

# Herstelstrategie H21 30B: Grijze duinen (kalkarm)

Smits, N.A.C. & A.M. Kooijman

## *Leeswijzer*

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

## 1.Kenschets

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

Het habitatype betreft de min of meer droge graslanden van het duingebied (en vergelijkbare plaatsen in aangrenzende delen van het kustgebied). Het gaat hierbij om soortenrijke begroeiingen met dominantie van laagblijvende grassen, kruiden, mossen en/of korstmossen. Vermengd met deze begroeiingen kunnen kruidenrijke zoombegroeiingen graslanden met dominantie van de dwergstruik Duinroos (*Rosa pimpinellifolia*) voorkomen. Grijze duinen ontstaan achter de zeereep op plekken waar de door de wind veroorzaakt dynamiek voldoende laag is voor het ontstaan van gesloten begroeiingen met kruiden en mossen. Door de bodemvorming ontstaat een zogenoemde 'C-horizont' met een grijze kleur, vandaar de naam van het habitatype. Dynamiek in de vorm van lichte overstuiving, hellingprocessen (dynamiek door neerslag) en begrazing door konijnen zorgt van nature voor de instandhouding van het type. Vanwege de positieve invloed van verstuiving, worden ook stuifplekken binnen graslandcomplexen tot het habitatype gerekend. De hoge soortenrijkdom is voor een belangrijk deel karakteristiek voor de grazige vegetaties zelf, maar een deel van de soorten is juist (mede) afhankelijk van onbegroeide delen (Blauwvleugelsprinkhaan), konijnenholen (Tapuit) of bloemrijke zomen (Duin- en Grote parelmoervlinder). Het ontstaan van duingraslanden is weliswaar een natuurlijk proces, maar de uitgestrektheid van de graslanden in de Nederlandse duinen is waarschijnlijk mede veroorzaakt door menselijke activiteiten (met name beweiding, maar ook grondwateronttrekking). De ecologische variatie van het habitatype is groot, wat samenhangt met onder andere het kalkgehalte (in de toplaag van de bodem) en de dikte van de humuslaag. Op grond hiervan worden drie subtypen onderscheiden. De overgangen tussen de subtypen zijn echter gradueel. De begroeiingen van subtype C wisselen doorgaans af met begroeiingen van subtype A of B. Ze vormen daarbij complexen of een opeenvolging van zones. Overigens komen de duingraslanden als geheel

vaak voor in samenhang met helmduinen, natte duinvalleien en struwelen.

*H2130\_B Grijze duinen (kalkarm)*. Duingraslanden van bodems die van nature kalkarm zijn of waarvan de toplaag ontkalkt is. Vooral in dit subtype kunnen korstmossen een opvallende plaats innemen. Bij verdergaande verzuring in de kalkarme duinen ('Waddendistrict', ten noorden van Bergen aan Zee) en in de diep ontkalkte oude, van nature kalkrijke, duinen ('Rhenodunale district') ontstaan droge duinheides (H2140B en H2150).

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

Soortgroep	VHR-soort	belang en functie	N-gevoeligheid van leefgebied	Effecten van stikstofdepositie
Vogels	Blauwe klauwier	Groot: foerageergebied	Ja	Afname prooibesikbaarheid (6)
Vogels	Bruine kiekendief	klein: foerageergebied	Ja	Afname prooibesikbaarheid (6)
Vogels	Grauwe kiekendief	Groot: foerageergebied	Ja	Afname prooibesikbaarheid (6)
Vogels	Grauwe klauwier	klein: foerageergebied	Ja	Afname prooibesikbaarheid (6)
Vogels	Paapje	klein: foerageergebied	Ja	Afname prooibesikbaarheid (6)
Vogels	Roodborsttapuit	groot; voortplantings- en foerageergebied	mogelijk	Afname prooibesikbaarheid (6)
Vogels	Scholekster	klein: foerageergebied	mogelijk	Afname prooibesikbaarheid (6)
Vogels	Tapuit	groot; voortplantings- en foerageergebied	Ja	Afname prooibesikbaarheid (6)
Vogels	Velduil	Groot: voortplantings- en foerageergebied	Ja	Afname prooibesikbaarheid (6)
Vogels	Visdief	klein: foerageergebied	mogelijk	Afname prooibesikbaarheid (6)

Soortgroep	Typische soort	belang en functie	N-gevoeligheid van leefgebied	Effecten van stikstofdepositie
Dagvlinders	Duinparelmoervlinder	Groot: voortplantings- en foerageergebied	ja	Afname kwantiteit voedselplanten + bloemdichtheid (3)
Dagvlinders	Heivlinder	Groot: voortplantings- en	ja	Afname kwantiteit voedselplanten +

Soortgroep	Typische soort	belang en functie	N-gevoeligheid van leefgebied	Effecten van stikstofdepositie
		foerageergebied		bloemdichtheid (3)
Dagvlinders	Kleine parelmoervlinder	Groot: voortplantings- en foerageergebied	ja	Afname kwantiteit voedselplanten + bloemdichtheid (3)
Dagvlinders	Kommavlinder	Groot: voortplantings- en foerageergebied	ja	Afname kwantiteit voedselplanten + bloemdichtheid (3)
Sprinkhanen & krekels	Blauwvleugelsprinkhaan	Groot: voortplantings- en foerageergebied	ja	Koeler en vochtiger microklimaat (1)
Sprinkhanen & krekels	Duinsabelsprinkhaan	Groot: voortplantings- en foerageergebied	ja	Koeler en vochtiger microklimaat (1)
Sprinkhanen & krekels	Knopsrietje	Groot: voortplantings- en foerageergebied	ja	Koeler en vochtiger microklimaat (1)
Vogels	Tapuit	Groot: voortplantings- en foerageergebied	ja	Afname prooibesikbaarheid (6)
Zoogdieren	Konijn	Groot: voortplantings- en foerageergebied	ja	Afname kwaliteit voedselplanten (4) (hypothese)

Voor een goed begrip van de onderstaande paragrafen, is het essentieel om uit te gaan van de definitie van het habitatype en zijn kwaliteitseisen (abiotische randvoorwaarden, samenstellende vegetatietypen, typische soorten en overige kenmerken van goede structuur en functie). Zie daarvoor het profielendocument

([http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/documenten/profielen/habitattypen/profiel\\_habitatype\\_2130.pdf](http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/documenten/profielen/habitattypen/profiel_habitatype_2130.pdf)).

NB de C-horizont waarover wordt gesproken in het profiel, moet zijn AC-horizont.

## 2. Ecologische randvoorwaarden

Voor de abiotische randvoorwaarden (Runhaar et al. 2009) van subtype B wordt uitgegaan van de omstandigheden van meerdere vegetatietypen (zie tabel 1).

*Tabel 1. Samenstellende vegetatieeenheden voor 2130B (Runhaar et al. 2009). De codering van de vegetatie is volgens Schaminée et al. 1996 en een Staatsbosbeheertype. Voor de indeling naar kenmerkendheid is uitgegaan van de 'definitietabel habitattypen (versie 1 september 2008)', waarin staat aangegeven welke typen alleen als mozaiektype meetellen of kenmerkend zijn voor matig ontwikkelde vormen van het habitatype, en bij de overige typen welk deel van het type onder het habitatype valt. De indeling naar kenmerkendheid is niet 1 op 1 afgeleid uit*

deze informatie, omdat bij de ruimtelijke afgrenzing van de typen (primaire doel van de vertaaltabel) soms andere overwegingen een rol spelen dan bij de bepaling van de ecologische vereisten (Runhaar et al. 2009).

Associatiennaam	Code (VvN)	Subassociatie	Kenmerkendheid
Duin-Buntgras-associatie	14Aa2a	typische subassociatie	1
	14Aa2b	subassociatie met Fakkелgras	1
Duin-Struisgras-associatie	14Bb2a	typische subassociatie	1
	14Bb2b	subassociatie met klavertjes	2
Associatie van Oranjesteeltje en Langkapselsterretje	14Ca3a	typische subassociatie	3
	14Ca3b	subassociatie met Groot klokhoedje	3
Rompgemeenschap met Duinroosje van het Verbond der droge, kalkrijke duingraslanden	14-RG11-[14Cb]		3
Vogelpootjes-associatie	14Ba1		3

## 2.1 Zuurgraad

Voor subtype B wordt het kernbereik gevormd door een pH van 5-6,5, waarbij voor de diepe bodemlaag ook pH hoger dan 6,5 en voor de ondiepe bodemlaag ook het bereik van 4,5-5 als kernbereik worden gezien (Runhaar et al. 2009).

## 2.2 Voedselrijkdom

De optimale voedselrijkdom bestaat uit de klasse matig voedselarm tot licht voedselrijk (subtype A+B); waarbij zeer voedselarm als aanvullend wordt gezien (Runhaar et al. 2009).

## 2.3 Vochttoestand

De optimale vochttoestand voor subtype A en B is droog. Matig droog geldt als aanvullend bereik (Runhaar et al. 2009).

## 2.4 Landschapsecologische processen

Kalkarme grijze duinen zijn zowel in het Renodunaal district (secundair) als in het Waddendistrict (primair) aanwezig. Bodemchemisch zijn er echter wel duidelijke verschillen tussen deze beide typen, vooral wat betreft P-beschikbaarheid, die leiden tot verschillende reacties op verhoogde stikstofdepositie. De duinen in het Renodunaal district bevatten van nature meer kalk en ijzer dan het Waddendistrict (Eisma 1968, Kooijman et al. 1998), wat van invloed is op de P-beschikbaarheid. In het Waddendistrict komen kalkrijke grijze duinen vrijwel niet voor. In het Renodunaal district zijn de kalkarme grijze duinen als gevolg van hun hoge ouderdom diep ontkalkt geraakt. In het Renodunaal district kan in kalkarme grijze duinen P-limitatie optreden door de aanwezigheid van ijzer in de bodem, dat een verbinding aangaat met P (in de vorm van FePO<sub>4</sub>). Dit gebeurt echter alleen in relatief jonge bodems met weinig organische stof (Kooijman et al. 1998; 2009). Bij organische stofgehalten boven de 4% komt ijzer vrijwel alleen nog voor in organische vorm, als complex met organische stof. In dat geval is ijzer niet meer in staat P stevig te binden, en neemt de P-beschikbaarheid weer toe. In het Waddendistrict, waar ijzergehalten sowieso laag zijn, is ijzer ook in jonge bodems alleen in organische vorm aanwezig, en is de P-

binding dus altijd zwak. Dit type duingraslanden is daarom van nature door stikstof gelimiteerd, wat het gevoeliger maakt voor verhoogde N-depositie.

Onaangetaste duingebieden zijn sterk dynamische milieus, met een intensieve wisselwerking tussen hydrologie, wind, moedermateriaal, bodemvorming, vegetatieontwikkeling en herbivoren. Een reden voor de grote vegetatievariatie van duinen is de aanwezigheid van zogenaamde 'shifting mosaics'. Dit zijn in de tijd variabele ruimtelijke patronen van successiestadia, waarbij verschillende plekken zich in andere ontwikkelingsstadia bevinden. Hierdoor kunnen veel soorten, elk kenmerkend voor een bepaald stadium of een combinatie daarvan, vlak naast elkaar voorkomen. Hier valt nog veel onderzoek naar te doen, zeker in een relatief jong milieu waarbij weliswaar cyclische successiefenomenen kunnen optreden, maar waarbij ook directionele successielijnen optreden wegens de toenemende ouderdom en genese van de bodem. Gekoppeld aan het feit dat allerlei typen successiereksen kunnen optreden (uitgaande van zoete, zoute, droge, natte, kalkarme of kalkrijke condities elk weer gemodificeerd door de hellingexpositie en door menselijk gebruik), leidt dit tot een uitzonderlijk hoge diversiteit aan soorten en levensgemeenschappen (Olf & Boersma 1998). Tijdens de successie treden belangrijke veranderingen in de bodem op, zoals ontkalking, accumulatie van organische stof en veranderingen in nutriëntenbeschikbaarheid.

Zie ook de informatie uit de landschapsdoorsneden in het Droge duinlandschap (Deel III).

## 2.5 Regulier beheer

Begrazing (zie ook paragraaf 4 en 5).

# 3. Effecten van stikstofdepositie

Bij de laatste review van empirische ranges is deze voor de grijze duinen naar beneden bijgesteld van 10–20 kg N/ha/jaar (Bobbink et al. 2003) naar 8–15 kg N/ha/jaar ('quite reliable', EUNIS type B1.4 in Bobbink & Hettelingh 2011). Door Bobbink en Hettelingh (2011) wordt verder voorgesteld om voor zure of ontkalkte duinen de onderkant van de deelrange te gebruiken en de bovengrens voor kalkrijke stabiele duingraslanden. De kritische depositiewaarde is door Van Dobben et al. (2012) voor dit subtype vastgesteld op 10 kg N/ha/jaar (714 mol N/ha/jaar). Dit getal is gebaseerd op de bovenkant van de empirische deelrange (8–10 kg N/ha/jr) als nadere invulling van de empirische range.

Alle kalkarme duingraslanden lijken gevoelig voor hoge N-depositie. In jonge, organische stofarme, maar ijzerrijke bodems in het Renodunaal district kan een lage P-beschikbaarheid het proces van vergrassing wel vertragen (Kooijman et al. 2009), maar niet geheel tegenhouden. Ook deze grijze duinen zijn zonder beheer inmiddels voor 80% vergrast. Kalkarme grijze duinen met hogere P-beschikbaarheid, zoals de oudere bodems met meer organische stof in het Renodunaal district, en de ijzerarme bodems in het Waddendistrict, zijn vrijwel allemaal al aan het eind van de vorige eeuw vergrast.

### 3.1 Verzuring

Kalkarme grijze duinen hebben van nature een lage pH. Desalniettemin kan verdere verzuring optreden, waarbij aluminium concentraties kunnen toenemen en remmend kunnen werken op meer gevoelige soorten (Bobbink & Hettelingh 2011). Waarschijnlijk treden echt toxische concentraties echter pas op bij zeer lage pH, als alle aluminium en ijzeroxiden zijn opgelost, en de Fe–Al buffer is uitgeput (Verstraten et al. 1990: onderzoek in bossen; Van der Salm 1998). Dat is tot nu toe nog niet gebeurd.

### 3.2 Vermesting

Kalkarme grijze duinen (subtype B) zijn zeer gevoelig voor vermisting. Deze gevoeligheid voor N-depositie wordt waarschijnlijk mede veroorzaakt door een relatief lage microbiële N-behoefte, die kan leiden tot hogere netto N-mineralisatie dan in kalkrijke duinen, ondanks de lagere afbraaksnelheid en biologische activiteit (Kooijman & Besse 2002). Kalkarme bodems worden over het algemeen gedomineerd door schimmels in plaats van bacteriën, waardoor de microbiële N-behoefte afneemt (Kooijman et al. 2009). Dat betekent dat er ondanks een lage totale N-mineralisatie toch relatief veel voor de vegetatie beschikbaar komt. Dat betekent ook dat kalkarme bodems gevoelig zijn voor N-depositie, omdat de extra N-input maar voor een klein deel door micro-organismen wordt opgenomen, en vooral voor de vegetatie beschikbaar is (Kooijman & Besse 2002). Dit wordt ondersteund door Remke et al. (2009a), die lieten zien dat verhoging van netto N-mineralisatie in duinen rondom de Baltische zee bij hoge N-depositie alleen optrad in kalkarme duinen.

De van nature open en spaarzaam begroeide, vaak korstmosrijke duingraslanden veranderen als gevolg van deze vermestende invloed in door Helm (*Ammophila arenaria*) en Zandzegge (*Carex arenaria*) gedomineerde vegetaties (Van den Berg et al. 2005), waarbij de snelle ophoping van organisch materiaal leidt tot een substantiële afname van het oppervlakte aan kale, zandige bodem. De dominantie van hogere grassen leidt bovendien tot een verhoogde invang en verdamping van neerslag; wat negatieve gevolgen heeft voor de hydrologische situatie van natte duinvalleien (verder behandeld bij de tekst van het desbetreffende habitatype (H2190). Vermesting op open, zure duingraslanden kan ook een sterke ‘vermossing’ tot gevolg hebben, waarbij het invasieve mos Grijs kronkelsteeltje *Campylopus introflexus* gaat domineren. De soortenrijkdom van zowel de vegetatie als de fauna neemt hierdoor sterk af (Nijssen et al. 2001; Vogels et al. 2005).

Kooijman et al. (1998, 2005, 2009) concluderen dat atmosferische depositie de oorzaak kan zijn van een toename van hoge grassen in kalkarme duinen, maar in kalkrijke duinen waarschijnlijk vooral leidt tot versnelling van dit proces. Remke et al. (2009b) laten zien dat vergrassing in kalkarme duinen rond de Baltische Zee al optreedt bij een natte N-depositie van 5 kg ha<sup>-1</sup> jaar<sup>-1</sup>, wat overeenkomt met een totale N-depositie van 8 kg ha<sup>-1</sup> jaar<sup>-1</sup>. In zowel kalkrijke als kalkarme duinen is wel een sterke negatief verband gevonden tussen het percentage open duinen en N depositie (Van Hinsberg & Van den Hoek 2003).

### 3.3 Toxische effecten

Bij lage pH van de bodem komt meer aluminium beschikbaar als gevolg van verzuring. Aluminium kan negatieve (toxische) invloeden hebben op het voorkomen van karakteristieke soorten, maar waarschijnlijk is de invloed in de grijze duinen relatief beperkt (Verstraten et al. 1990: onderzoek in bossen; Van der Salm 1989). In duinen rond de Baltische Zee bleef de Al:Ca ratio rond de 1,

ook bij relatief hoge N-depositie (Remke et al. 2009b), wat lager is dan de grenswaarde van 2 die gehanteerd wordt door de Graaf et al. (1997).

### 3.4 Fauna

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

Kalkarme grijze duinen zijn door hun droge en warme microklimaat, ijle begroeiing en soortenrijke vegetatie van oudsher zeer rijk aan ongewervelde diersoorten. Dit komt ook door het open, dynamisch karakter van de habitat. Vergrassing als gevolg van verhoogde N-depositie doet de open structuur afnemen, waardoor stikstofdepositie in deze terreinen al snel een fikse achteruitgang van duinspecifieke diersoorten tot gevolg heeft. Productieverhoging van de vegetatie heeft zeer waarschijnlijk geleid tot een afname van prooigrootte (als gevolg van verandering in microklimaat), diversiteit en abundantie van prooien. Daarnaast wordt de zichtbaarheid en bereikbaarheid van de nog aanwezige prooisorten beperkt door de hogere vegetatie.

Begrazing wordt vaak ingezet in grijze duinen om verruiging tegen te gaan. Dit doel wordt vrijwel altijd gehaald, maar een toename van ongewervelde dieren en dus een toename van geschikte prooidieren kon tot op heden niet eenduidig worden aangetoond (Van den Burg et al. 2009; Van Oosten et al. in prep.). Zowel lichte instuiving van vers bodemmateriaal (beter buffering en binding van fosfaat) als een herstel van de konijnenpopulatie na de ziekte RHD zal de kwaliteit van duingraslanden vrijwel zeker laten toenemen. Konijnen hebben ook last van een te sterke verruiging van de vegetatie.

Voor het Knopsrietje is in stuifzanden aangetoond dat stikstofdepositie tot een verslechtering van de voedingswaarde van waardplanten leidt, maar het is niet duidelijk of dit effect in kalkarme duinen ook optreedt.

## 4. Andere omstandigheden die de effecten van stikstofdepositie kunnen beïnvloeden

Er zijn meerdere omstandigheden die dezelfde effecten kunnen geven als stikstofdepositie of die de effecten van stikstofdepositie kunnen beïnvloeden, zowel positief als negatief. De belangrijkste daarvan passeren hierna de revue.

Verstoring (via beheer of recreatie) is bijvoorbeeld noodzakelijk, maar niet teveel. Bonte & Maes (2008) onderzochten de effecten van betreding/verstoring door grote grazers in vergelijking met betreding door toeristen op specifieke fauna-elementen. De negatieve effecten van lokale verstoring bleken afhankelijk van de landschappelijke context en zijn ernstiger wanneer oppervlakte en verbinding afnemen. Het voorkomen van duin arthropoden hangt af van de

landschappelijke context, maar ook van de interactie hiervan met kenmerken van lokale verstoring door betreding (Bonte & Maes 2008).

#### 4.1 (Ontoereikend) beheer

In het verleden werden duingraslanden door konijnenbegrazing kort gehouden, maar door het ineensstorten van de konijnenpopulatie is deze graasinvloed weggefallen (Van Haperen 2009). Tegenwoordig worden vaak runderen of paarden ingezet. Onderzoek van Ten Harkel en Van der Meulen (1995) oppert dat konijnenbegrazing ook bij verhoogde stikstofdepositie dominantie van grassen in stabiele duingraslanden kan voorkomen. Ontoereikend regulier beheer wordt niet apart onder paragraaf 5 of 6 behandeld.

#### 4.2 Bufferend vermogen van de bodem

In primair kalkarme bodems is de geringe kalkvoorraad al na een paar decennia uitgeput ( $= < 0,3\%$ ) en daalt de pH onder de 6. In kalkhoudende bodems wordt de pH gebufferd door kalk. Pas bij lage pH ( $< 6$ ) wordt het bufferend vermogen van de bodem aangetast. Stabilisatie van het duin en verzurende neerslag zorgen dan voor een versnelde verzuring van het duin. Voor behoud en herstel van het bufferend vermogen is aanvoer van vers zand noodzakelijk.

#### 4.3 N-limitatie versus P-limitatie

Kalkrijke grijze duinen zijn gekenmerkt door co-limitatie van N en P (Kooijman et al. 1998; Kooijman & Besse 2002). In Bobbink et al. (2011) worden meerdere bemestingsexperimenten genoemd die het belang van N-limitatie in stabiele duingraslanden aantonen. Na een lange periode van hoge atmosferische stikstofdepositie kan de vegetatie echter P-gelimiteerd zijn geworden, waardoor, in combinatie met relatief hoge konijnenbegrazingsdruk, verdere verrijking met N geen effect meer heeft op de soortensamenstelling (Bobbink & Hettelingh 2011). Kalkarme grijze duinen lijken vooral N-gelimiteerd, vooral in ijzerarme bodems waar P-fixatie niet op kan treden.

#### 4.4 Grijs kronkelsteeltje

Met name in subtype B (op zure bodems, met name in de primair kalkarme duinen van het waddendistrict, maar ook in sterk ontkalkte oude duinen van het Renodunaal district) treedt de laatste twee decennia een onnatuurlijke dominantie op van de exotische soort Grijs kronkelsteeltje (*Campylopus introflexus*). In de kustduinen is hier nog weinig onderzoek naar gedaan, maar in de binnenlandse stuifzanden kan dit mos zich snel ontwikkelen in Haarmosvegetaties en soms direct op open zand (Sparrius & Kooijman 2010). Hierdoor verdwijnen met name karakteristieke korstmossen of krijgen deze geen kans zich te vestigen. Uit onderzoek in binnenlandse stuifzanden is een verband gevonden tussen de *Campylopus* : korstmos ratio met de hoogte van atmosferische stikstofdepositie. Bij lage tot gemiddelde stikstofdepositie ( $< \pm 30$  kg/ha/jaar) komen vooral korstmossen voor, en gaat Grijs kronkelsteeltje alleen domineren op plekken met een verhoogde nutriëntenstatus, zoals na het kappen van bomen zonder de organische lagen te verwijderen of bij het mengen van de bovenste organische bodemlaag met mineraal zand. Bij hoge stikstofdepositie kan Grijs kronkelsteeltje zich vestigen in lage, open mos en grasvegetaties en daar gaan domineren. Bij zeer hoge stikstofdepositie kan deze mossoort zich zelfs vestigen en uitbreiden op substraat met een zeer lage hoeveelheid organisch stof. De laatste jaren neemt de mate van vermossing met Grijs kronkelsteeltje in de kustduinen lokaal op kalkrijke plaatsen weer af, mogelijk als gevolg van de afname van atmosferische stikstofdepositie.

De opgebouwde organische laag breekt daarna af, maar blijft nog lang in het systeem aanwezig (Van den Burg 2009).

#### 4.5 Versnippering

De zeer hoge recreatiedruk in onze kustduinen heeft sterk bijgedragen aan de versnippering van plant- en dierpopulaties in het duin.

#### 4.6 Recreatie

Op diverse plekken leidt recreatie tot vermesting en bodemverdichting. Er zijn schattingen die aangeven dat jaarlijks ca. een miljoen honden de Hollandse duinen bezoeken, waarvan een niet onaanzienlijk deel los rondloopt, dus onaangelijnd. Verstoring van fauna is daarnaast een veel voorkomend verschijnsel. Grote, verstoringgevoelige vogels van de open duinen bijv. zijn in de drukste gebieden sterk achteruit gegaan (Van Turnhout 2009). De aanplant van allerlei vruchtdragende struiken rond recreatievoorzieningen en in tuinen van aangrenzende dorpen en steden heeft ongetwijfeld bijgedragen aan de uitbreiding van struiken in het open duin. Veel paden worden voorzien van een laag hooi of houtsnippers om de begaanbaarheid te vergroten. Dit heeft een vermestend effect, het gaat bovendien verstuiwing tegen en heeft negatieve effecten voor warmteminnende ongewervelden. Tenslotte vindt er een groot ruimtebeslag op de duinen plaats door de aanleg van toeristische wegen en paden, parkeerplaatsen, kampeerterreinen, golfterreinen, vakantieparken, hotels, restaurants, pretparken en dergelijke. Deze infrastructuur maakt het zoneren van recreatie in de doorgaans smalle duinterreinen moeizaam. Bovendien werkt de infrastructuur versnipperend (Slings et al. 2007: [www.natuurkennis.nl](http://www.natuurkennis.nl)).

## 5. Maatregelen tegen de effecten van stikstofdepositie

### 5.1 Afvoeren nutriënten

Nog fraai ontwikkelde kalkarme Grijze duinen doen zich tegenwoordig meestal voor als kleine plekjes te midden van een vergraste matrix. In dit soort situaties dienen deze nog goede plekjes ontzien te worden bij herstelbeheer. Herstel van gedegeneerde kalkarme situaties in ijzerrijke situaties dient gericht te zijn op het verwijderen van de opgehoopte organische laag, zodat P weer in de voor planten niet beschikbare  $FePO_4$  vorm aanwezig is en het systeem door P gelimiteerd wordt. Dit kan bereikt worden door struweel terug te zetten, (diep) te plaggen of te chopperen. Het vervolgens beperken van de strooiselinput door maaien of begrazen, kan de levensduur van bovengenoemde ingrijpende maatregelen verlengen. Daarnaast wordt verrijking door de ophoping van N in de bodem door deze maatregelen tegengegaan. Door de lage microbiële N-behoefte is het merendeel van de N uit het strooisel direct beschikbaar voor planten. Het terugdringen van de strooiselinput kan dit positieve feedbackmechanisme verbreken. Een bewezen effectieve maatregel die de input van strooisel beperkt is de inzet van begrazing (Kooijman et al. 2005). Herstel van de soortensamenstelling blijft wat achter, maar dat is in kalkarme, zure bodems altijd een probleem. Met branden (hypothetische maatregel) zijn voornamelijk slechte ervaringen: dit lijkt veeleer een verruigend effect te hebben. Voor Grauwe klauwier en Paapje geldt dat gefaseerd maaibeheer waarschijnlijk bijdraagt aan een grotere prooibeschikbaarheid (hypothese). Voor de Velduil dienen bij begrazing terreindelen onbegrast te blijven tegen nestverstoring door grote grazers.

Onder ijzerarme condities zijn relatief goede uitgangssituaties van subtype B duingraslanden die op dit moment nog een open karakter hebben met weinig strooiselophoping en veel open zand. Dit zijn tegenwoordig vaak locaties waar (verstuivings)dynamiek voldoende remming kan bieden aan de stapeling van organisch materiaal en bijgevolg stapeling van stikstof in het systeem. Als de bodem nog arm is aan organische stof, kan begrazing verdere accumulatie beperken (Kooijman & de Haan 1995). Bij een groot deel van de totale oppervlakte droog kalkarm duingrasland van dit type is door N-depositie vergrassing opgetreden door Helm (*Ammophila arenaria*) en Zandzegge (*Carex arenaria*). Als Helm en/of Zandzegge aanwezig zijn draagt de hoge strooiselininput van beide soorten bij tot het behoud van dominantie van deze soorten. De effecten op fauna, en dan met name de invloed van de graasdruk op fauna, is tot op heden nog onduidelijk, vanuit het OBN onderzoeksprogramma is hier onlangs een onderzoek dat zich op deze vraagstelling richt opgestart.

In de studie van Dorland & Van Loon (2011) is de effectiviteit van de beheermaatregelen maaien (en afvoeren) en plaggen in relatie tot de stikstofbeschikbaarheid in kalkarme grijze duinen gekwantificeerd. Van de beheermaatregelen plaggen en maaien (en afvoeren) is de Theoretische Effectieve Periode (TEP) bepaald. De TEP staat voor het aantal jaren aan stikstof-input (door atmosferische depositie) dat door de beheermaatregel aan stikstof kan worden afgevoerd. Voor niet-vergrast open duingrasland in het Waddendistrict is de TEP van plaggen met ca. 38 jaren een factor 10 hoger dan de TEP van maaien.

Bovenstaande TEP is vooral voor de beheermaatregel maaien en afvoeren een overschatting van de werkelijke waarde aangezien niet alle levende en dode biomassa zal worden afgevoerd. De maaifrequentie zal daardoor hoger moeten zijn dan eens per 3,5 jaar. In het reguliere beheer wordt deze maatregel in het algemeen ook jaarlijks toegepast. Netto zal er dus meer N worden afgevoerd dan er via depositie het systeem inkomt en zal deze maatregel verschrallend werken. Kooijman et al. (2005) geven ook aan dat maaien (en ook plaggen) op lokaal niveau een geschikte maatregel is om vergrassing tegen te gaan.

De TEP van beide beheermaatregelen kan op dezelfde wijze voor een vergraste uitgangssituatie worden berekend. In dat geval zal echter vooral bij de 1e keer maaien veel biomassa worden verwijderd (hoge TEP). Bij herhaalde toepassing zal de hoeveelheid afgevoerde biomassa per maaibeurt afnemen, waardoor de TEP zal dalen tot waarden vergelijkbaar met die voor open duingrasland zoals hierboven beschreven.

## 6. Maatregelen gericht op functioneel herstel

Veel natuurgebieden van het kustlandschap moeten het zonder of met heel weinig natuurlijke dynamiek stellen en krijgen de dynamiek ook op termijn niet terug. Dat heeft uiteenlopende oorzaken. De kustdynamiek is niet terug te krijgen in sterk versnipperde duingebieden en afgesneden zeearmen, op plekken waar bijvoorbeeld pal achter de zeeoever drinkwater wordt geproduceerd, of waar een landelijk belangrijke gasleiding langs de buitenste duinenrij loopt. Ook aanlandingspunten voor kabels en leidingen vormen belangrijke belemmeringen. Toch is ook in deze situaties met een kleinschaliger en meer gecontroleerde dynamiek nog veel winst te behalen (Slings et al. 2007: [www.natuurkennis.nl](http://www.natuurkennis.nl)). Er zijn echter wel mogelijkheden voor

grootschalig herstel. Zo is onlangs een eertijds vastgelegd loopduin ten Noorden van Bergen weer aan het wandelen gebracht (mond. meded. Slings, PWN). Begrazing en verstuiven zijn geschikte maatregelen op landschappelijke schaal. Bij begrazing wordt een afname van de vergrassing geconstateerd en een toename van de biodiversiteit in de richting van kruidenrijke duingraslanden (Kooijman et al. 2005). Verstuiwing gaat de vergrassing niet direct tegen, maar laat de landschappelijke variatie toenemen en zorgt tevens voor pioniermilieus waardoor de successie opnieuw kan beginnen. Op lokaal niveau kunnen terugzetten van struweel, plaggen en al dan niet jaarlijks maaien geschikte maatregelen zijn om de vergrassing terug te dringen (Kooijman et al. 2005). Met deze maatregelen wordt duurzaam herstel van het type middels patroongericht beheer (in stand houden van wat er is) en/of procesbeheer (waardoor er steeds ergens een geschikt habitat ontstaat voor het type) gefaciliteerd.

### **6.1 Tegengaan ophoping organisch materiaal**

Wanneer dit habitattype goed ontwikkeld is, dient het beheer gericht te zijn op het tegengaan van de ophoping van organisch materiaal. Dit kan door de inzet van begrazing (vooral tijdens de winter) worden bereikt. Dit kan bovendien helpen om eventuele vergrassing van het terrein tegen te gaan.

### **6.2 Overstuiwing middels bevorderen dynamiek**

Een andere optie is het plaatselijk terugzetten van de successie door sterke overstuiwing vanuit lokale bronnen. Dit moet dan wel in die mate plaatsvinden dat de oorspronkelijke organische laag en wortelzone door een aantal centimeters vers zand bedekt wordt. Lichte overstuiwing met vers zand is ook een mogelijkheid om de buffer op peil te houden.

### **6.3 Begrazing**

Als gevolg van een tegenwoordig sterk verminderde graasactiviteit van konijnen wordt de strooisellaag dikker, het vegetatiedek raakt meer gesloten en het aantal plekken met open zand neemt af (Pluis 1986, studie in kalkrijke duinen). De biomassa neemt toe, de lichtbeschikbaarheid af, de interceptie van stikstofdepositie neemt toe en de turnover en mineralisatie nemen toe, die dan weer leiden tot een hogere biomassaproductie. Deze positieve feedbacks dragen bij tot de instandhouding en versterking van de vergrassing (Ten Harkel & Van der Meulen 1996). Konijnenbegrazing zorgt voor een kleinschalige gradiënt van begrazings- en omwoelingsintensiteit en de mate van heterogeniteit die dit oplevert kan niet door grote grazers geëvenaard worden (Dekker 2007). Om deze reden kan begrazing door grotere grazers niet als vervangend voor konijnenbegrazing worden gezien (Van den Burg 2009).

## **7. Maatregelen voor uitbreiding**

Het ontwikkelen van nieuwe kalkarme duingraslanden vanuit naaldbos aanplantingen en/of struweel is mogelijk maar ook ingrijpend en kostbaar (afhankelijk van de houtprijs). Alle bovengrondse biomassa en de opgebouwde strooisellagen dienen in dat geval verwijderd te worden, successie naar kalkarm duingrasland moet hier vanaf een nulsituatie verlopen. Na verstuiwing op landschapsschaal kan op den duur de spontane successie tot Grijze duinen leiden.

## 8. Effectiviteit en duurzaamheid

Modelmatig lijkt de overschrijding van de kritische depositiewaarden in de duinen mee te vallen (Milieu- en Natuurplanbureau 2006), maar Kooijman et al. (2009) tonen echter aan dat de werkelijke depositiewaarden van met name ammoniak in de duinregio flink is onderschat. Recente onderzoeken aan duingraslanden geven bovendien aan dat de kritische depositiewaarden voor deze habitattypen naar beneden bij gesteld dient te worden (Remke et al. 2009a). Tenslotte moet er, naast het huidige depositieniveau, ook rekening gehouden worden met het effect van de erfenis uit het verleden. Knelpunten in termen van goede staat van instandhouding, veroorzaakt door deze depositie uit het verleden zijn in veel gevallen nog niet aangepakt. Maatregelen gericht op het verwijderen van voedingsstoffen zijn vaak ingrijpend (plaggen, topklaar verwijderen). Vooralsnog is onduidelijk in hoeverre deze maatregelen op duurzame en verantwoorde wijze herhaalbaar zijn. Er is nauwelijks kennis voorhanden over de effecten van het herhaaldelijk uitvoeren van deze ingrijpende maatregelen op bodemprocessen, behoud van de zaadbank in de bodem en hervestiging van invertebraten. De meest voorkomende maatregel in grijze duinen is begrazing met runderen, paarden of schapen, wat een grote invloed heeft op de aanwezige stofstromen en op de vorming van bodem en vegetatie. Hoe begrazing ingrijpt op deze processen en in welke mate dit effect heeft op het type grijze duinen is tot op heden niet goed bekend. Een brongerichte aanpak gericht op verlaging van de depositieniveaus is derhalve een hoofdvoorwaarde voor duurzaam herstel in alle subtypen behorende tot dit habitatype.

De duurzaamheid van ingrijpende maatregelen zoals plaggen is in de kalkarme, maar ijzerrijke duinen (subtype B, ijzerrijk) naar verwachting niet hoog. Door de lage pH zal organische stofophoping na de ingreep weer toenemen, wat leidt tot omslag van mineraal naar organisch ijzer en mobilisatie van P, hetgeen onder invloed van verhoogde N-depositie opnieuw zal leiden tot verzuuring. Dergelijke ingrijpende maatregelen zullen dus herhaaldelijk uitgevoerd moeten worden onder de huidige depositieniveaus, tenzij lokale verstuiving kan worden bevorderd. Dit leidt tot de vorming van standplaatscondities waarbij de bodem een lager organisch gehalte heeft en limitatie door P optreedt. De duurzaamheid van ingrijpende herstelmaatregelen in de ijzerarme kalkarme duingraslanden onder de huidige staat van N-depositie is naar verwachting laag. Alleen daar waar voldoende dynamiek in het systeem aanwezig is kan het uitvoeren van maatregelen duurzaam genoeg zijn om uitvoering hiervan te rechtvaardigen.

De effecten van begrazing hangen sterk af van het type begrazingsbeheer en de uitgangssituatie van het terrein. De beheerder heeft hierbij niet alleen invloed op de begrazingsvorm, maar kan ook met een verstandige keuze voor begrenzing en eventueel het uitrasteren van terreindelen ook de uitgangssituatie van het te begrazen terrein beïnvloeden (Van den Burg 2009).

Als het voortbestaan van specifieke locaties met het voorkomen van de zeldzame typische (zogenaamde "urgente") soorten Grote parelmoervlinder (*Argynnis aglaja*), Duinparelmoervlinder (*Argynnis niobe*) en Velduil (*Asio flammeus*) in hun voortbestaan bedreigd worden, kan het noodzakelijk zijn om aanvullend op de hierboven genoemde maatregelen specifieke maatregelen te treffen (Klimkowska et al. 2011).

## 9. Overzichtstabel

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

Maatregel	type	doel	potentiële effectiviteit	randvoorwaarden / succesfactoren	vooronderzoek	herhaalbaarheid	responstijd	mate van bewijs
Plaggen/ chopperen	H/U	Afvoer nutriënten	Groot	Altijd opgevolgd door maaien of begrazen; mits bronpopulaties behouden blijven	Op standplaats	Beperkte duur	Direct (binnen 1 jr)	B
Maaien	H/U	Afvoer nutriënten	Matig	Op maat	Niet noodzakelijk	Beperkte duur	Lang (meer dan 10 jr)	B
Begrazen	H/U	Afvoer nutriënten; opruimen en tegengaan vergrassing	Matig	Op maat	Niet noodzakelijk	Beperkte duur	Lang (meer dan 10 jr)	B
Terugzetten struweel	H/U	Tegengaan successie	Matig	Altijd opgevolgd door maaien of begrazen	Niet noodzakelijk	Zo lang als nodig	Direct (binnen 1 jr)	B
Branden	H/U	Tegengaan successie, afvoer nutriënten	Matig	Altijd opgevolgd door maaien of begrazen; mits bronpopulaties behouden blijven	Op standplaats	Beperkte duur	Direct (binnen 1 jr)	H
Herstel dynamiek	H/U	Herstel overstuiving en buffercapaciteit	Groot	Voldoende kalkrijk zand, voldoende verstuiving	LESA	Zo lang als nodig	Even geduld (1-5 jr)	B

Begrazing	H/U	Herstel dynamiek	Groot	Geheel afhankelijk van druk en tijdstip	Niet noodzakelijk	Zo lang als nodig	Even geduld (1-5 jr)	B

\*\* Voor herstelmaatregelen ten behoeve van het habitatype Grijze duinen is het belangrijk in gedachte te houden dat de maatregelen niet worden herhaald op dezelfde plek, maar dat er wordt afgewisseld in de ruimte.

#### Verklaring kolommen:

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

**Type:** H = herstelmaatregel, U = uitbreidingsmaatregel

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

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

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

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

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

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

#### Mate van bewijs:

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

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

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

## 10. Literatuur

- Bobbink, R., M. Ashmore, S. Braun, W. Fluckiger, I.J.J. van den Wyngaert 2003. Empirical nitrogen critical loads for natural and semi-natural ecosystems: 2002 update. In: B. Achermann & R. Bobbink (eds.) Empirical critical loads for nitrogen. Environmental Documentation No. 164 Air, pp. 43–170. Swiss Agency for Environment, Forest and Landscape SAEFL, Berne.
- Bobbink, R. & J.P. Hettelingh (eds) 2011. Review and revision of empirical critical loads and dose-response relationships. Proceedings of an expert workshop, Noordwijkerhout, 23–25 June 2010. RIVM rapport 680359002, 244p.
- Bonte, D. & D. Maes 2008. Trampling affects the distribution of specialised coastal dune arthropods. *Basic and Applied Ecology* 9: 726–734.
- De Graaf, M.C.C., 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.
- Dekker, J.J.A. 2007. Rabbits, refuges and resources. How living in burrows affects foraging of herbivores. Proefschrift. Wageningen University, Wageningen.
- Dorland, E. & A. van Loon 2011. Verkenning kwantificering processen ten behoeve van Herstelstrategieën Programmatische Aanpak Stikstof. KWR 2011.008
- Eisma, D. 1968. Composition, origin and distribution of Dutch coastal sands between Hoek van Holland and the island of Vlieland. PhD-thesis, Rijksuniversiteit Groningen, Groningen, 267pp.
- Klimkowska, A., H. Keizer-Vlek, M. Wallis de Vries, R-J. Bijlsma, A. Schotman, H. van Dobben 2011, in prep. Urgente maatregelen tot behoud van bedreigde typische soorten en vegetatietypen van de Habitatrichtlijn. Alterra rapport, 299 p.
- Kooijman, A. M. & M. Besse 2002. The higher availability of N and P in lime-poor than in lime-rich coastal dunes in the Netherlands. *Journal of Ecology* 90: 394–403.
- Kooijman, A. M., H. Noordijk, A. van Hinsberg, & C. Cusell 2009. Stikstofdepositie in de duinen – een analyse van N-depositie, kritische niveaus, erfenissen uit het verleden en stikstofefficiëntie in verschillende duinzones. Universiteit van Amsterdam & Planbureau voor de Leefomgeving. 56 p.
- Kooijman, A. M., J.C.R. Dopheide, J. Sevink, I. Takken & J. M. Verstraten 1998. Nutrient limitations and their implications on the effects of atmospheric deposition in coastal dunes; lime-poor and lime-rich sites in the Netherlands. *Journal of Ecology* 86: 511–526.
- Kooijman, A. M., M. Besse, R. Haak, J.H. Boxtel, H. Esselink, C. ten Haaf, M. Nijssen, M. van Til & C. van Turnhout 2005. Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiering in open droge duinen. "Eindrapport fase 2". Directie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ede. Rapport DK nr. 2005/dk008-O. 158 p.
- Kooijman, A.M. & M.W.A. de Haan 1995. Grazing as a measure against grass encroachment in Dutch dry dune grasslands: effects on vegetation and soil. *Journal of Coastal Conservation* 1: 127–134.
- Milieu- en Natuurplanbureau 2006. Natuurbalans. MNP, Bilthoven. 141 p.
- Nijssen, M., G.J. van Duinen, M. Geertsma, J. Jansen, J. Kuper & H. Esselink 2001. Gevolgen van verzuring, vermessing en verdroging en invloed van beheer op fauna en flora van duingebieden op Ameland en Terschelling. Rapport Stichting Bargerveen, Nijmegen, 175 p.
- Olf, H. & S.F. Boersma 1998. Lange termijn veranderingen in de konijnenstand van Nederlandse duingebieden. Oorzaken en gevolgen voor de vegetatie. Rapport Landbouwuniversiteit Wageningen.

- Pluis, J.L.A. 1986. Landschapsecologisch onderzoek van het wilde konijn, *Oryctolagus cuniculus* (L), in Meijndel, Report of the Laboratory of Physical Geography and Soil Science, Amsterdam, and the Dune Water Works of the Hague.
- Remke, E., E. Brouwer, A. Kooijman, I. Blindow, H. Esselink, & J.G.M. Roelofs 2009a. Even low to medium nitrogen deposition impacts vegetation of dry, coastal dunes around the Baltic Sea. *Environmental Pollution* 157: 792–800.
- Remke, E., E. Brouwer, A. Kooijman, I. Blindow & J.G.M. Roelofs 2009b. Low Atmospheric Nitrogen Loads Lead to Grass Encroachment in Coastal Dunes, but Only on Acid Soils. *Ecosystems* 12: 1173–1188.
- Runhaar, H., M.H. Jalink, H. Hunneman, J.P.M. Witte & S.M. Hennekens 2009. Ecologische vereisten habitattypen. KWR 09–018, 45 pp.
- Schaminée, J.H.J., A.H.F. Stortelder, E.J. Weeda 1996. De Vegetatie van Nederland deel 3. Graslanden, zomen en droge heiden. Opuluspress, Uppsala/Leiden.
- Slings, R., E. Brouwer & H. Beijer 2007. Website O+BN. <http://www.natuurkennis.nl>
- Sparrius, L.B. & A.M. Kooijman 2010. Invasiveness of *Campylopus introflexus* in drift sands depends on nitrogen deposition and soil organic matter. *Applied Vegetation Science* 14: 221–229.
- Ten Harkel, M.J. & F. van der Meulen 1995. Impact of grazing and atmospheric nitrogen deposition on the vegetation of dry coastal dune grasslands. *Journal of Vegetation Science* 7: 445–452.
- Van den Berg, L.J.L., H.B.M. Tomassen, J.G.M. Roelofs & R. Bobbink 2005. Effects of nitrogen enrichment on coastal dune grassland: A mesocosm study. *Environmental pollution* 138: 77–85.
- Van den Burg, A.B. (ed) 2009. Preadvies Duin- en Kustlandschap. Directie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ede. 171 p.
- Van der Salm, 1989. Zuurneutralisatie in arme zandgronden. FGBl rapport nr 36. UvA, 57 p.
- Van Dobben, H.F., R. Bobbink, A. van Hinsberg & D. Bal 2012. Overzicht van kritische depositiewaarden voor stikstof, toegepast op habitattypen en leefgebieden van Natura 2000. Alterra-rapport, Wageningen.
- Van Haperen A.M.M. 2009. Een wereld van verschil, Landschap en plantengroei van de duinen op de Zeeuwse en Zuid-Hollandse eilanden. Proefschrift KNNV Uitgeverij. ISBN 978 90 5011 3175, 276 p.
- Van Hinsberg, A. & D.C.J. van der Hoek 2003. Oproep: meer onderzoek naar oorzaken van verstruiking. *De Levende Natuur* 104: 58–59.
- Van Oosten, H., A. Kooijman, C. van Turnhout, J. Dekker, A. van den Burg & M. Nijssen (in prep). Begrazingsbeheer in relatie tot herstel van faunagemeenschappen in droge duingraslanden. Eindrapportage 1e fase 2010–2011. OBN-Rapport Stichting Bargerveen, IBED-UvA, SOVON Vogelonderzoek Nederland en Zoogdiervereniging in opdracht van Directie Kennis van het ministerie van Economie, Landbouw en Innovatie.
- Van Turnhout, C. 2009. Effecten van recreatie en de Tulpenrally op de broedpopulatie Tapuiten in de Noordduinen. SOVON-informatierapport 2009/01. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Beek-Ubbergen.
- Verstraten, J.M., Dopheide, J.C.R., Duysings J.J.H.M., Tietema, A. & W. Bouten 1990. The proton cycle of a deciduous forest ecosystem in the Netherlands and its implications for soil acidification. *Plant and Soil* 127: 61–69

Vogels, J., M. Nijssen, W. Verberk & H. Esselink 2005. Effects of moss-encroachment by *Campylopus introflexus* on soil-entomofauna of dry-dune grasslands (*Viola-coryneporetum*). Proc. Neth. Entomol. Soc. Meet. 16: 71-80.

