

Memo

Aan

Mennobart van Eerden (RWS-WVL), Marjon Paas (RHKDHV)

Datum

17 april 2014

Kenmerk

1209885-000-ZKS-0001

Aantal pagina's

9

Van

Bert van der Valk

Doorkiesnummer

+31 (0)88 33 58 493

E-mail

bert.vandervalk@deltares.nl

Onderwerp

initiatieve bodemvorming in opgespoten laaggelegen minerale gronden nabij de zee, Spanjaards Duin

Initiatieve bodemvorming in opgespoten laaggelegen minerale gronden nabij de zee, Spanjaards Duin.

Achtergrond

Spanjaards Duin is in ontwikkeling. Het doel is het behalen van 6,1 ha oppervlakte vochtige duinvallei en 8,9 ha oppervlakte grijs duin; dit memo behandelt alleen de bodems in de toekomstige vochtige duinvallei. Om vochtige duinvallei te realiseren zijn niet alleen fysische randvoorwaarden nodig, maar om de gewenste vegetatie te realiseren moeten ook aan andere (o.a. biotische) randvoorwaarden voor deze vegetatie voldaan worden.

Er wordt over beheersmaatregelen nagedacht om het potentieel oppervlak vochtige duinvalleien (noord en zuid) te vergroten. Eén van de mogelijke ingrepen is "shovelen", waarbij het oppervlak van de duinvallei wordt vlakgeschoven en op de voor de grondwaterstanden in de beoogde duinvallei qua hoogteligging optimaal afgestemd wordt.

Dit memo beschrijft wat bodemvorming in theorie en praktijk inhoudt, wat daar tot nu toe al waarschijnlijk in bereikt is (er wordt **geen** onderzoek gedaan hiernaar), en geeft aan wat de relevantie ervan is voor het behalen van de doelstellingen in Spanjaards duin, zodat op basis van deze informatie een overwogen keus gemaakt kan worden met betrekking tot wel of niet op deze wijze ingrijpen in het gebied.

1. Inleiding

Over de startende c.q. regenererende vegetatie successies in strandvlaktes is het nodige geschreven (Grootjans et al., 1995; Lammerts, 1999). Hoewel deze literatuur processen beschrijft op de Waddeneilanden, is het volgende toch grotelijks van toepassing op de situatie van andere plaatsen langs de kust zoals de auteurs zelf zeggen, dus ook van Spanjaards Duin, met 1 belangrijke uitzondering: het uitgangsmateriaal, waarover hieronder meer. Omdat de vestiging van een vegetatie-successiereeks hiermee te maken krijgt na gereedkomen van de aanleg, wordt hier eerst het een en ander over gezegd.

Voor bodemvorming is een min of meer stabiel bodemoppervlak noodzakelijk. Er mag wat zand wegwaaien, maar (enige) sedimentatie moet ook mogelijk zijn.

In dit memo wordt op een rijtje gezet welke factoren naar de mening van de auteur verantwoordelijk zijn voor de staat waarin de initiële bodems nu verkeren.

Naar bodemvorming wordt in Spanjaards Duin momenteel nog **geen** onderzoek gedaan. Dus er moet via literatuur naar parallele situaties gezocht worden om inzicht te krijgen in de bodemvorming. Ook moet gezocht worden naar het ontwikkelingsperspectief, en naar de periode die hiermee gemeoid is.

Tenslotte wordt kort besproken wat de effecten en invloeden van een eventuele shovel-operatie zouden zijn als die in het komend winterseizoen (2014-2015) zou plaatsvinden.

2. De aanleg van Spanjaards Duin; verschillen in het uitgangsmateriaal

Het uitgangsmateriaal van de suppletie van Spanjaards Duin is tweeledig geweest. Zoveel kan opgemaakt worden uit de informatie die van te voren beschikbaar was over de kwaliteit van het te winnen en op te spuiten zand, en uit de 'fossiel'- inhoud ervan zoals in het gebied zelf is waargenomen (meest schelpen, maar ook andere elementen als botdelen van grote Pleistocene zoogdieren).

Door de opdrachtgever is bepaald dat twee soorten zand gewonnen zouden worden voor de suppletie, omdat van te voren voorzien was dat de te creëren duinmilieu 's een betere vormingskans zouden hebben bij een goede voorraad van relatief fijnkorrelig zand:

1. Een wat fijner soort voor het basisduin (direct toegankelijk voor windwerking); en
2. Een wat grover soort voor de overige onderdelen van de suppletie, op strand en vooroever, het onderste deel van het basisduin, etc., dus de delen die niet direct voor windwerking toegankelijk zijn.

Grosso modo is eerder (2009) geconstateerd dat men er min of meer in geslaagd is die tweedeling te halen. Nu, 5 jaar na aanleg kan dat beeld genuanceerd worden, vooral doordat de uitwaaien van zand door de wind een beter gedifferentieerd beeld geschapen heeft van de korrelgrootte-verschillen en van de fossielinhoud van het zand waarmee de verschillende onderdelen zijn aangelegd. De onderstaande tabel is gebaseerd op waarnemingen en interpretaties van de auteur.

Gebiedsdelen	Aard materiaal	Schelpsoorten	Oorspronkelijk herkomst milieu in winningsgebied
Zuidelijk deel zuidvlakte	Matig grof zand, relatief veel schelpen	Spisula sp. dominant	zandgolf
Middendeel zuidvlakte	Matig fijn zand, licht slibbig	Spisula, Nassarius, Ensis	relatief fijnkorrelige zeebodem
Noordelijk deel zuidvlakte	Matig grof zand	Spisula sp. dominant	zandgolf
Zuidelijk deel Noordvlakte	Matig fijn zand, licht slibbig	Spisula, Nassarius, Ensis	relatief fijnkorrelige zeebodem
Middendeel Noordvlakte	Matig fijn zand, licht slibbig	Spisula, Nassarius, Ensis	relatief fijnkorrelige zeebodem
Noordelijk deel Noordvlakte	Matig grof zand	Spisula sp. dominant	zandgolf
Zuidelijk Basisduin	Matig fijn tot matig grof zand met vnl Holocene schelpen, enkele Pleistocene schelp, Pleistoceen zoogdierbot	Spisula sp. dominant	Zandgolf, enige bijmenging van Pleistoceen zand onder de Holocene afzettingen.
Noordelijk basisduin	Matig fijn tot matig grof zand met vnl	Spisula sp. dominant. Bijzondere vondst:	Zandgolf, enige bijmenging van

	Holocene schelpen, enkele Pleistocene schelp, Pleistoceen zoogdierbot	enkele harpoenpunten (uit het vroege Holoceen), dwz van het landoppervlak uit die tijd op -20 m NAP	Pleistoceen zand onder de Holocene afzettingen.
--	---	---	---

Tabel 1. De verschillende soorten opgespoten zanden in de verschillende delen van Spanjaards Duin. Deze tabel is gebaseerd op waarnemingen en interpretaties van de auteur.

Er is dus een vrij grote variatie aan uitgangsmateriaal aanwezig, waarbij duidelijk is dat de winning op de ondiepe zeebodem heeft plaatsgevonden, met relatief veel zand van de actuele zeebodem van het moment van winning, met veel bijmenging van levend organisch en ook zeer kalkrijk materiaal.

3. Startende bodemprocessen na de aanleg

Het zandige materiaal is opgespoten vermengd, met zeewater, waarin bijgemengd waren de organische resten van de zeebodemdieren die mee opgezogen zijn. Zoals boven opgemerkt betreft het bijna allemaal oppervlakte-afzettingen van de zeebodem: daarin leven veel organismen, en met een grote biomassa. Dat betekent dat een relatief voedselrijke omgeving is ontstaan ter plekke van het opspuiten. Naar verwachting hebben de volgende processen plaatsgehad na de aanleg:

- Ontwatering van het zoute werkwater door drainage.
- Door neerslag zakt zoetwater de bodem in. Zouten lossen op en spoelen uit door drainage, naar zee en naar de vallei op de kleinere schaal. Op de grotere schaal kwelt water weg naar het binnenland (polderpeil is +0.3m NAP).
- Oxydatie van de organische stof die diffuus tussen de zandkorrels verdeeld zat.
- Uitspoeling van eutrofiërende stoffen vanuit basisduin en opgespoten "grijs duin" naar de vochtige duinvallei.
- Vestiging van een zoetwaterlichaam. Afgaande op het recente beheerrapport (Paas, (red.), 2014) is de zoetwaterbel op Spanjaards Duin sinds 2011 aanwezig in een aan de oppervlakte volledig verzoette toestand.

Het is goed hier te bedenken dat het zal gaan/gaat om ontwikkeling van vegetatie op een man-made baggerstort, en niet op een natuurlijk gevormde primaire duinvallei. De door het opspuitproces gemengde en lokaal sterk verschillende sortering van het opgespoten zand en de pakking ervan is totaal anders dan van een natuurlijke primaire duinvallei. De pakking van de opgespoten zanden is dicht. Pakking van duinzand is los. Dat is goed zichtbaar aan de lokale topografische verschillen: grove afzettingen neergelegd vlak voor de spuitmond van de buisleiding: deze zijn na 5 jaar winderosie zonder interventie van de mens hoog ten opzichte van de onmiddellijke omgeving "uitgeprepareerd". Dat soort topografisch uitgeprepareerde verschillen ziet men niet in een natuurlijk gevormde duinvallei.

Het verzoetende zandoppervlak vangt vervolgens NO_x, schimmelsporen, plantenzaden en stof in. Vele plantensoorten kunnen niet ontkiemen c.q. leven als er geen mycelium van bepaalde schimmelsoorten aanwezig is in de bodem waarmee de plant normaal in symbiose leeft (Pugh, 1979). Afgaande op de literatuur mbt de Waddeneilanden duurt dit

proces waarschijnlijk tenminste enkele jaren (Grootjans et al., 1995). Duinvalleien kunnen vervolgens 'fluctueren' rond een bepaald evenwicht of ze kunnen structureel veranderen: in dat laatste geval spreekt men van successie.

Voorbeelden van fluctuaties zijn seizoenale veranderingen in de grondwater spiegel.

Voorbeelden van successie zijn ontkalking van de bovengrond of accumulatie van organische stof. Dat laatste speelt vooral bij relatief voedselrijke gebieden, en zo'n gebied is Spanjaards Duin.

4. Initiële bodemvorming in duinzanden: een kort literatuur overzicht.

Land-stuifzanden

Hoewel de land-stuifduinen uit geheel uitgeloopte, zeer voedselarme zanden bestaan, worden zij hier toch opgevoerd om inzicht te krijgen in initiële bodemvorming, simpelweg omdat er maar heel weinig parallellen voorhanden zijn, en zij tenminste nog op een paar aspecten bestuderend zijn, die ons interesseren voor de situatie van Spanjaards Duin. De eerste vijftig (50!) jaar is organische accumulatie in land-stuifduinen een van de belangrijkste bodemvormende processen (Sevink en De Waal, 2010). Het is de organische stof van wortels en bovengrondse biomassa-detritus die zorgt voor de toename. Bodemvorming start met de vorming van moder-humus wat door klein bodem-insecten leven wordt gemengd met de bovenste laag minerale grond. Afhankelijk van de mate van overstuiving vindt dan snelle of langzame humus aanrijking (onderbroken of langzame overstuiving) plaats. Bodemhorizonten vertonen typisch lage percentages humeus materiaal (< 2 %). Vegetatie-successie start met algen gevolgd door de mossoort *Campolypus introflexus*. Sevink en De Waal (jaartal) noemen expliciet dat verstuing (=afvoer van de bovenste zandlaag door de wind) het hele proces van accumulatie van organische stof opnieuw doet starten. Zij spreken er ook over dat bodemvorming pas na een eeuw iets voorstelt in land-stuifzanden ("steady state of total organic matter stocks").

Stuifzand in landduinen bevat initieel slechts 0,3% organisch materiaal. Korstmos- en gras-vegetaties ontstaan pas na meer dan 50 jaar (Kooijman et al., 2010; data uit luchtfoto's). Kolonisatie van stuifzand van kaal zand naar korstmosvegetaties in landduinen neemt tot ca. 20 jaar.

Koster (1978) meldt alleen draad-algenlaagjes uit slijpplaten van de land-stuifzanden, en schimmelachtige sporen, maar geen mycelium-draden.

Kustduinvalleien en kustduinen

In beginnende bodems in duinen en vochtige duinvalleien is vanaf de start van de vegetatieontwikkeling een verschil in inhoud aan organische stof: dat komt door de vochthuishouding: tweemaal zoveel vocht in valleien als in duinen.

Ranwell (1972/75) is het meest informatief wanneer het gaat om vochtige duinvalleien. Hij signaleert het transport van voedselrijk materiaal van hoog naar laag (in m tov NAP), wat de aanmaak en behoud van organisch materiaal in laag-gelegen plekken bevordert. Ook meldt hij dat trends (in vegetatieontwikkeling) verdoezeld worden in milieus met hoge en voortdurende mobiliteit van het substraat en waar hoge initieel gehalte aan (schelp-)carbonaten aanwezig is. Fijn materiaal (stof) accumuleert in zich stabiliserende bodems. Bacteriën en schimmelsporen accumuleren mee in die bodems. Pas als vegetatie gaat optreden schieten de aantallen bacteriën en schimmels snel de hoogte in. Kaal zand bevat doorgaans weinig bacteriën en sporen van fungi.

De vegetatie successie in blonde duinen start met Helm en Duindoorn. In secundair verstoven duinen vanuit een grijsduin situatie start de vegetatie opeenvolging met algenmatten (Pluis en De Winder, 1989).

De a-biotische situatie in de vochtige duinvallei van Spanjaards Duin wordt toe nu toe gekenmerkt door:

- Hoge, initiële rijkdom aan nutriënten en kalk
- Dichtgepakt eroderend substraat met mobiel materiaal (stuifzand) als tijdelijk of meer permanent dek
- Lastig netto sedimentatie van fijn materiaal; profiel wordt telkens weer geërodeerd.
- Langzame accumulatie van organisch materiaal en langzame veranderingen in stikstof huishouding: een ontwikkelingsperiode van 100-200 jaar is heel gewoon. Een hoge grondwaterstand in de winter, als die zich voordoet, doet organisch materiaal sneller accumuleren, dan in een drogere situatie zou gebeuren.

Het is duidelijk dat bodemvorming in de vochtige duinvallei van Spanjaards Duin geen eenvoudig, eenduidig en snel verlopend proces zal zijn.

	Natuurlijk opgestoven kustduinzand	Opgespoten zeezanden	Land-stuifduinen
korrelgrootte	Ca. 220 Mu, goed gesorteerd	100-320 Mu, ook schelpen en schelpdelen, silt en kleideeltjes, slecht gesorteerd	105-300 Mu, per laag goed gesorteerd (Koster, 1978)
kalkhoudendheid	kalkrijk wanneer vers	zeer kalkrijk	kalkloos
zoutgehalte	zout door zoutspray	initieel zeer zout	zoutloos
base-kationen-cations beschikbaarheid	hoog	zeer hoog	zeer laag
trofie status	lage trofiegraad	eutroof, zeker de eerste jaren	oligotroof
erodeerbaarheid	goed, verwaait zeer makkelijk wanneer droog	matig, zeker in de periode kort na opspuiten. Kan leiden tot pantsering aan de oppervlak door accumulerende schelpen en schelpfragmenten	matig tot goed
N-mineralisatie	N- en P- gelimiteerd	rijk aan N- en P	zeer laag in het begin van de vegetatie successie

Tabel 2. Vergelijking eigenschappen van natuurlijke kustzanden, opgespoten zeezand en stuifzanden op land. Data uit in dit memo aangehaalde literatuur.

5. Actuele situatie bodemvorming in Spanjaards Duin

Een belangrijke factor die voor de nodige vertraging van initiële bodemvorming kan zorgen (en waarschijnlijk heeft gezorgd) is het door winderosie voortdurend verdwijnen van de bovenste bodemlaagjes zand, waar “zojuist” sporen en zaadjes zijn ingevangen. Dat zorgt ervoor dat er een gemiddeld wat grover substraat gaat ontstaan, waar telkens weer opnieuw fijn materiaal, sporen en zaadjes moeten gaan accumuleren. Het is net als met helm in een eroderend milieu: dat gaat kwijnen. Dat wordt mede gedemonstreerd in het nu laagste deel van de vlakte: daar vond beurtelings erosie en accumulatie plaats: mos vegetaties met bodemvocht dicht aan de oppervlakte die stuifzand invangen en bij lagere grondwaterstanden en licht eroderend milieu vloedmerkplanten: dan komen zij tot ontkieming. De geconstateerde afwisseling van deze twee typen vegetaties vlak naast elkaar op min of meer hetzelfde grondniveau geeft aan dat het laagste deel nu topografisch “op orde raakt” (lees: het dynamische evenwicht tussen zanderosie en -accumulatie raakt in balans met de hydrologische preferente toestand die geldt voor deze vochtige duinvallei) maar het nog niet is. Erosie, die telkens de bovenste centimeters zand wegneemt, ook al is dat nu maar een paar cm per jaar, is nog steeds het dominante morfologische proces. Er komt dus steeds weer vers, eutroof en dichtgepakt zand aan de oppervlakte.

Er zijn bijzonder weinig data bekend van de eerste fasen van droogvallende strandvlaktes. We moeten het daarom met indicaties doen. Op Schiermonnikoog duurt het ca. 10-20 jaar voordat een strandvlakte begroeid raakt. Dat is in een situatie waar af en toe de zee nog binnenvalt; zodat de successie weer teruggezet wordt naar ‘af’ of ‘bijna af’ (Grootjans et al., 1995). Te verwachten valt dat de successie in de duinvallei van Spanjaards Duin sneller verloopt door de relatief kleine afmetingen van de vallei, het van de zee afgesloten karakter en de grondwaterdruk vanuit de oude zeereep, en in toenemende mate ook vanuit het nieuwe basisduin. Uit de ontwikkeling van het Groene Strand op Voorne (niet zo ver van Spanjaards Duin) is af te leiden dat die ontwikkeling snel kan gaan van kaal strand tot struweelgroei: amper 30 jaar. Maar nogmaals: dat betreft natuurlijke ontwikkeling op een natuurlijk tot stand gekomen substraat.

Spanjaards Duin is relatief voedselrijk omdat:

- De oude zeereep is maar voor een klein deel ouder, uitgelooft duinzand: er is eeuwen lang opgehoogd, verbreed, met aangevoerde grond, soms zand, soms klei, soms puin, afval, etc. het grondwater wat vandaar uit de vallei in stroomt, is relatief voedselrijk.
- Het nieuwe Basisduin is opgezogen zand uit zee, waar veel voedingsstoffen in zitten die langzaam uitspoelen, en naleveren, ook naar de vallei toe.
- De NOx depositie in ZW Zuid-Holland is hoog en zal niet snel afnemen.

Wat betekent een en ander voor de voorziene successie in de vochtige duinvallei van Spanjaards Duin?

- Door de relatief hoge voedselrijkdom kunnen de eerste stadia, welke meestal met pionier soorten uit voedselarme, natuurlijke duinvalleien optreden, overgeslagen worden. Verzuring zal nauwelijks optreden, eerder eutrofiëring. Dat voorspelt dat de kwaliteit van de vochtige duinvallei in Spanjaards Duin vegetatie niet optimaal gaat worden.
- Dat soort mesotrofe tot eutrofe vegetaties hebben de (voor natuurontwikkelaars) vervelende eigenschap relatief snel dikke pakketten organische stof te vormen (ca. 30 jaar als we naar de Waddeneilanden kijken -- Grootjans et al., 1995). Een regelmatig relatief hoge grondwaterstand in de zomer, mocht deze voorkomen, zal dit proces van organische stof-aanrijking bespoedigen.

- Duinriet is een beruchte (want snel koloniserende) soort in droogvallende delen van duinvalleien (waar het drooggevalen materiaal in de zomer kan oxideren). Duinriet is in 2013 al waargenomen in Spanjaards Duin. In het Jaarverslag beheer 2013 van Spanjaards Duin (Paas (red.), 2014) wordt al ingegaan op de indicator waarde van het voorkomen van duinriet als nitrofiële soort.

6. Wat kunnen de effecten en invloeden van een eventuele shovel-operatie zijn?

Shovelieren betekent het opnieuw in werking zetten van de eroderende processen van wind omdat het oppervlak wat nu een aantal jaren op weg is naar stabilisatie, opengetrokken wordt. De bodem die zich gevormd heeft wordt onthoofd, uiteraard op plekken met verschillende hoogteligging op verschillende wijze: lager gelegen, nog maar weinig eroderende bodems worden het sterkst teruggezet in hun ontwikkelingsfase, terwijl hoger gelegen nog steeds eroderende bodems minder worden teruggezet. Door shovelieren zal verstuing opnieuw wijdverbreid gaan optreden. Bodem-stabiliserende factoren als in het bodemprofiel inwaaiend stof en fijn zand, schimmelsporen, plantenzaadjes en vegetatiegroei zullen op deze geshovelde oppervlakken opnieuw een plaats moeten gaan vinden ('inregenen'), en dat gaat weer enkele jaren duren. Shovelieren, ook al zal dat op veel plekken ondiep zijn, zet de ingezette bodemontwikkeling naar schatting 3 jaar terug. Bovendien wordt de bodem nog eens aangedrukt door de belasting met groot materieel, wat de doorluchting van de bodem niet ten goede komt. Die periode van naar schatting drie jaar moet opgeteld worden bij de vanaf 2009 ingezette ontwikkelingsgang van de vegetatie van de vochtige duinvallei (en van de grijze duinen). Het gaat dus per saldo langer dan 'normaal' duren eer er een kwaliteitsvegetatie in de vallei ontwikkeld zal zijn. De normale periode is al dertig jaar, wordt vermoed, dus er is 10% van de looptijd te verliezen. De juiste lengte van de periode van terugzetten van de bodemontwikkeling kan alleen worden bepaald door middel van proefondervindelijk wetenschappelijk onderzoek met slijpplaten voor en na de ingreep.

7. Conclusies

Bodemvorming in de duinvallei (H2190 in wording) zal enerzijds sneller (vanwege de eutrofie) en anderzijds langzamer (vanwege de uitgangssituatie van opgebaggerd zand) kunnen optreden dan in de Waddenliteratuur is aangegeven. Het is niet te zeggen welk proces de overhand krijgt. Als we dat zouden willen weten, is actueel bodemkundig onderzoek nodig. Nu de erosie snelheid per tijdseenheid van de zandige valleibodem aan het afnemen is, zal bodemvorming zich beter kunnen gaan ontwikkelen. Naar verwachting zullen de voor bodemvorming beperkende factoren (betrekking hebbend op het "baggerstort" type sediment-zie tabel 1) voor vertraging blijven zorgen.

Zolang de voortgaande "roof" van de bovenste centimeters zand door kleinschalige horizontale en verticale verstuing door blijft gaan, zal initiële bodemvorming enige locale en temporele vertraging blijven ondervinden. Maar omdat er een stabilisatie van het valleiooppervlak lijkt in te treden (Paas, red., 2014) lijkt erop dat de bodemstabilisatie en -vorming de komende paar jaar definitief gaat aanslaan.

Een shovel-operatie wordt ten zeerste afgeraden omdat het de natuurontwikkeling vertraagt, ook al zou het gewenste oppervlak aan hectares H2190 en H2130 dan effectief op orde komen door zo'n operatie. De verschillen tussen huidig potentieel oppervlak en (volgens de compensatieopgaaf) benodigd oppervlak is niet groot meer. We vertrouwen erop dat de uitblazing gedurende de komende twee jaar nog voor voldoende aanwas aan oppervlak

vochtige duinvallei zal zorgen. Daaruit volgt dat een dergelijke shovelingreep niet gerechtvaardigd is. Het met, naar schatting, 3 jaar terugzetten van de al op gang gekomen bodemontwikkeling is het belangrijkste argument tegen shovelen, wat een gebiedsbrede en diepgaande uitwerking zal hebben op nu reeds een aantal jaren gevestigde initiële bodems. Juist de initiële fasen van bodemontwikkeling verdienen rust, omdat zij zorgen voor optimale condities voor vestiging van doelvegetaties. Shovelen zal ertoe leiden dat de doelen die nu binnen handbereik komen, verder weg komen te liggen. Dit soort grootschalig inwerkende mechanische processen hoort niet thuis in een zich ontwikkelend natuurterrein.

Literatuur

Assendorp, D., 2010: Classification of pattern and process in small-scale dynamic ecosystems; with cases in the Dutch Coastal dunes. Thesis Universiteit Amsterdam, 172 pp.

Grootjans, A.P., E.J. Lammerts en F. van Beusekom, 1995: Kalkrijke duinvalleien op de Waddeneilanden. Ecologie en regeneratiemogelijkheden. KNNV, pp. 176.

Kettner-Oostra, H.G.M., 2006: Lichen-rich coastal and inland sand dunes (Corynephoron) in the Netherlands: vegetation dynamics and nature management. Thesis Wageningen Universiteit, 202 pp.

Kooijman, A.M., L.B. Sparrius and J. Sevink 2010. Nutrient cycling. In: J. Fanta and H. Siepel, Inland Drift Sand Landscapes, p.139-156. KNNV Zeist.

Koster, E.A., 1978: De stuifzanden van de Veluwe: een fysisch-geografische studie. Thesis Universiteit Amsterdam, 195pp.

Lammerts, Evert Jan, 1999: Basiphilous pioneer vegetation in dune slacks on the Dutch Wadden Sea islands. Proefschrift Universiteit Groningen.

Paas, M.(red.), 2014: Jaarverslag Beheer Spanjaards Duin 2013. Ontwikkeling Duincompensatie Delfland 2009-2013, 56 pp., bijlagen.

Pluis, J.L.A. en De Winder, B. 1989: Spatial Patterns in algae colonization of dune blowouts. Catena, Vol. 16, p.499-506.

Pugh, G.J.F., 1979: The distribution of fungi on coastal regions. In: R.L. Jefferies and A.J. Davy (eds.): Ecological processes in coastal environments. London etc., p.415-428.

Ranwell, D.S, 1972/1975: Ecology of Sand Marshes and Sand Dunes. London, 258 pp.

Sevink, J., and R.W. de Waal, 2010. Soil and humus development in drift sands. In: J. Fanta and H. Siepel, Inland Drift Sand Landscapes, p.107-138. KNNV Zeist.

Wardenaar E.C.P. and Sevink J., 1992: A comparative study of soil formation in primary stands of Scots pine (planted) and poplar (natural) on calcareous dune sands in the Netherlands. Plant and Soil 140, p. 109-120.



Datum
17 april 2014

Ons kenmerk
1209885-000-ZKS-0001

Pagina
9/9

Met dank aan:

Frank van der Meulen en José Reinders voor hun inhoudelijk commentaar.