

Herstelstrategie H2130A: Grijze duinen (kalkrijk)

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_A Grijze duinen (kalkrijk). Duingraslanden van kalkrijke, weinig tot niet ontkalkte bodem. Dit subtype komt vooral voor in de van nature kalkrijke duinen ten zuiden van Bergen, maar lokaal ook in de niet-ontkalkte jonge duinen van enkele Waddeneilanden. Een bijzondere vorm is het duingrasland van het 'zeedorpenlandschap'.

In de Grijze duinen (kalkrijk) 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	Boomleeuwerik	groot; voortplantings- en foerageergebied	Ja	Koeler en vochtiger microklimaat (1) + afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Bruine kiekendief	klein: foerageergebied	Ja	Afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Grauwe kiekendief	klein: foerageergebied	Ja	Afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Grauwe klauwier	klein: foerageergebied	Ja	Afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Paapje	klein: foerageergebied	Ja	Afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Roodborsttapuit	groot; voortplantings- en foerageergebied	mogelijk	Afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Scholekster	klein: foerageergebied	mogelijk	Afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Tapuit	groot; voortplantings- en foerageergebied	Ja	Afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Velduil	klein; voortplantings- en foerageergebied	Ja	Afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Visdief	klein: foerageergebied	mogelijk	Afname prooibeschikbaarheid (6)

Soortgroep	Typische soort	Belang en functie	N-gevoeligheid van leefgebied	Effecten van stikstofdepositie
Dagvlinders	Bruin blauwtje	groot; voortplantings- en foerageergebied	ja	Afname kwantiteit voedselplanten + bloemdichtheid (3)
Dagvlinders	Duinparelmoervlinder	groot; voortplantings- en foerageergebied	ja	Afname kwantiteit voedselplanten + bloemdichtheid (3)
Dagvlinders	Heivlinder	groot; voortplantings-	ja	Afname kwantiteit

		en foerageergebied		voedselplanten + 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).

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 A wordt uitgegaan van de omstandigheden van 13 zeer kenmerkende plantengemeenschappen (zie Tabel 1).

Tabel 1. Samenstellende vegetatieeenheden voor 2130A (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 habitatypen (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).

Associatienaam	Code (VvN)	Subassociatie	Kenmerkendheid
Duinsterretjes-associatie	14Ca1a	typische subassociatie	1
	14Ca1b	subassociatie met korstmossen	1
Kegelsilene-associatie	14Ca2a	subassociatie met Buntgras	1
	14Ca2b	subassociatie met Echt bitterkruid	1
	14Ca2c	arme subassociatie	1
Associatie van Oranjesteeltje en Langkapselsterretje	14Ca3a	typische subassociatie	1
	14Ca3b	subassociatie met Groot klokhoedje	1
Duin-Paardenbloem-associatie	14Cb1a	subassociatie met korstmossen,	1
	14Cb1b	typische subassociatie,	1
	14Cb1c	subassociatie met Bosaardbei en	1
	14Cb1d	subassociatie met Smalle weegbree	1
Associatie van Wondklaver en Nachtsilene	14Cb2a	subassociatie met Muurpeper	1
	14Cb2b	subassociatie met Pluimstaartmos	1
RG Bitterkruid-[Klasse der droge graslanden op zandgrond]	SBB-14-h		2
Rompgemeenschap met Duinroosje van het Verbond der droge, kalkrijke duingraslanden	14-RG11-[14Cb]		3
Duinsterretjes-associatie	14Ca1c	subassociatie met Bleek dikkopmos	3
Associatie van Parelzaad en Salomonszegel	17Aa2		3

2.1 Zuurgraad

De optimale zuurgraad omvat voor subtype A alles hoger dan 6,5 (pH-H₂O); waarbij een zuurgraad van 5,5 tot 6,5 in de ondiepe bodemlaag ook als kernbereik wordt gezien (Runhaar et al. 2009).

2.2 Voedselrijkdom

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

2.3 Vochttoestand

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

2.4 Landschapsecologische processen

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 successiereeksen kunnen optreden (uitgaande van zoete, zoute, droge, natte, kalkarme of kalkrijke condities), 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), waarbij wordt geadviseerd om voor de kalkrijke duingraslanden een bereik van 10–15 kg N/ha/jaar te hanteren.

De kritische depositiewaarde voor het subtype A is door Van Dobben et al. in 2012 vastgesteld op 15 kg N/ha/jaar (1071 mol N/ha/jaar). Dit getal is gebaseerd op de bovenkant van empirische deelrange (10–15 gezien de kalkrijkdom) als nadere invulling van de empirische range (Van Dobben et al. 2012).

3.1 Verzuring

Kalkrijke grijze duinen zijn wel degelijk gevoelig voor hoge N-depositie als de bovengrond ontkalkt raakt. Verzuringprocessen treden spontaan op, maar zijn versterkt door hoge atmosferische depositie, en leiden tot een versterkte ontkalking van de bodem. Bij ontkalking gaat niet alleen de calciumcarbonaat in oplossing, maar ook calciumfosfaat, waardoor de P die voorheen was vastgelegd in de bodem beschikbaar komt (Kooijman & Besse 2002). Het gaat hierbij om substantiële hoeveelheden. Bij iedere mm bodem die ontkalkt raakt komt er ca 60 mg m⁻² P vrij (Kooijman et al. 1998, 2009). Deze verhoging van de P-beschikbaarheid in oppervlakkig ontcalcde duingraslanden leidt tot verhoging van de gevoeligheid voor N-depositie. De biomassa-productie, die toch al werd gestimuleerd door het vrijkomen van P, gaat bij hoge N-depositie verder omhoog, waardoor de strooiselinput en netto mineralisatie van zowel N als P sterk toenemen (Kooijman & Besse 2002). Ook de vergrassing is hoog (Kooijman et al. 2009). Mogelijk speelt ook een verschuiving in microbiële samenstelling een rol, maar dat is niet getest.

Verzuringprocessen treden van nature op, en leiden tot ontkalking van de bodem, en uiteindelijk daling van de pH. De natuurlijke ontkalking in de kalkrijke duinen zonder verstuiwing wordt geschat tussen 6–9 cm per eeuw (Stuyfzand 1993). Verzuring is een natuurlijk voorkomend proces, gekoppeld aan de leeftijd van het systeem. In de laatste halve eeuw is verzuring echter in sterke mate versneld door de depositie van zwavel- en stikstofverbindingen en door het rigoureuze bestrijden van verstuiwing. De belangrijkste bedreiging van jong kalkrijk duingrasland

is dan ook versnelde verzuring. Dit proces is versterkt door hoge atmosferische depositie. In eerste instantie leidt verzuring en ontkalking niet zozeer tot daling van de pH, omdat deze pas echt zakt als de calciumcarbonaat-buffer op is. Wel leidt dit proces, zoals eerder aangegeven, tot oplossing van de calciumfosfaat in de bodem, waardoor de P die voorheen was vastgelegd beschikbaar komt voor de vegetatie (Kooijman & Besse 2002). Wanneer dit optreedt, gaat de P-beschikbaarheid omhoog door het oplossen van calciumfosfaat (Kooijman et al. 1998, Kooijman & Besse 2002), en kan vermisting door N-depositie een belangrijke invloed uitoefenen op de kwaliteit van deze duingraslanden (Remke et al. 2009b). Door het vrijkomen van 60 mg m⁻² P bij iedere mm die ontkalkt raakt, wordt de gevoeligheid voor N-depositie sterk verhoogd (Kooijman et al. 1998, 2009).

Op meer kalkrijke plekken (pH 6–7) zijn de relaties tussen N depositie en verzuring niet duidelijk (Bobbink & Hettelingh 2011), waarschijnlijk omdat de pH dan nog gebufferd wordt door calciumcarbonaat. Versnelde daling van de pH is echter wel waargenomen bij een bodem pH_{NaCl} tussen de 5 en 6, waar de kalkbuffer is uitgeput. In ondiep ontkalkte duinbodems daalde de pH bij niets doen in vijf jaar tijd van 6.6 naar 5.7, terwijl er in kalkrijke of reeds kalkarme locaties geen verschil was (Kooijman et al. 2005). Daling van de pH leidt tot veranderingen in soortensamenstelling, waarbij soorten van kalkrijke standplaatsen verdwijnen.

Verzuring leidt ook tot veranderingen in nutriëntbeschikbaarheid (Kooijman & Besse 2002; Remke et al. 2009a). In de Nederlandse duinen was netto N-mineralisatie hoger in verzuurde dan in kalkrijke bodems (Kooijman & Besse 2002). In duinen rondom de Baltische zee leidde hoge N-depositie wel tot hogere N-mineralisatie in zure bodems, maar niet in kalkrijkere bodems (Remke et al. 2009a). Op zuurdere standplaatsen is de N-mineralisatie hoger bij hogere N-depositie, wat groei van vergrassers als *Ammophila arenaria* en *Carex arenaria* kan stimuleren, waardoor de soortenrijkdom van de vegetatie afneemt (Kooijman et al. 2005, Remke 2010). Daarnaast zijn metalen zoals aluminium hier meer vrij aanwezig en kunnen remmend werken op meer gevoelige soorten (Bobbink & Hettelingh 2011).

3.2 Vermesting

In jonge, goed ontwikkelde kalkrijke duingraslanden speelt vermisting door atmosferische stikstofdepositie een rol met betrekking tot vergrassing, maar waarschijnlijk minder sterk dan in kalkarme grijze duinen (Kooijman et al. 2009). Ook een toename van *Rubus caesius* wordt geassocieerd met stikstofdepositie, maar dit is niet onderzocht. In zowel kalkrijke als kalkarme duinen is een sterk negatief verband gevonden tussen het percentage open duinen en N depositie (Van Hinsberg & Van den Hoek 2003). Jong kalkrijk droog duingrasland wordt gekarakteriseerd door een vrijwel onontkalkte bodem. In kalkrijke bodems is fosfor (P) gebonden aan calcium (Ca) in de vorm van calciumfosfaat (CaHPO₄), en daarmee slecht beschikbaar voor planten (Kooijman et al. 1998; Kooijman & Besse 2002). 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. Het gaat hierbij om grassen als *Ammophila arenaria* en *Calamagrostis epigejos* (Kooijman & De Haan 1995; Kooijman & Besse 2002).

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.

Kalkrijke grijze duinen zijn door hun droge en warme microklimaat, ijle begroeiing en soortenrijke vegetatie van oudsher zeer rijk aan ongewervelde diersoorten. Stikstofdepositie heeft daarom in deze terreinen al snel een fikse achteruitgang van duinspecifieke diersoorten tot gevolg. 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 (betere 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.

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 geiten, runderen, schapen 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 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 en Hettelingh (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

Weliswaar met name in subtype B (op zure bodems, met name in de kalkarme duinen van het waddendistrict, maar ook in sterk ontkalkte oude duinen van het Renodunaal district) treedt de laatste twee decennia een 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 Haarmos vegetaties 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 (< ± 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 verstuing tegen en heeft een negatief effect op 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).

5. Maatregelen tegen de effecten van stikstofdepositie

5.1 Afvoeren nutriënten

Het effect van een lichte vermesting door verhoogde N-depositie kan door de inzet van lichte begrazing worden tegengegaan. Wanneer de konijnenstand lokaal hoog genoeg is, kan deze een bijdrage leveren aan het tegengaan van versnelde successie. Dit kan gezien de instabiliteit van deze populaties echter alleen als een bijkomend, modulerend effect beschouwd worden. De productiviteit van de vegetatie is van nature lager in de kalkrijke duinen in vergelijking met de kalkarme duinen, door P-fixatie en mogelijk N-opslag in de bodem. Zeker als er veel konijnen zijn, zijn er minder grote grazers nodig. Wel geldt ook hier dat herstel van soorten wat achter blijft.

Maaien en afvoeren van bovengrondse vegetatie, begrazing, terugzetten van struweel, ondiep afplaggen/chopperen en diep afgraven zijn herstelmaatregelen (in orde van toenemende zwaarte) die ingezet kunnen worden. Deze ingrijpende maatregelen zijn alleen duurzaam wanneer de effecten van verzuring worden geremd door voldoende inwaai van vers stuivend zand, dat iets kalkrijker is. Ook hier geldt dat een beheerstrategie gekoppeld aan dynamisch duinbeheer een duurzamer resultaat oplevert. Bij oudere, kalkrijke grijze duinen met een ontkalkte bovengrond (nog steeds behorende bij subtype H2130A) treden door de doorgaans dieper landinwaartse ligging van deze duingraslanden extra complicaties op bij herstel: de invloed van stuivende duinen is beduidend lager, waardoor buffering vanuit dynamische processen minder optreedt. Duurzaam herstel van deze "middenduinen" kan alleen worden bewerkstelligd door een combinatie van brongerichte en effectgerichte maatregelen. Dat wil zeggen: een structurele verlaging van de jaarlijkse stikstofdepositie, samen met het verwijderen van de "stikstofhistorie" van de laatste decennia en het aanleggen van secundaire stuifkuilen. Maar ook wanneer de

genoemde maatregelen effectief uitgevoerd zijn, zullen deze duinen nog steeds een hogere productiviteit kennen als gevolg van het natuurlijke proces van het beschikbaar komen van P en de efficiëntere N-mineralisatie. De levensduur van deze duingraslanden is van nature dus vaak beperkt en kan alleen met intensief beheer verlengd worden. Voor Grauwe klauwier en Paapje geldt dat gefaseerd maaibeheer waarschijnlijk bijdraagt aan een grotere prooibeschikbaarheid (hypothese). Voor de kalkrijke grijze duinen bestaat een aantal monitorreeksen op basis waarvan een voorzichtige uitspraak kan worden gedaan over de effectiviteit van de effectgerichte maatregelen.

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, bijv. daar waar pal achter de zeereep 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). Er zijn echter wel mogelijkheden voor grootschalig herstel (6.1). Begrazing en verstuiven zijn geschikte maatregelen op landschappelijke schaal. Bij begrazing wordt een afname van de vergrassing geconstateerd en een toename van de biodiversiteit 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 plaggen en jaarlijks maaien geschikte maatregelen zijn om de vergrassing terug te dringen (Kooijman et al. 2005; Van den Bos 2007). 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. Bij dit subtype wordt het tegengaan van ophoping van organisch materiaal niet behandeld, omdat het waarschijnlijk niet zozeer de organische stof zelf is, als wel de daarmee gepaard gaande verzuring. Als door verstuiwing de pH hoog kan worden gehouden, lijkt het organisch materiaal er niet zoveel toe te doen. Herstel buffercapaciteit wordt hier niet genoemd, omdat het op peil houden een randvoorwaarde is voor het bestaan van dit subtype.

6.1 Bevorderen winddynamiek

Onder kalkrijke omstandigheden is het belangrijk dat er voldoende aanvoer van vers zand is, waardoor de kalkbeschikbaarheid van de bodem hoog genoeg blijft. De meest duurzame maatregel is, waar mogelijk, het bevorderen van grootschalige dynamische processen in de nabijgelegen Witte duinen (H2120), de belangrijkste bron voor vers kalkrijk zand. Het herstellen van groot- en kleinschalige dynamiek staat beschreven in Arens et al. (2009). Wanneer de bodem in sterke mate ontkalkt is, zijn soms ingrijpendere beheerinspanningen nodig, zoals bijvoorbeeld ondiep afplaggen en diep afgraven. Wanneer bij plaggen de bovenste bodemlaag nog steeds ontkalkt is en bijgevolg een lage pH heeft, komen kalkminnende planten niet terug. Deze ingrijpende maatregelen zijn alleen duurzaam wanneer de effecten van verzuring worden geremd door voldoende inwaai van vers stuivend zand, dat iets kalkrijker is. Een bijkomend probleem

treedt op bij oudere, gedeeltelijk ontkalkte grijze duinen (maar nog steeds behorende bij subtype H2130A). Mede door de doorgaans dieper landinwaartse ligging van deze duingraslanden is de invloed van stuivende duinen beduidend lager, waardoor buffering vanuit dynamische processen minder optreedt. Mogelijk kan het aanleggen/reactiveren van secundaire stuifkuilen hierbij een positieve bijdrage leveren. Deze stuifkuilen ontstaan in de Grijze duinen meestal bovenaan de helling, waar door de hydrofobie de bodem is afgespoeld en het verstuifbare zand aan de oppervlakte komt. Stimuleren van dit proces door afplaggen levert in de binnenlandse stuifzanden goede resultaten op.

6.2 Begrazing

Als gevolg van een tegenwoordig verminderde graasactiviteit van konijnen wordt de strooisellaag dikker, het vegetatiedek raakt meer gesloten en het aantal plekken met open zand neemt af (Pluis 1986). De biomassa neemt dus 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 1995). Ook woelmuizen blijken een effect op de vegetatie te hebben (Van der Vliet 1994). Dit effect bleek minstens zo groot te zijn als het gezamenlijke effect van geïntroduceerde grote grazers en konijnen samen. Wel was de variatie in de woelmuizenstand tussen de jaren zeer duidelijk terug te zien in verschillen in de abundantie van verschillende hoge grassoorten, terwijl de graasdruk van konijnen en grote grazers tussen de jaren veel stabiel is (Van den Burg 2009).

Konijnenbegrazing zorgt voor een kleinschalige gradiënt van begrazings- en omwoelingsintensiteit. 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 volledig vervangend voor konijnenbegrazing worden gezien (Van den Burg 2009). Bij afwezigheid van konijnen (bijvoorbeeld door ziekten) kan begrazing er wel voor zorgen dat vergrassing en toename van struiken binnen de perken blijft, zodat licht- en warmtebehoefte organismen een grotere kans hebben om konijnenarme perioden te overleven.

7. Maatregelen voor uitbreiding

Ontwikkeling van nieuwe kalkrijke grijze duinen kan vanuit het natuurlijk proces van successie via Embryonale duinen – Witte duinen – Kalkrijke grijze duinen verlopen of via zware overstuiving van oudere successiestadia, waardoor weer vers kaal zand aan het oppervlak komt.

Beheermaatregelen ter bevordering van de ontwikkeling van grijze duinen zijn vooral het kappen van hooggelegen dennenbossen, waarna de strooisellaag afgeplagd wordt. Hiermee wordt niet alleen Grijze duinen hersteld maar ook de lokale hydrologie verbeterd. In sterk vergraste situaties kan begrazing leiden tot voldoende kwaliteitsverbetering om weer van Grijze duinen te kunnen spreken. Ook het klepelen en afzuigen van relatief jonge, open lage struwelen kan, met nabegrazing leiden tot uitbreiding van Grijze duinen. Daarnaast kan het afgraven van de ontkalkte bovenlaag van sterk verzuurde of verzuurde en vermeste grijze duingraslanden de

ontwikkeling van kalkrijk duingrasland weer terugzetten. Dit laatste is echter een zeer ingrijpende en kostbare maatregel en kan ook tot verlies van het habitatype leiden. Met afbranden van duindoornstruweel gevolgd door nabegrazing kan weer goed ontwikkeld duingrasland (H2130A) ontwikkeld worden (mond. meded. Rienk Slings, PWN).

8. Effectiviteit en duurzaamheid

Op basis van experimenteel onderzoek door Plassmann et al. (2009) blijken de kalkrijke grijze duinen zelfs bij een stikstofgift van 7.5 kg N/ha/jr (bij een achtergronddepositie van 10–12 kg N/ha/jr) negatieve effecten te vertonen. 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. 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, toplaag verwijdering). 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.

Het herstel van dynamische processen levert naar verwachting de meest duurzame bijdrage aan het behoud van de kwaliteit van bestaande, hoog kwalitatieve kalkrijke grijze duinen (subtype A). Waar dit niet mogelijk is, kunnen maatregelen gericht op de afvoer van voedingsstoffen en herstel van de kalkrijkdom van de bodem (maaien, plaggen, toplaagverwijdering) ingezet worden. Deze maatregelen zijn naar verwachting minder duurzaam; onder de huidige depositieniveaus zal het habitatype na uitvoering van de maatregelen opnieuw verzuurd en vermest raken. Duurzaam herstel van gedegeneerd kalkrijk duingrasland kan alleen dan gewaarborgd worden wanneer verzuring tegengegaan wordt door een hogere eolische dynamiek. De huidige depositiewaarden zijn in veel gevallen nog te hoog om van duurzame herstelmaatregelen te kunnen spreken.

De effecten van begrazing hangen sterk af van het type begrazingsbeheer en de uitgangssituatie van het terrein. De beheerder heeft hierbij alleen invloed op de begrazingsvorm, maar kan ook met een verstandige keuze van begrenzing en eventueel 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 Bleek schildzaad (*Alyssum alyssoides*), Liggend bergglas (*Thesium humifusum*) en Gevlekt zonneroosje (*Tuberaria guttata*) 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	Even geduld	B
Maaien en afvoeren	H/U	Afvoer nutriënten	Matig	Op maat	Niet noodzakelijk	Beperkte duur	Vertraagd	B
Begrazen	H/U	Afvoer nutriënten	Matig	Op maat	Niet noodzakelijk	Beperkte duur	Vertraagd	B
Terugzetten struweel	H/U	Tegengaan successie	Matig	Altijd opgevolgd door maaien of begrazen	Niet noodzakelijk	Zo lang als nodig	Direct	B
Branden	H/U	Tegengaan successie, afvoer nutriënten	Matig	Altijd opgevolgd door maaien of begrazen; mits bronpopulaties behouden blijven	Op standplaats	Beperkte duur	Even geduld	H
Herstel wind-dynamiek	H/U	Herstel overstuiving	Groot	Voldoende verstuiving	LESA	Zo lang als nodig	Even geduld	B
Begrazing	H/U	Herstel dynamiek	Groot	Geheel afhankelijk van druk en tijdstip	Niet noodzakelijk	Zo lang als nodig	Vertraagd	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

- Arens, S.M., L. Geelen, H. van der Hagen & Q. Slings 2009. Duurzame verstuiving in de Hollandse Duinen; Kans, droom of nachtmerrie. Eindrapport Fase 2. Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek, Waternet, nv PWN, Dunea, RAP2009.03.
- 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: 426.
- 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.
- 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.
- Oloff, H. & S.F. Boersma 1998. Lange termijn veranderingen in de konijnenstand van Nederlandse duingebieden. Oorzaken en gevolgen voor de vegetatie. Rapport Landbouwuniversiteit Wageningen.
- Plassman, K., Edward-Jones, G. & M.L.M. Jones 2009. The effects of low nitrogen deposition and grazing on dune grassland. *Science of the Total Environment* 407: 1391–1404.
- 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.
- Remke, E.S. 2010. Impact of atmospheric nitrogen deposition on lichen-rich, coastal dune grasslands. Thesis Radboud University Nijmegen, 14 January 2010. 165 pp.
- 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. Opulus press, Uppsala/Leiden.
- Slings, R., Brouwer E., & H. Beije 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.
- Stuyfzand, P.J. 1993. Hydrochemistry and hydrology of the coastal dune area of the Western Netherlands. PhD-thesis, Free University of Amsterdam, Amsterdam, 366p.
- 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 Bos, M. 2007. Evaluatie 15 jaar runderbegrazing in het zeedorpenlandschap ten noorden van Wijk aan Zee. rapport PWN.
- 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 der Vliet, F. 1994. Zoogdieren langs de waterkant. VZZ, Arnhem.
- 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 Zoogdierverseniging 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., J.C.R. Dopheide, J.J.H.M. Duysings, A. Tietema & 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.

