

Herstelstrategie H21 90B: Vochtige duinvalleien (kalkrijk)

Grootjans, A.P., A.S. Adams, H.P.J. Huiskes & N.A.C. Smits

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 vochtige duinvalleien is veelomvattend: het betreft open water, vochtige graslanden, lage moerasvegetaties en rietlanden, alle voorzover voorkomend in (min of meer natuurlijke) laagten in de duinen. Buiten de duinen worden alleen de in het overige kustgebied voorkomende min of meer grazige vormen tot het habitatype gerekend¹. Mede door de grote ecologische variatie is het aantal kenmerkende soorten zeer groot.

Het gaat om relatief jonge successiestadia. Begroeiingen van oudere (al of niet verdroogde) successiestadia in duinvalleien behoren tot andere habitatypen, bijvoorbeeld vochtige duinheide met Kraahei (H2140), duinstruwelen (H2160 of H2170), duinbossen (H2180) en vochtige heischrale graslanden (H6230). Ook in cultuur gebrachte valleien (bijvoorbeeld begroeid met blauwgraslanden, H6410) worden niet tot het habitatype gerekend.

Vochtige duinvalleien kunnen van nature op twee manieren ontstaan. Primaire duinvalleien ontstaan doordat strandvlakten door duinen worden afgesnoerd van zee. Secundaire duinvalleien ontstaan in het kielzog van mobiele duinen, maar tegenwoordig alleen nog

¹ Reden hiervoor is dat de levensgemeenschappen van het open water en van hogere moerasvegetaties (subtype A en D) weinig specifiek zijn. De door grassen en schijngrassen gedomineerde vormen (subtype B en C) zijn echter wel heel specifiek: begroeiingen elders in het kustgebied worden daarom tot dit habitatype gerekend. Ze hebben zich tot dit habitatype ontwikkeld na bedijking van zeearmen.

doordat stuifkuilen uitstuiven tot op het grondwaterniveau. Daarnaast kunnen vochtige duinvalleien worden ontwikkeld door inrichtingsmaatregelen².

Door de vertraagde reactie van de zoetwaterbel op de neerslag wijkt de grondwaterdynamiek in duinen nogal af van die in het binnenland. Er kunnen jaren achtereenvolgend optreden waarin (grond)waterstanden ver boven, of juist onder het gemiddelde niveau liggen. Deze dynamiek is op zich gunstig voor de instandhouding van open vegetaties waarin ook ruimte is voor concurrentiegevoelige pioniersoorten. Het vormt echter een risico voor het voortbestaan van soorten die slechts in een kleine populatie voorkomen. Voorwaarde voor de instandhouding van de soortenrijkdom is daarom dat er voldoende ruimte is voor soorten om te 'pendelen'. Daarvoor moet binnen de valleien zelf en binnen het duingebied als geheel voldoende variatie aanwezig zijn, met gradiënten die idealiter lopen van open water tot droog duin.

Binnen vochtige duinvalleien bestaat een grote variatie aan standplaatscondities, afhankelijk van ontstaansgeschiedenis, leeftijd, waterregime en kalkgehalte van de bodem of het kwelwater. Om die reden zijn de vochtige duinvalleien in een aantal subtypen opgesplitst. Waterdiepte, vegetatiestructuur en kalkgehalte zijn bepalend voor de verschillen tussen de subtypen.

Subtypen:

H2190_B Vochtige duinvalleien (kalkrijk)

Dit subtype komt voor in geheel of vrijwel geheel verzoete primaire duinvalleien en in secundaire duinvalleien die zijn ontstaan door uitstuiving. Kenmerkend zijn vooral de natte omstandigheden, waarbij de standplaatsen in de winter onder water staan en in voorjaar droogvallen. Vanwege de afwijkende dynamiek van het duinwatersysteem kunnen echter ook jaren optreden waarin valleien vrijwel permanent onder water staan, en jaren waarin de valleien ook in de winter droog staan. Dit kan leiden tot schijnbaar dramatische verschuivingen in de vegetatiesamenstelling, maar in een natuurlijke duinsysteem met voldoende natte valleien en veel variatie in maaiveldhoogte is de veerkracht van de populaties voldoende om dit soort extremen te overleven. Ten opzichte van vochtige kalkarme duinvalleien (subtype C) onderscheiden de kalkrijke duinvalleien zich door een grotere basenrijkdom en een hogere pH. In de kalkrijke duinen is het vooral het kalkgehalte van de bodem, dat zorgt voor de neutrale tot basische condities. In de kalkarme duinen is aanvoer van basenrijk grondwater nodig voor instandhouding van kalkrijke duinvalleivegetaties. In jonge primaire duinvalleien en in verzoetende strandvlaktes kan ook incidentele overstroming met brak water of nog in de bodem aanwezig brak grondwater zorgen voor zuurbuffering.

In de Vochtige duinvalleien (kalkrijk) komen twaalf soorten voor van de Vogel- en Habitatrictlijn waarvoor de stikstofgevoeligheid van het type een probleem kan vormen voor de kwaliteit van het leefgebied. Daarnaast is er één typische diersoort 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

² Daarbij is niet alleen te denken aan het nieuw graven van valleien, maar ook aan het herinrichten van infiltratiegebieden. Infiltratieplassen en -kanalen vallen alleen onder de definitie van het habitatype indien ze (weer) min of meer lijken op natuurlijk gevormde valleien.

habitattype 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	Status	Belang en functie	N-gevoeligheid van leefgebied	effecten van stikstofdepositie
Vaatplanten	Groenknolorchis	HR	Groot	ja	Lichtconcurrentie door hogere vegetatiestructuur
Weekdieren	Nauwe korfslak	HR	Groot: foerageer-, voortplantings- en overwinteringsgebied	Ja (mogelijk is KDW 1800 mol logischer)	Afname kwantiteit voedselplanten (3)
Vogels	Blauwe kiekendief	VR	Groot: foerageer- en voortplantingsgebied	mogelijk	Afname prooibesikbaarheid (6)
Vogels	Bontbekplevier	VR	Klein: foerageer- en voortplantingsgebied	mogelijk	Afname nestgelegenheid (2) en afname prooibesikbaarheid (6)
Vogels	Bruine kiekendief	VR	Klein: foerageergebied	mogelijk	Afname prooibesikbaarheid (6)
Vogels	Grauwe kiekendief	VR	Groot: foerageer- en voortplantingsgebied	mogelijk	Afname prooibesikbaarheid (6)
Vogels	Grauwe klauwier	VR	Klein: foerageergebied	mogelijk	Afname prooibesikbaarheid (6)
Vogels	Paapje	VR	Groot: foerageer- en voortplantingsgebied	mogelijk	Afname prooibesikbaarheid (6)
Vogels	Tureluur	VR	Klein: foerageergebied	mogelijk	Koeler en vochtiger microklimaat (1) + afname prooibesikbaarheid (6)
Vogels	Velduil	VR	Groot: foerageer- en voortplantingsgebied	mogelijk	Afname prooibesikbaarheid (6)
Vogels	Visdief	VR	Klein: foerageergebied	mogelijk	Afname prooibesikbaarheid (6)
Vogels	Watersnip	VR	Klein: foerageer- en voortplantingsgebied	mogelijk	Afname prooibesikbaarheid (6)

Soortgroep	Typische soort	Belang en functie	N-gevoeligheid van leefgebied	effecten van stikstofdepositie
Vogels	Paapje	Groot: foerageer- en voortplantingsgebied	mogelijk	Afname prooibesikbaarheid (6)

Voor een goed begrip van de onderstaande paragrafen, is het essentieel om uit te gaan van de definitie van het habitattype 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_habitat_type_2190.pdf).

De herstelstrategieën zijn gericht op de subtypen A tot en met C. Het vierde subtype, vochtige duinvalleien met hoge moerasplanten, wordt niet tot nauwelijks gevoelig geacht voor stikstofdepositie (een KDW > 2400 mol N/ha/jr; [Van Dobben & Van Hinsberg 2008](#)).

2. Ecologische randvoorwaarden

Voor de abiotische randvoorwaarden ([Runhaar et al. 2009](#)) wordt uitgegaan van de omstandigheden van de Associatie van Duinrus en Parnassia (09Ba03), Knopbies-associatie (typische subassociatie en de Knopbies-arme subassociatie (09Ba04AB; [Schaminee et al. 1995](#)) en het SBB-type RG Armbloemige waterbies-[Knopbiesverbond] (SBB-09C-b). Dit is aangevuld met twee iets minder kenmerkende gemeenschappen, te weten de Associatie van Bonte paardenstaart en Moeraswespenorchis (09Ba05) en het SBB-type RG Armbloemige waterbies-[Knopbiesverbond/Zilver schoon-verbond] (SBB-12B-b). Tenslotte zijn hieraan nog de ecologische randvoorwaarden van het minder kenmerkende SBB typen SBB-09C-a en SBB-12B-a (RG Zeegroene zegge) en de Associatie van Strandduizenguldenkruid en Krielparnassia, subassociatie met Viltige basterdwederik (27Aa02C; [Schaminee et al. 1998](#)) toegevoegd.

2.1 Zuurgraad

De vochtige duinvalleien behorend tot het kalkrijke subtype B komen optimaal voor op neutrale tot basische gronden, vanaf een pH (H₂O) van 6,5. Tot een pH van 6 komen ook minder goed ontwikkelde vormen voor ([Lammerts & Grootjans 1998](#), [Runhaar et al. 2009](#)).

2.2 Voedselrijkdom

Standplaatsen van kalkrijke duinvalleien (subtype B) zijn licht tot matig voedselrijk, met een klein aanvullend bereik aan beide kanten. De meest kenmerkende vegetaties komen optimaal voor op licht voedselrijke standplaatsen ([Runhaar et al. 2009](#)).

2.3 Vochttoestand

Kalkrijke duinvalleien van subtype B komen voor in situaties die 's winters onder water staan tot vochtige omstandigheden (gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand dieper dan 40 cm onder maaiveld en minder dan 14 dagen droogtestress), met minder goed ontwikkeld voorkomen op matig droge standplaatsen (14-32 dagen droogtestress). De meest kenmerkende vegetaties zijn nat tot zeer nat met een gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand tussen 25 cm onder en 10 cm boven maaiveld, alleen de Subassociatie met Waterpunge van de Associatie van Strandduizenguldenkruid en Krielparnassia (*Centaurio-Saginetum samoletosum*) staat iets droger op standplaatsen met een gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand van 0 tot meer dan 40 cm onder maaiveld, met maximaal 14 dagen droogtestress (nat tot vochtig) ([Runhaar et al. 2009](#)).

De meeste kalkrijke duinvalleien bevinden zich op plaatsen waar overstroming door zeewater niet mogelijk is. Op de Waddeneilanden komen echter ook goed ontwikkelde kalkrijke duinvalleien voor (Knopbiesassociatie en Associatie van Duinrus en Parnassia) op plaatsen waar veel baserijk grondwater uittreedt die in het najaar en in de winterperiode regelmatig door zeewater worden overstroomd ([Grootjans et al. 1995](#)). Inundaties met zeewater gedurende het groeiseizoen zijn zeer schadelijk voor deze vegetaties, omdat dan zout en sulfaatrijk zeewater de wortelzone binnendringt en er, vooral in bodems waarin veel organische stof aanwezig is, anaerobe

mineralisatieprocessen op gang komen (interne eutrofiëring; Smolders et al. 2010). Gedurende de winterperiode en het vroege voorjaar voorkomt de sterke aanvoer van zoet grondwater dat bij overstroming zout water de wortelzone binnendringt.

2.4 Landschapsecologische processen

De soortenrijkdom van een typische duinvallei die nog in een pionierstadium verkeert is zeer groot. Dit komt vooral door de grote variatie in habitattypen die in de duinvalleigradiënten voorkomen. Niet alleen is er een gradiënt van nat naar droog, maar ook een, deels overlappende, gradiënt van basisch naar zuur. Tenslotte is er ook vaak een gradiënt in de tijd aanwezig binnen een vallei. Verschillende successiestadia kunnen lang naast elkaar blijven bestaan omdat in sommige delen van de gradiënt de stapeling van organisch materiaal snel verloopt en in andere delen heel langzaam. Valleien kunnen in een reeks van jaren met veel neerslag, niet droogvallen, hetgeen voor veel soorten wel een noodzaak is om te overleven. Vooral als in de winter er veel neerslag is gevallen kan intensieve neerslag in de zomer er toe leiden dat de vallei een paar jaar achtereen niet droogvalt. Voor bedreigde populaties is het dan noodzakelijk dat ze uit kunnen wijken naar hogere delen. Ze moeten kunnen 'pendelen langs de gradiënt'.

Kalkrijke duinvalleien komen voor in bijna alle verschillende landschappen van het duinlandschap, waarbij de kalk- en ijzerrijkdom van het zand en de kalkrijkdom en de invloed van grondwater variëren. Onder invloed van kalkrijk grondwater kunnen kalkrijkere duinvalleien voorkomen in de kalkarmere duinen van het Waddengebied en in de binnenduinen.

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

2.5 Regulier beheer

Duinvalleien maken onderdeel uit van een lange successiereeks in de duinen. Vooral de vroege successiestadia kunnen zeer lang stand houden zonder beheer. Voor ontstaan en voortbestaan op lange termijn is het habitatype afhankelijk van klein- of grootschalige duindynamiek vooral in de vorm van verstuing. Ook als de hydrologie in de vallei op orde is, verloopt de successie zeer langzaam. In min of meer gefixeerde situaties kan maaien of begrazing de successie naar duinbos vertragen. Hetzelfde kan uiteraard ook worden bewerkstelligd door het kappen van bomen en struiken zodra die het lichtbehoefte habitatype bedreigen. Veel duinvalleien worden in de begrazing van de rest van het duingebied meegenomen. Van oorsprong wordt echter op veel plekken geen specifiek beheer gevoerd ten behoeve van dit habitatype en vormt zij integraal onderdeel van min of meer natuurlijke duinsystemen. De begrazing door konijnen was van oorsprong vaak al voldoende.

3. Effecten van stikstofdepositie

Modelmatig is de kritische depositiewaarde op 1429 mol N/ha/jaar (20 N/ha/jaar) vastgesteld. Dit getal is gebaseerd op de gemiddelde modeluitkomsten, passend binnen de empirische range van 10 tot 25 kg N/ha/jaar voor "moist to wet dune slacks" (B1.8). Deze empirische waarde is ingeschat met expert kennis (Van Dobben et al. 2012; Bobbink et al. 2003; Bobbink & Hettelingh 2011).

3.1 Verzuring

De hogere atmosferische depositie van zuur en N in de afgelopen decennia heeft in de hoger gelegen infiltratiegebieden geleid tot een aantal (soms irreversibele) veranderingen in de bodem, zoals versnelde ontkalking, verzuring, en oplossing van calciumfosfaat (Kooijman et al. 2009; Stuyfzand 2010). In valleien heeft de hogere depositie vooral geleid tot een versnelde ophoping van organische stof in en op de bodem. Vooral in het kalkarme Wadden District heeft dit laatste ertoe geleid dat in de opgehoogde bodem buffering van basenrijk grondwater minder effectief is geworden (Sival & Grootjans 1996).

Op plekken die vrijwel het gehele jaar door kalkrijk grondwater worden gevoed, wordt de zuurgraad mede gebufferd door het hoge bicarbonaatgehalte van het grondwater. Op deze systemen heeft verzuring door atmosferische depositie een heel gering effect. De bemestende effecten van atmosferische N-depositie zijn wel groot omdat het de successie naar meer productieve stadia bevordert. In kalkgebufferde systemen (bijv. Meinderswaalvallei in de Middelduinen) zorgt ophoping van organische stof voor een lichte daling van de pH. Het achterliggende proces is vermoedelijk een toename van de zuurproductie door afbraak van organisch materiaal. De pH blijft echter hoog vanwege de aanvoer van kalkrijk grondwater dat de pH op een niveau van (ca. 6,0) blijft bufferen, zolang de bodem ter plekke voldoende kalk kan oplossen. Hierdoor blijft het milieu geschikt voor basenminnende doelsoorten van oude successiestadia, zelfs wanneer de vallei vooral door neerslagwater wordt gevoed (Aggenbach & Jansen 2004; Grootjans et al. 1995). Een verschil met valleien die sterker door grondwater worden gevoed is dat ze langer in een pioniersstadium kunnen blijven bestaan.

3.2 Vermesting

De bodem van kalkrijke duinen bevat per mm 60 mg/m² P in de vorm van calciumfosfaat. In kalkrijke en ijzerrijke (maar organische stofarme) bodems kan P een beperkende factor zijn, door P-fixatie in calcium- of ijzerfosfaat. Bij een hoge pH (kalkrijke bodems) is bovendien de hoeveelheid N die vrijkomt bij mineralisatie betrekkelijk laag, mogelijk als gevolg van hoge microbiële activiteit en N-behoefte. Er wordt waarschijnlijk een aanzienlijk deel van de N in de bodem vastgelegd. Basenminnende vegetaties in natte duinvalleien zijn daardoor N gelimiteerd, wat ze zeer gevoelig maakt voor atmosferische depositie (Lammerts & Grootjans 1997; Kooijman et al. 2009). Door atmosferische stikstofdepositie worden meer productieve soorten, zoals Kruiwilg en Duinriet bevoordeeld (Lammerts et al. 1999), waardoor sneller en eerder opbouw van organische stof plaatsvindt in de bodem. Hierdoor wordt de levensduur van het pioniersstadium drastisch bekort (Adema et al. 2002) en moet actief beheer worden toegepast in situaties waarin dat oorspronkelijk niet nodig was.

Behalve dat kalkrijke duinvalleien gevoelig zijn voor verhoogde atmosferische N-depositie, waardoor de successie ter plaatse wordt versneld, is een ander effect van N-depositie dat de vegetatie van de omliggende infiltratiegebieden wordt bemest en daardoor sterker gaat groeien (Nijssen et al. 2001). Door deze vergrassing en verbossing wordt er in de infiltratiegebieden meer water verdampt (Bakker et al. 1979), waardoor de aanvoer van grondwater naar de valleien afneemt. Dit effect speelt vooral in de kalkarme duinen van het wadden District (Kooijman & Besse 2002).

3.3 Fauna

Voor het leefgebied van de VHR en/of typische diersoorten geldt dat de effecten van stikstofdepositie via de volgende factoren doorwerkt: koeler en vochtiger microklimaat, afname kwantiteit 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.

4. Andere omstandigheden die de effecten van stikstofdepositie beïnvloeden

4.1 Natuurlijke dynamiek

Als gevolg van het dynamische karakter van duinsystemen (zoals de afsnoering van een nieuwe primaire duinvallei) kan de hydrologie van een duinsysteem dusdanig veranderen dat oorspronkelijk brakke duinvalleien verzoeten of dat door kustuitbreiding de grondwaterstand in de achterliggende duinen wordt verhoogd (Bakker et al. 1979; Stuyfzand 1993; Stuyfzand et al. 2010). Ook door de verminderde mogelijkheid om neerslagwater af te voeren, kunnen de hier besproken kalkrijke duinvalleivegetaties ‘verdrinken’ (Westhoff & Van Oosten 1991) en overgaan in een duinmeertje (H2190A; vooral in het Renodunale district) of in een ontkalkte vochtige duinvallei (H2190C; vooral in het Wadden district). Omgekeerd kunnen kalkrijke duinvegetaties door kustafslag verdrogen en versneld verruigen. Dergelijke processen kunnen gezien worden als de natuurlijke successie, na optreden van veranderingen op systeemniveau als gevolg van het dynamische karakter van het kuststelsel. Wanneer deze processen gepaard gaan met de vorming van nieuwe pioniergemeenschappen is het voortbestaan van (kalkrijke) vochtige duinvalleien niet bedreigd.

4.2 Natuurlijke successie

De voornaamste processen die een rol spelen bij de natuurlijke successie van kalkrijke pioniervegetaties (bijv. Knopbies-associatie) naar oudere stadia zijn accumulatie van organische stof en verzuring (Sival & Grootjans 1996, Sykora et al. 2004). De levensduur van een basenminnende duinvalleivegetatie wordt bepaald door de accumulatiesnelheid van organische stof en door de mogelijkheid om de zuurgraad langere tijd rond een niveau van pH 6 te bufferen. Primaire kalkrijke, incidenteel met zeewater geïnundeerde duinvalleien blijven in het Wadden district met maaibeheer 100–150 jaar in stand. Zonder maaibeheer verdwijnen ze na 30–50 jaar (Lammerts & Grootjans 1998). Op de Waddeneilanden is een beperkt aantal plekken bekend, waar kalkrijke valleien zich zonder enig beheer 70–90 jaar konden handhaven. Met name kalkminnende typen, gedomineerd door Oeverkruid (*Littorella uniflora*) zijn in staat zich decennialang te handhaven, maar alleen indien in de natte periode zuurstofloos grondwater de vallei binnenkomt. Oeverkruid is dan in staat om door het laten lekken van zuurstof uit de wortels voor zichzelf een zuurstofrijk milieu rond zijn wortels te scheppen en tegelijkertijd de beschikbaarheid van voedingstoffen (N en P) laag te houden (Adema et al. 2002; 2005). Soorten zoals Duinriet, Zwarte zegge en Drienervege zegge hebben deze aanpassingen niet en kunnen door gebrek aan voedingstoffen oeverkruid niet verdringen. Dit type kwelvallei kon vroeger zeer langdurig in een pioniersituatie blijven, maar door bovengenoemde gevolgen van atmosferische N-depositie en de algehele vermindering van grondwateraanvoer naar de valleien is de successie in de valleien wezenlijk versneld.

Er bestaat nog een andere mogelijkheid voor kalkrijke duinvalleien om langdurig in stand te blijven, met weinig of geen beheer. Deze omstandigheid doet zich voor wanneer de grondwateraanvoer zo groot is en het grondwater zo kalkrijk, dat stapeling van organische stof niet tot verzuring leidt. Feitelijk is hier sprake van veenvorming. Voorbeelden hiervan zijn de 4^e Kroon's Polder op Vlieland, waar na 70 jaar een heel open rietvegetatie is ontstaan (De Vries 1961) met veel soorten van kalkrijke duinvalleien, zoals Knopbies, Vleeskleurige orchis en Moeraskartelblad. Op sommige plaatsen wordt zelfs moeraskalk (travertijn) afgezet, waardoor de pH in het kalkbufferend traject blijft (Sival et al. 1998).

4.3 Hydrodynamiek

Zwak gebufferde systemen zijn gevoelig voor meteorologische fluctuaties. In extreme jaren slaat de verzuring toe en in jaren met een meer dan normaal neerslagoverschot blijft herstel van de basenrijkdom uit (Grootjans et al. 1991). Afhankelijk van het type hydrologisch proces zijn extreem natte jaren of juist extreem droge jaren aldus de start van de degradatie van de basenrijke toestand. Hoe en wanneer perioden met afwijkend neerslagpatroon doorwerken is afhankelijk van de lokale hydrologische processen die voor buffering van de zuurgraad zorgen (Aggenbach & Jansen 2004). Bij een laag organisch stofgehalte kan de pH onder gunstige hydrologische condities zich beter herstellen dan bij een hoog organisch stofgehalte. Dit geldt voor duinvalleien die in de zomer langere tijd droogvallen. Een dikke organische laag (>10cm) gaat dan mineraliseren en voorziet snelgroeiende planten dan van voldoende voedingstoffen. Natte jaren met hoge grondwaterstanden in de omliggende duinen zijn gunstig voor de buffering van de zuurgraad in jonge (of geplagde) valleien. Door de hoge grondwaterstanden kan dan meer basenrijk grondwater worden aangevoerd. De pH neemt dan toe in de toplaag van de bodem. In oudere stadia met veel organisch materiaal treedt een pH stijging in natte jaren niet op (Aggenbach & Jansen 2004).

4.4 Aanvoer van nutriënten uit infiltratiegebieden

Naast infiltratieplassen komen voedselrijke duinvalleien voor als gevolg van hoge nutriëntfluxen in het infiltratiewater, zeker als het periodieke kwelplassen zijn (Stuyfzand & Moberts 1987; Stuyfzand & Lüers 1995). Waar freatofyten zijdelings afstromend infiltratiewater kunnen aantappen ligt eutrofiëring op de loer, vanwege relatief hoge concentraties aan NO₃ en PO₄ in het infiltratiewater en tamelijk hoge stroomsnelheden (Van Dijk 1984). In situaties met langzame stroming en lange ondergrondse reistijden kunnen zich echter bovenop dit infiltratiewater regenwaterlenzen vormen in de ondergrond, die het nutriëntrijke infiltratiewater afdekken (Stuyfzand & Stuurman 1985).

4.5 Ontoereikend regulier beheer

Wanneer het organische stofgehalte te hoog wordt, gaan grassen als Duinriet overheersen, evenals houtige wilgenstruikjes die later tot struwelen kunnen uitgroeien. Ontoereikend regulier beheer wordt niet apart onder paragraaf 5 of 6 behandeld.

4.6 Voormalige zwaveldepositie en andere sulfaatbelasting

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

5. Maatregelen tegen de effecten van stikstofdepositie

5.1 (Extra) maaien en begrazen

Door het wegvallen van de dynamiek in de duinen zoals uitstuiving en aangroei is beheer noodzakelijk geworden, behalve in de eerste successiestadia. Om spontane struweelvorming en verbossing te voorkomen kan er extra worden gemaaid (met afvoeren) of kunnen de duinvalleien extra worden begraasd. Maaien en afvoeren van de vegetatie van vochtige duinvalleien kan de stapeling van organisch materiaal wel remmen, maar niet volledig tegenhouden. Begrazing kan ook ingezet worden, dit heeft echter een geringere invloed op de strooiselophoping in het systeem dan maaien en afvoeren. Kooijman et al. (2000) vonden dat de N-mineralisatie bij begrazing alleen significant afnam in zure bodems en verlaging van biomassa-productie trad alleen op in de droge duinen van het Wadden district, wel nam de lichtbeschikbaarheid overal toe. Begrazing in infiltratievalleien op Texel nam 70% van de biomassa weg en beperkte de ontwikkeling van Riet. Plaatselijk leidde begrazing op niet-geplagde delen met een venige bodem echter tot ernstige eutrofiëring en vestiging van ruigtesoorten, als gevolg van bodemvertrapping (Grootjans et al. 2007). De situatie waarin een duinvallei zich bevindt (pionier, verzurend, verouderd) zijn uiteindelijk bepalend voor de beheermogelijkheden. Een aandachtspunt bij begrazing in de duinen is de voorkeur van de grazers voor niet verzuurde natte duinvalleien. Dit leidt vaak tot vertrapping en bemesting van kwetsbare pioniervegetaties. In gebieden met een grote oppervlakte aan vochtige duinvalleien zal extensieve begrazing echter niet zo snel tot grootschalige vertrapping aanleiding geven en kunnen de meest kwetsbare vegetaties uitgerasterd worden (Bruin 2001). Waar nodig kan het beheer worden aangevuld met maaien, waarmee ook de successie van pioniervegetaties naar oudere stadia van basenrijke duinvalleien uitgesteld kan worden (Sykora et al. 2004). Dit lukt echter niet wanneer de aanvoer van basenrijk grondwater onvoldoende is om de verzurende effecten van N-depositie en mineralisatie van organische stof te compenseren (Grootjans et al. 2002).

De biomassatoename als gevolg van de toename van de atmosferische N-depositie, de afname van het konijnenbestand en het stoppen van het extensieve agrarische gebruik is in kalkrijke duinen in het algemeen minder groot dan in ontkalkte duinen, met name die van het Wadden District (Kooijman et al. 2004). Begrazing blijft echter ook in kalkrijke duinen voorlopig nodig, totdat de konijnenstand weer op het oude niveau is. Naast de begrazing dragen de konijnen ook in belangrijke mate bij aan het aan de oppervlakte brengen van kalkrijk zand (Kooijman et al. 2009).

Als de extensieve begrazing niet afdoende blijkt kan intensiever of gericht (alleen in de verzuurde delen van de vallei) begraasd worden. Als begrazing niet voldoende zorgt voor het terugzetten van de successie, dan kan ook overgegaan worden op maaien en afvoeren.

Voor het behoud van de urgent bedreigde typische soort Honingorchis (*Herminium monorchis*) is maaien noodzakelijk, eventueel handmatig jaarlijks maaien in het najaar met uitsluiting van volwassen planten. Als enige maatregel is het echter onvoldoende voor het behoud van deze soort, daarnaast lijkt het ook noodzakelijk om nieuwe micro-habitats voor kieming te creëren door verstuing (zie ook paragraaf 6.2 herstel dynamiek) (Klimkowska et al. 2011).

In de duinvallei voorkomende vogelsoorten als Blauwe kiekendief en Velduil kunnen last hebben van nestverstoring door grote grazers. Als nestplaatsen bekend zijn kunnen die delen bij

begrazing onbegraasd gelaten worden (hypothese), bijvoorbeeld door uitrasteren van die terreindelen. Bij maaien dient rekening gehouden te worden met het voorkomen van vogelsoorten die hier hun leefgebied hebben. Voor Bontbekplevier, Tureluur en Visdief geldt dat niet gemaaid mag worden vóór 15 juni, in verband met late (mogelijke 2e) legsels van de Watersnip mag pas na 15 juli gemaaid worden. Voor soorten als Grauwe kiekendief, Grauwe klauwier en Paapje die hier hun leefgebied hebben lijkt gefaseerd maaien gunstig voor een groter voedselaanbod (hypothese). Ook voor de Nauwe korfslak is gefaseerd maaien gunstig, maar dan verspreid over meerdere jaren.

5.2 Plaggen

Bestaande vochtige duinvalleien met lage kweldruk kunnen periodiek verjongd worden met behulp van plagbeheer. Onder de huidige hoge stikstofbelasting dient een dergelijk beheer zeer regelmatig uitgevoerd te worden: plagbeheer leidt in dergelijke gevallen tot een initiële toename van Rode Lijst-soorten; dit neemt na ca. 10 jaar weer sterk af als gevolg van daling van de pH, hernieuwde stapeling van organische stof en toename van de beschikbaarheid aan nutriënten (Grootjans et al. 2007). In doorstroomvalleien en valleien met lokale kwel is de duurzaamheid hoger (Grootjans et al. 2002). Het effect van plaggen van kalkrijke pioniervegetaties hangt af van de kalkrijkdom van de bodem en de hydrologische situatie. Aggenbach & Jansen (2004) laten zien dat het belangrijk is de gehele gradiënt te plaggen, dus ook hoog op de gradiënt. In natte jaren kunnen dan pionier- en duinvalleisoorten zich hoog op de gradiënt handhaven terwijl in het lage deel de omstandigheden door langdurige inundatie ongeschikt zijn. Het plaggen van de gehele gradiënt faciliteert zo de pendelmogelijkheden van deze soorten. Ook moeten bronpopulaties van kenmerkende soorten worden ontzien, door het plaggen in de tijd te verspreiden (over meerdere jaren). Voor de overleving van de fauna kan het beste over de tijd gespreid geplagd worden in een patroon van stroken die haaks op de vochtgradiënt liggen (Van den Burg 2009). Plaggen als maatregel heeft een effect op de morfologie (Arens & Geelen 2001). Bij herhaaldelijk plaggen zal het oppervlak van de vallei substantieel verlaagd worden en zal het grondwater relatief steeds hoger komen te staan. Bovendien worden door het plaggen van de vallei de hellingen steeds steiler. Op den duur kunnen daardoor duinmeren ontstaan. Het is dus een maatregel die niet eindeloos uitgevoerd kan worden. Voor de fauna en bijzondere flora is het bovendien belangrijk dat de plagwerkzaamheden kleinschalig plaats vinden en dat restpopulaties van bijzondere soorten gespaard worden.

In hydrologisch gedegradeerde systemen dienen plag- en graafwerkzaamheden pas worden uitgevoerd nadat de hydrologische herstelmaatregelen zijn uitgevoerd (Van den Burg 2009). In kalkrijke duingebieden is, althans op korte termijn, plaggen heel succesvol, omdat de bodem na afgraven nog erg kalkrijk is en een hoge basenverzadiging heeft, en daarmee niet afhankelijk is van toestromend kalkrijk grondwater. In ontkalkte duingebieden heeft plaggen zonder hydrologisch herstel heeft maar beperkt succes. Na korte tijd (5–10 jaar) verdwijnen de pionierstadia weer, als gevolg van de snelle stapeling van organische stof, de afname van de pH en de hogere nutriënten beschikbaarheid (Lammerts 1999). Ook wanneer bij plaggen veel organisch materiaal achter blijft vestigen zich op korte termijn veel zeldzame soorten, maar er treedt vervolgens snel verzuuring op (Ommering & Hendriks 2004). In gevallen waarbij tevens de grondwaterstanden in de omgeving worden verhoogd lijkt de levensduur van de pionierstadia verlengd te worden.

In systemen die veen hebben gevormd, bijvoorbeeld in binnenduintranden, volstaat het veelal om de hydrologie weer te herstellen om de beschikbaarheid van voedingsstoffen weer terug te brengen en de pH weer te laten stijgen. Plaggen of ontgronden is in die gevallen niet aan te raden.

6. Maatregelen gericht op functioneel herstel

Bij de maatregelen gericht op functioneel herstel moet opgemerkt worden dat voor de keuze van de maatregelen steeds bepaald moet worden of de waargenomen ontwikkelingen het gevolg zijn van natuurlijke processen, of dat deze door menselijk ingrijpen zijn veroorzaakt. Het aanpassen van de hydrologie van een systeem is zinvol als de hydrologie door menselijk handelen verslechterd is. Wanneer de hydrologie als gevolg van natuurlijke nieuwe duinvorming aan de zeereep is veranderd, is ingrijpen niet wenselijk.

6.1 Maatregelen gericht op herstel waterhuishouding

Voor herstel van kalkrijke duinvegetaties is het noodzakelijk dat de beschikbaarheid van voedingsstoffen op een laag niveau gehouden wordt en dat de pH gebufferd en boven de 6 blijft. Als de duinen kalkrijk zijn, is het belangrijk ervoor te zorgen dat ook de toplaag kalkhoudend blijft, bijvoorbeeld door aanvoer van basenrijk (grond)water. Als de duinen ijzerrijk zijn, is het belangrijk ervoor te zorgen dat er zo min mogelijk organische stof in de bodem zit, door plaggen en verstuiven (Kooijman et al. 2009). Hydrologische herstelmaatregelen dienen gefundeerd te worden op hydroecologisch onderzoek op lokale en regionale schaal (Aggenbach & Jansen 2004). In systemen waar het basenrijke grondwater toestroomt vanuit aangrenzende opwelvingen gedurende winter- en voorjaarsperiode is inundatie in de laagten noodzakelijk voor het oppersen van dit water. De mate en duur van oppersing worden hier bepaald door (1) de regionale drainagebasis (c.q. de zomergrondwaterstanden), (2) de mate van opbolling van het freatisch grondwater in winter en voorjaar en (3) de inundatieduur van de laagte. Wanneer de regionale drainagebasis (zomergrondwaterstanden) te laag zijn neemt in het winterseizoen de toevoer van basenrijk grondwater af en verzuren basenrijke standplaatsen op den duur (Aggenbach & Jansen 2004).

Bij maatregelen voor herstel van de waterhuishouding kan gedacht worden aan (o.a. Van den Burg 2009):

- Herstel van verdroogde valleien door uitgraven tot op het grondwaterniveau of verwijderen van organische stoflaag in de gehele vallei. Hiermee worden ook voedingsstoffen afgevoerd (zie voor effecten en aandachtspunten paragraaf 5.2 Plaggen).
- In hogere delen in de omgeving verdamping verminderen en inzijging vergroten door:
 - o verwijderen van bos en struweel
 - o omvorming van naaldbos naar loofbos of andere duinvegetaties, inclusief kaal zand
 - o verminderen begroeiing door intensivering van de begrazing of herstel kleinschalige verstuing (zie ook 6.2 herstel dynamiek)
- Saneren grootschalige cultuurgronden, landbouwenclaves, recreatieve voorzieningen en drinkwatervoorzieningen in de duinen die ertoe leiden dat de algemene grondwaterstand in de duinen daalt.
- Peilverhoging in de binnenduintrand en de aangrenzende polders (hydrologische bufferzone creëren).

Als het voortbestaan van specifieke locaties met het voorkomen van bijzondere soorten zoals de zeldzame typische soort Honingorchis (*Herminium monorchis*) bedreigd worden, is het ook noodzakelijk om ook aan de randen en in overgangszones van nat naar droog bomen en struiken te verwijderen om de successie tegen te gaan en de ophoping van strooisel en verdamping te verminderen. Dit dient met mate te gebeuren: niet te grote vlakken maken en volwassen planten laten staan (Klimkowska et al. 2011).

6.2 Maatregelen gericht op herstel dynamiek

Wanneer uitgegaan wordt van het bevorderen van de dynamische processen binnen het duinsysteem als geheel, hoeft niet altijd gekozen te worden voor het behoud van duinvalleien of de staat waarin deze verkeren. Wel dient het beheer als geheel te leiden tot het duurzaam behoud van voldoende oppervlakte aan duinvalleien en voldoende variatie aan omgevingseigenschappen (zowel kalkrijk als kalkarm).

Kalkrijke pioniervegetaties kunnen met behulp van menselijke ingrepen hersteld en in stand gehouden worden, maar een betere oplossing is het heractiveren van duinvormende processen (Sykora et al. 2004, De Leeuw et al. 2008). Op deze manier komen er steeds nieuwe ‘jonge’ valleien bij, wat voor het behoud van het scala aan duinvalleien op lange termijn noodzakelijk is. Het gaat daarbij om valleien met kale grond of vegetatieloos water. Bij aangroeiende kusten ontstaan van nature zogenoemde primaire duinvalleien door afsnoering van strandvlakten. Door kustontwikkeling kunnen zo ook nieuwe duinvalleien ontstaan. In het duingebied zelf kunnen zogenoemde secundaire duinvalleien ontstaan door uitstuiving van zand tot op de grondwaterspiegel of door herstel van verouderde, verdroogde of voor infiltratie gebruikte valleien door middel van plagen (Geelen et al. 1995). Op plaatsen waar in de ondergrond van duinbodems nog veel fosfaat aanwezig is als gevolg van de jarenlange kunstmatige duinfiltratie, kan de duurzaamheid van de herstelmaatregelen ook relatief kort zijn (1–15 jaar) omdat de successie versneld kan worden door een te hoge fosfaat nalevering (Stuyfzand & Koerselman 1995; Grootjans et al. 2007). In zo'n geval moet het plagen herhaald worden, en verdient het aanbeveling om vooraf de ondergrond eerst met fosfaatarm infiltratiewater te doorspoelen (indien dat kan). Met name op plaatsen waar zich een wash-over kan ontwikkelen kan het weghalen van stuifdijken bijdragen aan het ontstaan van nieuwe vestigingsmogelijkheden voor zoet-zout gradiënten met kalkrijke duinvalleien.

Daarnaast is verstuiving op zichzelf een zeer geslaagde anti-verzuringmaatregel. Niet alleen leidt verstuiving tot een hogere pH in de pioniervegetaties, maar ook in de ogenschijnlijk stabiele vegetaties in de omgeving (Kooijman et al. 2000). Mogelijk is dit een overblijfsel van eerdere verstuiving in vroeger tijden. Hiermee gepaard gaat een duidelijke afname van de beschikbaarheid van nutriënten. Vooral de N-beschikbaarheid is laag, omdat er in vers zand bijna geen organische stof zit. Bij verhoogde N-depositie wordt het zand sneller weer vastgelegd door algen. Verstuiving leidt tot een duidelijke toename van de oppervlakte kaal zand en pioniervegetatie, maar houdt de voortgaande vergrassing en struweelvorming niet tegen. Ook voor verstuiving geldt dat maatwerk, gebaseerd op fundamentele kennis van het ecosysteem noodzakelijk is (Kooijman et al. 2004). Herstel van verstuiving, met name het stimuleren van winderosie, kan zorgen voor nieuwe kiemingsmogelijkheden voor bijvoorbeeld de urgent bedreigde typische soort Honingorchis (*Herminium monorchis*) (Klimkowska et al. 2011).

7. Maatregelen voor uitbreiding

Bij aangroeiende kusten ontstaan van nature zogenoemde primaire duinvalleien door afsnoering van strandvlakten. In het duingebied zelf kunnen zogenoemde secundaire duinvalleien ontstaan door uitstuiving van zand tot op de grondwaterspiegel (of door herstel van verouderde, verdroogde of voor infiltratie gebruikte valleien). Deze natuurlijke dynamiek is niet overal in het duingebied mogelijk.

De ontwikkeling van jonge, kalkrijke vochtige duinvalleien kan het eenvoudigst worden gerealiseerd via dynamisch kustbeheer. Het ontwikkelen van nieuwe primaire duinvalleien door kustontwikkeling, of volledig afgraven van oude infiltratieplassen is een effectieve manier om nieuwe kalkrijke duinvalleien te creëren (Grootjans et al. 2002). Het gaat daarbij om valleien met kale grond of vegetatieloos water. Voor de oudere, kalkarme, vochtige duinvalleien (H2190C) is directe ontwikkeling vanuit primaire duinvorming niet mogelijk. Op de lange termijn kunnen jonge duinvalleien van het type H2190B wel ontwikkelen richting de oudere typen (H2190C).

8. Effectiviteit en duurzaamheid

Voor de kalkrijke grijze duinen bestaan enkele monitorreeksen op basis waarvan een voorzichtige uitspraak kan worden gedaan over de effectiviteit van de effectgerichte maatregelen (Jansen et al. 2010). De effectiviteit van de afvoer van organisch materiaal in vochtige, kalkrijke duinvalleien (subtype B) is zeer hoog: binnen vijf jaar na uitvoering van deze maatregelencombinatie hebben vijf tot tien Rode lijst soorten geprofiteerd in 40% van de reeksen en elf tot twintig Rode Lijstsoorten in 10% van de reeksen. In de reeksen met een leeftijd van meer dan vijf jaar neemt het aandeel van deze soortenrijke reeksen verder toe: in circa 2/3 deel van de reeksen hebben minimaal vijf of meer Rode lijst soorten geprofiteerd. In vochtige duinvalleien is het verwijderen van organische stof een succesvolle maatregel, ook op de langere termijn, onder voorwaarde dat deze valleien gevoed worden door kwel van kalk- of basenrijk grondwater (Grootjans et al. 2002). In valleien waar inzijging het overheersende hydrologische proces is, blijkt het succes van de afvoer van organisch materiaal kortstondig te zijn; binnen tien jaar zijn de meeste Rode Lijstsoorten weer verdwenen (Grootjans et al. 2002). Vanwege het zeer geringe aantal reeksen in de database zijn over de effectiviteit van de overige maatregelencombinaties geen goed onderbouwde uitspraken te doen. Ze lijken eveneens te zorgen voor een aanzienlijke toename van Rode Lijstsoorten en lijken in geval van de combinatie van afvoer van organisch materiaal met hydrologische herstelmaatregelen ook op de langere termijn zeer effectief. Deze laatste bevinding sluit aan bij de resultaten zoals die gevonden zijn voor de vennen (Brouwer et al. 2009) en van de statistische toetsing van alle reeksen, waaruit bleek dat plaggen, ontgronden en het dempen van sloten leiden tot de terugkeer van het hoogste aantal Rode Lijstsoorten (Jansen et al. 2010).

Het duurzaam behoud van duinvalleien moet via twee sporen verlopen. Enerzijds via de ontwikkeling van nieuwe duinvalleien vanuit kustontwikkeling (De Leeuw et al. 2008), anderzijds door het tegengaan van de versnelde verzuring en vermessing van bestaande, oudere duinvalleien. Met name deze laatste groep is onder de huidige depositielast nog zeer moeilijk duurzaam in stand te houden. De huidige kennis suggereert dat herstelmaatregelen zoals plaggen in deze systemen veelvuldig herhaald dienen te worden (iedere tien tot vijftien jaar)

(Aggenbach & Jansen 2004; Kooijman et al. 2004). Bij een dermate snelle cyclus rijst de vraag of de soorten die men met deze maatregelen beoogt te behouden bestand zijn tegen de hoge verstoringintensiteit van deze vorm van herstelbeheer. De kans dat de zaadbank van plantensoorten uitgeput raakt en diersoorten niet in staat zijn om binnen een dergelijk kort raamwerk de herstelde gebieden te herkoloniseren, is in dergelijke situaties naar verwachting groot. Voor deze systemen is een verdere reductie van de huidige depositieniveaus een eerste vereiste voor een duurzame instandhouding. Het meest effectief is zodanig diep te plaggen (tot onder organische laag), dat de voedingsstoffen in voldoende mate verwijderd worden, maar dat de zaadbank niet geheel verloren gaat (Van den Burg 2009).

Van groot belang bij een succesvol herstel na plaggen is de aanwezigheid van diasporen in de vorm van een zaadbank of bronpopulatie in de buurt. De meeste planten van natte duinvalleien (zoals Knopbies) hebben een kortlevende zaadbank, dus moeten vanuit de omgeving komen (Bekker et al. 2002). Herstelprojecten zijn niet succesvol als er geen zaadbank aanwezig is. Als er wel een zaadbank aanwezig is, maar de hydrologische condities niet optimaal zijn, is het herstel niet duurzaam. Bovendien is er het gevaar dat soorten die nog wel in de zaadbank zaten verdwijnen. Als de hydrologische condities in orde zijn en er een zaadbank en/of bronpopulaties aanwezig zijn, verloopt het herstel goed. Het meest succesvol zijn herstelprojecten waar daarnaast ook nog diasporen van buiten het gebied aangevoerd worden. Na vrijwel elk herstelproject moet aanvullend beheer worden gepleegd zoals maaien of begrazen. Deels moet dit vanwege de hoge N-depositie, maar ook omdat de productiviteit van natte ecosystemen onder natte omstandigheden zo hoog is dat lichtbeperking kan optreden (Kooijman et al. 2004).

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
(Extra) maaien en afvoeren	H/U	Voorkomen strooiselophoping en afvoer nutriënten	Matig (strooisel) Groot (nutr.)	Kalkrijkdom bodem; risico: Bodem verwonding en problemen met fauna	Op standplaats	Zo lang als nodig	Even geduld	B
(Extra) begrazen	H/U	Voorkomen strooiselophoping en afvoer nutriënten	Matig (strooisel) Groot (nutr.)	Kalkrijkdom bodem; risico: vertrapping, problemen met fauna; evt. uitrasteren kwetsbare gebieden	Op standplaats	Zo lang als nodig	Even geduld	B
Plaggen	H/U	afvoer nutriënten	Groot	Kalkrijkdom bodem en/of aanvoer grondwater; risico: uitputten (bodem) zaadvoorraad en aantasting morfologie, max. 1x per 10 jaar, icm hydrologisch herstel; niet bij veenvorming	Op standplaats	Beperkte duur	Direct (abiot.); even geduld (biot.)	B
Plaggen duinvallei	H/U	Herstel waterhuishouding	Groot	Zie hierboven	LESA	Beperkte duur	Even geduld	V
Verwijderen struweel en bos; omvormen naaldbos in omgeving	H	Herstel waterhuishouding Verdamping verminderen en inzijging vergroten	Matig	Op hogere delen	LESA	Zo lang als nodig	Vertraagd	H
Saneren drainerende terreinen	H/U	Herstel waterhuishouding, stoppen daling grondwaterstand	Groot		LESA	eenmalig	Even geduld	H

maatregel	type	Doel	potentiële effectiviteit	randvoorwaarden / succesfactoren	vooronderzoek	herhaalbaarheid	responstijd	mate van bewijs
Peilverhoging binnenduinrand	H/U	Hydrologische bufferzone	Groot		LESA	eenmalig	Even geduld	H
Herstel verstuiving	H/U	Herstel dynamiek	Groot	Minder effectief in door infiltratie beïnvloede gebieden	LESA	eenmalig	middellang	H

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 (LandschapEcologische 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 habitattype) of in processen waarvan we denken dat we ze goed begrijpen, maar die echter nog niet op praktijkschaal zijn getoetst.

10. Literatuur

- Adema, E.B., A.P. Grootjans, J. Petersen & J. Grijpstra 2002. Alternative stable states in a wet calcareous dune slack in the Netherlands. *Journal of Vegetation Science* 13:107–144.
- Adema, E.B., J. van de Koppel, H.A.J. Meyer & A.P. Grootjans 2005. Enhanced nitrogen loss may explain alternative stable states in dune slack succession. *Oikos* 109: 374–386.
- Aggenbach, C.J.S. & A.J.M. Jansen 2004. Effectgerichte maatregelen tegen verdroging, verzuring en stikstofdepositie in beekdalen (Twente) en natte duinvalleien in het Renodunale District (Goeree–Overflakkee). Rapport EC–LNV nr. 2004/280–O.
- Arens, B. & L. Geelen 2001. Geomorfologie en regeneratie van duinvalleien; het van Limburg Stirum project als voorbeeld. *Landschap3*: 133–146.
- Bakker, T.W.M., J.A. Klijn & F.J. van Zadelhoff 1979. Basisrapport T.N.O. Duinvalleien. Deelrapport Terschelling. TNO, Delft.
- Bekker, R.M., W.H.O. Ernst & Y. de Vries 2002. Zaadvoorraad van duinvalleien; bron of belemmering van herstel? *Landschap* 18: 173–184.
- 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.
- Brouwer, E., H. van Kleef, H. van Dam, J. Loermans, G.H.P. Arts, & J.D.M. Belgers 2009. Effectiviteit van herstelbeheer in vennen en duinplassen op de middellange termijn. Rapport DKI nr. 2009/DKI 126–O. Directie Kennis en Innovatie, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ede.
- Bruin, C.J.W. 2001. Natuurherstel in het Mokslootgebied op Texel. *De Levende Natuur* 102: 134–139.
- De Leeuw, C.C., A.P. Grootjans, E.J. Lammerts, P. Esselink, L. Stal, P.J. Stuijzand, C. van Turnhout, M.E. ten Haaf & S.K. Verbeek 2008. Ecologische effecten van Duinboog– en washoverherstel. Rijksuniversiteit Groningen.
- De Vries, V. 1961. Vegetatiestudie op de westpunt van Vlieland. Dissertatie Universiteit van Amsterdam, Amsterdam.
- Geelen, L.H.W.T., E.F.H.M. Cousin & C.F. Schoon 1995. Regeneration of Dune Slacks in the Amsterdam Waterwork Dunes. In: M.G. Healy & J.P. Doody (eds.). *Directions in European Coastal Management*. Cardigan, Samara Publishing Limited: p. 525–532.
- Grootjans, A.P., E.J. Lammerts & F. van Beusekom 1995. Kalkrijke duinvalleien op de Waddeneilanden. *Ecologie en regeneratiemogelijkheden*. Natuurhistorische bibliotheek van de KNNV. KNNV–uitgeverij, Utrecht.
- Grootjans, A.P., F.H. Everts, C.J.S. Aggenbach, & E.B. Adema 2007. Restauratie van duinvalleien. *De Levende Natuur* 108: 77–82.
- Grootjans, A.P., L. Geelen, A.J.M. Jansen & E.J. Lammerts 2002. Restoration of coastal dune slacks. *Hydrobiologia* 478: 181–203.
- Grootjans, A.P., P.S. Hartog, L.F.M. Fresco & H. Esselink 1991. Succession and fluctuation in a wet dune slack in relation to hydrological changes. *Journal of Vegetation Science* 2: 545–554.

- Jansen, A.J.M., mmv R. Bobbink, E. Brouwer, H. van Dobben, A. van Hinsberg, 2010. Stikstofdepositie en rode lijstsoorten: na effectgerichte maatregelen in de habitattypen in landschappen van duinen, heiden, kalkgraslanden, rivieren, beekdalen en laagveenmoerassen. Ede. Rapport Unie van Bosgroepen.
- Klimkowska, A., H. Keizer-Vlek, M. Wallis de Vries, R.J. Bijlsma, A. Schotman & H. van Dobben 2011, in prep. Urgente maatregelen tot behoud van bedreigde typische soorten en vegetatietypen van de Habitatrictlijn. Alterra-rapport.
- 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. & 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., A.P. Grootjans, M. van Til & E. van der Spek 2004. Aantastingen in droge en natte duinen: dezelfde oorzaken, verschillende gevolgen? In: Duurzaam natuurherstel voor behoud van biodiversiteit (eds. G. A. van Duinen, R. Bobbink, C. van Dam, H. Esselink, R. Hendriks, M. Klein, A. M. Kooijman, J. Roelofs & H. Siebel), pp. 171–187. EC-LNV, Ede.
- Kooijman, A.M., M. Besse & R. Haak 2000. Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring in open droge duinen. Eindrapport fase 2. Rapport Universiteit Amsterdam.
- Lammerts E.J., D.M. Pegtel, A.P. Grootjans & A. van der Veen 1999. Nutrient limitation and vegetation change in a coastal dune slacks. *Journal of Vegetation Science* 10:11–122.
- Lammerts, E.J. & A.P. Grootjans 1997. Nutrient deficiency in dune slack pioneer vegetation: a review. *Journal of Coastal Conservation* 3: 78–94.
- Lammerts, E.J. & A.P. Grootjans 1998. Key environmental variable determining the occurrence and life span of basidophilous dune slack vegetations. *Acta botanica neerlandica* 47: 369–392.
- Lammerts, E.J. 1999. Basiphilous pioneer vegetation in dune slacks on the Dutch Wadden Sea islands. Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen.
- 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.
- Ommering G. van & R.J.J. Hendriks (red.) 2004. Handleiding Subsidie Effectgerichte Maatregelen 2005. Overlevingsplan Bos en Natuur, Regeling effectgerichte maatregelen in bossen en natuurterreinen. Expertisecentrum LNV, Rapport EC-LNV nr. 2004/326–O
- 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., E.J. Weeda & V. Westhoff 1995. De Vegetatie van Nederland deel 2. Wateren, moerassen en natte heiden. Opulus press, Uppsala/Leiden.
- Schaminée, J.H.J., E.J. Weeda & V. Westhoff 1998. De vegetatie van Nederland deel 4. Kust en binnenlandse pioniermilieus. Opulus Press. Uppsala/Leiden.
- Sival, F.P. & A.P. Grootjans 1996. Seasonal variation in buffering capacity of a dune slack in relation to organic matter, nitrogen pool and vegetation. *Vegetatio* 126: 39–50.
- Sival, F.P., H.J. Mûcher & S.P.J. van Delft 1998. Carbonate accumulation affected by hydrological conditions and their relevance for dune slack vegetation. *Journal of Coastal Conservation* 3: 79–86.
- Smolders, A.J.P., E.C.H.E.T. Lucassen, R. Bobbink, J.G.M. Roelofs & L.P.M. Lamers 2010. How nitrate leaching from agricultural lands provokes phosphate eutrophication in groundwater fed wetlands: the sulphur bridge. *Biogeochemistry* DOI 10.1007/s10533-009-9387-8.

- Stuyfzand, P.J. & F. Lüers 1995. Ophoping en uitspoeling van stoffen in de Boerendel (infiltratiegebied Katwijk): evaluatie na 6 jaar. Kiwa-rapport SWE-95.002, 114p.
- Stuyfzand, P.J. & F.M.L. Moberts 1987. De bijzondere hydrologie van kwelplassen in duinen met kunstmatige infiltratie. H2O 20: 52-57 + 62.
- Stuyfzand, P.J. & R.J. Stuurman 1985. Experimenteel bewijs en modellering van een stationaire regenwaterlens op kunstmatig geïnfiltreerd oppervlaktewater. H2O 18: 408-415.
- Stuyfzand, P.J. & W. Koerselman 1995. Natuurherstel in infiltratiegebieden; naar een strategie voor geëutrofiëerde duinen. Landschap 12: 13-28.
- Stuyfzand, P.J. 1993. Hydrochemistry and hydrology of the coastal dune area of the Western Netherlands. Dissertatie Vrije Universiteit Amsterdam, published by KIWA, ISBN 90-74741-01-0, 366 p.
- Stuyfzand, P.J. 2010. Modellering kwaliteit ondiep (duin)grondwater en ontkalking, inclusief effecten van klimaatverandering en kustuitbreiding: DUVELCHEM. KWR-rapport BTO 2010.031(s), 86p.
- Stuyfzand, P.J., M. de Haan & B. Hofs 2010. Gevolgen van kustverbreding en klimaatverandering voor duingrondwater, kunstmatig infiltraat, drinkwater en het duinecosysteem. KWR-rapport KWR 09.092.
- Sýkora, K.V., J.C.J.M. van den Bogert & F. Berendse 2004. Changes in soil and vegetation during dune slack succession. *Journal of Vegetation Science* 15: 209-218.
- Van den Burg, A.B. (red.) 2009. Preadvies Duin- en Kustlandschap. Directie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ede. DK113-O
- Van Dijk, H.W.L. 1984. Invloeden van oppervlakte-infiltraties ten behoeve van duinwaterwinning op kruidachtige oevervegetaties. Dissertatie Universiteit Wageningen, 240p.
- 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.
- Westhoff, V. & M.F. van Oosten 1991. De plantengroei van de Waddeneilanden. KNNV-uitgeverij, Utrecht.

