



**Vlaanderen**  
is wetenschap

# Beheerevaluatie kust Eindrapport 2015-2019

Sam Provoost, Wouter Van Gompel & Ward Verduyze

INSTITUUT  
NATUUR- EN BOSONDERZOEK

**Auteurs:**

Sam Provoost, Wouter Van Gompel & Ward Vercruysse  
*Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek*

**Reviewers:**

Jan Wouters, Jan Van Uytvanck & Marijke Thoonen

Het INBO is het onafhankelijk onderzoeksinstituut van de Vlaamse overheid dat via toegepast wetenschappelijk onderzoek, data- en kennisontsluiting het biodiversiteitsbeleid en -beheer onderbouwt en evalueert.

**Vestiging:**

INBO  
Herman Teirlinckgebouw  
Havenlaan 88 bus 73  
1000 Brussel  
[www.inbo.be](http://www.inbo.be)

**e-mail:**

[sam.provoost@inbo.be](mailto:sam.provoost@inbo.be)

**Wijze van citeren:**

Provoost S., Van Gompel W. & Vercruysse E. (2020). Beheerevaluatie kust. Eindrapport 2015-2019. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2020 (18). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.  
DOI: [doi.org/10.21436/inbor.18039583](https://doi.org/10.21436/inbor.18039583)

**D/2020/3241/088****Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2020 (18)**

ISSN: 1782-9054

**Verantwoordelijke uitgever:**

Maurice Hoffmann

**Foto cover:**

Sam Provoost

**Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van:**

Agentschap voor Natuur en Bos (Bestek nr ANB/WVL/2014/043).  
Begeleiding: Hannah Van Nieuwenhuysse

**AGENTSCHAP  
NATUUR & BOS**

## BEHEEREVALUATIE KUST

### Eindrapport 2015-2019

Sam Provoost, Wouter Van Gompel & Ward Vercruysse

[doi.org/10.21436/inbor.18039583](https://doi.org/10.21436/inbor.18039583)

Dit onderzoek werd uitgevoerd in het kader van het project LIFE+12  
NAT/BE/000631 FLANDRE



## Dankwoord/Voorwoord

Een bijzonder woord van dank aan alle vrijwilligers die hebben bijgedragen tot dit rapport. We kregen volop steun van de mycologen van de Paddenstoelen Werkgroep Westhoek (verantwoordelijke Pol Debaenst) en de Brugse Mycologische Werkgroep (verantwoordelijke Charlotte Pieters). Tijdens een aantal gezamenlijke terreinbezoeken stelden zij hun uitgebreide expertise ter beschikking. Naast de twee werkgroepverantwoordelijken namen nog heel wat enthousiaste vrijwilligers deel aan excursies en deze mensen determineerden ook ingezameld materiaal. Hartelijk dank aan Jacky Launoy, Carl Van Den Broeck, Angèle De Bruyckere, Yan Verschueren, Hilde Nottebaere, William Slosse, Tom Van den Neucker, Lise Verhaeghe, Isabelle Bossuyt, Ann Landuyt en Jan Soors.

De vleermuizenspecialisten Bob Vandendriessche en Bram Conings hielpen ons bij de inventarisatie en deelden interessante informatie. Koen Verschoore ten slotte gaf ons onder meer informatie over de rugstreeppadden in de Oosthoekduinen.

Ook binnen het INBO konden we rekenen op steun. De morele steun kwam vooral vanuit ons gezellige team Landschapsecologie en Natuurbeheer. Meer praktische maar onmisbare hulp bij de opkuis in WATINA kregen we van Mathias Wackenier en Frederic Piesschaert.

Dankuwel!

## Samenvatting

### 1. Meteorologie

In functie van het hydrologisch luik van dit rapport wordt een overzicht gegevens van de belangrijkste meteorologische variabelen aan de kust. We maken hiervoor gebruik van gegevens van KMI meetstations Koksijde, Middelkerke en Beitem en van het KNMI station Vlissingen.

Aan de kust is de temperatuur gebufferd door de nabijheid van de zee. Vooral het geringer aantal vorstdagen dan in het binnenland is ecologisch zeer relevant. Voor de drie beschouwde meetstations wordt de voorbije decennia een significante stijging van de gemiddelde luchttemperatuur vastgesteld. In de periode na 2000 is de temperatuur 1,1 tot 1,4°C hoger dan in de periode 1958-1987. Het aantal vorstdagen neemt beduidend af. De stijging van de temperatuur uit zich ook in een toename van de evapotranspiratie.

De neerslag vertoont een grote variatie in tijd en ruimte. De gemiddelde jaarlijkse neerslaghoeveelheden tijdens de voorbije 25 jaar bedraagt 771 mm voor Vlissingen, 829 mm voor Middelkerke en 800 mm voor Koksijde. Tijdens de voorbije 60 jaar is de jaarlijkse neerslaghoeveelheid voor Koksijde en Middelkerke significant toegenomen. Deze stijging doet zich vooral voor in de winter en de herfst waardoor het contrast tussen zomer en winter toeneemt. In lente en zomer is een significante toename van de maximale droogteperiode vast te stellen. De neerslagtrend is niet standvastig in de tijd. Tussen 1970 en 2000 is er een forse stijging; in de andere periodes is er sprake van stagnatie of daling. Voor Vlissingen is voor de periode 1970-2018 geen trend vast te stellen. Klimaatmodellen voorspellen globaal een verdere toename van de neerslag, vooral tijdens de winter.

Binnen het (potentieel) neerslagoverschot is er een gedeeltelijke compensatie tussen toegenomen neerslag en verdamping. Toch vertonen de stations Middelkerke en Koksijde een significante toename van het neerslagoverschot in de periode 1967-2018. Deze toename is vooral te zien in herfst en winter wat leidt tot een significant toenemend contrast tussen winter (+ herfst) en zomer (+ lente). In Vlissingen is er geen significante trend in die periode. Globaal vertoont het neerslagoverschot grote fluctuaties in de tijd met voor Koksijde een droge periode in de jaren 1970 en opvallend natte perioden eind jaren 1980 en rond 2000.

De temperatuurstijging vormt in onze regio en ook aan de kust de duidelijkste trend binnen de klimaatverandering. Een gevolg van de daling van het aantal vorstdagen is de noordwaartse uitbreiding van het areaal en de verschuivingen in de fenologische timing van heel wat soorten. Minder zichtbaar en minder goed onderzocht zijn de gevolgen hiervan voor de trofische en andere relaties tussen soorten binnen ecosystemen.

Vanuit ecohydrologisch oogpunt is vooral de toegenomen evapotranspiratie en daaraan gerelateerde toename van zomerse droogteperiodes van belang. Dit zal wellicht een negatieve impact hebben op mesofiele vegetaties en struwelen maar ook op potentiële vergrassers. Op de karakteristieke droge duinvegetaties zal dit vermoedelijk geen negatieve of zelfs een positieve impact hebben. Gezien de duidelijke trend in temperatuur en potentiële evapotranspiratie, zullen voorspellingen van de toekomstige waterbalans sterk afhangen van de neerslag. De variabiliteit van de jaarlijkse neerslag, onder meer gerelateerd aan patronen in de Noord Atlantische Oscillatie, zal eventuele trends veroorzaakt door klimaatverandering wellicht nog lange tijd maskeren en voorspellingen over neerslagoverschot zeer onzeker maken.



Het verhoogd contrast in neerslagoverschot tussen winter en zomer betekent voor de levensgemeenschappen van natte milieus een sterke toename van de stress door enerzijds winterse overstromingen en anderzijds zomerdroogte. Voor de optimalisatie van de kwaliteit van de vochtige duinvalleien aan onze kust zullen we dus op zoek moeten gaan naar locaties met relatief geringe schommelingen van de grondwaterstand en ook een groter aantal ha voorzien dan wat vroeger werd ingeschat als minimaal noodzakelijk om deze habitats in een gunstige staat te houden. De grotere oppervlakte zorgt dat extreme situaties beter kunnen worden opgevangen door de typische plantensoorten.

## 2. Hydrologie

De freatische watervoerende lagen aan de kust bestaan uit een 20 tot 50 m dik pakket van vooral zandige afzettingen die rusten op een dikke ondoordringbare tertiaire kleilaag. Onder kuststroken met een brede duingordel reikt het zoetwaterlichaam tot aan de tertiaire kleilagen, bij smalle duingordels gaat het zoetwater op zekere diepte over in zout grondwater. Het grondwater vertoont globaal een opbollend bovenvlak met ergens midden in het duinmassief een waterscheidingskam die de stroomrichtingen scheidt. Zeewaarts van deze lijn stroomt het duinwater richting strand, aan de landzijde richting polder, waar het opkwelt ter hoogte van de duin-polderovergang. De lokale grondwaterstijghoogtes worden in belangrijke mate beïnvloed door de aanwezigheid van ondiepe slecht doorlatende klei- en veenlagen. Het betreft veelal Duinkerke-klei die zich op een hoogte van 3 tot 4 m TAW vooral onder de landwaartse delen van de Jonge Duinen kan bevinden. Dit kan de grondwatertafel lokaal tot enkele meters opstuwen.

Vanuit ecologisch oogpunt is de (gemiddelde) voorjaarsgrondwaterstand een eerste belangrijke hydrologische variabele. Die wordt bepaald door de gemiddelde waterstand in de periode van 14 dagen voor tot 14 dagen na 1 april. Een tweede cruciale variabele is de jaarlijkse fluctuatie van het grondwater. Samen geven zij een goed beeld van de stress voor de vegetatie teweeggebracht door zomerdroogte of langdurige inundatie in het voorjaar.

In deze studie werden de hydrologische gegevens verwerkt afkomstig van ongeveer 750 meetpunten (peilbuizen en peilschalen) in de door ANB beheerde gebieden aan de kust. In eerste instantie werden de definities van de meetpunten en de gegevensreeksen gecontroleerd in WATINA, de databank voor hydrologische gegevens van het INBO. De meetreeksen werden vervolledigd, opvallende fouten werden verbeterd en extra topografische inmetingen van meetpunten werden uitgevoerd. Vervolgens werden alle buizen met een minimale meetreeks gemodelleerd in het pakket Menyanthes. Als verklarende variabelen werden hiervoor dagelijkse neerslaggegevens gebruikt voor de stations Koksijde, Middelkerke en Vlissingen en evapotranspiratiegegevens voor de stations Koksijde/Beitem en Vlissingen. Aan de hand van de modellen kan vervolgens een simulatie gemaakt worden van de meetreeksen over langere periodes waardoor ontbrekende delen van de meetreeksen worden opgevuld of tijdsreeksen worden verlengd. Hierdoor was het mogelijk om voor het hele studiegebied vergelijkbare cijfers te genereren over gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand en gemiddelde jaarlijkse fluctuaties voor de periode 2014-2018. Deze gegevens werden eveneens geïnterpoleerd tot kaarten met stijghoogtes en fluctuaties. Een verschilkaart met de hoogte uit DHM-Vlaanderen II leverde een beeld van de vochtigheid, uitgedrukt als gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand onder maaiveld. Deze gegevens worden per gebied besproken.

In de meeste gebieden vertonen de grondwaterstijghoogtes een relatief regelmatig patroon met isohypsen parallel aan de kustlijn. Een meer complex patroon is te vinden in Ter Yde, waar de Waterloop-Zonder-Naam aanleiding geeft tot een tweede waterscheiding. Verder beïnvloedt ook de opbouw van de ondiepe ondergrond in belangrijke mate de lokale

stijghegtopatronen. Onder meer in Sint-Idesbald (Houtsaeagerduinen en Noordduinen) en het oosten van de Oostvoorduinen vertonen de stijghegtes grote verschillen op korte afstand door de aanwezigheid van ondiepe moeilijk doorlatende lagen. Ook aan de binnenduintrand is doorgaans een heel steile hydrologische gradiënt aanwezig. Binnen het gehele studiegebied is er een verschil in absolute stijghegte van ruim 7,5 tussen de laagste en hoogste grondwaterstanden. De laagste voorjaarsgrondwaterstanden (ca. 1m TAW) worden gemeten aan de rand van De Moeren, de hoogste in het noordwesten van de Noordduinen (ca. 8,5 m TAW). De totale oppervlakte aan vochtige duinvalleien, met een gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand van hoogstens 40 cm onder maaiveld bedraagt 180 ha. Hiervan kan 61 ha (34%) als min of meer habitatwaardige duinvallei (type 2190) worden bestempeld.

De gemiddelde seizoenale fluctuatie van de grondwatertafel bedragen over 60% van de oppervlakte van de bestudeerde tussen 80 en 110 cm. Opvallend hoge fluctuaties (groter dan een meter) zijn te vinden in kleinere, geïsoleerde gebieden, in binnenduinen of langsheen de binnenduintrand, in sommige grote duinvalleien en onder invloed van wateronttrekkingen. Beperkte fluctuaties zien we vooral in de terreindelen die relatief dicht tegen zee gelegen zijn en lokaal in binnenduintrandgebieden. Seizoenale grondwaterfluctuaties worden in eerste instantie veroorzaakt door verschillen in neerslagoverschot tussen winter en zomer. Deze verschillen worden vooral veroorzaakt door verschillen in evapotranspiratie, gezien de neerslag min of meer gelijk verdeeld is over het jaar. De temporele variatie in de schommelingen wordt dan weer vooral door verschillen in neerslagpatronen bepaald. Ruimtelijke patronen worden veroorzaakt door een aantal factoren die de fluctuaties doen toe- of afnemen. Grotere schommelingen worden van nature veroorzaakt door grotere verdamping (bijvoorbeeld in grote natte duinvalleien) of bij geringer waterbergend vermogen van de bodem (slibhoudend zand of klei ten opzichte van zand). Tempering van de schommelingen worden veroorzaakt door de nabijheid van de zee (relatieve stabiliteit van het hoogwaterpeil), de invloed van oppervlaktewater (o.m. door aftopping van winterpieken) of door kwel.

De optimale voorjaarsgrondwaterstand is niet gelijk voor alle duinvalleisoorten maar bevindt zich in een range tussen 0 en 50 cm onder maaiveld. Vleeskleurige orchis lijkt daarbij de meest kritische soort, zowel naar inundatie als naar verdroging toe. Het merendeel van de groeiplaatsen wordt aangetroffen bij gemiddelde jaarlijkse grondwaterfluctuaties van minder dan 80 cm. Opvallend is het omgekeerd verband tussen optimale voorjaarsgrondwaterstand en amplitude van de schommelingen. Soorten van de minder natte standplaatsen lijken vaker voor te komen op locaties met geringere schommeling.

Globaal vertonen de meeste peilbuizen de voorbije 20 jaar geen uitgesproken trend. In een aantal gebieden is helemaal geen trend vast te stellen, andere delen van gebieden tonen licht positieve of negatieve trends trend, beperkt tot enkele cm per jaar. In Cabour, de Oosthoek, Houtsaeagerduinen, D’Heye en grote delen van de Westhoek is een duidelijke stijging (tot meer dan 2 meter) vast te stellen door afbouw van de waterwinning. Ook het (potentieel) neerslagsurplus (neerslag – PET) vertoont over de voorbije 30 tot 40 jaar geen trend. Wel is er een stijging in zowel neerslag (ca. 100 mm) als potentiële evapotranspiratie. Beiden lijken elkaar dus te compenseren. Toch vertonen de langere meetreeksen van 30 jaar of meer (aan de westrand van De Westhoek) wel een significante positieve trend. Dit heeft wellicht vooral te maken met het feit dat de actuele evapotranspiratie een stuk lager ligt dan de potentiële evapotranspiratie, die een ongelimiteerde wateraanvoer veronderstelt. Maar mogelijk laat de afbouw van de waterwinning zich ook nog een stuk voelen tot het uiterste westen van De Westhoek. De amplitude van de seizoenale grondwaterfluctuaties vertoont over een periode van 30 tot 45 jaar een positieve trend (langste reeks van WESP180). In de kortere reeksen (1999-2018) vertonen de jaarlijkse fluctuaties geen trend.



Tot slot werd op basis van de gegevens een voorstel uitgewerkt voor optimalisatie van de hydrologische meetnetten. Hiervoor werden drie belangrijke doelstellingen voor ogen gehouden:

1. Kennisopbouw rond de hydrologische systemen in de verschillende gebieden. Hiervoor wordt voorgesteld om het concept van gebiedsdekkende meetnetten te verlaten en te werken met een selectie van meetraaien loodrecht op de kustlijn.
2. Opvolging van de milieukwaliteit van bijzondere, grondwaterafhankelijke natuur. Hiervoor worden meetpunten voorzien in de ecologisch waardevolle vochtige pannen.
3. Detecteren van schadelijke hydrologische effecten van activiteiten buiten de reservaten. Vooral in de grote gebieden Westhoek, ter Yde en Zwinduinen worden hiertoe extra buizen voorzien.

Recent worden 377 hydrologische meetpunten bemeten van de in totaal 750 gedefinieerde meetpunten in de ANB domeinen. In het voorstel voor optimalisatie wordt dit aantal op korte termijn verder gereduceerd tot 283 meetpunten (een reductie van 25%). Dit houdt een herschikking van de bestaande meetnetten in waarbij 71 nieuwe buizen moeten worden geplaatst. Op termijn kunnen nog 51 buizen geschrapt worden die pas recent werden geïnstalleerd en waarvoor nog geen voldoende lange meetreeksen zijn opgebouwd. Dit komt neer op een totale reductie van 38% ten opzichte van het huidige meetnet.

### **3. Biotische inventarisaties**

#### *3.1. Flora en vegetatie*

Binnen BEK werden vegetatiekaarten opgemaakt volgens de PINK methodiek voor Cabour, de Noordduinen, Ter Yde, Groenendijk en de Zwinduinen (samen 565 ha). Hiermee is nu al ca. 2000 ha aan duinen, aangrenzende polders, slikken, schorren volgens dezelfde methodiek in kaart gebracht waarvan 1400 binnen PINK/BEK. De kaarten worden gebruikt voor beheerevaluatie en –planning en voor vertaling naar EU habitattypes. De achterliggende gedetailleerde gegevens blijken bijzonder nuttig bij de rapportage in het kader van art. 17 van de habitatrictlijn.

Voor Cabour, Noordduinen en Ter Yde kon een vergelijking gemaakt worden met voormalige vegetatiekarteringen. Natuurherstel door kappen van struweel en bos is een belangrijke oorzaak van veranderingen in vegetatiestructuur maar verschuivingen door natuurlijke processen blijken toch de overhand te halen. Binnen Ter Yde bijvoorbeeld, overtreft de spontane verbossing ruim de ontbossing in Hannecart. Ook de verderzetting van de struweelontwikkeling zien we in alle onderzochte gebieden. In Ter Yde bijvoorbeeld is de oppervlakte verdubbeld tussen 1997 en -2018. De overlay van de vegetatiekaarten laat ook toe om de successie binnen de struwelen goed in beeld te brengen. In de Noordduinen is de netto oppervlakte struweel slechts beperkt toegenomen, grotendeels door de verdere ontwikkeling naar bos. Pionierstruweeltypen gaan stelselmatig in meer soortenrijke types. De oppervlakte kruipwilg gaat achteruit. Lokaal zien we ook opvallend struweel dat zich tot grasruigtes met duinriet ontwikkelt. Binnen de stuifduinen (in Ter Yde) zien we een sterke fixatietrend en bijhorende successie naar mosduin, pionierduingrasland en struweel.

Binnen de kruidachtige vegetatietypes zien we naast verstruweling en vergrassing ook een tegengestelde trend, namelijk een sterke verschaling en zelfs degradatie van graslanden tot mosduinen en open pionierbegroeiing. In Cabour is deze trend toe te schrijven aan de begrazingsdruk, aanvankelijk door schapen maar recent vooral door konijnen. In de (oostelijke helft van de) Noordduinen is een gelijkaardige trend toe te schrijven aan de combinatie van begrazing en intensieve recreatie. Door een combinatie van deze factoren zien we zowel in





Cabour, Ter Yde als de Noordduinen een sterke afname van de oppervlakte ecologisch waardevol duingrasland.

In de loop van het project werden 91 vegetatieopnames gemaakt in de 3x3 m<sup>2</sup> vegetatieproefvlakken. Van alle opnames van de betrokken proefvlakken werd een TWINSPAN classificatie gemaakt en worden de veranderingen per gebied besproken. Het aantal opnames per gebied is te beperkt voor gebiedsdekkende evaluaties maar we kunnen wel een aantal globale trends detecteren. Die worden ook bevestigd, genuanceerd en aangevuld door de detailkartering van aandachtsoorten vaatplanten. Deze kartering leverde in het kader van BEK ruim 34 000 punten en zo'n 200 vlakjes op.

Globaal zien we een positieve evolutie van de vegetatie in de ten behoeve van natuurontwikkeling ontgonnen gebieden. Kenmerkende duinsoorten nemen toe. In verschillende terreindelen zien we recent een daling van de soortenaantallen door stabilisatie van de vegetatie. Dit zien we onder meer in de noordelijke duinvalleien van de Westhoek, de Doolaeghe in ter Yde en de Sashul in Heist. Hierdoor komen er relatief weinig nieuwe soorten bij terwijl storingssoorten en pioniersoorten zoals bleekgele droogbloem afnemen. Ook soorten die vaak gelieerd zijn aan min of meer natuurlijke storing zoals donderkruid, scherpe fijnstraal, ruige scheefkelk en glad parelzaad gaan globaal achteruit.

Hoewel de ontwikkeling van duinvalleivegetaties in nagenoeg alle gevallen bevredigende resultaten oplevert, zien we een duidelijk betere evolutie in gebieden waar al soortenrijke habitats aanwezig waren (Westhoek-noord, Ter Yde) of in zones met een zeer gunstige abiotiek (Cosmos). Een aantal bijzondere duinvalleisoorten zoals honingorchis en vleeskleurige orchis heeft zich spectaculair uitgebreid. Groenendijk is een goed voorbeeld van een klein, geïsoleerd gebied waar daarenboven problemen zijn met voedselaanrijking. Hier blijkt het moeilijk om de initiële soortenrijkdom te behouden die opdook onmiddellijk na de natuurontwikkeling. Verder zien we in duinvalleivegetaties vaak een terugval van het soortenaantal in zeer natte jaren. Dit is weer gebleken uit opnames in onder meer Cabour en Westhoek. Wel zien we een herstel van de vegetatie als de hydrologische toestand weer normaliseert.

En positieve evolutie van de soorten van duingrasland en mosduin zien we in de grotere natuurontwikkelingsgebieden zoals Cabour (klein tasjeskruid, duinviooltje), Westhoek of Ter Yde. Toch is de toestand niet voor alle soorten positief. Aarddistel bijvoorbeeld gaat op alle onderzochte locaties achteruit en dreigt uit ons dungebied te verdwijnen. In de gebieden met een beperkte oppervlakte aan duingrasland, met name Houtsaegerduinen en Noordduinen, zien we een sterke achteruitgang van de kenmerkende flora.

Ook 5220 opnames uit 1232 proefvlakken gelegen binnen zilte transecten in IJzermonding, Baai van Heist en Zwin werden geclassificeerd. Er worden 23 zilte vegetatietypen onderscheiden waarvan de meeste een duidelijk overwicht hebben in één bepaald gebied. Dit wijst op de eigenheid van ieder gebied, zowel op het vlak van abiotiek (expositie, sedimentdynamiek, ...) als van historiek van inrichting en beheer. De variatie in de vegetatie wordt bepaald door verschillende factoren.

1. De mariene dynamiek in het intertidaal. Die is bepalend voor de aard van het sediment (zand/klei) en de vestigingsmogelijkheden voor veel plantensoorten
2. De overstromingsfrequentie, in sterke mate bepaald door de hoogteligging. Slechts enkele soorten zijn goed aangepast aan frequente inundatie (2,8-3,8 m boven lokaal laagwater): Engels slijkgras, zeekraal, klein schorrenkruid en zeeaster. Het merendeel van de obligaat zilte



soorten heeft een sterk overlappende range waarbinnen zij voorkomen, globaal tussen 3,8 en 5 m boven gemiddeld lokaal laagwater

3. Binnen de zandige biotopen is in eerste instantie de verstuiwingsdynamiek bepalend voor de vegetatieontwikkeling. Bij afname van die dynamiek treedt successie op naar mosduin en vervolgens, bij accumulatie van organisch materiaal in de bodem, naar duingrasland.

In de IJzermonding is na een sterke uitbreiding van de pioniervegetatie tot ca. 2003 vooral een verdere successie van de zilte vegetatie te zien met een sterke uitbreiding van de populaties van verschillende zilte (aandachts)soorten. Ook strandkweek en andere grassen zoals rood zwenkgras en riet vertonen echter een sterke uitbreiding van de verspreiding. De lokale abundantie van strandkweek kende een toename tot ca. 2010, daarna treedt, wellicht vooral door toedoen van de begrazing een stabilisatie of zelfs lichte achteruitgang op. De toestand van strandkweek moet een belangrijke indicator zijn voor bijsturing van het beheer en indien nodig moeten strandkweekruigtes lokaal worden bijgemaaid.

De Baai van Heist wordt gekenmerkt door een toenemende complexiteit van de geomorfologie en bijhorende biotooptypen zoals embryonale en stabiele lage duintjes, slikken en schoren, een primaire duinvallei en alle mogelijke overgangen tussen deze typen. Recent lijkt zich min of meer dynamisch evenwicht in te stellen en zien we geen verdere toename van de oppervlakte aan pioniervegetatie. Stabilisatie en successie leidt tot een verdere differentiatie in de vegetatie en een sterke toename van heel wat bijzondere al dan niet zilte plantensoorten. Het gebeid kan als een botanische hotspot worden beschouwd met niet minder dan 43 aandachtssoorten. Ook hier is vergrassing een hoofdaandachtspunt voor het beheer.

### *3.2. Fauna en fungi*

Een territoriumkartering van broedvogels werd uitgevoerd in de Houtsaegerduinen en de Westhoek. Daarbij lag de nadruk op de struweelbroeders. Soorten van het open duinlandschap vertonen in De Westhoek een verdere achteruitgang. Van graspieper zijn in 2017 nog slechts 3 broedgevallen vastgesteld. In de Houtsaeger waren zowel in 2008 als in 2015 voor geen enkele typische soort van open duinen broedindicaties. Soorten van het halfopen duinlandschap blijven doorgaans min of meer stabiel of gaan er zelfs op vooruit (boomleeuwerik). Kneu daarentegen doet het niet zo goed. Trends in de struweelvogels geven geen eenduidig beeld. De meeste soorten blijven stabiel of gaan er licht op vooruit ten opzichte van 2008. Een duidelijke negatieve trend is enkel te zien bij spotvogel in de Houtsaegerduinen en in mindere mate nachtegaal in De Westhoek. Van orpheusspotvogel, geelgors en kleine barmsijs werd telkens één broedgeval vastgesteld. Hier kunnen geen trends uit worden afgeleid. Ook de bossoorten geven een relatief stabiel beeld. Wielewaal, een belangrijke aandachtssoort voor de populierenbossen in de duinen, blijkt in lage aantallen stand te houden.

Binnen BEK werd nagegaan of er een uitbreiding heeft plaatsgevonden van kamsalamander en rugstreeppad aan de westkust. Kamsalamander werd enkel op gekende locaties aangetroffen in de Oosthoekduinen en Houtsaegerduinen, soms wel in nieuwe poelen. Er is geen uitbreiding vastgesteld richting Belvédère. Ook in Cabour werd de soort niet meer waargenomen. Rugstreeppad doet het in de onderzochte poelen iets minder goed al blijft de populatie in de Oosthoek wellicht stabiel. De poelen binnen het natuurontwikkelingsproject aan de Maerestraat, ten noorden van Cabour zijn ondertussen wel door de soort gekoloniseerd en hebben er een blijvende populatie meldt boswachter Johan Lamaire.

In een selectie van 28 poelen werden libellen geïnventariseerd. Uit een vergelijking met eerdere inventarisaties blijken de meeste soorten zich uitgebreid te hebben. Het zijn vooral  
////////////////////////////////////

algemene soorten maar er zijn ook enkele bijzonderheden zoals glassnijder en vroege glazenmaker. Deze soorten vertonen een algemene uitbreiding in Vlaanderen en zelfs België. Dit proces is ook voor tengere pantserjuffer al een tijd aan de gang. Bruine winterjuffer en tengere grasjuffer, vertonen een duidelijke achteruitgang van het aantal individuen per poel. Het lijkt er dus op dat de poelen voor beide soorten minder geschikt zijn geworden.

Verspreid over de kust werden 27 bunkers gecontroleerd op aanwezigheid van overwinterende vleermuizen. In totaal werden 30 individuen waargenomen van minstens 4 soorten in 8 objecten. Het aantal vindplaatsen is verdubbeld ten opzichte van de inventarisaties in PINK 2 en het aantal individuen gestegen van 6 naar 30. De inrichting van een aantal bunkers heeft hier dus duidelijk vruchten afgeworpen.

In samenwerking met medewerkers van de Paddenstoelen Werkgroep Westhoek en de Brugse Mycologische Werkgroep werd een selectie van 6 soorten paddestoelen kenmerkend voor stuivende duinen gedetailleerd in kaart gebracht in verschillende duingebieden. Het betreft duinfranjehoed, zandtulpje, duinstinkzwam, helmharpoenzwam, duinveldridderzwam en zeeduinchampignon. Aan de hand van vegetatieopnames werd de standplaats beschreven. De meeste soorten komen voor op een schaarsbegroeide bodem met minder dan 20% lage vegetatiebedekking. Duinridderzwam, duinfranjehoed en zandtulpje prefereren de meest open bodems met gemiddeld minstens 85% kaal zand. Zeeduinchampignon heeft duidelijk een totaal andere ecologie en komt voor in mosduinen met gemiddeld driekwart vegetatiebedekking. De soorten kunnen voorkomen bij een brede range aan bedekkingen van dominante grassen helm, duinzwenkgras, biestarwegras en in veel mindere mate zandzegge. Met uitzondering van zeeduinchampignon vertonen de meeste soorten een sterke maar in de meeste gevallen niet exclusieve associatie met helm.

Met uitzondering van zeeduinchampignon, zijn de besproken paddenstoelensorten heel kenmerkend voor stuivende duinen. Hoewel al deze soorten strooiselafbrekers zijn en dus een zekere hoeveelheid organisch materiaal nodig hebben (doorgaans strooisel van helm, biestarwegras en wellicht ook duinzwenkgras), verkiezen zij een sterk mineraal milieu, vermoedelijk omdat zij anders te sterke concurrentie ondervinden van andere schimmels. Dit maakt deze soorten bijzonder gevoelig voor fixatie en dus goede indicatoren voor stuifduinen. De meeste aandachtssorten hogere planten zijn nagenoeg beperkt tot de zeereep waardoor zij niet geschikt zijn als doelsoort voor meer landinwaarts gelegen stuifduinen. Een selectie van fungi kan deze rol wel vervullen.

#### **4. Beheeraanbevelingen**

Uitbreiding van struweel en bos blijft een essentieel aandachtspunt voor het beheer. De overlays van recente en 12 tot 21 jaar eerder gemaakte vegetatiekaarten wijzen op een zich verder zettende trend van verstruweling en verbossing, ondanks de inspanningen voor natuurherstel door ontstruweling en begrazing. Bijkomende ontstruwelingen en gericht maaien van struweelopslag in ontgonnen terreindelen (onderhoudsbeheer) en ecologisch waardevolle open duinen is essentieel om tot een goede staat van instandhouding te komen van de duingraslanden (2130) en duinvalleien (2190). Met louter begrazing zal dit in de huidige landschapsconfiguratie (overwicht aan struweel) niet lukken. De uitbreiding van niet inheems struweel en bos met onder meer mahonia, Amerikaanse vogelkers en rimpelroos vergt bijzondere aandacht. Hier moet nog steeds gestreefd worden naar het volledig verwijderen van deze soorten uit de duingebieden.

Begrazing blijft een essentiële beheermaatregel om de kwaliteit van duingraslanden en duinvalleien te behouden en versterken. Voor betredingsgevoelige mosduinen en vooral de



bijhorende grondbewonende fauna is deze maatregel vaak nadelig. Hiervoor is het gericht tijdelijk excluderen van mosduinen aangewezen.

De beheeraanbevelingen in dit rapport bouwen verder op de aanbevelingen geformuleerd naar aanleiding van het onderzoek naar de nutriëntenstatus in duingebieden onder voormalig landbouwgebruik, waaronder Zwinduinen, Groenendijk en Labeurhoek. Vooral voor de Zwinduinen wordt een herziening van de beheerstrategie aanbevolen met een ontwikkelingsbeheer gebaseerd op verschralend maaien. Het is verder wenselijk om een aantal experimenten met uitmijnen van fosfaten effectief op te starten. De labeurhoek is daarvoor één van de meest aangewezen locaties.

## Aanbevelingen voor het beleid

1. Vooral de daling van het jaarlijks aantal vorstdagen ten gevolge van klimaatverandering leidt tot de noordwaartse uitbreiding van het areaal en de verschuivingen in de fenologische timing van heel wat soorten. De gevolgen hiervan voor de trofische en andere relaties tussen soorten is minder zichtbaar en minder goed onderzocht. Hier ligt een belangrijke prioriteit voor verder onderzoek.

2. Het verhoogd contrast in neerslagoverschot tussen winter en zomer induceert voor de levensgemeenschappen van vochtige duinvalleien een toenemende stress door winterse overstromingen en zomerdroogte. Voor de optimalisatie van de kwaliteit van deze habitattypes moet maximaal ingezet worden op locaties met relatief geringe schommelingen van de grondwaterstand. Verder moet ook een grotere oppervlakte worden voorzien dan wat vroeger als minimaal noodzakelijk werd ingeschat om deze habitats in een gunstige staat te houden. Deze oppervlakte zorgt ervoor dat extreme situaties beter kunnen worden opgevangen door de typische plantensoorten.

3. Uit de opgemeten standplaatsfactoren blijkt dat er geen 'optimale grondwaterstand' bestaat voor vochtige duinvalleivegetatie als habitattype. Ieder soort heeft een eigen optimum en soortenrijke systemen vertonen een ruimtelijke variatie in topografie en daarmee in grondwaterstand. Een variatie in gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand tussen 0 en 50 cm onder maaiveld is belangrijk. De karakteristieke duinvalleisoorten worden globaal gevonden bij gemiddelde jaarlijkse grondwaterfluctuaties van minder dan 80 cm. Het is wenselijk om aan de hand van deze cijfers een visie op te stellen voor de optimalisatie van de duinvalleien aan de hele kust door selectie uit bestaande of de ontwikkeling van nieuwe duinvalleien.

4. Zowel een algemene hydrologisch beeld, de toestand van de ecologisch waardevolle duinvalleien als de impact van externe factoren op de hydrologie kunnen verder goed opgevolgd worden bij een substantiële reductie van het bestaande meetnet. We stellen voor om op korte termijn een reductie van het aantal meetpunten met 25% door te voeren en op langere termijn, als in de recent geplaatste buizen voldoende gegevens hebben opgeleverd, tot 38%. We benadrukken dat de meetvragen die via dit meetnet moeten beantwoord worden ruimer gaan dan de opvolging van de hydrologische milieudrukken op de grondwaterafhankelijke Europese habitattypes in de duinen. Er wordt tevens geïnvesteerd in kennisopbouw, vooral in functie van de toekomstige effecten van de klimaatverandering op de hydrologie in de duinen.

5. Actueel is nu ca. 2000 ha aan duinen, aangrenzende polders, slikken, schorren volgens de PINK-methodiek in kaart gebracht waarvan 1400 binnen PINK/BEK. De kaarten worden gebruikt voor beheerevaluatie en -planning, onderzoek naar flora- en vegetatiedynamiek en voor vertaling naar EU habitattypes en habitatkwaliteit. Bij de rapportage in het kader van art. 17 van de habitatrichtlijn (Paelinckx et al. 2019) bleken de achterliggende gedetailleerde gegevens essentieel om oppervlaktes vast te stellen, een aantal trends te detecteren en achterliggende oorzaken bloot te leggen. Het gebruik van een gestandaardiseerde, nauwkeurige maar vooral ook gedetailleerde techniek is essentieel om tot betrouwbare oppervlaktecijfers te komen. In de actuele rapportage zijn dergelijke cijfers nog lang niet gebiedsdekkend voorhanden. De eerdere rapportagecijfers, die bijvoorbeeld gebruikt zijn bij het vastleggen van de instandhoudingsdoelstellingen, blijken zeer grote onnauwkeurigheden te bevatten. Daarenboven is het belangrijk dat de signalen uit de Vlaamse en Europese rapportages en beleidsevaluaties ook vertaald worden naar concrete acties op het terrein. Hiervoor blijkt, zeker voor het duinsysteem, een hogere graad van detail noodzakelijk dan in de



huidige Natura 2000 monitoring op Vlaamse schaal is voorzien. Het verderzetten van het PINK/BEK inventarisatieprogramma is in die optiek dus absoluut aangewezen.

6. Een aantal saprotrofe paddenstoelsoorten kenmerkend voor stuivende duinen die leven op het strooisel van helm, biestarwegras en duinzwenkgras verkiezen een sterk mineraal milieu, vermoedelijk omdat zij anders te sterke concurrentie ondervinden van andere schimmels. Dit maakt deze soorten bijzonder gevoelig voor fixatie en dus goede indicatoren voor vitale stuifduinen. De meeste aandachtsoorten hogere planten zijn nagenoeg beperkt tot de zeereep waardoor zij niet geschikt zijn als (LSVI) doelsoort voor meer landinwaarts gelegen stuifduinen. Een selectie van fungi kan deze rol wel vervullen. Het is dus wenselijk om het beoordelingskader voor habitatype 2120 met een aantal paddestoelsoorten uit te breiden.

7. Duingraslanden staan onder druk door verruiging en verstruweling enerzijds en degradatie door recreatie en overbegrazing anderzijds. Begrazing alleen volstaat niet om verstruweling tegen te gaan en om een goede staat van instandhouding van het habitatype (2130) te garanderen. Actief ingrijpen door ontstruweling en maaien van verruigde terreindelen is absoluut noodzakelijk. Aanzienlijke efficiëntiewinst kan bekomen worden door heel gericht te werk gaan op basis van de vegetatiekartering en detailkartering van aandachtsoorten uitgevoerd in het kader van PINK en BEK ('precision management').

8. Algemeen blijkt ontstruweling een noodzakelijke maatregel voor het behoud van de biodiversiteit in de duinen en het halen van de Europese natuurdoelen voor duingraslanden (habitatype 2130) en duinvalleien (type 2190). Het betreft zowel het bestrijden van uitheemse houtachtige planten als inheems struweel en bos. Vooral dit laatste type kappingen liggen in tijden van verhoogde aandacht voor de klimaatproblematiek maatschappelijk gevoelig. Het is daarom nodig om in te zetten op bewustwording dat kappingen in de duinen een noodzakelijke ingreep zijn in het kader van een doeltreffend natuurbeheer. Een bijkomend argument, zeker in het geval van kappingen van naaldhout, is dat de duinen belangrijke (strategische!) grondwaterreserve vormen die onder meer van belang is in de strijd tegen verzanding van de polder. Het aandeel van de neerslag dat effectief het grondwater aanvult is veel groter in onbegroeid duin (75%) dan onder naaldhout (15 à 20%). Waterbeheer is ook één van de uitdagingen door de klimaatverandering en hierin kan natuurbeheer versterkend werken.

9. In de zilte gebieden IJzermonding en Baai van Heist zien we zeer positieve evoluties in de vegetatieontwikkeling met uitbreiding van de populaties van heel wat interessante soorten. De successie van de vegetatie leidt echter ook tot een sterke vergrassing met vooral strandkweek. Het beheer van die gebieden moet zich in eerste instantie concentreren op het in toom houden van deze soort.

10. De duinen staan zwaar onder druk. Ondanks het zeer intensieve en inrichtings- en onderhoudsbeheer, blijven de duinen dichtgroeien met struikgewas en gaat de biodiversiteit achteruit. Dit wordt mee veroorzaakt door een gebrek aan ruimte voor meer dynamiek in de duinen, die de motor vormt van dit ecosysteem. De klimaatsveranderingen en zeespiegelstijgingen maken van de duinen de komende decennia een zorgenkind terwijl het diverse voor de mens onmisbare ecosysteemdiensten levert. De huidige middelen volstaan niet om het tij te keren. Een gecoördineerde aanpak is noodzakelijk naar het voorbeeld van het SIGMA-project dat het Schelde-estuarium veiliger, toegankelijker en natuurlijker wil maken.



## Inhoudstafel

Dankwoord/Voorwoord .....	2
Samenvatting .....	3
Aanbevelingen voor het beleid .....	11
1 Inleiding.....	18
2 Meteorologie.....	19
2.1 Meteorologische gegevens .....	19
2.2 Algemene luchtcirculatie.....	20
2.3 Temperatuur .....	22
2.4 Evapotranspiratie .....	25
2.5 Neerslag.....	29
2.6 Neerslagoverschot.....	32
2.7 Klimaatverandering.....	36
3 Hydrologie .....	38
3.1 Algemene achtergrond.....	38
3.1.1 Grondwatervoerende ondergrond.....	38
3.1.2 Grondwaterstroming en stijghoogte.....	40
3.1.3 Grondwaterfluctuaties .....	41
3.1.4 Ecohydrologie.....	43
3.2 Inzameling en verwerking van gegevens .....	44
3.2.1 Plaatsen en inmeten van peilbuizen .....	44
3.2.2 WATINA.....	47
3.2.3 Invoer en validatie van peilpunten en meetgegevens .....	49
3.2.4 Menyanthes.....	51
3.2.5 (Eco)hydrologische variabelen en kaarten.....	54
3.3 Optimalisatie van de hydrologische meetnetten.....	56
3.3.1 Criteria voor optimalisatie.....	56
3.3.2 Correlaties tussen peilbuizen .....	56
3.3.3 Criteria voor optimalisatie.....	60
3.3.3.1 Beschrijving van het hydrologisch systeem.....	60
3.3.3.2 Milieukwaliteit van grondwaterafhankelijke natuur.....	61
3.3.3.3 Detecteren en opvolgen van externe invloeden op de waterhuishouding ....	63
3.4 Bespreking per gebied.....	66
3.4.1 Cabour (CAB) .....	66
3.4.1.1 Hydrogeologische opbouw.....	66
3.4.1.2 Peilbuizennetwerk.....	67
3.4.1.3 Waterwinning.....	67
3.4.1.4 Grondwaterpeilen en -schommelingen .....	67
3.4.1.5 Ecohydrologische potenties en knelpunten.....	70
3.4.1.6 Optimalisatie van het peilbuizennetwerk .....	71



3.4.2	Westhoek (WES).....	73
3.4.2.1	Hydrogeologische opbouw.....	73
3.4.2.2	Peilbuizennetwerk.....	74
3.4.2.3	Grondwaterpeilen en –schommelingen.....	75
3.4.2.4	Waterwinning.....	81
3.4.2.5	Ecohydrologische potenties en knelpunten.....	83
3.4.2.6	Optimalisatie van het peilbuizennetwerk.....	84
3.4.2.7	Overdekt waddenlandschap tussen Westhoek en Cabour.....	85
3.4.3	Houtsaegerduinen / Oosthoekduinen (HOS).....	87
3.4.3.1	Hydrogeologische opbouw.....	87
3.4.3.2	Peilbuizennetwerk.....	89
3.4.3.3	Grondwaterpeilen en –schommelingen.....	89
3.4.3.4	Ecohydrologische potenties en knelpunten.....	92
3.4.3.5	Optimalisatie van het peilbuizennetwerk.....	96
3.4.4	Belvédère en Noordduinen (BEL & NOD).....	96
3.4.4.1	Hydrogeologische opbouw.....	96
3.4.4.2	Peilbuizennetwerk.....	96
3.4.4.3	Grondwaterpeilen en –schommelingen.....	96
3.4.4.4	Ecohydrologische potenties en knelpunten.....	100
3.4.4.5	Optimalisatie van het peilbuizennetwerk.....	102
3.4.5	Doornpanne en Schipgat (DOP).....	103
3.4.6	Ter Yde (TYD).....	104
3.4.6.1	Hydrogeologische opbouw.....	104
3.4.6.2	Peilbuizennetwerk.....	105
3.4.6.3	Grondwaterpeilen en –schommelingen.....	107
3.4.6.4	Ecohydrologische potenties en knelpunten.....	110
3.4.6.5	Optimalisatie van het peilbuizennetwerk.....	112
3.4.7	Simlidiuinen en Lenspolder (LEP).....	112
3.4.7.1	Hydrogeologische opbouw.....	112
3.4.7.2	Peilbuizennetwerk.....	112
3.4.7.3	Grondwaterpeilen en –schommelingen.....	112
3.4.7.4	Ecohydrologische potenties en knelpunten.....	115
3.4.7.5	Optimalisatie van het peilbuizennetwerk.....	115
3.4.8	IJzermonding & Sint-Laureinsduinen (IJZ).....	116
3.4.8.1	Hydrogeologische opbouw.....	116
3.4.8.2	Peilbuizennetwerk.....	116
3.4.8.3	Grondwaterpeilen en –schommelingen.....	117
3.4.8.4	Ecohydrologische potenties en knelpunten.....	120
3.4.8.5	Optimalisatie van het peilbuizennetwerk.....	121





3.4.9	Bredene-De Haan (BDH).....	122
3.4.9.1	Hydrogeologische opbouw.....	122
3.4.9.2	Peilbuizennetwerk.....	123
3.4.9.3	Grondwaterpeilen en –schommelingen.....	123
3.4.9.4	Ecohydrologische potenties en knelpunten.....	124
3.4.9.5	Optimalisatie van het peilbuizennetwerk .....	125
3.4.10	D’Heye (DHE).....	126
3.4.10.1	Hydrogeologische opbouw.....	126
3.4.10.2	Peilbuizennetwerk.....	126
3.4.10.3	Waterwinning.....	127
3.4.10.4	Grondwaterpeilen .....	127
3.4.10.5	Ecohydrologische potenties en knelpunten.....	131
3.4.10.6	Optimalisatie van het peilbuizennetwerk .....	131
3.4.11	Heist (HEI).....	134
3.4.11.1	Landschappelijke situering en peilbuizen .....	134
3.4.11.2	Grondwaterpeilen en –schommelingen.....	134
3.4.11.3	Ecohydrologische potenties en knelpunten.....	137
3.4.11.4	Optimalisatie van het peilbuizennetwerk .....	138
3.4.12	De Zwinduinen (ZWI).....	138
3.4.12.1	Hydrogeologische opbouw.....	138
3.4.12.2	Peilbuizennetwerk.....	138
3.4.12.3	Grondwaterpeilen .....	140
3.4.12.4	Ecohydrologische potenties en knelpunten.....	143
3.4.12.5	Optimalisatie van het peilbuizennetwerk .....	145
3.5	Integratie en Conclusies .....	145
3.5.1	Hydrologische regimes.....	145
3.5.2	Standplaatsfactoren .....	147
3.5.3	Trends.....	149
3.5.4	Optimalisatie van het meetnet .....	151
3.5.5	Potenties voor ontwikkeling van duinvalleien .....	154
4	Biotische inventarisatie.....	155
4.1	Vegetatiekartering .....	155
4.2	Permanente kwadraten .....	156
4.2.1	Proefvlakken in duinvegetaties .....	156
4.2.2	Proefvlakken in zilte gebieden .....	159
4.2.3	Classificatie van de zilte proefvlakken.....	160
4.3	Detailkartering van aandachtsoorten.....	168
4.4	Broedvogels.....	168
4.4.1	Methodiek .....	168
4.4.2	Resultaten .....	169
4.5	Amfibieën .....	178



4.6	Libellen .....	181
4.7	Vleermuizen .....	184
4.8	Fungi.....	185
4.8.1	Doelstelling.....	185
4.8.2	Methodiek.....	185
4.8.3	Algemene resultaten .....	186
4.8.4	Bespreking per soort .....	190
4.8.4.1	Duinveldridderzwam - <i>Melanoleuca cinereifolia</i> .....	190
4.8.4.2	Helminktzwam – <i>Coprinus ammophilae</i> .....	192
4.8.4.3	Duinfranjehoed - <i>Psathyrella ammophila</i> .....	193
4.8.4.4	Duinstinkzwam - <i>Phallus hadriani</i> .....	195
4.8.4.5	Helmharpoenzwam - <i>Hohenbuehelia culmicola</i> .....	197
4.8.4.6	Zandtulpje - <i>Peziza ammophila</i> .....	199
4.8.4.7	Zeeduinchampignon - <i>Agaricus devoniensis</i> .....	201
4.8.4.8	Overige soorten.....	203
4.8.5	Fungi als indicator .....	204
5	Evaluatie per gebied.....	205
5.1	Cabour .....	205
5.1.1	Vegetatiekartering .....	205
5.1.2	Permanente kwadraten .....	209
5.1.3	Kartering van aandachtsoorten flora.....	209
5.1.4	Exoten.....	211
5.1.5	Beheeraanbevelingen.....	211
5.2	De Westhoek.....	213
5.2.1	Permanente kwadraten .....	213
5.2.2	Kartering van aandachtsoorten .....	215
5.2.3	Beheeraanbevelingen.....	218
5.3	Houtsaegerduinen.....	220
5.3.1	Permanente kwadraten .....	220
5.3.2	Kartering van aandachtsoorten .....	220
5.3.3	Beheeraanbevelingen.....	223
5.4	Noordduinen .....	224
5.4.1	Vegetatiekartering .....	224
5.4.2	Permanente kwadraten .....	229
5.4.3	Kartering van aandachtsoorten .....	231
5.4.4	Beheeraanbevelingen.....	231
5.5	Ter Yde.....	233
5.5.1	Vegetatiekartering .....	233
5.5.2	Permanente kwadraten .....	238
5.5.3	Kartering van aandachtsoorten .....	241
5.5.4	Beheeraanbevelingen.....	245
5.6	Labeurhoek.....	246
5.6.1	Vegetatiekartering .....	246
5.6.2	Permanente kwadraten en detailkartering.....	247



5.6.3	Beheeraanbevelingen.....	248
5.7	Groenendijk.....	248
5.7.1	Vegetatiekartering .....	248
5.7.2	Permanente kwadraten .....	248
5.7.3	Kartering van aandachtsoorten .....	250
5.7.4	Beheeraanbevelingen.....	251
5.8	IJzermonding .....	252
5.8.1	Permanente kwadraten in zilte transecten.....	252
5.8.2	Beheeraanbevelingen.....	263
5.9	Cosmos .....	264
5.9.1	Kartering van aandachtsoorten .....	264
5.9.2	Beheeraanbevelingen.....	264
5.10	Baai van Heist.....	265
5.10.1	Permanente kwadraten in de zilte transecten.....	265
5.10.2	Kartering van aandachtsoorten .....	276
5.10.3	Beheeraanbevelingen.....	280
5.11	Sashul .....	281
5.11.1	Kartering van aandachtsoorten .....	281
5.11.2	Beheeraanbevelingen.....	282
5.12	Zwinduinen.....	282
5.12.1	Vegetatiekartering .....	282
5.12.2	Permanente kwadraten .....	283
5.12.3	Beheeraanbevelingen.....	285
5.12.3.1	Noordelijk deel van de Zwinduinen.....	285
5.12.3.2	Far west .....	287
5.12.3.3	Kleyne Vlakte .....	287
	Referenties .....	292



# 1 INLEIDING

Het project Beheerevaluatie Kust (BEK) is de opvolger van het project PINK (Permanente Inventarisatie van de Natuurreservaten aan de Kust) dat liep in twee fasen tussen 2007 en 2015 (Provoost et al. 2010 & 2015). Binnen het huidige project ligt er een uitdrukkelijke focus op beheerevaluatie met als doel het gevoerde beheer in de door Natuur en Bos beheerde terreinen aan de kust te optimaliseren in functie van het realiseren van de voor deze zone gestelde Europese en Vlaamse beleidsdoelstellingen.

Een eerste belangrijk luik in BEK is de analyse van de hydrologische gegevens aan de kust. Deze deelopdracht omvat het bijeenbrengen van meteorologische gegevens, het vervolledigen van de data in de hydrologische databank WATINA, uitvoeren van kwaliteitscontroles, het verwerken en modelleren van de gegevens en vertaling van de belangrijkste hydrologische variabelen naar kaartmateriaal relevant voor de beheerder. Verder wordt ook een voorstel uitgewerkt voor optimalisatie van de meetnetten met het oog op een substantiële reductie van de huidige meetinspanning.

In een tweede luik worden binnen BEK enkele basiselementen uit PINK verder gezet, namelijk vegetatiekartering, opname van permanente kwadraten, detailkartering van aandachtsoorten en inventarisatie van poelen. Daarbij ligt de nadruk enerzijds op de uitbreiding van de kartering naar andere gebieden, zoals de vegetatiekartering van Cabour of de Noorduinen bijvoorbeeld. Anderzijds gebeurt in een selectie van gebieden of meetpunten een herhaling van de metingen zodat trends kunnen worden bepaald. Voorbeelden zijn de detailkartering van aandachtsoorten in de ontgonnen terreindelen in De Westhoek, de inventarisatie van amfibieën en libellen in een selectie van poelen, broedvogelinventarisatie in Westhoek en Houtsaegerduinen of de opname van een aantal permanente vegetatieproefvlakken. In BEK wordt ook een nieuw onderzoek opgestart naar de typische fungi van stuifduinen.

Tot slot worden de nieuwe gegevens per gebied samengebracht en vertaald naar beheeraanbevelingen.

Binnen de projecten PINK en BEK wordt een directe en dynamische koppeling nagestreefd tussen gegevensinzameling, formuleren van beheeraanbevelingen en de implementatie hiervan. Hiervoor zijn er talloze ad hoc contacten tussen INBO medewerkers en ANB beheerders. In het kader van de huidige opdracht werd begin 2020 ook al een meer formeel plan van aanpak besproken tussen ANB en INBO. Tevens werd door ANB in 2019 en 2020 ingezet op een digitale beschikbaarheid van de gegevens die werden verzameld in het kader van dit onderzoek zodat de boswachter van op het terrein het beheer verrijnd kan voorbereiden.



## 2 METEOROLOGIE

### 2.1 METEOROLOGISCHE GEGEVENS

In deze studie werden meteorologische gegevens vooral ingewonnen in functie van het hydrologisch onderzoek. Het modelleren van peilbuisreeksen met de software Menyanthes vergt lange reeksen met dagelijkse metingen van neerslag en evapotranspiratie. Verder werden temperatuurgegevens opgenomen gezien het ecologisch belang en gezien deze variabele een belangrijk element vormt in de klimaatverandering. Tot slot worden ook luchtdrukgegevens uit verschillende meteo-stations gebruikt als hulp bij de compensatie van drukloggers.

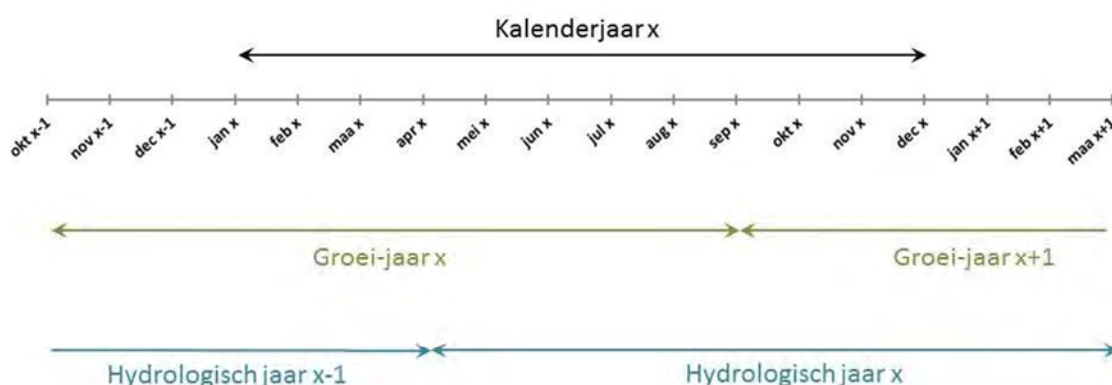


*Figuur 2.1. Meteorologische stations aan de kust beheerd door KMI, KNMI, VMM en MDK.*

De meteorologische gegevens zijn in eerste instantie afkomstig van de stations te Koksijde en Middelkerke van het Belgisch Koninklijk Meteorologisch Instituut (KMI). Voor evapotranspiratie werd de reeks van Koksijde vervolledigd met die van Beitem gezien die eind 2005 werd stopgezet. Een zeer interessant meetstation voor onze kust met lange, volledige en gecontroleerde meetreeksen is het Nederlandse KNMI station van Vlissingen. Het meetnet van de Vlaamse Milieumaatschappij ([www.waterinfo.be](http://www.waterinfo.be)) omvat 6 stations binnen het (ruime) kustgebied: De Panne, Koksijde, Zarren, St-Joris (Nieuwpoort), Klemskerke en Dudzele. Gezien de meetreeksen relatief kort zijn, werden zij niet gebruikt voor de modellering. Uitzondering vormen de gegevens van De Panne, die werden gebruikt om de afwijkende neerslagwaarden van Koksijde in 2015- 2017 aan te vullen. Tot slot vermelden we ook nog de meetstations van het Meetnet Vlaamse Banken (<https://meetnetvlaamsebanken.be>) beheerd door het agentschap MDK, maar de neerslaggegevens uit deze stations werden om dezelfde redenen niet gebruikt. De ligging van de stations is weergegeven in figuur 2.1.

Voor neerslag werden drie lange reeksen weerhouden: 1) Koksijde KMI (vanaf 1951), vervangen door de gegevens van het VMM station in De Panne vanaf 1 januari 2015; 2) Middelkerke KMI (vanaf 1956) en Vlissingen KNMI (vanaf 1957). De twee reeksen met evapotranspiratiegegevens zijn afkomstig van Koksijde/Beitem (vanaf 1967) en Vlissingen (vanaf 1964).

Voor ecologisch relevante analyse van de meteorologische reeksen wordt gebruik gemaakt van zogenaamde 'groei-jaren' (figuur 2.2). Dit is ingegeven door het feit dat waarnemingen van planten voornamelijk tijdens het 'groeiseizoen' (lente en zomer) worden verricht. De hydrologische situatie waarmee het voorkomen van een bepaalde soort geassocieerd is, doet zich logischerwijs voor in de periode (maanden) vóór de waarneming. Het probleem met kalenderjaren en vooral hydrologische jaren is dat zij veel informatie bevatten van na het groeiseizoen, wat voor de plantenwaarnemingen niet meer relevant is.



Figuur 2.2. Definitie van groei-jaren en hydrologische jaren.

## 2.2 ALGEMENE LUCHTCIRCULATIE

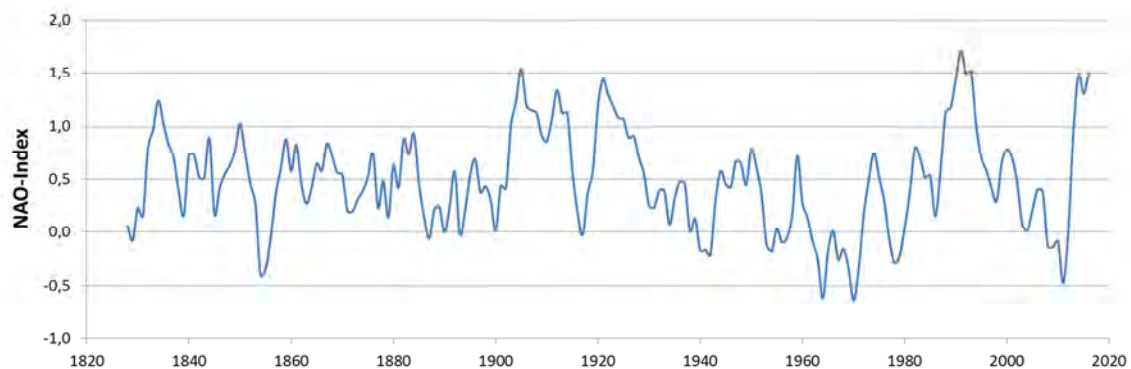
Om de variatie in meteorologische variabelen zoals neerslag en evapotranspiratie te kunnen kaderen, gaan we kort in op de algemene luchtcirculatie in onze regio. De weersvariatie in Noordwest-Europa is sterk gerelateerd aan de grootschalige gradiënt in luchtdruk binnen het Noord-Atlantisch gebied. Onder normale omstandigheden heerst er een relatief hoge luchtdruk op subtropische breedtes van 20°N – 40°N (hoge drukgebied van de Azoren) en een lage druk op een breedte van 50°N tot 70°N (depressie boven IJsland). Het noord-zuid drukverschil bepaalt de sterkte van de westelijke winden over de Atlantische Oceaan en staat bekend als de Noord-Atlantische Oscillatie (North Atlantic Oscillation of NAO). Een positieve NAO staat voor een groot drukverschil en resulteert in sterke westelijke winden. Dit gaat doorgaans gepaard met een hogere stormkracht en –frequentie. De stormen trekken daarbij over noordwestelijk Europa. Bij een laag drukverschil zijn de stormen minder krachtig en frequent en trekken zij over zuidelijk Europa (Hurrell 1995; Hurrell et al. 2003).

Indices voor de NAO worden doorgaans afgeleid van het genormaliseerd drukverschil tussen een station op de Azoren en een station op IJsland. Jones et al. (1997) gebruiken een alternatieve index met Gibraltar als zuidelijk station. Hierdoor kan een langere reeks van de index worden opgesteld, teruggaand tot 1823. Nadeel is echter de beïnvloeding van het Iberisch schiereiland door een lokaal circulatiepatroon waardoor de relatie tussen NAO en neerslagpatronen tijdens de zomer vertroebelt (Osborn 2004).

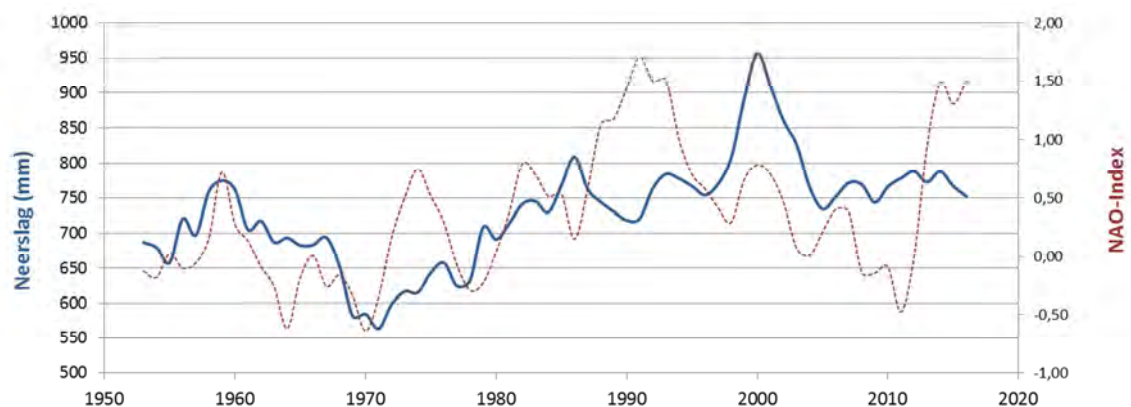


Belangrijk voor ecologische toepassingen is de associatie tussen de NAO en patronen van temperatuur en neerslag in Europa en Noord Amerika. Deze patronen verschillen tussen winter en zomer. Vooral tijdens de wintermaanden drukt de NAO een belangrijke stempel op het klimaat van het Noordelijk Halfrond (Osborn 2011). Bij hoge winter-NAO-index (groot drukverschil) is er een hogere kans op hoge wintertemperaturen en hoge neerslag in Noordwest-Europa. Bij een lage winter-NAO index zien we de omgekeerde trend. Het winterseizoen vertoont ook de hoogste variabiliteit tussen decennia. Door de hogere temperaturen zijn de patronen van luchtcirculatie tijdens de zomer veel complexer, waardoor de relatie tussen neerslagpatronen en NAO vervaagt.

Fluctuaties in NAO manifesteren zich op verschillende tijdschalen. Er zijn dagelijkse schommelingen, geassocieerd met lokale weersystemen, seizoenale patronen en langere termijn schommelingen. Smith et al. (2016) relateren de langere termijn variabiliteit onder meer aan de invloed van de temperatuur van het oceaanwater, zonneactiviteit en effecten van vulkaanuitbarstingen. Er wordt geen verband gevonden tussen het gedrag van de NAO en de globale toename van de temperatuur door klimaatverandering (Cohen & Barlow 2005).



Figuur 2.3. Lopend gemiddelde over 5 jaar van de winter-NAO-Index (DJFM) naar Jones et al (1997).



Figuur 2.4. Lopend gemiddelde over 5 jaar van de winter-NAO-Index (DJFM) en neerslag te Koksijde.

Het verloop van de NAO sinds 1826 wordt weergegevens in figuur 2.3. Over die lange tijdspanne vertoont de index geen duidelijke trend. De voorbije halve eeuw zien we schommelingen met een amplitude van enkele decennia. Dalen doen zich voor in de jaren 1960 en rond 2011, piekperiodes zien we rond 1991 en tijdens de voorbije jaren (2015-'18). Daar bovenop zien we een schommeling met een periodiciteit van ongeveer 8 jaar. Deze variatie, zowel over meerdere decennia als de achtjarige schommelingen, zien we

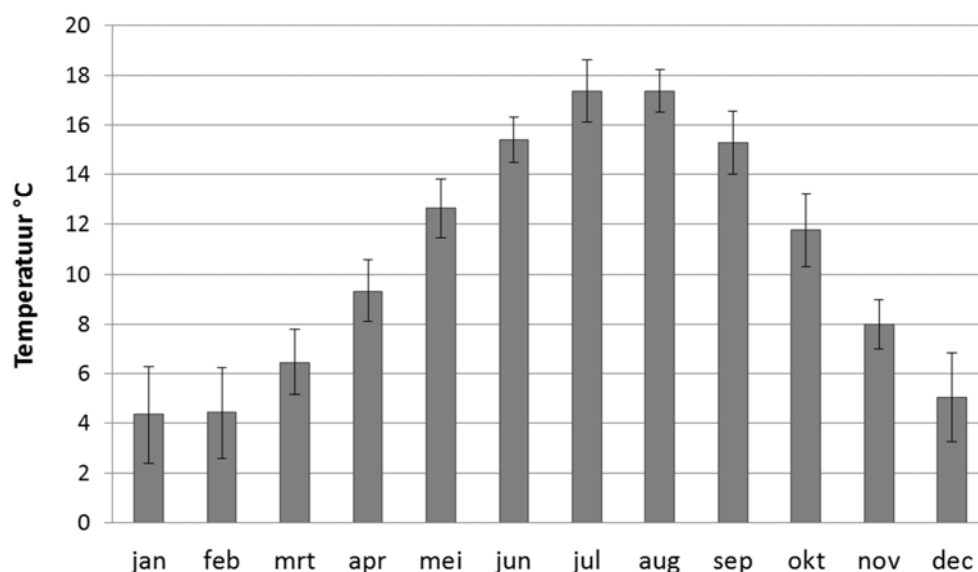


weerspiegeld in de neerslagpatronen, al is de relatie zeker niet steeds eenduidig (figuur 2.4). Een belangrijke parallel is de stijging van zowel NAO-Index als neerslag in grofweg de periode 1970-2000.

## 2.3 TEMPERATUUR

De gemiddelde luchttemperatuur voor het KMI meetstation te Middelkerke tijdens de voorbije 25 jaar bedroeg 10,6°C. De temperatuur varieert tussen 4,4°C in januari-februari en 17,4°C in juli-augustus (figuur 2.5). Door de bufferende werking van de zee is de gemiddelde luchttemperatuur aan de kust ca. 1°C hoger dan in Laag en Midden België tijdens de winter en 1°C lager in de zomer. Zodra het temperatuurverschil tussen land (warmer) en zee (kouder) voldoende groot wordt, ontstaat een thermische circulatie (zeebries) die voorkomt dat de luchttemperatuur in de kuststreek dezelfde waarden bereikt dan in het binnenland. Deze bries dringt 10 tot 20 km door in het binnenland. De invloed van de Noordzee verzwakt ook de amplitude van de dagelijkse temperatuurschommelingen (Klimaatatlas op [ww.meteo.be](http://ww.meteo.be)).

Voor het overleven van organismen speelt de vorstperiode een belangrijke rol. Aan de Belgische kust worden gemiddeld slechts 45 vorstdagen genoteerd terwijl dit in het noorden van Limburg oploopt tot 60 à 70 dagen en in de Hoge Venen 100 tot 110 dagen (Kustatlas). Verschillende soorten met een Atlantisch-mediterraan verspreidingspatroon vertonen hierdoor een uitgesproken kustgebonden karakter in het noorden van het areaal.

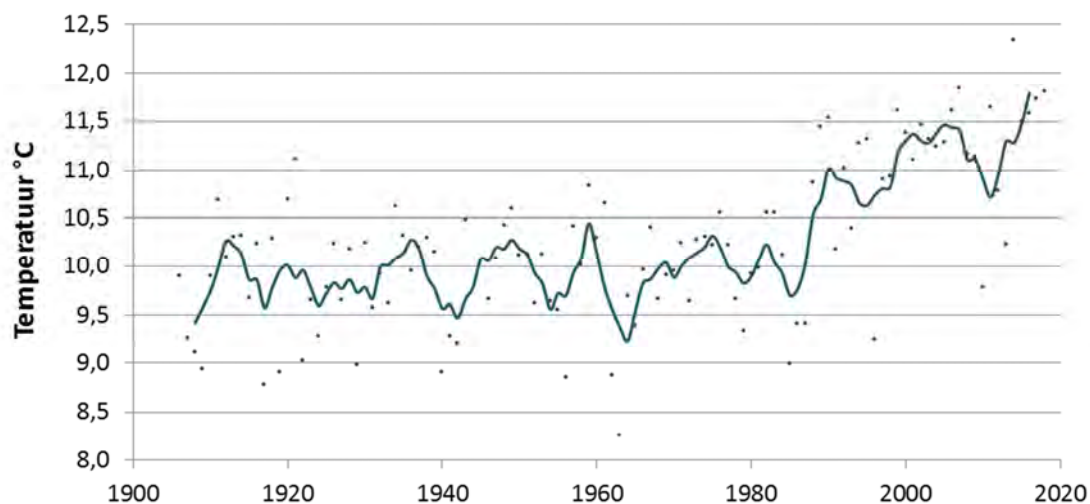


Figuur 2.5. Gemiddelde maandelijkse temperatuur voor Middelkerke (periode 1999-2018).

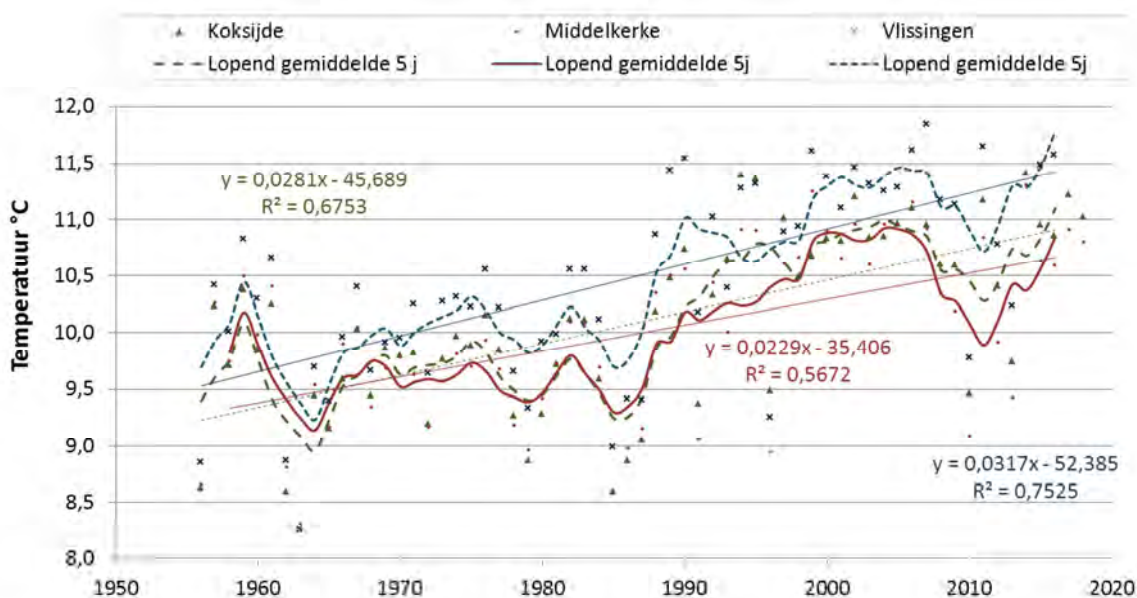
Uit de statistische analyse van de gemiddelde jaartemperatuur in Ukkel blijkt dat die sinds het einde van de 19de eeuw significant is gestegen. Halverwege de 20ste eeuw valt die stijging bijna stil, maar nadien is de temperatuur nog sneller beginnen stijgen. De laatste jaren vertoont de temperatuur een constante stijging met +0,4°C per decennium. Uit de trendcurve blijkt dat de gemiddelde temperatuur op dit ogenblik 2,3°C hoger is dan in het pre-industriële tijdperk ([www.klimaat.be](http://www.klimaat.be)). Deze stijging is in belangrijke mate toe te schrijven aan de antropogene uitstoot van broeikasgassen (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O ...). Die zorgt voor een verhoging van



de absorptie van infrarode straling waardoor minder van deze straling de top van de atmosfeer kan verlaten. De gemiddelde klimaatscenario's voorspellen dat de huidige temperatuurstijging zich verderzet en dat de gemiddelde temperatuur in Ukkel de komende 30 jaar nog 1,1 °C toeneemt (van Lipzig & Willems 2015). De scenario's zijn echter sterk afhankelijk van de emissies van broeikassen en dus van het gevoerde beleid.



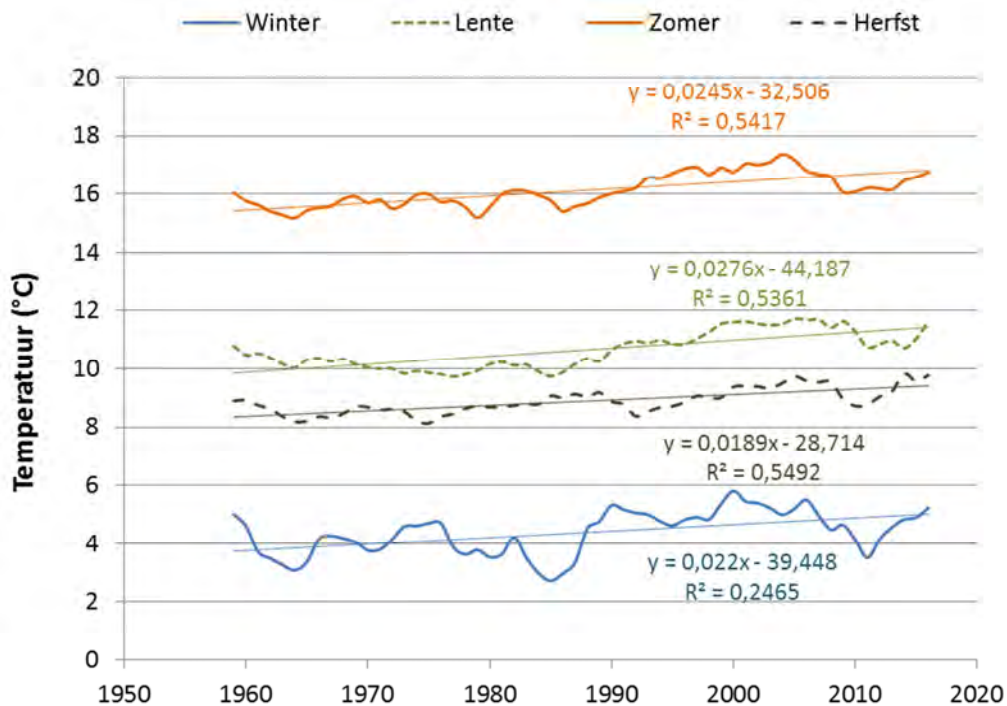
Figuur 2.6. Verloop van de jaargemiddelde luchttemperatuur en het lopend gemiddelde over 5 jaar (volle lijn) voor het KNMI station Vliissingen.



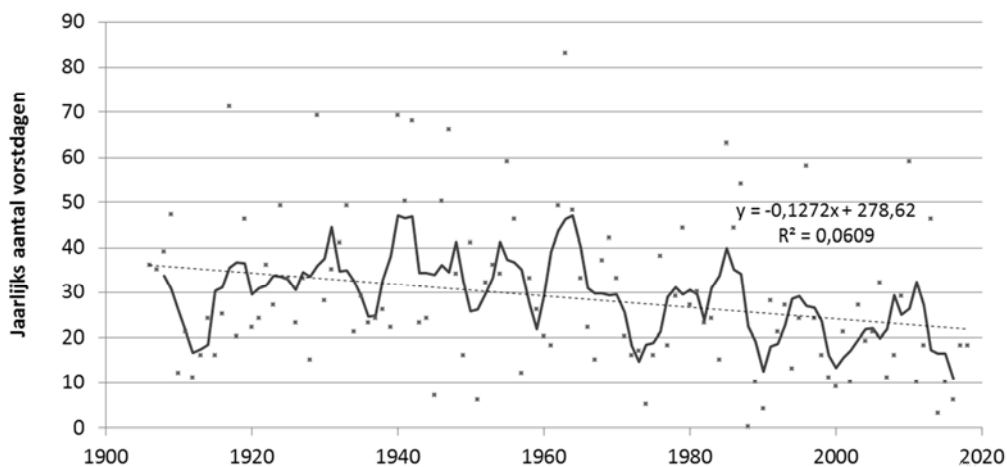
Figuur 2.7. Verloop van de jaargemiddelde luchttemperatuur en lopend gemiddelde over 5 jaar voor de stations Koksijde (KMI), Middelkerke (KMI) en Vliissingen (KNMI). Lineaire trendlijn bepaald op de 5-jaar lopende gemiddelden.

Ook aan de kust is een duidelijke toename van de temperatuur vast te stellen. Uit de lange tijdreeks voor Vliissingen valt tussen 1906 en 1987 geen trend af te leiden (figuur 2.6). De gemiddelde temperatuur over deze gehele periode bedroeg 9,9°C. Vanaf het einde van de

jaren '80 is er een sterke stijging van de gemiddelde temperatuur. De gemiddelde temperatuur voor het meetstation Vlissingen in de periode na 2000 bedraagt 11,3°C, een stijging van 1,4°C. Voor de Belgische stations Koksijde en Middelkerke wordt een gelijkaardige trend vastgesteld (figuur 2.7). Hier wordt een temperatuurstijging vastgesteld van gemiddeld 9,5°C in de periode 1958-1987 naar 10,6°C (Middelkerke) en 10,8°C (Koksijde), een stijging van respectievelijk 1,1 en 1,3°C. Deze trend is significant (t-toets,  $p < 0,005$ ). Figuur 2.8 toont aan dat er geen noemenswaardige verschillen zijn in het verloop tussen de seizoenen. Ook vertonen de stations Koksijde, Middelkerke en Vlissingen een relatief consistent patroon.



Figuur 2.8. Trend in het lopend gemiddelde van de luchttemperatuur (over 5 jaar) voor het KMI station Middelkerke (KMI) uitgesplitst per seizoen.



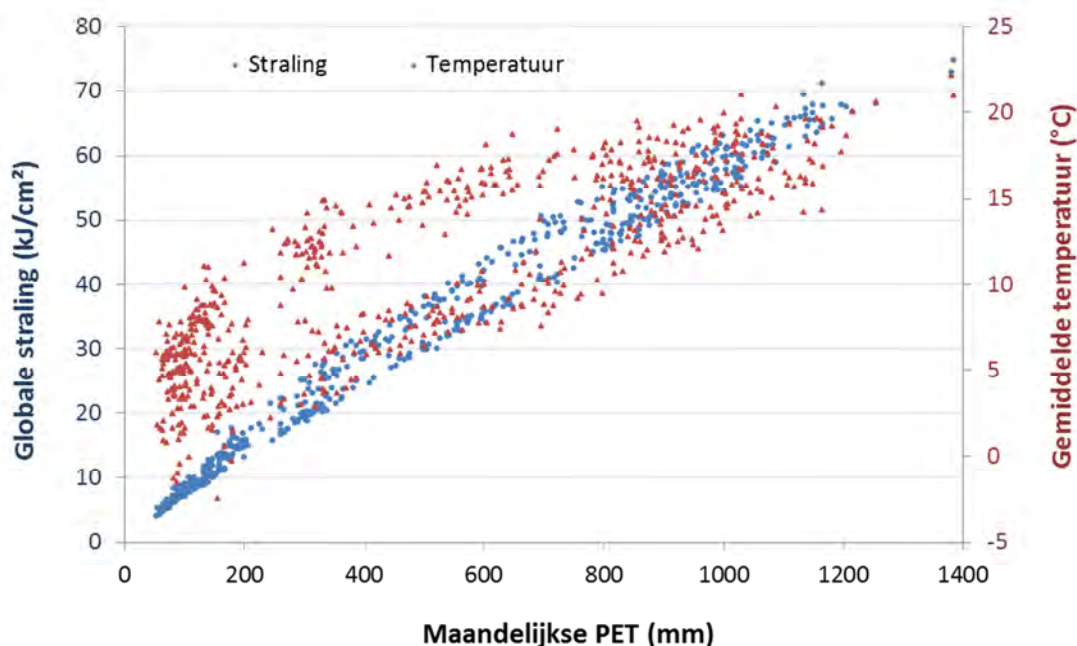
Figuur 2.9. Evolutie van het jaarlijks aantal vorstdagen ( $T_{min} < 0$ ) en het 5-jaarlijkse gemiddelde voor het KNMI station Vlissingen.

Een ecologisch relevante indicator voor de verandering in temperatuur is het aantal vorstdagen per jaar (dagen met minimumtemperatuur onder nul). Op de lange tijdreeks voor station Vlissingen zien we dit aantal vanaf de jaren 70 beduidend afnemen (figuur 2.9). Voor de stations Koksijde en Middelkerke wordt een gelijkaardige trend vastgesteld. Het aantal vorstdagen is er in de periode na 1985 afgenomen van respectievelijk 42 naar 33 en van 42 naar 35 dagen ten opzichte van de periode 1955-1984. Deze trend is significant (t-toets,  $p < 0,005$ ), ondanks de sterke fluctuaties.

## 2.4 EVAPOTRANSPIRATIE

De evapotranspiratie vormt een essentieel element in de waterbalans van een gebied. Het is de som van de verdamping vanuit bodem, open water of vanaf het vegetatiedek (evaporatie) en de uitstoot van waterdamp door de ademhaling van vooral planten (transpiratie). Er wordt een onderscheid gemaakt tussen de actuele evapotranspiratie, die grote variatie vertoont in tijd en ruimte, en de theoretische 'potentiële evapotranspiratie' (PET) vanaf een oppervlak onder actuele meteorologische voorwaarden maar bij een theoretische, ongelimiteerde watervoorziening vanuit de bodem. PET wordt dus steeds uitgedrukt ten opzichte van een bepaald vegetatietype, bij het KMI is dit 'gras'.

De berekeningen van deze potentiële evapotranspiratie aan het KMI (Ukkel) gebeuren volgens een gemodificeerde Penman-Monteith methode die rekening houdt met verschillende variabelen. Zonne-instraling of irradiantie is daarbij cruciaal maar ook luchttemperatuur, -druk, -vochtigheid, bewolking en gestandaardiseerde karakteristieken van bodem en vegetatie spelen een rol (Bultot et al. 1983). De correlatie tussen de PET en stralingsenergie wordt weergegeven in (figuur 2.10). Deze figuur toont ook dat de relatie tussen PET en temperatuur minder éénduidig is omdat die wordt beïnvloed door andere factoren zoals onder meer wind, luchtvochtigheid en bewolking.

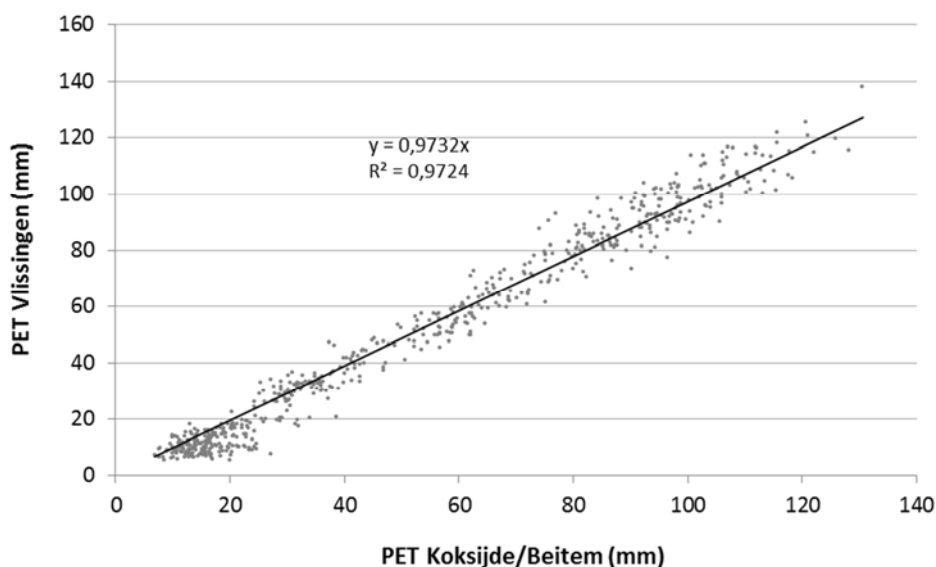


Figuur 2.10. Verband tussen enerzijds PET (maandtotalen) en anderzijds globale straling (maandtotaal) en gemiddelde temperatuur (KNMI station Vlissingen).



In deze studie maken we vooral gebruik van de evapotranspiratiegegevens van het KMI station Koksijde en het KNMI station Vlissingen. De meetreeks voor Koksijde is stopgezet eind 2005 en vervangen door metingen voor Beitem. Voor de modellering van peilbuis-meetreeksen via Menyanthes gebruiken we daarom een samengestelde meetreeks Koksijde-Beitem. Figuur 2.11 toont aan dat de maandelijks gecumuleerde evapotranspiratiegegevens goed gecorreleerd zijn, zelfs over de afstand tussen Koksijde/Beitem en Vlissingen. Dit maakt het werken met de samengestelde reeks aanvaardbaar.

Op basis van de reeks Koksijde-Beitem bedroeg de gemiddelde jaarlijkse PET tijdens de voorbije 25 jaar (1994-2018) 612 mm. Het gemiddelde voor Vlissingen voor dezelfde periode ligt in dezelfde grootte-orde (637 mm). De seizoenale variatie is groot (figuur 2.14) en ligt aan de basis van de jaarlijkse schommelingen van de grondwatertafel. Tijdens de lente- en zomermaanden mei-augustus noteren we een potentiële evapotranspiratie van ca. 100 mm per maand, terwijl dit voor de wintermaanden terugloopt tot gemiddeld 16 mm per maand. Het gemiddelde jaarlijkse verloopt kent een mooie klokvormige curve zonder significante verschillen tussen Koksijde-Beitem enerzijds en Vlissingen anderzijds (figuur 2.12).

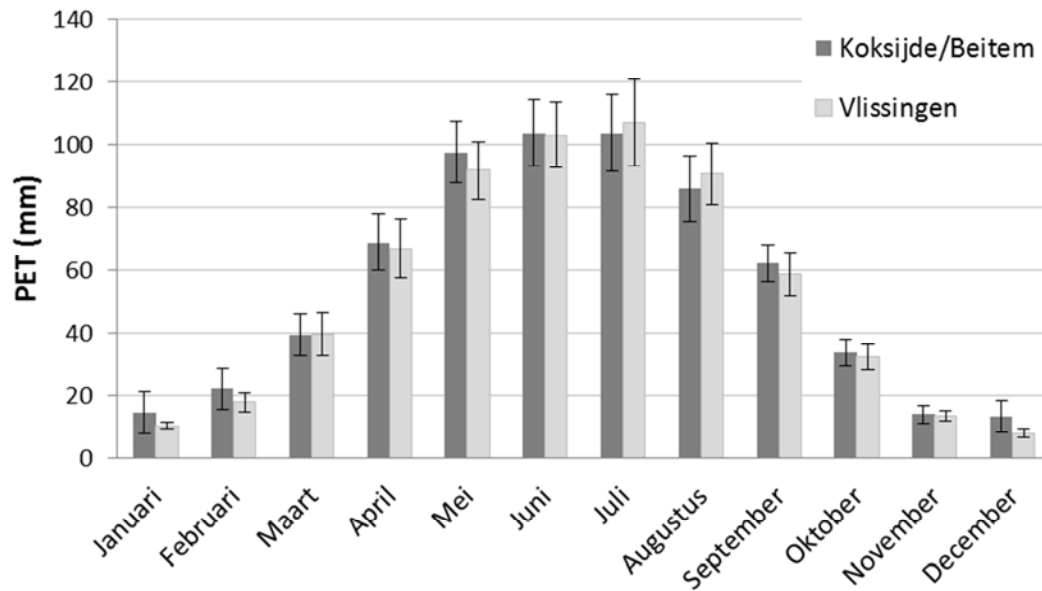


*Figuur 2.11. Vergelijking van de maandelijks potentiële evapotranspiratie tussen meetstations Vlissingen en Koksijde/Beitem*

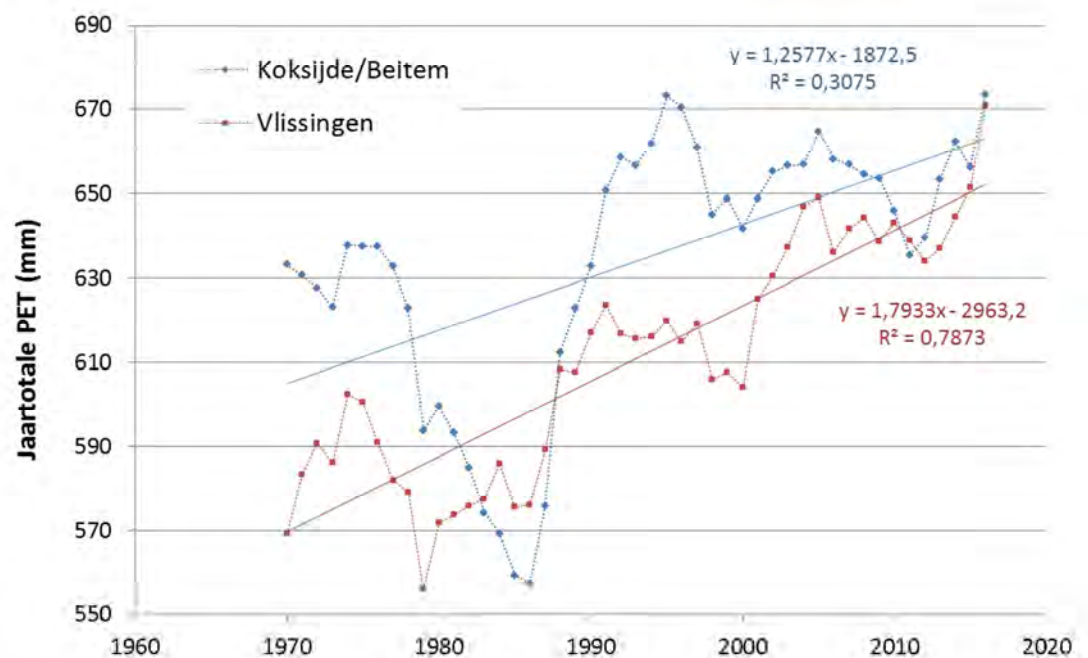
Figuur 2.13 geeft de trend weer in jaarlijkse PET voor de meetreeksen van Koksijde-Beitem en van Vlissingen. Beide reeksen vertonen een duidelijke stijging, die samenhangt met de stijging van de gemiddelde luchttemperatuur. De jaarlijkse potentiële evapotranspiratie voor Koksijde-Beitem is tijdens de voorbije 25 jaar (1994-2018) 45 mm groter dan tijdens de eerste 25 jaar van de metingen (1968-1992). Het betreft een stijging van 7,3%. In absolute waarde is de toename groter tijdens de zomer dan tijdens de wintermaanden maar in relatieve termen is zij onafhankelijk van het seizoen (figuur 2.14). Vlissingen vertoont zowel voor temperatuur als PET een sterkere toename dan Koksijde. Voor de hierboven vermelde periodes bedraagt de toename van PET er 8,5%. De toename is er ook iets meer seizoensafhankelijk. Tijdens de zomermaanden wordt de grootste stijging vastgesteld, namelijk 9%.



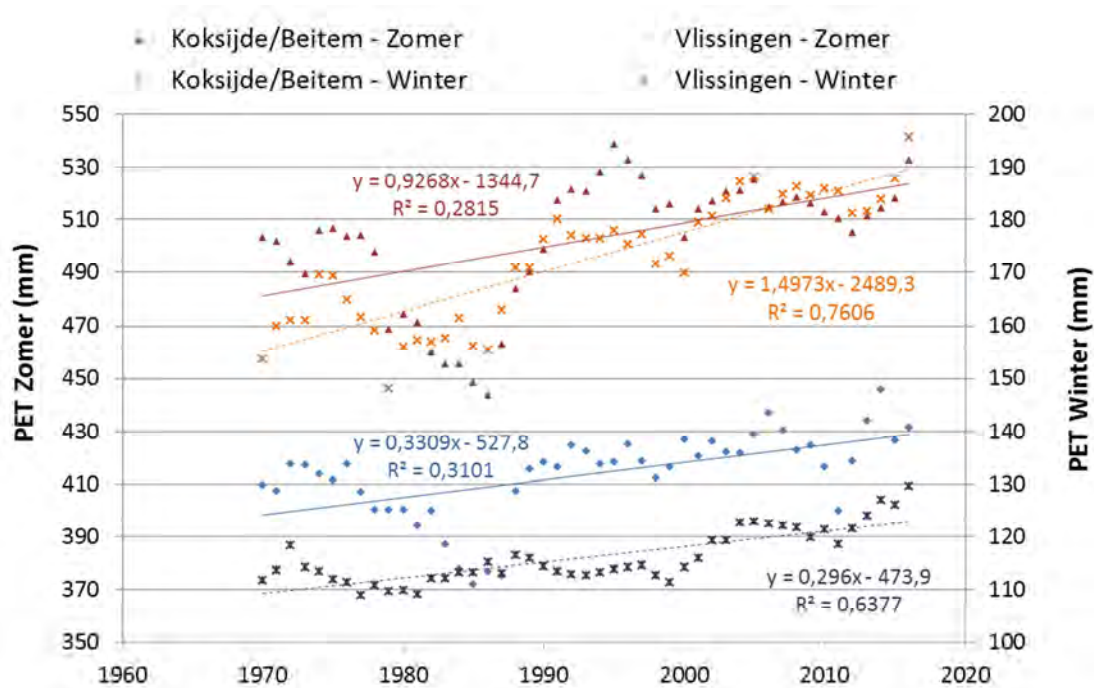
Deze trend wordt ook vastgesteld in de lange meetreeks van Ukkel. Hier zien we een stijging van de evapotranspiratie sedert de jaren 1980. Die is het meest uitgesproken sedert de jaren '90 (Ntega et al. 2008).



Figuur 2.12. Gemiddeld jaarpatroon in de potentiële evapotranspiratie in de periode 1994-2018.



Figuur 2.13. Trend in jaarlijkse potentiële evapotranspiratie (lopend gemiddelde over 5 groei-jaren).



Figuur 2.14. Seizoens trends potentiële evapotranspiratie (lopend gemiddelde over 5 groei-halfjaren).

Variatie in bodemtype en -vochtigheid en in samenstelling en structuur van de vegetatie zijn sterk bepalend voor de *actuele evapotranspiratie* op een bepaalde locatie. Zo wordt de windsnelheid heel lokaal beïnvloed door de architectuur van de vegetatie of de ruwheid van het bodemoppervlak. Transpiratie is dan weer soortspecifiek en afhankelijk van de totale oppervlakte aan bladeren, uitgedrukt door middel van de LAI of Leaf Area Index. Gezien de veranderlijkheid in tijd en ruimte van alle factoren die de actuele verdamping bepalen is het meten ervan bijzonder moeilijk. Sevenant et al. (2002) bepaalden evapotranspiratie voor een aantal kenmerkende vegetatietypen in de duinen via opschalen van verdampingsmetingen op bladniveau. Dergelijke methode laat toe om de invloed van verschillende omgevingsvariabelen op de verdamping van individuele planten(delen) na te gaan maar het opschalen op vegetatie- of biotoopniveau veroorzaakt zeer brede foutenmarges.

Om dit probleem te vermijden wordt gebruik gemaakt van lysimeters. Dit zijn grote bakken voorzien van bodem en vegetatie waarin de volledige waterbalans wordt opgevolgd door metingen van zowel de neerslag, bodemvocht als uitvloeiende bodemwater. Dergelijke gegevens zijn voor duinvalleien echter zeer schaars. Op basis van een lange reeks (1941-1997) van lysimeterwaarnemingen in Castricum, in de duinen van Noord-Holland, geeft Van der Hoeven (2011) volgende cijfers voor de jaarlijkse actuele evapotranspiratie:

- Kaal (droog) zand: 200 mm (75% infiltratie)
- Struweel en loofbos: 500-600 mm (30-40% infiltratie)
- Naaldbos: 700 mm (15-20% infiltratie).

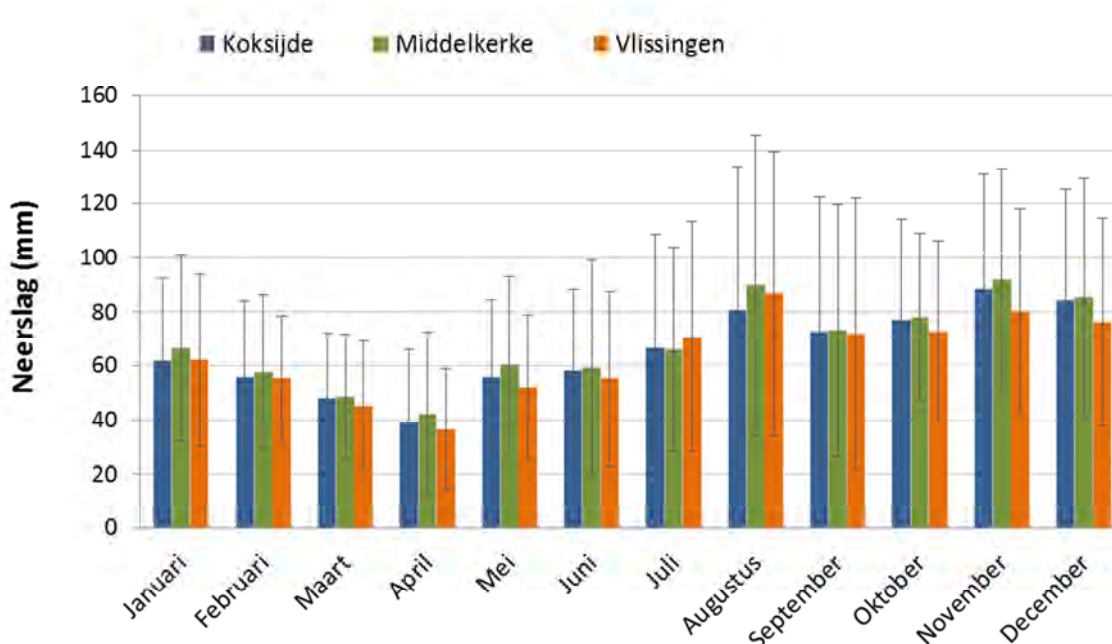
Bakker et al. (1979) geven voor duinvalleien een zelfde grootte-orde als voor loofbos en struweel, namelijk 500-600 mm per jaar.

## 2.5 NEERSLAG

De hoeveelheid neerslag is sterk bepalend voor de bodemvochtigheid, één van de cruciale standplaatsfactoren voor planten. Biotopen worden rechtstreeks beïnvloed door aanvulling van het bodemwater of onrechtstreeks via de grondwaterhuishouding. In het KMI station van Koksijde viel er de voorbije 25 jaar (1994-2018) gemiddeld 800 mm neerslag per jaar. In Middelkerke werd in dezelfde periode een iets hogere waarde gemeten (829 mm) en Vlissingen een iets lagere (771 mm). De gemiddelde maandelijkse neerslaghoeveelheid aan de kust varieert tussen ca. 40 en 90 mm. De lente is het droogste seizoen met april als droogste maand; de herfst is het natst met november als natste maand (figuur 2.15).

Neerslagpatronen kunnen zeer variabel zijn op korte afstand maar de gemiddelden vertonen geen duidelijk geografisch patroon langsheen de kust. De gemiddelde maandelijkse neerslag voor 8 meetstations tussen Dunkerque in Frankrijk en Vlissingen in Nederland varieert tussen 50 en 60 mm maar vertoont geen significante verschillen (figuur 2.16).

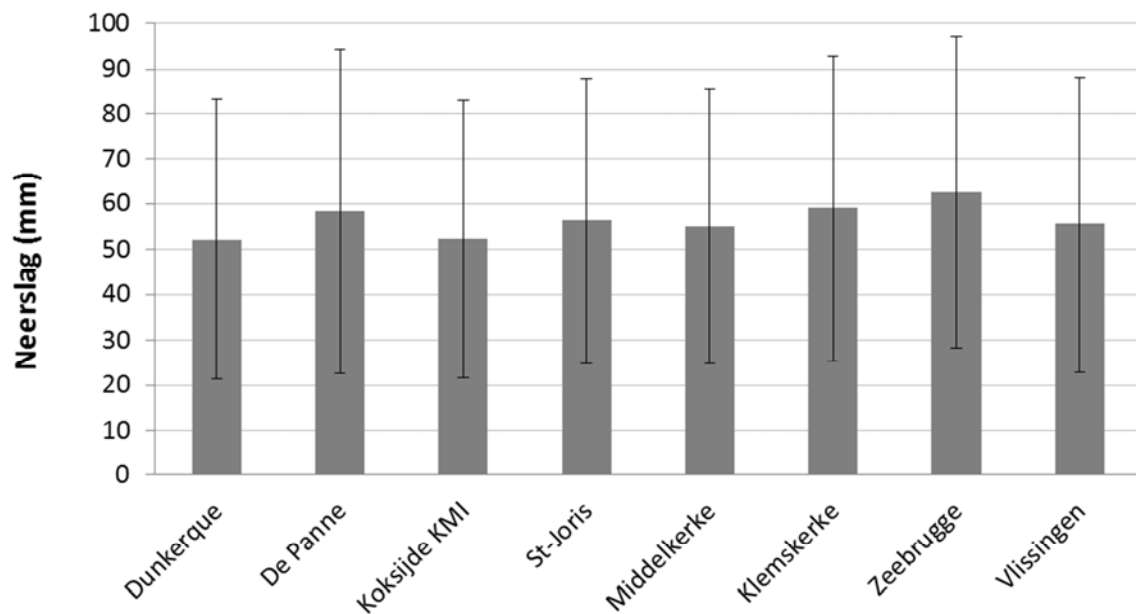
Dwars op de kustlijn zijn er wel duidelijke verschillen. In de kustregio is de neerslaghoeveelheid lager dan in het nabije binnenland (Klimaatatlas op [ww.meteo.be](http://ww.meteo.be)). Globaal is de neerslagduur aan de zee korter en zijn er vlugger opklaringen dan in het binnenland. In vergelijking met binnenlandse neerslagstations (Brussel & Lille) vertonen Koksijde en Dunkerque de kleinste maandtotalen behalve in september en oktober. In deze maanden doen zich herfststoringen voor die voor veel neerslag kunnen zorgen. De zeewatertemperatuur is dan nog relatief hoog, zodat over de zee en aan de kust gemakkelijker buien tot ontwikkeling komen dan in het binnenland (Landuyt & Schietecat 1992).



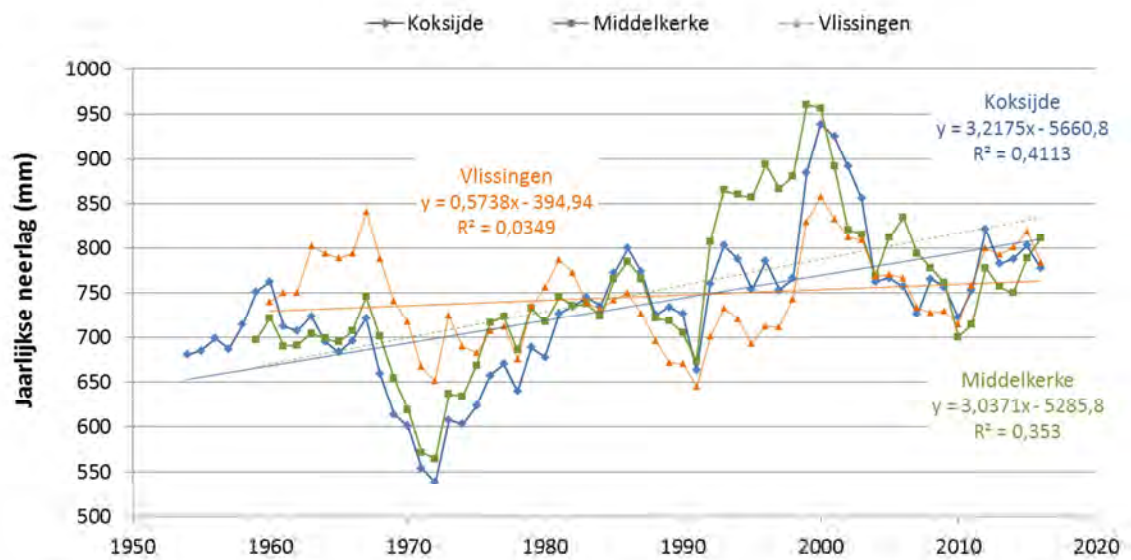
Figuur 2.15. Gemiddelde maandelijkse neerslag tijdens de voorbije 25 jaar (1994-2018).

Neerslagpatronen zijn in de tijd heel variabel. Toch zijn er bepaalde trends en cycli in te herkennen. De metingen voor Koksijde en Middelkerke tonen aan dat de jaarlijkse neerslaghoeveelheid aan de kust tijdens de voorbije 60 jaar significant is toegenomen (figuur 2.17, tabel 2.1). Deze stijging doet zich vooral voor in de winter en de herfst, wat in

overeenstemming is met de trend die in heel Vlaanderen (Ntegeka & Willems 2008; [www.klimaat.be](http://www.klimaat.be)) en Noordwest-Europa (Moberg & Jones 2005) wordt vastgesteld. Het meetstation Vlissingen vertoont geen duidelijke trend. Voor Middelkerke wordt ook in de zomer een significante positieve trend vastgesteld. Hier is dan ook de sterkste stijging te zien.

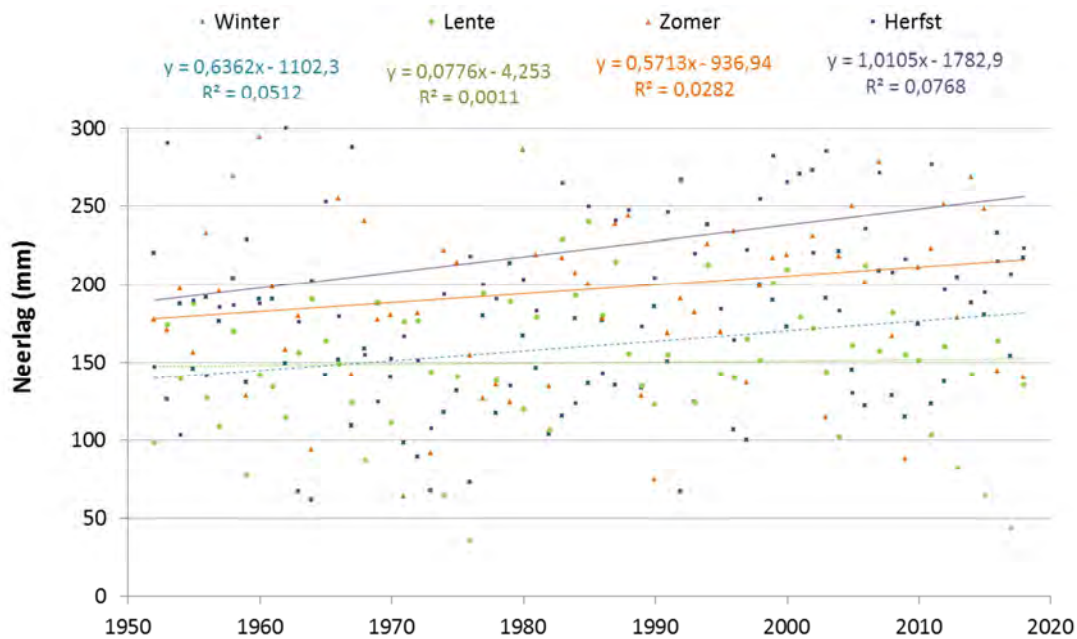


Figuur 2.16. Gemiddelde maandelijkse neerslag (met standaarddeviatie) berekend over de 40 maanden (periode 2008-2016) waarin voor alle stations volledige meetreeksen voorhanden zijn. De meetstations worden weergegeven van west naar oost.



Figuur 2.17. Evolutie van de jaarlijkse neerslaghoeveelheid in Koksijde, Middelkerke en Vlissingen (lopend gemiddelde over 5 groei-jaren).





Figuur 2.18. Trend in jaarlijkse neerslaghoeveelheid in Koksijde verdeeld over de seizoenen van een groei-jaar.

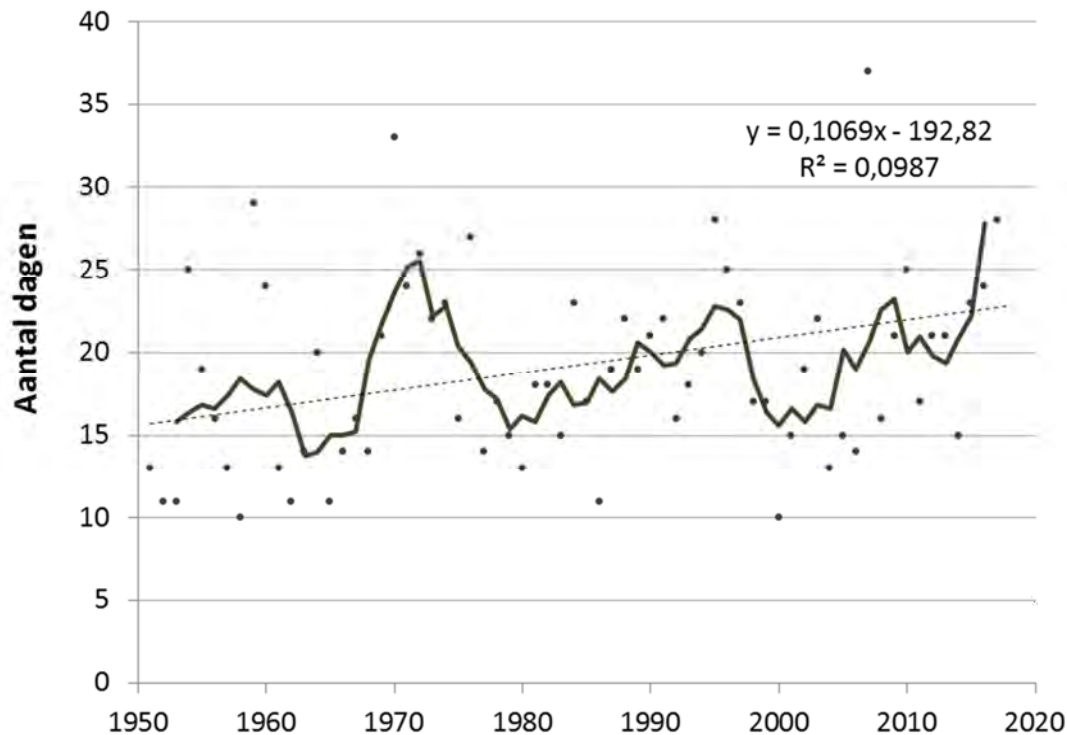
Neerslagtrends over langere periodes tonen fluctuaties over meerdere decennia. Zo waren de jaren 1910-'20, de jaren 1960 en de voorbije 15 jaar duidelijk nattere perioden en waren de jaren 1930 en '40 en de jaren 1970 droger. De recente hogere frequentie van extreme zomerbuien is niet zo uitgesproken als in de jaren 1960. De winterse neerslag is recent echter gestegen tot de hoogste waarden van de voorbije 108 jaar (Ntega et al. 2008).

Fluctuaties met kortere cycli zijn minder duidelijk vast te stellen. We wezen al op een 8-jarige cycliciteit in de NAO die zich vertaalt in de winterse neerslagpatronen. Zo vonden De Jongh et al. (2006) een cyclus met 7-jarige periode die mogelijks aan de NAO variatie is gerelateerd. Ecologisch van belang is het gegeven dat de variabiliteit van de neerslag op kortere termijn de langere termijn trends volledig overschaduwet. Op langere termijn kunnen al dan niet cumulatieve effecten van trends echter gaan doorwegen.

Tabel 2.1. Trend in totale neerslaghoeveelheid voor drie kuststations met weergave van significantieniveau van de t-toets.

	Jaar	Winter	Lente	Zomer	Herfst
Koksijde	+ (p<0,005)	+ (p<0,05)	n.s.	n.s.	+ (p<0,025)
Middelkerke	+ (p<0,005)	+ (p<0,01)	n.s.	+ (p<0,05)	+ (p<0,05)
Vlissingen	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Zowel voor de meetstations Koksijde (figuur 2.19), Middelkerke als Vlissingen zien we een significante toename in droogteperiodes, uitgedrukt als het maximaal aantal opeenvolgende lente- en zomerdagen met neerslaghoeveelheid kleiner dan 1 mm (t-toets, P<0,005). Voor de vegetatie betekent dit een toegenomen contrast tussen zomers met meer droogteperiodes en nattere winters.



Figuur 2.19. Trend in het maximaal aantal opeenvolgende lente- en zomerdagen met neerslaghoeveelheid kleiner dan 1 mm (KMI station Koksijde).

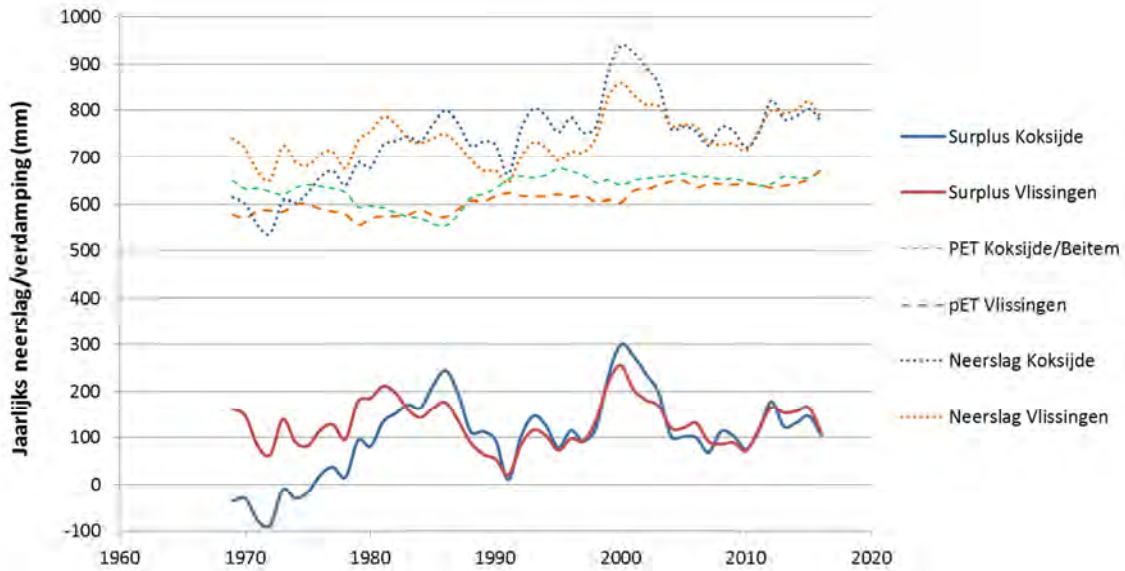
Klimaatmodellen voorspellen in het algemeen een verhoging van de neerslag in Noord Europa en een daling in het zuiden. België bevindt zich in een transitiezone. De voorspellingen gaan uit van een verdere vernatting in de winter en verdroging in de zomer, resulterend in een lichte toename van de jaargemiddelde neerslag (Van Lipzig & Willems 2015). Verder wordt ook meer extreme neerslag verwacht in de zomer. De betrouwbaarheid van de neerslagmodellen is echter relatief gering.

Van Haren et al. (2012) wijzen op een structurele onderschatting van de zomerse neerslagtoename aan de Europese westkust. Hier blijken regionale klimaatmodellen aangedreven door waargenomen atmosferische circulatie en oppervlakte zeewateremperaturen veel beter in staat de waargenomen trends te reproduceren. Het is echter nog onduidelijk wat de oorzaken zijn van de trends in grootschalige circulatie en dus of deze invloed zich zal blijven doorzetten.

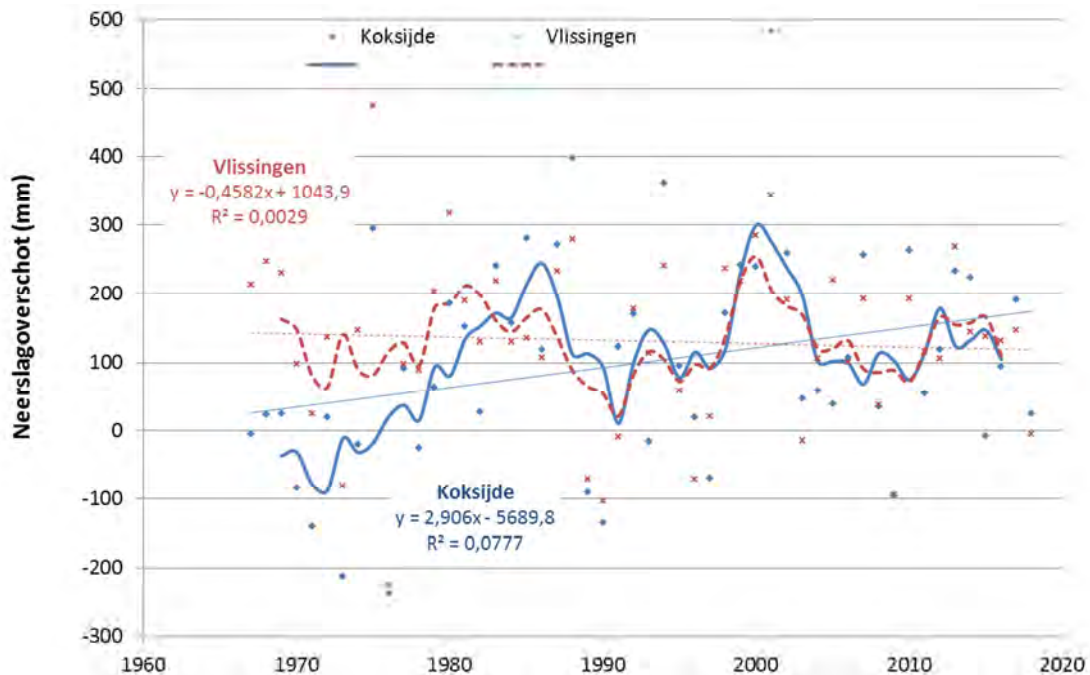
## 2.6 NEERSLAGOVERSCHOT

Het neerslagoverschot of -tekort, uitgedrukt als het verschil tussen neerslag en evapotranspiratie, vormt een cruciaal element in de hydrologische balans. Bij gebrek aan gegevens over actuele verdamping maken we hiervoor gebruik van de gegevens over potentiële evapotranspiratie. Figuren 2.20 en 2.21 geven het verloop van dit neerslagoverschot weer sedert het begin van de metingen in stations Koksijde en Vlissingen. Met uitzondering van de jaren 1970 lijken beide reeksen goed overeen te komen. Het hogere surplus in Vlissingen in de jaren '70 is te wijten aan de hogere neerslag. Hierdoor vertonen beide stations een verschillende trend. Het station Koksijde vertoont een significante toename van het neerslagoverschot ( $p < 0,05$ ) terwijl voor Vlissingen binnen de beschouwde periode

geen trend vertoont. De toename in Koksijde is echter gerelateerd aan de lage neerslag in de jaren '70. Als we enkel de voorbije 40 jaar in beschouwing nemen (periode 1979-2018), is er ook voor Koksijde geen trend meer te bespeuren en houden toename van jaarlijkse neerslag en evapotranspiratie elkaar blijikbaar in evenwicht. Het gemiddeld (potentieel) neerslagoverschot in die periode bedraagt er 636 mm.



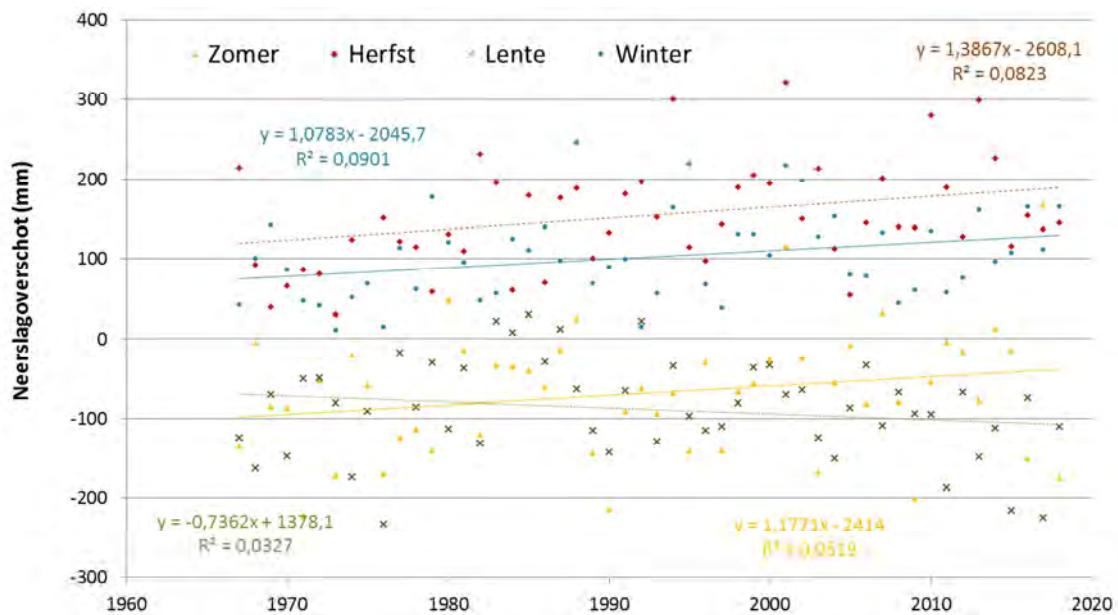
Figuur 2.20. Neerslag, potentiële evapotranspiratie en resulterend neerslagoverschot voor de meetstations Koksijde - KMI en Vlissingen - KNMI in de periode 1967-2018 (lopend gemiddelde over 5 groei-jaren).



Figuur 2.21. Trend in het jaarlijks neerslagoverschot (lopend gemiddelde over 5 groei-jaren).

Van Camp et al. (2012) bekeken de evolutie van het neerslagoverschot aan de hand van een lange reeks meteorologische gegevens van Ukkel (1833-2005). Zij stelden een globale toename van de potentiële neerslaginfiltratie vast met 3,8 mm per decade op een gemiddelde van 239 mm per jaar (en een jaarlijkse neerslag van 790 mm). Het neerslagoverschot vertoont een periodiciteit van ca. 40 tot 50 jaar met opvallend drogere perioden in de decennia 1860-'70, 1900-'10 en 1950-'60. Natte periodes liggen tussenin met 1980-'90 als natste decennium.

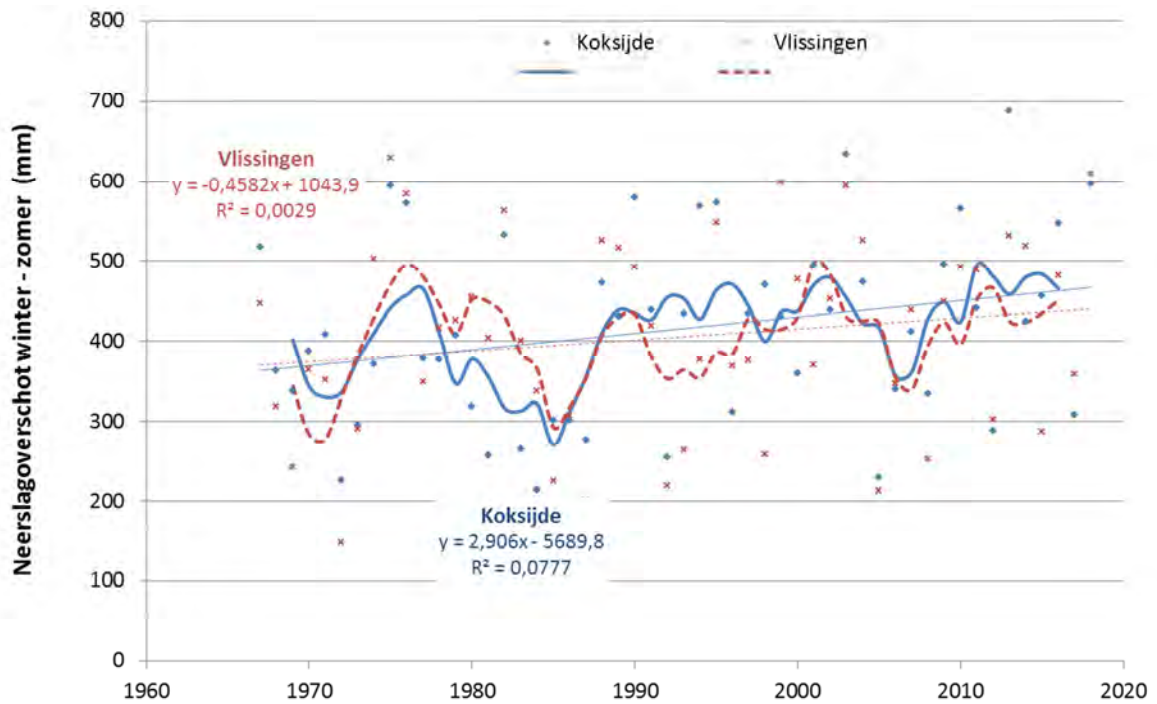
Binnen de trend in het neerslagoverschot zien we duidelijke seizoenale verschillen. In de herfst en de winter is er een (significante) toename (respectievelijk  $p < 0,025$  en  $p < 0,01$ ). De zomer vertoont een lichte, niet significante toename en de lente een niet significante afname (figuur 2.22). Samen resulteert dit in een toenemend contrast tussen zomer en winter (figuur 2.23). Deze trend is significant voor Koksijde ( $p < 0,05$ ) maar niet voor Vlissingen.



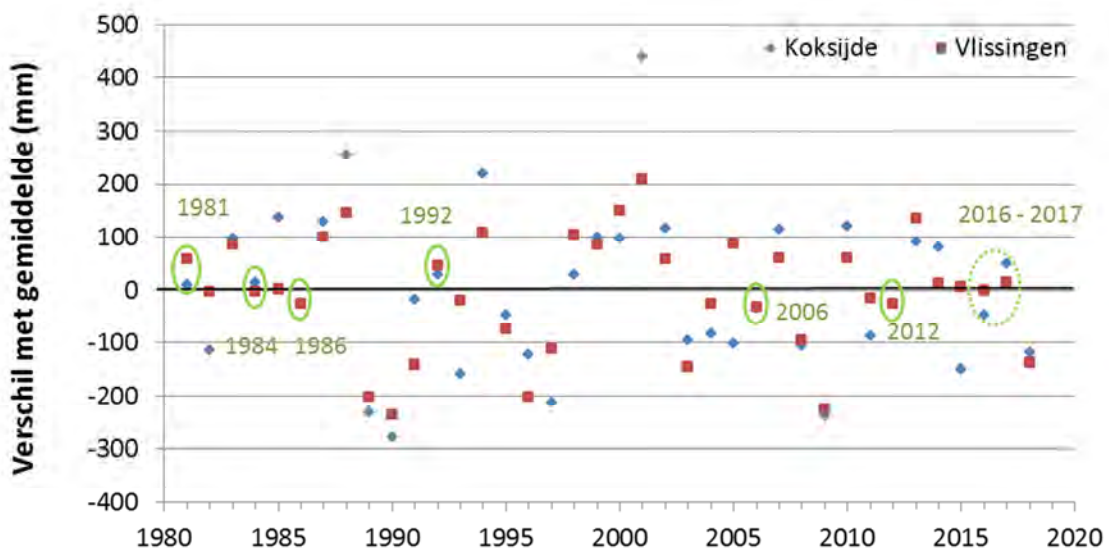
Figuur 2.22. Trend in het seizoenaal neerslagoverschot voor het KMI meetstation Koksijde.

Figuur 2.24 tot slot, bekijkt welke jaren als gemiddeld kunnen beschouwd worden aan de hand van de cijfers over neerslagoverschot voor de voorbije 25 jaar en dit zowel voor Koksijde als Vlissingen. Het is opvallend dat de gemiddelde jaren voor beide stations vaak samenvallen maar soms ook sterk van elkaar afwijken (bv. 1993, 2001, 2005 en 2015). Lokale verschillen in neerslag liggen hieraan ten grondslag.

Gemiddelde jaren voor beide stations zijn 1981, 1984, 1986, 1992, 2006, 2012, 2016 en 2017. Het is dan ook waarschijnlijk dat die jaren als gemiddeld gelden voor de hele kust.



Figuur 2.23. Trend in het verschil tussen het neerslagoverschot tijdens de winter (winter + herfst) en de zomer (zomer + lente) voor KMI station Koksijde en KNMI station Vlissingen. Weergave van het lopend gemiddelde over 5 jaar.



Figuur 2.24. Afwijking van het jaarlijks neerslagoverschot ten opzichte van het gemiddelde voor de periode 1994-2018 voor de meetstations Koksijde en Vlissingen. Klimatologisch gemiddelde jaren worden aangeduid in groen.



## 2.7 KLIMAATVERANDERING

Als besluit kunnen we stellen dat de klimaatverandering een aantal uitdagingen met zich meebrengt voor het beheer van natuurgebieden. Deze problematiek wordt uitgebreid behandeld in Van der Aa et al. (2015). In het project BEK concentreren we ons op de ecohydrologische gevolgen van de klimaatverandering.

De temperatuurstijging vormt in onze regio en ook aan de kust de duidelijkste klimaattrend. Zowel in het meetstation Koksijde, Middelkerke als Vlissingen is de gemiddelde temperatuur na 2000 significant hoger dan in de periode 1958-1987. De toename bedraagt 1,1 tot 1,4°C. Klimaatscenario's voorspellen dat deze trend zich verderzet, al zijn de concrete cijfers sterk afhankelijk van het gevoerde beleid inzake emissies van broeikassen (van Lipzig & Willems 2015). Een duidelijk gevolg van de temperatuurstijging, en met name vooral van de daling van het aantal vorstdagen, is de noordwaartse uitbreiding van het areaal en de verschuivingen in de fenologische timing van heel wat soorten. Minder zichtbaar en minder goed onderzocht zijn de gevolgen hiervan voor de trofische en andere relaties tussen soorten binnen ecosystemen. Zo blijkt de afname van aantallen trekvogels die de winter in Afrika doorbrengen in belangrijke mate te wijten aan problemen met timing tussen terugkeerperiode en de sterk vervroegde voedselpiek (Lemoine et al. 2007; Both & Visser 2001).

Vanuit ecohydrologisch oogpunt is vooral de toegenomen evapotranspiratie van belang. Een duidelijke, hieraan gerelateerde trend die zich voordoet in de drie beschouwde kuststations Koksijde, Middelkerke en Vlissingen, is de toename van zomerse droogteperiodes. Dit fenomeen heeft vooral een negatieve impact op de zogenaamde mesofiele vegetaties. De typische vertegenwoordigers van deze vegetatietypen, de mesofyten, missen aanpassingen aan zowel anaerobe omstandigheden als aan vochttekorten en kunnen daardoor alleen voorkomen op relatief vochtige standplaatsen. Voorbeelden zijn brunel, veldbeemdgras, zachte haver, aandachtsoorten als zeegroene zegge, maanvaren, tandjesgras, geelhartje maar ook potentiële vergrassers zoals glanshaver of Engels raaigras. Ook de struwelen zullen het wellicht minder goed doen bij een toename van de zomerdroogte. Voor de karakteristieke droge duinvegetaties zal een toename van de droogte hierdoor vermoedelijk geen negatieve of zelfs positieve gevolgen hebben.

Een toename van de evapotranspiratie zal zich indirect ook laten gelden via de waterbalans. Die waterbalans wordt bepaald door twee cruciale elementen; evapotranspiratie en neerslag. Door de sterke ruimtelijke variabiliteit van de neerslag zijn de trends hierin minder eenduidig dan die van temperatuur en daaraan gerelateerd evapotranspiratie. In Koksijde en Middelkerke nam de jaarlijkse neerslaghoeveelheid de voorbije 60 jaar significant toe terwijl meetstation Vlissingen geen significante trend vertoont. Ook het neerslagoverschot vertoont hierdoor verschillen. Koksijde vertoont in de periode 1967-2018 een significante toename van het jaarlijks neerslagoverschot terwijl voor Vlissingen binnen de beschouwde periode geen trend vertoont. Op die locatie blijken toegenomen evapotranspiratie en neerslag elkaar te compenseren.

Gezien de duidelijke trend in temperatuur en potentiële evapotranspiratie, zullen voorspellingen van de toekomstige waterbalans sterk afhangen van de neerslag. Klimaatmodellen voorspellen globaal een verhoging van de jaarlijkse neerslag in Noord Europa en een daling in het zuiden. Gezien onze regio zich tussenin situeert, zijn voorspellingen van neerslagtrends zeer onzeker. Zowel actuele als gemodelleerde patronen van neerslag(overschot) vertonen een grote variabiliteit in ruimte en tijd. Uit een analyse van de lange tijdsreeks voor Ukkel blijkt dat het neerslagoverschot de voorbije 180 jaar gestaag toeneemt met ca. 3,8 mm per decennium (Van Camp et al. 2012). De reeks vertoont echter



een heel grote variatie. Vooreerst tekent zich een duidelijke cyclus af met een periodiciteit van ca. 40 tot 50 jaar. Die is sterk bepalend is voor de patronen en trends die we in onze meteorologische datasets van de voorbije decennia waarnemen. De jaren 1950-'60 vormden een droge periode binnen deze cyclus, terwijl de jaren 1980-'90 de natste periode vormde binnen de hele tijdreeks. De sterke stijging van het neerslagoverschot in Koksijde en Middelkerke tussen 1970 en 2000 heeft vooral met deze cyclus te maken en niet of veel minder met klimaatverandering. Daar bovenop vertoont de neerslag een cycliciteit met een periode van 7 à 8 jaar die gerelateerd is aan variatie in de NAO. De variabiliteit in de jaarlijkse neerslag zal eventuele trends veroorzaakt door klimaatverandering dus wellicht nog lange tijd maskeren en voorspellingen over neerslagoverschot zeer onzeker maken.

Patronen in de seizoenale variatie van de neerslag lijken meer consistentie te vertonen. Zowel de huidige trend als de voorspellingen wijzen op een stijging van de neerslaghoeveelheid en het neerslagoverschot tijdens de winter en de herfst. Hierdoor is een significante stijging van het verschil in zowel neerslag als neerslagoverschot te zien tussen de herfst/winter enerzijds en lente/zomer anderzijds. Hoewel deze trend duidelijk blijkt uit de cijfers, staat daar een verhoging van de intensiteit van de zomerneerslag tegenover. Warme lucht kan immers meer waterdamp bevatten en daardoor voor meer neerslag zorgen. Deze trend blijkt echter de toegenomen zomerdroogte niet te compenseren. Voor de levensgemeenschappen van natte milieus betekent dit een sterke toename van de stress door winterse overstromingen enerzijds en zomerdroogte anderzijds. Voor de optimalisatie van de kwaliteit van de vochtige duinvalleien aan onze kust zullen we dus op zoek moeten gaan naar locaties met relatief geringe schommelingen van de grondwaterstand.



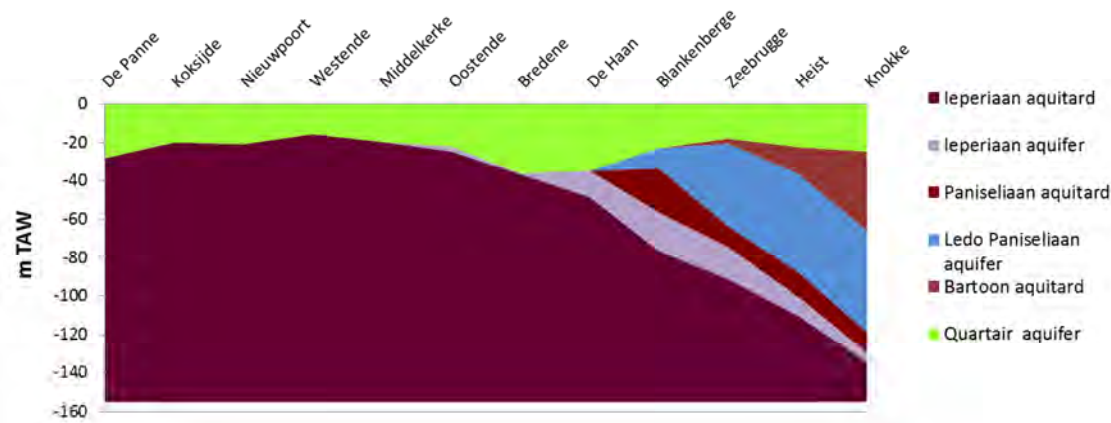
## 3 HYDROLOGIE

### 3.1 ALGEMENE ACHTERGROND

#### 3.1.1 Grondwatervoerende ondergrond

Het hydrologisch luik van deze studie behandelt enkele aspecten van het grondwater in de duinen die relevant zijn voor de flora en fauna van het gebied. De focus ligt op de stijghoogte van het ondiep of **freatisch grondwater** dat zich potentieel binnen het bereik van plantenwortels bevindt. Kenmerkend voor dit freatisch grondwater is het contact met de atmosferische druk waardoor de stijghoogte alleen afhangt van de hoogte van de waterkolom. **Artesische waterlagen** daarentegen, zijn bovenaan begrensd door ondoorlatende lagen waardoor de waterdruk hoger (of soms lager) kan zijn dan de bovenliggende freatische waterlagen. Dergelijke waterlagen zijn niet relevant voor deze studie.

De freatische watervoerende lagen aan onze kust zijn vooral zandige quartaire afzettingen die aan de basis, op een diepte van 20 tot 50 meter, door ondoorlatende tertiaire kleilagen worden begrensd. Aan de westkust reikt het freatisch pakket tot ca. 20 m onder zeeniveau, waar het rust op een meer dan 100 m dikke laag Ieperiaanklei. In de Westhoek bijvoorbeeld, boorde Lebbe (1978) deze kleilaag aan op een diepte van -24,5 tot -31,6 m. Ten oosten van De Haan komen onder het quartair ook zandige tertiaire lagen voor waardoor het watervoerend pakket dikker is. In Zeebrugge, onder de Fonteintjes, is de freatische watervoerende laag ca. 50 m diep. Ten oosten van Zeebrugge bestaat de bovenste tertiaire laag uit Bartoonklei waardoor het freatisch pakket weer dunner is, namelijk ca. 30 m (figuur 3.1; Geets 2015).



Figuur 3.1. Schematische weergave van de opbouw van het watervoerend pakket langs de kust (Databank Ondergrond Vlaanderen). Aquifer = watervoerende laag; aquitard = ondoorlatende laag.

Het tertiaire oppervlak kreeg vorm tijdens het Pleistoceen, de periode van de ijstijden. De vorming van ijskappen tijdens de koude periodes veroorzaakte telkens een aanzienlijke daling van het zeepeil waardoor in de kustgebieden een sterke erosie optrad. Die erosie heeft er ook voor gezorgd dat er weinig oudere pleistocene sedimenten in het gebied bewaard zijn. De verbreding van het nauw van Calais tijdens het Eemiaan interglaciaal (ca. 120 000 BP) resulteerde in marien sedimenttransport in oostelijke richting. Dit ligt aan de basis van de zandige afzetting van Oostende in ons kustgebied. Tijdens de laatste ijstijd (Weichseliaan) daalde het niveau van de Noordzee weer aanzienlijk. Hierdoor kwam bodemmateriaal beschikbaar voor eolisch transport en werden plaatselijk lemige tot zandige sedimenten



afgezet. Tot slot waren er tijdens het Weichseliaan ter hoogte van de huidige kustvlakte drie grote riviersystemen actief waardoor lokaal ook fluviatiele afzettingen worden aangeboord (Bogemans & Baeteman 2006; Jacobs et al. 2004; Borremans 2015). Dit betekent dat het Pleistoceen watervoerend pakket een bijzonder grote variatie vertoont in afzettingssomstandigheden en bijgevolg ook in samenstelling en hydraulische doorlatendheid.

Tijdens het vroeg Holoceen (Preboreaal en Boreaal) overheerste fluviatiele erosie waardoor vooral ten westen van de IJzermonding diepe geulen werden uitgesneden in de oudere sedimenten. Pas in het Atlanticum (9220 – 5660 BP) is het zeeniveau door het afsmelten van de ijskappen weer zodanig gestegen dat de kustvlakte wordt overspoeld. We spreken van de Atlantische of 'Flandriaanse' transgressie. Tot ca. 7500 BP bedroeg de snelheid van die stijging ongeveer 70 cm per 100 jaar en kon het getijdengebied zich snel landwaarts uitbreiden. Tussen grofweg 7500 en 5000 BP nam de snelheid af tot ca. 25 cm/100 jaar en breidde de kustvlakte zich minder snel uit (Baeteman 1999). De Atlantische transgressie gaf aanleiding tot de afzettingen van Calais. Die bestaan uit een opeenvolging van zandige en kleiige pakketten, vaak ook met veen. In Oostduinkerke rekt Schittekat (1972) de afzettingen tussen het peil -16 en -10 TAW tot de Calais sedimenten en ook aan de oostkust bedraagt de dikte van de Calais sedimenten verschillende meters (De Breuck et al. 1969,).



Figuur 3.2. Beeld van de kustvlakte ter hoogte van de Frans-Belgische grens tijdens de Vroege Middeleeuwen (6<sup>de</sup>-9<sup>de</sup> eeuw). Deze kaart geeft een idee van de uitbreiding van de Duinkerke sedimenten in het gebied. Geel = duinen; groen = intertidaal; bruin = veenmoeras; blauw = water.

Op het einde van het Atlanticum en het begin van het Subboreaal daalt de snelheid van de zeespiegelstijging verder tot ca. 7 cm per 100 jaar, wat overeenkomt met de recente trend.



Hierdoor wordt de toenmalige waddenzee afgeschermd door een duinengordel, de zogenaamde Oude Duinen. De achterliggende kustvlakte wordt hiermee grotendeels aan de mariene dynamiek onttrokken waardoor een zoet veenlandschap kan ontstaan. Na een periode van 2 tot 3000 jaar van onafgebroken veengroei dringt de zee opnieuw de kustvlakte binnen. Dit gebeurt in het Subatlanticum, wellicht tussen 2400 en 2000 jaar geleden. Vermoedelijk ligt een combinatie van factoren aan de oorsprong van de verhoogde mariene dynamiek. Het betreft zowel natuurlijke processen zoals uitputting van sediment en verhoogde neerslag als menselijke ingrepen zoals veenontginning in de kustvlakte en bosontginning in het binnenland (waardoor de waterafvoer verhoogt). De sedimenten die gerelateerd zijn aan deze overstromingen worden aangeduid als 'Duinkerke afzettingen'. Historische bronnen spreken over de 'Duinkerke transgressiefasen' (o.m. Tavernier & Moormann 1954) maar deze term is niet gepast gezien deze overstroming niet gerelateerd zijn aan zeespiegelstijging (Baeteman 2007).

Omdat er weinig sediment voorradig was in het systeem, duurde het ongeveer 800 jaar vooraleer de komberging in de kustvlakte weer in evenwicht was met het toenmalige zeeniveau en de sedimentaanvoer (figuur 3.2). Pas in de vroege middeleeuwen (ca. 550-750 AD) was de kustvlakte opnieuw hoog genoeg opgeslibd om nog slechts sporadisch te worden overstroomd (Baeteman et al. 2002; Borremans 2015). In deze periode werden vermoedelijk ook de 'subrecente' duinen van Westende (Schuddebeurze) en Bredene-De Haan (d'Heye) gevormd. De vorming van de Jonge duinmassieven aan onze kust kwam op gang vanaf de 10de eeuw. Het zijn vooral secundaire duinvormen, ontstaan door landinwaarts stuiven van grote volumes zand (De Ceunynck 1992). De duinen van Knokke zijn ontstaan tussen de 16de en 19<sup>de</sup>, door primaire duinvorming in het mondingsgebied van het Zwin (Coornaert 1974). Deze duinen stoven zowel over oudere duinen als over de mariene Duinkerke afzettingen.

De aanwezigheid van ondiepe slecht doorlatende lagen in de duinen heeft een belangrijke impact op de lokale grondwaterstijghoogten. Vooral de Duinkerke-klei is in dit opzicht van belang. Deze kleilaag situeert zich op een hoogte van 3 tot 4 m TAW en kan onder een groot deel van de jonge duinen, vooral de landwaartse delen, worden aangeboord. Op andere plaatsen bevinden zich ondiepe veenlagen, gevormd in voormalige duinvalleien of aan de binnenduintrand. Doordat het grondwater slechts moeizaam doorheen deze lagen dringt, worden de grondwaterpeilen lokaal opgestuwd. Daarmee stuiven de duinvalleien ook minder diep uit. Zo liggen de pannenvloeren in de Noordduinen en de oostelijke helft van de Houtsaegerduinen bijvoorbeeld ongeveer 2 m hoger dan in de centrale delen van De Westhoek. Indien voorhanden, worden dergelijke gedetailleerde gegevens per deelgebied weergegevens.

### 3.1.2 Grondwaterstroming en stijghoogte

Ondanks de nabijheid van de zee is het grondwater in onze duinen zoet. Het wordt gevoed door het **neerslagoverschot** dat in de zandige duinbodems gemakkelijk infiltreert. Zoals reeds aangehaald in § 2.4 varieert het aandeel van de neerslag dat effectief het grondwater aanvult van 75% in onbegroeid duin tot slechts 15 à 20% onder naaldhout. Het geïnfilteerde neerslagwater stroomt af in de richting van de zee, de polder of een drainerende waterloop zoals bijvoorbeeld de IJzer. Door de relatief hoge ligging van de duinen ten opzichte van de zee en de traagheid van de ondergrondse waterstroming, vertoont het grondwater een opbollend bovenvlak met ergens midden in het duinmassief een **waterscheidingskam** die de stroomrichtingen scheidt. Zeewaarts van deze lijn stroomt het duinwater richting strand waar het zich volgens een specifiek patroon met het zoute zeewater vermengt. Aan de landzijde van de waterscheiding stroomt het water richting polder, waar het opkwelt ter hoogte van de duin-polderovergang.



Onder kuststroken met een brede duinengordel heeft zich in de loop der jaren een zoetwaterlichaam kunnen opbouwen dat reikt tot aan de tertiaire kleilagen. In de Nederlandse vastelandsduinen is de kwartaire watervoerende laag veel dikker en drijft de zoetwatorvoorraad in de diepe ondergrond bovenop zout water. De veel geciteerde hydrologische studies voor dit deel van Nederland zijn dus niet zomaar over te enten naar onze kust (zie o.m. Bakker et al. 1979).

De studie van de stromingen binnen een grondwaterlichaam vergt modelleerwerk en valt buiten het bestek van deze studie. Wij beperken ons tot de beschrijving van het **grondwaterpeil** of het **freatisch vlak**. Technisch gesproken is dit het niveau waar de **grondwaterdruk** nul is. Hoe dieper men onder het freatisch vlak komt, hoe groter de stijghoogte. Boven het freatisch vlak ligt de **capillaire zone**, waar de grondwaterdruk is. Locaties op kaart met eenzelfde stijghoogte kunnen we verbinden door **lijnen van gelijke stijghoogte** of **isohypsen**. Concreet gebeurt dit door interpolatie van de stijghoogtes gemeten in de verschillende meetpunten van een peilbuizennetwerk. In een GIS resulteert dit in een rasterkaart waarvan contourlijnen, in dat geval dus isohypsen, met een bepaald stijghoogteverschil kunnen afgeleid worden.

Verschillen in waterdruk (stijghoogteverschillen) geven aanleiding tot grondwaterstromingen. In grondwaterverzadigde gesteenten zoals zand is deze stroming relatief eenvoudig te beschrijven aan de hand van de wet van Darcy. Deze wet geeft aan dat de stroming afhankelijk is van de doorlatendheid van de grond en evenredig is aan het verhang van de watertafel:

$$V = -k \cdot dh/dl$$

Waarbij  $V$  = stroomsnelheid [L/T];  $k$  = doorlatendheidscoëfficiënt (permeabiliteit of hydraulische conductiviteit) [L/T] en  $dh/dl$  = het verhang.

De wet van Darcy is enkel geldig als de stroming laminair is. Bij grote stroomsnelheden wordt de stroming turbulent en is de wet niet meer van toepassing. In de bodem is de stroomsnelheid echter zo laag dat alle grondwaterstroming laminair is. De doorlatendheid van de watervoerende lagen is afhankelijk van de korrelgrootteverdeling of **porositeit**. Voor (duin)zand bedraagt de porositeit grofweg 0,33, wat betekent dat een volume bodem voor twee derden uit zand bestaat en voor één derde uit water (Saxton et al. 1986). Lebbe (1978) becijferde uit pompproeven in de Westhoek een permeabiliteit van 8 tot 12 m/dag voor de fijnere 14 tot 18 m/dag voor de meer grofkorrelige zandafzettingen.

Het verhang van de freatische grondwatertafel in de duinen ligt in de grootte orde van mm per meter. In de Westhoek vinden we bijvoorbeeld een gradiënt van één tot twee mm per meter in de noordelijke pannengordel en bijna 5 mm per meter aan de binnenduinrand. De stroomsnelheden bereiken daarmee waarden tussen 1 en 10 centimeter per dag. Bakker et al. (1979) geven een gelijkaardige maar iets grotere range voor de Nederlandse duinen (tot 15 cm/dag).

### 3.1.3 Grondwaterfluctuaties

De seizoenale fluctuaties van de grondwaterstand worden vooral bepaald door verschillen in evapotranspiratie tussen winter en zomer. Voor het KMI station Koksijde wordt een gemiddeld neerslagoverschot van 34 mm per maand gemeten tijdens de wintermaanden en een tekort van 23 mm (negatief overschot) tijdens de zomermaanden. Op jaarbasis resulteert dit in een gemiddeld verschil van 415 mm tussen het surplus in de winter en het deficit in de zomer. Rekening houdend met de porositeit van de bodem veroorzaakt dit verschil een schommeling van de grondwaterstand van ongeveer 80 cm.



De grootste schommelingen treffen we aan in uitgestrekte natte pannen, waar het effect van de evapotranspiratie het hoogst is. Kwel of de nabijheid van de zee hebben een temperende werking op de grondwaterfluctuaties. Ter hoogte van het strand bevindt de grondwater tafel zich ongeveer op het hoogwaterniveau. De fluctuaties bedragen hier slechts enkele decimeters en worden bepaald door de springtijcycli (figuur 3.3). Ter hoogte van De Panne bedraagt het gemiddeld hoogwaterniveau 4,43 m TAW. Ter hoogte van het Zwin is dit 32 cm lager, namelijk 4,1 m TAW.

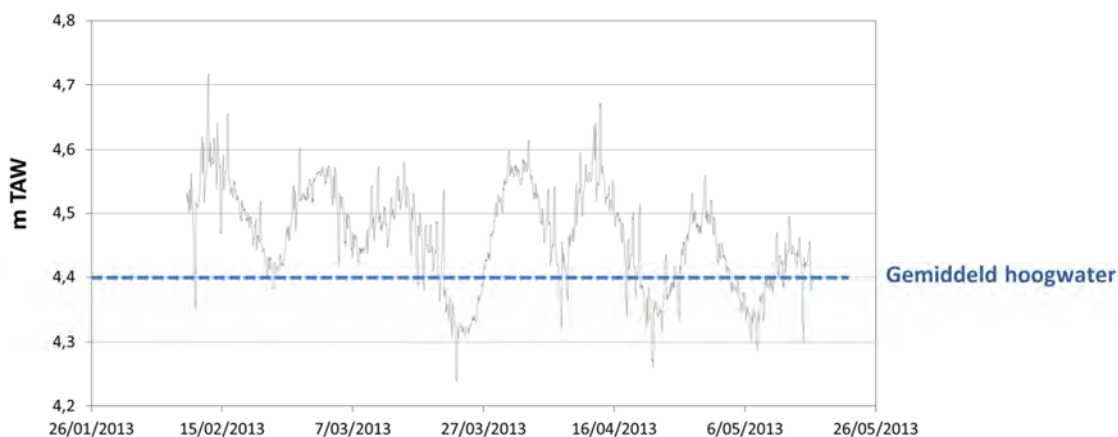
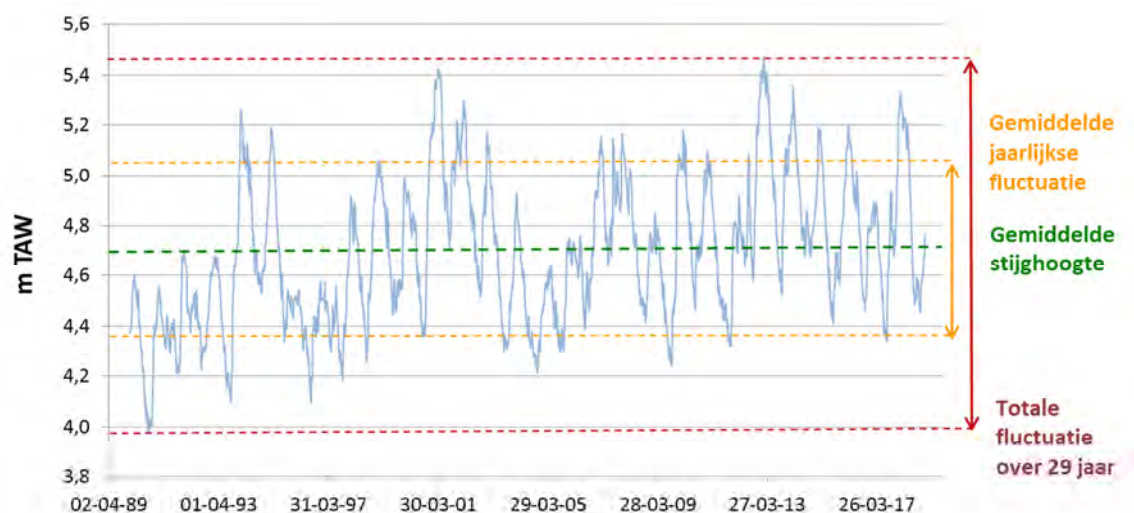


Fig. 3.3. Grondwaterpeil ter hoogte van de westelijke slufteer in De Westhoek.

Figuur 3.4 geeft het gemodelleerde verloop (zie verder) weer van de grondwaterstand in een peilbuis die al sedert 1990 wordt opgemeten. Het betreft een buis gelegen in de noordelijke pannen van de Westhoek (WATINA-code WESP028) met relatief geringe schommelingen. We zien een sterke variabiliteit in de peilen en seizoenale schommelingen. Over een periode van 29 jaar (1990-2018) bedraagt de gemiddelde jaarlijkse fluctuatie 70 cm. Dit cijfer varieert echter tussen 45 cm (in 1992 en 2005) en 95 cm in 2013. Het verschil tussen de allerhoogste en allerlaagste waterstand in die periode bedraagt anderhalve meter.



Figuur 3.4. Lange tijdsreeks van stijghoogtes gemeten in peilbuis WESP028, in de noordelijke pannen van De Westhoek.



### 3.1.4 Ecohydrologie

De relatie tussen bodemvariabelen en het voorkomen van plantensoorten is bijzonder complex. Bodemvocht is daarbij een van de sterkst bepalende factoren. Twee vormen van limitatie spelen daarin een cruciale rol (Witte & Runhaar 2000). Op heel natte standplaatsen is het gebrek aan aeratie van de bodem voor veel plantensoorten een beperkende factor. Dit heeft naast een direct effect op de nodige zuurstofvoorziening onder meer ook te maken met de beperkte mineralisatie van organisch materiaal en de giftigheid van de gereduceerde vorm van bepaalde stoffen zoals  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  of  $\text{H}_2\text{S}$ . Sommige planten, de **hygrofyten**, zijn door aanwezigheid van luchtwoefsel in staat zijn om op dergelijke anaerobe standplaatsen te groeien. Op goed doorlatende bodems met een lage grondwaterstand vormt niet zozeer de zuurstofvoorziening maar wel de vochtvoorziening voor veel soorten een beperkende factor. Soorten die hier voorkomen, de **xerofyten**, zijn aangepast aan droogte doordat ze hun verdamping kunnen beperken of doordat ze de droge zomerperiode overleven in de vorm van zaad. Een laatste groep soorten tenslotte, de **mesofyten**, missen die aanpassingen aan anaerobe omstandigheden en aan vochttekorten en kunnen daardoor alleen voorkomen op vochtige standplaatsen. De factor 'vochttoestand' duidt dus een complex van factoren aan die te maken hebben met de mate waarin water aanwezig is: de permanentie van onder water staan, de aeratie en de vochtvoorziening. Deze factoren werken ook door op tal van bodemchemische processen. Door het gebrek aan metingen wordt grondwaterkwaliteit hier niet behandeld, hoewel ook hier zeker ecologisch relevante aspecten aan zijn verbonden.

De vochttoestand van een standplaats kan dus op verschillende manieren benaderd worden. Noest (1994) gebruikte niet minder dan 70 verklarende variabelen om het voorkomen van 100 duinvallei-soorten te modelleren. Afhankelijk van de soort verklaarden andere hydrologische variabelen het best de waargenomen verspreiding van plantensoorten. Dit wijst op een sterke niche-differentiatie in de duinvalleien. Voor de ene soort is langdurige inundatie limiterend, een andere soort is niet aangepast aan grote schommelingen, ... Dit verklaart ook de grote soortenrijkdom in natte duinvalleien (cfr. Silvertown et al. 1999). Belangrijke variabelen in de modellen van Noest blijken gemiddeld en laagste zomerpeil, gemiddeld en hoogste winterpeil, duur van winter- en zomerinundatie, duur van droogteperiode en jaarlijkse fluctuatie.

Veel variabelen afgeleid van grondwaterpeilmetingen zijn echter sterk gecorreleerd. Twee grotendeels onafhankelijke componenten zijn gemiddelde waterstand en fluctuatie, al kunnen beide op veel verschillende wijzen worden berekend. Gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand blijkt in ieder geval een ecologisch zeer relevante variabele (Witte & Runhaar 2000). In deze studie definiëren we die als de gemiddelde waterstand in de periode van 14 dagen voor tot 14 dagen na 1 april. Veel kritische plantensoorten van duinvallei zijn gebonden aan een vochtige standplaats die in het voorjaar niet onder water staat. Dergelijke condities vergen een geringe schommeling van de grondwatertafel. Afhankelijk van de soort én de individuele fysiologische tolerantie zal de stress tweeweggebracht door zomerdroogte of langdurige inundatie in het voorjaar lethaal zijn voor een individuele plant. Voor de overleving op populatieniveau spelen nog veel andere factoren een rol zoals verbreiding, kieming en overleving van juvenielen. Hierbij zijn hydrologische karakteristieken over langere termijn belangrijk. Misschien kan een bepaalde populatie een éénmalige droogte overleven maar zijn 2 of drie opeenvolgende droge zomers funest.

In de ecohydrologie ligt de nadruk vaak op vegetatie maar uiteraard betreft het de volledige levensgemeenschappen van vochtige milieus. In het kader van deze studie kunnen we hier echter niet verder op in gaan.

Vochtige bodems vinden we in duinvalleien of 'pannen'. Die zijn meestal gevormd door uitstuiving tot op grondwaterniveau, waarbij de cohesie tussen de zandkorrels te hoog wordt



voor verdere zandverplaatsing (**secundaire duinvalleien**). Hierdoor is het niveau van de pannenvloer gerelateerd aan de hydrologische en dus ook klimatologische omstandigheden op het moment van vorming. **Primaire duinvalleien** zijn het resultaat van afsnoeren van strandvlaktes door een nieuwgevormde strandwal ter hoogte van een sterk sedimenterende kust. Aanvankelijk vertonen zij een zilt karakter dat snel verdwijnt na het afsnijden van de zee. Toch kunnen zilte elementen lang blijven na-ijlen in de vegetatie. De mariene invloed uit zich verder ook in een relatief hoog slibgehalte in de bodem. In Groenendijk bijvoorbeeld bevat het moedermateriaal voor 15 tot 20% slib.

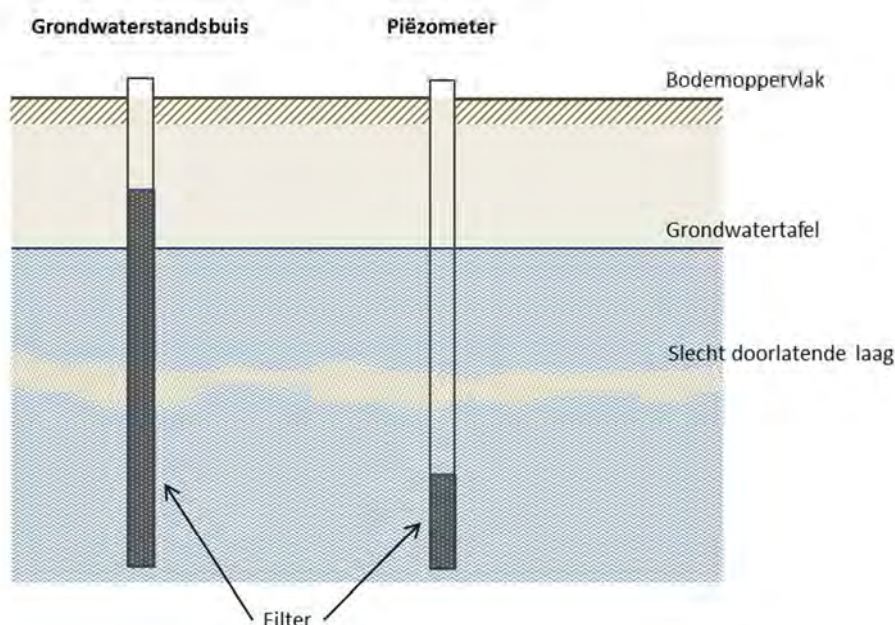
Secundaire duinvalleien komen slechts periodiek onder water gezien zij niet dieper uitstuiven dan de capillaire zone. Actueel vinden we aan de kust geen natuurlijke permanente waters. Enkel bij primaire duinvorming zouden in principe duinmeren kunnen ontstaan gezien de grondwatertafel stijgt bij zeewaartse uitbreiding van de duinen. Zo is de Doolaege, de depressie in de voormalige strandvlakte tussen Oostduinkerke en Nieuwpoort, wellicht ooit een ondiep duinmeer geweest waarin zich een veenpakket heeft ontwikkeld.

## 3.2 INZAMELING EN VERWERKING VAN GEGEVENS

### 3.2.1 Plaatsen en inmeten van peilbuizen

In dit rapport wordt de term **peilbuis** gebruikt voor alle grondwatermeetpunten via buizen in de grond. In navolging van Ritzema et al. (2012) maken we daarbij onderscheid tussen piëzometers en grondwaterstandbuizen (Figuur 3.5).

- Een **piëzometer** is een buis met een kort geperforeerd gedeelte (filter), waarmee de stijghoogte in een bepaald deel van het reservoir, ter hoogte van die filter, wordt gemeten. De term is afgeleid van het Grieks 'piezein', wat drukken (of knijpen) betekent.
- Een **grondwaterstandbuis** is een peilbuis met een relatief lange filter waarvan de gemeten stijghoogte weinig van de grondwaterstand afwijkt.



Figuur 3.5. Verschillende types peilbuizen: grondwaterstandsbuis en piëzometer (naar Ritzema et al. 2012).

De meeste meetpunten gebruikt in deze studie hebben een relatief kort filtergedeelte van typisch 30 à 50 cm en moeten dus als piëzometers worden aangeduid. Grondwaterstandbuizen werden aan de kust vooral geplaatst in intertidale gebieden (Zwin, Baai van Heist en IJzermonding) en ook in het kader van het evapotranspiratieproject in De Westhoek (Sevenant et al. 2003; WESP9xx-reeks). Gezien de term 'peilbuis' zodanig ingeburgerd is, wordt zij hier niet in de enge betekenis van waterstandsbuis gebruikt zoals in de definities binnen WATINA het geval is.

De technische aspecten van het plaatsen van peilbuizen worden hier niet in detail behandeld. We geven enkel mee dat voor het plaatsen van de meeste buizen in de duinen een systeem van **verbuizing** nodig is. Daarbij wordt in het boorgat een brede pvc buis met diameter 110 mm geplaatst die instorten van het gat verhindert. Deze buis is aan de top voorzien van een 'kroon' met pinnen, wat helpt bij het in de grond draaien van deze buis. Na plaatsing van de eigenlijke peilbuis, wordt de verbuizing weer naar boven getrokken. Ook vergt het boren in de waterverzadigde zandlagen het gebruik van een **pulsboor**. Dit is een buis die onderaan met een beweegbare klep afgesloten is. Bij het naar beneden bewegen in de waterverzadigde grondlagen kan het bodemmateriaal in de pulsboor geraken maar bij het ophalen blijft het door de klep in de buis zitten. Gebruik van verbuizing en pulsboor maken het plaatsen van peilbuizen in de duinen een behoorlijk karwei.

Heel belangrijk voor verdere numerieke verwerking van peilmetingen is de topografische inmeting van de meetpunten. Bij de eerste buizen die in de duinen zijn geplaatst (o.m. de buizen van L. Lebbe in de Westhoek en Ter Yde) werd enkel de hoogte ingemeten aan de hand van een waterpasinstrument. Hoewel met dit instrument centimeternauwkeurig kan gemeten worden, veroorzaakt het serieel inmeten van buizen en het werken met verschillende tussenpunten een cumulatieve fout. Deze fout wordt deels beperkt door het meten in een gesloten kring (de laatste meting meet het beginpunt opnieuw) maar is toch niet geheel uit te sluiten. Ook is van deze buizen geen nauwkeurige plaatsbepaling (xy) beschikbaar zodat zij vaak moeilijk terug op te sporen zijn. Veel van de Lebbe buizen zijn dan ook recent niet meer teruggevonden.

De eerste buizen geplaatst door INBO (het toenmalig Instituut voor Natuurbehoud) en ANB werden ingemeten aan de hand van een Totaalstation (Leica TC 1600). Ook hier bleef het overpassen van hoogtes vanuit NGI hoogtemerktekens, veelal ingeplant aan de voet van kerktorens, voor accumulatieve fouten zorgen in de Z waarden. Locatiebepaling kon doorgaans gebeuren vanuit een referentiepositie dat wordt bepaald door drie referentiepunten (kerktorens, watertorens, ...). Hierdoor werden nauwkeurige plaatsbepalingen mogelijk gemaakt. In de natuurreservaten aan de kust werden ijzeren T-staven als referentiepunten in de grond geklopt die aan de hand van dit totaalstation werden ingemeten. Van hieruit kon het hele peilbuizenennetwerk worden ingemeten. Voordeel van het gebruik van een totaalstation is de geringe relatieve fout op een meting vanaf een gekend vast punt (enkele mm, afhankelijk van de afstand tot dat punt) en de relatief grote zekerheid dat een punt correct is ingemeten.

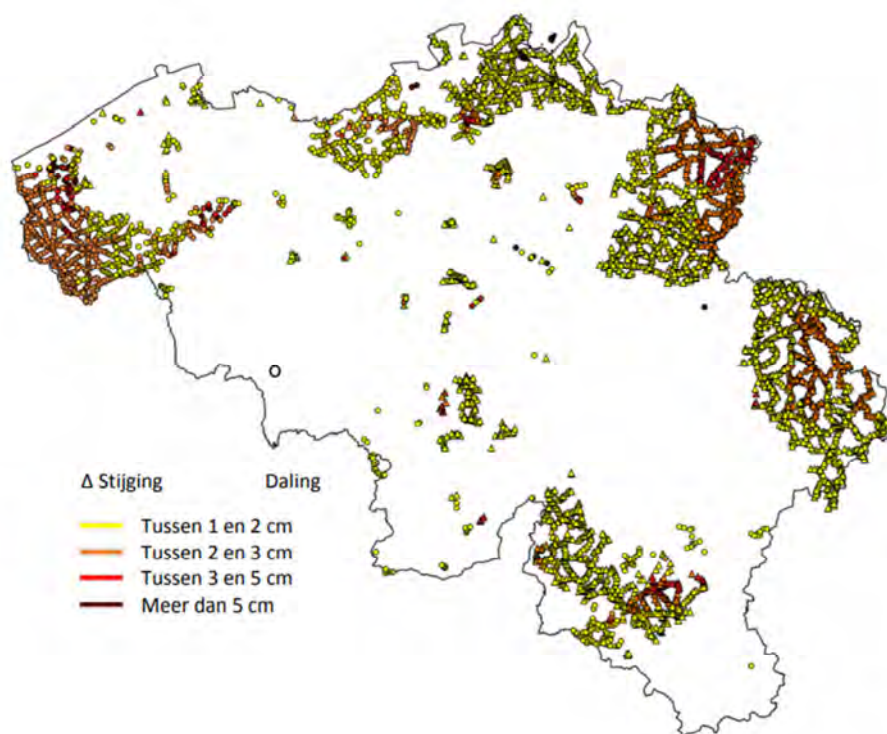
De aankoop van een Real Time Kinematic (rtk) GPS in 2004 in combinatie met de referentiestations van FLEPOS (Flemish Positioning Service) zorgden voor een spectaculaire toename van de mogelijkheden voor het gedetailleerd inmeten van peilbuizen (en andere punten). Voortaan kon, althans in open terrein, een peilbuis eender waar simpel worden ingemeten met één toestel bediend door één operator. Alle bekende buizen werden dan ook opnieuw met GPS ingemeten. Veelal bleek in een gebied een systematische fout te zitten op de totaalstation metingen. Toch zijn die oude metingen soms nog nuttig gebleken bij buizen die verloren gegaan zijn en waarvan dit de enige meting was.



Het gebruik van rtk-GPS (tegenwoordig GNSS) in combinatie met een systeem van referentiestationen betekent een fundamenteel ander principe van inmeten dan de op horizontale – en dus zwaartekracht – gebaseerde niveaumetingen. De zwaartekracht vertoont immers een zekere ruimtelijke variabiliteit, afhankelijk van de geologische opbouw. De hoogtebepaling in GNSS metingen gebeurt in eerste instantie ten opzichte van een projectie-ellipsoïde. Er is dus een hoogte-conversiemodel nodig om hoogtes bepaald met GNSS GPS metingen om te zetten naar TAW (Tweede Algemene Waterpassing). Tot 2018 was dit het model hBG03.

Op 1 augustus 2018 werd de hoogtewaarde van alle TAW waterpassingsmerktekens geüpdatet. Er verandert niets aan de definitie van TAW. Het nulpunt, dat steunt op het gemiddelde laagwaterpeil te Oostende, blijft ongewijzigd. De aanpassingen hebben enkel als doel de hoogtewaarde van elk merkteken te actualiseren. Bij een groot deel van deze punten dateert de hoogtewaarde van 2000 of eerder, na het beëindigen van de algemene herziening van het TAW-net, uitgevoerd vanaf 1980 tot 2000. In zones waarvan gekend is dat er bodembewegingen zijn, waaronder de kuststrook, werden de hoogtewaarden recenter geactualiseerd. Begin 2018 werd het volledige waterpassingsnet opnieuw vereffend, waarbij alle waarnemingen, uitgevoerd tussen 2000 en eind 2017, werden betrokken. Tegelijkertijd werd het hoogte-conversiemodel hBG03 vervangen door het nieuwe model hBG18.

Als gevolg hiervan wijzigt de hoogte van alle merktekens, hoewel voor 78% ervan het verschil kleiner is dan 1cm (www.ngi.be). Ook voor de kustduinen lijkt die fout goed mee te vallen. De meeste meetpunten vertonen een afwijking kleiner dan 2 cm. Enkel aan de Zuidrand van Cabour (punten langsheen de snelweg) loopt de fout op tot 2 à 3, uitzonderlijk 5 cm (figuur 3.6).

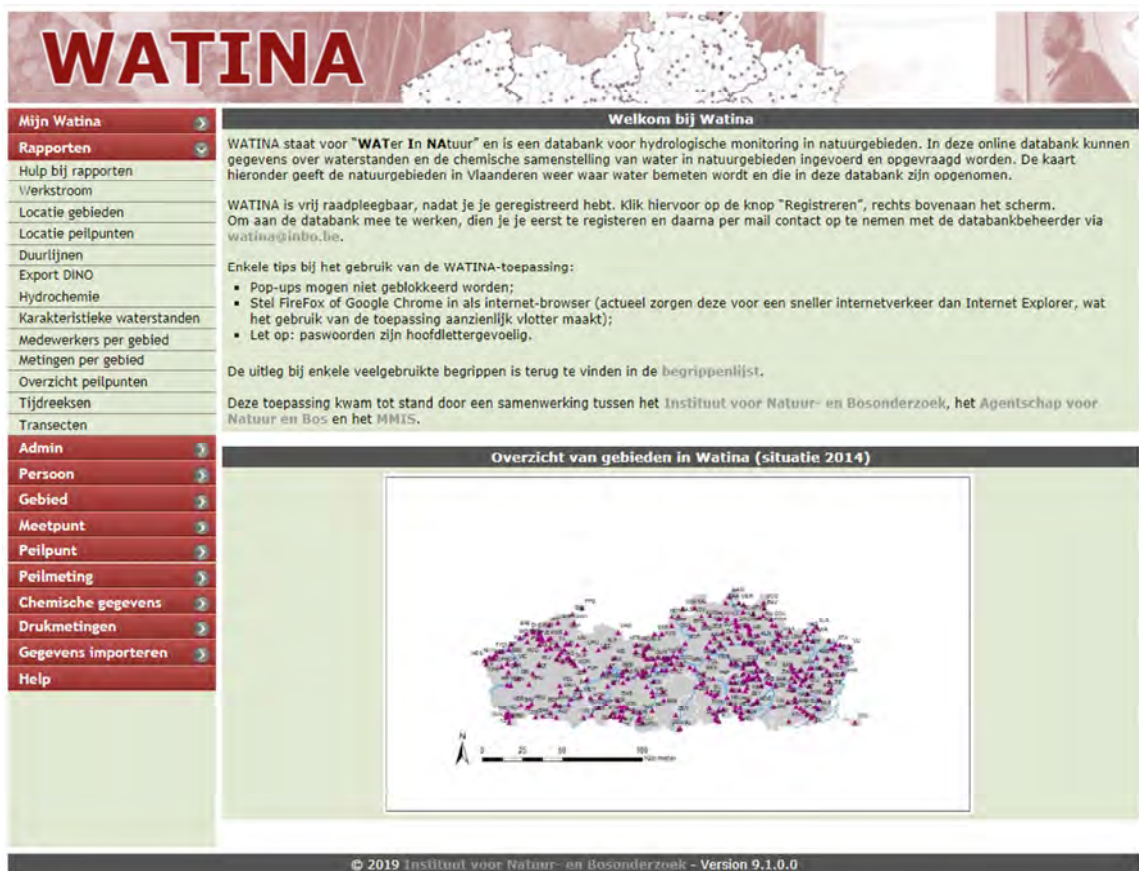


Figuur 3.6. Afwijking tussen oude (2000) en nieuwe (2018) TAW waarden (www.ngi.be)



### 3.2.2 WATINA

Op het toenmalige Instituut voor Natuurbehoud werd in 1988 begonnen met het verzamelen van grond- en oppervlaktewatergegevens (zowel chemie als dynamiek) in natuurgebieden in Vlaanderen. Oorspronkelijk werden gegevens bijgehouden in Excel tabellen maar met het toenemende volume aan data werd al gauw beslist om hiervoor een Access databank te bouwen. Deze databank kreeg de naam WATINA voor 'WATER In Natuur(gebieden)'. In 2012 werd overgeschakeld naar een webapplicatie om de toegankelijkheid van de gegevens voor extern gebruik te verbeteren. Deze toepassing kwam tot stand door een samenwerking tussen het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, het Agentschap voor Natuur en Bos en het MMIS. Figuur 3.7 geeft een beeld van het startscherm van deze applicatie.



Figuur 3.7. Startscherm van de webapplicatie WATINA (versie 9.1.0.0) met het overzicht van de mogelijkheden voor het aanmaken van rapporten.

Het datavolume van watermetingen in natuurgebieden in Vlaanderen stijgt momenteel zeer snel en zal dat naar alle waarschijnlijkheid nog een decennium blijven. Dat heeft alles te maken de sterke toename in het aantal hydrologische meetpunten in natuurgebieden en van het automatiseren van de metingen met hydrostatische dataloggers die in regel 2x per dag meten. Dat is op zijn beurt gerelateerd aan de in diezelfde periode sterk gestegen kennis van de ecohydrologie in Vlaanderen en de vraag naar "evidence based" natuurbeheer en -herstel, dito milieu-effect procedures bij werken, (her)vergunningen van exploitaties, ... met impact op waterafhankelijke natuur. Andere hydrologische meetnetten in Vlaanderen hebben specifieke finaliteiten (monitoring van evoluties van waterpeilen en volumes in watervoerende lagen, monitoring van grondwaterstands daling bij drinkwaterproductie of monitoring van

grondwaterkwaliteit in het kader van het mestactiebeleid) en zijn daarom veelal ontoereikend/ongeschikt om gebruikt te worden voor de ecohydrologische vraagstellingen. Dat is meteen de hoofdreden waarom het INBO nu al meer dan 3 decennia investeert in het gestandaardiseerd bijhouden en operationeel (incl. gekalibreerd en gevalideerd) houden van de gegevens. Als extern consultatieplatform werd intussen gekozen voor DOV (Databank Ondergrond Vlaanderen) waar, een aantal kinderziekten niet te na gesproken, nu dagelijks een update van de WATINA-gegevens gemaakt wordt. Om de sterk toegenomen datavolumes ook in de nabije toekomst te kunnen blijven verwerken, werd twee jaar geleden beslist om opnieuw een grondige aanpassingen door te voeren aan de databank. De implementatie daarvan is momenteel volop aan de gang en zal vermoedelijk pas medio 2020 helemaal operationeel zijn.

De structuur van de databank bestaat in essentie uit vier hiërarchische niveaus: **peilmetingen** vormen de basis van de gegevens. Zij worden uitgevoerd op een bepaald **peilpunt**. Deze vormen een bepaalde toestand (versie) van een **meetpunt** (=een locatie). Meetpunten ten slotte, worden op hun beurt gegroepeerd binnen **gebieden** of WATINA-zones. Aan de kust werden 19 dergelijke gebieden geografisch afgebakend (figuur 3.8).

Momenteel bevat de databank gegevens van 11363 hydrologische meetpunten in natuurgebieden in Vlaanderen, met meer dan 4 miljoen peilmetingen en meer dan 25.000 chemische analysesresultaten (med. Piet De Becker, INBO). Aan de kust zijn 1014 punten gedefinieerd (bijna 9% van het totaal in Vlaanderen).



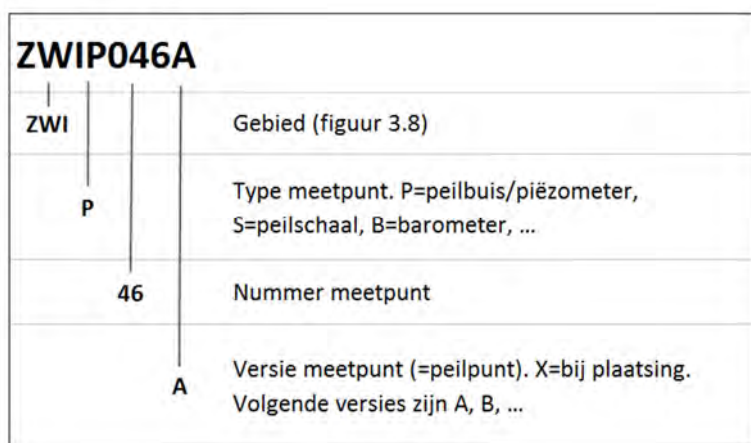
Figuur 3.8. WATINA zones afgebakend aan de kust.

De structuur van de databank is weerspiegeld in de opbouw van de code van de meetpunten (figuur 3.9). Gebieden krijgen een unieke drielettercode. Zo kan aan de code al worden afgeleid in welk deel van de kust een meetpunt zich bevindt (zie figuur 3.8). Een vierde karakter staat voor het type meetpunt. In de databank aan de kust zijn slechts drie types relevant: P voor peilbuis (grondwaterstandsbuis of piëzometer), S voor peilschaal en B voor barometer. In de nummering van de peilbuizen aan de kust wordt rekening gehouden met de

////////////////////////////////////

diepte van de filter. Ondiepe buizen krijgen nummers van 1 tot 199, nummers van 200 en hoger slaan op diepe buizen. Het laatste karakter van de code slaat op de versie van de meetpunt (= het peilpunt). Bij verschillende versies blijven de XY coördinaten en filterkarakteristieken constant, enkel de hoogte van het nulpunt, in TAW en boven maaiveld, is verschillend. Als een peilbuis beschadigd wordt, bijvoorbeeld door maaierwerken, dan is het aangewezen om die te herstellen met behoud van de hoogte (lengte). Zo niet wordt een nieuwe versie van het peilpunt aangemaakt.

Veel functionaliteiten binnen WATINA dienen voor invoer of beheer van variabelen die met één van deze vier niveaus te maken hebben. Aan installatie van een peilbuis bijvoorbeeld is een installateur en een datum gekoppeld, aan meting zijn kwaliteitslabels gekoppeld, enz... Verder zijn er ook modules voorzien voor waterkwaliteitsmetingen (chemische gegevens), voor de invoer van grote hoeveelheden gegevens via sjablonen en voor invoer, kalibratie en beheer van loggergegevens. Deze functionaliteiten worden momenteel systematisch naar de nieuwe databankomgeving overgeheveld.



Figuur 3.9. Structuur van de WATINA-peilpuntcode.

### 3.2.3 Invoer en validatie van peilpunten en meetgegevens

Een belangrijk werkpakket binnen voorliggende opdracht is het invoeren van nieuwe peilbuisdefinities en metingen in de databank en de kwaliteitscontrole op de bestaande gegevens. Bij de definitie van peilbuizen is vooral een betrouwbare opmeting van het nulniveau van belang. Hiervoor werden alle topografische inmetingen per buis gecontroleerd. Indien slechts één meting voorhanden is, wat vaak het geval is, komen eventuele fouten pas aan het licht bij de opmaak van stijghoogtekaarten. Bij twijfel werd een nieuwe rtk-GPS meting uitgevoerd. Soms zijn van bepaalde versies van buizen geen betrouwbare metingen van het nulpunt voorhanden. In dat geval werden de meetreeksen vergeleken met die uit een naburige buis. Uit de regressievergelijking tussen de reeksen van verschillende meetpunten kan de hoogte van ontbrekende peilpunten met behoorlijke nauwkeurigheid worden afgeleid. Deze methode van hoogtebepaling werd steeds aangeduid in een opmerkingenveld binnen WATINA.

De invoer van meetgegevens kan in WATINA één per één of aan de hand van invoertabellen. Daarbij kunnen hele meetreeksen van verschillende buizen in één keer worden ingevoerd. Daarbij is het zeer belangrijk om alles op voorhand te controleren. Een veel gemaakte fout bijvoorbeeld is dat de datum van de eerste meting in januari nog met het jaartal van het jaar ervoor wordt ingevoerd. Eens metingen met zo'n foute datum zijn ingevoerd, zijn de daarmee verbonden fouten nog amper te achterhalen.

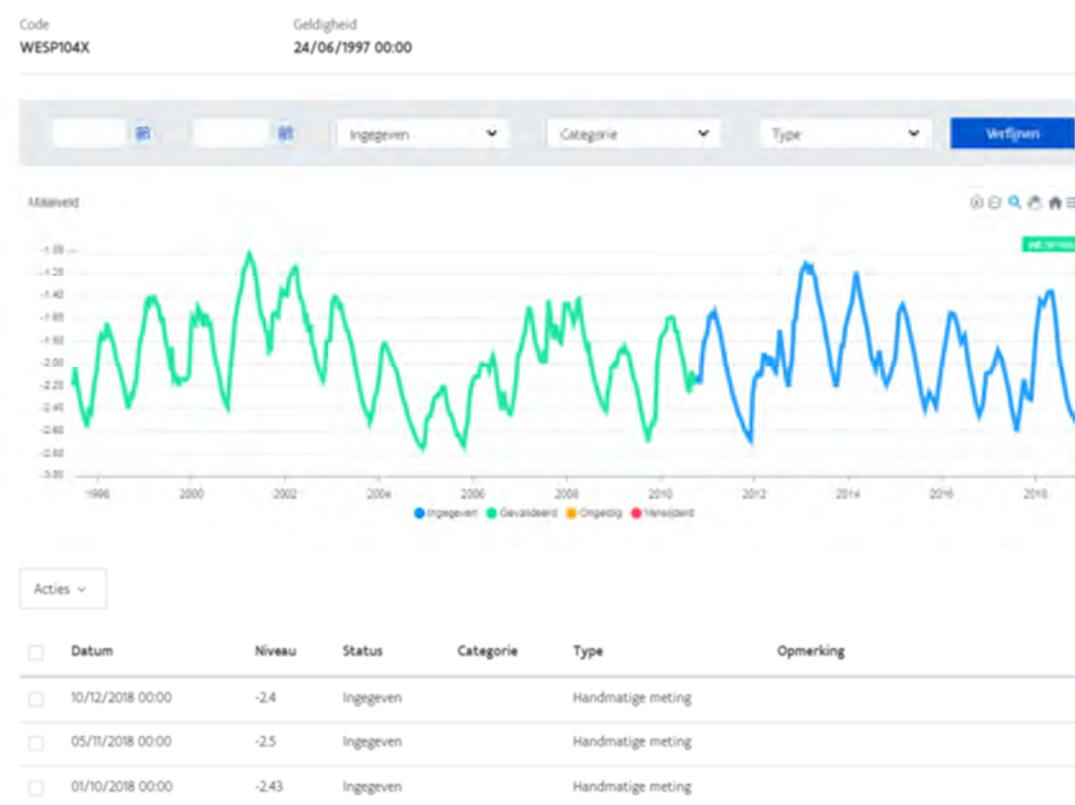
////////////////////////////////////

Steeds meer worden peilbuizen aan de hand van automatische drukloggers opgemeten. Momenteel zijn aan de kust (buiten het Zwin) ca. 65 loggers geïnstalleerd. De omzetting van ruwe drukmetingen naar stijghoogtes gebeurt in twee stappen. Bij de eerste stap, de **compensatie**, wordt de luchtdruk van de veldmetingen afgetrokken zodat enkel de druk in de waterkolom overblijft. Het is daarbij van belang dat ook de luchtdrukmetingen en watermetingen in dezelfde eenheid worden uitgedrukt. Bij de meeste drukloggers is dit standaard *cm waterkolom*. Bij gebruik van externe luchtdrukmetingen, bijvoorbeeld van het VMM meetnet of het meetnet Vlaamse Banken, moet nog een omzetting gebeuren van mBar naar cm H<sub>2</sub>O:

**1 mBar of hPa = 1,02 cm waterkolom**

In een tweede stap is de **kalibratie**. Hierbij worden de stijghoogtes berekend aan de hand van minstens één referentie- of kalibratiemeting. Het regelmatig uitvoeren van dergelijke metingen is uiteraard essentieel bij het aanwenden van loggers. Het is aangewezen om zeker bij het begin van de metingen een kalibratiemeting uit te voeren. Indien een loggers uitvalt, gaan anders heel wat metingen verloren.

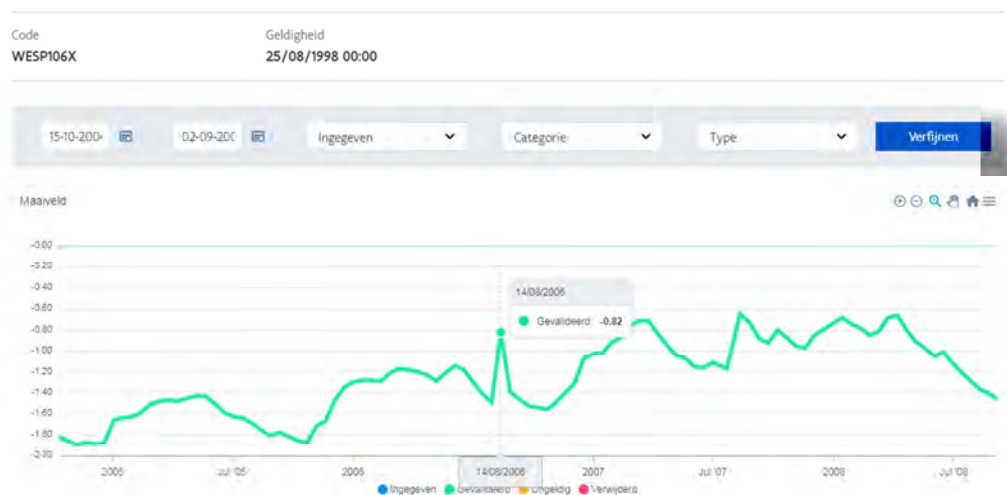
De loggers meten doorgaans om de 12 uur. In getijdengebieden (Baai van Heist, Zwin) is een hogere meetfrequentie noodzakelijk om de invloed van de getijden goed te kunnen weergeven en om correctie kalibratiemetingen te kunnen uitvoeren.



Figuur 3.10. Visualisatie en validatie van meetgegevens in de nieuwe versie van WATINA.

Na de invoer van de peilgegevens dienen ze nog nagekeken te worden op allerlei anomalieën zoals invoerfouten, droogval, sprongen tgv onbekende peilpuntwijzigingen, etc....

Voor deze validatie zijn in de nieuwe versie van WATINA handige tools ontwikkeld waarbij tijdsreeksen gemakkelijk gevisualiseerd kunnen worden (figuur 3.10). Hierdoor kunnen potentiële meetfouten snel opgespoord worden (figuur 3.11). Lang niet alle fouten zijn echter direct visueel vast te stellen. Veelal blijven zij onopgemerkt of komen zij pas aan het licht bij inspectie van uit de meetreeksen afgeleid kaartmateriaal



Figuur 3.11. Voorbeeld van visueel vast te stellen fouten in de databank.

Na visuele controle worden de gegevens per peilbuisreeks als ‘gevalideerd’ in de databank aangeduid waardoor zij klaar zijn voor verdere analyse.

### 3.2.4 Menyanthes

Het softwarepakket Menyanthes werd ontwikkeld voor het beheer en de modellering van hydrologische meetreeksen (Von Asmuth et al. 2012). In deze studie werd Menyanthes enkel gebruikt voor het modelleren en simuleren van de meetreeksen. De modellen maken gebruik van de zogenaamde PIRFICT-methode (Predefined Impulse Response Functions In Continuous Time). Als verklarende variabelen worden dagelijkse neerslaggegevens gebruikt voor de stations Koksijde, Middelkerke en Vlissingen en evapotranspiratiegegevens voor de stations Koksijde/Beitem en Vlissingen (zie hoofdstuk 2. Meteorologie). Aan de hand van de modellen kan vervolgens een simulatie gemaakt worden van de meetreeksen over langere periodes. Zo kunnen ontbrekende delen van de meetreeks zoals in figuur 3.12 worden opgevuld of kunnen reeksen een stuk worden verlengd. Dit laatste is echter minder aangewezen omdat de verderzetting van de fouten buiten de meetreeksen onzeker is.

Figuur 3.13 geeft een beeld van het menuvenster voor de opmaak van de modellen. Daarbij werden volgende instellingen gebruikt:

Sample groundwaterlevel series: dit vak werd steeds aangevinkt maar maakt in ons geval niets uit. Het betreft een resampling van de grondwatergegevens naar de frequentie van de verklarende variabelen. Gezien die op dagbasis zijn wordt er niet geresampled. Ook het al dan niet aanvinken van ‘Interpolate’ maakt dus niet veel uit.

Non-Linear: er werd enkel gebruik gemaakt van lineaire modellen, dus dit vak werd steeds uitgevinkt. Niet lineaire modellen kunnen handig zijn in situaties met veel kwel.



IR-Function: voor neerslagreeksen werd steeds de PREC-functie gebruikt (Precipitation), voor evapotranspiratiereeksen de EVAP-functie en voor trendberekeningen de IMPULSE-functie

Sample frequency: gezien de beschikbaarheid van dagelijkse meteorologische gegevens werd de sample frequency op 'daily' gezet.



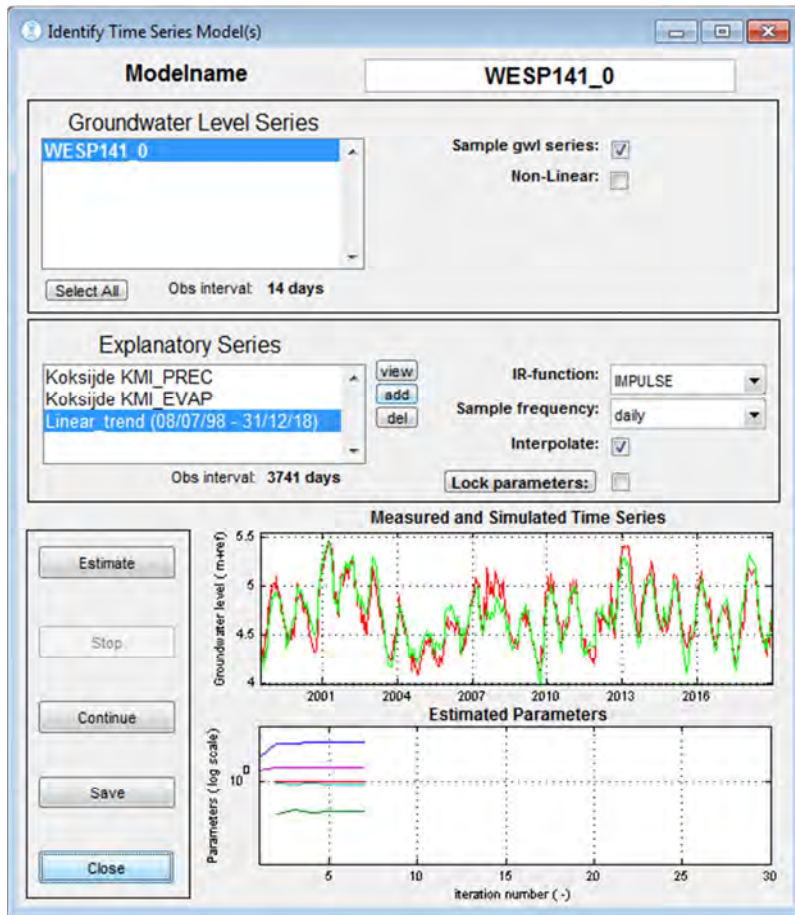
Figuur 3.12. Voorbeeld van een meetreeks met ontbrekende gegevens over een periode van 2,5 jaar.

De modelresultaten worden geëvalueerd op basis van het percentage verklaarde variantie (Explained Variance Percentage of EVP). Voor ieder peilpunt werd vervolgens nagegaan of, naast het gebruik van de verklarende variabelen neerslag (PREC) en evapotranspiratie (EVAP), het toevoegen van een lineaire trend aanleiding gaf tot een substantiële verhoging van de EVP. Dit bleek in veel gevallen zo te zijn. Dergelijke lineaire component betekent dat er een structurele trend in de peilen kan gedetecteerd worden die niet door de dagelijkse neerslag en evapotranspiratiegegevens kan worden verklaard (figuur 3.14). De afbouw van de waterwinning in de Krakeelduinen bijvoorbeeld heeft in het oosten van De Westhoek geleid tot een stijging van het grondwaterpeil tot 2,5 m over een periode van 20 jaar. Globaal houden we hier rekening met een lineaire trend bij een verandering van minstens 1,5 cm per jaar of 15 cm per decennium.

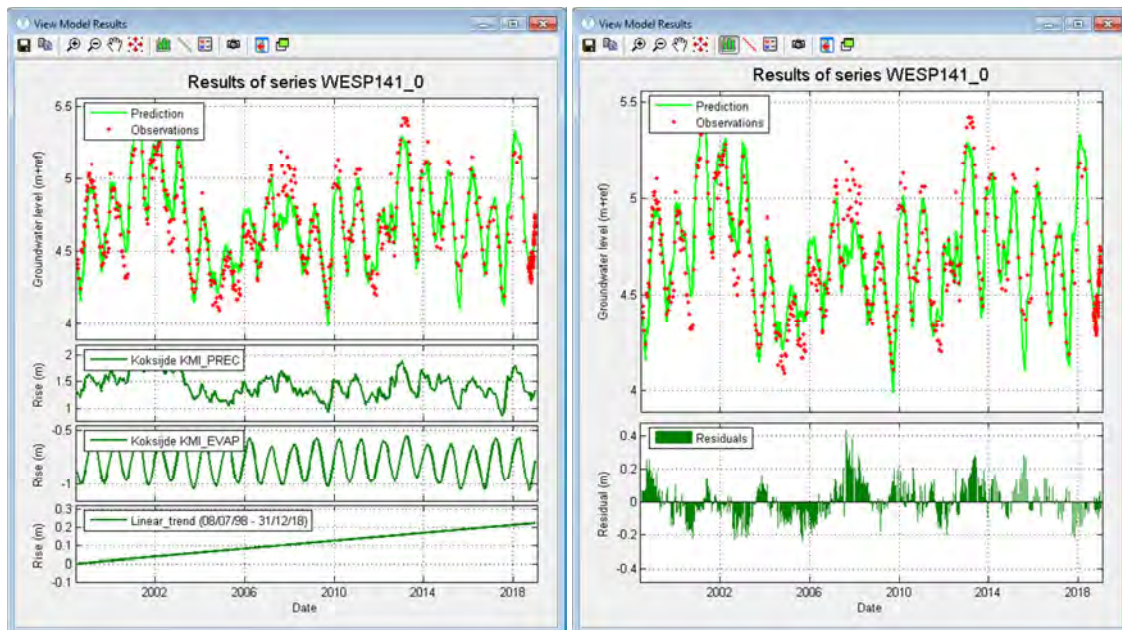
Het verschil tussen de gemodelleerde en gemeten stijghoogtes noemen we het residueel. Patronen in de residuelen geven een goed beeld van de kwaliteit van het model (figuur 3.14). Losse hoge residuelen wijzen op meetfouten maar een systematische (gegroepeerde) afwijking tussen model en metingen geeft aan dat er meer aan de hand is. Een systematische onderschatting van de stijghoogtes in De Westhoek in 2008 bijvoorbeeld is vermoedelijk te wijten aan hevige maar heel lokale neerslag die niet is opgepikt in het 7 km verderop gelegen meetstation van Koksijde.

Een laatste stap in Menyanthes is de simulatie van meetgegevens op basis van de modellen en de beschikbare meetreeksen van neerslag en evapotranspiratie. Hiermee kunnen tijdsreeksen van stijghoogtemetingen vervolledigd worden voor een bepaalde periode (figuur 3.15). Indien 'gaten' worden opgevuld tussen twee periodes met metingen, is de fout relatief beperkt. Bij extrapolatie buiten de bestaande metingen wordt de onnauwkeurigheid veel groter, zeker bij het gebruik van een (lineaire) trend in de modellen. Bij de modellering van NODP001 bijvoorbeeld, loopt de meetreeks van maart 2002 tot december 2008. Binnen deze periode bedraagt het gemiddelde betrouwbaarheidsinterval ongeveer  $\pm 10$  cm. Buiten dit interval loopt dit op tot  $\pm 30$  cm. Bij de simulatie wordt ook een 'stochastisch' deel van het model meegenomen dat wordt bekomen uit de residuelen met de echte metingen. Het gebruik van zo'n stochastisch deel is belangrijk om een realistisch beeld te krijgen van extremen.

////////////////////////////////////

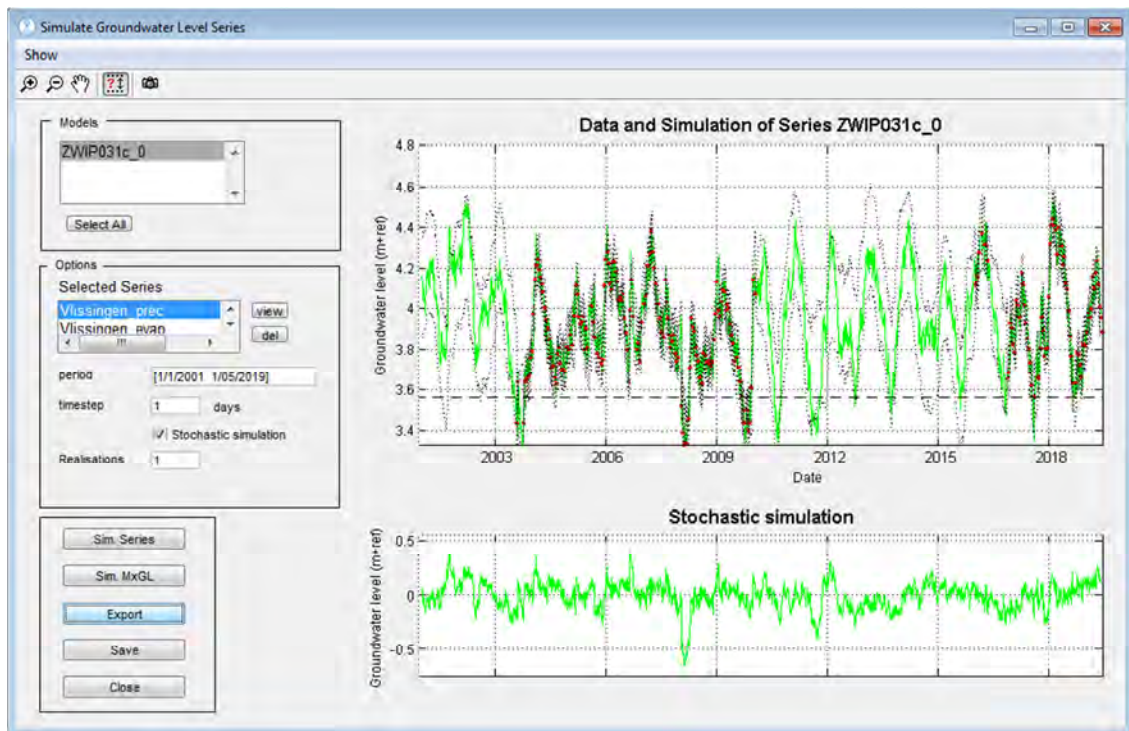


Figur 3.13. Menuvenster voor de opmaak van modellen in Menyanthes.



Figur 3.14. Voorbeeld van de grafische weergave van de Menyanthes modelresultaten met links de gebruikte variabelen en de lineaire trend en rechts de residuen.





Figuur 3.15. Resultaten van de simulatie van meetgegevens op basis van de modellen en de beschikbare meteorologische gegevens.

### 3.2.5 (Eco)hydrologische variabelen en kaarten

In de (eco)hydrologie worden vaak **duurlijnen** gebruikt om het jaarlijks fluctuatietraject op een peilpunt weer te geven. Ook in WATINA is een module voorzien om duurlijnen aan te maken vanuit de meetreeksen. Duurlijnen geven aan met welke frequentie een bepaalde grondwaterstand wordt overschreden. Zij vormen :een weerspiegeling van de waterbalans op een bepaald punt:

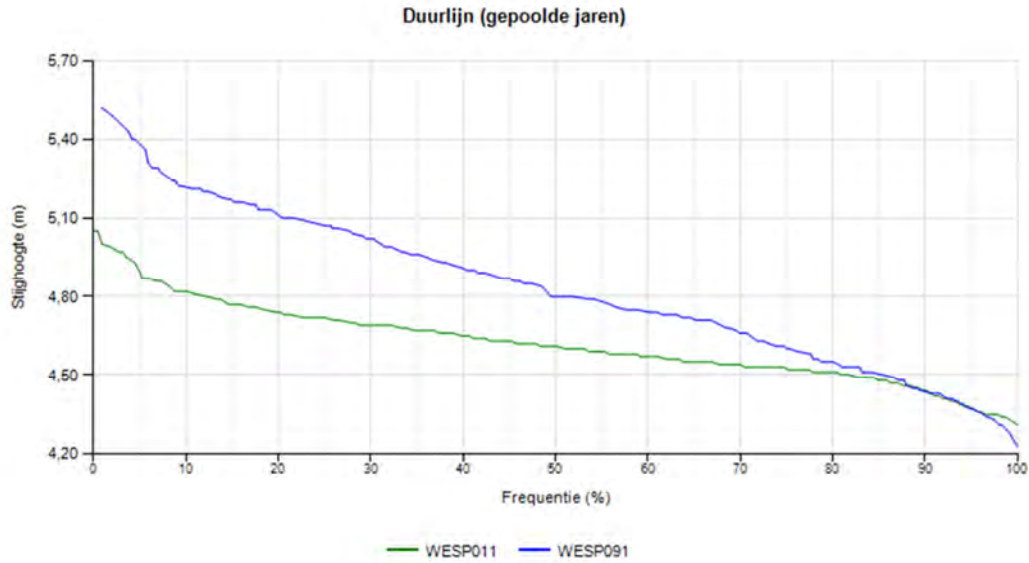
$$\text{Grondwaterstand} = [\text{Neerslag} + \text{GW-Aanvoer}] - [\text{Verdamping} + \text{GW-Afvoer}]$$

Een relatief recht verloop van de duurlijnen geeft aan dat ondergrondse aanvoer en afvoer van grondwater ongeveer in evenwicht zijn en dat de fluctuaties vooral door de seizoenale variatie in het neerslagoverschot worden bepaald. Het optreden van kwel resulteert in een opbolling van de duurlijn boven de rechte lijn. Wanneer ondergrondse afvoer domineert, uit zich dit in een holle duurlijn onder de rechte lijn (Jansen 1981). De betekenis van de vorm van duurlijnen voor de plantengroei is echter discutabel. Witte & Runhaar (2000) bijvoorbeeld, hechten er weinig belang aan voor relatie met planten.

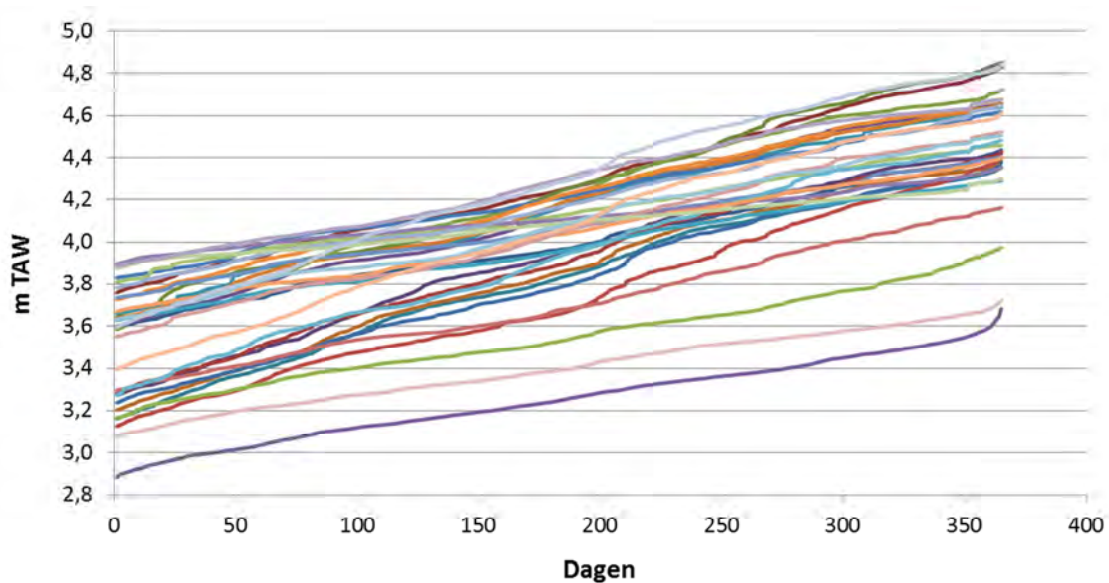
Bij de peilbuizen in de duinen zijn de patronen in de duurlijnen doorgaans weinig uitgesproken. De grootste verschillen zitten in de globale helling van de curve, die uiteindelijk zal resulteren in hogere of lagere jaarlijkse grondwaterschommeling. Dit laatste wordt in figuur 3.16 geïllustreerd aan de hand van de duurlijnen van peilbuizen 11 en 91 uit De Westhoek. Peilbuis 11 is op ca. 60 m van het hoogstrand gelegen. De fluctuaties worden gedempt door de nabijheid van de zee. In peilbuis 91, op ca. 500 m van zee gelegen, is dit effect verdwenen en zien we sterkere schommelingen veroorzaakt door de seizoenale variatie in evapotranspiratie (zie hoger).







Figuur 3.16. Gepoolde duurlijnen van peilbuizen 11 en 91 in De Westhoek voor de periode 2000-2006 (WATINA output).



Figuur 3.17. 'Duurlijnen' van de peilbuizen in de Zwinduinen op basis van de door Menyanthes gesimuleerde stijghoogtes (periode 2014-2018).

De duurlijnen uit figuur 3.16 vertonen een opvallende knik aan de uiteinden. Dit is een artefact veroorzaakt door de cumulatie van waterpeilen over verschillende (in dit geval 7) jaren. Aan de uiteinden vinden we namelijk de extreme en dus minder frequent voorkomende waarden, wat de afwijking in de curve verklaart. Een alternatieve wijze om duurlijnen over langere periodes op te maken is het uitmiddelen per tijdseenheid van de jaarlijkse duurlijnen. In deze studie werden jaarlijkse duurlijnen opgesteld op basis van de door Menyanthes gesimuleerde dagelijkse stijghoogtes. De waarden werden vervolgens op dagbasis uitgemiddeld over de periode 2014-2018. We gebruikten deze periode omdat hiervoor veel gegevens voorhanden zijn en omdat zij als representatief kan beschouwd worden voor de voorbije 25 jaar (zie neerslagoverschot, figuur 2.24). Figuur 3.17 geeft dergelijke duurlijnen weer voor de peilbuizen van de Zwinduinen. Deze lijnen kunnen voor nagenoeg alle buizen in de duinen als lineair

worden beschouwd, wat betekent dat het 'gedrag' kan worden samengevat als een intersect en richtingscoëfficiënt van de rechte. Een ecologisch meer relevante invulling van de hydrologische karakteristieken van tijdsreeksen kan ook aan de hand van 2 variabelen, namelijk de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand en de jaarlijkse schommeling (zie 3.1.4. Ecohydrologie). Deze variabelen werden gebruikt voor ruimtelijke interpolatie.

### 3.3 OPTIMALISATIE VAN DE HYDROLOGISCHE MEETNETTEN

#### 3.3.1 Criteria voor optimalisatie

Bij het ontwerpen van meetnetten is het aangewezen om eerst een duidelijke, meetbare vraag te formuleren en vervolgens op basis hiervan en van de gewenste nauwkeurigheid van de resultaten een steekproef uit te werken (Wouters et al. 2008). De hydrologische meetnetten aan de kust zijn echter organisch gegroeid vanuit een globale vraag naar informatie over de hydrologische toestand in de natuurgebieden. Deze informatie dient verschillende doelen; het verklaren van patronen in de vegetatie, plannen van natuurinrichtingswerken, het nagaan van de impact van waterwinningen, etc ... Doorgaans wordt er ook gestreefd naar het verkrijgen van een gebiedsdekkend beeld van de hydrologie. Dit alles vergt een groot aantal meetpunten en een bijhorende grote meetinspanning. Een optimale aanwending van de beperkte middelen vergt een evaluatie en hertekening van de bestaande meetnetten.

We bekijken eerst de correlatie tussen de meetreeksen van de huidige peilbuizen. Daarmee gaan we na in hoeverre informatie van een bepaald meetpunt kan gebruikt worden om uitspraken te kunnen doen over een verderop gelegen meetpunt en er met andere woorden redundantie optreedt in de huidige metingen. Daarna bekijken we de (eco)hydrologische informatienoden vanuit het natuurbeleid en -beheer. We onderscheiden hier drie belangrijke criteria:

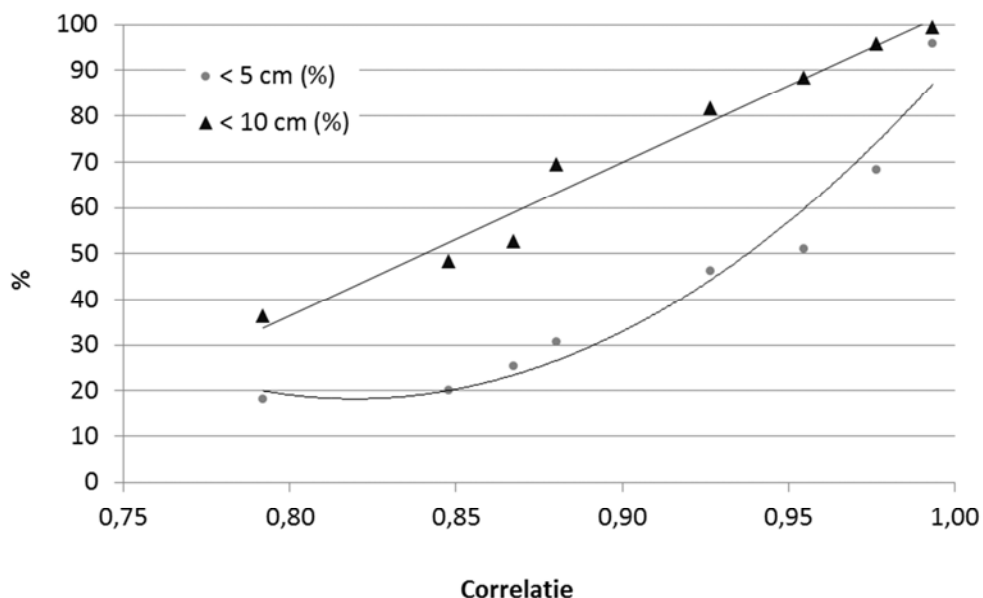
1. Kennisopbouw rond de hydrologische systemen in de verschillende gebieden
2. Opvolging van de milieukwaliteit van bijzondere, grondwaterafhankelijke natuur
3. Detecteren van schadelijke hydrologische effecten van activiteiten buiten de reservaten

#### 3.3.2 Correlaties tussen peilbuizen

Het verloop van de grondwaterstijghoogte vertoont een sterke ruimtelijke afhankelijkheid. We kunnen met andere woorden informatie van bepaalde meetpunten binnen bepaalde grenzen veralgemenen naar andere delen van een gebied mits we de relatie tussen deze punten hebben vastgelegd. Rekenkundig is de lineaire (Pearson) correlatie een eenvoudige manier om die overeenkomst tussen peilbuizen na te gaan. Om een idee te hebben van de fysische betekenis van de correlatiecoëfficiënt werd bij 8 paren van buizen een lineaire regressie en een correlatie uitgevoerd. In figuur 3.18 wordt de proportie van de afwijkingen tussen de metingen en de gemodelleerde waarden weergegeven die respectievelijk kleiner zijn dan 5 en 10 cm. Een correlatie groter dan 0,99 geeft een nagenoeg perfecte overeenkomst met afwijkingen die in 96% van de gevallen kleiner zijn dan 5 cm. Gezien de fouten op GPS metingen van peilbushoogtes en topografie, kunnen meetpunten met dergelijke correlaties als perfect vervangbaar worden beschouwd indien er geen wijzigingen optreden van het hydrologisch systeem op zich. Bij een correlatie van 0,95 daalt het percentage afwijkingen kleiner dan 5 cm al tot 50%. In 80% van de gevallen blijft de afwijking echter onder 10 cm. Voor de meeste beheer-gerelateerde vragen, zoals bijvoorbeeld het inschatten van de potenties voor de ontwikkeling van duinvalleivegetaties, is ook deze nauwkeurigheid toereikend. Voor toepassingen zoals het inschatten van de effecten van bemaling of het bepalen van



standplaatsvereisten van soorten is een hogere nauwkeurigheid aangewezen om de ruis op de gegevens te beperken. Peilbuizen waarvan de coëfficiënt van correlatie tussen de meetreeksen lager is dan 0,95 beschouwen we onderling niet vervangbaar.



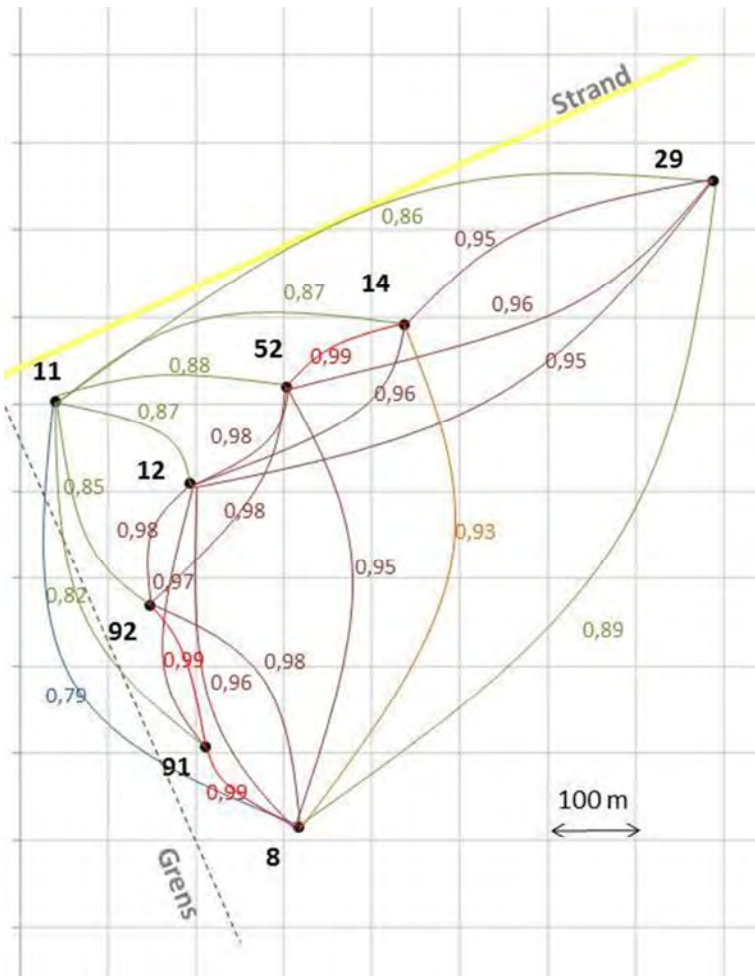
Figuur 3.18. Verband tussen (Pearson) correlatie van de meetreeksen van twee peilbuizen en het percentage van de metingen met afwijkingen groter dan 5 of 10 cm van een lineair regressiemodel.

Figuren 3.19 en 3.20 geven weer hoe die correlaties zich ruimtelijk vertalen. In figuur 3.20 worden reeksen van peilbuizen uit het westen van De Westhoek vergeleken die parallel dan wel loodrecht op de kustlijn georiënteerd zijn. Bij buizen parallel met de kust zien we zeer hoge correlaties. Bij de buizen loodrecht op de kustlijn zien we vooral grote verschillen tussen peilbuis 11 (op ca. 60 m van de hoogwaterlijn) en de meer landinwaarts gelegen meetpunten. Binnen een strook van ruim 150 meter langs de kustlijn zien we sterke verschillen optreden in het hydrologisch regime. Dit is te verklaren doordat het waterpeil tegen de hoogwaterlijn vooral door de springtijcycli wordt bepaald en de fluctuaties landinwaarts vooral door de seizoenale verschillen in neerslag en evapotranspiratie (zie hoger). Globaal zien we bij buizen die niet te dicht bij de zee gelegen zijn dat er hoge correlaties zijn (tot 0,99) indien de onderlinge afstand beperkt is tot ca. 200 m.

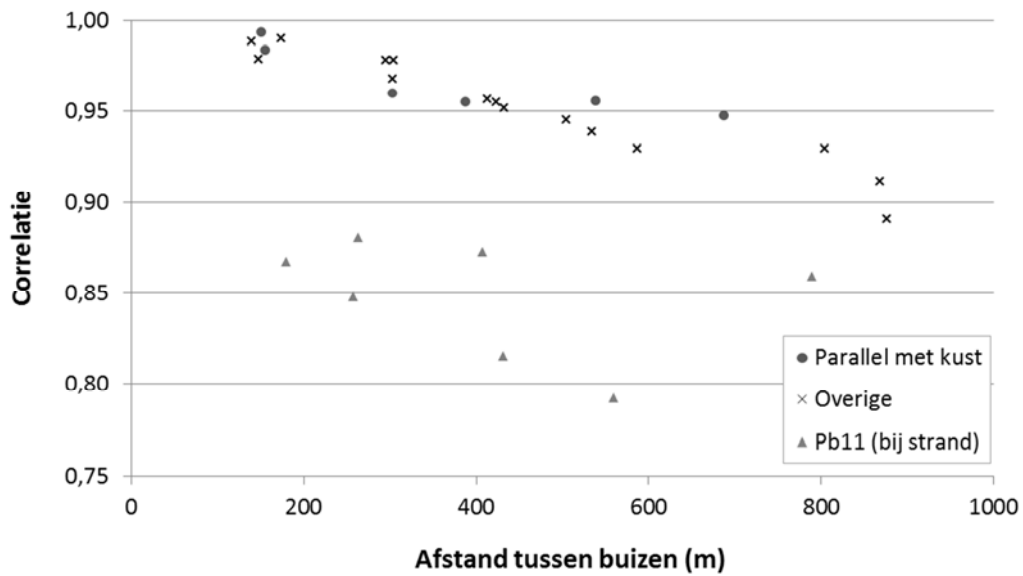
Binnen een afzonderlijke duinvallei zien we aanzienlijke verschillen tussen de rand en het centrum van de panne (figuren 3.21 en 3.22). Zowel in de Parnassiapanne als in de Weide zien we dat peilbuizen die aan de rand of in drogere delen van de panne gelegen zijn, onderling goede correlaties vertonen tot een afstand van 200 m. De correlatie van buizen in het centrum van de panne met die aan de rand is lager, vaak zelfs op afstanden kleiner dan 100 m.

Over grotere afstanden (> 10 km) worden de correlaties tussen de buizen kleiner door lokale verschillen in de neerslagpatronen.



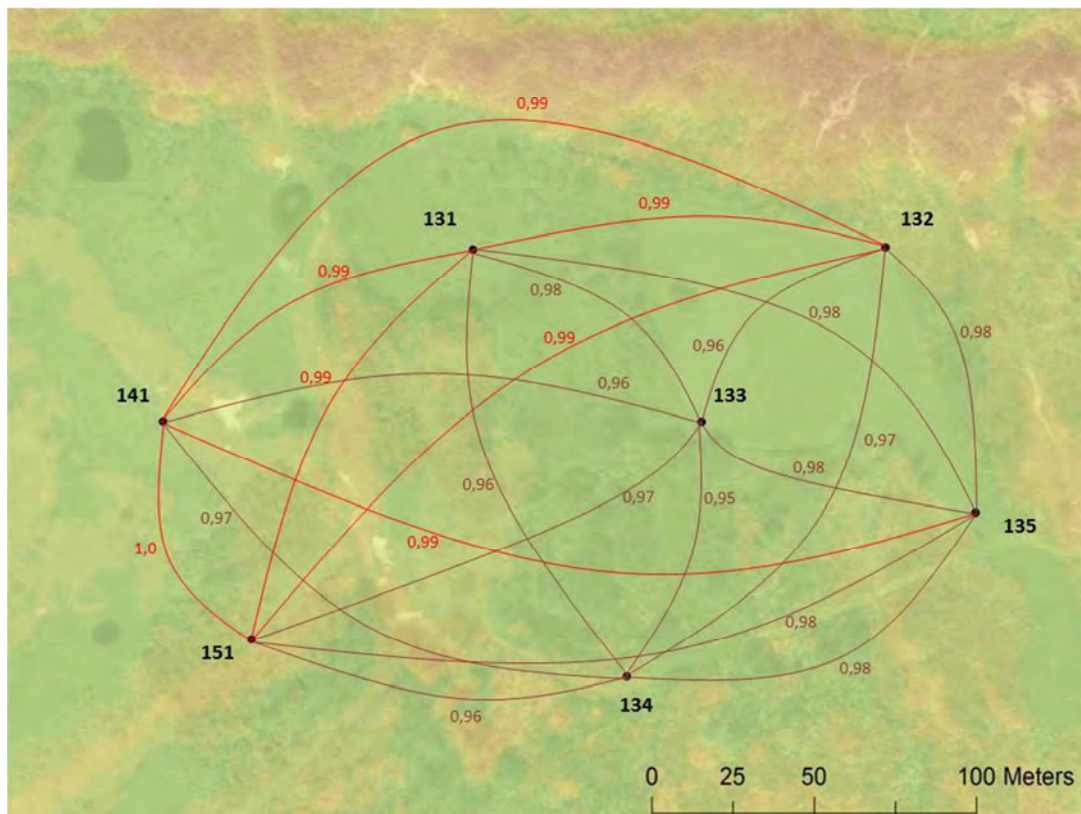


Figuur 3.19. Ruimtelijke voorstelling van de correlatie tussen de metingen van 8 peilbuizen in het noordwesten van De Westhoek.

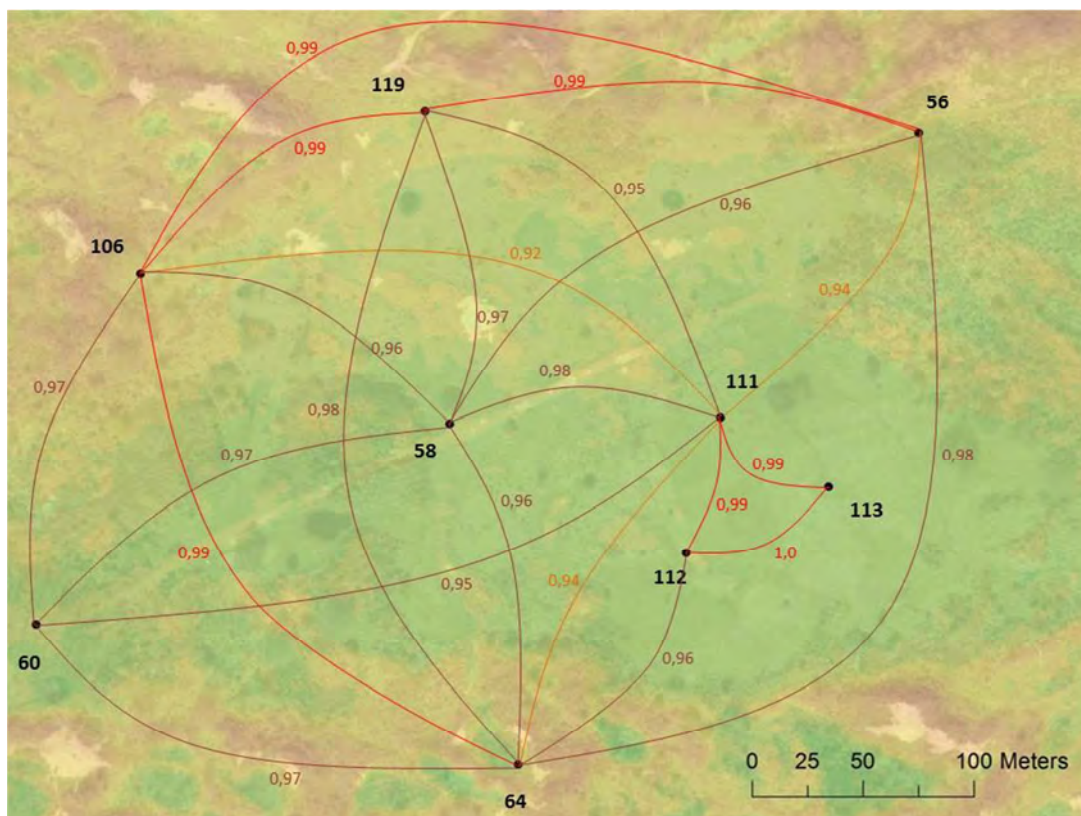


Figuur 3.20. Verband tussen Pearson correlatie en afstand tussen verschillende buizen in het noordwesten van De Westhoek.





Figuur 3.21. Correlatie tussen de meetreeksen van de peilbuizen in de Parnassiapanne (De Westhoek).



Figuur 3.22. Correlatie tussen de meetreeksen van de peilbuizen in de Weide (De Westhoek).



### 3.3.3 Criteria voor optimalisatie

#### 3.3.3.1 Beschrijving van het hydrologisch systeem

De grondwaterhuishouding vormt vaak een belangrijke component in de landschapsecologie van natuurgebieden. Inzichten in de hydrologie zijn dan ook belangrijk om het systeem te begrijpen, effecten van drukken en verstoringen te kunnen inschatten, potenties voor natuurontwikkeling te bepalen en om een optimaal beheer te kunnen voeren.

Om een volledig grondwatersysteem gedetailleerd in kaart te brengen, is een aanzienlijke inspanning vereist. De kennis die hiermee wordt opgedaan is niet altijd even relevant of staat niet noodzakelijk in verhouding tot de geleverde inspanning. Het is daarom aangewezen om die inspanningen te concentreren op een specifieke vraagstelling of problematiek.

Het scherpstellen van deze vragen vergt echter eerst een globaal beeld van de hydrologie. Als strategie is het daarom aangewezen om voor de gebieden met (potentieel) belangrijke grondwaterafhankelijke natuurwaarden eerst een globaal peilbuizennetwerk uit te bouwen om een beeld te krijgen van de stijghoogtes en daaraan gerelateerde grondwaterstromingen. Op basis hiervan kan een representatief maar sterk vereenvoudigd meetnet verder worden opgevolgd of kan meer gericht gekeken worden naar specifieke deelgebieden of vraagstellingen. Een cruciale vraagstelling voor het hele kustgebied is de optimalisatie van het beheer van vochtige duinmilieus. De ontwikkeling en het behoud van ecologisch waardevolle, soortenrijke duinvalleivegetaties (EU habitatype 2190) vergt immers een belangrijke inspanning van de beheerder. Om een optimale keuze te maken welke zones worden ingericht en beheerd is een goede kennis van bodemvochtigheid (gerelateerd aan de gemiddelde diepte van het grondwater onder maaiveld) en grondwaterschommelingen aan heel de kust noodzakelijk. En dit vereist uiteraard breed opgezette peilbuizennetwerken.

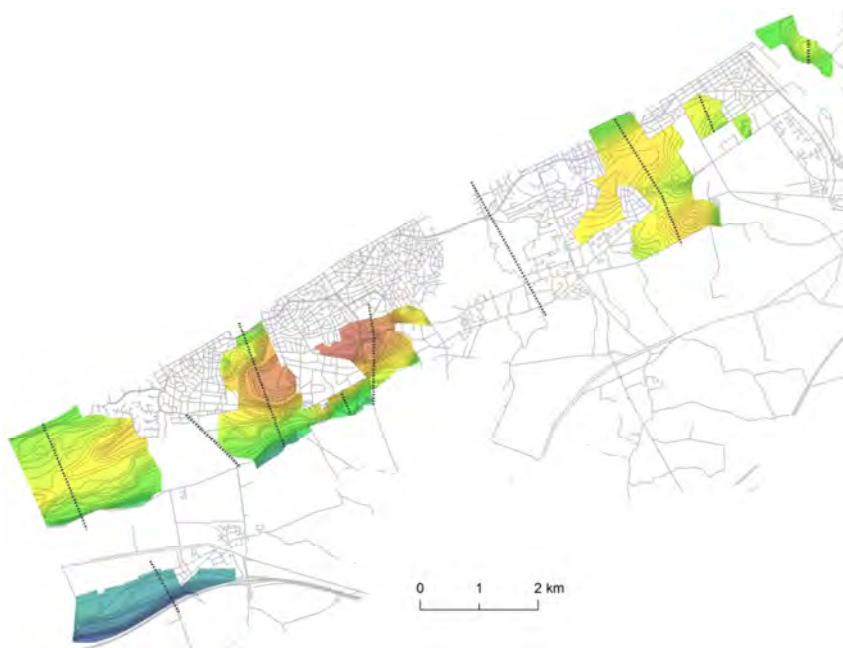
Om een globaal beeld te krijgen van de hydrologie van een gebied is het aangewezen om een intensieve meetcampagne vol te houden over een periode van minstens 8 jaar. Dit tijdsinterval is gerelateerd aan een cycliciteit in de variatie van de Noord-Atlantische oscillatie (NAO) en daarmee samenhangende patronen in neerslag, temperatuur en evapotranspiratie (zie hoger). Het is aannemelijk dat een periode van ongeveer een decennium ook de extremen in beide richtingen omvat. Die extremen zijn van belang om het systeem goed te begrijpen (uitzonderlijke overstromingen in natte pannen bijvoorbeeld).

Het is belangrijk om ook binnen een afgeslankt peilbuizennetwerk verder aandacht te besteden aan de algemene hydrologische patronen en trends. Door klimaatverandering kunnen we er niet van uitgaan dat het evenwicht tussen aanvulling van de grondwatervoorraad door het neerslagoverschot en verdamping door evapotranspiratie langdurig stabiel blijft. Een verstoring van dit evenwicht kan leiden tot een verandering in de globale stijghoogtepatronen en grondwaterstromingen met mogelijk verregaande gevolgen voor grondwaterafhankelijke natuur. Om dit proces te begrijpen is verdere opvolging van de hydrologie noodzakelijk.

Opvolgen van de globale hydrologische patronen kunnen we best doen aan de hand van meetraaien loodrecht op de lijnen van gelijke stijghoogte (parallel met de grondwaterstroming). In de praktijk zullen dit doorgaans raaien zijn loodrecht op de kustlijn (figuur 3.23). Het is aangewezen een tiental dergelijke raaien te voorzien, verspreid over de verschillende grote duinsystemen (brede westkustduinen, smalle zeerepen van de middenkust, voormalige mondingsgebieden van IJzer en Zwin, ...). Aanvullend is ook het opvolgen van de belangrijke waterwinningsgebieden aangewezen (Calmeynbos, Doornpanne, Golf van Knokke). Hiervoor is samenwerking met de andere kustbeheerders en waterwinbedrijven noodzakelijk.

////////////////////////////////////

De benodigde densiteit aan peilpunten langsheen de transecten hangt af van de hydraulische gradiënt of het stijghoogteverschil in verhouding tot de afstand tussen twee meetpunten. In de Westhoek bijvoorbeeld bedraagt de hydraulische gradiënt gemiddeld over het hele gebied 0,19%, wat overeenkomt met een stijghoogteverschil van 19 cm per 100 meter. In gebieden met een zwakke gradiënt (minder dan 10 cm stijghoogteverschil per 100 m) is een afstand van ca. 200 tussen de meetpunten voldoende. In zones met een steilere gradiënt moet de afstand geleidelijk afnemen tot ca. 100 m. Uiteraard speelt ook de topografie van het terrein een belangrijke rol. Onder hoge duinen is het praktisch niet haalbaar om manueel peilbuizen te installeren. Een opvallend steile gradiënt zien we nabij de zee (een strook van ca. 120 m) en aan de binnenduinrand maar lokaal ook midden in de duingebieden. Hierbij spelen ondoordringbare lagen in de ondiepe ondergrond een belangrijke rol. Tot slot zien we ter hoogte van (zeer) natte pannen ook duidelijke verschillen tussen de randen en de centrale delen van de panne. Ook hier is het aangewezen de buizen relatief dicht opeen te plaatsen.



*Figuur 3.23. Voorbeeld voor opvolging van de globale hydrologische systemen in de kustduinen aan de hand van meettraaien.*

Verder is het aangewezen om aanvullend basisonderzoek te verrichten in een aantal specifieke systemen. We denken daarbij vooral aan kwelsystemen aan de binnenduinrand (Belvédère, Oosthoek, Oude Hazegraspolder), de strandvlakte van Hannecart-Groenendijk en de schor-duin overgangssystemen (IJzermondig, Baai van Heist, Zwin) maar ook aan meer gedetailleerd onderzoek zoals het ‘badkuipeffect’ in asymmetrische pannen en het effect van grote poelen op de lokale hydrologie.

Tot slot is ook bij natuurontwikkeling in de natte sfeer specifiek voorafgaandelijk hydrologisch onderzoek aangewezen. Een recent voorbeeld is de mogelijke ontwikkeling van duinvalleien op de voormalige campings Ramon en Petit Bruxelles in Oostende (Provoost et al. 2018b).

### **3.3.3.2 Milieukwaliteit van grondwaterafhankelijke natuur**

Op langere termijn is de belangrijkste functie van een peilbuizenetwerk wellicht het opvolgen van een essentieel onderdeel van de milieukwaliteit van de grondwaterafhankelijke natuur. Dit is noodzakelijk om waargenomen veranderingen in de vegetatie (o.m. vanuit het meetnet habitatkwaliteit) te helpen verklaren en daarmee de rapportage over de staat van



instandhouding van de betreffende habitattypen ook hydrologisch/hydrochemisch te onderbouwen. Tegelijk is nog verder onderzoek nodig om de standplaatsvereisten van de typen en hun kenmerkende soorten meer in detail te begrijpen. Hiervoor zijn langere termijn peilmetingen noodzakelijk, in combinatie met gedetailleerde vegetatiegegevens.

Ook voor de beheerder zijn de meetgegevens uit de pannen het meest relevant, bijvoorbeeld om in te schatten of de poelen zullen droogvallen, wanneer er zal kunnen gemaaid worden, hoe diep poelen moeten gegraven of geruimd worden, ...

Centrale vraag is welke densiteit aan peilbuizen hiervoor noodzakelijk is. In een advies aan het agentschap voor Natuur en Bos geven Van Calster et al. (2017) een indicatie per gebied met als doel een kosteninschatting te maken van de hydrologische opvolging. De auteurs geven daarbij uitdrukkelijk aan dat de aantallen een eerste inschatting zijn die per gebied moeten verfijnd worden afhankelijk van de hydrologische variatie, specifieke knelpunten en beheermaatregelen. Voor de Westhoek bijvoorbeeld, suggereren zij 11 buizen voor een oppervlakte van 60 ha aan kritische grondwaterafhankelijke vegetatie (lage duinvalleivegetatie en kruipwilg). Hoewel de oppervlakte-inschatting eerder aan de hoge kant is (uit de vegetatiekartering in 2010 blijken duinvallei- en kruipwilgvegetaties gezamenlijk slechts 40 ha in te nemen), is 11 buizen bijzonder weinig om de grondwaterafhankelijke vegetatie op te volgen. Dit heeft vooral te maken met de sterke versnippering van de duinvalleien, de hoge interne heterogeniteit en de beheerbehoefte van de vegetatie.

Voor het opvolgen van de hydrologie in duinvalleien hanteren we daarom twee strategieën. Een eerste is gerelateerd aan de opvolging van de gebiedsspecifieke beheerdoelstellingen. Dit vergt geen aselechte steekproef maar net een gerichte keuze om op specifieke locaties kennis te verzamelen. Het zijn de zones met belangrijke populaties van aandachtsoorten, met een bijzondere hydrologie, met een intensief beheer, met permanente kwadraten uitgezet in het kader van PINK (en verder opgevolgd in het kader van de Natura 2000 monitoring van de habitatkwaliteit) of locaties met een combinatie van deze elementen.

Een tweede strategie streeft ernaar een representatief beeld te geven van de hydrologie voor een bepaald habitatype. Het invullen van deze informatiebehoefte gebeurt in het kader van de Meetnetten Natuurlijk Milieu (Vanderhaeghe et al. 2017). Het schaalniveau van de voorziene uitspraken vanuit dit monitoringprogramma is Vlaanderen, met de bedoeling ondersteuning te bieden aan de planning en evaluatie van het gewestelijke instandhoudingsbeleid. Voor de kusthabitats (21\*\*-reeks) valt dit echter samen met het niveau van de kustregio. Op termijn is het de bedoeling om een volledig nieuwe meetreeks te installeren op basis van een aselechte (toevallige) steekproef uit de habitatlocaties. Dit laatste is vereist om betekenisvolle betrouwbaarheidsintervallen te kunnen geven aan toestand en trend van een aantal hydrologische variabelen, geldend voor Vlaanderen (de duinen). De steekproeftrekking gebeurt op analoge wijze als in het habitat kwaliteitmeetnet, namelijk via GRTS (Generalized Random-Tessellation Stratified Sampling). Het is een ruimtelijk gebalanceerde en flexibele methode waarbij de steekproef gemakkelijk kan worden vergroot of verkleind aan veranderende behoeften.

Het MNM-programma wordt momenteel nog ontworpen maar in de loop van 2020 worden steekproefscenario's bepaald voor het grondwatermeetnet. Daarna moet de steekproef vertaald worden in een concreet meetplan, waarbij zoveel mogelijk gebruik gemaakt wordt van bestaande meetpunten (waardevolle historische reeksen). Daarbij zal nog terugkoppeling met ANB gebeuren. Een ruwe inschatting is dat er voor de kust tussen de 70 en 140 meetpunten nodig zullen zijn. Op kortere termijn wordt een overgangsfase voorzien waarbij voor uitspraken in monitoring van geselecteerde bestaande meetpunten gebruik wordt gemaakt. De selectie wordt gebaseerd op de kwaliteit van bestaande meetreeksen (lengte,



volledigheid), de ruimtelijke spreiding van de meetpuntselectie, het samenvallen met aselekt getrokken locaties en de vertegenwoordiging van de respectievelijke habitat(sub)types door de meetpunten.

Concreet betekent dit dat voor de tweede doelstelling van het grondwatermeetnet in de duinen nog geen definitieve selectie van buizen kan gebeuren en dat best verder gemeten wordt in een selectie van buizen, gelegen in de natte pannen en in overeenstemming met de selectie van bestaande meetpunten voor de overgangsfase van het grondwatermeetnet.

### 3.3.3.3 Detecteren en opvolgen van externe invloeden op de waterhuishouding

Natuurgebieden kunnen negatief beïnvloed worden van buitenaf. In het geval van sluikstort of invasieve uitheemse planten vanuit naburige tuinen bijvoorbeeld, treft dit vooral de randen van een gebied. Bij het beïnvloeden van de hydrologie kan de impact zich veel dieper in het gebied laten gelden. Dit geldt zeker in zandige bodems, met een hoge doorlatendheid.

De hydrologie kan verstoord worden door verschillende elementen. Drinkwaterwinning is een structurele bron van waterstandsval. Hier zijn de locaties, debieten en de gevolgen vrij goed bekend. Bemalingen ten behoeve van bouwwerkzaamheden vormt een tweede belangrijke bron met lokaal een grotere impact dan de drinkwaterwinningen. Locaties en debieten zijn in dit geval vaak niet bekend bij ANB. Soms kan bij grote werken irreversibele schade worden berokkend aan de hydrologie als ondoorlatende lagen worden geperforeerd.

#### Waterwinning:

Aan onze kust zijn drie grote waterwinningen actief ten behoeve van de drinkwatervoorziening. Het betreft de winningen van de IWVA in het Calmeynbos/Kralkeelduinen (wordt afgebouwd tot maximaal 250 000 m<sup>3</sup>/jaar vanaf 2020), in de Doornpanne (vergund voor netto grondwaterwinning van 1,5 miljoen m<sup>3</sup>/jaar) en de winning van het Waterbedrijf Knokke-Heist in de Golf van Knokke met een debiet van ca. 750 000 m<sup>3</sup>/jaar. Daarenboven wordt ook in de golf van De Haan grondwater gewonnen voor de beregening van de tees en greens. De Koninklijke Golfclub Oostende heeft hiervoor een vergunning met een maximale capaciteit van 35 000 m<sup>3</sup>/jaar.

Deze winningen hebben een impact op de waterhuishouding van de natuurgebieden waarin zij gelegen zijn. Opvolging van de waterstanden is essentieel om deze impact te kunnen inschatten en opvolgen. Hiervoor zijn in alle vermelde gebieden peilbuizen-netwerken uitgebouwd door de uitbaters van de winningen. In De Westhoek, de Oosthoek, het Schipgat en het zuidoosten van de laat de impact zich echter ook in natuurgebieden buiten de winningsgebieden voelen. Hier zijn gerichte extra meetinspanningen wenselijk.

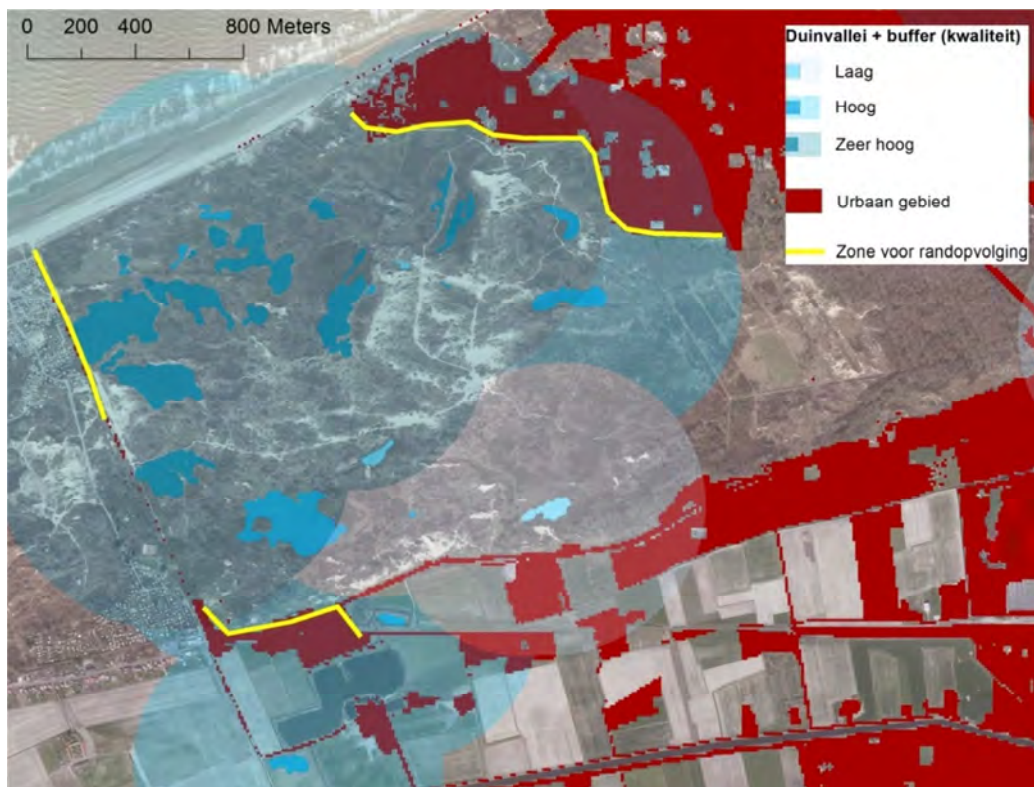
#### Bemalingen:

Gezien het ad hoc karakter is het moeilijk om systematisch te anticiperen op bemalingen bij bouwwerken. In eerste instantie is een goede beleidsmatige opvolging wenselijk. De uitvoerder van een bronbemalingen is verplicht om dit te melden via het omgevingsloket. Uit een bevraging bij Koksijde en Nieuwpoort door Indra Lamoot (ANB-AVES), blijkt dit in de meeste gevallen ook effectief zo te zijn. Bemalingen hoeven dus niet via een waarschuwingsmeetnet gedetecteerd te worden maar zijn in principe bij de overheid bekend. Wel is het hiervoor nodig om aan de rand van de grote gebieden een reeks van buizen gedurende enige tijd op te volgen zodat een referentiesituatie gekend is. Op het moment dat een referentiesituatie nodig is, kan die steeds gereconstrueerd worden via Menyanthes of gewone lineaire regressie.

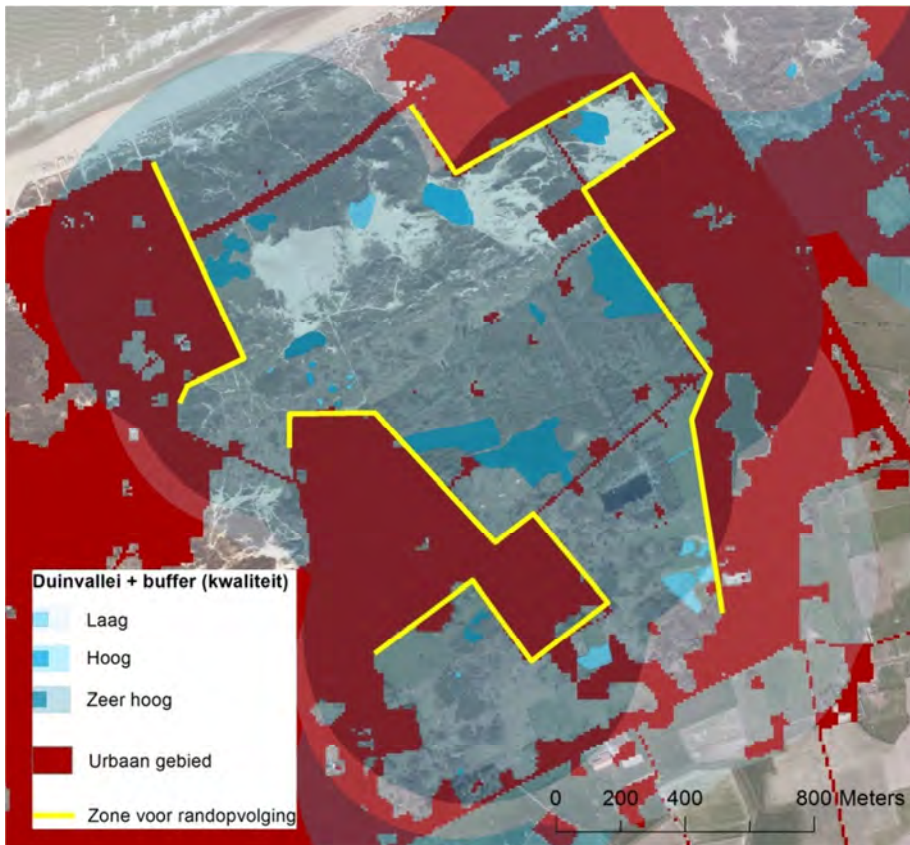


Dergelijk systeem van administratieve opvolging is echter niet onfeilbaar en zal in de praktijk vooral voor grotere werken relevant zijn. Daarom bekijken we welke hydrologisch kwetsbare zones in de nabijheid van urbane gebieden gelegen zijn. Om de reikwijdte van de impact te bepalen maken we gebruik van de formules van Theis zoals gesuggereerd door Van Daele & De Bie (2015). Vorm en grootte van de pompkegel zijn afhankelijk van het opgepompte volume en dus van pompdebiet en de gepompte tijdsduur. Daarenboven spelen ook de karakteristieken van de grondwatervoerende laag een rol als constanten in de formules. Hier beschouwen we een doorlatendheid van 7 m/dag, een dikte van de aquifer van 20 meter en een bergingscoëfficiënt van 0,15. We nemen 80 m<sup>3</sup>/dag als pompdebiet, wat overeenkomt met het maximale dagdebiet van een klasse 3 bemaling (30 000 m<sup>3</sup> per jaar). Onder deze omstandigheden berekenen we na 3 maanden pompen een daling van de grondwaterstand van 7 cm op een afstand van 400 m en 1,5 cm op 500 m. Deze daling op 500 m neemt niet meer significant toe in de tijd waardoor we 500 meter als worst-case scenario kunnen beschouwen voor de impact van een klassieke bemaling. Figuur 3.24-26 geeft een buffer weer van 500 m rond de actueel ecologisch waardevolle duinvalleien. De contactzones tussen duingebieden en urbane zones die door deze buffer worden omvat, beschouwen we als prioritaire locaties voor de installatie van waarschuwingseilpunten.

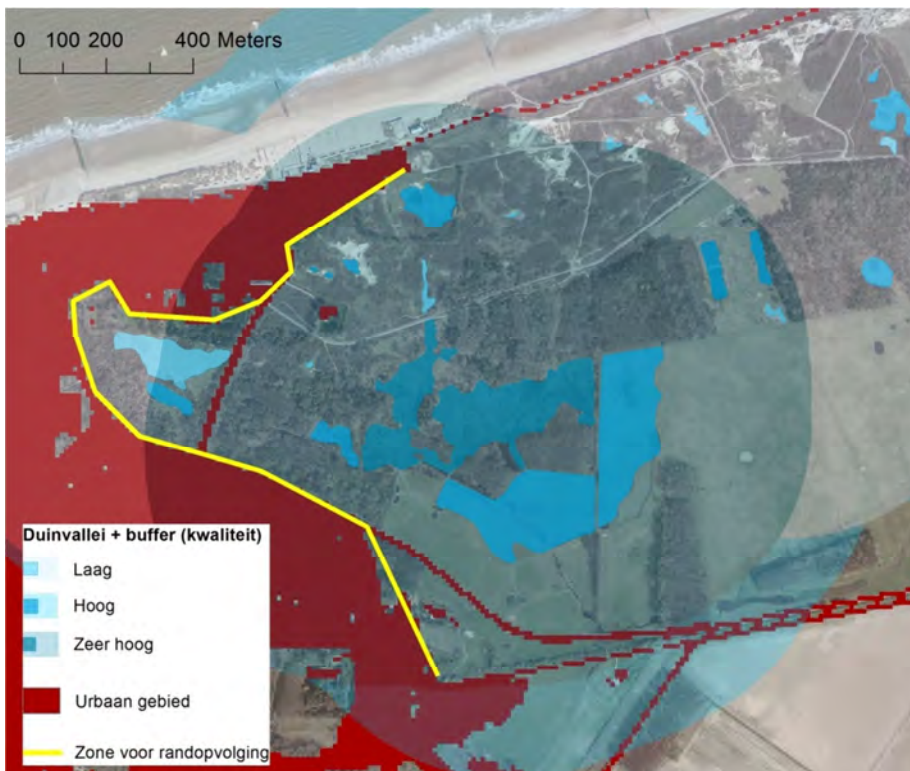
Gezien de sterke ruimtelijke versnippering van onze duingebieden overlappen de randen van kleine gebieden nagenoeg volledig met de buffers van 500 m. Hier is een bijkomende screening noodzakelijk om te zien of een waarschuwingssysteem niet kan opgevangen worden door peilmetingen in de pannes zelf. Dit blijkt steeds het geval te zijn. De kwetsbare, grondwaterafhankelijke zones zijn klein en in beperkt aantal waardoor buizen aan de rand van de gebieden weinig zinvol zijn. Het is stukken efficiënter om de pannes afzonderlijk te bemeten.



Figuur 3.24. Weergave van een 500 m buffer rond de actueel ecologisch waardevolle duinvalleien en de prioritaire locaties voor waarschuwingseilpunten in de Westhoek.



Figuur 3.25. Weergave van een 500 m buffer rond de actueel ecologisch waardevolle duinvalleien en de prioritaire locaties voor waarschuwingseilpunten in Ter Yde.



Figuur 3.26. Weergave van een 500 m buffer rond de actueel ecologisch waardevolle duinvalleien en de prioritaire locaties voor waarschuwingseilpunten in de Zwinduinen.

In de praktijk komen dus enkel de grote gebieden Westhoek, Ter Yde en Zwinduinen in aanmerking voor de installatie van een reeks peilbuizen aan de rand als waarschuwingssysteem voor ingrepen in de hydrologie in de aangrenzende urbane zones (figuren 3.24-26). D’Heye is een randgeval maar rekenen we gezien de relatief geringere natuurwaarden in de depressies eerder tot het eerste type kleine gebieden.

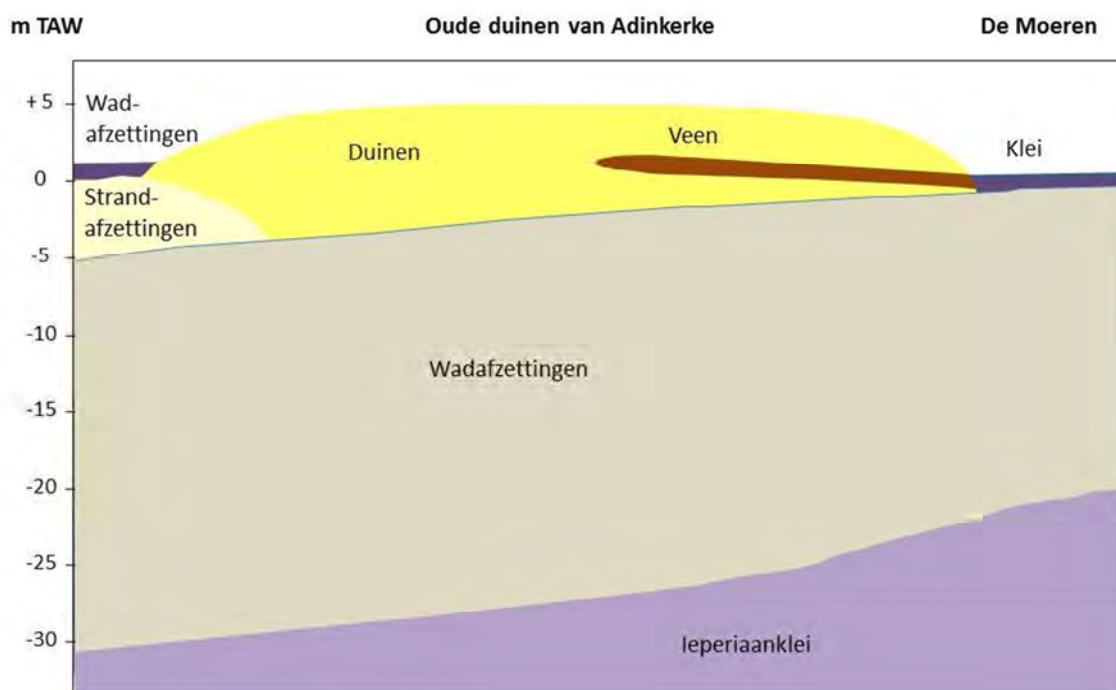
Het gebruik van een waarschuwingssysteem aan de rand van gebieden heeft zijn beperkingen. De frequentie van opmeten of uitlezen van dataloggers zal bepalen wanneer een daling van de waterstanden kan worden opgemerkt. Die afwijking moet dan nog voldoende groot zijn om effectief als abnormaal te worden aanzien.

## 3.4 BESPREKING PER GEBIED

### 3.4.1 Cabour (CAB)

#### 3.4.1.1 Hydrogeologische opbouw

In de ondiepe ondergrond ter hoogte van de Cabour kunnen we vier verschillende facies onderscheiden (Figuur 3.27 naar P. Waeyaert, A. Vandenbohede & L. Lebbe in Zwaenepoel et al. 2007). Onderaan komen Atlantische wadafzettingen voor bestaande uit zandige en lemige sedimenten met schelprijke lagen. In zeewaartse richting wordt dit pakket bedekt door een oude strandafzetting die op haar beurt deels wordt bedekt door duinzand. In het landinwaarts deel van dit duinenmassief bevindt zich een veenlaag die ontstond door de transgressive uitbreiding van een veenmoeras dat zich aan de beschutte binnenduinenrand kon ontwikkelen. Door de Duinkerke-overstromingen werden zeewaarts van Cabour opnieuw waddensedimenten afgezet, terwijl landwaarts, in De Moeren, enkel een dun laagje klei sedimenteerde.



Figuur 3.27. Lithologische opbouw ter hoogte van Cabourduinen (P. Waeyaert, A. Vandenbohede & L. Lebbe in Zwaenepoel et al. 2007).

### 3.4.1.2 Peilbuizennetwerk

In WATINA zijn voor Cabour en Garzebekeveld 39 meetpunten gedefinieerd op 28 locaties (figuur 3.28). Op 11 locaties zijn de buizen als koppel of zelfs trio geïnstalleerd (1 – 301 – 601). De meeste actueel nog opgemeten peilbuizen in Cabour werden geplaatst in 1993 in functie van de opvolging van de waterwinning en mogelijke herziening van de winning. De diepe buizen hebben een filter op 20 tot 30 m onder maaiveld; de ondiepe buizen zitten 6 tot 16 m diep. In 2006 werden 7 extra buizen geplaatst in Garzebekeveld en het oosten van Cabour het kader van de gebiedsvisie. Daarnaast worden in het gebied 3 peilschalen regelmatig opgemeten, waarvan 1 het peil in het Ringslot meet (CABS003) en een het peil in de centrale vijver (CABS002).



Figuur 3.28. Grondwatermeetpunten in Cabour-Garzebekeveld (CAB).

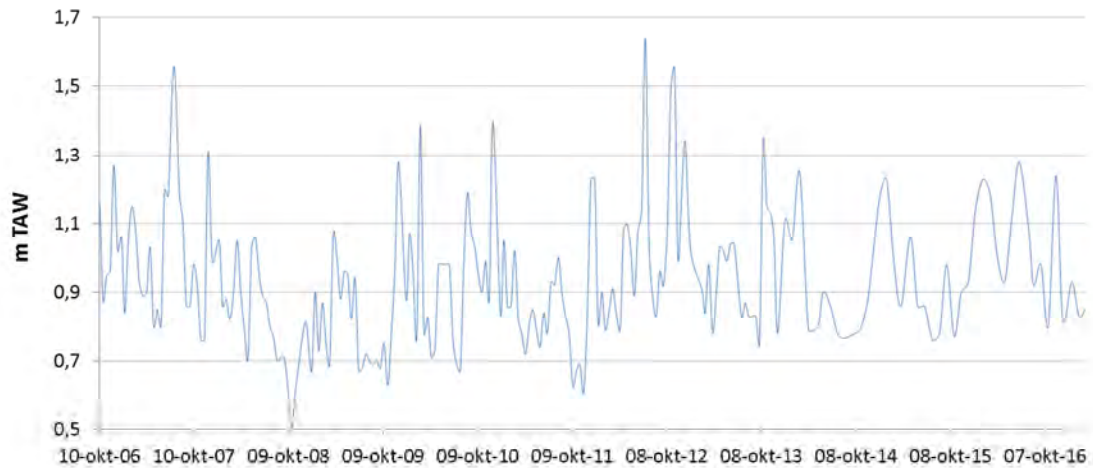
### 3.4.1.3 Waterwinning

De waterwinning van de IWVA in Cabour vloeit voort uit een installatie met draineerleidingen die tijdens de Eerste Wereldoorlog door het Belgisch leger werd uitgebouwd. In 1922 werden dan de eerste boorputten geboord en in 1924 werd de IWVA opgericht. De winning werd geleidelijk aan verder uitgebouwd om aan de stijgende vraag naar drinkwater te kunnen voldoen. Doorheen de tijd hebben verziltingsproblemen geleid tot verschillende aanpassingen aan zowel het aantal putten als het debiet. Vanaf 1960 werd de waterwinning teruggedroefd en werd slechts uitzonderlijk meer dan 200 000 m<sup>3</sup>/jaar opgepompt. In juli 2002 tenslotte, kort na het opstarten van de kunstmatige aanvulling in St-André, werd de waterwinning in Cabour stilgelegd (P. Waeyaert, A. Vandenbohede & L. Lebbe in Zwaenepoel et al. 2007).

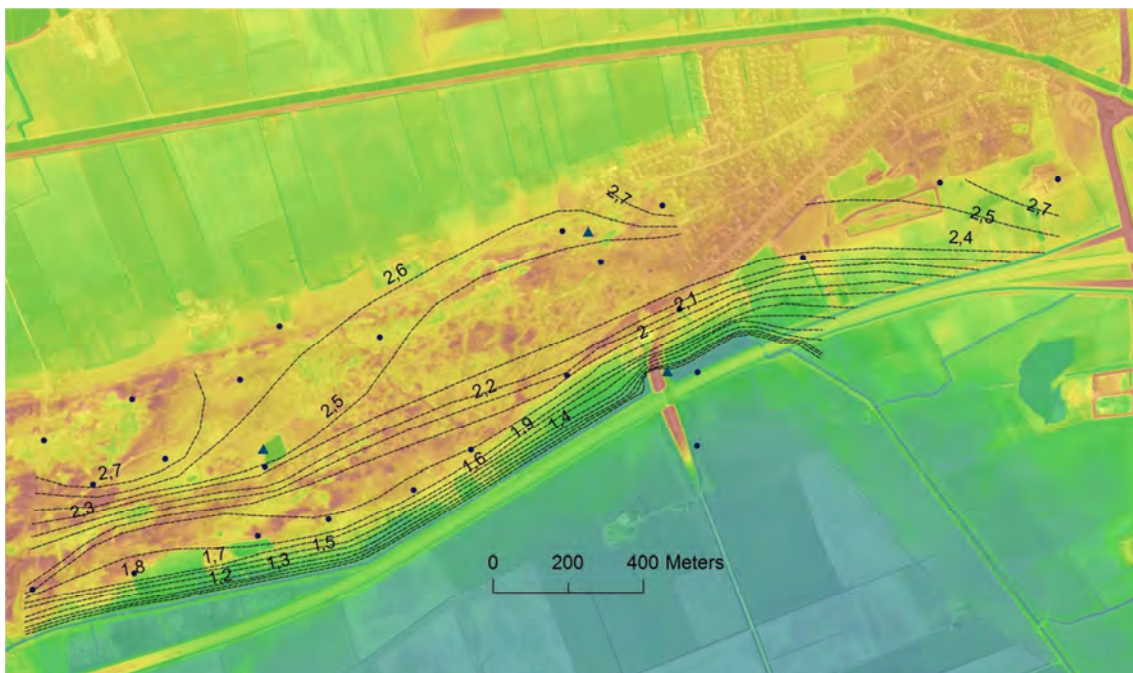
### 3.4.1.4 Grondwaterpeilen en -schommelingen

Modellering van de meetreeksen in Menyanthes gebeurde aan de hand van de neerslag- en evapotranspiratiegegevens van Koksijde. Mits toevoeging van een lineaire component, hebben de meeste modellen een goede fit, met een EVP tussen 84 en 91%. Het koppel 303/603 scoort bijzonder slecht, met een EVP van respectievelijk ca. 45 en 66%. De oorzaak hiervan is

onduidelijk maar de aanwezigheid van een ondiepe waterwinning in de nabijgelegen woning lijkt de meest plausibele verklaring. De verstoring lijkt echter weinig effect te hebben op de globale grondwaterstijghoogtes en fluctuaties. Illustratief zijn de goede modelresultaten voor peilschalen 1 en 2 in vergelijking met schaal 3 die het peil van het Ringslot meet (figuur 3.29). Dit peil wordt kunstmatig bepaald en is dus grotendeels onafhankelijk van de meteorologische variabelen. Deze waterloop heeft een gemiddeld peil van 0,93 m TAW. Doorgaans wordt een basispeil van 0,7 à 0,8 m aangehouden maar het peil is zeer variabel, met pieken tot 1,6 m.



Figuur 3.29. Peil van het Ringslot in de periode 2006-2016.



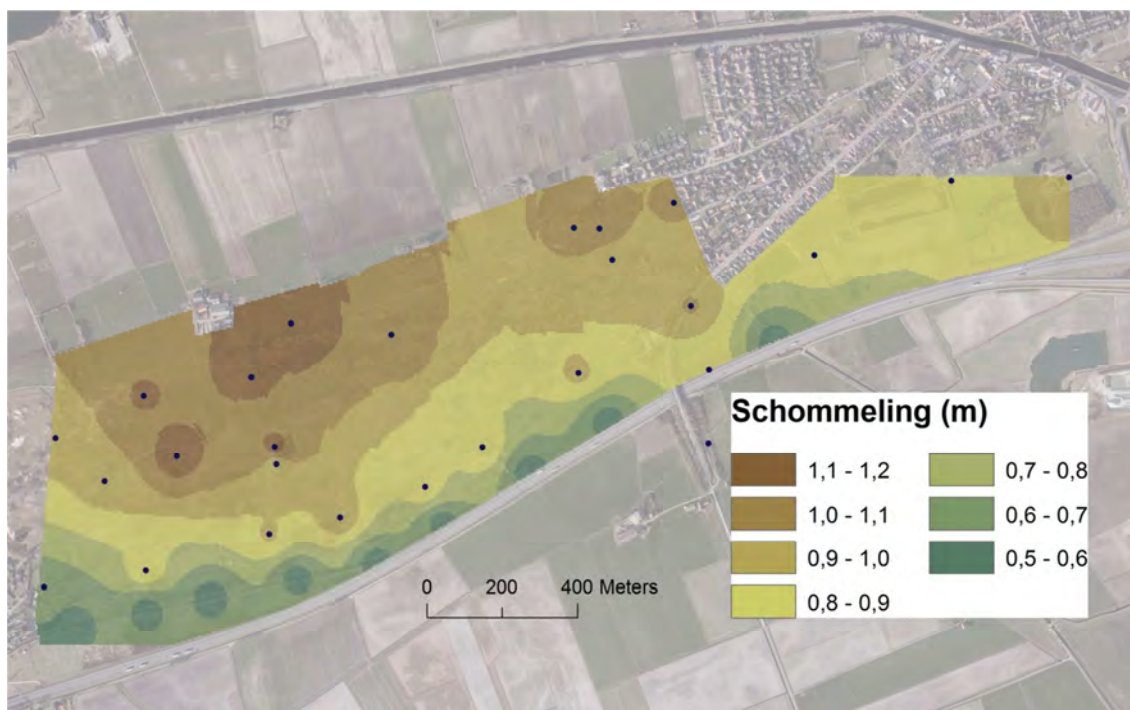
Figuur 3.30. Lijnen van gelijke stijghoogte van de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstanden in Cabour-Garzebekeveld voor de jaren 2014-2018.

Figuur 3.30 toont de lijnen van gelijke stijghoogte van de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstanden. De peilen duiken steil naar beneden vanuit de duinen richting Ringslot. Het verhang loopt daarbij op tot ca. 50 cm per 100 meter. Het verloop van de peilen ter hoogte van Garzebekeveld is zeer onduidelijk omdat de drie peilbuizen in het deelgebied min of meer op een rij staan. Bijkomende meetinspanningen zijn hier wenselijk.

Door het sterke verhang wordt het globaal beeld van de stijghoogtes sterk beïnvloed door interpolatie-artefacten (concentrische cirkels rond de meetpunten). Dit is duidelijk op de kaart van de grondwaterschommelingen (figuur 3.31) maar geldt ook voor de kaart van de voorjaarsgrondwaterstand. De lijnen van gelijke stijghoogte in figuur 3.30 zijn dan ook niet rechtstreeks afgeleid van de interpolatie maar zijn het resultaat van interpretatie.

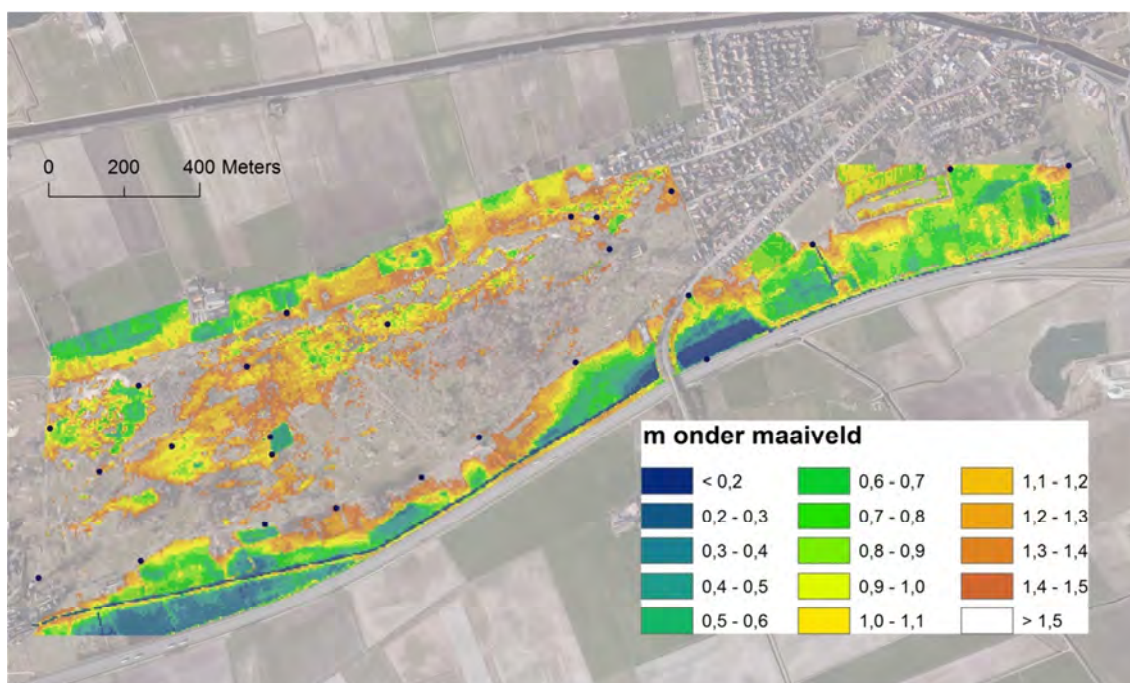
Binnen het duingebied lijkt er een min of meer gelijkmatige daling van de grondwaterpeilen over de hele breedte van het gebied. Ter hoogte van de zeewaartse rand (NW) worden gemiddelde voorjaarspeilen tot net boven 2,7 m TAW gemeten. Noordwaarts richting kanaal moeten de peilen weer dalen. Het kanaalpeil is immers gemiddeld 2,53 m TAW (gegevens WaterInfo). Op basis van het actuele meetnet kan niet afgeleid worden waar de waterscheiding zich precies bevindt maar de afbuiging van de isohypsen ter hoogte van peilbuizen 309, 311 en 340 doet vermoeden dat dit ongeveer ter hoogte van de duinpolderovergang moet zijn.

Het beeld van de grondwaterschommelingen loopt parallel met de absolute stijghoogtes (figuur 3.31). Er is een geleidelijke stijging van de schommelingen vanaf het Ringslot richting noordwestelijke duinrand. De hoogste gemiddelde schommelingen in de ondiepe buizen loopt op tot 1,17 m en wordt opgemeten in het noordwestelijke deel van het terrein. Het Ringslot heeft duidelijk een stabiliserende invloed op de schommelingen.



Figuur 3.31. Gemiddelde amplitude van de jaarlijkse grondwaterschommelingen (2014-2018) in Cabour-Garzebekeveld.

Figuur 3.32 geeft een beeld van de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand uitgedrukt in meter onder maaiveld. De natste zones zijn te vinden ten zuiden van Cabour en lokaal in Garzebekeveld. Ook in de noordelijke duin-polderovergang zijn natte zones te zien maar deze bevinden zich grotendeels buiten de interpolatie en zijn dus weinig betrouwbaar. Binnen het eigenlijke duingebied valt vooral de centrale vijver op als natte locatie. Verder zijn er in het centrale bosgedeelte en in de noordoostelijke en noordwestelijke uithoeken van Cabour vochtige depressies. Vooral die westelijke depressie, tussen peilbuizen 340 en 358 is vrij omvangrijk (ca. 0,7 ha). Tot slot zijn verspreid over Garzebekeveld vochtige zones te zien. Zoals hoger aangehaald, zijn de gegevens voor deze zone echter weinig betrouwbaar door de slechte spreiding van de meetpunten.



Figuur 3.32. Gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand in Cabour-Garzebekeveld (2014-2018) in meter onder maaiveld.

De lineaire component in de Menyanthes modellen blijkt voor alle meetpunten positief te zijn en schommelt tussen 5 en 20 mm per jaar. Dit betekent dat er over een periode van 25 jaar een stijging van de gemiddelde grondwaterstand tot 50 cm kan worden vastgesteld. De stopzetting van de waterwinning is waarschijnlijk de belangrijkste oorzaak van deze stijging, gezien het neerslagoverschot over deze tijdspanne een lichte daling kende. De grootste stijging deed zich voor in het westen van Cabour (peilbuizen 358, 311, 309, 340, 301. Verder vertoont de grootte van de stijging geen duidelijk geografisch patroon.

#### 3.4.1.5 Ecohydrologische potenties en knelpunten

Cabour is in hydrologisch opzicht een bijzonder gebied door de impact van de laaggelegen Moeren. Onder natuurlijke omstandigheden werd het peil aan de binnenduinrand bepaald door de achtergelegen lagune. Het peil zal dus vermoedelijk in de buurt gelegen hebben van het hoogwater zeepeil (4,43 m). Door de drainage van de Moeren ligt dit peil ruim 3 meter lager, wat een effect heeft op het gehele gebied. De eerste drooglegging van de Moeren





dateert echter al van de eerste helft van de 17<sup>de</sup> eeuw waardoor een aantal secundair gevormde depressies in Cabour wellicht in evenwicht zijn met deze kunstmatige situatie. In de relatief grote panne gelegen tussen peilbuizen 340 en 358 bevindt de pannenvloer zich nog ca. 70 cm boven de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand wat er op wijst dat de panne vermoedelijk bij een hogere grondwaterstand is gevormd. Herstel van soortenrijke vegetatie van natte duinvalleien zou hier naast ontbossing een afgraving van enkele dm vergen. In de huidige toestand of mits oppervlakkig plaggen, is de vochthuishouding ideaal voor de ontwikkeling van heischraal grasland.

Belangrijke vochtige zones bevinden zich in het Garzebekeveld. Door de beperkte spreiding van de meetpunten zijn de resultaten van de interpolaties hier mogelijk weinig accuraat. Het is dan ook wenselijk om hier een aantal extra buizen te plaatsen.

De tempering van de grondwaterfluctuaties door het Ringslot in het zuidelijk deel van Cabour en het westen van Garzebekeveld schept in principe potenties voor de ontwikkeling van interessante natte vegetaties. Deze zone heeft echter ook de grootste nutriëntenbelasting waardoor deze potenties ondanks de inspanningen voor natuurontwikkeling nog weinig tot uiting zijn gekomen. De meeste aandachtsoorten van natte ecotoypes die in het gebied zijn vastgesteld, zijn kenmerkend voor de meer voedselrijke binnenduintrandmilieus: ruwe bies, borstelbies, biezknoppen, kleine watereppe, fraai duizendguldenkruid en selderij. Lokaal werden echter ook als rietorchis, moeraswespenorchis, dwergzegge en paddenrus gevonden, wat wijst op de potenties voor soortenrijke vegetaties van duinvalleien.

Zoals aangegeven in het rapport van het nutriëntenonderzoek (Provoost et al. 2018a) vergt de optimalisatie van de natuurpotenties aan de zuidrand van Cabour en in Garzebekeveld maatwerk. Lokaal kan afplaggen van de voedselrijke bovenlaag overwogen worden indien hierdoor natte, fosfaatarme en minerale zandbodems worden blootgelegd. De grootste potenties hiervoor zijn wellicht te vinden in het perceel rond PQ\_94. Naast de noodzakelijke hydrologische gegevens zijn ook bijkomende boringen en fosfaatanalyses nodig om hierover meer gefundeerde uitspraken te kunnen doen. Een tweede strategie is het verschrallend maaien, eventueel via een voorafgaand uitmijntraject en gevolgd door biotisch herstel. Begrazing is een derde beheeroptie. In voedselrijke percelen kan hierbij gemikt worden op de ontwikkeling van een structuurrijke vegetaties met een deels ruige begroeiing. Samen spel van deze drie ontwikkelingsopties, in combinatie met een hoge dichtheid aan kleine landschapselementen zoals poelen, sloten en hagen, kan leiden tot een hoge natuurwaarde in het hele gebied.

### **3.4.1.6 Optimalisatie van het peilbuizennetwerk**

Uit de correlaties tussen twee peilbuizenreeksen blijken veel buizen nagenoeg hetzelfde te meten (tabel 3.1). De reeks buizen 301 – 315 in het noorden van Cabour hebben onderling bijna zonder uitzondering een correlatiecoëfficiënt groter dan 0,95 en dat voor een onderlinge afstand die oploopt tot 1,7 km. Ook de reeks in het zuiden van Cabour die doorloopt tot in Garzebekeveld (302 – 321) is onderling goed gecorreleerd al zien we hier dat er toch een graduele verandering in het systeem lijkt op te treden van west naar oost. Het is dus belangrijk om Garzebekeveld als afzonderlijk gebied te blijven bemeten. Ook in de dwarsrichting zijn de buizen binnen Cabour nog relatief goed gecorreleerd. Zo hebben 304, 309 en 310 onderling een correlatiecoëfficiënt tussen 0,94 en 0,96.



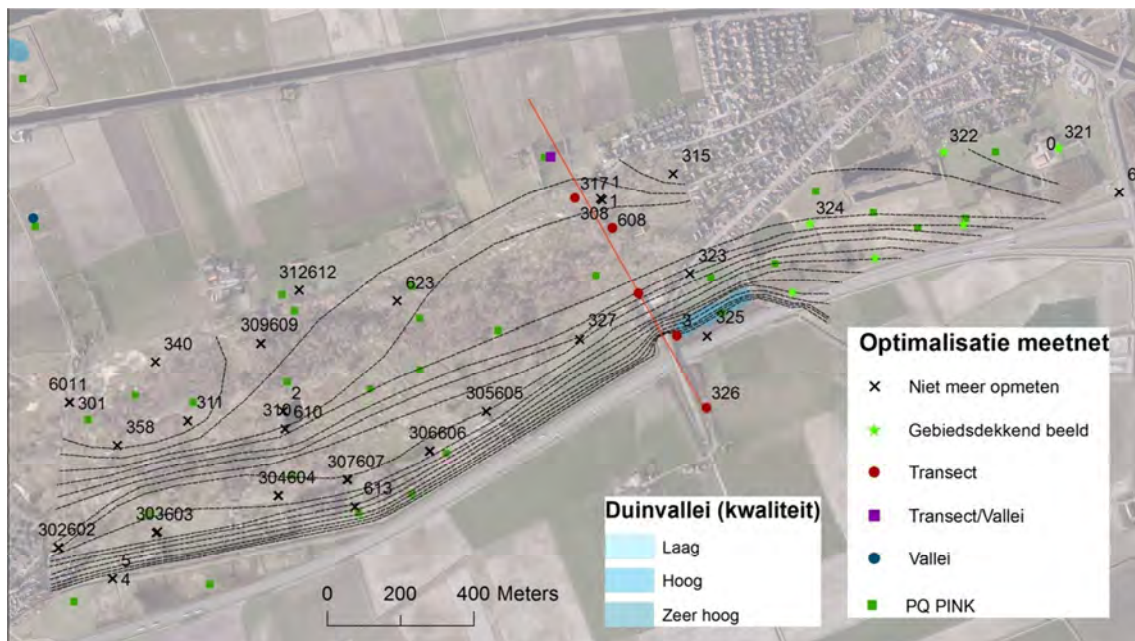
Tabel 3.1. Pearson correlatiematrixes van twee raaien van meetpunten Cabour-Garzebekeveld.

P340	P609	P312	P623	P317	P315	
<b>0,99</b>	<b>0,96</b>	<b>0,95</b>	<b>0,96</b>	<b>0,95</b>	<b>0,96</b>	P301
	<b>0,97</b>	<b>0,97</b>	<b>0,98</b>	<b>0,97</b>	<b>0,97</b>	P340
		<b>0,96</b>	<b>0,94</b>	<b>0,95</b>	<b>0,96</b>	P609
			<b>0,99</b>	<b>0,98</b>	<b>0,97</b>	P312
				<b>0,97</b>	<b>0,96</b>	P623
					<b>0,98</b>	P317

P303	P304	P307	P306	P305	P327	P323	P324	P322	P321	
0,74	<b>0,97</b>	<b>0,97</b>	<b>0,93</b>	<b>0,91</b>	<b>0,93</b>	<b>0,93</b>	<b>0,90</b>	<b>0,91</b>	0,87	P302
	0,79	0,76	<b>0,90</b>	0,74	0,82	0,82	0,82	0,83	0,82	P303
		<b>0,99</b>	<b>0,96</b>	<b>0,95</b>	<b>0,97</b>	<b>0,97</b>	<b>0,95</b>	<b>0,95</b>	0,92	P304
			<b>0,98</b>	<b>0,96</b>	<b>0,96</b>	<b>0,97</b>	<b>0,94</b>	<b>0,94</b>	<b>0,91</b>	P307
				<b>0,97</b>	<b>0,97</b>	<b>0,96</b>	<b>0,96</b>	<b>0,95</b>	<b>0,93</b>	P306
					<b>0,99</b>	<b>0,99</b>	<b>0,99</b>	<b>0,98</b>	<b>0,97</b>	P305
						<b>0,99</b>	<b>0,99</b>	<b>0,98</b>	<b>0,97</b>	P327
							<b>0,98</b>	<b>0,98</b>	<b>0,96</b>	P323
								<b>0,99</b>	<b>0,98</b>	P324
									<b>0,99</b>	P322

We stellen daarom voor om binnen Cabour nog slechts één transect met peilbuizen verder op te meten (figuur 3.33). Om deze raai te vervolledigen is het wenselijk nog twee nieuwe buizen te plaatsen, waarvan één in het natuurontwikkelingsgebied ten noorden van Cabour. Op die manier omvat het transect 6 meetpunten, waarvan 1 peilschaal op het Ringslot en één peilbuiskoppel. Voor Garzebekeveld is het wenselijk om eerste een beter beeld te krijgen van de stijghoogtes in het hele gebied. Daarom stellen we voor om langsheen de Kromfortstraat 3 nieuwe buizen te plaatsen. Eens een beter beeld verkregen is kunnen ook deze buizen wegvallen en vervangen worden door één, maximaal twee buizen op plaatsen met een interessante vegetatieontwikkeling. Tot slot is het ook wenselijk om de natuurontwikkeling aan de Maerestraat hydrologisch op te volgen met één peilbuis. Hierdoor kan kennis opgebouwd worden voor eventuele verdere natuurontwikkeling in het hele Overdekt Waddenlandschap tussen Cabour en De Westhoek. Op die manier vallen in het hele gebied 22 meetlocaties weg en blijven er na installatie van de nieuwe buizen nog 13 over. Op termijn kan dit aantal verder gereduceerd worden tot 9 of 8.



Figuur 3.33. Voorstel voor optimalisatie van het grondwatermeetnet in Cabour-Garzebekeveld (CAB).



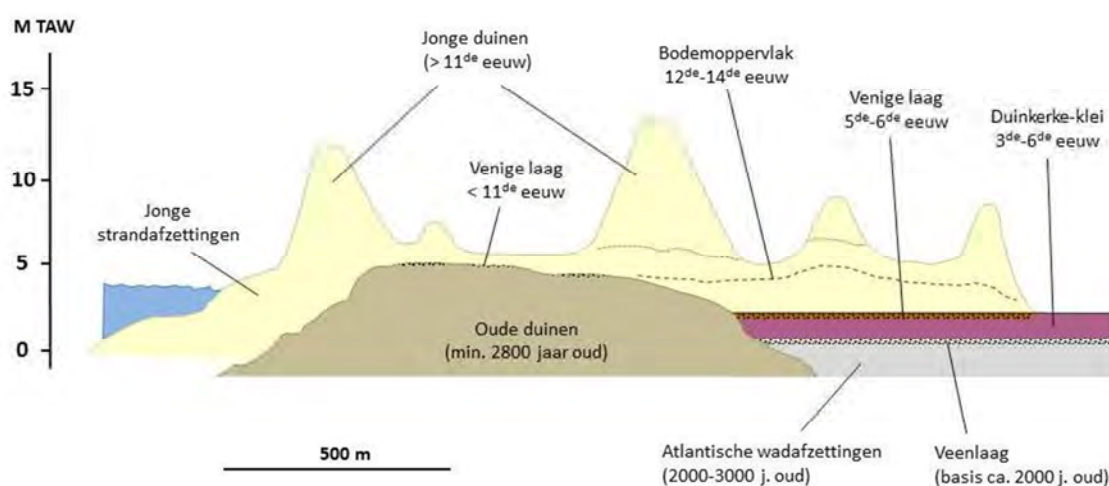
## 3.4.2 Westhoek (WES)

### 3.4.2.1 Hydrogeologische opbouw

De ondiepe ondergrond van De Panne kent een complexe opbouw die sterk bepalend is voor de hydrologie van het gebied. Verschillende onderzoekers droegen bij aan de kennis over de opbouw van de ondergrond. Dit gebeurde onder meer in het kader van specifiek geomorfologisch onderzoek (Depuydt 1966), onderzoek in functie van de uitbouw van de waterwinning in het Calmeynbos (Lebbe 1978; Lebbe & De Ceunynck 1980), archaeologisch onderzoek naar de IJzertijdsite in het noordwesten van de IJzermonding (De Ceunynck & Thoen 1981) en palaeoecologisch onderzoek op de geologische ontsluiting bij de aanleg van de riolering in de Veurnestraat (De Ceunynck et al. 1987).

Specifiek voor de zeevaartse delen van de duinen in De Panne is de aanwezigheid van restanten van de Oude duinen in de ondergrond (figuren 3.34 en 3.35). Hierdoor is in dit gedeelte geen Duinkerke-klei afgezet. De klei zorgt voor een aanzienlijke opstuwing van de grondwatertafel zoals duidelijk blijkt uit de absolute stijghoogtes in de Houtsaegerduinen en de Noordduinen (zie verder). In het oosten van de Westhoek is dit opstuwend effect sterk verstoord door de effecten van de waterwinning in het Calmeynbos. Op het oppervlak van die Oude duinen worden in de noordelijke pannen van De Westhoek venige lagen aangeboord op een hoogte van 3,8 tot 4,3 m TAW. Vermoedelijk zijn het restanten van bodems die zich in primaire duinvalleien hebben ontwikkeld. Lokale onderbreking van deze veenlagen wijst waarschijnlijk op de aanwezigheid van oude duinruggen tussen de valleien.

Verder worden in het gebied verschillende oude bodems aangeboord. Het oppervlak uit de 12<sup>de</sup>-13<sup>de</sup> eeuw is een restant van een eerste loopduinfase bij de ontwikkeling van de Jonge duinen. De humeuze bodems en resten van bewoning die blootgestoven zijn in het Zwarte Dal vormen hiervan een getuige. Ook bodems uit een tweede loopduinfase, waarvan de huidige pannenvloeren in het zuiden van de Westhoek deel uitmaken, zijn lokaal door meer recente duinen ondergestoven. Resten van deze bodems waren geregeld te zien aan de loefzijde van het loopduin toen dit zich nog actief verplaatste.



Figuur 3.34. Schematische doorsnede doorheen De Westhoek nabij de Franse grens, loodrecht op zee (naar Lebbe & De Ceunynck 1980; De Ceunynck 1992).

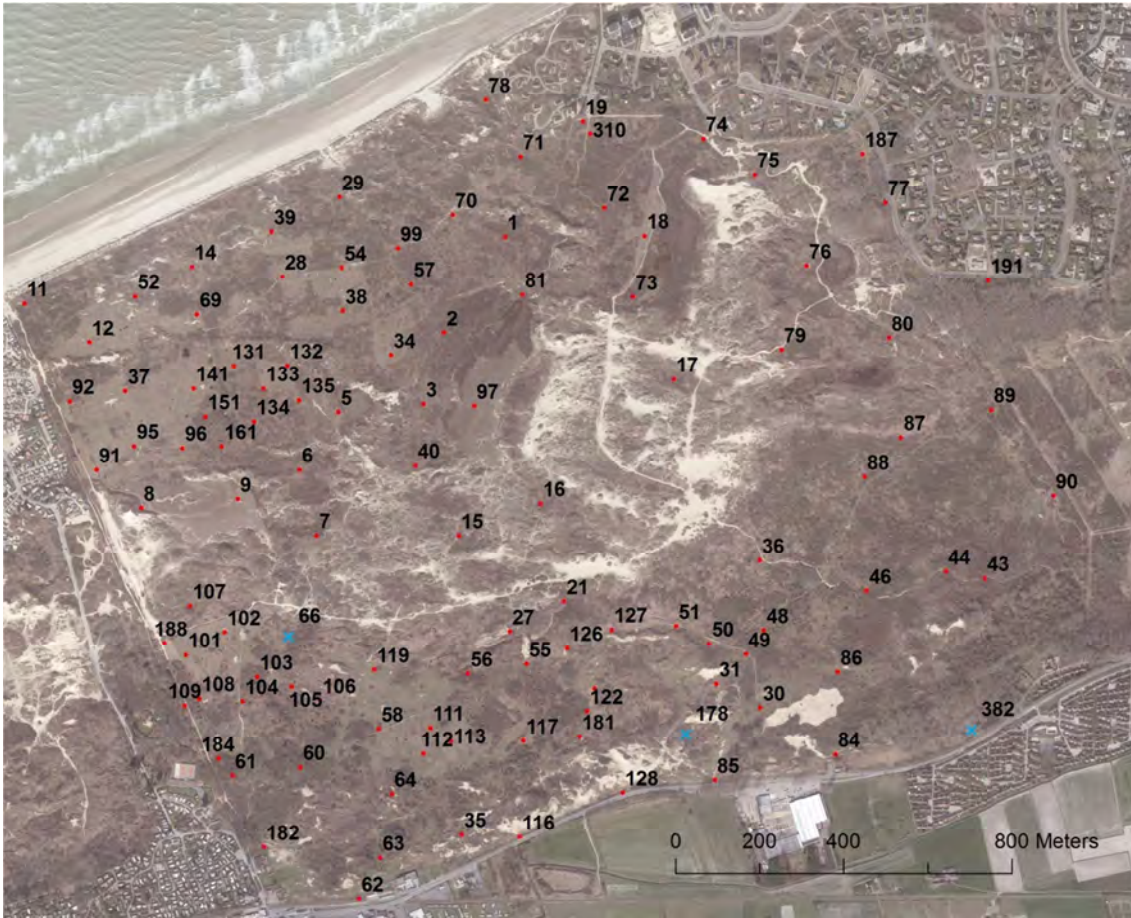


Figuur 3.35. Reconstructie van de grens van 'Oude duinen' van de Panne die minstens 2800 jaar geleden ontstonden en vanaf de 11<sup>de</sup> eeuw overstoven werden door de Jonge duinen (De Ceunynck et al. 1987).

### 3.4.2.2 Peilbuizennetwerk

Luc Lebbe installeerde een eerste, uitgebreid peilbuizennetwerk in De Westhoek en aanpalend Calmeynbos/Krakeelduinen in het kader van zijn doctoraatsonderzoek (Lebbe 1978). De resultaten van dit onderzoek werden onder meer gebruikt bij de uitbouw van de waterwinning in het Calmeynbos door de IWVA. Lebbe verrichtte 75 boringen die in de meeste gevallen als peilbuis werden afgewerkt. De diepte is variabel en loopt op tot meer dan 20 m. De stijghoogtes in die diepe buizen wijken echter sterk af van de ondiepe peilen en zijn voor ecohydrologische toepassingen niet direct relevant. Deze buizen werden ongeveer tweewekelijks opgemeten in de periode maart 1975-juni 1987. Na dit onderzoek volgt een periode van 8 jaar zonder waarnemingen. Daarna kwamen de metingen geleidelijk weer op gang in een heel beperkt aantal buizen. Een eerste uitbreiding van het netwerk met 12 ondiepe peilbuizen kwam er in 1990, naar aanleiding van een verhoogde aandacht van de beheerders voor de hydrologie van het gebied. Daarna volgde een geleidelijke uitbreiding van het netwerk met een belangrijke inspanning voor het plaatsen van buizen in 1998 en 1999. In de periode 1999-2008 werd in De Westhoek het intensiefst gemeten. Er zijn toen metingen verricht in niet minder dan 195 meetpunten. Deze set omvat ook 21 waterstandsbuizen, geïnstalleerd in functie van een evapotranspiratieonderzoek (Sevenant et al. 2003). Daarna werd het netwerk wat gerationaliseerd en gereduceerd tot 111 meetpunten. Actueel wordt een behoorlijk aantal buizen niet meer bemeten (figuur 3.36).





Figuur 3.36 Ondiep peilbuizenennetwerk in De Westhoek (WES) gebruikt voor de analyse. De blauwe kruisjes zijn diepe 'Lebbe' buizen die eveneens werden meegenomen.

### 3.4.2.3 Grondwaterpeilen en –schommelingen

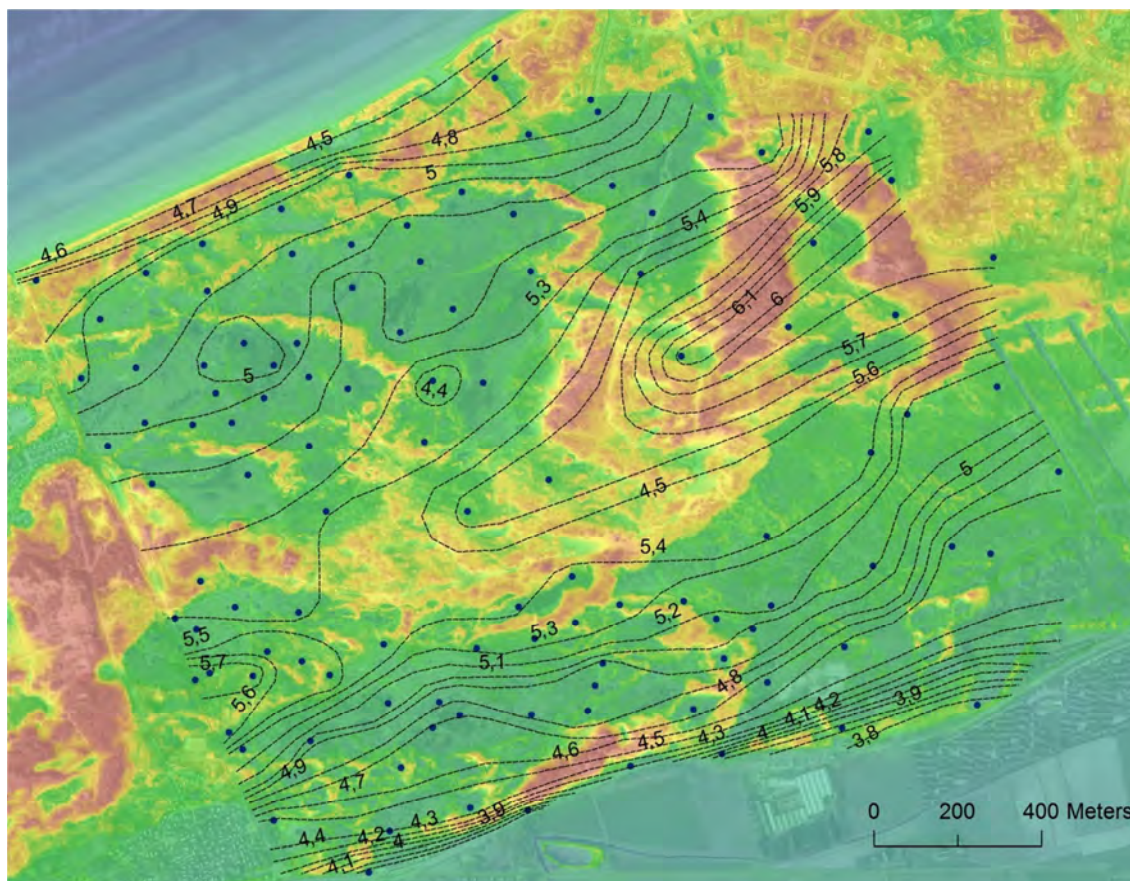
Modellering van de meetreeksen in Menyanthes gebeurde aan de hand van de neerslag- en evapotranspiratiegegevens van Koksijde. Mits toevoeging van een lineaire component, hebben de meeste modellen een zeer goede fit, met een EVP tussen 87 en 95%. Die (lineaire) trend is soms aanzienlijk en heeft in die gevallen zeker met de afbouw van de waterwinning in het Calmeynbos te maken (zie verder).

Figuur 3.37 toont de lijnen van gelijke stijghoogte van de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstanden in De Westhoek. De watertafel vertoont een min of meer gelijkmatige opbolling met een waterscheiding ter hoogte van het voormalig loopduin. Het maximale gemiddelde voorjaarspeil bedraagt 6,15 m TAW en wordt in het oosten van het gebied gemeten. De waterscheiding loopt niet parallel met de zeereep en volgt ook niet het midden van het duinmassief. Ter hoogte van de Franse grens bevindt ze zich meer landinwaarts, op ca. 1,1 km van de hoogwaterlijn en aan de oostgrens ligt de waterscheiding een stuk meer zeewaarts dan het midden van het gebied, op ongeveer 800 m van de hoogwaterlijn. Een aantal zones vertonen een duidelijk sterker verhang. Dit is vooral zo ter hoogte van de binnenduinrand waar lokaal een verhang tot ca. 1 cm per meter voorkomt. Hier



stroomt het grondwater af naar het Langgeleed in de polder, dat een gemiddeld peil heeft van ongeveer 2,5 m TAW.

Verder vertoont het grondwater ook in de zeereep en ter hoogte van de waterscheiding een sterker verhang. Dit laatste heeft vermoedelijk te maken met de aanwezigheid van veenlagen in de ondergrond die zich aan de binnenduinrand van de voormalige Oude duinen hebben gevormd.

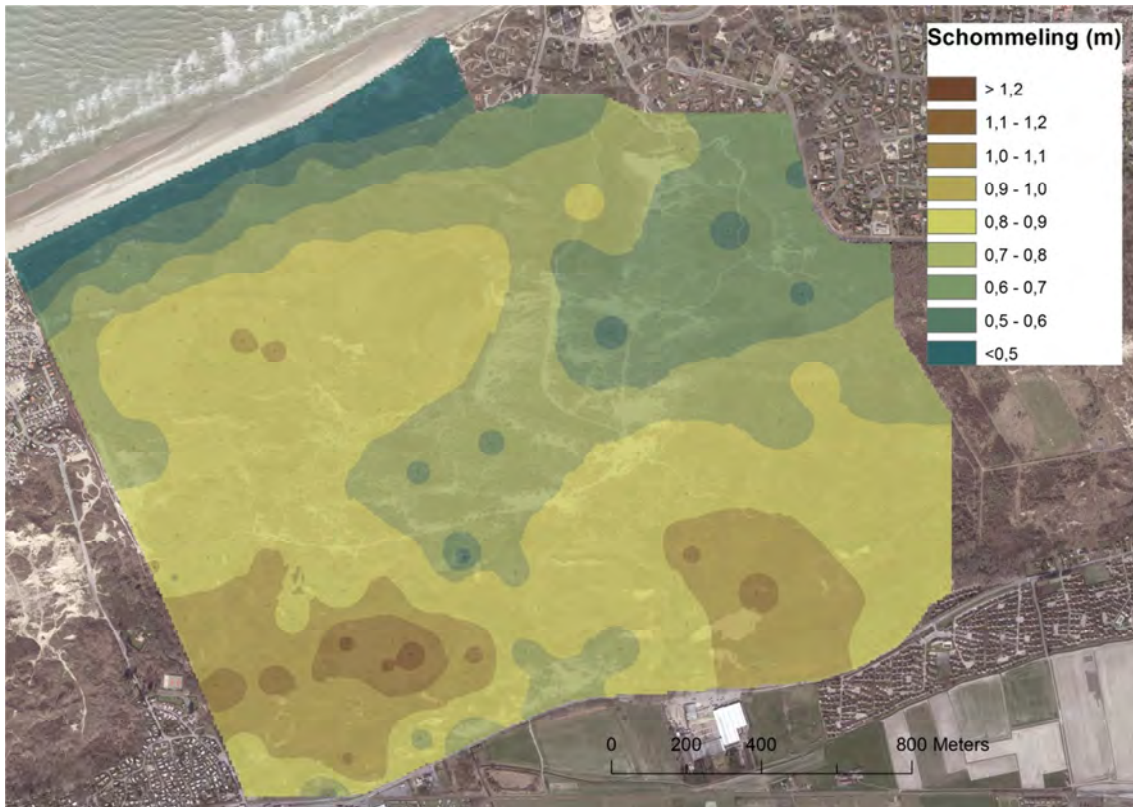


*Figuur 3.37. Lijnen van gelijke stijghoogte van de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstanden in De Westhoek voor de periode 2014-2018 geprojecteerd op HDM Vlaanderen II.*

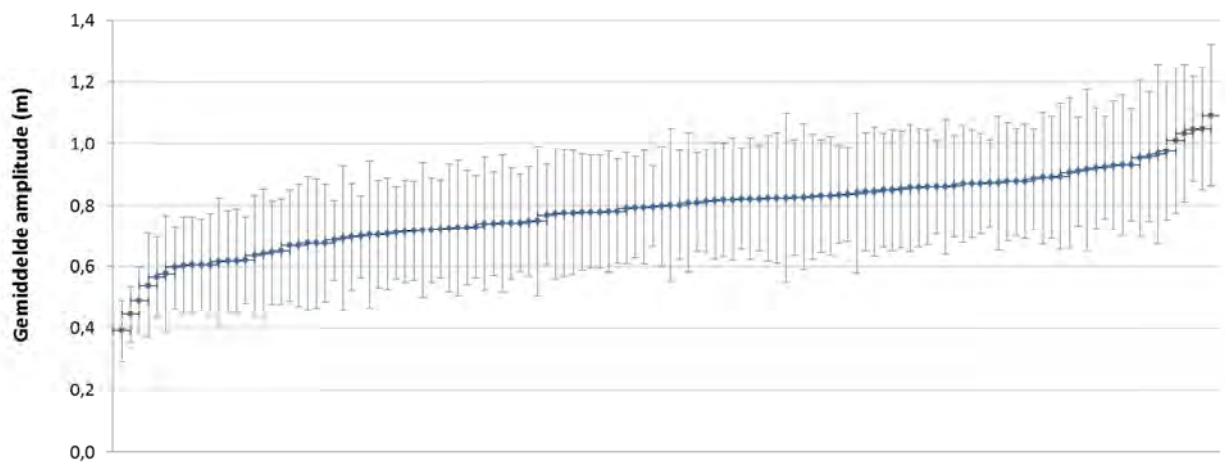
De grondwaterfluctuaties (figuur 3.38) zijn deels op het stijghoogtepatroon geënt maar zij worden ook door andere factoren beïnvloed. Vooreerst zien we de sterke tempering van de amplitude van de schommelingen door de zee. In de meest zeewaarts gelegen pannen in het Romeins Kamp en ter hoogte van peilbuis 39 zien we schommelingen van ca. 65 cm, terwijl die centraal in de noordelijke pannen oplopen tot meer dan 90 cm. Globaal vinden we de grootste schommelingen in de grote pannen omdat hier de grootste verdamping optreedt. In De Weide, in de zuidelijke pannengordel meten we de hoogste gemiddelde fluctuaties. In peilbuis 113 lopen zij op tot 115 cm. Naast de verdamping in de zomer speelt hier ook de winterse toevloei van water vanuit de noordelijk gelegen duinrug een rol. Als bij hoge grondwaterstanden de peilen in het noorden van De Weide het maaiveld bereiken, kan het water daar aan de oppervlakte zuidwaarts afstromen, naar de dieper gelegen delen van de panne. Hierdoor komen de diepste delen van de panne relatief snel sterk onder water te staan. Marc Leten bedacht voor dit fenomeen de term 'badkuipeffect'. In de laagste delen van De Weide resulteert dit in relatief hoge (grond)waterfluctuaties.



Verder valt de relatief geringe schommeling op ter hoogte van het centrale en oostelijke deel van de waterscheidingskam. Dit heeft vermoedelijk te maken met het feit dat hier amper pannen aanwezig zijn en er dus tijdens de zomermaanden geen rechtstreekse verdamping vanuit de pannenvloeren kan plaatsvinden. Ook is hier toevloei van grondwater vanuit de hogergelegen duinmassieven mogelijk. De kleine pannen die hier wel aanwezig zijn, vertonen dus een relatief beperkte schommeling van de grondwatertafel.



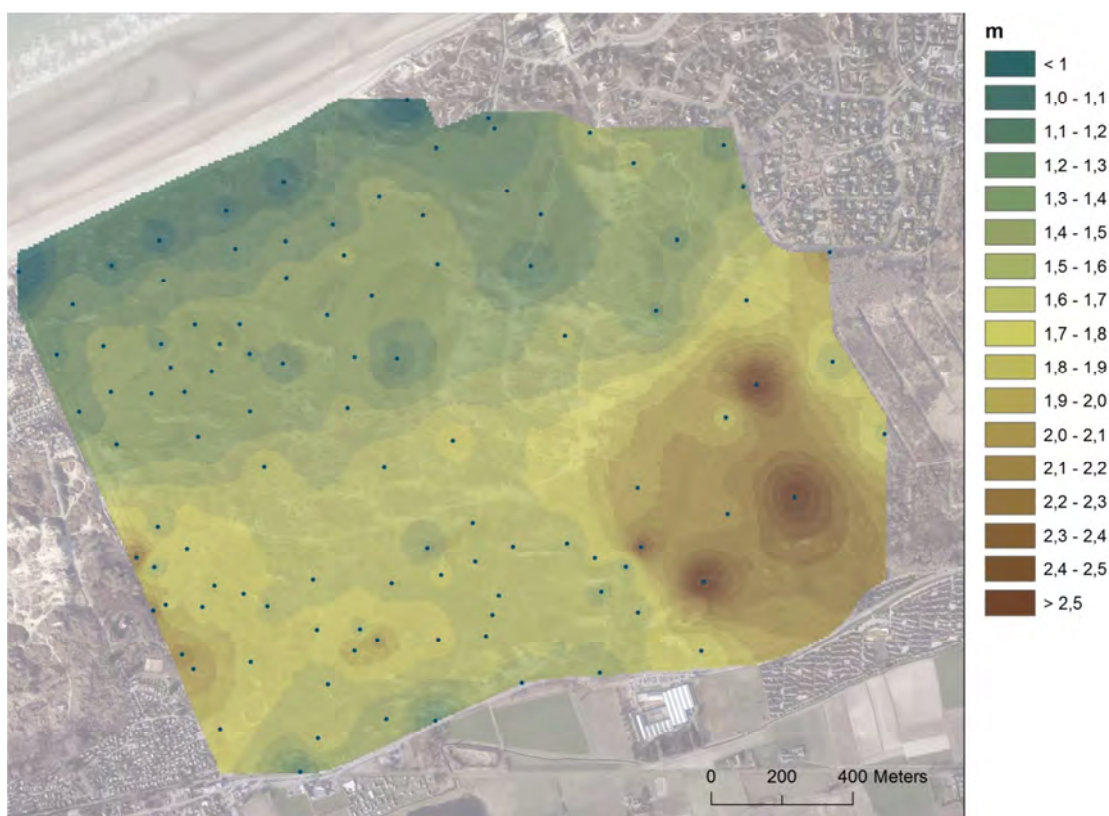
Figuur 3.38. Gemiddelde amplitude van de jaarlijkse grondwaterschommelingen (2014-2018) in De Westhoek.



Figuur 3.39. Gemiddelde jaarlijkse amplitude (met standaarddeviaties) van de grondwaterschommelingen in de met Menyanthes gemodelleerde piëzometers in de Westhoek voor de periode 1999-2018, gesorteerd volgens stijgende amplitude.



De gemiddelde amplitude van de grondwaterschommelingen over een langere periode (1999-2018) vertoont een gelijkaardig ruimtelijk patroon als voor de periode 2014-2018. Enkel in de zuidoostelijke hoek van het gebied zijn de schommelingen gemiddeld groter omdat hier ook nog effecten van de waterwinning meespelen. De gemiddelde jaarlijkse amplitudes voor alle in de analyse gebruikte peilbuizen wordt weergegeven in figuur 3.39. Globaal ligt de gemiddelde amplitude doorgaans tussen 65 en 95 cm (gemiddeld 78 cm). Uitzonderingen met lagere amplitude liggen dicht tegen zee, terwijl uitzonderlijk hoge schommelingen zoals hoger aangehaald te vinden zijn in De Weide. De standaarddeviatie per buis is ongeveer 20 cm. Dit betekent dat in 69% van de gevallen of ongeveer 7 op 10 jaren de grondwaterschommelingen in het grootste gedeelte van De Westhoek 45 tot 115 cm bedragen.

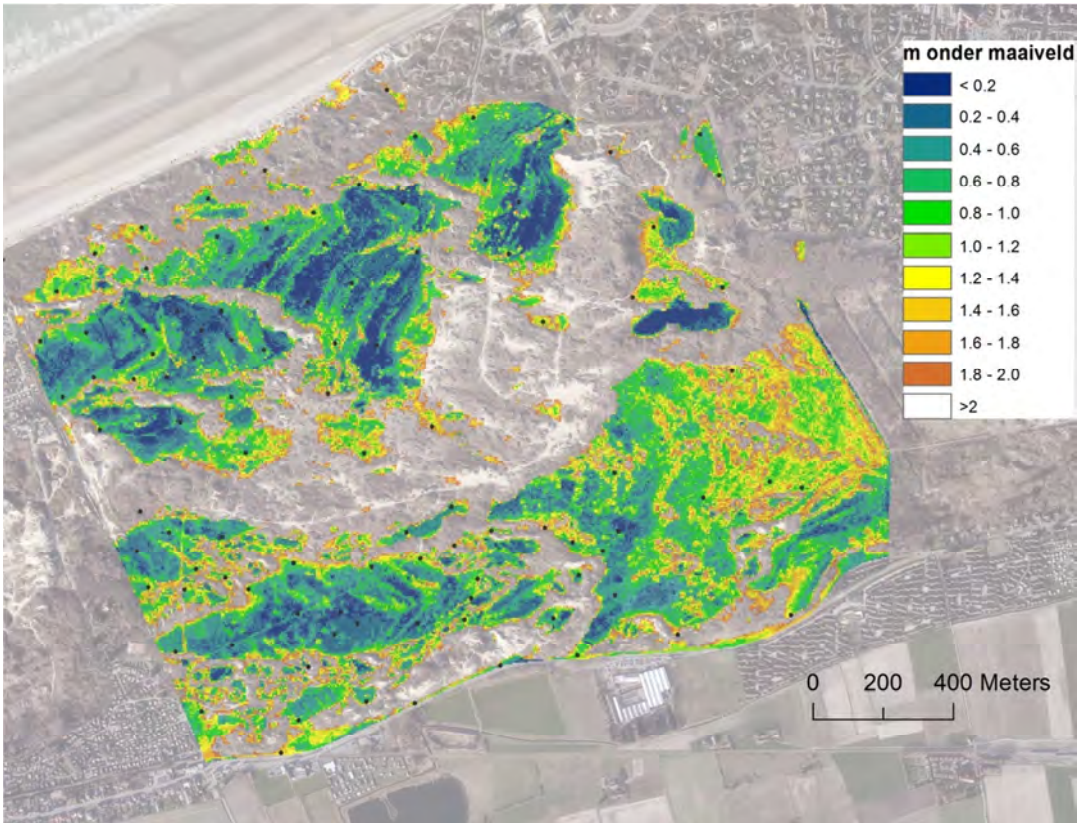


*Figuur 3.40. Maximaal verschil in stijghoogte in De Westhoek in de periode 2014-2018.*

Over een periode van 20 jaar (1999-2018) lopen de fluctuaties van het grondwater in De Westhoek op tot gemiddeld 1,5 m. Globaal bedragen zij per peilbuis het dubbele van de gemiddelde jaarlijkse fluctuatie maar de variatie is groot. Figuur 3.40 geeft een beeld van de maximale verschillen in stijghoogte in de periode 1999-2018. Dit geeft een ander beeld dan de gemiddelde jaarlijkse fluctuatie. De invloed van de zee blijft een constante en beperkt de fluctuaties in de voorste 150 m van het gebied tot ongeveer 1 meter. Het meest opmerkelijke in figuur 3.40 is echter de grote stijghoogteverschillen in het zuidoosten van het gebied, te wijten aan de afbouw van de waterwinning in die periode. Opvallend is ook het verschil tussen de noordelijke en zuidelijke pannen. Terwijl de jaarlijkse fluctuaties hier globaal in dezelfde grootteorde liggen, zijn de stijghoogteverschillen op lange termijn in de zuidelijke pannen ongeveer 25 cm groter dan in de noordelijke. Ook hier vertoont De Weide weer opmerkelijk hoge verschillen, tot bijna 2 meter.





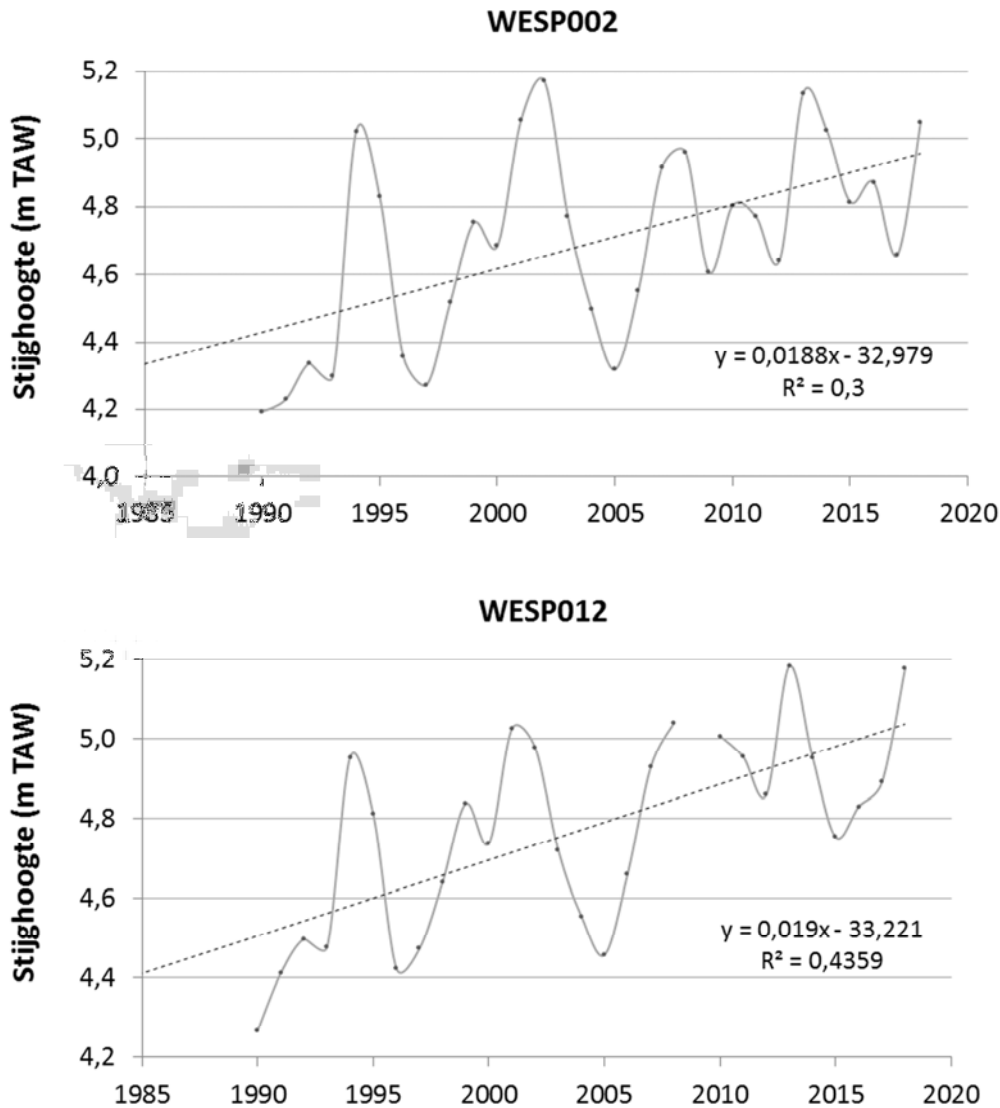


Figuur 3.41. Gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (2014-2018) in De Westhoek in meter onder maaiveld.



Figuur 3.42. Peibuizen met zeer lange meetreeksen (> 29 jaar) in De Westhoek.





Figuur 3.43. Trend in de gemiddelde jaarlijkse waterstanden in 2 peilbuizen met lange meetreeks.

Ook langsheen de zuidwestelijke rand van het gebied zijn de verschillen tussen hoogste en laagste grondwaterstand opvallend groot, tot 2,25 m in peilbuis 188. Vermoedelijk wordt deze zone soms beïnvloed door pompingen of andere ingrepen in de waterhuishouding in de nabijgelegen camping Le Perroquet. Tot slot zien we naar de binnenduinrand toe weer een tempering van de fluctuaties over een langere periode onder invloed van het min of meer constant gehouden polderpeil.

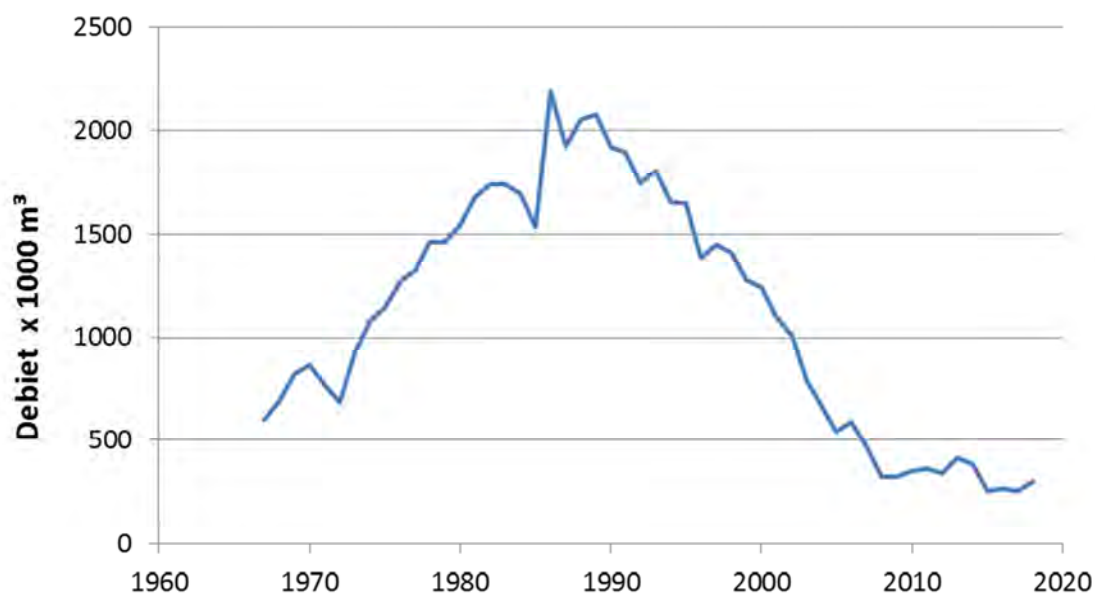
Trends in de stijghoogtes, tot slot zijn voor de Westhoek moeilijk te bepalen gezien de waterwinning in de Krakeelduinen en Calmeynbos een grote impact hebben gehad op de hydrologie van het gebied (zie hieronder). In een selectie van 9 betrouwbare meetpunten met lange meetreeksen van 29 tot 44 jaar (figuur 3.42) stellen we aan de hand van de lineaire component in de Menyanthes modellen een stijging van de gemiddelde waterstanden vast met 20 tot 50 cm. Figuur 3.43 illustreert die stijging aan de hand van de reële meetreeksen in peilbuizen 2 en 12. Het is niet geheel duidelijk wat die stijging kan verklaren. Over die hele periode is er nagenoeg geen trend in de neerslag noch het neerslagoverschot vast te stellen. Mogelijk speelt hier toch de invloed van de waterwinning, zelfs in de meetpunten die het verst van de winning gelegen zijn.



Het verschil tussen de voorjaarsgrondwaterstand en het hoogtemodel DHM Vlaanderen II geeft een beeld van deze waterstand in meter onder maaiveld (figuur 3.41). In De Westhoek zijn grote oppervlakten natte pannen aanwezig. Over 97 ha of ruim een kwart van het gebied staat de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand minder dan 80 cm onder maaiveld. Vooral in de centrale noordelijke panne is heel goed een 'jaarringenpatroon' te zien van zones die dieper of minder diep zijn uitgestoven naar gelang de toenmalige waterstand.

### 3.4.2.4 Waterwinning

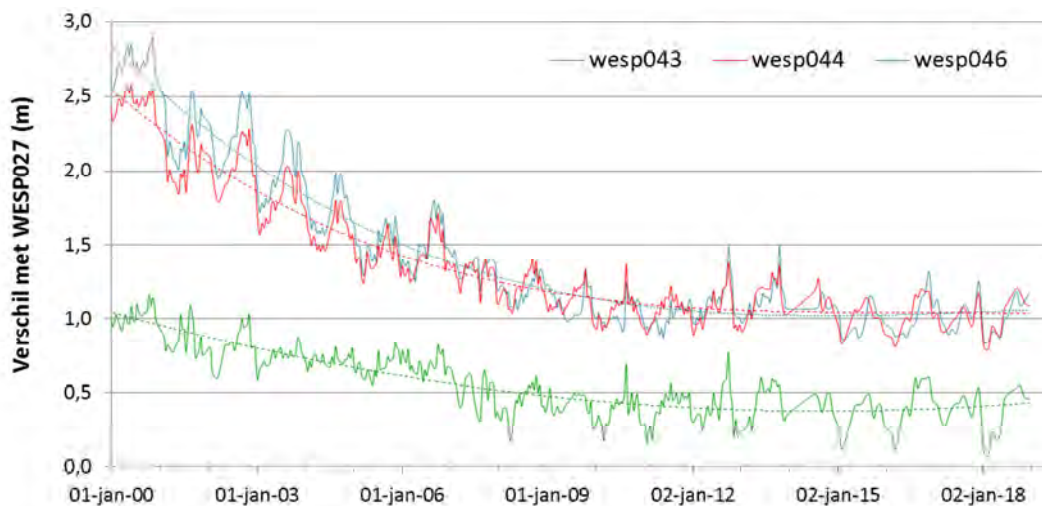
In 1963 kocht de IWVA in het Calmeynbos en de Krakeelduinen een gebied van 92 ha en installeerde er een drinkwaterwinning. In 1967 werd het pompstation in dienst genomen (Zwaenepoel et al. 2007). De opgepompte volumes stegen min of meer lineair van ca. 600 000 m<sup>3</sup> in 1967 naar meer dan 2 miljoen m<sup>3</sup> eind jaren '80 (figuur 3.44). Hiermee was de limiet van de winning duidelijk bereikt en doken er verziltingsproblemen op. De gewonnen debieten werden dan ook geleidelijk aan afgebouwd tot ca. 1 miljoen m<sup>3</sup> in 2002. Een structurele aanpassing kwam er pas later, door de uitbouw van de oppervlaktewaterinfiltratie in de Doornpanne. Aan de vergunning van dit project werd een herziening van de vergunning voor de winning in De Panne gekoppeld met een verdere afbouw tot 500 000 m<sup>3</sup> in 2016. Deze afbouw werd ook gerealiseerd en vanaf 2009 werd geen water meer gewonnen in de zuigput in de Krakeelduinen (enkel nog in het Calmeynbos). In de nieuwe vergunning die vanaf 2020 in werking treedt, wordt een verdere afbouw tot 250 000 m<sup>3</sup> voorzien.



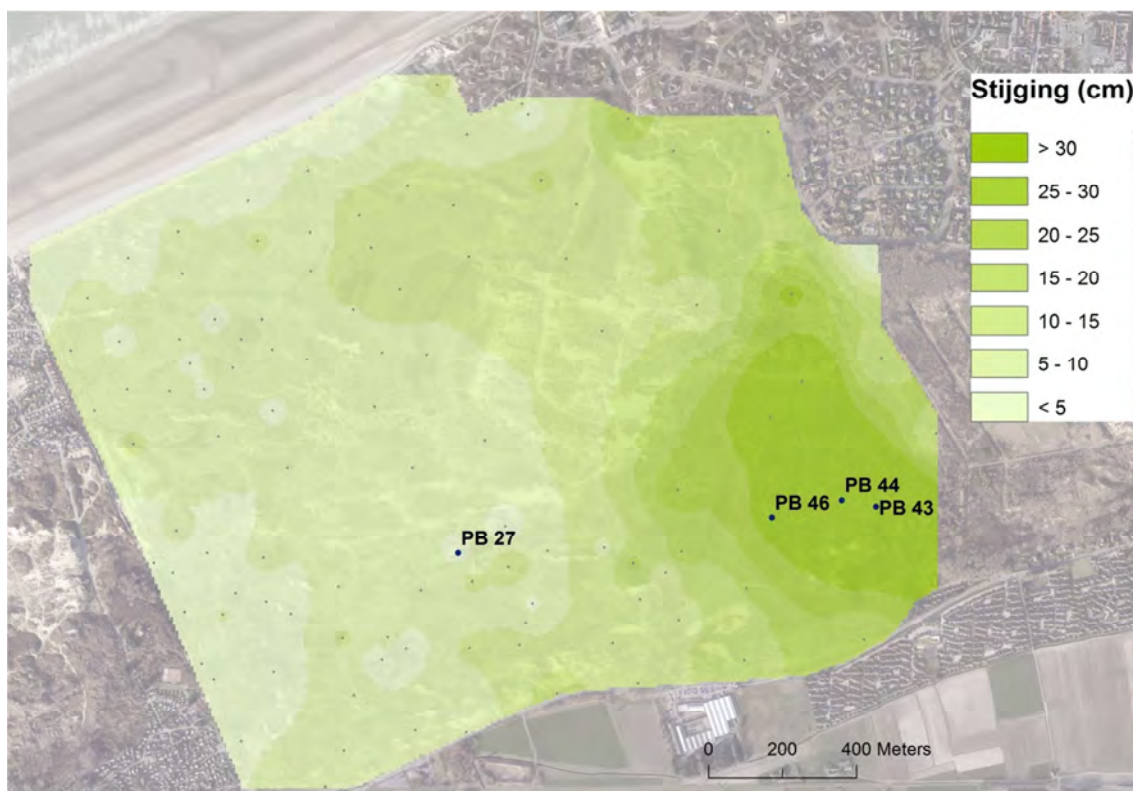
Figuur 3.44. Jaarlijks opgepompte hoeveelheid in waterwinning 'Westhoek' van de IWVA in het Calmeynbos en de Krakeelduinen.

De stelselmatige afbouw van de winning in het Calmeynbos en de Krakeelduinen heeft geleid tot een lokaal sterke stijging van de peilen in De Westhoek. Op figuur 3.45. wordt de stijging geïllustreerd aan de hand van drie buizen die langsheen het Ligusterpad gelegen zijn (ligging zie figuur 3.46). De peilen zijn afgetrokken van die van peilbuis 27, die op 1300 m van de grens met de Krakeelduinen is gelegen. De figuur toont een peilstijging met ruim 2,5 m sedert 2000 in pb 43, die op 275 m van de winning gelegen is. De lineaire trend in de Menyanthes modellen geeft een gelijkaardig beeld met een stijging van 2,5 - 1,8 en 1,2 meter in respectievelijk peilbuizen 43, 44 en 46.





Figuur 3.45. De evolutie van het verschil in stijghoogte tussen WESP027 en drie buizen langsheen het Ligusterpad illustreert het effect van de afbouw van de waterwinning in de aanpalende Krakeelduinen. Ligging van de buizen: zie figuur 3.36)



Figuur 3.46. Stijging van de gemiddelde grondwaterpeilen in De Westhoek in de periode 2014-2018 ten opzichte van de periode 1999-2018.

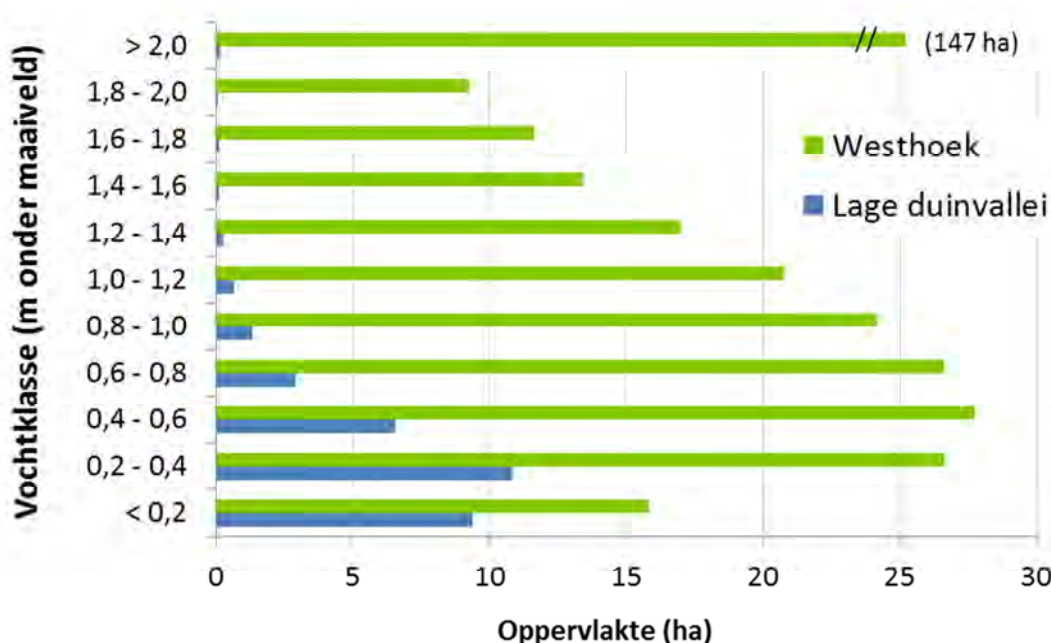
Het is echter niet mogelijk om een beeld te krijgen van de maximale impact van de waterwinning bij de hoogste debieten begin jaren '90. Hiervoor zijn onvoldoende lange meetreeksen voorhanden. We krijgen een goed ruimtelijk beeld van de recente stijging door de gemiddelde stijghoogte tijdens de voorbije 5 jaar af te trekken van de gemiddelden over de

periode 1999-2018 (figuur 3.46). We zien dat de impact zich het meest liet voelen in het zuidoosten van het gebied maar dat er noordelijk ook een uitloper is met een stijging van meer dan 10 cm tot over de helft van het gebied. Vermoedelijk is dus ooit meer dan de helft van de Westhoek door de waterwinning beïnvloed.

### 3.4.2.5 Ecohydrologische potenties en knelpunten

Figuur 3.47 geeft de oppervlakteverdeling weer van de hele Westhoek en van de lage vochtige duinvalleien over de verschillende vochtclassen. We zien dat voor de natste zones, met een gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand hoger dan 40 cm onder maaiveld, ongeveer de helft van de oppervlakte bestaat uit lage duinvalleivegetaties die door begrazing of maaien worden beheerd. Er is dus al heel wat door natuurontwikkeling open gemaakt maar er blijft nog potentie voor uitbreiding ten koste van natte struwelen en bossen. Uitbreiding dient zich te concentreren in zones met geringe grondwaterschommelingen. Zeker de voormalige westelijke slufster is een interessante locatie om open te maken en te houden gezien de hydrologische stabiliteit. Ook ten zuiden van peilbuis 70, in de omgeving van poel WES\_030, in het oosten van het gebied, ten oosten van peilbuis 76 en aan de noordrand van het Zwarte Dal zijn er nog uitbreidingsmogelijkheden voor valleien met geringe schommelingen.

Maar ook natte struwelen en bossen hebben een belangrijke natuurwaarde. Het is dus zeker niet de bedoeling om de volledige oppervlakte aan valleien open te maken. In eerste instantie is het van belang om de bestaande lage duinvalleien open te houden zodat de aanwezige populaties van aandachtsoorten zich kunnen handhaven of uitbreiden. Om de huidige verstruwelingsdruk te compenseren is naast begrazing op vele plaatsen ook een periodieke mechanische ontstruweling noodzakelijk. Verder is het aangewezen om zoveel mogelijk in te spelen op de spontane evolutie van de struwelen. Op verschillende plekken valt duindoornstruweel open na langdurige voorjaarsinundatie. Dit is momenteel vooral aan de gang in de noordelijke pannengordel. Op deze plekken kunnen met een relatief geringe inspanning (éénmalige maaibeurt, gevolgd door begrazing) waardevolle kruidachtige duinvalleivegetaties tot ontwikkeling komen.



Figuur 3.47. Oppervlakteverdeling van de hele Westhoek en de lage vochtige duinvalleien over de verschillende vochtclassen.



### 3.4.2.6 Optimalisatie van het peilbuizennetwerk

De Westhoek is uitgerust met een zeer uitgebreid peilbuizennetwerk. Een proportionele reductie van het aantal meetpunten zal hier dan ook leiden tot de grootste afname in absolute getallen. Dat maakt de keuze lastig want er zijn veel interessante plekken en fenomenen die het opvolgen waard zijn. In ieder geval wordt het onmogelijk om het huidige gebiedsdekkende beeld van de stijghoogtes te blijven opvolgen. Wel kiezen we om een relatief groot aantal meetpunten te behouden omdat het gebied voor vochtige duinvalleien minstens op Vlaams niveau een unieke plaats inneemt. De Westhoek is dan ook als LTER site (Long-Term Ecosystem Research) opgenomen ([www.lter-belgium.be](http://www.lter-belgium.be)), wat een extra engagement naar onderzoek en monitoring impliceert.

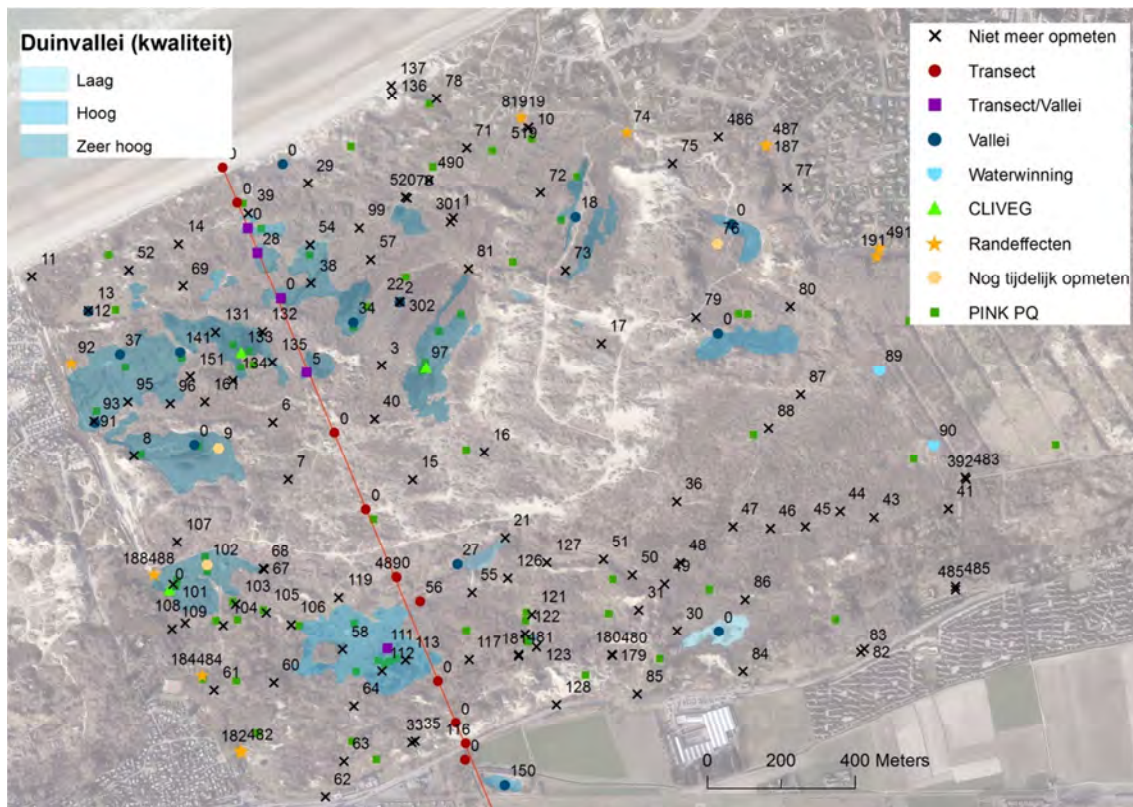
We kiezen ervoor om het systeem aan de hand van één transect in het hydrologisch minst beïnvloede deel van het gebied op te volgen. Meerdere transecten impliceren onmiddellijk een sterke toename van het aantal buizen. Door het relatief regelmatig patroon in de stijghoogte zou dit ook een sterke redundantie van de gegevensverzameling inhouden. Wel opteren we ervoor om in dit transect veel meetpunten te voorzien zodat een gedetailleerd beeld van de stijghoogtes wordt verkregen. Als vuistregel hanteren we een maximale afstand tussen de buizen van 200 m én een maximaal stijghoogteverschil van ca. 10 cm. Hiermee bekomen we een transect van 16 meetpunten dat zeewaarts in de embryonale duinzone begint en landinwaarts loopt tot aan de oever van de grote vijver van de Drie Vijvers. Eén van die meetpunten vormt een koppel: 489 en een nieuw te plaatsen ondiepe buis. In totaal zouden hiervoor 11 nieuwe buizen moeten geplaatst worden, inclusief koppel en vervanging (van pb 39).

Het transect omvat reeds 5 buizen die in ecologisch zeer waardevolle lage duinvalleivegetaties meten. Daarnaast worden verspreid over het gebied en de verschillende hydrologische regimes nog 12 peilbuizen behouden en 5 extra buizen geplaatst met dezelfde doelstelling. De te behouden meetpunten omvatten 3 buizen die deel uitmaken van het KLIVÉG onderzoek en die zijn uitgerust met een GPR systeem die de gegevens automatisch doorsturen naar een server. Vijf meetpunten behoren tot de langste meetreeksen in het gebied en zijn om die reden ook absoluut aangewezen om te behouden. In totaal worden in De Westhoek dus 22 buizen voorzien voor opvolging van de hydrologie in habitatype 2190, al dan niet met een aanvullende meetdoelstelling. Nagenoeg al deze meetpunten liggen in de omgeving van een permanent vegetatieproefvlak. In twee gevallen (pb 9 en pb 76) is het de bedoeling om een bestaande buis te vervangen door een meer centraal in de panne gelegen meetpunt, dat in de buurt van een vegetatieproefvlak komt te liggen. Hier wordt een periode voorzien waarin beide buizen worden opgemeten om een relatie met de oude meetreeks te kunnen leggen. Bij zeven peilbuizen is het wenselijk een extra vegetatieproefvlak te voorzien.

Als laatste element is het voor een gebied als De Westhoek van belang om de effecten van externe invloeden op de waterhuishouding te kunnen opvolgen. Hiervoor worden 8 locaties voorzien aan de randen van het gebied; vier om invloeden vanuit de camping vast te stellen en vier voor invloeden vanuit de Westhoekverkaveling. Tot slot worden nog 2 meetpunten aan de oostrand voorzien om de verdere afbouw van de waterwinning op te volgen.

Actueel worden 96 punten bemeten op 80 verschillende locaties. Dit is al een selectie van meetpunten en meer dan een halvering van het maximale punten dat ooit is bemeten. We stellen voor om een verdere reductie van de meetinspanning door te voeren tot 54 meetpunten, waarvan twee enkel nog tijdens een overgangsfase worden bemeten. Daarmee kot het definitieve voorstel op 52 meetpunten, verspreid over 44 locaties (figuur 3.48).





Figuur 3.48 Voorstel voor optimalisatie van het grondwatermeetnet in De Westhoek (WES).

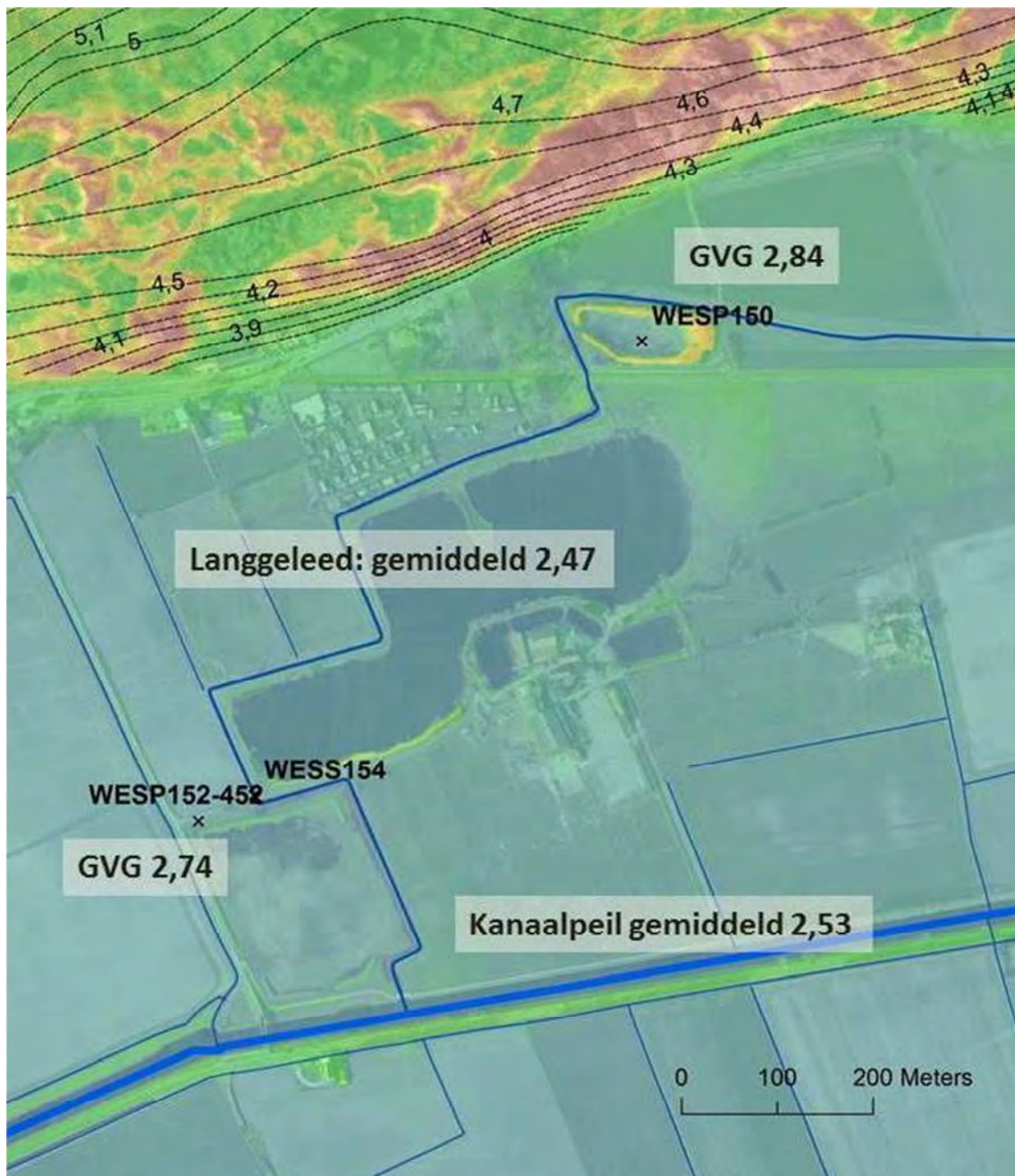
### 3.4.2.7 Overdekt waddenlandschap tussen Westhoek en Cabour

In het Overdekt Waddenlandschap tussen De Westhoek en Cabour wordt op slechts drie locaties actief bemeaten (figuur 3.49). Een eerste buis (WESP150) bevindt zich in het zanddepot ten noorden van de grote vijver en is uitgerust met een datalogger sedert februari 2016. De gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand bedraagt er 2,84 m TAW en de jaarlijkse fluctuaties bedragen gemiddeld 95 cm (figuur 3.150). Deze watertafel is heel artificieel gezien de oorsprong van het gebied: een zanddepot van de zandwinning in de Drie Vijvers die bovenop de polderklei is aangelegd. Toch heersen hier condities vergelijkbaar met natuurlijke duinvalleien wat zich uit in een soortenrijke vegetatie met onder meer dwergzegge, moeraswespenorchis, vleeskleurige orchis, honingorchis, duingentiaan, parnassia en rondbladig wintergroen. Het is dan ook wenselijk dit meetpunt verder te bemeaten (zie figuur 3.49) en ook een permanent vegetatieproefvlak in de onmiddellijke omgeving af te bakenen..

Ten noorden van de Patattenakker wordt een koppel buizen opgemeten dat is geïnstalleerd in het kader van het project 'Geïntegreerd Watervoorzienings- en Natuurontwikkelingsplan (GWEN)'. De ondiepe buis WESP152 meet een gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand van 2,74 m TAW en fluctueert gemiddeld 60 cm op jaarbasis (figuur 3.51). De diepe buis WESP452 meet een gelijkaardig peil maar vrij consequent 12 cm lager (het betreft dus een infiltratiezone). Wellicht verklaart de nabijheid van het Langgeleed de relatief grote stabiliteit van de watertafel. Deze waterloop (meetpunt WESS154) heeft een gemiddeld peil van 2,47 dat zelden meer dan 10 cm schommelingen vertoont. Dit peil is sterk vergelijkbaar met het kanaalpeil, dat in Adinkerke wordt gemeten via het meetnet van de VMM ([www.Waterinfo.be](http://www.Waterinfo.be), figuur 3.51).



Verder opvolgen van het peil van het Langgeleed is absoluut wenselijk. Dit kan gebeuren via een druklogger en hoeft niet noodzakelijk op exact dezelfde plaats te gebeuren. Het Langgeleed vormt ook het einde van het transect doorheen De Westhoek. Daarnaast is het ook wenselijk om de depressie in het noorden van de Patattenakker op te volgen, zowel op het vlak van hydrologie als van vegetatieontwikkeling. Het is daarom aangewezen een nieuwe peilbuis te installeren in de depressie (ca. 100 m ten oosten van WESP152) en er een PQ te voorzien.

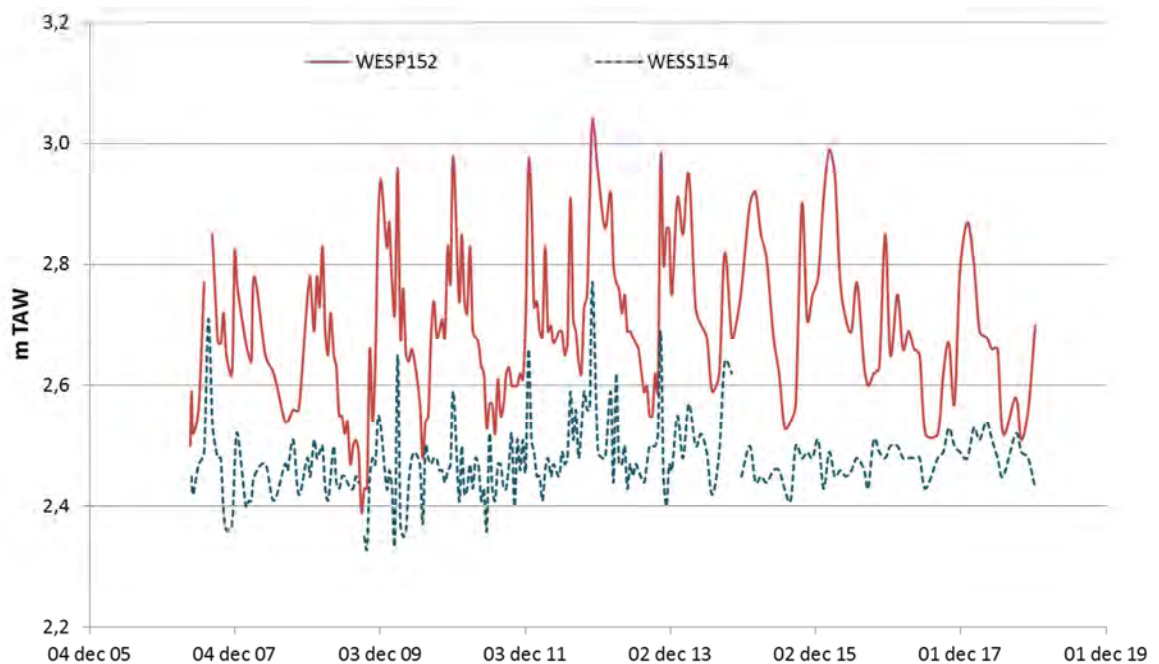


Figuur 3.49. Peilpunten in het Overdekt Waddenlandschap tussen Westhoek en Cabour.





Figuur 3.50. Waterstanden gemeten in peilbuis WESP150.



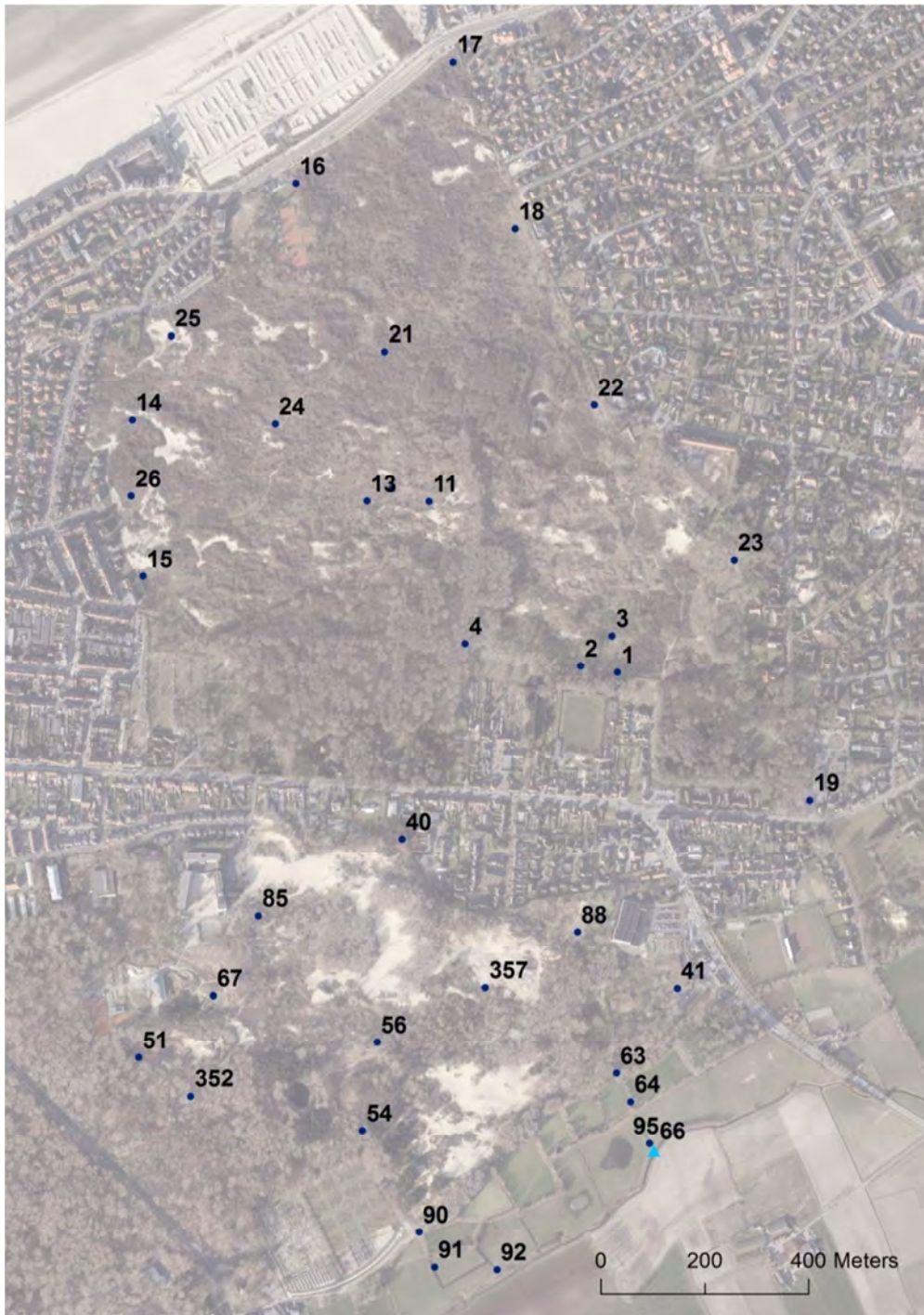
Figuur 3.51. Waterstanden gemeten in peilbuis WESP152 en peilschaal WESS154 op het Langgeleed.

### 3.4.3 Houtsaegerduinen / Oosthoekduinen (HOS)

#### 3.4.3.1 Hydrogeologische opbouw

Voor de opbouw van het freatisch reservoir verwijzen we naar de bespreking van De Westhoek. In de Houtsaegerduinen zelf zijn geen boringen bekend bij DOV. De voormalige grens van de Oude Duinen van De Panne vormt hier een belangrijk gegeven (figuur 3.35). Ten noorden van deze grens bestaan de bovenste watervoerende lagen uit zand, terwijl er ten zuiden veen- en kleilagen voorkomen. De beschrijving van een recente boring uitgevoerd in functie van geothermie op 21 oktober 2019 langs de Pannelaan (tussen de

Honingklaverweg en de Willem Elschotlaan) geeft aan dat er zich een 20 m dikke laag 'zanderige klei met schelpen' bevindt tot een hoogte van 4,72 m TAW (DOV, referentie 1442-B201900102-GEO). Ook meer naar het oosten toe, tussen de Moulinstraat en de Zonstraat wordt een metersdikke kleilaag aangeboord, met een bovenvlak op 2,48 m TAW (DOV, 1442-B201700058VH-GEO). In de Oosthoekduinen is wellicht onder het hele gebied een Duinkerkekleilaag aanwezig. Een boring centraal in het gebied beschrijft een kleiige laag van 1,1 m dik, bedekt door een 20 cm dikke venige laag. Het bovenvlak van deze moeilijk doorlatende laag bevindt zich op 3,9 m TAW (DOV, B/N/10/2).



Figuur 3.52. Meetpunten in De Houtsaegerduinen en Oosthoek (HOS) gebruikt in deze studie.

### 3.4.3.2 Peilbuizennetwerk

De eerste zes peilbuizen in de Houtsaegerduinen werden geïnstalleerd in 1997 met als belangrijkste doelstelling een hydrologische onderbouwing te voorzien voor de afgebakende monitoringproefvlakken. In 2005 volgde nog eens reeks buizen waardoor een meer gebiedsdekkend beeld van het gebied werd verkregen. Later volgden nog enkele aanvullingen. In totaal zijn in het gebied 20 meetpunten geïnstalleerd waarvan één koppel. De meetpunten gebruikt voor de verdere analyse worden weergegeven in figuur 3.52.

Het meetnet in de Oosthoekduinen werd uitgebreid in 1999 in het kader van het natuurinrichtingsproject van de VLM. Verdere aanvullingen gebeurden in 2004 en 2005. In totaal betreft het 29 meetpunten, waarvan 6 koppels. De diepe buizen hebben een lengte van 5 à 6 m en meten dus niet zo diep als de buizen door L. Lebbe geïnstalleerd in De Westhoek en het Calmeynbos.

### 3.4.3.3 Grondwaterpeilen en –schommelingen

Modellering van de meetreeksen in Menyanthes gebeurde aan de hand van de neerslag- en evapotranspiratiegegevens van Koksijde. Mits toevoeging van een lineaire component, hebben de meeste modellen een (zeer) goede fit, met een EVP tussen 73 en 97%. Die (lineaire) trend is soms aanzienlijk en heeft in die gevallen zeker met de afbouw van de waterwinning in het Calmeynbos te maken. HOSP095 scoort slecht (EVP van 54%; verhoogd tot 60,3 met toevoeging van een lineaire component), vermoedelijk gezien de buis dicht tegen het Langgeleed gelegen is en sterk door het peil ervan wordt bepaald. Het is wel eigenaardig dat HOSP092, die slechts enkele meters verder van het Langgeleed af ligt, mits toevoeging van een lineaire component wel goed scoort (EVP 78,5%).

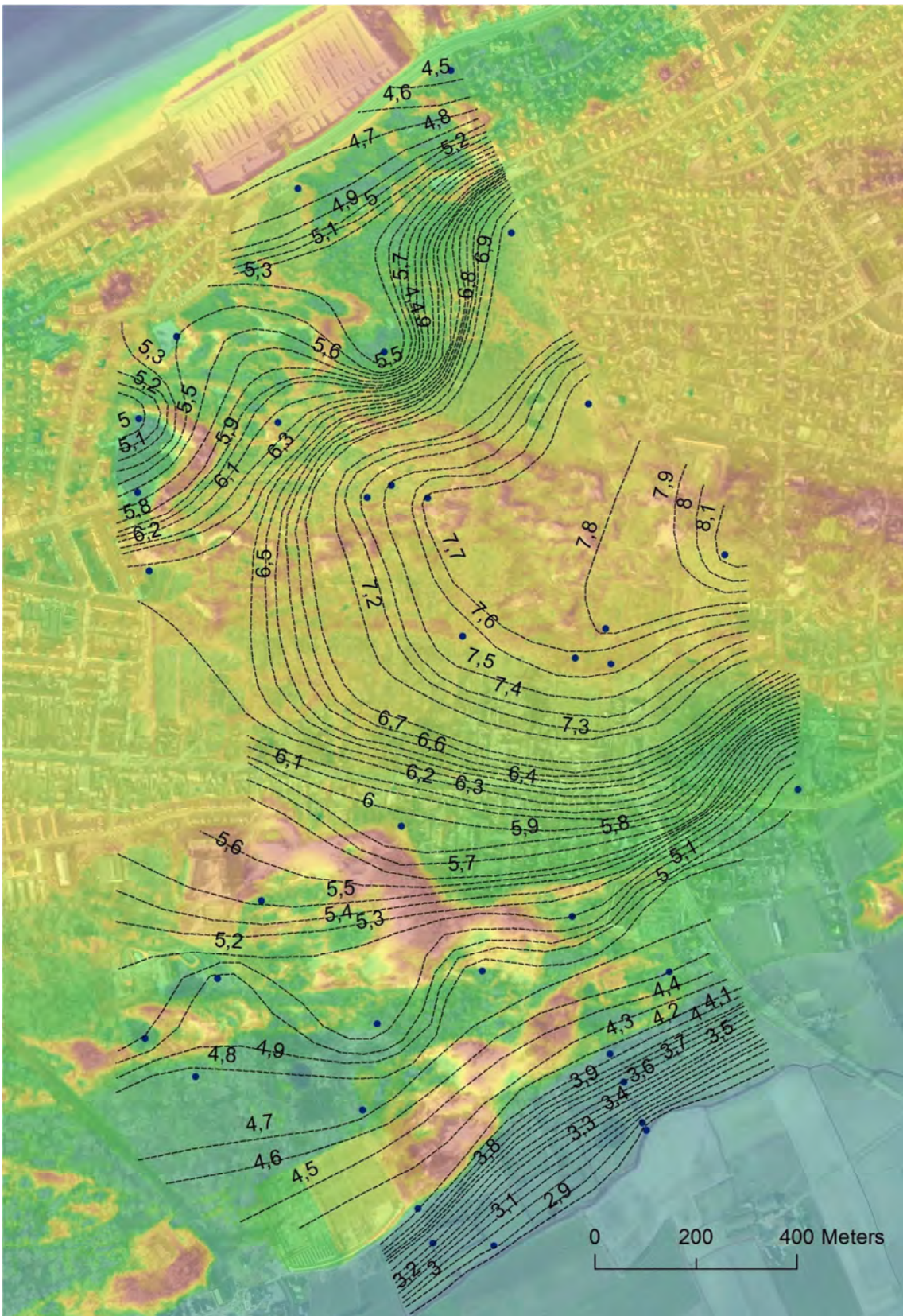
In tegenstelling tot De Westhoek worden de stijghoogtes in de Houtsaegerduinen gekenmerkt door een heel sterke gradiënt parallel aan de kust (figuur 3.53). Aan de westelijke grens van het gebied vinden we een gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand van 5 tot 6,3 m, terwijl dit aan de oostelijke grens oploopt tot net boven de 8 m. Hierdoor zijn er zowel zeewaarts als richting polder heel sterke hydrologische gradiënten aanwezig, met een verval dat lokaal oploopt tot 1,2 cm per meter.

In de Oosthoekduinen is het patroon veel regelmatig. In essentie vormen de stijghoogtes een gradiënt loodrecht op de kustlijn. Ter hoogte van de duin-polderovergang is een sterk verval aanwezig; van 4,3 m TAW aan de duinrand naar 2,8 m, het gemiddeld peil van het Langgeleed over een afstand van hoogstens 200 m. Door het relatief geringe aantal buizen in deze zone en de matige kwaliteit van de meetreeksen, is deze gradiënt echter niet goed in beeld gebracht.

De gemiddelde jaarlijkse grondwaterschommelingen vertonen een vrij regelmatig patroon (figuur 3.54). Zowel in het noorden, tegen de Koninklijke Baan als in het zuiden, tegen het Langgeleed, zijn de schommelingen beperkt tot minder dan een halve meter. De stabiliserende invloed van de zee in het noorden laat zich echter veel verder voelen dan die van het Langgeleed in het zuiden. Op basis van de peilbuizenreeks 63-64-95 en 66 kunnen we veronderstellen dat hier een heel sterke gradiënt in de fluctuaties optreedt van minder dan een halve meter tegen het Langgeleed tot meer dan 1,2 m tegen de duinrand. Door een gebrek aan meetpunten is het beeld ter hoogte van de duinrand echter niet helemaal duidelijk.

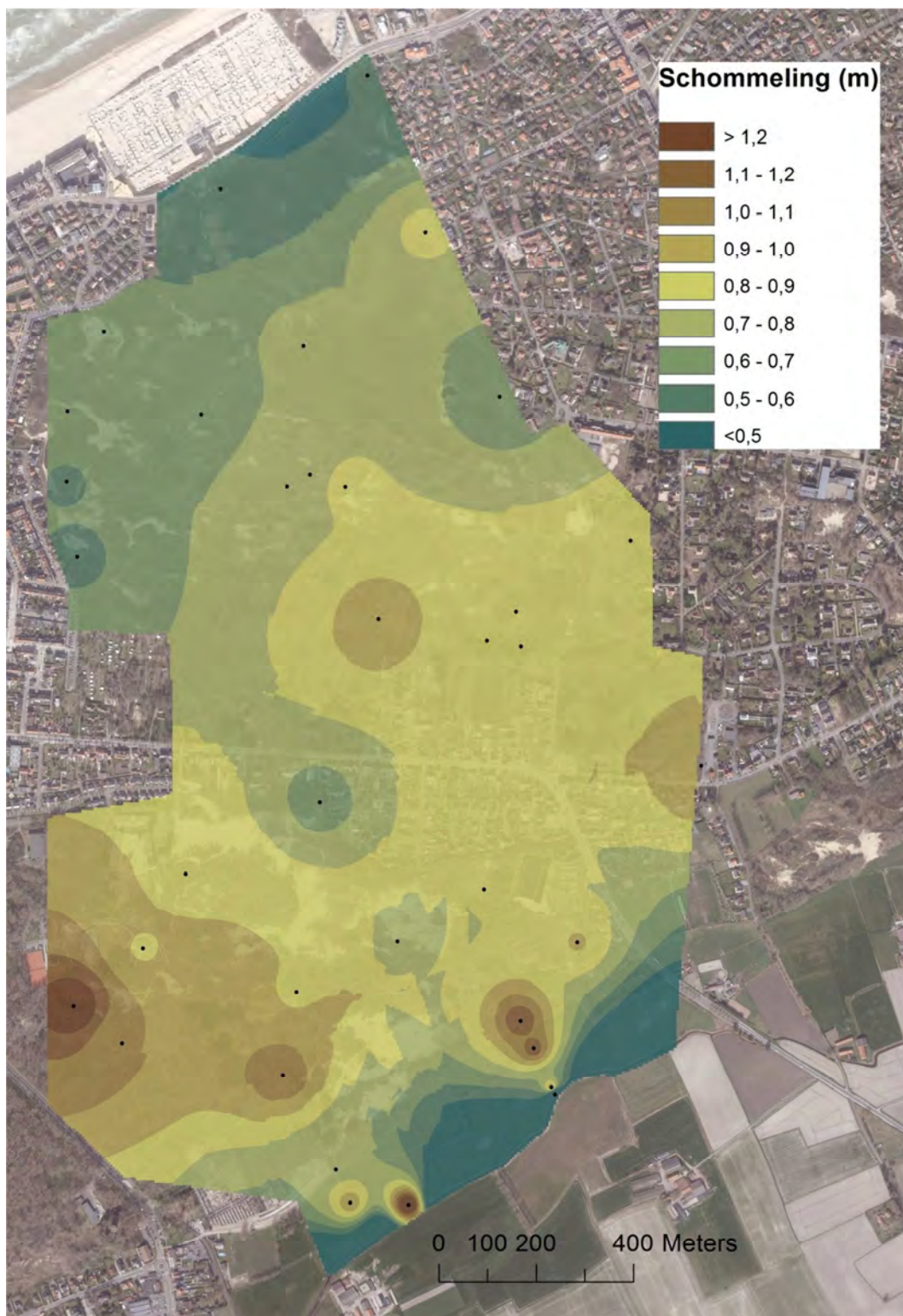
Centraal in de Houtsaegerduinen en in het oosten van de Oosthoek lopen de schommelingen op tot ca. 1 m. Naar het westen toe weerspiegelt de waterwinning zich duidelijk in een verhoging van de jaarlijkse fluctuaties. De pumping tijdens de zomermaanden, als er vanuit het toerisme veel vraag is naar water, versterkt de daling ten gevolge van de evapotranspiratie. Hier meten we een gemiddelde jaarlijkse schommeling hoger dan 1,2 m.





Figuur 3.53. Lijnen van gelijke stijghoogte van de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstanden in De Houtsaegerduinen en Oosthoek (HOS) voor de periode 2014-2018.



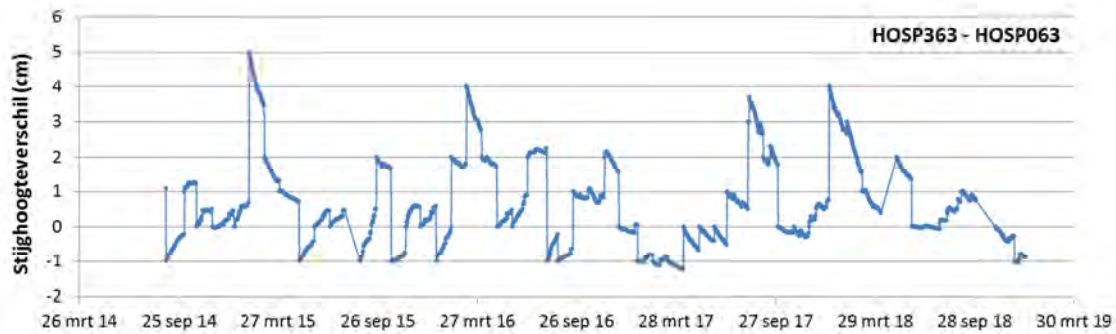


Figuur 3.54. Gemiddelde amplitude van de jaarlijkse grondwaterschommelingen (2014-2018) in De Houtsaegeerduinen en Oosthoek (HOS).

Het peilbuisoppels HOSP063 - 363 aan de binnenduinrand van de Oosthoek met relatief volledige en betrouwbare meetreeks geeft aan dat in deze zone een periodieke kweldruk optreedt (figuur 3.55). Het verschil in stijghoogte tussen de diepe en ondiepe buis bedraagt

////////////////////////////////////

hoogstens enkele centimeters en vertoont onregelmatige pieken, zonder duidelijk seizoenal patroon.



Figuur 3.55. Stijghoogteverschil (diepe buis – ondiepe buis) in een peilbuiskoppels aan de duinrand van de Oosthoek (ligging zie figuur 3.52).

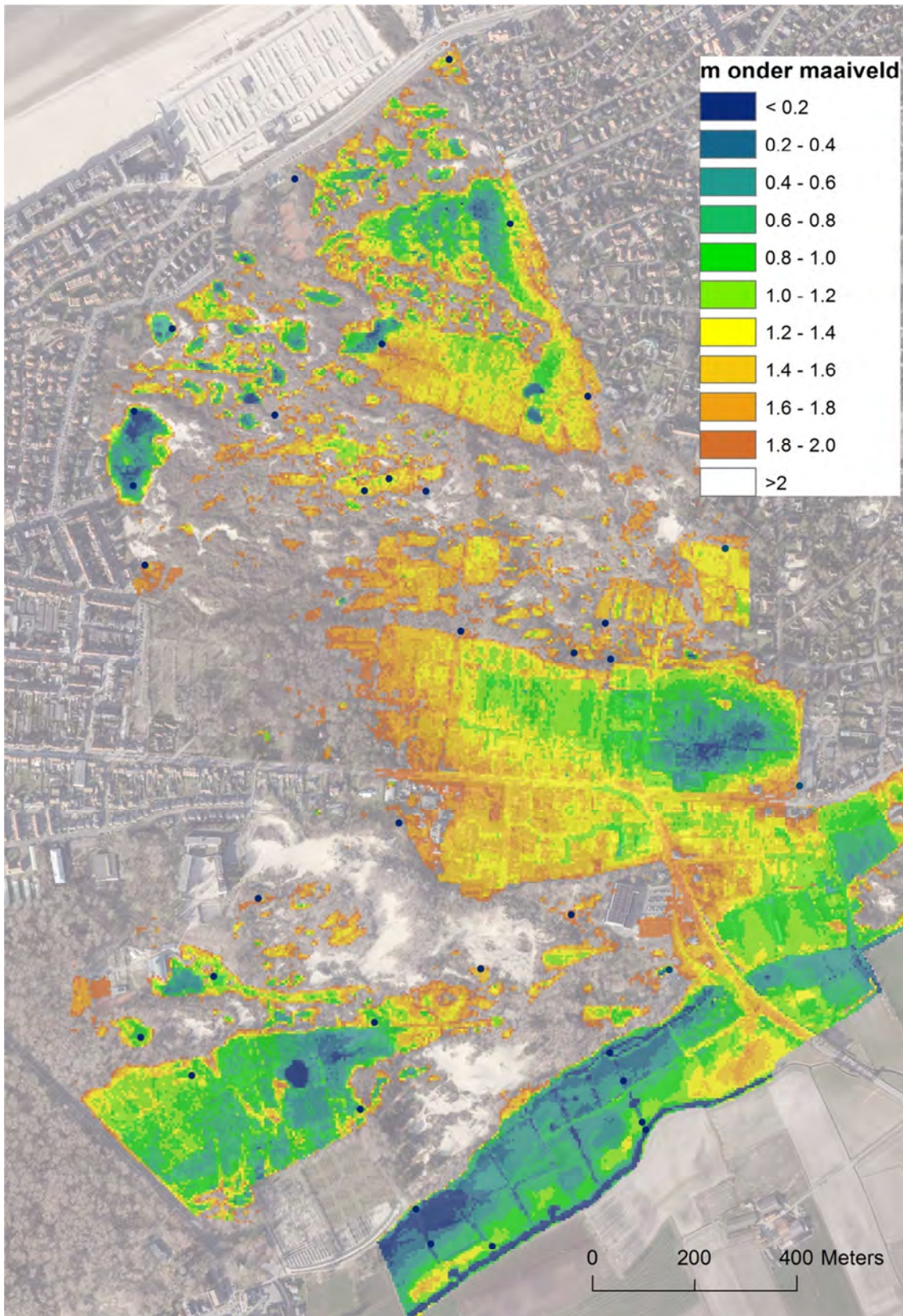
De vochtkaart tot slot (figuur 3.56) suggereert dat de hydrologie in het hele gebied verstoord is. Zo zijn in de pannen centraal in de Houtsaegerduinen geen terreindelen te zien waar de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand zich op minder dan ca. 1,5 m onder maaiveld bevindt, ondanks de aanwezigheid van morfologisch duidelijke pannen. Gezien secundaire duinvalleien bij hun vorming uitstuiven tot op het (capillair opstijgend) grondwater, moet hier een daling opgetreden zijn na de vorming van de pannen. Ook de sterke vochtgradiënt in de eigenlijke Kerkepanne (de grote duinvallei die ongeveer centraal door de Veurnestraat wordt doorsneden) suggereert een verstoring van het oorspronkelijke grondwaterpeil in die panne. Wellicht heeft de doorboring van slecht doorlatende lagen bij de aanleg van de riolering in de Veurnestraat hier in sterke mate toe bijgedragen.

Omgekeerd kan in het westen van de Oosthoekduinen een duidelijke stijging van het grondwaterpeil worden vastgesteld als gevolg van de afbouw van de waterwinning. Uit de menyanthes modellering van peilbuizen 51 en 352, het dichtst tegen de waterwinning gelegen (figuur 3.52), blijken de waterpeilen er de voorbije 20 jaar met gemiddeld 6 tot 8 cm per jaar gestegen. Figuur 3.57 geeft een beeld van de geografische spreiding van die stijging. De hoogste waarden beperken zich tot het westen van de Oosthoekduinen maar we zien ook een – beperkte - stijging in de rest van dit gebied en in een groot deel van de Houtsaegerduinen. De oorzaak hiervan is niet duidelijk maar mogelijk heeft de waterwinning toch een effect gehad tot in de Houtsaegerduinen.

#### 3.4.3.4 Ecohydrologische potenties en knelpunten

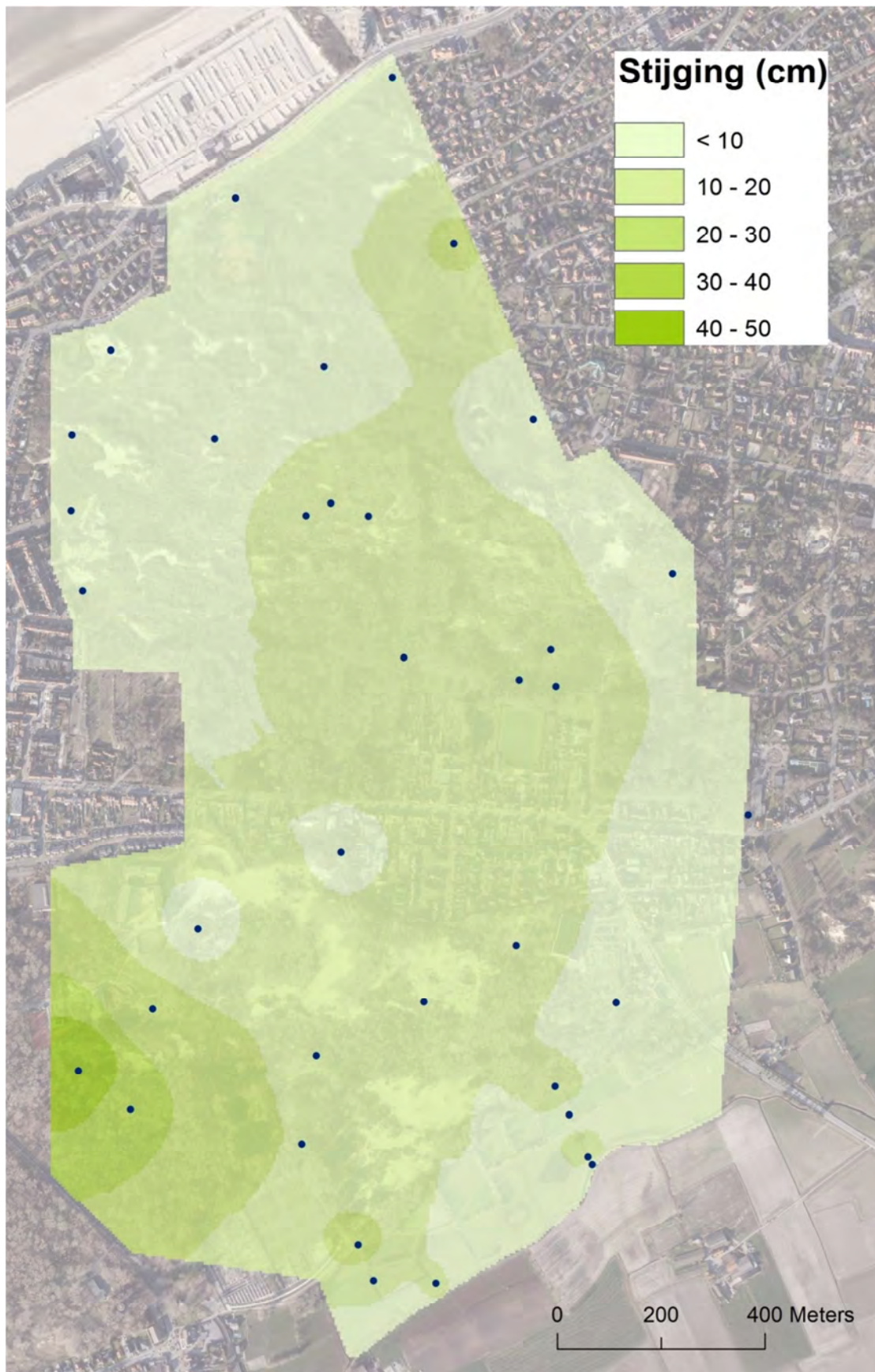
Gebieden met hoge potenties voor de uitbreiding van het areaal aan natte duinvalleien zijn schaars binnen de Oosthoek en Houtsaegerduinen. In het noorden van de Houtsaegerduinen zijn er nog kleinere vochtige depressies met beperkte jaarlijkse schommelingen van de watertafel. Gericht inspelen op de struweeldynamiek in deze zone is hier aangewezen (spontaan openvallend struweel open houden). Verder worden de grotere vochtige zones gekenmerkt door relatief grote schommelingen, zoals de panne ten westen van peilbuis 18, het Kerkepannebos en de afgevlakte en deels met naaldhout beplante terreinen rond poel HOS\_006 (ten zuidwesten van peilbuis 56). Dit laatste gebied is recent vernat door de afbouw van de waterwinning. Het is een zone van voormalige akkertjes waar de potenties voor natuurontwikkeling onder de huidige abiotiek heel beperkt zijn. Afgraving van de humeuze toplaag zou hier tot een aanzienlijke natuurwinst kunnen leiden.





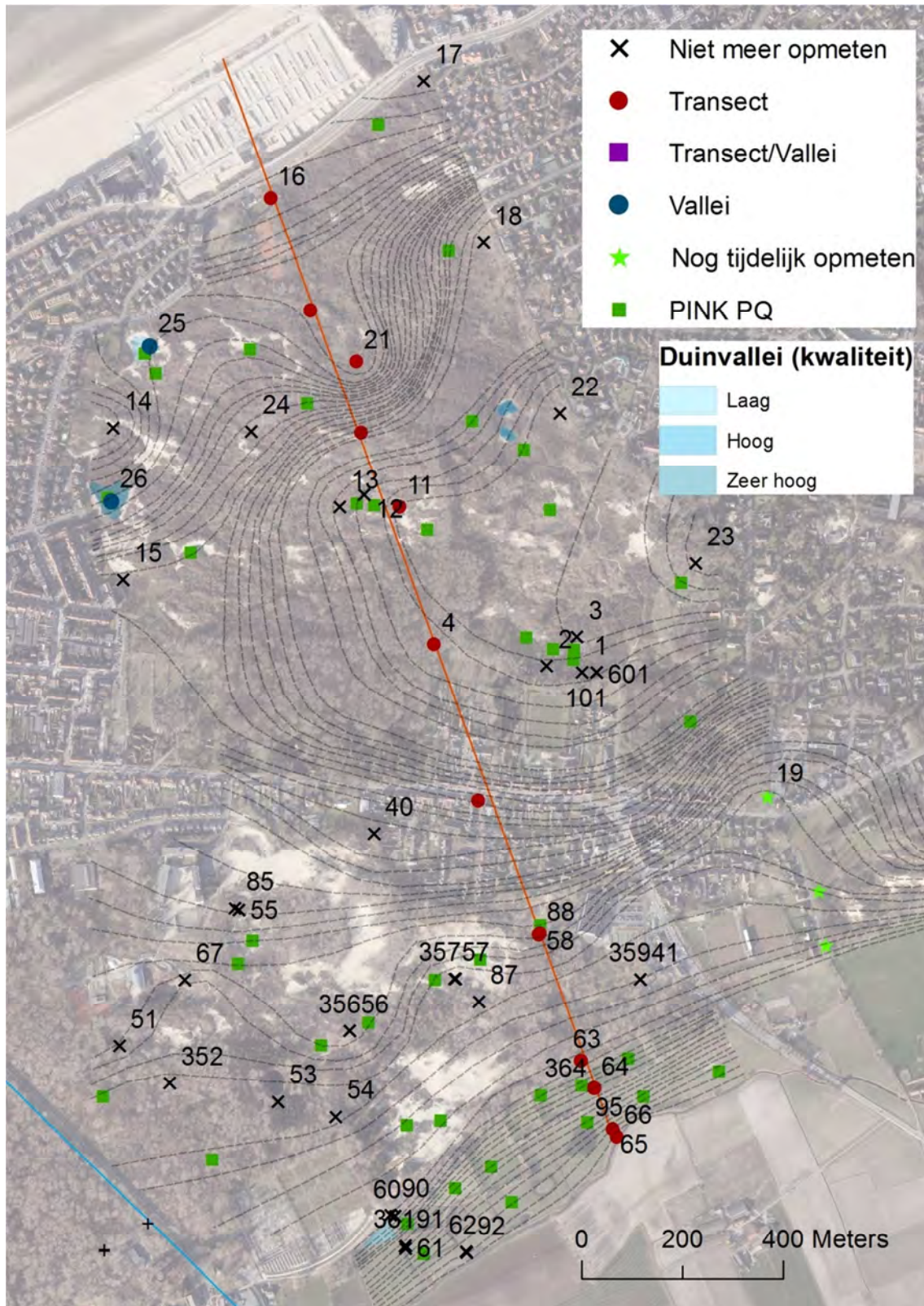
*Figuur 3.56. Gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (2014-2018) in De Houtsaegeerduinen en Oosthoek (HOS) in meter onder maaiveld.*





*Figuur 3.57 Stijging van de gemiddelde grondwaterpeilen in De Westhoek in de periode 2014-2018 ten opzichte van de periode 1999-2018.*





Figuur 3.58 Voorstel voor optimalisatie van het grondwatermeetnet in de Houtsaegerduinen en Oosthoek (HOS).

De grootste open, natte zones zijn te vinden in de Duinzoom Oosthoek. Hier wordt natuurontwikkeling echter sterk belemmerd door de sterke nutriëntenaanrijking van de bodem, met Olson-P gehalten tot boven de 80 mg/kg (Provoost et al. 2018a). In de

noordwestelijke percelen van de duinzoom, ten zuiden van peilbuis 90, is die aanrijking relatief oppervlakkig (20-30 cm) en kunnen mits ondiep afgraven situaties gecreëerd worden die geschikt zijn voor de ontwikkeling van voedselarme duinvalleien (Olsen-P lager dan 12 mg/kg). Verder detailonderzoek naar diepte van de fosfaatbelasting en aanwezigheid van minerale zandlagen is aangewezen om plannen in die richting te concretiseren. Een tweede relatief natte zone, althans volgens de geïnterpoleerde stijghoogtes bevindt zich ter hoogte van peilbuizen 62-63. Hier is de bodem echter veel dieper aangerijkt met fosfaten en heeft plaggen dus geen zin. Verschralend maaien is hier aangewezen (minstens twee maai beurten per jaar).

### **3.4.3.5 Optimalisatie van het peilbuizennetwerk**

In de Houtsaegerduinen en Oosthoekduinen worden recent 33 peilpunten opgemeten op 30 verschillende locaties. We stellen voor om dit terug te brengen naar 18 meetpunten op 15 locaties (figuur 3.58). De meeste meetlocaties (12) liggen op een transect dat loopt van de Koninklijke Baan in de Houtsaegerduinen tot aan het Langgeleed in de Duinzoom Oosthoek. Voor een gedegen uitbouw van dit transect zouden twee nieuwe peilbuizen moeten geplaatst worden in de Houtsaegerduinen en één op openbaar domein langs de Veurnestraat. In de toekomst is nog een extra meetpunt dicht tegen zee wenselijk maar hiervoor moeten eerst de bouwwerken in site Zeepark zijn afgerond. In de Oosthoekduinen moet peilbuis 95 hersteld of vervangen worden en moet een peilschaal worden geïnstalleerd op het Langgeleed. In de Houtsaegerduinen is het verder wenselijk om grondwaterpeilen te blijven opvolgen in twee duinvalleien waarin permanente kwadraten gelegen zijn. Ook vooraleer bijkomende natuurinrichtingswerken worden uitgevoerd in het gebied, is het raadzaam eerst extra peilbuizen te plaatsen op die locaties en die minstens een volledig jaar op te meten. Peilbuis 19 wordt verder opgemeten in functie van natuurontwikkeling in de Belvédère (Simpelaereduinen).

## **3.4.4 Belvédère en Noordduinen (BEL & NOD)**

### **3.4.4.1 Hydrogeologische opbouw**

In het gebied tussen De Panne en Koksijde zijn relatief weinig gegevens bekend over de ondiepe ondergrond. Uit de stijghoogteverdeling in de Noordduinen kunnen we wel afleiden dat zich ten westen van de Leopold III-laan dezelfde hydrologische condities voordoen als in het oosten van de Houtsaegerduinen (zie 3.3.3.1). Boringen in het centrale deel van de Noordduinen geven een 1,3 m dikke kleilaag aan met een bovenvlak tussen 3,5 en 4,2 m TAW (DOV, UG-T1500-SB3 en SB6).

### **3.4.4.2 Peilbuizennetwerk**

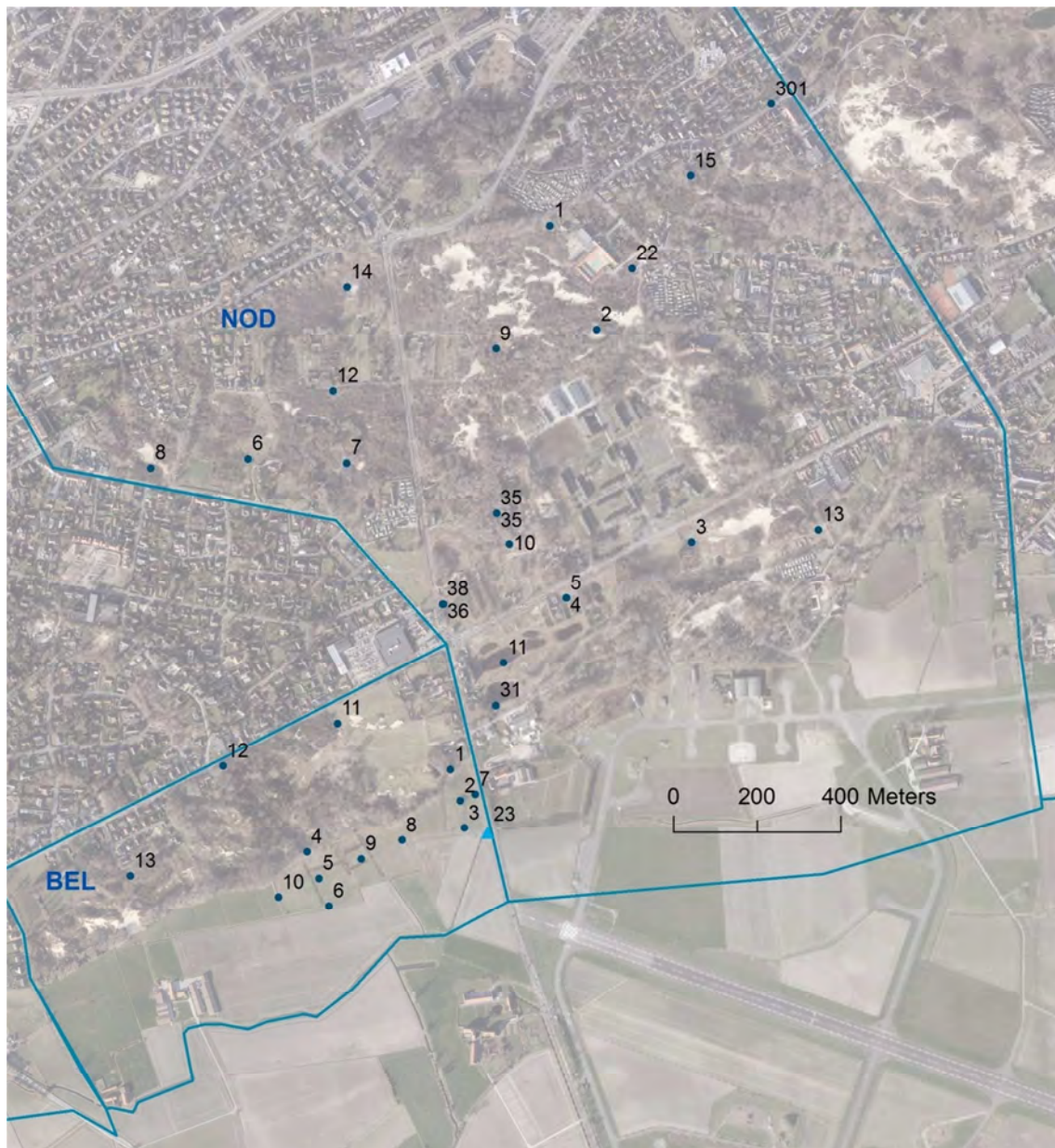
In 2002 werden in de Noordduinen 15 peilbuizen geplaatst door de VLM in het kader van het natuurinrichtingsproject. Zij werden regelmatig opgemeten van maart 2002 tot december 2008. In de periode 2009-2013 vielen de opmetingen stil en zijn er voor het hele gebied geen cijfers beschikbaar. In maart 2014 werd de opmeting gedeeltelijk hervat door ANB en kwamen er nieuwe buizen bij (figuur 3.59).

De meeste buizen in de Belvédère werden geplaatst in juli 1999. In 2015-2016 werden nieuwe buizen geplaatst en oude hersteld. In totaal zijn er 13 meetpunten in het gebied gelegen.

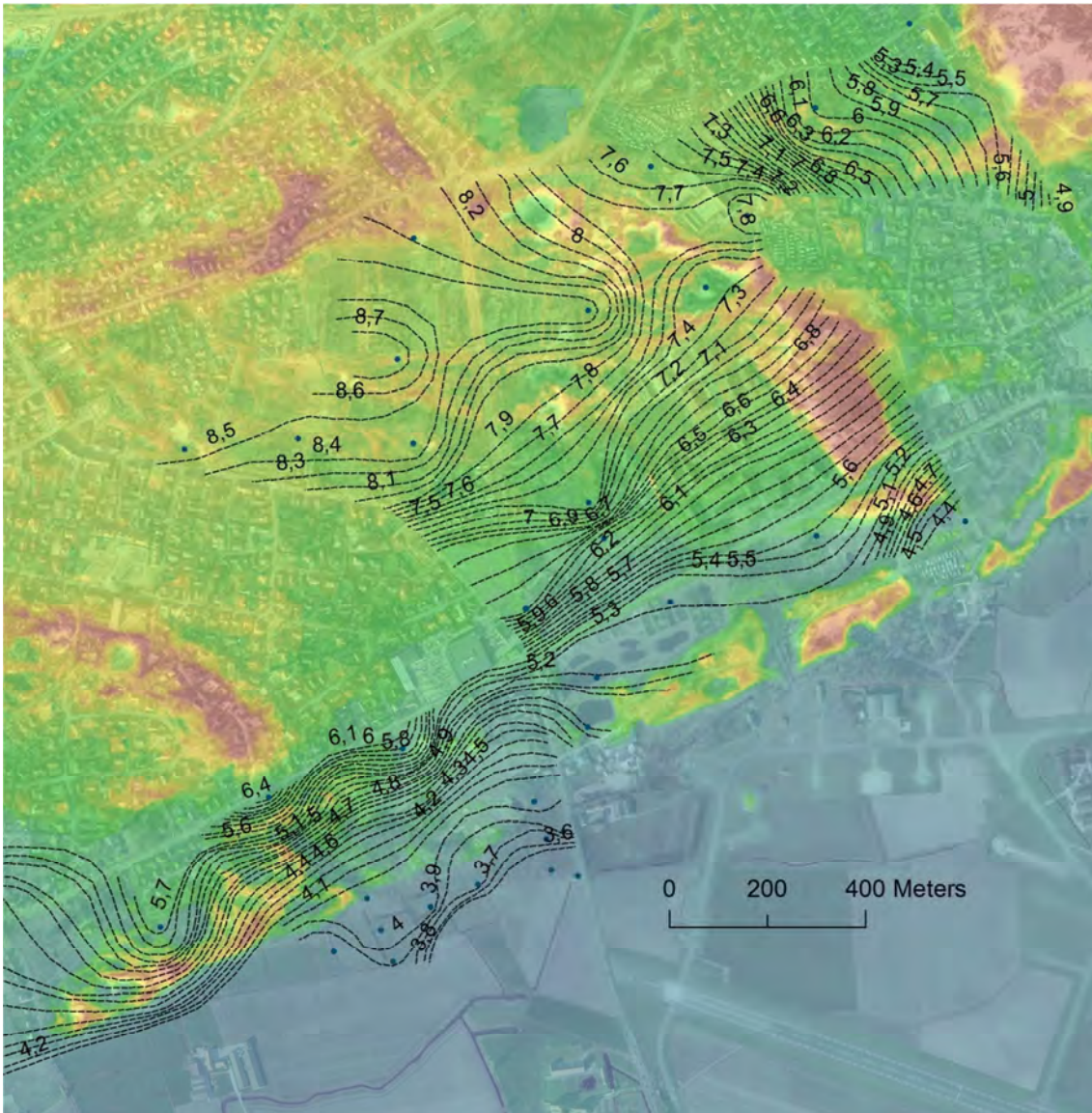
### **3.4.4.3 Grondwaterpeilen en –schommelingen**

Gezien het gebied heel dicht bij het meteostation Koksijde is gelegen, verwachten we een hoge nauwkeurigheid van de hydrologische modellen. Dit is echter niet steeds het geval. De lange onderbreking van de metingen resulteert doorgaans in een slechte fit. Peilbuizen met  
////////////////////////////////////

metingen voor en na deze onderbreking (NODP003, 4 en 7 bijvoorbeeld) hebben een EVP van ca. 73%. Peilbuis 13 lijkt een uitzondering met een EVP van 85,6. De korte reeksen hebben een goede nauwkeurigheid van 80-85%.



Figuur 3.59. Meetpunten in de Noordduinen (NOD) en Belvédère (BEL) gebruikt in deze studie.

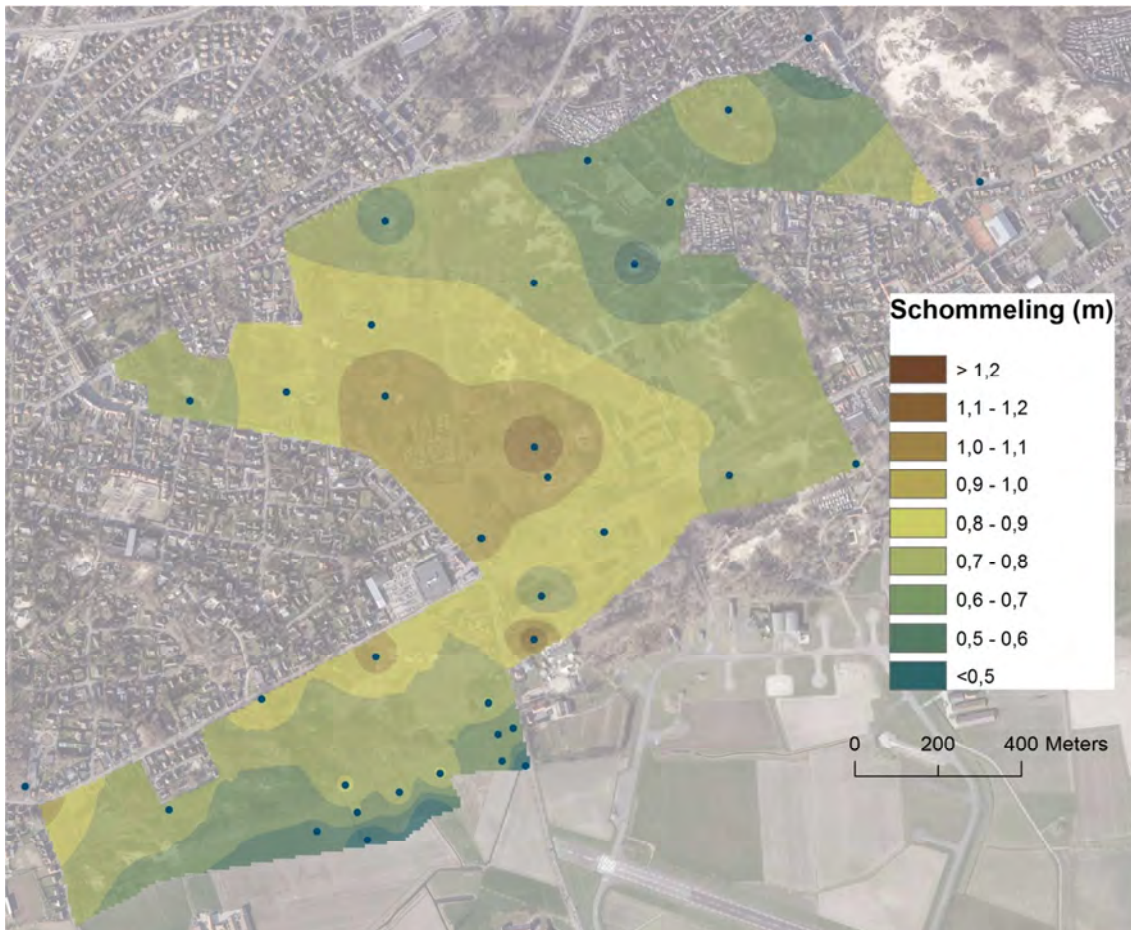


Figuur 3.60. Lijnen van gelijke stijghoogte van de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstanden in de Noordduinen (NOD) en Belvédère (BEL) voor de periode 2014-2018.

Figuur 3.60 geeft de lijnen van gelijke stijghoogte weer van de voorjaarsgrondwaterstanden in het gebied. In de Belvédère en de Fluihoek zien we een verderzetting van het patroon uit de Oosthoekduinen met een steil verval richting polder. In de Belvédère is deze gradiënt het sterkst met een verval van 2,5 m over een afstand van 200 meter. Het noordwestelijk deel van de Noordduinen wordt bepaald door de ondiepe geologie van de Zeepanne (Sint-Idesbald) en het oosten van de Houtsaegerduinen. Hier komt een dikke ondoordringbare laag voor, waardoor we in deze zone uitzonderlijk hoge stijghoogtes zien, met ter hoogte van de waterscheiding een voorjaarspeil van boven 8,7 m TAW. Ter vergelijking, in De Westhoek bedraagt de hoogste stijghoogtes iets meer dan 6,1m TAW. Deze uitzonderlijke stijghoogtes verklaren ook de heel sterke hydraulische gradiënt in de Belvédère.

In het noordoosten van de Noordduinen zien we een sterk verval van de stijghoogtes in oostelijke richting. Hier speelt de waterwinning in de Doornpanne een belangrijke rol. De dichtst bijgelegen winningsputten bevinden zich op ca. 500 m van de rand van de Noordduinen.



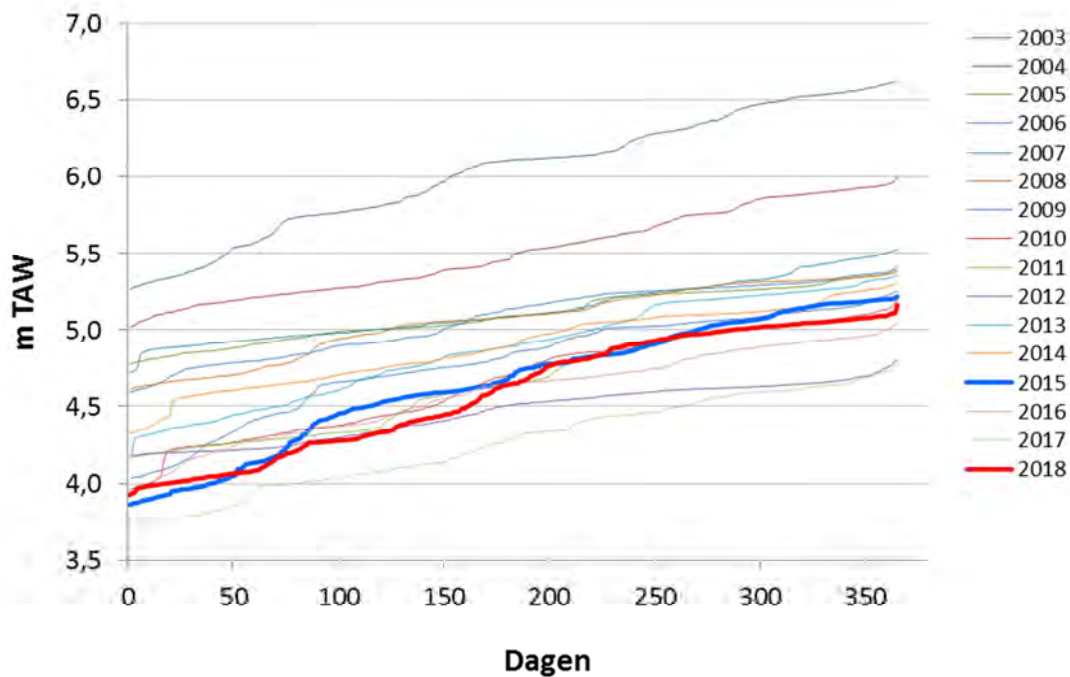


Figuur 3.61. Gemiddelde amplitude van de jaarlijkse grondwaterschommelingen (2014-2018) in de Noordduinen (NOD) en Belvédère (BEL).

De grondwaterschommelingen in de Noordduinen en de Belvédère op basis van de gemodelleerde gegevens van 2014-2018 worden weergegeven in figuur 3.61. Met uitzondering van een paar punten met verdachte waarden, is er een duidelijk geografisch patroon. De hoogste schommelingen, tot gemiddeld 1,2 meter op jaarbasis, komen voor in het centrale deel van de Noordduinen. De amplitude van de schommelingen daalt in alle richtingen, met de laagste waarden dicht tegen het Langgeleed en daarmee verbonden polderwaterlopen. Een stijging van de amplitude doet zich voor in het uiterste westen, richting Houtsaegeerduinen en het uiterste oosten, richting Doornpanne.

Opvallend zijn de grote schommelingen in peilbuis 31 in de natte depressie ten noorden van de Fluithoekweg. Deze hoge amplitude van het gemiddelde 2014-2018 (1,15 m) wordt vooral veroorzaakt door de jaren 2015 en 2018 (respectievelijk 1,36 en 1,25 m), zoals we kunnen afleiden uit de duurlijnen van dit meetpunt (figuur 3.62). Dit zijn ook de jaren met het grootste neerslagdeficit in die periode (zie figuur 2.24).





Figuur 3.62. Duurlijnen van meetpunt NODP031.

Op de vochtkaart (figuur 3.63), die de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand in meter onder maaiveld weergeeft, zien we vooral in het zuiden van het gebied grote vochtige tot natte zones. In het grootste deel van de Noordduinen zijn slechts kleine oppervlaktes aan natte duinvalleien aanwezig. De grootste natte zone is gelegen aan de binnenduinrand van de Belvédère, al is de kaart zeker naar het westen van deze zone toe niet zo betrouwbaar omdat zij grotendeels buiten de meetpunten is geïnterpoleerd. Ten noorden en zuiden van de Robert Vandammestraat bevinden zich relatief grote vochtige valleien die in een ver verleden als duinakkers werden geëxploiteerd.

#### 3.4.4.4 Ecohydrologische potenties en knelpunten

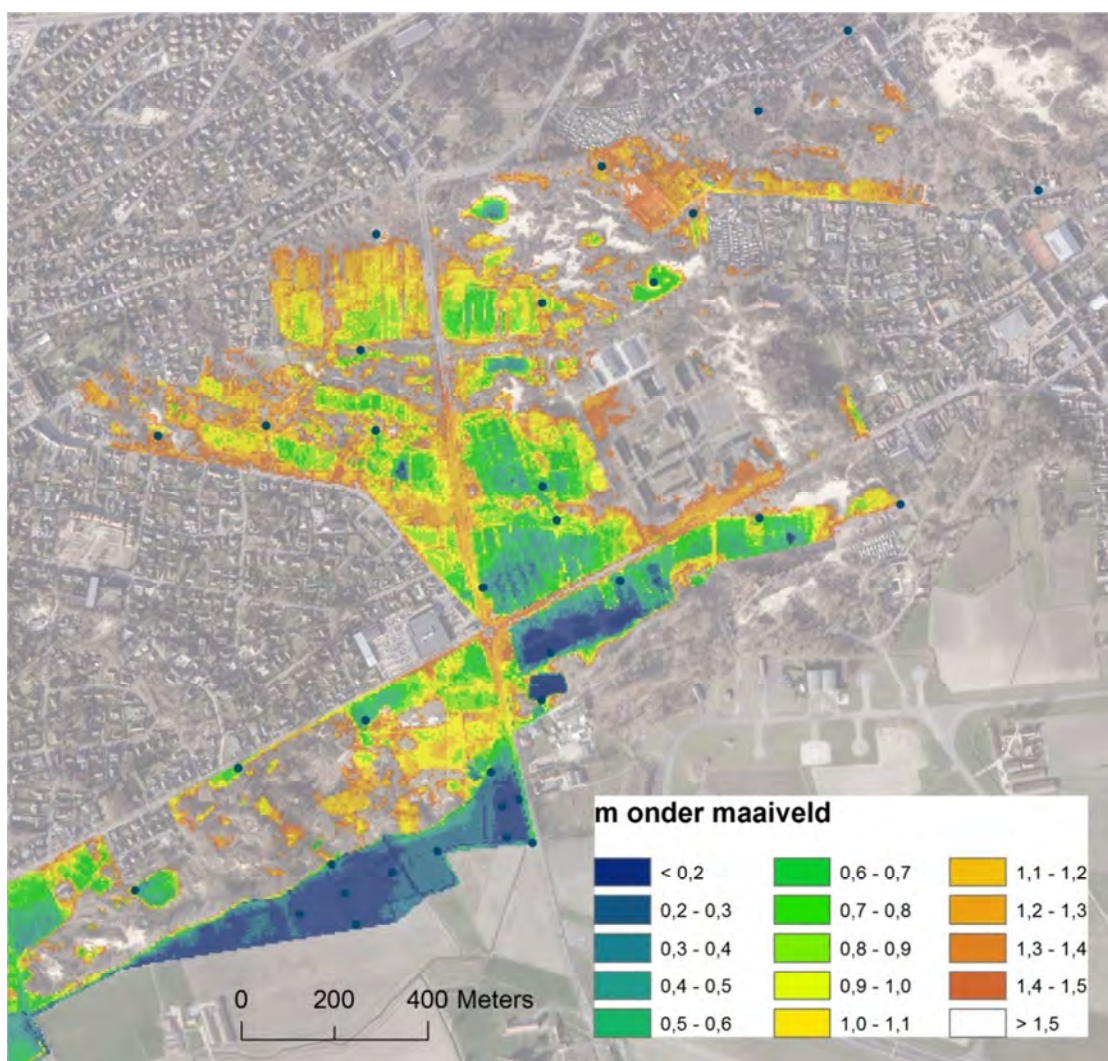
De voormalige duinakkers in de Fluithoek werden met succes ingericht met het oog op duinvalleiherstel. Ten noorden van de R. Vandammestraat zone werd in het kader van de natuurontwikkeling aan landschapsherstel gedaan door het heraanplanten van houtkanten. De natuurwaarden van dit terreindeel zijn echter ondermaats en staan in schril contrast met de natuurwaarden in de Fluithoek, ten zuiden van de Vandammestraat. We adviseren dan ook om in deze zone bijkomende natuurontwikkelingswerken te doen om de populaties van typische duinvallei-soorten in dit gebied te versterken. We denken daarbij vooral aan rugstreeppad, waarvoor de Noordduinen een belangrijke schakel moeten vormen in de ecologische verbinding tussen de populatie van de Westhoek en die van Ter Yde. Het is niet duidelijk of dit actueel effectief het geval is. Genetisch onderzoek wijst uit dat de lokale populatie sterk afwijkt van die van zowel Westhoek als Ter Yde. Het realiseren van die verbinding vergt in ieder geval bijkomende natuurontwikkeling langsheen de gehele binnenduinrand aan de Westkust.

Het nutriëntenonderzoek in deze zone heeft echter uitgewezen dat de bodem, althans ter hoogte van het onderzochte pq nd\_92, licht aangerijkt is met fosfaat (Olsen-P van ca. 21 mg/kg) over een diepte van ca. 40 cm. Evenals in de Fluithoek is hier dus een grootschalige vergraving aangewezen. Hiervoor is bijkomend detailonderzoek nodig naar de diepte en ruimtelijke spreiding van de fosfaatanrijking.

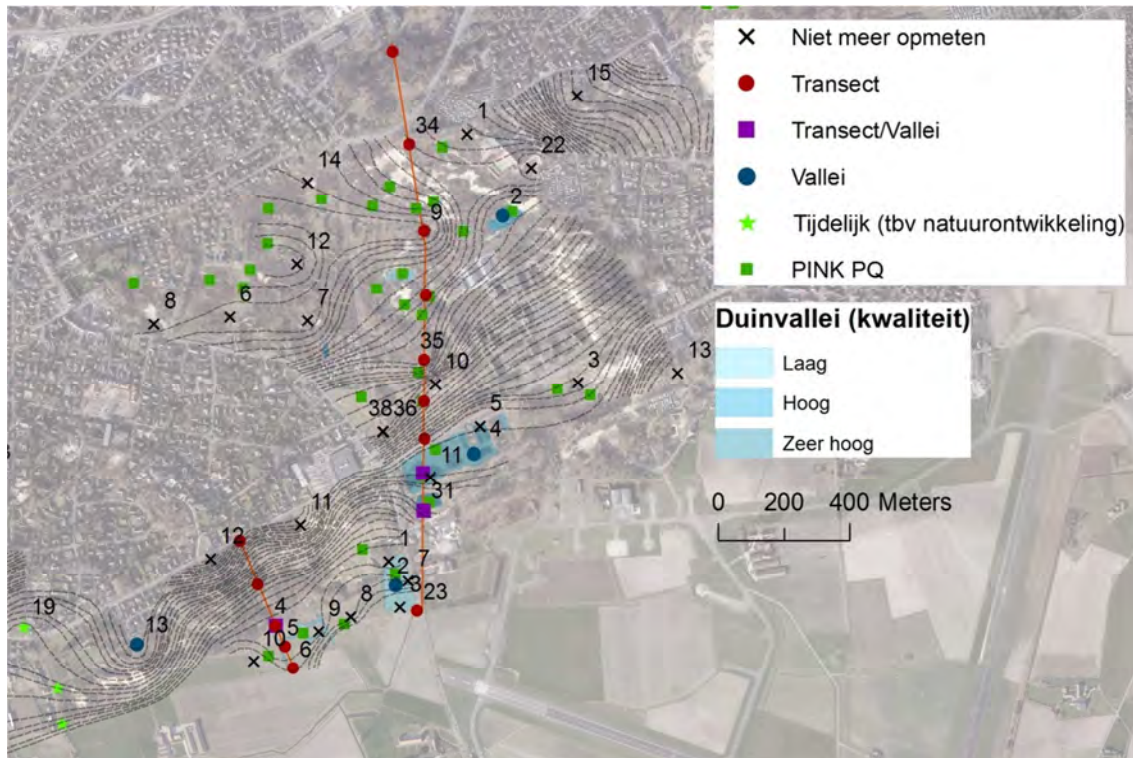


Hogere potenties op het vlak van nutriënten zijn er in de 'Delva-weitjes' in het oosten van de Belvédère. Hier is slechts tot een diepte van 10 cm een lichte fosfaatanrijking. Het grootste deel van dit terrein is echter te droog voor de ontwikkeling van duinvalleien. Enkel in het noordelijk deel, grenzend aan de R. Vandammestraat is de ontwikkeling van een duinvallei mogelijk mits geringe afgraving.

In de Belvédère is het vooral belangrijk om de potenties van de kalkrijke kwel aan de binnenduinrand optimaal te benutten. In de zone met de hoogste potenties (vooral ten oosten meetpunt Belp004) bevindt zich de dienstweg. Kleinschalige plagwerken net ten noorden en ten zuiden van die dienstweg zouden voor extra kwalitatief duinvalleihabitat kunnen zorgen. Voorzichtigheid is daarbij geboden om de reeds aanwezige natuurwaarden (onder meer een groeiplaats van vleeskleurige orchis) te behouden. Voor de graslanden in de Belvédère is een gericht verschralend maaibeheer wenselijk (twee maaibeurten). De fosfaatgehaltes zijn hier relatief beperkt en oppervlakkig. Biotisch herstel is aangewezen door inbreng van hooi uit de onmiddellijke omgeving. Doelsoorten zijn soorten van glanshavergrasland zoals glad walstro, knoopkruid, margriet, grasmuur, pastinaak of van meer vochtige standplaatsen zoals echte koekoeksbloem.



Figuur 3.63. Gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (2014-2018) in de Noordduinen en Belvédère in meter onder maaiveld.



Figuur 3.64 Voorstel voor optimalisatie van het grondwatermeetnet in de Noorduinen (NOD) en Belvédère (BEL).

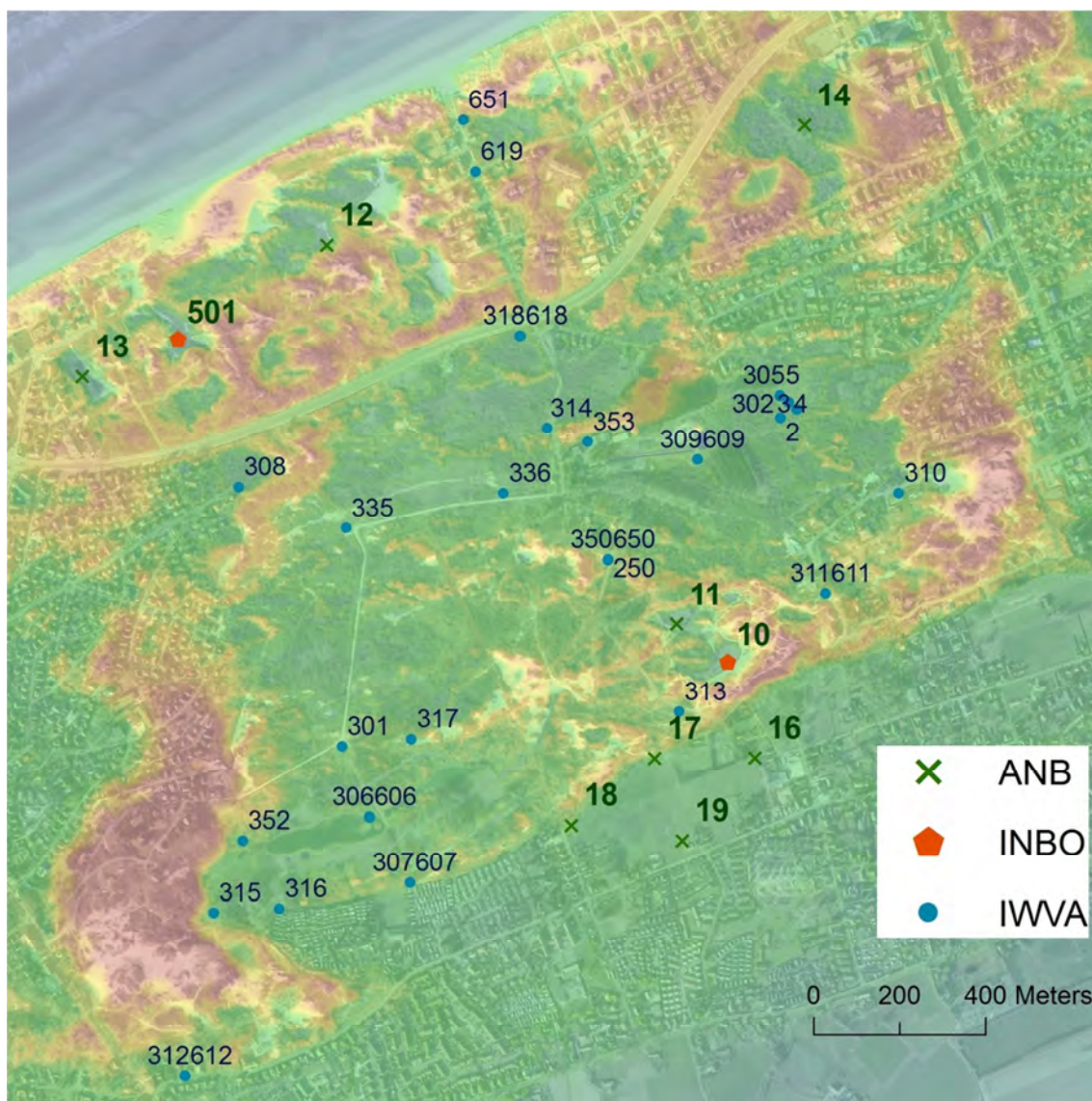
### 3.4.4.5 Optimalisatie van het peilbuizenetwerk

Gezien de actueel reeds sterk gereduceerde meetactiviteit in dit gebied, komt het voorstel voor optimalisatie ongeveer neer op het behoud van het actueel bemeeten punten. Wel stellen we voor om enerzijds verschillende meetpunten te schrappen en anderzijds nieuwe meetpunten te installeren volgens het concept voorgesteld voor het hele kustgebied (figuur 3.64). In de Belvédère worden momenteel 8 van 14 meetpunten actief bemeeten. We stellen voor om er hiervan 6 te behouden en 4 nieuwe peilbuizen te plaatsen. Hiermee wordt een meetraai gecreëerd met 5 punten loodrecht op de binnenduinrand. Het is wenselijk om naast BLP004, aan de binnenduinrand gelegen, ook een diepe peilbuis te laten plaatsen om de kweldruk te meten. Verder worden 2 peilpunten in duinvalleien behouden, evenals de peilschaal op het Langgeleed. In het westelijk deel (Simpelaereduinen) komen 2 nieuwe buizen om een beter beeld te krijgen op de stijghoogtes in deze heel recent door AB verworven zone. Zij worden samen met HOSP019 in het Kerkepannebos een tijdlang opgemeten met het oog op voorbereiding van natuurontwikkeling op deze percelen.

In de Noorduinen worden actueel slechts 9 van de 22 meetpunten (op 20 locaties) bemeeten. We stellen voor om dit aantal op te trekken naar 11. Dit omvat 9 punten op een transect en 4 punten (waarvan 2 overlappen met het transect) in duinvalleien.







Figuur 3.65. Meetpunten in de Doornpanne en het Schipgat (DOP) in terreinen beheerd door ANB.

### 3.4.5 Doornpanne en Schipgat (DOP)

Het duingebied tussen Koksijde en Oostduinkerke wordt hydrologisch sterk bepaald door de waterwinning in de Doornpanne. Daarom werd er tot nu toe vanuit ANB/INBO weinig aandacht besteed aan de uitbouw van een peilbuizen netwerk. Het huidige peilbuizen netwerk is in eerste instantie uitgebouwd door de IWVA en bestaat vooral uit diepere buizen (10 tot 30 m diep). Eind 2015 werden door INBO twee buizen geplaatst in natte valleien in de omgeving van de Doornpanne. Het betreft enerzijds DOPP010, in de panne in het zuidwesten van de Doornpanne en anderzijds DOPP501, in de Schipgatduinen (figuur 3.65). Beide buizen werden met een datalogger uitgerust. De eerste resultaten van de metingen zijn te zien in figuur 3.66. De Keller logger in DOPP501 bleek echter niet meer te functioneren na september 2016 waardoor de meetreeks heel beperkt is. Toch kunnen we voor deze buis een voorjaarsgrondwaterstand (4,94 m TAW) en schommeling (35 cm) bepalen voor 2016. Deze voorjaarsgrondwaterstand ligt in dezelfde grootte-orde als op dezelfde afstand van zee in Ter Yde en De Westhoek, dus wellicht is de invloed van de waterwinning op deze locatie relatief beperkt. Peilbuis DOPP010 heeft een gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand van 5,44 in de periode 2016-2019. Ook hier lijkt de invloed van de waterwinning relatief beperkt, deze peilen



zijn bijvoorbeeld min of meer vergelijkbaar met de zuidrand van de Plaatsduinen. Waarschijnlijk beperkt de aanwezigheid van een ondiepe kleilaag in dit deel van het gebied de impact van de pompings in de diepere lagen (Lebbe & De Breuck 1980). De jaarlijkse grondwaterschommelingen bedroegen 83 cm in 2016 en 98 cm in 2018, wat eveneens aansluit bij de normale waarden op deze positie in het duinsysteem.



Figuur 3.66. Meetreeksen in de buizen DOPP010 en 501.

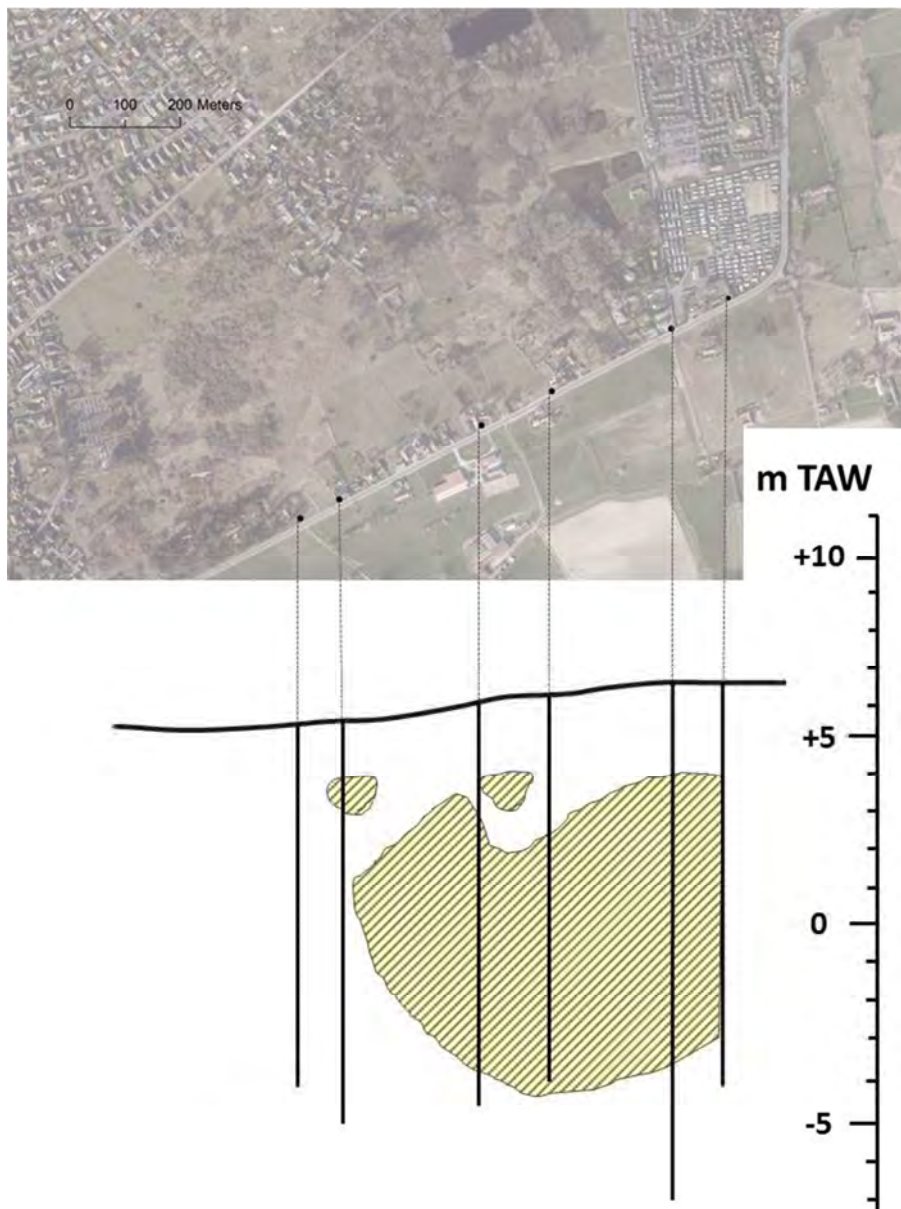
In december 2018 en maart/april 2019 werden door ANB nieuwe buizen geïnstalleerd in het gebied. De weinige metingen in deze buizen zijn hier nog niet verwerkt. Twee buizen (DOPP012 en 13) werden geplaatst in de zeewaarts gelegen, relatief recente pannen van het Schipgat, die verder konden uitstuiven tot op het grondwater. De meer zuidelijk gelegen pannen zijn langer gefixeerd en wellicht sterk verdroogd door de waterwinning. Hierover zijn echter geen hydrologische gegevens beschikbaar. Een tweede reeks buizen werd geplaatst in de deels voormalige duinakkertjes ten zuiden van de doornpanne (DOPP016 t.e.m. 19) en een laatste meetpunt bevindt zich in de pannetjes ter hoogte van de Egelantierlaan (DOPP014). Deze buizen kunnen in de toekomst gebruikt worden om de impact van de waterwinning verder op te volgen.

### 3.4.6 Ter Yde (TYD)

#### 3.4.6.1 Hydrogeologische opbouw

De ondergrond van Ter Yde wordt gedetailleerd beschreven in een studie van Mahauden & Lebbe (1982) die werd opgemaakt als vooronderzoek voor een waterwinning in het gebied. Het kwartair grondwaterreservoir bestaat tot op grote diepte (ca. -5 m TAW) hoofdzakelijk uit zandige, goed waterdoorlatende sedimenten. Dieper wordt het zand afgewisseld met lemige of leemhoudende, halfdoorlatende lagen. In het oosten van de Oostvoorduin komt ondiep een tot ca. 8 m dikke, slecht doorlatende laag voor, bestaande uit een complex van leem, klei en veen (figuur 3.67). Verder komen in het gebied ondiepe humeuze tot venige lagen voor. Die is het best ontwikkeld onder de Doolaeghe, de centrale depressie in het Hannecartbos.



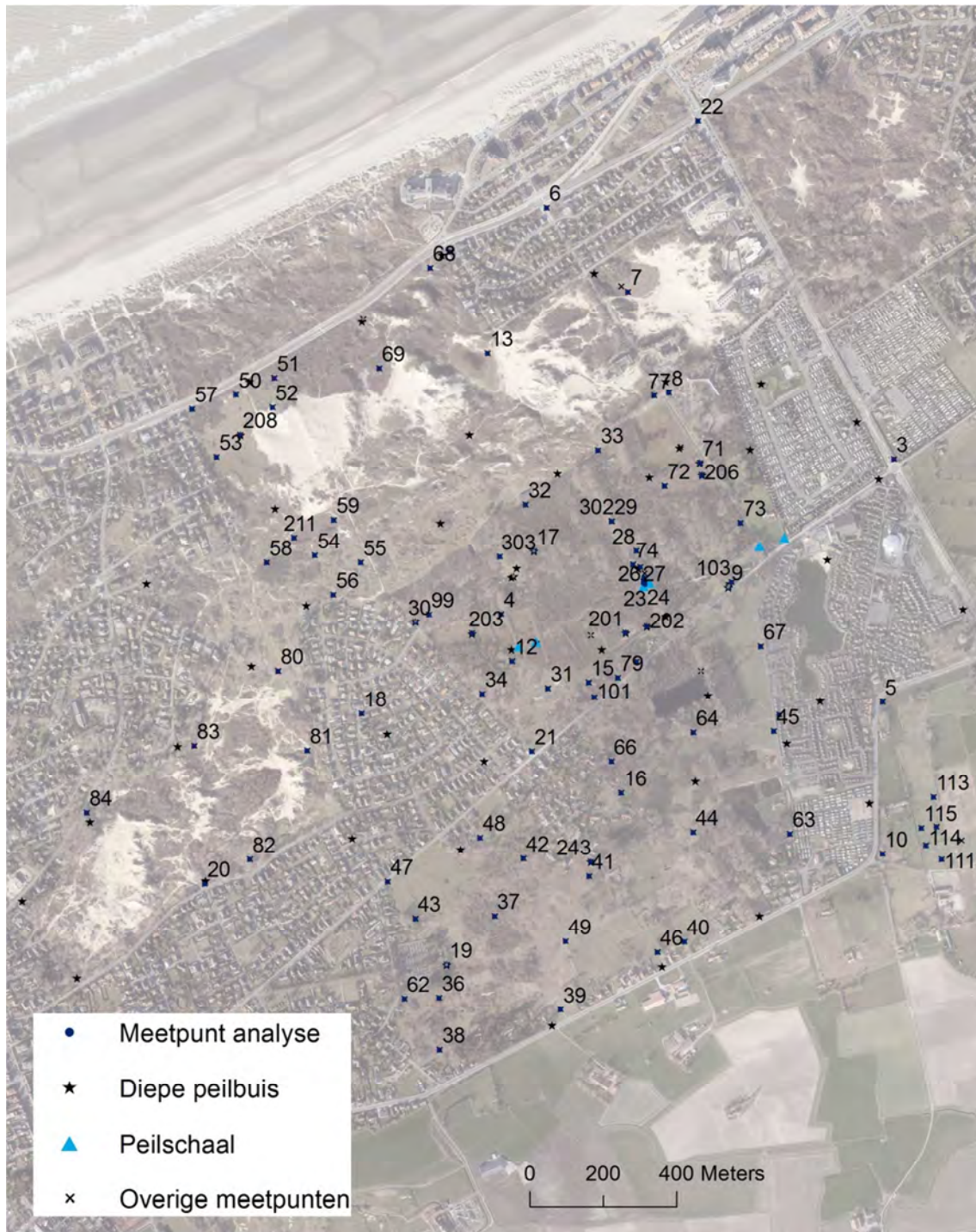


Figuur 3.67. Situering van een ondiepe, slecht doorlatende laag onder de Oostvoorduin (naar Mahauden et al. 1993).

### 3.4.6.2 Peilbuizennetwerk

Het peilbuizennetwerk in Ter Yde is opgebouwd over een lange periode en daarmee zijn de meetreeksen bijzonder heterogeen wat betreft meetperiode. De eerste buizen werden geplaatst in het kader van de hogervermelde studie van Mahauden & Lebbe (1982) door het Labo Toegepaste Geologie en Hydrogeologie van de Universiteit Gent. Het betreft in totaal 90 meetpunten, hoofdzakelijk diepe buizen waarvan er recent maar 12 meer zijn teruggevonden en opgemeten. In 1993 plaatste Universiteit Gent er nog 4 buizen bij.





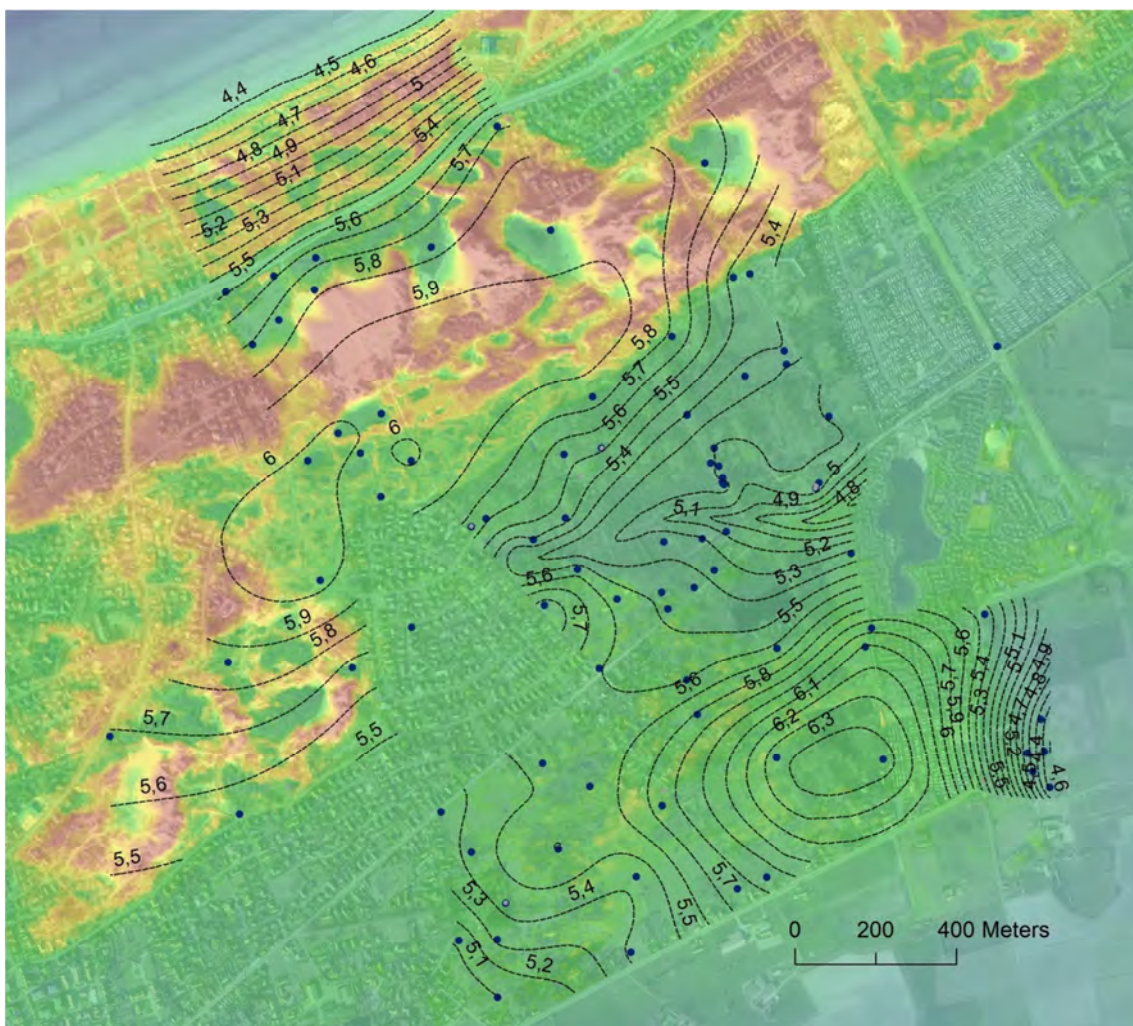
Figuur 3.68. Overzicht van de hydrologische meetpunten in het Ter Yde duincomplex (TYD).

INBO en ANB begonnen in de periode 1996-2000 met de uitbouw van een meetnet van ondiepe buizen. In een eerste fase werden er een 20-tal geplaatst. In het kader van een hydrologische studie uitgevoerd door Soresma werden in 2000-2001 ca. 35 nieuwe buizen geïnstalleerd. Zij werden echter maar over een zeer korte periode opgemeten, van juni 2000 tot mei 2001. In het kader van het LIFE project Feydra werden in 2004-2005 19 nieuwe meetpunten geïnstalleerd, doorgaans als een combinatie van filters die op verschillende diepte meten binnen één punt. Tot slot werden in de periode daarna door ANB nog 12 buizen geplaatst om het meetnet te vervolledigen. In totaal zijn daarmee 124 meetpunten (en 195 peilpunten)



gedefinieerd in WATINA ( Figuur 3.68). Dit maakt van Ter Yde wellicht een van de gebieden met de hoogste dichtheid aan hydrologische meetpunten in Vlaanderen.

Keerzijde van die hoge dichtheid aan meetpunten is de vaak beperkte meetreeksen. Dit kan deels opgevangen worden door modellering in Menyanthes maar het verlengen van meetreeksen over vele jaren op basis van een zeer korte meetreeks, zoals bij het merendeel van de Soresma-buizen brengt een hoge onnauwkeurigheid met zich mee. Daarom werden deze buizen slechts over een korte tijdspanne gemodelleerd, namelijk de groei-jaren 2000-2001. Vervolgens werd op basis van een aantal lange meetreeksen nagegaan hoe het gemiddelde van die twee jaren zich verhoudt tot de gemiddelden van de jaren 2014-2018, zoals voor de andere gebieden in deze studie wordt gebruikt. Deze correctie werd uiteindelijk toegepast op de korte meetreeksen zodat die ook konden bijdragen aan het gebiedsdekkend beeld.



Figuur 3.69. Lijnen van gelijke stijghoogte van de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstanden in Ter Yde (TYD) voor de jaren 2014-2018.

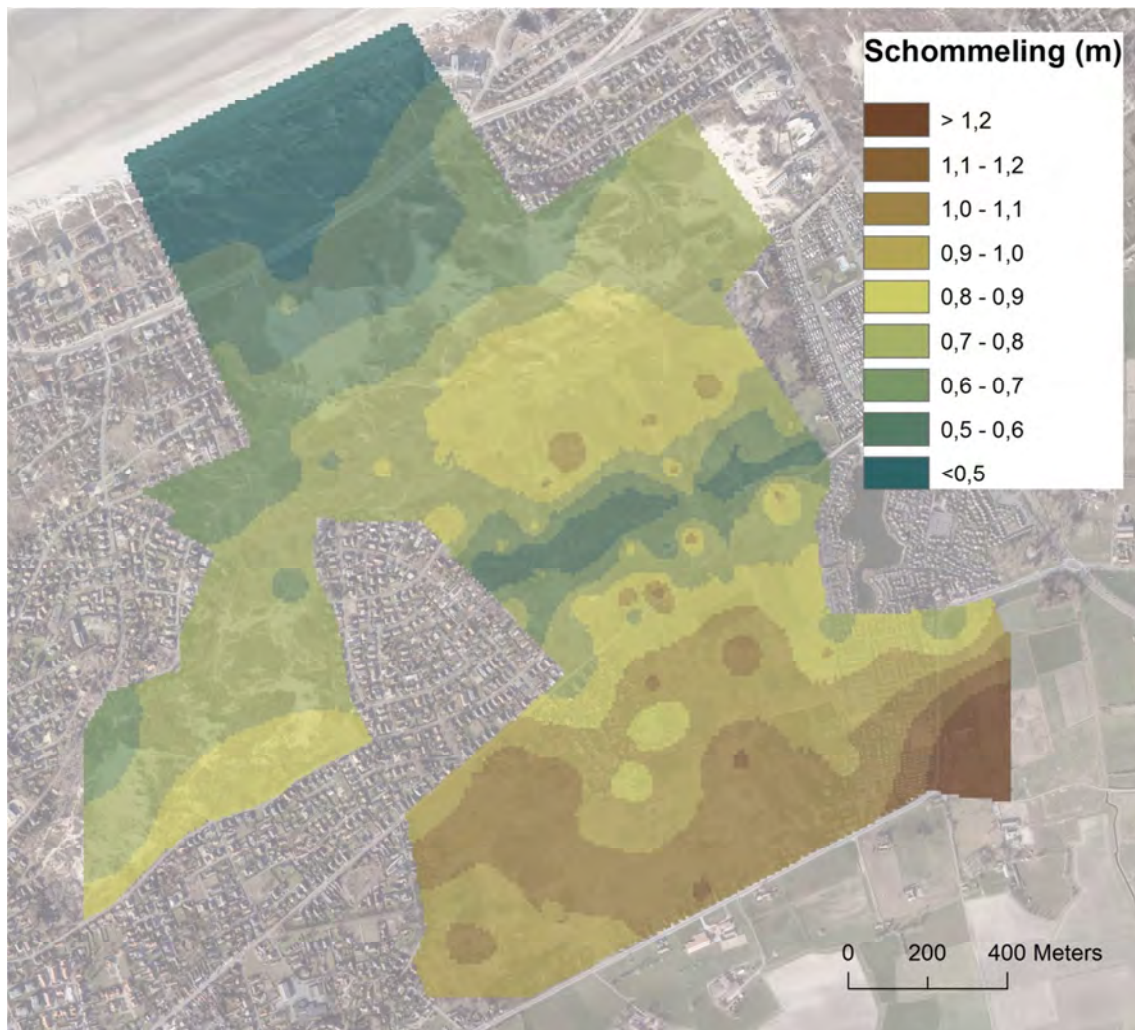
### 3.4.6.3 Grondwaterpeilen en –schommelingen

Het globaal beeld van de gemiddelde voorjaarsstijghoogte voor de periode 2014-2018 wordt weergegevens in figuur 3.69. Dit beeld wordt sterk bepaald door de strandvlakte van



Hannecart en de drainerende Beek-Zonder-Naam, die het gebied in twee delen verdeeld. Ten noorden van Hannecart vertoont de stijghoogte een relatief regelmatig opbollend patroon met een waterscheiding ongeveer ter hoogte van het 'Voetbalveld'. Oostwaarts dalen de peilen richting Simliduinen. Het is niet duidelijk in hoeverre het beeld voor de Zeebermduinen accuraat is, gezien hier geen meetpunten voorhanden zijn.

Hannecart zelf wordt gekenmerkt door een relatief grote hydraulische gradiënt in het noorden met een stijghoogteverschil van ongeveer 0,5 m tussen de noordelijke bosrand en de centrale Doolaeghe. Binnen deze depressie is het verval beperkt en worden de patronen sterk door de Beek-Zonder-Naam bepaald. Oostwaarts lijkt echter de Toralvijver bepalend voor de stijghoogtes. Gezien het exacte voorjaarspeil van deze plas niet gekend is, kan de stijghoogteverdeling in deze zone niet accuraat worden weergegeven.

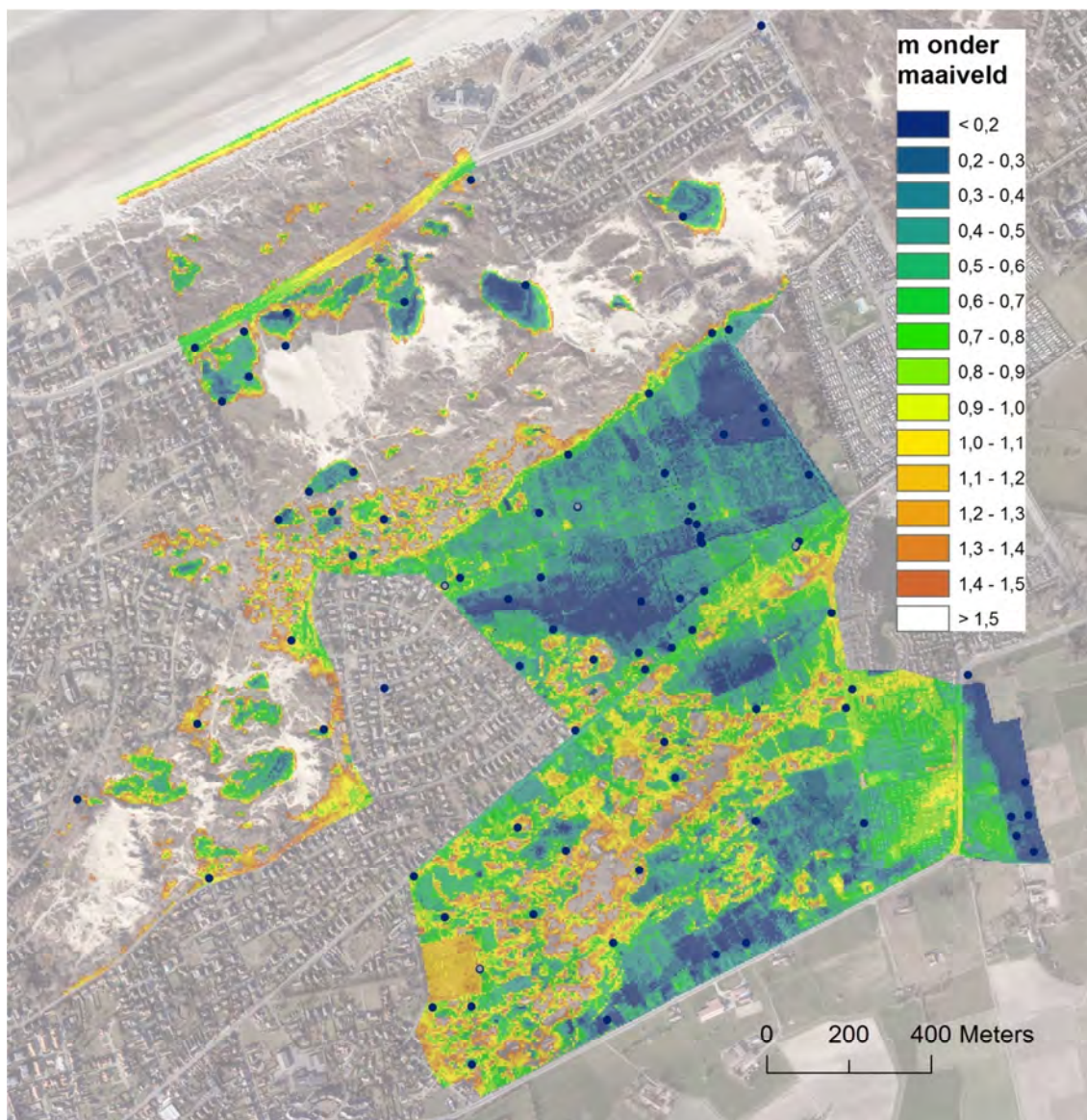


Figuur 3.70. Gemiddelde amplitude van de jaarlijkse grondwaterschommelingen (2014-2018) in Ter Yde.

Binnen de Oostvoorduinen vallen vooral de hoge stijghoogtes op in het oosten van het gebied. Die zijn gerelateerd aan de aanwezigheid van een dik slecht doorlatend pakket in de ondiepe ondergrond (figuur 3.67). Dit patroon domineert over de afstroom van het grondwater richting polder. Dit laatste is duidelijk te zien in de richting van de Labeurhoek, waar een heel steile oostwaartse gradiënt optreedt. We kunnen veronderstellen dat een soortgelijk patroon zich verderzet ten zuiden van de Nieuwpoortsesteenweg.



De grondwaterfluctuaties vertonen globaal een toename landinwaarts (figuur 3.70). Opvallend zijn de relatief beperkte schommelingen in het noordelijk deel van Ter Yde. Daar zijn op ca. 500 m van het strand nog gemiddelde jaarlijkse schommelingen te zien van 50 tot 65 cm. In De Westhoek bedragen de schommelingen op 300 m van het strand al 90 cm. De schommelingen bereiken een maximum in het noorden van het Hannecartbos (tot ca. 1 m) en nemen verder zuidwaarts sterk af tot aan de Beek-Zonder-Naam. Die waterloop vertoont jaarlijkse schommelingen van gemiddeld 55 cm. De exacte drainerende en/of irrigerende invloed op de omgeving is niet goed gekend en vergt meer gedetailleerd onderzoek. Ten zuiden van de Beek-Zonder-Naam neemt de amplitude van de schommelingen sterk toe tot aan de binnenduinrand. In de Labeurhoek worden de hoogste schommelingen opgemeten, tot 1,3 m op jaarbasis.

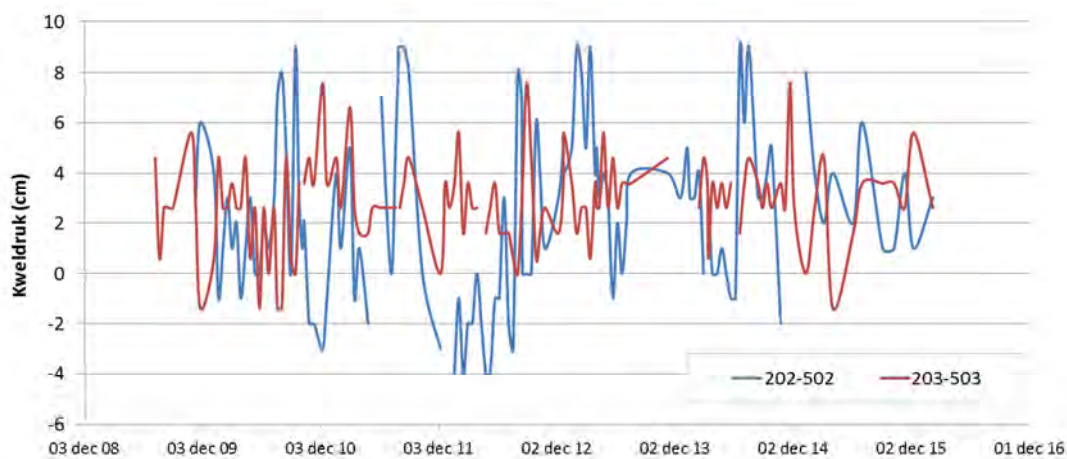


Figuur 3.71. Gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (2014-2018) in Ter Yde in meter onder maaiveld.



Op de vochtkaart (figuur 3.71) vallen een aantal heel grote natte zones op binnen de strandvlakte van Hannecart, in het zuiden en oosten van de Oostvoorduin en ter hoogte van de Labeurhoek. In dit laatste gebied is de diepblauwe kleur vooral te wijten aan extrapolatie-artefacten aan de rand van het analysegebied.

In het deel van Ter Yde ten noorden van Hannecart is de oppervlakte aan natte pannen heel beperkt. De geringe evapotranspiratie die daarmee gepaard gaat, speelt wellicht een belangrijke rol in de beperking van de grondwaterfluctuaties in deze zone. Ook is er 's zomers in de kleine pannen mogelijks toevloei van grondwater uit de omringende hoge duinen door zeer lokale kwel.



Figuur 3.72. Kweldruk in de peilbuiskoppels 202-502 (zuiden van het Hannecartbos) en 203-503 (westen van de Doolaege).

Tot slot bekijken we de kweldruk in een aantal buizen in Hannecart. De verschillen in stijghoogte tussen de diepe en de ondiepe buis van peilbuiskoppels (201-501, 202-502, 203-503, 206-506, 207-507) geven aan dat er gemiddeld een lichte kweldruk optreedt van enkele cm. Die is het meest uitgesproken in de koppels 202-502 en 203-503 (figuur 3.72). Hier zien we een druk van gemiddeld respectievelijk 2,5 en 2,8 cm. Het koppel 202-502, gelegen in het zuiden van het Hannecartbos, vertoont de grootste variatie, met pieken tot 9 cm en frequent perioden waar infiltratie domineert (negatieve kweldruk). Ondanks het grillige patroon zien we de grootste kweldruk vooral optreden tijdens de nazomer en de perioden met infiltratie in de winter. Het koppel 203-503 in de Doolaege vertoont een meer constante kweldruk. De patronen in beide koppels lijken weinig overeenkomst te vertonen.

#### 3.4.6.4 Ecohydrologische potenties en knelpunten

Binnen het duinencomplex Ter Yde werden reeds grote inspanningen gedaan voor herstel of ontwikkeling van natte duinvalleien door ontstruweling, ontbossing of afgraving. Binnen het deelgebied Ter Yde, ten noorden van Hannecart, zijn de meeste potenties reeds ingevuld. Enkel de centrale panne, ter hoogte van peilbuis 69, is sterk verstruweeld. Het is wenselijk om ook hier bijkomende inspanningen te doen om deze panne open te maken en houden. Evenals in de andere valleien in deze zone, zijn de grondwaterschommelingen hier beperkt, wat heel belangrijk is voor de meest kritische soorten zoals groenknolorchis. Bovendien kennen de pannen amper of geen recreatiedruk, in tegenstelling tot de Plaatsduinen.

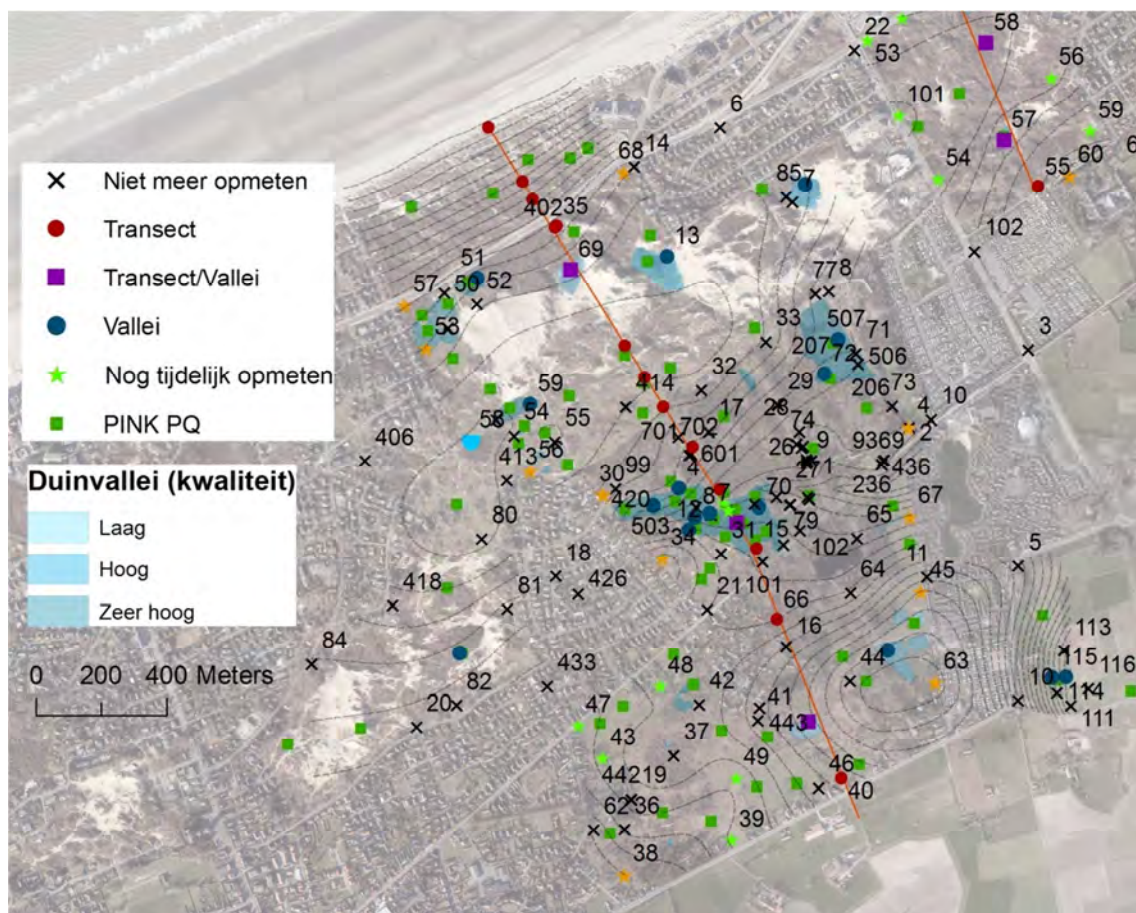
In de strandvlakte van Hannecart zijn substantiële delen van het natte gebied ontbost en aan de Monobloc worden bijkomende hooilanden ontwikkeld met wellicht min of meer vergelijkbare potenties. Ook aan de Karthuizerstraat werden nieuwe duinvalleien gecreëerd op





voormalige akkertjes. De grootste onaangesneden potenties voor natte natuurontwikkeling in het gebied situeren zich nog in de Oostvoorduinen. In het noordwesten van het gebied liggen enkele afgevlakte, voormalig beakkerde zones die kunnen afgegraven worden tot natte duinvalleitjes. Deze afgraving zou lokaal tot ca. 60 cm diep moeten gebeuren maar enige variatie in diepte is aangewezen. Wel moet het terrein best machinaal maaibaar blijven. In de zone ten noorden van de Nieuwpoortsesteenweg kan een oppervlakte van bijna 3 ha potentieel tot duinvalleivegetatie worden ontwikkeld. De fosfaataanrijking is hier minimaal en ook de waterhuishouding is nagenoeg geschikt. Er is bijvoorbeeld al rietorchis in deze zone aangetroffen. Lokaal plaggen is hier wel wenselijk om de oppervlakkig ontcalcite zode te verwijderen en meer milieuvariatie aan te brengen (zie verder de beheeraanbevelingen in Provoost et al. 2018a).

Een laatste substantiële vochtige zone is te zien in de Labeurhoek. Hier belemmert een hoge fosfaataanrijking tot relatief diep in de bodem natuurontwikkeling. Enkel in de noordelijke zone afplaggen kan eventueel tot interessante condities leiden voor de ontwikkeling van schrale, natte natuur gezien de fosfaten hier minder diep zitten. Maar dit betekent toch nog ongeveer 30 cm afgraven. Verschralend maaien is hier dus wellicht een betere optie. De Labeurhoek vormt ook één van de meest aangewezen terreinen om experimenten met uitmijnen uit te voeren, gezien het ruimtelijk goed aansluit bij het landbouwgebied en op het gewestplan ook als dusdanig staat ingekleurd .



Figuur 3.73 Voorstel voor optimalisatie van het grondwatermeetnet in het Ter Yde duinencomplex (TYD).

### **3.4.6.5 Optimalisatie van het peilbuizennetwerk**

Samen met De Westhoek en de Zwinduinen vormt het duinencomplex Ter Yde een absolute stronghold op het vlak van vochtige duinvalleien. Binnen dit gebied is een relatief grote aandacht voor ecohydrologie dan ook aangewezen. Actueel worden in het gebied 67 peilpunten actief bemeten, waarvan 23 met loggers. Dit is al een selectie van het totaal aantal beschikbare punten. We stellen voor om een verdere reductie naar 50 meetlocaties door te voeren (figuur 3.73). Het gebied omvat een bijzondere sequentie van strand tot duin-polderovergang met middenin een venige fossiele strandvlakte. Een transect langsheen deze sequentie omvat 15 meetpunten, waarvan 3 in ecologisch waardevolle duinvalleien gelegen. Dit zou aangevuld worden met 16 extra meetlocaties in valleien. Vooral de Doolaege is een belangrijke zone waarin verschillende buizen noodzakelijk zijn om de hydrologische variatie te kunnen vatten. Daarnaast zijn 12 buizen voorzien om effecten van ingrepen in aanpalende urbane gebieden te kunnen detecteren. Vooral in de Oostvoorduin zijn nog enkele tijdelijk op te meten buizen voorzien om een beter zicht te krijgen op de hydrologie van potentieel af te graven zones. Ook in de Doolaege zijn nog twee tijdelijke buizen ingepland binnen het transect. Bedoeling hiervan is om een meer gedetailleerd beeld te krijgen van de effecten van de Beek-Zonder naam op de lokale hydrologie (drainage en eventueel irrigatie). Tot slot is één peilbuis (TYDP058) voorzien als referentiebuiz om de effecten van de waterwinning in de Doornpanne in te schatten.

### **3.4.7 Simliduinen en Lenspolder (LEP)**

#### **3.4.7.1 Hydrogeologische opbouw**

Het gebied omvat de overgang van de Jonge duinen in de Simliduinen naar de fossiele strandvlakte van Groenendijk in het noorden van de Lenspolder. In de Simliduinen is de ondergrond volledig zandig. De Lenspolder is qua opbouw complexer door de mariene voorgeschiedenis. Groenendijk zelf is echter ook vooral zandig. Enkel aan de zuidoostelijke rand wordt op ca. 4 m TAW een kleiige zandlaag aangeboord.

#### **3.4.7.2 Peilbuizennetwerk**

De oudste peilbuizen in het gebied werden geplaatst in 1980-1981 het kader van de studie van Mahauden & Lebbe (1982) van de omgeving van Ter Yde. Het zijn diepe buizen die aan de rand van het gebied liggen, tegen de Kinderlaan. In Groenendijk werd in 2003-2004 een eerste reeks buizen geïnstalleerd en de meetpunten in de Simliduinen werden vooral in 2015 geplaatst. In 2019 werd naar aanleiding van nieuwe aankopen in het oosten van Groenendijk een nieuwe reeks buizen geplaatst (figuur 3.74).

#### **3.4.7.3 Grondwaterpeilen en –schommelingen**

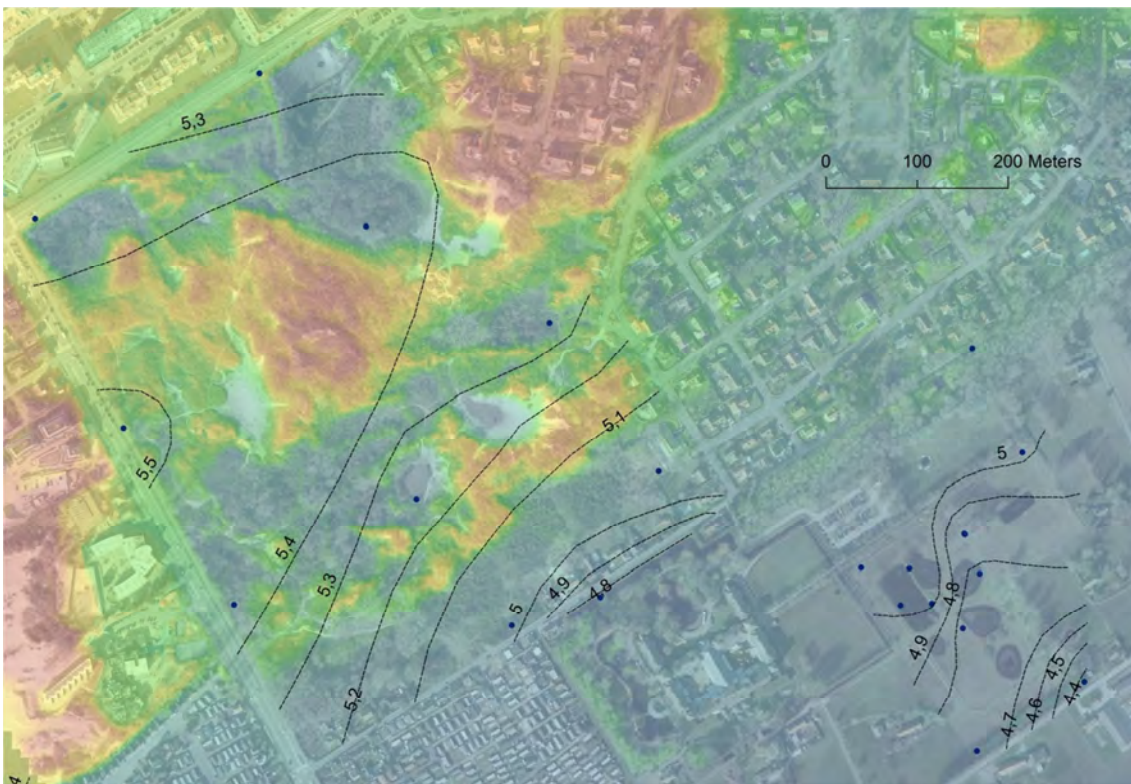
De Menyanthes modellen werden opgemaakt met de meteogegevens van Koksijde. De lange meetreeksen uit Groenendijk (sedert 2003) hebben een goede fit (EVP tussen 80 en 90). Enkel de reeks van LEPP007 scoort niet goed, mogelijk door invloed van de dichtbijgelegen beek. De meetreeksen uit de Simliduinen scoren ook heel hoog (87-95%) maar dit komt doordat de buizen nog geen 3 jaar worden opgemeten en korte reeksen doorgaans beter te modelleren zijn. De modellen voor Groenendijk met een hoge EVP geven een globale stijging van de grondwaterstand aan in de periode 2003 tot 2015-2019 met 10 tot 35 cm (gemiddeld 7 tot 27 mm per jaar). De meetreeksen uit de Simliduinen zijn te kort voor trendbepalingen.

Het globale beeld van de voorjaarsstijghoogtes wordt weergegeven in figuur 3.75. Het grondwater in de Simliduinen vertoont een heel regelmatig patroon met een waterscheiding parallel aan de kustlijn in de noordelijke helft van het gebied.

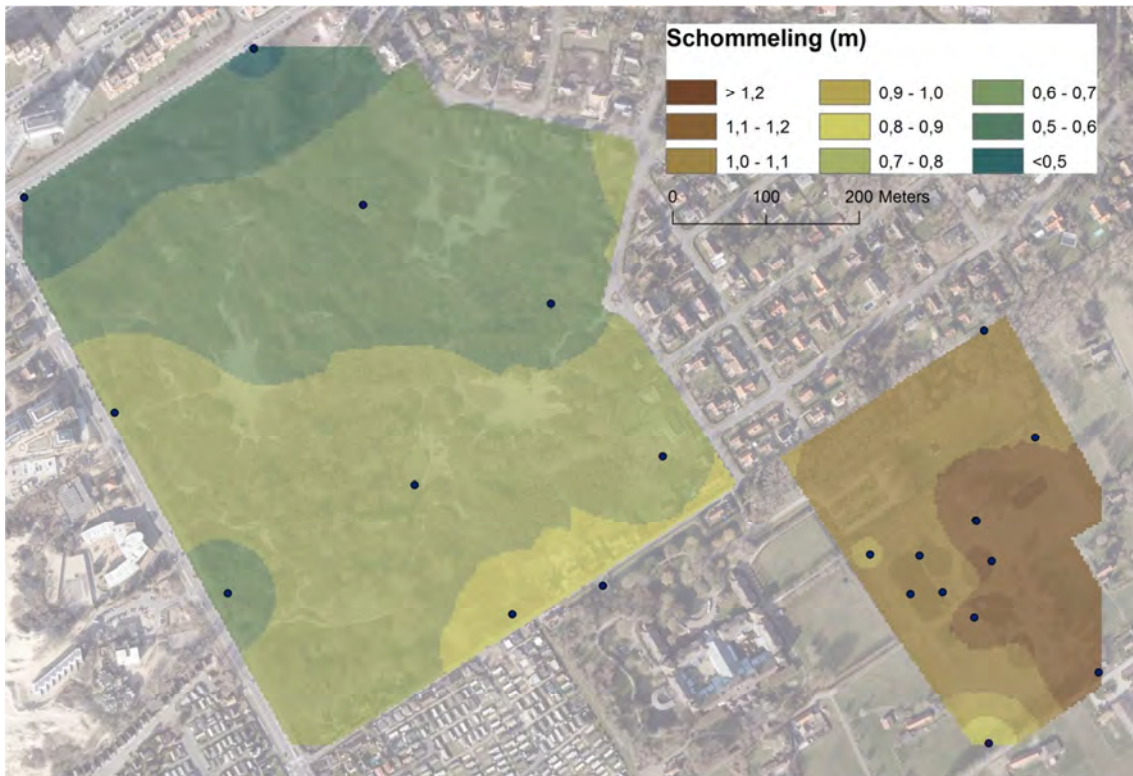
////////////////////////////////////



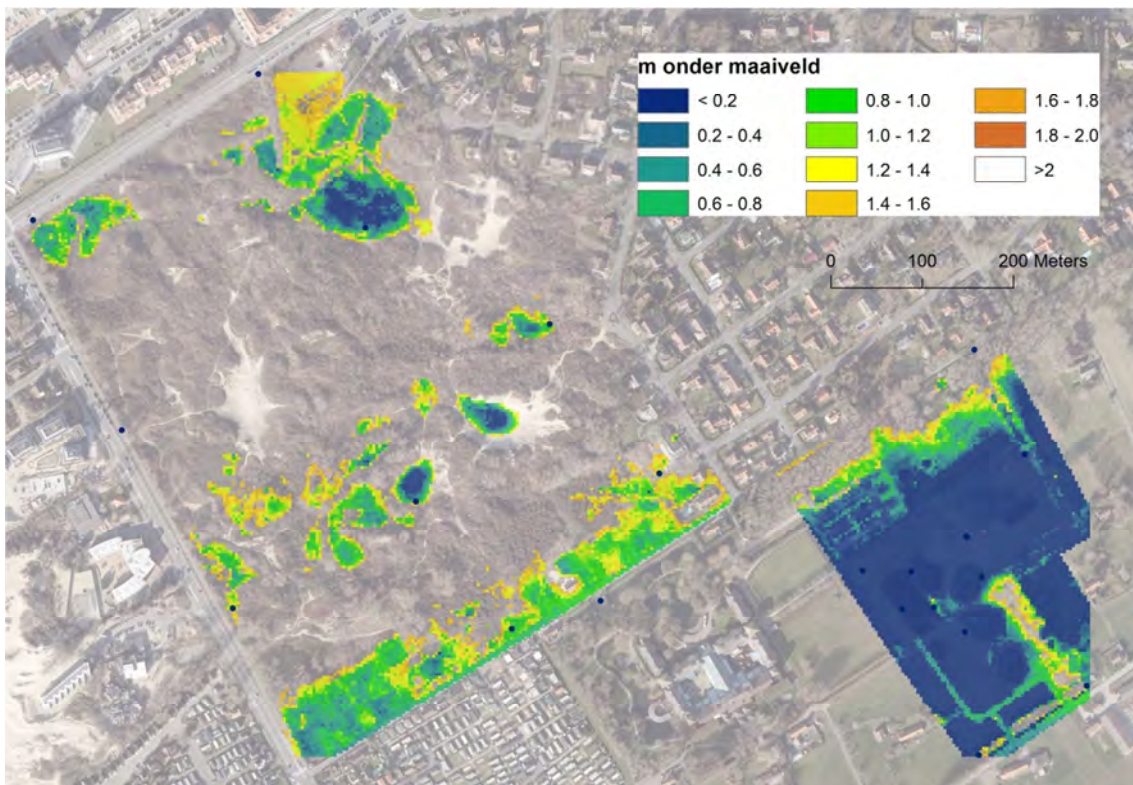
Figuur 3.74. Overzicht van de hydrologische meetpunten in de Simli duinen en Groenendijk (LEP).



Figuur 3.75. Lijnen van gelijke stijghoogte van de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstanden in de Simli duinen en Groenendijk (LEP).



Figuur 3.76. Gemiddelde amplitude van de jaarlijkse grondwaterschommelingen (2014-2018) in de Simlduinen en Groenendijk.



Figuur 3.77. Gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (2014-2018) in de Simlduinen en Groenendijk in meter onder maaiveld.

Dit beeld sluit perfect aan bij de hydrologie in de Karthuizerpanne. De absolute stijghoogtes nemen geleidelijk af in oostelijke richting. In de zuidoostelijke hoek nemen de stijghoogtes het sterkst af. Dit lijkt gerelateerd aan de drainerende werking van de walgracht rond het zorgverblijf Ter Duinen aan de Louisweg.

Binnen Groenendijk vertoont de grondwatertafel een verdere daling in de richting van de Lenspolder. De isohypsen vertonen een grillig patroon, mogelijks door de relatief grote oppervlakten aan oppervlaktewater. Aan de zuidrand vertonen de peilen een sterke daling naar het oosten toe. De oorzaak hiervan is niet duidelijk. De peilbuiskoppels 4/604 en 13/513 geven over de meetperiode (2004-2015) een lichte kweldruk aan van respectievelijk gemiddeld 50 en 23 mm. In 4/604 is er sprake van een sterke toename van -1,6 cm (infiltratie) vóór 2008 tot 1,9 cm kweldruk in de periode 2008-2015. De oorzaak hiervan is niet duidelijk maar lijkt samen te gaan met een globale verhoging van het peil.

De jaarlijkse fluctuaties van de grondwatertafel nemen globaal toe met grotere afstand van de zee (figuur 3.76). In de Simlidiunen bedragen zij 50 tot 80 cm terwijl ze in Groenendijk lokaal oplopen tot 1,15 m. De relatief geringe schommelingen in LEPP007 hebben mogelijk te maken met de invloed van de nabijgelegen beek. Wellicht zijn de waarden voor de Simlidiunen onderschat door de korte meetreeks maar de algemene patronen zijn wel duidelijk.

#### **3.4.7.4 Ecohydrologische potenties en knelpunten**

Binnen de Simlidiunen zijn de vochtige terreindelen beperkt in oppervlakte en geconcentreerd binnen enkele zones. Door de geringe peilschommelingen hebben deze zones hoge potenties voor natuurontwikkeling. Zeker in de noordelijke hoek van het gebied is het wenselijk optimaal in te zetten op herstel van natte duinvalleimilieus. Met de afbraak van de tennisterreinen is daar ook al concreet werk van gemaakt. Mits ontstruweling, verwijdering van exotische witte elzen en afplaggen kan in deze depressie een oppervlakte van ca. 1,2 ha natte duinvallei gecreëerd worden met een zeer gunstig grondwaterregime. De twee kleine valleitjes centraal in het gebied worden nu al gemaaid en zeker het meest westelijke is goed ontwikkeld met onder meer zeeegroene zegge, dwergzegge, vleeskleurige orchis, moeraswespenorchis, parnassia en paddenrus als kenmerkende soorten. De vochtige strook aan de zuidrand van de Simlidiunen is te droog voor duinvalleivegetaties. Hier wordt beter ingezet op enerzijds vochtig struweel en anderzijds vochtig duingrasland. Voor een optimaal beheer van dit laatste is begrazing in combinatie met gericht struweelmaaien aangewezen.

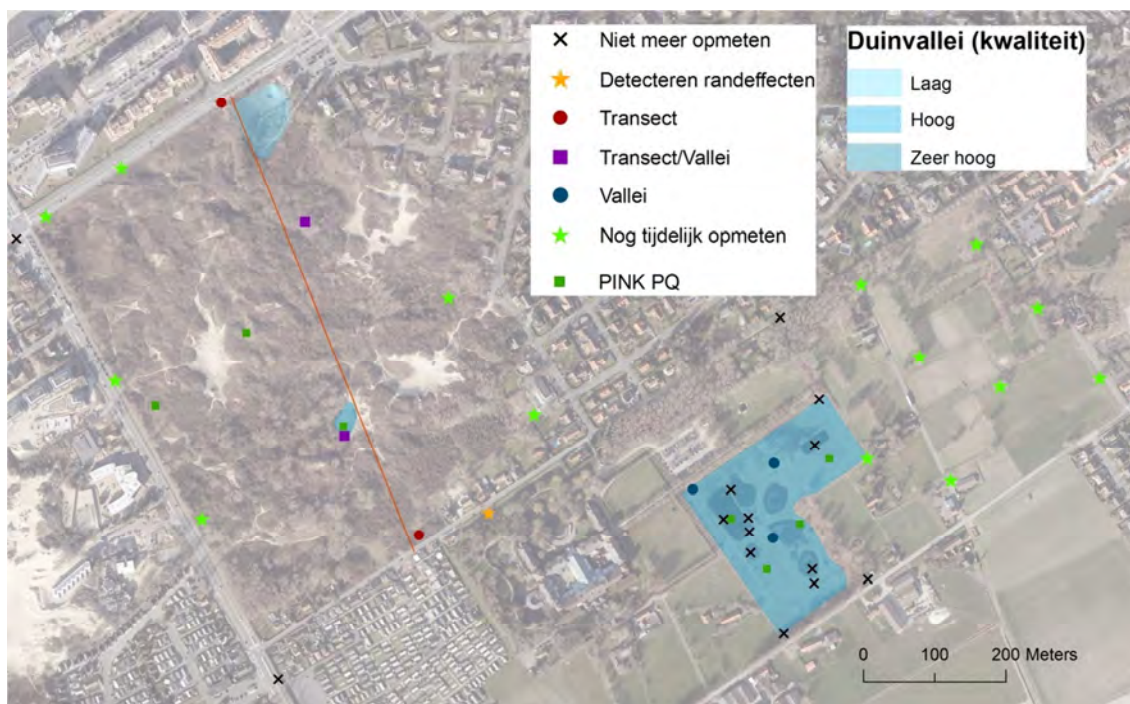
In Groenendijk zijn de amplitudes van de grondwaterschommelingen vrij hoog, wellicht te hoog voor de ontwikkeling van zeer soortenrijke duinvalleivegetaties (vergelijkbaar met de Weide in De Westhoek). Een aantal soorten zoals trosdravik, brede orchis, rietorchis, moeraszoutgras en fraai duizendguldenkruid wijst op ontwikkeling in de richting van dotterbloem/zilverschoongrasland. Wellicht wordt het gebied hydrologisch beïnvloed van buitenaf, door de drainerende werking van de brede gracht van Ter Duinen en/of door drainage in de Lenspolder. Anderzijds heeft de gracht ook een stabiliserende werking; de schommelingen van dit oppervlaktewater bedragen slechts een halve meter.

#### **3.4.7.5 Optimalisatie van het peilbuizennetwerk**

Momenteel worden in de Simlidiunen en Groenendijk samen 22 meetpunten bemeten. We stellen voor om dit aantal in eerste instantie te behouden omdat het uitgebreide meetnet van de Groenendijk nog maar net is geïnstalleerd en de meetreeks van de Simlidiunen nog geen drie jaar oud is. Een volgehouden meetinspanning van ca. 8 jaar is wenselijk om een goed beeld te krijgen van de hydrologie van een gebied. Dit betekent dat de meetinspanning in de Simlidiunen binnen maximaal 5 jaar sterk kan verminderen, die in Groenendijk binnen 8 jaar.



Uiteindelijk stellen we voor om in het gebied dan nog maximaal 10 meetlocaties te behouden (figuur 3.78). Die omvatten een transect door de Simliduinen met 4 meetpunten. Twee hiervan meten in (eventueel toekomstig in te richten) duinvalleien. In de Groenendijk worden drie meetpunten behouden, waarvan twee peilbuiskoppels. Dit wordt in de toekomst aangevuld met twee extra meetpunten die gekozen worden in functie van de toekomstige inrichting van het gebied. Tot slot is het ook wenselijk om de ringgracht in Ter Duinen verder te blijven bemeten.



Figuur 3.78 Voorstel voor optimalisatie van het grondwatermeetnet in de Simliduinen en Groenendijk (LEP).

### 3.4.8 IJzermondig & Sint-Laureinsduinen (IJZ)

#### 3.4.8.1 Hydrogeologische opbouw

In het gebied is slechts een klein aantal boringen verricht bekend in DOV. De diepere ondergrond bestaat uit zandige mariene sedimenten (wadzand en zeezand). Vooral in de delen van de IJzermondig dicht bij de IJzergeul, is de ondiepe ondergrond veel complexer en komen verschillende al dan niet antropogene kleilagen voor. Bij de voorbereidingen voor de afgraving van beheereenheid 'De Driehoek' (Provoost et al. 2012). Werd een kleilaag aangeboord op 4 tot 6 m TAW die omwille van de hoogte hoogstens gedeeltelijk van natuurlijke, mariene oorsprong kan zijn. Het is onduidelijk hoe ver deze laag zich landinwaarts nog verderzet. Ter hoogte van de noordoostelijke rand van het perceel bedraagt de dikte nog maximaal enkele dm. Boringen in het Militair Kamp geven een zandige ondergrond aan.

#### 3.4.8.2 Peilbuizenetwerk

WATINA zone IJZ omvat zowel De IJzermondig als de Sint-Laureinsduinen. In dit eerste gebied werden de eerste peilbuizen geplaatst in het kader van de monitoring van het natuurherstel



MONAIJ (Hoffmann et al. 2006). Het betreft twee raaien van buizen op de overgang van schor naar duin (figuur 3.79) en twee buizen centraal in de duinen (10 en 11). Ook in het kader van de voorbereidende studie voor de afgraving van 'De Driehoek' (Provoost et al. 2012) werden peilbuizen geplaatst op de rand van het getijdengebied. Deze meetpunten zijn ondertussen verdwenen en worden hier niet verder behandeld. Verwerking van de peilen levert wel een gemiddelde stijghoogte op ter hoogte van hoogstrand en schor-duinovergang, namelijk 4,4 m TAW. In 2013 werden in de duinen 5 extra buizen geplaatst door ANB die het mogelijk maken een gebiedsdekkend beeld te krijgen.

In de Sint-Laureinsduinen werd vooral op de site van de voormalige camping Cosmos uitgebreid hydrologisch onderzoek verricht. Ter voorbereiding van de natuurinrichtingswerken werd hier in opdracht van MDK door ENVIROSOIL een twintigtal buizen geplaatst in verschillende raaien parallel met de kust. Slechts in een selectie van deze buizen werden de metingen langere tijd volgehouden. In 2013 en 2015 werden extra buizen geplaatst om een beeld te krijgen van de volledige Sint-Laureinsduinen.



Figuur 3.79. Overzicht van de hydrologische meetpunten in de IJzermondung en de Sint-Laureinsduinen (IJZ).

### 3.4.8.3 Grondwaterpeilen en –schommelingen

De Menyanthes modellen werden opgesteld op basis van meteorologische gegevens van Koksijde. Ondanks de gelijkaardige afstand, geven de (neerslag)gegevens van Middelkerke een iets lagere nauwkeurigheid.

Figuur 3.80 geeft een beeld van de gemodelleerde gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand in het gebied voor de periode 2014-2018. In de IJzermondung is een vrij gelijkmatig beeld te zien

van een opbollend waterlichaam met een waterscheiding ongeveer ter hoogte van peilbuis 51 in het Militair Kamp. Het is niet duidelijk hoe dit waterlichaam zich verderzet in oostelijke richting. Richting IJzergeul zien we een steil verval in de stijghoogtes. De overgang naar het getijdengebied is complex en dynamisch (zie Provoost et al. 2012 en Hoffmann 2006). De eerste metingen aan de rand van het intertidaal gebied geven een landinwaartse stroming aan maar die is dus vermoedelijk zeer beperkt in de ruimte en moet dit noodgedwongen ook in de tijd zijn (het water moet ergens kunnen afstromen). Opmeting van een langere tijdsreeks moet hier meer duidelijkheid kunnen verschaffen.

In de Sint-Laureinsduinen zien we een vrij steile zeewaartse gradiënt. De stijghoogtes op gelijke afstand van de nemen oostwaarts toe. Er kan geen waterscheiding worden vastgesteld op basis van het bestaande meetnet. Hiervoor zijn extra meetpunten landinwaarts nodig. Vermoedelijk gaan we hiermee westelijk een gradiënt richting Hemmepolder duidelijk maken en zien we het opbollend zoetwaterlichaam verder lopen in de fossiele duinen onder Westende en Lombardsijde.



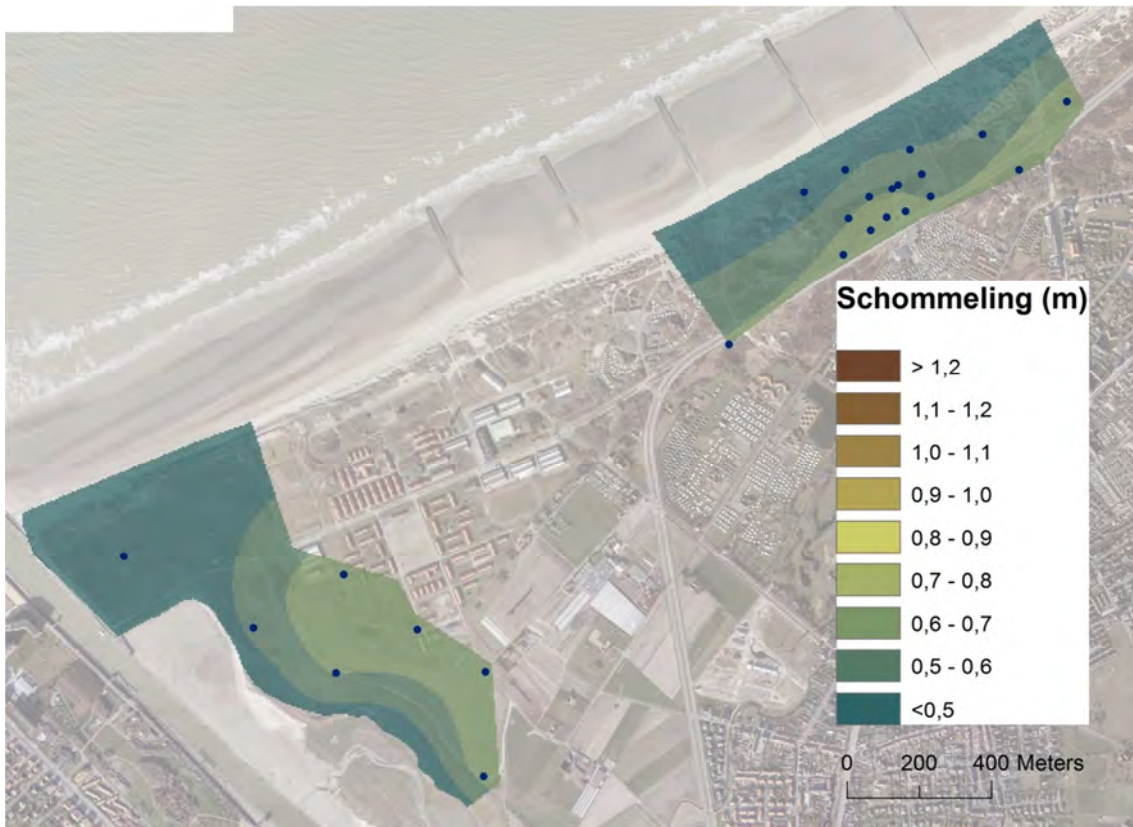
*Figuur 3.80. Lijnen van gelijke stijghoogte van de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstanden in de IJzermondung en de Sint-Laureinsduinen (IJZ).*

De amplitude van de grondwaterschommelingen is in het hele gebied beperkt (figuur 3.81). De hoogste waarden worden gemeten in het oosten van de IJzermondung en het zuiden van de Sint-Laureinsduinen maar zelfs die bedragen gemiddeld slechts 65 tot 70 cm op jaarbasis.

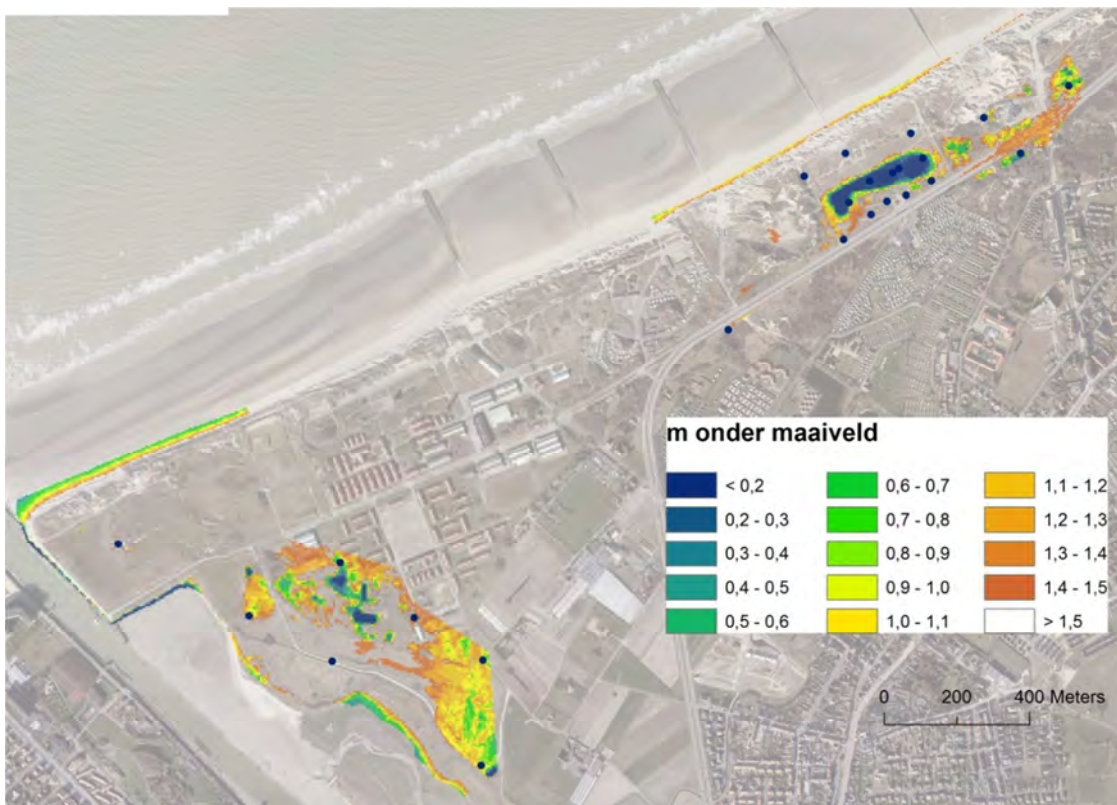
De (zoete) vochtige zones in het gebied zijn beperkt tot enkele natte pannetjes in de IJzermondung en de grote duinvallei op de voormalige Camping Cosmos (figuur 3.82).







Figuur 3.81. Gemiddelde amplitude van de jaarlijkse grondwaterschommelingen (2014-2018) in de IJzermonding en de Sint-Laureinsduinen (IJZ).



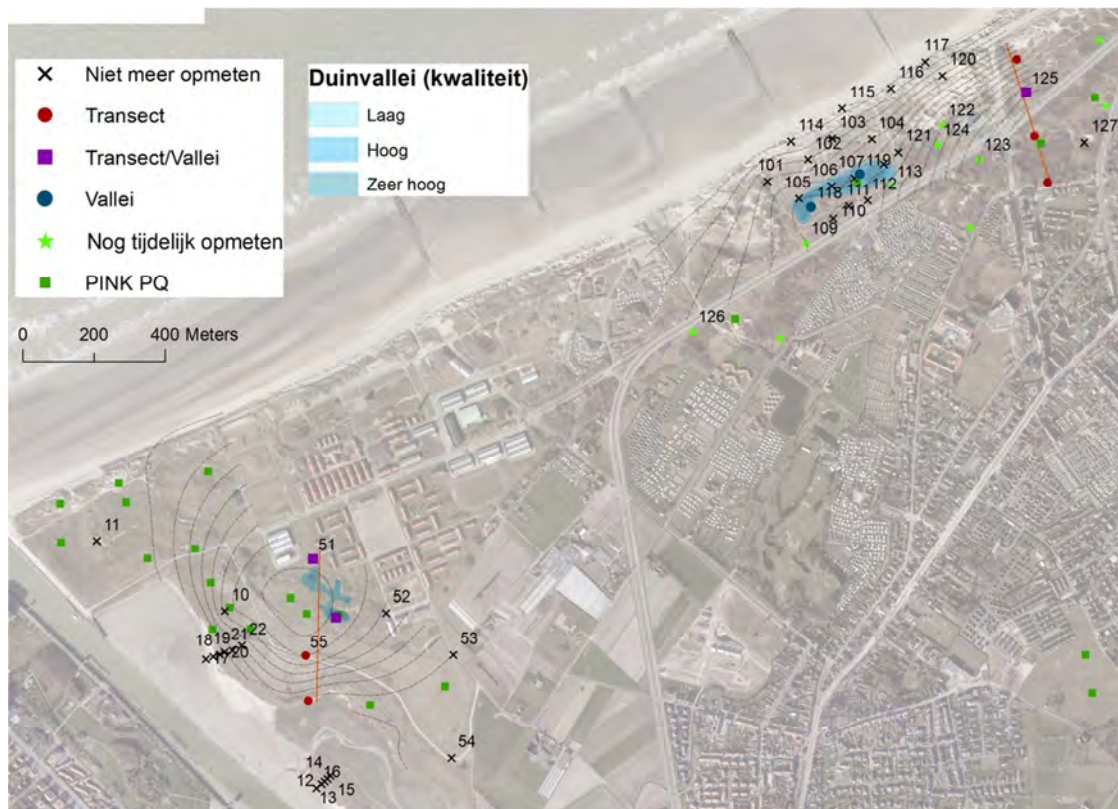
Figuur 3.82. Gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (2014-2018) in de IJzermonding en de Sint-Laureinsduinen (IJZ) in m onder maaiveld.

### 3.4.8.4 Ecohydrologische potenties en knelpunten

De potenties voor de ontwikkeling van duinvalleien in de IJzermonding zijn ruimtelijk nagenoeg volledig ingevuld. Ondanks hun geringe oppervlakte zijn het zeer soortenrijke vegetaties met 18 aandachtsoorten voor duinvalleien. Hiervan hebben verschillende soorten hoogstwaarschijnlijk via maaimachines het terrein weten te koloniseren (honingorchis, duingentiaan, blauwe knoop, geelhartje). Het illustreert de mogelijkheden voor biotisch herstel in relatief geïsoleerde habitatvlekken. Soorten als blauwe knoop spelen een belangrijke functionele rol als nectarplant en voor soorten met relatief goede verspreidingscapaciteiten zoals honingorchis en parnassia vormen dergelijke groeiplaatsen belangrijke schakels in het metapopulatie-netwerk van de soorten aan de kust.

Ook in de Cosmos is het natuurherstel succesvol. In de huidige prille ontwikkelingsfase worden reeds 10 aandachtsoorten van duinvalleien aangetroffen, waaronder de zeer zeldzame armbloemige waterbies. De stabiele en beperkte schommelingen van het grondwater maken van deze site één van de meest geschikte groeiplaatsen voor hydrologisch heel kieskeurige soorten zoals groenknolorchis.

In de nabijgelegen site van de voormalige Camping Crystal Palace bevindt de voorjaarsgrondwaterstand zich minstens 2 m onder maaiveld. Hier is het minder evident om een duinvallei te herstellen maar mits aanzienlijk graafwerk is het mogelijk een vallei van ongeveer een halve hectare te creëren. Het terreindeel ten oosten van de Calidris (en de Strandlaan) leent zich hier beter voor. Hier zijn reeds vochtige depressies aanwezig waar mits beperkt graafwerk duinvalleien kunnen worden aangelegd of hersteld. Door de zeer geringe grondwaterschommelingen hebben deze terreinen hoge botanische potenties.



Figuur 3.83. Voorstel voor optimalisatie van het grondwatermeetnet in IJzermonding en de Sint-Laureinsduinen (IJZ).

Het is dan ook absoluut aanbevolen om het zuidelijk deel van dit gebied te reserveren voor natuurontwikkeling. In het noordelijk deel kan eventueel een meer recreatie-gerichte invulling behouden blijven. In het zuidwesten van het gebied kan een depressie van ca. 1 ha aangelegd worden, in het zuidoosten een kleinere depressie van ca. 1500 m<sup>2</sup>.

### 3.4.8.5 Optimalisatie van het peilbuizennetwerk

Momenteel worden in het hele gebied 18 buizen actief bemeten, 7 in de IJzermonding en 11 in de Sint-Laureinsduinen (vooral Cosmos). In de IJzermonding is ondertussen een vrij goed ruimtelijk beeld van de hydrologie verkregen en kan het meetnet gereduceerd worden tot een (kort) transect met 4 meetpunten. Hiervoor zouden twee nieuwe buizen moeten geplaatst worden, één in de duinvallei, nabij het permanent kwadraat en één buis aan de hoogwaterlijn (figuur 3.83).

In de Sint-Laureinsduinen is vooreerst een verdere uitbouw van het meetnet wenselijk. Het voorstel in figuur 3.83 omvat 16 meetpunten, waarvan 7 nieuw te installeren. Dit meetnet zou in het ideaal geval zo'n 8 jaar als geheel moeten opgemeten worden. Deze periode kan ook korter gezien het meetnet deels al veel langer wordt bemeten en er wellicht goede correlaties zijn tussen bepaalde buizen. Dit meetnet moet de nodige informatie verschaffen voor verdere inrichtingswerken in het gebied. Op termijn kan de meetinspanning gereduceerd worden tot een transect van 4 punten, aangevuld met 2 peilbuizen in de Cosmos en eventueel nog een extra punt indien nog andere duinvalleien worden ingericht.



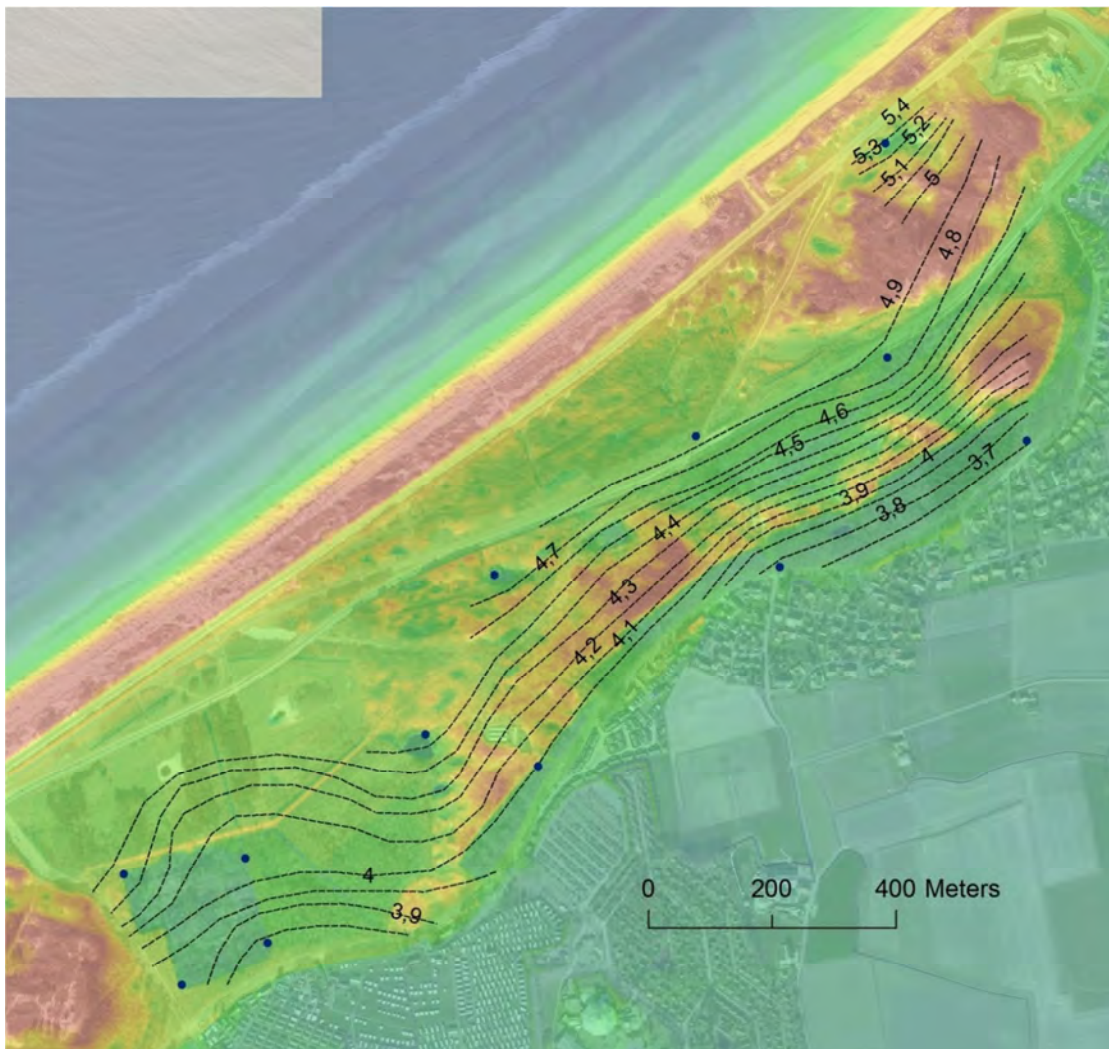
Figuur 3.84. Overzicht van de hydrologische meetpunten in de duinbossen tussen De Haan en Wenduine (BDH).



### 3.4.9 Bredene-De Haan (BDH)

#### 3.4.9.1 Hydrogeologische opbouw

De geohydrologie van het gebied tussen De Haan en Wenduine werd uitgebreid bestudeerd door Devos (1984). De opbouw in het gebied is globaal bijzonder complex. Boringen geven aan dat de top van het tertiair substraat in het oosten en westen van dit gebied sterk verschillend is. Westelijk wordt op -38 m de leperiaanklei aangesneden terwijl er zich meer oostelijk jongere tertiaire afzettingen boven deze laag bevinden. De top van het tertiair bevindt zich hier op -26 m. Ook de bovenliggende kwartaire opbouw is sterk verschillend. In het ruimere gebied tussen de Haan en Wenduine wordt een laag oppervlakteveen met een dikte van 1 tot 2 m aangeboord tussen 0 en -2,5 m TAW. Onder het duingebied zelf is daar echter weinig van terug te vinden (DOV). Wel worden vanaf 2 tot 4 m TAW kleiige Duinkerke afzettingen aangetroffen die wellicht belangrijk zijn voor de lokale freatische hydrologie. De bovenliggende duinzandlaag is in de duinvalleien hoogstens enkele meters dik.



*Figuur 3.85. Lijnen van gelijke stijghoogte van de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstanden in de duinbossen tussen De Haan en Wenduine voor de jaren 2014-2018.*

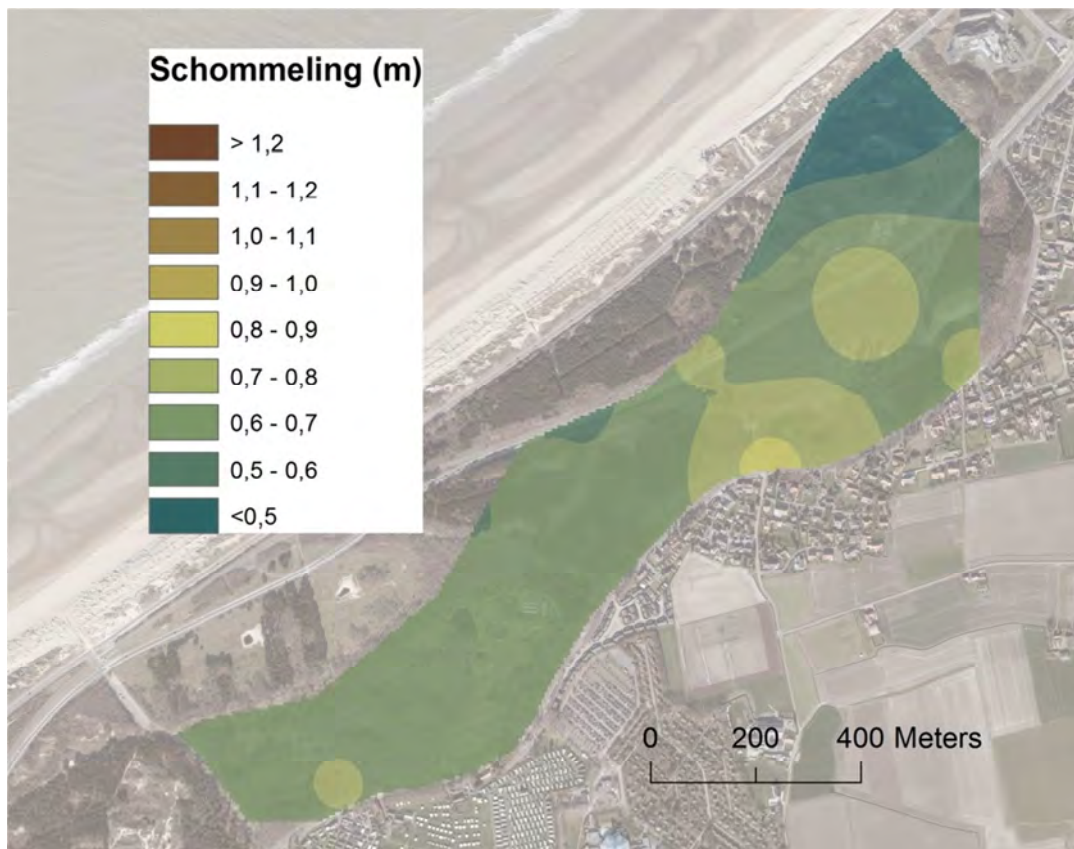
### 3.4.9.2 Peilbuizennetwerk

In de duinen tussen De Haan en Wenduine werden in twee zones peilbuizen geplaatst. Een eerste zone betreft de omgeving van de Zandpanne. Hier werden in 2005 6 buizen geplaatst, enerzijds om gegevens te verkrijgen over het door Natuurpunt beheerde reservaat en anderzijds met het oog op potentiële natuurontwikkeling in de Zwarte Kiezel. De buizen werden van oktober 2005 tot januari 2010 opgemeten door Frank Broucke, toenmalig conciërge van de serres van MDK ten oosten van de Zandpanne. Een tweede reeks van 6 buizen werd in maart 2011 door ANB geplaatst in de duinbossen, beheerd door ANB (figuur 3.84).

### 3.4.9.3 Grondwaterpeilen en –schommelingen

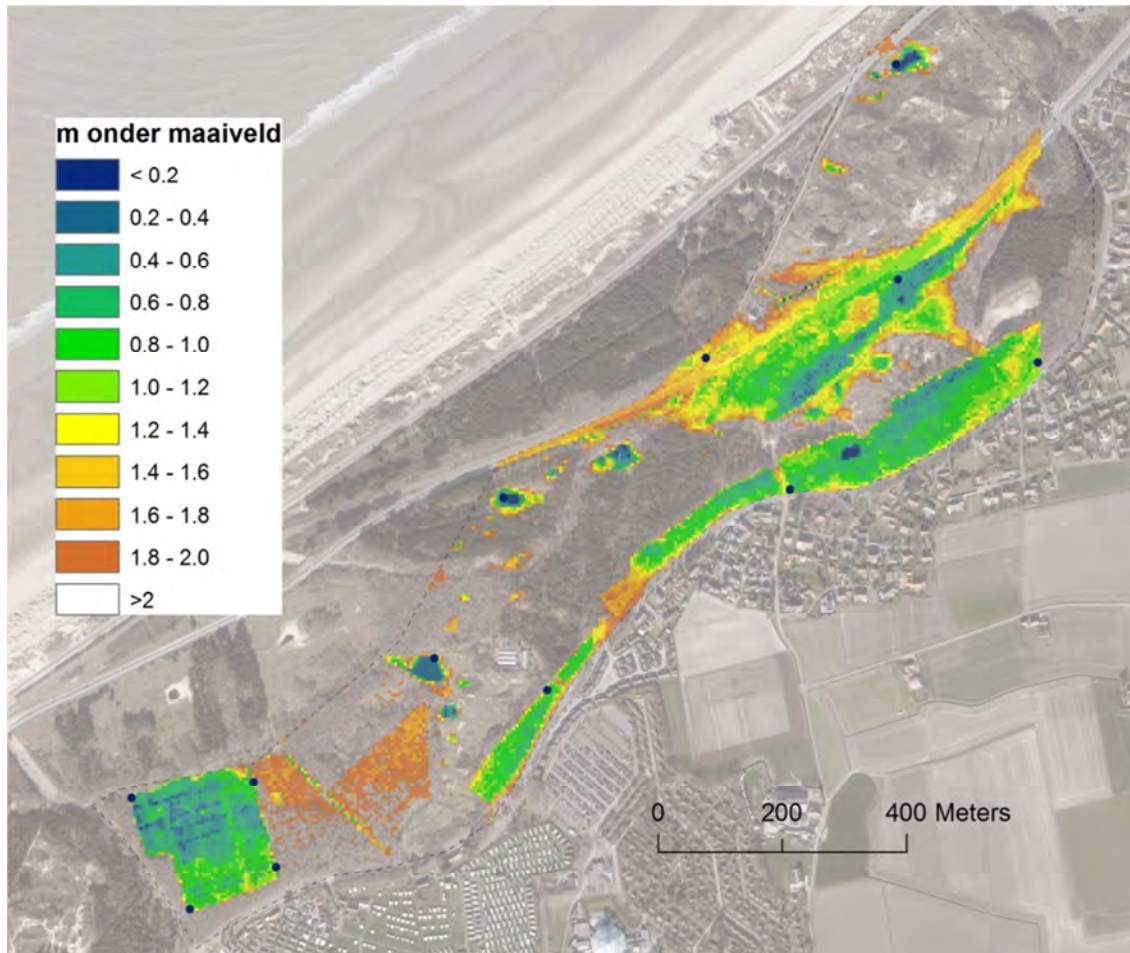
De lijnen van gelijke stijghoogte van de voorjaarsgrondwaterstand in de duinen tussen de Zwarte Kiezel en Wenduine geven een vrij regelmatig beeld met een relatief steil verhang richting polder en een verloop min of meer parallel met de kustlijn (figuur 3.85). De hoogste peilen worden eigenaardig genoeg genoteerd in peilbuis 10, die op minder dan 200 m van het strand is gelegen. Dit betekent dat er zich tussen deze buis en het strand nog een waterscheiding moet bevinden.

De grondwatertafel schommelt op jaarbasis gemiddeld tussen 0,8 en 1 m (figuur 3.86). Peilbuis 13 vertoont een opvallend hoge schommeling, mogelijk ten gevolge van ingrepen in de Waterhuishouding in de woonwijk ten zuiden van de Driftweg. Peilbuis 10 in het noorden van het gebied vertoont de kleinste schommelingen, door het temperend effect van de zee.



Figuur 3.86. Gemiddelde amplitude van de jaarlijkse grondwaterschommelingen (2014-2018) in de duinbossen tussen De Haan en Wenduine.

Op de vochtkaart (figuur 3.87) zijn grote vochtige zones te zien in het oostelijke bosgebied en ter hoogte van het opslagterrein van MDK aan de Zwarte Kiezel. De overige natte plekken, waaronder de Zandpanne en de opengemaakte zone aan peilbuis 11, zijn heel kleine depressies.



Figuur 3.87. Gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (2014-2018) in de duinbossen tussen De Haan en Wenduine in meter onder maaiveld.

#### 3.4.9.4 Ecohydrologische potenties en knelpunten

Het merendeel van de vochtige en natte zones in het gebied zijn in het bos gelegen. Goed ontwikkelde natte duinbossen zijn zeldzaam en naast delen van het Hannecartbos en van de bossen in de Zwinduinen komen ze enkele over grote oppervlakten voor in de duinbossen van De Haan. De aanduiding als bosreservaat is hier dan ook volkomen terecht.

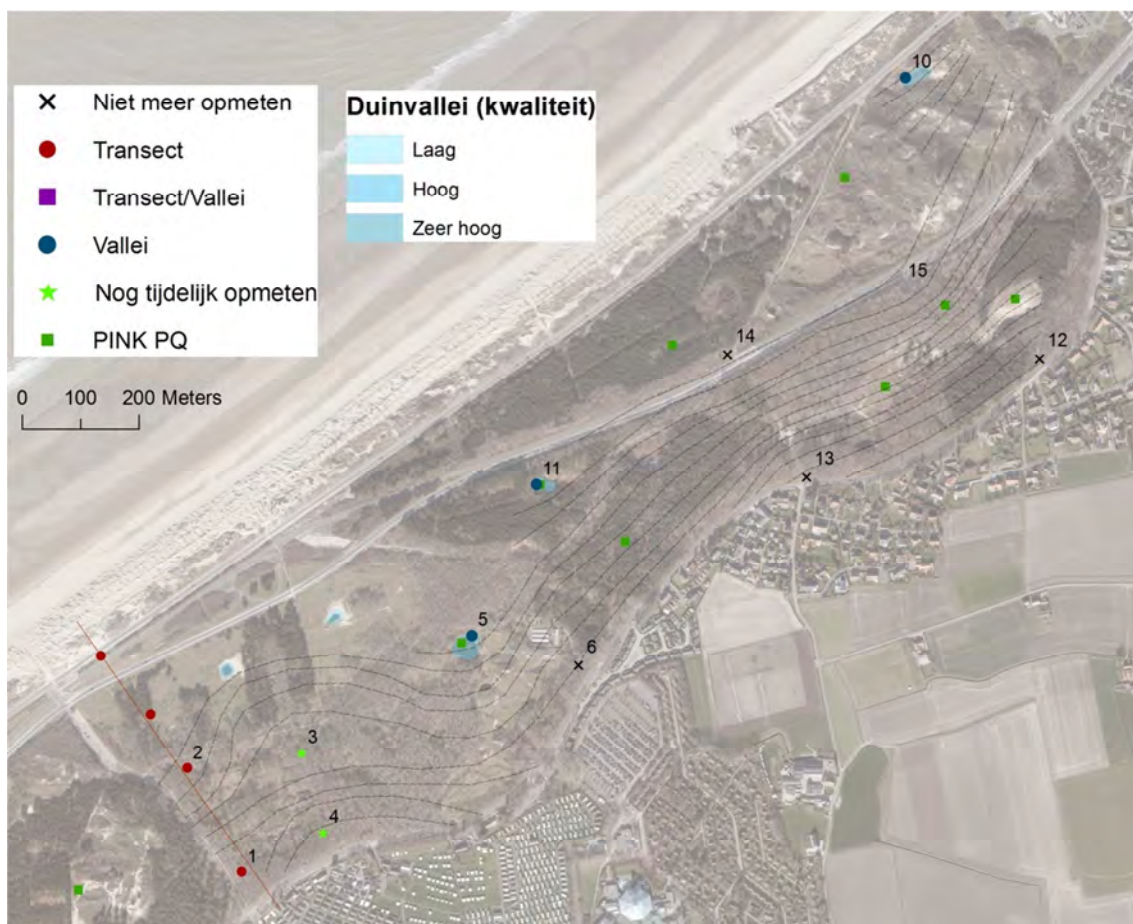
Het opslagterrein van MDK aan de Zwarte Kiezel vormt een tweede belangrijke natte zone. Het is een vergraven en afgevlakt terrein met een oppervlakte van een kleine 3 ha. Deze locatie omvat de belangrijkste (relatief eenvoudig te realiseren) potenties voor natte duinvalleien aan de middenkust tussen Middelkerke en Blankenberge. In dit kustdeel is de creatie van een substantiële bijkomende oppervlakte aan duinvalleihabitats essentieel om levensvatbare (meta)populaties van een aantal kenmerkende soorten (zoals bijvoorbeeld rugstreeppad) te kunnen herbergen. Het is dan ook absoluut aangewezen om een alternatieve locatie te zoeken



voor de opslag van het materiaal van MDK en om hier via afgraving en terreinherprofilering natte duinvalleien te creëren.

### 3.4.9.5 Optimalisatie van het peilbuizennetwerk

Recent werden in het noorden van het gebied BDH 5 peilpunten door ANB bemeten. De metingen in het zuidelijke, door Natuurpunt beheerde deel van het gebied werden gestopt begin 2010. Voor de opvolging van de hydrologie in het gebied en met het oog op natuurontwikkeling in de Zwarte Kiezel is het vooral wenselijk om in dit zuidelijke deel van de Zandpanne en omgeving de metingen te hervatten. We stellen voor om hier een transect met 4 meetpunten uit te zetten. Twee punten hiervan bestaan al (1 en 2). Zeewaarts zouden 2 nieuwe buizen moeten geïnstalleerd worden. Ter voorbereiding van natuurontwikkeling in de Zwarte Kiezel is ook het hernemen van de metingen in peilbuizen 3 en 4 van belang. Verder stellen we voor om peilbuis 5 (Natuurpunt, Zandpanne) en 10, 11 en 15 (ANB) en eventuele bijhorende permanente proefvlakken verder op te volgen. Peilpunt BDH015 is van belang voor de opvolging van de waterhuishouding binnen het bosreservaat (figuur 3.88).

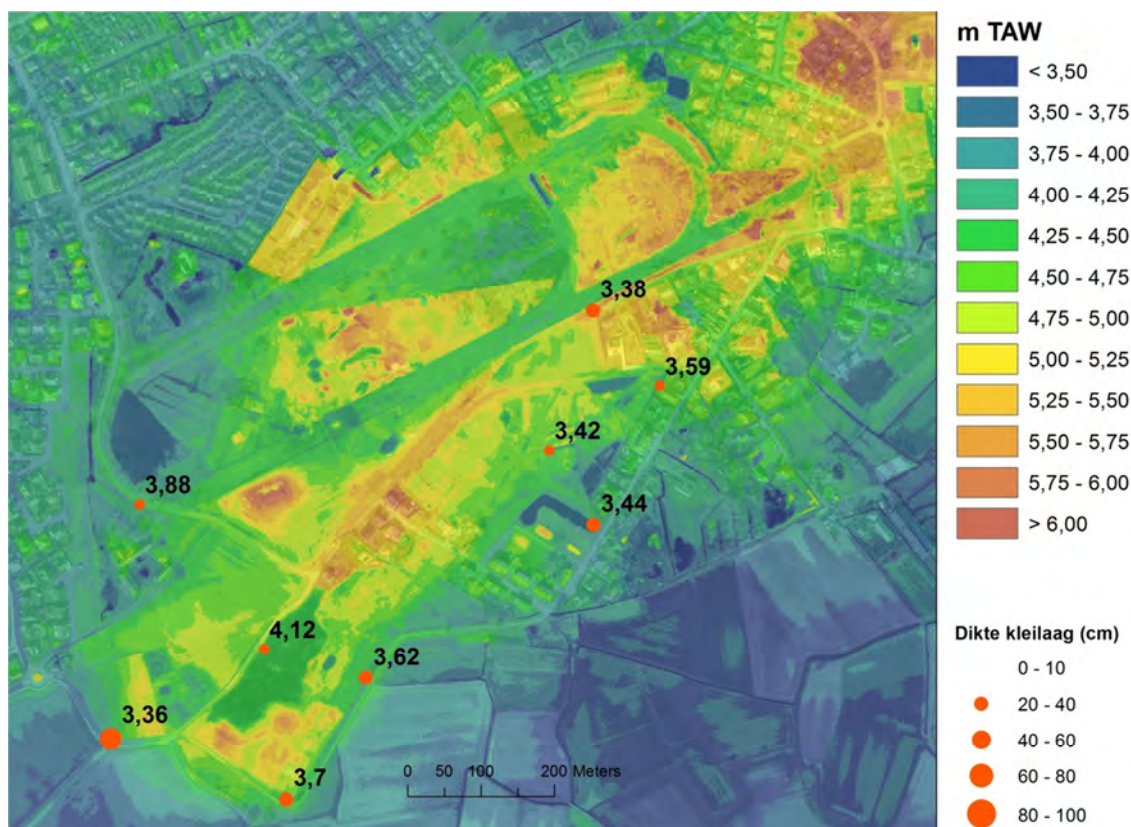


Figuur 3.88 Voorstel voor optimalisatie van het grondwatermeetnet in de duinbossen tussen De Haan en Wenduine (BDH).

### 3.4.10 D'Heye (DHE)

#### 3.4.10.1 Hydrogeologische opbouw

In het zuiden en oosten van het gebied werd tijdens het plaatsen van de peilbuizen door INBO een kleilaag aangeboord onder de duinafzettingen (figuur 3.89). Het betreft vermoedelijk afzettingen van de zogenaamde Duinkerke I overstromingsfase, grofweg in de periode 550 VC – 450 NC (Baeteman 1999). In de 17 boringen werd een maximale kleilaag van 1m aangeboord in peilpunt 3, in het uiterste zuidwesten van het gebied.



Figuur 3.89. Hoogtekaart ter hoogte van D'Heye (DHM Vlaanderen II) en hoogte van het bovenvlak (cijfers in m TAW) en dikte (symbool) van de aangeboorde kleilaag.

#### 3.4.10.2 Peilbuizennetwerk

Het peilbuizennetwerk bestaat in eerste instantie uit 33 peilpunten uit het (voormalig) waterwingebied. Het betreft de 21 pompputten (WATINA nummers 3xx) aangevuld met 12 peilpunten (WATINA nummers 6xx). De pompputten meten op een diepte van 11,7 tot 21,2 m onder maaiveld (-6,7 tot -15,3 m TAW), terwijl de peilpunten in diepte variëren tussen 8,5 en 19,3 m onder maaiveld (-3,9 tot -14,6 m TAW). Een selectie van 20 buizen wordt sedert juni 1997 maandelijks opgemeten. Voor 6 buizen bestaat een continue maandelijkse meetreeks sedert januari 1994.

In 2001 plaatste het INBO in samenwerking met ANB 17 peilbuizen in het zuidelijke, toen door ANB beheerde deel van het gebied. Drie buizen zijn ondertussen in onbruik geraakt, namelijk 5, 13 en 16. Deze laatste buis is vervangen door DHEP018. In 2018 waren twee peilpunten, 1 en 7 bovenaan beschadigd. Alle peilpunten gebruikt in deze studie worden weergegeven in figuur 3.90.







Figuur 3.90. Meetpunten in D'Heye (DHE) gebruikt in deze studie.

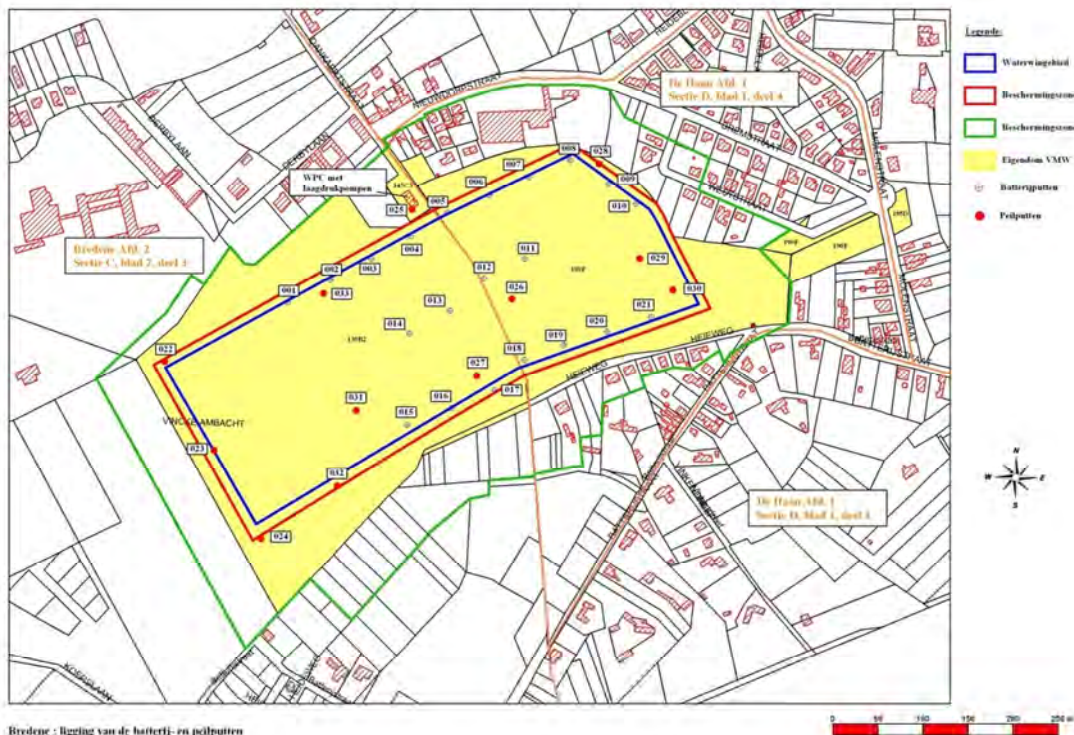
### 3.4.10.3 Waterwinning

In 1948 werd door de toenmalige Nationale Maatschappij voor Drinkwatervoorziening (later de Vlaamse Maatschappij voor Watervoorziening - VMW en tegenwoordig 'De Watergroep'), in het oostelijk deel van D'Heye begonnen met de uitbouw van een waterwinning. Hiervoor werd in 1954 een terrein van 18 ha aangekocht. In 1958 werd de pompinstallatie voor het oppompen van drinkwater operationeel. De waterwinning bestaat uit 21 putten met een diepte tussen 12 en 21 m (figuur 3.91). De waterwinning was vergund bij ministerieel besluit van 24 april 1978 voor een debiet van 1 000 m<sup>3</sup>/dag en 250.000 m<sup>3</sup>/jaar. In realiteit werd er een jaarlijks volume opgepompt tussen 50.000 en 130.000 m<sup>3</sup>. De waterwinning werd vooral in de lente en de zomer gebruikt om pieken in het drinkwaterverbruik in de regio op te vangen. In september 2006 werd de productie op deze winning stopgezet (Mededeling De Watergroep; Opstaele et al. 2018).

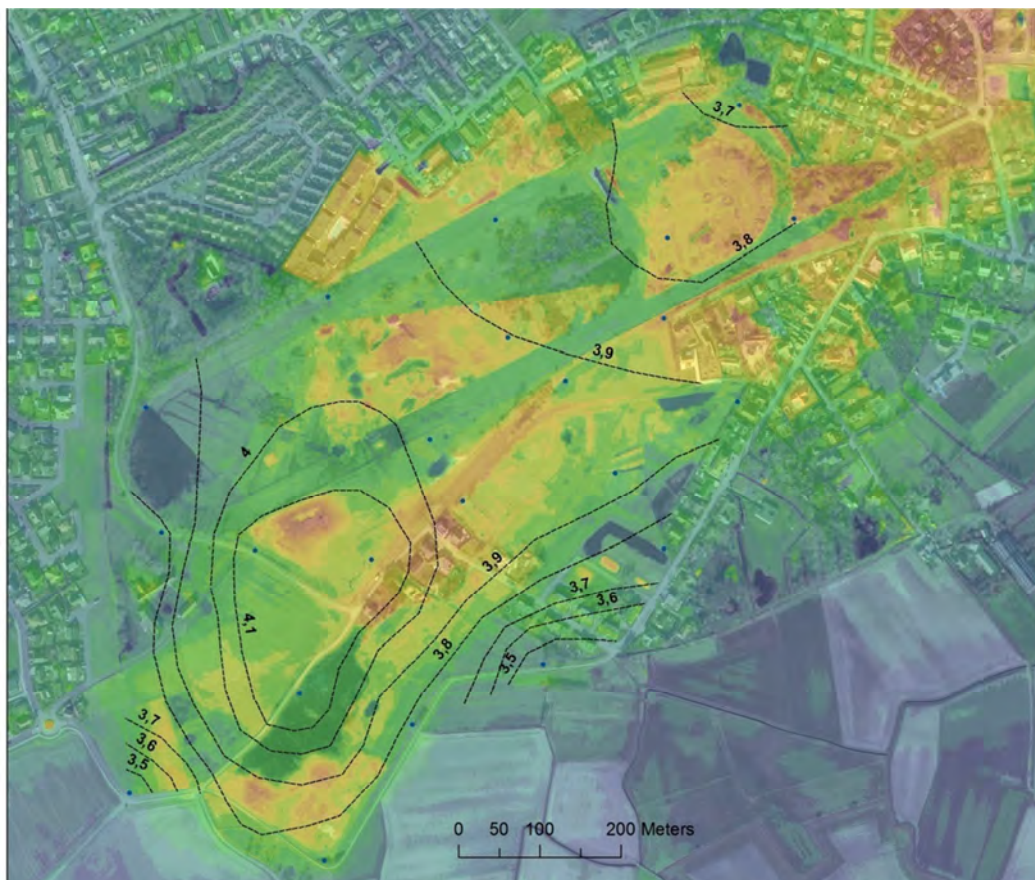
### 3.4.10.4 Grondwaterpeilen

De modellering van de meetreeksen in Menyanthes gebeurde met de evapotranspiratiegegevens van Koksijde en neerslaggegevens van Middelkerke. Dit leverde een hoger percentage verklaarde variantie op in de modellen dan de gegevens van Vlissingen.





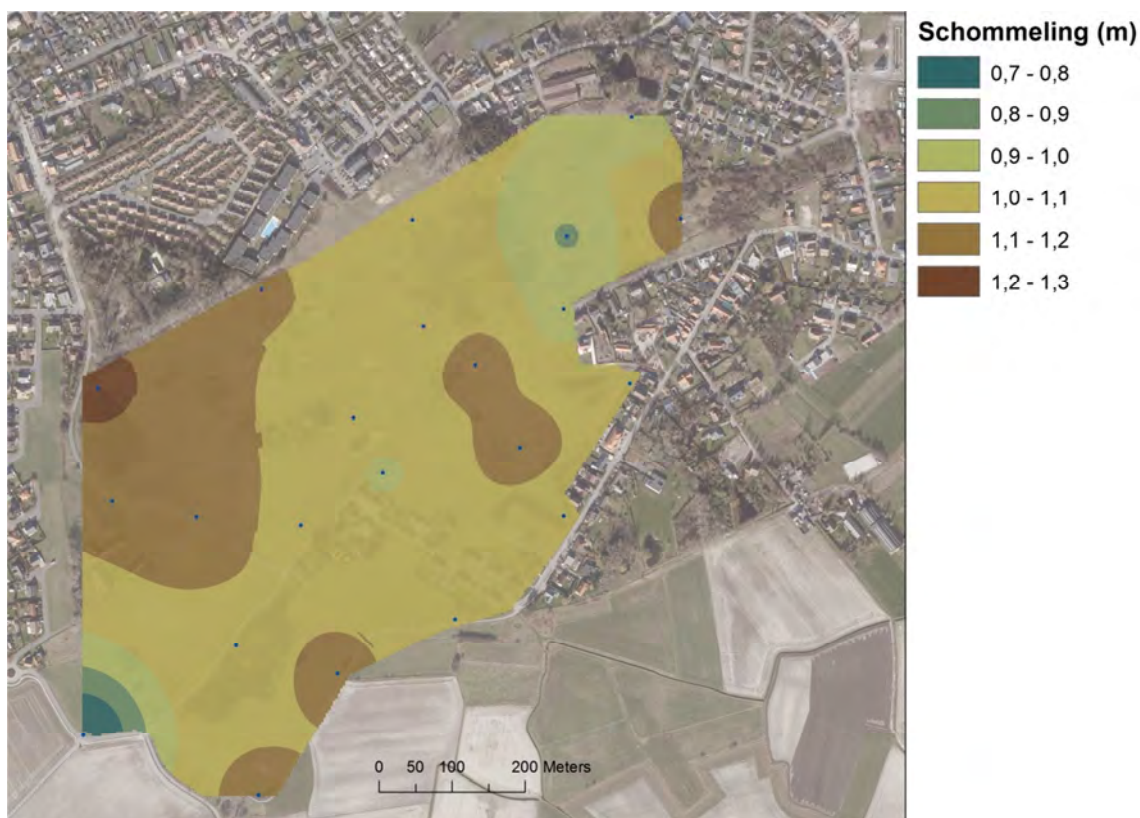
Figuur 3.91. Pompputten en peilputten in de voormalige waterwinning in D'Heye (De Watergroep).



Figuur 3.92. Lijnen van gelijke stijghoogte van de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstanden in D'Heye voor de jaren 2014-2018.

Figuur 3.92 geeft een beeld van de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand in D’Heye voor de jaren 2014-2018. De peilen volgen min of meer het reliëf van het duinmassief. De hoogste peilen, tot 4,25 m TAW, worden gemeten net ten westen van het kruispunt tussen de Koerslaan en de Batterijstraat. Van daaruit is er een relatief groot verval richting polder, behalve in noordelijke richting, ter hoogte van het duinmassief, waar de peilen niet verder wegzakken dan ca. 3,7m. Het verschil van de voorjaarsgrondwaterstand met het hoogtemodel DHM Vlaanderen II geeft een beeld van deze voorjaarsgrondwaterstand in meter onder maaiveld (figuur 3.96). We zien twee belangrijke natte gebieden die het resultaat zijn van de natuurontwikkelingswerken.

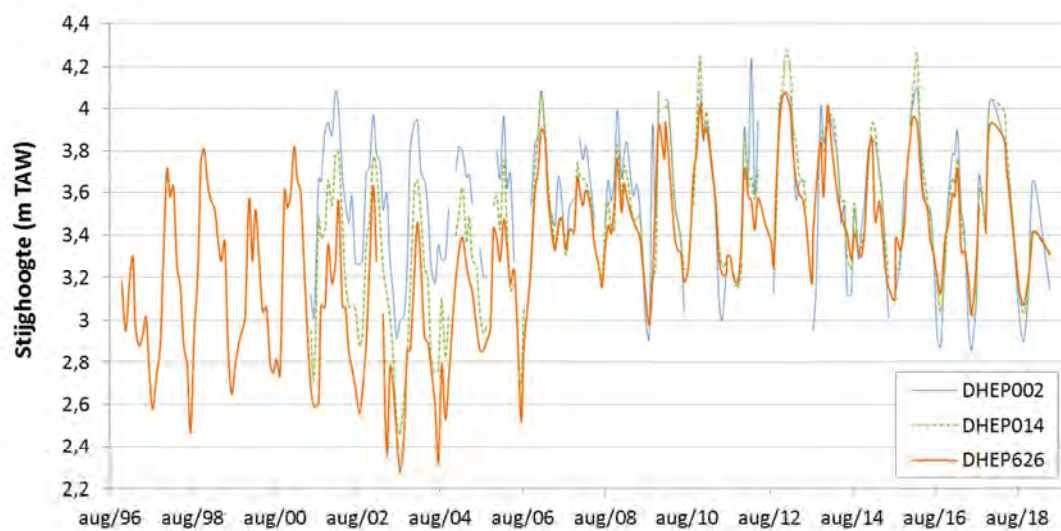
De gemiddelde jaarlijkse fluctuaties van de grondwatertafel bedragen in het grootste deel van het gebied 1 tot 1,2 m (figuur 3.93). Enkel in het zuidwesten (peilpunt DHEP003) is de schommeling relatief gering (70 cm).



Figuur 3.93. Gemiddelde amplitude van de jaarlijkse grondwaterschommelingen (2014-2018) in D’Heye.

Door de afbouw van de waterwinning in 2006 vertonen de lange meetreeksen een weinig coherent beeld (figuur 3.94). Zo vertonen de buizen in de invloedssfeer van de voormalige waterwinning een duidelijke stijging over de gehele meetperiode. Het betreft een stijging van gemiddeld 24,4 cm per decennium voor peilpunt 14 en 29,4 cm voor peilpunt 626. Figuur 3.95 geeft een beeld van de invloed van de voormalige waterwinning aan de hand van de stijging van de gemiddelde grondwatertafel in D’Heye tijdens de periode 2001-2011. Deze stijging werd afgeleid van een lineaire component die wordt toegevoegd aan de Menyanthes modellen. Peilpunt 2 daarentegen, vertoont globaal een daling met 3,4 cm per decennium. Voor het voorbije decennium vertonen alle peilpunten in het gebied een structurele daling van de stijghoogte van gemiddeld 16 cm.





Figuur 3.94 Lange meetreeksen voor de peilpunten 2, 14 en 626 (zie figuur 3.90).

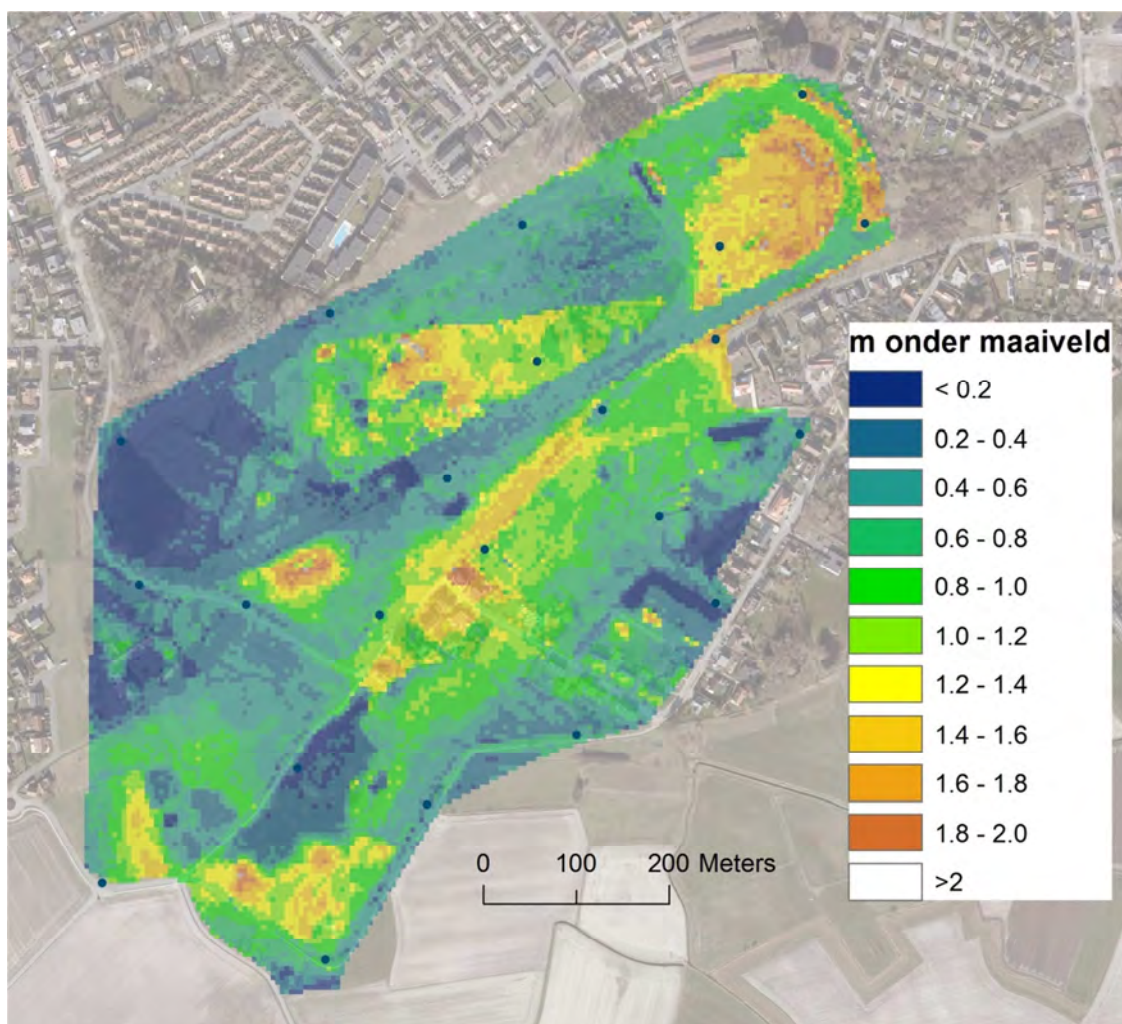


Figuur 3.95. Interpolatie van de Menyanthes-modellering van de stijging van de gemiddelde grondwatertafel in D'Heye tijdens de periode 2001-2011.

### 3.4.10.5 Ecohydrologische potenties en knelpunten

Verdere potenties voor natte natuurontwikkeling zijn er in de recent aangekochte percelen ten zuidwesten van de Jakobinessenhoeve, langsheen de oostelijke rand van het gebied, ter hoogte van de voormalige renbaan en in de grote verstruweelde depressie ten zuiden van het pompgebouw.

Door het probleem met de watercrassula in het gebied heeft het echter weinig zin om deze potenties via grootschalige vergraven verder tot ontwikkeling te laten komen. Hierdoor wordt namelijk een optimaal vestigingsmilieu voor deze soort gecreëerd. Het is eerder aangewezen om via verschrallend maaien duinvalleivegetaties te laten ontwikkelen (zie ook Provoost et al. 2018a). In het recente beheerplan (Opstaele et al. 2018) worden daarom slechts heel beperkte plagwerken gesuggereerd ter hoogte van de voormalige renbaan. Ook de relatief grote grondwaterschommelingen pleiten niet voor grootschalige ontwikkeling van duinvalleivegetaties.



Figuur 3.96. Gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (2014-2018) in D'Heye in meter onder maaiveld.

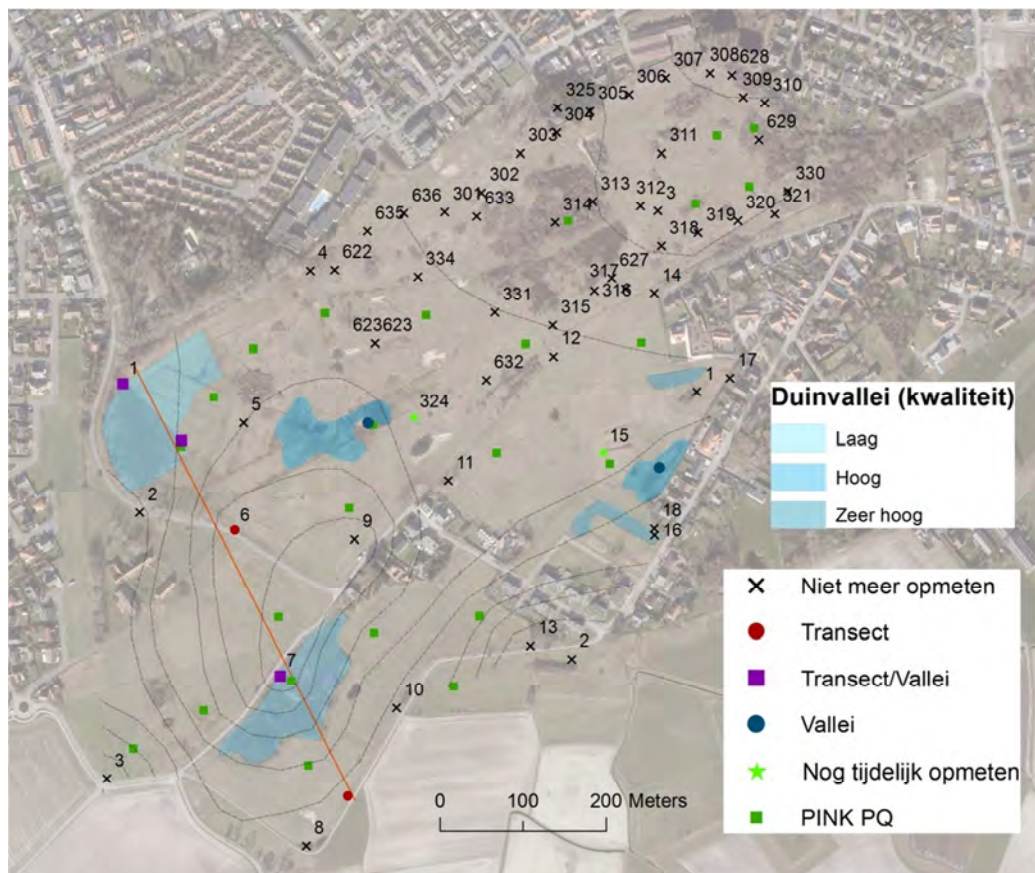
### 3.4.10.6 Optimalisatie van het peilbuisennetwerk

Tabel 3.2 geeft de (Pearson) correlaties weer tussen de gebruikte meetreeksen in D'Heye. We zien dat de meeste buizen goed gecorreleerd zijn (correlatiecoëfficiënt > 0,95), wat er op wijst dat ze tot een gelijkaardig hydrologisch systeem behoren. Dit resultaat is enigszins

onverwacht, gezien enerzijds de zuidelijke buizen stijghoogtes meten onder een soms vrij dikke kleilaag en anderzijds de buizen van De Watergroep doorgaans een veel diepere grondlaag bemeten. Enkel de buizen 12, 13 en 628 vertonen opvallend een geringere correlatie. De oorzaak hiervan is onbekend.

Tabel 3.2. Pearson correlatiematrix van de gebruikte meetreeksen in D'Heye.

DHEP002	DHEP003	DHEP004	DHEP006	DHEP007	DHEP008	DHEP009	DHEP010	DHEP011	DHEP012	DHEP013	DHEP014	DHEP015	DHEP017	DHEP018	DHEP302	DHEP624	DHEP626	DHEP628	DHEP630	DHEP631		
0,92	0,90	0,94	0,92	1,00	0,96	0,86	0,95	0,91	0,95	0,94	0,92	0,93	0,93	0,93	0,93	0,91	0,92	0,89	0,93	0,91	DHEP001	
	0,96	0,92	0,96	0,92	0,94	0,88	0,97	0,93	0,85	0,92	0,95	0,96	0,93	0,96	0,93	0,93	0,93	0,84	0,95	0,94	DHEP002	
		0,95	0,98	0,90	0,91	0,91	0,97	0,95	0,84	0,89	0,96	0,97	0,94	0,96	0,94	0,95	0,94	0,83	0,94	0,95	DHEP003	
			0,97	0,94	0,91	0,95	0,96	0,98	0,89	0,87	0,97	0,97	0,97	0,95	0,95	0,97	0,94	0,86	0,96	0,96	DHEP004	
				0,92	0,92	0,95	0,98	0,98	0,86	0,89	0,98	0,99	0,97	0,98	0,95	0,97	0,95	0,84	0,96	0,97	DHEP006	
					0,96	0,86	0,95	0,91	0,95	0,94	0,91	0,93	0,93	0,93	0,93	0,91	0,92	0,90	0,94	0,91	DHEP007	
						0,83	0,95	0,90	0,96	0,99	0,92	0,93	0,91	0,91	0,93	0,89	0,94	0,94	0,94	0,91	DHEP008	
							0,92	0,97	0,79	0,79	0,95	0,94	0,94	0,93	0,91	0,95	0,90	0,77	0,92	0,94	DHEP009	
								0,97	0,90	0,93	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,88	0,97	0,97	DHEP010	
									0,86	0,86	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,98	0,94	0,83	0,96	0,98	DHEP011	
										0,87	0,88	0,88	0,86	0,89	0,86	0,91	0,95	0,90	0,87	0,87	DHEP012	
											0,89	0,90	0,87	0,88	0,91	0,87	0,93	0,94	0,92	0,89	DHEP013	
												0,98	0,97	0,96	0,96	0,98	0,96	0,86	0,97	0,99	DHEP014	
													0,97	0,97	0,95	0,97	0,95	0,84	0,96	0,97	DHEP015	
														0,97	0,95	0,97	0,95	0,84	0,96	0,97	DHEP017	
															0,94	0,96	0,94	0,84	0,96	0,96	DHEP018	
																0,96	0,93	0,83	0,95	0,95	DHEP302	
																	0,96	0,89	0,96	0,97	DHEP624	
																		0,85	0,97	0,98	DHEP626	
																			0,98	0,97	DHEP628	
																					0,87	DHEP630



Figuur 3.97 Voorstel voor optimalisatie van het grondwatermeetnet in D'Heye (DHE).



We stellen voor om de meetinspanningen te concentreren in het zuiden van het gebied gezien zich hier de belangrijkste natte natuurwaarden bevinden (figuur 3.97). Het voorgestelde noordwest-zuidoost georiënteerde transect omvat reeds 3 meetpunten in duinvalleien. Aangevuld met twee extra meetpunten worden hiermee de belangrijkste duinvalleien in D'Heye bemeten. Dit brengt het totaal aantal nog op te meten peilbuizen op 7; 3 bestaande buizen en 4 nieuw te plaatsen. Dit is bijna een derde van het actueel opgemeten aantal (19).



Figuur 3.98 Overzicht van de peilbuizen in de bufferzone van Heist (HEI).



### 3.4.11 Heist (HEI)

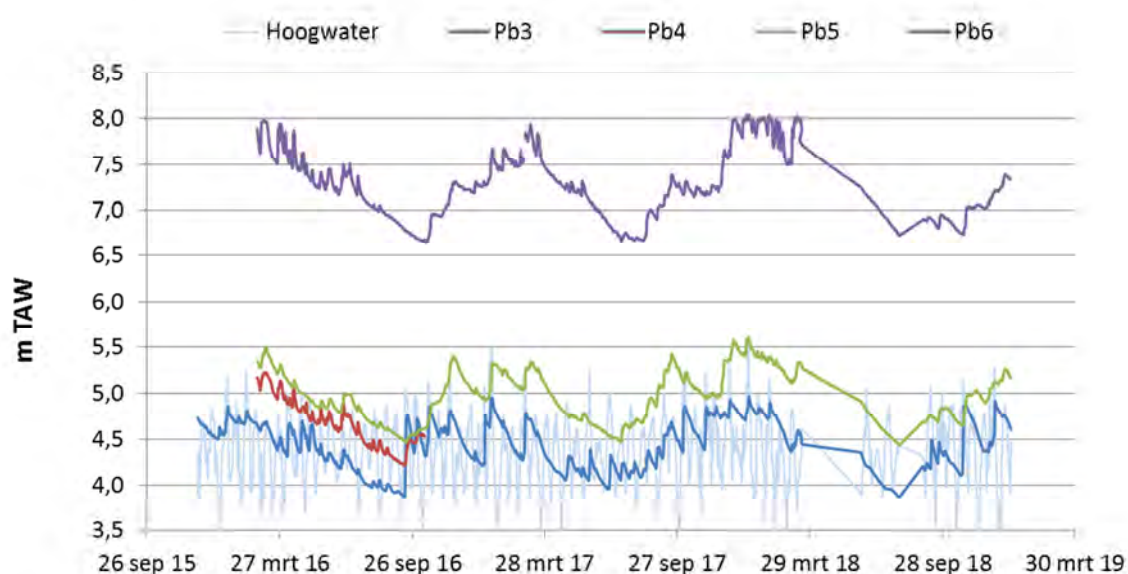
#### 3.4.11.1 Landschappelijke situering en peilbuizen

De groene bufferzone van Heist bestaat uit drie deelgebieden: van noord naar zuid de Baai van Heist, de Sashul en Vuurtorenweiden en de Kleiputten van Heist. De uitbouw van hydrologische meetpunten is beperkt (figuur 3.98). In de Baai van Heist zijn in 2015 drie ondiepe peilbuizen geplaatst in het monitoringtransect B, ongeveer loodrecht op de zeedijk. Gezien de getijdeninvloed gebeuren peilmetingen er aan de hand van divers. In de Sashul is op hetzelfde moment een peilbuis geïnstalleerd en met een datalogger uitgerust. In de Kleiputten zijn peilbuizen geïnstalleerd in opdracht van de Vlaamse Waterweg. Het betreft twee peilschalen en twee peilbuiskoppels met een diepte van respectievelijk ca. 2 en 12 m. Zij werden bemeaten van 21 januari 2008 tot en met 26 april 2011.

#### 3.4.11.2 Grondwaterpeilen en –schommelingen

Het verloop van de grondwaterstand in de Baai van Heist (peilbuizen 3, 4 en 5) en de Sashul (peilbuis 6) wordt weergegeven in figuren 3.99. De peilen in de Sashul liggen ruim 2,5 m hoger dan in de Baai wat aantoont dat hier sprake is van een totaal ander watersysteem. Het Menyanthes model voor de meetreeks uit de Sashul, met neerslaggegevens van Vlissingen en evapotranspiratiegegevens van Koksijde, heeft een hoge EVP (91%). Dit wijst er op dat de grondwaterdynamiek goed kan verklaard worden door meteorologische variabelen en dus niet door het zeepeil wordt beïnvloed. De jaarlijkse fluctuaties zijn ook vrij groot. Ze bedragen gemiddeld 1,3 m voor de groeijaren 2016-2018.

Ook in de Baai is de impact van het zeepeil relatief beperkt. Peilpunt HEIP005, tegen de zeedijk gelegen heeft een EVP van 90% en kan dus ook zeer goed op basis van louter meteorologische variabelen worden verklaard. Voor de meetreeks in HEIP003 daarentegen bedraagt de EVP slechts 69%, wat er op wijst dat andere dan meteorologische factoren een belangrijke invloed hebben op het waterpeil. Hier is dat uiteraard de schommelingen van het zeeniveau (figuur 3.100). Voor meetpunt HEIP004 is de reeks helaas te kort voor modellering.

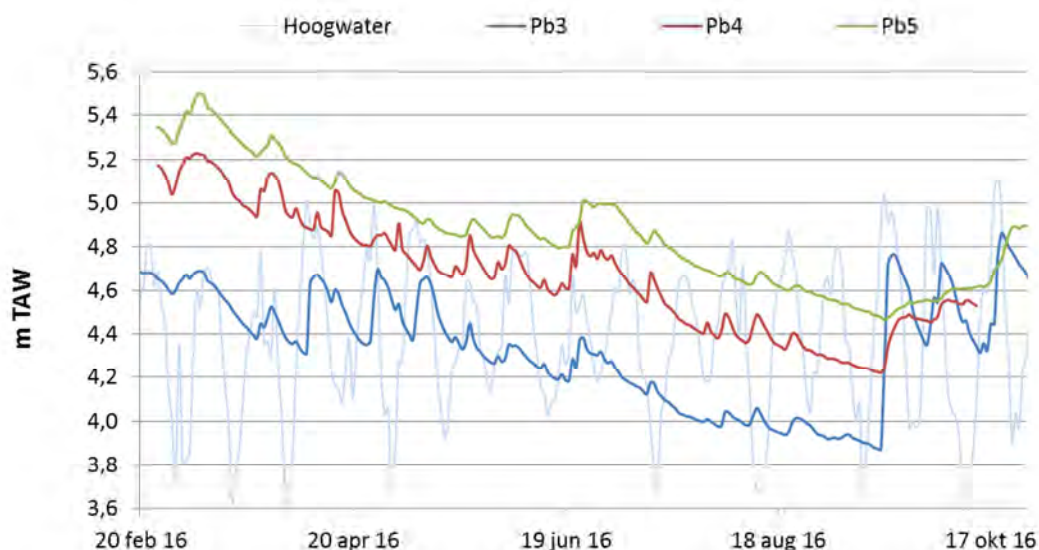


Figuur 3.99. Verloop van de grondwaterpeilen in de Baai van Heist en de Sashul.



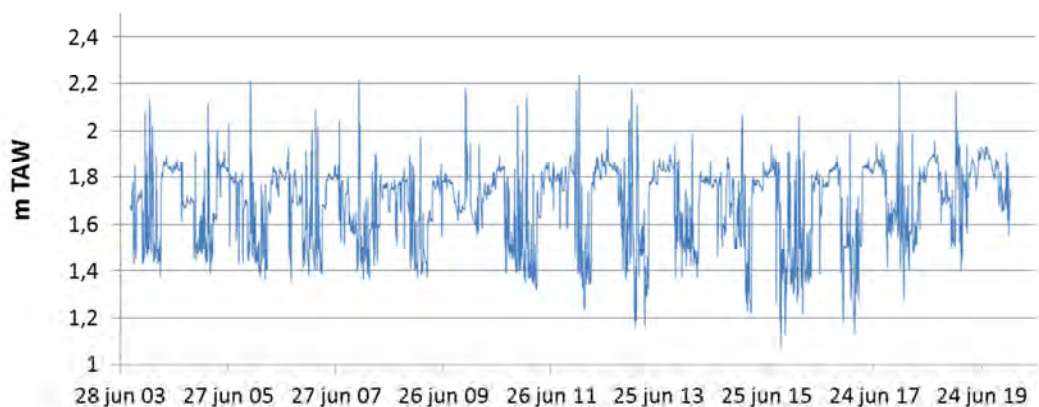


Figuur 3.100 illustreert hoe de grondwaterstand landinwaarts geleidelijk aan oploopt. Ook is te zien hoe parallel hiermee de pieken veroorzaakt door de extreme hoogwaterpeilen afnemen. Terwijl zij in buis 3 nog schommelingen van meerdere dm veroorzaken, zijn zij in buis 5 nog amper merkbaar. Opvallend in figuur 3.99 zijn de relatief grote jaarlijkse fluctuaties van het grondwater in de Baai. In peilpunt 3 bedragen die schommelingen 1 tot 1,1 m in de periode 2016-2018. In peilpunt 5 is dat nog iets hoger (1 tot 1,17 m). In vergelijking met de peilpunten IJZP118 en 19 in de pannen van de Cosmos, op gelijkaardige afstand van de hoogwaterlijn gelegen als HEIP05, bedragen die schommelingen slechts 60 à 65 cm. Het is niet duidelijk wat die grote verschillen verklaart maar wellicht leiden de grote natte zones in de Baai tot een veel hogere verdamping.



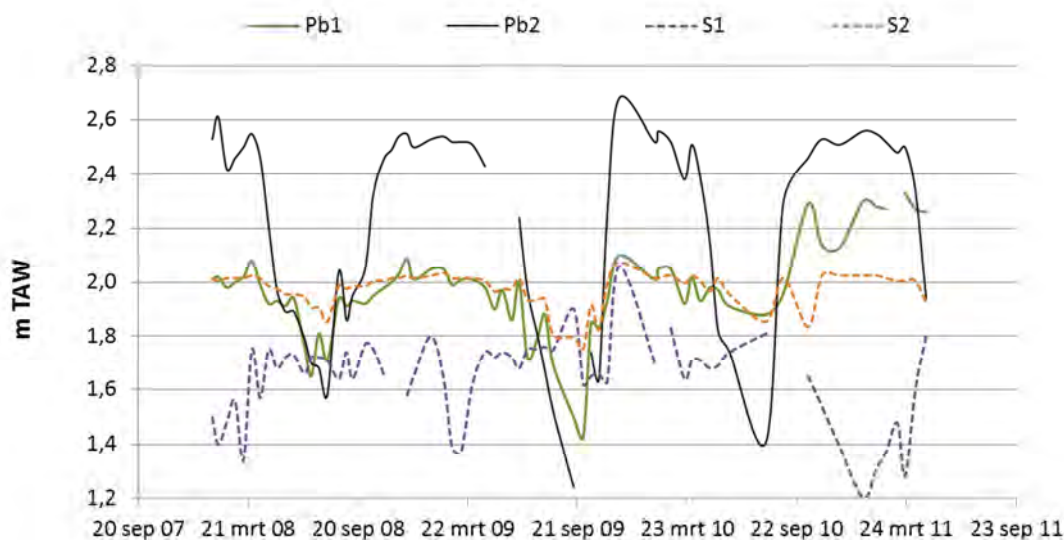
Figuur 3.100. Detail van het verloop van de grondwaterpeilen in de Baai van Heist in relatie tot de hoogwaterstand.

In de kleiputten worden de peilen sterk bepaald door het oppervlaktewater en meer bepaald het peil op de Isabellavaart (figuur 3.101 en S1 in figuur 3.102). Dit wordt gemeten door de VMM aan de brug op de Heistlaan (N300) over deze vaart (Station L02\_455, Waterinfo.be). Het peil van deze waterloop bedraagt gemiddeld 1,69 m TAW sedert het begin van de metingen in september 2003. Het peil heeft een kunstmatig verloop met een stuwings op ca. 1,8 m vanaf april/mei tot september/oktober indien haalbaar. Het winterpeil ligt 20 tot 30 cm lager.

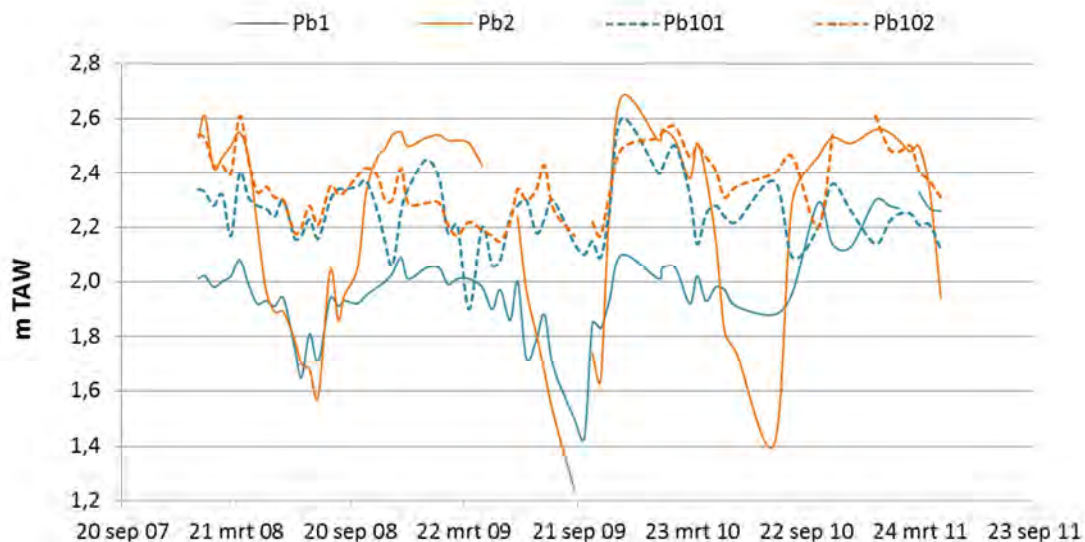


Figuur 3.101. Peil van de Isabellavaart gemeten in het VMM station aan de Heistlaan (Waterinfo.be).

De peilen in de kleiputten zelf liggen een stuk hoger dan de Isabellavaart. In peilbuis 1 en peilschaal 2 werden peilen rond 2m TAW gemeten in de periode maart 2008-maart 2011 met een daling van enkele dm in de nazomer. Vanuit het Leopoldkanaal, ten westen van het gebied, is er wellicht een oppervlakkige drainage. Dit kanaal had in 2019 een gemiddeld peil van 1,54 m TAW. Het peil van dit kanaal vertoont grote dagelijkse fluctuaties van ruim een meter ten behoeve van de gravitaire lozing van polderwater (Waterinfo.be). Peilpunt 2, gelegen in het oosten van de kleiputten op 120 m van de Isabellavaart heeft een gemiddeld peil van 2,22 m TAW, ongeveer een halve meter hoger dan de vaart. Het peil wordt in de winter afgetopt op ca. 2,6 m TAW door oppervlakkige afstroming van het water. Tijdens de nazomer kan het peil meer dan een meter dalen (figuur 3.102).



Figuur 3.102. Verloop van de grondwaterpeilen in de Kleiputten van Heist.



Figuur 3.103. Verloop van de grondwaterpeilen in de peilbuiskoppels binnen de Kleiputten van Heist.

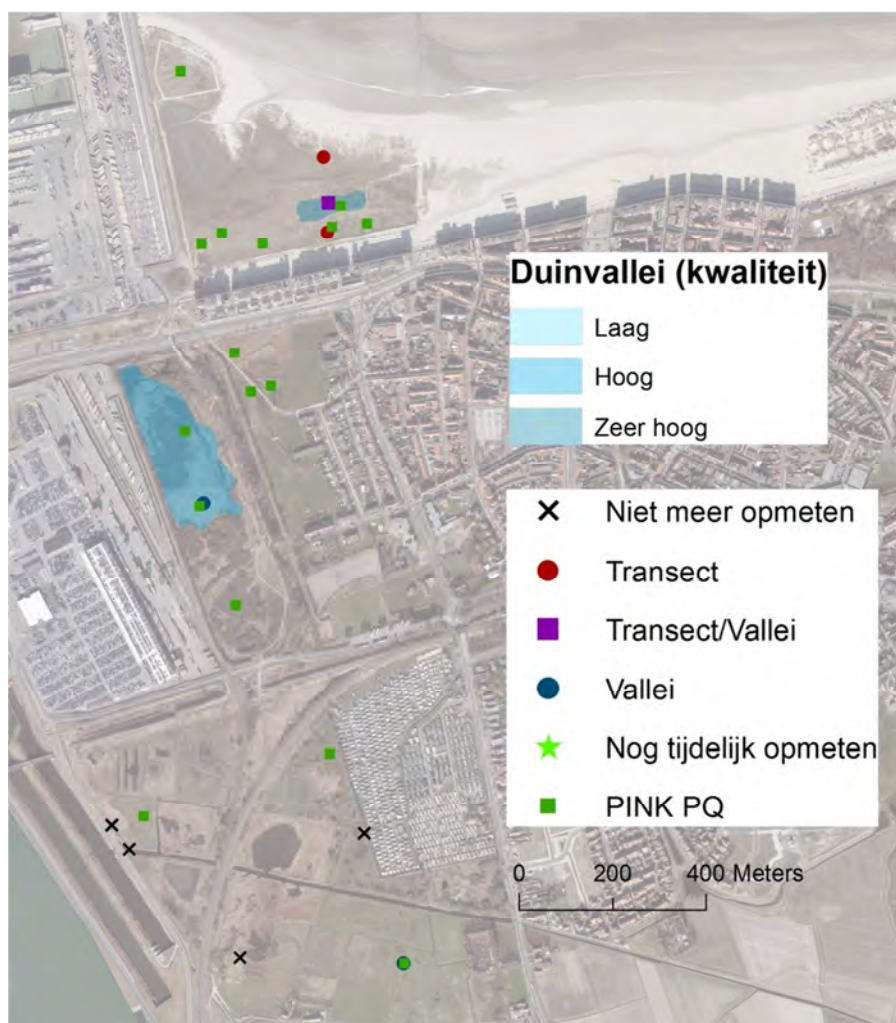
De peilbuiskoppels in de Kleiputten geven aan dat er lokaal en tijdelijk kwel optreedt in het gebied. De kweldruk is het meest uitgesproken en zo goed als constant aanwezig in het koppel 1/101 in het westen van de Kleiputten. Het peil in de diepe buis staat hier gemiddeld 28 cm hoger dan in de ondiepe. In het koppel 2/102 treedt enkel kwel op in het zomerseizoen. Het

optreden van kwel is te begrijpen omdat het gebied een depressie vormt tussen de opgehoogde terreinen van de haven en de Sashul en de hogergelegen bebouwde kom van Heist.

### 3.4.11.3 Ecohydrologische potenties en knelpunten

In de Baai van Heist zijn de potenties voor natte natuurontwikkeling heel specifiek door het contact tussen zoete en zout in de centrale primaire duinvallei. Soorten die een optimale standplaats vinden zijn onder meer selderij, zilte zegge, kwelderzegge, fraai duizendguldenkruid en zeerus. Voor de finesses van duinvalleien zoals groenknolorchis zijn de schommelingen van de grondwaterstand wellicht te hoog. Verder maaien van deze depressie is echter aangewezen gezien er nog botanische potenties zijn.

In de Sashul heeft zich ondanks de vrij grote grondwaterschommelingen een soortenrijke vegetatie ontwikkeld die goed aansluit bij die van natuurlijke duinvalleien. We vinden hier aanzienlijke populaties van soorten zoals dwergzegge, strand- en fraai duizendguldenkruid, rietorchis, bosorchis, moeraswespenorchis, geelhartje, ... Het huidige beheer lijkt daarmee ook duidelijk vruchten af te werpen.



Figuur 3.104. Voorstel voor optimalisatie van het grondwatermeetnet in Heist (HEI).

In de Kleiputten overheersen relatief soortenarme voedselrijke graslanden. Aandachtssoorten zijn hier vooral in de zilte sfeer te zoeken (zeeaster, zilte schijnspurrie, zeekraal spec. en het zeldzame blauw kweldergras). Aan de rand van het gebied is echter ook al rietorchis opgedoken. Verderzetting van het huidige begrazingsbeheer is hier optimaal voor het behoud en de verdere ontwikkeling van de (zilte) graslanden.

#### **3.4.11.4 Optimalisatie van het peilbuizennetwerk**

We stellen voor om de peilbuizen in de Baai van Heist en de Sashul verder op te meten (figuur 3.104). Het is wenselijk om het transectje in de Baai in de toekomst te vergelijken met de peilen in het Zwin en een duidelijke verklaring te vinden voor de relatief grote peilschommelingen in het gebied. In de kleiputten liggen de metingen al geruime tijd stil. Het meten van de peilschalen heeft weinig zin gezien het oppervlaktewater in de Isabellevaart wordt bemeten door de VMM. Wel is het wenselijk de metingen in de Kleiputten te hervatten in minstens 1 nieuwe buis. We stellen voor om die te installeren bij PQ kh\_03 zodat een relatie tussen vegetatie en (grond)waterhuishouding kan worden gelegd.

#### **3.4.12 De Zwinduinen (ZWI)**

##### **3.4.12.1 Hydrogeologische opbouw**

De quartaire watervoerende lagen in de Zwinduinen bestaan vooral uit fijn tot zeer fijn zand met horizonten van met schelpmateriaal en aanrijkingen met organisch materiaal en klei. De ondergrond bestaat uit een verzameling van mariene afzettingen op strand, slikken, schorren en in geulen en van eolische afzettingen (Vandebohede & Lebbe in Zwaenepoel et al. 2007). In strandvlaktesystemen is het niet evident om in boringen een onderscheid te maken tussen mariene en eolische afzettingen. Zoals actueel in de baai van Heist is vast te stellen, kunnen mariene overstromingen en eolische activiteit plaatsvinden op dezelfde locatie maar uiteraard gescheiden in de tijd. Eco(hydro)logisch is vooral het onderscheid tussen kleiige en zandige sedimenten van belang. In figuur 3.105 wordt een inschatting gemaakt van de grens tussen zandige strand- en duinafzettingen enerzijds en afzettingen op slikken en schorren anderzijds. Hiervoor wordt ook gebruik gemaakt van de boringen uitgevoerd in de Korteduinen in het kader van de gebiedsvisie voor de binnenduinen van Knokke (Zwaenepoel et al. 2017).

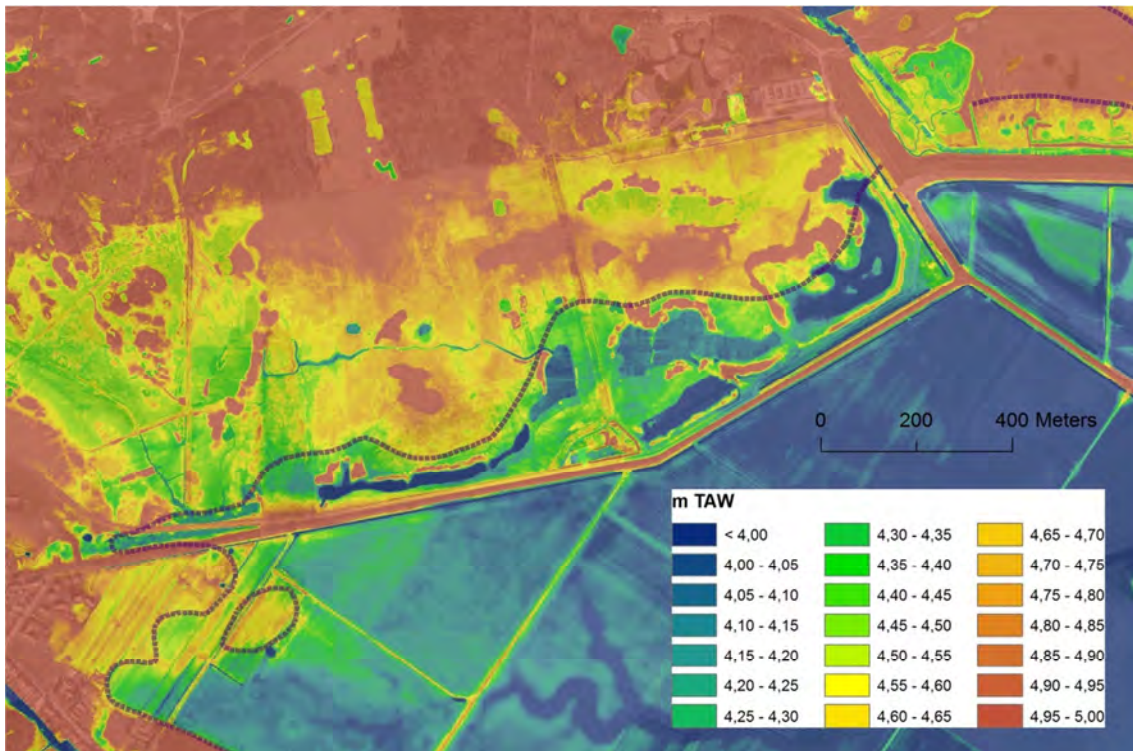
##### **3.4.12.2 Peilbuizennetwerk**

Een eerste peilbuizennetwerk in de Zwinduinen werd in 2001 geïnstalleerd door Henk Coudenys. Het betreft 18 ondiepe (ZWIP001 – ZWIP018) en 8 diepe buizen. In het kader van de gebiedsvisie (Zwaenepoel et al. 2007) werden door Universiteit Gent zes aanvullende boringen verricht die werden afgewerkt tot grondwatermeetpunt. Die omvatten ook twee diepe spoelboringen die werden gebruikt voor EM39 saliniteitsmetingen (ZWIP363 en 364). Een andere diepe buis (ZWIP635) werd geplaatst door Geotechniek in 2004.

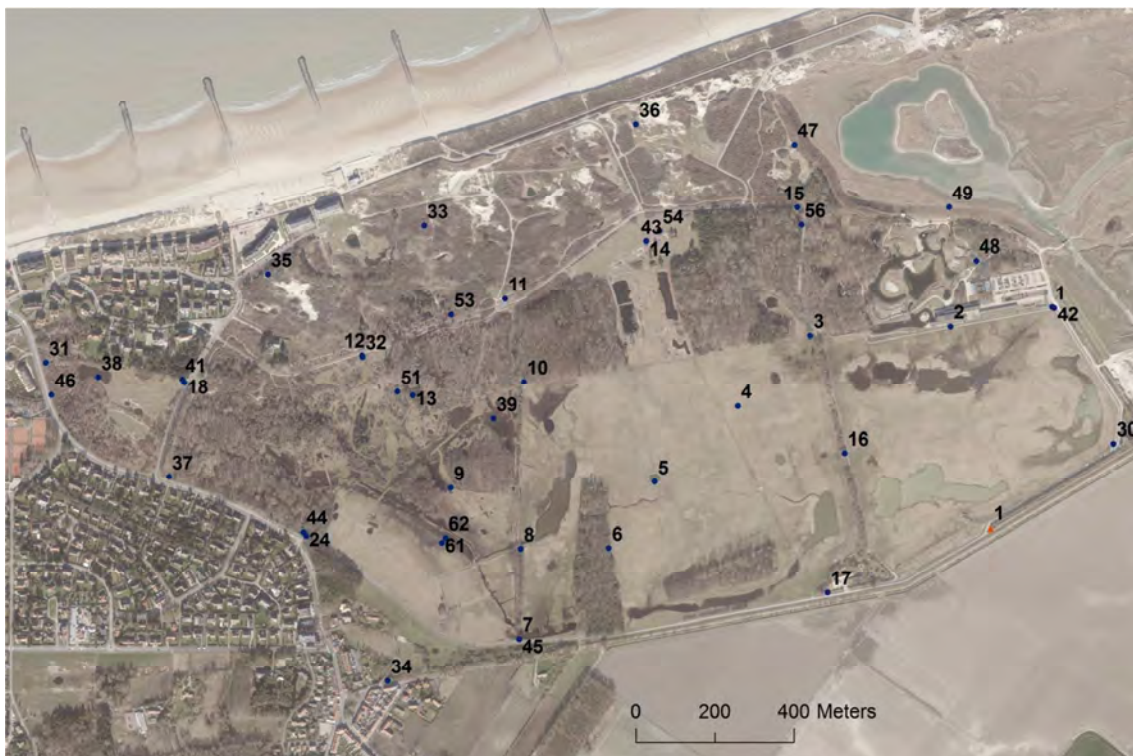
Verschillende buizen van het eerste netwerk uit 2001 werden niet diep genoeg gestoken waardoor zij soms droogvallen. Daarom werden op verschillende plaatsen nieuwe buizen geplaatst in de onmiddellijke omgeving (bijvoorbeeld 1 en 42; 7 en 45, ...). Na grondige controle werden de meetreeksen van die buizen samengevoegd tot één meetpunt voor modellering via Menyanthes.

In totaal 33 ondiepe buizen weerhouden voor verdere analyse (Figuur 3.106). Met uitzondering van ZWIS001 werden geen gegevens van peilschalen gebruikt voor de interpolaties gezien de peilen van het oppervlaktewater bij stromend water niet steeds correspondeert met het grondwater.





Figuur 3.105. Inschatting van de grens tussen de recente mariene (blauw-groen) en eolische (geel-bruin) afzettingen in de (omgeving van de) Kleyn Vlake.



Figuur 3.106. Overzicht van de meetpunten in de zwinduinen (ZWI) gebruikt in deze studie.

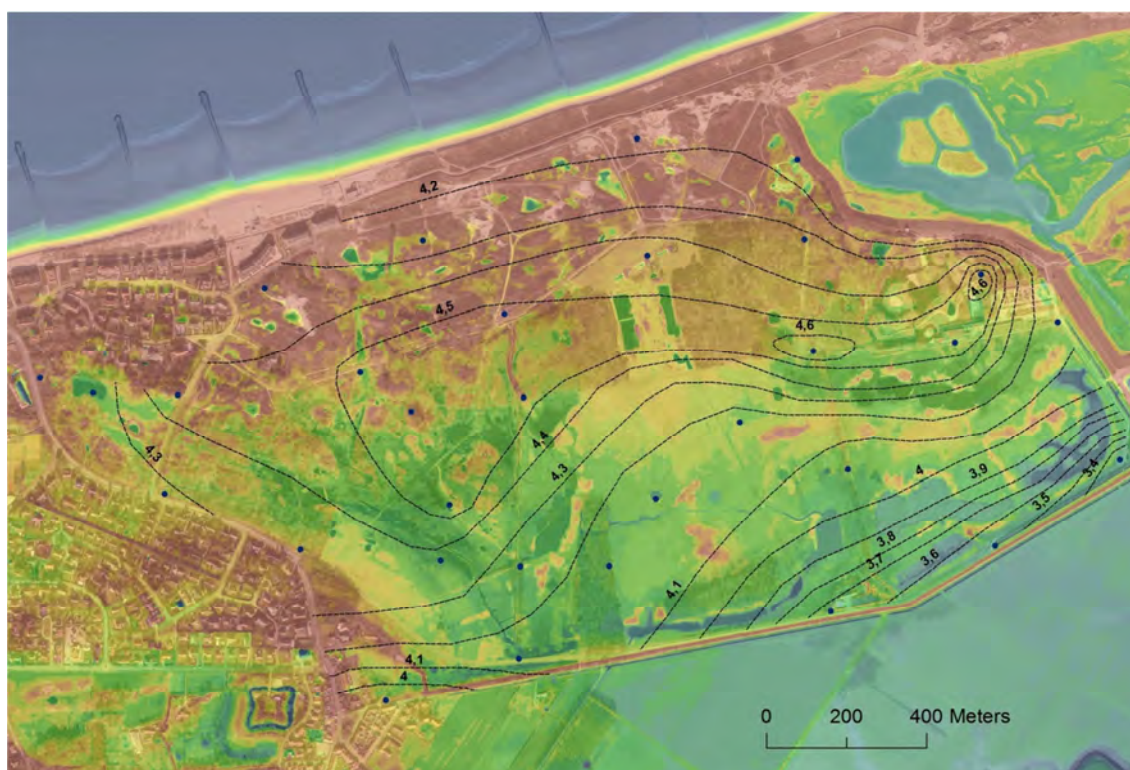


Het netwerk in de Hazegrasduinen omvat 24 buizen en peilschalen waarvan er nog 6 actief worden bemeten. De verwerking van de meetreeksen gebeurt door de VLM in het kader van het natuurontwikkelingsproject dat voor het gebied wordt voorbereid.

### 3.4.12.3 Grondwaterpeilen

Voor de modellering in Menyanthes werd gebruik gemaakt van meteogegevens van Vlissingen. Dit leverde een tot ca. 10% betere fit (EVP) op van de modellen in vergelijking met de neerslaggegevens van Middelkerke in combinatie met evapotranspiratiegegevens van Koksijde. Toch is de verklaarde variantie in de modellen (gemiddeld 78,4%) niet zo hoog als voor de Westhoek (gemiddeld 86,6%), vermoedelijk door de grotere afstand tot het neerslagmeetpunt. Bij de modellering werd voor bijna alle buizen een lineaire component toegevoegd.

Voor de interpolaties van gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand en de jaarlijkse schommelingen werd ter hoogte van het hoogstrand en de schor-duinovergang in het Zwin werd een vast peil gehanteerd gezien de fluctuaties hier door de springtijcycli en niet door de seizoensale variatie in verdamping worden veroorzaakt. Op basis van de getijdengegevens voor Zeebrugge, werd dit peil vastgelegd op 4,1 m TAW. Dit is 32 cm lager dan het hoogstrandpeil in de Westhoek (zie hoger), conform de verschillen tussen de getijdenstations Nieuwpoort en Zeebrugge (Vlaamse Hydrografie s.d.). Tussen de gemiddelde hoogwaters van deze stations zit een verschil van 21 cm over een afstand van 40 km. De afstand tussen Westhoek en Zwinduinen bedraagt 60 km, wat het tijverschil op 32 cm brengt. De grootte van de fluctuaties werd zoals in de andere gebieden op 40 cm vastgelegd.



Figuur 3.107. Lijnen van gelijke stijghoogte voor de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstanden in De Zwinduinen (2014-2018).



Figuur 3.107 geeft een beeld van de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand in De Zwinduinen voor de jaren 2014-2018. Centraal in het gebied bevindt zich een waterscheidingskam. De hoogste voorjaarspeilen, rondom deze kam gelegen, komen net iets boven de 4,6 m TAW uit (peilbuizen 3 en 48). De gemiddelde maxima tijdens de periode 2014-2018 liggen nog 10 tot 20 cm hoger dan de voorjaarspeilen (respectievelijk 4,85 en 4,68 voor buizen 3 en 48). Maxima voor de hele meetreeks (2002-2018) steken hier nog een stuk bovenuit en bedragen respectievelijk 4,95 en 4,85 voor buizen 3 en 48.

Vandebohede & Lebbe (in Zwaenepoel et al. 2007) wezen er al op dat die centrale waterscheiding enkel optreedt tijdens hoge grondwaterstanden in winter en voorjaar. In de zomer en tijdens het najaar bevindt de waterscheiding zich dicht tegen de hoogwaterlijn (zie figuur 3.108 voor de gemiddelde minimale waterstanden).

In het grootste gedeelte van de Zwinduinen stroomt het grondwater min of meer loodrecht op de kustlijn af richting zee en aan het Zwin buigen de lijnen van gelijke stijghoogte landinwaarts. Ook de afvloeï naar de polder gebeurt min of meer loodrecht op de kustlijn. Door de richting van de polderdrainage zakt het grondwaterniveau richting zuidoostelijke hoek van de Kleyne Vlakte. De gradiënt tussen westelijke (Far West) en oostelijke rand (Zwarte Huis) van deze zone bedraagt in het voorjaar ongeveer één meter (3,4 – 4,4 m TAW). In de zomer vakt die gradiënt af tot een halve meter.

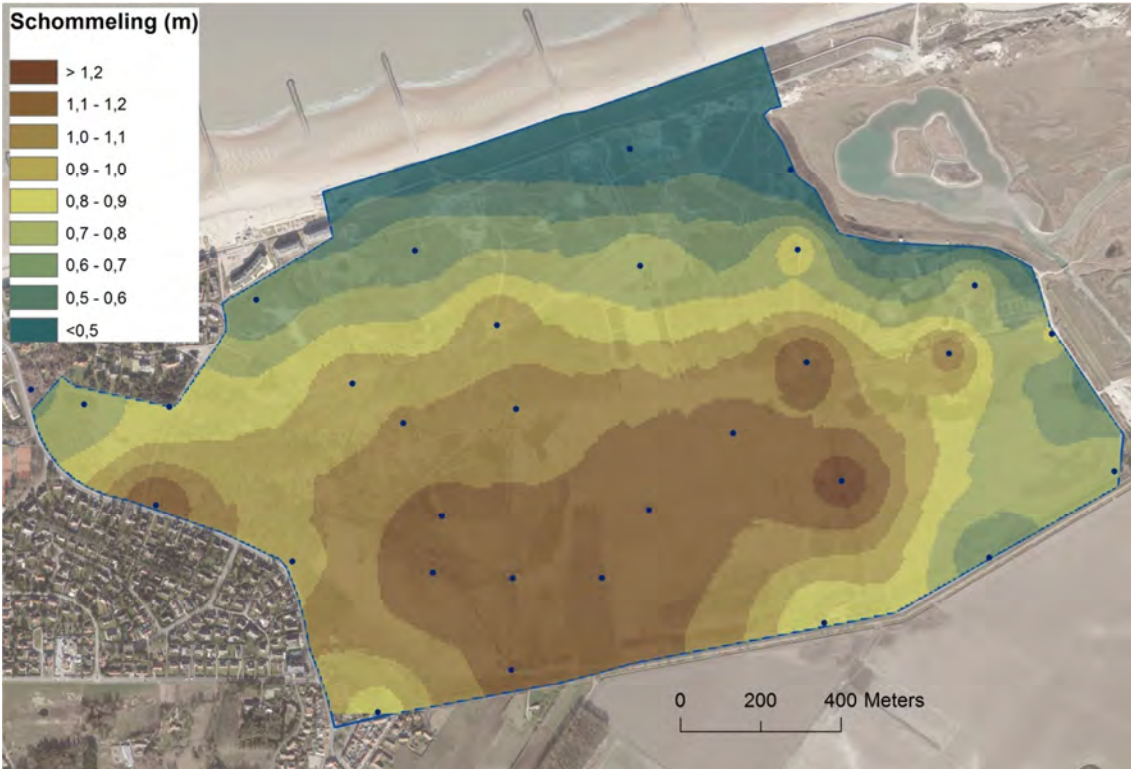


Figuur 3.108. Lijnen van gelijke stijghoogte van de gemiddelde minimale grondwaterstanden in De Zwinduinen voor de jaren 2014-2018.

De grondwaterfluctuaties vertonen een uitgesproken patroon (figuur 3.110). De hoogste schommelingen doen zich voor in het centrale deel van de Kleyne Vlakte. De hoogste waarde wordt gemeten in peilbuis 16 met een gemiddelde van 1,26 m in de periode 2014-2018 en een maximum over de hele meetreeks van 1,53 m in de groei-jaren 2003 en 2004. De fluctuaties



dalen strek richting zee en Zwin en ook richting zuidwestelijke hoek van de Kleyne Vlakte. Hier zorgt de winterse drainage voor een afvlakking van de peilschommelingen.

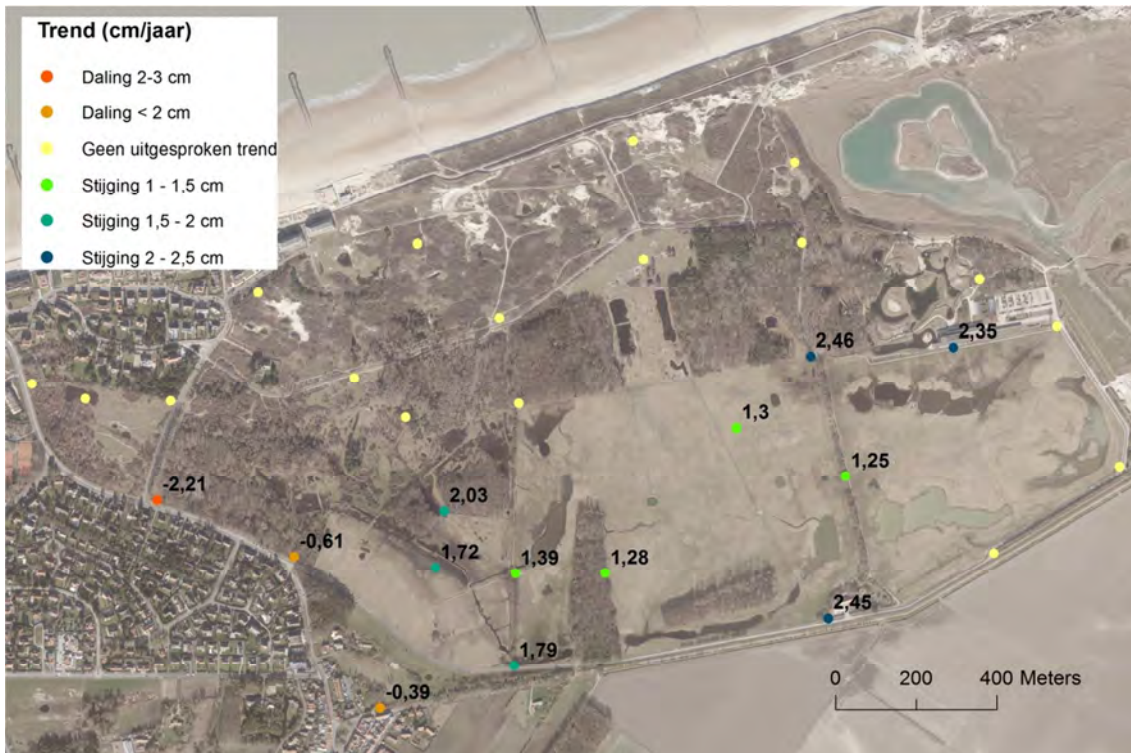


*Figuur 3.110. Gemiddelde jaarlijkse grondwaterschommeling in De Zwinduinen voor de jaren 2014-2018.*

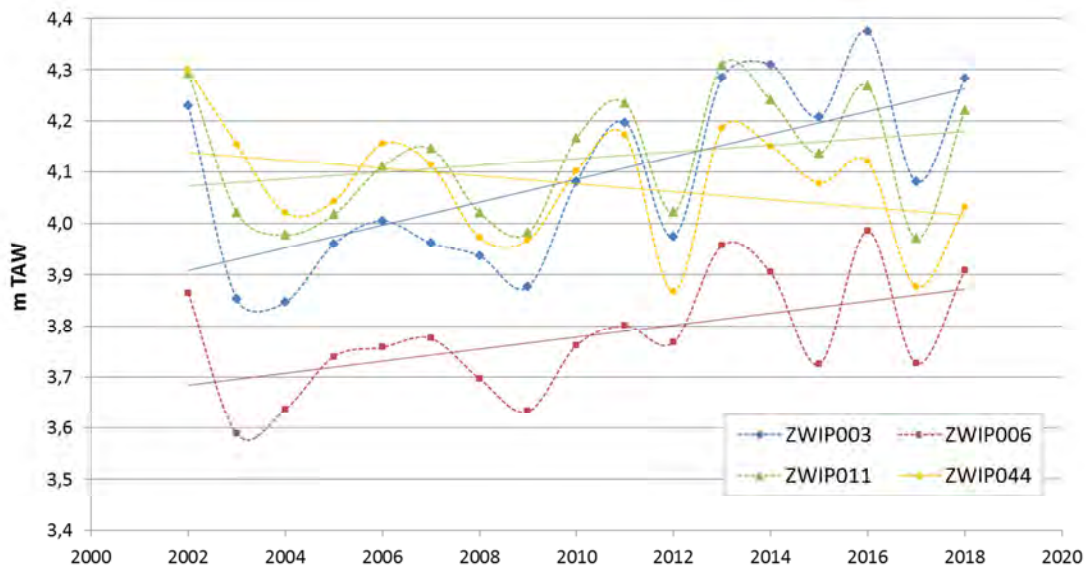
De langste reeksen peilmetingen in de Zwinduinen lopen over een periode van 18 jaar. Trends werden afgeleid uit de lineaire component in de Menyanthes modellen. De resultaten hiervan worden weergegeven in figuur 3.111. Op deze kaart zijn drie duidelijke patronen zichtbaar, weergegeven in figuur 3.112. Aan de zuidwestelijke rand van het gebied zien we een jaarlijkse daling met 4 mm in peilbuis ZWIP034, 6 mm in ZWIP044 en 2,2 cm per jaar in ZWIP037. Deze daling is hoogstwaarschijnlijk gerelateerd aan de nagenoeg constant aanwezige bemalingen ten behoeve van bouwwerken in het Zoute. In het centrale en westelijke deel van de Kleyne Vlakte vertonen de peilbuizen een duidelijk positieve trend. Die is hoogstwaarschijnlijk gerelateerd aan de stuwing van de drainerende waterloop doorheen dit gebied. Deze stijging is maximaal in ZWIP017, die over de periode van 18 jaar een stijging met 44 cm vertoont. Op figuur 3.112 is een gelijkaardige trend in ZWIP006 te zien. Aan de zuidoostelijke rand trad deze trend niet op gezien de dominante invloed van de drainage in de aangrenzende polder. Een derde trend is de sterke stijging in peilbuizen ZWIP002 en 3, ten zuiden van het Zwinpark. De oorzaak hiervan is niet duidelijk maar heeft mogelijk te maken met de herinrichting van het Zwinpark. In de overige peilbuizen wordt een zwak positieve trend vastgesteld van 2 tot 10 mm per jaar (zie ZWIP011 in figuur 3.112). Toevoegen van een lineaire component voegt hier zeer weinig toe aan het verklarend vermogen van de Menyanthes modellen. Wellicht is deze trend gerelateerd aan een licht positieve trend in het neerslagoverschot in diezelfde periode. Die kunnen we vaststellen voor de neerslagreeks voor Middelkerke in combinatie met de evapotranspiratiereeks van Koksijde/Beitem. De gegevens voor Vlissingen laten echter geen trend zien in het neerslagoverschot. Samen met de relatief geringe verklaarde variantie in de modellen wijst dit er mogelijk op dat de meteogegevens van Vlissingen niet optimaal zijn voor de Zwinduinen.







Figuur 3.111 Lineaire trends in stijghoogte in de verschillende meetpunten.

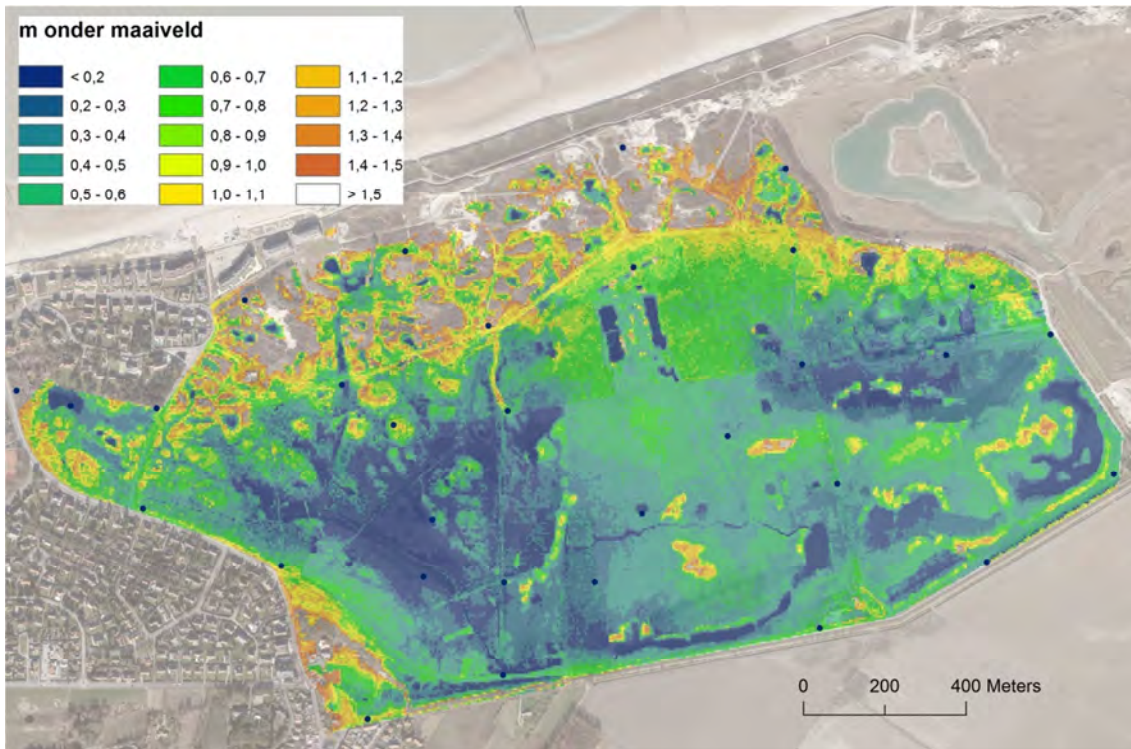


Figuur 3.112 Trend in jaarlijkse gemiddelde stijghoogte in vier representatieve meetpunten.

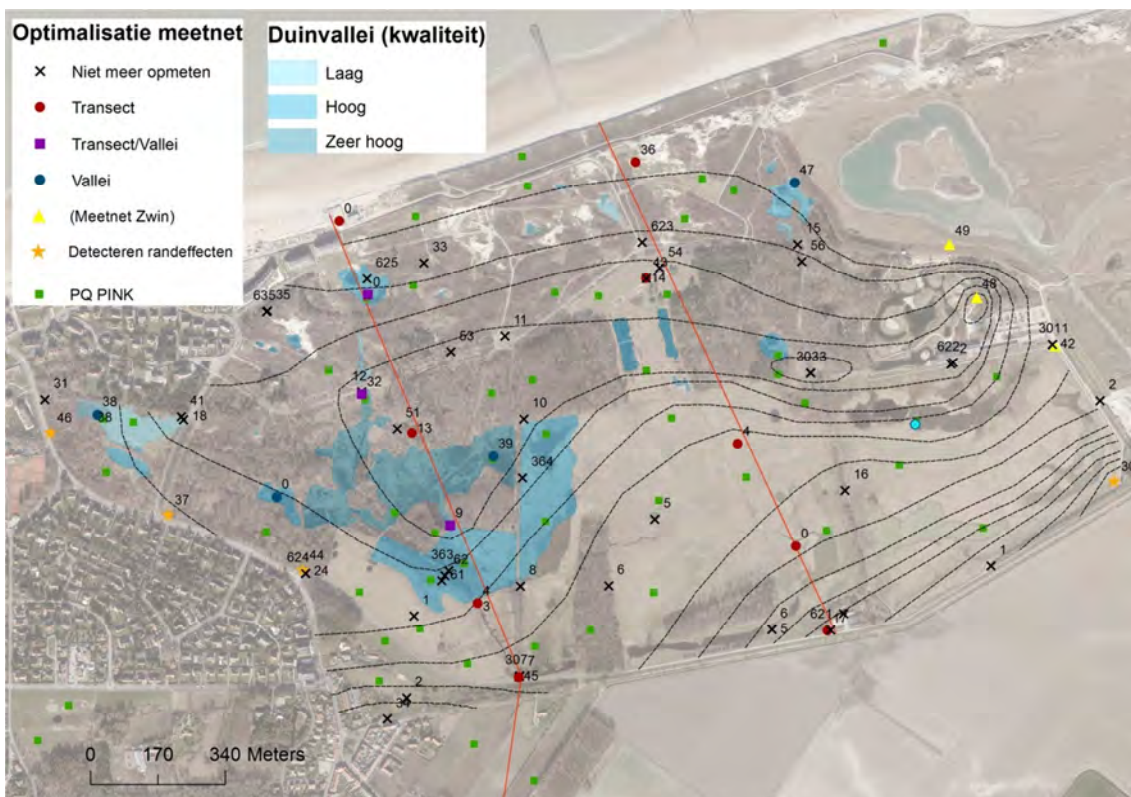
### 3.4.12.4 Ecohydrologische potenties en knelpunten

Figuur 3.113 geeft een beeld van de voorjaarsgrondwaterstand uitgedrukt in meter onder maaiveld. Uit een vergelijking met figuur 3.114 zien we dat in de natte zones al belangrijke oppervlakten als duinvallei met kruidachtige vegetatie werden ingericht. Het is in eerste instantie van belang deze zones verder optimaal te beheren om de kwaliteit ervan te behouden en waar mogelijk te verhogen. Dit kan zeker gebeuren door het maaien van een aantal zones. Prioritair in die optiek is de depressie ten zuiden van ZWIP003 (zie verder bij de gebiedsbespreking van de Zwinduinen).





Figuur 3.113. Gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand in de Zwinduinen (2014-2018) in meter onder maaiveld.



Figuur 3.114. Voorstel voor optimalisatie van het grondwatermeetnet in de Zwinduinen.

Voor eventuele uitbreiding van duinvalleien zijn de zones met relatief geringe grondwaterfluctuaties het meest aangewezen. Het betreft de depressies in de Groenpleinduinen, de depressie ten zuidoosten van de voormalige Swimming Pool en de depressies in het noordoosten van het gebied, ter hoogte van ZWIP047.

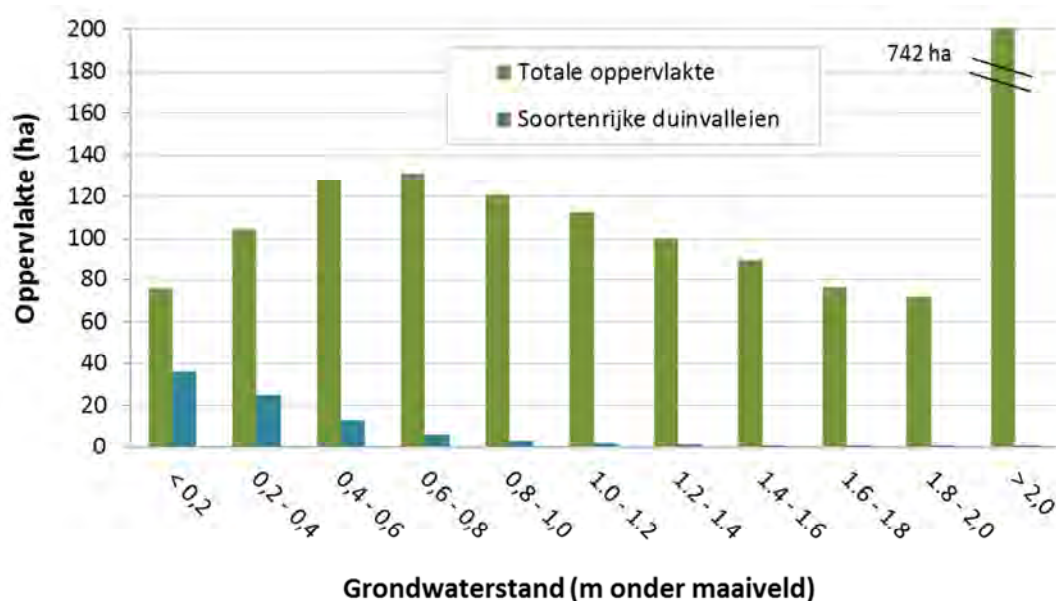
### 3.4.12.5 Optimalisatie van het peilbuizennetwerk

Actueel worden in de Zwinduinen 23 peilbuizen en 7 peilschalen frequent opgemeten. Drie extra buizen zijn uitgerust met een datalogger. Van die 33 actief bemeten punten stellen we voor om er 16 te behouden en die aan te vullen met 5 nieuwe meetpunten (figuur 3.114). Dit meetnet omvat 12 meetpunten verdeeld over twee transecten die min of meer loodrecht op de lijnen van gelijke stijghoogte georiënteerd worden. Hiervan zijn er 3 in duinvalleien gelegen. Dit wordt aangevuld met 5 meetpunten in duinvalleien en 4 meetpunten die specifiek dienen voor detectie van randeffecten. Hiervan situeren er zich 3 aan de rand met de wijk het Zoute en 1 aan het Zwarte Huis voor opvolging van de polderdrainage. Bij twee peilbuizen in duinvalleien is het wenselijk om nog een permanent vegetatiekwadraat af te bakenen. De overige valleipunten zijn in de omgeving van pq's gelegen. Drie buizen op figuur 3.114 moeten gezien worden als deel van het meetnet voor het Zwin.

## 3.5 INTEGRATIE EN CONCLUSIES

### 3.5.1 Hydrologische regimes

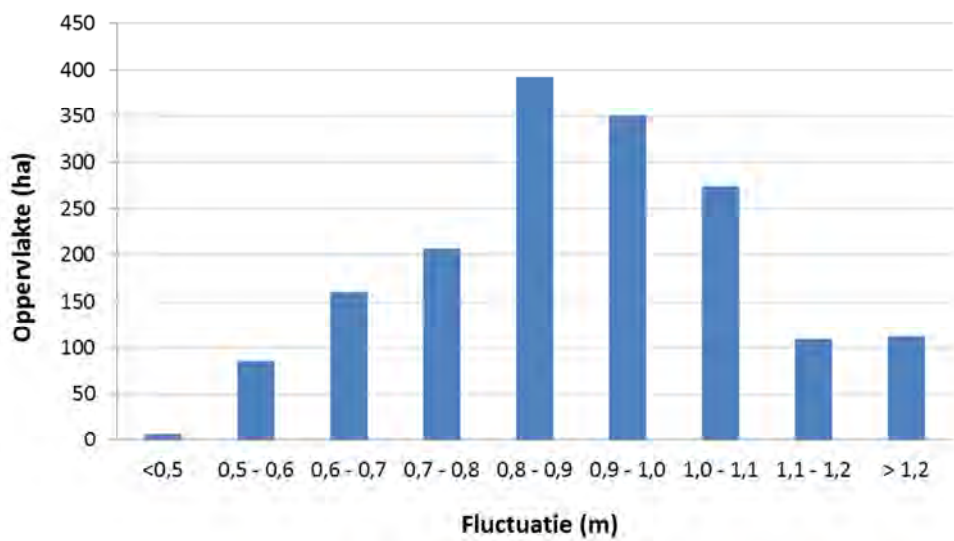
In de meeste gebieden vertonen de grondwaterstijghoogtes een relatief regelmatig patroon met isohypsen parallel aan de kustlijn. Een meer complex patroon is te vinden in Ter Yde, waar de Waterloop-Zonder-Naam een belangrijke drainerende functie heeft en aanleiding geeft tot een tweede waterscheiding. Verder beïnvloedt ook de opbouw van de ondiepe ondergrond in belangrijke mate de lokale stijghoogtepatronen. Onder meer in Sint-Idesbald (Houtsaegerduinen en Noordduinen) en het oosten van de Oostvoorduinen vertonen de stijghoogtes grote verschillen op korte afstand door de aanwezigheid van ondiepe moeilijk doorlatende lagen. Ook aan de binnenduinrand is doorgaans een heel steile hydrologische gradiënt aanwezig.



Figuur 3.115. Oppervlakte van de categorieën van gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand in de periode 2014-2018, uitgedrukt in meter onder maaiveld.

Binnen het gehele studiegebied is er een verschil in absolute stijghoogte van ruim 7,5 m tussen de laagste en hoogste grondwaterstanden. De laagste voorjaarsgrondwaterstanden (ca. 1m TAW) worden gemeten aan de rand van De Moeren, de hoogste in het noordwesten van de Noordduinen (ca. 8,5 m TAW).

Een ecohydrologisch sterk bepalende variabele is de diepte van het grondwater onder het maaiveld. Gezien de seizoenale fluctuaties moeten we hiervoor een gemiddelde over een bepaalde periode kiezen. De voorjaarsgrondwaterstand (gemiddelde waterstand in de periode rond 1 april) blijkt een goede variabele te zijn om standplaatskarakteristieken te definiëren (Witte & Runhaar 2000). Hier wordt die berekend als gemiddelde waterstand in de periode van 14 dagen voor tot 14 dagen na 1 april. Door aftrekking van de geïnterpoleerde gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand voor de periode 2014-2018 van het hoogtemodel DHM Vlaanderen II, verkrijgen we een kaart met deze waterstand uitgedrukt in diepte onder maaiveld. Figuur 3.115 geeft de oppervlakteverdeling weer van de verschillende categorieën van deze variabele binnen de onderzochte duingebieden. Uit de verdeling leiden we een mediane voorjaarsgrondwaterstand af van ongeveer 1,7 m onder maaiveld. De helft van het duingebied is dus droger, de andere helft natter. De totale oppervlakte aan vochtige duinvalleien, met een gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand van hoogstens 40 cm onder maaiveld bedraagt 180 ha. Hiervan kan 61 ha (34%) als min of meer habitatwaardige duinvallei worden bestempeld (figuur 3.115).



Figuur 3.116. Totale oppervlakte van de categorieën van gemiddelde jaarlijkse fluctuatie van het grondwater in de periode 2014-2018.

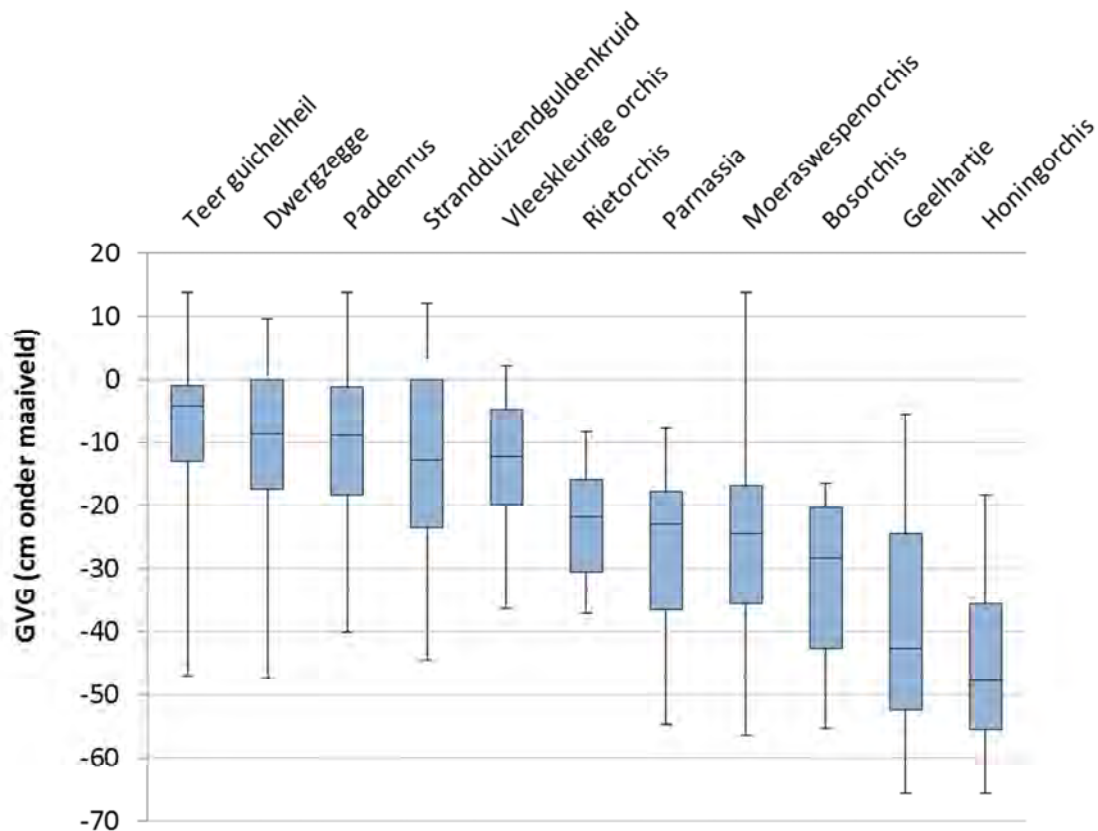
De seizoenale fluctuatie van de grondwatertafel vormt een tweede heel belangrijke ecohydrologische variabele. Figuur 3.116 geeft de verdeling weer van de oppervlakte van de verschillende categorieën van gemiddelde jaarlijkse fluctuatie van het grondwater in de periode 2014-2018. Hieruit blijkt dat deze fluctuaties over 60% van de oppervlakte tussen 80 en 110 cm bedragen. Opvallend hoge fluctuaties (groter dan een meter) zijn te vinden in kleinere, geïsoleerde gebieden (D’Heye, Groenendijk), in binnenduinen of langsheen de binnenduinrand (noorden van Cabour, oosten van de Oostvoorduin, Labeurhoek en Kleyne Vlakte), in sommige grote duinvalleien (de Weide in De Westhoek bijvoorbeeld) en onder invloed van wateronttrekkingen (het westen van de Oosthoekduinen). Beperkte fluctuaties zien we vooral in de terreindelen die relatief dicht tegen zee gelegen zijn en lokaal in



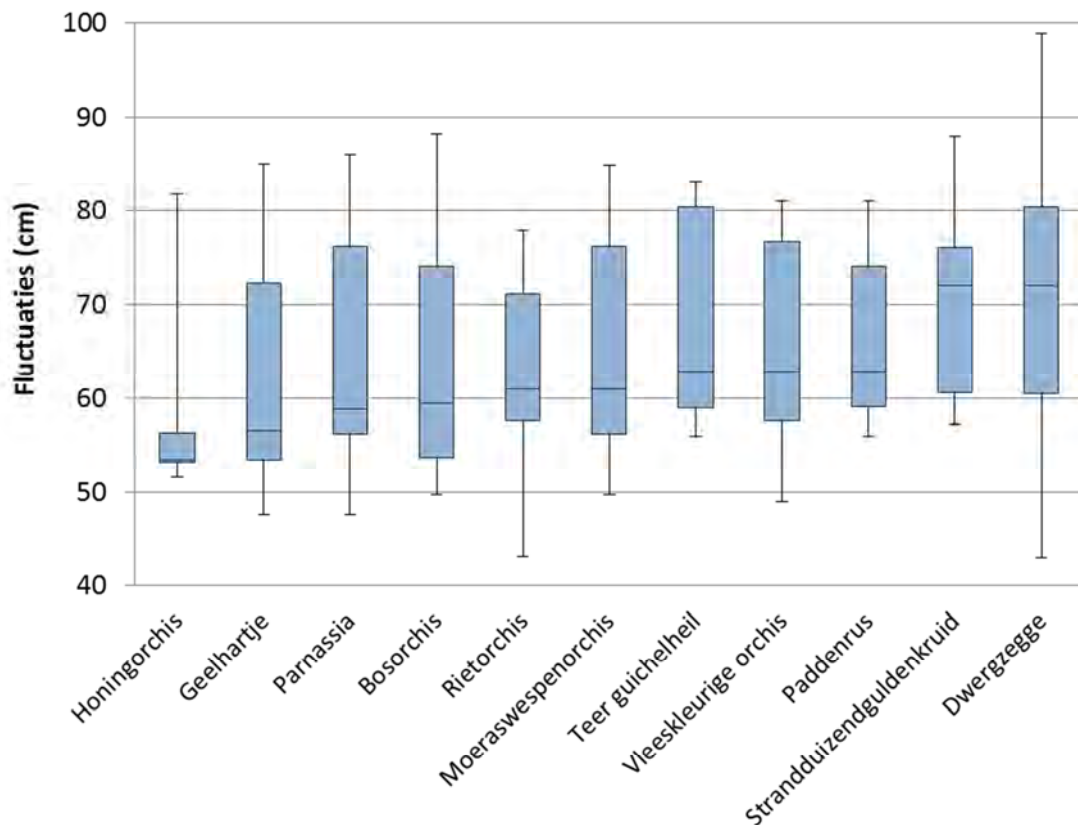
binnenduinrandgebieden. Seizoensale grondwaterfluctuaties worden in eerste instantie veroorzaakt door verschillen in neerslagoverschot tussen winter en zomer. Deze verschillen worden vooral veroorzaakt door verschillen in evapotranspiratie, gezien de neerslag min of meer gelijk verdeeld is over het jaar. De temporele variatie in de schommelingen wordt dan weer vooral door verschillen in neerslagpatronen bepaald. Ruimtelijke patronen worden veroorzaakt door een aantal factoren die de fluctuaties doen toe- of afnemen. Grotere schommelingen worden van nature veroorzaakt door grotere verdamping (bijvoorbeeld in grote natte duinvalleien) of bij geringer waterbergend vermogen van de bodem (slibhoudend zand of klei ten opzichte van zand). Tempering van de schommelingen worden veroorzaakt door de nabijheid van de zee (relatieve stabiliteit van het hoogwaterpeil), de invloed van oppervlaktewater (o.m. door aftopping van winterpieken) of door kwel. Samenspel van deze factoren verklaart bijvoorbeeld de grote verschillen in fluctuaties tussen de Doolaege en de Groenendijk, gelegen binnen hetzelfde strandvlaktesysteem, of tussen Cosmos en de Baai van Heist, beide dicht tegen zee gelegen.

### 3.5.2 Standplaatsfactoren

In de periode 2016-2018 werden van 11 duinvalleisoorten coördinaten van groeiplaatsen ingemeten met cm precieze rtk GPS in 8 verschillende gebieden beheerd door ANB. In totaal betreft het 317 punten. Uit een overlay van deze punten met de stijghoogtekaarten van de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand en de kaarten met de gemiddelde amplitude van de grondwaterschommelingen konden deze standplaatsfactoren aan de soorten worden gelinkt.



Figuur 3.117. Gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand ten opzichte van maaiveld (2014-2018) op de groeiplaatsen van 11 duinvalleisoorten. Boxplots geven mediane waarden en kwartielen weer.

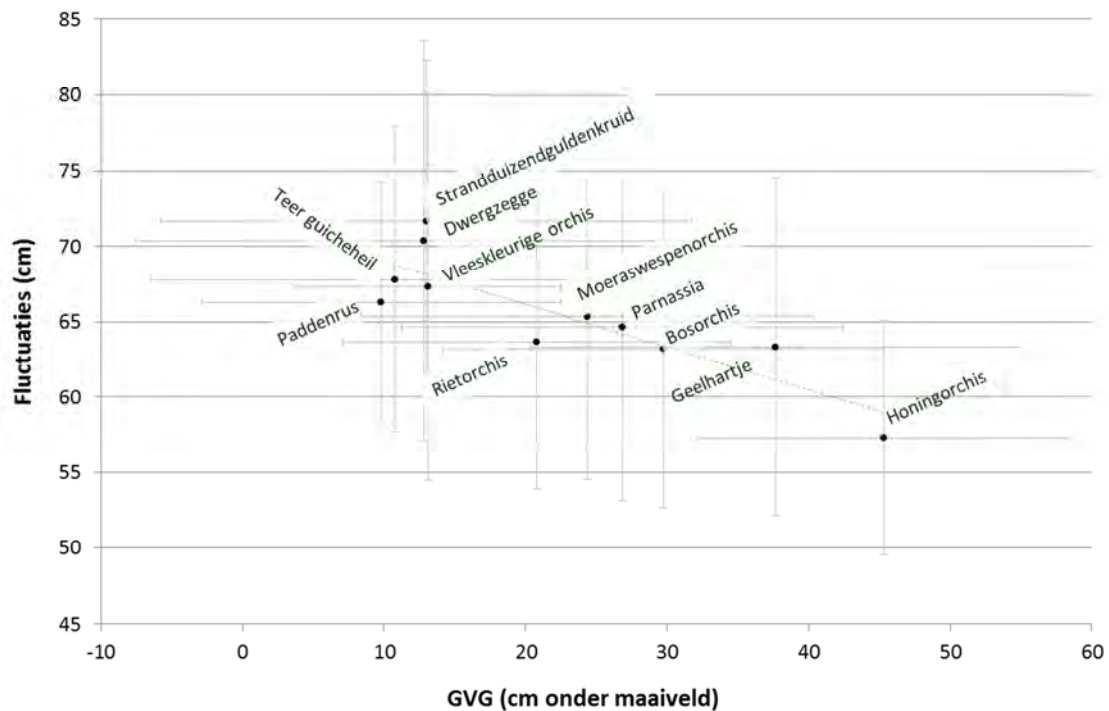


Figuur 3.118. Gemiddelde amplitude van de seizoenale grondwaterfluctuaties (2014-2018) op de groeiplaatsen van 11 duinvalleisoorten. Boxplots geven mediane waarden en kwartielen weer.

In figuur 3.117 met de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand zien we een eerste reeks soorten die de natste standplaatsen verkiezen: teer guichelheil, dwergzegge, paddenrus, strandduizenguldenkruid en vleeskleurige orchis. De optimale voorjaarsgrondwaterstand voor deze soorten bevindt zich tussen 0 en 20 cm onder maaiveldhoogte. Vleeskleurige orchis lijkt daarbij de meest kritische soort, zowel naar inundatie als naar verdroging toe. Een tweede reeks soorten, namelijk rietorchis, parnassia en moeraswespenorchis heeft een optimale voorjaarsgrondwaterstand tussen 15 en 35 cm onder maaiveld. De laatste soort blijkt daarbij het meest bestand tegen nattere situaties. De overige soorten, namelijk bosorchis, geelhartje en honingorchis hebben een in die volgorde dalende optimale voorjaarsgrondwaterstand. Bij honingorchis is dat 35 tot 55 cm onder maaiveld.

Bij de grondwaterfluctuaties zien we een meer gelijklopend beeld. Het merendeel van de groeiplaatsen wordt aangetroffen bij gemiddelde jaarlijkse grondwaterfluctuaties van minder dan 80 cm. Opvallend is het omgekeerd verband tussen optimale voorjaarsgrondwaterstand en amplitude van de schommelingen (figuur 3.119). Soorten van de minder natte standplaatsen lijken vaker voor te komen op locaties met geringere schommeling. De heel smalle boxplot bij honingorchis is te wijten het feit dat de gemeten punten voor die soort slechts in 3 verschillende duinpannes zijn gelegen.





Figuur 3.119. Gemiddelde amplitude van de seizoensale grondwaterfluctuaties (2014-2018) op de groeiplaatsen van 11 duinvallisorten. Boxplots geven mediane waarden en kwartielen weer.

### 3.5.3 Trends

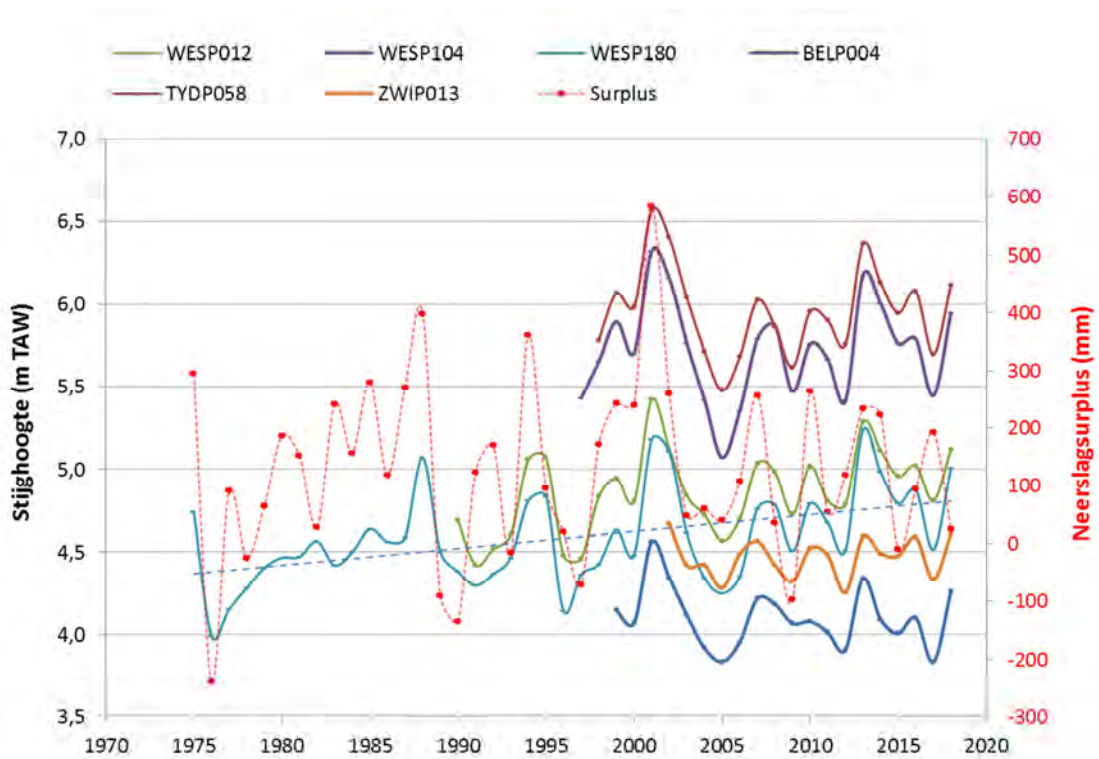
Een aantal lange meetreeksen laten ons toe om trends in de grondwaterpeilen te bekijken. De langste meetreeksen zijn opgenomen in de diepe peilbuizen geplaatst door Luc Iebbe in De Westhoek. De reeksen beslaan een tijdsperiode van ruim 44 jaar, weliswaar met een lange onderbreking tussen 1978 en 1994. Verder zijn er voor verschillende gebieden meetreeksen van 20 jaar of langer voorhanden. Figuur 3.120 geeft een selectie van die meetreeksen weer.

Globaal vertonen de meeste peilbuizen de voorbije 20 jaar geen uitgesproken trend. In Belvédère en Noordduinen is helemaal geen trend in de meetreeksen vast te stellen. De reeksen uit de Zwinduinen en het westen van de Westhoek vertonen een licht positieve trend (stijging doorgaans minder dan een cm per jaar), terwijl Ter Yde een meer gediversifieerd beeld geeft met zowel licht positieve als negatieve trends. In Cabour, de Oosthoek, Houtsaegerduinen, D’Heye en grote delen van de Westhoek is een duidelijke stijging vast te stellen door afbouw van de waterwinning. In het zuidoosten van de Westhoek bijvoorbeeld, loopt die stijging op tot meer dan 2 meter en wordt een gemiddeld tempo tot bijna 20 cm/jaar gehaald.

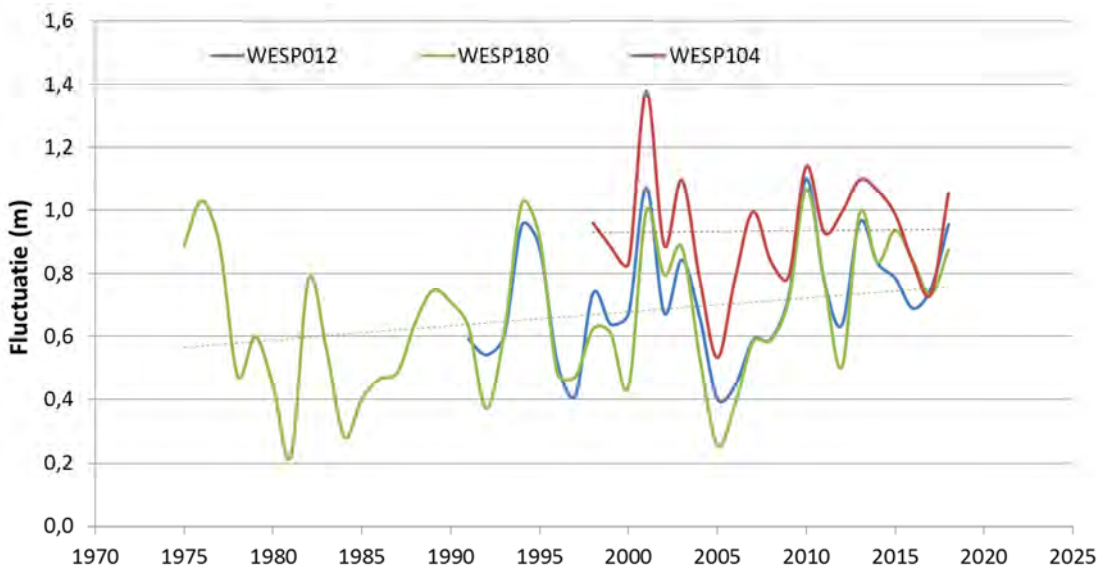
De trends die uit meetreeksen worden afgeleid, hangen sterk samen met de beschouwde periode. De voorbije 20 jaar (1999-2018) vertonen zowel neerslag als neerslagoverschot een dalende trend. Die wordt echter volledig veroorzaakt door de extreem hoge neerslag in 2001. Tussen 1995 en 2001 is er hierdoor een sterke stijging van de neerslag (+ 200 mm) en het neerslagoverschot. Over de voorbije 30 tot 40 jaar vertoont het (potentieel) neerslagsurplus (neerslag – PET) geen trend. Wel is er een stijging in zowel neerslag (ca. 100 mm) als potentiële evapotranspiratie. Beide lijken elkaar dus te compenseren.

Toch vertonen de langere meetreeksen van 30 jaar of meer (WESP180 en WESP012 aan de westrand van De Westhoek) wel een significante positieve trend ( $p < 0,01$ ). Dit heeft wellicht vooral te maken met het feit dat de actuele evapotranspiratie een stuk lager ligt dan de

potentiële evapotranspiratie, die een ongelimiteerde wateraanvoer veronderstelt. Maar mogelijk laat de afbouw van de waterwinning zich ook nog een stuk voelen tot het uiterste westen van De Westhoek.



Figuur 3.120 Trends in de voorjaarsgrondwaterstand in een selectie van lange meetreeksen met aanduiding van neerslagsurplus. De blauwe stippellijn geeft de trend weer in WESP180.



Figuur 3.121 Trends in de amplitude van de seizoenale grondwaterfluctuaties in een diepe (180) en ondiepe (12) peilbuis in De Westhoek.





De amplitude van de seizoensale grondwaterfluctuaties vertoont over een periode van 30 tot 45 jaar een positieve trend (WESP012 en 180 in figuur 3.121). Die is enkel significant ( $p < 0,05$ ) in de langste reeks van WESP180. In de kortere reeks van WESP104 (1999-2018) vertonen de jaarlijkse fluctuaties geen trend, evenmin als de andere reeksen uit figuur 3.121.

De toename van de fluctuaties houdt verband met de toename van het verschil in neerslagoverschot tussen winter en zomer (zie figuur 2.23). Naar de toekomst toe is een verdere stijging van de evapotranspiratie te verwachten en dus ook van de kans op zomerdroogtes. De neerslagtrend is veel minder voorspelbaar. Het zal dus van deze trend afhangen hoe de grondwaterregimes er in de toekomst zullen uitzien.

Tabel 3.3. Overzicht van de optimalisatie van het peilbuizennetwerk.

	Actief bemeten	Niet actief bemeten	Nieuw te plaatsen	Niet meer opmeten	TOTAAL verder opmeten	Nog tijdelijk opmeten	% Reductie (korte termijn)	% Reductie (lange termijn)	Randeffecten	Transect	Duinvallei	Overige	PQ (+nieuw)
Cabour	27	9	1	33	4		85	85		4			
Garzebekeveld	6	2	3	3	8	6	-33	67		2			
Overdekt Waddenlandschap	4		4	2	6		-50	-50	1	2	4		[+2]
Westhoek	92	102	15	108	52	3	43	47	15	16	18	5	13 [+6]
Oosthoek	14	18	1	23	9		36	36		9			
Houtsaegerduinen	19	2	2	14	9	1	53	58		6	2		2
Belvédère	9	5	5	8	11	2	-22	0		7	3		
Noordduinen	9	13	6	16	11		-22	-22		9	4		3
Doornpanne-ANB	10				10	4	0	40			2	4	1
Ter Yde	15	23	7	25	20		-33	-33	4	8	8	1	5
Hannecart	32	32	4	49	19	2	41	47	4	5	9		2
Oostvoorduinen	16	10	2	15	13	5	19	50	4	3	2		1 [+1]
Labeurhoek	4	4		6	2		50	50			2		
Simluiduinen	9	3		1	11	6	-22	44	1	4	2		1
Groenendijk	13	12		12	13	8	0	62		0	5		
IJzermonding	7	11	2	16	4		43	43		4	2		1
Cosmos	8	15		17	6	4	25	75			2		1
Sint-Laureinsduinen	3	1	7	1	10	6	-233	-33		4	1		
D'Heye	20	37	4	52	9	2	55	65		5	5		3
Bossen De Haan	6	6	2	4	10	2	-67	-33		4	3	1	2
Heist	3	6	1	6	4		-33	-33		3	2		2
Zwinduinen	31	34	5	43	24		23	23	4	13	8	2	5 [+1]
Hazegras	6	18		21	3		50	50					
Zwin	14	11			15		-7	-7				15	
<b>TOTAAL</b>	<b>377</b>	<b>374</b>	<b>71</b>	<b>475</b>	<b>283</b>	<b>51</b>	<b>25</b>	<b>38</b>	<b>33</b>	<b>108</b>	<b>84</b>	<b>28</b>	<b>42 [+10]</b>

### 3.5.4 Optimalisatie van het meetnet

Tabel 3.3 geeft een overzicht van de aantallen peilpunten weerhouden voor verder opvolging van de hydrologie binnen de door ANB beheerde natuurgebieden aan de kust. In totaal betreft het 283 buizen die op korte termijn verder worden opgevolgd. Dit is een reductie met een kwart ten opzichte van het huidig aantal actief bemeten peilpunten (377). Dit aantal kan geleidelijk verder afgebouwd worden gezien 51 buizen in het voorstel voor optimalisatie slechts tijdelijk dienen opgemeten te worden, in functie van een lokaal natuurontwikkelingsproject of in functie van een betere gebiedsdekkende kennis van de hydrologie. Het betreft een periode van enkele jaren tot maximaal 8 jaar in de meest recent



geplaatste meetpunten. Daarna zouden in totaal nog **232 peilpunten** worden opgemeten. Dit komt overeen met het schrappen van 145 punten, of een reductie met 38%. Deze peilpunten omvatten 18 peilbuiskoppels, dus in totaal betreft het 214 locaties waarop gemeten wordt.

Bijna de helft van de geselecteerde meetpunten is gelegen op transecten. Hiermee willen we op een efficiënte manier een representatief beeld verkrijgen van de hydrologie van het duingebied. Binnen de door ANB beheerde gebieden zijn 13 dergelijke transecten gelegen (figuur 3.122). Verder stellen we voor dat ook vanuit Natuurpunt 5 dergelijke transecten worden bemeaten en dat ook ter hoogte van waterwinningen in De Panne, Koksijde (IWVA) en Knokke-Heist (GWKH) dergelijke transecten worden voorzien.

Het opmeten van de peilpunten gebeurt bij voorkeur sterk geautomatiseerd door de inzet van loggers. Het is echter van cruciaal belang dat er voldoende kalibratiemetingen worden uitgevoerd om de gemeten waterdruk in absolute stijghoogte te kunnen omrekenen. Per uitgelezen reeks zijn minstens 2 kalibratiemetingen noodzakelijk. Dit maakt het mogelijk om enerzijds een controle uit te voeren op de bekomen stijghoogtes en anderzijds om eventuele drift in de loggers te detecteren. Dit laatste wordt veroorzaakt door slijtage van de sensoren waardoor geleidelijk aan afwijkingen ontstaan. Een halfjaarlijkse uitlezing is wenselijk indien haalbaar, jaarlijks is een minimum.

Handmetingen blijven wenselijk in een selectie van meetpunten om een direct beeld van de waterstanden te blijven behouden. Dit kan op termijn eventueel vervangen worden door loggers uitgerust met een modem die de metingen onmiddellijk beschikbaar maken.



Figuur 3.122. Overzicht van de voorgestelde hydrologische transecten aan de kust.



Figuur 3.123. Potenties voor ontwikkeling van soortenrijke duinvalleivegetaties in de bestudeerde duingebieden (zonder graafwerken).



### 3.5.5 Potenties voor ontwikkeling van duinvalleien

Uit de standplaatsfactoren besproken in 3.4.2 leiden we in eerste instantie af dat er niet zoets bestaat als een 'optimale grondwaterstand' voor duinvalleivegetaties. Ieder soort heeft een eigen optimum en soortenrijke systemen vertonen dan ook ruimtelijke variatie in topografie en daarmee grondwaterstand. Om de potenties voor de ontwikkeling van soortenrijke kruidachtige duinvalleivegetaties goed te kunnen inschatten gaan we daarom uit van grenswaarden. Als die worden overschreden, is de kans klein dat de vertegenwoordigers van bepaalde soortengroepen zich nog kunnen handhaven. Op basis van figuur 3.117 onderscheiden we 3 niveaus in de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand: 20, 40 en 60 cm onder maaiveld. Bij overschrijding van de eerste grens wordt het moeilijk voor de meest vochtminnende soorten zoals teer guichelheil, dwergzegge, paddenrus, strandduizenguldenkruid en vleeskleurige orchis. De tweede grens van 40 cm vormt de grens van het optimum voor onder meer rietorchis, parnassia, moeraswespenorchis en bosorchis en 60 cm onder maaiveld is de limiet voor het optimum van geelhartje en honingorchis. Analoog kunnen we ook de amplitude van de jaarlijkse grondwaterschommelingen indelen in drie categorieën. Optimaal bedragen die minder dan 70 cm maar de meeste soorten kunnen ook nog goed gedijen bij schommelingen van 70 tot 90 cm. Een laagste categorie die we hier beschouwen zijn fluctuaties van 90 tot 110 cm. Combinatie van beide elementen (vermenigvuldiging van de scores 1 t.e.m. 3) geeft een heel grove inschatting van de potenties voor duinvalleiontwikkeling (figuur 3.123). Deze potenties gaan uit van de huidige topografie. Door vergraving kan het maaiveld dichterbij de grondwatertafel gebracht worden en kunnen nieuwe duinvalleien gecreëerd worden. Het globaal beeld in de figuur geeft aan dat de belangrijkste potenties voor duinvalleiontwikkeling aan onze kust in de door ANB beheerde duingebieden reeds zijn aangesneden. Verder min of meer grootschalige ontwikkeling is nog mogelijk maar vergt graafwerk. Potenties voor dergelijke ontwikkelingen en voor het meer fijschalig bijsturen van de vegetatieontwikkeling in functie van vochtige duinvalleivegetaties worden hoger, in de bespreking per gebied aangehaald.

Voor het opstellen van een globale visie op de verdere ontwikkeling van het habitattype vochtige duinvalleien (2190) is het wenselijk om eerst een gelijkaardige verwerking van de grondwatergegevens uit te voeren in de overige duingebieden. Pas dan kan een compleet beeld worden verkregen en kunnen uitgaande van een onderling in minder of meerdere mate ecologisch verbonden netwerk van habitatvlekken aanbevelingen geformuleerd worden voor creatie van nieuwe duinvalleien en optimalisatie van de bestaande.

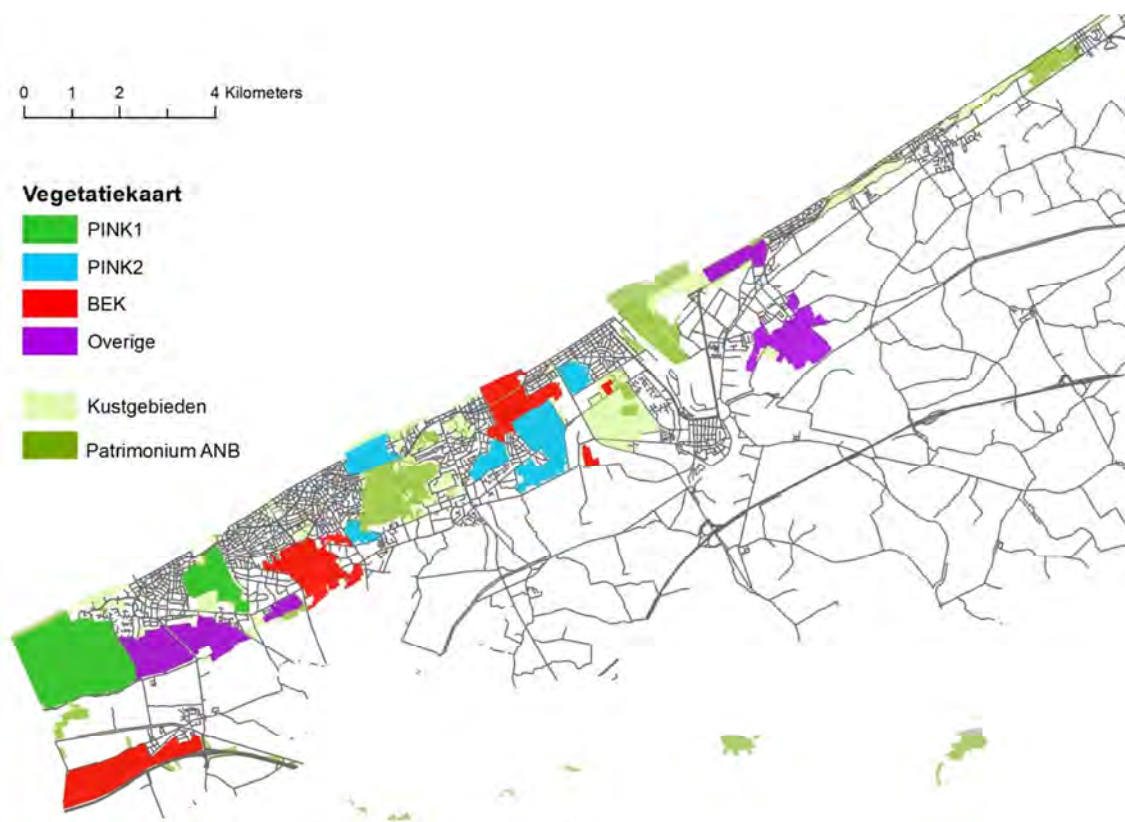
## 4 BIOTISCHE INVENTARISATIE

### 4.1 VEGETATIEKARTERING

De vegetatiekarteringen uitgevoerd in het kader van dit project bouwen verder op de PINK-projecten. De methodiek is onveranderd gebleven (Provoost et al. 2010). In totaal werden binnen BEK 565 ha in kaart gebracht, verdeeld over vier verschillende gebieden:

- Cabour: 102 ha
- Noordduinen: 71 ha
- Ter Yde (inclusief Labeurhoek): 150 ha
- Groenendijk: 5 ha
- Zwinduinen en –polders: 237 ha

Hiermee is nu al ca. 2000 ha aan duinen, aangrenzende polders, slikken, schorren volgens dezelfde methodiek in kaart gebracht waarvan 1400 binnen PINK/BEK (figuur 4.1). Los van de beheerevaluatie en -aanbevelingen die op basis van deze kaarten werden geformuleerd, bleken de resultaten en met name vooral de vertaling ervan naar EU habitattypes bijzonder nuttig bij de recente rapportage in het kader van art. 17 van de habitatrichtlijn (Paelinckx et al. 2019). De verschillende kaarten komen uitgebreid aan bod in hoofdstuk 5, bij de bespreking van de betreffende gebieden.



Figuur 4.1. Overzicht van de vegetatiekartering aan de kust met de PINK-methode.



Figuur 4.1. Overzicht van de vegetatiekartering aan de kust met de PINK-methode (vervolg).

## 4.2 PERMANENTE KWADRATEN

### 4.2.1 Proefvlakken in duinvegetaties

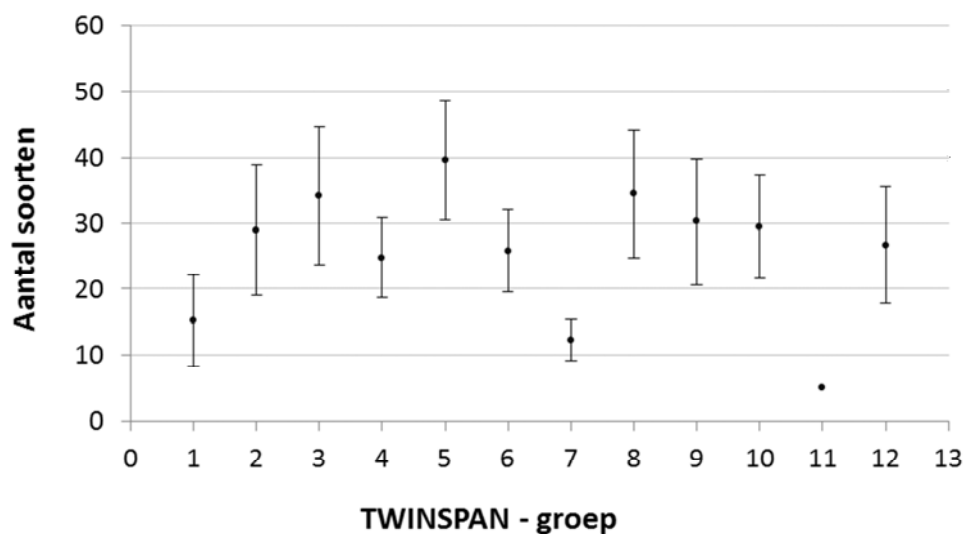
De 3x3 m<sup>2</sup> permanente kwadraten (PQ's) in duinvegetaties die werden uitgezet en opgenomen in het kader van PINK1 en 2 worden grotendeels overgenomen in het meetnet voor de Natura2000 habitatkwaliteitmonitoring (Westra et al. 2014). Zij worden gemonitord door INBO medewerkers in een 12-jaarlijkse cyclus. Voor een subset van zo'n 180 proefvlakken is het wenselijk om opnames te maken met een hogere frequentie (6-jaarlijks) in functie van beheerevaluatie. Zeker kort na ingrijpende natuurinrichtingsmaatregelen zoals ontstruweling of plagen vertoont de vegetatie immers snelle veranderingen. In het kader van deze opdracht werd van 91 van deze proefvlakken een opname gemaakt (tabel 4.1).

Tabel 4.1. Aantal opgenomen permanente kwadraten.

Baai van Heist	1	Hannecart	14	Oostvoorduinen	3
Bossen De Haan	2	Houtsaegerduinen	3	Schuddebeurze	1
Cabour	3	IJzermonding	1	Simliduinen	1
D'Heye	3	Karthuizerduinen	1	Sint Laureinsduinen	2
Doornpanne	1	Labeurhoek	2	Ter Yde	5
Garzebekeveld	1	Noordduinen	4	Westhoek	16
Groenendijk	3	Oosthoek	5	Zwinduinen	19
				<b>Totaal</b>	<b>91</b>

Van alle PS's werden vervolgens maximaal drie opnames geselecteerd (PINK1, PINK2 en BEK), met uitzondering van de Hannecart-proefvlakken gemaakt door Marc Leten, waarvan de volledige reeks werd verwerkt (tot 6 opnames). Om de vegetatietypen doorheen de tijd te kunnen vergelijken werd een TWINSPAN-classificatie gemaakt met de software WinTWINS 2.3.

Daarbij werden de default instellingen gebruikt met uitzondering van de 'pseudospecies cutlevels' (0-2-5-10-40). De resultaten van deze classificatie worden hieronder toegelicht. De verdere bespreking gebeurt per deelgebied in hoofdstuk 5.



Figuur 4.2. Gemiddeld aantal soorten per TWINSPAN groep (met standaarddeviatie.)

### 1. Voedselrijke graslanden uit duin-polderovergang - Groep 1 (23 opnames)

Relatief soortenarme vegetatie (gemiddeld 15 soorten per opname) van voedselrijke graslanden uit duin-polder overgangsgebieden (rompgemeenschap met ruw beemdgras en Engels raigras). Constant en bedekkend zijn ruw beemdgras, Engels raigras kruipende boterbloem, gestreepte witbol, witte klaver en paardenbloem. Verder hebben kluwenzuring, grote weegbree, scherpe boterbloem, fioningras, akkerdistel en gewone hoornbloem een hoge presentie. De opnames komen vooral uit de binnenduinrand van de Oosthoek en de Labeurhoek, soms ook als beginstadium (gd\_01, ha\_11) of tussenstadium (gb\_01) van proefvlakken in ontwikkeling.

### 2. Duinvalleivegetaties

Groep 2 (28 opnames)

Soortenrijke zilverschoongraslanden met gemiddeld 29 soorten per opname. Constant en bedekkend zijn fioningras en witte klaver. Ook zomprus en kruipende boterbloem zijn nagenoeg constant. Soorten met een hoge presentie (>50%) zijn verder ruige zegge, watermunt, zilverschoon, vijfvingerkruid, ruw beemdgras, grote weegbree en gewone waterbies. De opnames komen vooral uit proefvlakken in de Zwinduinen maar ook verspreid aan de westkust (Garzebekeveld, Westhoek, Hannecart). Dit type vormt een optimale standplaats voor de bijlage II soort kruipend moerasscherm.

Groep 3 (46 opnames)

Zeer soortenrijke vegetatie (gemiddeld 34 soorten per opname) van oude, natte duinvalleien met paddenrus als meest karakteristieke soort. Andere (nagenoeg) constante soorten zijn banale graslandsoorten als kruipende boterbloem, witte klaver, ruw beemdgras en gestreepte witbol of algemene moerassoorten als zomprus, grote kattenstaart, watermunt, fioningras en



ruige zegge. Min of meer differentiërend zijn moerasrolklaver, gevleugeld hertshooi, grote wederik en echte koekoeksbloem. Meer bijzondere soorten die in het type voorkomen zijn onder meer veldrus, teer guichelheil en zilte zegge. De opnames komen vooral uit proefvlakken uit de Doolaage in Hannecart en verder ook uit hetzelfde strandvlaktesysteem in Groenendijk, uit D'Heye en de Zwinduinen.

#### Groep 4 (17 opnames)

Matig soortenrijke opnames uit 4 proefvlakken uit de Doolaage (ha\_08, 15, 31 en 40). De vegetaties wordt gekenmerkt door een combinatie van storingssoorten (braam, gestreepte witbol, duinriet, ruige zegge), soorten van vochtige graslanden en duinvalleien (grauwe wilg, zomprus, moerasrolklaver, teer guichelheil, paddenrus). Opvallend is de aanwezigheid van zuurindicerende soorten als zwarte zegge, hazenzegge, pijpenstrootje, biezenknoppen, grijs kronkelsteeltje en fraai haarmos.

#### Groep 5 (24 opnames)

Zeer soortenrijke opnames uit natte duinvalleien. Kruiwilg, zeeegroene zegge, brunel, gewone rolklaver en puntmos zijn (nagenoeg) constante soorten met een hoge gemiddelde bedekking. Differentiërende soorten met een hoge presentie zijn moeraswespenorchis, ogentroost, geelhartje, ruw walstro, drienerfegige zegge en vleeskleurige orchis. Bijzonder rijk aan aandachtsoorten. De opnames komen vooral uit de noordelijke pannen van de Westhoek maar ook uit de zuidelijke pannen (wz\_02, Hannecart (ha\_01) en Ter Yde (ty\_11)).

#### Groep 6 (46 opnames)

Matig soortenrijke duinvalleivegetaties die vooral negatief gedifferentieerd zijn ten opzichte van groep 5. Dwergzegge heeft een duidelijk hogere presentie (72 t.o.v. 4), in mindere mate ook zomprus, zandzegge, riet, echt vetmos en strandduizendguldenkruid. Dit wijst op het pionierkarakter van deze opnames. De opnames zijn afkomstig uit 10 verschillende gebieden, verspreid over de hele kust.

#### Groep 7 (4 opnames)

Zeer soortenarme vegetatie van natte standplaatsen met riet, watermunt, grote kattenstaart en gewone waterbies. Afkomstig uit drie proefvlakken: bd\_08, gd\_01 en nd\_20. Zij behoren slechts in natte jaren tot dit type.

### **4. Duingraslanden**

#### Groep 8 (11 opnames)

Zeer soortenrijke duingraslandvegetatie van onstruweelde matig vochtige duinen. Een aantal soorten met zeer hoge presentie en vaak bedekkend wijst nog op storing door het ontstruwelen (biggenkruid, gestreepte witbol, gewone hoornbloem, jacobskruid) maar de meeste constante soorten zijn kenmerkend voor vochtige duingraslanden: veldbeemdgras, gewone veldbies, duinroosje, gewone ereprijs, zandzegge, duizendblad, ogentroost en geelhartje. De combinatie van gewone vleugeltjesbloem, gewone brunel en zeeegroene zegge wijst in de richting van de associatie van maanvaren en vleugeltjesbloem (Botrychio-Polygaletum), een soortenrijke duinvegetatietype uit het verbond van de heischrale graslanden. Alle opnames komen uit 5 proefvlakken uit Ter Yde en het zuiden van de Westhoek: ty\_03, wz\_06, wz\_07, wz\_17 en wz\_27.





#### Groep 9 (8 opnames)

Droge mosrijke pionierduingraslanden met groot duinsterretje, klein streepzaad, biggenkruid, zandmuur, jacobskruid, muurpeper en veldbeemdgras. Opnames afkomstig uit 5 proefvlakken, hetzij als min of meer stabiel mosduin (hs\_10 en wn\_04), hetzij als pionierfase in een verdere ontwikkeling (nd\_7 en ty\_03).

#### Groep 10 (31 opnames)

Soortenrijke droge min of meer ontcalcite duingraslanden. Differentiërend zijn gewoon struisgras, schapenzuring en kleine klaver en met minder hoge presenties ook gestreepte klaver, knolboterbloem, hazenpootje, kamgras en eekhoorngras. De opnames komen uit 13 proefvlakken, gelegen in verschillende gebieden. In Cabour, D'Heye, de duinzoom Oosthoekduinen en de Zwinduinen is de vegetatie duidelijk gerelateerd aan de kalkarme bodems. De opnames uit de Houtsaegerduinen en de Noordduinen zijn gemaakt in pionierfasen van ontboste terreindelen waar de afbraak van humeuze bodems leidt tot oppervlakkige verzuring. In de Oostvoorduinen ten slotte betreft het een opname in een voormalig akkertje.

#### Groep 11

Eén soortenarme opname van pq lb\_02 uit 2007. De opname telt maar 5 soorten en wordt gedomineerd door hoog struisgras.

#### Groep 12 (13 opnames)

Soortenrijke duingraslandvegetatie met duinroosje, geel walstro, zachte haver en grote tijm. Verder hebben gestreepte witbol, glanshaver, rood zwenkgras, groot laddermos, veldbeemdgras, smalle weegbree en duizendblad presenties groter dan 50%. In het type komen nog verschillende aandachtsoorten voor waaronder nachtsilene, geel zonneroosje en bevertjes. De opnames komen uit 5 proefvlakken, verspreid over Cabour, de Houtsaegerduinen, Oostvoorduinen en Ter Yde.

### 4.2.2 Proefvlakken in zilte gebieden

In de IJzermonding, de Baai van Heist en het Zwin wordt de vegetatie opgevolgd aan de hand van proefvlakken van 2x2 m<sup>2</sup> die in transecten gelegen zijn (figuur 4.3). De transecten in de IJzermonding werden uitgezet in het kader van het project MONAIJ, de opvolging van de natuurinrichting (Hoffmann 2006). Zij werden voor een eerste keer opgenomen in 2001 en aanvankelijk jaarlijks en recent met grotere tussenpauzes opgevolgd. In de Baai van Heist worden de twee transecten al het langst opgevolgd. De eerste opname dateert van 1996. De frequentie was aanvankelijk tweejaarlijks maar recenter is die teruggelopen tot 3 à 4 jaarlijks. De monitoring van het Zwin is het meest recent opgestart. De eerste opname van de transecten gebeurde in 2010 (Cosyns 2016). Tabel 4.2 geeft een overzicht van de aantallen opgenomen proefvlakken in de zilte transecten.

In het kader van BEK werden de transecten van de IJzermonding (2015) en van de Baai van Heist (2017) opnieuw opgenomen. Alle opnames werden samengebracht en geïmporteerd in INBOVEG, de vegetatiedatabank van het INBO. Ondanks methodologische verschillen gerelateerd aan aantallen transecten per gebied en de schikking van de proefvlakken binnen de transecten, ontstond zo een coherente dataset voor alle buitendijkse zilte gebieden aan de kust. In dit hoofdstuk presenteren we een algemene classificatie van deze opnames. Trend in tijd en ruimte worden per gebied besproken.



Tabel 4.2. Overzicht van de aantallen opgenomen proefvlakken in de zilte transecten aan de kust.

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>IJzermondung</b>						184	191	526	99	516		462		294		314				234				
<b>Baai van Heist</b>	143		103		209		236		192		258			242				280				274		
<b>Zwin</b>															210			77	90		119	87		48



Figuur 4.3 Ligging van de transecten met vegetatie-proefvlakken in IJzermondung (l), Baai van Heist (m) en Zwin (r).

### 4.2.3 Classificatie van de zilte proefvlakken

De totale dataset van de zilte transecten bestaat uit 5220 opnames gemaakt in 1232 proefvlakken. Een substantieel deel van de opnames (1919) bestaat uit hoogstens 4 soorten. Deze werden afzonderlijk geclassificeerd. Met de overige opnames (3302 stuks) werd een TWINSPAN-classificatie uitgevoerd. Cut-level-instellingen zijn 0-1-2-5-20-40. De verschillende types worden hieronder besproken. Gemiddelde hoogteligging boven gemiddeld lokaal laagwater per type op basis van DHM Vlaanderen II wordt weergegeven in figuur 4.4.

#### 1. Zilt grasland (ZG)

##### ZG1 - Zilt grasland met zilte zegge

Zilt grasland met rood zwenkgras, zilte zegge, fioringras en strandkweek als constante soorten. Verder gekarakteriseerd door zilte rus, melkkruid, zilverschoon, spiesmelde, witte klaver en knikmos.

38 opnames, vooral uit het Zwin; 5 uit de Baai van Heist en 1 uit de IJzermondung. Gemiddeld 9 soorten per opname en 5,18 m boven lokaal laagwater.

##### ZG2 - Zilt grasland met duinelementen

Evenals in groep 1 zijn rood zwenkgras, fioringras en strandkweek als constante soorten. Differentiërend ten opzichte van 1 en tevens constant zijn muurpeper, hertshoornweegbree en lamsoor. De vegetatie heeft een duidelijk duinkarakter, wat blijkt uit relatief hoge presenties van zandzegge, vals rendiermos, groot duinsterretje en bleek dikkopmos. Anderzijds zijn ook veel zilte soorten goed vertegenwoordigd: Engels gras, melkkruid, zilte rus en klein schorrenkruid.



51 opnames, vooral uit het Zwin; enkele uit de IJzermonding. Gemiddeld 10 soorten per opname en 5,07 m boven lokaal laagwater.

*ZG3 - Vegetatie met riet, strandkweek, zilverschoon en haagwinde*

Afwijkende soortenarme groep met 5 opnames uit het Zwin. Gemiddeld 6 soorten per opname en 4,84 m boven lokaal laagwater. Deze opnames worden aangevuld door 6 opnames gedomineerd door riet.

**2. Duingrasland (DG)**

*DG1 - Duingrasland met gewone hoornbloem en fioringras*

Zandzegge, fioringras, rood zwenkgras en strandkweek hebben een presentie hoger dan 75%. De meeste soorten met behoorlijke presentie zijn kenmerkend voor duingrasland (geel walstro, veldbeemdgras, gewone rolklaver) of worden gevonden in gestoorde duinmilieus (krulzuring, jacobskruid en gewone hoornbloem). Zilte elementen zijn schaars; enkel lamsoor komt nog voor in 18% van de opnames.

109 opnames, vooral uit het Zwin en de IJzermonding (24). Gemiddeld 10 soorten per opname en 5,48 m boven lokaal laagwater.

*DG2 - Ruig grasland met strandkweek, duinriet en akkerdistel*

Duinriet, strandkweek en akkerdistel hebben een hoge presentie (>60%). Er komen enkele basis duinsoorten in voor zoals veldbeemdgras, rood zwenkgras, zandzegge en hondstong maar de meeste soorten zijn kenmerkend voor droge ruigten: grote brandnetel, gestreepte witbol, jacobskruid, dauwbraam, riet, kroonkruis, fioringras.

173 opnames, vooral uit de IJzermonding. Gemiddeld 13 soorten per opname en 6,76 m boven lokaal laagwater.

*DG3 - Soortenrijk duingrasland met smaragdmoss, geel walstro en zachte ooievaarsbek*

Nagenoeg constante soorten zijn muurpeper, zandmuur, zandzegge, klein streepzaad, jacobskruid, rood zwenkgras, fioringras (mogelijk verward met gewoon struisgras) en strandkweek. Verschillende soorten met hoge presentie (>30%) zijn typisch voor duingrasland of mosduin: kleine leeuwentand, akkerhoornbloem, geel walstro, gewone rolklaver, duinreigersbek, kleine rupsklaver, smaragdmoss, groot duinsterretje, liggende klaver of hebben er een hoge presentie: veldereprijs, zachte dravik, smalle weegbree, veldbeemdgras en zachte ooievaarsbek. Andere soorten zijn eerder kenmerkend voor voedselrijke of gestoorde situaties: hopklaver, gestreepte witbol, witte klaver, dauwbraam, duinriet, kweek, akkerdistel. Hertshoornweegbree is de enige soort die potentieel verwijst naar zilte invloed.

173 opnames, vooral uit de IJzermonding, in mindere mate het Zwin (27). Gemiddeld 21 soorten per opname en 7,35 m boven lokaal laagwater.

*DG4 - Mosduin met groot duinsterretje en zanddodengras*

Positief differentiërend ten opzichte van de graslanden DG1-3 zijn groot duinsterretje, vals rendiermos, scheve hoornbloem, kleine leeuwentand, zanddodengras en kruipend stalkruid.

Negatief differentiërend zijn de graslandsoorten zachte ooievaarsbek, smalle weegbree, zachte dravik, gestreepte witbol, gewone rolklaver, witte klaver, liggende klaver, akkerhoornbloem, akkerdistel, fioringras en strandkweek.



166 opnames, vooral uit de IJzermonding, in mindere mate het Zwin. Gemiddeld 15 soorten per opname en 7,39 m boven lokaal laagwater.

### 3. Helmduin (HD)

#### *HD1 - Verruigd helmduin met Canadese fijnstraal en akkerdistel*

Helm is de enige nagenoeg constante soort (presentie va 74%) en bedekt gemiddeld 40%. Begeleiders met hoge presentie zijn muurpeper, Canadese fijnstraal, zandkool, zandzegge, klein streepzaad, duinreigersbek, jacobskruiskruid, dauwbraam, akkerdistel, rood zwenkgras en strandkweek.

458 opnames, nagenoeg volledig uit de IJzermonding. Gemiddeld 14 soorten per opname en 8,25 m boven lokaal laagwater.

#### *HD2 - Gefixeerd biestarwegras- en helmduin*

Een bijzonder specifieke vegetatie van de gefixeerde embryonale duintjes in de Baai van Heist. Helm heeft een presentie van 45% en wordt aangevuld door biestarwegras (48%). De karakteristieke bedekking van deze soorten is laag, respectievelijk 11 en 3%. Naast deze soorten verwijst ook de hoge presentie van zeewolfsmelk naar het voormalig zeereepkarakter. Constante soorten zijn biggenkruid, kleine leeuwentand, zanddoddengras en strandkweek. De bedekking van mossen is hoog. Mossoorten met een hoge presentie zijn knikmos (sp.), bleek dikkopmos, purpersteeltje en groot duinsterretje. Andere mosduinsoorten met hoge presentiae zijn scheve hoornbloem, zandmuur, zandzegge en muurpeper.

Een aantal soorten is kenmerkend voor de zilte pionierbegroeiingen op zandige bodem (*Saginion maritimae*) maar zij bereiken hier niet hun optimum: sierlijke vetmuur, hertshoornweegbree en dunstaart. Laksteeltje bereikt hier wel een hoogtepunt, al komt de soort maar in 10% van de opnames voor. De overige soorten met hoge presentie wijzen op een ruderaal karakter; pionier, (natuurlijke) storing of stikstofaanrijking (via vloedmerk): hopklaver, Canadese fijnstraal, akkermelkdistel, paardenbloem (sp.), teunisbloem (sp.) en bezemkruiskruid.

361 opnames, vooral uit de Baai van Heist, 18 stuks uit de IJzermonding. Gemiddeld 18 soorten per opname en 5,77 m boven lokaal laagwater.

### 4. Vegetatie van groen strand en duinvallei (DV)

#### *DV1 - Vochtige vegetatie van zandige schor-duinovergang of groen strand*

In tegenstelling tot het vorige type HD2 zijn soorten van helmduin of mosduin hier zwak vertegenwoordigd. Constante soorten zijn kleine leeuwentand, hertshoornweegbree, strandkweek, sierlijke vetmuur, dunstaart en knikmos sp. Verschillende sorten met hoe presentie zijn kenmerkend voor zoet-zout contactmilieus: fraai duizendguldenkruid, aardbeiklaver, zeevetmuur en heen. Zulte komt voor in een derde van de opnames. Verder is het type opvallend rijker aan grassoorten dan het vorige; zowel rood zwenkgras, duinriet, fiongras als strandkweek hebben een hogere presentie en karakteristieke bedekking. Overige soorten met hoge presentie zijn muurpeper en hopklaver.

62 opnames, waarvan 51 uit de Baai van Heist en 11 uit de IJzermonding. Gemiddeld 14 soorten per opname en 5,3 m boven lokaal laagwater.



## DV2 - Soortenrijke vegetatie van primaire duinvallei

De meest soortenrijke vegetatie uit de dataset met 11 constante soorten: kleine leeuwentand, strandkweek, sierlijke vetmuur, dunstaart, akkermelkdistel, gewoon en fraai duizenguldenkruid, aardbeiklaver, hopklaver, fioringras en duinriet. Verschillende soorten met hoge presentie vertonen in dit type een optimum; aardbeiklaver, selderij, platte rus, valse voszegge, ogentroost sp. en ratelaar sp. Overige soorten met hoge presentie zijn vooral vochtminners (greppelrus, heeblaadjes, rode ogentroost, riet) of soorten van zoet-zout contactmilieus (heen en hertshoornweegbree). Tot slot hebben ook paardenbloem sp., rode klaver en bryum sp. hoge presentie.

26 opnames uit de Baai van Heist. Gemiddeld 22 soorten per opname en 5,34 m boven lokaal laagwater.

## 5. Embryonaal duin (ED)

### ED1 - Embryonaal duin met biestarwegras en zeepostelein

Biestarwegras heeft een presentie van 94% en bereikt in deze groep gemiddeld de hoogste karakteristieke bedekking (14%). Daarnaast is geen enkele soort constant. Hoge presenties hebben gewone melkdistel, akkermelkdistel, bryum sp., sierlijke vetmuur, bezemkruiskruid, kleine leeuwentand, muurpeper, Canadese fijnstraal, hertshoornweegbree en dunstaart. Zeeraket, reukeloze kamille en zeepostelein bereiken een optimum in deze groep. De mosduinsoorten zijn opvallend beperkt vertegenwoordigd.

191 opnames, vooral uit de Baai van Heist (en 2 uit de IJzermondig). Gemiddeld 11 soorten per opname en 5,61 m boven lokaal laagwater.

### ED2 – Biestarwegras

Soortenarme vegetatie (<5 soorten) met dominantie van biestarwegras. 308 opnames, vooral uit de Baai van Heist en gemiddeld 5,43 m boven lokaal laagwater.

## 6. Vloedmerkvegetatie (VM)

### VM1 - Ruig vloedmerk met stekend loogkruid en klein schorrenkruid

Klein schorrenkruid en stekend loogkruid en zijn constant. Deze laatste soort bereikt ook een duidelijk optimum. Zilte soorten zijn relatief goed vertegenwoordigd (zilte schijnspurrie, zeekraal sp., dunstaart, strandkweek, hertshoornweegbree en strandmelde) alhoewel de gemiddelde hoogteligging hoger is dan bij de meeste uitgesproken zilte vegetaties. Verder is er ook een element van storing aanwezig (spiesmelde, akkerdistel, fioringras, straatgras en rode ganzenvoet).

60 opnames uit de IJzermondig, 3 uit de Baai van Heist en 1 uit het Zwin, aangevuld met 76 soortenarme opnames met vloedmerksoorten. Gemiddeld 11 soorten per opname en 5,29 m boven lokaal laagwater.

## 7. Vegetatie van de hoge schorre (HS)

### HS1 - Vegetatie van de hoge schorre met Engels gras en fioringras

Fioringras, rood zwenkgras, hertshoornweegbree, melkkruid en lamsoor zijn (nagenoeg) constante soorten. Verder hebben ook strandkweek, Engels gras, zilte rus, gewone zoutmelde, zilte schijnspurrie, klein schorrenkruid en gewoon kweldergras een hoge presentie.

////////////////////////////////////



*SC4 - Schorrenvegetatie met zeekraal sp., klein schorrenkruid en gewoon kweldergras*

Pioniervegatatie van de lage schorre in de IJzermonding. Naast de in de titel vermelde soorten behalen ook lamsoor en gerande schijnspurrie presenties van 70-80%. Engels slijkgras bereikt een maximale presentie (29%) en wieren zijn goed vertegenwoordigd.

232 opnames, vooral uit de IJzermonding (223), 1 uit de Baai van Heist en 8 uit het Zwin. Gemiddeld 6 soorten per opname en 4,69 m boven lokaal laagwater.

*SC5 - Lage schorrenvegetatie met gewone zoutmelde, klein schorrenkruid en gewoon kweldergras*

Het enige vegetatietype met een vrij egale verdeling van de opnames over de drie zilte gebieden. Naast de vermelde soorten zijn ook zeeaster en zeekraal nagenoeg constant. Strandkweek, lamsoor en gerande schijnspurrie hebben een presentie van 30% of hoger. Vooral van type 21 gedifferentieerd door hogere presentie van zoutmelde en zeeaster.

194 opnames uit zowel de IJzermonding (29), de Baai van Heist (84) als het Zwin (81), aangevuld met 35 soortenarme opnames. Gemiddeld 7 soorten per opname en 4,63 m boven lokaal laagwater.

*SC6 – Strandkweek*

Soortenarme vegetatie (<5 soorten) gedomineerd door strandkweek. 171 opnames uit zowel de IJzermonding (94), de Baai van Heist (23) als het Zwin (54). Gemiddeld 4,94 m boven lokaal laagwater.

*SC7 – Gewone zoutmelde*

Soortenarme vegetatie (<5 soorten) gedomineerd door gewone zoutmelde. 45 opnames uit zowel de IJzermonding (3), de Baai van Heist (25) als het Zwin (17). Gemiddeld 4,63 m boven lokaal laagwater.

*SC8 – Pioniervegatatie met zeekraal en klein schorrenkruid*

1142 opnames uit zowel de IJzermonding (445), de Baai van Heist (628) als het Zwin (73). Gemiddeld 4,77 m boven lokaal laagwater.

*SC9 – Engels slijkgras*

Soortenarme vegetatie (<5 soorten) gedomineerd door Engels slijkgras. 64 opnames, vooral uit de IJzermonding. Gemiddeld 3,63 m boven lokaal laagwater. Duidelijk het laagstgelegen type binnen de dataset.

**9. Schor-duinovergang (SD)**

*SD1 - Vegetatie van groen strand met zoutmelde, biestarwegras en hertshoornweegbree*

Constate soorten zijn strandkweek, dunstaart, zeeaster en gewone zoutmelde maar ook biestarwegras heeft een hoge presentie (63%). Verder zijn ook hertshoornweegbree, strandmelde, zilte en gerandne schijnspurrie, klein schorrenkruid, akkermelkdistel, bryum sp. en muurpeper goed vertegenwoordigd.

43 opnames waarvan 42 uit de Baai van Heist en 1 uit het Zwin. Gemiddeld 11 soorten per opname en 4,97 m boven lokaal laagwater.

////////////////////////////////////

## 10. Vegetatie van zandig schor (ZS)

### ZS1 - Vegetatie met biestarwegras, klein schorrenkruid en zeekraal

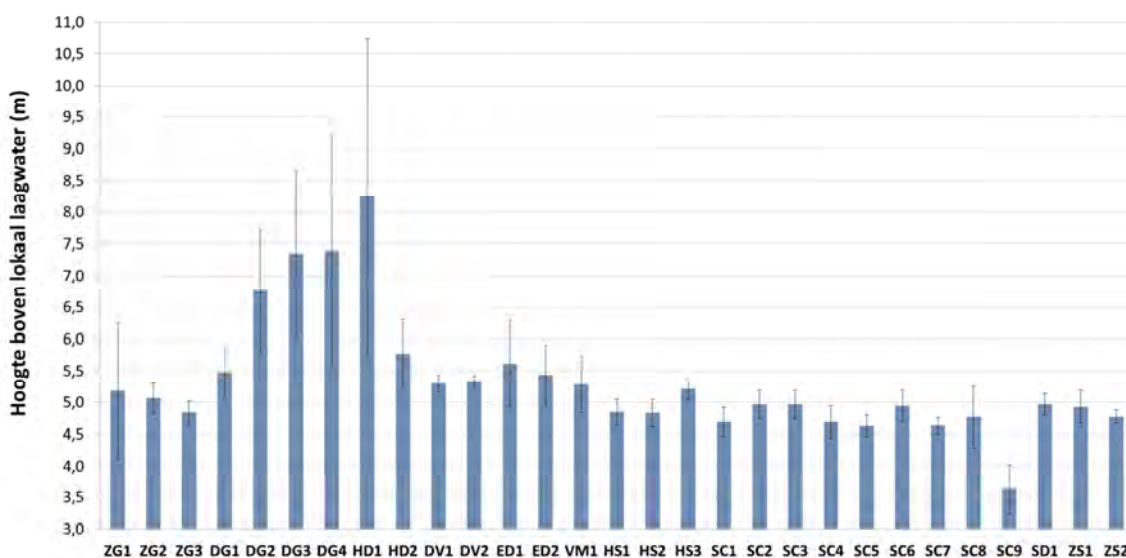
Naast de soorten uit de titel hebben ook zeeaster, gerande schijnspurrie, gewoon kweldergras en dunstaart presenties hoger dan 70%.

51 opnames, vooral uit de Baai van Heist (46) en 5 opnames uit de IJzermondig. Gemiddeld 8 soorten per opname en 4,93 m boven lokaal laagwater.

### ZS2 - Vegetatie met biestarwegras, gewone zoutmelde en gewoon kweldergras

Biestarwegras, gewone zoutmelde en gewoon kweldergras komen in alle opnames voor. Daarnaast hebben ook strandkweek, zilte schijnspurrie en dunstaart hoge presenties.

10 opnames uit de Baai van Heist. Gemiddeld 8 soorten per opname en 4,77 m boven lokaal laagwater. Aangevuld met 6 soortenarme opnames.



Figuur 4.4. Gemiddelde hoogteligging (met standaarddeviatie) boven lokaal gemiddeld laagwater van de verschillende vegetatietypen uit de zilte transecten.

Het is opvallend dat de meeste types een duidelijk overwicht hebben in één bepaald gebied. Dit wijst op de eigenheid van ieder gebied, zowel op het vlak van abiotiek (expositie, sedimentdynamiek, ...) als van historiek van inrichting en beheer. De variatie in de vegetatie wordt vooral bepaald door verschillende factoren:

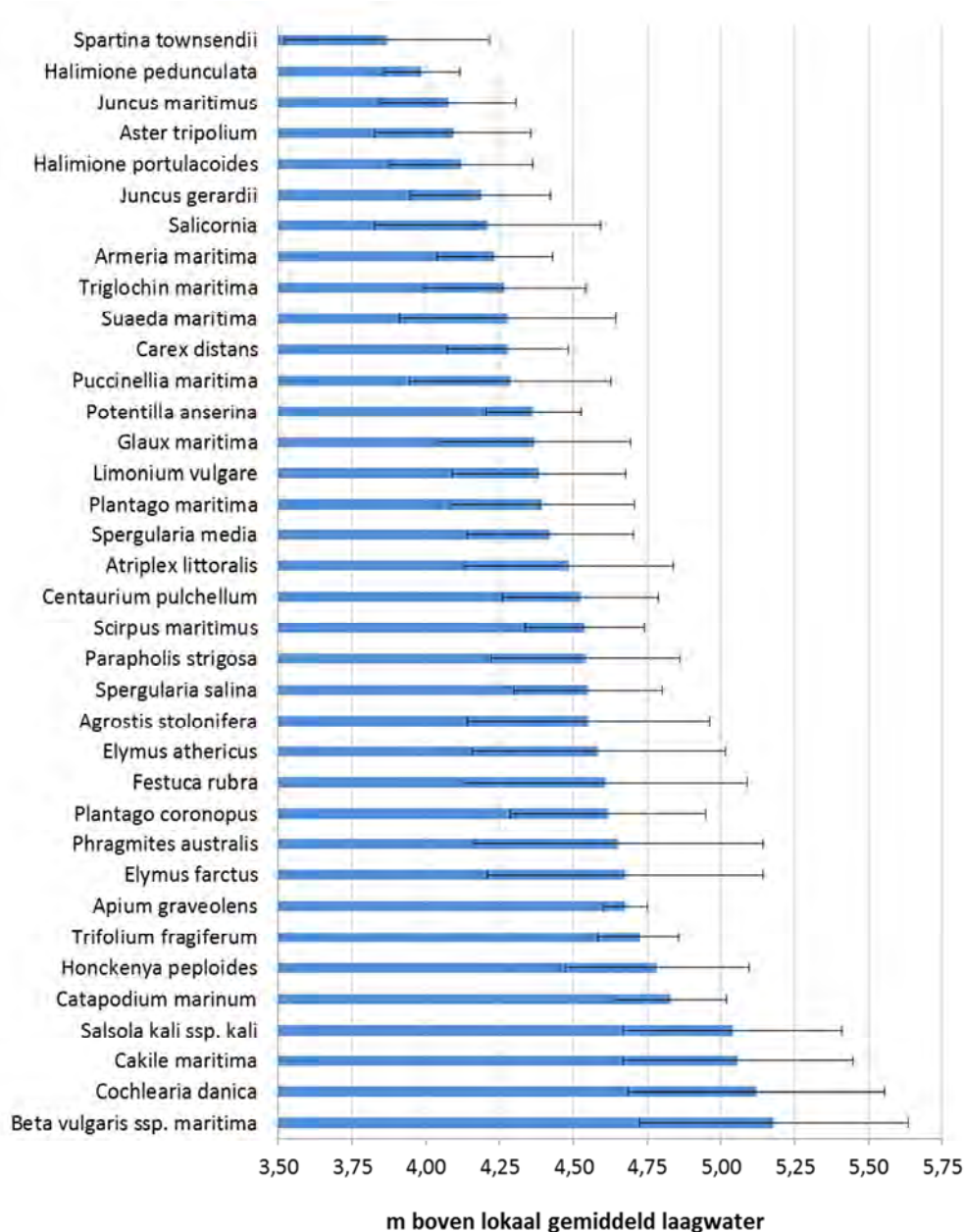
- In het intertidaal bepaalt de **mariene dynamiek** enerzijds de aard van het sediment (zand op locaties geëxposeerd aan golven; klei op luwe overstroomde locaties) en anderzijds de vestigingsmogelijkheden voor veel plantensoorten (mobiliteit van het substraat).

- De **overstromingsfrequentie**, in sterke mate bepaald door de hoogteligging, is verder differentiërend voor de potentiële vegetatieontwikkeling. Slechts enkele soorten zijn goed aangepast aan langdurige inundatie. Engels slijkgras spant hierbij de kroon; deze soort komt voor vanaf een hoogte van ca. 2,8 m boven lokaal laagwater. Ook zeekraal (vanaf 3,2 m), klein schorrenkruid en zeeaster (vanaf 3,6 m) worden geregeld in de dagelijks overstroomde terreindelen aangetroffen. Het merendeel van de obligaat zilte soorten heeft echter een sterk



overlappende range waarbinnen zij voorkomen, globaal tussen 3,8 en 5 m boven gemiddeld lokaal laagwater (figuur 4.5). Binnen deze range komen ook al soorten voor die eerder als 'zoet' gekenmerkt zijn zoals rood zwenkgras, fioningras en riet. Subtiële verschillen in overstromingstolerantie bepalen wel de concurrentieverhoudingen tussen de soorten.

- Binnen de zandige biotopen is in eerste instantie de **verstuivingsdynamiek** bepalend voor de vegetatieontwikkeling. Bij afname van die dynamiek treedt **successie** op naar mosduin en vervolgens, bij accumulatie van organisch materiaal in de bodem, naar duingrasland.



Figuur 4.5. Gemiddelde hoogte boven lokaal laagwater waarbij soorten in de zilte transecten worden aangetroffen.

- Ook op kleiige substraten speelt successie een belangrijke rol. Het bijsturen van die successie is zowel op klei als op zand gerelateerd aan **begrazing**.

- Tot slot worden terreindelen die minder onderhevig zijn aan mariene invloed sterk bepaald door de zomerdroogte. Vooral de hoger gelegen zandige terreinen zijn hieraan onderhevig en worden daardoor sterk gedifferentieerd van de **natte** zandige zones; de (primaire) duinvalleien of beschutte zandige strandvlaktes. Kleisubstraten werden van nature afgezet in lage terreindelen. Hier is de vochtgradiënt dus automatisch minder uitgesproken.

### 4.3 DETAILKARTERING VAN AANDACHTSSOORTEN

De detailkartering van aandachtssorten vaatplanten in het kader van BEK leverde ruim 34 000 punten en zo'n 200 vlakjes op. Tabel 4.3 geeft een overzicht van welke gebieden in welk jaar werden gekarteerd. Verder werden 469 fauna-punten ingemeten en 3320 punten met exoten. De bespreking van de aandachtssorten gebeurt per gebied in hoofdstuk 5.

Tabel 4.3. Overzicht van de detailkartering van aandachtssorten.

Jaar	Aantal punten	Belangrijkste gebieden
2015	6310	Baai van Heist, Bossen De Haan, Ter Yde
2016	12524	Westhoek, Sint-Laureinsduinen, Groenendijk
2017	3351	Houtsaegerduinen
2018	12061	Cabour, Noordduinen, Baai van Heist, Sashul
2019	32	
<b>Totaal</b>	<b>34278</b>	

### 4.4 BROEDVOGELS

#### 4.4.1 Methodiek

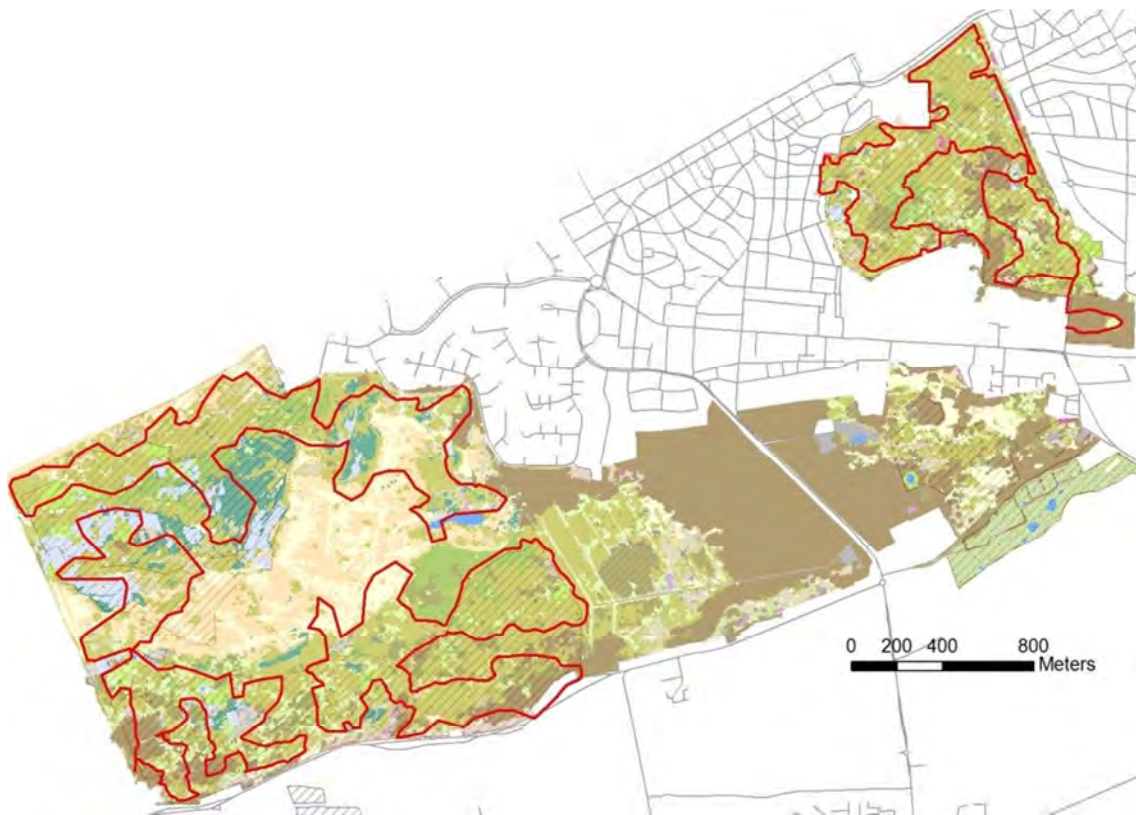
Uit de verwerking van broedvogelgegevens uit PINK 1 (Provoost et al. 2010; Provoost et al. 2011c) blijkt dat verschillende struweelbroeders het voorbije decennium sterk achteruit zijn gegaan. Het betreft vooral zomertortel, nachtegaal, fitis en kneu. Deze trend geldt niet enkel voor onze duinen, maar in ieder geval voor nachtegaal en zomertortel ook voor heel Vlaanderen en Nederland (SOVON Vogelbalans 2009; Vermeersch et al. 2013). De broedvogelinventarisatie binnen dit project legt dan ook de nadruk op struweelbroeders. De inventarisatie gebeurt volgens de methode van de territoriumkartering zoals bij de eerdere PINK inventarisaties (Provoost et al. 2010). De criteria voor het bepalen van de broedzekerheid hebben een sterke impact op de totale aantallen mogelijke, waarschijnlijke en zekere broedparen in een gebied. Recent werden deze criteria aangepast aan nieuwe inzichten en veranderde fenologie van soorten. Om de vergelijkbaarheid van de gegevens te verhogen, werden alle beschikbare gegevens uit PINK I (beide gebieden), PINK II (enkel De Westhoek) en de nieuwe waarnemingen met dezelfde, nieuwe criteria worden geanalyseerd alvorens vergelijkingen te maken (cfr. Hustings et al. 1995 versus van Dijk & Boele 2011). Hiervoor wordt gebruik gemaakt van het pakket AVIMAP, de autoclusteringstool voor broedvogelgegevens van SOVON. Om de vergelijkbaarheid van de gegevens bij verschillende karteringen te verhogen, werden de gevolgde routes binnen PINK duidelijk vastgelegd. Voor de Westhoek betreft het drie routes, met een totale lengte van 23,1 km, in de Houtsaegerduinen



liggen twee routes die samen 7,8 km lang zijn (figuur 4.6). De Houtsaegerduinen werden geïnventariseerd in 2015, De Westhoek in 2017.

#### 4.4.2 Resultaten

Uit een overlay tussen de territoria en enerzijds de vochtkaarten (zie hoofdstuk 3) en de vegetatiekaarten anderzijds, krijgen we een beeld van de ecologie van de broedvogelsoorten van duinstruweel. Figuur 4.7 geeft aan dat er drie soorten duidelijk vochtminnend zijn; fitis, Cetti's zanger en bosrietzanger. De mediane voorjaarsgrondwaterstand (gemiddeld over de periode 2014-2019) bedraagt bij deze soorten tussen 75 tot 85 cm onder maaiveld. Bij tuinfluiter, nachtegaal, braamsluiper, sprinkhaanzanger, zomertortel en grasmus ligt dit tussen 1,15 en 1,85 m onder maaiveld. Kneu is een buitenbeentje en lijkt veel minder aan vochtige terreinen gebonden. De kwartielen (die de helft van de waarnemingen omvatten) overspannen hier een range van grofweg tussen 1 en 6 meter.

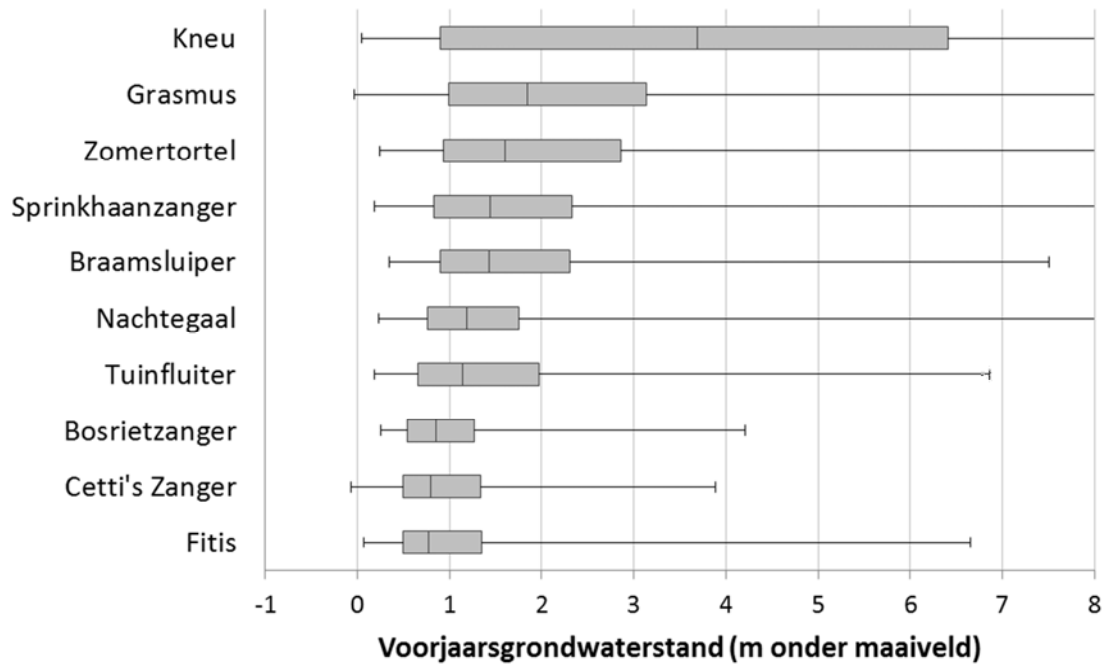


Figuur 4.6. Routes gevolgd voor de broedvogelinventarisaties.

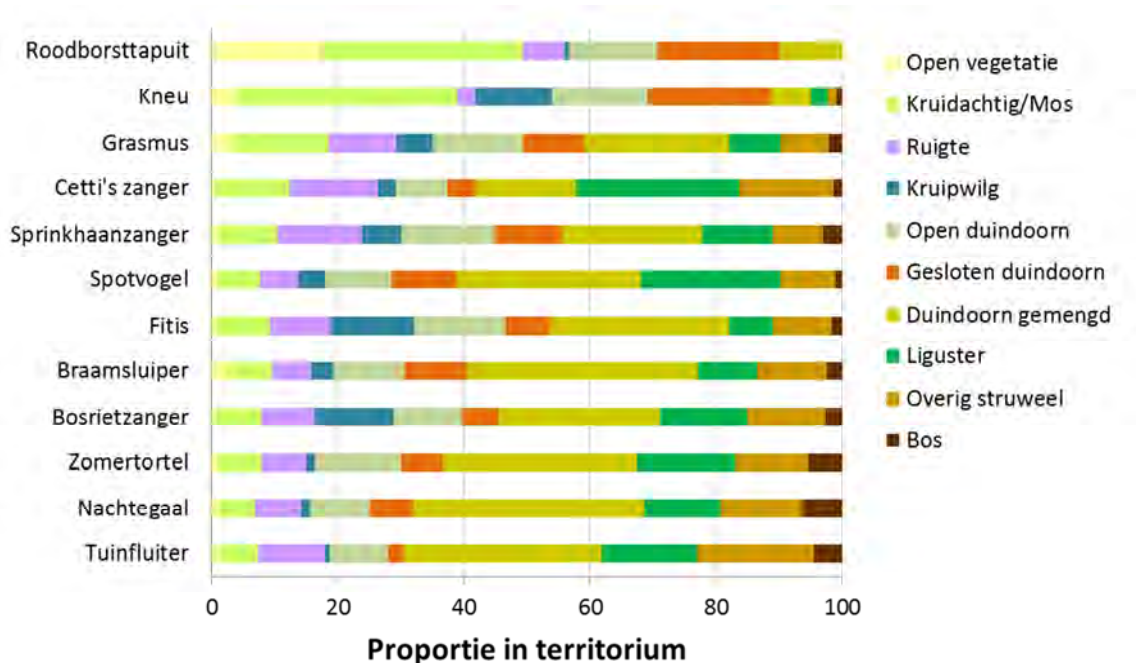
Figuur 4.8 geeft een beeld van de gemiddelde vegetatiesamenstelling van de territoria. Hier vormen kneu en roodborsttapuit de buitenbeentjes. De territoria van beide soorten bestaat voor ongeveer de helft uit lage vegetatie (kruidachtige vegetatie, mosduin en/of kaal zand). Bij de overige soorten bestaat het territorium voor 70 tot 85% uit struweel en zijn de verschillen tussen de soorten subtieler. Bij fitis en bosrietzanger maakt kruipwilg een relatief belangrijk deel uit van de vegetatie (12 à 13%), wat wellicht gerelateerd is aan hun voorkeur voor vochtige biotopen. Nachtegaal en tuinfluiter hebben de meest uitgesproken voorkeur voor opgaand struweel zoals meidoorn, sleedoorn of grauwe wilg. Samen met bomen neemt dit bij deze soorten ca. 20% van het territorium in beslag. Bij de overige soorten varieert dit tussen 10 (grasmus, fitis, sportvogel) en 15-17% (bosrietzanger, Cetti's zanger, zomertortel). Cetti's



zanger en spotvogel lijken goed geassocieerd met wilde liguster. Ligusterstruweel neemt gemiddeld respectievelijk 26 en 22% van het territorium in. Tot slot vertonen fitis en sprinkhaanzanger de duidelijkste voorkeur voor lage struwelen en ruigtes. Deze vegetatietypen bedekken bij deze soorten samen 34-37% van het territorium.



Figuur 4.7. Gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (periode 2014-2018) ter hoogte van de zangposten van de struweelbroedvogels.



Figuur 4.8 Gemiddelde vegetatiesamenstelling van de territoria van de struweelbroedvogels.

Tabel 4.4 geeft de aantallen (waarschijnlijke + zekere) broedgevallen weer in de Westhoek en de Houtsaegerduinen op basis van de tellingen in PINK en BEK. Oudere gegevens zijn moeilijk



vergelijkbaar omwille van veranderingen in methode (o.m. aanpassingen aan fenologieverschuivingen) of ander studiegebied.

Soorten van het open duinlandschap vertonen in De Westhoek een verdere achteruitgang. Van graspieper zijn in 2017 nog slechts 3 broedgevallen vastgesteld, in vergelijking met 15 koppels in 2008 en vergelijkbare aantallen (met andere criteria) voor de periode 1997-1998 (Bonte et al. 2001). Van kuifleeuwerik was er recent geen enkel broedgeval meer. De open helmduinen in het gebied zijn dan ook verder achteruitgegaan, zowel in de zeereep als ter hoogte van het voormalige loopduin (Provoost et al 2019). In de Houtsaegerduinen werden zowel in 2008 als in 2015 van geen enkele typische soort van open duinen broedindicaties waargenomen.

Soorten van het halfopen duinlandschap, van mozaïeken tussen grasland, open duin en opgaande vegetatie blijven doorgaans min of meer stabiel of gaan er zelfs op vooruit. Zo is het aantal koppels boomleeuwerik in de Westhoek toegenomen van 1 naar 6 en is de soort ook als broedvogel opgedoken in de Houtsaegerduinen. Boomleeuwerik wordt in verschillende open biotooptypen waargenomen, zowel in gefixeerde stuifduinen, duingraslanden, duinvalleien als grasruigten. Kneu daarentegen doet het veel minder goed. Het aantal koppels is ongeveer gehalveerd ten opzichte van 2008: van 21 naar 13.

De soorten van natte ruigtes blijven min of meer stabiel. Het is echter moeilijk om hier onderbouwde uitspraken over te doen gezien de soorten allemaal zeldzaam zijn. Enkel kleine karekiet breidt sterk uit, van 2 koppels in 2008 naar 10 in 2017. Dit heeft vooral te maken met de rietontwikkeling in het Zwarte Dal. Gezien 2013 een opvallend nat jaar was, zien we in De Westhoek een opvallende piek in de watervogels (dodaars, meerkoet, slobeend, wilde eend, evenals rietzanger en waterral).

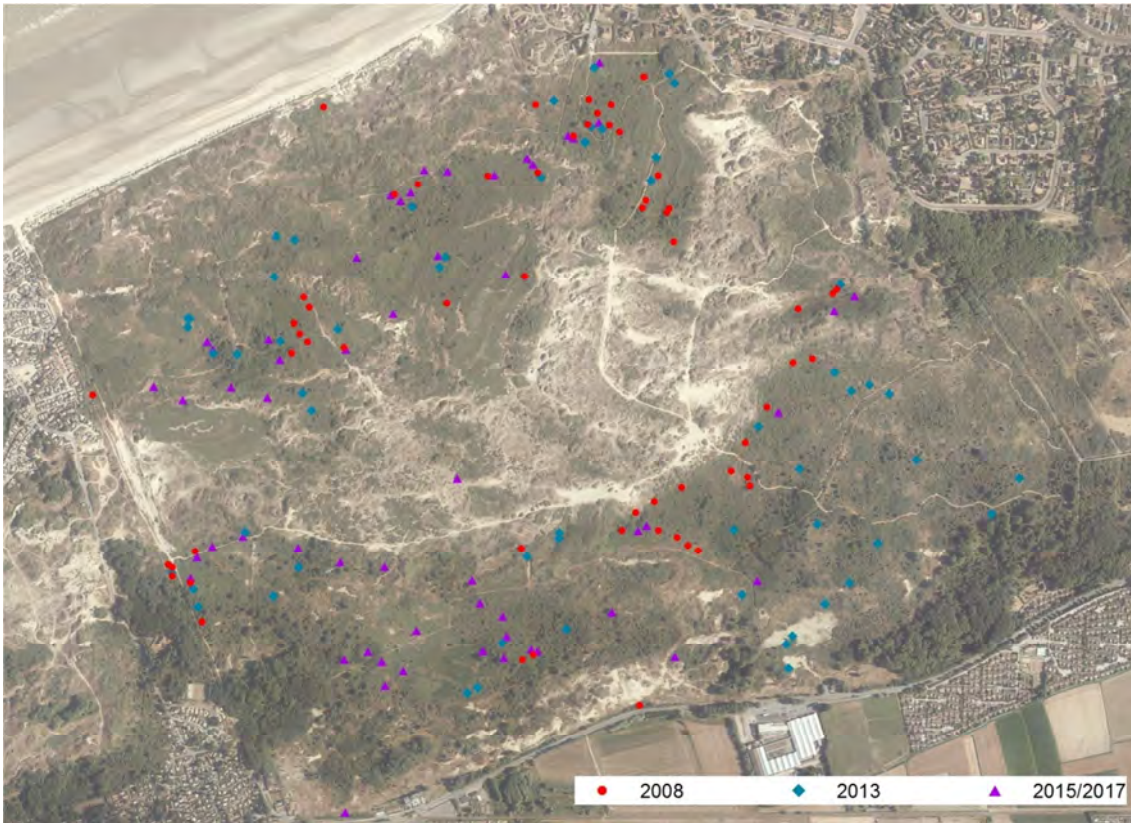
Trends in de struweelvogels geven geen eenduidig beeld. In De Westhoek gaan zowel braamsluiper, grasmus als sprinkhaanzanger er op vooruit ten opzichte van 2008. In de Houtsaegerduinen vertonen naast grasmus en sprinkhaanzanger ook nachtegaal, tuinfluiter en zelfs zomertortel een toename. Een duidelijke negatieve trend is enkel te zien bij spotvogel in de Houtsaegerduinen en in mindere mate nachtegaal in De Westhoek. De overige soorten vertonen geen duidelijke trend, al dan niet met grote populatieschommelingen zoals bij Cetti's zanger en fitis (in De Westhoek) het geval lijkt te zijn. Het natte jaar 2013 geeft ook een piek voor fitis maar blijkbaar niet voor Cetti's zanger en bosrietzanger, de overige twee vochtminners. Van orpheusspotvogel, geelgors en kleine barsijs werd telkens één broedgeval vastgesteld. Hier kunnen geen trends uit worden afgeleid.

De bossoorten tot slot geven ook een relatief stabiel beeld, al zijn de aantallen doorgaans te klein om verantwoorde uitspraken te doen. Wielewaal, een belangrijke aandachtsoort voor de populierenbossen in de duinen, blijkt in lage aantallen stand te houden.

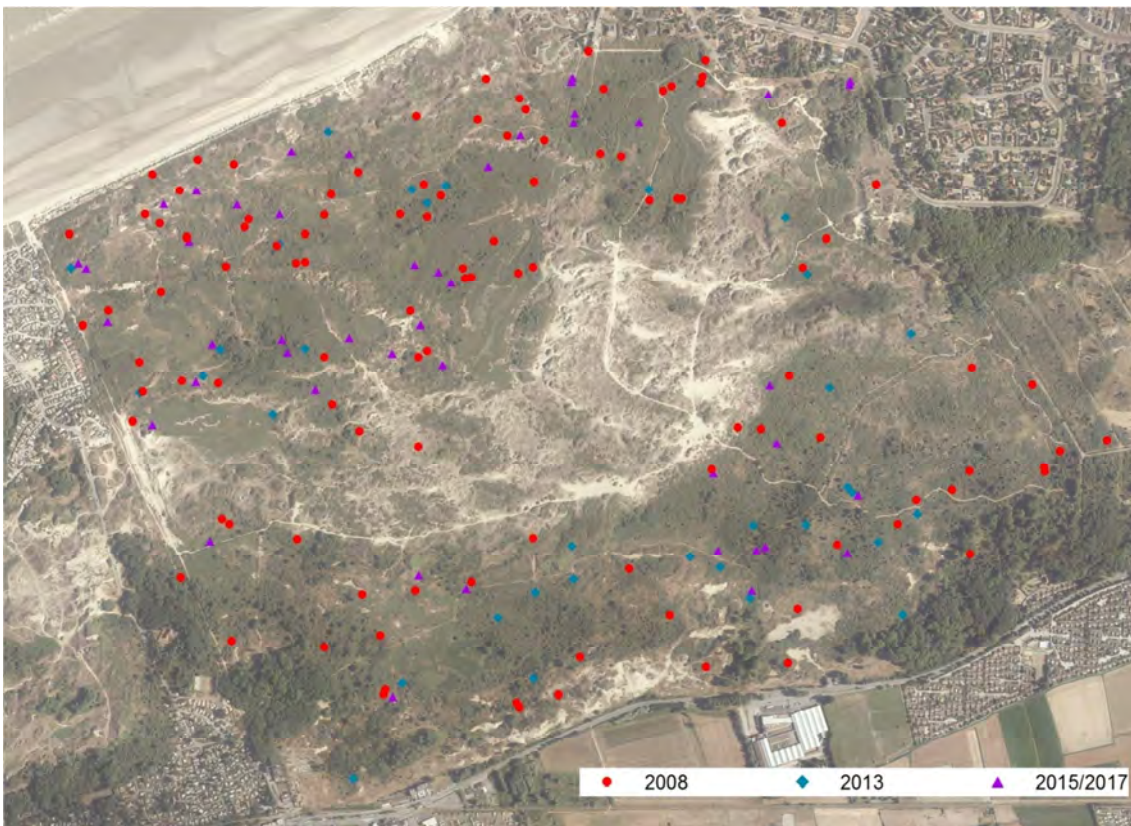
Figuren 4.6-4.15 geven de kartering weer van de zangposten van de verschillende struweelsoorten in De Westhoek voor drie gekarteerde perioden. Bij bosrietzanger (figuur 4.9) zien we ondanks de gelijkaardige aantallen territoria toch ruimtelijke verschuivingen. Vermoedelijk hebben die te maken met verschillende vochttoestanden. In het natte jaar 2013 lijkt de soort de ruimste verspreiding te vertonen terwijl die zeker in het drogere jaar 2017 meer compact is. Dit lijkt ook voor de andere vochtminner Cetti's zanger zo te zijn (figuur 4.11). Bij fitis, de derde duidelijk vochtminnende soort, zijn die ruimtelijke patronen niet meteen duidelijk (de soort blijft gelijkmatig verdeeld over het gebied, zie figuur 4.12) maar zien we wel een piek in het aantal territoria in het natte jaar 2013.

Tabel 4.4. Broedvogelaantallen (waarschijnlijk + zeker) in de Westhoek en Houtsaegerduinen.

		Westhoek			Houtsaegerduinen	
		2008	2013	2017	2008	2015
Open duin	Gele kwikstaart	1				
	Graspieper	15	7	3		
	Grauwe gans	1	1			
	Kievit		4			
	Kuifleeuwerik	3	5			
	Patrijs		1			
Halfopen duin	Bergeend	2				
	<b>Boomleeuwerik</b>	1	1	6		1
	Geelgors		1			
	Kneu	21	15	13	1	1
	Koekoek	6	7	4	2	1
	Putter			1		
	Roodborsttapuit	9	4	12		
Torenavalk	1					
Natte ruigte	<b>Blaauwborst</b>	1		1		
	Graszanger	5				
	Kleine karekiet	2	6	10		
	Rietgors	3	1	2		
	Rietzanger	1	4	1		
	Waterral		2			
	Woudaap			1		
Water	Dodaars	2	4	1		
	Meerkoet	2	7			
	Slobeend		2			
	Waterhoen	4	1			
	Wilde eend	1	5			
Struweel	Bosrietzanger	40	41	38	3	6
	Braamsluiper	18	14	35	11	9
	Cetti's zanger	28	10	19	3	
	Fitis	78	102	82	8	8
	Grasmus	108	103	186	24	29
	Nachtegaal	48	45	38	8	12
	Orpheusspotvogel			1		
	Spotvogel	8	9	9	6	2
	Sprinkhaanzanger	29	27	51	4	7
	Tuinfluitier	36	29	38	10	14
	Zomertortel	16	22	14	3	5
Opgaand struweel/Bos	Goudvink	5		2	1	1
	Groenling	1	4	1		1
	Tijftjaf	88	81	127		
	Zwartkop	50	66	86		
Bos	Boomkruiper	2	1	2	2	1
	Gaai	5	8		1	
	Grauwe vliegenvanger	1	3			
	Grote lijster		1		1	
	Holenduif		3		1	
	Kleine bonte specht				1	
	Roodborst	10	13	11		
	Staartmees	9	4	4		
	Vink	3	2	4		
	Wielewaal	2	3	1		2

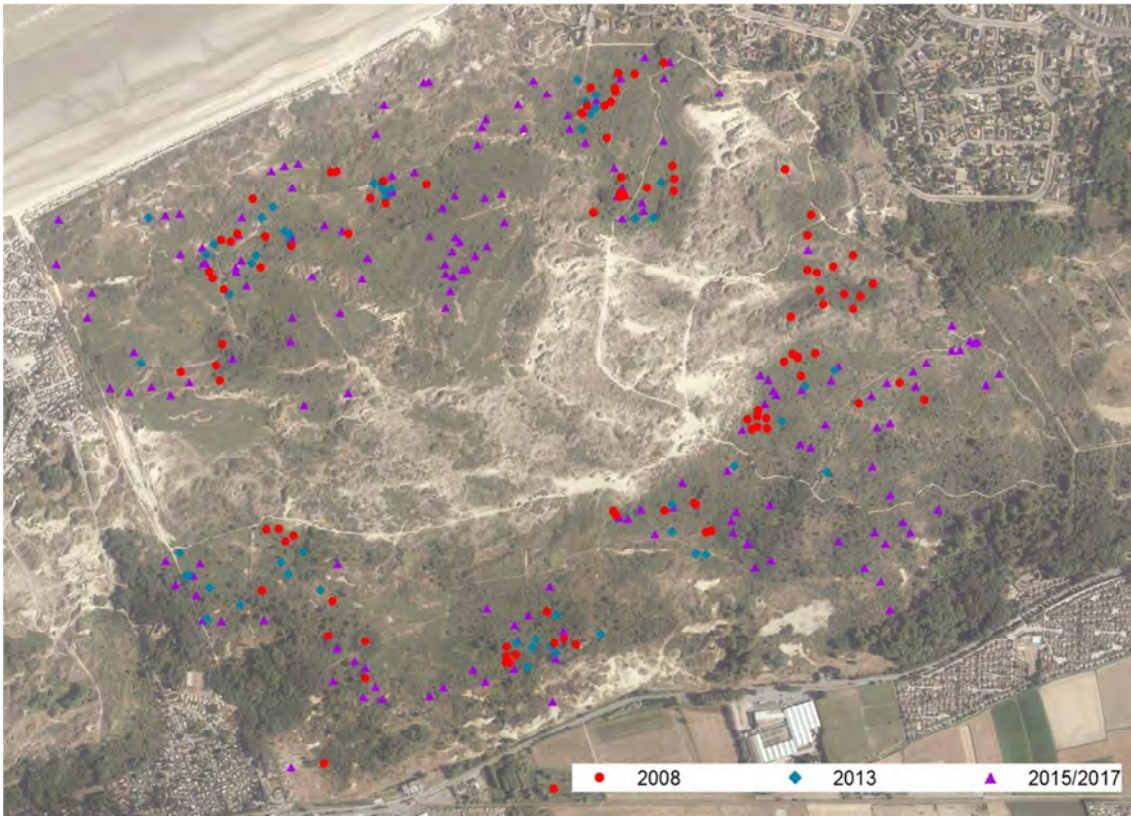


*Figuur 4.9. Gekarteerde zangposten van bosrietzanger in De Westhoek in drie verschillende perioden.*

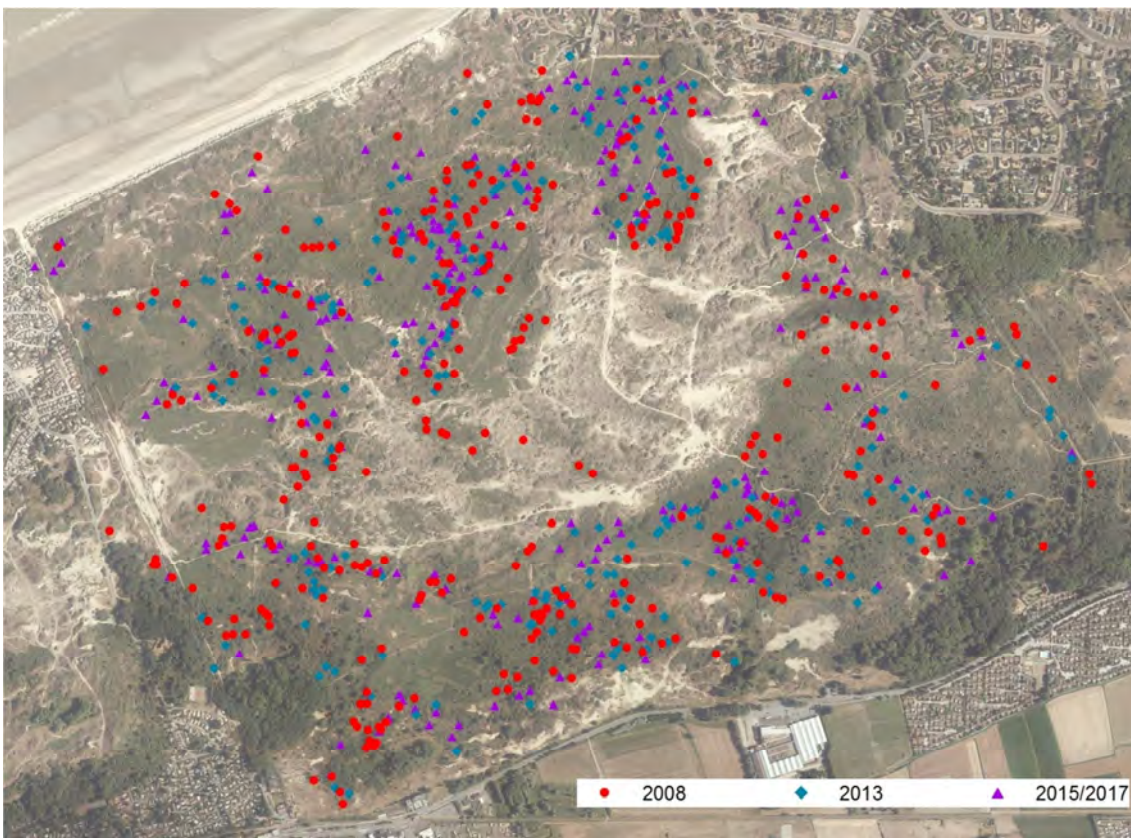


*Figuur 4.10. Gekarteerde zangposten van braamsluiper in De Westhoek in drie verschillende perioden.*





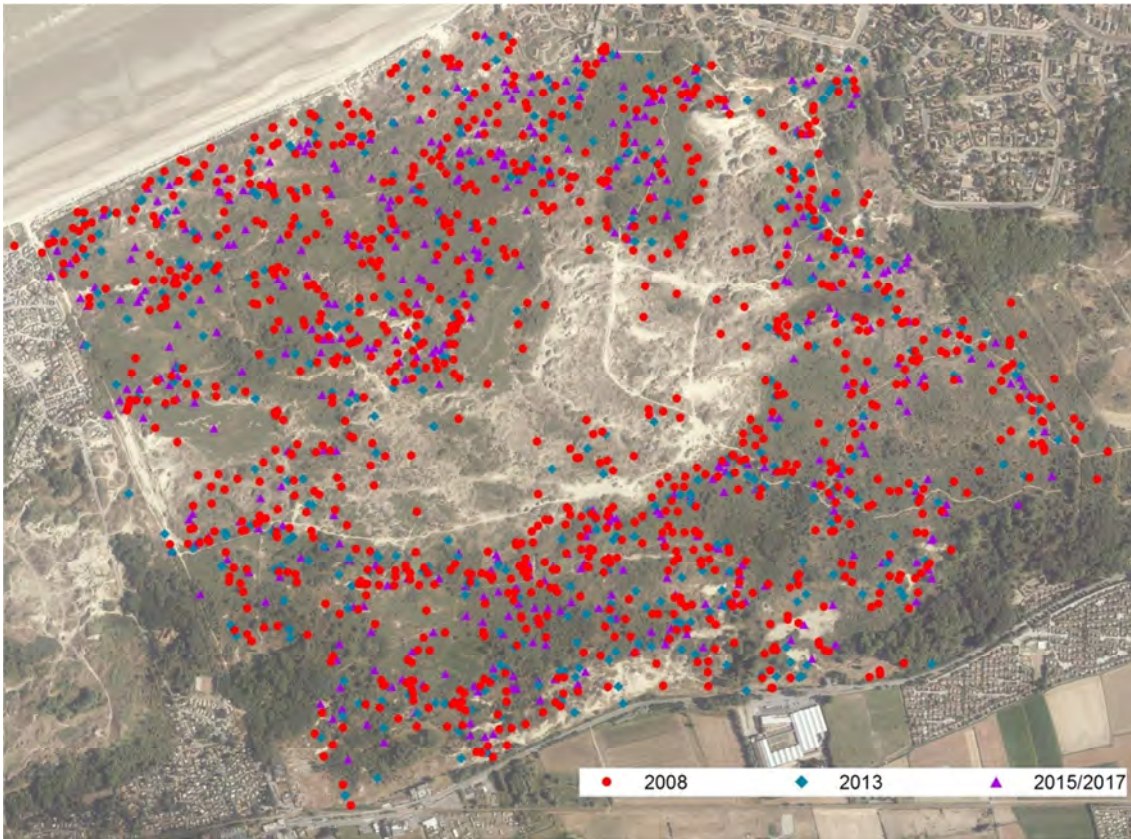
*Figuur 4.11. Gekarteerde zangposten van Cetti's zanger in De Westhoek in drie verschillende perioden.*



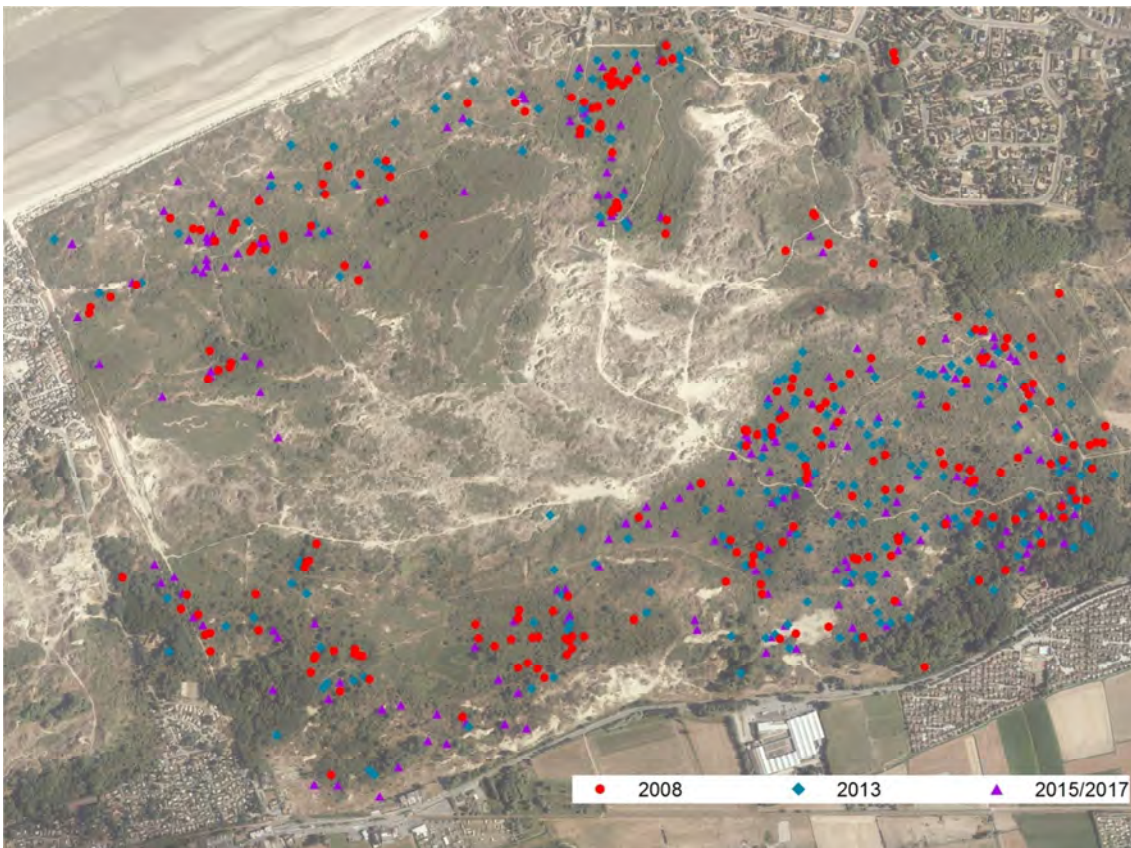
*Figuur 4.12. Gekarteerde zangposten van fitis in De Westhoek in drie verschillende perioden.*



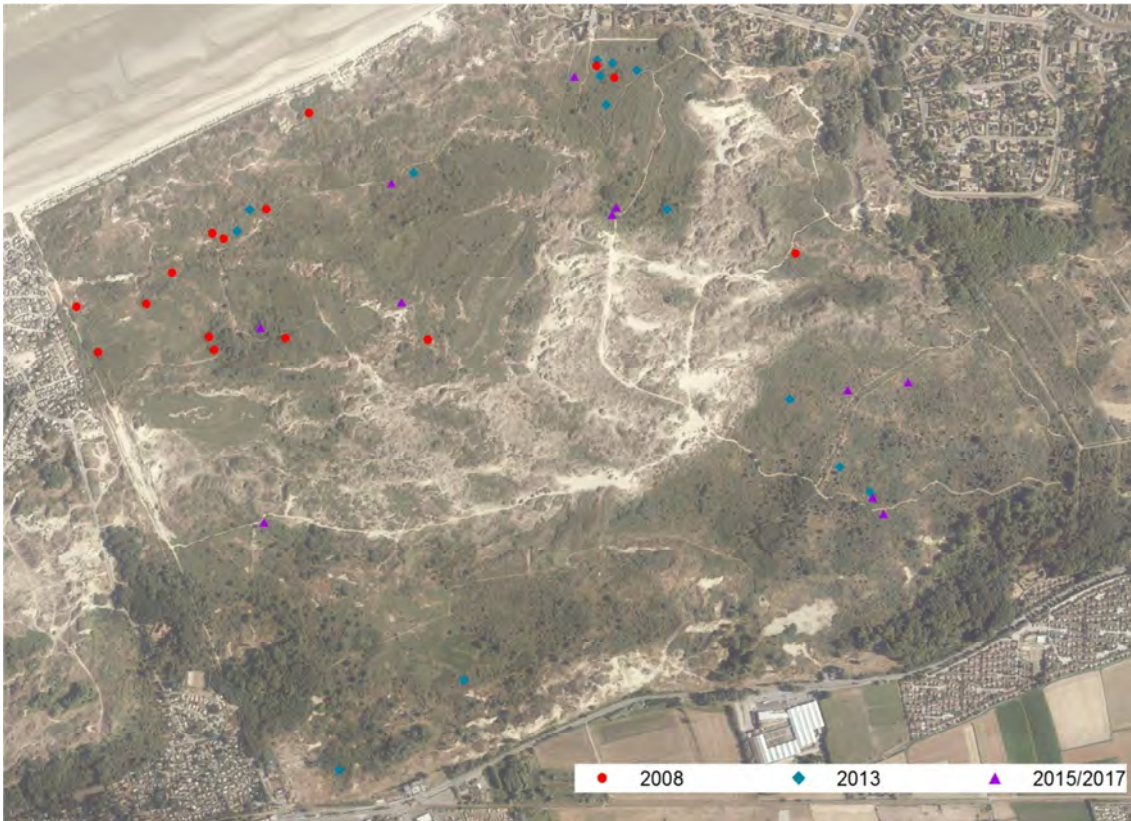




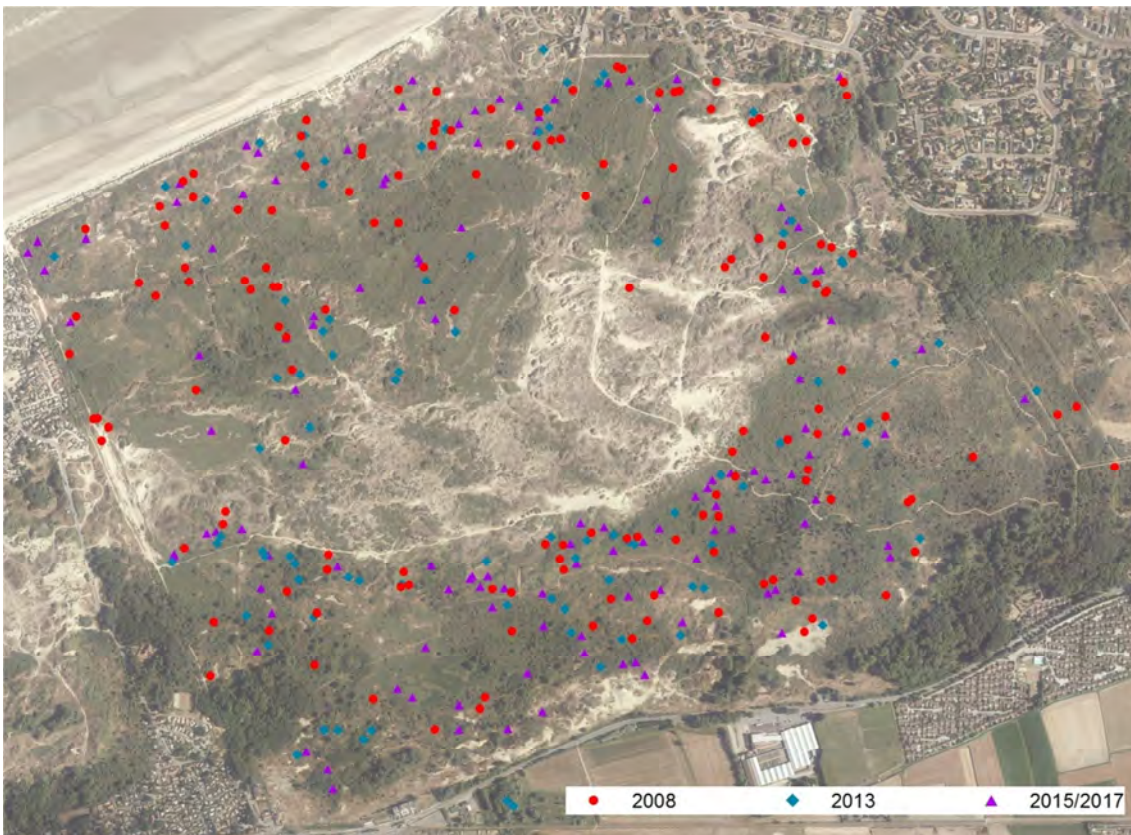
*Figuur 4.13. Gekarteerde zangposten van grasmus in De Westhoek in drie verschillende perioden.*



*Figuur 4.14. Gekarteerde zangposten van nachtegaal in De Westhoek in drie verschillende perioden.*

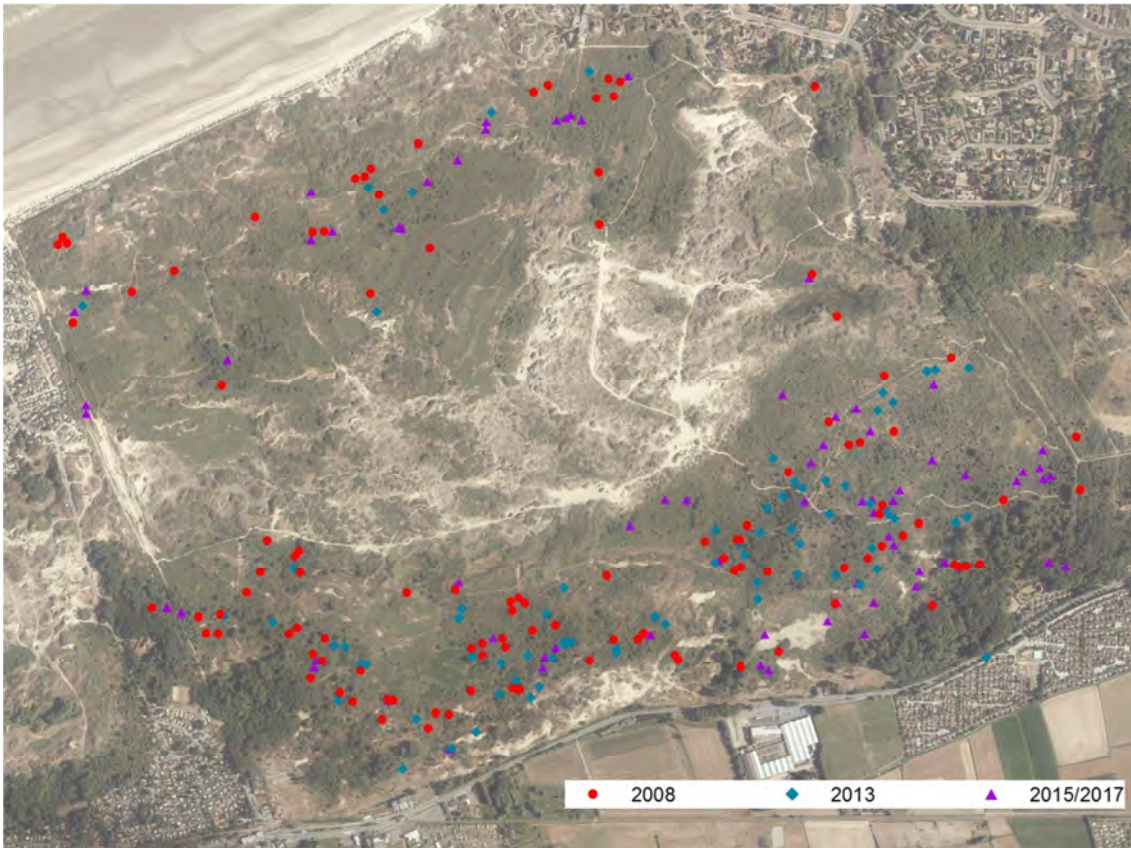


Figuur 4.15. Gekarteerde zangposten van spotvogel in De Westhoek in drie verschillende perioden.

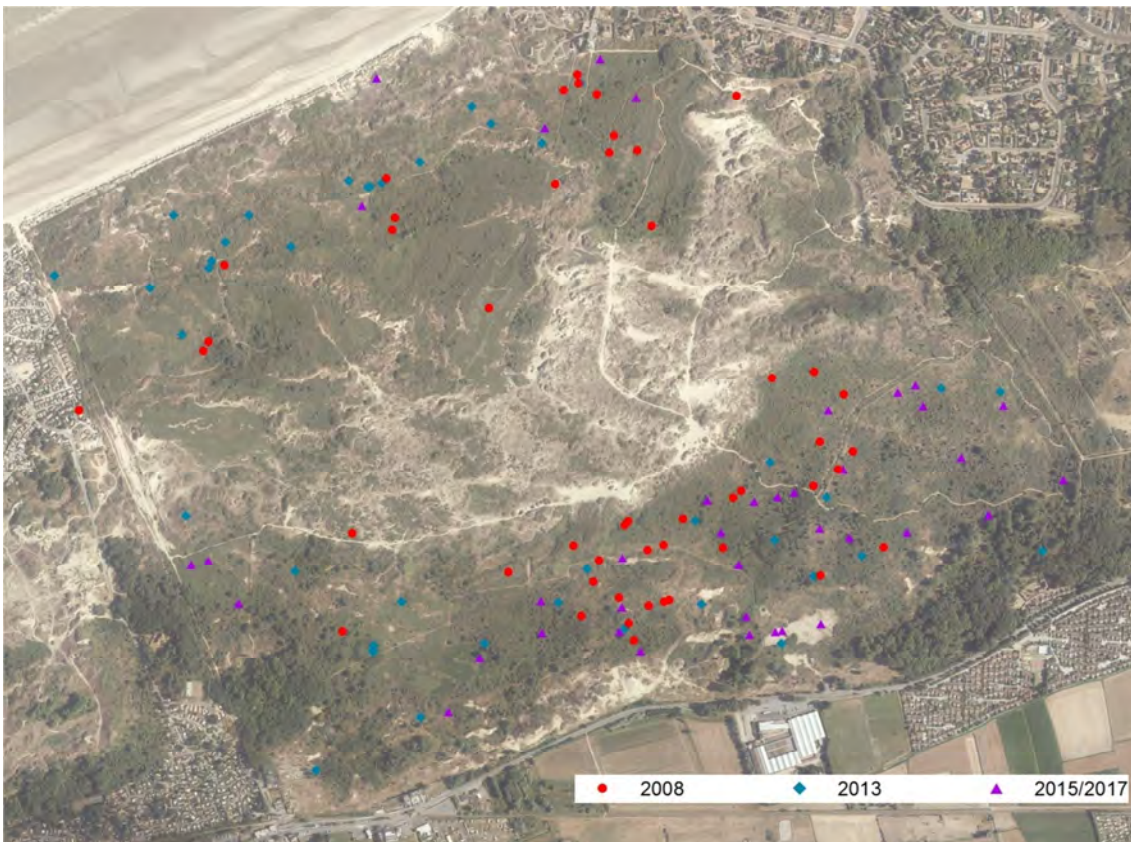


Figuur 4.16. Gekarteerde zangposten van sprinkhaanzanger in De Westhoek in drie verschillende perioden.





Figuur 4.17. Gekarteerde zangposten van tuinfluiter in De Westhoek in drie verschillende perioden.



Figuur 4.18. Gekarteerde zangposten van zomertortel in De Westhoek in drie verschillende perioden.



Zowel bij braamsluiper (figuur 4.10), grasmus (4.11) als sprinkhaanzanger (4.14) lijkt de toename van het aantal territoria verspreid over het hele gebied te gebeuren. Ook bij nachtegaal blijft het ruimtelijk patroon min of meer behouden, al neemt het aantal territoria licht af. Bij tuinfluiter blijven zowel het patroon als het aantal broedgevallen min of meer constant. Hier zien we een duidelijke ruimtelijke concentratie binnen de rijpere, opgaande struwelen. Struwelen gedomineerd door kruipwilg, duindoorn of liguster met weinig structuurvariatie worden gemeden (figuur 4.17). Bij zomertortel is het patroon in 2008 en 2017 vergelijkbaar; in de tussenliggende periode 2013 is er een expansie, zowel van het aantal territoria als het ingenomen deel van het gebied (figuur 4.18). Spotvogel ten slotte (figuur 4.15) is een zeldzame struweelbroeder die wel enige ruimtelijke variabiliteit vertoont. In 2017 bijvoorbeeld werden enkel in het noordelijk deel van het gebied territoria vastgesteld.

## 4.5 AMFIBIEËN

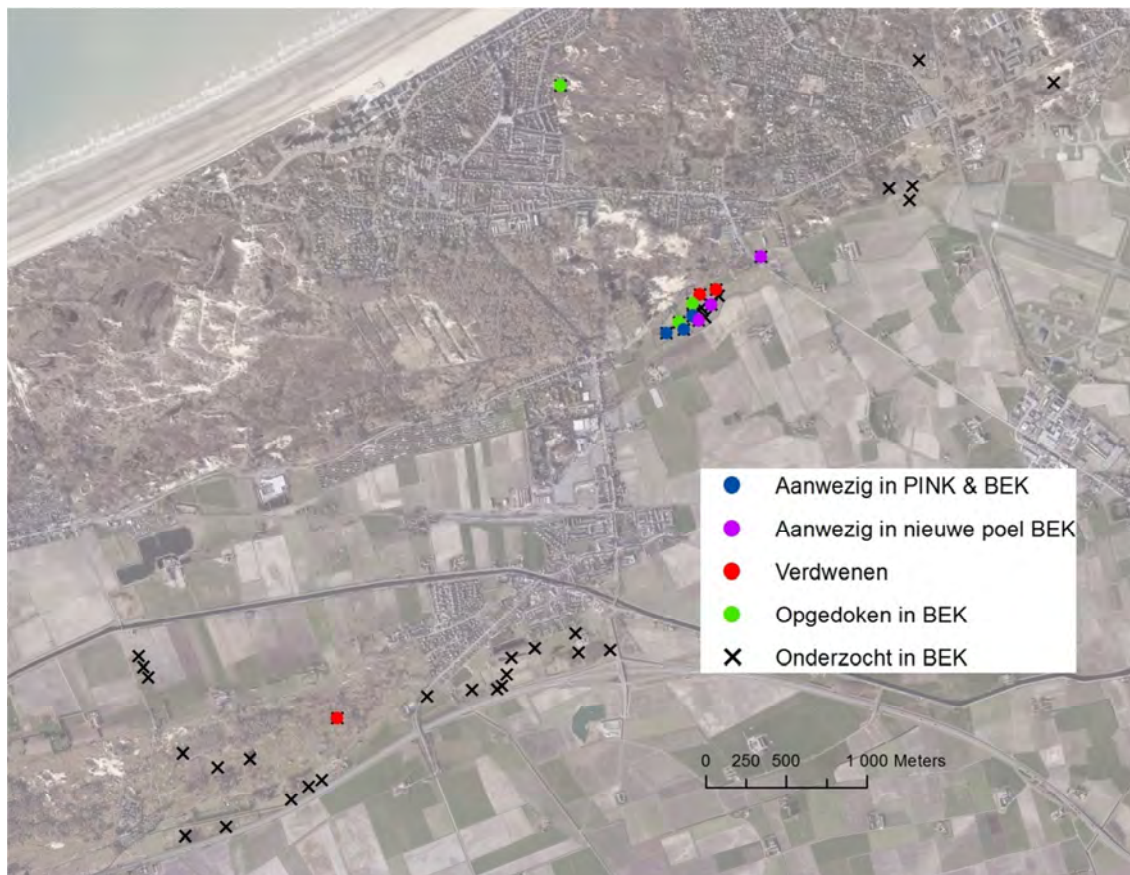
Binnen deze opdracht ligt de nadruk op de aandachtsoorten kamsalamander (bijlage II) en rugstreeppad, bijlage IV van de habitatrichtlijn. Hiervoor werden in totaal 41 poelen op het voorkomen van amfibieën gecontroleerd; 22 in Cabour/Garzebekeveld (2017), 14 in de Oosthoek/Houtsaegerduinen (2016) en 5 in de Noordduinen (2016). Deze set omvat 13 poelen die niet eerder in het kader van PINK werden onderzocht. De methodiek blijft ongewijzigd. Hiervoor verwijzen we naar de PINK rapporten (Provoost et al. 2010 & 2015). Voor een overzicht van alle resultaten verwijzen we naar bijlage 4.1.



Figuur 4.19. Verspreiding van kamsalamander in de zwinduinen op basis van PINK (groene bollen) en het soortenmeetnet (rode bollen).



In de Zwinduinen werd de spectaculaire uitbreiding van boomkikker uitgebreid gedocumenteerd door Rudi Vantorre (met honderden roepende manntjes is de ruime Zwinstreek) en in PINK 2 stelden we reeds de sterke uitbreiding van kamsalamander vast (Provoost et al. 2015). Daarom werden in dit gebied geen extra inspanningen geleverd voor amfibieëninventarisaties. In het kader van de meetnetten voor de monitoring van Europees belangrijke en beleidsrelevante soorten voor Vlaanderen werd op drie plaatsen kamsalamander vastgesteld in de Zwinduinen. De poel ZWI\_005 in de Kleyne Vlakte is een locatie waar de soort nog niet eerder werd aangetroffen. Ook ZWI\_069 in het Zwinpark betreft een nieuwe locatie maar deze poel werd nog niet eerder onderzocht (figuur 4.19).



Figuur 4.20. Resultaten van de inventarisatie van kamsalamander.

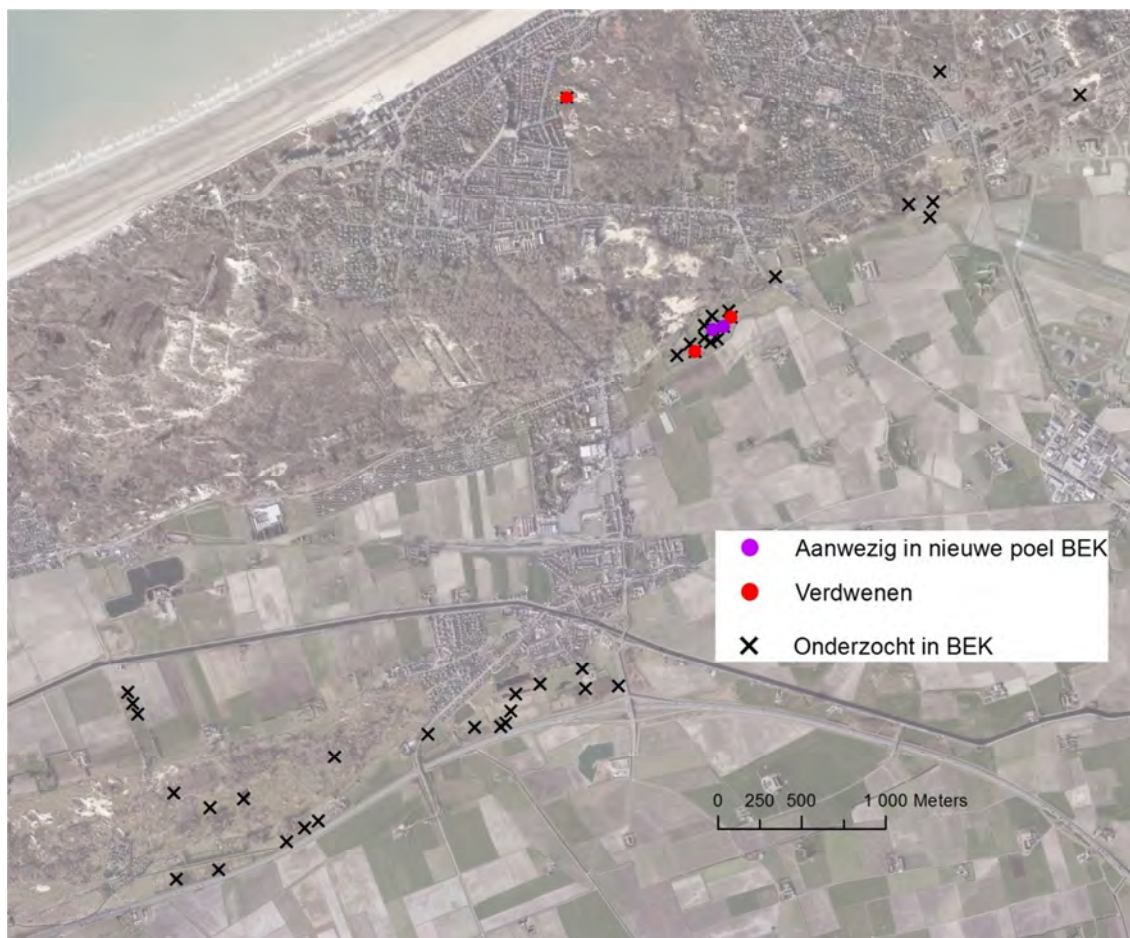
De situatie voor kamsalamander wordt weergegeven in figuur 4.20. In de 22 onderzochte poelen in Cabour/Garzebekeveld werd de soort binnen deze opdracht niet waargenomen. In 2009 werden nog 2 individuen vastgesteld in CAB\_013 maar dit waren, voor zover wij weten, de laatste waarnemingen van de soort in het gebied. Aan de duinzoom van de Oosthoek werd wel kamsalamander gevonden in de meeste onderzochte poelen. Het betreft bevestiging van gekende locaties maar ook nieuwe vestigingen in HOSP\_010 en 16. Anderzijds is in HOS\_007 en 9 geen kamsalamander aangetroffen. De soort blijft dus goed vertegenwoordigd in het gebied maar de bezetting van de individuele poelen blijkt variabel. Ook in een nieuw onderzochte poel ten oosten van de Veurnestraat bleek kamsalamander te zitten. Samengevat lijkt de verspreiding van de soort in De Panne stabiel te blijven. Er lijkt echter nog steeds geen uitbreiding naar het oosten, in de richting van Belvédère-Noordduinen.



Rugstreeppad doet het in de onderzochte poelen minder goed (figuur 4.21). In HOS\_001 in de Marktlaan-panne in de Houtsaegerduinen werd geen rugstreeppad meer gevonden. Wellicht is het milieu in de onmiddellijke omgeving van poel door successie niet meer geschikt voor de soort. In de duinzoom Oosthoek werd geen uitbreiding vastgesteld. We vonden rugstreeppad op slechts twee locaties; de grote depressie HOS\_019 en een sloot vlakbij (HOS\_026). Op 8 onderzochte locaties werd geen rugstreeppad aangetroffen. Volgens lokaal expert Koen Verschoore vertoont de populatie sterke schommelingen afhankelijk van de waterstanden in het voorjaar maar blijft die stabiel op langere termijn. Het blijft belangrijk om de soort in het gebied goed op te volgen. Regelmatig herstellen van pioniersituaties door het ruimen van poelen kan ook tijdelijk een positief effect hebben op de populatie.

Rugstreeppad is nog aanwezig in de Noorduinen (cfr. genetisch onderzoek) maar werd niet aangetroffen in de twee onderzochte poelen NOD\_001 en 2. Het zijn echter niet de meest optimale poelen voor deze soort. Ook in de Belvédère, tussen de Oosthoek en Noorduinen vonden we geen rugstreeppad.

In Cabour ten slotte, werd in 2017 evenmin rugstreeppad aangetroffen. De poelen binnen het natuurontwikkelingsproject aan de Maerestraat, ten noorden van Cabour zijn ondertussen wel door de soort gekoloniseerd en hebben er een blijvende populatie (med. boswachter Johan Lamaire).



Figuur 4.21. Resultaten van de inventarisatie van rugstreeppad.

Het ecologisch verbinden van de verschillende duingebieden voor amfibieën blijft een belangrijke uitdaging. Aan de westkust moet dit vooral gebeuren door natte natuurontwikkeling aan de binnenduinenranden. Onder meer de Belvédère is in dit opzicht een cruciaal gebied. Mogelijk kan natuurontwikkeling op de recent aangekochte terreinen van de Simpelaereduinen zorgen voor de ontbrekende schakel tussen Houtsaegerduinen en Oosthoek enerzijds en Belvédère/Noorduinen anderzijds. Daarbij moet wel gezorgd worden voor een geschikt milieu voor zowel rugstreeppad als kamsalamander. Dus zowel open terrein en ondiepe depressies als structuur en een aantal permanent waterhoudende poelen zijn van belang.

## 4.6 LIBELLEN

In het kader van BEK werden 28 poelen op libellen geïnventariseerd (tabel 4.5). De methodiek was dezelfde als in de PINK projecten (Provoost et al. 2010). De meeste poelen werden al een of tweemaal geïnventariseerd tijdens PINK I en II, 5 poelen werden voor het eerst bezocht. Het aantal waargenomen soorten per poel bedroeg tijdens beide inventarisatiecampagnes gemiddeld ongeveer 13 (verschillen zijn niet significant, t-toets  $p > 0,05$ ).

Het totaal aantal waargenomen soorten in deze selectie van poelen bedroeg 28 tijdens PINK en 32 in BEK (tabel 4.6). Drie soorten werden niet meer waargenomen: venwitsnuitlibel, smaragdlibel en zuidelijke oeverlibel. Daar tegenover staan 7 nieuwe soorten: zwarte en zuidelijke heidelibel, gevlekte witsnuitlibel, tengere pantserjuffer, variabele waterjuffer. Deze laatste twee soorten werden tijdens PINK wel waargenomen maar niet in de geïnventariseerde poelen. Glassnijder en vroege glazenmaker vertonen een algemene uitbreiding in Vlaanderen en zelfs België. Dit proces is ook voor tengere pantserjuffer al een tijd aan de gang. Van alle nieuw waargenomen soorten werden hoogstens 3 individuen aangetroffen.

Gemeten in het aantal poelen waarin soorten worden aangetroffen, lijken de meeste soorten zich uit te breiden; 18 soorten worden in meer poelen, 4 in minder poelen waargenomen (verschil  $> 1$ ). Gemiddeld komen alle soorten in BEK in 20% meer poelen voor dan tijdens PINK. Da aangetroffen soorten zijn doorgaans algemeen op regionale schaal. Relatief sterke uitbreiders ( $> 25%$ ) zijn gewone pantserjuffer, houtpantserjuffer, bloedrode heidelibel, grote roodoogjuffer, zwervende pantserjuffer, paardenbijter, vuurlibel, viervlek en lantaartje. Gewone pantserjuffer was tot enkele jaren geleden een zeldzame verschijning aan de kust, maar heeft zich nu ook als residente soort gevestigd. Kleine roodoogjuffer, tengere grasjuffer en zwervende heidelibel gaan het sterkst achteruit (in ca. 15% minder poelen waargenomen). Globaal lijkt er een afname op te treden van het gemiddeld aantal individuen per soort maar door de hoge variabiliteit is dit moeilijk hard te maken. Vermoedelijk speelt er ook een 'verdunningseffect' doordat soorten die voor het eerst in een poel worden aangetroffen daar veelal in lage aantallen voorkomen (dit is bijvoorbeeld het geval bij houtpantserjuffer en viervlek). Toch zien we bij bruine winterjuffer en tengere grasjuffer ook een duidelijke achteruitgang van het aantal individuen per poel. Het lijkt er dus op dat de poelen voor beide soorten, wellicht door vegetatiesuccessie minder geschikt zijn geworden. Vooral bij bloedrode heidelibel, gewone en zwervende pantserjuffer is naast een toename in aantal bezette poelen ook een duidelijke toename van het gemiddeld aantal individuen te zien. Deze soorten lijken dus het meest gebaat bij de globale evolutie van poelen en andere milieuocondities.

Wat betreft evolutie van individuele poelen zien we globaal een relatief grote stabiliteit in soortenaantallen (tabel 4.5). In drie poelen gaat het aantal sterk achteruit: ZWI\_011 (-8), HS\_005 (-6) en HOS\_006 (-4). In drie andere poelen komen er telkens 5 soorten bij: NOD\_010, WES\_038 en ZWI\_008. Verder vertonen ook CAB\_001, WES\_037, HOS\_008, TYD\_021, ZWI\_001, ZWI\_009 en ZWI\_107 grote veranderingen in de soortensamenstelling.



Tabel 4.5. Aantal waargenomen libellensoorten per poel.

	PINK	BEK
CAB_001	19	17
CAB_008		9
CAB_010	15	15
CAB_028		17
HOS_005	17	11
HOS_006	17	13
HOS_008	10	11
IJZ_007		7
IJZ_008		11
IJZ_009		5
IJZ_011		9
MID_014	11	14
NOD_010	7	12
SBE_006	12	14
TYD_021	13	14
WES_008	10	10
WES_031	10	9
WES_037	9	12
WES_038	18	23
ZWI_001	14	12
ZWI_008	12	17
ZWI_009	13	16
ZWI_011	16	8
ZWI_106	12	15
ZWI_107	13	14
ZWI_115	14	13
ZWI_135	17	17
ZWI_136	15	16
<b>Gemiddeld</b>	<b>13,4</b>	<b>12,9</b>
<b>StDev</b>	<b>3,2</b>	<b>3,8</b>

Tot slot overlopen we enkele factoren die de resultaten van de libellentellingen (sterk) kunnen beïnvloeden:

- **Tijdstip:** alle soorten hebben een piekperiode, waarin ze het talrijkst zijn. Als er voor of na deze piek geteld wordt, zullen de aantallen navenant lager liggen.
- **Uitsluiperperiode:** als de telling plaatsvindt op het moment dat een soort massaal uitsluipt, kunnen de aantallen zeer hoog liggen.
- **Waterstand:** poelen waar nog maar weinig of geen water in staat, trekken nog weinig libellen aan. In ZWI\_115 bijvoorbeeld ging het aantal gaffelwaterjuffers van 3477 op 26-06-2014 naar 17 op 26-05-2017.
- **Successie:** een (pioniers)poel met weinig of geen vegetatie, en een poel met veel vegetatie in het water en/of langs de oever hebben een sterk verschillende soortensamenstelling. Door successie kan de soortensamenstelling (en het aantal individuen per soort) van een bepaalde poel dus soms snel veranderen. Een goed voorbeeld is het Zwarte Dal in de Westhoek.





- Vissen/waterschildpadden: potentiële oorzaak van verschillen maar moeilijk hard te maken. Mogelijk speelt dit een rol in de vijver aan de Nachtegaal (HOS\_005) en de 'Bospoel' (HOS\_006) in de Oosthoekduinen.
- **Invasies:** onder invloed van onder meer meteorologische factoren kunnen bepaalde soorten beginnen zwerven, en worden dan gezien op plekken waar ze onder normale omstandigheden niet zouden voorkomen. Witsnuitlibellen zijn hiervan een goed voorbeeld.
- **Weer:** tijdens minder goede zomers zullen libellen (vooral zuiderse soorten) het minder goed doen.

Tabel 4.6. Overzicht van de waargenomen libellensoorten met gemiddeld aantal individuen per poel en het aantal poelen waarin de soort werd waargenomen..

	Gemiddeld aantal individuen		Standaard-deviatie		Aantal poelen	
	PINK	BEK	PINK	BEK	PINK	BEK
Azuurwaterjuffer	319,1	54,0	984,6	71,5	21	25
Blauwe glazenmaker	1,0	1,0	0,0		2	1
Bloedrode heidelibel	5,6	13,3	11,5	20,9	11	21
Bruine winterjuffer	14,2	2,0	19,2	1,5	6	7
Bruinrode heidelibel	15,8	22,7	13,2	26,0	21	24
Gaffelwaterjuffer	249,8	230,6	765,3	470,9	20	24
Gevlekte witsnuitlibel		13,0				1
Gewone oeverlibel	7,2	7,1	6,2	7,2	20	24
Gewone pantserjuffer	3,3	24,1	3,2	45,0	3	9
Glassnijder		1,0				1
Grote keizerlibel	2,6	2,0	1,2	1,1	21	24
Grote roodoogjuffer	19,0	8,3	36,4	19,0	5	9
Houtpantserjuffer	17,6	5,2	19,9	6,8	5	11
Kanaaljuffer	8,5	15,0	3,5	5,7	2	2
Kleine roodoogjuffer	140,1	102,8	192,9	134,1	19	16
Lantaarntje	46,5	38,5	46,7	37,1	22	28
Paardenbijter	2,5	3,2	2,2	2,2	13	18
Platbuik	5,4	2,8	7,9	1,9	12	12
Smaragdlibel	1,0				1	
Tengere grasjuffer	4,4	1,8	4,6	0,9	14	12
Tengere pantserjuffer		10,3		10,1		3
Variabele waterjuffer		3,5		3,5		2
Venwitsnuitlibel	3,5		0,7		2	
Viervlek	11,7	6,2	10,2	9,2	10	13
Vroege glazenmaker		1,0				1
Vuurjuffer	3,4	1,7	4,3	0,8	5	6
Vuurlibel	4,5	6,1	3,7	6,0	10	13
Watersnuffel	48,0	55,5	57,6	91,4	20	19
Zuidelijke glazenmaker	8,0	2,0			1	1
Zuidelijke heidelibel		2,7		1,2		3
Zuidelijke keizerlibel	1,0	1,0		0,0	1	3
Zuidelijke oeverlibel	1,0				1	
Zwarte heidelibel		1,0				1
Zwervende heidelibel	7,4	4,8	9,2	7,9	14	12
Zwervende pantserjuffer	10,4	17,5	11,5	29,0	9	15



## 4.7 VLEERMUIZEN

Op 10 en 13 februari 2018 werden verspreid over de kust 27 bunkers gecontroleerd op aanwezigheid van overwinterende vleermuizen. Voor de methodiek verwijzen we naar eerdere PINK inventarisaties (Provoost et al. 2010). De inventarisatie gebeurde in samenwerking met de specialisten Bob Vandendriessche en Bram Conings. De potentiële overwinteringsplaatsen werden uitgebreid beschreven in het vorige PINK rapport (Provoost et al. 2015).

In totaal werden 30 individuen waargenomen van minstens 4 soorten in 8 objecten (tabel 4.7). Het aantal vindplaatsen is verdubbeld ten opzichte van de inventarisaties in PINK 2 en het aantal individuen gestegen van 6 naar 30. De inrichting van een aantal bunkers heeft hier dus duidelijk vruchten afgeworpen.

Koen Verschoore vond op 1 februari 2020 bovendien 2 grootoorvleermuizen en 1 baardvleermuis in de bunker in het COC terrein in de Oosthoekduinen (med. Johan Lamaire). Ook dit object wordt na verschillende jaren dus eindelijk door overwinterende vleermuizen bezocht.

Tabel 4.7 Waarnemingen van vleermuizen

Gebied	Object-code	Baardvleermuis	Ruige dwergvleermuis	Franjestaart	Grootoorvleermuis sp.	Myotis sp.
Oosthoekduinen (COC)	DP_04					Geen
Cabour	AK_11	4	1			
	AK_09	5	1			1
	AK_07	5		3		
	AK_16			1		
	AK_05					Geen
	AK_10					Geen
Belvédère	KS_07					Geen
Noordduinen	KS_04	1			2	
	KS_01	4				
	KS_03					Geen
Doornpanne	KS_05					Geen
Zeebermduinen	OK_06					Geen
	OK_09					Geen
	OK_08					Geen
	OK_10					Geen
	OK_05					Geen
Karthuizerduinen	OK_18					Geen
IJzermonding	NP_08					Geen
	NP_07					Geen
	NP_05					Geen
	NP_02					Geen
	NP_06					Geen
	NP_09					Geen
	NP_10					Geen
Hannecartbos	OK_12	1				
Oostvoorduinen	OK_16	1				

## 4.8 FUNGI

### 4.8.1 Doelstelling

Voor het bepalen van de habitatkwaliteit van stuivende duinen (Natura2000 habitattypen 2120) is een beoordeling die hoofdzakelijk op vaatplanten gericht is (cfr. LSVI, T'Jollyn et al. 2009) ontoereikend. Het type wordt namelijk gekenmerkt door een soortenarme plantengemeenschap en zeker de meer landinwaarts gelegen stuifduinen hebben eigenlijk geen eigen aandachtsoorten vaatplanten. Nochtans vormen stuivende duinen één van de meest specifieke ecotootypen van de duinen (zie bv. Howe et al. 2010 voor invertebraten). Daarenboven staan zij overal in Noordwest-Europa onder druk door de sterk toegenomen fixatie van duinen (Provoost et al. 2011b).

Nederlands OBN onderzoek heeft geleid tot een overzicht van paddenstoelensoorten die gebruikt kunnen worden als kwaliteitsindicatoren voor verschillende habitattypen (Ozinga et al. 2013). Een aantal soorten daarvan kunnen we gebruiken om de habitatkwaliteit van stuifduinen beter te onderbouwen. Dit vormde de aanleiding om in het kader van BEK de toestand van deze soorten aan de Vlaamse kust in kaart te brengen en hun bruikbaarheid als LSVI indicator te onderzoeken.

### 4.8.2 Methodiek

Een selectie van 6 soorten vormt de kern van het onderzoek: duinfranjehoed (*Psathyrella ammophila*), zandtulpje (*Peziza ammophila*), duinstinkzwam (*Phallus hadriani*), helmharpoenzwam (*Hohenbuehelia culmicola*), duinveldridderzwam (*Melanoleuca cinereifolia*) en zeeduinchampignon (*Agaricus devoniensis*). Verder werd ook helminktzwam (*Coprinus ammophilae*) meermaals gekarteerd, al was dat zeker niet systematisch. Het zijn soorten die, althans binnen Vlaanderen uitsluitend in stuivende kustduinen worden gevonden.

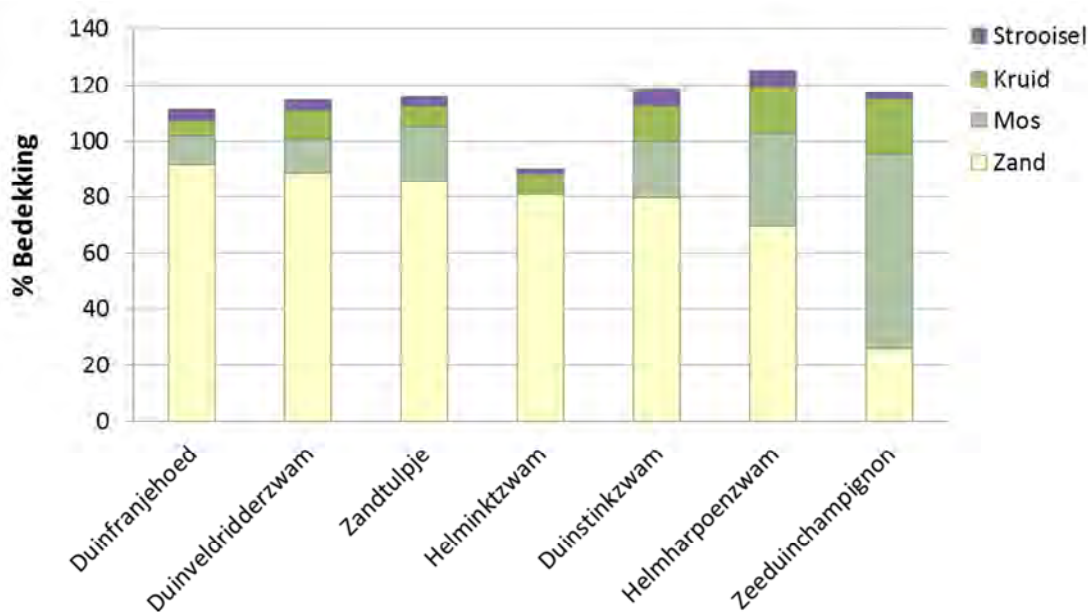
De inventarisatie gebeurt analoog met de detailkartering van aandachtsoorten vaatplanten. We maken gebruik van hand-gps om groeiplaatsen van deze soorten vast te leggen. Dit gebeurt tijdens de fructificatiepiek in het najaar (november-december). Daarbij worden volgende variabelen genoteerd:

- **Per terreinbezoek:** Datum, Waarnemers, GPS (type en nummer)
- **Nr van GPS waypoint**
- **Soort:** aan de hand van een 8-lettercode
- **Oppervlakte van de groeiplaats:** inschatting in m<sup>2</sup>: a=1; b=2-5; c=5-25; d=25-50; e=50-500
- **Aantal vruchtlichamen:** a=1; b=2-5; c=5-25; d=25-50; e=50-500
- **Structuur van de laag < 5 cm:** inschatten van de bedekking van de verschillende vegetatiestructurelementen (kaal zand, mos, kruiden en strooisel = los dood plantenmateriaal) tegen het grondoppervlak (<5 cm) op de locatie waar de paddenstoelen groeien. Daarbij wordt abstractie gemaakt van de stengels van de opgaande vegetatie. x= <5%; 1=5-15%; 2=15-25%; 3=25-35% ... 9=85-95%; 10=>95%
- **Structuur van de opgaande vegetatie >5 cm:** inschatting van de bedekking van de dominante zandbindende grassen (of zegge): helm, duinzwenkgras, biestaruwegras, zandhaver, zandzegge, strandkweek of buntgras.
- **Bedekking kruid- en struiklaag:** inschatting van de bedekking van de (totale) opgaande kruid- en (lage) struiklaag. Code cfr. laag > 5 cm.
- **Opmerking:** opvallende zaken zoals puin of aanwezigheid van rijshout

De inventarisatie gebeurde in samenwerking met de Paddenstoelen Werkgroep Westhoek (verantwoordelijke Pol Debaenst) en de Brugse Mycologische Werkgroep (verantwoordelijke Charlotte Pieters). Tijdens een aantal gezamenlijke terreinbezoeken stelden zij hun uitgebreide expertise ter beschikking. Naast de twee werkgroepverantwoordelijken namen nog heel wat enthousiaste vrijwilligers deel aan excursies en deze mensen determineerden ook ingezameld materiaal: Jacky Launoy, Carl Van Den Broeck, Angèle De Bruyckere, Yan Verschueren, Hilde Nottebaere, William Slosse, Tom Van den Neucker, Lise Verhaeghe, Isabelle Bossuyt, Ann Landuyt & Jan Soors.

### 4.8.3 Algemene resultaten

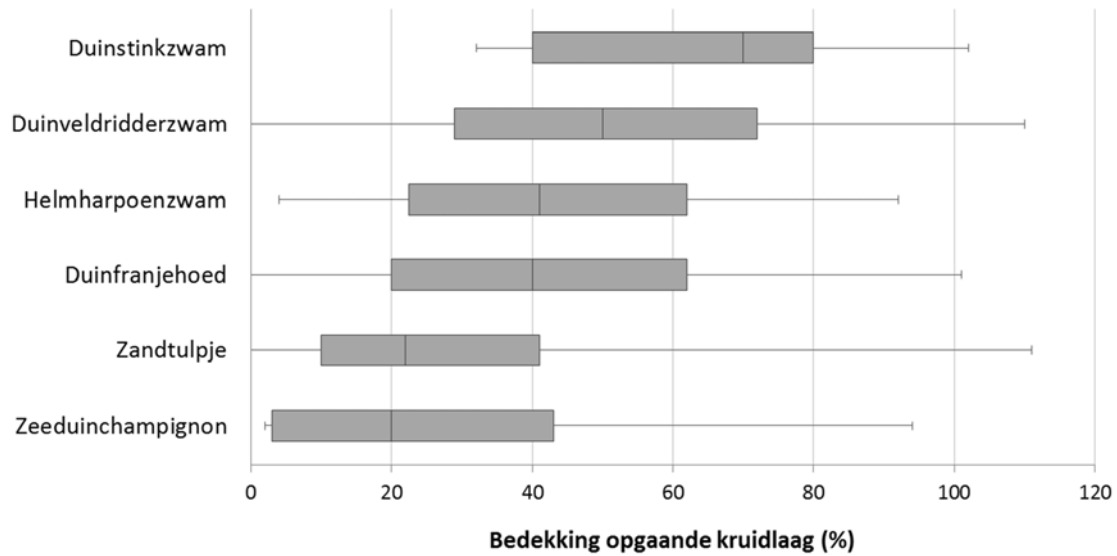
In totaal werden 640 waarnemingen verricht van de doelsoorten waarvan in 574 gevallen ook een volledige opname werd gemaakt. De globale structuur van de vegetatie ter hoogte van de vruchtlichamen (0-5 cm) wordt weergegeven in figuur 4.22. De meeste soorten komen voor op een schaarsbegroeide bodem met minder dan 20% lage vegetatiebedekking. Duinridderzwam, duinfranjehoed en zandtulpje prefereren de meest open bodems met gemiddeld minstens 85% kaal zand. Zeeduinchampignon heeft duidelijk een totaal andere ecologie. Deze soort komt voor in mosduinen met gemiddeld driekwart vegetatiebedekking.



Figuur 4.22. Gemiddelde van ieder vegetatiestructurelement in de onderste 5 cm van de vegetatie.

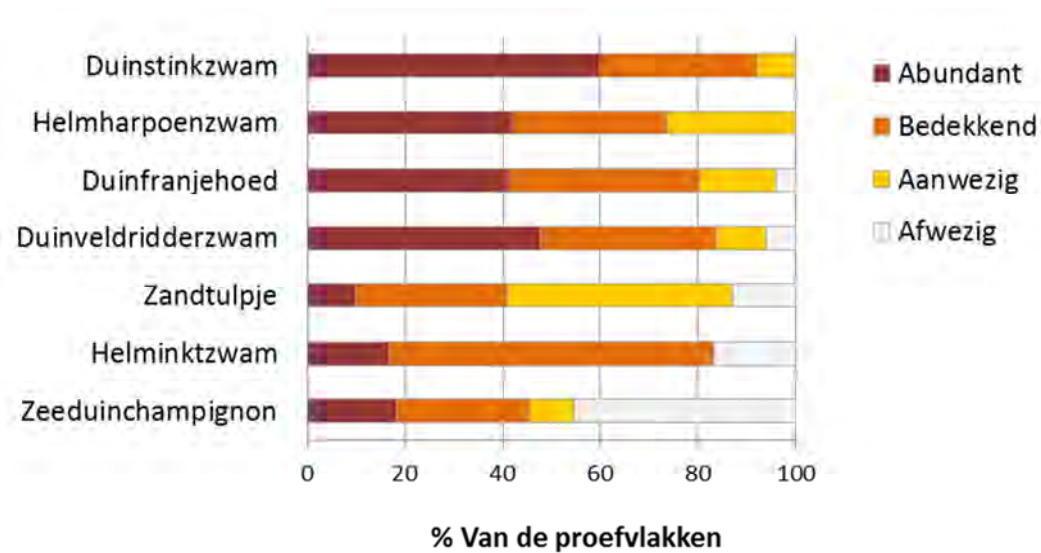
De preferentie van de soorten ten opzichte van de opgaande vegetatie is totaal anders. In de hier opgenomen proefvlakken bestaat die opgaande vegetatie nagenoeg uitsluitend uit helm, duinzwenkgras, biestarswegras en in veel mindere mate zandzegge. Figuur 4.23 laat zien dat de soorten kunnen voorkomen bij een brede range aan bedekkingen. Zandtulpje en zeeduinchampignon worden het vaakst aangetroffen bij een kruidenbedekking van ongeveer 20%. Bij 75% van de groeiplaatsen is de bedekking lager dan 40%. Duinstinkzwam groeit bij de grootste kruidenbedekkingen; globaal 20 tot 80 % met 70 als mediane waarde. Bij de overige soorten ligt die bedekking doorgaans tussen 20 en 70% met 40 à 50% als mediane waarde.





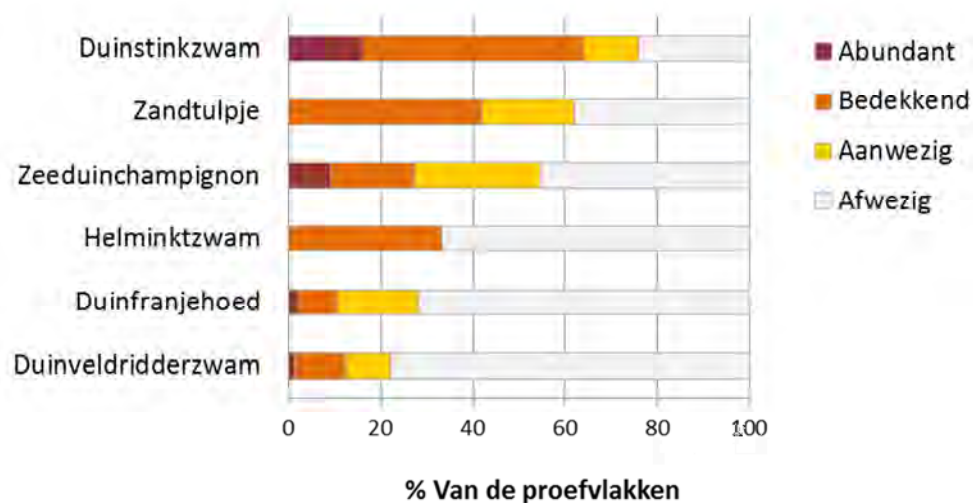
Figuur 4.23. Totale bedekking van de opgaande vegetatie (kwartielen, minimale en maximale waarde).

De associatie tussen de fungi en de dominante grassen (grasachtigen) in de stuifduinen wordt weergegeven in figuren 4.24 – 4.27. Met uitzondering van zeeduinchampignon vertonen de meeste soorten een sterke associatie met helm. Toch is er in de meeste gevallen geen exclusieve band met die soort. Enkel duinstinkzwam en helmharpoenzwam werden steeds bij helm aangetroffen maar het aantal vindplaatsen van deze soorten is wel relatief gering. Samen met duinfranjehoed en duinveldridderzwam komen deze soorten overwegend voor bij hogere bedekkingen van helm (minstens 35%).

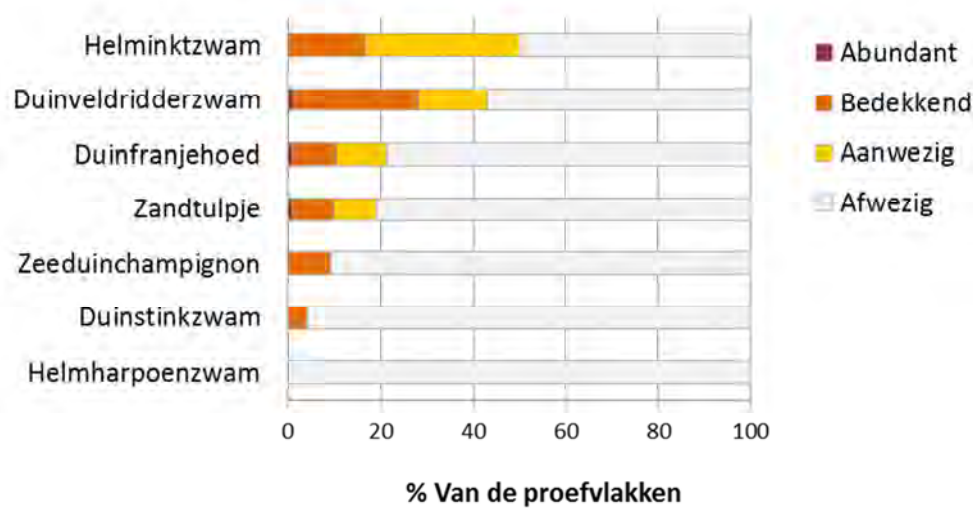


Figuur 4.24. Verdeling van de abundantieclassen van *helm* in de proefvlakken.

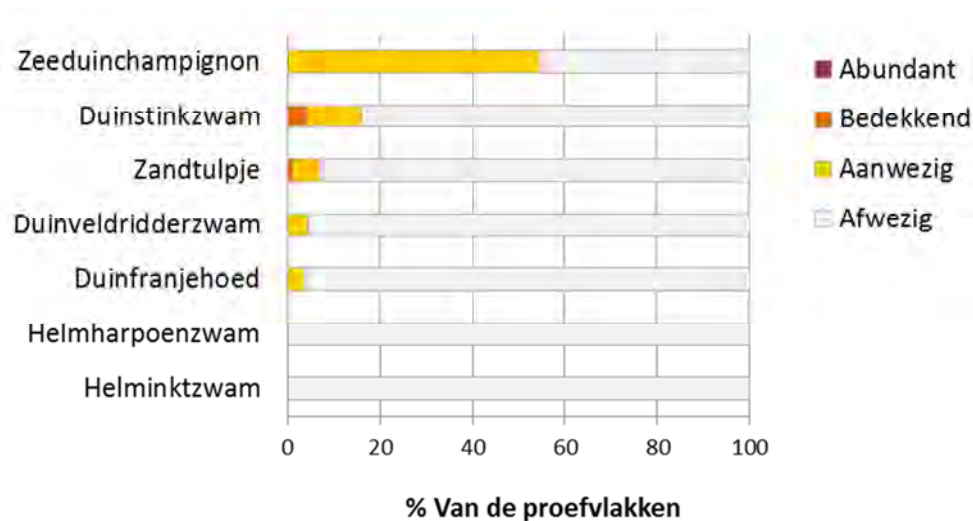
De associatie met de overige plantensoorten is minder duidelijk. Op meer dan de helft van de vindplaatsen van duinstinkzwam, zandtulpje en zeeduinchampignon staat ook duinzwenkgras maar geen enkele paddenstoelsoort lijkt aan hoge abundanties gerelateerd. In embryonale biestarwegrasduintjes lijken vooral duinveldridderzwam en helminktzwam relatief vaak voor te komen. Biestarwegras wordt op de helft van de groeiplaatsen van deze soorten aangetroffen. Gezien de lange wortel(stokken) van de grasachtigen is de boven- en ondergrondse situatie ook niet noodzakelijk vergelijkbaar.



Figuur 4.25. Verdeling van de abundantieclassen van **duinzwengras** in de proefvlakken.

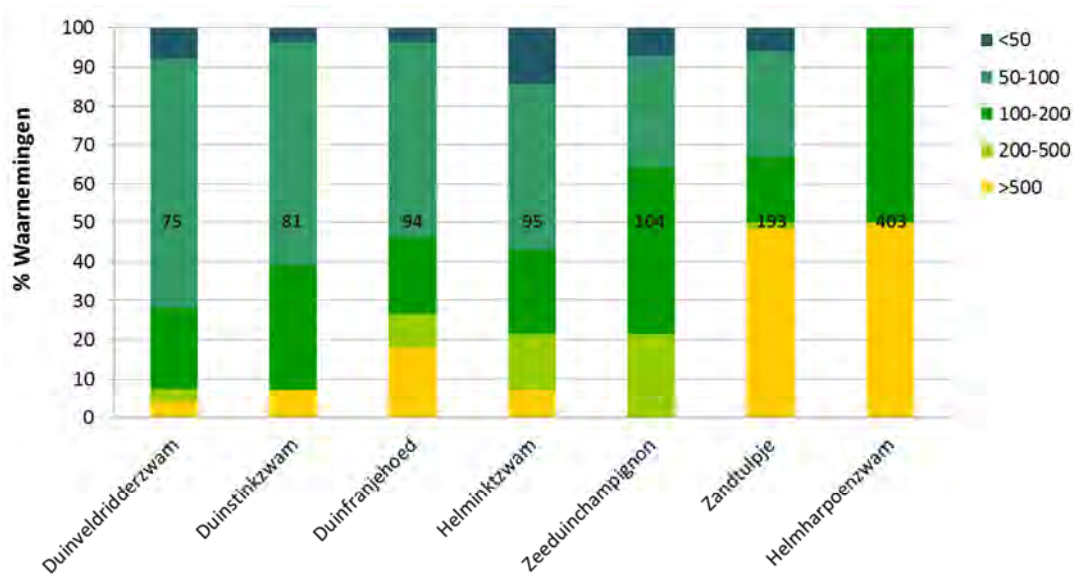


Figuur 4.26. Verdeling van de abundantieclassen van **biestarwegras** in de proefvlakken.



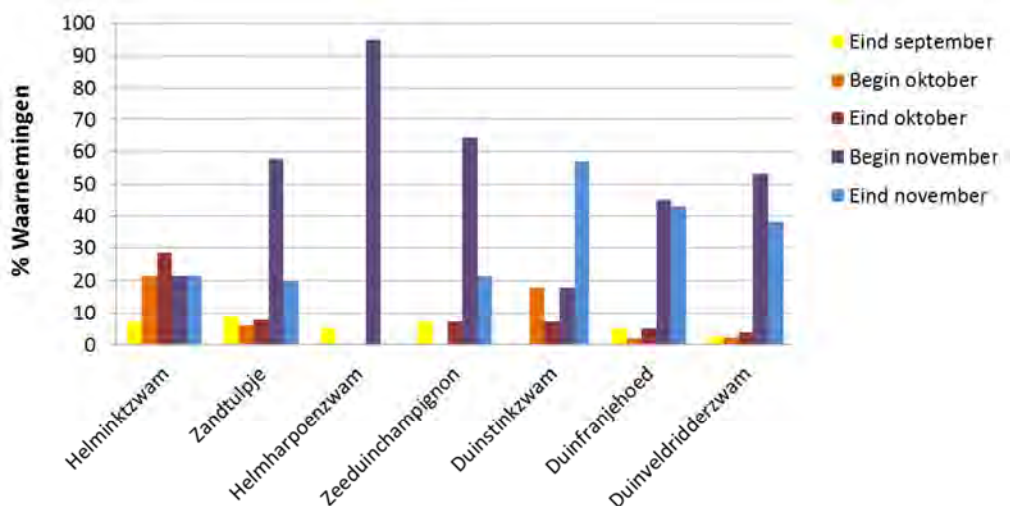
Figuur 4.27. Verdeling van de abundantieclassen van **zandzegge** in de proefvlakken.





Figuur 4.28. Verdeling van de waarnemingen over de afstand vanaf de hoogwaterlijn. Cijfers geven de mediane afstand weer.

Zandzegge, ten slotte wordt slechts sporadisch aangetroffen op de groeiplaatsen van de meeste soorten. Enkel op die van zeeduinchampignon staat in ruim de helft van de gevallen zandzegge. Dit herhaalt enerzijds de afwijkende ecologie van zeeduinchampignon, die duidelijk als een mosduinsoort moet worden beschouwd. Anderzijds maakt het ook duidelijk dat zandzegge eerder aansluit bij de gefixeerde duinen dan bij de stuifduinen.



Figuur 4.29 Verdeling van de waarnemingen over de verschillende perioden.

De meeste soorten hebben een voorkeur voor standplaatsen op relatief geringe afstand van de zee met een mediane afstand tussen 75 en 104 m (figuur 4.28). Afwijkend zijn zandtulpje en helmharpoenzwam, die meer in landinwaarts gelegen duinen worden aangetroffen.

Figuur 4.29 ten slotte, geeft de verdeling van de waarnemingen over de verschillende perioden in het jaar weer. We zien dat het merendeel van de waarnemingen in november werd verricht (86%).



#### 4.8.4 Bespreking per soort

##### 4.8.4.1 Duinveldridderzwam - *Melanoleuca cinereifolia*

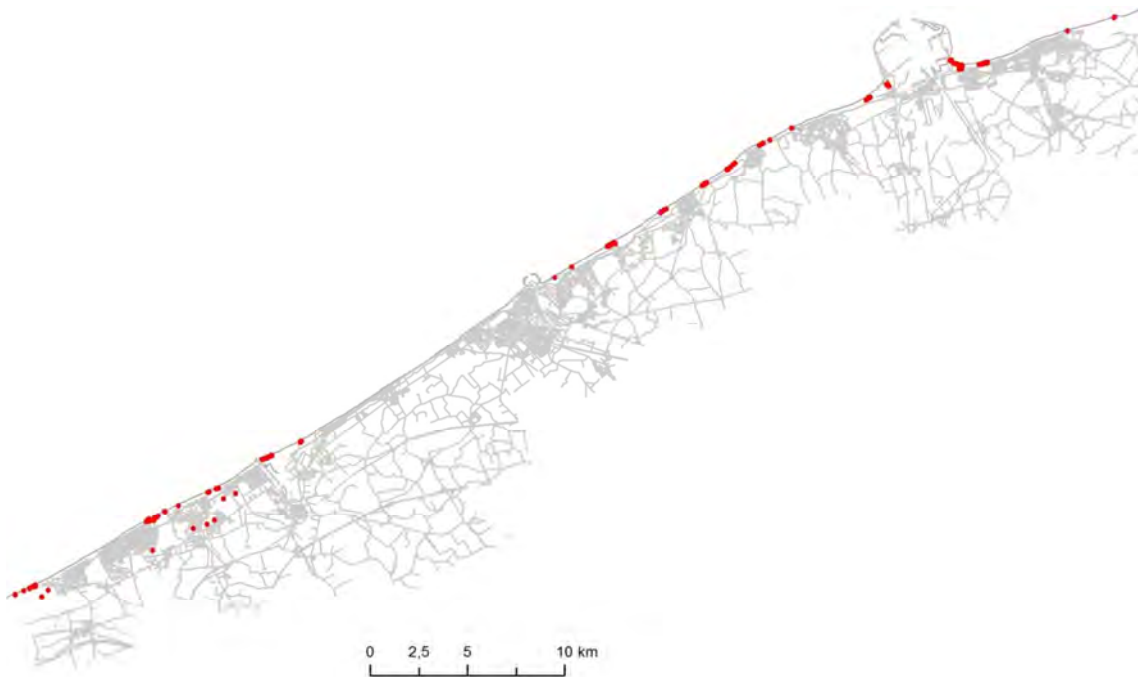
Beschrijving:

**Hoed** uitgespreid, met een breed umbo, Ø 8-12 cm, mat, grijsbruin, droog.

**Plaatjes** grijs, bochtig aangehecht

**Steel** 8-10 x 1-2 cm, lichtgrijs, vezelig, gedeeltelijk in het zand. Vlees wittig-crème.

**Geur** zwak.

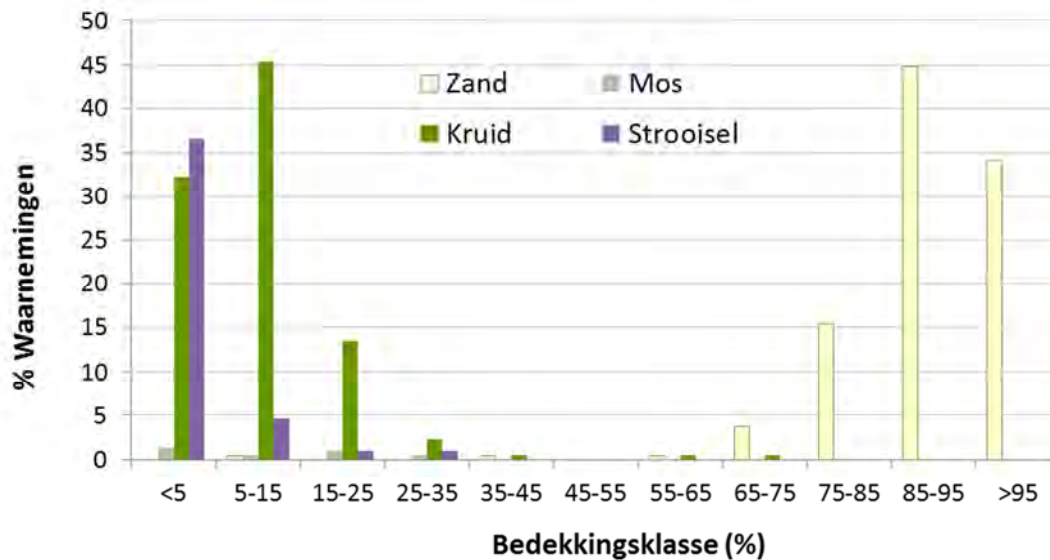


Figuur 4.30. Verspreiding van *duinveldridderzwam* op basis van de BEK gegevens (2015-2018).

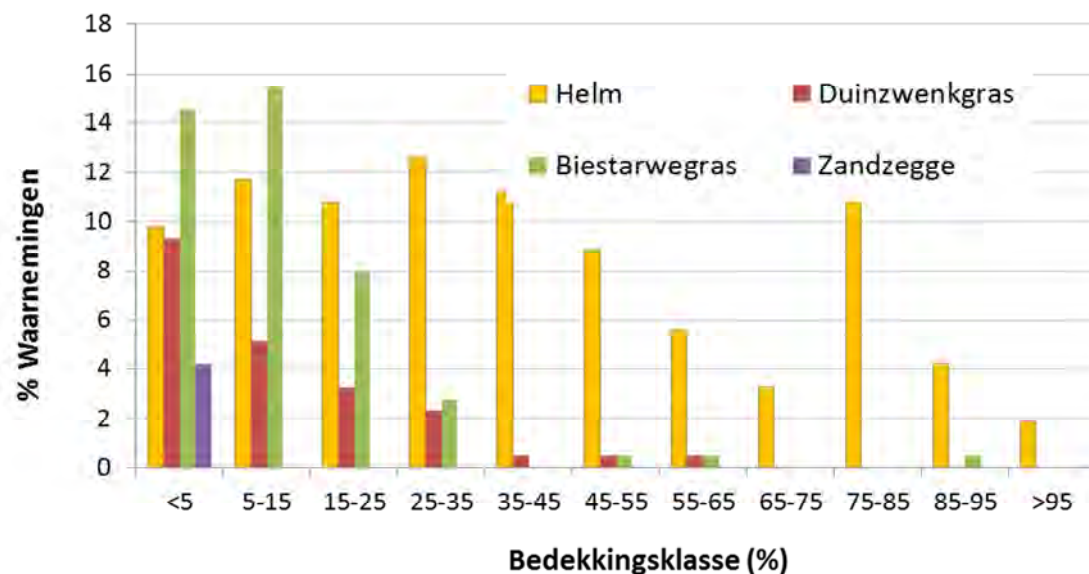


Duinveldridderzwam is een relatief algemene soort, goed voor ruim een derde van het aantal waarnemingen. Er zijn groeiplaatsen in alle onderzochte gebieden (figuur 4.30). De soort heeft een uitgesproken voorkeur voor de zone dicht tegen zee; 90% van de waarnemingen gebeurden op een afstand kleiner dan 160 m van de hoogwaterlijn. Zowel in Vlaanderen als in Nederland is de soort strikt kustgebonden.

Op de groeiplaatsen van duinveldridderzwam is de onderste laag van de vegetatie (< 5 cm) heel open; doorgaans is de bedekking van kruiden en mos kleiner dan 15% en de van de strooisellaag kleiner dan 5% (figuur 4.31). De opgaande kruidlaag bedekt globaal 30 tot 70% maar varieert tussen 0 tot 100%. Duinveldridderzwam is sterk geassocieerd met helm; in meer dan 80% van de groeiplaatsen is de bedekking van helm groter dan 10% (figuur 4.32). Toch is de relatie niet exclusief. De soort wordt ook gevonden in biestarwegrasduintjes zonder helm. In dit milieu is het de best vertegenwoordigde paddenstoelensort.



Figuur 4.33. Verdeling van de waarnemingen van *duinveldridderzwam* over de verschillende bedekkingsklassen van kaal zand, mos, kruidlaag en strooisel in de onderste 5cm van het proefvlak.



Figuur 4.32. Verdeling van de waarnemingen van *duinveldridderzwam* over de verschillende bedekkingsklassen van helm, biestarwegras, duinzwenkgras en zandzegge.

#### 4.8.4.2 Helminkzwam – *Coprinus ammophilae*

##### Beschrijving:

**Hoed** aanvankelijk gewelfd met enigszins afgeplatte top, zich later uitspreidend, Ø 10-15 mm, radiaal sterk geplooid, muisgrijs. Getande en gewimperde rand.

**Plaatjes** aangehecht, grijs met zwarte stippen, met tussenliggende, gebogen plaatjes.

**Steel** breekbaar, 2-3 cm x 1,5-2 mm, wit, vezelig, licht verdikt onder de plaatjes en zwartgestipt aan de top.

Microscopische controle is noodzakelijk voor zekere determinatie.



Figuur 4.33. Verspreiding van *helminkzwam* op basis van de BEK gegevens (2015-2018).

Helminkzwam werd op 14 plaatsen in vier gebieden aangetroffen: Westhoek, Schipgat, Ter Yde en de duinen ten westen van De Haan (figuur 4.33). Op basis van het beperkt aantal waarnemingen lijkt de soort een voorkeur te vertonen voor de zone dicht tegen zee maar ook meer landinwaarts zijn er groeiplaatsen gevonden. Zowel in Vlaanderen als in Nederland is de soort strikt kustgebonden.

Op de groeiplaatsen van helminkzwam is de onderste laag van de vegetatie (< 5 cm) open; doorgaans is de bedekking van kruiden en mos kleiner dan 20%. Er zijn te weinig opnames om onderbouwde uitspraken te doen over de opgaande vegetatie maar de soort werd zowel

gevonden in proefvlakken met helm (eventueel met duinzwenkgras) als proefvlakken gedomineerd door biestarwegras.

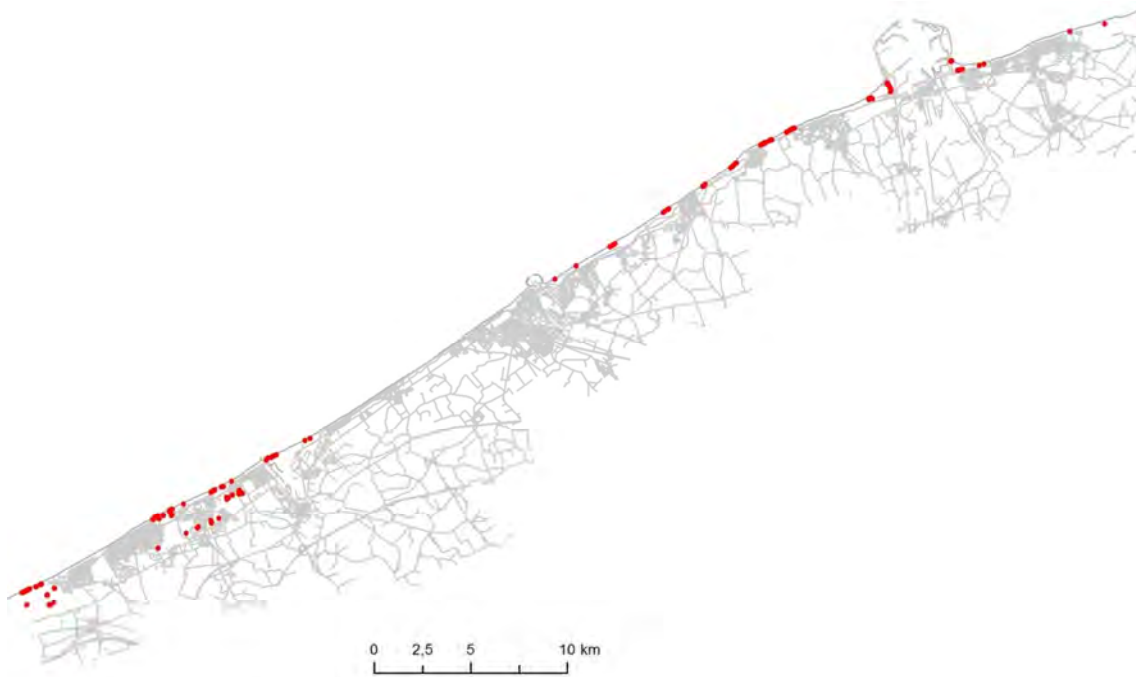
#### 4.8.4.3 Duinfranjehoed - *Psathyrella ammophila*

##### Beschrijving:

**Hoed** gewelfd tot uitgespreid, Ø 1,5-5 cm, droog, vezelig, mat, okerbruin tot vuil grijsbruin. Hygrofaan (= verkleurend bij verandering van vochttoestand); bij vocht donkerbruin met bleke rand; droog koffie-met-melkkleurig

**Plaatjes** donkerbruin met wit-vlokkige snede; aangehecht

**Steel** 5-8 cm x 3-5 mm, wittig tot geligbruin, diep in het zand verzonken. Vlees wittig-bruinig.

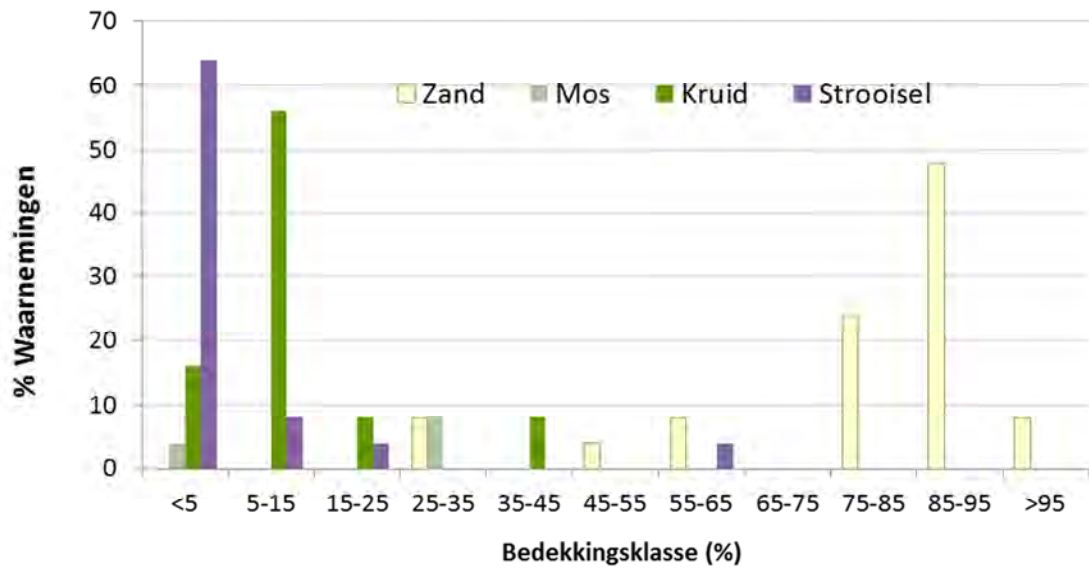


Figuur 4.34. Verspreiding van **duinfranjehoed** op basis van de BEK gegevens (2015-2018).

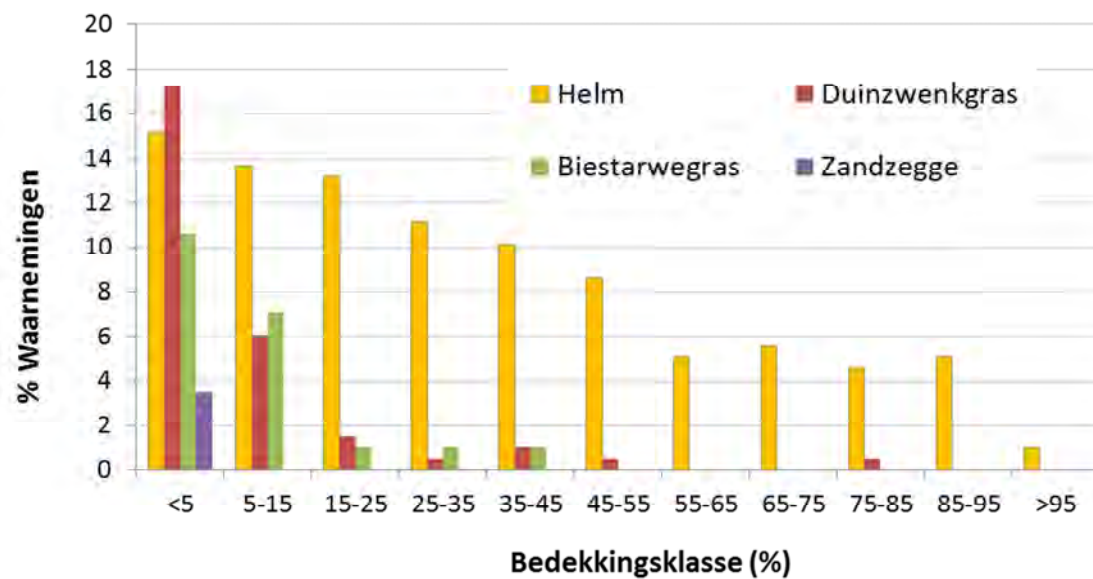
Duinfranjehoed is een relatief algemene soort, goed voor ongeveer een derde van het aantal waarnemingen. Er zijn waarnemingen in alle onderzochte gebieden (figuur 4.34). Zij komen verspreid voor over de hele range van embryonale duinen tot de binnenduinen maar toch komt 60% van de groeiplaatsen voor op minder dan 110 m van de hoogwaterlijn. De soort heeft een brede geografische verspreiding (ook buiten Europa) en is strikt kustgebonden.

Op de groeiplaatsen van duinfranjehoed is de onderste laag van de vegetatie (< 5 cm) heel open; doorgaans is de bedekking van zand groter dan 75%. Mos ontbreekt grotendeels (figuur 4.35). De opgaande kruidlaag bedekt globaal 20 tot 60% maar varieert tussen 0 tot 100%. Duinfranjehoed is sterk geassocieerd met helm; in meer dan 98% van de groeiplaatsen is helm aanwezig, maar wel met sterk uiteenlopende bedekkingen (figuur 4.36). Toch is de relatie niet

exclusief. De soort wordt ook soms gevonden in biestarwegrasduintjes zonder helm, wat ook van het buitenland bekend is (Høiland 2006; Rotheroe 1993).



Figuur 4.35. Verdeling van de waarnemingen van **duinfranjehoed** over de verschillende bedekkingsklassen van kaal zand, mos, kruidlaag en strooisel in de onderste 5cm van het proefvlak.



Figuur 4.36. Verdeling van de waarnemingen van **duinfranjehoed** over de verschillende bedekkingsklassen van helm, biestarwegras, duinzwenkgras en zandzegge.

#### 4.8.4.4 Duinstinkzwam - *Phallus hadriani*

##### Beschrijving:

**Duivelsei** wittig, roze (tot roodviolet) aanlopend, Ø 3-6 cm.

**Vruchtlichaam** 10-15 x 2-3 cm, bovenste deel conisch-klokvormig, met donker olijfgroen slijm; daaronder breed en diep raatvormig, wit, met ringvormige discus aan de top.

**Steel** 7-11 x 2-3 cm, mazig (poreus), hol, wit.

**Geur** aangenaam zoetig geurend

Gelijkende soorten:

**Grote stinkzwam** (*Phallus impudicus*):

**Duivelsei** grijsig-wittig, leerachtig.

**Vruchtlichaam** 10-25 x 2-5 cm.

**Steel** 8-20 x 2-5 cm, mazig (poreus), hol, wit.

**Geur** zoetig stinkend (aasgeur).

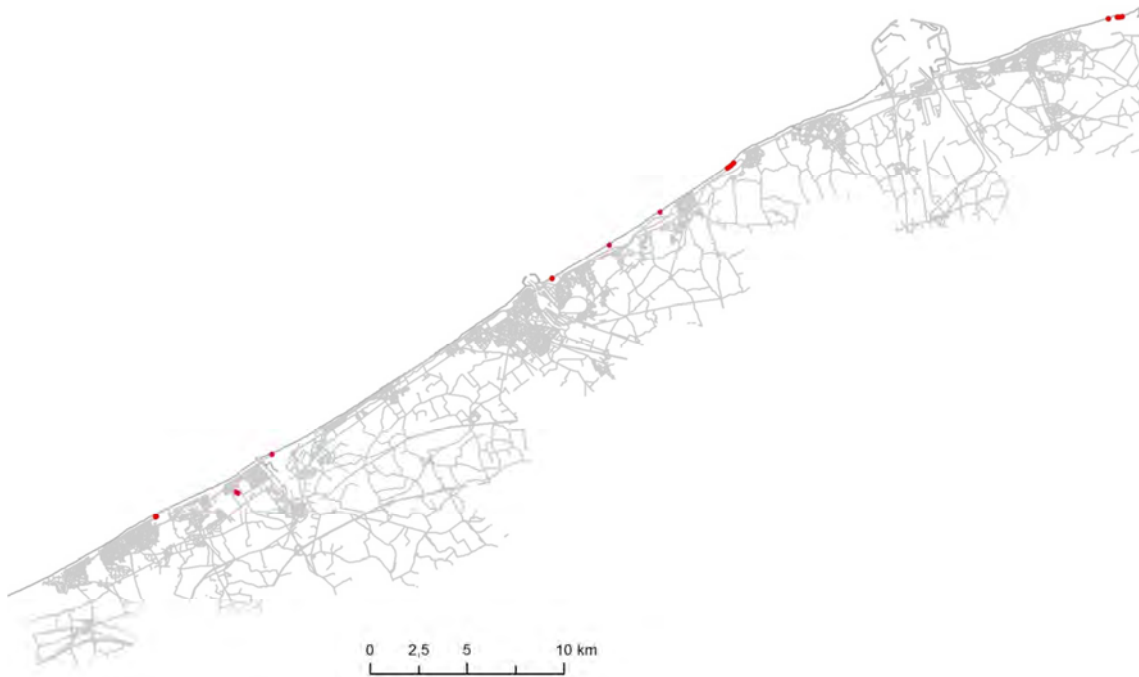
**Phallus caespitosus (Guimb.nom prov.):** Jacques Guinberteau beschrijft een nieuwe soort van de Franse Atlantische kustduinen in zijn 'Petit livre des champignons des dunes' (2011). Deze soort is echter nog niet officieel gepubliceerd. Karakteristiek is de geaggregeerde groeivorm met meerdere vruchtlichamen samen (van waar de naam). Het **duivelsei** is wit.



Tijdens de BEK inventarisaties werden duinstinkzwam en *P. caespitosus* samen op 28 locaties verspreid over de hele kust aangetroffen (figuur 4.37). Het was daarbij niet steeds duidelijk om welk taxon het ging. Verder onderzoek naar de status van *P. caespitosus* en het onderscheid met andere *Phallus* soorten is wenselijk.

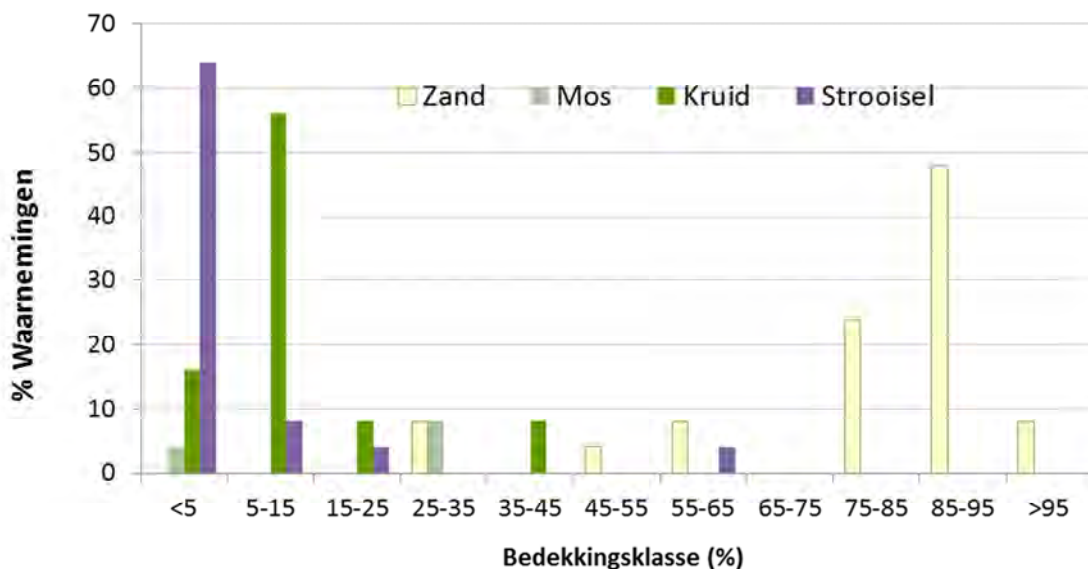
De meeste waarnemingen gebeurden op minder dan 160 m van de hoogwaterlijn maar er zijn ook enkele waarnemingen van meer landinwaarts. De soort heeft een brede geografische verspreiding (Azië, N-Amerika, Europa) en is niet strikt kustgebonden binnen het hele areaal. In België, Nederland en het VK wordt duinstinkzwam wel enkel in de kustduinen gevonden.

////////////////////////////////////

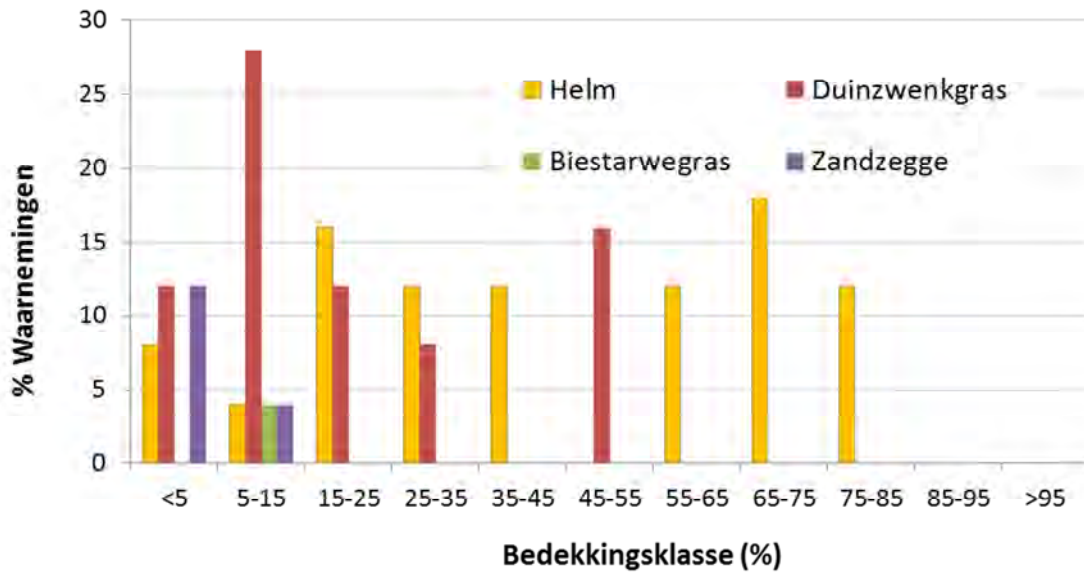


Figuur 4.37. Verspreiding van **duinstinkzwam (s.l.)** op basis van de BEK gegevens (2015-2018).

Op de groeiplaatsen van duinstinkzwam is de onderste laag van de vegetatie (< 5 cm) heel open; doorgaans is de bedekking van zand groter dan 75%. Mos ontbreekt grotendeels (figuur 4.38). De opgaande kruidlaag bedekt globaal 40 tot 80% (mediaan 70%), wat de hoogste waarden zijn binnen de hier onderzochte soorten. Duinstinkzwam is sterk geassocieerd met helm; in alle groeiplaatsen is helm aanwezig, vaak met grote bedekking (figuur 4.39). Van de onderzochte soorten heeft de soort ook de sterkste associatie met duinzwenkgras. Deze soort is aanwezig in bijna 80% van de proefvlakken.



Figuur 4.38. Verdeling van de waarnemingen van **duinstinkzwam (s.l.)** over de verschillende bedekkingsklassen van kaal zand, mos, kruidlaag en strooisel in de onderste 5cm van het proefvlak.



Figuur 4.39. Verdeling van de waarnemingen van *duinstinkzwam* (s.l.) over de verschillende bedekkingsklassen van helm, biestarwegras, duinzwenkgras en zandzegge.

#### 4.8.4.5 Helmharpoenzwam - *Hohenbuehelia culmicola*

##### Beschrijving:

**Hoed** spatel- tot schelpvormig, met gelatineuse laag, Ø 1-2,5 cm, viltig, mat, grijswit, later tot donker- of zwartbruin.

**Plaatjes** wittig-grijs tot crème-bleekoker, soms met een bruine tot grijszwarte snede, aflopend

**Steel** kort gesteeld, 2-10 x 2-6 mm, excentrisch, witviltig, grijswit tot donkerbruin. Vlees wit.

**Geur** zwak, melig.

**Smaak** melig.



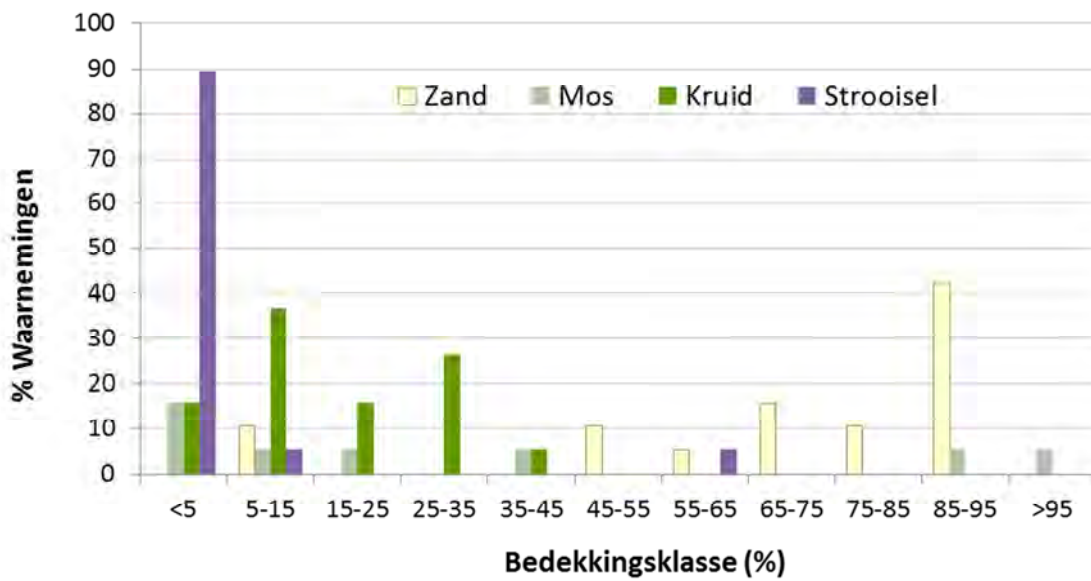
Helmharpoenzwam is een zeldzame soort. In het kader van BEK werd de soort slechts in 2 gebieden gevonden. In De Westhoek betreft in totaal 19 locaties, in de Zeebermduinen één. (figuur 4.40). Gezien het gering aantal waarnemingen is het niet mogelijk om onderbouwde uitspraken te doen over de voorkeur qua afstand tot de zee. De soort werd zowel relatief dicht tegen zee (100 m) als meer landinwaarts (60-800 m) gevonden. De soort is beperkt tot helmduinen aan Europese kusten (met één gekende uitzondering in binnenduinen in Hongarije (Fraiture & Otto 2015).

Op de groeiplaatsen van helmharpoenzwam is de onderste laag van de vegetatie (< 5 cm) relatief open. Gemiddeld is de bedekking van zand 70%, van mos 30% en van kruiden 20% (figuur 4.41). De opgaande kruidlaag bedekt globaal 25 tot 60% maar dit varieert sterk. Helmharpoenzwam werd steeds in associatie met helm waargenomen; de bedekking ervan varieert sterk (figuur 4.42).





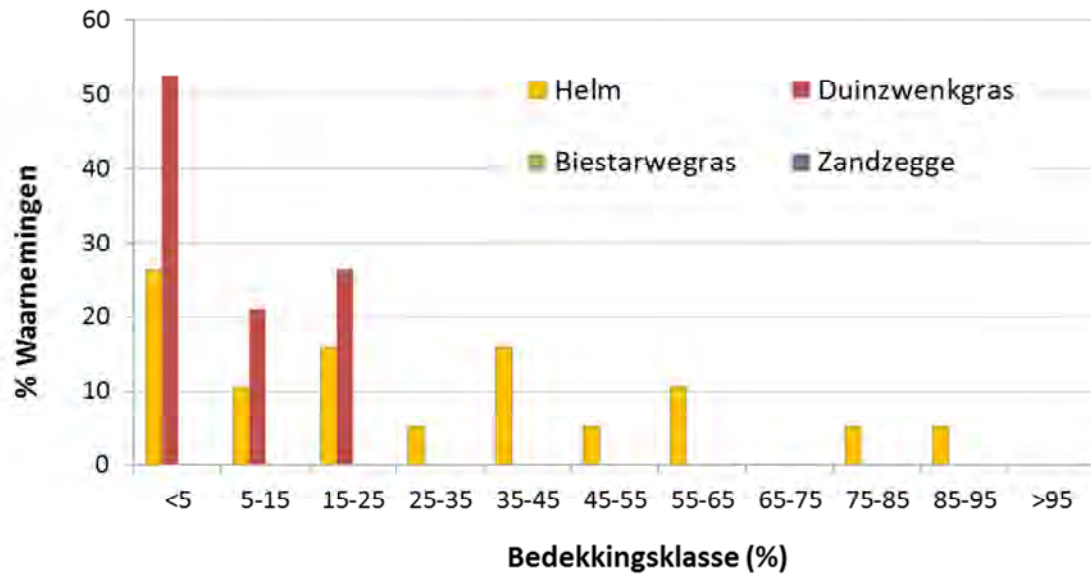
Figuur 4.40. Verspreiding van **helmharpoenzwam** op basis van de BEK gegevens (2015-2018).



Figuur 4.41. Verdeling van de waarnemingen van **helmharpoenzwam** over de verschillende bedekkingsklassen van kaal zand, mos, kruidlaag en strooisel in de onderste 5cm van het proefvlak.







Figuur 4.42. Verdeling van de waarnemingen van *helmharpoenzwam* over de verschillende bedekkingsklassen van helm, biestarwegras, duinzwenkgras en zandzegge.

#### 4.8.4.6 Zandtulpje - *Peziza ammophila*

##### Beschrijving:

**Vruchtlichaam** bekervormig, Ø 2-4 cm, zich gedeeltelijk ondergronds ontwikkelend en stervormig met 4 tot 6 lobben openend (tulpvormig), weinig boven het zand uitkomend. Binnenzijde donker geelbruin tot dadelbruin. Buitenzijde bleek grijsbruin, met zand bedekt, met een breekbare myceliumstreng wortelend.



*Peziza ammophila*

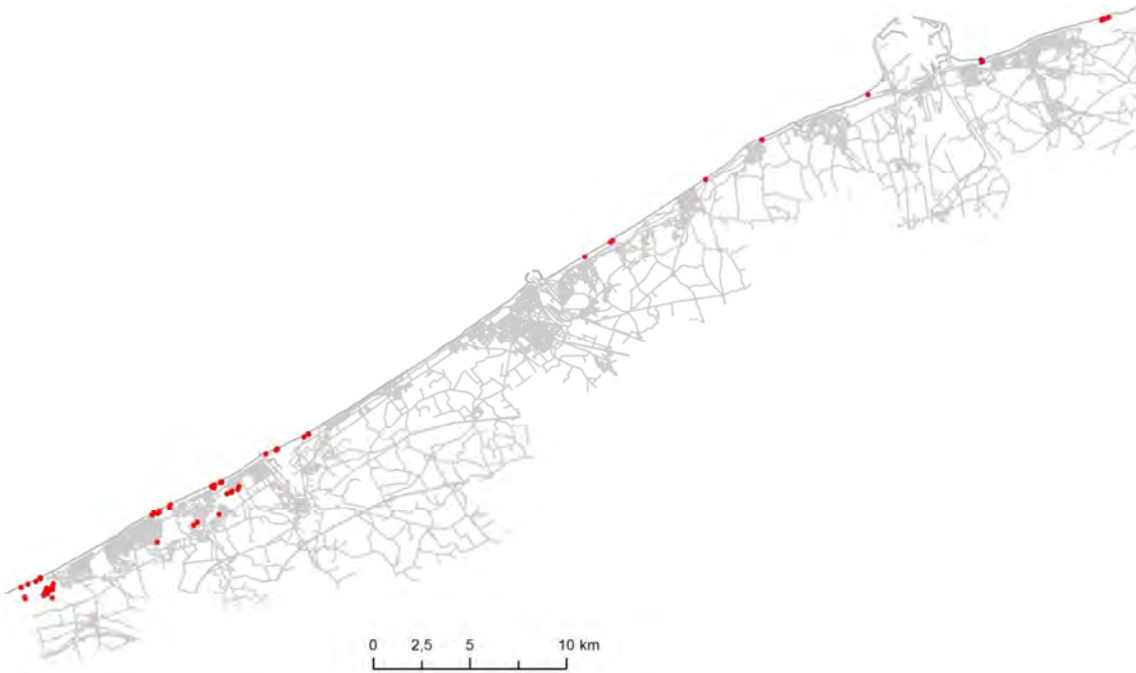
Gelijkende soort: **zandputje** (*Geopora arenicola*)

**Vruchtlichaam** beker- tot schotelvormig, vaak niet boven de grond uitstekend (holletje in het zand), Ø 1-2 cm. Binnenzijde blauwig-grijs tot bleek geelbruin. Buitenzijde dicht behaard, met zandkorrels bedekt, met gekerfde of ingescheurde rand, geelbruin tot bruin. Vlees wittig. Soort van vochtige milieus.

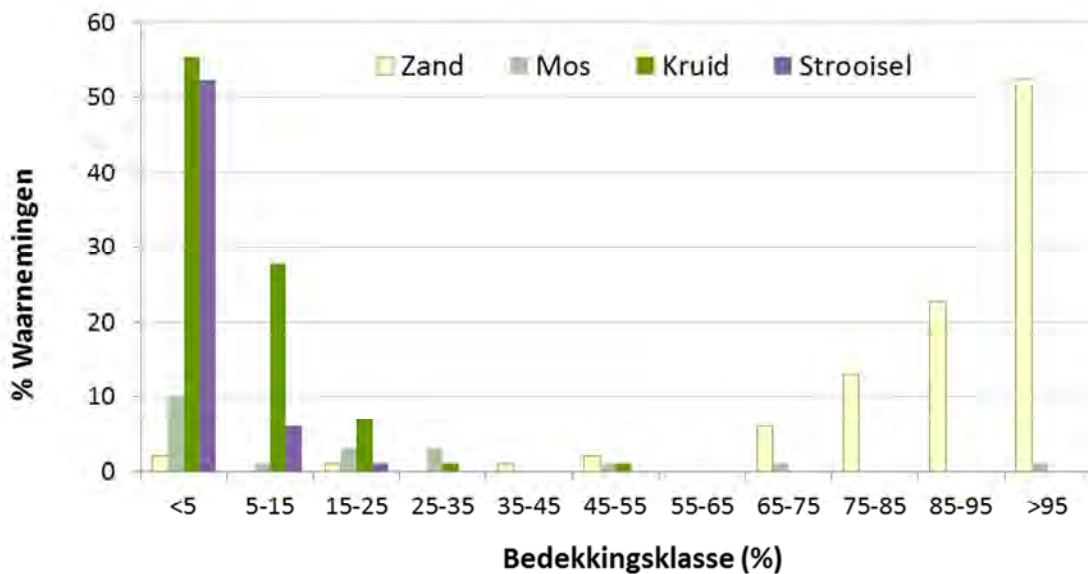


*Geopora arenicola*

Zandtulpje is een relatief algemene soort aan de kust. In het kader van BEK werd de soort waargenomen op 116 locaties (18% van de waarnemingen) verspreid over de hele kust (figuur 4.43). Zandtulpje groeit zowel dicht tegen zee als meer landinwaarts (tot 1500 m van zee). De soort is gekend van Europa en Noord Amerika. In Vlaanderen en in de buurlanden is de verspreiding strikt kustgebonden maar in centraal en oost Europa groeit zandtulpje ook in continentale binnenduinen.

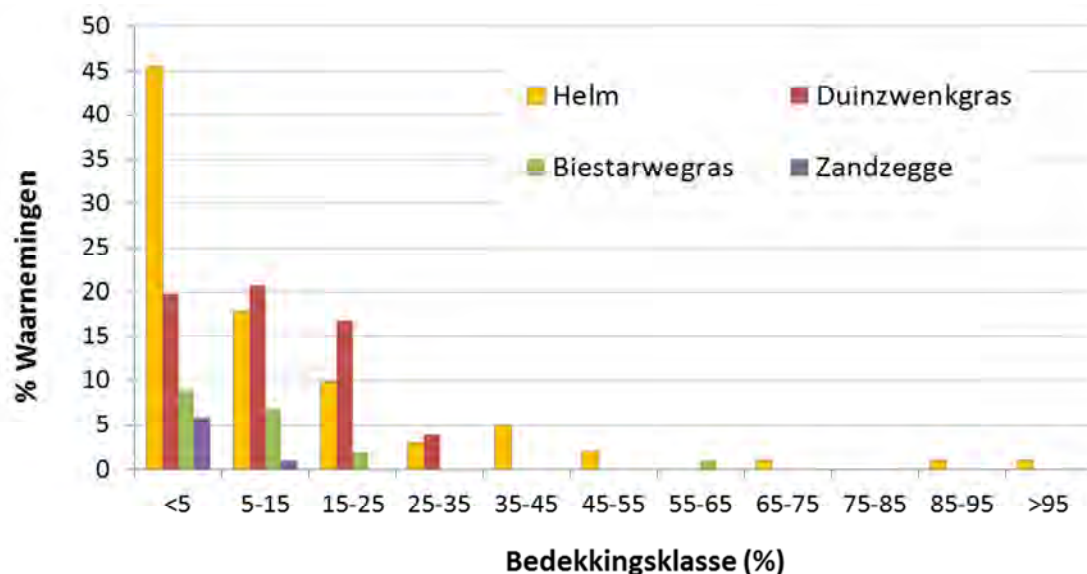


Figuur 4.43. Verspreiding van **zandtulpje** op basis van de BEK gegevens (2015-2018).



Figuur 4.44. Verdeling van de waarnemingen van **zandtulpje** over de verschillende bedekkingsklassen van kaal zand, mos, kruidlaag en strooisel in de onderste 5cm van het proefvlak.

Op de groeiplaatsen van zandtulpje is de onderste laag van de vegetatie (< 5 cm) zeer open. Gemiddeld is de bedekking van zand groter dan 80%, die van mos ca. 20% en van kruiden minder dan 10% (figuur 4.44). De opgaande kruidlaag bedekt globaal 10 tot 40%, beduidend minder dan de hoger beschreven soorten. Er is nog een sterke associatie met helm. In 85% van de groeiplaatsen is helm aanwezig maar in meer dan 60% van de proefvlakken is de bedekking minder dan 5%. Ook met duinzwenkgras is de associatie groot. De soort is aanwezig in 60% van de proefvlakken en in 8 proefvlakken (7%) is duinzwenkgras het enige gras (figuur 4.45).



Figuur 4.45. Verdeling van de waarnemingen van *zandtulpje* over de verschillende bedekkingsklassen van helm, biestarwegras, duinzwenkgras en zandzegge.

#### 4.8.4.7 *Zeeduinchampignon - Agaricus devoniensis*

##### Beschrijving:

**Hoed** 3-6(-10) cm, rafelige rand; zijdeachtig wit

**Plaatjes** jong fel roze, later donkerbruin, vrijstaand.

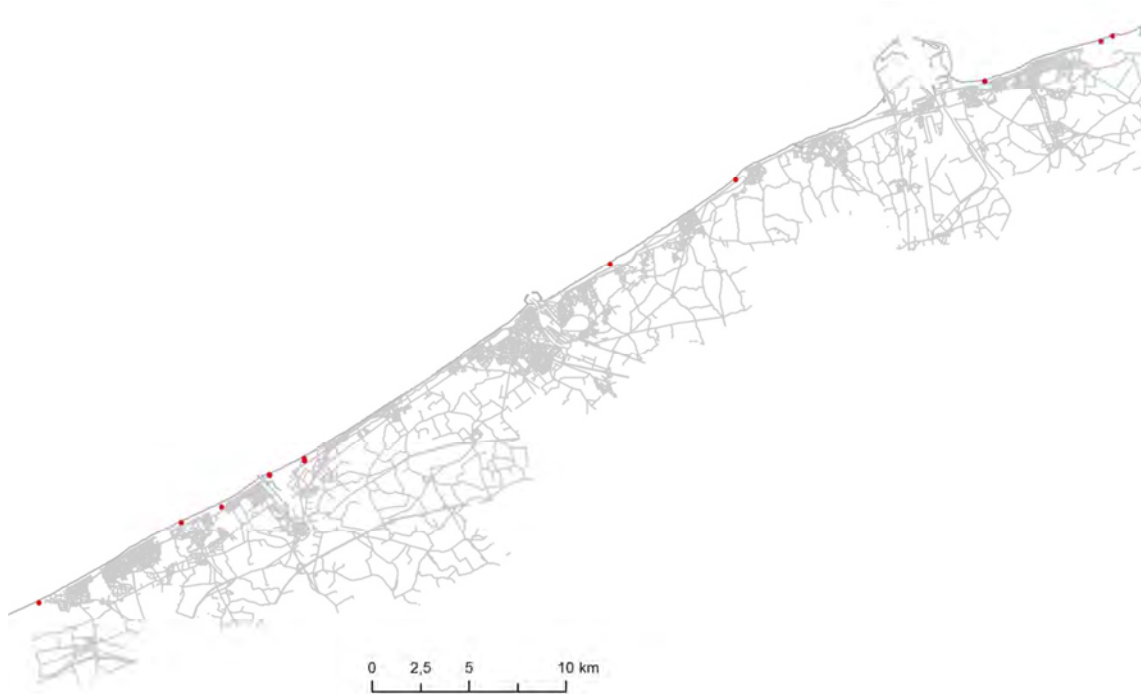
**Sporen** donker roodbruin, zwartachtig

**Steel** 3-7 cm, met velumresten en een vluchtige ring, met aanklevend zand; vleesrood verkleurend.

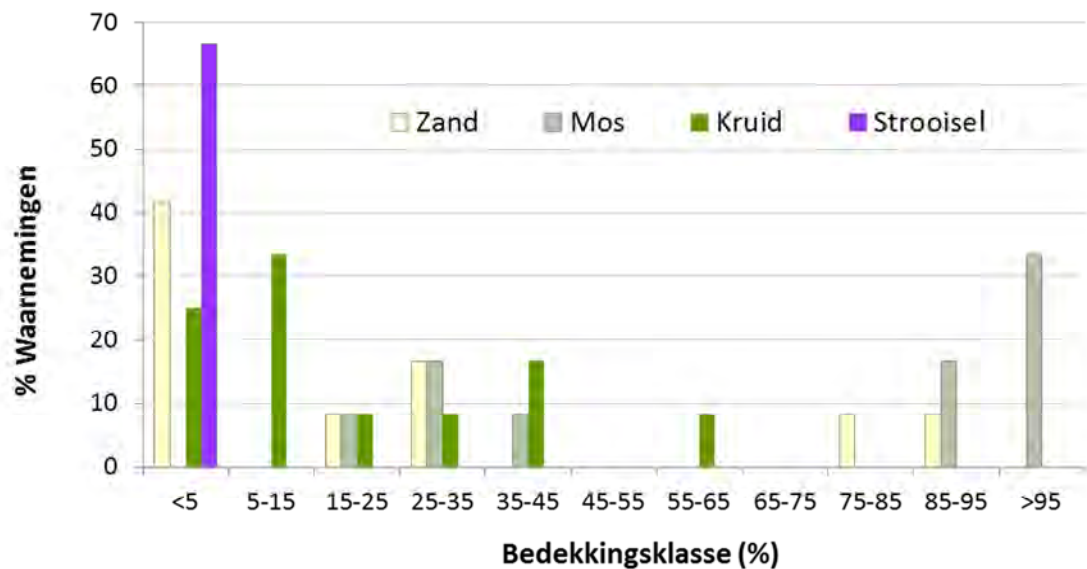


Zeeduinchampignon is een matig zeldzame soort aan de kust. In het kader van BEK werd de soort op slechts 14 locaties waargenomen verspreid over de hele kust (figuur 4.46). De reële verspreiding is echter veel ruimer (cfr. Waarnemingen.be) omdat de soort vooral ook buiten de hier onderzochte stuivende duinen groeit. Zeeduinchampignon werd door ons gevonden van ca. 50 tot 250 m van het hoogstrand maar landinwaarts zijn er nog veel meer

groeiplaatsen in door ons niet onderzochte mosduinen. De soort is gekend van Europa en Noord Amerika en vertoont een grote subspecifieke variatie. Minstens in Vlaanderen en in de buurlanden is de verspreiding kustgebonden.



Figuur 4.46. Verspreiding van **zeeduinchampignon** op basis van de BEK gegevens (2015-2018).

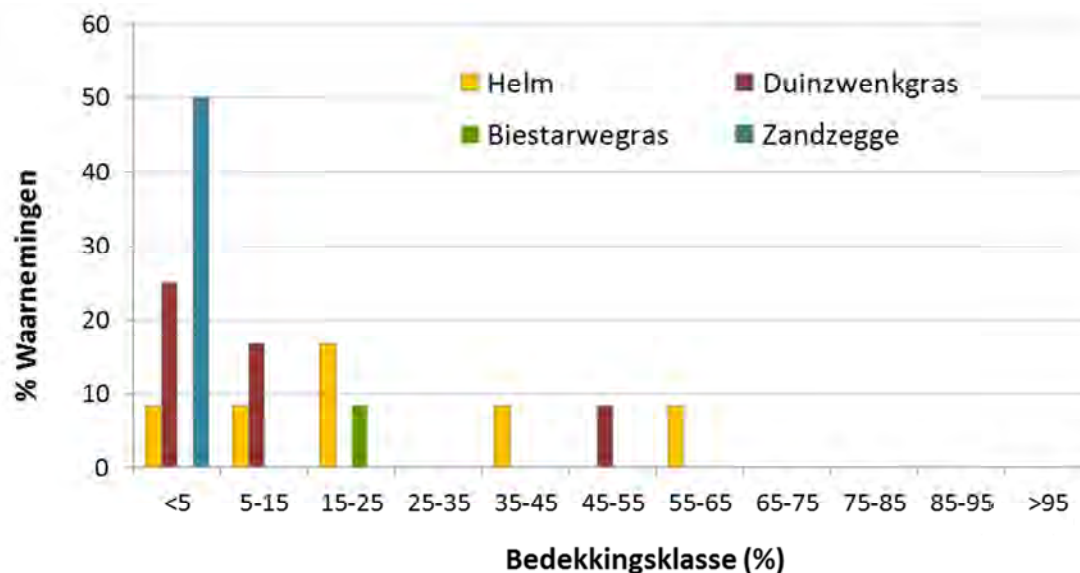


Figuur 4.47. Verdeling van de waarnemingen van **zeeduinchampignon** over de verschillende bedekkingsklassen van kaal zand, mos, kruidlaag en strooisel in de onderste 5cm van het proefvlak.

Ecologisch is zeeduinchampignon afwijkend van de overige beschreven soorten. De lage vegetatie (< 5 cm) is een relatief gesloten mosduin; de gemiddelde bedekking van zand is 25%,



die van mos 70% en de kruidlaag bedekt gemiddeld 20% (figuur 4.47). De opgaande kruidlaag bedekt het minst van de soorten in dit onderzoek, minder dan 40%. Er lijkt geen duidelijke associatie meer met een specifieke grassoort of grasachtige. Zowel helm, duinzwenkgras als zandzegge komen in ongeveer de helft van de proefvlakken voor (figuur 4.48) maar de gezamenlijke bedekking bedraagt in de helft van de proefvlakken minder dan 5%.



Figuur 4.48. Verdeling van de waarnemingen van **zeeduinchampignon** over de verschillende bedekkingsklassen van helm, biestarwegras, duinzwenkgras en zandzegge.

#### 4.8.4.8 Overige soorten

Zeeduinchampignon buiten beschouwing gelaten, werden tijdens de inventarisaties 7 soorten waargenomen die gebonden zijn aan stuivende duinen. Daarnaast vermelden Ozinga et al. (2013) voor Nederland nog 7 andere aan helmduinen gebonden soorten. De meest algemene daarvan is duinbreeksteeltje (*Conocybe dunensis*). Deze soort werd tijdens de excursies met de specialisten meermaals aangetroffen maar bleek in het veld moeilijk herkenbaar en werd daarom niet verder systematisch geïnventariseerd. Op Waarnemingen.be zijn vrij veel vindplaatsen ingevoerd, verspreid over de hele kust maar met een zwaartepunt aan de westkust. Van grauwe trechtersatijnzwam (*Enteloma phaeocyathus*) is slechts een 6 tal waarnemingen bekend in Waarnemingen.be en van violette duinbekerzwam (*Peziza boltonii*) 2. Deze laatste soort werd ook geassocieerd aan meidoorn aangetroffen en is dus vermoedelijk geen exclusieve stuifduinsoort. Van de overige soorten zijn er geen meldingen in Waarnemingen.be: zandparasolzwam (*Lepiota brunneolilacea*), helmstromakelkje (*Tutstroemia maritima*), duinmatkopje (*Simocybe maritima*) en helmstropharia (*Stropharia halophila*). Ook in Nederland zijn het zeldzame tot uiterst zeldzame soorten.

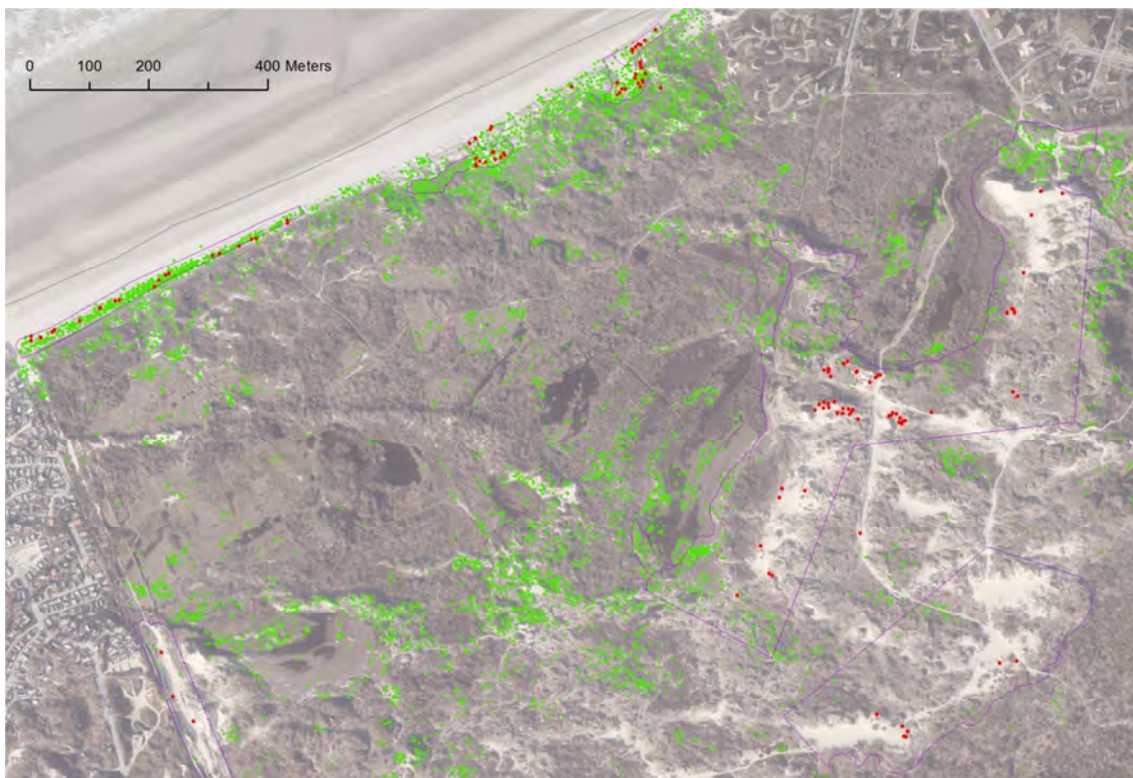
Tot slot vermeldt Guinberteau (2011) nog 9 andere soorten paddenstoelen typisch voor de stuivende of half-gefixeerde Atlantische duinen in Frankrijk. De 'half gefixeerde duinen' vormen een habitatype dat bij ons niet wordt onderscheiden maar in Zuidwest-Frankrijk duidelijk kan worden gekarakteriseerd, met eigen soorten als *Galium arenarium*. Een aantal van de vermelde paddenstoelen zullen door de klimaatverandering onze regio wellicht in de toekomst kunnen koloniseren.

#### 4.8.5 Fungi als indicator

Met uitzondering van zeeduinchampignon, zijn de hoger besproken paddenstoelensoorten heel kenmerkend voor stuivende duinen. Hoewel al deze soorten strooiselafbrekers zijn en dus een zekere hoeveelheid organisch materiaal nodig hebben (doorgaans strooisel van helm, biestarwegras en wellicht ook duinzwenkgras), verkiezen zij een sterk mineraal milieu, vermoedelijk omdat zij anders te sterke concurrentie ondervinden van andere schimmels.

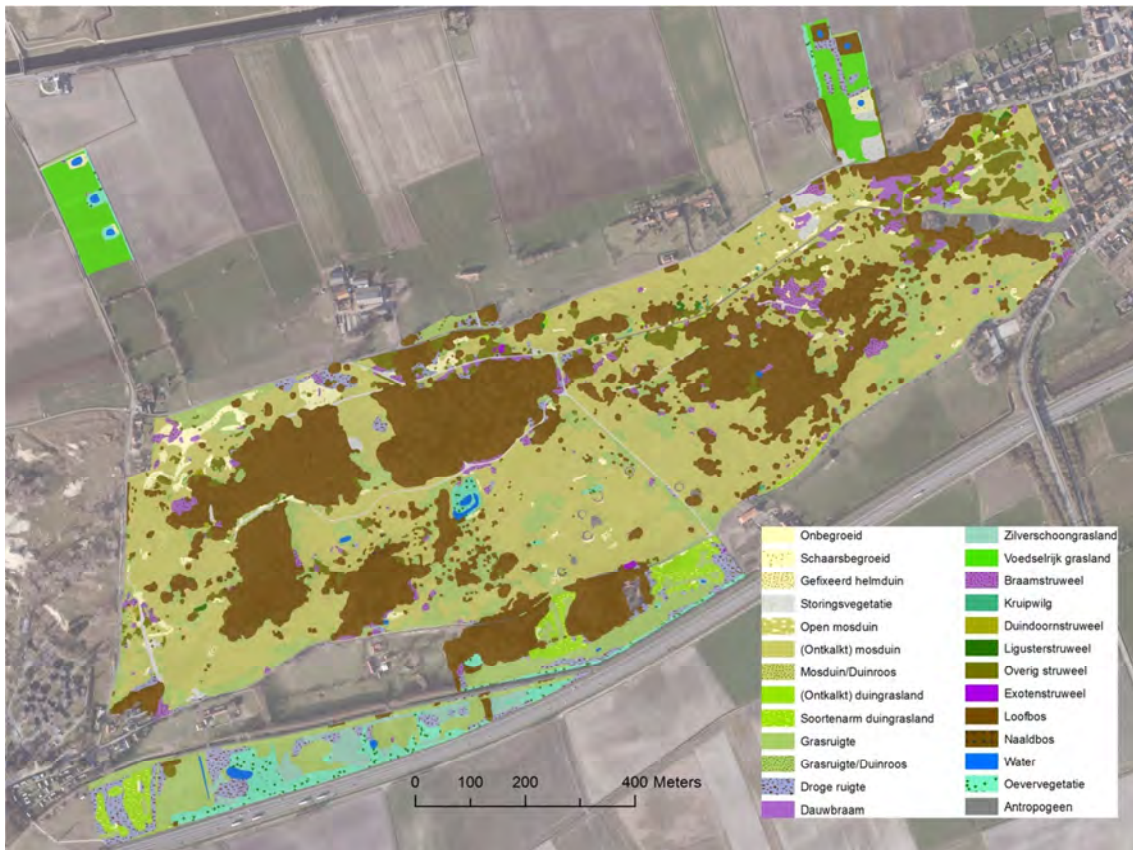
Dit maakt deze soorten bijzonder gevoelig voor fixatie en dus goede indicatoren voor stuifduinen. De meeste aandachtsoorten voor stuivende duinen bij vaatplanten zijn nagenoeg beperkt tot de zeereep waardoor zij niet geschikt zijn als doelsoort voor meer landinwaarts gelegen stuifduinen. Een selectie van fungi kan deze rol wel vervullen. Op figuur 4.49 zien we duidelijk dat in de zeereep de aandachtsoorten van vaatplanten en fungi samen voorkomen terwijl de vaatplanten meer landinwaarts grotendeels ontbreken.

Ook bij de fungi zien we dat de meeste soorten beduidend meer worden gevonden dicht tegen zee maar dit heeft vooral een klimatologische verklaring. Dicht tegen zee is er immers beduidend minder vorst en kunnen de paddenstoelen er langer doorgroeien, wat de trefkans verhoogt. Soorten als zandtulpje en duinfranjehoed komen ook volop in de landinwaarts gelegen stuifduinen voor en zijn daarenboven vrij gemakkelijk herkenbaar. Dit maakt hen ideale biodiversiteitsindicatoren voor deze habitats. De overige soorten zijn ofwel zeldzaam ofwel minder gemakkelijk herkenbaar.

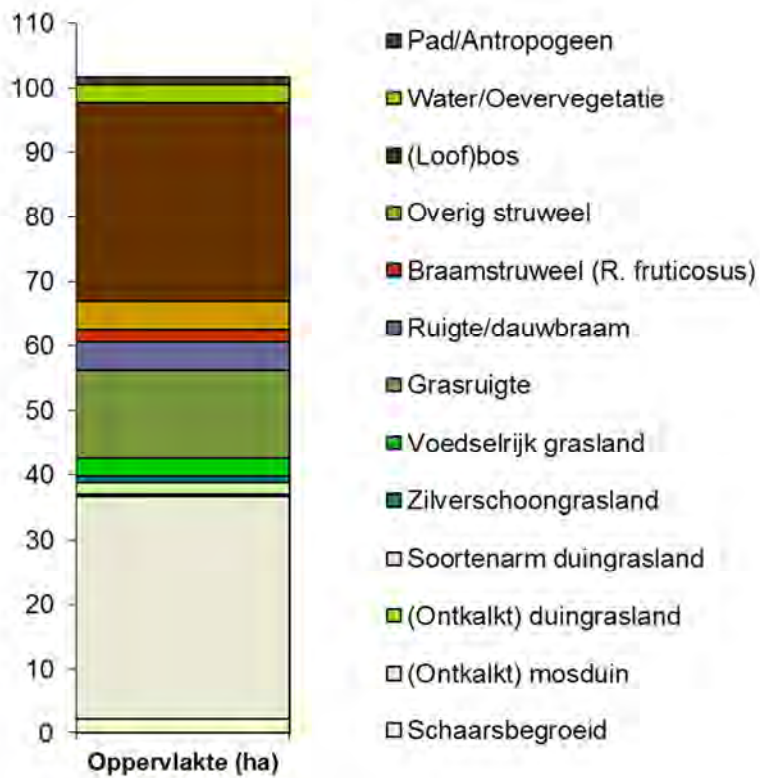


Figuur 4.49. Verspreiding van aandachtsoorten vaatplanten (groen) en fungi (rood) van stuifduinen in De Westhoek.



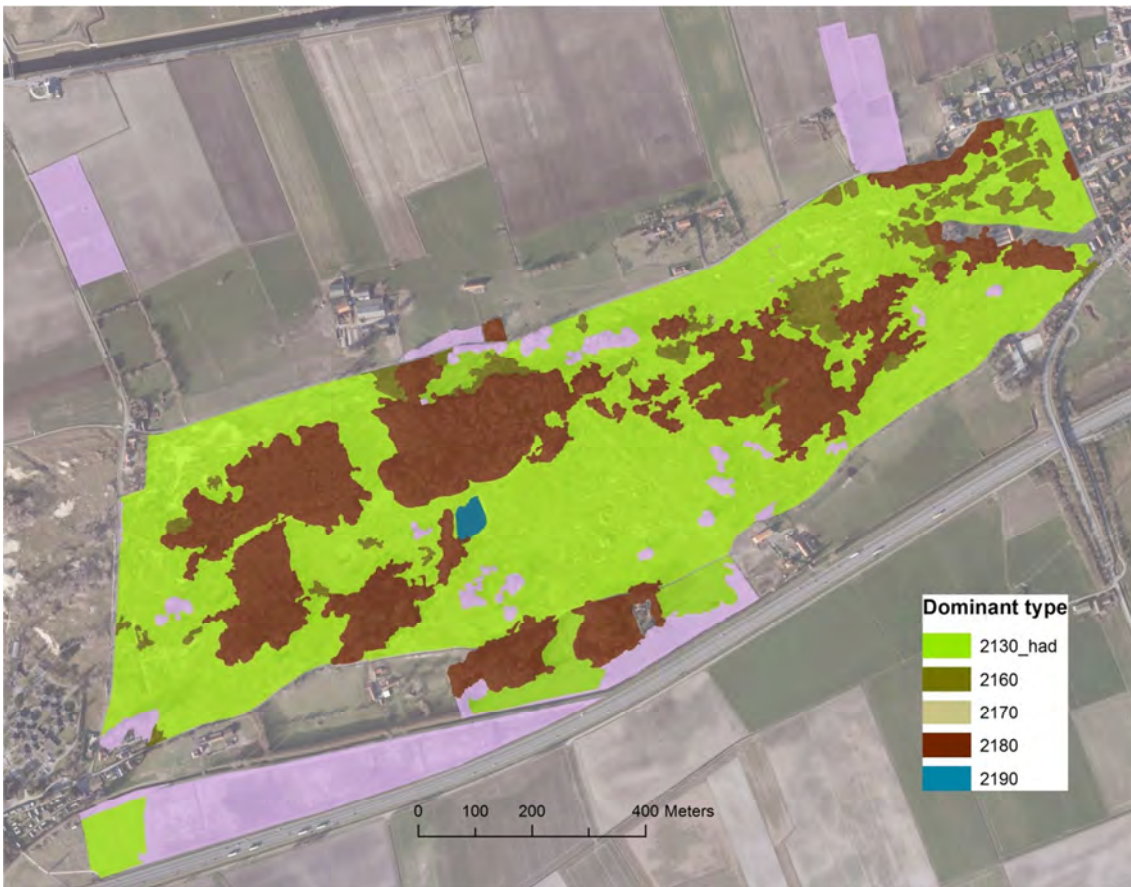


Figuur 5.1. Vegetatiekaart van Cabour (2019).

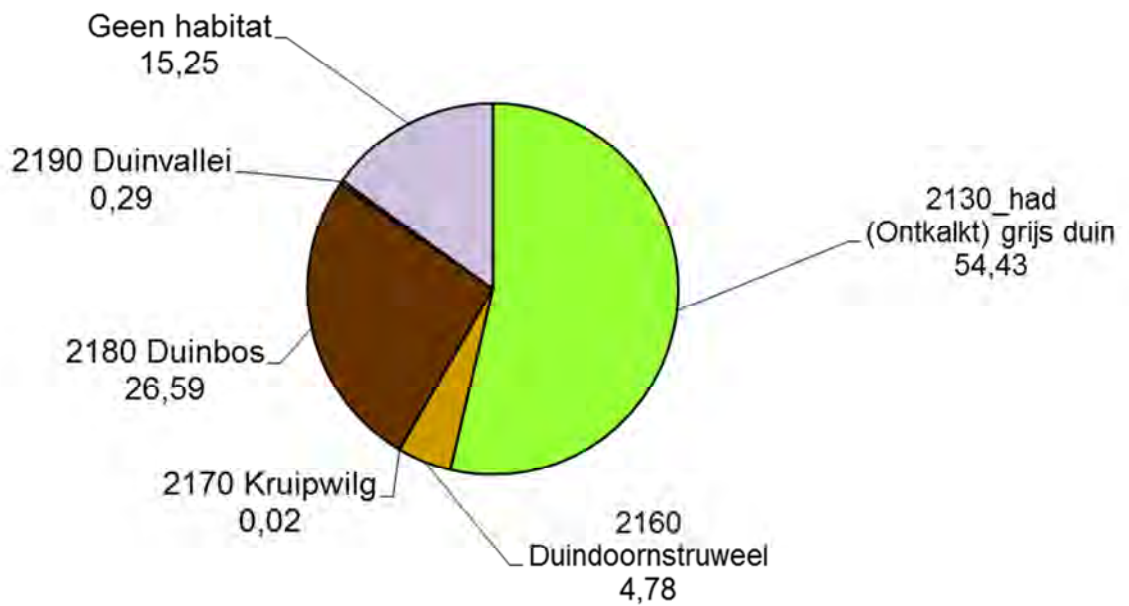


Figuur 5.2. Oppervlakte van de verschillende vegetatieklassen in Cabour (kartering 2019).





Figuur 5.3. Natura2000 habitattypes in Cabour (2019).

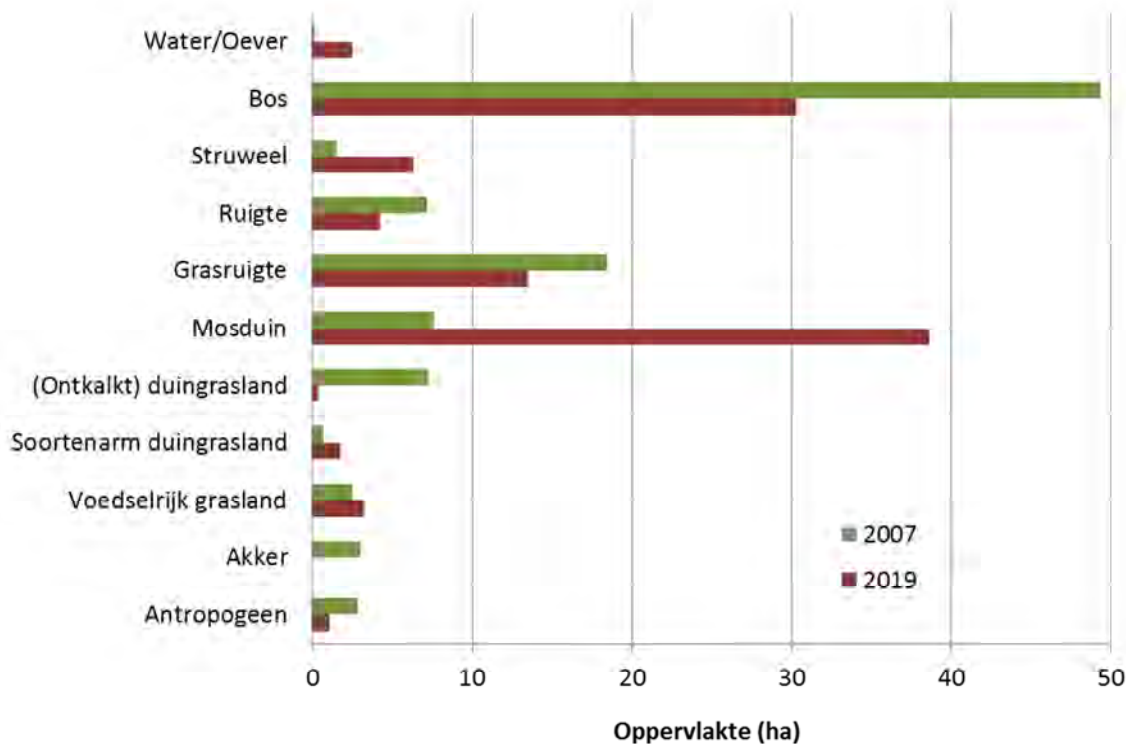


Figuur 5.4. Oppervlakte (ha) van de Natura2000 habitattypes in Cabour (2019).

Een vergelijking van de oppervlaktes van de verschillende vegetatietypen aangetroffen in 2019 met de kartering uit de gebiedsvisie van Zwaenepoel et al. (2007) toont een aantal belangrijke verschuivingen. Vooreerst zien we een netto afname van de bosoppervlakte met bijna 40%, grofweg van 50 naar 30 ha. Dit is uiteraard toe te schrijven aan de ontbossingen ten behoeve van de ontwikkeling van open duinhabitats. De ontboste zones zijn grotendeels naar mosduin of andere open duinvegetatie geëvolueerd, maar ca. 4,5 ha bestaat momenteel uit struweel. Dit verklaart een belangrijk deel van de toename van de struweeloppervlakte in het gebied. Anderzijds zien we ook een toename van 6,5 ha bos en struweel vanuit open, kruidachtige vegetatietypen. Een gedeelte hiervan is te verklaren door onnauwkeurigheden in de kartering maar het wijst vooral op voortschrijdende successie.

Een tweede en kwantitatief meest uitgesproken trend, is de toename van de oppervlakte aan mosduin en schaarsbegroeid duin met ruim 30 ha, een vervijfvoudiging van de oppervlakte. Een eerste oorzaak hiervan is de actieve ontwikkeling van het type door ontbossing. Dit verklaart slechts voor een kleine helft de oppervlaktetoename. Bijna even belangrijk is de evolutie van ca. 11 ha (gras)ruigte naar mosduin door de begrazing. Tot slot zien we ook dat 4,65 ha die in 2007 als grasland werden gekarteerd, bij de recente kartering als mosduin worden aangeduid. Dit heeft wellicht deels met veldinterpretatie te maken, maar wijst vooral op een verschraling van de graslanden door de begrazing. De oorspronkelijke graslandoppervlakte is verder ook sterk achteruitgegaan door vergrassing en verruiging (0,7 ha) en verstruweling/verbossing (ruim 1 ha). Door al deze factoren samen is van de oorspronkelijk 7,2 ha duingrasland slechts 0,3 ha (4%) als grasland intact gebleven in 2018.

Tot slot zien we dat ongeveer 3 ha die in 2007 nog als akker in gebruik was, omgevormd is tot (voedselrijk) grasland en andere, meer natuurlijke vegetatietypen.



Figuur 5.4. Vergelijking van de oppervlakte (ha) van de globale vegetatietypen in 2019 met de kartering van Zwaenepoel et al (2007).

### 5.1.2 Permanente kwadraten

In het kader van BEK werden in Cabour slechts 3 PQ's opgenomen en één Garzebekeveld (figuur 5.5). Met uitzondering van ca\_01 vertoont de vegetatie in de proefvlakken geen uitgesproken trends. Wel zien we behoorlijke schommelingen in de aantallen soorten per ecologische groep. Het vegetatietype uit de TWINSPAN classificatie blijft doorgaans gelijk. Proefvlak ca\_01 is gelegen in een ontgonnen zone en vertoont een duidelijke ontwikkeling naar een meer soortenrijke vegetatie met een belangrijk aandeel aan graslandsoorten. Proefvlakken ca\_14 en 15 blijven min of meer stabiel maar gb\_01, aan de oever van de wachtkom, vertoont grote schommelingen. Zowel in 2008 als 2017 wordt de opname als zilverschoongrasland geclassificeerd, de opname tussenin als soortenarm grasland (type 1). Dit is vermoedelijk te wijten aan het effect van het natte jaar 2013, waardoor een aantal soorten van vochtige graslanden een tijdelijke terugval kenden.

Tabel 5.1. Evolutie van het aantal soorten per ecologische groep in de opgevolgde permanente kwadraten in Cabour en Garzebekeveld.

	ca_01			ca_14			ca_15			gb_01		
	2009	2012	2015	2009	2013	2016	2009	2013	2016	2008	2014	2017
Mosduin		1	2				3	3	2			
Grasland	1	2	7				9	8	11	2	4	4
Duinvallei				1	3	1			1	14	8	9
Ruderaal/ruigte		2		3	7	1	1	1	3	7	8	4
Struweel/zoom	4	6	5							1	1	1
Rest	3	4	7	10	7	8	10	9	9	9	15	12
<b>TOTAAL aantal</b>	<b>8</b>	<b>15</b>	<b>21</b>	<b>14</b>	<b>17</b>	<b>10</b>	<b>23</b>	<b>21</b>	<b>26</b>	<b>33</b>	<b>36</b>	<b>30</b>
<b>TWINSPAN-groep</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

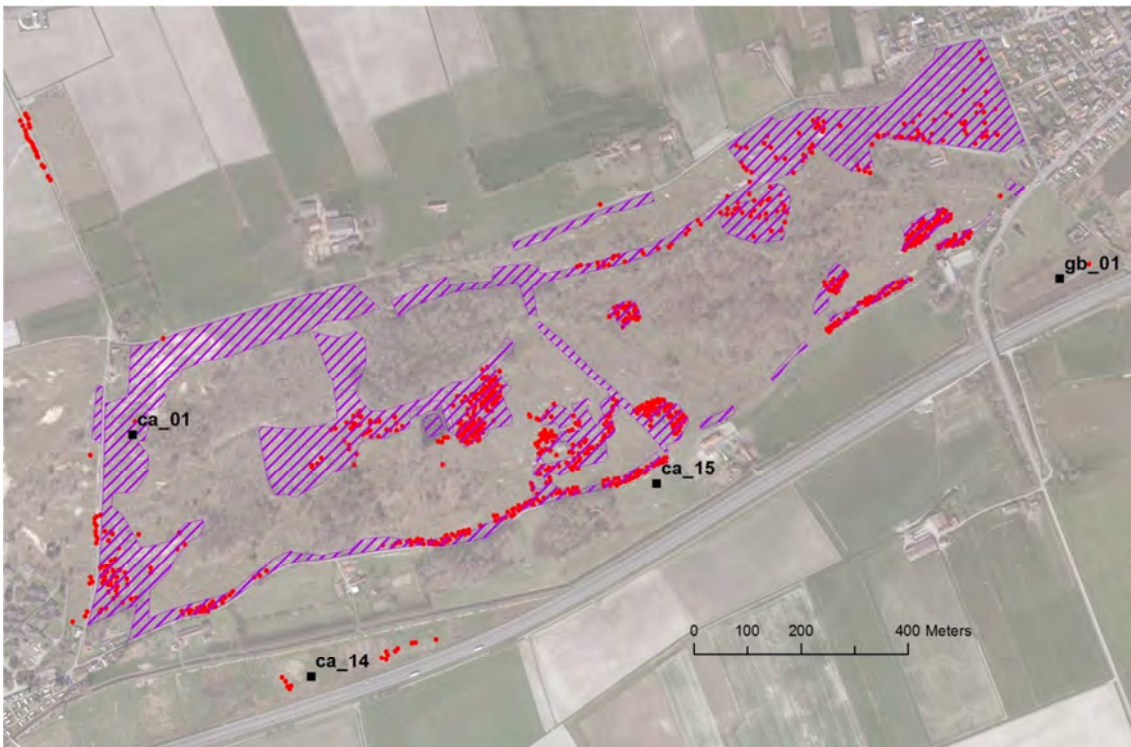
### 5.1.3 Kartering van aandachtsoorten flora

In Cabour werden enkel de zones gekarteerd die in de periode 2010-2012 werden ontbost (figuur 5.5). Het betreft een oppervlakte van ca. 22 ha. Tabel 5.2 geeft de evolutie van de aandachtsoorten weer die in deze zone werden aangetroffen.

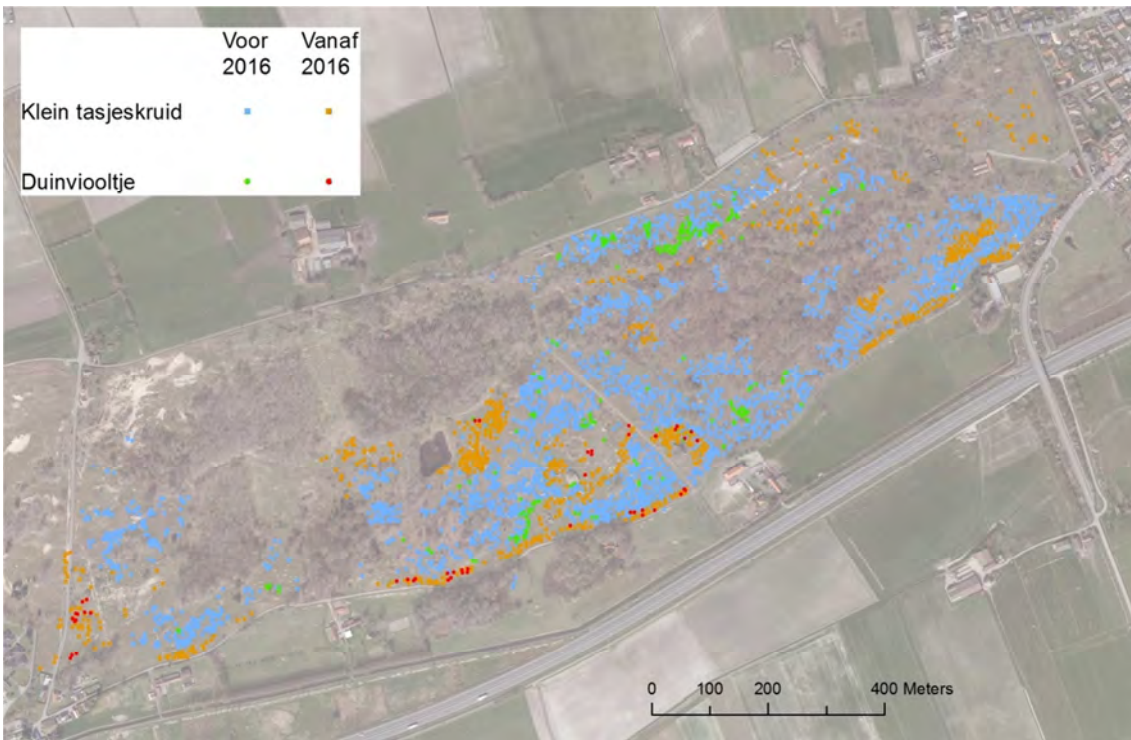
Tijdens de recente kartering in de periode 2016-2018 werden 8 aandachtsoorten gevonden tegenover 12 in de periode 2007-2014. Het verdwijnen van hartgespan is rechtstreeks te wijten aan de ontbossing. Hierdoor zijn ook de boszomen, de optimale biotoop van deze soort, verdwenen. Ook de achteruitgang van donderkruid is hier hoogstwaarschijnlijk aan gerelateerd.

Sofiekruid, scherpe fijnstraal, bilzenkruid en sierlijke vetmuur werden niet meer aangetroffen tijdens de recente kartering. Dit is mogelijks ook te wijten aan de geografische nauwkeurigheid van de gebruikte methode. Gezien de puntmetingen fouten tot enkele meters kunnen vertonen, kunnen punten in de analyse betrokken zijn die eigenlijk buiten de ontgonnen terreindelen vallen. Verder is ook het verspreidingsgebied van gaspeldoorn binnen die zone achteruitgegaan (van 11 naar 6 hokken). De achteruitgang in oppervlakte die hier ongetwijfeld mee gepaard gaat, kan met de gebruikte methode echter niet worden vastgesteld. De soort blijft een oppervlakte beslaan van 50 tot 500 m<sup>2</sup>.





Figuur 5.5. Overzicht van de gekarteerde aandachtsoorten in Cabour (rode stippen) met aanduiding van de ontboste zones (paarse arcering) en ligging van de opgenomen PQ's.



Figuur 5.6. Verspreiding van klein tasjeskruid en duinviooltje in Cabour.



De meest substantiële trend binnen de gekarteerde zone is de sterke toename van klein tasjeskruid en duinviooltje, twee belangrijke aandachtsoorten van de ontkalkte duingraslanden (figuur 5.6). Hondsviooltje was al verspreid binnen het gebied aanwezig en lijkt stand te houden zonder noemenswaardige trend. Binnen de ontkalkte duinen heeft de soort een voorkeur voor meer gestabiliseerde (heischrale) graslanden, wat wellicht verklaart waarom hondsviooltje in de huidige pionierstadia geen uitbreiding vertoont. Een nieuwkomer binnen de ontgonnen zone is onderaardse klaver. Deze soort heeft een belangrijke populatie in de duinpolderovergang ten zuiden van het gebied maar is nu dus ook in Cabour zelf aangetroffen.

Tot slot wordt in de vochtige terreindelen een uitbreiding van dwergzegge en borstelbies vastgesteld. Het zijn voorlopig de enige duinvalleisoorten binnen deze zone.

Tabel 5.2. Evolutie van de aandachtsoorten binnen de ontboste terreindelen in Cabour. Per periode het aantal 50x 50 m<sup>2</sup> hokken waarin de soort werd aangetroffen en tussen haakjes een inschatting van de abundantie in aantal individuen of m<sup>2</sup>.

	2007-2014	2016-2018	
Aantal soorten	12	8	
Carex viridula s.l.	1 (5-25 m <sup>2</sup> )	4 (500-5000 m <sup>2</sup> )	Dwergzegge
Descurainia sophia	1 (5-25)		Sofiekruid
Erigeron acer	1 (1)		Scherpe fijnstraal
Hyoscyamus niger	1 (1)		Bilzenkruid
Inula conyzae	7 (50-500)	1 (2-5)	Donderkruid
Isolepis setacea	1 (1)	1 (50-500)	Borstelbies
Leonurus cardiaca	13 (50-500)		Hartgespan
Sagina nodosa	1 (50-500)		Sierlijke vetmuur
Teesdalia nudicaulis	53 (500-5000)	97 (>5000)	Klein tasjeskruid
Trifolium subterraneum		1 (5-25)	Onderaardse klaver
Ulex europaeus	11 (50-500 m <sup>2</sup> )	6 (50-500 m <sup>2</sup> )	Gaspeldoorn
Viola canina	20 (50-500)	18 (50-500)	Hondsviooltje
Viola curtisii	7 (25-50)	15 (50-500)	Duinviooltje

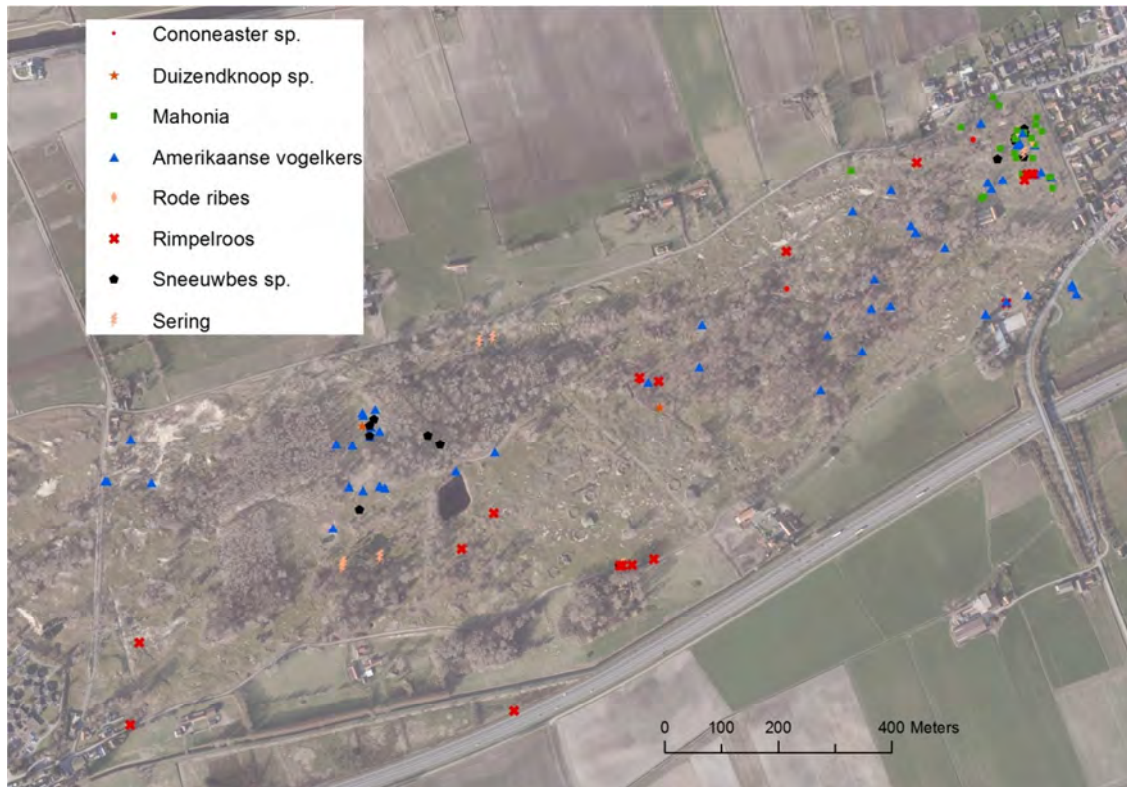
#### 5.1.4 Exoten

Invasieve uitheemse planten vormen in Cabour een relatief beperkt probleem. Toch dienen een aantal soorten op korte termijn drastisch aangepakt te worden. Het zijn de klassiekers Amerikaanse vogelkers, rimpelroos en mahonia (figuur 5.7). De kaart in figuur 5.7 geeft een beeld van de volledige kartering van de voorbije ca. 10 jaar en kan door gevoerd beheer al verouderd zijn. Amerikaanse vogelkers komt verspreid voor in het gebied. Locaties waar vruchtdragende individuen werden aangepakt moeten nog een aantal jaren nadien worden opgevolgd omdat hier nog kiemkrachtige zaden in de bodem aanwezig zullen zijn. Mahonia bevindt zich vooral in de noordoostelijke hoek van het terrein, samen met andere exotische struiksoorten zoals sneeuwbes, sering en cotoneasters.

#### 5.1.5 Beheeraanbevelingen

In Cabour werden enkel aandachtsoorten gekarteerd binnen de ontboste zones. Voor het geheel van het gebied kunnen dus minder gedetailleerde beheeraanbevelingen worden gegeven.





Figuur 5.7. Verspreiding van uitheemse invasieve plantensoorten in Cabour.

Binnen de ontboste zones zien we globaal een positieve evolutie met een uitbreiding van een aantal aandachtsoorten van ontkalkte mosduinen en duingraslanden. Dit wordt bevestigd door de evolutie van de vegetatie in het proefvlak ca\_01. Op basis van de vergelijking van de vegetatiekaarten zien we een positief effect van de begrazing met een sterke achteruitgang van de door grassen gedomineerde vegetatie. Actueel is de konijnenstand echter dermate hoog dat aanvullende begrazing door grotere herbivoren niet meer nodig en zelfs niet wenselijk is. De konijnenstand vertoont echter zeer sterke schommelingen onder invloed van verschillende virale ziektes. Het is belangrijk om deze evolutie goed in de gaten te houden en bij eventuele zware terugval van de konijnen terug grote grazers in het terrein te brengen. Verder zien we dat verbossing en verstruweling zich ondanks de begrazingsdruk gewoon verder zet. In de toekomst zullen dus nog kappingen of struweelontginningen nodig zijn om het terrein open te houden. Aanvankelijk kunnen nog populieren en esdoorns aangepakt worden maar op langere termijn zal het noodzakelijk zijn ook eiken en meidoorns te gaan kappen.

Ook voor de poelen is het wenselijk wat meer licht (en minder bladafval) te voorzien door lokale kappingen (vooral aan de zuidrand). Tijdens de inventarisaties werden opvallend weinig amfibieën waargenomen. Vermoedelijk ligt het ingesloten karakter hier (mee) aan de oorzaak.

Een voordeel van populieren is hun mild (snel afbrekend) strooisel. Dominantie van eiken leidt tot sterke bodemverzuring en dit is bijvoorbeeld voor de populatie nauwe korfslak niet gunstig. Daarom is het wenselijk om in de te behouden boskernen ook boomsoorten aan te planten met een goed afbrekend strooisel. Het zijn zogenaamde ionenpompen die o.m. de nodige calciumionen uit diepere bodemlagen weer aan de oppervlakte brengen en zo verzuring tegengaan. Goede ionenpompen zijn onder meer populieren (met absolute voorkeur voor ratelpopulier), olmen en lindes (Thomaes 2014).



Zeker de mosduinen zijn bijzonder arm aan specifieke vaatplantsoorten waardoor de gebruikte methoden hier weinig geschikt is om gefundeerde uitspraken te doen. Hiervoor is de opvolging van een weloverwogen selectie van invertebraten wenselijk. In het kader van PINK werd een heel beperkte selectie gekarteerd waarvan blauwvleugelsprinkhaan de meest abundante soort in voor Cabour. Figuur 5.7 geeft de verspreiding van deze soort weer op basis van de PINK kartering, aangevuld tijdens het huidige project BEK. De gegevens tonen dat de ontboste terreindelen reeds volop door blauwvleugelsprinkhaan worden ingenomen. Een belangrijke soort voor het gebied is schavertje. Deze soort doet het in ieder geval nog goed in Cabour. In het meetnet van internationaal belangrijke soorten werden in 2019 nog veel schavertjes aangetroffen in de proefvlakken, respectievelijk 48 in Cabour 1 en 9 in Cabour 2 (data verzameld in het kader van de Natura 2000 soortenmonitoring). Achteruitgang van deze soort zou er op kunnen wijzen dat de vegetatie te open wordt. Deze soort verkiest immers een korte maar dichte vegetatie.



Figuur 5.8. Verspreiding van blauwvleugelsprinkhaan in Cabour.

## 5.2 DE WESTHOEK

### 5.2.1 Permanente kwadraten

In het kader van BEK werden in De Westhoek 16 permanente kwadraten opgenomen, 11 in de noordelijke pannen en 5 in de zuidelijke. Alle proefvlakken zijn gelegen in relatief recent ontgonnen terreindelen (figuur 5.9) en zijn 3 maal opgenomen tijdens de voorbije 12 jaar. Met uitzondering van het pionierduingrasland wn\_04 (type 9) zijn alle opnames in het noorden gemaakt in vochtige pannen en behoren zij tot de soortenrijke duinvalleivegetaties (type 5) of de pionievorm type 6. De meeste proefvlakken behouden tijdens de drie opnamemomenten hetzelfde type. In wn\_07 en wn\_20 treedt successie op van type 6 naar 5. In 4 andere proefvlakken blijft het 'pioniertype' al meer dan 10 jaar behouden. Dit komt enerzijds door zeer jonge karakter van de pannen maar ook door de regelmatige overstrooming, waardoor het pionierkarakter langere tijd behouden blijft.



Tabel 5.3. Evolutie van het aantal soorten per ecologische groep in de opgevolgde permanente kwadraten in De Westhoek.

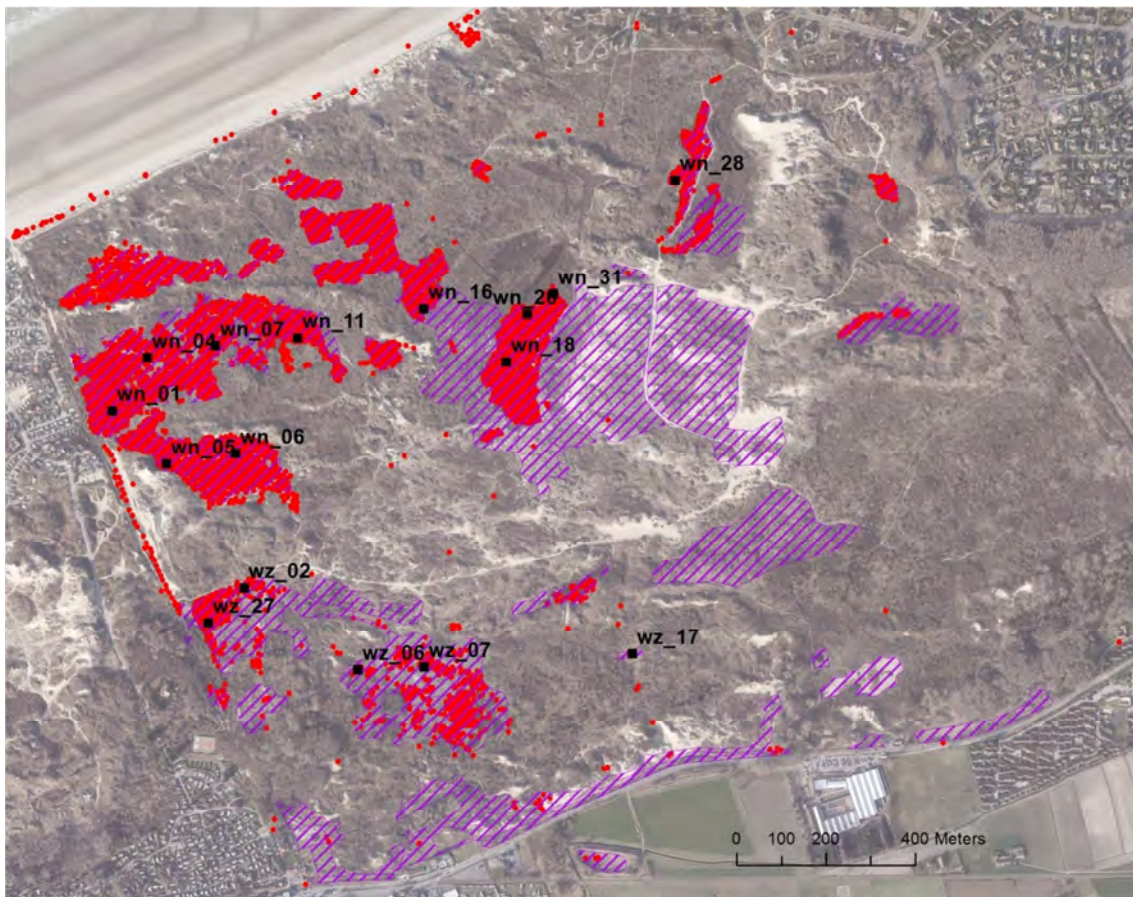
		Mosduin	Grasland	Duinvallei	Ruderaal/ ruigte	Struweel/ zoom	Rest	TOTAAL aantal	TWINSPAN- groep
wn_01	2007		8	10	3		15	36	5
	2013		6	13	3	2	16	40	5
	2016		13	14	2	2	15	46	5
wn_04	2009	7	12	3		2	15	39	9
	2013	6	15	3		1	14	39	9
	2016	5	18	4		1	14	42	9
wn_05	2007	1	6	7	1	1	8	24	5
	2013	2	12	8	1		16	39	5
	2016	2	10	8	2	2	16	40	5
wn_06	2008		1	12	1		3	17	6
	2013			10	1	1	2	14	6
	2016		3	12	1	1	4	21	6
wn_07	2008		4	16	1	1	9	31	6
	2013		2	15	4		8	29	6
	2016		9	17	3	1	10	40	5
wn_11	2006		5	16	3	1	10	35	6
	2010		3	14	2		4	23	6
	2017		5	16	3		7	31	6
wn_16	2008	1	7	16	6	2	14	46	5
	2014	1	7	17	4	4	15	48	5
	2017	1	12	16	3	2	16	50	5
wn_18	2006		2	12	2	1	4	21	6
	2012		4	16	1	3	5	29	6
	2015		2	17	2		6	27	6
wn_20	2008		3	7	2	2	14	28	6
	2012	3	8	10	2	4	17	44	5
	2015		10	8	3	3	14	38	5
wn_28	2007		6	11			9	26	5
	2013		5	11	2	1	7	26	5
	2017		6	13		2	7	28	5
wn_31	2007		2	10	2	2	7	23	6
	2014	1	1	14	1		6	23	6
	2017		5	19	1	1	8	34	6
wz_02	2006	4	9	8	4	1	16	42	5
	2014		9	9	4	1	19	42	5
	2018		10	6	1		17	34	5
wz_06	2008		10	4	3		16	33	8
	2014	1	12	7	3	1	20	44	2
	2018		11	4	3		15	33	8
wz_07	2007		5	4	4	1	16	30	2
	2014	1	11	11	6	2	24	55	2
	2018		12	7	5	1	18	43	8
wz_17	2006	4	5			1	11	21	8
	2012	3	8			2	11	24	8
	2015	1	11				10	22	8
wz_27	2006	1	10	2	4	2	14	33	8
	2014		14	4	3	4	17	42	8
	2018	3	16	4	1	2	11	37	8





In de meeste duinvalleiproefvlakken neemt het soortenaantal toe tijdens de beschouwde periode, in drie blijft het min of meer constant of vertoont het schommelingen. Vooral in wn\_11 varieert het soortenaantal sterk. Dit heeft te maken met de grote grondwaterschommelingen op die locatie (Parnassiapanne). Het aantal duinsoorten (grasland + duinvallei) neemt overall toe of blijft constant.

In de zuidelijke pannen behoort ook wz\_02 tot type 5. De opnames uit de overige proefvlakken behoren tot type 2 (zilverschoongrasland) of 8 (met affiniteit voor de associatie van maanvarentje en vleugeltjesbloem). De totale soortenaantallen schommelen sterk of blijven stabiel maar in drie van de 5 proefvlakken is een sterke toename van het aantal duin(grasland)-soorten te zien.



Figuur 5.9. Overzicht van de gekarteerde aandachtsoorten in De Westhoek (rode stippen) met aanduiding van de ontgonnen zones (paarse arcering) en ligging van de opgenomen PQ's.

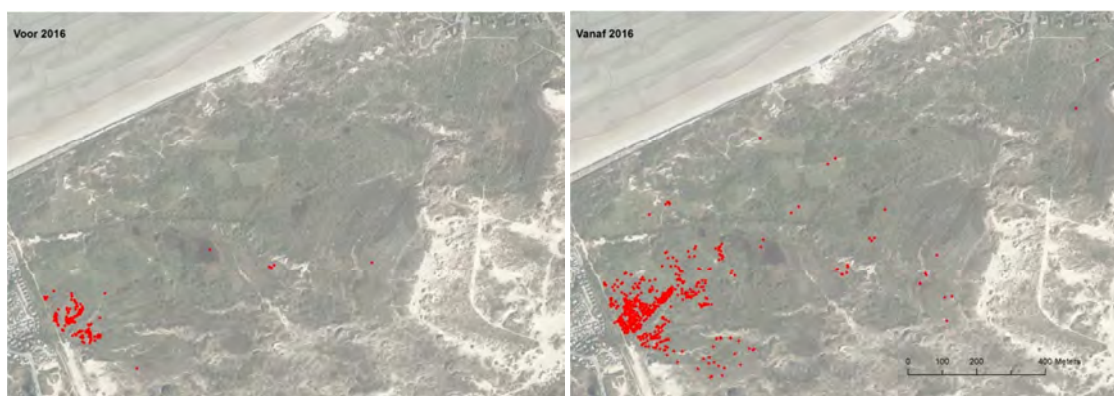
### 5.2.2 Kartering van aandachtsoorten

Zowel in het noorden als het zuiden van De Westhoek zien we in de ontgonnen zones een sterke stijging van het aantal aandachtsoorten de eerste ca. 10 jaar na de ingrepen. Uit de laatste inventarisatieronde in het kader van BEK blijkt dit soortenaantal weer licht te dalen. Voor de ontgonnen delen van de hele Westhoek vonden we tijdens de recente inventarisatie 58 aandachtsoorten. Dit zijn er ongeveer evenveel als in de eerste inventarisatieperiode 1999-2006 maar 11 soorten minder dan in de tussenliggende periode 2016-2018. In de noordelijke pannen doken verschillende nieuwe soorten voor het gebied op kort na de werken zoals grote muggenorchis en gelobde maanvaren. Andere aandachtsoorten zoals tandjesgras



en blauwe zegge stonden reeds in de zuidelijke pannen en hebben zich dus binnen het gebied uitgebreid. Sommige van de nieuwe soorten zoals Duits viltkruid, holpijp en zilte zegge, werden echter niet meer waargenomen tijdens de laatste inventarisaties. Ook in de zuidelijke pannen werden in de periode 2007-2014 extra soorten gevonden die recent niet meer werden waargenomen tijdens de detailkartering zoals zilverhaver, glad biggenkruid en fraai duizendguldenkruid.

De meest spectaculaire uitbreiding van aandachtsoorten zien we in de duinvalleien van de noordelijke pannen. Het betreft dwergbloem, teer guichelheil, bosorchis, vleeskleurige orchis, brede en rietorchis, moeraswespenorchis, duingentiaan, honingorchis, paddenrus, addertong, parnassia en in mindere mate veldrus en noordse rus. Vooral de uitbreiding van bosorchis en vleeskleurige orchis is spectaculair, van de laatste soort staan in de ontgonnen terreindelen tienduizenden exemplaren. Ook honingorchis doet het bijzonder goed. Walter Van den Bussche telde in 2019 in het kader van de monitoring van internationaal belangrijke soorten in Vlaanderen in een deel van De Westhoek meer dan 3700 individuen, waarvan het merendeel in de Herminiumpanne (ongepubliceerd verslag).



Figuur 5.10. Evolutie in de verspreiding van honingorchis in De Westhoek.

Andere duinvalleisoorten kenden een sterke uitbreiding de eerste jaren na de ontstruweling en lijken zich te hebben gestabiliseerd. Dit is het geval bij zomerbitterling, drienervige zegge, dwergzegge en rond wintergroen. Een aantal soorten met een duidelijk pionierkarakter kenden aanvankelijk een uitbreiding maar blijken op basis van de recente inventarisaties weer achteruit te gaan: strandduizendguldenkruid, borstelbies, sierlijke vetmuur. Bij bleekgele droogbloem is er zelfs een achteruitgang over de hele lijn. Hier valt de kolonisatie na de ontginning volledig binnen de eerste inventarisatieperiode. Deze soort wordt dan ook gemakkelijk door de wind verbreid en stelt geen al te hoge milieu-eisen.

Ook in de zuidelijke pannen vertonen veel soorten van duinvalleien een uitbreiding: bosorchis, vleeskleurige orchis, brede en riet; moeraswespenorchis, duingentiaan, borstelbies, addertong en in mindere mate parnassia en teer guichelheil. Zomerbitterling, drienervige zegge en rond wintergroen vertonen over de hele beschouwde periode kleine maar min of meer stabiele populaties. Dwergzegge vertoont eerst een opgaande, daarna een dalende trend en blauwe zegge, paddenrus en sierlijke vetmuur vertonen een dalende trend over de hele lijn. Paddenrus is sterk achteruit gegaan door begrazing.

Ook bij de soorten van duingrasland zien we vooral in het noorden van De Westhoek een duidelijke uitbreiding van heel wat soorten: gewone agrimonie, bevertjes, driedistel, geel zonneroosje, grote en kleine ratelaar, grote tijm, ruig viooltje, bokkenorchis en stijf hardgras.

////////////////////////////////////

Tabel 5.4. Evolutie van de aandachtsoorten binnen de ontgonnen terreindelen in De Westhoek. Per periode het aantal 50x 50 m<sup>2</sup> hokken waarin de soort werd aangetroffen en tussen haakjes een inschatting van de abundantie in aantal individuen of m<sup>2</sup>.

	Westhoek - Noord			Westhoek - Zuid			
	1999-2006	2007-2014	2016-2018	1999-2006	2007-2014	2016-2018	
Aantal soorten	50	61	55	35	41	36	
Agrimonia eupatoria	1 (1)	35 (50-500)	46 (500-5000)				Gewone agrimonie
Aira caryophylla					1 (1)		Zilverhaver
Anagallis tenella	4 (50-500m <sup>2</sup> )	11 (50-500m <sup>2</sup> )	12 (500-5000m <sup>2</sup> )			1 (1m <sup>2</sup> )	Teer guichelheil
Anthyllis vulneraria	2 (5-25)	2 (25-50)	3 (2-5)	2 (5-25)	1 (5-25)		Wondklaver
Arabis hirsuta				6 (50-500)	2 (500-5000)		Ruige scheefkelk
Asperula cynanchica	11 (5-25)	21 (50-500)	10 (50-500)				Kalkbedstro
Blackstonia perfoliata	53 (500-5000)	102 (5000-50 000)	90 (500-5000)	3 (2-5)	2 (5-25)	2 (5-25)	Zomerbitterling
Botrychium lunaria		2 (25-50)	2 (25-50)				Gelobde maanvaren
Briza media	6 (500-5000)	9 (500-5000)	17 (500-5000)				Bevertjes
Carduus nutans				1 (5-25)			Knikkende distel
Carex distans		1 (2-5)		1 (1)			Zilte zegge
Carex panicea			1 (1)	5 (25-50)	3 (25-50)	2 (25-50)	Blauwe zegge
Carex trinervis	21 (500-5000m <sup>2</sup> )	48 (500-5000m <sup>2</sup> )	41 (500-5000m <sup>2</sup> )	3 (5-25m <sup>2</sup> )	5 (5-25m <sup>2</sup> )	2 (2-5m <sup>2</sup> )	Drienvervige zegge
Carex vesicaria					1 (1)		Blaaszegge
Carex viridula s.l.	41 (5000-50 000)	74 (5000-50 000)	68 (5000-50 000)	5 (50-500)	14 (5000-50 000)	6 (500-5000)	Dwergzegge
Carlina vulgaris	20 (50-500)	42 (500-5000)	51 (500-5000)	9 (25-50)	5 (5-25)	1 (1)	Driedistel
Catapodium rigidum	1 (5-25)	3 (50-500)	4 (50-500)			1 (2-5)	Stijf hardgras
Centaurium littorale	42 (5000-50 000)	70 (500-5000)	31 (50-500)	1 (1)			Strandduizendguldenkruid
Centaurium pulchellum	1 (1)	7 (50-500)	6 (5-25)		2 (2-5)		Fraai duizendguldenkruid
Centunculus minimus		4 (50-500)	11 (500-5000)				Dwergbloem
Dactylorhiza fuchsii		14 (50-500)	82 (5000-50 000)	1 (1)	4 (5-25)	7 (25-50)	Bosorchis
Dactylorhiza incarnata	21 (500-5000)	48 (5000-50 000)	109 (5000-50 000)	3 (5-25)	8 (50-500)	15 (500-5000)	Vleeskleurige orchis
Dactylorhiza majalis s.l.			2 (50-500)			3 (25-50)	Brede orchis s.l.
Dactylorhiza praetermissa	2 (2-5)	15 (50-500)	39 (500-5000)			2 (5-25)	Rietorchis
Dactylorhiza spec.	2 (2-5)	26 (500-5000)	13 (50-500)		2 (25-50)	3 (50-500)	Dactylorhiza spec.
Danthonia decumbens		18 (50-500)	34 (500-5000)	1 (5-25)	2 (25-50)	1 (1)	Tandjesgras
Epipactis palustris	31 (5000-50 000m <sup>2</sup> )	59 (5000-50 000m <sup>2</sup> )	91 (500-5000m <sup>2</sup> )	3 (5-25m <sup>2</sup> )	6 (25-50m <sup>2</sup> )	4 (5-25m <sup>2</sup> )	Moeraswespenorchis
Equisetum fluviatile	2 (50-500m <sup>2</sup> )	1 (5-25m <sup>2</sup> )					Holpijp
Equisetum variegatum	3 (25-50m <sup>2</sup> )	5 (50-500m <sup>2</sup> )	3 (50-500m <sup>2</sup> )				Bonte paardenstaart
Erigeron acer	15 (500-5000)	54 (500-5000)	68 (500-5000)	5 (5-25)	8 (25-50)	1 (2-5)	Scherpe fijnstraal
Euphorbia paralias		1 (5-25)	2 (5-25)				Zeewolfsmelk
Euphrasia	52 (5000-50 000)	99 (5000-50 000)	51 (5000-50 000)	5 (50-500)	7 (500-5000)	7 (500-5000)	Stijve ogentroost s.l.
Filago vulgaris		1 (50-500)					Duits viltkruid
Gentiana uliginosa	11 (500-5000)	45 (5000-50 000)	79 (5000-50 000)		2 (50-500)	2 (50-500)	Duingentiaan
Gnaphalium luteoalbum	9 (50-500)	6 (50-500)	1 (25-50)				Bleekgele droogbloem
Gymnadenia conopsea		2 (2-5)	2 (2-5)				Grote muggenorchis
Helianthemum nummularium	19 (500-5000m <sup>2</sup> )	48 (500-5000m <sup>2</sup> )	65 (500-5000m <sup>2</sup> )				Geel zonneroosje
Herminium monorchis	4 (50-500)	15 (500-5000)	47 (5000-50 000)				Honingorchis
Himantoglossum hircinum	1 (1)	9 (25-50)	9 (50-500)	1 (1)	1 (1)		Bokkenorchis
Hypochaeris glabra					1 (2-5)		Glad biggenkruid
Inula conyzae	21 (50-500)	27 (50-500)	10 (5-25)	6 (5-25)	4 (5-25)	1 (2-5)	Donderkruid
Isolepis setacea	3 (5-25)	44 (5000-50 000)	22 (50-500)		8 (50-500)	15 (5000-50 000)	Borstelbies
Juncus acutiflorus	1 (2-5m <sup>2</sup> )	3 (5-25m <sup>2</sup> )	2 (5-25m <sup>2</sup> )				Veldrus
Juncus arcticus	1 (1m <sup>2</sup> )	1 (5-25 m <sup>2</sup> )	1 (25-50m <sup>2</sup> )				Noordse rus
Juncus conglomeratus	1 (1)	1 (2-5)		1 (1)	1 (1)		Biezenknoppen
Juncus maritimus		1 (2-5)					Zeerus
Juncus subnodulosus	17 (5000-50 000m <sup>2</sup> )	37 (500-5000m <sup>2</sup> )	71 (500-5000m <sup>2</sup> )	19 (500-5000m <sup>2</sup> )	22 (500-5000m <sup>2</sup> )	14 (50-500m <sup>2</sup> )	Paddenrus
Leonurus cardiaca				2 (5-25)	1 (5-25)	1 (1)	Hartgespan
Linum catharticum	32 (5000-50 000)	100 (5000-50 000)	>>100 (>>50 000)	1 (5-25)	8 (5000-50 000)	6 (5000-50 000)	Geelhartje
Lithospermum officinale	25 (50-500)	54 (500-5000)	22 (50-500)	7 (25-50)	11 (50-500)	2 (5-25)	Glad parelzaad
Ophioglossum vulgatum	13 (500-5000)	18 (500-5000)	19 (5000-50 000)	2 (5-25)	1 (50-500)	3 (500-5000)	Addertong
Ophrys apifera	1 (2-5)	4 (5-25)					Bijenorchis
Origanum vulgare				1 (1)	2 (2-5)	1 (2-5)	Wilde marjolein
Orobancha caryophyllacea		2 (5-25)					Walstrobrenkraap
Parnassia palustris	35 (500-5000)	64 (5000-50 000)	99 (5000-50 000)			2 (2-5)	Parnassia
Polygala vulgaris	40 (500-5000)	116 (5000-50 000)	88 (5000-50 000)	13 (50-500)	13 (500-5000)	12 (50-500)	Gewone vliegeltjesbloem
Potentilla erecta	2 (2-5)	17 (500-5000)	25 (500-5000)	2 (5-25)	7 (5-25)	9 (50-500)	Tormentil
Primula veris	1 (25-50)	1 (500-5000)	1 (500-5000)	6 (50-500)	4 (50-500)	4 (500-5000)	Gulden sleutelbloem
Pyrola rotundifolia	7 (50-500m <sup>2</sup> )	42 (500-5000m <sup>2</sup> )	39 (500-5000m <sup>2</sup> )	1 (2-5m <sup>2</sup> )	1 (2-5m <sup>2</sup> )	1 (1m <sup>2</sup> )	Rond wintergroen
Rhinanthus angustifolius	10 (5000-50 000)	54 (5000-50 000)			9 (500-5000)		Grote ratelaar
Rhinanthus minor	6 (5-25)	14 (5000-50 000)			4 (5000-50 000)		Kleine ratelaar
Sagina nodosa	56 (5000-50 000)	90 (5000-50 000)	54 (500-5000)	7 (50-500)	8 (50-500)	5 (25-50)	Sierlijke vetmuur
Silene nutans	3 (5-25)	2 (25-50)	4 (25-50)				Nachtsilene
Succisa pratensis	1 (25-50)	2 (25-50)	4 (50-500)				Blauwe knoop
Thesium humifusum	6 (50-500)	10 (500-5000)	12 (500-5000)				Liggend bergvlas
Thymus pulegioides	19 (500-5000m <sup>2</sup> )	40 (500-5000m <sup>2</sup> )	56 (500-5000m <sup>2</sup> )	1 (2-5m <sup>2</sup> )	4 (5-25m <sup>2</sup> )	2 (2-5m <sup>2</sup> )	Grote tijm
Valeriana dioica		2 (5-25m <sup>2</sup> )			1 (50-500m <sup>2</sup> )		Kleine valeriaan
Viola canina	11 (25-50)	15 (50-500)	4 (25-50)	2 (2-5)	6 (5-25)		Hondsviooltje
Viola curtisii	5 (50-500)	9 (25-50)	3 (50-500)	9 (50-500)	4 (5-25)	2 (25-50)	Duinviooltje
Viola hirta	17 (50-500)	18 (500-5000)	28 (50-500)	25 (500-5000)	17 (500-5000)	18 (500-5000)	Ruig viooltje
Vulpia bromoides					1 (5-25)		Eekhoorngras

Ook veel soorten met een optimum in vochtige duingraslanden doen het goed, zoals blauwe knoop, geelhartje, tandjesgras, tormentil en gelobde maanvaren, die recent op twee locaties weer in het gebied is opgedoken. Gewone vleugeltjesbloem en liggend bergvlas lijken zich te stabiliseren na een aanvankelijke uitbreiding en wondklaver, gulden sleutelbloem en nachtsilene vertonen min of meer stabiliteit over de hele beschouwde periode. Verschillende soorten zoals kalkbedstro, glad parelzaad, hondsviooltje en duinviooltje lijken een recente achteruitgang te vertonen na een aanvankelijke uitbreiding. Donderkruid vertoont in de ontgonnen terreindelen een achteruitgang over de hele beschouwde periode. Deze soort heeft zich in het storingsmilieu dat ontstond na de ontstruweling sterk kunnen uitbreiden en vindt in de meer gestabiliseerde vegetatie minder geschikte standplaatsen.

In de ontgonnen delen van de zuidelijke pannen overweegt de achteruitgang van duingraslandsoorten. We stellen dit vast bij ruige scheefkelk, driedistel, donderkruid, glad parelzaad, hondsviooltje, duinviooltje en wondklaver. De 4 eerstvermelde soorten zijn kenmerkend voor pioniersituaties of natuurlijke storting. Hier is achteruitgang bij stabilisatie van het milieu enigszins te verwachten. Stijf hardgras, geelhartje, tormentil en beide soorten ratelaar nemen wel toe. Tandjesgras, vleugeltjesbloem, gulden sleutelbloem, grote tijm en ruig viooltje blijven min of meer stabiel.

### 5.2.3 Beheeraanbevelingen

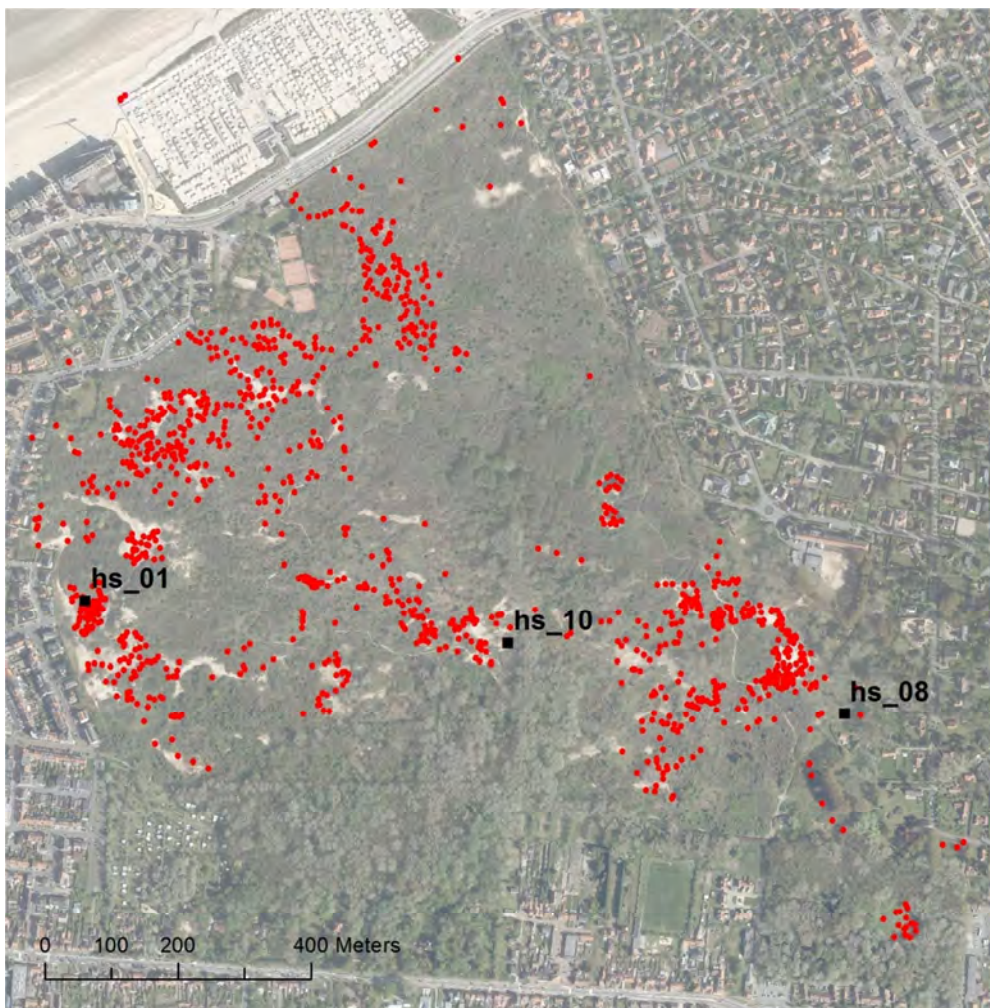
Globaal kunnen we stellen dat de ontginningen in De Westhoek op botanisch vlak zeer goede resultaten hebben opgeleverd. We vinden er actueel zo'n 60 aandachtsoorten. Voor verschillende soorten waaronder honingorchis, vleeskleurige orchis, parnassia, bonte paardenstaart, dwergzegge en dwergbloem vormen de populaties in deze zones een belangrijke stronghold aan de kust of op regionaal niveau. Voor drienvrige zegge en duingentiaan zijn de populaties zelfs in internationale context van belang. De meeste aandachtsoorten waren al aanwezig in het gebied maar gelobde maanvaren en grote muggenorchtis zijn na de ontginningen (opnieuw) opgedoken. Bij een groot deel van de andere soorten is een, soms spectaculaire, uitbreiding vastgesteld.

Opmerkelijk blijft het verschil tussen de noordelijke en zuidelijke pannen. De sterkste uitbreiding is duidelijk te zien in de noordelijke pannen. Dit heeft vooral te maken met de grotere oppervlakte aan geschikte habitat in combinatie met de veel grotere bronpopulaties. Toch zijn er ook ecologische verschillen. Door de hogere leeftijd van het landschap is de bodemontwikkeling in het zuiden veel verder doorgedreven met humusaanrijking in de valleien en oppervlakkige verzuring voor gevolg. Dit is geen gunstige situatie voor de meeste typische duinsoorten, die eerder jonge, kalkrijke milieus verkiezen. Globaal komt de ontwikkeling van soortenrijke vegetaties in de zuidelijke pannen ook veel trager op gang. Zeker de ontwikkeling van duingrasland blijft heel lang in een ruderaal, oppervlakkig verzuurd stadium hangen. De trage ontwikkeling geldt a fortiori voor geïsoleerde graslandvlekken die ontstaan na het openvallen van (liguster)struweel en doorbreken van de duinrietdominantie door begrazing (zie ook eerste PINK rapport, Provoost et al. 2010).

Verderzetting en verfijning van het huidige beheer is essentieel om de natuurwaarden van het gebied te behouden of te verhogen en verder te verduurzamen. Dit beheer komt neer op een combinatie van gestuurd en procesgericht beheer waarbij begrazing van grote beheerentiteiten naast de meer natuurlijke processen een zeer belangrijk bepalend element vormt voor de ecosysteemdynamiek. Sturing omvat in eerste instantie bijkomend mechanisch ingrijpen in de vegetatieontwikkeling of meer concreet het verwijderen van struweelopslag in vroeger ontgonnen zones of op plaatsen waar een spontane ontwikkeling van kruidachtige vegetatie plaatsvindt. Dit zijn grote delen van het gefixeerde loopduin, opengevallen ligusterstruwelen en jonge pannen, al is de vorming van pionierpannen momenteel quasi

stilgevallen door de fixatie van het loopduin. Op al deze locaties zien we min of meer vitale opslag van duindoorn. Gerichte periodieke verwijdering door manueel (bosmaaier) of waar mogelijk machinaal maaien is wenselijk. Dit is maatwerk dat een weloverwogen selectie van locaties vergt. Het zijn locaties waar zich door relatief beperkt ingrijpen zeer waardevolle duingraslanden of duinvalleien kunnen ontwikkelen. In de ontgonnen terreindelen is een gelijkaardige periodieke verwijdering van struweelopslag noodzakelijk om de reeds ontwikkelde natuurwaarden te kunnen behouden. Het betreft hier meer gevarieerde struweeltypes met veel meidoorn, sleedoorn en rozen.

In tweede instantie kan lokaal overwogen worden voor biotisch hersteltraject door de inbreng van zaden van sleutelsoorten van het habitatype. Dit is vooral aangewezen bij duingraslandontwikkeling gezien de zaden van veel kenmerkende soorten over geringe verspreidingscapaciteiten beschikken. Deze soorten zijn nochtans essentieel voor het functioneren van het habitatype. We denken daarbij vooral aan nectarproductie en de rol die planten spelen als gastheer voor talloze invertebraten. Zo is onder meer geel walstro een belangrijke waardplant voor veel specifieke soorten. Een heel eenvoudige manier om zaden in te brengen is het overbrengen van maaisel vanuit geschikte (locale!) donorlocaties (Romeins kamp, Herminiumpanne en omgeving).



Figuur 5.11. Overzicht van de gekarteerde aandachtsoorten in de Houtsaegerduinen (rode stippen) en ligging van de opgenomen PQ's.



## 5.3 HOUTSAEGERDUINEN

### 5.3.1 Permanente kwadraten

In het kader van BEK werden in de Houtsaegerduinen maar drie proefvlakken opgenomen (figuur 5.11). Het zijn drie totaal verschillende proefvlakken met een eigen dynamiek die voor een evaluatie op gebiedsniveau weinig representatieve waarde hebben. Proefvlak hs\_01 is gelegen in de duinvallei aan de Marktlaan. De vegetatie is over een periode van 8 jaar relatief stabiel (blijft TWINSPAN groep 6, matig soortenrijke duinvalleivegetaties). Het soortenaantal gaat in de loop van de jaren achteruit, vooral door het verdwijnen van een aantal algemene soorten en soorten van duingrasland. De duinvalleisoorten nemen toe.

De opnames uit has\_08 worden als soortenrijk duingrasland geclassificeerd. De soortenrijkdom neemt geleidelijk toe door ontwikkeling van het grasland. In 2012 wordt de opname door subtiele veranderingen in de soortensamenstelling als ontkalkte variant (type 10) geclassificeerd. Proefvlak hs\_10 is een mosduin dat relatief stabiel blijft maar een duidelijke toename van het aantal mosduinsoorten vertoont. Dit is vermoedelijk te wijten aan de relatief 'beschutte' ligging aan de rand van een open terreindeel waardoor het minder door de ezels betreden wordt.

Tabel 5.5. Evolutie van het aantal soorten per ecologische groep in de opgevolgde permanente kwadraten in de Houtsaegerduinen.

	hs_01			hs_08			hs_10	
	2007	2012	2015	2007	2012	2015	2007	2015
Mosduin					2	1	6	12
Grasland	5	5	2	7	8	10	4	3
Duinvallei	7	10	10					
Ruderaal/ruigte	3	1	3					
Struweel/zoom				1	1	1		1
Rest	15	10	5	15	15	17	8	9
<b>Totaal aantal</b>	<b>30</b>	<b>26</b>	<b>20</b>	<b>23</b>	<b>26</b>	<b>29</b>	<b>18</b>	<b>25</b>
<b>TWINSPAN-groep</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>9</b>

### 5.3.2 Kartering van aandachtsoorten

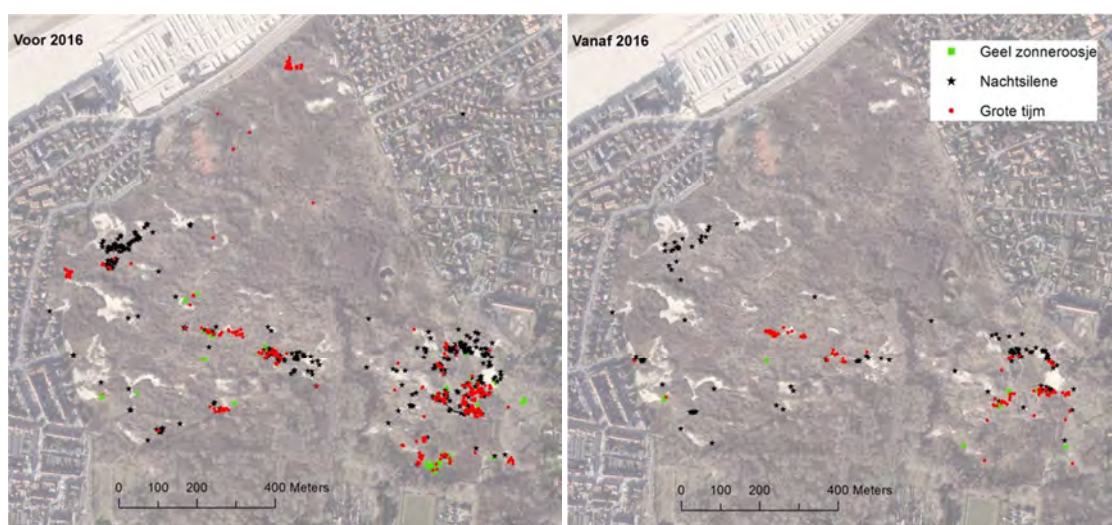
De kartering van de Houtsaegerduinen stond op het programma in 2017. Na een voorjaarsronde werd vooral in juli gekarteerd. Door de droogte was het echter niet evident om de graslandsoorten in kaart te brengen. In verdroogde, niet bloeiende toestand zijn bijvoorbeeld grote tijm, gewone vleugeltjesbloem en ruige scheefkelk zeer moeilijk te vinden, zeker in de ruige terreindelen. Daarom werd in september van dat jaar nog een najaarsronde uitgevoerd en werd in 2018 een aanvullende kartering ingepland. Maar ook de zomer van dat jaar was (extreem) droog waardoor de kartering uiteindelijk niet onder de optimale omstandigheden kon plaatsvinden. Verder geeft ook het verschillend aantal jaren waarin tijdens de twee periodes werd gekarteerd mogelijks een vertekening van de resultaten. Tijdens de eerste karterperiode werd in 6 verschillende jaren gekarteerd terwijl de recente periode slechts uit twee jaren een substantiële hoeveelheid gegevens omvat. Voor een aantal soorten met een meer efemeer karakter treedt hierdoor wellicht een cumulatief effect op.

Tabel 5.6. Evolutie van de aandachtsoorten in de Houtsaegerduinen. Per periode het aantal 50x 50 m<sup>2</sup> hokken waarin de soort werd aangetroffen en tussen haakjes een inschatting van de abundantie in aantal individuen of m<sup>2</sup>.

	1999-2015	2016-2018	
Aantal soorten	53	42	
<i>Agrimonia eupatoria</i>		1 (1)	Gewone agrimonie
<i>Anagallis tenella</i>		2 (25-50 m <sup>2</sup> )	Teer guichelheil
<i>Apium repens</i>	3 (25-50 m <sup>2</sup> )	2 (500-5000 m <sup>2</sup> )	Kruipend moerasscherm
<i>Arabis hirsuta</i>	35 (500-5000)	5 (25-50)	Ruige scheefkelk
<i>Asparagus officinalis</i> subsp. <i>prostratus</i>	40 (50-500)	58 (50-500)	Liggende asperge
<i>Asperula cynanchica</i>	2 (5-25)	1 (5-25)	Kalkbedstro
<i>Asplenium scolopendrium</i>	3 (2-5)	4 (5-25)	Tongvaren
<i>Berula erecta</i>	1 (1 m <sup>2</sup> )		Kleine watereppe
<i>Briza media</i>	1 (25-50)		Bevertjes
<i>Carduus nutans</i>	2 (25-50)		Knikkende distel
<i>Carex trinervis</i>	4 (50-500)	1 (5-25)	Drienvervige zegge
<i>Carex viridula</i> s.l.	2 (500-5000)	4 (50-500)	Dwergzegge
<i>Carlina vulgaris</i>	30 (50-500)	2 (2-5)	Driedistel
<i>Centaurium littorale</i>		1 (2-5)	Strandduizendguldenkruid
<i>Dactylorhiza fuchsii</i>	1 (2-5)	1 (1)	Bosorchis
<i>Dactylorhiza incarnata</i>		1 (2-5)	Vleeskleurige orchis
<i>Dactylorhiza spec.</i>	1 (1)	1 (1)	<i>Dactylorhiza spec.</i>
<i>Descurainia sophia</i>	12 (50-500)	3 (25-50)	Sofiekruid
<i>Epipactis palustris</i>	2 (50-500)	1 (2-5)	Moeraswespenorchis
<i>Erigeron acer</i>	55 (500-5000)	5 (25-50)	Scherpe fijnstraal
<i>Euphorbia paralias</i>		1 (2-5 m <sup>2</sup> )	Zeewolfsmelk
<i>Euphrasia</i>	7 (500-5000)	3 (50-500)	Stijve ogentroost s.l.
<i>Fumaria muralis</i>	15 (50-500)	7 (25-50)	Middelste duivenkervel
<i>Groenlandia densa</i>	2 (5-25 m <sup>2</sup> )		Paarbladig fonteinkruid
<i>Helianthemum nummularium</i>	21 (5000-50 000 m <sup>2</sup> )	8 (50-500 m <sup>2</sup> )	Geel zonneroosje
<i>Herniaria glabra</i>	1 (2-5)		Kaal breukkruid
<i>Himantoglossum hircinum</i>	4 (2-5)	2 (2-5)	Bokkenorchis
<i>Inula conyzae</i>	77 (50-500)	5 (5-25)	Donderkruid
<i>Isolepis setacea</i>	3 (50-500)	2 (2-5)	Borstelbies
<i>Jasione montana</i>	6 (5-25)		Zandblauwtje
<i>Juncus maritimus</i>	1 (1 m <sup>2</sup> )		Zeerus
<i>Juncus subnodulosus</i>	1 (2-5)		Paddenrus
<i>Leonurus cardiaca</i>	7 (50-500)		Hartgespan
<i>Linum catharticum</i>	2 (5-25)	3 (50-500)	Geelhartje
<i>Lithospermum officinale</i>	35 (50-500)	14 (50-500)	Glad parelzaad
<i>Malva moschata</i>		1 (5-25)	Muskuskaasjeskruid
<i>Ophrys apifera</i>	1 (2-5)		Bijenorchis
<i>Orobanche caryophyllacea</i>	5 (5-25)		Walstrobremraap
<i>Parnassia palustris</i>	1 (2-5)	2 (25-50)	Parnassia
<i>Polygala vulgaris</i>	90 (5000-50 000 m <sup>2</sup> )	19 (50-500 m <sup>2</sup> )	Gewone vleugeltjesbloem
<i>Polypodium vulgare</i> s.l.	16 (25-50)	13 (25-50)	Eikvaren
<i>Potentilla neumanniana</i>	1 (2-5 m <sup>2</sup> )	1 (2-5 m <sup>2</sup> )	Voorjaarsganzerik
<i>Primula veris</i>	2 (2-5)		Gulden sleutelbloem
<i>Pyrola rotundifolia</i>	11 (50-500)	4 (25-50)	Rond wintergroen
<i>Rhamnus cathartica</i>	31 (50-500)	88 (500-5000)	Wegedoorn
<i>Rhinanthus angustifolius</i>	1 (2-5)	6 (500-5000)	Grote ratelaar
<i>Rhinanthus minor</i>	3 (500-5000)	4 (50-500)	Kleine ratelaar
<i>Rhinanthus spec.</i>		4 (50-500)	Ratelaar spec.
<i>Sagina nodosa</i>	2 (2-5)		Sierlijke vetmuur
<i>Silene conica</i>	6 (50-500)	12 (500-5000)	Kegelsilene
<i>Silene nutans</i>	71 (5000-50 000)	41 (50-500)	Nachtsilene
<i>Succisa pratensis</i>	1 (2-5)	1 (1)	Blauwe knoop
<i>Thesium humifusum</i>	2 (5-25)	4 (5-25)	Liggend bergglas
<i>Thymus pulegioides</i>	53 (500-5000)	25 (50-500)	Grote tijm
<i>Trifolium scabrum</i>	2 (2-5)		Ruwe klaver
<i>Trifolium striatum</i>	2 (2-5)		Gestreepte klaver
<i>Viburnum lantana</i>	20 (25-50)	31 (50-500)	Wollige sneeuwbal
<i>Viola canina</i>	19 (50-500)	4 (25-50)	Hondsviooltje
<i>Viola curtisii</i>	54 (50-500)	11 (50-500)	Duinviooltje
<i>Viola hirta</i>	4 (5-25)		Ruig viooltje

Ondanks de methodologische problemen wijzen de resultaten van de detailkartering overduidelijk op een achteruitgang van de duingraslandsoorten. De meeste soorten van stabiele duingraslanden een (zeer) sterke negatieve trend: grote tijm, geel zonneroosje, nachtsilene (figuur 5.12), kalkbedstro, stijve ogentroost, gewone vleugeltjesbloem en hondsviooltje. Voor kalkbedstro, blauwe knoop en voorjaarsganzerik is de toestand kritiek gezien zij beperkt zijn tot één enkele groeiplaats. Tijdens de recente kartering werden 6 duingraslandsoorten niet meer waargenomen: bevertjes, walstrobremraap, gulden sleutelbloem, zandblauwtje, ruwe klaver en gestreepte klaver. Hoewel zij mogelijk over het hoofd gezien zijn, blijft hun toestand binnen het gebied kritiek. Een beperkt aantal graslandsoorten blijft min of meer stabiel: eikvaren (s.l.), grote en kleine ratelaar, bokkenorchis en liggend bergvlas. Eikvaren is een robuuste plant die stabiele, humeuze bodems verkiest en ook beschaduwing kan verdragen. Bokkenorchis vertoont globaal een toename en groeit preferentieel in iets ruigere omstandigheden. Ook ratelaars (vooral grote) vertonen een sterke toename over de gehele kust. De stabiliteit van liggend bergvlas heeft vermoedelijk te maken met de relatieve stabiliteit van de twee graslandrelicten waarbinnen de soort nog groeit. Positief is de uitbreiding van liggende asperge, die blijkbaar goed de betredingsdruk verdraagt.

Binnen de graslandsoorten met een meer specifieke ecologie vertonen ruige scheefkelk en scherpe fijnstraal een sterke achteruitgang. Ruige scheefkelk vertoont groeit binnen de duinen optimaal in pionierfasen van duingrasland die ontstaan na het spontaan degenereren van – doorgaans liguster-gedomineerde – struwelen of na ontstruweling. Voor scherpe fijnstraal is de overgang tussen mosduin en grasland een geprefereerde groeiplaats. Beide milieutypes lijken het dus niet goed te doen in het gebied.



Figuur 5.12. Evolutie in de verspreiding van geel zonneroosje, nachtsilene en grote tijm de Houtsaegerduinen.

Sofiekruid, driedistel en duinviooltje zijn karakteristieke soorten voor mosduinen en pioniergraslanden. Alle drie vertonen ze een spectaculaire achteruitgang. Kegelsilene daarentegen breidt zich sterk uit. Deze soort vertoont een optimum in licht geruderaliseerde mosduinen.

De duinvalleisoorten vertonen een veel meer genuanceerd beeld. Dwergzegge, parnassia en geelhartje breiden zich uit en de handekenskruiden (*Dactylorhiza spec.*) blijven stabiel. Er doken twee nieuwe soorten op, namelijk teer guichelheil en strandduizendguldenkruid. Het





zijn twee soorten met een langlevende zaadbank maar ook verbreiding met machines valt niet uit te sluiten. Ook bij kruipend moeras scherm lijkt er sprake van een substantiële toename van de populatiegrootte. In tabel 5.3 worden echter de maxima per hok binnen de beschouwde periodes opgeteld, wat een vertekend beeld kan geven van de reële populatiegrootte. Van Landuyt & T’Jollyn (2011) tonen in ieder geval aan dat er zich tussen 2008 en 2011 een toename van de populatie heeft voorgedaan. Mogelijk zet deze trend zich door.

Anderzijds zien we een achteruitgang van drienerlige zegge, moeraswespenorchis en rond wintergroen. De afname van deze laatste soort is vooral te wijten aan het afplaggen van de panne aan de Fr. Beerlantlaan. Vier duinvallei soorten werden niet meer waargenomen tijdens de recente kartering: kleine watereppe, sierlijke vetmuur, zeerus en paddenrus.

Binnen de struwelen zien we een sterke toename van wegedoorn (31 naar 88 hokken) en wollige sneeuwbal. De zoomsoorten daarentegen doen het niet goed. Zowel glad parelzaad, donderkruid, hartgespan als ruig viooltje gaan sterk achteruit.

### 5.3.3 Beheeraanbevelingen

Ondanks de methodologische problemen gerelateerd aan de (extreem) droge omstandigheden tijdens de inventarisatie, wijzen de resultaten van de kartering van aandachtsoorten op een sterke achteruitgang van de botanische kwaliteit van de duingraslanden in de Houtsaegerduinen. Dit doet zich voor in de gehele ecologische range van de graslanden, van mosduinen en pionierduingraslanden over stabiele duingraslanden tot zomen. Oorzaken kunnen enerzijds te maken hebben met de vegetatieontwikkeling en het gevoerde beheer en anderzijds met de populatiedynamiek van de soorten. In de karteringen vóór 2015 werden aanzienlijke populaties van bijvoorbeeld grote tijm, nachtsilene en zonneroosje vastgesteld, met meerdere honderden of zelfs duizenden individuen of vierkante meters (figuur 5.12). Zeker voor nachtsilene en grote tijm zijn dit grotere populaties dan er voor 2006 in de hele Westhoek aanwezig waren. Toch zien we dat deze populaties in de Houtsaegerduinen zowel naar verspreidingsgebied (aantal hokken) als naar aantallen/oppervlakte sterk zijn geslonken. In de noordelijke pannen van de Westhoek daarentegen, namen ze net sterk toe. Dit brengt ons er toe om het beheer als belangrijkste oorzaak van de achteruitgang te zien. Enerzijds is de ezelbegrazing blijkbaar niet geschikt om voldoende kwalitatief duingrasland tot ontwikkeling te laten komen. Door degradatie van ligusterstruweel zijn wel grote oppervlaktes van het terrein open gekomen maar de vegetatie blijft er te ruig voor de vestiging van de meeste aandachtsoorten. Anderzijds is de configuratie van de graslanden verschillend. In de Westhoek zijn relatief grote vlekken kwalitatief grasland aanwezig met belangrijke concentraties van de bronpopulaties van aandachtsoorten. In de Houtsaegerduinen zijn zowel het graslandbiotop als de verspreiding van de aandachtsoorten sterk versnipperd. De ontwikkeling in pq hs\_08 toont aan dat een positieve ontwikkeling binnen de Houtsaegerduinen mogelijk is binnen een gunstige ruimtelijke context. Dit proefvlak is gelegen binnen een aanzienlijke graslandpatch en we zien er een duidelijke toename van graslandsoorten als zachte haver, geel en glad walstro, zandzegge en gewone veldbies.

Het machinaal openmaken van grotere vlekken struweel, zoals in 2018 is gebeurd, is één van de mogelijke maatregelen die kunnen bijdragen tot het herstel van de graslanden. Uit ervaring in onder meer het zuidelijk deel de Westhoek weten we echter dat de ontwikkeling van droog duingrasland na ontstruweling soms bijzonder traag verloopt. Voor de aandachtsoorten zijn grote delen van de opengemaakte struwelen dus pas op langere termijn potentieel geschikt als groeiplaats. Op korte termijn is het dus van groot belang om te focussen op de relict populaties en op die plekken gericht te gaan maaien. Belangrijke relicten in kleine grasland-vlekken concentreren zich in het zuidelijke en centrale deel van het gebied (zie figuur 5.12 en de rest



van de aandachtsoortenkartering). Ook de nazorg van de ontstruweling is belangrijk. Maaien of gerichte begrazing (zoals het huidige herder-project) van opslag en ruige terreindelen zijn absoluut aangewezen om het succes van de ingrepen te optimaliseren.

Een tweede element in een hersteltraject voor de duingraslanden is het aanpassen van de begrazing. Het was een weloverwogen keuze om de ezelbegrazing over een langere periode (ca. 20 jaar) te evalueren. De resultaten van de monitoring wijzen echter niet op een succes van deze beheervorm met als belangrijkste probleem dat de duingraslanden niet kort genoeg worden afgevreten. Aanvullende begrazing door runderen en eventueel vervanging van de ezels door pony's of paarden is daarom aangewezen.

Ervaring in De Westhoek heeft aangetoond dat het uitrasteren van mosduinen een bijzonder gunstig effect heeft op de populatie van harkwesp en wellicht dus ook nog op veel andere bodembewonende invertebraten. Ook in de Houtsaegerduinen zouden dus relatief kleine blokken mosduin en pionierduingrasland op tijdelijke basis (ca. 10 jaar) kunnen uitgerasterd worden. De aanwezigheid van de soort in de niet begraasde, recent aangekochte mosduinen ten zuiden van de tennis toont aan dat verbreiding niet het probleem is.

Tot slot is de achteruitgang van de graslanden dermate sterk dat de inbreng van zaden uit naburige gebieden aanbevolen is om weer gezonde populaties op te bouwen. De eenvoudigste manier om dit te doen is het inbrengen van maaisel. Specifieke soorten in het gebied waarvoor restocking is aangewezen zijn kalkbedstro, voorjaarsganzerik, bevertjes, ogentroost (s.l.), kleine ratelaar en geel zonneroosje. Mogelijke brongebieden voor de Houtsaegerduinen zijn het Romeins kamp in De Westhoek, de Doornpanne of Ter Yde.

In het noorden van de Houtsaegerduinen zijn er nog kleinere vochtige depressies met beperkte jaarlijkse schommelingen van de watertafel die goede potenties hebben voor de ontwikkeling van vochtige duinvalleien. Gericht inspelen op de struweeldynamiek in deze zone is hier aangewezen (spontaan opvallend struweel open houden).

## 5.4 NOORDDUINEN

### 5.4.1 Vegetatiekartering

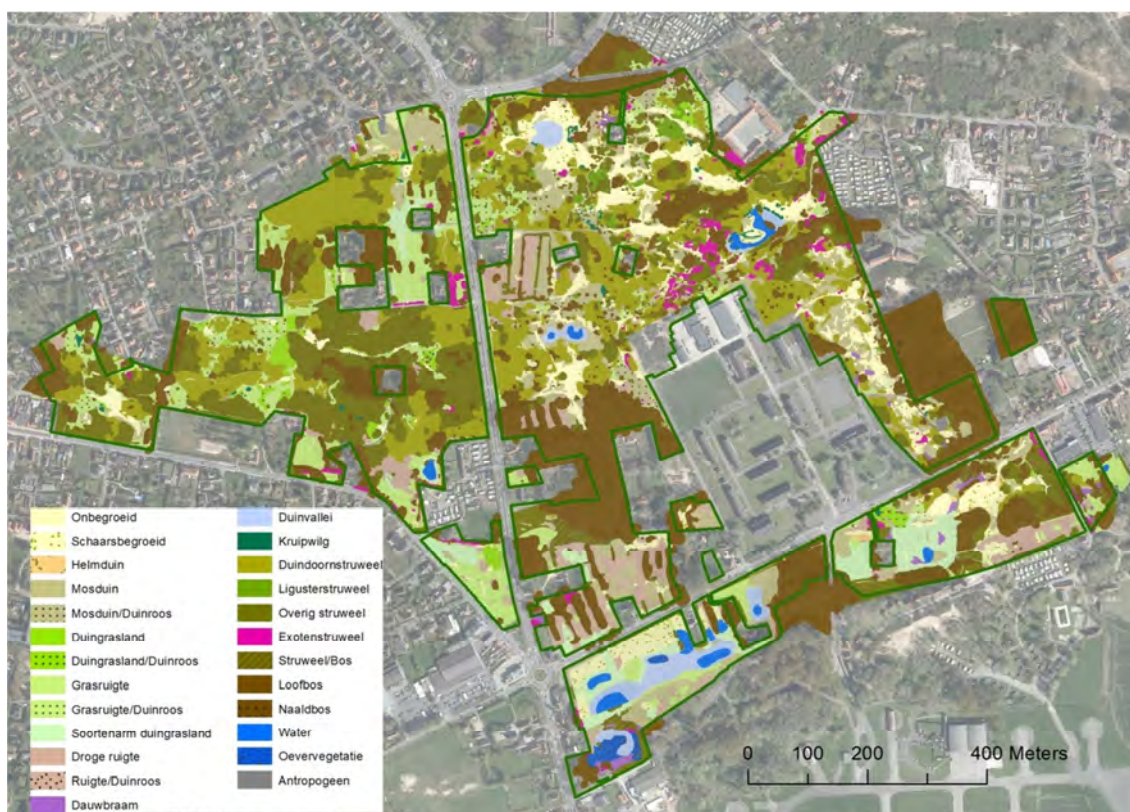
Het veldwerk werd vooral uitgevoerd in 2018, afwerking gebeurde in het voorjaar van 2019. De vegetatiekaart wordt weergegeven in figuur 5.13. De Noordduinen is op verschillende vlakken een heterogeen gebied. Vooreerst zorgen de verspreide bebouwing en toegangswegen voor een versnippering van het landschap en bepalen randeffecten sterk de vegetatie. Het betreft vooral uitgegroeide aanplanten van abelen, Canadapopulieren en soms ook andere exoten. Verder is ook de agrarische voorgeschiedenis nog sterk aanwezig onder de vorm van voormalige duinakkertjes (figuur 5.15). Het zijn genivelleerde duinvalleien die historisch een zekere bemesting hebben gekend. In de loop van de 20<sup>ste</sup> eeuw zijn ze beplant met elzen of populieren of verder als cultuurgrasland in gebruik geweest, vaak als paardenwei. Het betreft in ieder geval ecologisch minder waardevolle vegetaties.

Globaal is de vegetatie van het gebied sterk gesloten; 24% bestaat uit bos (17 ha) en 35 % uit struweel (25 ha), samen nemen zij 60% van het gebied in (figuur 5.14). Bijna de helft van de bossen wordt door populieren gedomineerd (23% abelen en 21% Canadapopulier). Andere dominante boomsoorten zijn (zwarte) els (17%), gewone es (8%), esdoorn (7%) en schietwilg (6%). In nagenoeg de helft van het struweel is duindoorn dominant. Sleedoornstruweel beslaat een kwart van de struwelen en ook eenstijlige meidoorn (7%) en grauwe wilg (3%) nemen een substantiële plaats in. Over een oppervlakte van 1,13 ha zijn niet inheemse struiksoorten dominant. Het betreft vooral mahonia (40% of in totaal 4500 m<sup>2</sup>) en sering (33%). Mahonia

is echter over een veel grotere oppervlakte aanwezig in ondergroei van struiken en bomen en dus daarbij dus niet als dominant aangeduid.

Het open duin bestaat uit een combinatie van schaars- of onbegroeid zand (9%), mosduin (9%), grasruigte (8,5%) en droge ruigte (5,5%). Binnen de laatste 3 vegetatietypen wordt ongeveer 15% van de oppervlakte door duinroos gedomineerd. In totaal beslaat duinroosvegetatie in de Noordduinen een oppervlakte van 3,3 ha (4,6% van het gebied). Duingraslanden nemen in totaal 3,3 ha of 4,6% van de oppervlakte in. Het merendeel bestaat echter uit soortenarme types. Het ecologisch waardevol duingrasland beslaat slechts 0,9 ha of 1,26% van het gebied.

De oppervlakte vochtige duinvalleien met kruidachtige vegetatie bedraagt 1,3 ha. Samen met open water en oevervegetatie (1 ha) omvat dit habitatype ruim 3 % van het gebied. Kruiwilgstruweel is slechts marginaal aanwezig. De totale oppervlakte bedraagt slechts 2200 m<sup>2</sup> en is verdeeld over 65 habitatvlekjes (gemiddeld 33 m<sup>2</sup> per vlek).



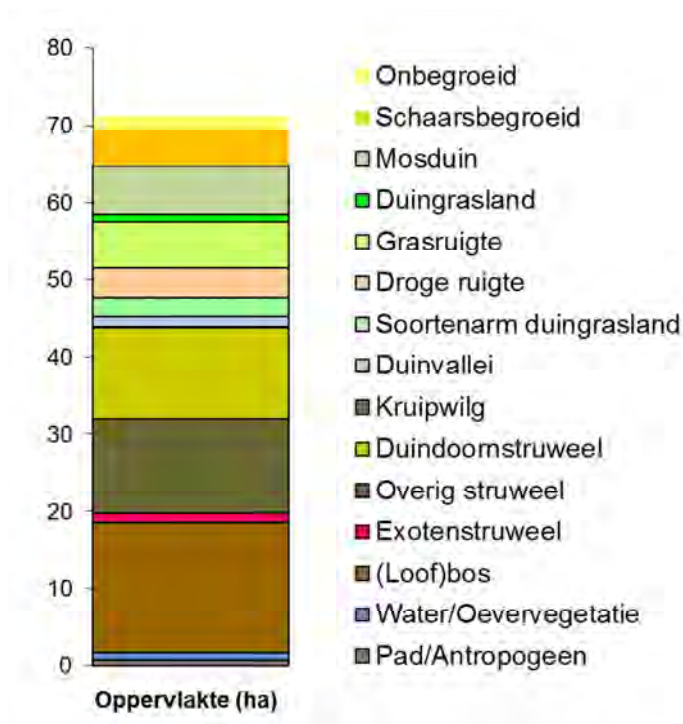
Figuur 5.13. Vegetatiekaart van de Noordduinen (2019). In groen de begrenzing van het ANB patrimonium (versie maart 2018).

De vertaling naar dominant Natura 2000 habitatype is te zien op figuren 5.16 en 5.17. Bos valt hier bijna volledig weg omdat het grotendeels niet habitatwaardige aanplanten betreft. Slechts een kleine oppervlakte spontaan verboste duinvallei kan als habitatwaardig bos beschouwd worden, zij het niet in 'goede staat van instandhouding' door de beperkte leeftijd. Het belangrijkste habitatype is 2160 'duindoornstruweel' (37% van het gebied). De struwelen zijn zeer gevarieerd maar ook sterk versnipperd en op veel plaatsen aan sterke verbossing onderhevig. Het is dan ook vermoedelijk slechts gedeeltelijk in goede staat van instandhouding (dit wordt niet bepaald in het kader van BEK).

De graslanden zijn er echter veel slechter aan toe. Hoewel het habitatype 2130 een kwart van het gebied beslaat is de kwaliteit veelal beperkt (zie hoger en zie aandachtsoorten). Ook het



habitattype 2120 stuifduin is in het gebied aanwezig (5%) maar de kwaliteit ervan is ondermaats. Dit uit zich bijvoorbeeld in de afwezigheid (op een sporadische gast na) van heivlinder (waarnemingen.be). De open terreindelen worden sterk betreden door recreanten en helmduinen zijn zo goed als afwezig.



Figuur 5.14. Oppervlakte van de verschillende vegetatieklassen in de Noordduinen (kartering 2019) binnen het ANB patrimonium.

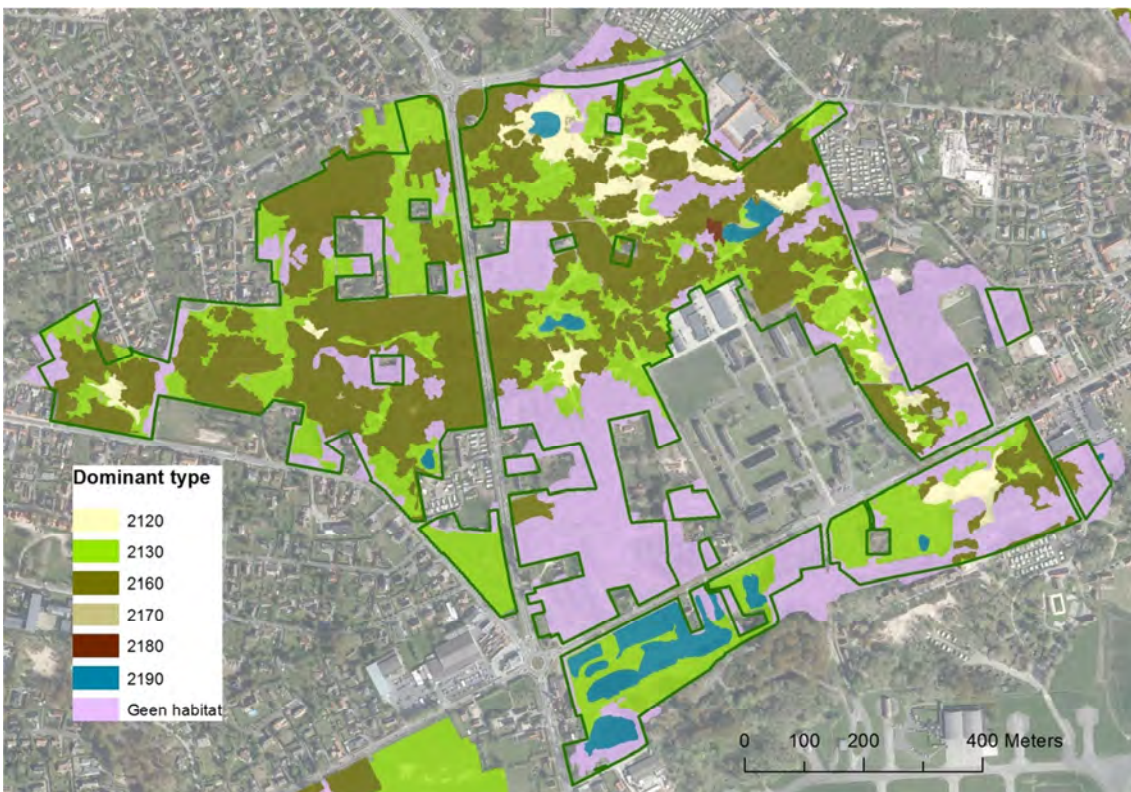
Ook duinvalleien omvatten een beperkt deel van het terrein (ca. 4%) maar zijn doorgaans goed ontwikkeld. Kruipwilgstruweel daarentegen omvat slechts 0,3% van de oppervlakte van het gebied en is zoals hoger aangehaald versnipperd over 65 kleine habitatvlekjes.

Figuur 5.18 geeft de vegetatiekaart weer die is opgemaakt door de VLM in 2001 in het kader van het natuurinrichtingsproject. Deze kaart werd vertaald naar de PINK typologie zodat een overlay met de recente vegetatiekaart kon worden gemaakt. Figuur 5.19 geeft de totale oppervlakten weer van de onderscheiden vegetatieklassen in de twee karteringen. Die laten een aantal heel duidelijke trends zien. Vooreerst zien we sterke verschuivingen in de samenstelling van de struwelen. De totale oppervlakte is amper gewijzigd, er kwam slechts 1,5 ha struweel netto bij, maar de dynamiek is aanzienlijk. Slechts twee derden van het oorspronkelijke struweel bleef als structuurklasse overeind. Een oppervlakte van 3,7 ha struweel viel open (17%) en 3,1 ha verboste (14% van het oorspronkelijk opgaand struweel). Er kwam ook 5 ha struweel bij ten koste van open habitattypes. Een belangrijke trend is bovendien de successie van 27% van het duindoornstruweel naar overige struweeltypes (meidoorn, sleedoorn, liguster) en de verbossing van 13% van het oorspronkelijke duindoornstruweel. Het kruipwilgstruweel kende relatief gezien de sterkste achteruitgang, namelijk van 2,5 ha naar amper 2200 m<sup>2</sup>. Enige nuance is wel op zijn plaats omdat kruipwilg in de eerste periode veel in complexen werd gekarteerd. Ondanks de spontane verbossingstrends neemt de bosoppervlakte af met 12% door het kappen van voornamelijk populierenaanplanten in het kader van de natuurinrichting.



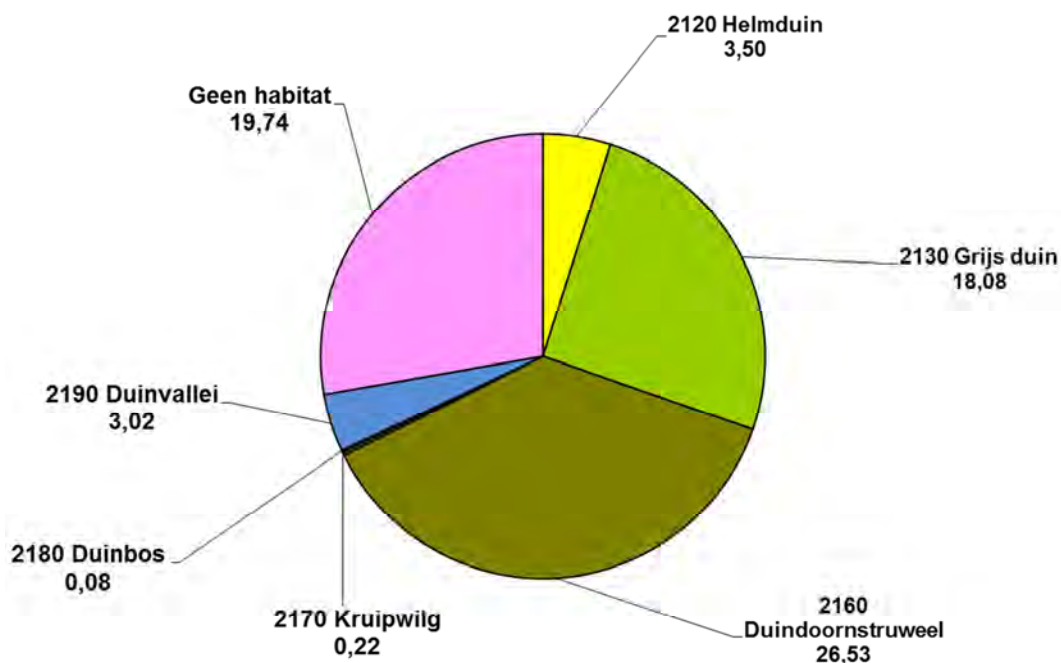


Figuur 5.15. Op de 'Dépôt de la Guerre' stafkaart uit 1920 zijn de voormalige duinakkertjes in de Noordduinen goed te zien.

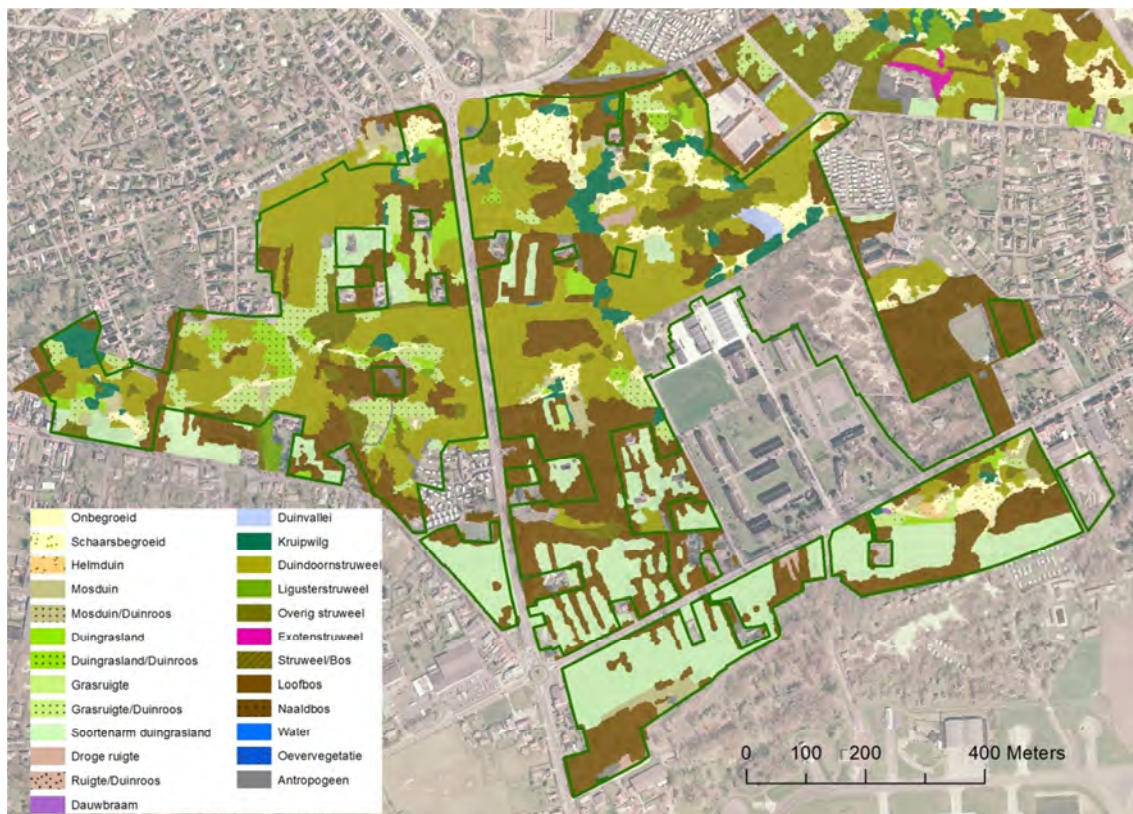


Figuur 5.16. Natura2000 habitattypes in de Noordduinen (2019).





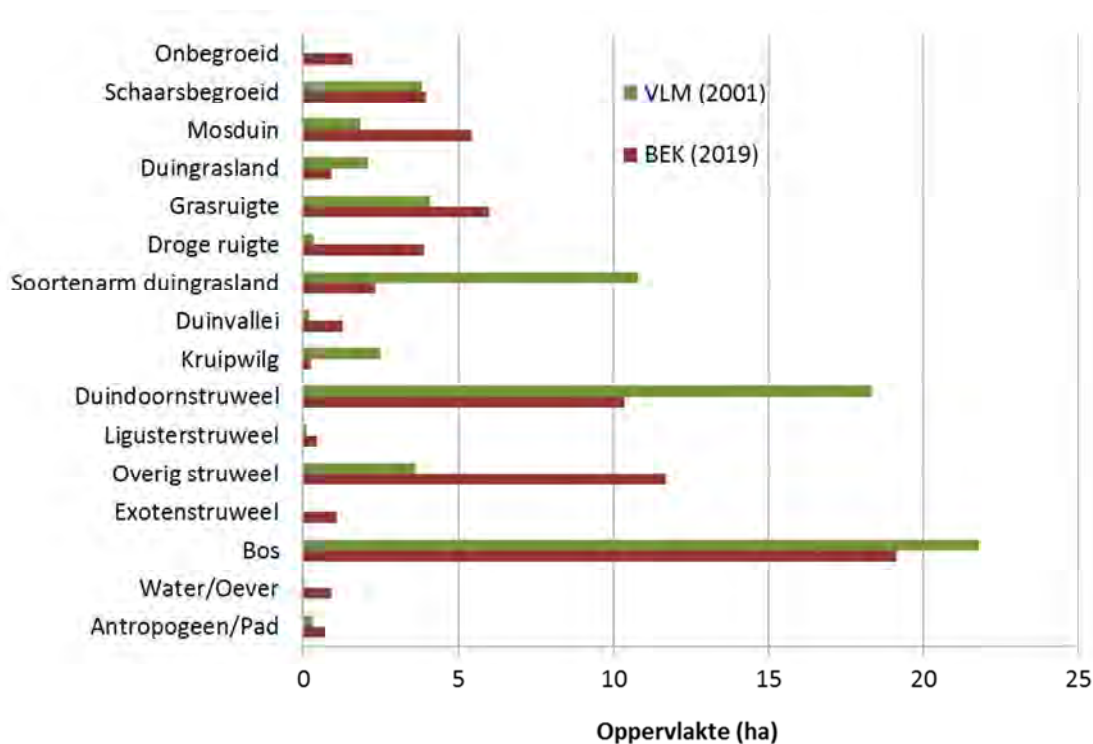
Figuur 5.17. Oppervlakte (ha) van de Natura2000 habitattypes in de Noorderduinen (2019).



Figuur 5.18. Vegetatiekaart van de Noorderduinen opgemaakt in 2001 door de VLM in het kader van de natuurinrichting.

In de overige landschapstypes is vooreerst een toename van de open duinen te zien. De oppervlakte onbegroeid nam toe met ruim 1,5 ha. Deze trend kunnen we in verband brengen met een combinatie van de begrazing met de recreatie. De open vegetatie ontstond vooral door doorgedreven verschraling van mosduinen en duingraslanden maar in belangrijke mate (0,7 ha) ook na ontbossing.

Binnen de mosduinen en graslanden zien we twee tegengestelde trends. Enerzijds is er een sterke toename van (gras)ruigtes. De oppervlakte steeg met 5,5 ha, wat ruim een verdubbeling is van de oorspronkelijke oppervlakte. Deze toename is slechts voor een beperkt deel te wijten aan verruiging van grasland. Ruim 4 ha van de nieuwe ruigtes ontstonden uit opvallend struweel of na ontbossing. Een tweede trend is de sterke achteruitgang van de oppervlakte aan duingraslanden, zowel de soortenarme als soortenrijke varianten. Bij de soortenrijke duingraslanden zien we enerzijds een verschraling (door overbegrazing) in de richting van mosduin en open duinvegetatie (0,46 ha) en anderzijds een verruiging (0,55 ha) en verstruweling (0,57 ha). In het westelijk deel is zelfs sprake van te weinig begrazingsdruk. Ook bij de soortenarme duingraslanden zien we dat verschraling (2,2 ha) en verruiging (3,1) optreedt in ongeveer dezelfde grootte-orde maar verstruweling is hier beperkter in aandeel (0,83 ha).



Figuur 5.19. Vergelijking van de oppervlakte (ha) van de globale vegetatietypen in de Noordduinen in 2019 met de kartering van de VLM uit 2001.

#### 5.4.2 Permanente kwadraten

In het kader van BEK werden in de Noordduinen 4 pq's opgenomen (figuur 5.20). Twee proefvlakken, nd\_05 en nd\_07 zijn gelegen in droge, ontboste terreindelen. We zien een geleidelijke toename van het soortenaantal en van de typische soorten van mosduin en duingrasland (tabel 5.7). Beide opnames worden geclassificeerd als groep 10, 'soortenrijke droge min of meer ontcalcite duingraslanden'. In het geval van nd\_07 zien we een evolutie



naar grasland vanuit type 9, de 'droge mosrijke pionierduingraslanden'. De classificatie als ontkalkt grasland is gerelateerd aan de afbraak van de humeuze voormalige bosbodems die leidt tot oppervlakkige verzuring. De graslanden herbergen overigens vooral banale graslandsoorten en weinig specifieke duinsoorten. Zo ontbreekt bijvoorbeeld geel walstro, een basissoort van goed ontwikkelde duingraslanden.



Figuur 5.20. Ligging van de opgenomen permanente kwadraten in de Noordoinderen.

PQ's nd\_12 en nd\_20 zijn gelegen in nieuw gecreëerde natte duinvalleien. Vooral nd\_12 ontwikkelt zich goed met een sterke toename van de aandachtsoorten dwergzegge, strandduizendguldenkruid, moeraswespenorchis en parnassia. Proefvlak nd\_20 is veel natter en daarom stukken soortenarmer. Toch vinden we hier ook de aandachtsoorten dwergzegge en paddenrus.

Tabel 5.7. Evolutie van het aantal soorten per ecologische groep in de opgevolgde permanente kwadraten in de Noordoinderen.

	nd_05			nd_07			nd_12			nd_20	
	2009	2013	2016	2007	2013	2016	2007	2012	2015	2013	2016
Mosduin		4	3		6	5	5				
Grasland	3	3	9	1	3	4	1	5	2		
Duinvallei							4	4	12	6	7
Ruderaal/ruigte	4	4	5	7	7	7	4	3	5	2	2
Struweel/zoom							1	4	3		
Rest	11	11	16	10	14	21	9	14	10	5	5
<b>Totaal aantal</b>	<b>18</b>	<b>22</b>	<b>33</b>	<b>18</b>	<b>30</b>	<b>37</b>	<b>24</b>	<b>30</b>	<b>32</b>	<b>13</b>	<b>14</b>
<b>TWINSpan-groep</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>7</b>





### 5.4.3 Kartering van aandachtsoorten

In de Noordduinen werd een beperkt gedeelte van het gebied opnieuw gekarteerd om extra informatie te bekomen over de trend van duingraslandsoorten in kleinere gebieden. De trend is vergelijkbaar met die in de Houtsaegerduinen. Nagenoeg alle duingraslandsoorten gaan achteruit: geel zonneroosje, walstrobremraap, voorjaarsganzerik, gewone vleugeltjesbloem, kleine ratelaar, nachtsilene, kegelsilene, liggend bergglas en grote tijm. Kalkbedstro, scherpe fijnstraal, sofiekruid, ruwe klaver en duinviooltje werden niet meer waargenomen tijdens de laatste karteerronde. De populaties van ruige scheefkelk, herfsttijloos, hondsviooltje en eikvaren blijven min of meer stabiel maar zijn bijzonder klein en daardoor kwetsbaar. Eén nieuwe aandachtsoort van (vochtige tot natte) duingraslanden werd in het gebied aangetroffen, namelijk tormentil.

### 5.4.4 Beheeraanbevelingen

Zoals in veel gebieden zien we ook in de Noordduinen een sterk contrast tussen de ontwikkeling van de duinvalleien en de graslanden (zie Provoost et al. 2011a) met een positieve evolutie van de valleien en een negatieve trend in de graslanden. Een eerste uitdaging voor het beheer van het gebied is dan ook de kwaliteit van de duingraslanden te verhogen. Een prioritaire ingreep hiervoor is de bestaande graslandrelicten open te maken en houden door het maaien van struweelopslag en duinroosruigte waardoor het begrazingsbeheer optimale resultaten kan geven. De meest kansrijke zones hiervoor liggen in het (zuid)oostelijk deel van de Noordduinen en ten westen van de gemeenteschool. Overige verruigde graslanden liggen verspreid in het gebied. Figuur 5.21 geeft een overzicht van de meest kansrijke plekken op basis van vegetatiekaart en detailkartering van graslandsoorten. De totale oppervlakte van deze vlekken is ongeveer 3 ha. Hiervan is ca. 2,5 ha effectief te maaien, de rest bestaat uit mosduinen en schaarsbegroeid duin. Het is wenselijk om deze oppervlakte op korte termijn een eerste maaibeurt te geven. Gezien in verschillende delen ook struweeluitbreiding optreedt, zal dit een aanzienlijke inspanning vergen. Opvolging zal lokaal nodig zijn, afhankelijk van de resultaten van de begrazing. Daarbij kan het maaiwerk gefaseerd worden waardoor jaarlijks slechts een minimale inspanning nodig is. Ongeveer 0,4 ha valt buiten de begraasde zone en moet sowieso gemaaid worden.

Net zoals in de Houtsaegerduinen is het aangewezen om de ezels op termijn te vervangen door pony's of met om met seizoensbegrazing door schapen te werken.

Een tweede strategie vertrekt vanuit de voormalige akkertjes. Onderzoek naar de nutriëntenstatus van deze terreinen in het zuiden van de Noordduinen en de Fluithoek (Provoost et al. 2018a) leert dat de fosfaatgehalten in de bovenste bodemlagen er behoorlijk hoog is, tot 40 mg/kg Olsen-P en de aangerijkte bodemlaag vrij dik (40 cm). Indien niet gopteerd wordt voor vergraving in functie van duinvalleiherstel, kan hier een verschrallend maaibeheer worden ingesteld waardoor in theorie op 10 tot 15 jaar tijd abiotische condities voor de ontwikkeling van duingrasland kunnen gecreëerd worden. In beide gevallen is begeleidend biotisch herstel wenselijk via inbreng van maaisel uit soortenrijke duingraslanden in De Westhoek, de Doornpanne of Ter Yde.

Naast verruiging en verstruweling speelt ook overbetreding door vee en recreanten een rol in de achteruitgang van de graslandflora in de Noordduinen. Dit is vooral een probleem voor de mosduinen en pionierduingraslanden. In de Westhoek werden goede resultaten geboekt met het lokaal uitrasteren van mosduin. In de enclosure achter het Ara Duinhotel heeft zich de grootste lokale populatie harkwesp van Vlaanderen kunnen ontwikkelen. Ook in het noordelijk centrale deel van de Noordduinen zouden een aantal zones met een oppervlakte van ongeveer een kwart ha kunnen uitgerasterd worden voor herstel van mosduinen. Ook het kappen van



boom- en struikopslag zal bijdragen tot een positieve evolutie van de mosduinen. Het betreft vooral het mosduin in de noordelijk hoek van het westelijk deel en het mosduin in militair domein.



Figuur 5.21. Geschikte locaties voor graslandrelictbeheer. Oranje stippen zijn alle gekarteerde graslandsoorten (1999-2018).

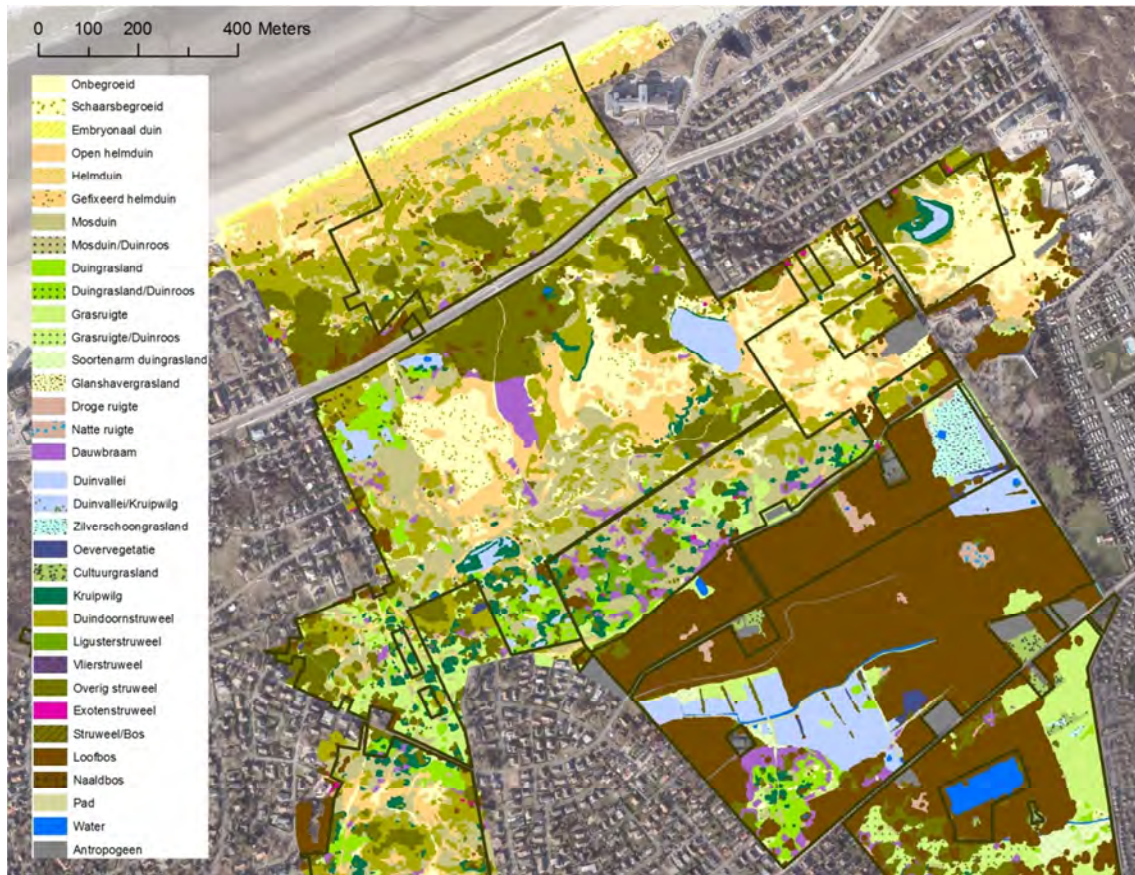
Een laatste trend die een belangrijk knelpunt vormt voor de biodiversiteit in de Noordduinen is de uitbreiding van invasieve uitheemse plantensoorten. Vooral de uitbreiding van mahonia is problematisch. Op niveau van 50x50 m<sup>2</sup> hokken is mahonia al aanwezig in ongeveer een kwart van het gebied. Ongeveer 2% van het inheems struweel is al compleet verdrongen. Gezien de exponentiële uitbreiding van deze exoot kan bij niets doen de komende decennia een sterke uitbreiding worden verwacht. Snel ingrijpen is dus aangewezen. Het experiment met machinaal uitgraven van mahonia in het gebied toonde aan dat deze methode heel doeltreffend is (Adriaens et al. 2016). Op 8 uren tijd werd 350 m<sup>2</sup> afgegraven. Dit gebeurde door een kraan met kasseibak die ter plaatse door schudden de planten scheidde van het bodemmateriaal. In de Noordduinen zou nog zo'n 4500 m<sup>2</sup> door mahonia gedomineerde vegetatie moeten afgegraven worden. Dit kan wellicht efficiënter gebeuren door gebruik te maken van een zeefinstallatie. Het schudden met een kasseibak is trouwens ook belastend voor het materiaal. Regelmatig bezoek van die locatie na de ingreep toont aan dat de hervestiging door mahonia minimaal is en de verwijdering dus een duurzaam karakter heeft!

Een grotere uitdaging is het verwijderen van de vele individuele mahoniaplanten of kleine klonen verspreid over het hele gebied. Hier wezen de beperkte experimenten uit dat bladbehandeling met glyfosaat de meest efficiënte bestrijdingstechniek was. Bij methodes zonder herbiciden zoals uitgraven en stobbebehandeling met een zoutoplossing was een heel sterke hergroei te zien. Het is aangewezen deze experimenten uit te breiden, onder meer door het gebruik van triclopyr.

## 5.5 TER YDE

### 5.5.1 Vegetatiekartering

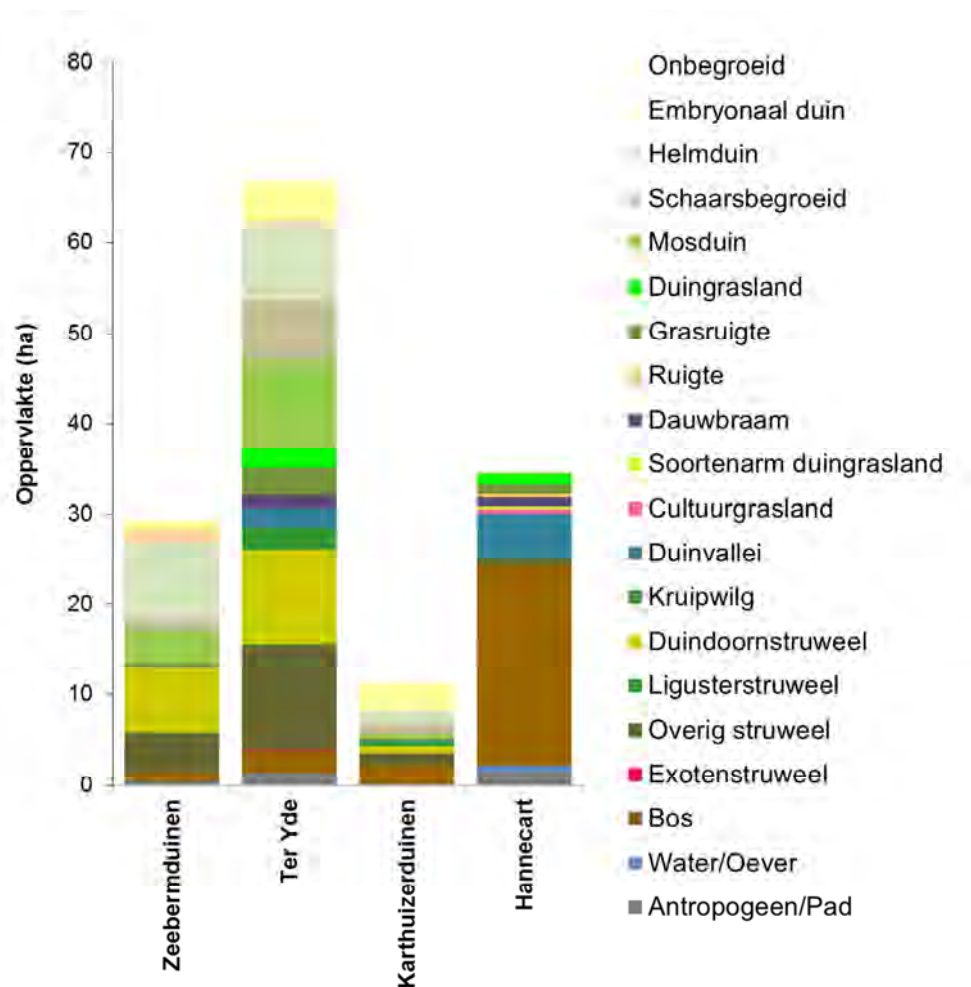
De vegetatiekartering van het grootste gebied binnen deze opdracht werd afgewerkt in het vroege voorjaar van 2019. Het resultaat van de kartering is te zien op figuur 5.22. Deze kaart is reeds geïntegreerd met de karteringen van de Plaatsduinen, het IWVA gedeelte van Ter Yde en de Oostvoorduinen die in PINK2 werden gefinaliseerd. De oppervlaktes van de verschillende vegetatieklassen in de verschillende gekarteerde deelgebieden worden weergegeven in figuur 5.23. Zij beslaan een totale oppervlakte van 183,5 ha op een totaal van 265 ha voor het hele complex. Hiervan zijn 218,5 ha eigendom van of in beheer bij ANB.



Figuur 5.22. Vegetatiekaart van Ter Yde (2019) met de begrenzing van het ANB patrimonium (versie maart 2018).

Opvallend voor het hele gebied, met uitzondering van het Hannecartbos, is de relatieve openheid van het landschap. Buiten dit bos bedraagt het aandeel aan bos en struweel 42%, wat lager is dan in de meeste andere kalkrijke duingebieden aan de kust. Het open landschap bestaat vooral uit heel jonge ecotooptypen, zoals helmduinen, mosduinen en open pioniersituaties. Samen beslaan deze typen 31% van de oppervlakte, wat uitzonderlijk is voor onze kust. De meer gefixeerde duingraslanden met goed ontwikkelde bodems zijn minder goed vertegenwoordigd. De goed ontwikkelde typen beslaan een oppervlakte van ruim 9 ha of 3,5% van het hele duincomplex. Zij zijn te vinden in de deelgebieden Ter Yde (inclusief IWVA), Hannecart en Oostvoorduinen. De oppervlakte aan verarmd en veruigd grasland omvat ruim

35 ha, waarvan 26 ha in de Oostvoorduin en gelegen is. Hier ligt dus de grootste potentie om op relatief korte termijn grote oppervlakten kwalitatief duingrasland te ontwikkelen.

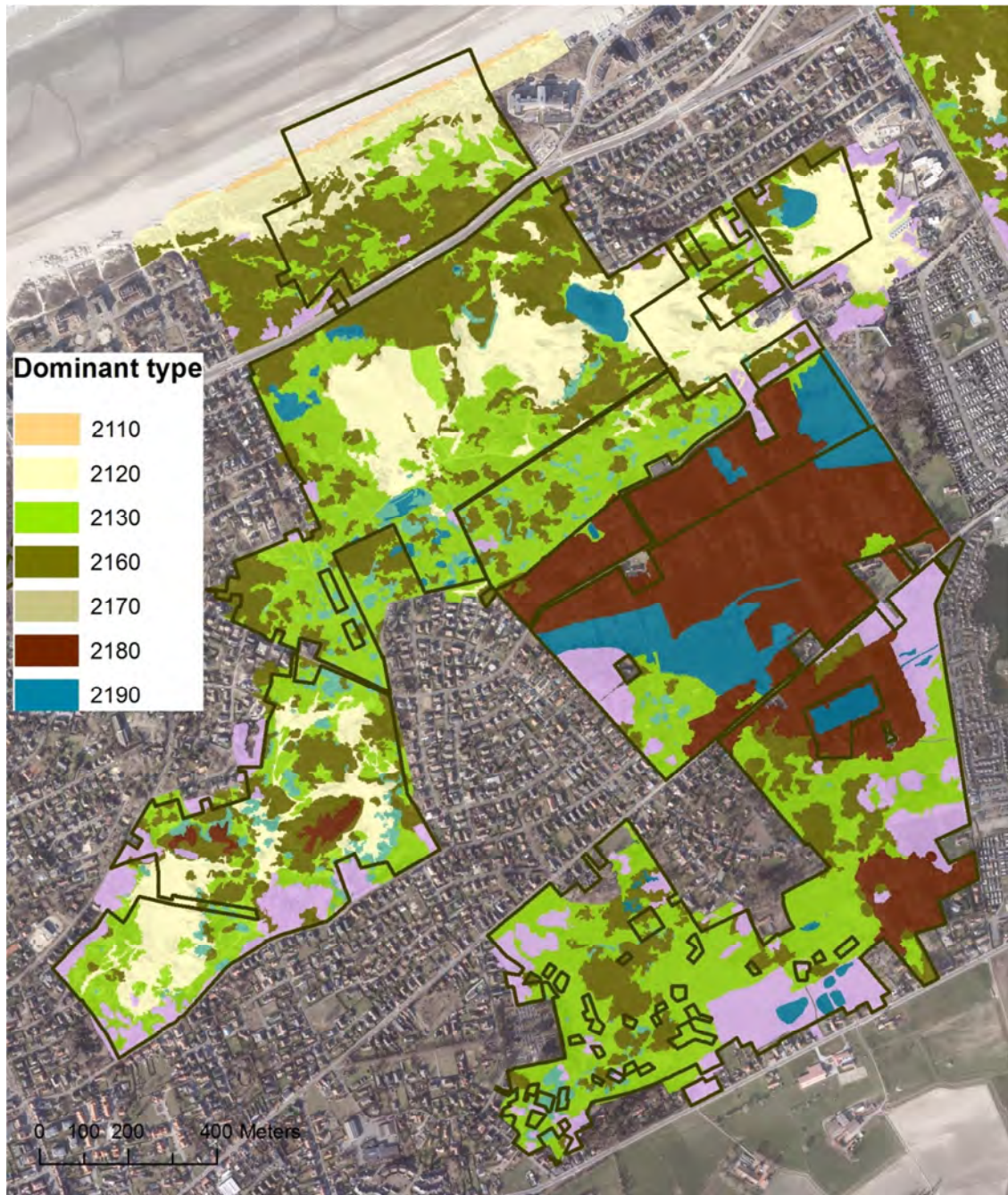


Figuur 5.23. Oppervlakte van de verschillende vegetatieklassen in de verschillende gekarteerde deelgebieden van Ter Yde (2019) binnen het ANB patrimonium.

De situering van de Natura 2000 habitattypen binnen ANB gebied in het hele duincomplex wordt weergegeven op figuur 5.24 en de bijhorende oppervlaktes in figuur 5.25. Deze figuren zijn samengesteld uit de recente karteringen, aangevuld met ouder cijfermateriaal uit PINK2 voor de Oostvoorduin, Plaatsduinen en het IWVA domein. Grijs duin (2130) en duinstruweel (2160) nemen beiden ongeveer een kwart van de oppervlakte in beslag. Ook duinbos (17,5%) en helmduin (14%) zijn goed vertegenwoordigd. Habitatwaardig bos is vooral gesitueerd in de strandvlakte van Hannecart en in de Oostvoorduin. Het wordt aangevuld met enkele spontane, ecologisch heel bijzondere bosjes in de Plaatsduinen. In de kruidlaag vinden we er onder meer zeegroene zegge, rond wintergroen en een van de enige groeiplaatsen van stofzaad aan onze kust. Duinvalleien en kruiwilgstruwelen tot slot, nemen respectievelijk 6 en 3% van de oppervlakte in beslag.

Figuur 5.26 geeft een vergelijking van de oppervlaktes van de globale vegetatietypen in het gehele Ter Yde-complex in 2019 met die uit de kartering door UGent uit 1997, opgemaakt in het kader van het beheerplan (Hoffmann et al. 1999).



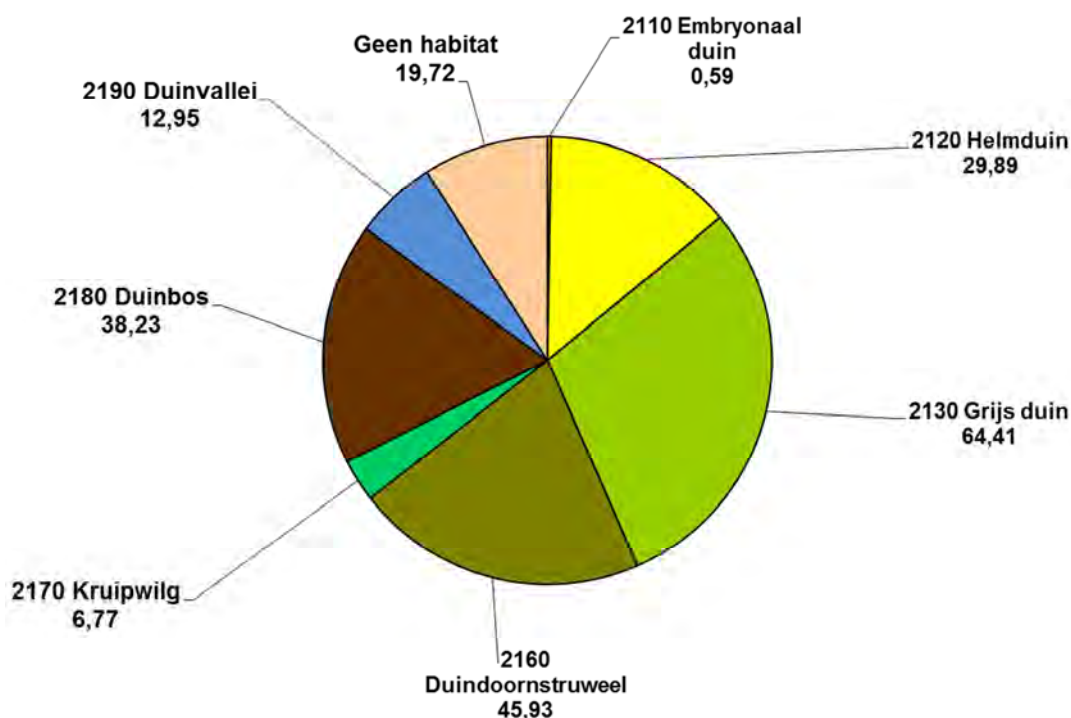


Figuur 5.24. Natura 2000 habitattypes in het Ter Yde -complex (2019 voor de recent gekarteerde delen).

De meest opvallende trend die hieruit naar voren komt is de fixatie van stuifduinen. Onbegroeid zand, helmduin en open begroeiing is afgenomen van 71 tot 41,5 ha (van 28 naar 16,5% van het gebied). Dit is een gekende trend die in alle duingebieden wordt waargenomen. De overlay van beide kaarten geeft het hele fixatietraject duidelijk weer. Onbegroeid zand ontwikkelt zich naar helmduinen en schaarsbegroeide vegetatie die op haar beurt verder ontwikkelt naar mosduin en struweel. Van de 71 ha stuifduin in 1997 zijn 13 ha mosduin geworden en 16 ha struweel. De oppervlakte mosduin is dan ook duidelijk toegenomen, van 20 naar 25 ha. Dit is duidelijk minder dan de oppervlakte die er door fixatie is bijgekomen omdat het mosduin zelf ook verder evolueerde naar struweel (ca. 3,5 ha), bos (1,7 ha) en duingrasland. Deze laatste evolutie is in realiteit wellicht minder uitgesproken doordat het verschil tussen mosduin en grasland in realiteit zeer gradueel is en aanleiding geeft tot onnauwkeurigheden in de



kartering. Toch blijft de evolutie van mosduin naar grasland (ca. 3,7 ha) duidelijk veel belangrijker dan de omgekeerde trend (1,7 ha).



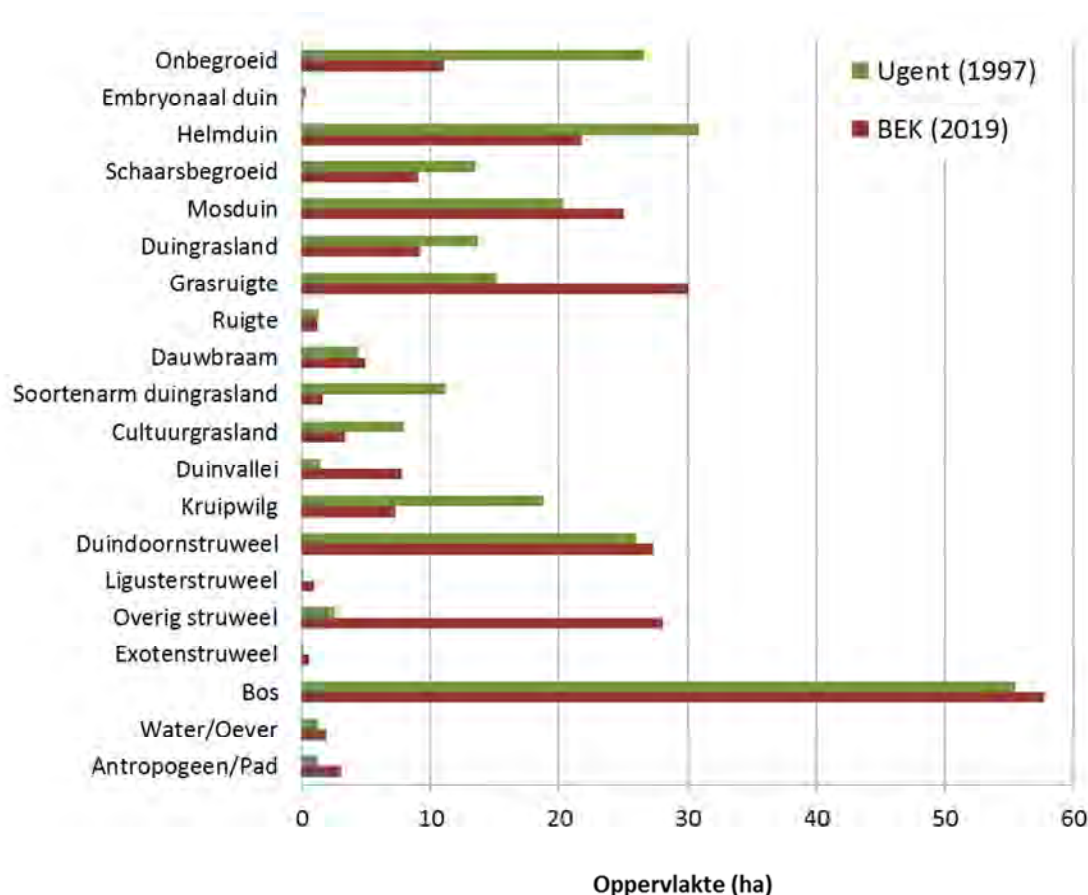
Figuur 5.25. Oppervlakte (ha) van de Natura2000 habitattypes in het gehele Ter Yde -complex (2019 voor de recent gekarteerde delen).

Het ecologisch waardevol duingrasland neemt sterk af in oppervlakte van in totaal 13,7 naar 9,2 ha. Dit is een daling met 33%. De netto afname is nog groter. Slechts ongeveer een kwart van het oorspronkelijk duingrasland blijft behouden. Ruim 5,5 ha is verruigd en ruim 3 ha is verstruweeld of verbost. Deze afname wordt deels gecompenseerd, vooral door ontwikkeling vanuit mosduin maar ook door natuurontwikkeling.

De verruiging van de duingraslanden verklaart een deel van de toename van het type 'grasruigte' maar niet de verdubbeling van de oppervlakte van 15 naar 30 ha. Deze 'trend' is niet reëel maar heeft te maken met een andere versie en mogelijks interpretatie van de vegetatietypologie. Met uitzondering van de zwaar bemeste graslanden met Engels raagrass en ruw beemdgras, worden grasgedomineerde vegetaties in de nieuwe typologie consequent als 'c' gekarteerd, terwijl zij in de vroegere versie als 'cultuurgrasland (x)' of 'soortenarm duingrasland (g1)' werden aangeduid.

Een sterk uitgesproken positieve trend is de toename van de oppervlakte aan duinvalleivegetaties (van 1,5 naar 7,8 ha). Deze evolutie is bijna volledig op het conto van de actieve natuurontwikkeling te schrijven, namelijk de ontbossing van delen van Hannecart en de ontstruwelingen in Ter Yde. Ongeveer een halve ha duinvallei is spontaan ontstaan door uitstuiwing. Verstruweling van bestaande lage duinvalleivegetatie is beperkt tot ca. 0,1 ha. Kruiwilgstruweel, dat voor de ontwikkeling ervan sterk met duinvalleien is geassocieerd, is dan weer sterk achteruit gegaan. De oppervlakte daalde met ruim 60%, van 18,8 naar 7,3 ha. Deze trend is voor het overgrote deel toe te schrijven aan successie naar opgaand struweel en bos. Een aantal ha van de afname is niet reëel en is toe te schrijven aan een meer gedetailleerde afbakening van de kruiwilgstruwelen in de recente kartering.





Figuur 5.26. Vergelijking van de oppervlakte (ha) van de globale vegetatietypen in het gehele Ter Yde-complex in 2019 met de kartering van UGent uit 1997 (Hoffmann et al. 1999).

Door de successie vanuit verschillende ecotooptypen is de oppervlakte aan struwelen heel sterk uitgebreid. Het betreft een toename van 28,5 naar 57 ha ofwel een verdubbeling van de oppervlakte. De totale oppervlakte aan duindoornstruweel is amper veranderd, hoewel zich grote veranderingen hebben voorgedaan. Amper 30% (8 ha) van het oorspronkelijke duindoornstruweel is als dusdanig gebleven. Er kwam ongeveer 20 ha duindoorn bij door verstruweling van open habitattypen en 12,5 ha duindoornstruweel evolueerde naar andere struweeltypen of bos. Van die 28 ha 'overig struweel' wordt 5,4 ha gedomineerd door sleedoorn, 3 ha door grauwe wilg, 2,7 ha door eenstijlige meidoorn en 0,7 ha door gewone vlier. Gemengde struwelen, waarin duindoorn nog een prominente maar geen dominante rol speelt, zijn dus nog het meest algemeen. In vergelijking met de Westhoek en de Houtsaegerduinen is wilde liguster zwak vertegenwoordigd. Ligusterstruweel nam sterk toe, van 0,05 naar 1 ha. Deze ontwikkeling gebeurde hoofdzakelijk vanuit kruipwilgstruweel.

Ondanks de ontbossingen in Hannecart is de oppervlakte bos in het gehele duincomplex toch nog licht toegenomen van 55,5 naar 57,8 ha (een toename met 4%). De toename deed zich vooral voor vanuit open duinen en droog duingrasland (9 ha) en in mindere mate ook vanuit struweel (2,8 ha) en kruipwilg (1,8 ha). De bosuitbreiding in de droge duinen gebeurt wel zeer gefragmenteerd en wordt veroorzaakt door een gestage uitbreiding van de aanplanten van vooral abelen en populieren. Dominante loofboomsoorten in het hele complex zijn Canadapopulier (27 ha) en elzen (samen 21 ha). De overige soorten zijn beduidend minder algemeen: gewone esdoorn (3 ha), schietwilg (2,1 ha), abelen (2 ha), zomereik (1 ha) en berken (0,8 ha).

## 5.5.2 Permanente kwadraten

In het hele gebied werden in totaal 21 plots geëvalueerd (figuur 5.28). Het betreft 9 proefvlakken in Ter Yde, Karthuizerduinen en de Oostvoorduin en 12 proefvlakken uit Hannecart, die vooral door Marc Leten werden opgenomen. In de eerste reeks proefvlakken is in de beschouwde periode weinig verandering te zien op niveau van TWINSPAN groep (tabbelen 5.8 en 5.9). Enkel ty\_03 evolueert van het pioniergraslandtype 9 naar een zeer soortenrijke, vochtige duingraslandvegetatie (type 8). Het aantal kenmerkende soorten van zowel duingrasland als duinvallei neemt er sterk toe. Met uitzondering van ty\_15 zijn de overige proefvlakken in duinvalleien gelegen. We zien in alle proefvlakken een gestage toename van kenmerkende duinvalleisoorten. Uitzondering is ty\_11, waar al een stabilisatie van de vegetatieontwikkeling is opgetreden. In verschillende proefvlakken zien we een terugval van het totaal aantal soorten door de afname van storingselementen. Het soortenaantal op zich is dus niet indicatief voor de kwaliteit van de vegetatie.

Ty\_15 is net zoals de proefvlakken uit de Oostvoorduin gelegen in duingrasland. Met uitzondering van ov\_08 behoren ze tot de soortenrijke kalkrijke duingraslanden, type 12. De vegetatie is heel stabiel en vertoont slechts beperkte verschuivingen in de soortensamenstelling. Proefvlak ty\_08 is gelegen in een voormalig duinakkertje en werd heel oppervlakkig afgeplagd bij de natuurontwikkelingswerken aan de Karthuizerstraat. Hoewel de soortensamenstelling hierdoor sterk wijzigde is de TWINSPAN classificatie onveranderd gebleven (type 10, soortenrijke, enigszins ontkalkte duingraslanden).

Tabel 5.8. Evolutie van het aantal soorten per ecologische groep in de opgevolgde permanente kwadraten in Ter Yde en Karthuizerduinen.

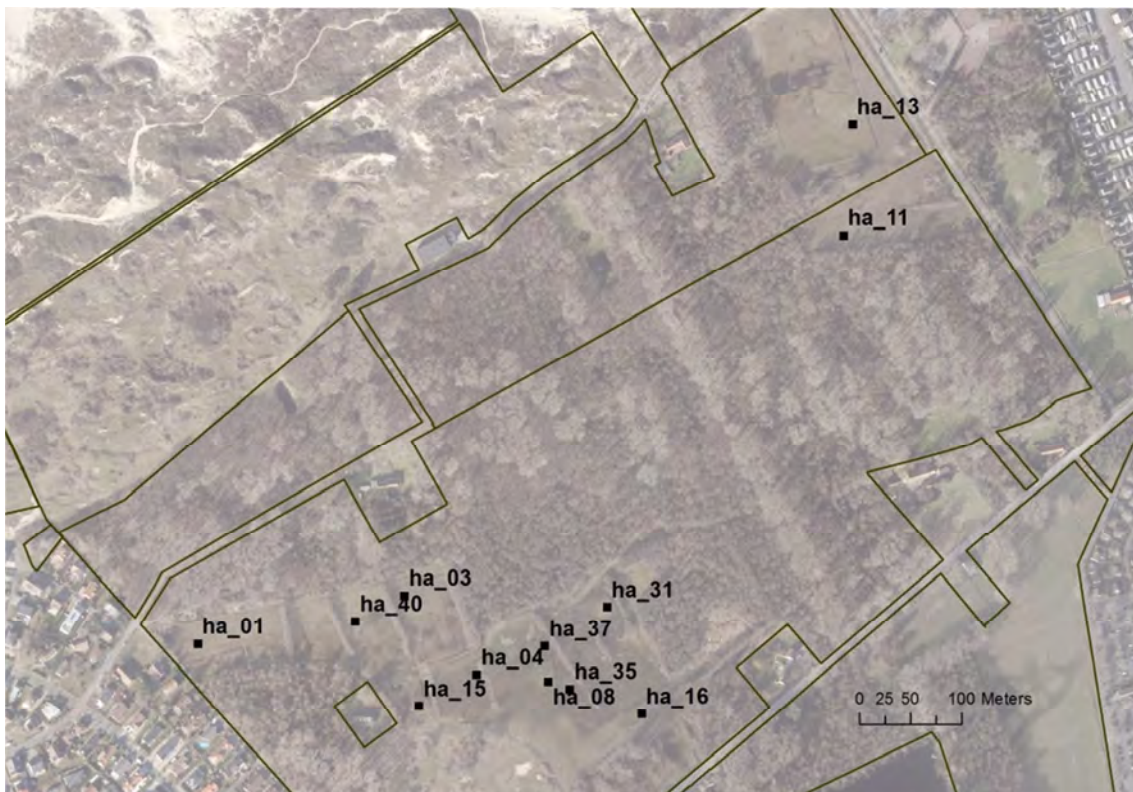
	ty_03			ty_09			ty_11			ty_14			ty_15			ka_02		
	2007	2013	2016	2009	2014	2017	2007	2013	2017	2007	2012	2015	2009	2012	2015	2009	2013	2016
Mosduin	4	7	4			1	2		1	1								
Grasland	11	20	19	6	2	6	7	12	12	4	10	3	22	21	19	3	4	2
Duinvallei	1	4	6	7	7	12	8	10	8	10	14	15	2	2	2	6	10	14
Ruderaal/ruigte	6	2	1	3	2	1	2	3	1	1	1		2	3	1	3	1	1
Struweel/zoom	3	2	2	2	1	1	1	2			2	1				2	2	
Rest	12	18	12	9	8	6	13	18	7	11	10	5	15	16	13	8	10	9
<b>Totaal aantal</b>	<b>37</b>	<b>53</b>	<b>44</b>	<b>27</b>	<b>20</b>	<b>27</b>	<b>33</b>	<b>45</b>	<b>29</b>	<b>27</b>	<b>37</b>	<b>24</b>	<b>41</b>	<b>42</b>	<b>35</b>	<b>22</b>	<b>27</b>	<b>26</b>
<b>TWINSPAN-groep</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>

Tabel 5.9. Evolutie van het aantal soorten per ecologische groep in de opgevolgde permanente kwadraten in de Oostvoorduin.

	ov_04			ov_07		ov_08	
	2007	2012	2015	2013	2016	2014	2018
Mosduin	2	2	1	1	2		
Grasland	15	16	19	18	18	10	2
Duinvallei						1	4
Ruderaal/ruigte	1	1	1	1	1	3	3
Struweel/zoom	1	1	1	1	1		
Rest	11	11	7	9	11	17	16
<b>Totaal aantal</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>33</b>	<b>31</b>	<b>25</b>
<b>TWINSPAN-groep</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>10</b>



Een samenvatting van de opnames uit de duinvalleien van Hannecart (figuur 5.27) wordt weergegeven in tabel 5.10. In het merendeel van de proefvlakken (7 van de 12) wordt de meest recent opgenomen vegetatie als type 3, soortenrijke oude duinvallei met paddenrus geïdentificeerd. Het is een type dat nagenoeg uitsluitend voorkomt in Hannecart en Groenendijk, dat in hetzelfde strandvlaktesysteem is gelegen. Twee proefvlakken zijn tot dit type geëvolueerd, ha\_11 vanuit een soortenarme rompgemeenschap en ha\_15 vanuit het type 4. De overige werden al van bij de eerste opname in 2006 als dusdanig geïdentificeerd. Het aantal duinvalleisoorten is ook niet echt toegenomen. Wel daalde het totale soortenaantal door afname van storingssoorten en overgebleven bossoorten. Type 4 wordt nog aangetroffen in 3 andere proefvlakken en wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van storingssoorten zoals bramen, witbol en duinriet maar ook soorten van eerder zure milieus zoals zwarte zegge, hazenzegge, biezenknoppen en haarmos. Dit type komt voor op de iets hoger gelegen, oppervlakkig ontcalcite ruggetjes. Type 4 lijkt zich nog verder te ontwikkelen, vooral door toename van duingraslandsoorten. Proefvlak ha\_01 is vanuit type 3 geëvolueerd naar type 5, de soortenrijke duinvalleivegetaties die o.m. in de noordelijke pannen van de Westhoek worden aangetroffen. Dit proefvlak heeft het hoogste aantal kenmerkende duinvalleisoorten (21) van de hele steekproef. Het laatste proefvlak, ha\_13, gelegen in de Paardevisserwei wordt als soortenrijk zilverschoongrasland geïdentificeerd. Dit perceel omvat het best ontwikkelde zilverschoongrasland aan onze kust en lijkt zich verder positief te ontwikkelen.



Figuur 5.27. Ligging van de opgenomen PQ's in Hannecart.



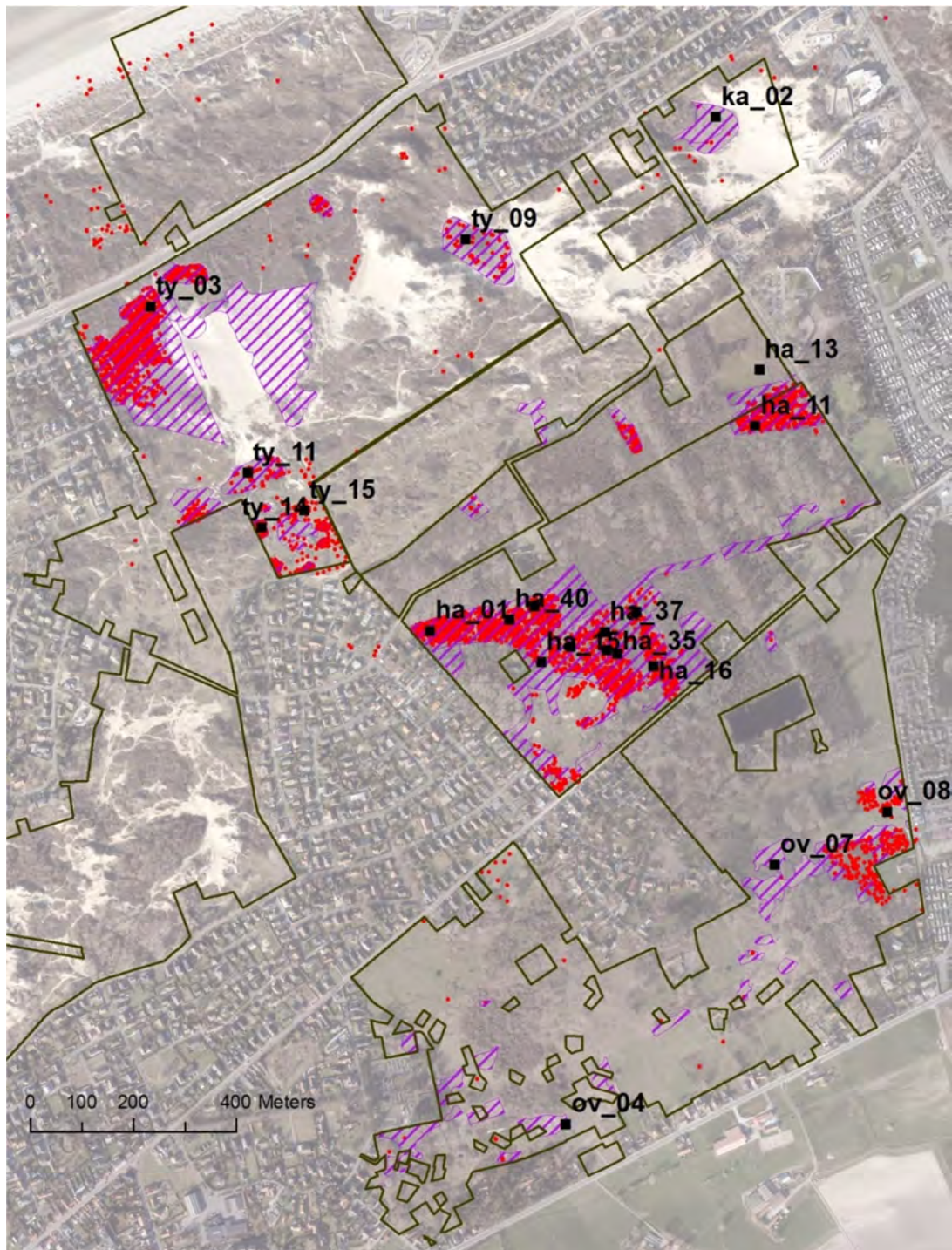
Tabel 5.10. Evolutie van het aantal soorten per ecologische groep in de opgevolgde permanente kwadranten in de Doolaege (Hannecart).

		Mosduin	Grasland	Duinvallei	Ruderaal/ruigte	Struweel/zoom	Rest	Totaal aantal	TWINSpan-groep
ha_01	2006		2	12	3	4	11	32	3
	2007		4	19	6	5	14	48	3
	2008		8	15	5	5	17	50	3
	2009		11	20	3	6	13	53	5
	2012		14	19	3	4	15	55	5
	2015		11	21	1	4	15	52	5
ha_03	2006		1	11	8	7	14	41	3
	2007		1	13	9	4	14	41	3
	2009		2	12	4	3	17	38	3
	2012		5	13	3	3	14	38	3
	2015		6	14	2	2	12	36	3
ha_04	2006			12	10	3	2	27	3
	2008			13	5	3	4	25	3
	2009			19	9	1	7	36	3
	2015		1	13	3		3	20	3
ha_08	2006			4	1	6	1	12	4
	2007	1		4	2	3	9	19	4
	2009	2	2	7	1	3	7	22	4
	2012	1	3	6	2	3	8	23	4
	2015		3	7	2	1	6	19	4
ha_11	2006		2	2	4	3	10	21	1
	2008		6	8	3	2	11	30	3
	2012		8	9	4		11	32	3
	2014		8	8	3	2	12	33	3
	2017		6	5	3		8	22	3
ha_13	2009		3	10	2		13	28	2
	2013		3	18			10	31	2
	2017		2	16	3		11	32	2
ha_15	2006		1	8	4	6	8	27	4
	2007		1	9	3	3	12	28	4
	2009		3	6	5	4	16	34	3
	2012		5	8	4	2	17	36	3
	2015		7	8	1	2	15	33	3
ha_16	2006		1	16	15	9	21	62	3
	2007		2	10	11	5	19	47	3
	2009		4	14	7	3	25	53	3
	2012		5	15	6	2	18	46	3
	2015		7	9	3		11	30	3
ha_31	2006		4	10	7	6	8	35	4
	2008	1	3	13	3	4	7	31	4
	2009	1	3	11	3	3	10	31	4
	2012		3	11	2	2	7	25	4
	2015	3	4	12	2	1	7	29	4
ha_35	2006			15	17	8	9	49	3
	2008		2	17	8	4	15	46	3
	2009		1	16	10	4	16	47	3
	2015		3	17	3	2	11	36	3
ha_37	2006		1	17	12	6	9	45	3
	2008			20	6	2	10	38	3
	2009			16	4	3	12	35	3
	2012		1	16	3	1	8	29	3
	2015		1	17	1	1	6	26	3
ha_40	2006			5	1	5	3	14	4
	2008	2	1	7	2	3	9	24	4
	2009	3	2	8	2	3	11	29	4
	2012		3	8	2	4	10	27	4
	2015	1	4	6	1	4	11	27	4



### 5.5.3 Kartering van aandachtsoorten

De gekarteerde zones in Ter Yde omvatten vooreerst de ontboste delen van Hannecart. Deze zone wordt afzonderlijk besproken. Zij worden aangevuld met enkele ontstruwelingen in Ter Yde s.s. en de afgravingen aan de Karthuizerlaan in de Oostvoorduin (figuur 5.27).



Figuur 5.28. Overzicht van de gekarteerde aandachtsoorten (rood) en ligging van de opgenomen PQ's in Ter Yde. In parse arcering de ontstruweelde en ontboste terreindelen en in groen de afbakening van het ANB patrimonium (versie 2018).

Binnen Ter Yde s.s. doen de soorten van droog duingrasland het globaal goed in de ontgonnen zones. Zowel bij kalkbedstro, geel zonneroosje, gulden sleutelbloem als grote tijm stijgt het aantal hokken waarbinnen de soort werd gevonden. De ingeschatte populatiegrootte vertoont vaak grote schommelingen die vermoedelijk te wijten zijn aan heterogeniteit in de kartering. Ook grote en kleine ratelaar gaan sterk vooruit. Deze soorten werden tijdens de laatste kartering niet meer meegenomen gezien de bijzonder grote populatie nog weinig indicatieve meerwaarde biedt. Ook kunnen beide soorten tijdens de zomermaanden niet meer uit elkaar gehouden worden. Stijf hardgras en voorjaarsganzerik zijn nieuw opgedoken binnen deze zones en driedistel en liggend bergvlas blijven min of meer stabiel. Scherpe fijnstraal, donderkruid en glad parelzaad vertonen een gelijkaardig patroon met een uitbreiding tussen de eerste periodes (1999-2006 versus 2007-2014) en een achteruitgang in de meest recente kartering. Zeker donderkruid en glad parelzaad zijn soorten van zomen of min of meer natuurlijke storingsmilieus. Het ligt dan ook in de lijn van de verwachting dat beide soorten bij verdere ontwikkeling van duingrasland weer achteruit gaan. Ook duinviooltje gaat sterk achteruit, van 9 naar 2 hokken en van honderden naar slechts een tiental individuen. Binnen de hele populatie van Ter Yde zijn de hier onderzochte terreindelen echter minder belangrijk voor de soort. Ook deze trend is wellicht aan successie te wijten maar kan er op wijzen dat de vegetatie te ruig is voor deze bijzonder concurrentiegevoelige soort. Ook het verdwijnen van een kleine groeiplaats van kegelsilene is hier mogelijks aan te wijten.

Aarddistel is in de ontgonnen terreindelen niet meer waargenomen. Het is niet duidelijk of de soort in Ter Yde nog voorkomt. Daarmee is het één van de meest kritische duingraslandsoorten aan onze kust. Bevertjes werden in 1999 binnen een groot polygoon gekarteerd in de duintjes boven Mariapark. De totale abundantie werd ingeschat op 50-500 individuen. Binnen de gekarteerde zones werd de soort niet teruggevonden. De recente status van de soort binnen het hele Ter Yde complex is daarmee onduidelijk. Er zijn enkel recente waarnemingen uit het graslandje in Hannecart en uit de Oostvoorduinen.

Ook binnen de duinvalleien doen de aandachtsoorten het globaal genomen goed. Zowel zomerbitterling, bosorchis, duingentiaan, geelhartje als blauwe knoop breiden zich sterk uit. Blauwe knoop vertoont de meest spectaculaire toename, namelijk van 4 naar 16 hokken. Nieuw opgedoken in de ontgonnen zones zijn blauwe zegge en borstelbies. Van een aantal soorten kende de populatie een sterke toename na de terreiningrepen (verschil tussen PINK 1 en 2 en vorige karteringen) waarna zij min of meer stabiliseerde (trend voorbij ca. 10 jaar). Het betreft drienvrige zegge, strandduizendguldenkruid, vleeskleurige orchis, rietorchis, ogentroost, rond wintergroen, sierlijke vetmuur en honingorchis. Walter Van den Bussche telde in 2019 in het kader van de Natura 2000 soortenmonitoring in Ter Yde ca. 12500 individuen (ongepubliceerd verslag). De panne aan de Kolonel d'Haenenlaan vormt met bijna 8000 exemplaren de grootste deelpopulatie. Deze trend bevestigt nogmaals dat de ontwikkeling van duinvalleivegetaties sneller gebeurt dan bij droge graslanden en dat de populaties van veel soorten zich na een tiental jaren stabiliseren. Dwergzegge en moeraswespenorchis bleven min of meer stabiel over de hele beschouwde periode.

Een aantal soorten met heel kleine populaties werden tijdens de laatste karteerrondes binnen de ontgonnen zones niet meer teruggevonden. Het betreft tormentil, bleekgele droogbloem, zeerus, addertong en zilt torkruid. Deze laatste twee soorten werden enkel in de eerste karteerperiode gezien (voor 2007). Paddenrus is enige soort die uit de gekarteerde zones verdween na een gestage achteruitgang. In de periode voor 2007 nog ca. 100 m<sup>2</sup> aangetroffen. Paddenrus is echter een soort van oudere duinvalleien en doet het niet zo goed onder begrazing. In Hannecart is echter nog een heel grote populatie aanwezig die goed standhoudt.

Tabel 5.11. Evolutie van de aandachtsoorten in Ter Yde (zonder Hannecart). Per periode het aantal 50x 50 m<sup>2</sup> hokken waarin de soort werd aangetroffen en tussen haakjes een inschatting van de abundantie in aantal individuen of m<sup>2</sup>. ■ Ratelaar niet meer gekarteerd in BEK.

	1999-2006	2007-2014	2015-2018	
Aantal soorten	34	38	36	
Arabis hirsuta		3 (25-50)		Ruige scheefkelk
Asperula cynanchica	1 (5-25)	3 (5-25)	5 (5-25)	Kalkbedstro
Blackstonia perfoliata		1 (2-5)	3 (25-50)	Zomerbitterling
Briza media	2 (50-500)	1 (25-50)		Bevertjes
Carex panicea			1 (1)	Blauwe zegge
Carex trinervis	3 (5-25)	7 (50-500)	5 (25-50)	Drienvervige zegge
Carex viridula s.l.	11 (50-500)	10 (5000-50 000)	8 (500-5000)	Dwergzegge
Carlina vulgaris	8 (50-500)	10 (50-500)	9 (50-500)	Driedistel
Catapodium rigidum			5 (500-5000)	Stijf hardgras
Centaurium littorale	6 (50-500)	14 (50-500)	13 (50-500)	Strandduizendguldenkruid
Centaurium pulchellum		2 (25-50)	2 (5-25)	Fraai duizendguldenkruid
Cirsium acaule	2 (2-5)			Aarddistel
Dactylorhiza fuchsii	3 (2-5)	6 (25-50)	13 (500-5000)	Bosorchis
Dactylorhiza incarnata	3 (50-500)	8 (500-5000)	9 (50-500)	Vleeskleurige orchis
Dactylorhiza praetermissa		11 (500-5000)	13 (50-500)	Rietorchis
Dactylorhiza spec.	1 (1)	11 (5000-50 000)	16 (50-500)	Dactylorhiza spec.
Epipactis palustris	13 (5000-50 000)	14 (5000-50 000)	18 (500-5000)	Moeraswespenorchis
Erigeron acer	5 (50-500)	15 (500-5000)	6 (25-50)	Scherpe fijnstraal
Euphrasia	7 (5000-50 000)	28 (5000-50 000)	22 (5000-50 000)	Stijve ogentroost s.l.
Gentianella uliginosa		1 (50-500)	5 (50-500)	Duingentiaan
Gnaphalium luteoalbum	1 (5-25)			Bleekgele droogbloem
Helianthemum nummularium	10 (5000-50 000)	16 (500-5000)	23 (50-500)	Geel zonneroosje
Herminium monorchis	4 (50-500)	11 (500-5000)	11 (500-5000)	Honingorchis
Himantoglossum hircinum		1 (1)		Bokkenorchis
Inula conyzae	2 (2-5)	8 (25-50)	1 (1)	Donderkruid
Isolepis setacea			3 (25-50)	Borstelbies
Juncus maritimus	1 (2-5)			Zeerus
Juncus subnodulosus	1 (50-500)	1 (5-25)		Paddenrus
Linum catharticum	1 (25-50)	8 (5000-50 000)	22 (5000-50 000)	Geelhartje
Lithospermum officinale	4 (5-25)	11 (50-500)	7 (50-500)	Glad pazelzaad
Oenanthe lachenalii	1 (5-25)			Zilt torkruid
Ophioglossum vulgatum	1 (1)			Addertong
Parnassia palustris	13 (5000-50 000)	20 (5000-50 000)	21 (5000-50 000)	Parnassia
Polygala vulgaris	12 (500-5000)	20 (500-5000)	20 (50-500)	Gewone vleugeltjesbloem
Potentilla erecta		1 (1)		Tormentil
Potentilla neumanniana			1 (2-5)	Voorjaarsganzerik
Primula veris	1 (25-50)	2 (50-500)	5 (25-50)	Gulden sleutelbloem
Pyrola rotundifolia	8 (25-50)	13 (50-500)	11 (50-500)	Rond wintergroen
Rhinanthus angustifolius		4 (25-50)		Grote ratelaar
Rhinanthus minor	3 (500-5000)	15 (5000-50 000)		Kleine ratelaar
Rhinanthus spec.		19 (5000-50 000)		Ratelaar spec.
Sagina nodosa	6 (50-500)	12 (500-5000)	12 (50-500)	Sierlijke vetmuur
Silene conica		1 (5-25)		Kegelsilene
Silene nutans	4 (25-50)	6 (50-500)	4 (25-50)	Nachtsilene
Succisa pratensis	4 (50-500)	6 (500-5000)	16 (5000-50 000)	Blauwe knoop
Thesium humifusum	2 (5-25)	1 (2-5)	1 (5-25)	Liggend bergvlas
Thymus pulegioides	2 (50-500)	11 (25-50)	16 (50-500)	Grote tijm
Viola curtisii	9 (50-500)	4 (50-500)	2 (5-25)	Duinviooltje



Tabel 5.12. Evolutie van de aandachtsoorten in de ontboste delen van Hannecart. Per periode het aantal 50x 50 m<sup>2</sup> hokken waarin de soort werd aangetroffen en tussen haakjes een inschatting van de abundantie in aantal individuen of m<sup>2</sup>. x = aanwezigheid bevestigd door Marc Leten. ■ Grote ratelaar niet meer gekarteerd in BEK.

	1999-2006	2007-2014	2015-2018	
Aantal soorten	23	56	51	
Anagallis tenella	6 (2-5)	39 (50-500)	37 (50-500)	Teer guichelheil
Asperula cynanchica	4 (2-5)	4 (2-5)	4 (25-50)	Kalkbedstro
Berula erecta		3 (25-50)	3 (50-500)	Kleine watereppe
Briza media	2 (2-5)		1 (5-25)	Beventjes
Calluna vulgaris		1 (1)		Struikhei
Carex distans		7 (5-25)	2 (2-5)	Zilte zegge
Carex divisa		1 (25-50)	1 (2-5)	Kustzegge
Carex echinata			1 (1)	Sterzegge
Carex nigra		8 (25-50)	8 (50-500)	Zwarte zegge
Carex ovalis		2 (2-5)	2 (5-25)	Hazenzegge
Carex panicea		21 (50-500)	19 (50-500)	Blauwe zegge
Carex pseudocyperus		6 (5-25)	x	Hoge cyperzegge
Carex trinervis		1 (2-5)	4 (5-25)	Drienervige zegge
Carex vesicaria		1 (1)	1 (2-5)	Blaaszegge
Carex viridula s.l.		16 (50-500)	5 (50-500)	Dwergzegge
Centaurium littorale		1 (2-5)	1 (1)	Strandduizendguldenkruid
Centaurium pulchellum		17 (500-5000)	14 (500-5000)	Fraai duizendguldenkruid
Colchicum autumnale	1 (1)			Herfsttijloos
Dactylorhiza fuchsii		9 (5-25)	11 (50-500)	Bosorchis
Dactylorhiza incarnata		25 (50-500)	36 (500-5000)	Vleeskleurige orchis
Dactylorhiza maculata		7 (5-25)	8 (25-50)	Gevlekte orchis
Dactylorhiza majalis		10 (5-25)	38 (500-5000)	Brede orchis
Dactylorhiza majalis s.l.		19 (25-50)	4 (50-500)	Brede orchis s.l.
Dactylorhiza praetermissa		23 (50-500)	41 (500-5000)	Rietorchis
Dactylorhiza spec.	2 (2-5)	22 (25-50)	25 (50-500)	Dactylorhiza spec.
Descurainia sophia	3 (50-500)	1 (5-25)		Sofiekruid
Epipactis palustris		10 (50-500)	10 (5-25)	Moeraswespenorchis
Equisetum fluviatile		2 (5-25)		Holpijp
Erica tetralix		1 (1)		Gewone dophei
Euphrasia	3 (5-25)	19 (500-5000)	18 (500-5000)	Stijve ogentroost s.l.
Gnaphalium luteoalbum	3 (2-5)	3 (5-25)		Bleekgele droogbloem
Groenlandia densa		2 (2-5)	2 (5-25)	Paarbladig fonteinkruid
Helianthemum nummularium	4 (5-25)	1 (1)	5 (25-50)	Geel zonneroosje
Isolepis setacea		7 (50-500)	8 (50-500)	Borstelbies
Juncus acutiflorus		20 (50-500)	10 (50-500)	Veldrus
Juncus anceps		1 (5-25)		Duinrus
Juncus conglomeratus		12 (50-500)	10 (50-500)	Biezenknoppen
Juncus subnodulosus	13 (5-25)	47 (5000-50 000)	56 (5000-50000)	Paddenrus
Linum catharticum		1 (500-5000)	4 (5-25)	Geelhartje
Malva moschata		1 (2-5)	2 (2-5)	Muskuskaasjeskruid
Onopordum acanthium	1 (1)			Wegdistel
Ophioglossum vulgatum		3 (50-500)	11 (50-500)	Addertong
Orobanche caryophyllacea	2 (2-5)			Walstrobremraap
Parnassia palustris		9 (50-500)	2 (2-5)	Parnassia
Pedicularis palustris		7 (50-500)	10 (50-500)	Moeraskartelblad
Polygala vulgaris	5 (50-500)	1 (5-25)	7 (50-500)	Gewone vleugeltjesbloem
Potamogeton coloratus		4 (5-25)	1 (2-5)	Weegbreefonteinkruid
Potentilla erecta		4 (5-25)	5 (5-25)	Tormentil
Potentilla neumanniana	7 (50-500)	3 (25-50)	6 (25-50)	Voorjaarsganzerik
Primula veris	5 (2-5)	42 (500-5000)	21 (5000-50 000)	Gulden sleutelbloem
Pyrola rotundifolia		3 (5-25)	1 (2-5)	Rond wintergroen
Rhinanthus angustifolius	2 (2-5)	15 (50-500)		Grote ratelaar
Rhinanthus minor	6 (25-50)	18 (50-500)	16 (500-5000)	Kleine ratelaar
Sagina nodosa		3 (5-25)	2 (50-500)	Sierlijke vetmuur
Schoenoplectus tabernaemontani		21 (50-500)	21 (50-500)	Ruwe bies
Scirpus sylvaticus		4 (25-50)	x	Bosbies
Senecio aquaticus		4 (2-5)		Waterkruiskruid
Silene nutans	1 (1)			Nachtsilene
Thesium humifusum	2 (2-5)		1 (5-25)	Liggend bergglas
Thymus pulegioides	7 (50-500)	4 (2-5)	8 (25-50)	Grote tijm
Trifolium scabrum	1 (5-25)	3 (5-25)		Ruwe klaver
Triglochin palustris		5 (5-25)	6 (50-500)	Moeraszoutgras
Valeriana dioica	1 (1)	2 (50-500)	2 (25-50)	Kleine valeriaan

De meeste aandachtsoorten van het duingrasland van Hannecart vertonen geen uitgesproken trend. Dit is het geval bij kalkbedstro, bevertjes, geel zonneroosje, gewone vleugeltjesbloem, voorjaarsganzerik, liggend bergvlas en grote tijm. Uitzonderingen zijn nachtsilene en ruwe klaver, die in de recente karteerperiode niet meer zijn waargenomen.

In de ontboste terreindelen van Hannecart dook een spectaculair aantal nieuwe soorten op (Leten et al. 2010). Hieronder bevonden zich ook zo'n 50 aandachtsoorten. Ongeveer de helft hiervan heeft lokaal ook een vrij grote populatie opgebouwd. Bij teer guichelheil, kleine watereppe, blauwe zegge, fraai duizendguldenkruid, moesaswespenorchis, stijve ogentroost s.l., borstelbies, biezknoppen, paddenrus, ruwe bies en kleine ratelaar zien we dat die populaties in beide laatste karteerrondes min of meer stabiel blijven. Ook duinrus is wellicht min of meer stabiel. Deze soort werd in BEK niet teruggevonden maar heeft volgens Marc Leten nog steeds aardige populatie. De handekenskruiden (*Dactylorhiza spec.*) hebben zich relatief laat gevestigd maar hebben zich daarna sterk uitgebreid. We vinden er belangrijke populaties van bosorchis, vleeskleurige orchis, gevlekte, brede orchis, rietorchis en een groot aantal kruisingen en varianten. In totaal vonden we bij de laatste kartering zo'n 4000 individuen op een oppervlakte van ca. 12 ha. Ook van addertong, moeraskartelblad, grote ratelaar, zwarte zegge en moeraszoutgras werd tijdens de laatste karteerronde nog een toename vastgesteld. Dwergzegge, veldrus, parnassia, weegbreefonteinkruid en gulden sleutelbloem lijken over een hoogtepunt en vertoonden een weer afname tijdens de laatste periode. Andere soorten zijn opgedoken maar breiden zich niet echt uit. Het betreft kustzegge, hazenzegge, zilte zegge, drienerfegge zegge, blaaszegge, sterzegge, strandduizendguldenkruid, paarbladig fonteinkruid, geelhartje, muskuskaasjeskruid, tormentil, rond wintergroen, sierlijke vetmuur en kleine valerian.

Tot slot werd ook een hele reeks soorten ooit in het gebied aangetroffen maar niet meer tijdens de laatste karteerronde. Hoge cyperzegge en bosbies werden in de recente periode nog gezien door Marc Leten. De andere soorten; holpijp, gewone dophei, bleekgele droogbloem, waterkruiskruid, struikhei, sofiekruid en wegdistel zijn dus vermoedelijk verdwenen. Het betreft onder meer een aantal pioniers of soorten van open vegetatie (bleekgele droogbloem, sofiekruid en wegdistel) maar ook soorten die uit de zaadvoorraad opdoken en actueel blijkbaar geen geschikte groeiplaats meer aantreffen.

#### 5.5.4 Beheeraanbevelingen

Globaal doen zowel de duingraslanden als duinvalleien het goed in Ter Yde. Binnen de hier onderzochte terreindelen (vooral ontstruwelingszones) zien we een toename of een stabilisatie van de meeste typische aandachtsoorten van die habitattypes. Soorten die achteruitgaan binnen deze zones, kunnen doorgaans als pioniers bestempeld worden of hebben nog grote populaties in de rest van het gebied. Enkel aarddistel verdient specifieke aandacht gezien de soort het ook in De Westhoek niet goed doet en verder aan de kust enkel nog van de Sint-Laureinsduinen bekend is.

Ondanks de inspanningen voor natuurherstel (met zwaartepunt in 2002-2006 binnen LIFE-FEYDRA en 2015 in kader van LIFE-FLANDRE) is de afgelopen 20 jaar in het gehele Ter Yde duincomplex nog een sterke verstruweling opgetreden. De actuele oppervlakte struweel bedraagt 58 ha, of 22% van de oppervlakte van het gebied. Dit is een verdubbeling ten opzichte van 1997. Gezien de heel bijzondere botanische waarden in het gebied is het van belang om deze trend in belangrijke delen van het gebied te keren of minstens te stoppen door gerichte ontstruweling. Het is duidelijk dat begrazing alleen hiertoe niet volstaat. Prioritaire zones voor ontstruweling zijn vooreerst de strook gefixeerd duingrasland in de Spelleplekke en ten noorden van het Hannecartbos, de Oostvoorduinen en het graslandje in

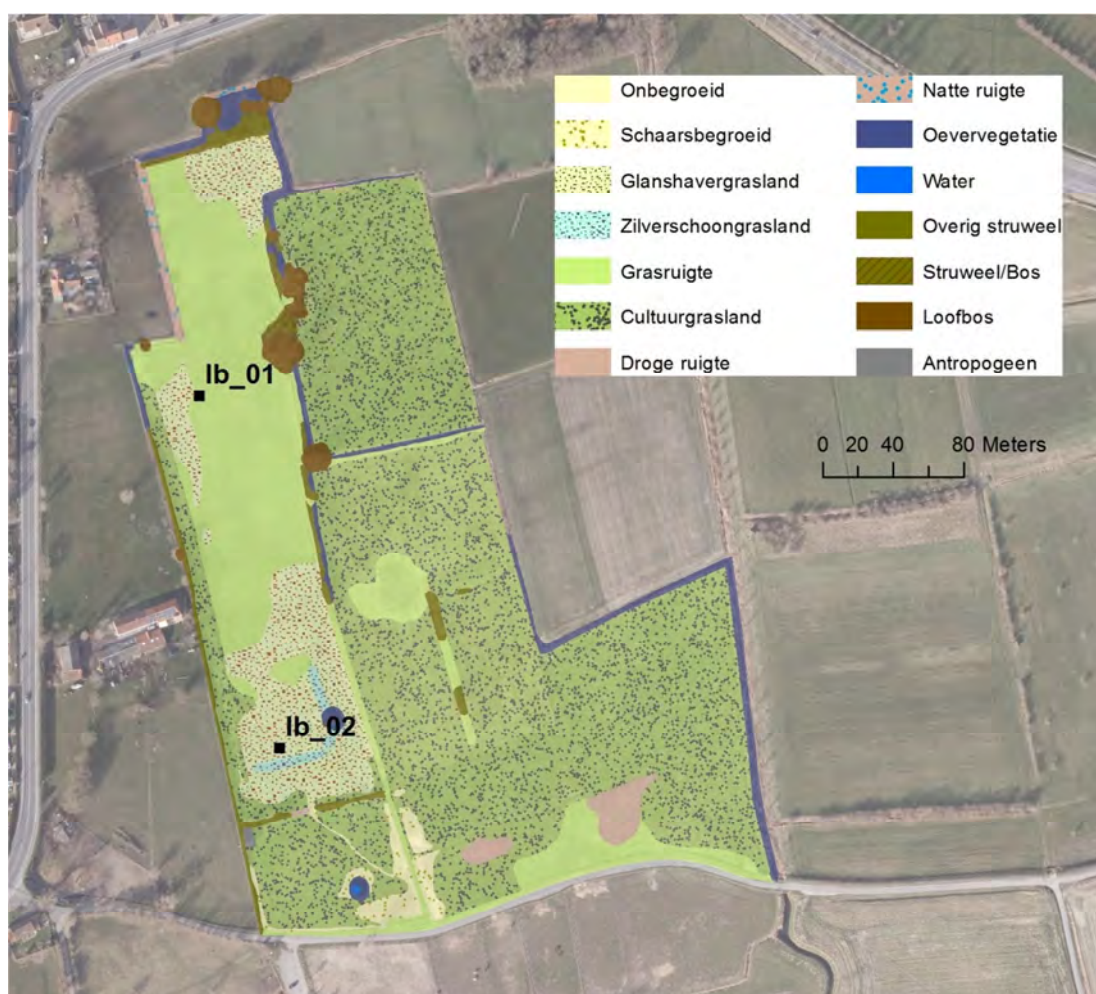


het zuidwesten van Hannecart. Ook voor een aantal kleinere graslandvlekken verspreid in het gebied is bijkomende ontstruweling wenselijk. Op een aantal grote struweelblokken na is het aangewezen om het struweel in deze zones tot een paar procenten van de oppervlakte te beperken. Daarmee biedt de overblijvende vegetatiestructuur een beduidende ecologische meerwaarde maar blijft de vegetatieontwikkeling grotendeels beheersbaar via begrazing. Voortgezette monitoring van de vegetatieontwikkeling en bijkomend onderzoek moeten uitwijzen welke struweel/graslandverhouding optimaal is om dit (dynamisch) evenwicht te bereiken. Zeker in de Spelleplekke is er nog grote potentie voor herstel van waardevolle duingraslanden door instellen van begrazing en kanalisatie van de recreatie.

De Zeebermduinen groeien bijzonder snel dicht. Manueel openhouden van een selectie van heel fraaie mosduinen en pionierduingraslanden is hier wenselijk (bijvoorbeeld door 2 tot 3-jaarlijkse maaibeurten). Ook in de jonge pannengordel ten zuiden van de Koninklijke Baan is blijvende machinale struweelverwijdering noodzakelijk. In de jonge duinvalleien is duindoorn immers bijzonder vitaal en onmogelijk via begrazing te controleren.

## 5.6 LABEURHOEK

### 5.6.1 Vegetatiekartering



Figuur 5.29. Vegetatiekaart van de Labeurhoek (2018).



De vegetatie van de Labeurhoek bestaat voor 60% uit min of meer voedselrijk grasland (figuur 5.29 en 5.30). Iets soortenrijkere vegetatie met elementen van glanshaver- of zilverschoongrasland beslaat slechts een oppervlakte van 1300 m<sup>2</sup> of 8,5% van het totale gebied. Door de vele grachten nemen oevervegetatie en natte ruigte ongeveer een vijfde van de oppervlakte in. Het betreft vooral ruige rietkanten. Verder is er een oppervlakte van bijna 2000 m<sup>2</sup> aan houtige vegetatie aanwezig, vooral wilgen en een aantal aanplanten van houtkanten.

De vegetatie in het gebied kan niet tot een Natura 2000 habitatype worden gerekend.



Figuur 5.30. Oppervlakte van de verschillende vegetatieklassen in de Labeurhoek (2018).

## 5.6.2 Permanente kwadraten en detailkartering

In de Labeurhoek werden 2 permanente kwadraten opgenomen in het kader van BEK. De voorbije 3 tot 5 jaar blijft de vegetatiesamenstelling min of meer stabiel. Met uitzondering van lb\_02 in 2007 worden alle opnames geclassificeerd als 'relatief soortenarme vegetatie van voedselrijke graslanden uit duin-polder overgangsgebieden' (tabel 5.13).

Tabel 5.13. Evolutie van het aantal soorten per ecologische groep in de opgevolgde permanente kwadraten in de Labeurhoek.

	lb_01			lb_02		
	2007	2012	2017	2007	2014	2017
Mosduin						
Grasland		1	3			
Duinvallei	6	3	2		3	4
Ruderaal/ruigte	11	2	2	1	2	2
Struweel/zoom						
Rest	12	12	11	4	16	11
<b>Totaal aantal</b>	<b>29</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>5</b>	<b>21</b>	<b>17</b>
<b>TWINSpan-groep</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>11</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

Aandachtssoorten zijn bijzonder schaars in het gebied. In totaal werden 5 soorten aangetroffen: slanke waterbies, bosorchis, beekpunge, bleekgele droogbloem en grote ratelaar, allen in beperkte aantallen of oppervlakte.

### 5.6.3 Beheeraanbevelingen

De ANB percelen in de Labeurhoek zijn aangekocht in 2004 en dus 15 jaar in beheer. Zij worden gemaaid en nabegraasd. Ondanks dit verschralend beheer meten we in de graslanden nog sterk verhoogde P concentraties met een Olsen-P gehalte in de toplaag toplaag van 45 tot 60 mg/kg (Provoost et al. 2019). In het noordelijke proefvlak lb\_01 is de voedselrijke laag relatief dun (30 cm) en zou eventueel kunnen afgegraven worden. Hierdoor zouden natte situaties gecreëerd worden, weliswaar met hoge jaarlijkse grondwaterschommelingen (zie hydrologie). In de overige plots is dit geen optie omdat de hoge P-concentraties zich tot minstens 50 cm diepte bevinden. Op een aantal percelen zou kunnen geopteerd worden voor een experiment met uitmijnen. De meest oostelijke percelen lijken hiervoor het meest geschikt omdat zich hier nog absoluut geen interessante soorten hebben gevestigd. Gezien het terrein ruimtelijk aansluit bij het landbouwgebied en op het gewestplan ook als dusdanig staat ingekleurd, is de Labeurhoek wellicht één van de meest geschikte terreinen aan de kust voor uitmijnexperimenten. Voor de meest westelijke percelen is inzetten op maximale verschraling wenselijk. Dat betekent twee maaibeurten per jaar! Hiermee zouden na 17 tot 40 jaar de fosfaatgehaltenes bereikt worden voor bloemenrijk grasland (Olsen-P<35 mg/kg). Bij één maaibeurt verdubbelen deze termijnen.

## 5.7 GROENENDIJK

### 5.7.1 Vegetatiekartering

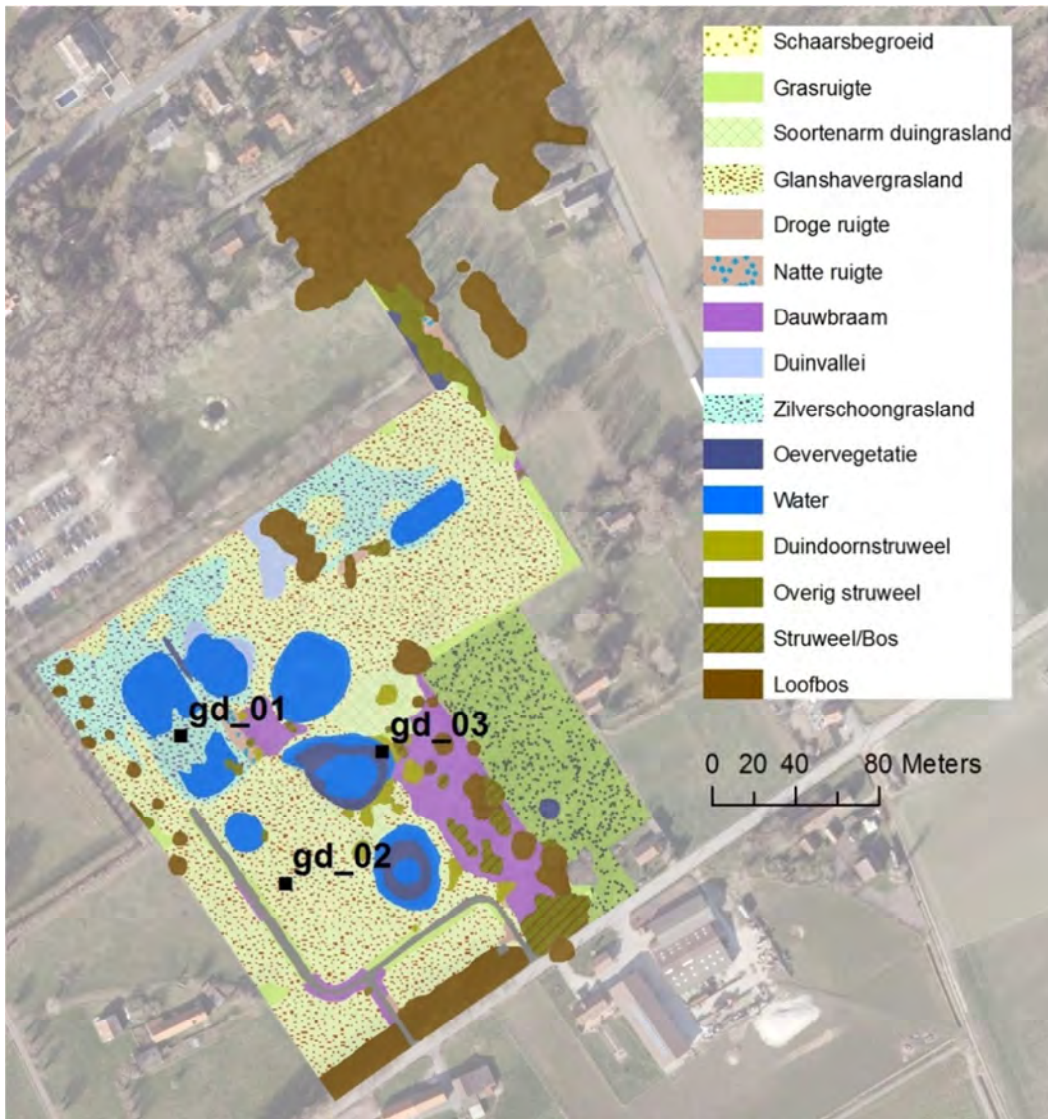
De vegetatie van Groenendijk bestaat ongeveer voor de helft uit grasland (figuur 5.31 en 5.32). Het gebied werd ingericht in de beginperiode van het LIFE-FEYDRA natuurherstelproject dat liep van 2002-2006. Het betreft vooral een vochtig type glanshavergrasland (ca. 2,2 ha) en in mindere mate nat grasland met elementen van zilverschoongrasland en dotterbloemgrasland (0,65 ha). Opgaande begroeiing is vooral in de randen te zien en beslaat een oppervlakte van 1,7 ha. Ook water en oevervegetaties zijn relatief goed vertegenwoordigd met een oppervlakte van 0,75 ha of 11% van het gebied.

Een oppervlakte van 1,6 ha kan als habitattype 2190 duinvallei worden beschouwd (figuur 5.33). In de rest van het gebied behoort de vegetatie niet tot een habitatwaardig type.

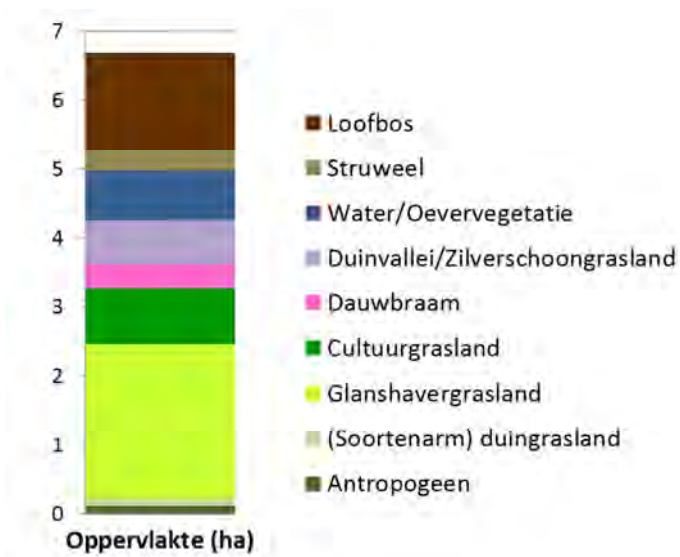
### 5.7.2 Permanente kwadraten

De 3 pq's die in het kader van BEK opnieuw werden opgenomen worden gesitueerd op figuur 5.31. De evolutie van kenmerkende soorten en TWINSPAN groep wordt weergegeven in tabel 5.14. Van de proefvlakken gd\_02 en gd\_03 worden de meest recente opnames als groep 3, 'zeer soortenrijke vegetatie van oude natte duinvalleien' geïnclassificeerd, hoewel de meeste soorten relatief banaal zijn. Proefvlak gd\_02 is geëvolueerd vanuit een 'relatief soortenarme vegetatie van voedselrijke graslanden uit duin-polder overgangsgebieden' (Groep 1) en gd\_03 behoorde in het jaar 2013 tot een soortenarmere variant (groep 6) door wilgenopslag. Proefvlak gd\_01 is vanuit zilverschoongrasland (groep 2) geëvolueerd naar een soortenarme vegetatie van natte standplaatsen (type 7), hoewel in de soortensamenstelling relatief weinig veranderd is. Ook hier zijn geen bijzondere soorten aanwezig.





Figuur 5.31. Vegetatiekaart van Groenendijk (2016).



Figuur 5.32. Oppervlakte van de verschillende vegetatieklassen in Groenendijk (2016).

Tabel 5.14. Evolutie van het aantal soorten per ecologische groep in de opgevolgde permanente kwadranten in Groenendijk.

	gd_01			gd_02			gd_03		
	2009	2013	2017	2009	2013	2016	2009	2013	2016
Mosduin									
Grasland				6	7	6	4	4	2
Duinvallei	6	3	5	4	7	8	10	7	4
Ruderaal/ruigte	1	1	3	2	1	1	5	3	5
Struweel/zoom							2	5	3
Rest	2	4	4	12	9	9	19	17	11
<b>Totaal aantal</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>40</b>	<b>36</b>	<b>25</b>
<b>TWINSpan-groep</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>3</b>



Figuur 5.33. Habitattype 2190 (blauw) in Groenendijk. Roze = geen habitat.

### 5.7.3 Kartering van aandachtsoorten

Globaal is in de twee karteerrondes een sterk verschillend aantal aandachtsoorten aangetroffen; 20 in de periode 2004-2012 en slechts 8 tijdens de laatste karteerronde in de periode 2014-2016 (tabel 5.15). De eerste periode is echter veel langer en er treedt een accumulatief effect op van soorten die slechts op één locatie zijn gevonden zoals dreps, bosorchis, sofiekruid, donderkruid, blauwe bremraap, bosbies, dwergzegge en strandduizendguldenkruid. Deze laatste twee soorten komen bij natuurontwikkelingswerken vaak tevoorschijn uit de zaadvoorraad maar zijn pioniers die bij verdere successie onder een maaibeheer geen geschikte groeiplaats meer vinden. Bij vleeskleurige orchis, stijve ogentroost, bijenorchis en ruwe klaver is wel een duidelijke achteruitgang vast te stellen. Anderzijds hebben fraai duizendguldenkruid, gulden sleutelbloem en moeraszoutgras zich duidelijk uitgebreid. Met uitzondering van vleeskleurige orchis hebben ook de handekenskruiden (*Dactylorhiza spec.*) zich goed weten te handhaven. Gezien mogelijke verwarring tussen

rietorchis en brede orchis is ook de verzamelsoort brede orchis s.l. in de tabel opgenomen. Alles samen zien we dat het soortencomplex goed standhoudt. Trosvrik tot slot, werd vooral door Marc Leten in kaart gebracht in 2012. Tijdens de recente karterperiode werd echter te laat gekarteerd om de soort nog te kunnen herkennen.

Tabel 5.15. Evolutie van de aandachtsoorten in Groenendijk. Per periode het aantal 50x 50 m<sup>2</sup> hokken waarin de soort werd aangetroffen en tussen haakjes een inschatting van de abundantie in aantal individuen of m<sup>2</sup>. ■ Ratelaar niet meer gekarteerd in BEK.

Aantal soorten	2004-2012	2014-2016	
	20	8	
Bromus recemosus	4 (50 - 500)	?	Trosvrik
Bromus secalinus	1 (2-5)		Dreps
Carex viridula s.l.	1 (2-5)		Dwergzegge
Centaurium littorale	1 (1)		Strandduizendguldenkruid
Centaurium pulchellum	1 (50-500)	5 (50-500)	Fraai duizendguldenkruid
Dactylorhiza fuchsii	1 (1)		Bosorchis
Dactylorhiza incarnata	6 (5-25)		Vleeskleurige orchis
Dactylorhiza majalis	9 (50-500)	8 (500-5000)	Brede orchis
Dactylorhiza majalis s.l.	12 (50-500)	15 (50-500)	Brede orchis s.l.
Dactylorhiza praetermissa	11 (50-500)	2 (2-5)	Rietorchis
Dactylorhiza spec.	6 (50-500)	3 (5-25)	Dactylorhiza spec.
Descurainia sophia	1 (1)		Sofiekruid
Erigeron acer	1 (5-25)		Scherpe fijnstraal
Euphrasia	2 (50-500)	1 (1)	Stijve ogentroost s.l.
Inula conyzae	1 (1)		Donderkruid
Juncus subnodulosus	11 (50-500)	11 (50-500)	Paddenrus
Ophrys apifera	2 (2-5)		Bijenorchis
Orobanche purpurea	1 (5-25)		Blauwe bremraap
Primula veris	5 (50-500)	8 (50-500)	Gulden sleutelbloem
Rhinanthus angustifolius	28 (5000-50 000)	■	Grote ratelaar
Rhinanthus spec.	7 (500-5000)		Ratelaar spec.
Scirpus sylvaticus	1 (5-25)		Bosbies
Trifolium scabrum	3 (2-5)		Ruwe klaver
Triglochin palustris		5 (50-500)	Moeraszoutgras

#### 5.7.4 Beheeraanbevelingen

Groenendijk is een klein gebied, wat het moeilijk maakt om de soortenrijkdom te behouden die kenmerkend is van pioniersituaties kort na natuurontwikkelingswerken. Voor de ontwikkeling van soortenrijke natte vegetaties zijn ook de grondwaterschommelingen aan de hoge kant; gemiddeld meer dan een meter op jaarbasis (figuur 3.76). Tot slot is ook de bodem lokaal sterk aangerijkt met fosfaat; in gd\_04 meten we een Olsen-P van 41 mg/kg (Provoost et al. 2019). De waarden lopen echter sterk uiteen. In een grasland ter hoogte van het voormalige waterzuiveringstation (gd\_02) meten we slechts 11,4 mg/kg. Verderzetten van het huidige verschrallend maaibeheer (met nabegrazing) is de meest aangewezen optie Groenendijk. Daarnaast moet voldoende ingezet worden op de kleine landschapselementen, namelijk poelen en houtkanten. De recente aankoop van de aanpalende gronden biedt goede toekomstperspectieven om de habitats en hydrologie in Groenendijk een betere toekomst te bieden. Hiervoor is binnen het LIFE-natuurherstelproject FLANDRE een studie gestart onder de naam GWEN-ZALEG wat staat voor “Geïntegreerde visie voor Waterbeheer, natuurontwikkeling En Natuurgerichte recreatie in het gebied ‘Zandhoofd – Lenspolder – Groenendijk’ te Nieuwpoort, inclusief een beheerplan en toegankelijkheidsregeling voor de ANB-domeinen in dat visiegebied”.



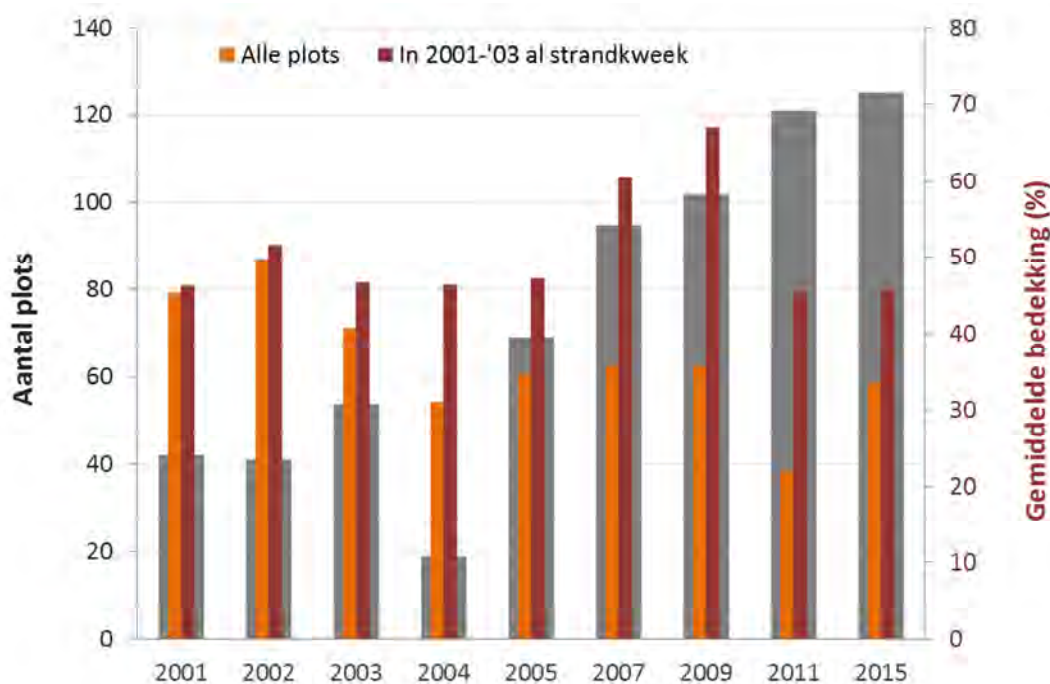
	2001	2002	2003	2004	2005	2007	2009	2011	2015	
Chenopodium rubrum	1	1	42	2	13	3				Rode ganzevoet
Cirsium arvense	10	4	22	6	26	42	10	9	5	Akkerdistel
Conyza canadensis	3	3	1	3	9	28	13	13	2	Canadese fijnstraal
Crepis capillaris	1		2	1	3	5	3	17	9	Klein streepzaad
Cynoglossum officinale	5	5	8	5	11	10	4	8	1	Veldhondstong
Diplotaxis tenuifolia			12	6	12	1		1		Grote zandkool
Elymus athericus	42	41	54	19	69	95	102	121	125	Strandkweek
Elymus repens					8	21	1	24	16	Kweek
Festuca rubra	3	4	7	4	13	24	64	36	36	Rood zwenkgras s.l.
Galium verum								6	5	Geel walstro
Glaux maritima	2	4	4	1	9	27	25	30	36	Melkkruid
Halimione portulacoides	6	9	4		6	7	5	6	6	Gewone zoutmelde
Holcus lanatus		2	3	3	6	7	1	3	2	Gestreepte witbol
Hypochaeris radicata		1	1	1		2	3	12	11	Gewoon biggekruid
Juncus gerardii				1		5	1	4	2	Zilte rus
Leontodon saxatilis			1		1			9	13	Kleine leeuwetand
Limonium vulgare	29	30	40	15	49	90	105	137	159	Lamsoor
Lotus corniculatus ssp. corniculatus						3	1	13	13	Gewone rolklaver
Parapholis strigosa	3	8	7	1	10	100	102	92	39	Dunstaart
Phleum arenarium			1	1			3	9	8	Zanddoddegras
Phragmites australis	3	3	4	2	8	15	14	19	22	Riet
Plantago coronopus	3	3	5	4	21	32	29	39	45	Hertshoornweegbree
Plantago maritima	4	3	1		2	5	7	15	32	Zeeweegbree
Poa annua	2	2	8	5	27	27				Straatgras
Poa pratensis	1	5	7	1	2	3		4	5	Veldbeemdgras
Puccinellia maritima	23	21	19	12	59	118	99	151	142	Gewoon kweldergras
Rubus caesius	2	3	3	3	4	6	5	12	8	Dauwbraam
Salicornia	21	25	141	65	204	195	190	153	207	Zeekraal sp.
Salsola kali ssp. kali	6	2	49	5	33	25	7	6	2	Stekend loogkruid
Sedum acre	1	3	3	2	15	12	14	23	21	Muurpeper
Senecio jacobaea	10	5	4	4	8	8	4	11	8	Jakobskruiskruid s.l.
Solanum nigrum	2	4	8	2	6	12	1			Zwarte nachtschade s.l.
Sonchus arvensis		1	1	5	4	4	3	13	15	Akkermelkdistel s.l.
Sonchus oleraceus		8			12	17		1		Gewone melkdistel
Spartina townsendii	10	12	12	3	19	20	25	29	32	Engels slijkgras
Spargularia media	26	26	31	10	43	70	102	124	123	Gerande schijnspurrie
Spargularia salina				13	61	104	52	35	19	Zilte schijnspurrie
Suaeda maritima	26	25	141	46	159	157	153	164	177	Schorrekruid
Tortula ruralis var. ruraliformis					1				21	Groot duinsterretje
Trifolium arvense							1	4	4	Hazepootje
Trifolium campestre			1	1	2	1	3	7		Liggende klaver
Trifolium repens	1	2	1	4	14	4	3	3	1	Witte klaver
Triglochin maritima	13	11	10		8	10	9	7	15	Schorrezoutgras
Tripleurospermum maritimum	2	3		3	4	5		3	2	Reukeloze kamille

Het type SC3 heeft een duidelijke uitbreiding gekend tot 2007 maar gaat daarna weer achteruit, vooral ten voordele van type SC4, een relatief soortenarme schorrenvegetatie met zeekraal, schorrenkruid en lamsoor. Het verschil tussen beide types is gradueel maar komt vooral neer op een achteruitgang van strandkweek en dunstaart en een toename van presentie en bedekking van gewoon kweldergras. Wellicht is dit vooral aan begrazing te wijten. Het type SC4 is sterk uitgebreid en is vanaf 2011 het meest algemene schorrenvegetatietype in de IJzermonding. Het is grotendeels ontwikkeld uit een pionierfase met zeekraal en/of schorrenkruid (SC8). Deze doorgaans ijle pioniervegetatie was zeer algemeen in 2003 en evolueerde daarna stelselmatig naar een meer soortenrijke schorrenvegetatie. Overige types zilte vegetatie zijn langzamer in opmars. Het betreft de schorrentypes SC1 met schorrenzoutgras, zeeweegbree en zilte, SC2 met strandkweek, klein schorrenkruid en lamsoor, de vegetatie van de schor-duinovergang met met hertshoornweegbree en dunstaart (HS3) en de vegetatie van de vochtige zandige schor-duinovergang (DV1).

////////////////////////////////////

Een tweede insteek vertrekt vanuit de individuele soorten. Daarbij kijken we voor een selectie van soorten in hoeveel opnames zij werden waargenomen tijdens de verschillende veldcampagnes (tabel 5.17). Daarbij beperken we ons tot de proefvlakken die in 2015 werden opgenomen.

De evolutie van de schorrenvegetatie valt af te leiden uit de sterke toename van zowel pioniersoorten (gewoon kweldergras, zeekraal, klein schorrenkruid en Engels slijkgras), soorten van rijpe schorre (melkkruid, lamsoor, zeeveegbree en gerande schijnspurrie) als soorten van de schor-duinovergang zoals dunstaart en hertshoornweegbree. Twee soorten blijven opvallend achter; gewone zoutmelde en schorrenzoutgras. De eerste soort wordt wellicht door de begrazing tegengehouden, de tweede heeft kennelijk problemen om zich vanuit het oude schor te verbreiden naar de nieuw ingerichte terreindelen. Dit terreindeel is door de soort al gekoloniseerd maar uitbreiding blijkt moeizaam te verlopen. Ook zilte rus breidt zich niet uit maar dit heeft wellicht met het ontbreken van rijpe schorre (met organische bodem) te maken. Zilte schijnspurrie en dunstaart vertonen een opvallende afname na een piek in 2007. Het is onduidelijk of begrazing hier iets mee te maken heeft dan wel concurrentie met de eveneens sterk toegenomen strandkweek. Uit de opnames kunnen we afleiden dat bedekkingen van zilte schijnspurrie hoger dan 1% en van dunstaart hoger dan 10% bijna steeds bij heel lage bedekking van strandkweek voorkomen.



Figuur 5.34. Trend in aantal plots waarbinnen **strandkweek** in de transecten van de IJzermonding werd gevonden en de gemiddelde bedekking per plot.

Figuur 5.34 toont aan dat strandkweek zich in het gebied sterk heeft uitgebreid. De gemiddelde lokale bedekking is licht afgenomen ten opzichte van de periode 2001-2003 als alle plots in rekening worden gebracht. Dit komt echter doordat nieuwe vestigingen van de soort steeds met een lage bedekking gepaard gaan. In de plots die in de periode 2001-2003 al met strandkweek waren begroeid, is geen duidelijke trend te zien in de gemiddelde bedekking. Begrazing lijkt de soort dus niet terug te dringen. De uitbreiding lijkt wel af te nemen na 2011.

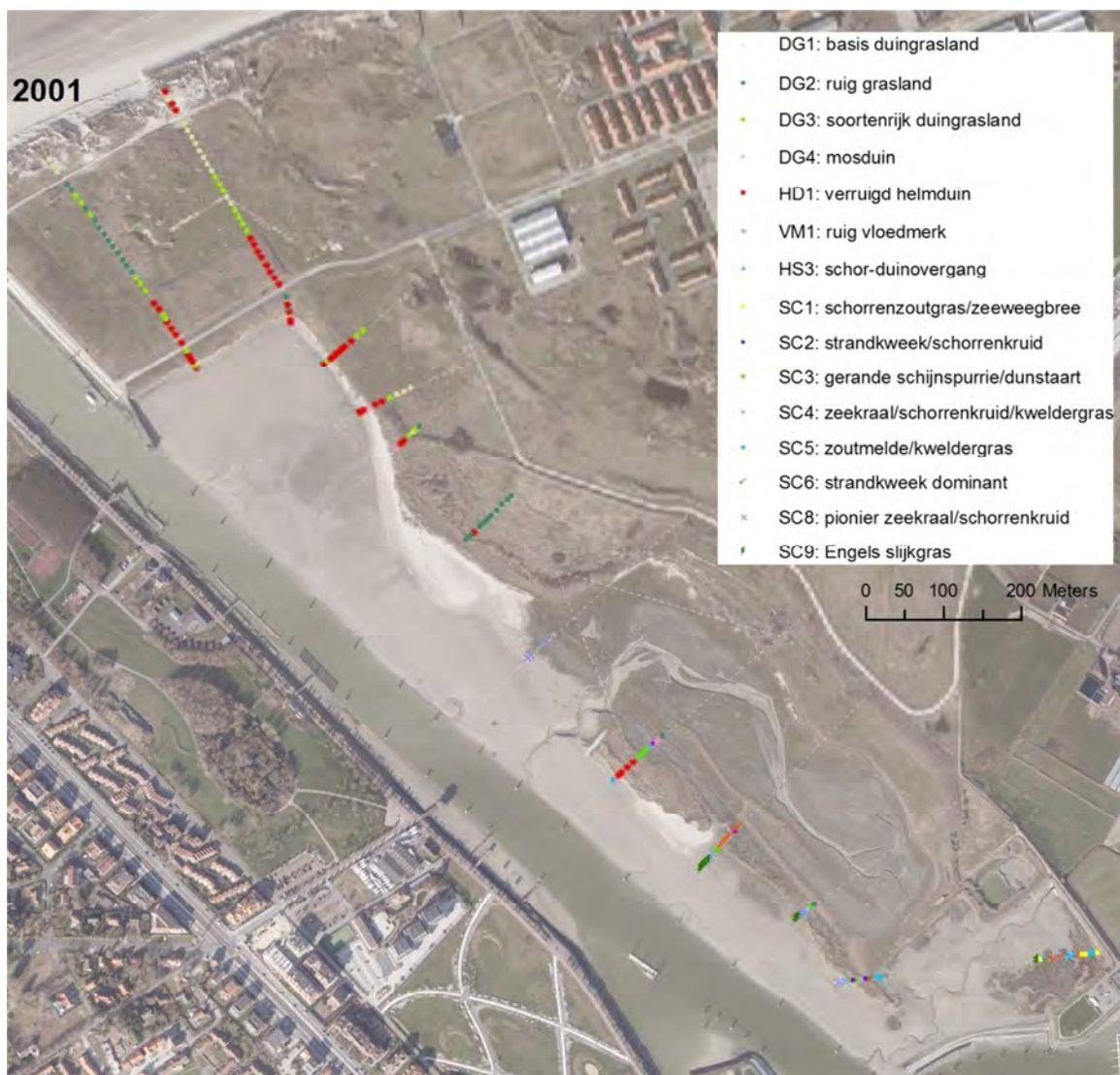




Verdere opvolging van deze trend is essentieel gezien het in toom houden van strandkweek een van de belangrijkste beheerdoelstellingen is voor het gebied.

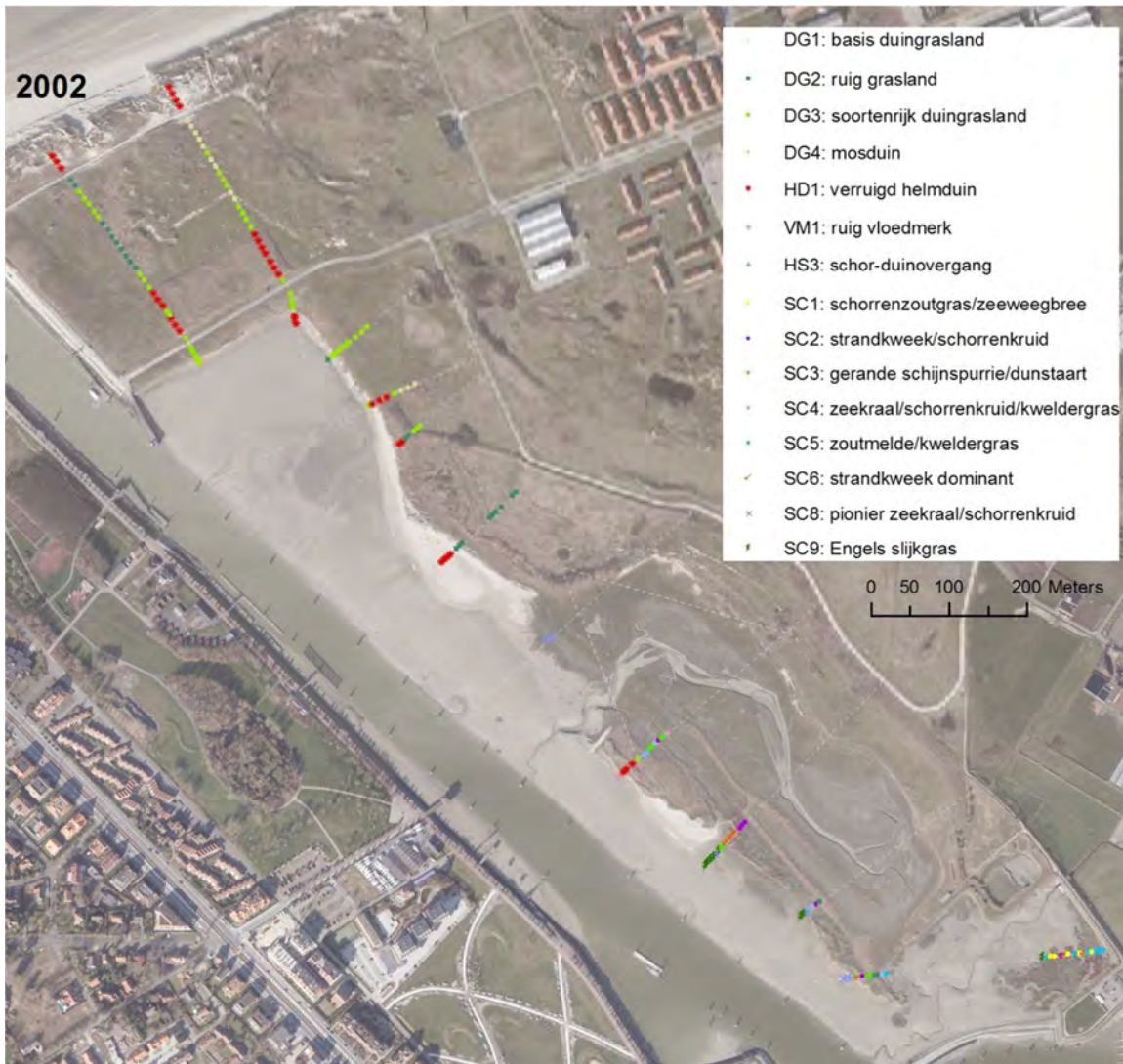
Andere overblijvende grassen die een uitbreiding vertonen zijn rood zwenkgras, kweek en riet. Samen met dauwbraam geven ze aan dat delen van het terrein dichtgroeien met forse kruiden en grassen. Uit een vegetatiekartering moet blijken in hoe deze trend zich ruimtelijk vertaalt en of zich hier dus een beheerprobleem stelt.

En andere trend is de uitbreiding van soorten van mosduin (groot duinsterretje, zanddodden gras, muurpeper) en duingrasland (kleine leeuwentand, biggenkruid, klein streepzaad, geel walstro en gewone rolklaver). Tot slot zien we dat verschillende storingssoorten een opmars vertoonden tijdens de eerste jaren na de natuurontwikkeling maar dat zij recent weer achteruit gaan. Voorbeelden zijn akkerdistel, Canadese fijnstraal, veldhondstong, gestreepte witbol, straatgras, gewone melkdistel, grote zandkool en witte klaver. Dit geeft eenzelfde trend weer als de hoger geschetste evolutie met vegetatietype VM1.



Figuur 5.35. Vegetatietypen in de transecten in de IJzermondung in 2001.





Figuur 5.35. Vegetatietypen in de transecten in de IJzermondung in 2002.





Figuur 5.37. Vegetatietypen in de transecten in de IJzermondung in 2003.





Figuur 5.38. Vegetatietypen in de transecten in de IJzermondung in 2004.





Figuur 5.39. Vegetatietypen in de transecten in de IJzermondung in 2005.



Figuur 5.40. Vegetatietypen in de transecten in de IJzermondung in 2007.





Figuur 5.41. Vegetatietypen in de transecten in de IJzermondung in 2009.





Figuur 5.42. Vegetatietypen in de transecten in de IJzermondung in 2011.







Figuur 5.43. Vegetatietypen in de transecten in de IJzermondung in 2015.

### 5.8.2 Beheeraanbevelingen

Uit de evolutie van de vegetatie in de transecten leiden we af dat de schorrevegetatie zich goed aan het ontwikkelen is in het intertidale deel van de IJzermondung. Voor een volledig kwantitatief beeld en meer gedetailleerde beheeraanbevelingen is echter een vegetatiekaart nodig.

Het is aangewezen om de uitbreiding van strandkweek goed op te volgen. De schapenbegrazing lijkt niet in staat om deze soort echt terug te dringen. Kwantitatieve gegevens uit een vegetatiekaart moeten verdere informatie verschaffen en aangeven of het wenselijk is dominantie van strandkweek te maaien. Ruige patches met strandkweek en riet vormen echter ook een onderdeel van het ecosysteem en het is niet wenselijk om die allemaal te verwijderen. Onderzoek van het strooisel in het Zwin heeft bijvoorbeeld aangetoond dat de grazige hogergelegen terreindelen in dit gebied een uitstekende habitat vormen voor de Europees beschermde nauwe korflak.

Het militair kamp van Lombardsijde maakt geen deel uit van de BEK-opdracht maar op basis van occasionele bezoeken adviseren we toch om de abelenopslag te verwijderen, vooral uit de duinvalleien en aangrenzende zones. Ook is het wenselijk om af en toe een stuk droog verruigd grasland te maaien, onder meer in functie van de bremrapen.



## 5.9 COSMOS

### 5.9.1 Kartering van aandachtsoorten

In de Cosmos (ingericht in 2011) werd in het kader van BEK enkel een detailkartering van aandachtsoorten uitgevoerd. In de periode 2015-2017 werd een eerste volledige kartering afgewerkt van het natuurherstelproject op de voormalige camping. We vonden er 21 soorten (tabel 5.19). De belangrijkste groep betreft soorten van duinvalleien: drienerlige zegge, dwergzegge, strandduizendguldenkruid, Dactylorhiza spec., stijve ogentroost s.l., lidsteng, borstelbies, parnassia, rond wintergroen, grote ratelaar en armbloemige waterbies. De meeste soorten zijn wellicht uit een fossiele bodemzaadvoorraad opgedoken. Parnassia, rond wintergroen en de orchideeën worden relatief gemakkelijk via de wind verbreid. Armbloemige waterbies is in Vlaanderen een heel zeldzame soort die vooral in de kempen wordt aangetroffen. Aan de kust zijn slechts 2 groeiplaatsen bekend, in de Cosmos en in de Zwinduinen.

Een tweede groep plantensoorten is kenmerkend voor het hoogstrand of de zeereep: strandbiet, blauwe zeedistel, zeewolfsmelk en zeepostelein. Tot slot wordt een aantal soorten van droge graslanden of mosduinen aangetroffen waaronder een behoorlijke populatie van wondklaver en mantelanjer, naast kegelsilene, laksteeltje en scherpe fijnstraal.

Tabel 5.18. Evolutie van de aandachtsoorten in de Cosmos. Per periode het aantal 50x 50 m<sup>2</sup> hokken waarin de soort werd aangetroffen en tussen haakjes een inschatting van de abundantie in aantal individuen of m<sup>2</sup>.

	2015-2017	
Aantal soorten	21	
Anthyllis vulneraria	7 (500-5000)	Wondklaver
Beta vulgaris subsp. maritima	1 (1)	Strandbiet
Carex trinervis	4 (5-25)	Drienerlige zegge
Carex viridula s.l.	12 (50-500)	Dwergzegge
Catapodium marinum	1 (50-500)	Laksteeltje
Centaureum littorale	9 (50-500)	Strandduizendguldenkruid
Dactylorhiza spec.	1 (1)	Dactylorhiza spec.
Eleocharis quinqueflora	1 (5-25)	Armbloemige waterbies
Erigeron acer	1 (2-5)	Scherpe fijnstraal
Eryngium maritimum	5 (25-50)	Blauwe zeedistel
Euphorbia paralias	37 (500-5000)	Zeewolfsmelk
Euphrasia	5 (25-50)	Stijve ogentroost s.l.
Glaux maritima	1 (2-5)	Melkkruid
Hippuris vulgaris	1 (5-25)	Lidsteng
Honckenya peploides	1 (1)	Zeepostelein
Isolepis setacea	4 (5-25)	Borstelbies
Parnassia palustris	3 (25-50)	Parnassia
Petrorhagia prolifera	4 (500-5000)	Mantelanjer
Pyrola rotundifolia	1 (1)	Rond wintergroen
Rhinanthus angustifolius	1 (1)	Grote ratelaar
Silene conica	4 (50-500)	Kegelsilene

### 5.9.2 Beheeraanbevelingen

Ondanks de geïsoleerde ligging heeft zich in de panne in de Cosmos al een soortenrijke duinvalleivegetatie kunnen ontwikkelen. Dit is enerzijds te wijten aan het aanboren van de zaadvoorraad in de bodem. Soorten zoals wondklaver, dwergzegge, drienerlige zegge, strandduizendguldenkruid, armbloemige waterbies en borstelbies staan bekend om hun langlevende zaden. Andere soorten zoals de orchideeën, parnassia en rond wintergroen



hebben dan weer stoffijne zaden waarmee zij lange afstanden via windverbreiding kunnen afleggen. Tot slot kunnen ook maaimachines bijdragen tot de verbreiding van soorten.

De positieve ontwikkelingen in het gebied zijn wellicht grotendeels te danken aan de zeer interessante hydrologie. De stabiele en beperkte (tot ca. 70 cm) schommelingen van het grondwater maken van deze site één van de meest geschikte groeiplaatsen voor hydrologisch heel kieskeurige soorten zoals groenknolorchis. Aanhouden van het huidige maaibeheer is absoluut aangewezen en voorkomen van beïnvloeding van de hydrologie is hier zeer belangrijk

## 5.10 BAAI VAN HEIST

### 5.10.1 Permanente kwadraten in de zilte transecten

De zilte transecten in de Baai van Heist werden uitgezet in 1996 door Marc Leten en Sam Provoost. Tot 2006 werden zij tweejaarlijks opgevolgd, daarna minder frequent. Tabel 5.19 geeft de aantallen proefvlakken weer die in de betreffende periode tot een bepaald vegetatietype behoorden. Voor een bespreking van de typologie verwijzen we naar 4.2.4. De situering van de verschillende types wordt weergegeven in figuren 5.44 - 5.52. Een overzicht van het aantal opnames waarbinnen een selectie van soorten is waargenomen binnen de betreffende onderzoeksjaren wordt weergegeven in tabel 5.20.

De Baai van Heist bestaat uit twee grote biotooptypen; enerzijds embryonale biestarwegrasduintjes en anderzijds zandige schorren. Beiden komen voor in verschillende ontwikkelingsvormen en tussen beiden bestaan verschillende overgangsvormen.

De eerste opnamejaren 1996-1998 was de structuur van het gebied nog relatief simpel. Toen troffen we vooral twee types pioniervegetatie aan, enerzijds van de embryonale duinen (ED1 en ED2) en anderzijds van zandig slik (SC8). Gaandeweg werd de structuur van het gebied complexer en in de recentere opnames zijn er al ruim 10 verschillende vegetatietypen over grotere oppervlakten aanwezig.

De helmduinen kenden een gestage toename. Binnen de totale dataset van de zilte gebieden aan de kust, vallen nagenoeg alle helmduinen en gefixeerde biestarwegrasduintjes onder het type HD2, hoewel binnen het type een fixatiegradiënt aanwezig is. Het is duidelijk dat die fixatie- en successietrend zich manifesteert. Terwijl de soorten van de min of meer dynamische helmduinen en embryonale duinen stabiliseren (zeeraket, zeewolfsmelk), nemen de soorten van gefixeerd helmduin en mosduin heel sterk toe; bleek dikkopmos, zanddodengras, zandmuur, scheve hoornbloem, biggenkruid, muurpeper, groot en klein duinsterretje, ...

De zeer soortenarme vegetaties door biestarwegras gedomineerd vallen onder een afzonderlijk type (ED2) omdat ontwikkeling, afhankelijk van de hoogteligging en zandaanvoer zowel in de richting van embryonale duintjes met zeepostelein (ED1) als van zandwadvegetatie (ZS1 en 2) kan gaan. Biestarwegras lijkt zich min of meer te stabiliseren in de Baai en als pionier (type ED2) gaat de soort de voorbije twee opnamerondes (sedert 2009) achteruit. Wellicht zijn in de toekomst evenals bij de dynamische helmduinen verdere fluctuaties te verwachten, afhankelijk van de dynamiek in de zeewaartse delen van het gebied. Ook het embryonaal duin met biestarwegras en zeepostelein (type ED1) en zeepostelein als afzonderlijke soort lijken te fluctueren eerder dan een sterke trend te vertonen. Daarbij is op figuren 4.44 - 4.52 een duidelijke ruimtelijke dynamiek te zien. Het type is aanvankelijk enkel in transect 1 te zien en 'migreert' geleidelijk aan zeewaarts. Vanaf 2009 duikt het ook op in de zeewaartse delen van transect 2.



Vanuit die embryonale duinen ontwikkelen zich mosduinen in de droge zones (hier dus als gefixeerd helmduin HD1 geclassificeerd) en vochtige vegetaties van strandvlaktes in de laagstgelegen terreindelen. In de Baai van Heist onderscheiden we twee types (DV1 en 2) die beiden sterk zijn toegenomen. Het verschil tussen beiden is vooral de soortenrijkdom; gemiddeld 14 soorten per proefvlak in VV1 en 22 in DV2.

In de droge delen betekent verdere successie vooral vergrassing met strandkweek en ook rood zwenkgras en duinriet. Deze soorten nemen nog sterk toe in het gebied. Tegen de zeedijk is ook duindoorn opgedoken. Het tegengaan van verdere successie vormt een cruciaal aandachtspunt van het beheer.

Tot slot kent ook de schorrenontwikkeling een sterke dynamiek. Tot 2002 zien we vooral een uitbreiding van de pioniervegetatie met zeekraal en klein schorrenkruid (SC8) en in mindere mate van de zandige variant met biestarwegras (ZS1). Vanaf de opname van 2004 zien we die pioniervegetatie sterk afnemen ten voordele van meer soortenrijke schorrenvegetaties. Het betreft vooral type SC5 met gewone zoutmelde en gewoon kweldergras. Door verzanding evolueert die pioniervegetatie ook tot de vegetatie van groene stranden met gewone zoutmelde, biestarwegras en hertschoornweegbree (SD1). Pioniersoorten zeekraal en klein schorrenkruid kennen daarmee al geruime tijd een achteruitgang, terwijl de meeste schorrensoorten zich steeds uitbreiden (zeeaster, gewone zoutmelde, lamsoor, dunstaart, gewoon kweldergras, gerande schijnspurrie, ...).

Tabel 5.19. Evolutie van de vegetatie in de proefvlakken in de zilte transecten in de Baai van Heist. Typologie zie 4.2.4.

	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2009	2013	2017	TOT
ZG1 - Zilt grasland met zilte zegge								1	4	5
DG1 - Duingrasland met gewone hoornbloem en fioringras							1			1
DG2 - Ruig grasland met strandkweek, duinriet en akkerdistel								1	1	1
HD1 - Verruigd helmduin met Canadese fijnstraal en akkerdistel		1		2					1	4
HD2 - Gefixeerd biestarwegras- en helmduin	1	1	26	26	33	36	39	79	101	342
DV1 - Vochtige vegetatie van zandige schor-duinovergang			1	6	7	13	14	2	8	51
DV2 - Soortenrijke vegetatie van primaire duinvallei							1	19	6	26
ED1 - Embryonaal duin met biestarwegras en zeepostelein	28	24	16	18	9	7	15	34	38	189
ED2 - Biestarwegras	25	31	18	17	15	49	97	21	34	307
VM1 - Ruig vloedmerk met loogkruid en schorrenkruid	2			7				7		16
HS3 - Schor-duinovergang met hertschoornweegbree en dunstaart						1				1
SC2 - Vegetatie met strandkweek, klein schorrenkruid en lamsoor								1		1
SC3 - Vegetatie met gerande schijnspurrie en dunstaart					1		4			5
SC4 - Vegetatie met zeekraal, schorrenkruid en kweldergras									1	1
SC5 - Lage schorre met zoutmelde, schorrenkruid en kweldergras					5	5	13	38	33	94
SC6 - Strandkweek	1							22		23
SC7 - Gewone zoutmelde								9	16	25
SC8 - Pioniervegetatie met zeekraal en klein schorrenkruid	85	39	107	141	103	97	38	18		628
SC9 - Engels slijkgras					1					1
SD1 - Groen strand met zoutmelde, biestarwegras en hertschoornweegbree			2	1	5	2		13	19	42
ZS1 - Vegetatie met biestarwegras, klein schorrenkruid en zeekraal			1	4	13		18	10		46
ZS2 - Vegetatie met biestarwegras, zoutmelde en kweldergras									10	10
Overige	1							1		2
<b>Totaal aantal proefvlakken</b>	<b>143</b>	<b>96</b>	<b>171</b>	<b>222</b>	<b>192</b>	<b>210</b>	<b>240</b>	<b>274</b>	<b>273</b>	<b>1821</b>



Tabel 5.20. Aantal opnames waarbinnen een selectie van soorten is waargenomen in de zilte transecten in de Baai van Heist.

	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2009	2013	2017	
Agrostis stolonifera						1	4	20	25	Fioringras
Ammophila arenaria	3	13	15	18	19	19	27	28	53	Helm
Arenaria serpyllifolia		1	3	6	10	16	27	48	109	Zandmuur
Aster tripolium			20	16	32	14	30	59	55	Zulte
Atriplex littoralis				1	16	3	21	25	24	Strandmelde
Atriplex prostrata	3	2	3	6	8			8	1	Spiesmelde
Brachythecium albicans		1	3	8	17	26	27	39	65	Bleek dikkopmos
Brachythecium rutabulum				7	11	13	7	9	7	Gewoon dikkopmos
Bryum		3	37	30	41	46	61	84	123	Knikmos
Bryum argenteum		5	13						1	Zilvermos
Cakile maritima	22	8	3	9	8		4	9	8	Zeeraket
Calamagrostis epigejos					5	4	6	28	37	Duinriet
Carex arenaria	8	12	18	18	24	25	29	28	29	Zandzegge
Catapodium marinum								28	58	Laksteeltje
Centaurium erythraea							3	27	15	Echt duizendguldenkruid
Centaurium pulchellum			10		13	10	16	23	9	Fraai duizendguldenkruid
Cerastium diffusum	9	7	26	17	17	23	16	35	23	Scheve hoornbloem
Cerastium semidecandrum		5	19	6	3		5	25	2	Zandhoornbloem
Ceratodon purpureus				22	17	27	18	32	35	Purpersteeltje
Chenopodium album	1	2			9		4	23	32	Melganzevoet
Cirsium arvense	9	10	10	5	3	2	1	6		Akkerdistel
Cirsium vulgare			1					39	2	Speerdistel
Conyza canadensis		15	26	29	13	5	25	59	5	Canadese fijnstraal
Corispermum leptopterum	15	11		8				6		Smal vlieszaad
Crepis capillaris		3	2	9	6	7	1	17		Klein streepzaad
Daucus carota			5		9	8	3	20	8	Peen
Elymus athericus	7	18	35	44	54	59	64	148	160	Strandkweek
Elymus farctus	58	59	74	77	77	91	163	128	153	Biestarwegras
Erigeron acris			4		18	15	10	5	18	Scherpe fijnstraal
Erodium cicutarium ssp. dunense	9	17	6		1					Duinreigersbek
Euphorbia paralias	4	10	17	17	20	24	27	16	14	Zeewolfsmelk
Euphrasia							1	29	12	Ogentroost sp.
Festuca rubra		2		1	1	4	6	14	24	Rood zwenkgras s.l.
Halimione portulacoides			1				22	96	121	Gewone zoutmelde
Hippophae rhamnoides							9	4	6	Duindoorn
Honckenya peploides	41	33	24	22	16	7	9	26	39	Zeepostelein
Hypnum cupressiforme		1				7	9	17	20	Klauwtjesmos
Hypochaeris radicata	1	5	28	26	32	32	28	86	75	Gewoon biggekruid
Leontodon saxatilis	2	9	42	42	42	43	57	120	127	Kleine leeuwetand
Limonium vulgare		3					1	1	30	Lamsoor
Medicago lupulina	1	3	9	14	18	12	31	47	68	Hopklaver
Melilotus albus		14	4	1	4	4	3	27	82	Witte honingklaver
Odontites vernus							5	9	6	Rode ogentroost
Oenothera	1	10	12	8	19	23	48	65	73	Teunisbloem sp.
Parapholis strigosa			11	2	28	24	50	126	114	Dunstaart
Phleum arenarium		21	29	27	35	31	38	59	66	Zanddoddegras
Phragmites australis								22	1	Riet
Picris hieracioides		5			14	7	13	38	25	Echt bitterkruid
Plantago coronopus	7	30	33	42	39	53	66	93		Hertshoornweegbree
Plantago major	1	6					1	6	1	Grote weegbree s.l.
Poa pratensis			4		3	1	1	1	5	Veldbeemdgras
Puccinellia maritima		4	11	16	23	14	31	48	46	Gewoon kweldergras
Pulicaria dysenterica		2	6	6	4	3	6	9	7	Heelblaadjes
Rumex crispus	5	8	1	1	4	2		1	1	Kruhzuring
Sagina maritima			9	10	24		26			Zeevetmuur
Sagina nodosa		3	36	48	45	50	62	72	71	Sierlijke vetmuur
Salicornia		21	89	78	32	34	52	40	32	Zeekraal sp.
Salsola kali ssp. kali	16	5		2	1	1		8	1	Stekend loogkruid
Scirpus maritimus		2	3		4	7	9	9	12	Heen
Sedum acre	2	7	30	30	42	38	60	102	135	Muurpeper
Senecio inaequidens			1		2	1	34	108	75	Bezemkruiskruid
Senecio jacobaea			9	13	15	7	12	16	29	Jakobskruiskruid
Senecio vulgaris	8	11	4	1			4	26	4	Klein kruiskruid
Sonchus arvensis	7	7	33	33	40	26	38	101	130	Akkermelkdistel
Sonchus oleraceus	3	3	21	5	8		3	63	9	Gewone melkdistel
Spartina townsendii		1	2	4	5	3	6	12	8	Engels slijkgras
Spergularia media				1		4	41	61	35	Gerande schijnspurrie
Spergularia salina					12		8		27	Zilte schijnspurrie
Suaeda maritima	101	46	97	168	140	104	91	92	53	Klein schorrenkruid
Taraxacum sect. vulgaria		14	22	11	33	22	30	51	42	Paardenbloem
Tortula calcicolens					3	4	6	2	23	Klein duinstertetje
Tortula ruralis var. ruraliformis			2		18	24	36	33	78	Groot duinstertetje
Trifolium fragiferum			7	9	13	10	19	16	10	Aardbeiklaver
Trifolium pratense					3	3	3	19	3	Rode klaver
Trifolium repens	5	8	4	5	4	3	4	6	4	Witte klaver
Triglochin maritima							2	8	9	Schorrezoutgras
Tripleurospermum maritimum	10	16	11	2				23	1	Reukeloze kamille

- ZG1: Zilt grasland
- ◇ HD2: gefixeerd biestarwegras/helmduin
- DV1: vochtige schor-duinovergang
- DV2: primaire duinvallei
- ED1: Embryonaal duin
- ED2: biestarwegras
- VM1: ruig vloedmerk
- SC3: schor met gerande schijnspurrie/dunstaart
- SC5: schor met zoutmelde/schorrenkruid/kweldergras
- SC6: strandkweek
- ⊕ SC7: gewone zoutmelde
- × SC8: pionier zeekraal/schorrenkruid
- SD1: groen strand zoutmelde/biestarwegras/hertshoornweegbree
- ◇ ZS1: biestarwegras/schorrenkruid/zeekraal
- ZS2: biestarwegras/zoutmelde/kweldergras



Figuur 5.44. Vegetatietypen in de transecten in de Baai van Heist in 1996.





*Figuur 5.45. Vegetatietypen in de transecten in deBaai van Heist in 1998.*





Figuur 5.46. Vegetatietypen in de transecten in de Baai van Heist in 2000.





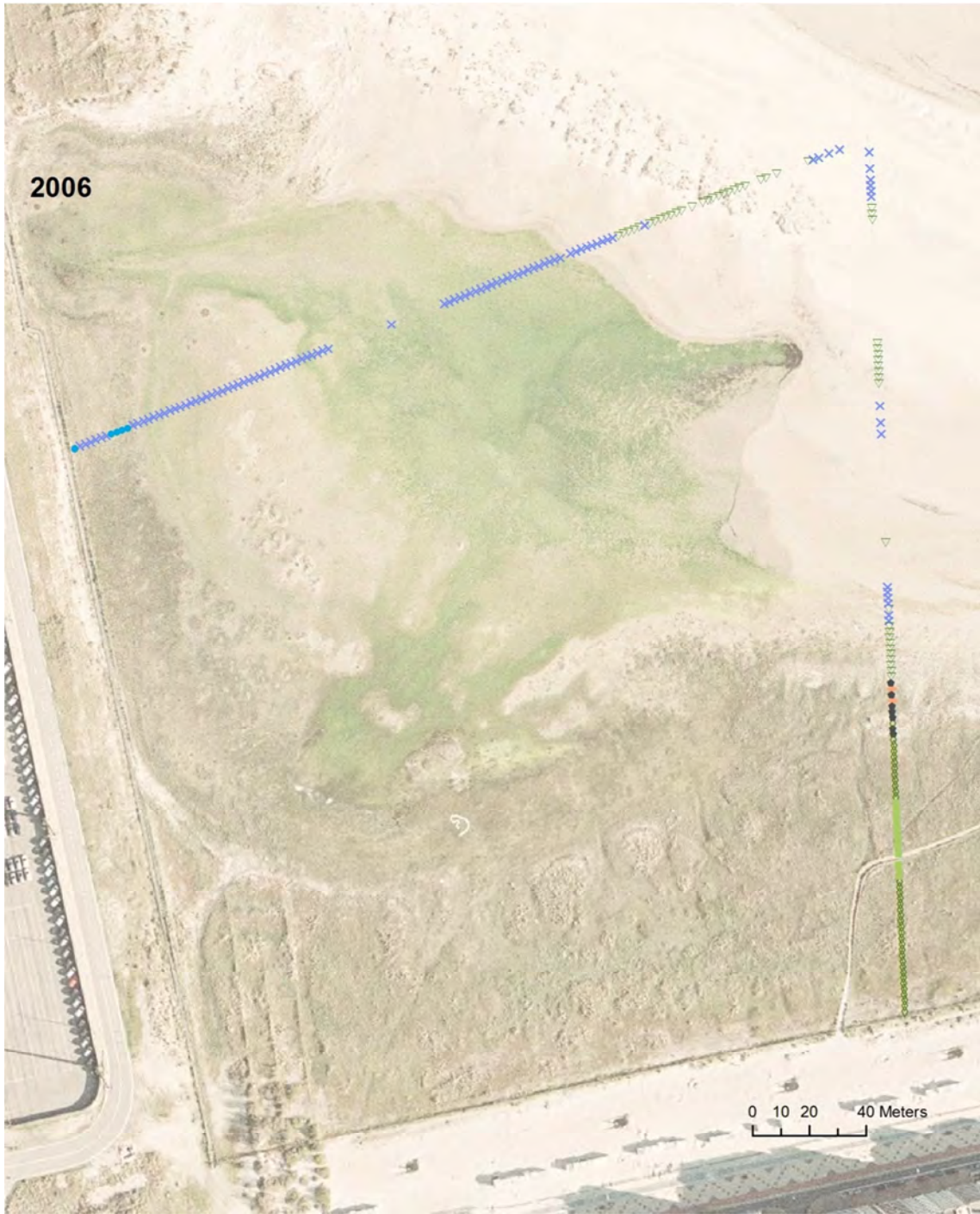


Figuur 5.47. Vegetatietypen in de transecten in de Baai van Heist in 2002.



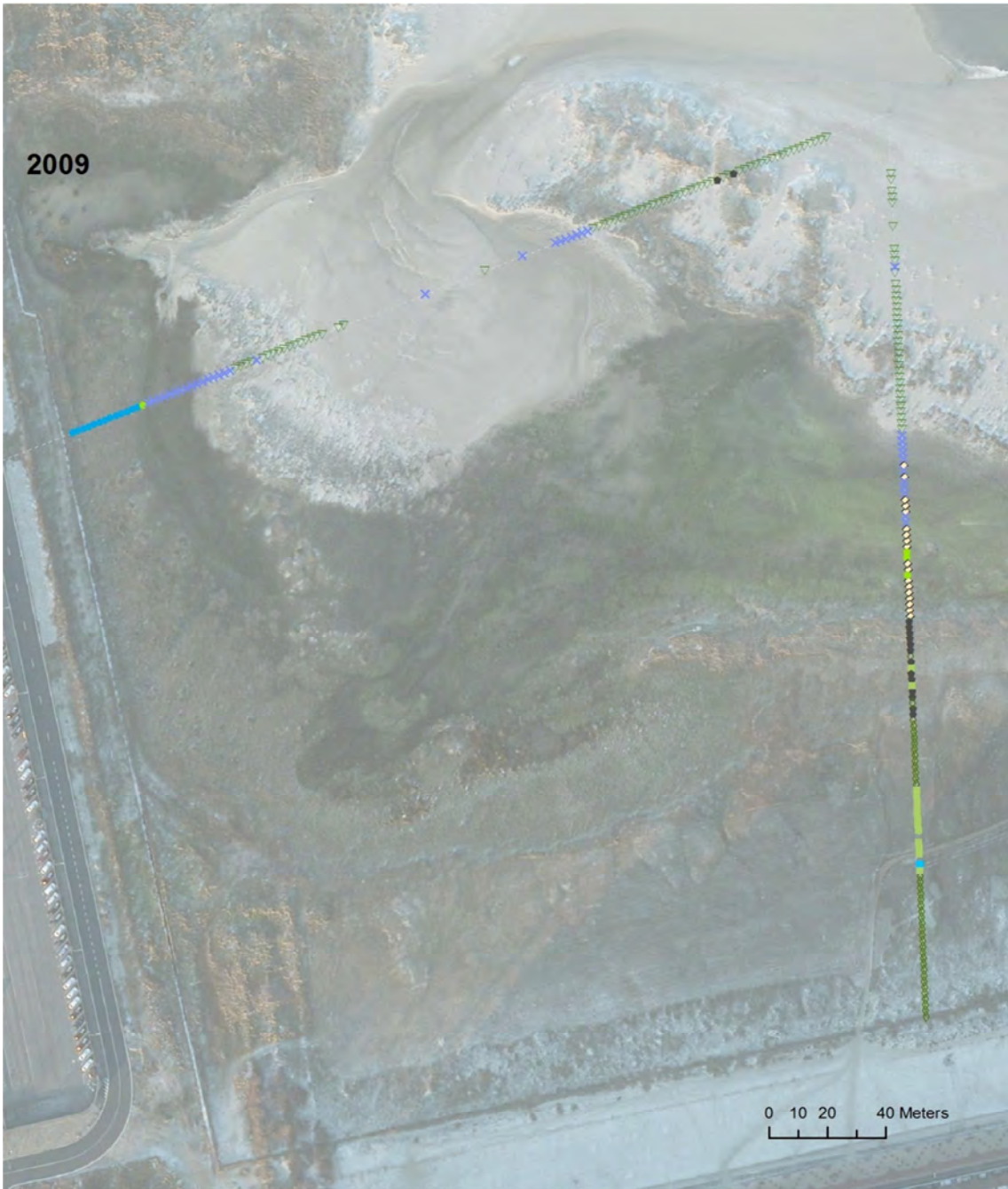


*Figuur 5.48. Vegetatietypen in de transecten in de Baai van Heist in 2004.*



Figuur 5.49. Vegetatietypen in de transecten in de Baai van Heist in 2006.





Figuur 5.50. Vegetatietypen in de transecten in deBaai van Heist in 2009.





Figuur 5.51. Vegetatietypen in de transecten in de Baai van Heist in 2013.





Figuur 5.52. Vegetatietypen in de transecten in deBaai van Heist in 2017.

### 5.10.2 Kartering van aandachtsoorten

De Baai van Heist is voor onze kust een botanische hotspot. In de recente periode sedert 2013 werden in het gebied 43 aandachtsoorten waargenomen (tabel 5.21). Dit is gezien de relatief kleine begroeide oppervlakte een (ca. 22 ha. in 2010) een hoog aantal (zie verslag PINK II, Provoost et al. 2015). Het aantal bijzondere soorten is het voorbije decennium sterk toegenomen. In de periode 2003-2012 werden slechts 34 aandachtsoorten aangetroffen. Drie soorten werden niet meer waargenomen en 12 soorten doken recent op.



De Baai van Heist omvat de grootste oppervlakte en best ontwikkelde embryonale duinen van onze kust en ook de overgang van strand naar schorre is goed ontwikkeld. De gefixeerde (mos)duinen met zilte invloed vormen een heel zeldzaam kustgebonden habitattype dat enkel in dit gebied en in het Zwin te vinden is. De aandachtsoorten in het gebied zijn dan ook grotendeels kustspecifieke soorten en hebben er vaak belangrijke populaties. Zo groeit actueel ongeveer de helft van de kustpopulatie van laksteeltje, en dus meteen de hele Vlaamse populatie, in de Baai.

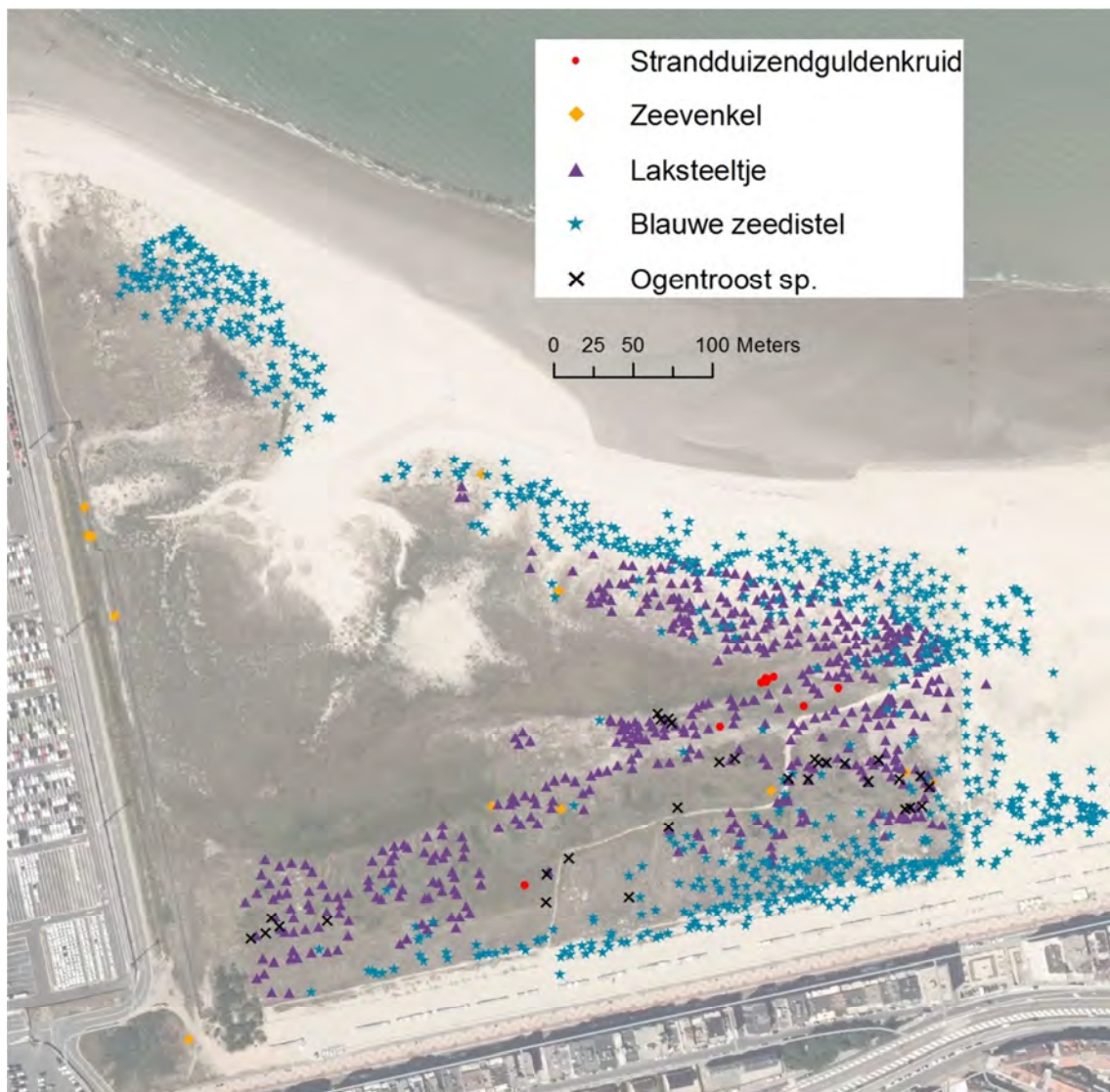


Figuur 5.53. Verspreiding van een aantal bijzondere zilte soorten in de Baai van Heist.

De vegetatie in de Baai van Heist is nog steeds in volle ontwikkeling en de herhaalde kartering van aandachtsoorten laat dan ook belangrijke trends zien in de populatiegroottes. Veel soorten van schorre of schor-duinovergang breiden zich het voorbije decennium nog uit. Dit is het geval voor Engels slijkgras, gesteelde zoutmelde, gewone zoutmelde, gewoon kweldergras, gerande schijnspurrie, schorrenzoutgras, zeerus, lamsoor en selderij. Zilte zegge en kwelderzegge doken pas recent op in het gebied en nemen sterk toe. Samen met selderij groeien zij vooral in de primaire duinvallei die in het gebied in ontwikkeling is (figuur 5.53). Ook zomerbitterling dook op in dit voor onze kust unieke biotoop. De meeste andere soorten

van de schorre vertonen geen uitgesproken trend: zulte, zeeweegbree, zeekraal, klein schorrenkruid en het lokaal heel zeldzame bleek kweldergras. Enkel zilte schijnsparrie lijkt te zijn achteruitgegaan.

Ook de soorten van hoogstrand en zeereep vertonen veelal een positieve trend (zeewinde en blauwe zeedistel) of blijven min of meer stabiel: strandbiet, zeepostelein, zeevenkel en zeewolfsmelk. Gele hoornpapaver, gelobde melde en zeekool werden niet waargenomen in de eerste karterperiode 2003-2012 maar zijn al van eerder van het gebied bekend (Devos et al. 1995). Vooral de eerste twee zijn typisch efemere soorten. Kustmelde en zandduizendknoop (*Polygonum oxyspermum* subsp. *raii*) werden niet meer waargenomen in de recente periode. Voor kustmelde is dit mogelijks te wijten aan de lastige herkenning. Determinatie van deze soort vergt goed ontwikkelde vruchtjes en kan dus slechts in een beperkte periode van het jaar. Zandduizendknoop is een zeldzame kustsoort met een beperkt verspreidingsgebied en werd in de Baai niet meer waargenomen sedert 2003 (Devos 1995). Strandmelde ten slotte vertoont in het gebied een duidelijke achteruitgang.



Figuur 5.53. Verspreiding van een aantal bijzondere plantensoorten in de Baai van Heist (2).



Tabel 5.21. Evolutie van de aandachtsoorten in de Baai van Heist. Per periode het aantal 50x 50 m<sup>2</sup> hokken waarin de soort werd aangetroffen en tussen haakjes een inschatting van de abundantie in aantal individuen of m<sup>2</sup>.

	2003-2012	2013-2018	
Aantal soorten	34	43	
<i>Apium graveolens</i>	3 (5-25)	7 (50-500)	Selderij
<i>Aster tripolium</i>	35 (5000-50 000)	36 (5000-50 000)	Zulte
<i>Atriplex glabriuscula</i>	12 (25-50)		Kustmelde
<i>Atriplex laciniata</i>		5 (5-25)	Gelobde melde
<i>Atriplex littoralis</i>	39 (500-5000)	26 (500-5000)	Strandmelde
<i>Beta vulgaris</i> subsp. <i>maritima</i>	1 (2-5)	1 (1)	Strandbiet
<i>Blackstonia perfoliata</i>		3 (25-50)	Zomerbitterling
<i>Calystegia soldanella</i>	2 (5-25)	18 (50-500)	Zeewinde
<i>Carex distans</i>		13 (500-5000)	Zilte zegge
<i>Carex extensa</i>		11 (500-5000)	Kwelderzegge
<i>Catapodium marinum</i>	8 (5000-50 000)	38 (> 50 000)	Laksteeltje
<i>Centaurium littorale</i>	1 (1)	3 (5-25)	Strandduizendguldenkruid
<i>Centaurium pulchellum</i>	2 (5000-50 000)	19 (500-5000)	Fraai duizendguldenkruid
<i>Crambe maritima</i>		1 (1)	Zeekool
<i>Crepis polymorpha</i>	14 (25-50)		Paardenbloemstreekzaad
<i>Crithmum maritimum</i>	5 (2-5)	6 (5-25)	Zeevenkel
<i>Erigeron acer</i>	23 (5000-50 000)	9 (50-500)	Scherpe fijnstraal
<i>Eryngium maritimum</i>	23 (50-500)	59 (500-5000)	Blauwe zeedistel
<i>Euphorbia paralias</i>	36 (500-5000)	39 (500-5000)	Zeewolfsmelk
<i>Euphrasia</i>	1 (5-25)	9 (500-5000)	Stijve ogentroost s.l.
<i>Glaucium flavum</i>		2 (2-5)	Gele hoornpapaver
<i>Glaux maritima</i>	3 (5-25)	19 (500-5000)	Melkkruid
<i>Gnaphalium luteoalbum</i>	1 (5-25)		Bleekgele droogbloem
<i>Halimione pedunculata</i>		8 (500-5000)	Gesteelde zoutmelde
<i>Halimione portulacoides</i>	18 (25-50)	41 (5000-50 000)	Gewone zoutmelde
<i>Honckenya peploides</i>	79 (5000-50 000)	78 (500-5000)	Zeepostelein
<i>Juncus maritimus</i>	1 (5-25)	13 (50-500)	Zeerus
<i>Limonium vulgare</i>	16 (50-500)	44 (5000-50 000)	Lamsoor
<i>Lotus corniculatus</i> subsp. <i>tenuis</i>		3 (50-500)	Smalle rolklaver
<i>Medicago minima</i>	5 (50-500)	6 (50-500)	Kleine rupsklaver
<i>Parapholis strigosa</i>	20 (500-5000)	52 (> 50 000)	Dunstaart
<i>Plantago maritima</i>	7 (50-500)	5 (50-500)	Zeeweegbree
<i>Polypodium vulgare</i> s.l.		3 (2-5)	Eikvaren
<i>Puccinellia capillaris</i>	2 (5-25)	1 (2-5)	Bleek kweldergras
<i>Puccinellia maritima</i>	5 (5000-50 000)	17 (500-5000)	Gewoon kweldergras
<i>Rhinanthus spec.</i>		3 (500-5000)	Ratelaar spec.
<i>Sagina nodosa</i>	16 (5000-50 000)	37 (5000-50 000)	Sierlijke vetmuur
<i>Salicornia europaea</i>		16 (5-25)	Kortarige zeekraal
<i>Salicornia europaea</i> en <i>S. procumbens</i>	29 (5000-50 000)	27 (500-5000)	Kortarige en langarige zeekraal
<i>Silene conica</i>	4 (500-5000)	1 (2-5)	Kegelsilene
<i>Spartina townsendii</i>	15 (50-500)	23 (5000-50 000)	Engels slijkgras
<i>Spergularia marina</i>	8 (500-5000)	3 (5-25)	Zilte schijnspurrie
<i>Spergularia media</i> subsp. <i>angustata</i>	15 (500-5000)	38 (5000-50 000)	Gerande schijnspurrie
<i>Suaeda maritima</i>	58 (5000-50 000)	51 (500-5000)	Klein schorrenkruid
<i>Trifolium scabrum</i>		1 (25-50)	Ruwe klaver
<i>Triglochin maritima</i>	11 (50-500)	15 (500-5000)	Schorrenzoutgras

In de gestabiliseerde delen van de Baai van Heist zien we een toename van de soorten met een lokaal optimum in de zilte mosduinen: stijve ogentroost, sierlijke vetmuur, smalle rolklaver, en melkkruid, strandduizendguldenkruid en laksteeltje (figuur 5.54). Vooral de toename van deze laatste soort is spectaculair, namelijk van 8 naar 38 hokken. In dit milieu doken ook een aantal nieuwe aandachtsoorten op, namelijk eikvaren, ratelaar (spec.) en ruwe klaver. Kleine



rupsklaver en fraai duizendguldenkruid bleven min of meer stabiel en scherpe fijnstraal en kegelsilene gingen achteruit. In de recente karterperiode werden paardenbloemstreepzaad, bleekgele droogbloem niet meer waargenomen in het gebied. Paardenbloemstreepzaad had er in de periode nochtans een behoorlijke populatie. Bleekgele droogbloem was er steeds zeer zeldzaam.

### 5.10.3 Beheeraanbevelingen

In de Baai van Heist wordt de dynamiek in eerste instantie bepaald door natuurlijke processen zoals mariene overstroming, sedimentatie en erosie. Dit verklaart de grote veranderingen in geomorfologie en vegetatie van het gebied en ook de rijke en heel specifieke flora. In de toekomst zijn dan ook verdere veranderingen in het gebied te verwachten met mogelijk negatieve effecten op bepaalde soorten. Ingrijpen in deze dynamiek is slechts wenselijk indien de biodiversiteit een substantiële en structurele achteruitgang zou vertonen en is voorlopig nog totaal niet aan de orde.

Tot nu toe was de Baai van Heist in volle ontwikkeling met een gestage uitbreiding van de embryonale duinen, de slikken en schorren en de mosduinen. De toename van het aantal aandachtsoorten is enerzijds te wijten aan die uitbreiding van de oppervlakte aan kustecotopen en anderzijds aan de vegetatieontwikkeling binnen de verschillende ecotooptypen. Die ontwikkeling omvat op zijn beurt enerzijds een toename van het aantal soorten dat, onder meer via verbreding door de zee, het gebied heeft weten te koloniseren en anderzijds de ontwikkeling van het bodem-vegetatiecomplex, gepaard gaande met onder meer een accumulatie van organisch materiaal in de bodem. Hierdoor vertonen de mosduinen die het verst van zee zijn gelegen een duidelijke ontwikkeling naar duingrasland. De vestiging en uitbreiding van geel walstro in het gebied is hier onmiskenbaar een getuige van. De achteruitgang van scherpe fijnstraal wijst dan weer op andere kwalitatieve verschuivingen, al is in dit geval niet helemaal duidelijk welke. De ontwikkeling van duingrasland gaat ook gepaard met vestiging en uitbreiding van grassen. In het geval van strandkweek gebeurt die vestiging al in een vroeg stadium, zelfs voor het mosduin goed tot ontwikkeling komt, maar in het duingrasland kunnen ook zandzegge, veldbeemdgras, rood zwenkgras, duinriet en andere grassoorten domineren. In dat geval is beheer noodzakelijk om de diversiteit van de graslanden in stand te houden. In de baai kunnen hiervoor zowel maaien als begrazing worden ingezet, zoals actueel reeds gebeurt. Verder zetten en waar nodig uitbreiden van dit beheer is absoluut aangewezen. Winterbegrazing door schapen aangevuld met gericht maaien van de meest vergraste zones lijkt een optimaal beheer. Doorbreken van de grassendominantie is hierbij het belangrijkste beheerdoel.

Ook in de natte sfeer is de vegetatie in volle ontwikkeling. Centraal in het gebied ligt een vrij grote primaire duinvallei die nog slechts beperkt door de zee wordt overspoeld. Hier heeft zich een moerasvegetatie ontwikkeld die momenteel door riet wordt gedomineerd. Aandachtsoorten die hier voorkomen zijn onder meer kwelderzegge, zilte zegge, selderij, fraai duizendguldenkruid, melkkruid en schorrenzoutgras. Het behoud van een soortenrijke vegetatie (type DV2) zal hier een actief beheer vergen. Maaien is aangewezen, eventueel in combinatie met (schapen)begrazing.

Maaien van de gehele panne is hier absoluut aangewezen om de ontwikkeling van een soortenrijke natte duinvalleivegetatie mogelijk te maken. Als jonge primaire duinvallei vormt deze plek een voor de kust, en bij uitbreiding heel Vlaanderen, unieke biotoop. De grondwaterstand vertoont er een zekere stabilisatie door de nabijheid van de zee, de bodem bestaat uit slibhoudend zand en samen met de periodieke zilte overstroming zorgt voor heel bijzondere milieucondities.



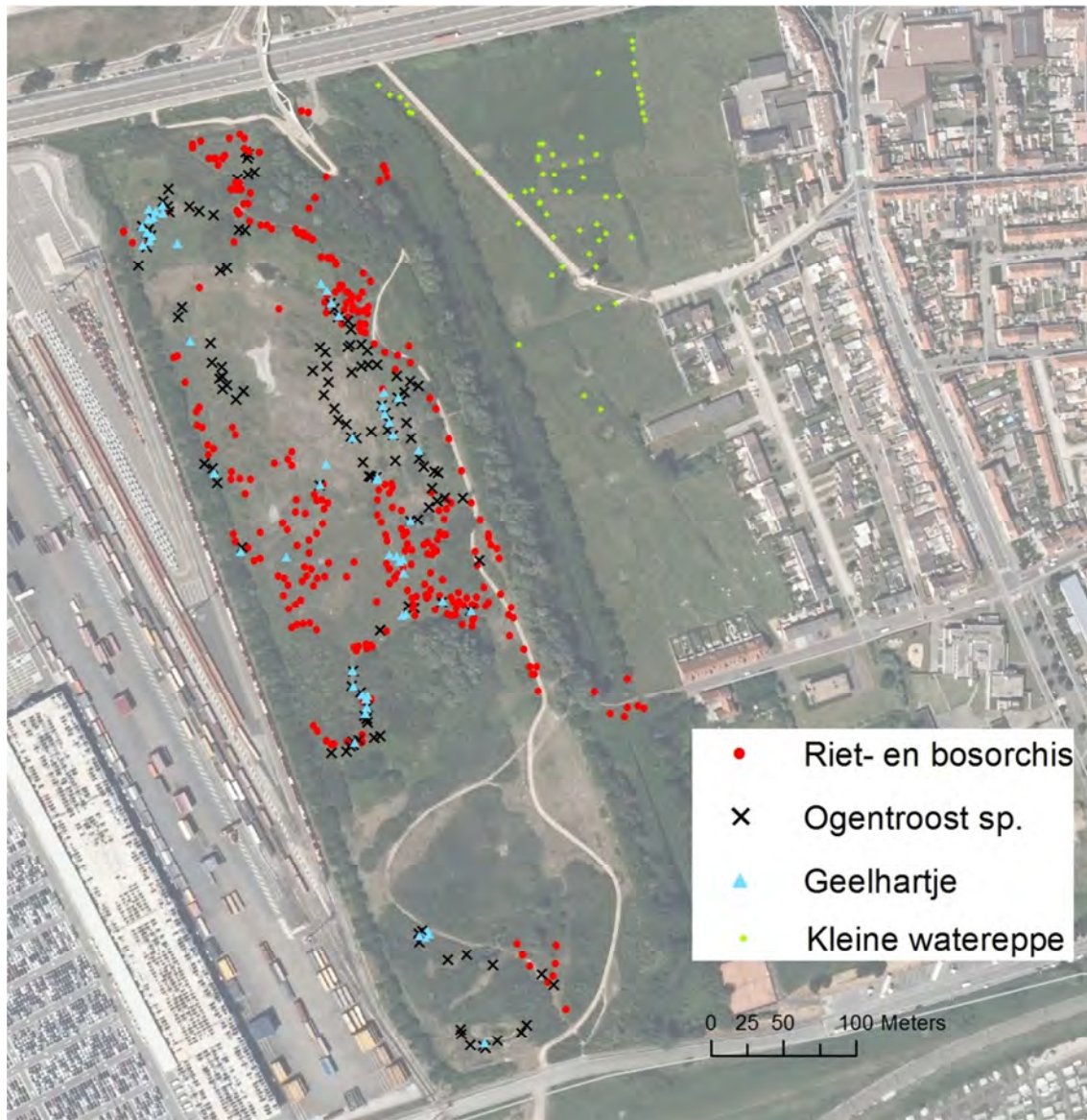
## 5.11 SASHUL

### 5.11.1 Kartering van aandachtsoorten

De detailkartering van aandachtsoorten in de Sashul werd in 2018 uitgevoerd. We karteerden er 2082 punten. Het overzicht van de soorten en hun abundantie wordt weergegeven in tabel 5.22. De soortenlijst vertoont een vrij hoge turn-over; 13 soorten werden niet meer teruggevonden en er werden 5 nieuwe soorten ontdekt. Veel soorten die niet meer teruggevonden zijn, behoren tot de pioniers: kleine steentijm, bleekgele droogbloem, kaal breukkruid, kleine rupsklaver, kegelsilene en zijn dus wellicht door successie van de vegetatie verdwenen. De meeste soorten waren relatief zeldzaam, met uitzondering van kaal breukkruid en bleekgele droogbloem. Deze laatste laatste soort vertoont globaal een achteruitgang door successie van pionierpannen naar een meer gesloten vegetatie. Andere pioniersoorten die achteruitgaan maar aanwezig blijven zijn scherpe fijnstraal en sierlijke vetmuur. Die 'rijping' uit zich onder meer in een toename van zeegroene zegge, orchideeën (bosorchis, rietorchis en moeraswespenorchis), stijve ogentroost, geelhartje en grote ratelaar.

*Tabel 5.22. Evolutie van de aandachtsoorten in de Sashul. Per periode het aantal 50x 50 m<sup>2</sup> hokken waarin de soort werd aangetroffen en tussen haakjes een inschatting van de abundantie in aantal individuen of m<sup>2</sup>.*

	2006-2010	2015-2018	
Aantal soorten	28	21	
Acinos arvensis	2 (50-500)		Kleine steentijm
Berula erecta	9 (50-500)	10 (500-5000)	Kleine watereppe
Carex distans		2 (5-25)	Zilte zegge
Carex flacca	11 (50-500)	20 (50-500)	Zeegroene zegge
Carex viridula s.l.	2 (5-25)	4 (50-500)	Dwergzegge
Catapodium rigidum	4 (50-500)		Stijf hardgras
Centaurium littorale	1 (5-25)	1 (2-5)	Strandduizendguldenkruid
Centaurium pulchellum	30 (5000-50 000)	32 (500-5000)	Fraai duizendguldenkruid
Crepis polymorpha	4 (50-500)		Paardenbloemstreekzaad
Dactylorhiza fuchsii	2 (5-25)	5 (5-25)	Bosorchis
Dactylorhiza praetermissa	18 (500-5000)	34 (500-5000)	Rietorchis
Dactylorhiza spec.	3 (5-25)	1 (2-5)	Dactylorhiza spec.
Epipactis palustris		6 (5-25)	Moeraswespenorchis
Erigeron acer	19 (50-500)	2 (5-25)	Scherpe fijnstraal
Euphrasia	6 (50-500)	29 (500-5000)	Stijve ogentroost s.l.
Gnaphalium luteoalbum	8 (50-500)		Bleekgele droogbloem
Herniaria glabra	17 (500-5000)		Kaal breukkruid
Lathyrus tuberosus	2 (25-50)		Aardaker
Linum catharticum	2 (5-25)	19 (500-5000)	Geelhartje
Lotus corniculatus subsp. tenuis	10 (500-5000)		Smalle rolklaver
Malva moschata		1 (2-5)	Muskuskaasjeskruid
Medicago minima	4 (5-25)		Kleine rupsklaver
Ononis spinosa	3 (25-50)		Kattendoorn
Ophioglossum vulgatum		1 (2-5)	Addertong
Ophrys apifera	11 (50-500)	13 (50-500)	Bijenorchis
Origanum vulgare	1 (1)		Wilde marjolein
Polygala vulgaris	1 (2-5)	1 (1)	Gewone vleugeltjesbloem
Rhinanthus angustifolius	10 (500-5000)	15 (500-5000)	Grote ratelaar
Rhinanthus minor		2 (2-5)	Kleine ratelaar
Sagina nodosa	35 (500-5000)	22 (50-500)	Sierlijke vetmuur
Sherardia arvensis	3 (25-50)		Blauw walstro
Silene conica	2 (25-50)		Kegelsilene
Trifolium scabrum	10 (500-5000)	2 (5-25)	Ruwe klaver
Trifolium striatum	1 (25-50)		Gestreepte klaver



Figuur 5.54. Verspreiding van een aantal bijzondere plantensoorten in de Sashul.

### 5.11.2 Beheeraanbevelingen

Het huidige begrazingsbeheer in de Sashul leidt tot een stabilisatie van de vegetatie die het mogelijk maakt om de populaties van de soorten van stabiele duinvalleien te behouden of te versterken. De sterke achteruitgang van pioniersoorten wijst er op dat de begrazingsdruk wellicht nog mag toenemen. Laagfrequent bijmaaien van de ruigste stukken is aangewezen.

## 5.12 ZWINDUINEN

### 5.12.1 Vegetatiekartering

Het veldwerk voor de vegetatiekaart van de Zwinduinen werd in 2018 gefinaliseerd. In totaal werden binnen het VNR 222 ha in kaart gebracht. De resultaten zijn te zien in figuren 5.55 en 5.56. Landschappelijk bestaat het gebied uit een aantal duidelijke deelzones gerelateerd aan verschillen in abiotiek, voorgeschiedenis en beheer. De zone ten noorden van het fietspad



gelegen is een reliëfrijk jong duinlandschap dat in belangrijke mate door duindoornstruweel is ingenomen. Mosduin en pionierduingrasland vormen een tweede belangrijke component. De 5,6 ha mosduin en 5,4 ha droge pioniervegetatie zijn nagenoeg exclusief in deze zone gelegen. In de langer gefixeerde terreindelen zijn er ook duingraslandrelicten te vinden. Zij zijn doorgaans sterk door duindoorn geïnvadeerd.

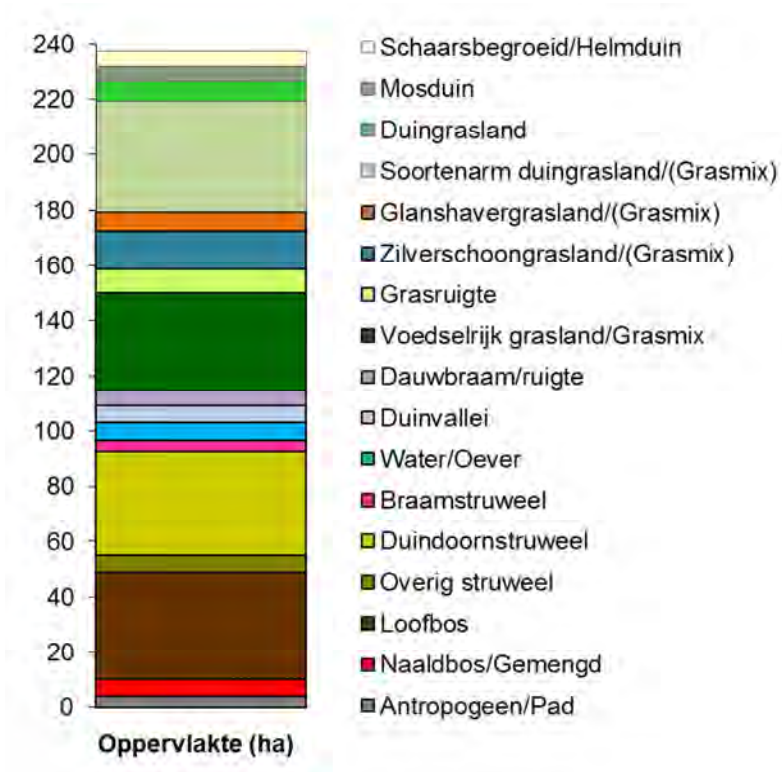
De vertaling naar Natura 2000 habitattypes is te zien in figuren 5.57 en 5.58.



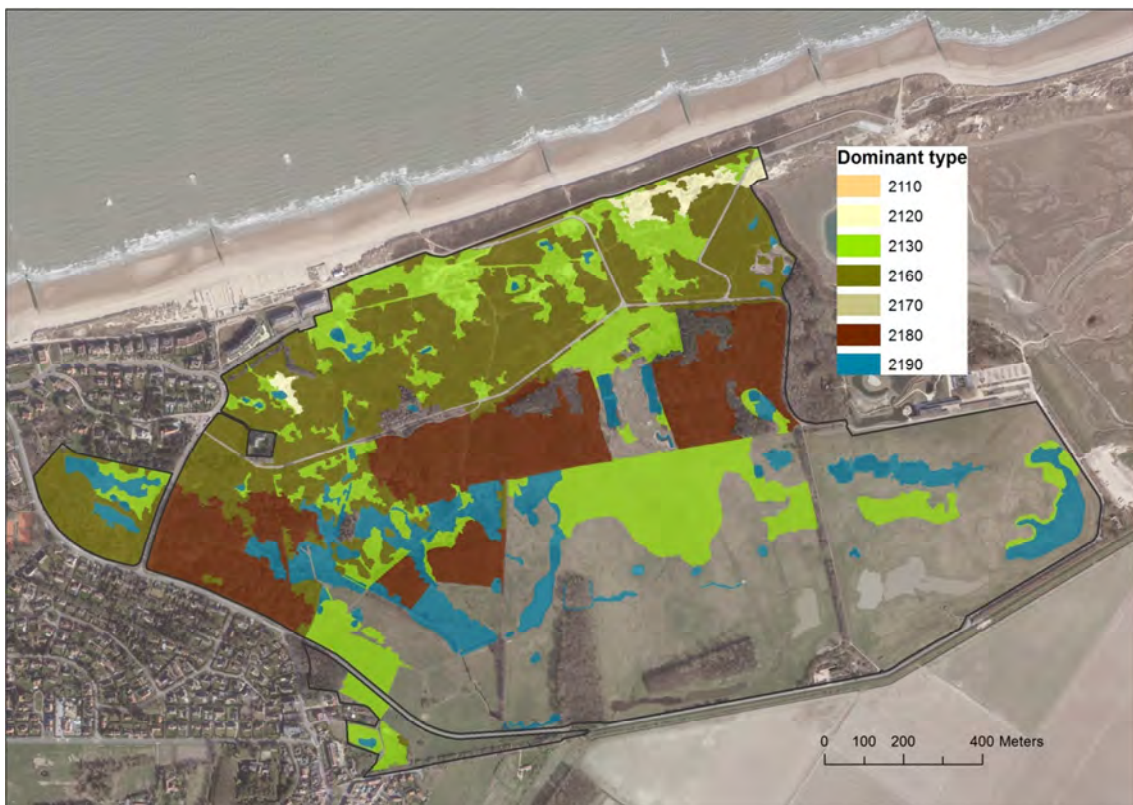
Figuur 5.55. Vegetatiekaart van de Zwinduinen (2019).

### 5.12.2 Permanente kwadraten

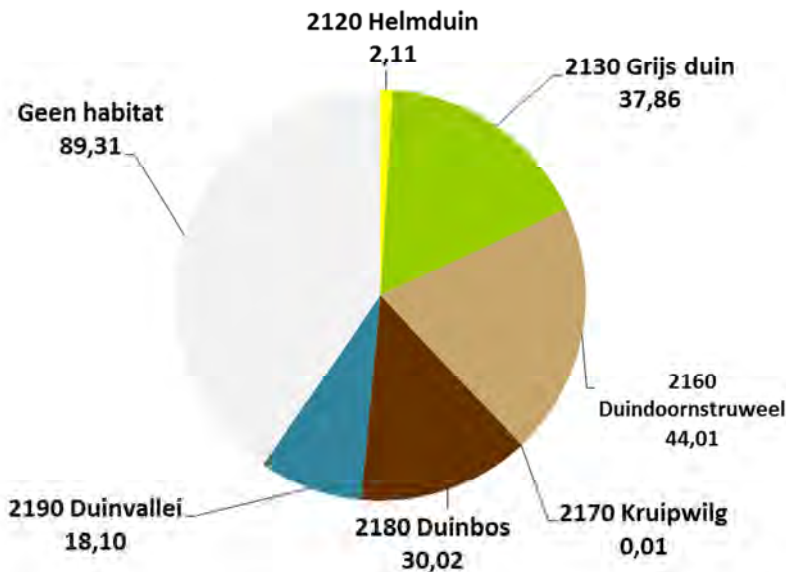
Binnen de Zwinduinen werden tijdens BEK 17 permanente kwadraten opgenomen; 11 in duinvalleien en 6 in duingrasland (tabel 5.23). In 7 van de 11 gevallen worden de duinvalleivegetaties in de recentste opname als soortenrijk zilver schoon grasland geclassificeerd (type 2). Twee proefvlakken (zw\_02 en zw\_06) behoren tot het type 6: matig soortenrijke jonge duinvallei. De proefvlakken zijn gelegen in de Groenpleinduinen en aan de voormalige Swimming Pool, twee locaties waar via natuurinrichting duinvalleien werden hersteld. De vegetatie is er nog in volle ontwikkeling maar is nu al rijk aan aandachtsoorten. Proefvlakken zw\_07 en zw\_18 evolueerden naar type 6, soortenrijke oude duinvalleivegetatie, respectievelijk vanuit de types 6 en 2. Ook deze proefvlakken hebben een natuurhersteltraject achter de rug. De meeste proefvlakken vertonen een stagnatie van het soortenaantal maar een duidelijke toename van het aantal duinvalleisoorten en vaak ook duingraslandsoorten. In drie proefvlakken is dit niet het geval: zw\_09, zw\_18 en zw\_35. De stagnatie of achteruitgang van totale soortenaantallen en typische duinvalleisoorten is hier te wijten aan te natte omstandigheden of aan vertrapping door vee (zw\_35, gelegen aan de oever van een vogelpas in het oosten van de Kleyne Vlake).



Figuur 5.56. Oppervlakte van de verschillende vegetatieklassen in de door ANB beheerde delen van de Zwinduinen (2019).



Figuur 5.57. Natura 2000 habitattypes in het Ter Yde -complex (2019 voor de recent gekarteerde delen).



Figuur 5.58. Oppervlakte (ha) van de Natura2000 habitattypes in de Zwinduinen (2019).

De duingraslandproefvlakken behoren allemaal tot het type 10, matig soortenrijk ontkalkt duingrasland. De evolutie van de soortensamenstelling is sterk uiteenlopend. Enkel proefvlak zw\_03 in de Groenpleinduinen vertoont een uitgesproken positieve evolutie met een sterke toename van zowel het totale soortenaantal als het aantal duingraslandsoorten. Ook proefvlakken 24 en 29, in de Kleyne Vlakte gaan er op vooruit maar hier is de trend veel minder uitgesproken. Proefvlak zw\_23 in het Tobroek verliest op 3 jaar tijd ruim een derde van de soorten, waaronder ook duingraslandsoorten. Ook bij zw\_22 en zw\_25 wordt recent een negatieve trend vastgesteld in het aantal mosduin- en duingraslandsoorten maar hier na een aanvankelijke toename.

### 5.12.3 Beheeraanbevelingen

#### 5.12.3.1 Noordelijk deel van de Zwinduinen

In het noordelijke, jonge en reliëfrijke deel van de Zwinduinen is de verstruwelingsdruk door duindoorn zeer hoog. Hier is het verderzetten van het huidige beheer, gericht op het open houden van de mosduinen en pionierduingraslanden aangewezen. Daarenboven is het ook wenselijk om een aantal zones met duingraslandrelicten open te maken. Het betreft onder meer een zone ten oosten van de roze villa en een zone ten zuiden en ten oosten van de voormalige swimming pool. Door de begrazing is hier al een mooie graslandstructuur aan het ontstaan maar de ontwikkelende graslandvlekken verstruwelen telkens weer door duindoorninvasie. Het machinaal openmaken van grotere vlekken (enkele 100-den m<sup>2</sup>) moet voorkomen dat de verstruweling sneller gebeurt dan de graslandontwikkeling. Verder is in die zone ook de inbreng van zaden van graslandsoorten wenselijk. Dit kan gebeuren via hooi of rechtstreeks via zaden van kenmerkende duingraslandsoorten (geel walstro, grote tijm, kruipend stalkruid, gewone rolklaver, gewone agrimonie, ...). Ook het introduceren van soorten die nu niet in het gebied voorkomen maar wel in de nabijgelegen graslanden van de golf valt zeker te overwegen. Het betreft geel zonneroosje, nachtsilene en wondklaver. De kans dat deze soorten de afstand tussen beide terreinen op een natuurlijke manier overbruggen is bijzonder klein. Een beetje menselijke hulp is daarom aangewezen.

Tabel 5.23. Evolutie van het aantal soorten per ecologische groep in de opgevolgde permanente kwadraten in de Zwinduinen.

		Mosduin	Grasland	Duinvallei	Ruderaal/ruigte	Struweel/zoom	Rest	Totaal aantal	TWINSpan-groep
zw_02	2009		1	6	5	3	7	<b>22</b>	6
	2012		3	7	3	3	12	<b>28</b>	6
	2015		2	9	3	3	7	<b>24</b>	6
zw_03	2009		13		1		9	<b>23</b>	10
	2013	4	21		3	1	13	<b>42</b>	10
	2016	4	21		1	1	13	<b>40</b>	10
zw_06	2008		1	6	6	2	12	<b>27</b>	6
	2013		1	8	2	1	8	<b>20</b>	6
	2017		5	10	5	2	7	<b>29</b>	6
zw_07	2007		7	9	2	2	12	<b>32</b>	6
	2013	1	12	9	2	5	16	<b>45</b>	6
	2017	1	10	10	2	2	8	<b>33</b>	3
zw_08	2007			8	3	1	9	<b>21</b>	2
	2012		5	10	3	1	11	<b>30</b>	2
	2015		4	13	2	1	9	<b>29</b>	2
zw_09	2014		1	10	3		8	<b>22</b>	2
	2018			7	2		7	<b>16</b>	2
zw_18	2013		1	15	4	5	7	<b>32</b>	2
	2017			13	4	2	12	<b>31</b>	3
zw_19	2012		1	6	1		8	<b>16</b>	2
	2017		1	7	1	1	5	<b>15</b>	2
zw_22	2009	2	10		1		14	<b>27</b>	10
	2013	7	19		2		17	<b>45</b>	10
	2016	4	15		1		14	<b>34</b>	10
zw_23	2013	2	16	1	3	3	29	<b>54</b>	10
	2016	2	14				19	<b>35</b>	10
zw_24	2012		12		1	1	17	<b>31</b>	10
	2015		13		2		17	<b>32</b>	10
zw_25	2007	3	17				10	<b>30</b>	10
	2013	5	18				16	<b>39</b>	10
	2016	1	17				16	<b>34</b>	10
zw_29	2012		9	1	3		16	<b>29</b>	10
	2016		11	1	2		14	<b>28</b>	10
zw_30	2012		6	1	5		20	<b>32</b>	2
	2015		7	6	7		16	<b>36</b>	2
zw_31	2009	1	3	5	4	6	18	<b>37</b>	2
	2012	1	5	7	6	2	21	<b>42</b>	2
	2015		5	10	2	4	21	<b>42</b>	2
zw_32	2012	1	1	5	4		14	<b>25</b>	2
	2015	1		8	6	2	16	<b>33</b>	2
zw_35	2012	1	2	3	5		12	<b>23</b>	2
	2015			3	9	1	10	<b>23</b>	2
	2017		1	1	4		9	<b>15</b>	2





In de struwelen is een verdere bestrijding van Amerikaanse vogelkers belangrijk. Hier zijn al belangrijke resultaten geboekt maar volhouden van de inspanningen is nodig om de soort definitief onder controle te krijgen. Verschillende van de afgezaagde exemplaren schieten weer uit en ook vanuit de zaadvoorraad zal er nog verschillende jaren nieuwe vestiging optreden. Ook rimpelrozen zijn op een aantal plaatsen aanwezig, vooral langsheen de dijk-promenade. Deze plekken zijn toegankelijk voor een klein kraantje. Uitgraven met opvolgingsbeheer (trekken of eventueel herbicide) is aangewezen.

### 5.12.3.2 Far west

Op basis van de in BEK verzamelde gegevens is het niet evident om het beheer van de Far West te evalueren. Hiervoor is een herhaalde detailkartering binnen enkele jaren aangewezen. Uit het beperkt aantal vegetatieproefvlakken lijkt er min of meer een stagnatie op te treden in de ontwikkeling van de duinvalleien. Hydrologie speelt hier een minstens even belangrijke rol als het beheer. Een belangrijk aandachtspunt in deze zone is het aanpakken van de invasiehaard van watercrassula. De verspreiding van de soort is gedetailleerd in beeld gebracht; gerichte actie dringt zich via héél gerichte en frequent herhaalde manuele verwijdering van de planten met een platte schop of zelf een tuinschopje. Meer grootschalig plagwerk is sterk af te raden omdat dit een optimale groeiplaats creëert voor de soort. Het materiaal dient zorgvuldig afgevoerd en worden en op een gepaste manier verwerkt.

### 5.12.3.3 Kleyne Vlakte

Voor het centrale en oostelijke deel van de Kleyne Vlakte gaf INBO in 2018 een beheeradvies naar aanleiding van de resultaten van het begrazings- en nutriëntenonderzoek (Provoost et al. 2018a). Uit de bepaling van de nutriëntenstatus blijkt dat de fosfaatgehalten op verschillende locaties te hoog zijn voor de ontwikkeling van duingrasland. Hiervoor wordt een norm gehanteerd van 15 mg/kg Olsen-P. Verschralend maaibeheer is aangewezen om het fosfaatgehalte naar beneden te krijgen. Verder wijst ook de vegetatiekaart en het begrazingsonderzoek uit dat grote delen van de Kleyne Vlakte te ruig zijn voor de ontwikkeling van soortenrijk duingrasland. Ook vanuit deze optiek is een ontwikkelingsbeheer via maaien aangewezen om deze grassendominantie te doorbreken. Het finaal doel is om in het centrale deel van de Kleyne Vlakte uiteindelijk weer tot een integrale begrazing te komen maar dan vanuit een schralere uitgangssituatie dan momenteel het geval is. Hiervoor is een ontwikkelingsbeheer van wellicht 5 tot 10 jaar noodzakelijk. Dit initiële maaibeheer was ook voorzien in het beheerplan van 2004 maar werd om praktische redenen niet direct geïmplementeerd. Dit leidt duidelijk niet tot de beoogde doelen.

Om het einddoel te bereiken stellen we vooreerst een aantal bijkomende inrichtingsmaatregelen voor. Voor het centrale deel opteren we voor vleksgewijze afgravingen of afplaggingen met variërende diepte. Hier kunnen zich dan zilverschoongraslanden of met natte duinvalleien verwante vegetatietypen ontwikkelen. Belangrijk is dat het aangebrachte reliëf zacht glooiend is zodat enerzijds maximaal ecologische gradiënten gecreëerd worden en anderzijds het geheel gemakkelijk machinaal maaibaar blijft.

In het oostelijk deel komen enkele zeer voedselrijke en/of vervuilde delen nog in aanmerking voor vernatting (foerageergebied voor weidevogels) door afgraving of afplagging. Hiervoor zijn de mogelijkheden in het terrein echter vrij beperkt.

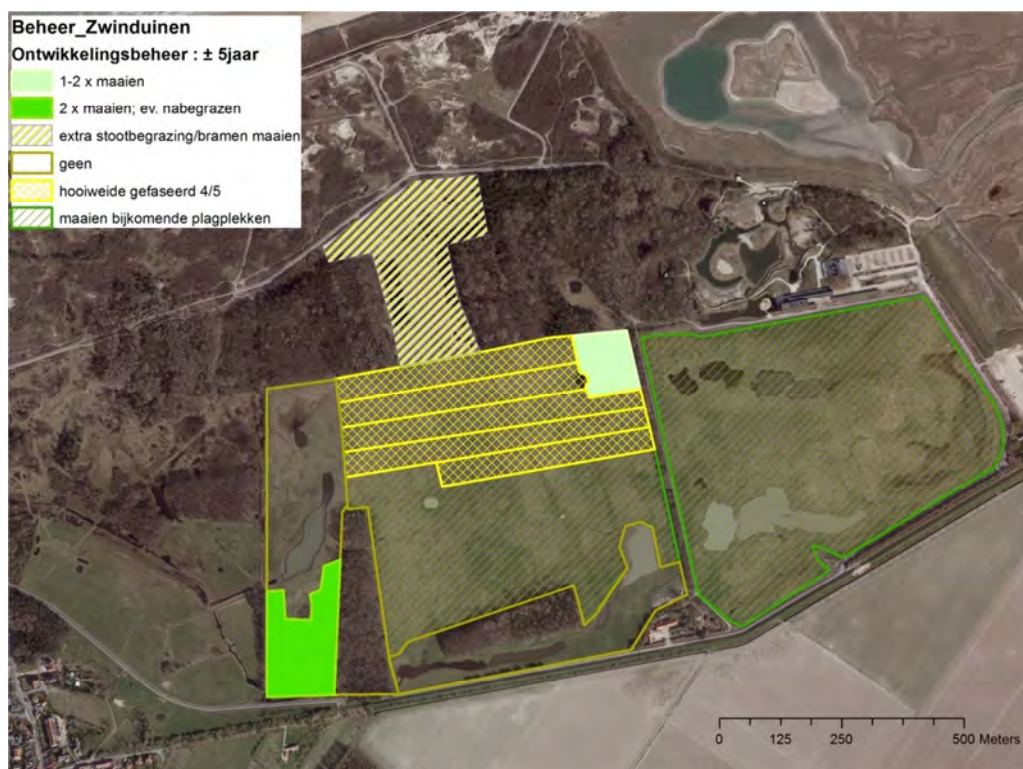


## Ontwikkelingsbeheer:

Voor de organisatie van het ontwikkelingsbeheer stellen we voor het centrale deel van de Kleyne Vlakte te compartimenteren (figuur 5.59). In drie zones is het aangewezen om door gericht maaibeheer de vegetatie beter te laten ontwikkelen.

De eerste zone omvat het noordelijke deel van de centrale Kleyne Vlakte: hier zijn reeds elementen van duingrasland aanwezig en is de abiotische situatie geschikt (lage P-gehalten in de bodem). Gericht beheer kan de nog te ruige en vergraste vegetatiemat openbreken. De zone wordt onderverdeeld in 5 stroken waarvan er jaarlijks 4 worden gemaaid in rotatie. Op het terrein worden vooraf kleine zones met veel mierenbulten gemarkeerd zodat deze niet worden plat gereden of gemaaid. Omdat er reeds bloeiende doelsoorten in het terrein voorkomen (bv. ratelaar, geel walstro) wordt er vanaf half juli gemaaid. Vanaf augustus kan het terrein nabegraasd worden door het mee in te schakelen met de aanpalende begraasde terreinen. Deze begrazing loopt tot half maart van het volgende jaar (zie verder). Hiervoor is een nieuw raster nodig dat van oost naar west het centrale deel doorsnijdt

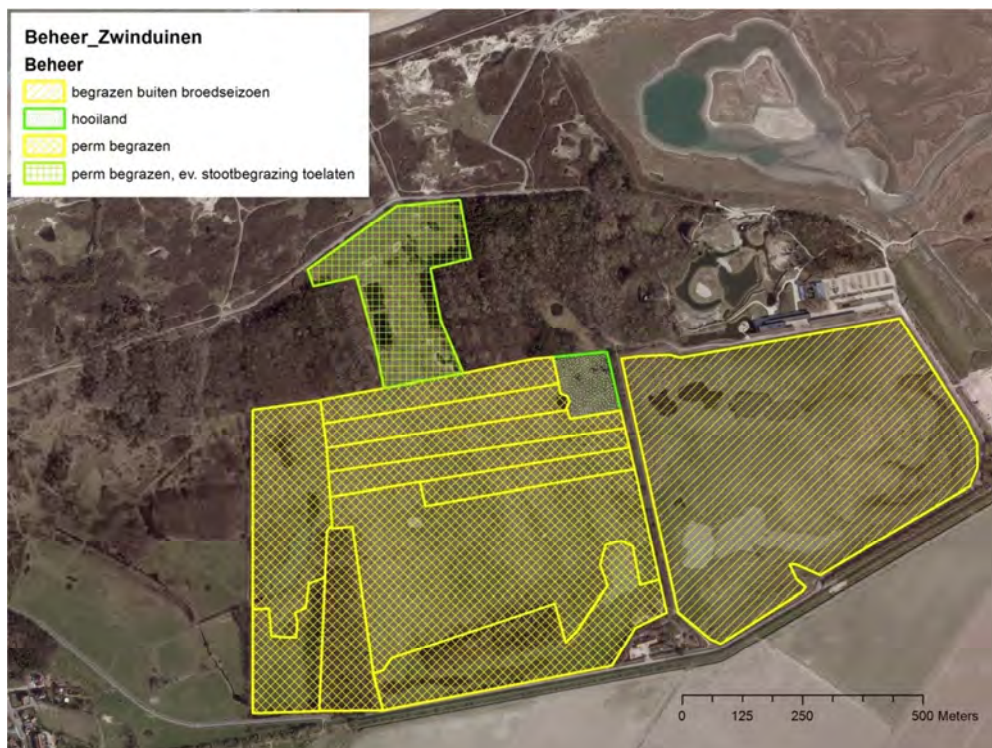
Een tweede zone omvat het zuidwestelijk deel van het centrale deel van de Kleyne Vlakte. Deze zone is zeer soortenarm en voedselrijk. Hier werd een Olsen-P gehalte van 29 mg/kg gemeten. Hier wordt een verschralend maaibeheer voorgesteld met een eerste maaibeurt half mei en een tweede maaibeurt eind augustus. Ook deze zone wordt best uitgerasterd. Indien er nog veel nagroei is (de laatste jaren vaak het geval tot soms half oktober), kan overwogen worden om ook hier na te begrazen tot half maart van het volgend jaar door het terrein mee in te schakelen met de aanpalende begraasde terreinen.



Figuur 5.59. Ontwikkelingsbeheer voor het centrale en oostelijke deel van de Kleyne Vlakte (Van Uytvanck & Provoost 2018).

In het Tobroek wordt de laatste jaren soms een stootbegrazing toegepast met paarden. Bijkomend voordeel is dat de paarden tijdelijk op zeer voedselarm terrein lopen, wat positief is om hoefbevangenheid te voorkomen. Op die manier kunnen ook de onbemeste duingraslanden van het Tobroek kort gegraasd worden. In het huidige voorstel wordt het Tobroek in een gelijkaardig regime begraasd als dat van de aanpalende hooiweiden in ontwikkelingsbeheer, nl. vanaf augustus tot half maart van het volgende jaar. Het tijdstip wordt best dusdanig gekozen dat de mogelijke invloed op de hier aanwezige populatie rugstreeppad en boomkikker wordt vermeden. Om dit goed te doen is opvolging op het terrein nodig: de vegetatie van Tobroek en aanpalende hooiweiden moet kort uit de winter komen. Afhankelijk hiervan kunnen de hekken tussen Tobroek en hooiweiden en/of tussen hooiweiden en de rest van het graasblok tijdelijk gesloten worden. In het Tobroek moeten in de winter mogelijk ook bijkomend bramen gemaaid worden indien de begrazing dit niet onder controle houdt (vooral de lage zich uitbreidende bramen in de duingraslanden).

In de noordoostelijke, natte hoek van het centrale deel zijn er potenties voor soortenrijke schrale vochtige duingraslanden/duinvalleivegetaties. Hiervoor wordt een maai-beheer voorgesteld dat ook het definitieve beheer zou zijn. Afhankelijk van de productie moet dit terrein 1 tot 2 keer per jaar gemaaid worden (eerste keer half juli, ev. tweede keer eind september; te evalueren op het terrein). Net als in de bovenste strook van het noordelijk deel van de Kleyne Vlakte wordt voor de exacte maaidatum best ook gekeken naar de activiteiten van de boomkikker die hier in groten getale aanwezig zijn.



Figuur 5.60. Organisatie van de verschillende graasblokken en de graasperiode (Van Uytvanck & Provoost 2018).

Indien er nieuwe inrichtingen in het terrein gebeurd zijn (zuidelijke zone van het centrale deel, zie 1.), moeten die goed opgevolgd worden. In de meeste gevallen moeten pas afgegraven of afgeplagde zones in voedselrijk terrein de eerste 2-5 jaar erna gemaaid worden om dominantie







van bv. pitrus, grassen of wilgensoorten tegen te gaan en doelsoorten de kans te geven zich te vestigen, te overleven en uit te breiden.

Begrazing:

Met het huidige aantal dieren zullen tijdens de ontwikkelingsfase een aantal verschuivingen in het seizoen nodig zijn. Paarden en runderen blijven jaarrond in het gebied; schapen zijn er van half maart tot half oktober (figuur 5.60). Tabel 5.24 geeft voor de opeenvolgende periodes de verschillende graasdrukken weer. Voor de meeste periodes en terreindelen zullen er vermoedelijk geen problemen optreden. Enkel in de periode van half maart tot half juni bevindt zich een groot aantal dieren op een relatief kleine oppervlakte (34,7 ha). Dit is op dit ogenblik wel de meest productieve zone van het hele gebied en de start van het groeiseizoen, maar wellicht is het voedselaanbod in het begin ervan toch schaars. Dit moet goed opgevolgd worden. Eventuele bijsturingen kunnen zijn om de schapen die half maart uit de Zwinvlakte komen ergens anders onderbrengen of om het aantal runderen te verminderen. Wellicht zullen deze dieren in een kort gegraasde grasmat het minst efficiënt kunnen grazen.

Tabel 5.24. Periodes, aantal dieren en begraasde oppervlaktes doorheen het seizoen. De in blauw weergegeven terreindelen worden in de overeenkomstige periode begraasd (Van Uytvanck & Provoost 2018).

PERIODE	DIEREN	AANTAL	OPPERVLAKTE	WAAR
Half maart - half juni	schaap	20	34,7 ha	
	paard	21		
	rund	45		
Half juni - 1 aug	schaap	20	66,3 ha	
	paard	21		
	rund	45		
1 aug - half okt	schaap	20	86,9 ha	
	paard	21		
	rund	45		
Half okt - half maart	paard	21	86,9 ha	
	rund	45		

Het is op dit ogenblik moeilijk te voorspellen of er door de voorgestelde ingrepen effectief voedselschaarste zal optreden. Dit is op dit ogenblik niet het geval en de overschotten die er nu zijn, zullen aangesproken worden door de grazers met wellicht een positief effect op



verruigde vegetaties. Het beste is de situatie van nabij op te volgen en uitwijkmogelijkheden voor runderen en schapen vooraf te voorzien.

Natuur en Bos ging in de Zwinduinen in 2019 al aan de slag met deze beheeraanbevelingen en plaatste alvast bijkomende afsluitingen in de Kleyne Vlakte voor een optimalisatie van het gevoerde beheer. De bijkomende maaibeurten worden opgestart in 2020.



## Referenties

- Adriaens T., D'hondt B., Vercruyssen E., Dewulf E., Van Gompel W. & Provoost S. 2016. A comparison of management techniques for invasive *Mahonia aquifolium* in coastal dunes (Belgium). In: Proceedings of the International Conference Dunes & Estuaries 2015, Bruges 16-18 September 2015: 132.
- Baeteman C. 1999. The Holocene depositional history of the IJzer palaeovalley (western Belgian coastal plain) with references to the factors controlling the formation of intercalated peat beds. Belgische Geologische Dienst, Professional Paper, 36 p.
- Baeteman C., Scott D.B. & Van Strydonck M. 2002. Changes in coastal zone processes at a high sea-level stand: a late Holocene example from Belgium. *Journal of Quaternary Science* 17(5-6): 547-559.
- Baeteman C. 2007. De ontstaansgeschiedenis van onze kustvlakte. *De Grote Rede* 18: 2-10.
- Bakker T.W.M., Klijn J.A. & Zadelhoff F.J. 1979. Duinen en duinvalleien: een landschapsecologische studie van het Nederlands duingebied. Pudoc, Wageningen.
- Bogemans F. & Baeteman C. 2006. Toelichting bij de Quartairgeologische Kaart - kaartblad 19-20, Veurne-Roeselare. Vlaamse overheid, dienst Natuurlijke Rijkdommen, 38p.
- Bonte D., Provoost S., Hoffmann M., Anselin A., Beyen B., Billiau R., Desaeveer R., Wackenier W. & Warreyn G. 2001. Broedvogels van de kustduinen tussen Bray-Dunes (F) en Lombardsijde (B). Soortensamenstelling, ruimtelijke spreiding en implicaties voor het natuurbeheer. *Oriolus* 1: 3-18.
- Borremans M. 2015. Cenozoïcum: het Quartair. In: Borremans M. (red.). *De geologie van Vlaanderen*. Academia Press, gent: 189-258.
- Both C. & Visser M.E. (2001). Adjustment to climate change is constrained by arrival date in a long-distance migrate bird. *Nature* 411: 296-299.
- Bultot F., Coppens A. & Dupriez G. 1983. Estimation de l'évapotranspiration potentielle en Belgique. *Publications série A*, No 112. Koninklijk Meteorologisch Instituut van België, Ukkel, 28 p.
- Cohen J. & Barlow M. 2005. The NAO, the AO, and Global Warming: How Closely Related? *Journal of Climate* 18: 4498-4513.
- Coornaert M. 1974. Knokke en het Zwin. De geschiedenis, de topografie en de toponymie van Knokke, met een studie over de Zwindelta. Lannoo, Tielt, 442 p.
- Cosyns E. 2016. Gedetailleerde monitoring van het grensoverschrijdende Zwin. Monitoringsplan en vaststelling t0-situatie. WVI, Brugge. i.o.v. de Vlaams Nederlandse Schelde commissie, Agentschap voor Natuur en Bos en de Provincie Zeeland, 60 p.
- De Ceunynck R. 1992. Het duinlandschap, ontstaan en evolutie. In: Termote J. (ed). *Tussen land en zee. Het duingebied van Nieuwpoort tot De Panne*. Lannoo, Tielt, 16-45.
- De Ceunynck R. & Thoen H. 1981. The Iron Age settlement at De Panne-Westhoek. *Ecological and geological context*. *Helinium* 21: 21-42.



Jones P.D., Jónsson T. & Wheeler D. 1997. Extension to the North Atlantic Oscillation using early instrumental pressure observations from Gibraltar and South-West Iceland. *International Journal of Climatology* 17: 1433-1450.

Mahauden M. & Lebbe L. 1982. Hydrogeologische studie van en rondom het gebied van de geplande waterwinning "Ter Yde" te Koksijde (Oostduinkerke). *Lab. Toegepaste Geologie, Rijksuniversiteit Gent*, 52p. + bijl.

Lebbe L. 1978. Hydrogeologie van het duingebied ten westen van De Panne. PhD. Universiteit Gent, Geologisch Instituut, 164 p.

Lebbe L. & De Breuck W. 1980. Hydrogeologie van het duingebied tussen Koksijde en Oostduinkerke. *Tijdschrift BECEWA* 55: 33-45.

Lebbe L. & De Ceunynck R. 1980. Lithostratigrafie van het duingebied ten westen van De Panne. *Belgische Geologische Dienst, Professional Paper 171*. Brussel, 31 p.

Lemoine N., Schaefer H.C. & Bohning-Gaese K. 2007. Species richness of migratory birds is influenced by global climate change. *Global Ecology and Biogeography* 16:55-64.

Leten M., Cosyns E. & Zwaenepoel A. 2010. Une association végétale curieuse' als uitgangspunt voor herstel van historisch duinvalleigrasland in Oostduinkerke. *Natuur.Focus* 9(1): 20-28.

Mahauden M. & Lebbe L. 1982. Hydrogeologische studie van en rondom het gebied van de geplande waterwinning Ter Yde te Koksijde (Oostduinkerke). *Toegepaste Geologie en Hydrogeologie, Universiteit Gent*.

Mahauden M., Lebbe L. & De Breuck W. 1993. Bepaling van de invloed op de grondwaterstand veroorzaakt door de bemalingen voor de rioleringswerken in de Westhoek. Projectnummer 92.540 Groenendijk - RWZI Wulpen. Universiteit Gent, 30 p.

Noest V. 1994. A hydrology-vegetation interaction model for predicting the occurrence of plant species in dune slacks. *Journal of Environmental Management* 40: 119-128.

Ntegeka V. & Willems P. 2008. Trends and multidecadal oscillations in rainfall extremes, based on a more than 100 years time series of 10 minutes rainfall intensities at Uccle, Belgium. *Water Resources Research*: 44, W07402.

Ntegeka V., Willems P., Baguis P., Roulin E., 2008. Climate change impact on hydrological extremes along rivers and urban drainage systems. Summary report Phase 1: Literature review and development of climate change scenarios. Belgian Science Policy – SSD Research Programme, CCI-HYDR project by K.U.Leuven – Hydraulics Section & Royal Meteorological Institute of Belgium, 64 p.

Opstaele B., Jacobs M. & Jansen J. 2018. *Natuurbeheerplan reservaat D'Heye te Bredene – De Haan*. Greenspot, Merelbeke, 143 p.

Osborn T.J. 2004. Simulating the winter North Atlantic Oscillation: The roles of internal variability and greenhouse gas forcing. *Climate Dyn.* 22: 605-623.

Osborn T. J. 2011. Variability and Changes in the North Atlantic Oscillation Index. *Adv. Glob. Change Res.* 46: 9–22.

Oosterlynck P., De Saeger S., Leyssen A., Provoost S., Thomaes A., Vandevoorde B., Wouters J., & Paelinckx D. 2018. Criteria voor de beoordeling van de lokale staat van instandhouding van de Natura 2000 habitattypen in Vlaanderen. *Basisinstrumentarium ter bepaling van de mate*

////////////////////////////////////



van instandhouding van habitatlocaties a.d.h.v. indicatoren voor structuur, vegetatieontwikkeling, verstoringsindicatoren en ruimtelijke context. Versie 3.0. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO.R.2018, niet gepubliceerd), Brussel.

Ozinga W.A., Arnolds E., Keizer P.-J. & Kuyper T.W. 2013. Paddestoelen in het natuurbeheer, OBN preadvies paddestoelen. Deel 2: Mycoflora per natuurtype. KNNV, Driebergen, 379 p.

Paelinckx D., De Saeger S., Oosterlynck P., Vanden Borre J., Westra T., Denys L., Leyssen A., Provoost S., Thomaes A., Vandevoorde B. & Spanhove T. 2019. Regionale staat van instandhouding voor de habitattypen van de Habitatrichtlijn. Rapportageperiode 2013 - 2018. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2019 (13), 200 p.

Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. Provoost S., Van Gompel W., Feys S., Vercruyssen W., Packet J., Van Lierop F., Adams Y. & Denys L. 2010. Permanente Inventarisatie van de Natuurreservaten aan de Kust. Eindrapport periode 2007-2010. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2010 (19), Brussel, 169 p. + bijl.

Provoost S., Feys S., Vercruyssen E., Packet J. & Denys L. 2011a. Natuurinrichting Noordduinen - Monitoring : Inventarisatie jaar twee (vegetatie, sprinkhanen, vlinders en broedvogels). Evaluatie van de uitgevoerde werken twee jaar na de inrichting. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 54, Brussel, 95 p.

Provoost S., Jones M.L.M. & Edmondson S.E. 2011b. Changes in landscape and vegetation of coastal dunes in northwest Europe: a review. *Journal of Coastal Conservation* 15: 207-226.

Provoost S., Feys S., Van Gompel W. & Vercruyssen W. 2011c. Evaluatie van het gevoerde beheer en opmaak van een beheerplan voor het VNR De Duinen en Bossen van De panne, deel I: evaluatie van het gevoerde beheer in de deelgebieden Houtsaegerduinen en de Westhoek. Rapport Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2011.53, Brussel, 123p.

Provoost S., Van Gompel W., & Vercruyssen W. 2012. Voorbereidende studie voor de afgraving van 'De Driehoek' in het VNR De IJzermondig. Rapport van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2012.2, Brussel, 22 p.

Provoost S., Van Gompel W., Vercruyssen E., Packet J. en Denys L. 2015. Permanente Inventarisatie van de Natuurreservaten aan de Kust, PINK II. Eindrapport periode 2012-2014. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2015 (8890955), Brussel, 176 p.

Provoost S., Vangansbeke P., Raman M., D'Hulster F., Schelfhout S., Verheyen K. & De Schrijver A. 2018a. Referentieonderzoek nutriënten voor het bepalen van de kwaliteit van Europees beschermde duinhabitats : hoe problematisch zijn fosfaten aan de kust? HoGent, Universiteit Gent & Instituut Natuur- en Bosonderzoek, Gent, 161 p.

Provoost et al. 2018b. Advies over de potenties voor natuurontwikkeling op de voormalige campings te Raversijde – Oostende. Advies van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek A.3709, Brussel, 17 p.

Provoost S, Arens B. & Bovend'aerde L. 2019. Interreg V VEDETTE - Studie 'best practices' omtrent het herstel van de dynamiek van stuifduinen: Literatuuronderzoek en voorontwerp Westhoek. In opdracht van ANB, INBO, Arens Bureau voor Strand- en duinonderzoek & Witteveen + Bos, Antwerpen, 96 p. + bijlagen.

Ritzema H.P., Heuvelink G.B.M., Heinen M., Bogaart P.W., van der Bolt F.J.E., Hack-ten Broeke M.J.D., Hoogland T., Knotters M., Massop H.T.L. & Vroon H.R.J. 2012. Meten en interpreteren



van grondwaterstanden. Analyse van methodieken en nauwkeurigheid. Alterra-rapport 2345, Wageningen, 122 p.

Rotheroe M. 1993a. The larger fungi of Welsh sand dunes. A report to the Countryside Council for Wales, Bangor, 25 p.

Saxton K.E., Rawls W.J., Romberger J.S. & Papendick R.I. 1986. Estimating generalized soil-water characteristics from texture. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 50(4): 1031-1036.

Schittekat J. 1972. Étude sédimentaire et hydrogéologie à Oostduinkerke. MSc, Université de l'État de Liege, 83 p.

Sevenant A., Samson R., Verbeeck H., Vanermen N., Wackenier L. & Lemeur R. 2003. Kwantitatieve analyse van de bijdrage van de vegetatie tot de evapotranspiratie in duinvalleien. Universiteit Gent, in opdracht van het Instituut voor Natuurbehoud, Gent, 120 p.

Silvertown J., Dodd M.E., Gowing D.J.G., Mountford J.O. 1999. Hydrologically defined niches reveal a basis for species richness in plant communities. *Nature* 400 (6739): 61-63.

Smith D.M., Scaife A.A., Eade R. & Knight J.R. 2016. Seasonal to decadal prediction of the winter North Atlantic Oscillation: emerging capability and future prospects. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 142: 611-617.

Tavernier R. & Moormann F. 1954. Les changements du niveau de la mer dans la plaine maritime flamande pendant l'Holocène. *Geologie en Mijnbouw* 16: 101-106.

Thomaes A. 2014 Tree species effects on herb layer development in postagricultural forests. PhD thesis, Ghent University, 148 p.

T'Jollyn F., Bosch H., Demolder H., De Saeger S., Leyssen A., Thomaes A., Wouters J., Paelinckx D. & Hoffmann M. 2009. Ontwikkeling van criteria voor de beoordeling van de lokale staat van instandhouding van de Natura 2000 habitattypen: Versie 2.0. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, 2009(46), Brussel, 326 p.

Van Calster H., Van Daele T. & Vanderhaeghe F. 2017. Inschatting van de kosten voor het beheren van een grondwatermeetnet op terreinen van het Agentschap voor Natuur en Bos. Advies van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek A.3557, 22 p.

Van Camp M., Martens K. & Walraevens K. 2012. Impact of recent climate variability on an aquifer system in north Belgium. *Geologica Belgica* 15 (1–2): 73–80.

Van Daele T. & De Bie E. 2015. Leidraad grondwatermodellering voor passende beoordeling: onderbouwing voor wegwijzer 'verdroging/vernatting'. Intern rapport van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel, 61 p.

Van der Aa B., Vriens L., Van Kerckvoorde A., De Becker P., Roskams P., De Bruyn L., Denys L., Mergeay J., Raman M., Van den Bergh E., Wouters J. & Hoffmann M. 2015. Effecten van klimaatverandering op natuur en bos. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2015 (INBO.R.2015.9952476), Brussel, 286 p.

Vanderhaeghe F., Denys L., Van Calster H., Cools N., Vandenaabeele M.-A., Van Elegem B. & Quataert P. 2017. Vraagstelling en beleidsrelaties van de Meetnetten Natuurlijk Milieu in Vlaanderen. Beleidsvragen en synergieën als afbakening voor het ontwerp. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2017 (33), Brussel, 172 p. DOI: [doi.org/10.21436/inbor.13086011](https://doi.org/10.21436/inbor.13086011)

Van der Hoeven P.C.T. 2011. Lysimeters Castricum, meetproject en datafiles. Alterra-rapport 2053-1, Wageningen, 111 p.

Van Dijk, A.J. & Boele, A. 2011. Handleiding SOVON Broedvogelonderzoek. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen, 56 p.

Van Haren R., van Oldenborgh G.J., Lenderink G., Collins M. & Hazeleger W. 2012. SST and circulation trend biases cause an underestimation of European precipitation trends. *Climate Dynamics*: 1-20.

Van Landuyt W. & T'jollyn F. 2011. Monitoring van kruipend moerasscherm (*Apium repens*) in Vlaanderen. Resultaten van de monitoring 2008-2011 in het kader voor de Habitatrichtlijn. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek R.2011.47), Brussel, 27p.

Van Lipzig N.P.M. & Willems P. 2015. Actualisatie en verfijning klimaatscenario's tot 2100 voor Vlaanderen. In opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA/2015/01. KU Leuven i.s.m. KMI. Raadpleegbaar op [www.milieurapport.be](http://www.milieurapport.be).

Van Uytvanck J. & Provoost S. 2018. Beheervoorstel Kleyne Vlakte. Ongepubliceerd advies, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.

Vermeersch G., Onkelinx T. & Lewylle I. 2013. ABV project: nieuw cijfermateriaal. *Vogelnieuws* 21: 28-31.

Vlaamse Hydrografie s.d. Overzicht van de tijwaarnemingen langs de Belgische kust, Periode 2001-2010 voor Nieuwpoort, Oostende en Zeebrugge. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Agentschap MDK, Oostende, 41 p.

Von Asmuth J.R., Maas K., Knotters M., Leunk I. & Zaadnoordijk W.J. 2012. *Menyanthes* User Manual version 2.x.c. KWR, Nieuwegein, 60 p.

Westra T., Oosterlynck P., Van Calster H., Paelinckx D., Denys L., Leyssen A., Packet J., Onkelinx T., Louette G., Waterinckx M. & Quataert P. 2014. Monitoring Natura 2000 - habitats: meetnet habitatkwaliteit. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2014 (1414229), Brussel, 77p.

Witte J.P.M. & Runhaar H. 2000. Planten als indicatoren voor water. *Stromingen : vakblad voor hydrologen* 6: 5 - 21.

Wouters J., Onkelinx T., Bauwens D. & Quataert P. 2008. Ontwerp en evaluatie van meetnetten voor het milieu- en natuurbeleid. Leidraad voor de meetnetontwerper. Vlaamse Overheid, Departement Leefmilieu, Natuur en Energie, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Zwaenepoel A., Cosyns E., Lambrechts J., Ampe C., Termote J., Waeyaert P., Vandenbohede A., Lebbe L., Van Ranst E. & Langohr R. 2007. Gebiedsvisie voor de fossiele duinen van Adinkerke, inclusief beheerplan voor het Vlaams Natuurreservaat de duinen en bossen van De Panne, deelgebied Cabour en deelgebied Garzebekeveld. WVI, Aeolus & Universiteit Gent in opdracht van Agentschap voor Natuur en Bos.

Zwaenepoel A., Van Nieuwenhuysse H., Provoost S., Lambrechts J., Verbelen D., Steeman R., Cosyns E., Feys S., Herr C., Jacobs M., Lewylle I., Vandendriessche B., Van de Sijpe M., Quartier, J., Van Gompel W., Vercruyssen W. & Willems W. 2017. Gebiedsvisie voor de Binnenduinen van Knokke met inbegrip van een beheerplan voor de Hazegrasduinen. WVI, INBO & Natuurpunt Studie i.o.v. het ANB, 524 p.



Bijlage 4.1 Waarnemingen van Amfibieën

	Bruine kikker	Bastaardkikker	Gewone pad	Rugstreeppad	Alpenwatersalamander	Kleine watersalamander	Kamsalamander	Driedoornige stekelbaars	Tienddoornige stekelbaars
CAB_001	1300		20			1			
CAB_002						51			
CAB_003		20				2			
CAB_004		10				2			20
CAB_005	30	5				15			
CAB_012		1				19			
CAB_013						34			
CAB_014						5			
CAB_015	1	5	1			18			
CAB_027		50	10			38			
CAB_028		2				2			
CAB_029			100			8			
CAB_031						8			
CAB_040	2					2			
CAB_041						5			
CAB_045		1				5			
CAB_046						5			
CAB_053						1			3
CAB_054	6							1	12
CAB_055						1		4	100
CAB_056						3			
CAB_060						15			
HOS_001			700			45	2		
HOS_007			5		1	3			20
HOS_008	700		700			14			20
HOS_009					1	6			
HOS_010					2	3	15		
HOS_011	1		70			5	1		
HOS_012						8	2		20
HOS_016	3		1			15	1		
HOS_017	1				19	11	4		1
HOS_018	20		30			11	1		
HOS_019	300			4		23	2		
HOS_020			15			3	4		
HOS_021	15		70	2		8			
HOS_022	15		700			3			
NOD_001	70		700			10			
NOD_002	4		700		1	15			
NOD_022					1	10			
NOD_023						8			
NOD_025	300		300		2	14			