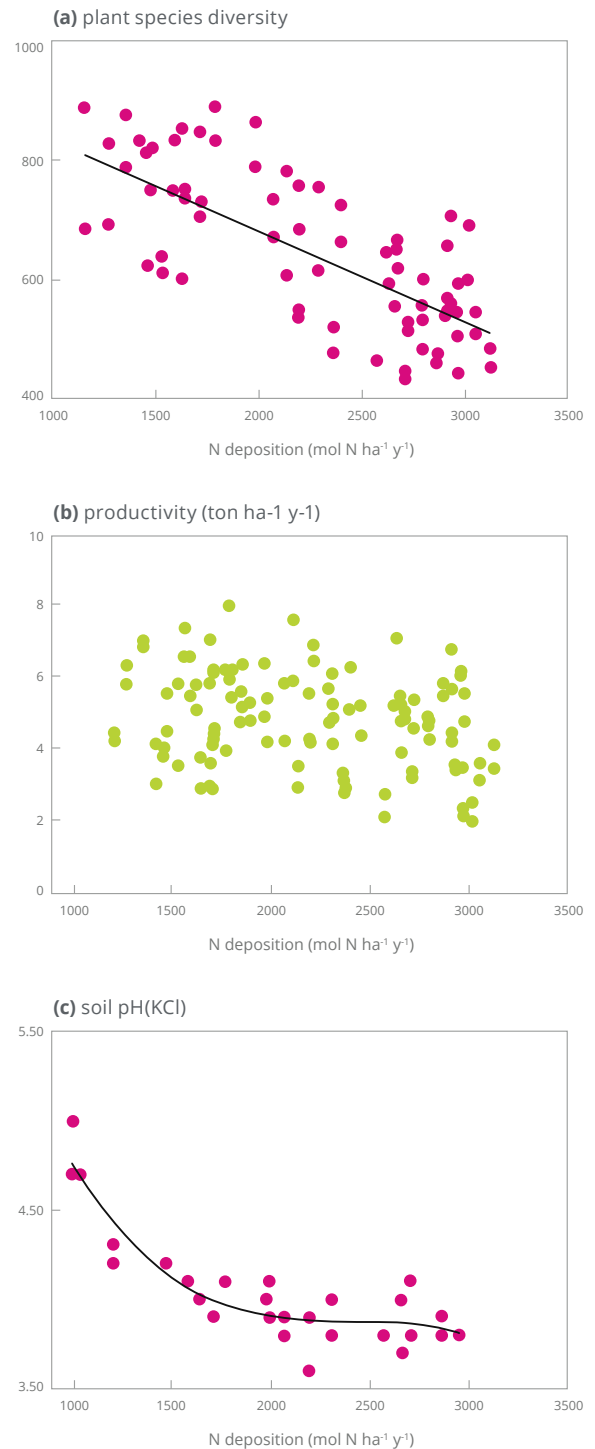


Fig. 4. (a) De relatie tussen atmosferische stikstofdepositie en de plantendiversiteit van twee proefvelden met onbemeste hooiland in het Wageningen Grassland Experiment gemeten tussen 1958 en 2017. De diversiteit is berekend door iedere soort die in de vegetatiemonsters werd waargenomen te wegen met het percentage van de monsters (50) waarin de soort voorkwam. (b) De relatie tussen atmosferische stikstofdepositie en de jaarlijkse productie van de vegetatie in dezelfde proefvelden. (c) de relatie tussen atmosferische stikstofdepositie en de pH-KCl van de bodem in dezelfde proefvelden. Bron: Berendse et al. (2021)

herstel van de soortenrijkdom heeft geleid. Er werden belangrijke effecten gemeten van de stikstofdepositie op zowel soortenrijkdom als diversiteit (soortenrijkdom waarbij iedere plantensoort gewogen is met zijn relatieve abundantie in 50 steekproeven; Fig. 4a). Bij een toename van de stikstofdepositie (grosfweg van 1000 tot 3000 mol N/ha/jaar) daalt de diversiteit met 40 tot 50%. Bij de daling van de stikstofdepositie na 1987 vindt een gedeeltelijk herstel van de soortenrijkdom plaats, maar na 2005 stagneert dit herstel. Deze stagnatie correspondeert met de stagnatie in de daling van de stikstofdepositie in deze periode. De oorzaak van de afname van soortenrijkdom en diversiteit kan niet worden toegeschreven aan eutrofiëring als gevolg van de toegenomen stikstofdepositie. Er is geen enkel verband tussen stikstofdepositie en productie (Fig. 4b). Er is wel sprake van een sterke verzuring als gevolg van de hoge N-depositie in de jaren 70 en 80 (Fig. 4c). Deze effecten zijn in de laatste decennia voor een klein deel hersteld na 1987, maar bij lange na niet volledig.

We kunnen hier drie belangrijke conclusies trekken. Ten eerste: ook wanneer er jaarlijks biomassa en stikstof worden afgevoerd, kan de bodem toch zodanig met stikstof verzadigd raken dat stikstof niet meer de productie limiteert (cf. Van Dobben et al. 2017). Alleen in de beginjaren lieten de proefvelden die met ammoniumnitraat werden bemest een kleine productieverbodiging zien. Daarna niet meer. Deze situatie moet hebben geleid tot ophoping van ammonium in de bodemoplossing, nitraatuitspoeling en de snelle verzuring die daarvan het gevolg is, ook op deze kleigronden die veel sterker gebufferd zijn dan de Nederlandse zandgronden.

De tweede conclusie is dat herstel van diversiteit in deze graslandecosystemen zeker (deels) mogelijk is, maar dat bij stagnerend beleid het begonnen herstel van soortenrijkdom en diversiteit zich niet voortzet.

Ten derde heeft een analyse van de gegevens laten zien dat ook in deze ecosystemen het decennia kan duren voordat de resultaten van een lagere stikstofdepositie ook in de vegetatie zichtbaar worden (cf. Stevens 2016). Voor de gehele Veluwe werd berekend dat de positieve effecten van een aanzienlijke verlaging van de stikstofdepositie op bodemeigenschappen en de diversiteit aan plantensoorten pas zichtbaar worden na een periode van enkele decennia (Van Oene et al. 1999). Voor het herstel van de vroegere rijk bloeiende hooilanden en de bos- en heideecosystemen van de Veluwe is dus niet alleen effectief beleid nodig, maar ook veel geduld.

4.3 Maatregelen tegen de effecten van stikstof

Stikstofdepositie leidt tot veranderingen in de abiotische condities van bodem, lucht en water, welke op hun beurt effecten hebben op de vegetatie (vergrassing, verstruwing, etc). Maatregelen die specifiek gericht zijn tegen de effecten van stikstofdepositie kunnen zowel primair werken tegen de aantasting van de abiotische condities (bijvoorbeeld de toepassing van steenmeel en kalk tegen bodemverzuring) als tegen de veranderingen in de vegetatie die als gevolg hiervan ontstaan (bijvoorbeeld maaien of begrazen van vergraste heide). Hoewel dit belangrijke maatregelen zijn die vaak deel zullen uitmaken van de uiteindelijke herstelstrategie voor een specifiek habitattypen (zie ook de PAS-herstelstrategieën), is de inzet van deze maatregelen vaak onvoldoende om negatieve effecten van extra stikstofdepositie op voorhand uit te kunnen sluiten, als de KDW sterk wordt overschreden (Van den Burg 2019A). Maatregelen die de bodemkwaliteit (of waterkwaliteit) verbeteren, zullen in veel gevallen deel gaan uitmaken van habitatherstel zodra de stikstofdepositie voldoende is gedaald. Op dit moment wordt met tal van experimenten onderzocht hoe dit het beste kan gebeuren en ook als noodmaatregel om bepaalde biodiversiteit in stand te houden. De maatregelen hebben voornamelijk betrekking op het tegengaan van verzuring (toepassing van steenmeel en kalk), maar bieden hiernaast nog onvoldoende oplossing voor de vermistende werking van stikstof. De maatregelen leiden meestal niet of te weinig tot het



Begrazing kan de vegetatiegroei remmen, maar de aantasting van de bodemkwaliteit door stikstofdepositie wordt er niet door teniet gedaan.

onttrekken van stikstof aan het systeem. Bovendien kunnen maatregelen tegen de verzuring in bossen leiden tot het snel beschikbaar komen van in het zure strooisel vastgehouden stikstof (Bobbink & Lamers 1999), waardoor de ondergroei van het bos kan verruigen, bijvoorbeeld met bramen (Bobbink et al. 2018). Dit betekent dat deze maatregelen alleen met de hand op de kraan uitgevoerd kunnen worden, zolang er veel stikstof in het systeem aanwezig is en/of de stikstofdepositie hoog. De effectiviteit om met anti-verzuringmaatregelen onder hoge stikstoflast habitattypen ecologisch duurzaam te herstellen is dan ook beperkt. De inzet van deze maatregelen maakt dan ook dat negatieve effecten van extra depositie van stikstof als gevolg van nieuwe projecten niet uitgesloten kunnen worden, zoals de Habitatrichtlijn verlangt.

Uit bovenstaande zal duidelijk zijn dat het op voorhand uitsluiten van alle negatieve effecten van stikstofdepositie door middel van natuurherstelmaatregelen een weinig hoopgevende route is. Daar komt nog bij dat sommige effecten van stikstof alleen teniet te doen zijn door het creëren van schone lucht (H 2.6), waarvoor zelfs in theorie helemaal geen natuurherstelmaatregelen mogelijk zijn. De belangrijkste en ecologisch minst problematische route voor succesvol herstelbeheer tegen de effecten van stikstofdepositie is, in gebieden waar dit mogelijk is, door herstel van de hydrologie, waarbij gebufferd (grond-)water tot in de wortelzone van planten kan doordringen. Dit zorgt ervoor dat zuur voortdurend gebufferd wordt, de bodem dus niet heel zuur wordt, ammonium door



Bossen die onder invloed staan van gebufferd grondwater zijn refugia voor zeldzame soorten, zoals de spechtintzwam

bacteriën gemakkelijker in nitraat omgezet kan worden en dat nitraat kan uitspoelen, zonder dat dit een aantasting geeft van de voorraden basische kationen in de bodem. Met dergelijk hydrologisch herstel kunnen negatieve effecten van stikstof worden teruggedrongen en geringe extra bijdragen gemitigeerd. In veel gevallen is door ingrepen in het landschap de hydrologie sterk verstoord. Voor hydrologisch herstel zijn vaak maatregelen in de omgeving van natuurgebieden nodig. Dit kan op weerstand rekenen van gebruikers buiten de natuurterreinen (landbouw, huizenbezitters). Een voorbeeld hiervan speelt zich af in laagveengebied dat sterk te lijden heeft onder wegvallen van kwel door wegzijging naar dieper liggende landbouwpoolders (bijv. Bethunepolder). Een effectieve maatregel zou zijn die polders weer onder water zetten (ook goed tegen de CO₂ - uitstoot) maar dat levert grote weerstand op.

Een ander voorbeeld waarbij de effecten van stikstofdepositie sterk kunnen worden teruggebracht, is het samenspel aan maatregelen dat tegen met stikstof overbelaste venoevers kan worden ingezet (Dorland et al. 2005). Bekalking kan ingezet worden tegen de verzuring van het ven, terwijl wisselende waterstanden ervoor zorgen dat er op de droogvallende delen veel stikstofemissie plaatsvindt naar de lucht. Onder waterverzadigde, zuurstofloze omstandigheden treedt namelijk omzetting op van nitraat naar niet-reactief stikstof (denitrificatie). In dit voorbeeld worden dus ook zowel de verzuring als vermesting aangepakt, wat tot goede resultaten leidt. Voor uitgesproken droge habitattypen zijn bovenstaande hydrologische routes logischerwijs geen optie en hierom zijn in droge habitattypen de stikstofproblemen, in samenhang met potentiële herstelmaatregelen, het grootst.

4.4 Natuurherstelmaatregelen in relatie tot het halen van de KDW

Natuurherstelmaatregelen kunnen veel goeds doen voor habitattypen en de overleving van soorten, maar zijn vaak onvoldoende om alle negatieve effecten van stikstofdepositie op voorhand te kunnen uitsluiten als gevolg van nieuwe projecten, als de KDW al wordt overschreden. Veel natuurherstelmaatregelen zijn alleen effectief wanneer eerst de stikstofdepositie aanzienlijk is gereduceerd. Een belangrijke vraag is of de natuurmaatregelen wel afdoende zouden kunnen werken als de stikstofdepositie wordt teruggebracht, maar niet tot op het niveau van de KDW.

Er zijn wereldwijd nauwelijks experimenten met stikstofreductie uitgevoerd, maar in Nederland hebben we wel een langlopend dakexperiment gehad in een grove

dennen bos bij Ysselsteyn (Bobbink & Lamers 1999, Boxman 2002). Hier is in 1989 een dak gebouwd om de natte depositie van stikstof weg te vangen en er is onder het dak berekend met schoon water. Dit experiment heeft 26 jaar gelopen en de stikstofdepositie is er langdurig teruggebracht van een grote overschrijding van de KDW tot 5 kg/ha/jr, dus ruim onder KDW. Het directe effect van deze experimentele verlaging van de stikstofdepositie was een sterke daling van de uitspoeling van nitraat. Na verloop van tijd gingen de bomen harder groeien, daalde het stikstofgehalte in de naalden (maar de waarden bleven hoog), de K/N verhouding in de naalden herstelde zich (maar de Mg/N verhouding bleef te laag), verminderde de groei van nitrofiële soorten in de ondergroei en kwamen ook mycorrhizapaddenstoelen (dit zijn paddenstoelen waarvan de schimmeldraden leven in samenhang met boomwortels en die voedingsstoffen met de bomen uitwisselen) terug. In 1956, toen het dak nog niet was geplaatst, werden in het bos 50 soorten mycorrhizapaddenstoelen waargenomen. Toen het dak werd geplaatst was geen enkele soort meer aanwezig. Sinds 1993 zijn er weer mycorrhizapaddenstoelen verschenen, maar in 2002 ging het nog slechts om 5 soorten. Het terugdringen van de stikstofdepositie heeft in 26 jaar tijd niet geleid tot herstel van de soortenrijkdom van weleer. Het effect van de verlaagde depositie op de pH was gering: 3.3 onder lage depositie en 3.1 bij hoge (= omgevings-) depositie. Hiernaast was ook de stikstofvoorraad in de bodem nog altijd heel erg groot. Als we met natuurherstelmaatregelen de kwaliteit van de bodem gaan verbeteren en daarmee de pH



Mycorrhizapaddenstoelen die van groot belang zijn voor het functioneren van boscsystemen komen niet op korte termijn vanzelf terug als de stikstofdepositie sterk wordt teruggebracht.

toeneemt, zal de afbraak van het organisch materiaal sneller verlopen, waardoor er meer stikstof vrij beschikbaar in de bodem komt. Eigenlijk zou de stikstofdepositie dus verlaagd moeten worden tot onder de KDW om stikstofruimte te genereren voor de stikstof die tot nu toe geaccumuleerd is in de bodem.

In de meeste experimenten wordt onderzocht wat de effecten zijn van toenemende stikstofdepositie in gebieden met lage stikstofdepositie (onder de KDW). In veel experimenten in graslanden, heiden en boreale bossen waar experimentele stikstoftoevoeging plaatsvond, werd in een later stadium de stikstofinput gestopt en gevolgd hoe de soortensamenstelling hierop reageerde. In vrijwel alle gevallen nam het herstel van de soortensamenstelling en diversiteit een groot aantal jaren in beslag (Strengbom et al. 2001, Power et al. 2006, Clark & Tilman 2008, Stevens 2016). Onderzoek aan oude experimenten in venen in Ierland (Tomassen et al. 2004) laat zien dat ook na verlaging van de stikstofdepositie tot onder de KDW de negatieve effecten op korstmossen nog heel lang aanhouden.

Bovenstaande voorbeelden geven aan dat na het onderschrijden van de KDW herstelmaatregelen meestal nodig zijn om de kwaliteit van de vegetaties te herstellen. Bij blijvende overschrijding van de KDW zal deze opgave uiteindelijk moeilijker zijn en zullen verdergaande (en duurdere) maatregelen nodig zijn. Intensief natuurbeheer vergroot in natuurlijke systemen echter het risico op schade door het uitgevoerde herstelbeheer zelf.

Stikstofdepositie kent een aantal effecten die accumuleren in de tijd, zoals bodemverzuring met al zijn gevolgen, maar ook de stikstof-beschikbaarheid in het ecosysteem. Als vegetaties op veranderingen in stikstofdepositie reageren en van samenstelling veranderen (de KDW wordt overschreden) is het aannemelijk dat ook andere, accumulerende processen, die stikstofdepositie met zich meebrengt ten nadele van de natuurkwaliteit, optreden. Gegeven de beperkingen in de inzetbaarheid van natuurherstelmaatregelen om alle effecten van stikstofdepositie te mitigeren, is moeilijk voorstelbaar dat alle negatieve effecten van deze accumulatie afdoende met herhaalde maatregelen teniet te doen zijn in een groot aantal (droge) habitattypen. De toename van vrije aminozuren, wat een tamelijk universele reactie lijkt te zijn bij planten en korstmossen bij toenemende stikstofdepositie (bijv. Xu & Xiao 2017), geeft aan dat de fysiologie van de planten verandert bij toenemende stikstofbeschikbaarheid, hetgeen effect kan hebben op bijvoorbeeld de infectiekansen door schimmels, aantasting door herbivoren of de voedingswaarde van de planten voor herbivoren.



De biodiversiteit van stuifzanden is afhankelijk van de schaars begroeide delen en het afplaggen hiervan kan je dus eigenlijk niet inzetten om stikstof af te voeren (foto van Oost-Duits referentiegebied).

Tenslotte is het mogelijk dat ook bij stikstofdeposities lager dan de KDW al negatieve effecten op de natuurkwaliteit kunnen optreden (Wilkins et al. 2016). Aantasting van korstmossenvegetaties is bijvoorbeeld al zichtbaar bij een depositieniveau van 6 kg/ha/jr en de uitspoeling van nitraat en daarmee de stikstofverzadiging in bossen begint ook al bij een depositie van 9 - 15 kg/ha/jaar (Bobbink & Lamers, 1999), dus ook al lager dan de gehanteerde KDW (voor Oude eikenbossen bijvoorbeeld 15 kg/ha/jr). Om de ecologische waarden in hun totaliteit te behouden zijn dus in verschillende gevallen maximale stikstofdepositieniveaus van toepassing die onder de KDW liggen.

Voor een groot aantal habitattypen geldt dat de depositie tenminste tot de KDW teruggebracht zal moeten worden om enige zekerheid te bieden dat de negatieve effecten van de resterende stikstofdepositie dermate beperkt zijn, dat ze geen accumulerende werking laten zien die de fundamentele ecologische processen die kenmerkend zijn

voor het habitatype verstoren. Op dit depositieniveau kunnen natuurlijke ecosystemen zichzelf, voor zover het de stikstofdepositie betreft, in stand houden en zijn herhaalde herstelmaatregelen niet meer nodig.

4.5 Conclusies

Herstelmaatregelen zijn vaak noodzakelijk voor het behoud en herstel van de biodiversiteit, maar zijn in de meeste gevallen alleen effectief wanneer tegelijk de stikstofdepositie tot het vereiste niveau wordt teruggebracht. Alleen door de combinatie van deze twee strategieën kan op termijn voldaan worden aan de eisen die aan de Nederlandse natuur gesteld worden vanuit de Habitat- en Vogelrichtlijn. Er zijn voor droge, stikstofgevoelige habitattypen geen herstelmaatregelen die op voorhand alle negatieve effecten van extra stikstof kunnen uitsluiten, als de KDW al sterk wordt overschreden. Op de droge zandgronden, die erg gevoelig zijn voor stikstofdepositie, zijn echte herstelmaatregelen pas zinvol als er al een sterke reductie van de stikstofdepositie tot om en nabij de kritische depositiewaarden heeft plaatsgevonden, zodat er geen nieuwe accumulatie van stikstof in de betreffende ecosystemen optreedt. Zonder deze daling in stikstofemissie en -depositie leiden herstelmaatregelen die stikstof met organisch materiaal afvoeren tot natuurschade. Logisch zou dus zijn om eerst de stikstofdepositie flink terug te brengen om dan de natuur daadwerkelijk te herstellen. In de tussentijd kan de nadruk liggen op beheermaatregelen die de resterende biodiversiteit nog even in stand houden en experimentele maatregelen waarvan we kunnen leren hoe we de natuur zo goed mogelijk herstellen als de stikstofkraan voldoende is dichtgedraaid. Waar mogelijk kunnen maatregelen ter verbetering van de hydrologie direct worden ingezet, omdat de negatieve effecten van stikstofdepositie voor een groot deel (maar niet volledig) kunnen worden gemitigeerd onder invloed van gebufferd grondwater. Herstelmaatregelen gaan niet meer de juridische ruimte geven om het sterk reduceren van de stikstofemissies uit te stellen, zoals onder het PAS gebeurde.

5 Reductie doelstellingen: areaal onder kritische depositiewaarden

5.1 Vraagstelling en berekeningsmethode

Ecologisch gezien is het helder dat het optimaal is wanneer de KDW van alle Natura 2000-gebieden wordt gehaald en dat is dan ook het einddoel voor het bereiken van de instandhoudingsdoelstelling zoals is vastgelegd in het wetsvoorstel stikstofreductie en natuurverbetering. De vraag is daarbij dan wel: hoe snel moet de depositie ecologisch gezien terug? Wat is een relevant tussendoel voor 2030-2035? Aangezien er al sprake is van een erfenis van meer dan 50 jaar te hoge stikstofdepositie is het eenvoudige antwoord: zo snel mogelijk. Om een tijds- pad te adviseren is het echter van belang dat de vraag in ecologische en juridische zin meer wordt gespecificeerd. Dat kan met de vraag: bij welk depositieniveau is het niet mogelijk om instandhouding (laat staan verbetering) van de natuurkwaliteit te garanderen, zelfs niet bij het nemen van alle mogelijke herstelmaatregelen? Want de wet vereist verbetering en dat moet dus zo snel mogelijk gebeuren. Het antwoord zou je kunnen relateren aan twee typen vragen.

- 1 Bij welk emissiereductiepercentage zorg je er op korte termijn voor dat er een minimaal vereiste toename (75% van de oppervlakte van de geselecteerde prioritaire en zeer gevoelige habitattypen onder de KDW; H3.3) is in het areaal aan Natura 2000-gebieden waar de stikstofdepositie onder de KDW is?

Toelichting: Het belang van het uiteindelijk halen van de KDW om verdere aantasting van de natuur te voorkomen is het uitgangspunt. Hiervoor zijn ecologische argumenten (maar ook juridische). Bij deze benadering, wordt het aandeel hectaren stikstofgevoelige natuur waarvoor de KDW bereikt wordt als maat genomen waarop gestuurd wordt. Dit kan worden berekend door de relatie te bepalen tussen de procentuele afname in het areaal van Natura 2000-gebieden met overschrijding van de KDW en de procentuele reductie in stikstofemissies.

- 2 Bij welk emissiereductiepercentage zorg je ervoor dat in alle Natura 2000-gebieden de stikstofdepositie wordt teruggebracht tot een niveau waarbij in elk geval geen verdere verslechtering van de natuurkwaliteit optreedt, hoewel de KDW nog wel overschreden kan zijn?

Toelichting: Hoewel de KDW uiteindelijk gehaald moet worden, is het essentieel om de overschrijding van de KDW bij alle Natura 2000-terreinen op korte termijn zodanig laag te hebben dat het mogelijk is om instandhouding (en verbetering) van de natuurkwaliteit te garanderen. Vooralsnog is de wetenschappelijke informatie over een tijdelijke bepaalde vaste of procentuele overschrijding van de KDW waarboven geen verbetering optreedt, ook niet met herstelmaatregelen, echter heel beperkt. Daarom is in dit rapport gerekend met een aantal scenario's, namelijk 25%, 50%, 75% en 100% overschrijding (ofwel 1,25, 1,5, 1,75 en 2 maal de KDW). Omdat bij sommige habitats mogelijk zelfs onder de KDW nog verslechtering van de natuurkwaliteit plaatsvindt, is ook gerekend met 0,5 en 0,75 maal de KDW.

Door berekeningen uit te voeren met die grenzen kun je onderzoeken wat in elke situatie het minimaal vereiste emissiereductie percentage is om voor alle Natura 2000-gebieden die grens te halen. Je laat dan zien hoe gevoelig het emissiereductie percentage is voor het veronderstelde tussendoel. In dit hoofdstuk worden de resultaten van bovengenoemde berekening gegeven (5.2) en worden conclusies getrokken over de vereiste reductie op de korte termijn (2030), op basis van bovengenoemde twee benaderingen, en op de lange termijn (2050) op basis van de gewenste eindsituatie (het halen van de KDW voor alle natuurterreinen). In Annex I is een overzicht gegeven van de meegenomen habitattypen in de berekening (zie ook Hoofdstuk 3.2) en in Annex II is de berekeningsmethode in meer detail beschreven. In de berekening is, conform de huidige wetgeving ook het areaal aan leef- en zoekgebieden meegenomen. In Annex III is aangegeven wat het effect is als je de leef- en zoekgebieden weglaat.

De berekeningen zijn gebaseerd op benodigde landelijke emissiereducties. Uiteraard is er regionale differentiatie in de berekeningen mogelijk, hetgeen nog verdere doorrekeningen vereist. Tegelijkertijd is er sprake van een 'stikstofdeken' die over Nederland ligt, waardoor alleen regionaal beleid rond Natura 2000-gebieden ontoereikend is om de natuurdoelen te kunnen halen. Nederland zal dus niet ontkomen aan landelijk emissiereductiebeleid in samenhang met regionaal maatwerk. Om de orde-grootte van de reductie-ambitie te bepalen volstaat een berekening van de benodigde landelijke emissiereducties.

5.2 Natura 2000-gebieden boven de KDW in relatie tot reducties in stikstofemissie

In figuur 5 zijn de resultaten gegeven van de % afname in het areaal Natura 2000-met overschrijding van de KDW en de % reductie in Nederlandse stikstofemissies¹ voor de vier groepen van habitattypen. Bedenk dat het % betrekking heeft op de onderscheiden groep habitattypen. Zo is bij 50% reductie nog sprake van overschrijding van de KDW op ongeveer 25% het areaal van alle habitattypen (Alle) en op 40% van het areaal van de Prioritaire en Zeer gevoelige habitattypen (PH+ZG). De resultaten laten verder zien dat een reductie van ca 70% nodig is om 90% van het areaal van alle habitattypen te beschermen (10% overschrijding van de KDW, zie figuur 5). Bij 100% reductie is op 2% van het areaal van alle habitattypen nog sprake van overschrijding van de KDW maar dit is nog 8% van het areaal aan Prioritaire en Zeer gevoelige habitattypen (vnl. door depositie vanuit het buitenland).

In figuur 6 zijn de resultaten weergegeven van de effecten van een % stikstofreductie op de % afname in het areaal aan Natura 2000-gebieden met een overschrijding van

0,5, 0,75, 1,0, 1,25, 1,5, 1,75 en 2 maal de KDW voor de vier onderscheiden groepen van habitattypen. Volgens die berekeningen zit bij 50% emissiereductie reductie ca 25% van het areaal van alle habitattypen boven 1 maal KDW, terwijl het vrijwel verwaarloosbaar boven 2 maal de KDW en ca 80% boven 0,5 maal de KDW. Wanneer je voor de korte termijn (tot 2030) zou uitgaan van een relatief beperkte overschrijding van bv 25 %, dan zit bij 50% emissiereductie nog altijd ca 20% van het areaal van de Prioritaire en Zeer gevoelige habitattypen boven de 1,25 maal de KDW en dat is nog ca 15% boven de 1.5 en 1.75 maal de KDW (Figuur 6b). Voor alle habitattypen ligt dat rond de 10% boven 1,25 maal de KDW en ca 3-5% van het areaal boven 1,5-1,75 maal de KDW (Figuur 6d).

Bovenstaande resultaten hebben betrekking op berekeningen waarin ook het areaal aan leefgebieden is meegenomen. Uit de resultaten waarin alleen de habitattypen zijn meegenomen en de leefgebieden niet zijn meegerekend, blijkt dat de overschrijding van de KDWs iets (ca 5-10%) lager is zonder emissiereductie maar dat de daling van de overschrijding in de KDWs langzamer gaat zodat bv bij 50% emissiereductie de procentuele overschrijding van de KDWs vrijwel gelijk is (Annex III).

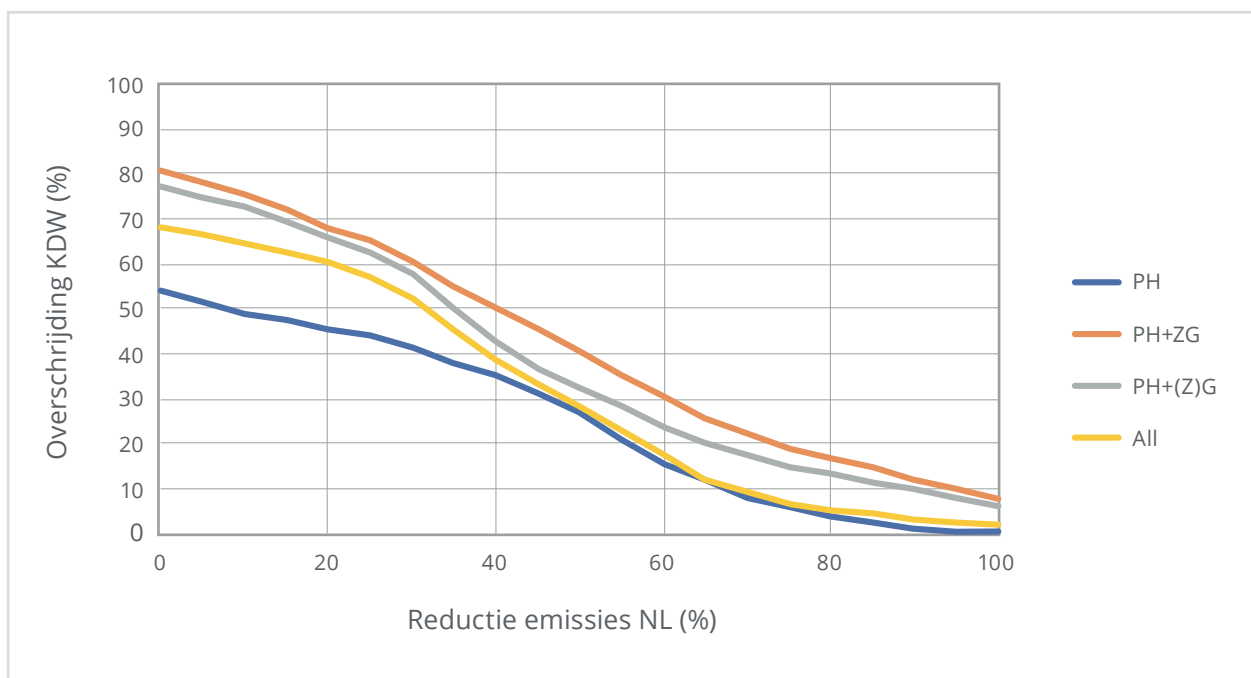


Fig. 5. Relatie tussen de % afname in het areaal aan Natura 2000 gebieden boven de KDW en de % reductie in stikstofemissies voor Prioritaire habitattypen (PH), Prioritaire en Zeer gevoelige habitattypen (PH+ZG), Prioritaire en Zeer gevoelige habitattypen en Gevoelige habitattypen (PH+ZG+G) en Alle habitattypen (Alle).

¹ Zowel NOx als NH3 (evenredig toegepast). De reductie van buitenlandse emissies is vastgezet op de NEC-richtlijn: 25% reductie in NOx en 15% reductie in NH3.

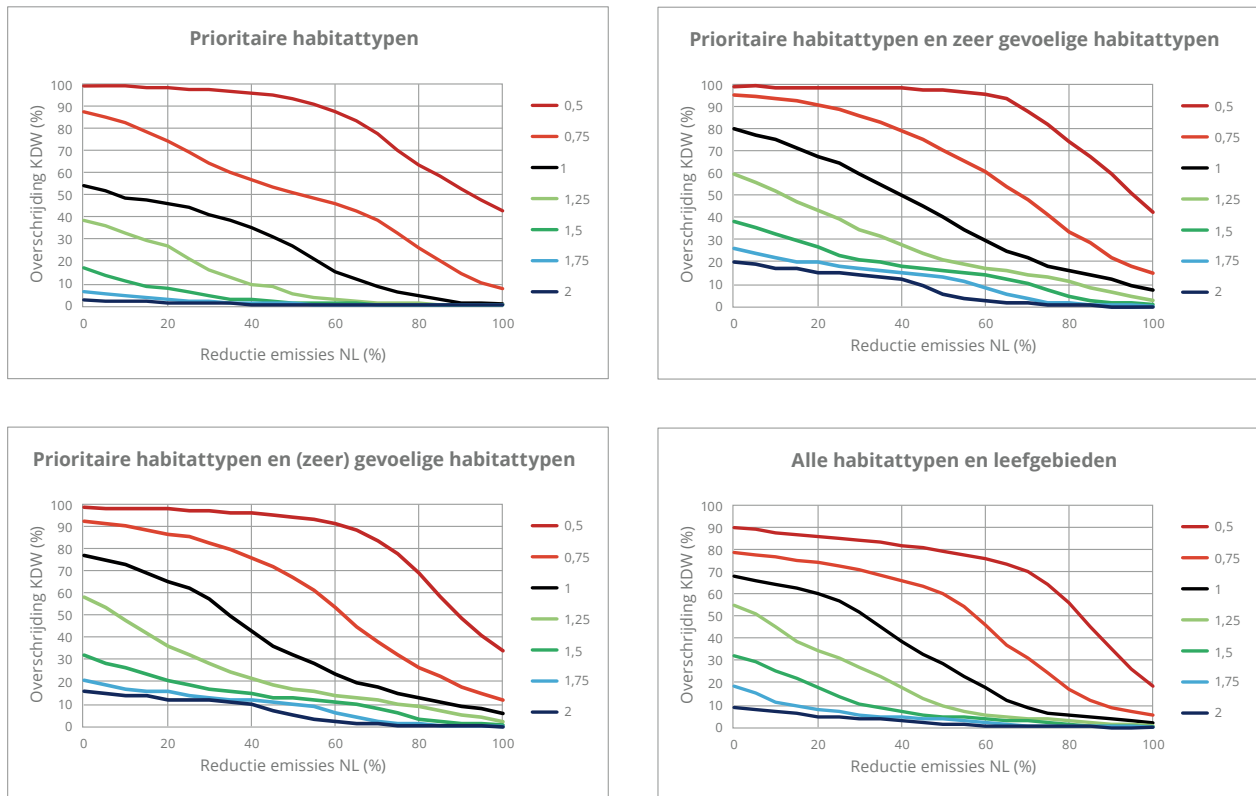


Fig. 6. Relatie tussen de % afname in het areaal aan Natura 2000-gebieden met een overschrijding van 0,5, 0,75, 1,0, 1,25, 1,5, 1,75 en 2 maal de KDW en de % reductie in stikstofemissies voor de vier onderscheiden groepen van habitattypen.

5.3 Conclusies

Vereiste emissiereducties op korte termijn

Hier trekken we de conclusies over het reductiepercentage dat nodig is tot 2030 - 2035 en wat dit oplevert in aandeel gebieden / habitattypen dat beschermd wordt tegen verdere aantasting door stikstofdepositie (gelijk aan of onder de KDW).

Redeneerlijn 1: Bij welk emissiereductie-percentages zorg je ervoor dat er een minimaal vereiste toename is in het areaal aan stikstofgevoelige habitattypen in de Natura 2000-gebieden onder de KDW?

De ecologische problemen zijn het grootst bij de zeer gevoelige habitattypen. De prioritaire habitattypen zijn aangewezen vanwege hun bijzondere belang voor de biodiversiteit en zouden dus als eerste behoeft moeten worden tegen verdere aantasting als gevolg van stikstofdepositie. Voor deze twee subgroepen moet dus speciale aandacht zijn bij het bepalen van het benodigde reductiepercentage.

De relatie tussen de emissiereductie en areaal van alle habitattypen waar overschrijding van de KDW plaatsvindt is een dalende S-curve (zie figuur 5). 50% emissiereductie, zoals beoogd voor 2035 in de huidige wet, ligt middenin het steil aflopende deel van de curve; meer emissiereductie levert in dit traject dus nog hoge natuurwinst op (hectaren onder KDW). 50% reductie geeft nog altijd overschrijding van de KDW op 40% van het areaal van de geselecteerde prioritaire en zeer gevoelige habitats (figuur 5); om de biodiversiteit te beschermen is 40% van de hectaren overschrijding van de KDW in deze prioritaire en zeer gevoelige habitats te veel, mede gegeven de slechte staat waarin de betreffende habitats nu veelal verkeren en de strikte afhankelijkheid van veel soorten van deze habitattypen (H3.3).

Om op korte termijn op een minimaal vereist areaal van 75% aan geselecteerde prioritaire en zeer gevoelige habitattypen onder de KDW te komen, is een emissiereductie van ongeveer 70% nodig. Dit is het reductieniveau waar de 'staart' van de S-curve voor alle habitattypen begint (Fig. 5) en waarbij er nog een overschrijding op 10% van de hectaren van alle habitattypen is.

Redeneerlijn 2: Bij welk emissiereductie-percentages zorg je ervoor dat alle stikstofgevoelige habitattypen in de Natura 2000-gebieden onder een KDW-tussendoel komen?

Hoe hoog bij het tussendoel de overschrijding van een KDW waarde mag zijn, is een grotendeels beleidsmatige keuze die echter wel door het beleid afdoende ecologisch onderbouwd zou moeten worden. Daarom zijn vooralsnog de waarden 1.25, 1.5, 1.75 en 2 maal de KDW aangehouden als range waarboven de achteruitgang van natuurkwaliteit waarschijnlijk doorgaat ook al is er sprake van depositie reductie. De gedane berekeningen wijzen erop dat reducties van 50-70% nodig zijn om achteruitgang *in vrijwel alle systemen* tot stilstand te brengen, uitgaande van een op korte termijn toegestaan overschrijdingspercentage van ca 25-75% (Fig. 6d). Voor alleen de prioritaire en zeer gevoelige habitattypen geldt hiervoor nog steeds een benodigde emissiereductie van 70% (bij een toegestane overschrijding van ten minste 1.75 maal de KDW wat ecologisch al niet realistisch is voor de zeer gevoelige habitattypen; Fig. 6b).

Beide redeneerlijnen convergeren dus naar een zelfde eindpunt. Ecologisch gezien zou de overmatige depositie zo snel mogelijk een halt moeten worden toegeeroepen. Op grond van het bovenstaande en de indicatie voor de mogelijke snelheid van de emissiereductie, zoals aangegeven in het advies van het adviescollege Remkes (zie onderstaand kader) adviseren we voor de termijn tot 2035 dan ook een reductie met 70% (en ten minste 50%



in 2030). Zelfs bij een reductie van 70% tegen 2035 zullen waarschijnlijk in de tussentijd nog aanzienlijke verdere biodiversiteitsverliezen optreden vanwege doorgaande stikstofaccumulatie. Het is dus belangrijk deze termijn te verkorten wanneer hiertoe mogelijkheden zijn.

Over de mogelijke snelheid van de reductie van stikstofemissie stelt het adviescollege Remkes: “De sectorplannen van melkveehouderij, kalverhouderij, varkenshouderij, geitenhouderij en pluimveehouderij, die in de zomer van 2019 aan de minister van LNV zijn aangeboden, omvatten diverse plannen voor een transitie van de veehouderij waarmee minimaal een halvering van de uitstoot van stikstof in 2030 vanuit de veehouderijsectoren wordt voorzien. In de akkerbouw neemt de precisiebemesting in de laatste jaren een grote vlucht dankzij nieuwe eco-technologische teeltmethoden. Dat een reductie van ammoniakemissie van meer dan 50% mogelijk is, wordt door verschillende vernieuwende boeren in alle betrokken bedrijfstakken binnen de landbouw nu ook al aangetoond. In een scenarioanalyse van WUR, met een doorrekening naar 2050, wordt ook een reductie van de ammoniakemissie van meer dan 50% voorzien. De conclusie van het Adviescollege is dan ook dat stagnatie van emissiereductie niet nodig is, en dat er nog veel reductie te bereiken valt”.

Vereiste emissiereducties op lange termijn

Op langere termijn (2050) zou er geen natuurschade meer moeten optreden als gevolg van stikstof, waarbij in principe de depositie overal onder de KDW moet liggen. Bij een emissiereductie in het buitenland tot aan de NEC-richtlijn voor 2030 (National Emission Ceiling of nationaal emissieplafond, zoals afgesproken tussen de Europese landen om luchtverontreiniging te beperken), waarmee gerekend is in deze studie, zou dit betekenen dat de emissiereductie in Nederland 100% zou moeten bedragen, terwijl dan op 2% van het totaal oppervlak aan habitattypen en leefgebieden de KDW alsnog wordt overgeschreden (zie Fig. 5). Het is echter duidelijk dat bij 70% emissiereductie al heel veel bereikt is en dat de inzet na 2030 – 2035 zich zou moeten richten op grotere reducties in het buitenland, waardoor het areaal Natura 2000-gebieden dat in Nederland onder de KDW uitkomt, richting de 100% kan gaan.

6 Conclusies en aanbevelingen

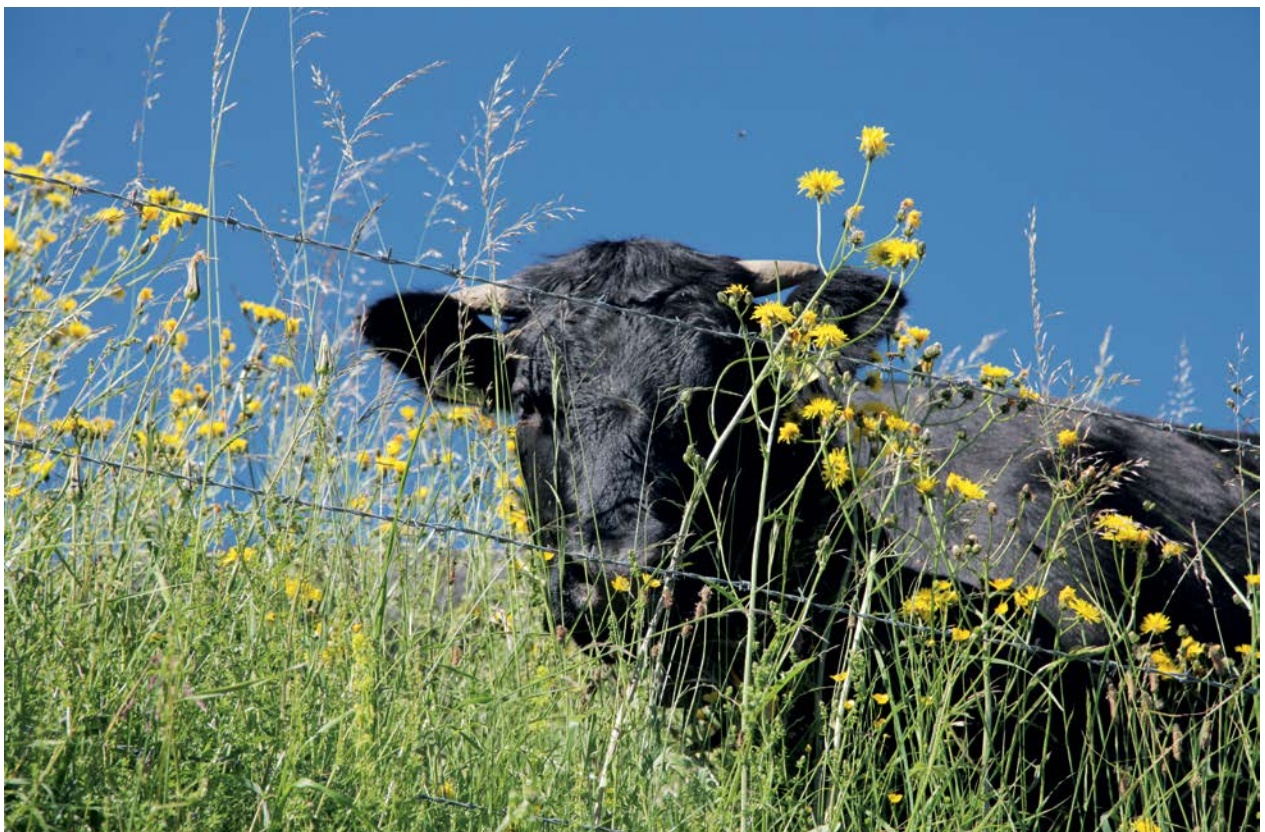
- 1) Stikstofgevoelige natuur bevindt zich op dit moment in slechte staat. Om de risico's op verdere natuurschade en verlies van biodiversiteit te beperken, zou de depositie op ten minste 75% van de oppervlakte stikstofgevoelige prioritaire en zeer gevoelige habitattypen zo snel mogelijk onder de KDW gebracht moeten worden. Dit is te bereiken met een emissiereductie van 70%.
- 2) Wat betreft de snelheid waarmee 70% emissiereductie bereikt kan worden, sluiten we ons aan bij het advies van het Adviescollege Remkes: 50% emissiereductie in 2030, en een emissiereductie van 70% in 2035. Zelfs bij deze reductie zullen waarschijnlijk nog aanzienlijke verdere biodiversiteitsverliezen plaatsvinden, vanwege doorgaande stikstofaccumulatie, zodat het belangrijk is deze termijn te verkorten wanneer hiertoe mogelijkheden zijn. Om nagenoeg 100% van de hectaren onder de KDW te krijgen, (tussen de jaren 2035 en 2050), zijn we vooral afhankelijk van emissiereductie in het buitenland.
- 3) De effecten en mogelijkheden van natuurherstelmaatregelen zijn beperkt. In veel gevallen zijn zij pas effectief wanneer eerst de stikstofdepositie tot een acceptabel niveau is teruggebracht. In droge natuurgebieden hebben mitigerende maatregelen tegen stikstof ongunstige bijwerkingen, des te meer als ze herhaaldelijk worden toegepast. In natte natuurgebieden is wel mitigatie mogelijk met hydrologisch herstel, waarvoor vaak maatregelen rond deze gebieden nodig zijn. Deze kunnen in sommige gevallen echter rekenen op maatschappelijke weerstand. De PAS-natuur herstelstrategieën zijn niet opgesteld om de effecten van stikstof (volledig) te mitigeren of negatieve effecten op voorhand uit te sluiten en kunnen derhalve ook niet hiervoor ingezet worden (met uitzondering van enkele situaties die samenhangen met de hydrologie).
- 4) Nu zou ingezet moeten worden op het verder terugbrengen van de stikstofuitstoot (het zogenaamde 'bronbeleid'), de uitvoer van hydrologische herstelmaatregelen, die een bijdrage leveren aan het herstel van kwelafhankelijke ecosystemen, en onderzoek naar de inzet van grootschalige maatregelen die leiden tot ecosysteemherstel. Deze grootschalige herstelmaatregelen zouden uitgerold moeten worden als de stikstofdepositie al sterk gedaald is (vanaf 2030). Op dit moment blijven echter noodmaatregelen nodig om verder biodiversiteitsverlies te voorkomen. De PAS-natuur 'herstel'-strategieën kunnen hierin leidend zijn.
- 5) Regionale maatregelen rond Natura 2000-gebieden zijn ontoereikend door de grote transportafstanden van stikstofverbindingen in de atmosfeer, resulterend in een 'stikstofdeken' die over het land ligt. Landelijk beleid in combinatie met regionaal ingrijpen is dus noodzakelijk.

Naschrift

Dit rapport behandelt de emissiereductie die noodzakelijk is voor het behoud en verwezenlijken van de randvoorwaarden voor herstel van habitattypen die voor hun voortbestaan (in goede staat) het meest afhankelijk zijn van dit beleidsinstrument. We realiseren ons dat voor het natuurherstel zelf ook nog aanvullende maatregelen nodig zullen zijn en dat we zelfs na het nemen van deze maatregelen niet kunnen garanderen hoe het verloop van het natuurherstel er precies uit zal zien, noch welke soorten terug zullen komen (spontaan of met hulp). Ook in andere stikstofgevoelige habitattypen zullen nog inspanningen nodig zijn om de schadelijke effecten van stikstof te boven te komen. We verwachten een groot herstel van natuurwaarden te kunnen zien als het stikstofprobleem voldoende is ingedamd, waarbij we op termijn kunnen voldoen aan de eisen van de Habitatrictlijn. Het uitgangspunt is dat we eerst de habitattypen weer kunnen laten functioneren volgens de ecosysteemprocessen

die aan hun verschijning en aanwezigheid ten grondslag liggen, dus zonder de invloed van sterk overmatige stikstofdepositie.

Hiernaast realiseren we ons dat een reductie van 70% stikstofemissie vooral op het platteland grote gevolgen zal hebben. We zien een toekomstig boerenland graag met ruimte voor biodiversiteit en extensievere bedrijfsvormen en regionaal gesloten kringlooplandbouw, waarbij de agrarisch ondernemers een hogere beloning ontvangen voor het voedsel dat ze ecologisch duurzaam produceren en ook voor het onderhoud van een aantrekkelijk landschap. Het oplossen van problemen in de agrarische sector kan voor een groot deel hand in hand gaan met het oplossen van de natuur- en biodiversiteitsproblematiek, alsmede de invulling van het klimaatakkoord. Regie vanuit de centrale overheid is hierbij onontbeerlijk.



Kent de toekomst van de Nederlandse veehouderij weer bloemrijke graslanden?

Literatuur

- Berendse, F. 1990. Organic matter accumulation and nitrogen mineralization during secondary succession in heathland ecosystems. *Journal of Ecology* 78: 413-427.
- Berendse F. & R. Aerts 1984. Competition between *Erica tetralix* L. and *Molinia caerulea* (L.) Moench as affected by the availability of nutrients. *Oecologia Plantarum* 5: 3-14.
- Berendse F., R. Geerts, W. Elberse, M. Bezemer, P. Goedhart, W. Xue, E. Noordijk, C. ter Braak & H. Korevaar 2021. A matter of time: recovery of plant species diversity in wild plant communities at declining nitrogen deposition. *In press*.
- Bergsma H., J. Vogels, A. van den Burg, R. Bobbink 2018. Is de bodemverzuring in Nederland onomkeerbaar? *Vakblad voor natuur Bos en Landschap* 144: 4-7.
- Bobbink, R. H.L.T. Bergsma, J. den Ouden, M.J. Weijters 2017. Na het zuur geen zoet? Bodemverzuring in droog zandland-schap blijvend probleem. *Landschap, tijdschrift voor landschapsonderzoek* 34: 61-69.
- 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. Bilthoven: Coordination Centre for Effects of the International Cooperative Programme on Modelling and Mapping Critical Levels and Loads and Air Pollution Effects, Risks and Trends.
- Bobbink, R. & L.P.M. Lamers (1999). Effecten van stikstofhoudende luchtverontreiniging op vegetaties, een overzicht. Technische Commissie Bodembescherming, Den Haag.
- Bobbink, R., R. Loeb, R.J. Bijlsma, S.P.J. van Delft 2019. Doet extreme droogte stikstofbom in droge heide barsten? *Vakblad Natuur Bos Landschap* 160: 3-6.
- Bobbink, R., A. van den Burg, E. Brouwer, B. van de Riet & H. Siepel 2018. Langetermijneffecten van bosbekalking en -bemesting: de Harderwijkerproef. Monitoring OBN-17-DZ. VBNE, Driebergen.
- Bobbink, R. & M.J. Weijters 2018. Verschil in effecten op natuur van gereduceerd versus geoxideerd zuurstof. *Tijdschrift Lucht*, maart 2028, 1: 23-27.
- Bouwman, J.H., R.H.A. van Grunsven, J. Smit, J.T. Smit & R. Verhagen 2020. Actieplan meer insecten op de hei - eindrapport. *Bosgroep Midden Nederland*, Ede.
- Boxman A.W. 2002. Is stikstofverzaadiging in Nederlandse bossen omkeerbaar? *Vakblad Natuurbeheer* 8:127 - 130.
- Britto, D.T. & H.J. Kronzucker 2002. NH_4^+ toxicity in higher plants: a critical review. *Journal of Plant Physiology* 159. 567 -584.
- Brunsting, A.M.H. & G.W. Heil 1985. The Role of Nutrients in the Interactions between a Herbivorous Beetle and Some Competing Plant Species in Heathlands. *Oikos* 44: 23-26.
- Cape, J.N., Van der Eerden, L.J., Sheppard, L.J., Leith, I.D. and Sutton, M.A. (2009). Evidence for changing the critical level for ammonia. *Environmental Pollution* 157, 1033-1037.
- Clark, C.M. & D. Tilman 2008. Loss of plant species after chronic low-level nitrogen deposition to prairie grasslands. *Nature* 451: 712-715.
- De Graaf, M., R. Bobbink, P.J.M. Verbeek, J.G.M. Roelofs 1997. Aluminium toxicity and tolerance in three heathland species *Water Air and Soil Pollution* 98:229-239.
- De Vries, W., C. van der Salm, G.J. Reinds and J.W. Erisman, 2007. Element fluxes through intensively monitored forest ecosystems in Europe and their relationships with stand and site characteristics. *Environmental Pollution* 148: 501-513.
- De Vries, W., M. Posch, H.U. Sverdup, T. Larssen, H.A. de Wit, R. Bobbink and J.-P. Hettelingh, 2015. Geochemical indicators for use in the computation of critical loads and dynamic risk assessments. In W. de Vries, J.-P. Hettelingh & M. Posch (eds) *Critical Loads and Dynamic Risk Assessments: Nitrogen, Acidity and Metals in Terrestrial and Aquatic Ecosystems*, *Environmental Pollution* Volume 25, Springer ISSN 1566-0745: 15-58.
- De Vries, W. & J.W. Erisman 2020. <https://www.biomaatschappij.nl/artikel/ammoniak-schadelijker-voor-natuur-stikstofoxiden-voor-de-gezondheid/>.
- Dise, N.B., J.J. Rothwell, V. Gauci, C. van der Salm and W de Vries, 2009. Predicting nitrate leaching in European forests using two independent databases. *Science of the total Environment* 407 (5): 1798 - 1808.
- Dorland, E., L.J.L. van den Berg, E. Brouwer, J.G.M. Roelofs & R. Bobbink 2005. Catchment Liming to Restore Degraded, Acidified Heathlands and Moorland Pools. *Restoration Ecology* 13: 302-311. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2005.00038.x>
- Elberse, W.Th., J.P. van den Bergh & J.G.P. Dirven 1983. Effects of use and mineral supply on the botanical composition and yield of old grassland on heavy-clay soil. *Neth. J. Agric. Sci.* 31: 63-88. <https://doi.org/10.18174/njas.v31i1.16962>
- Erisman, J.W. & T. Brouwer, 2020. De stikstofdepositie bijdragekaart voor effectieve emissievermindering uit de landbouw. *UL-CML-rapport* 200.
- European Environment Agency 2019. Nitrogen surplus and exceedances of critical nitrogen inputs to agricultural land in view of adverse impacts on water quality. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/nitrogen-surplus-and-exceedances-of>

- Gies, E., H. Kros & J.-C. Voogd 2019. Memo Inzichten stikstofdepositie op natuur. WUR.
- Haveman R. & J. Schaminée 2002. Struwelen in de Nederlandse kustlandschappen: typologie en successie. *De Levende Natuur* 103: 70 – 73.
- Haynes, R.J. & R.S. Swift 1986. Effects of soil acidification and subsequent leaching on levels of extractable nutrients in a soil. *Plant and Soil*, 95, 327–336. <https://doi.org/10.1007/BF02374613>
- Johansson, O., K. Palmqvist & J. Olofsson 2012. Nitrogen deposition drives lichen community changes through differential species responses. *Global Change Biology* 18(8), DOI: 10.1111/j.1365-2486.2012.02723.x
- Kleijn, D., R.J. Bink, C.J.F. ter Braak, R. van Grunsven, W.A. Ozinga, I. Roessink, J.A. Scheper, A.M. Schmidt, M.F. Wallis de Vries, R. Wegman, F. van der Zee & Th. Zeegers, Th. 2018. Achteruitgang insectenpopulaties in Nederland: trends, oorzaken en kennislacunes. Wageningen: Wageningen Environmental Research (Wageningen Environmental Research rapport 2871) – 85.
- Klimkowska, A., H. Van Dobben, H. Keizer-Vlek, M. Wallis de Vries, R.J. Bijlsma & A. Schotman. 2011. Urgente maatregelen voor Habitattypen; behoud van urgent bedreigde typische soorten en vegetatietypen. *Alterra-rapport 2278*, 240 blz.
- Kooijman, A.M., M. van Til, E. Noordijk, E. Remke & K. Kalbitze 2017. Nitrogen deposition and grass encroachment in calcareous and acidic Grey dunes (H2130) in NW-Europe. *Biological Conservation* 212, Part B: 406-415.
- Kurze, S.; Heinken, T. & Fartmann, T. (2018): Nitrogen enrichment in host plants increases the mortality of common Lepidoptera species. *Oecologia*, [1-11]. DOI: 10.1007/s00442-018-4266-4
- Landschap 2017. Themanummer OBN-onderzoek droog zandlandschap. *Landschap, tijdschrift voor landschaps-onderzoek* 34-2: 55-103.
- Limpens, J. 2009. De rol van de berk bij herstel en beheer van hoogveen, gecombineerde resultaten van 'Vervolg OBN Hoogveenonderzoek' & 'Effecten van berkenopslag en dichtheid op hoogveenvegetaties behorende tot het natte zandlandschap'. Directie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit Rapport DK nr. 2009/dk119-O.
- Lucassen E.C.H.E.T., L.J.L. van den Berg, A.J.P. Smolders, R.C.H. Aben, J.G.M. Roelofs & R. Bobbink 2014. Bodemverzuring en achteruitgang zomereik. *Landschap* 2014/4: 185 – 192.
- NDFD 2021. Nationale Databank Flora en Fauna, <https://www.ndff.nl> (geraadpleegd februari 2021).
- 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.
- Ottburg, F.G.W.A. & C.A.M. van Swaay (reds) 2014. Gunstige referentiewaarden voor populatieomvang en verspreidingsgebied van soorten van bijlage II, IV en V van de Habitatrichtlijn. WOT-rapport 124, ISSN 1871-028X, WOT Natuur & Milieu, Wageningen UR.
- Ploegmakers, H., S. Turnhout, R.P.B. Foppen, J.C.J.M. de Kroon & prof. dr. H. Siepel 2021. Natuurherstel na de PAS-uitspraak: van juridische zekerheid naar borging van ecologische effectiviteit. *Milieu en Recht* 2021/4: 10-17.
- S.A. Power, E.R. Green, C.G. Barker, J.N.B. Bell & M.R. Ashmore 2006. Ecosystem recovery: heathland response to a reduction in nitrogen deposition. *Global Change Biology* 12: 1241-1252.
- Publikatieblad van de Europese Gemeenschappen 1992.
- Remke, E., E. Brouwer, A. Kooijman, I. Blindow, H. Esselink & J.G.M. Roelofs 2009. Even low to medium nitrogen deposition impacts vegetation of dry, coastal dunes around the Baltic sea. *Environmental Pollution* 157: 792-800.
- Sparrius, L.B., A.M Kooijman 2011. Invasiveness of *Campylopus introflexus* in drift sands depends on nitrogen deposition and soil organic matter. *Applied Vegetation Science* 14:221 – 229.
- Sparrius, L.B., B. Odé & R. Beringen 2014. Basisrapport Rode Lijst Vaatplanten 2012 volgens Nederlandse en IUCN-criteria. FLORON Rapport 57. FLORON, Nijmegen.
- Stevens, C.J. 2016. How long do ecosystems take to recover from atmospheric nitrogen deposition? *Biological Conservation* 200: 160-167.
- Stevens, C.J., P. Manning, L.J.L. van den Berg, M.C.C. de Graaf, G.W.W. Wamelink, A.W. Boxman, A. Bleeker, P. Vergeer, M. Arroniz-Crespo, J. Limpens, L.P.M. Lamers, R. Bobbink & E. Dorland 2011. Ecosystem responses to reduced and oxidised nitrogen inputs in European terrestrial habitats. *Environmental Pollution*, Volume 159: 665-676.
- Strengbom, J., A. Nordin, T. Näsholm & L. Ericson 2001. Slow recovery of boreal forest ecosystem following decreased nitrogen input. *Functional Ecology* 15: 451-457.
- Sutton M.A. 2009 Risks from air pollution to the integrity of Ashdown Forest Special Area of Conservation: Analysis of the (Regulation 19) consultation responses from Natural England. South Downs National Park Authority, Tunbridge Wells Borough Council and Lewes District Council concerning the proposed Wealden Local Plan. Prepared for Walden District Council. NERC Centre for Ecology & Hydrology, 42 pp.
- Sutton, M.A., N. van Dijk, P.E. Levy, M.R. Jones, I.D. Leith, L.J. Sheppard, S. Leeson, Y. Sim Tang, A. Stephens, C.F. Braban, U. Dragosits, C.M. Howard, M. Vieno, D. Fowler, P. Corbett, M. Irfan Naikoo, S. Munzi, C.J. Ellis, S. Chatterjee, C.E. Steadman, A. Móríng & P.A. Wolseley. 2020 Alkaline air: changing perspectives on nitrogen and air pollution in an ammonia-rich world. *Phil. Trans. R. Soc. A* 378: 20190315. <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2019.0315>

- Tamis, W.L.M., M. van 't Zelfde, R. van der Meijden & H.A. Udo de Haes 2005. Changes in Vascular Plant Biodiversity in the Netherlands in the 20th Century Explained by their Climatic and other Environmental Characteristics. *Climatic Change* 72: 37-56. <https://doi.org/10.1007/s10584-005-5287-7>
- Tian D. & S. Niu 2015. A global analysis of soil acidification caused by nitrogen addition. *Environmental Research Letters* 10; doi:10.1088/1748-9326/10/2/024019.
- Tomassen H.B.M., A.J.P. Smolders, J. Limpens, P.M. Lamers & J.G.M. Roelofs 2004. Expansion of invasive species on ombrotrophic bogs: dessication or high N deposition. *Journal of Applied Ecology*, 41: 139-150.
- Van Breemen, N., P.A. Burrough, E.J. Velthorst, H.F. van Dobben, T. De Wit, T.B. Ridder & H.F.R. Reijnders 1982. Soil acidification from atmospheric ammonium sulphate in forest canopy throughfall. *Nature* 299: 548-550.
- Van den Burg, A.B. 2002. De achteruitgang van de Sperwer op de ZW-Veluwe, veroorzaakt door predatie of voedseltekort?. *Limosa* 75: 159-168.
- Van den Burg, A.B. 2017. Rammelende eieren en brekebenen bij de koolmees: verzuring terug bij af? *Vakblad voor Bos, Natuur en Landschap* 136: 3-7.
- Van den Burg, A.B. 2019A. Blijft de rekening van de stikstof-emissie nu nog bij de natuur liggen? *Milieu en Recht* 2019/19: 112-116.
- Van den Burg, A.B. 2019B. Schelpkalk als oplossing voor gebroken pootjes bij bosvogels. *Vakblad voor Bos, Natuur en Landschap* 157: 26-30.
- Van den Burg, A., Dees, A., Huigens, T., Bijlsma R.J., De Waal, R. 2014. Voedselkwaliteit en biodiversiteit in bossen van de hoge zandgronden. Den Haag. Directie Agrokennis, Ministerie van Economische Zaken. Rapport 2014/OBN186-DZ.
- Van Dobben, H., 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*, Alterra, Wageningen
- Van Dobben H.F., E.P.A.G. Schouwenberg, J. P. Mol, H.J.J. Wieggers, M.J.M. Jansen, J. Kros & W. de Vries 2006. Simulation of critical loads for nitrogen for terrestrial plant communities in The Netherlands.
- Van Dobben, H.F., G. W. Wieger Wamelink, Pieter A. Slim, Jan Kamiński & Hubert Piórkowski 2017. Species-rich grassland can persist under nitrogen-rich but phosphorus-limited conditions. *Plant and Soil* 411: 451-466.
- Van Oene, H., F. Berendse & C.G.F. de Kovel 1999. Model analysis of the effects of historic CO₂ levels and nitrogen inputs on vegetation succession. *Ecological Applications* 9: 920-935.
- Vogels, 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). Den Haag. Directie Kennis en Innovatie, Ministerie van Economische zaken, Landbouw en Innovatie. (Rapport 2011/OBN152-DZ).
- Vogels J., A. van den Burg, D. van de Waal, M. Weijters, R. Bobbink, M. Nijssen & M. Wallis de Vries 2020. Imbalanced by overabundance, effects of nitrogen deposition on nutritional quality of producers and its subsequent effects on consumers. VBNE, Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren, Rapportnr. 2020/OBN236-NZ Driebergen.
- Wereld Natuur Fonds 2020. Living Planet Report Nederland. Natuur en landbouw verbonden. WNF, Zeist.
- Wilkins, K., J. Aherne & A. Bleasdale 2016. Vegetation community change points suggest that critical loads of nutrient nitrogen may be too high. *Atmospheric Environment* 146: 324-331.
- Xu, Y. & H. Xiao 2017. Free amino acid concentrations and nitrogen isotope signatures in *Pinus massoniana* (Lamb.) needles of different ages for indicating atmospheric nitrogen deposition. *Environmental Pollution* 221: 180 - 190.



Referentiebeeld uit voormalig Oost-Duitsland van droge heide: geen vergrassing en korstmossen die domineren tussen de heidepollen.

Annex I - Overzicht meegenomen habitattypen

Hieronder volgt een globale beschrijving van de effecten van stikstofdepositie op prioritaire, zeer gevoelige en gevoelige habitattypen.

1. Prioritaire habitattypen

Grijze duinen H2130, KDW = 714-1071 mol N ha⁻¹ jr⁻¹

Dit zijn de min of meer droge graslanden van het duin-gebied. Het zijn soortenrijke begroeiingen met dominantie van laagblijvende grassen, kruiden, mossen en korstmossen. Grijze duinen ontstaan achter de zeereep op plekken waar de windsnelheid (en dus de verstuiving) voldoende zijn afgenomen voor het ontstaan van gesloten begroeiingen met kruiden en mossen. Dynamiek in de vorm van lichte overstuiving en begrazing door konijnen zorgt van nature voor de instandhouding van het type. De ecologische variatie van het habitatype is groot, onder andere door verschillen in kalkgehalte en dikte van de humuslaag.

Zowel verzuring als vermesting vormen een bedreiging voor dit type. Verzuring (en de daarmee gepaard gaande ontkalking) is een natuurlijk proces, dat sterk wordt versneld door depositie. Vooral in de kalkarme duinen (grofweg het Waddengebied), maar zelfs in de kalkrijke duinen (grofweg de vastelandsduinen ten zuiden van Schoorl) kan oppervlakkige uitputting van de kalkbuffer optreden, hetgeen leidt tot daling van de pH, toename van de P-beschikbaarheid en vrijkomen van toxisch Al. Toename van nutriëntenbeschikbaarheid (zowel N uit depositie als P door verzuring) leidt tot toename van hoge grassen (helm, duinriet) en verdringen van de kenmerkende mossen en korstmossen. Door het dichtgroeien van de duinen verdwijnen stuifplekken die zorgen voor het aan de oppervlakte brengen van stikstofarm en kalkrijk zand en zo bijdragen aan de instandhouding van het type. Er is dus sprake van een zichzelf versnellend proces.

Duinheiden met kraaihei H2140, KDW = 1071 mol N ha⁻¹ jr⁻¹

Dit zijn open kustduinen met een vegetatie die wordt gedomineerd door dwergstruiken, waaronder kraaihei. Kraaihei is een zeer concurrentiekrachtige soort die andere dwergstruiken kan verdringen, maar in duinvalleien met natte duinheide kunnen dophei of cranberry dominant zijn, en in droge duinheiden eikvaren, kruipwilg of pleksgewijs struikhei.

Dit habitatype verdraagt geen daling van de pH onder 4.0 (sommige subtypen zelfs onder 4.5), een verdere daling leidt tot verdwijnen van kenmerkende soorten. Stikstofdepositie leidt er toe dat de natuurlijke uitbreiding van kraaihei zeer snel verloopt hetgeen leidt tot overmatige dominantie van deze soort. Ook zandzegge kan sterk profiteren van stikstofdepositie. Beide soorten, kraaihei en zandzegge, vormen samen tegenwoordig vaak dichte vegetaties, waardoor minder concurrentiekrachtige soorten afnemen.

Duinheiden met struikhei H2150, KDW = 1071 mol N ha⁻¹ jr⁻¹

Dit zijn door struikhei gedomineerde begroeiingen van de kalkarme kustduinen van het Waddengebied. Op het vasteland komt het type voor in de landinwaarts gelegen, van oorsprong kalkrijke maar inmiddels sterk ontkalkte en langdurig beweide oude kustduinen. Het habitatype komt vooral in zuidwestelijker gelegen landen voor waar het ook het meest karakteristiek is ontwikkeld. De soortensamenstelling langs de Nederlandse kust verschilt weinig van de habitattypen met struikhei die in het binnenland voorkomen. Binnen het duingebied lijkt het habitatype op het habitatype Duinheiden met kraaihei, dat over veel grotere oppervlakten voorkomt. Voor de effecten van N depositie wordt naar deze typen verwezen.

Heischrale graslanden H6230, KDW = 7140-857 mol N ha⁻¹ jr⁻¹

Dit habitatype omvat schrale, min of meer gesloten, half natuurlijke graslanden op betrekkelijk zure bodems. Ze kunnen zeer rijk zijn aan soorten, waarvan een deel ook voorkomt in heide-begroeiingen. Het type is in ons land aan te treffen in de duinen, op de hogere zandgronden van het binnenland, en in het Limburgse heuvelland. Verschillende vormen van heischrale graslanden komen voor onder uiteenlopende milieuocondities: op de hogere zandgronden zowel op vochtige als op droge standplaatsen; in de duinen op vochtige standplaatsen (de droge graslanden worden daar tot H2130 gerekend); en aan de verzuurde bovenranden van kalkgraslanden in het heuvelland. Ook komt dit type (zeldzaam) voor in verdroogd hoog- en laagveen.

Heischrale graslanden zijn extreem gevoelig voor verzuring. Zij komen voor in een pH bereik waar kationenumwisseling zorgt voor buffering (ca. pH 4.5 - 5.5) en juist in dat bereik is de buffercapaciteit gering. Depositie

zorgt daarom al snel tot een daling van de pH (en vaak wordt dit versterkt door het wegvallen van kwel als bron van bufferstoffen). Dit leidt tot een toename van Al en NH_4 in het bodemvocht, en daarmee het verdwijnen van daarvoor gevoelige soorten als Arnica en rozenkransje. Ook depositie van N verhoogt de NH_4 concentratie in het bodemvocht, met name in het heuvelland waar soorten voorkomen die de omzetting van NH_4 in NO_3 onderdrukken. En net als bij veel andere typen zorgt vermessing hier ook voor een toename van algemene, snelgroeïende grassen zoals pijpenstrootje (zandgrond) of gevinde kortsteel (heuvelland).

Actieve hoogveenen H7110, KDW = 500-786 mol N ha⁻¹ jr⁻¹
Actieve hoogveenvorming houdt in dat de door veenmos-
sen gedomineerde vegetatie meer organisch materiaal
vormt dan er wordt afgebroken. De veenmossen die het
hoogveen vormen, produceren zo veel zuur dat de af-
braak van organisch materiaal sterk geremd wordt, terwijl
regenwater als een spons wordt vastgehouden. Hierdoor
groeit het systeem gaandeweg omhoog, en kan uitein-
delijk meters dikke lagen veen afzetten. Kenmerkend
voor levend hoogveen is verder het patroon van bulten
en slenken, die beide door veenmossen gedomineerd
worden maar wel een verschillende flora hebben: de
bulten heidesoorten en veenbes, de slenken snavelbiezen.
Hoogveenen komen in twee vormen voor: grootschalig
en dan uitsluitend door regenwater gevoed (en dus met
laterale afstroming van water), en kleinschalig (als helling-
veen en in verlande vennen, met laterale toestroom van
water).

Verzuring speelt voor de van nature al zeer zure venen
geen grote rol. Maar zij zijn wel extreem gevoelig voor
toename van de N beschikbaarheid. Bij een depositie
onder de KDW wordt alle via de atmosfeer of regen
aangevoerde stikstof door het veenmos opgenomen en
gebruikt voor groei. Maar bij hogere depositie raakt het
veenmos verzadigd, en gaat aan de onderzijde stikstof
doorlaten. Daardoor kunnen vaatplanten het met hun
wortels opnemen en sneller gaan groeien, of er vestigen
zich nieuwe soorten (zoals pijpenstrootje of bomen zoals
berk). Door overschaduwning neemt dan de groeisnelheid
van het veenmos af, en wordt de doorslag van stikstof
nog groter: een zelfversnellend proces. Overigens is
ook verdroging een grote bedreiging voor hoogveen,
voor hoogveenvorming is een stabiele hoge waterstand
noodzakelijk. Wanneer het veen uitdroogt kan zuurstof
toetreden hetgeen leidt tot oxidatie van het veen, en daar-
mee vrijkomen van voedingsstoffen waardoor het boven
beschreven proces versterkt wordt.

2. Zeer gevoelige habitattypen:

Duinbossen H2180 (subtype Abe), KDW = 1071 mol N/ha/j
Dit habitatype omvat een grote verscheidenheid aan
natuurlijke en half-natuurlijke loofbossen in de kust-
duinen. Ook hun ontstaansgeschiedenis is zeer divers: als
landgoedbos, als hakhout, of als spontaan maar vroeger
intensief begraasd bos. Er zijn daarom weinig echt ken-
merkende soorten, al kunnen de voormalige landgoed-
bossen (z.g. 'stinzen') wel zeer rijk aan soorten zijn. Het
subtype omvat de droge duinbossen met eik en berk als
dominante boomsoort, vaak gelegen in de oude (meer
landinwaarts gelegen) duinen en op de hogere delen van
de strandwallen, waar de ontkalking meestal al ver is
voortgeschreden.

Evenals in duinvalleien leidt verzuring in dit type tot
versnelde ontkalking en daarmee verhoging van de
P beschikbaarheid. Dit, in combinatie tot verhoogde
N-beschikbaarheid door depositie, leidt tot een toename
van snelgroeïende soorten als braam en zandzegge,
en een afname van de karakteristieke korstmossen.
Overigens is er weinig onderzoek aan dit type verricht,
daarom is de KDW gelijk gesteld aan die van de verge-
lijkbare inlandse oude eikenbossen (H9190, zie onder);
waarschijnlijk spelen in beide typen vergelijkbare proces-
sen een rol.

*Vochtige duinvalleien H2190 (subtypen Aom, C),
KDW = 1000-1071 mol N/ha/j*

Ook dit Habitatype kent een grote verscheidenheid: het
betreft duinmeertjes, vochtige graslanden, lage moeras-
vegetaties en rietlanden, alle in (min of meer natuur-
lijke) laagten in de duinen. Er bestaat een grote variatie
aan standplaatscondities, afhankelijk van ontstaans-
geschiedenis, leeftijd, waterregime en kalkgehalte van de
bodem of het kwelwater. Daarom worden er vijf subtypen
onderscheiden, waarvan hier alleen de zeer gevoelige
worden behandeld; dit zijn voedselarm open water, en
ontkalkte duinvalleien.

Evenals in terrestrische systemen zorgt depositie in
duinplassen voor een versnelde ontkalking. Dit leidt in
plasjes vaak tot ophoping van organische stof, waar-
door de verzuring verder versneld wordt en typische
basenminnende soorten zoals oeverkruid verdwijnen.
Bij laterale toestroom van water kan dit nog versterkt
worden wanneer ook de inziggebieden ontkalken. Evenals
in de grijze duinen leidt ontkalking tot een toename van
de beschikbaarheid van P, die samen met N depositie
de algengroei in het water stimuleert en daarmee het
doorzicht vermindert, wat zeer ongunstig is voor onder-

gedoken waterplanten. Ook de terrestrische vegetatie die een duinplas omringt, zal bij verhoogde N en P beschikbaarheid meer biomassa gaan produceren en daarmee ook de verdamping doen toenemen, wat leidt tot verdroging ('s zomers te lang droogvallen of zelfs geheel verdwijnen van duinplassen). In de vochtige ontkalkte duinvalleien spelen ongeveer dezelfde problemen als in de duinplasjes: ophoping van organische stof, verzuring en verhoging van de beschikbaarheid van N en P. Ook hier kan dit proces versneld worden door ontkalking van inzigggebieden, en speelt het probleem van verdroging door meer biomassa en dus meer verdamping. In duinvalleien profiteert vooral duinriet van de verhoogde P beschikbaarheid, wordt sterk dominant en verdringt zeldzame soorten als drienerlige zegge.

*Vochtige heiden H4010A (subtype A),
KDW = 1214 mol N ha⁻¹ jr⁻¹*

Kenmerkend voor vochtige heiden is de hoge bedekking van gewone dophei, eventueel in mozaïek met grassen zoals pijpenstrootje. De bodem is altijd nat en zuur. Er zijn in Nederland twee typen standplaatsen, op de hoge zandgrond en in het laagveen. Op de zandgrond komen die standplaatsen vooral voor langs beekdalen, aan oevers van vennen, en op bodems die afgesloten worden door een ondoorlatende laag. In het laagveen is vochtige heide het eindstadium van verlanding onder maaibeheer. Daar loopt de verlanding van (destijds voor turfwinning gegraven) petgaten via drijvende kraggen, trilveen en veenmosrietland uiteindelijk tot moerasheide.

Omdat dit type alleen voorkomt op van nature al zure bodems heeft verzuring geen grote invloed op het voorkomen. Wel zijn er een aantal bijzondere soorten in dit type die alleen voorkomen op plaatsen die iets minder zuur zijn, en die verdwijnen bij verzuring. Dit geldt bv. voor klokjesgentiaan, gevlekte orchis en heidekartelblad. Verder kan door toegenomen beschikbaarheid van N de productie toenemen, dit uit zich eerst in dominantie van soorten die typisch zijn voor vochtige heide zoals dopheide en veenpluis. Echter, bij hogere of langduriger depositie maken die soorten weer plaats voor algemene grassen als pijpenstrootje. Deze soort profiteert ook van hoge concentraties ammonium, die voor veel andere soorten giftig zijn. In het laagveen leidt toenemende beschikbaarheid van N en P aanvankelijk tot dominantie van haarmos, maar uiteindelijk ook tot overheersen van pijpenstrootje, en opslag van houtige soorten als els, berk en braam.

Droge heiden H4030, KDW = 1071 mol N ha⁻¹ jr⁻¹

Droge heiden worden gedomineerd door struikheide, meestal in combinatie met grassen en mossen, en soms met andere dwergstruiken zoals dopheide of bosbes. Ze komen voor op arme, zure zandgronden waarin zich meestal een z.g. podzolprofiel (met duidelijke uit- en inspoelingslagen) heeft ontwikkeld. Het type werd vroeger in stand gehouden met een beheer van begrazen (meestal door schapen) en afplaggen; als dit beheer achterwege blijft volgt successie naar bos. Al vanaf de jaren '70 wordt de stuikheide steeds meer verdrongen door grassen, met name bochtige smele en pijpenstrootje ('vergrassing'), als gevolg van de toegenomen N beschikbaarheid door depositie. Vaak wordt het verdringen van struikheide versneld door schade aan de heideplanten door droogte, vorst of een heidekeverplaag; de gevoeligheid voor deze factoren wordt groter bij hogere N beschikbaarheid. Bij vergrassing verdwijnen ook de andere voor droge heide typerende soorten zoals kruipbrem en tandjesgras. Overigens kunnen bijzondere soorten -die doorgaans voorkomen op wat minder zure plekken, b.v. schorseneer- ook door verzuring verdwijnen. In de afgelopen decennia is vooral geprobeerd de nog resterende heide in stand te houden door afplaggen. Dit is een vorm van traditioneel beheer die nu echter op veel grotere schaal en met veel grotere frequentie wordt toegepast. De laatste jaren blijkt echter dat hieraan grote nadelen kleven, o.a. omdat met plaggen behalve stikstof (die zich in de bovenlaag ophoopt) ook andere nutriënten (met name P), en zaden, die beide noodzakelijk zijn voor hervestiging van een soortenrijke heide, worden afgevoerd. Daarom richt het beheer zich de laatste tijd meer op begrazen. Vooral voor de (insecten)fauna blijkt de veranderde chemische samenstelling van het voedsel, met veel N en weinig P, buitengewoon ongunstig te zijn.

*Herstellende hoogvenen H7120,
KDW = 500-1214 mol N ha⁻¹ jr⁻¹*

Dit habitatype betreft hoogveenrestanten waar hoogveenherstel gaande is of naar verwachting mogelijk is. Meestal zijn dan nog restanten veen aanwezig, maar zelfs indien het veen tot op de zandbodem is afgegraven, is soms herstel nog mogelijk. Hoogveenherstel dient plaats te vinden over grotere oppervlakten, en dan zijn een of meer van de volgende elementen aanwezig: hoogveenbulten, hoogveenslenken en veenputten met veenmos, zure wateren, heidevegetaties, vergraste veenbodems, struwelen en bossen. Het doel van hoogveenherstel is te komen tot hoogveenkernen met een goed functionerende bovenlaag van veenmos en als gevolg daarvan een stabiele waterstand. De KDW van herstellend hoogveen is daarom gelijk aan die van het beoogde doel van het herstel en heeft daarom een brede range (een deel, de hoogveen-

bossen, valt buiten de range voor ‚zeer gevoelig‘ en blijft hier buiten beschouwing). Voor de effecten van depositie zij daarom verwezen naar de betreffende doelen: actieve hoogvenen en vochtige heiden.

Oude eikenbossen H9190, KDW = 1071 mol N ha⁻¹ jr⁻¹

Dit habitatype komt voor op kalkarme, zeer voedselarme, vochtige tot droge zandgronden, die door de wind of door gletsjerijs zijn afgezet, meestal met een podzolprofiel in de bodem. De boomlaag bestaat uit zomereik en ruwe berk, meestal gemengd met lijsterbes, vuilboom of ratelpopulier. De ondergroei is doorgaans zeer arm aan vaatplanten, maar rijk aan mossen, korstmossen en paddenstoelen. Deze bossen zijn ontstaan door successie uit heide of stuifzand, en hebben vaak een voorgeschiedenis van hakhout. De z.g. strubben (veelstammige, gedrongen, kronkelige eiken) zijn ontstaan door een beheer van hakhout of begrazing in het verleden. Depositie van stikstof leidt in dit type vooral tot een achteruitgang van de rijke flora van mossen, kostmossen en paddenstoelen. Omdat veel van deze paddenstoelen z.g. mycorrhizavormers zijn, die in symbiose leven met vaatplanten, kan de achteruitgang van de paddenstoelenflora ook indirect leiden tot verminderde vitaliteit van de boomlaag.

3. Gevoelige habitattypen

Duinbossen H2180 (subtypen Ao, B, C),

KDW = 1429-2214 mol N ha⁻¹ jr⁻¹

Dit zijn subtypen van Duinbossen die niet hierboven reeds behandeld zijn, dwz. de nattere en voedselrijkere vormen, en de binnenduinrandbossen. Deze laatste zijn oorspronkelijk vaak aangeplant als landgoedbos, meestal op bewerkte, bemeste en bekalkte grond en met aanplanten van uitheemse bolgewassen, die inmiddels ingeburgerd zijn (de ‚stinzenflora‘). Omdat deze binnenduinrandbossen hun bestaan te danken hebben aan menselijk ingrijpen in het verleden zijn zij voedselrijk en heeft toename van de N beschikbaarheid hier waarschijnlijk weinig invloed. Maar verzuring kan wel leiden tot versnelde ontkalking en daarmee een bedreiging zijn voor de flora, incl. de kenmerkende stinzenflora. In de overige subtypen spelen processen die vergelijkbaar zijn met die in duinvalleien: toenemende productie van biomassa door toenemende beschikbaarheid van N (door depositie) en P (door ontkalking) en daardoor verdringen van de typerende soorten door bijvoorbeeld brandnetel of braam. En bijzondere vermelding verdient de afname van het zeldzame Meidoorn-berkenbos, dat afhankelijk is van een wat

hogere pH dan de overige vegetatietypen binnen droge duinbossen, en waarvan de afname waarschijnlijk een gevolg is van verzuring en ontkalking.

Beuken-eikenbossen met hulst H9120,

KDW = 1429 mol N ha⁻¹ jr⁻¹

Dit habitatype betreft bossen van zeer voedselarme tot licht voedselrijke zand- en leemgronden. Het komt voor op de hogere zandgronden en in het heuvelland. Het type neemt een tussenpositie in tussen de zeer voedselarme Oude Eikenbossen (H9190, zie hierboven) en de voedselrijke Eiken-Haagbeukenbossen (H9160) van het heuvelland. Alleen opstanden van minstens 100 jaar oud op bosgroeiplaatsen ouder dan 150 jaar worden tot dit type gerekend. Meestal is de beuk dominant in de boomlaag en hulst en taxus in de struiklaag. De verzuring van de bodem die optreedt bij N depositie heeft een diepgaande invloed op dit type. Deze verzuring wordt versterkt door ophoping van strooisel, en leidt tot uitspoeling en daardoor verminderde beschikbaarheid van basische kationen, en vrijkomen van toxische Al en NH₄ ionen, wat direct weerslag heeft op mycorrhiza vormende paddenstoelen en op de vitaliteit van de boomlaag. Maar ook voor de fauna zijn er belangrijke gevolgen. Zo leidt de uiterst geringe beschikbaarheid van Ca tot problemen met eieren en botten bij zangvogels. Waarschijnlijk is er ook een direct effect van vermisting op mycorrhiza, vergelijkbaar met de oude eikenbossen (maar hier minder goed onderzocht).

Annex II - Berekeningsmethode

II.1 Doorgerekende habitattypen

Met het model OPS is berekend wat de effecten zijn van reducties van stikstofemissies zijn op de hectaren Natura 2000-gebieden en habitats waarvan de KDW niet wordt overschreden (in aandeel van de hectaren per categorie). De habitattypen zijn gegroepeerd volgens de indeling in paragraaf 3.2.

II.2 Aannames en modelberekeningen

Stikstofgevoelige habitats en KDW

De ligging van de relevante habitattypen en de leefgebieden per Natura 2000-gebied alsmede de corresponderende KDW-waarden zijn gebaseerd op kaarten zoals gebruikt binnen AERIUS². Het gaat hierbij om de stikstofgevoelige habitattypen en leefgebieden binnen een Natura 2000-gebied per 25m-cel.

Emissies landbouw

Hierbij is uitgegaan van de emissies zoals berekend met het model Initiator versie 5 (Kros et al., 2019), uitgaande van het peiljaar 2017. Hierbij zijn de stal- en opslag-emissies bepaald per locatie van zowel wel hoofd als nevenvestigingen. De toedieningsemissies van dierlijke mest en kunstmest en de emissie door beweiding zijn op perceelsniveau bepaald. Deze zijn vervolgens opgeschaald naar 500m×500m cellen.

NH₃ Depositie berekening

De NH₃-depositie ten gevolge van de Nederlandse landbouw op de Natura 2000-gebieden is berekend met het OPS-model (versie 4.5.2.2). Hierbij zijn stal- en opslag-emissies op 100m×100m als invoer gebruikt en is de depositie op 100m×100m bepaald. Dit is per sector (rundvee, varkens, pluimvee en overig) en per provincie gedaan. Hierbij is uitgegaan van de provinciegrenzen 2019. De depositie van de toedienings- en beweidingsemissie is eveneens op 100m×100m bepaald.

Bepaling totale N depositie

Achtergrond NO_x en NH₃ op basis van de RIVM/CLO-kaarten voor 2017 per km-cel. Hierbij de NH₃-achtergrond (bijdrage buitenland en niet-landbouw Nederland) bepaald door de totale NH₃-depositie van het RIVM te verminderen met de door ons berekende depositie door de Nederlandse landbouw.

Depositie varianten

Wat betreft reducties buitenland is er vanuit gegaan dat die voldoen aan de NEC richtlijn voor 2030 en dat is iom RIVM (Wim van der Maas) vastgesteld op 25% reductie voor NO_x en 15% voor NH₃. In de berekeningen zijn voor stappen van 5% (van 0-100%) een emissiereductie van zowel NO_x als NH₃ meegenomen en vervolgens is de % overschrijding van de KDW berekend. De berekening is uitgevoerd met 0.5, 0.75, 1.0, 1.25, 1.5, 1.75 en 2 maal de KDW.

De berekening van de gewenste reductie voor het voorkomen van een overschrijding van een KDW waarde die vermenigvuldigt is met een waarde boven 1 is gebaseerd op de gedachte dat op korte relatief korte termijn (uiterlijk 2030) bepaalde overschrijdingen van de KDW moeten zijn teruggedrongen, omdat die overschrijding tot verslechtering leidt, zelfs bij het nemen van herstelmaatregelen. Hoe hoog die overschrijding dan mag zijn is niet echt helder. Daarom zijn de waarden 1.25, 1.5, 1.75 en 2 maal de KDW aangehouden. Omdat bij sommige habitats mogelijk zelfs onder de KDW nog verslechtering van de natuurkwaliteit is te zien is ook gerekend met 0.5 en 0.75 maal de KDW om ook dit effect te laten zien.

In de berekening is uitgegaan van een identieke emissiereductie over alle bronnen in het land. Een andere (betere) variant is om de emissiereducties te variëren over op basis van de bijdrage van bronnen aan de depositie-overschrijding van N2000-gebieden (zie bv Erisman en Brouwer, 2020). Dit vereist een optimalisatiemethode die voor deze studie niet is gebruikt.

2 <http://www.nationaalgeoregister.nl/geonetwork/srv/dut/catalog.search#/metadata/4e214ddf-4384-42a3-89d9-4074541b640d>; Versie gedownload oktober 2019.

Annex III - Gevoeligheid voor al dan niet meenemen van leefgebieden

Uit de resultaten blijkt dat als je alleen habitattypen meeneemt en de leef- en zoekgebieden niet meerekent dat de overschrijding van de KDWs iets (ca 5-10%) lager is zonder emissiereductie (uitgaande van het halen van de NECs in 2030 door het buitenland) maar dat de daling van de overschrijding in de KDWs langzamer gaat zodat bv bij 50% emissiereductie de % overschrijding van de KDWs (1 maal) vrijwel gelijk is.

