

Duin- en andere kustvegetaties in kaart brengen vanuit de lucht: het hoe en waarom

Bart Deronde^(*), Sam Provoost^(), Pieter Kempeneers^(*) & Rik Houthuys^(***)**

^{*} Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO) – Remote Sensing Unit; bart.deronde@vito.be

^{**} Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO); sam.provoost@inbo.be

^{***} Geografisch consultant; rik.houthuys@telenet.be

Duinen, die kleine zandige bergen langs onze kust, hebben iets speciaal. Bij het jonge volkje zijn ze geliefd om er grenzeloos te ravotten of om er geheime bunkers te ontdekken. Bij de iets ouderen om er fijn te picknicken of te zonnen op de warme beschutte hellingen. Ze vormen zonder twijfel één van de mooiste en meest afwisselende landschappen in ons vlakke land. Maar de duinen zijn niet enkel mooi en leuk. Ze vervullen ook een belangrijke functie als zeewering, die de achterliggende polders beschermt tegen overstromingen vanuit zee. Een belangrijke schakel in deze verdedigingslinie is de vegetatie. Helm, duinzwenkgras, duindoorn en vele andere soorten hebben een stabiliserende invloed



op de duinen. Ze houden de duinen als het ware op hun plaats en voorkomen op die manier snelle erosie of uitschuring door wind en water. De duinvegetatie in kaart brengen en opvolgen is dan ook geen overbodige luxe!

Anderzijds vormt overstabilisatie één van de belangrijkste knelpunten bij het behoud van de kustspecifieke biodiversiteit in grote delen van Noordwest-Europa (Arens *et al.*, 2007). Zandverstuiving, een wezenskenmerk van kustduinen, zorgt immers voor

verjonging van het landschap en voor constante vernieuwing van pioniersmilieus. Net aan deze milieus is het merendeel van onze duinspecifieke flora en fauna gebonden (Provoost & Bonte, 2004). Het komt er dus op neer een dynamisch evenwicht te vinden tussen enerzijds veilige, stabiele duinen en anderzijds levenskrachtige en stuivende duinen die garant staan voor het behoud van de kenmerkende biodiversiteit. De ontwikkeling van een efficiënt karteerinstrument kan in belangrijke mate bijdragen tot het onderbouwen van beleidsbeslissingen over de dynamische duinen. Zo'n instrument heeft zelfs alle potenties om uit te groeien tot een internationaal voorbeeld voor de geïntegreerde aanpak van het kustzonebeheer. In wat volgt kun je alvast lezen hoe een dergelijke vliegtuigkartering van duinvegetaties geschiedt.

De gebruikte teledetectietechnieken op een rijtje

Wat is teledetectie?

Het hier voorgestelde onderzoek maakt gebruik van remote sensing of teledetectie. Teledetectie is de techniek waarbij door middel van instrumenten informatie wordt verkregen over een voorwerp zonder er direct mee in contact te komen. In strikte zin is het maken van een foto van een vaas bloemen op je keukentafel dus een vorm van teledetectie. De term wordt echter het meest gebruikt voor waarnemingen van het aardoppervlak en de oceanen, door middel van instrumenten gemonteerd op satellieten, vliegtuigen of schepen.



■ De vegetatie heeft een fixerende invloed op de duinen; ze voorkomt snelle erosie of uitschuring door wind en water (VITO & MD)



■ Opeenvolgende vliegtuigopnamen in de kustduinen, genomen met een digitale camera. Tussen de aangrenzende beelden is 80% overlapping. De grens tussen de groene vegetatie aan de rechterzijde van het beeld en de bebouwing aan de linkerzijde valt samen met de grens tussen België en Frankrijk (VITO)



■ Een primitieve vorm van teledetectie: een cameraatje opgehangen aan een duif

De straling van de zon die op het aardoppervlak invalt, wordt deels opgeslorpt of geabsorbeerd, deels doorgelaten (bv. doorheen water) en deels teruggekaatst of gereflecteerd. Voor elk voorwerp is de absorptie en reflectie anders. Met sensoren kan je de teruggekaatste straling opvangen en analyseren. Zo kun je de verschillende voorwerpen, aard- en oceaansstructuren onderscheiden aan de hand van hun zogenaamde 'spectrale signatuur'. Wat wij met onze ogen als 'kleur' zien is niets anders



dan dat gereflecteerde licht. Omdat vooral het rode en blauwe licht door planten geabsorbeerd wordt en het groen licht gereflecteerd, ervaren we de kleur van een blad bijvoorbeeld als groen.

Met een digitale camera op pad

In dit onderzoek gebruikten we een digitale camera, gemonteerd in een vliegtuig. Hiermee werd in juni 2007 de volledige duingordel opgenomen. De vier kleurbanden (blauw, groen, rood en nabij-infrarood) bevatten telkens 3680 x 2400 beeldelementjes of pixels, waarbij de grootte van elke pixel op de grond 26 cm bedraagt. Deze zeer gedetailleerde gegevens laten niet enkel toe om het gereflecteerde licht pixel per pixel te bestuderen. Er kan tevens een ruimtelijke analyse op gebeuren: d.w.z. dat ook de ruimtelijke patronen die ontstaan door vele beeldelementjes samen te nemen informatie



■ Rood-Groen-Blauw beeld (boven) en landschapsbeeld (onder) van een deel van het Westhoek reservaat. Zelfs zonder een ingewikkelde analyse door te voeren, kunnen verschillende types vegetatie worden onderscheiden (resp. VITO & MD)



MD

kunnen bevatten over het type vegetatie. In dit geval werden alle pixels in een vierkant van 5 m op 5 m gegroepeerd. De figuur op pag. 17 toont de digitale camerabeelden in een klassieke rood-groen-blauw weergave. De opnamen werden verricht met 80% overlap tussen de aangrenzende beelden. De grens tussen de groene vegetatie aan de rechterzijde van het beeld en de bebouwing aan de linkerzijde valt samen met de grens tussen België en Frankrijk. Wanneer we

inzoomen op één beeld, zien we hoe gedetailleerd de vegetatie kan waargenomen worden (zie figuur pag. 19).

Om de pixels in elk beeld te kunnen groeperen of klasseren in bepaalde vegetatieklassen zijn op het terrein veldwaarnemingen verricht door het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO). Deze waarnemingen worden gebruikt om de classificaties te ijken.

De vegetatiehoogte inschatten met een laser

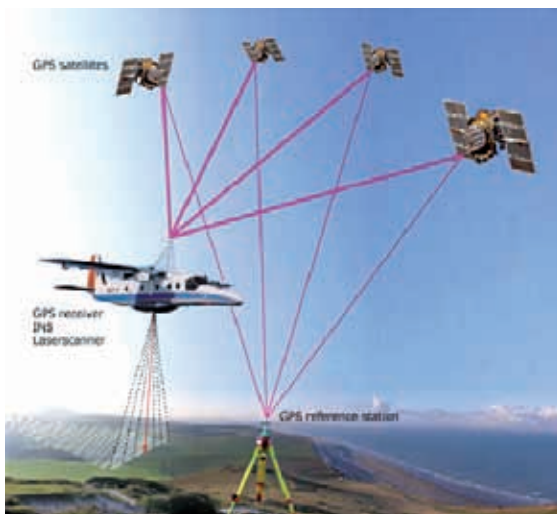
Naast de kleurinformatie per pixel en de ruimtelijke informatie per vierkant van 5 op

5m, kan nog een extra bron van informatie gebruikt worden, namelijk de vegetatiehoogte. Deze kan worden bepaald door gebruik te maken van een LiDAR. Deze hoge-densiteitslaserscanner wordt vanuit een vliegtuig bediend en laat toe om de hoogte van de vegetatie te bepalen. Praktisch gezien werkt een laserscanner als volgt: een laserpuls wordt vanuit een vliegtuig naar het aardoppervlak gestuurd, weerkaatst op de grond of op het vegetatiedek en wordt opnieuw geregistreerd door de scanner. De tijd tussen het uitgezonden en ontvangen signaal geeft ons de afstand tussen het vliegtuig en het oppervlak waarop de laserpuls is weerkaatst. In combinatie met nauwkeurige GPS-positionering van het vliegtuig, de "attitude" van het vliegtuig (= de houding van het vliegtuig rond zijn assen) en de richting waarin de puls werd uitgezonden, resulteert dit in de hoogte van het punt op de grond (zie figuur linksonder).

Door te werken met een hoge-densiteits-LiDAR bevat de dataset een groot aantal laserpulsen waarvan sommige op het vegetatiedek werden weerkaatst en andere op de bodem. Door een filtering te doen van zogenaamde grondpunten en vegetatiepunten kan de hoogte van de vegetatie bepaald worden. Deze extra informatie maakt het eenvoudig om bijvoorbeeld grassen van hoge struwelen te onderscheiden. Op een digitaal camerabeeld kunnen deze er soms vergelijkbaar uitzien, maar het verschil in hoogte voorkomt een misclassificatie.

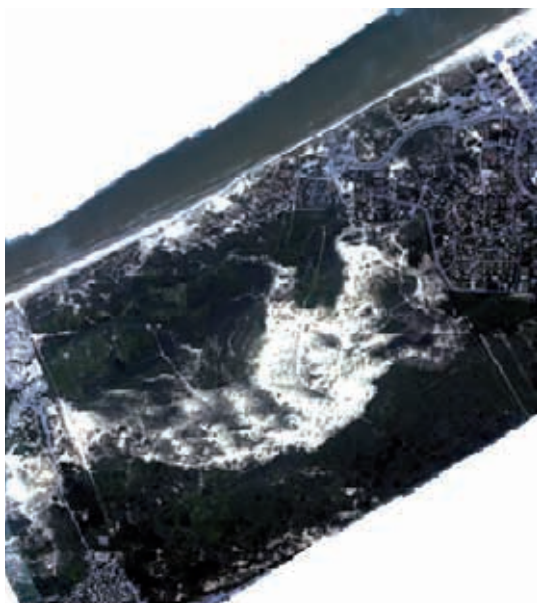
Nog meer detail dankzij de hyper-spectrale scanner

Ten slotte bestaat er naast de digitale camera nog een ander type sensor: de hyperspectrale scanner. Deze neemt het gereflecteerde licht niet enkel waar in een blauwe, groene, rode en nabij-infrarode band, maar in tientallen tot honderden fijne spectrale banden (voor een introductie tot het principe van hyperspectrale teledetectie, zie Deronde *et al.*, 2007). Bij dit soort opnamen zijn de pixels groter, in de orde van 1-3 m, maar het grote spectrale detail maakt het mogelijk een meer gedetailleerde vegetatieclassificatie te maken. Nadeel is echter dat deze data complexer zijn om te verwerken en te analyseren.



■ Principe van vliegtuig-laserscanning. De laserscanner in het vliegtuig zendt een infrarode puls uit die door het oppervlak (de bodem of de vegetatie) wordt teruggekaatst en vervolgens wordt opgevangen door de sensor. De tijd tussen uitzenden en ontvangen van de puls bepaalt de afstand tussen het vliegtuig en de grond. Samen met de exacte positie en attitude van het vliegtuig en de richting waarin de puls wordt uitgezonden, kan men zo de hoogte van het terrein of van het bladerdek bepalen (VITO)





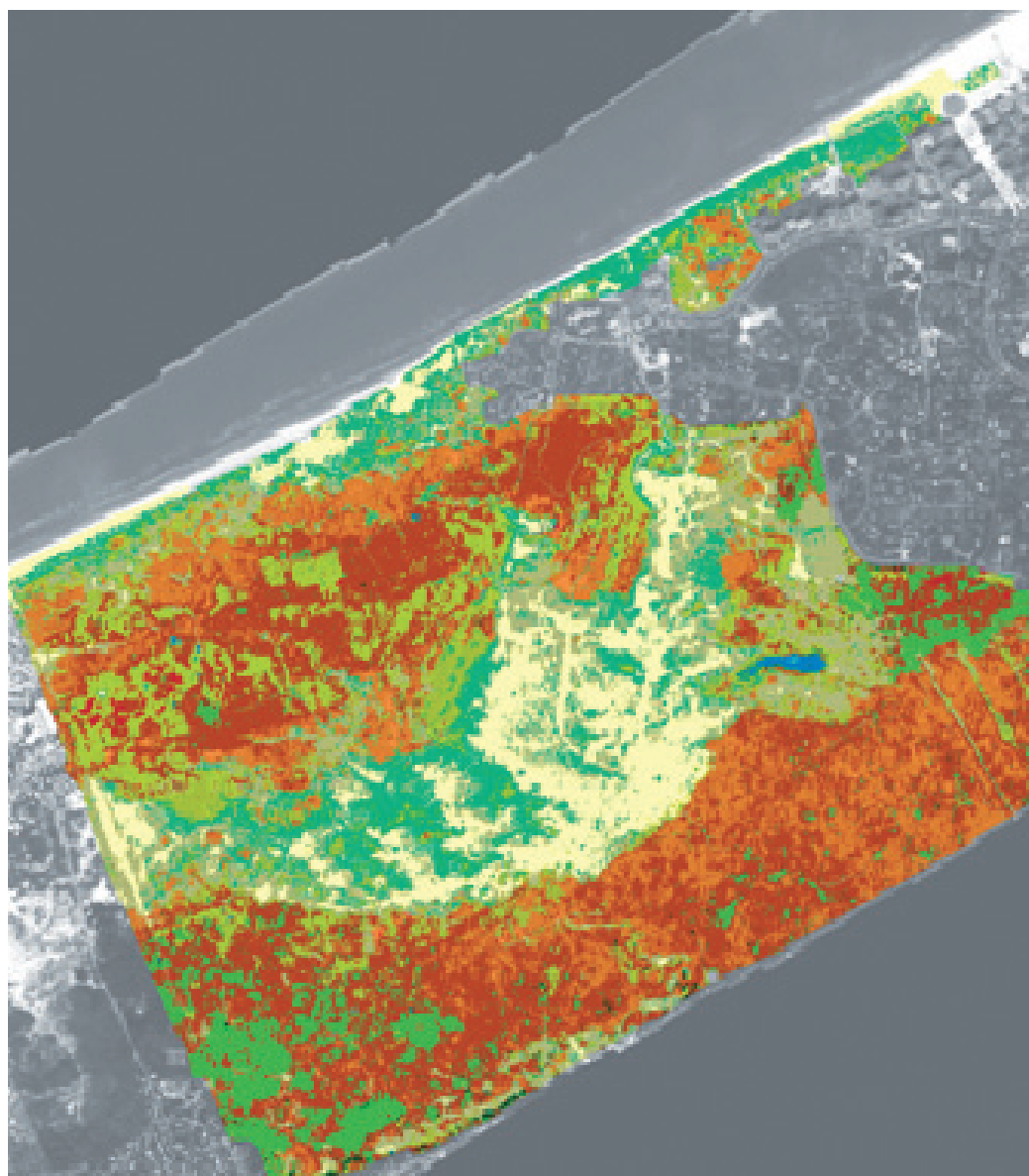
De laatste stap: het koppelen van elk beeldpuntje aan een vegetatieklasse

Testen... en nog eens testen

Alle informatie afkomstig van de digitale camera en van de laserscanner worden vervolgens gebruikt om de beeldpuntjes of pixels te klasseren, d.w.z. een bepaalde vegetatieklasse toe te kennen aan elke pixel. De figuur rechts toont een digitaal camera-beeld met het bijhorende classificatie-resultaat. Aangezien er heel wat terrein-waarnemingen werden verricht om deze classificaties te ijken - niet minder dan 2897 vlakjes (+/- 15 ha) dienden als test of validatie - kan er achteraf ook worden nagegaan of al deze gekende plaatsen juist geklasseerd zijn. In de praktijk gebeurt dit door sommige gekende pixels niet mee te nemen in de classificatie-oefening, maar deze achter de hand te houden ter validatie. Immers, het zou niet correct zijn te testen met dezelfde gegevens als deze waarmee je de accuraatheid van de classificatie test.

Hoe meer klassen, hoe complexer

De validatie werd overigens op verschillende niveaus uitgevoerd. Eerst probeerden we zoveel mogelijk vegetatietypes te onderscheiden (zoals in de figuur rechts). We maakten bovendien een onderscheid tussen gebieden met zilte vegetatie (klein schorrenkruid, Engels slijkgras, schor en de combinatie strandkweek/gewone zoutmelde) en gebieden zonder zilte vegetatie. Binnen deze laatste werden 18 vegetatieklassen onderscheiden met een nauwkeurigheid van 55% (d.w.z. dat 55% van de gekende pixels juist geklasseerd is). Binnen de zilte vegetatie werden 11 vegetatieklassen onderscheiden met een accuraatheid van 78%. Herleiden we nu het aantal klassen van 29 tot de 5 die van belang zijn bij de



Linksboven wordt een digitaal camera-beeld (in rood-groen-blauw configuratie) weergegeven ter hoogte van het Westhoek reservaat. Rechts vindt men het geklasseerde resultaat met de bijhorende legende (VITO)

beoordeling van de stabiliteit van de duinen-gordel, dan bereiken we een nauwkeurigheid van 92%. Hieruit blijkt duidelijk dat het proberen onderscheiden van een groter aantal klassen onvermijdelijk leidt tot een lagere nauwkeurigheid.

Harde versus zachte classificatie

Bij de interpretatie dient men er ook rekening mee te houden dat het hier gaat om een zogenaamde 'harde classificatie', d.w.z. dat elke pixel sowieso in één van de vooraf gedefinieerde klassen wordt gestoken. Er bestaan immers geen gradaties: "wit is wit", "zwart is zwart". Maar er zijn natuurlijk zeldzame vegetatietypen waarvoor geen klasse werd gedefinieerd (zoals de lage vegetaties van natte duinvalleien). Hierdoor komen deze in een andere klasse terecht. Ook mengvormen bemoeilijken de classificatie. Zo bedekt helmgras meestal niet de volledige bodem, maar komt het voor

- 1a. Onbegroeid (zand)
- 1b. Onbegroeid (slib/vochtig zand)
- 2. Helmduin
- 3. Mosduin
- 4a. Duingrasland
- 4b. Duinriet
- 4c. Ruigte (vnl. dauwbraam)
- 5a. Struweel (vnl. bosrank)
- 5b. Jong Struweel (vnl. duindoorn, wilde liguster, rimpelroos, kruipwilg, gewone vlier, olijfwilg)
- 5c. Rijp struweel (vnl. eenstijlige meidoorn, sleedoorn, grauwe wilg)
- 6a. Loofbos/struweel (vnl. gewone esdoorn, witte/grauwe abeel, canadapopulier, schietwilg)
- 6b. Loofbos (vnl. zwarte els)
- 6c. Loofbos (vnl. berk, eik)
- 7. Naaldbos (vnl. zwarte den, zeeden)
- 8a. Klein schorrenkruid
- 8b. Engels slijkgras
- 8c. Schor
- 8d. Strandkweek/gewone zoutmelde
- 9. Schaduw
- 10. Water



■ Ligging van de gebieden aan de Vlaamse kust (in rood) waarbinnen de vegetatie werd geklasseerd (VITO)

in een afwisseling van zand en helm. Naargelang de dominantie van één van de twee klassen zal een pixel worden geklasseerd als zand of helm. Dit is één van de nadelen van een harde classificatie. Gelukkig kan het deels opgelost worden door te 'ontmengen'. In dat geval kennen we een percentage toe aan de verschillende klassen die voorkomen in een pixel (bijvoorbeeld de pixel bevat 20% helm en 80% zand). Zulke 'zachte classificatie' benadert soms beter de realiteit en werd in een vorig onderzoeksproject met succes toegepast op de klassen helm, mosduin en duingrasland.

Minder dan een zevende van het Vlaamse kustduin is onbegroeid

We verzamelden gegevens in 17 gebieden aan onze kust, met een totale oppervlakte van 1385 ha (zie figuur). Hoewel we dus niet beschikken over cijfers van de bedekkingsgraad van elke klasse voor de ganse kust, geven de resultaten toch een interessant beeld weer. Onbegroeide gebieden (vnl. zand in de zeereep en de duinpannen, maar ook slib in de slikken) vertegenwoordigen ruim 19% van het oppervlak. Daarnaast zien we dat helmduin (14%) en mosduin (ruim 9%) frequent voorkomen, vooral in de zeereep. Jong en rijp struweel of struikgewas bedekt elk 10-11% van de meer gefixeerde duinen. De klasse "loofbos/struweel" komt in dezelfde zone voor en bedekt een kleine 3% van het oppervlak. Het gaat hier voornamelijk om gewone esdoorn, witte/grauwe abeel, canadapopulier en schietwilg. De overige loofbomen (zwarte els, berk, eik) alsook de naaldbomen (zwarte den, zeeden) zijn eerder zeldzaam. Van de vier zilte vegetatietypes komt strandkweek en gewone zoutmelde het meest voor (ca. 6%); klein schorrenkruid is met 3% ook wijd verspreid, terwijl Engels slijkgras en schor zeldzamer zijn.

Vegetatieklasse	Bedekking (%)
Onbegroeid (zand)	13,3
Onbegroeid (slib/vochtig zand)	6,0
Helmduin	14,0
Mosduin	9,7
Duingrasland	5,5
Duinriet	4,9
Ruigte (vnl. dauwbraam)	2,5
Struweel (vnl. bosrank)	1,2
Jong Struweel (vnl. duindoorn, wilde liguster, rimpelroos, kruipwilg, gewone vlier, olijfwilg)	11,2
Rijp struweel (vnl. eenstijlige meidoorn, sleedoorn, grauwe wilg)	10,4
Loofbos/struweel (vnl. gewone esdoorn, witte/grauwe abeel, canadapopulier, schietwilg)	2,7
Loofbos (vnl. zwarte els)	0,01
Loofbos (vnl. berk, eik)	2,4
Naaldbos (vnl. zwarte den, zeeden)	2,8
Klein schorrenkruid	3,1
Engels slijkgras	1,2
Schor	0,7
Strandkweek/gewone zoutmelde	6,3
Water	2,0

Procentuele bedekking van de vegetatieklassen over het volledig geklasseerde gebied (cf. de rode gebieden in bovenstaande figuur). Wat opvalt is dat minder dan 14% van het bestudeerde kustbiotoop kaal duin is, terwijl ca. 25% door struweel wordt ingenomen (VITO)

Conclusie en dankwoord

Uit dit onderzoek kunnen we concluderen dat digitale-cameradata geschikt zijn om vereenvoudigde vegetatiekaarten te maken. Deze kaarten kunnen gebruikt worden om de vegetatietypen te onderscheiden die bijvoorbeeld van belang zijn bij de beoordeling van de stabiliteit van de dynamische duingordel, met inbegrip van de slikken- en schorren-

gebieden. Dit zijn in hoofdzaak schorren-vegetatie, helm, mosduin, duingrasland, struwelen en bomen. Door digitale-camera-data te combineren met hoge-densiteit-LiDAR-data is het mogelijk een meer gedetailleerde vegetatiekaart te maken die ook vanuit biodiversiteitsstandpunt een meerwaarde biedt. De hier voorgestelde methoden zijn uitgewerkt tot automatische procedures. Hierdoor is het mogelijk om in een beperkte tijd (enkele maanden) en tegen een relatief geringe kost een nieuwe vegetatiekaart aan te maken. Regelmatige opvolging behoort dan ook tot de mogelijkheden voor de nabije toekomst.

Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van de Afdeling Kust – IVA Maritieme Toegang en Dienstverlening – Vlaams Ministerie Mobiliteit en Openbare Werken. Wij danken in het bijzonder ir. Stefaan Gysens en ir. Peter DeWolf voor de financiering en de opvolging van dit werk.

Bronnen

- ARENS B., GEELEN L., van der HAGEN H. & R. SLINGS, 2007, Duurzame verstuiving n de Hollandse duinen: kans, droom of nachtmerrie. Eindrapport Fase 1. Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek, RAP2007.02.
- DERONDE B., HOUTHUYS R. & P. DE WOLF, 2007, Het zandtransport langs de Vlaamse kust, opgevolgd vanuit de lucht. De Grote Rede, 19: 7-12.
- KEMPENEERS P., PROVOOST S., HOUTHUYS R. & B. DERONDE, submitted, Synergy of airborne digital camera and LiDAR data to map coastal dune vegetation. Journal of Coastal Research.
- PROVOOST S. & D. BONTE (Ed.), 2004, Levende duinen: een overzicht van de biodiversiteit aan de Vlaamse kust. Mededelingen van het Instituut voor Natuurbehoud 22, Brussel, 416 pp.
- PROVOOST S., KEMPENEERS P., HOUTHUYS R., VANOMMESLAEGHE J. & B. DERONDE, 2008, Vegetatiekartering d.m.v. digitale vliegtuigopnamen, toegepast op dynamische duingebieden, slikken en schorren. Rapport voor de Afdeling Kust – MDK - MOW, 109 pp.