
Vegetatieontwikkeling in duinen en duinvalleien op Oost-Ameland onder invloed van bodemdaling

Resultaten Valleikartering 2001-2022



N.M. van Rooijen, A.H. Heidema, D. van Walvoort, P. Mathijsen, J. Sitters, J. van Tol, A.T. Kuiters

Wageningen Environmental Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research en gefinancierd door de NAM (projectnummer 5200047640).

Wageningen Environmental Research
Wageningen, januari 2024

DOI: 10.18174/653635

Inhoud

Contents

Inhoud		2
Woord vooraf		4
Samenvatting		5
1	Inleiding	7
2	Methoden	8
	2.1.1 Meetpunten en dominostenen	8
	2.2 Vegetatieopnamen	9
	2.3 Abiotische data	9
	2.3.1 Veldscores	9
	2.3.2 Indicatiewaarden	9
	2.3.3 Bodemchemische bepalingen	10
	2.3.4 Grondwaterstanden	10
	Overfloeding	10
	2.4 Analysemethoden	10
	2.4.1 Bodemdaling	10
	2.4.2 Ruimtelijke variatie	10
	2.4.3 Trends in indicatiewaarden	11
	2.4.4 Kansrijkdom voorkomen habitattypen	11
	2.5 Habitattypen projectgebied Oost-Ameland	13
	2.5.1 H1310 Zilte pionierbegroeiingen	13
	2.5.2 H1330 Schorren en zilte graslanden	14
	2.5.3 H2120 Witte duinen	14
	2.5.4 H2130 Grijze duinen	15
	2.5.5 H2160 Duindoornstruwelen	16
	2.5.6 H2170 Kruiwilgstruwelen	16
	2.5.7 H2190 Vochtige duinvalleien	17
3	Resultaten	19
	3.1 Veranderingen in hoogte maaiveld	19
	3.1.1 Meetnauwkeurigheid Z-coördinaat	19
	3.1.2 Netto verandering hoogte maaiveld	20
	3.2 Ecologische indicatiewaarden	21
	3.2.1 Vochtindicatie	21
	3.2.2 Zoutindicatie	23
	3.2.3 Stikstofindicatie	24
	3.3 Grondwaterstanden	26
	3.4 Bodemchemie	27
	3.5 Vegetatieveranderingen	28
	3.5.1 Soortendiversiteit	28
	3.5.2 Multivariate analyse	28
	3.6 Voorkomen indicatieve soorten	30
	3.7 Vegetatietypen	32
	3.8 Trends in areaal habitattypen	34

3.8.1	Aanpassingen in 2022/23	34
3.8.2	Puntmetingen	34
3.8.3	Kansrijkdomkaarten	36
3.9	Kwaliteit habitattypen	39
4	Conclusies en discussie	41
4.1	Arealen habitattypen i.r.t. bodemdaling en vernatting	41
4.2	Verziltting	41
4.3	Lokaal hoogtemodel	42
4.4	Bodemchemie	42
4.5	Toekomstig functioneren van het duinsysteem in het Oerd?	43
4.6	Aanbevelingen model	43
5	Literatuur	45

Woord vooraf

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van en begeleid door de Begeleidingscommissie monitoring bodemdaling Ameland. We willen It Fryske Gea bedanken voor de bereidwillige medewerking aan het onderzoek en voor de gastvrijheid om in hun terrein het onderzoek te mogen uitvoeren. De 'valleikartering', waarvan in dit rapport de resultaten worden samengevat voor de periode 2001-2022, is vanaf de start in 2001 tot en met 2014 uitgevoerd door Pieter Slim, Gerard Dirkse en Han van Dobben, waarna het is overgenomen door Loek Kuiters. Zij hebben de basis gelegd voor de waardevolle dataset die daaruit is voortgekomen en waarop wij konden voortbouwen.

Samenvatting

Vanaf het begin van de gaswinning op Oost-Ameland in 1986 worden de effecten op natuurwaarden gemonitord in opdracht van de Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland. Vanaf 2001 vormt het onderzoek naar vegetatieveranderingen in duinvalleien in de bodemdalingsschotel onderdeel van het monitoringsprogramma. Daarbij wordt tweejaarlijks op een 70-tal vaste en een 70-tal 'zwervende' punten de vegetatie opgenomen om vast te stellen welke veranderingen er zijn opgetreden en in welke mate deze mogelijk samenhangen met de optredende bodemdaling als gevolg van gaswinning en de vernatting die dat tot gevolg heeft. De veranderingen worden onder meer zichtbaar gemaakt in de vorm van kanskaarten in het ruimtelijk voorkomen van habitattypen.

Sinds de start van de valleikartering in 2001 zijn er aanzienlijke veranderingen opgetreden in de vegetatie van duinen en duinvalleien. Het globale beeld is er een van aanzienlijke dynamiek. De overwegende trend is vooral vernatting resulterend in een geleidelijke uitbreiding van het habitatype Natte duinvalleien (H2190). Eerdere tijdreeksanalyses van peilbuizen in het gebied laten zien dat de toenemende vernatting niet het gevolg is van trendmatige toename in de netto neerslag. Deze fluctueerde sterk van jaar tot jaar, maar er was geen sprake van een trendmatige verandering over de meetperiode. Sinds de start van de bodemdaling in 1986 bedroeg de verhoging van de grondwaterstand (GLG) gemiddeld 16 cm. Zeespiegelstijging bedroeg gedurende deze periode (6-7 cm) en kan dus slechts een deel van de vernatting verklaren. Het grootste deel van de vernatting (9-10 cm) kan derhalve worden toegeschreven aan bodemdaling. Deze bedroeg gedurende de meetperiode (2001-2022) in het onderzoeksgebied gemiddeld 18 cm. Bodemvocht en daarmee ook hoogte van het maaiveld bleken de belangrijkste factoren die het verschil in vegetatiesamenstelling tussen de proefvlakken verklaarden. Daarmee heeft bodemdaling effect op het ruimtelijk voorkomen van habitattypen.

De hoge vloed en de daaropvolgende lange droge periode heeft geresulteerd in een sterke uitbreiding van zilte begroeiingen (habitatype H1330) in 2008 in de westelijk gelegen duinvalleien (aan de westkant van het fietspad), maar vooral ook aan de oostkant van het onderzoeksgebied. In de jaren daarna nam deze verzilting weer geleidelijk af door uitspoeling met regenwater. Deze tijdelijke verzilting heeft op veel plekken geleid tot een afname van het type Grijze duinen (H2130) en van Duindoornstruwelen (H2160). Deze ontwikkelingen onderstrepen het belang van 'events' (stochastisch optredende extreme weersinvloeden) voor de dynamiek van duinvalleivegetaties. Sinds 2018 lijkt er weer sprake van geleidelijke verzilting. Dit blijkt uit de toename van kweldersoorten en de daarmee samenhangende uitbreiding van het areaal Zilte graslanden (H1330). De droge zomers van de laatste jaren met een sterke verlaging van de grondwaterstanden in het late najaar op het moment dat hoge vloed het gebied onder zeewater zetten zou hierbij een rol kunnen spelen.

Zoals vermeld in eerdere integrale rapportages ontbrak tot nog toe inzicht in het organisch stofgehalte in de bodem in relatie tot vegetatietypen en vegetatieontwikkeling in de duinvalleien (Van Dobben et al. 2011; Kuiters et al. 2017). De bodemchemische metingen van 2020 maken duidelijk dat in de natte duinvalleien organische stof in de bodem is geaccumuleerd tot ca. 12 kg/m². Dit stemt goed overeen met de waarden die voor valleien op Oost-Ameland al eerder zijn gevonden door onderzoekers van de Universiteit Groningen. Dat deze waarden aanzienlijk lager liggen dan de waarden die in goed ontwikkelde zoete valleien worden gevonden zoals op Schiermonnikoog (ca. 20 kg/m²) laat zien dat de invloed van zeewater de accumulatie van organische stof en daarmee de veroudering van valleien remt.

Zeewater is rijk aan sulfaat. Wanneer sulfaatrijk zeewater een bodem binnendringt, die rijk is aan organische stof, wordt al snel alle zuurstof verbruikt waarna vervolgens sulfaat wordt gereduceerd door micro-organismen. Daarbij wordt organisch materiaal afgebroken door micro-organismen en komt minerale stikstof en fosfaat beschikbaar voor de vegetatie. Sulfaatrijk zeewater stimuleert daarmee de mineralisatie van duinvalleibodems die rijk zijn aan organische stof, waarbij minerale stikstof en fosfaat beschikbaar komt. Vermoedelijk is dit proces verantwoordelijk voor de snelle ontwikkeling van riet- en

zeebiesvegetaties in de duinvalleien als gevolg van het vooral langer inunderen na stormvloed met zeewater in het bodemdalingsgebied. Deze ontwikkeling is vooral zichtbaar in de oostelijke valleien dichtbij het instroompunt van zeewater vanuit de Waddenzee.

1 Inleiding

Sinds de aanvang van de gaswinning op Oost-Ameland in 1986 wordt er nauwlettend gelet op de gevolgen van bodemdaling op de vegetatie in de duinen, duinvalleien en kwelders. In eerste instantie werd dit gedaan door permanent onderzoek te doen naar 66 proefvlakken van 2x2 meter langs vijf transecten voor duinen en duinvalleien, en 95 proefvlakken in de overige vijf transecten voor de kwelders. Dit onderzoek werd uitgevoerd over een gebied dat zich uitstrekte van de Kooiduinen in het westen tot De Hon in het oosten. De resultaten van deze monitoring werden uitgebreid gerapporteerd in zesjaarlijkse integrale rapportages tussen 1995 en 2017. Na 2013 werd het onderzoek naar duinen en duinvalleien op verzoek van de Begeleidingscommissie monitoring bodemdaling stopgezet, maar de monitoring van enkele kweldertransecten werd wel voortgezet en recentelijk uitgebreid met een nieuwe set proefvlakken.

In 2001 werd er een nieuwe meetreeks opgezet om de duinvegetatie in de buurt van het centrum van de bodemdalingsschotel te monitoren. Dit werd gedaan vanwege het optreden van sterfte van duindoorn- en meidoornstruweel in 1994 in meerdere duinvalleien. Vernatting als gevolg van bodemdaling en de daarmee samenhangende langdurige inundatie werd beschouwd als de meest waarschijnlijke oorzaak. De valleien waar struweelsterfte optrad, omvatten ongeveer 25 hectare en lagen in het centrum van de bodemdalingsschotel. Besloten werd om ook de directe omgeving bij deze intensievere monitoring te betrekken, waardoor het onderzoeksgebied uitkwam op in totaal 70 hectare.

De valleien liggen in de buurt van het Oerd en de Oerderduinen en omvatten een gebied van het Spijkerpad in het westen tot aan de NAM-locatie in het oosten. Het onderzoeksgebied omvat een zonerings van helmbegroeiingen in de zeereep naar droge duingraslanden en natte duinvalleien tot zilte vegetaties aan de wadkant. Op veel plaatsen komen deze begroeiingen voor in mozaïek met duindoornstruweel of kruipwilgstruweel. De duinvalleien op Oost-Ameland ten westen van de NAM-locatie worden vooral in de winter meerdere malen onder water gezet door de open verbinding met de Waddenzee. Bij springtij of stormvloed stroomt hier zeewater de duinvalleien in tot voorbij het Spijkerpad. Een deel van de valleien wordt 's winters staat ook langdurig onder water als gevolg van een hoge grondwaterstand (Krol 2020).

Het was verwacht dat de frequentie en duur van overstromingen met zeewater zouden toenemen als gevolg van bodemdaling, met mogelijke gevolgen voor de begroeiing in duinvalleien en struweelgebieden (Dankers et al. 1987, Schouten 1999). Ook zou de grondwaterstand ten opzichte van het maaiveld toenemen als gevolg van bodemdaling. Echter, recentelijk is gebleken dat de hoogte van het maaiveld van de valleien niet overal gelijkmatig daalt als gevolg van de bodemdaling. Vooral achter de zeereep treedt er gedeeltelijke compensatie op als gevolg van instuivend zand uit de zeereep (Krol 2021), wat plaatselijk versterkt wordt door de aanleg van kerven in de zeereep in 2011 (Riksen et al. 2016). Bovendien vindt er bodemophoging plaats door bodemvorming en accumulatie van strooisel en humus. In 2005 en 2011 zijn ook enkele duinvalleien geplagd om verruiging tegen te gaan en nieuwe duinvalleien te creëren.

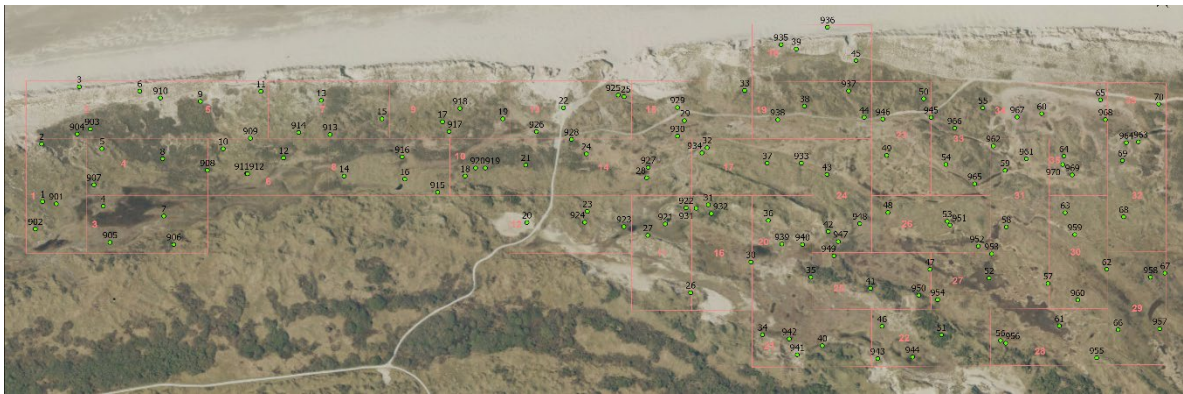
Het is dus een uitdaging om bij de monitoring van de vegetatie in duinen en duinvalleien het effect van bodemdaling, op- en overstuiving, bodemvorming en beheer (plaggen) van elkaar te onderscheiden. De resultaten van de vegetatiemonitoring voor de periode 2001-2016 zijn beschreven in de integrale rapportage van 2017 (Kuiters et al. 2017 in De Vlas 2017), terwijl deze rapportage de resultaten van 2001 tot en met 2022 behandelt.

2 Methoden

2.1.1 Meetpunten en dominostenen

De dataset "Valleikartering" bestaat uit 140 meetpunten die zijn geselecteerd op basis van representativiteit en objectiviteit. Om de representativiteit te waarborgen, is het onderzoeksgebied van 70 hectare verdeeld in 35 deelgebieden van 2 hectare elk, die elk zijn gemarkeerd als "dominostenen" van 100 x 200 meter (zie Fig. 1). Binnen elk deelgebied zijn vier opnamelocaties willekeurig geselecteerd om ervoor te zorgen dat alle delen van het terrein op dezelfde intensiteit worden bemonsterd. De afstand tussen het meest westelijke en het meest oostelijke punt bedraagt 1.870 meter. Er is sprake van een bodemdalingsgradiënt van west naar oost, die zich uitstrekt tot het centrum van de bodemdalingsschotel.

Van de 140 meetpunten zijn er 70 permanent en de andere 70 zijn "zwervend". Deze "zwervende punten" worden bij elke meetronde opnieuw willekeurig gekozen om informatie te verzamelen over de variatie die op korte afstand kan voorkomen. Deze informatie is van belang voor de statistische habitatkartering, zoals beschreven in paragraaf 2.4.4.



Figuur 1. Onderzoekgebied op Oost-Ameland met de 35 'dominostenen' en 4 meetpunten per dominosteent. De stippen met nummers 1-70 zijn vaste proefvlakken, de rode stippen met nummers 901-970 zijn de gelote proefvlakken van 2022.

In 2001 zijn de X- en Y-coördinaten van de 70 permanente opnamelocaties getrokken volgens de methode van een ongelijnd systematische steekproef uit een verzameling Rijksdriehoekcoördinaten. De 'zwervende' meetpunten worden gekozen volgens de methode van een gestratificeerde aselechte steekproef. In 2004 en 2006 lagen de zwervende meetpunten op dezelfde locaties als in voorgaande jaren, maar voor de latere meetjaren werden ze op willekeurige plekken geloot. De 140 meetpunten worden tweejaarlijks opgenomen. De observatieperiode omvat momenteel bijna 20 jaar en bestaat uit elf meetmomenten: 2001, 2004, 2006, 2008, 2010, 2012, 2014, 2016, 2018, 2020 en 2022.

De methode is ontworpen om met de meetgegevens een vegetatiekartering te creëren die het hele gebied bestrijkt. Voorafgaand aan elke meetronde worden de opnamelocaties in het veld geïdentificeerd met behulp van RTK-DGPS, met een nauwkeurigheid van ongeveer één centimeter op een horizontaal vlak en 2 cm op het verticale vlak.

2.2 Vegetatieopnamen

Op elke opnamelocatie wordt een proefvlak van vier vierkante meter uitgezet, dat cirkelvormig is met een straal van 1,13 meter. Bij iedere vegetatieopname wordt een lijst opgesteld van de aanwezige vaatplanten, mossen en korstmossen. De abundantie van elke soort wordt geschat volgens een negendelige schaal van de 4de Bosstatistiek (Dirkse 1998; Tabel 1).

Tabel 1. Opnameschaal voor de abundantie van plantensoorten in een proefvlak (Dirkse 1998; 4de Bosstatistiek).

Score	Bedekkingspercentage
1	<0,1
2	0,1-<1
3	1-<5
4	5-<10
5	10-<25
6	25-<50
7	50-<75
8	75-<90
9	<90-100

Het veldwerk vindt doorgaans plaats in de maanden juli, augustus en september. In deze maanden is het groeiseizoen voldoende gevorderd, zodat de meeste soorten nog goed te herkennen zijn en late kiemers al aanwezig zijn. Tegelijkertijd is het broedseizoen van vogels voorbij en is het gebied toegankelijk. Aanvankelijk werden de vegetatieopnamen met de hand vastgelegd op een speciaal opnameformulier, later werd een veldcomputer gebruikt. De opnamen werden zoveel mogelijk door twee onderzoekers gezamenlijk gemaakt om fouten te vermijden en het aantal soorten dat over het hoofd wordt gezien te minimaliseren. Voor soorten die in het veld niet onmiddellijk konden worden geïdentificeerd (vooral mossen en korstmossen), werden exemplaren meegenomen voor nadere determinatie door een expert.

De opslag en verwerking van de gegevens werden uitgevoerd met het dataverwerkingsprogramma TURBOVEG (Hennekens et al. 2001). Alle opnamen zijn opgenomen in de Landelijke Vegetatiedatabank in beheer bij Wageningen Environmental Research (WENR; Hennekens et al. 2016; www.synbiosys.alterra.nl/LVD2).

2.3 Abiotische data

2.3.1 Veldscores

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van verschillende methoden om inzicht te krijgen in de abiotiek van de proefvlakken. Voor de bodemvochtigheid is gewerkt met een kwalitatieve veldscore die aangeeft of de bodem droog, vochtig of nat is. Het bodemtype is vastgesteld door middel van een bodemprofiel dat naast het proefvlak is uitgestoken en visueel is beoordeeld. Daarnaast is van ieder proefvlak elke meetronde de maaiveldhoogte vastgesteld met RTK-DGPS, geijkt op het geodetisch referentiepunt 029307 (Steen R.D. Kooioerdstuifdijk).

2.3.2 Indicatiewaarden

Om veranderingen in de abiotiek te kunnen analyseren, zijn indicatiewaarden gebruikt. Er zijn Ellenberg- en Wamelink-indicatiegetallen gebruikt voor vocht, zout en trofie. De indicatiewaarden zijn berekend door middeling van de indicatiewaarden van de afzonderlijke plantensoorten in een opname, waarbij slechts rekening gehouden is met aan-/afwezigheid van soorten en niet met hun abundanties.

2.3.3 Bodemchemische bepalingen

Bij de meetronde in 2020 is bij de 70 vaste proefvlakken een bodemprofiel gestoken en zijn verschillende bodemchemische analyses uitgevoerd, zoals het vochtgehalte, organisch stofgehalte, pH-CaCl₂, pH-H₂O, N-totaal, P-totaal, P-Olsen, Calcium, Natrium en Zwavel. Van ieder proefvlak is de gehele humuslaag bemonsterd, omdat de focus vooral lag op de organisch stofgehalten van de bodem. In 2022 is deze bepaling niet uitgevoerd.

2.3.4 Grondwaterstanden

Er zijn 15 peilbuizen geïnstalleerd in het onderzoeksgebied waarvan de grondwaterstand maandelijks wordt opgenomen. Aan de hand van een zestal representatieve peilbuizen is een analyse gemaakt van de grondwaterstandsveranderingen in de tijd. Voor deze peilbuizen zijn gegevens beschikbaar vanaf 1989. De trend in de GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand) in de zomerperiode (juni-augustus), wanneer de grondwaterstanden uitzakken als gevolg van een netto neerslagtekort, is weergegeven. Dit is de meest relevante parameter voor de vegetatie.

Overvloeding

De frequentie en duur van overvloeding van de duinvalleien in het onderzoeksgebied wordt jaarlijks vastgesteld op 16 vaste meetpunten door het Natuurcentrum Ameland. Voor meer informatie over deze methode wordt verwezen naar (Krol 2021).

2.4 Analysemethoden

De valleikartering is specifiek opgezet om areaalveranderingen in habitattypen te kunnen vaststellen. Vegetatieopnamen van elke meetronde zijn eerst geïnclassificeerd met behulp van het programma ASSOCIA (Van Tongeren et al. 2008). Daarbij is een indeling gebruikt van de Vegetatie van Nederland (Schaminée et al. 1998). De aangetroffen plantenassociaties zijn vervolgens vertaald naar habitattypen, volgens de Interpretation Manual of European Habitat types (EC 2007). Daarbij is gebruik gemaakt van een vertaaltabel (van Dobben et al. 2011), waarbij opnamen zijn toegewezen aan habitattypen van duinen, duinvalleien, duinstruwelen en kwelders. Door het relatieve voorkomen van habitattypen te vergelijken tussen meetjaren, kunnen verschuivingen in het ruimtelijk voorkomen van habitattypen in het gebied in de tijd worden gekwantificeerd.

2.4.1 Bodemdaling

Op basis van de jaarlijkse hoogtemetingen (Z-coördinaat) is een analyse gemaakt van de bodemdaling in het onderzoeksgebied in de periode 2001-2020. Deze data zijn ook gebruikt voor het maken van het DEM (*Digital Elevation Model*) ten behoeve van de habitatkartering ([paragraaf 2.4.4](#)).

2.4.2 Ruimtelijke variatie

Met behulp van gradiëntanalyse (CCA) zijn de vegetatieopnamen van ieder meetjaar op basis van de floristische samenstelling geordend in een multidimensionale ruimte, waarbij de assen abiotische gradiënten vertegenwoordigen. Daarbij is gebruik gemaakt van het programma CANOCO (Jongman et al. 1995, Ter Braak & Šmilauer 2002). De eerste drie assen zijn ecologisch geduid op basis van het 'soortenplot'. Als verklarende abiotische variabelen zijn meegenomen: X-coördinaat (als maat voor de afstand tot het centrum van de bodemdalingsschotel), Y-coördinaat (als maat voor de afstand tot de zeereep), Z-coördinaat (maaiveldhoogte), bodemtype (zand, kleiig, venig), organisch stofgehalte bodem en enkele andere bodemchemische parameters. Deze analyse geeft inzicht in de belangrijkste abiotische factoren die een rol spelen bij het voorkomen van de verschillende habitattypen in het onderzoeksgebied. In deze rapportage zijn de vegetatiedata voor 2020 geanalyseerd. Voor de gradiëntanalyses van eerdere meetjaren wordt verwezen naar de integrale rapportages van 2005, 2011 en 2017 (De Vlas 2005, 2011, 2017).

2.4.3 Trends in indicatiewaarden

Verschuivingen in de abiotische omstandigheden kunnen worden afgeleid uit verschuivingen in floristische samenstelling van de proefvlakken aan de hand van indicatiewaarden. Met behulp van lineaire regressie is de aanwezigheid van trends in indicatiewaarden vastgesteld. De lineaire regressies zijn uitgevoerd met het programma R 4.2.0)

2.4.4 Kansrijkdom voorkomen habitattypen

Er is een statistische habitatkartering uitgevoerd met gebruikmaking van een mixed multinomiaal logistisch regressiemodel. Hiermee worden de habitatveranderingen in de tijd ruimtelijk inzichtelijk gemaakt. De regressiemethode maakt gebruik van gebiedsdekkende hulpinformatie die van invloed kan zijn op de vegetatie. Een belangrijke informatiebron is de digitale hoogtekaart (DEM = *Digital Elevation Model*) en de informatie die daaruit kan worden afgeleid. De volgende variabelen zijn gebruikt als kandidaat verklarende variabelen:

Jaar van observatie

Het gaat hier om de jaren 2001, 2004, 2006, 2008, 2010, 2012, 2014, 2016, 2018 2020 en 2022. Dit is een kwalitatieve variabele met tien niveaus.

X-coördinaat

Bij iedere meetronde is het van centrum van de 140 proefvlakken, waar vegetatieopnamen zijn gemaakt, de X-coördinaat ingemeten met RTK-DGPS.

Y-coördinaat

Bij iedere meetronde is het van centrum van de 140 proefvlakken, waar vegetatieopnamen zijn gemaakt, de Y-coördinaat ingemeten met RTK-DGPS.

Absolute maaiveldhoogte in meter

Bij iedere meetronde is van het centrum van de 140 proefvlakken, waar vegetatieopnamen zijn gemaakt, de Z-coördinaat ingemeten met RTK-DGPS. De DEM's voor de afzonderlijke meetjaren zijn aangepast door het met *ordinary kriging* het geïnterpoleerde verschil tussen de gemeten hoogte en de DEM-hoogte in de vorige meetronde bij het DEM van de vorige meetronde op te tellen. In het DEM van 2016 is rekening gehouden met de verandering in hoogte van het maaiveld als gevolg van plaggen in een deel van het onderzoeksgebied in het najaar van 2015 (Kuiters et al. 2017). Daarbij zijn de volgende stappen gevolgd:

- 1) Er is een DEM gemaakt voor het niet-geplagde deel. Het DEM is van toepassing op het gebied dat in 2015 niet is geplagd. Het DEM2020 is geactualiseerd uitgaande van het DEM2018 en de Z-metingen van 2022.
- 2) Er is een DEM gemaakt voor het geplagde deel. De verschilwaarden tussen 31 Z-metingen¹ uit 2016 in het geplagde gebied en het DEM2014 zijn geïnterpoleerd door *ordinary kriging*. Deze waarden zijn opgeteld bij het DEM2014 voor het geplagde deel van het onderzoeksgebied. Het DEM2022 is geactualiseerd uitgaande van het DEM2020 en de Z-metingen van 2022.
- 3) Vervolgens zijn de resultaten van 1 en 2 gecombineerd. Voor het deel van het onderzoeksgebied waar najaar 2015 is geplagd zijn de gridcelwaarden van methode 2 genomen, waar niet is geplagd zijn de gridcelwaarden van methode 1 als resultaat gebruikt (dynamisch: waarden op een bepaalde locatie fluctueren over de tijd).

Relatieve maaiveldhoogte in cirkels met een straal van 5, 10 en 25 meter

Om de positie van een locatie ten opzichte van de directe omgeving te bepalen is de relatieve maaiveldhoogte berekend. Hierbij wordt voor elke rasterpunt van het DEM bepaald wat het verschil is tussen de hoogte in het rasterpunt en de gemiddelde hoogte van alle punten die zich bevinden in een

¹ Naast zes vaste meetpunten kon gebruik worden gemaakt van 25 extra meetpunten die zijn ingemeten in het kader van onderzoek, gestart in najaar 2016, naar de vegetatieontwikkeling in het geplagde deel van de duinvallei. De punten zijn ingemeten door NCA in samenwerking met WENR.

cirkel rondom het punt. Hiermee wordt onderscheid gemaakt tussen lokale duintoppen en laagten, welke niet als zodanig worden herkend in de absolute maaiveldhoogte. Voor de straal van de cirkel zijn drie waarden genomen, te weten 5, 10 en 25 meter. Bij de kleinste straal van 5 meter komen de effecten van kleine geomorfologische kenmerken in het gebied tot uiting, terwijl bij de grootste straal van 25 meter deze worden weggefilterd en het accent op grotere geomorfologische structuren ligt (dynamisch: waarden op een bepaalde locatie fluctueren over de tijd).

Indicator die aangeeft of locatie wel of niet onder water staat bij bepaalde zeespiegelstand (flood)

Voor drie niveaus van het zeewater (1,90 m, 2,20 m en 2,50 m boven NAP) is berekend welk deel van het onderzoeksgebied bij deze waterstand onder water kan stromen. Het instroompunt ligt aan de kant van de Waddenzee, in het zuidoosten van het gebied. Regelmatige maar ook incidentele overstroming met zout water heeft invloed op de vegetatiesamenstelling. Om die reden worden kaarten van deze hulpvariabele meegenomen in de kartering. Berekening van de instroomgebieden is vrij eenvoudig te realiseren met GIS, op voorwaarde dat een voldoende nauwkeurig DEM beschikbaar is (dynamisch: waarden op een bepaalde locatie fluctueren over de tijd). Voor de werkelijk opgetreden inundaties, zoals door NCA jaarlijks vastgesteld op een 16-tal meetpunten, wordt verwezen naar Krol (2021).

Aspect

'Aspect' is een kwalitatieve variabele die een functie is van de hellingshoek en de oriëntatie van een helling. Er zijn drie klassen onderscheiden, te weten N (oriëntatie tussen N315E en N45E), Z (oriëntatie tussen N135E en N225E) en overig (X). Bij een hellingshoek van 3 graden of minder is de klasse X, ongeacht de oriëntatie. De aspectwaarden zijn gebaseerd op de aspectkaart en de kaart van de hellingshoek, beiden afgeleid van het DEM.

Zowel de puntgegevens van habitattypen als de beschikbare hulpinformatie zijn gebruikt om tot habitatkaarten voor de afzonderlijke meetjaren te komen. De kaarten zijn gemaakt met een mixed multinomiaal logistisch regressiemodel, met zowel *fixed* als *random* effecten. Hieronder wordt de theorie kort uitgelegd en vervolgens de praktische toepassing. Voor meer details verwijzen we de geïnteresseerde lezer naar Brus et al. (2014, 2016).

Indien er geen herhaalde observaties zouden zijn op dezelfde plot zou het voorkomen van de habitattypen gemodelleerd kunnen worden met een multinomiaal logistisch regressie model (MNL) zonder *random* effect. In zo'n model wordt de kans op voorkomen van habitattypen gerelateerd aan omgevingskenmerken, ruimtelijke coördinaten en jaar van opname (zie hierboven). Eén willekeurig gekozen habitatype wordt als baselinetype genomen. De logaritme van de ratio van de kans op habitat j tot de kans op het baseline type wordt gemodelleerd als een lineaire combinatie van de geselecteerde verklarende variabelen:

$$\log\left(\frac{p_{ij}}{p_{i1}}\right) = \sum_{p=0}^p x_{ip} \beta_{pj}$$

Echter, in ons geval zijn er zowel permanente plots met herhaalde waarnemingen als wisselende plots met slechts één waarneming. Voor de permanente plots is het niet realistisch om aan te nemen dat de herhaalde observaties onafhankelijk zijn. Om hiermee rekening te houden, mogen de regressiecoëfficiënten voor een gegeven habitatype in het nieuwe MNL-model in tegenstelling tot die in een gewoon MNL-model verschillen tussen de locaties. Het is echter niet haalbaar om de regressiecoëfficiënt voor elke locatie te schatten. Wel kan de regressiecoëfficiënt van elke locatie gezien worden als een *random* getrokken waarde uit een normale verdeling met gemiddelde nul. Om dit te bewerkstelligen worden in het nieuwe model random intercepts (u_{ij}) toegevoegd. Dit nieuwe mixed multinomiaal logistische regressiemodel (MMNL) wordt dan:

$$\log\left(\frac{p_{itj|u_i}}{p_{it1|u_i}}\right) = \sum_{p=0}^p x_{itp} \beta_{pj} + u_{ij} = \beta_{0j} + u_{ij} + \sum_{p=1}^p x_{itp} \beta_{pj}$$

met $p_{itj|u_i}$ de conditionele kans op habitat j op locatie i en tijd t, geconditioneerd op de vector met random intercepts u_i . De aanname is nu dat, gegeven de locatie specifieke regressiecoëfficiënten, de herhaalde waarnemingen op de permanente plots onafhankelijk zijn. In dit model moeten niet alleen de regressie coëfficiënten voor elk habitatype worden geschat, maar ook de varianties van de random

intercepts en hun covarianties. Schattingen kunnen worden verkregen via simulatie, waarbij een groot aantal trekkingen uit de verdeling van de intercepts wordt gedaan, de kans op deze intercept waarden wordt berekend en vervolgens een gemiddelde van deze kansen wordt genomen. Voor zes habitats leidt dit tot vijf intercept varianties en tien covarianties.

Praktische toepassing: in verband met numerieke stabiliteit zijn alle kwantitatieve hulpvariabelen gestandaardiseerd, dat wil zeggen vermindert met het gemiddelde (over alle jaren) en vervolgens gedeeld door de standaardafwijking (over alle jaren). Vervolgens werd een *stepwise regression* uitgevoerd, startend met zowel een vol als een leeg model. Hieruit werd het beste MNL-model geselecteerd, waarbij het Akaike's Informatie Criterium (AIC) als selectiecriteria werd gebruikt. AIC is een functie van de *likelihood* van het model en het aantal regressiecoëfficiënten. AIC moet zo laag mogelijk zijn. Wanneer twee modellen een gelijke *likelihood* hebben maar een verschillend aantal regressie coëfficiënten, dan wordt het model met het kleinste aantal regressiecoëfficiënten geselecteerd als het beste model. In het uiteindelijke model kwamen de volgende covarianties voor: jaar van observatie (als kwalitatieve variabele, factor), X-coördinaat, Y-coördinaat, absolute maaiveldhoogte, relatieve maaiveldhoogte in cirkels met een straal van 10 en 25 meter en 'flood' bij een zeewaterstand van 2,20 m + NAP.

Deze hulpvariabelen zijn vervolgens gefit in een MMNL-model als 'fixed effects' en 'random intercepts'. Met de geschatte regressie coëfficiënten van het MMNL-model zijn vervolgens voor de knooppunten van een fijn grid voor elk van de zes habitattypen de kansen op voorkomen geschat, voor de verschillende jaren (2001, 2004, 2006, ...2020). Als voorspelling van het habitatype in een bepaald jaar op een bepaald knooppunt is vervolgens het habitatype met de grootste kans genomen. De oppervlakte van een bepaald habitatype in een bepaald jaar is voorspeld met het gemiddelde van de kansen van dit habitatype over alle knooppunten van het discretisatiegrid voor dat jaar.

Habitatypebeschrijvingen Oost-Ameland

2.5 Habitattypen projectgebied Oost-Ameland

2.5.1 H1310 Zilte pionierbegroeiingen

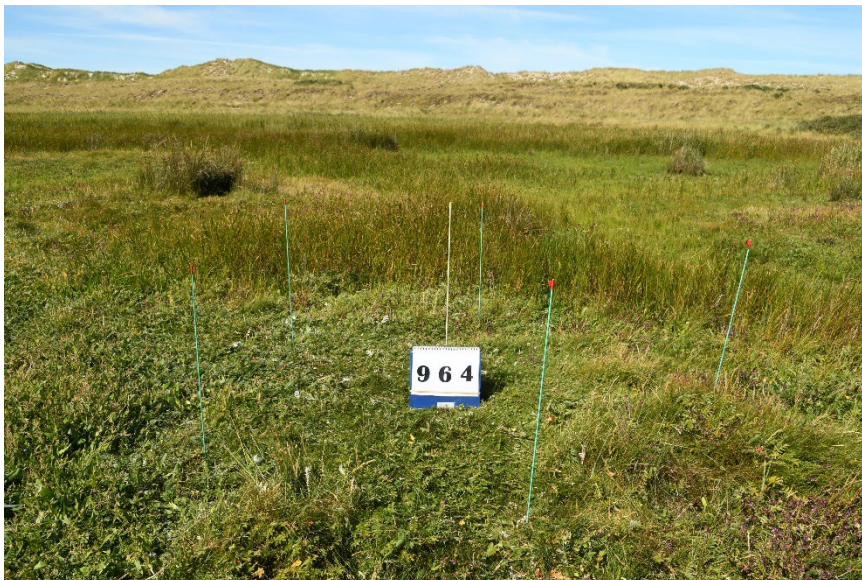
Specifieker gaat het om 'Eenjarige pioniersvegetaties van slik- en zandgebieden met *Salicornia* spp. en andere zoutminnende soorten'. Deze begroeiingen staan onder sterke invloed van overstroming met zout water, waardoor er open en onbegroeide plekken ontstaan waar pioniergemeenschappen zich kunnen ontwikkelen. Binnen het habitatype zijn echter grote verschillen te benoemen, daarom is het habitatype opgedeeld in een tweetal subtypen. Subtype A is een begroeiing met Zeekraal (*Salicornia*) Deze is met name te vinden op kwelders en hoge wadplaten. Dagelijkse overstroming met zeewater is hierbij essentieel. Dit type omvat o.a. de Associatie van van Langarige zeekraal (*Salicornietum dolichostachyae*), Associatie van Kortarige zeekraal (*Salicornietum brachystachyae*) en de Schorrekruidassociatie (*Suaedetum maritimae*). In deze laatste associatie kan Klein schorrekruid zeer dominant aanwezig zijn. Het tweede subtype (B) bestaat uit een begroeiing met Zeevetmuur (*Sagina*

maritima). Dit subtype ligt vaak hoger op de overgang van kwelder naar duin. Incidentele overstroming met zeewater vindt plaats, maar zeker niet op regelmatige basis.



2.5.2 H1330 Schorren en zilte graslanden

Atlantische schorren (*Glauco-Puccinellietalia maritimae*) omvatten de gehele begroeiingen op de kwelders die van de lage kwelder naar de hoge kwelder in verschillende mate worden beïnvloed door zout zeewater en successie. Het habitatype wordt opgedeeld in twee typen, A en B, waar de kwelder respectievelijk buiten- of binnendijks liggen. Op Oost-Ameland is met name subtype A te vinden (o.a. Neerlands Reid en de Hon). Het habitatype wordt op regelmatige basis overstromd vanuit zee via het netwerk aan slenken en geulen. Het omvat zo'n 23 associaties en vier subassociaties uit de Ruppia-klasse, Zeegras-klasse, Weegbree-klasse (met name het Zilverschoonverbond), de Klasse van vloedmerkgemeenschappen en de Kweldergrasorde.



2.5.3 H2120 Witte duinen

Het habitatype "witte duinen" bestaat uit opgestoven zand en wordt gedomineerd door Helm, Noordse helm of Duinzwenkgras en komt vooral voor in de zeereep of in opgestoven duinen in een secundaire duinenrij of paraboolduinen. De plantengroei buiten het bereik van zout grondwater en overstromend zeewater ontstaat door het proces van aanstuiving en stuivend zand. Dit zorgt voor een extreem milieu

waarin slechts weinig plantensoorten kunnen overleven. Voor Helm is het belangrijk dat er een verstuivingsdynamiek aanwezig is. Plekken met onbegroeid verstuifbaar zand maken dan ook onderdeel uit van het habitatype en kunnen in de grijze duinen aanwezig zijn. Aanplantingen van Helm en Noordse helm worden alleen tot het habitatype gerekend indien er geen regelmatig patroon van aangeplante pollen meer herkenbaar is.



2.5.4 H2130 Grijze duinen

Dit habitatype omvatten de soortenrijke graslanden met laagblijvende mossen, korstmossen, grassen en kruiden. In de luwte van ontwikkelen deze licht-dynamische systemen waarin de verstoringen dusdanig beperkt blijven dat er een dichte vegetatiemat kan ontstaan die niet doorschiet in een verder successiestadium door de aanwezigheid van overstuiving, hellingen en begrazing door met name konijnen. Er is veel variatie binnen de Grijze duinen die veelal samenhangt met het kalkgehalte in de bodem. Er worden drie subtypen onderscheiden:

A. Kalkrijke grijze duinen. Het gros van dit habitatype komt voor langs de Hollandse kust ten zuiden van Bergen. Echter kan het vegetatietype ook ontstaan in de jongere, nog niet ontkalkte, duinen op de Waddeneilanden.

B. Kalkarme grijze duinen. Waar de bodem van nature uit relatief weinig kalk bestaat of waar over tijd kalk uit verdwenen is ontwikkelen duingraslanden waar korstmossen een opvallende plek innemen. Wanneer er verzuring van de bodem optreedt kunnen er ook duinheiden ontwikkelen (H2140/H2150).

C. Heischrale grijze duinen Dit habitatype is vaak in smalle stroken te vinden in de overgang van vochtige duinvalleien naar droge graslanden. Hier vindt meer organische bodemopbouw (een humuslaag) en vochtretentie plaats. Onder andere de Associatie van Maanvaren en Vleugeltjesbloem is hier aan te treffen

kunnen voorkomen waarbij al snel een overgang naar habitattype H7210 Galigaanmoerassen wordt geconstateerd. Hoewel de plantendiversiteit vaak gering is, vormt dit type een belangrijk habitat voor met name vogels en waterfauna.



2.5.5 H2160 Duindoornstruwelen

Duindoornstruwelen bestaan uit duinbegroeiingen die gedomineerd worden door Duindoorn, met mogelijk ook andere struiken met hoge bedekkingen zoals Gewone vlier of Eenstijlige meidoorn. Duindoorn groeit voornamelijk op humusarm, kalkrijk zand met een lage indringingsweerstand en kan wortelknolletjes vormen met stikstofbindende actinomyceten. De biodiversiteit wordt voornamelijk bevorderd door successie op meer beschutte plekken en door de aanwezigheid van verschillende struiken. Beschaduwing door te hoge struiken kan Duindoorn echter op ten duur verdringen. Soortenarme begroeiingen ontstaan juist stagnerende successie. Duindoorn kan zich handhaven zolang de bodem voldoende kalkrijk blijft, maar kwijnt weg als de bodem ontkalkt raakt en gaat verzuren of wanneer er een groter zoutinvloed ontstaat.

2.5.6 H2170 Kruipwilgstruwelen

Het habitattype kruipwilgstruwelen (H2170) komt voor op vochtige of natte plekken in de duinen waar zich een laag ruw bodemorganische stof heeft opgebouwd. Het habitattype is in een verder gevorderd successiestadium van Vochtige duinvaleien (H2190). De diepwortelende kruipwilg (*Salix repens*) vestigt zich in een open pioniersituatie en kan met overstuivend zand meegroeien, waardoor deze vegetatie in contact staat met diepere bodemlagen dan veel andere begroeiingen in de grijze duinen. Kruipwilgstruwelen zijn het beste ontwikkeld in de kalkarme duinen ten noorden van Bergen waar kruipwilg begroeiingen opvallend veel soorten bevatten die normaal juist in de kalkrijke delen van de duinen worden gevonden. Op plekken waar de ontkalking nog niet te ver gevorderd is, zal de hoogste soortenrijkdom bereikt worden. Wanneer kruipwilg zeer dominant is als bedekker is de ondergroei doorgaans zeer soortenarm en bestaat veelal uit rozetplanten waarvan Klein wintergroen (*Pyrola minor*) en Rond wintergroen (*Pyrola rotundifolia*) de twee typische soorten zijn. Wel valt de diversiteit aan paddenstoelen en schimmels op die in de relatief dikke strooisellaag voorkomen (Jalink & Nauta 2002). In de kalkarme duingebieden grenst het habitattype tevens aan duinheiden met Kraaihei, waarbij er vaak een graduele overgang wordt geconstateerd. Er worden geen subtypen onderscheiden binnen habitattype H2170.



2.5.7 H2190 Vochtige duinvalleien

Vochtige duinvalleien zijn een gevarieerd habitattype in de Nederlandse kustduinen en bestaan uit verschillende subtypen, die variëren van zeer natte vegetaties tot vochtige graslanden. Deze valleien bevinden zich meestal in relatief jonge successiestadia en zijn te vinden in de vochtige laagten van de zandige kustduinen, waar verschillende successiestadia in de begroeiing optreden vanaf open zand of open water. Vochtige duinvalleien kunnen ontstaan door insnoering van strandvlakten door duinvorming of door uitstuiving tot op het grondwaterpeil. Het behoud van deze jonge successiestadia vereist een continue dynamiek van verstoring en stabilisatie, en voor droogvallende typen is een periodieke afwisseling van vochtige, natte of droge omstandigheden nodig. Bovendien moeten plantensoorten de ruimte hebben om mee te bewegen met deze dynamiek binnen de duinvallei.

Vochtige duinvalleien zijn vaak zeer soortenrijk, vooral wanneer er sprake is van kalkrijk grondwater of instuiving van sediment. Naarmate de bodemopbouw vordert en er geen periodieke terugzetting van successie plaatsvindt door overstuiving of overstroming, zal de soortenrijkdom afnemen, mede door het opkomen van meer bedekkende soorten zoals kruipwilg (*Salix repens*) en productieve grassen. Er zijn vier subtypen van H2190 te onderscheiden:

Subtype A: Vochtige duinvalleien met open water: hier ligt het grondwaterpeil in het groeiseizoen gemiddeld boven het maaiveld en valt het oppervlak weinig droog. Overstroming met zout of brak water is nog mogelijk. In de kalkrijke duinen is het water vaak hard, terwijl in de kalkarme duinen in het noorden van het land de duinplassen meer lijken op zwakgebufferde vennen. De begroeiing bestaat hier uit waterplanten en oevervegetatie.

Subtype B: Kalkrijke vochtige duinvalleien: deze valleien staan vaak in de winter of het vroege voorjaar onder water, maar drogen in de loop van het groeiseizoen op. De kalkrijke ondergrond zorgt voor een hoge pH, wat leidt tot een vaak soortenrijke vegetatie met veel zeggen, cypergrassen en in iets drogere omstandigheden met Parnassia of Groenknolorchis. Bij verdere successie kunnen vochtige duinvalleien van dit type zich ontwikkelen tot heischrale duingraslanden of kruipwilgstruwelen (H2170), waarbij de beheers- en begrazingsomstandigheden veel bepalend zijn. De aanvoer van kalkrijk grondwater is vereist voor het behoud van de omstandigheden in kalkarme duinen. Langdurige inundatie kan leiden tot een toename van de productiviteit van de vegetatie

Subtype C: Vochtige duinvalleien (ontkalkt). Dit type is zeer vergelijkbaar met het kalkrijke type. Ook deze duinvalleien staan in de winter en het vroege voorjaar doorgaans onder water. Bij lange perioden onder water zal de extra productie gering zijn en is de pH lager. Wederom kunnen hier zeggerijke

gemeenschappen voorkomen die veelal grenzen aan natte duinheide begroeiingen. Op plekken waar enige kalkrijke kwel of aanvoer van kalkrijk zand aanwezig is, kunnen er ook soorten uit subtype B voorkomen. Door successie zijn dit plekken die kunnen ontwikkelen tot kruipwilgstruwelen (H2170) Subtype D: Vochtige duinvalleien (hoge moerasplanten). Dit subtype komt vooral voor aan de rand van kalkrijke duinplassen, waar zich een hoge vegetatie kan ontwikkelen die vaak grotendeels uit Riet en/of hoge zeggensoorten bestaat. Ook uitgebreide Knopbies of Galigaanvegetaties vallen binnen dit type.



3 Resultaten

3.1 Veranderingen in hoogte maaiveld

3.1.1 Meetnauwkeurigheid Z-coördinaat

Bij het inmeten van de 70 vaste en 70 zwervende proefvlakken is naast X- en Y-coördinaat ook de Z-coördinaat bepaald van ieder proefvlak. Anders dan andere jaren, waarin we samen met een geodeet eerst gedurende enkele dagen alle proefvlakken inmeten en markeerden, hebben we in 2022 per meetdag proefvlakken van die dag ingemeten, waarbij we aan het begin van een meetdag eerst een tweetal vaste peilmerken (02C86 en 02C87) hebben gemeten als check van de juiste X-, Y en Z-waarde (Fig. 2). Door dit alle meetdagen te doen, werd informatie verkregen over de nauwkeurigheid (*accuracy*) in de gemeten coördinaten. Met name voor de Z-coördinaat is dat relevant, omdat de meetonnauwkeurigheid daarvan doorgaans het grootst is. Bovendien is maaiveldhoogte een relevante variabele als het gaat om het monitoren van de effecten van bodemdaling.



Figuur 2. Peilmerk 02C87 (RD-coördinaten: 187027.38; 608369.95) aan de noordkant van Neerlands Reid, naast het fietspad dat iedere meetdag werd gebruikt om de meetnauwkeurigheid te bepalen (Foto Loek Kuiters).

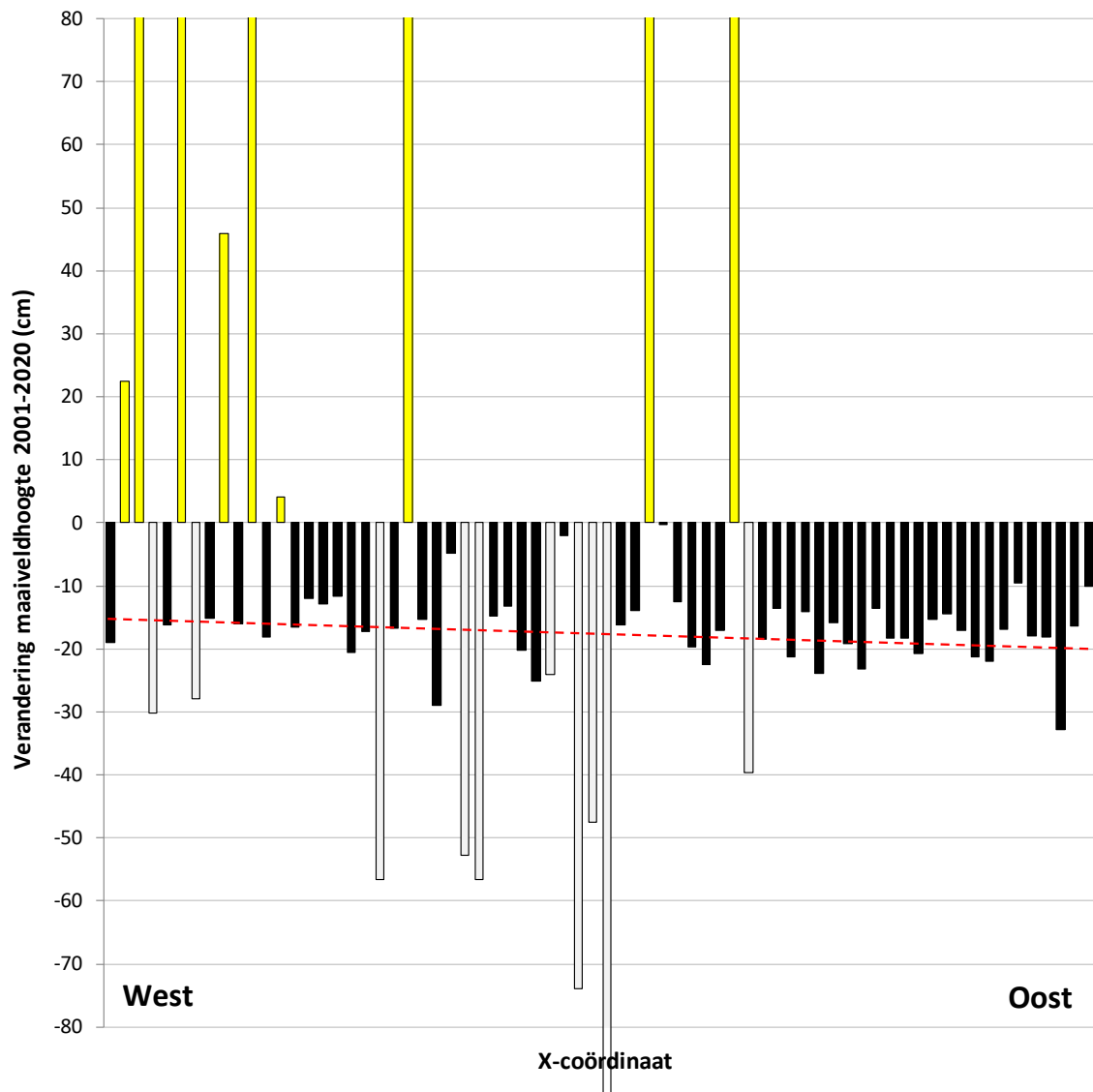
Over tien meetdagen in 2022 bedroeg de gemiddelde gemeten hoogte van de bout 02C86 2,197 m en 02C87 2,081 m +NAP met een standaardfout van resp. 0,004 en 0,005 m (n=19). De spreiding bedroeg resp. 1,4 en 2,2 cm, al met al een acceptabele meetonnauwkeurigheid.

Conclusie: de meetonnauwkeurigheid in de hoogte van het maaiveld bedroeg maximaal 0,5 cm.

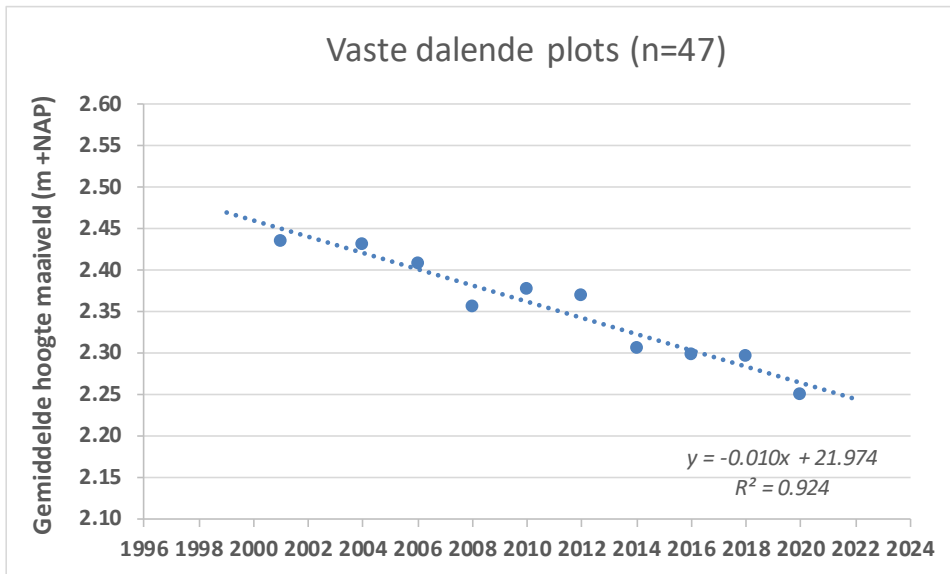
3.1.2 Netto verandering hoogte maaiveld

Van de 70 vaste proefvlakken is de verandering in maaiveldhoogte bepaald met regressie door alle meetpunten van het maaiveld tussen 2001 en 2020 (10 meetpunten). Op basis van de regressievergelijking is de bodemdaling bepaald over de periode van 19 jaar. In vrijwel alle gevallen kon de bodemdaling het beste worden gefit met een lineair model ($R^2 > 0,90$).

- Van 47 proefvlakken was het maaiveld gedaald door bodemdaling. De gemiddelde bodemdaling bedroeg $18,0 \pm 4,3$ cm in de periode 2001-2020, wat neerkomt op een gemiddelde bodemdaling van $0,95$ cm/jaar. Aan de westkant van het onderzoeksgebied was de daling iets minder groot dan aan de oostkant (rode stippellijn in Fig. 3).
- Van 14 proefvlakken was het maaiveld gestegen door opstuiving of overstuiving. Proefvlak 3, gelegen aan de strandzijde van de zeereep was het meest opgestoven met een stijging van het maaiveld van 495 cm.
- Van 9 proefvlakken was het maaiveld gedaald als gevolg van plaggen/afgraven van de duinvalleien in 2005 of 2015, waarbij de daling soms opliep tot ruim 90 cm (Fig. 3).



Figuur 3. Verandering in maaiveldhoogte van de 70 vaste plots in het onderzoeksgebied over de periode 2001-2020 als gevolg van opstuiving/overstuiving (geel), plaggen/afgraven (grijs) en bodemdaling (zwart). De y-as is afgesneden bij -80 of $+80$ cm. De 70 proefvlakken staan van links naar rechts afgebeeld met oplopende X-coördinaat (van west naar oost).



Figuur 4. Verandering in de gemiddelde maaiveldhoogte van de 47 vaste proefvlakken.

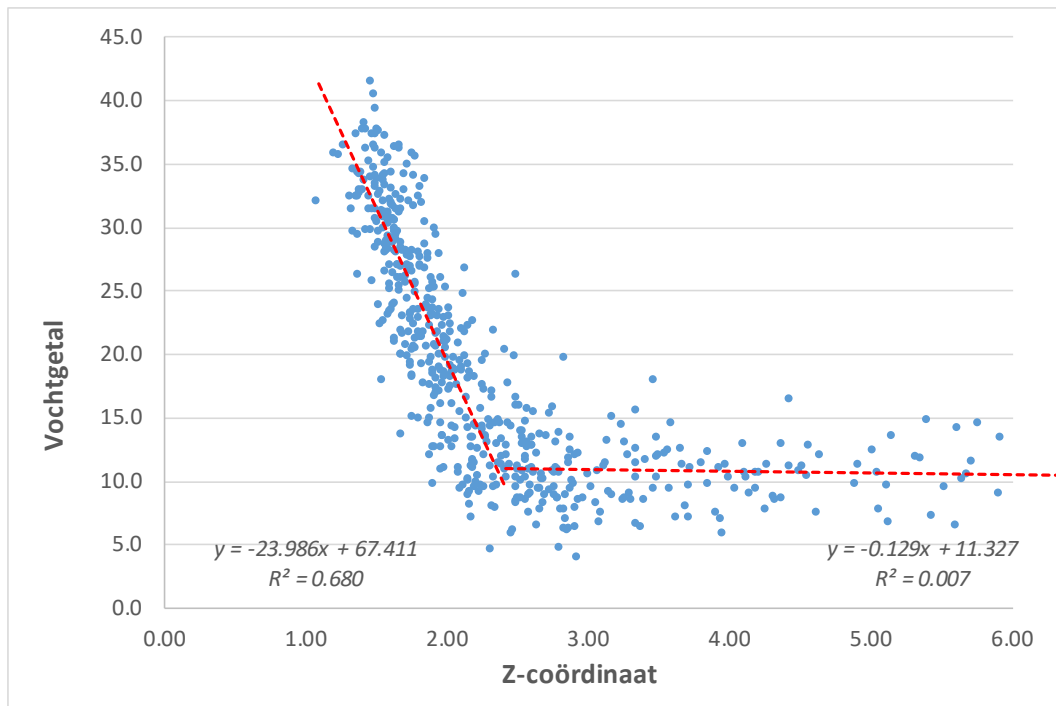
Kijken we naar de gemiddelde maaiveldhoogte van de 47 dalende vaste proefvlakken dan zien we dat er een vooralsnog monotone daling is opgetreden en er nog geen aanwijzingen zijn dat de bodemdaling aan het maaiveld aan het afvlakken is (Fig. 4).

Conclusie: De daling van het maaiveld bedroeg over de periode 2001-2022 gemiddeld 9,5 mm per jaar. Er is nog geen zichtbare afvlakking opgetreden.

3.2 Ecologische indicatiewaarden

3.2.1 Vochtindicatie

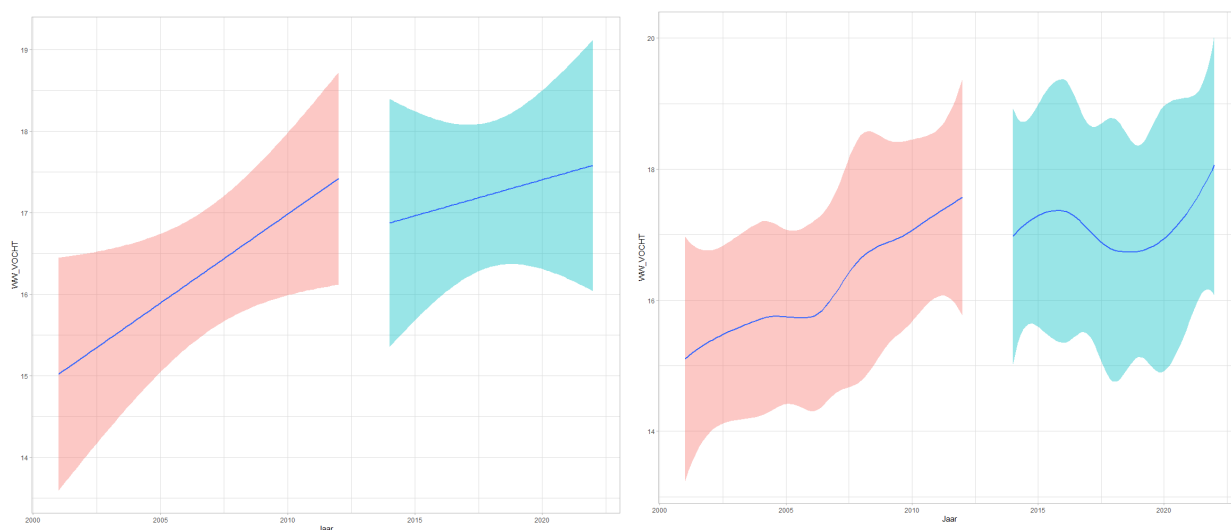
Eerst is gekeken naar de relatie tussen de hoogte van een proefvlak en het vochtgetal. Daarvoor zijn de data gebruikt van de vaste proefvlakken uit 2001 en alle zwervende proefvlakken van de meetjaren 2004-2022 (n=584). Geplagde proefvlakken zijn buiten beschouwing gelaten.



Figuur 5. Relatie tussen het indicatiegetal voor vocht (Wamelink) en de hoogte van het maaiveld (Z-coördinaat) ($n=584$).

Nadat bleek dat de relatie tussen vochtgetal en de Z-coördinaat niet significant verschilde tussen meetjaren, zijn alle meetjaren samengenomen in één figuur. Het resultaat staat in Fig. 5. Daaruit valt af te leiden dat beneden een maaiveldhoogte van 2,35 m +NAP het vochtgetal toeneemt bij afnemende hoogte van het maaiveld. Boven 2,35 m is het vochtgetal niet meer afhankelijk van de hoogte van het maaiveld. Met andere woorden, 2,35 m +NAP is een kritische drempelwaarde waar beneden de vegetatie onder invloed staat van het grondwater of van periode van overfloeding. Boven 2,35 m wordt de vegetatiesamenstelling niet beïnvloed door de beschikbaarheid van bodemvocht.

Vervolgens is de vraag of het vochtgetal van de vaste proefvlakken veranderd is in de tijd onder invloed van bodemdaling? Zoals te zien in Fig. 6 is er inderdaad vernatting opgetreden in proefvlakken. Deze vernatting is vooral opgetreden in de periode 2001-2012, daarna fluctueert het gemiddelde vochtgetal maar vertoont geen trend. De laatste jaren lijkt weer eerder verdroging dan vernatting te zijn opgetreden, mogelijk als gevolg van een aantal droge zomers. Wel is in er in het jaar 2021 sprake geweest van een opvallend nat jaar ten opzichte van de periode 2018-2020, waardoor er een lichte stijging in het vochtgetal te zien is, door de nasleep van nattere omstandigheden. Dit hoort echter bij de jaarlijkse fluctuaties die soms met enige vertraging zichtbaar worden in navolgende jaren.



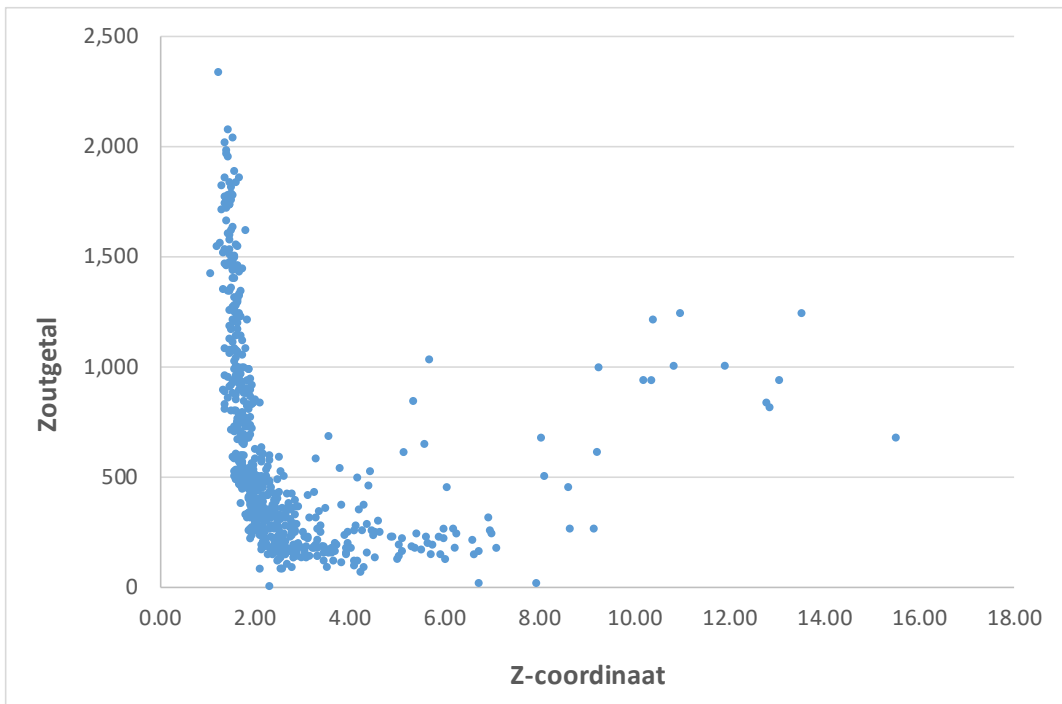
Figuur 6. Verandering van vochtindicatie waarden (Wamelink) van de vaste proefvlakken van de periode 2001-2012 (rood) en de periode 2014-2022 (blauw). De banden geven de 95% confidence interval weer, een maat voor de variatie in de data. De linker grafiek toont de lineaire trend die wordt gebruikt voor een trendberekening, rechts toont de grafiek de gemiddelde fluctuatie aan in de beide perioden (hierbij vallen de droge jaren 2018-2020 op).

3.2.2 Zoutindicatie

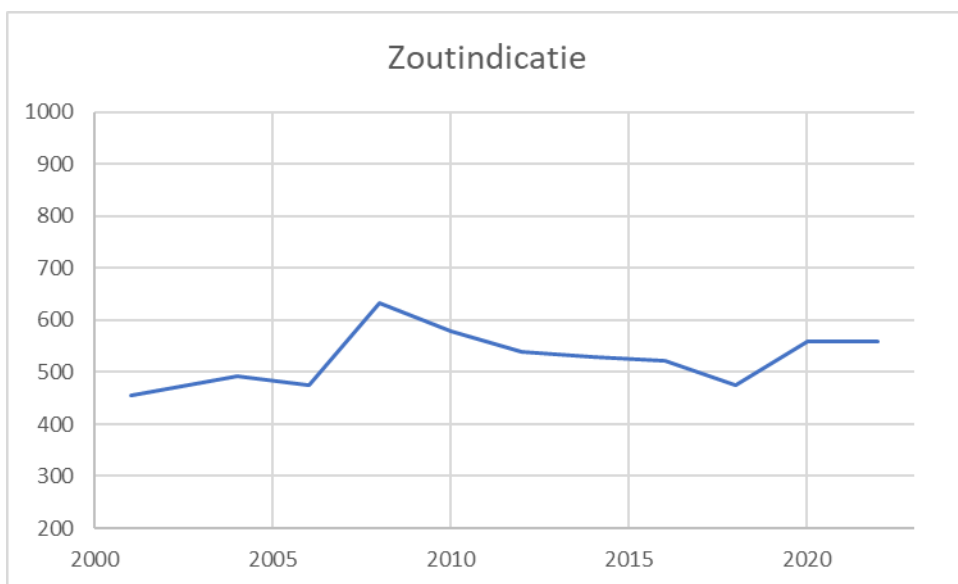
Het zoutgetal (Cl- getal; Wamelink) is sterk gecorreleerd aan het vochtgetal. Daardoor laat de relatie tussen zoutgetal en maaiveldhoogte (Z-coördinaat) een vergelijkbare curve zien als bij het vochtgetal (Fig. 7). Dit is een indicatie dat het vochtgetal van de vegetatie in sterke mate wordt bepaald door inundatie en mindere mate door de relatie met de grondwaterstand. Opvallend is wel dat ook bij hogere Z-waarden soms een hoog zoutgetal voorkomt. Dat betreft met name proefvlakken in de zeereep die zijn blootgesteld aan *salt spray*.

Ook voor het zoutgetal is nagegaan of er veranderingen in de tijd zijn opgetreden. Ook daarvoor zijn proefvlakken geselecteerd die in 2001 <2,50 m +NAP lagen en waar bodemdaling is opgetreden. Opvallend is de piek in 2008 (Fig. 8). Zoals ook in eerdere integrale rapportages is beschreven (De Vlas 2011, 2017) was deze tijdelijke verzilting het gevolg van een opeenvolging van bijzondere gebeurtenissen. De hoge vloed van 2006 en 2007 en de daaropvolgende lange droge periode resulteerde in een sterke uitbreiding van zilte begroeiingen in 2008, zowel in de westelijk gelegen duinvallei aan de westkant van de fietsenstalling, maar vooral ook aan de oostkant. Het slechten van een tweekant drempels in 2005 heeft bijgedragen aan de toestroom van zout water bij deze hoge vloed naar de westkant van het onderzoeksgebied. Vanaf dat moment raakte dit deel van de vallei gemiddeld eenmaal per jaar geïnundeerd met zeewater. Hoge vloed hebben ook aan de oostzijde van het gebied geresulteerd in een tijdelijke uitbreiding van zilte begroeiingen. In de jaren daarna nam deze verzilting weer geleidelijk af door uitspoeling met regenwater.

Wat verder opvalt in Fig. 8 is dat vanaf 2018 weer sprake is van een geleidelijke verzilting van de lagergelegen proefvlakken (<2,50 m +NAP). Ook dit kan samenhangen met droge zomers waardoor het grondwater diep is weggezakt op moment dat in het najaar de eerste stormvloed de valleien onder water zetten en het zoute water de bodem kan binnendringen. Bovendien kan een droge zomer leiden tot minder uitspoeling van zouten en daarmee juist tot een accumulatie.



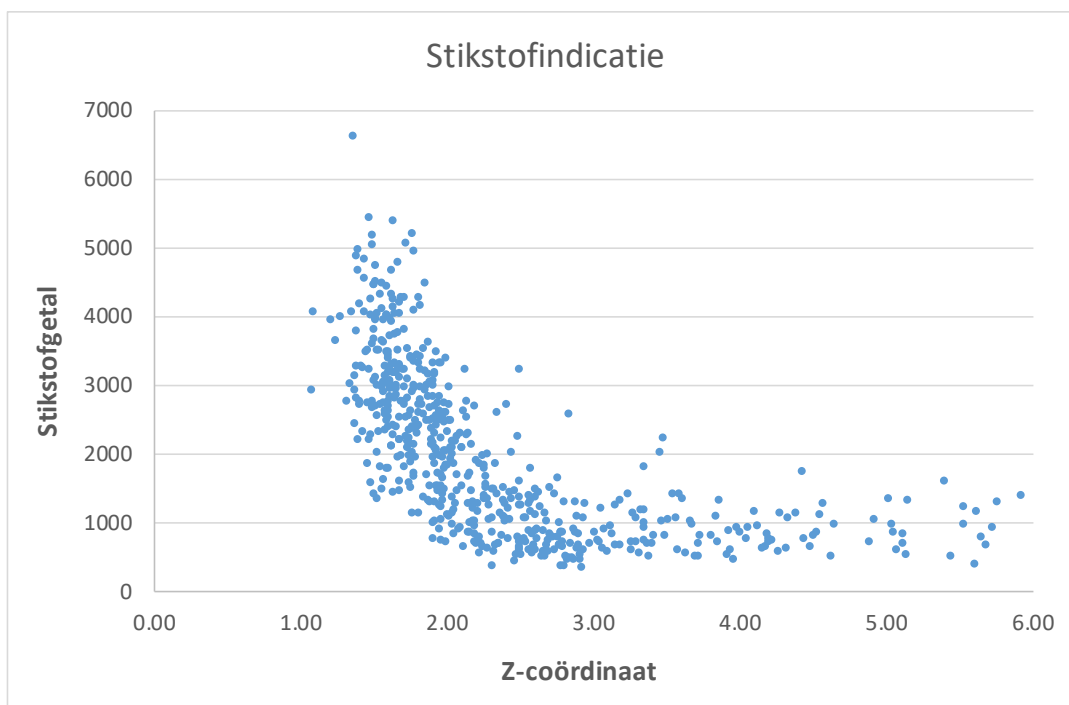
Figuur 7. Relatie tussen het indicatiegetal voor zout (Cl- getal; Wamelink) en de hoogte van het maaiveld (Z-coördinaat) (n=584).



Figuur 8. Verandering van zoutindicatie (Cl- waarden; Wamelink) van de vaste proefvlakken.

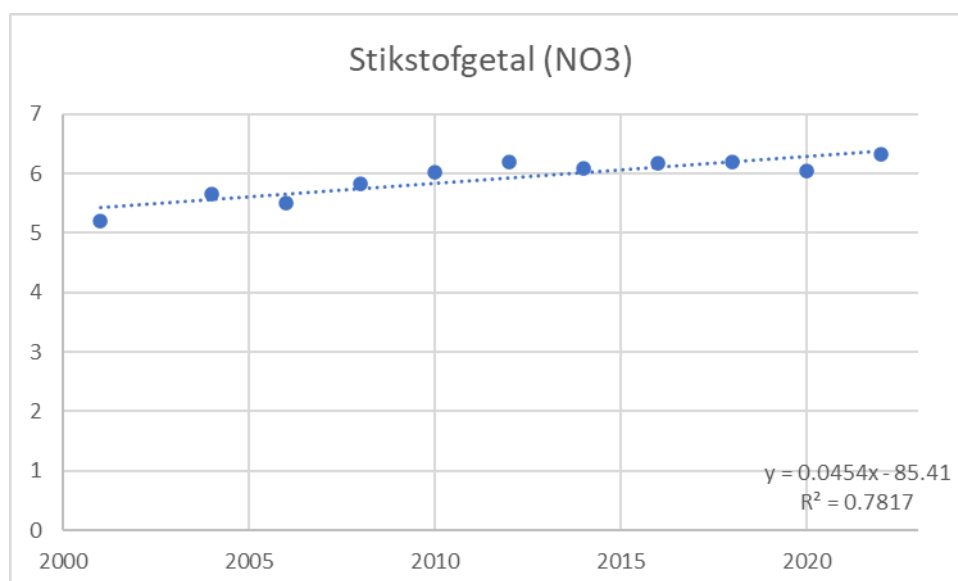
3.2.3 Stikstofindicatie

Bij stikstofindicatie (Ntot-getal; Wamelink) is ook gekeken of er een relatie met de hoogte van het maaiveld was (Fig. 9). Die was er inderdaad: bij maaiveldhoogte beneden 2,40 m +NAP neemt het stikstofgetal toe, net als het geval was bij vocht- en zoutindicatie.



Figuur 9. Relatie tussen het indicatiegetal voor stikstof (Ntot-getal; Wamelink) en de hoogte van het maaiveld (Z-coördinaat) (n=584).

Over alle vaste proefvlakken gezien neemt het stikstofgetal NO_3 , de voor planten beschikbare stikstof, langzaam toe. Een toename van het stikstofgetal kan het gevolg zijn van vernatting. Het stikstofgetal en het vochtgetal bleken sterk aan elkaar gecorreleerd (correlatiecoëfficiënt = 0,93). Om eventuele veranderingen in de tijd van het stikstofgetal op te sporen, veroorzaakt door stikstofdepositie en niet doordat de bodem is gedaald is, zijn alleen de vaste proefvlakken geselecteerd die in de hele periode (2001-2020) boven een maaiveldhoogte van 2,40 m NAP zijn gebleven. Immers, in dat bereik is er geen relatie tussen maaiveldhoogte en vocht (Fig. 5). De resultaten voor de trend van het stikstofgetal in de tijd staan in Fig. 10.



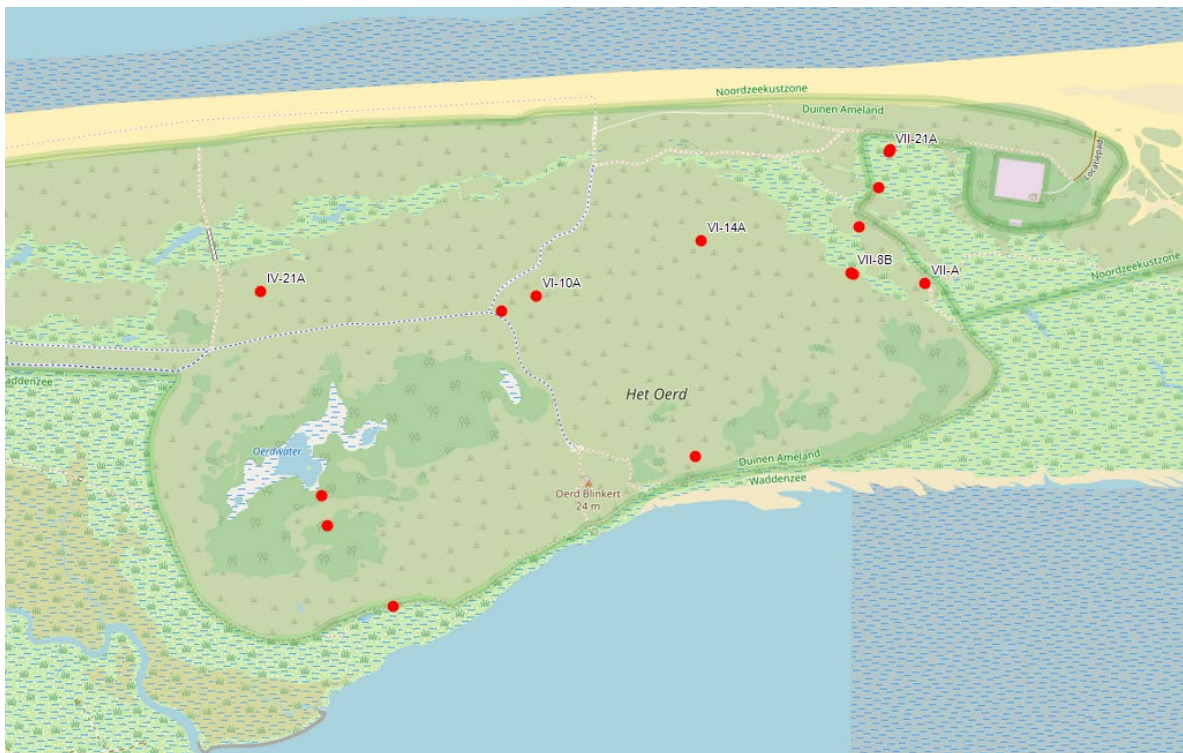
Figuur 10. Verandering van stikstofindicatie (NO_3 -waarden; Wamelink) van de vaste proefvlakken.

Uit Fig. 10 komt naar voren dat er geen significante verandering in de stikstofindicatie in de vaste proefvlakken >2,50 m +NAP is opgetreden waar het gaat om NO₃. Er is vanaf deze periode gekozen voor een benadering met NO₃ omdat dit directer te correleren is aan de plantengroei dan totale stikstofconcentraties (Hennekens et al. 2020). Veranderingen in stikstofindicatie in de lager gelegen plots kunnen dus waarschijnlijk worden toegeschreven aan veranderingen in bodemvocht.

3.3 Grondwaterstanden

De grondwaterstand in duinvalleien is afhankelijk van een groot aantal factoren, waarvan de belangrijkste zijn zeespiegelniveau, omvang van de zoetwaterbel drijvend op het zoute water, aanwezigheid van eventuele kleilagen dieper in het bodemprofiel en het reliëf. Na fikse regenbuien kunnen grote korte termijnfluctuaties optreden in het grondwaterniveau, aangezien het regenwater snel wegzakt in duinzand. Verder is er sprake van seizoensfluctuaties, waarbij de grondwaterstand stijgt bij een neerslagoverschot gedurende het winterhalfjaar. In het zomerhalfjaar zakt de grondwaterstand weer weg doordat er sprake is van een neerslagtekort als gevolg van relatief hoge verdamping en minder neerslag. In onderstaande analyse is vooral gekeken naar langjarige trends in het grondwaterniveau in het onderzoeksgebied.

In Fig. 11 staat weergegeven welke peilbuizen zijn gekozen om de trends in grondwaterstanden te analyseren. Tussen de hoge grondwaterstanden in de winter en de lage grondwaterstand in de late zomer kan een verschil van 80-100 cm zitten. De Gemiddeld Laagste Grondwaterstanden van zes peilbuizen, zoals jaarlijks gemeten in de periode 1986-2020, staan weergegeven in Fig. 12.



Figuur 11. Ligging van peilbuizen in het onderzoeksgebied. De zes buizen met code zijn gebruikt voor analyse van grondwaterstandsveranderingen in de periode 1986-2020.

Van jaar tot jaar treden er aanzienlijke verschillen op in de GLG, waarbij de GLG varieert van minder dan 10 cm onder maaiveld in hele jaren tot meer dan 120 cm onder maaiveld in droge jaren.

De algemene trend in de periode 1986-2020 is een stijging van de GLG van gemiddeld 16 cm over het hele onderzoeksgebied (Fig. 12). Onder het duinmassief van de Oerderduinen is de stijging wat lager (4-7 cm) en in de laag gelegen valleien aan de oostzijde wat hoger (17-38 cm). Zeespiegelstijging (6,8 cm over de hele periode) kan een deel van de vernatting verklaren. Echter spelen er ook andere factoren

mee, zoals aanwas van de kust, waterwinning en neerslagfluctuatie (2021 was een nat jaar). Natuurlijk speelt bodemdaling hier ook een rol in, immers zakt het maaiveld, waardoor de zoetwaterbel onder het duincomplex sneller bereikt wordt, maar bij het gebrek aan voldoende data en een nauwkeurige analyse, is het niet goed te kwantificeren welk aandeel bodemdaling heeft in de vernatting.



Figuur 12. Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (cm beneden maaiveld) van een zestal peilbuizen in het onderzoeksgebied in de periode 1989-2020.

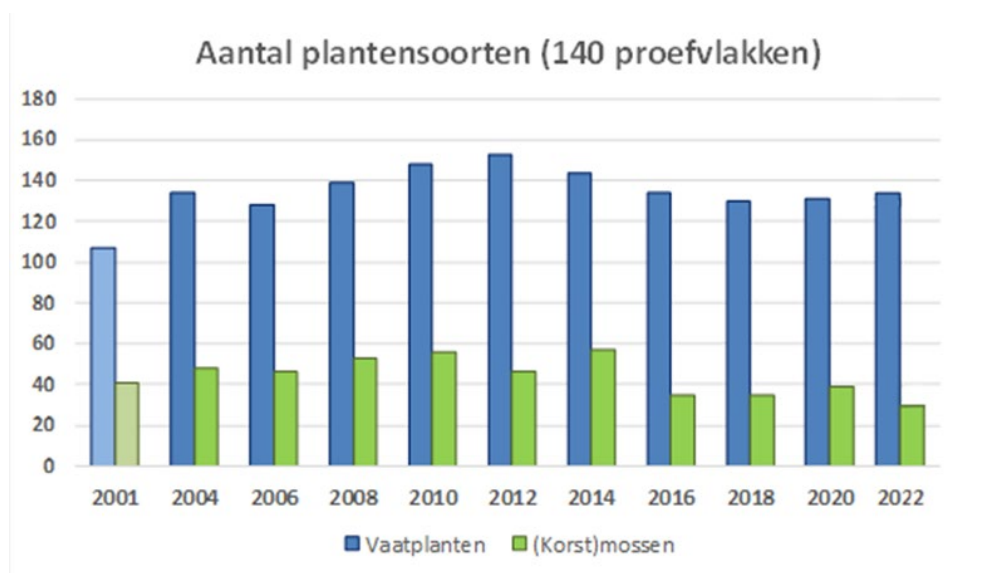
3.4 Bodemchemie

In 2020 is van de 70 vaste PQ's het organisch stofgehalte bepaald in de bodem, evenals de veldvochtigheid (%) en zijn enkele aanvullende bodemchemische bepalingen uitgevoerd, waaronder pH H₂O, pH 0,01 M CaCl₂, totaalgehalten van Na, Ca, S, P en N en P-Olsen. De analyseresultaten staan weergegeven in [Bijlage 6.1](#).

3.5 Vegetatieveranderingen

3.5.1 Soortendiversiteit

In totaal werden er in de 140 proefvlakken in 2022 133 soorten vaatplanten en 26 soorten mossen en korstmossen aangetroffen (Bijlage 6.2). Het aantal waargenomen soorten per meetjaar is de laatste jaren min of meer stabiel (Fig. 13).



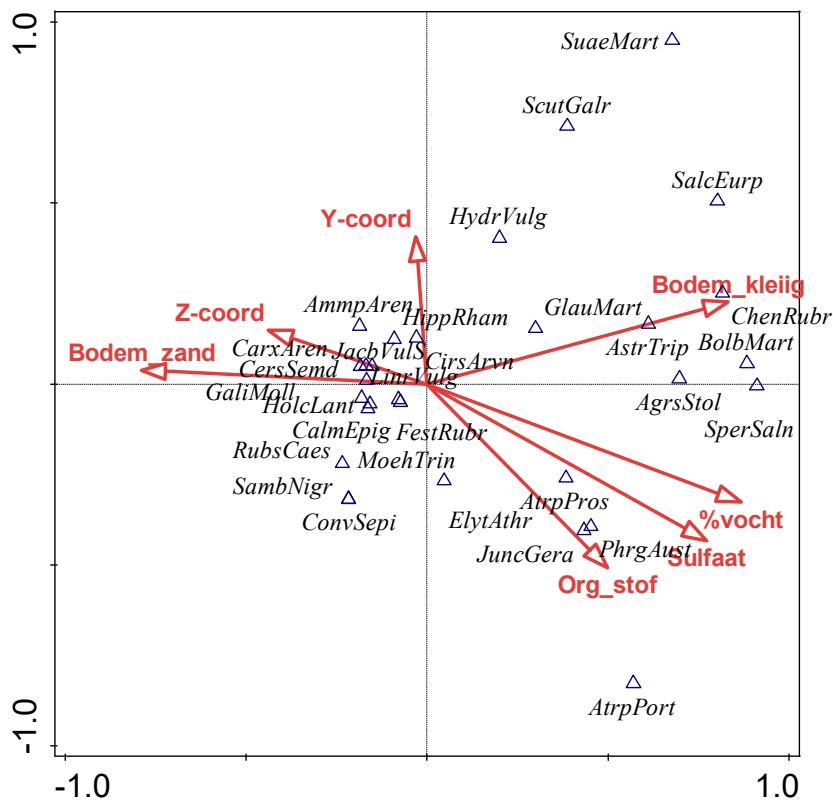
Figuur 13. Totale aantal soorten vaatplanten en (korst)mossen aangetroffen per meetjaar in alle proefvlakken samen. In 2001 zijn 70 proefvlakken opgenomen, in alle jaren daarna 140 proefvlakken.

3.5.2 Multivariate analyse

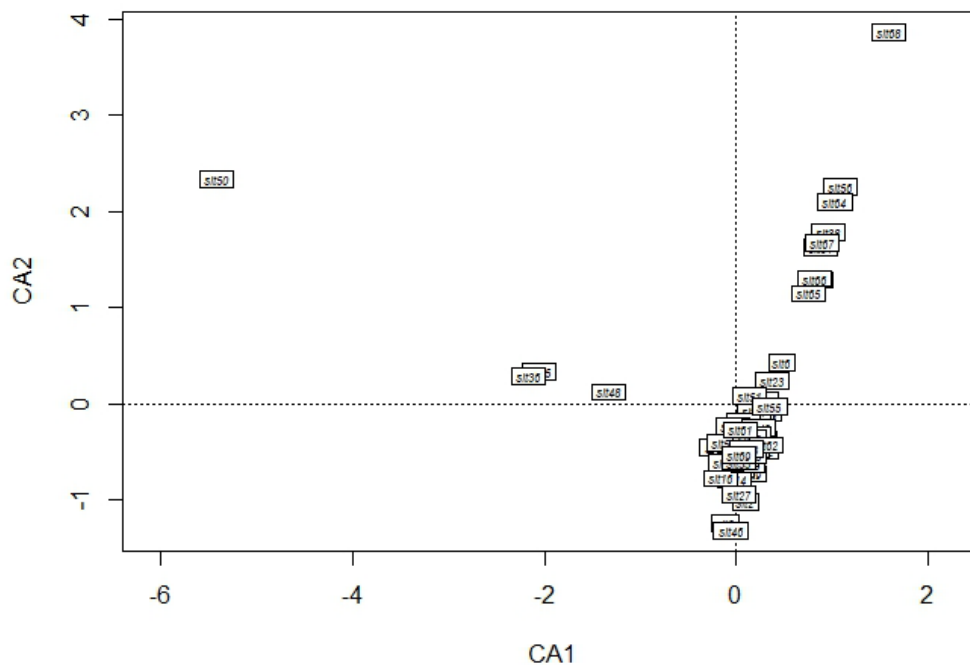
Er is een multivariate analyse uitgevoerd met *stepwise forward selection* om na te gaan welke factoren het meest verklarend zijn voor het verschil in soortensamenstelling tussen de vaste PQ's. Deze analyse is uitgevoerd voor de bodemdata van 2020 (voor de andere meetjaren wordt verwezen naar integrale rapportages van 2000, 2005, 2011 en 2017 (Eysink et al. 2000, De Vlas 2005, 2011, 2017)). De resultaten staan samengevat in Tabel 3 en Fig. 14 en 15. Bodemvochtigheid bleek de belangrijkste verklarende variabele, naast kleigehalte van de bodem en het gehalte aan organische stof in de bodem.

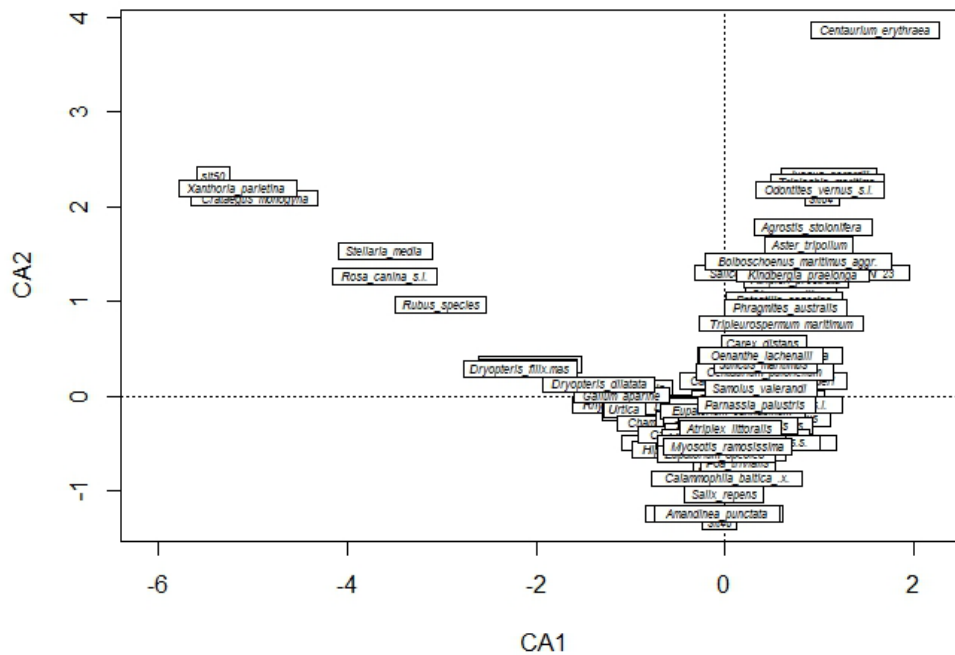
Tabel 3. Bijdrage van afzonderlijke variabelen aan de verklaring van verschillen in soortensamenstelling van de 70 vaste PQ's in 2020.

Variabele	% Verklarend	Bijdrage	F-waarde	P	Significantie
Vocht%	5,9	26,3	4,1	0,002	**
Bodem kleilig	3,8	16,7	2,7	0,002	**
Organische stof	3,1	13,7	2,2	0,004	**
Sulfaat	3,0	13,2	2,2	0,004	**
Bodem zand	3,0	13,2	2,2	0,018	*
Y-coördinaat	2,1	9,4	1,6	0,006	**
Z-coördinaat	1,7	7,5	1,3	0,198	n.s.
Totaal	22,6	100,0			



Figuur 14. Soortenplot van de multivariate analyse van de soortensamenstelling van de 70 vaste PQ's in relatie tot de belangrijkste milieuv variabelen. Alleen de 30 soorten met de grootste bijdrage aan de verklaarde variantie zijn weergegeven.





Figuur 15. Overzicht van de plot en soortensamenstelling van de 70 vaste PQ's in 2022 gebaseerd op Euclidische afstanden in de soortensamenstelling.

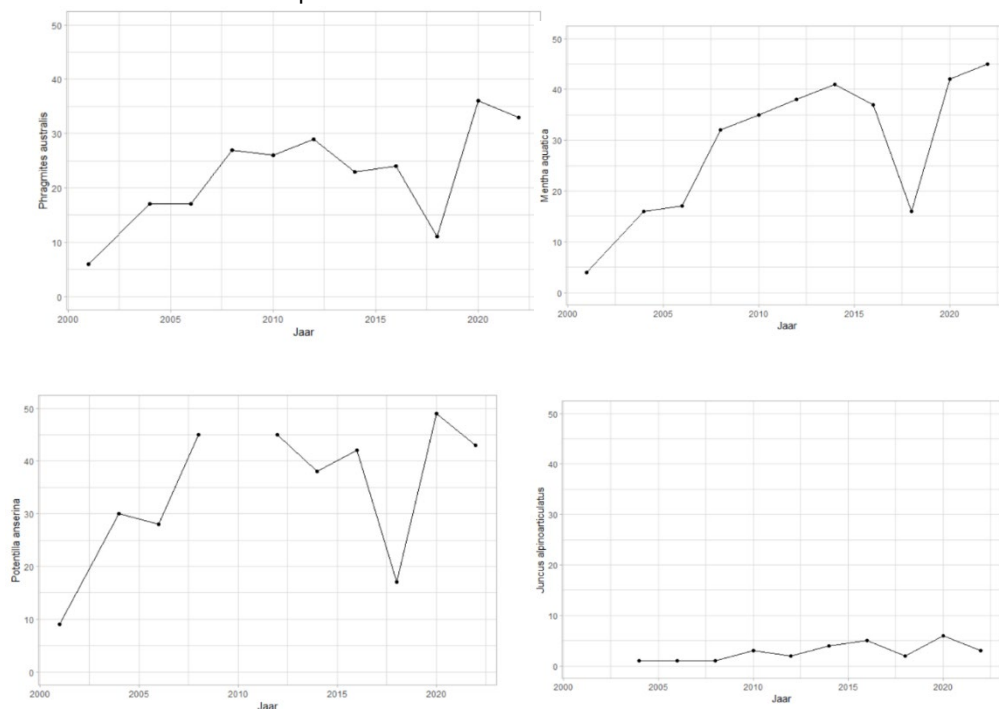
De X-as in het soortenplot vertegenwoordigt vooral een vochtgradiënt van droog en open (rechts) naar nat en ruig (links), terwijl de Y-as vooral een gradiënt in voedselrijkdom weergeeft van lage kwelder (rechtsboven) naar hoge kwelder en duin (onderkant van het plot).

3.6 Voorkomen indicatieve soorten

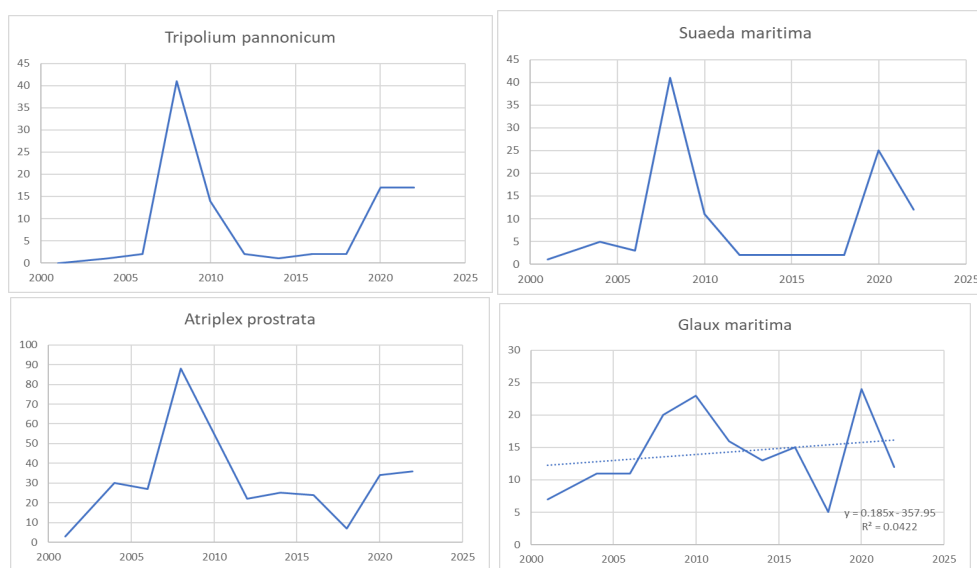
Trends in het ruimtelijk voorkomen van een aantal soorten, die indicatief zijn voor natte duinvalleien, kwelders en droog duingrasland zijn weergegeven in Fig. 16, 17 en 18.

- Enkele plantensoorten die indicatief zijn voor *natte duinvalleien* (H2190) laten een positieve trend in de tijd zien (Fig. 16), wat erop wijst dat de oppervlakte van dit habitattypen in de tijd toeneemt (zie ook paragraaf 3.7). Echter zijn er mogelijk effecten van de droge zomers te zien. Hoewel er een kleine waarde te nemen in de periode 2020-2022 is langjarige monitoring nodig om hierover duidelijkheid te krijgen.
- Het voorkomen van enkele kweldersoorten laat een piek zien rond 2008 (Fig. 17), om in de jaren daarna weer geleidelijk af te nemen. De piek hangt samen met de tijdelijke verzilting in 2007 als gevolg van overvloed van de duinvalleien, gevolgd door een lange droge periode waardoor de bodem tijdelijk sterk verzilte. Op veel plaatsen is daardoor de vegetatie omgeslagen van een natte duinvalleivegetatie met veel fioringras (*Agrostis stolonifera*) naar meer kwelderachtige vegetatietypen. Sinds 2018 zien we weer een geleidelijke toename van kweldersoorten wat wijst op een geleidelijke verzilting van de duinvalleien.

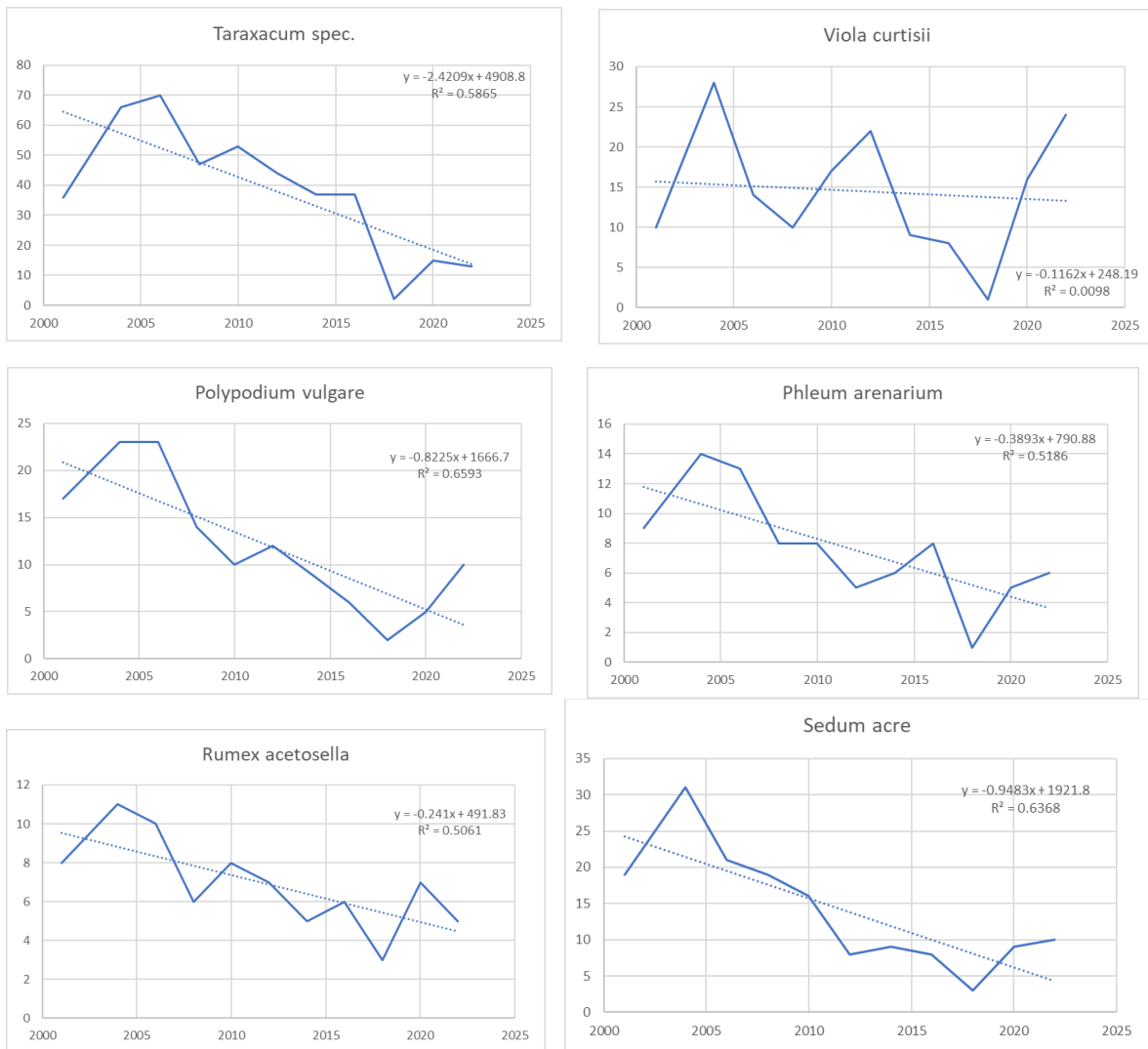
- Voor enkele karakteristieke soorten van Grijze duinen (H2130) treedt er een overwegend neerwaartse trend op (Fig. 21) over de gehele monitoringsperiode. Na 2020 lijkt er een toename in het voorkomen plaats te vinden.



Figuur 16. Voorkomen van een aantal plantensoorten van natte duinvalleien in de periode 2001-2022.



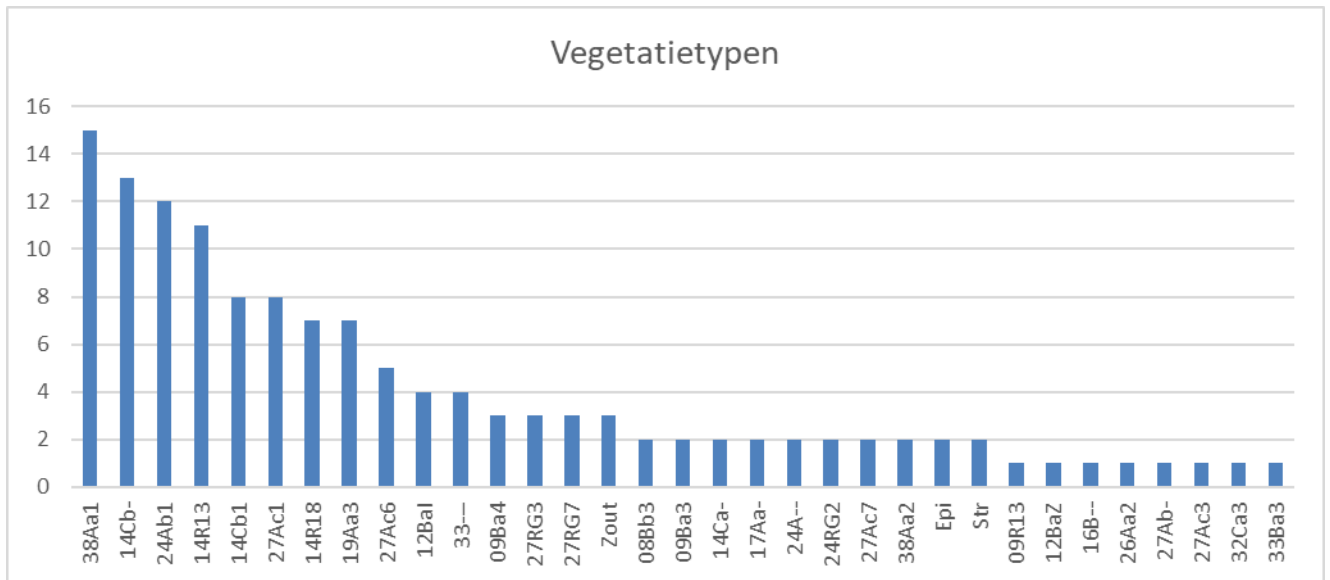
Figuur 17. Voorkomen van een aantal kweldersoorten in de periode 2001-2022.



Figuur 18. Voorkomen van een aantal karakteristieke soorten van droog duingrasland (Grijze duinen H2130) in de periode 2001-2022.

3.7 Vegetatietypen

Er zijn met het programma EXPERT 37 verschillende, al dan niet tot associatie gedetermineerde, vegetatietypen onderscheiden. Hierbij vallen de meeste typen in Associatie van Duindoorn en Kruiwilg (38Aa1), gevolgd door het verbond van droge kalkrijke duingrasland (14Cb), de associatie van Zandhaver en Helm (24Ab1) en de rompgemeenschap van Duinriet (14R13).



Figuur 19. Aantal plot met een door EXPERT toegewezen vegetatietype in 2022.

3.8 Trends in areaal habitattypen

De trends in het areaal van de habitattypen geven grootschalige veranderingen aan over het gehele meetgebied. Hierbij kunnen de trends fluctueren over de tijd, waarbij de periode waarover de uitspraken gedaan worden altijd van belang is. Aangezien de gegevens zijn gebaseerd op een steekproef en op een model, moeten de gegevens bovendien met enige slag om de arm worden geïnterpreteerd.

Voor ieder meetjaar is het areaal van habitattypen op twee manieren vastgesteld:

- a) op basis van puntmetingen (140 proefvlakken)
- b) op basis van een kansrijkdomkaart in het voorkomen van habitattypen met gebruikmaking van een lokaal hoogtemodel (DEM) en informatie over het voorkomen van habitatype op de 140 meetpunten, wat een vlakdekkende valleikartering oplevert ([paragraaf 3.8.3](#)).

3.8.1 Aanpassingen in 2022/23

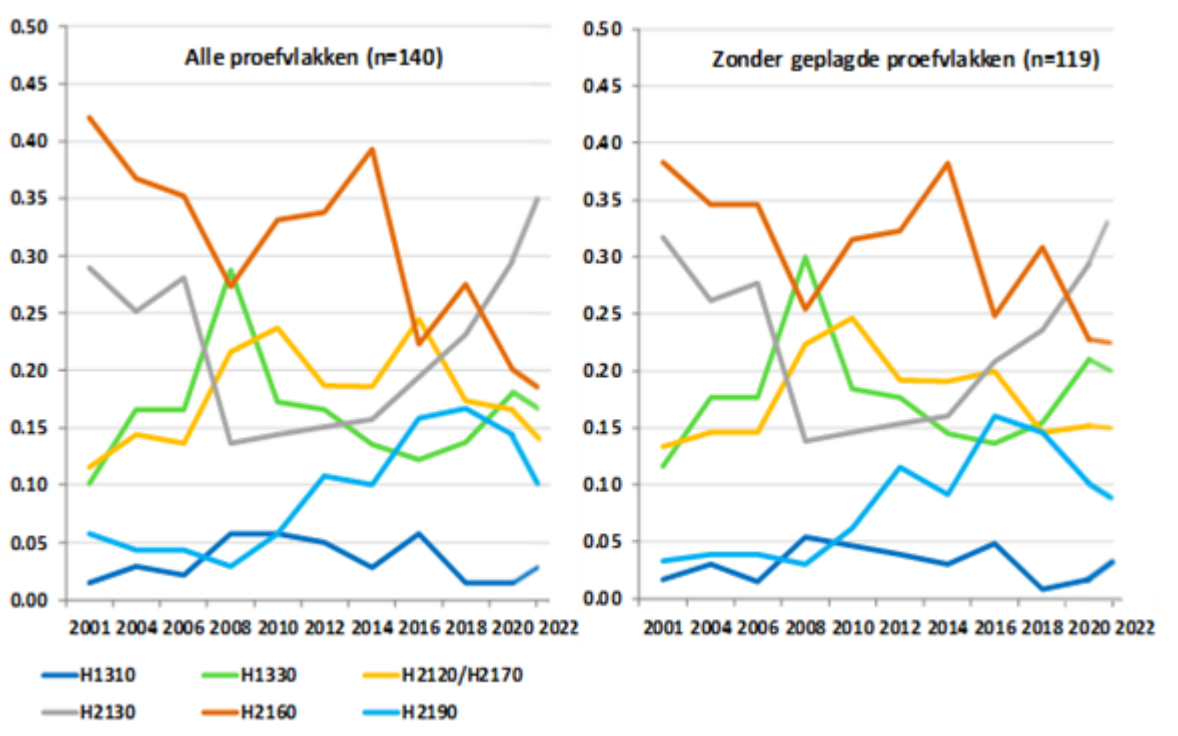
Bij de berekeningen van de kanskaarten zijn er aanzienlijke wijzigingen toegepast in de methode van berekeningen. Allereerst is de basis van het DEM, het actuele hoogtebestand aangepast. Waar er tot en met 2020 nog uitgegaan werd van de AHN-2 is er nu overgeschakeld naar AHN-4. Deze kaart is, voor Ameland, in 2022 ingemeten en geeft zo een recenter beeld van de actuele hoogte dan AHN-2 dat afkomstig is uit 2008. Bovendien is de resolutie van AHN-4 flink verhoogd met meer dan 10 meetpunten per vierkante meter. Het gehele script waarmee de berekeningen zijn gemaakt is vernieuwd en geüpdate. Daarbij zijn enkele aannamen die in het verleden gemaakt zijn aangepast, waardoor de nauwkeurigheid, zeker aan de randen van het meetareaal is verbeterd. Daarnaast is er per jaar een onzekerheidskaart (bijlage 6.3) toegevoegd, die de onnauwkeurigheid van de metingen weergeeft. Deze kaart is waardevol bij het inschatten van de kanskaart.

3.8.2 Puntmetingen

Ieder meetjaar zijn er op 140 plekken vegetatieopnamen gemaakt en is op basis van het vegetatietype binnen een proefvlak aan de hand van een vertaaltabel een habitatype toegekend. Door de meetjaren onderling te vergelijken worden trends zichtbaar in het voorkomen van habitattypen in de tijd ([Fig. 22](#)).

Duindoornstruwelen (H2160) was bij aanvang van deze meetreeks het meest voorkomende habitattypen in het onderzoeksgebied. Dat areaal is binnen 20 jaar meer dan gehalveerd. De tijdelijke verzilting in 2008 weerspiegelt zich in een tijdelijke toename van zilte graslandvegetaties (H1330) en een tijdelijke afname van het type Grijs duingrasland (H2130) en Duindoornstruwelen (H2160). Met de geleidelijke ontzilting die na 2008 optreedt zien we weer een afname van zilte graslandvegetaties (H1330) en een toename van zowel Duindoornstruwelen (H2160) als Grijs duingrasland (H2130). Daar doorheen loopt een vernatting van het onderzoeksgebied wat zich weerspiegelt in een geleidelijke toename van het type Natte duinvaleien (H2190). De laatste jaren is die trend gestopt en zien we weer een geleidelijke verzilting (toename H1330). Dit zagen we ook al bij de trend in voorkomen van indicatieve soorten van zilte vegetaties ([paragraaf 3.6](#), [Fig. 19](#)).

Weglaten van de geplagde proefvlakken levert grotendeels een vergelijkbaar beeld op (rechter figuur in Fig. 20).



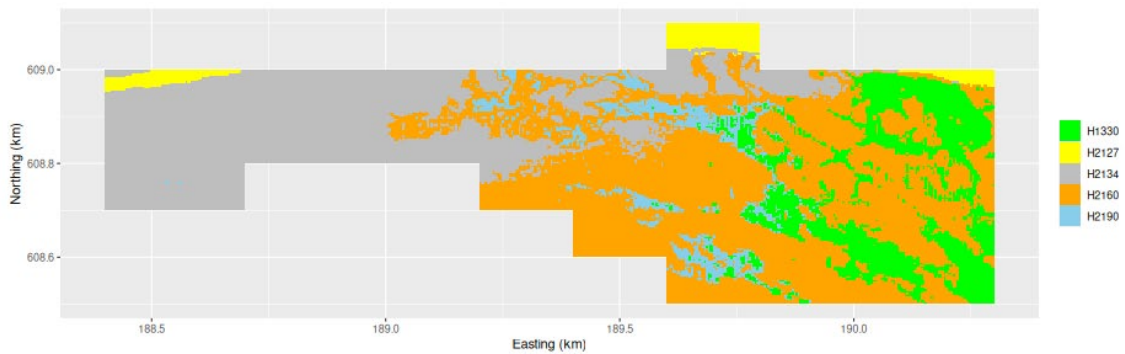
Figuur 20. Trends in het relatieve areaal van habitattypen in het onderzoeksgebied gebaseerd op de puntwaarnemingen van de 140 proefvlakken (links) en zonder de geplagde proefvlakken (rechts).

3.8.3 Kansrijkdomkaarten

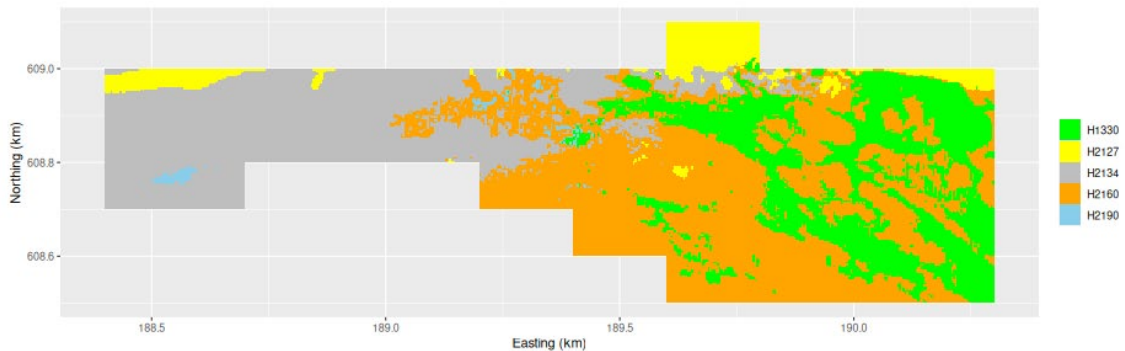
De kanskaarten in het ruimtelijk voorkomen van de zes habitattypen per waarnemingsjaar is weergegeven in Fig. 21. Deze zijn in belangrijke mate gebaseerd op het lokale hoogtemodel (DEM) en de daarmee samenhangende overvloedingskansen. De verschuivingen in het ruimtelijk voorkomen komen sterk overeen met de trends gebaseerd op puntwaarnemingen (Fig. 22). Meest opvallend zijn:

- geleidelijke uitbreiding van Natte duinvalleien (H2190), eerst aan de westzijde van het onderzoeksgebied, later ook aan de oostzijde;
- tijdelijke uitbreiding van het type Zilte pionierbegroeiingen (H1310), vooral aan de westzijde tot 2010, gevolgd door een afname in de jaren daarna;
- toename van het type Zilte graslanden (H1330) vooral aan de oostzijde tot 2010,
- gefragmenteerd raken en afname van het type Grijs duinen (H2130) tot 2014, daarna een geleidelijke toename die zich doorzet tot in 2022.
- Duindoornstruwelen (H2160) raken in de loop der jaren gefragmenteerd, vooral aan de oostzijde.

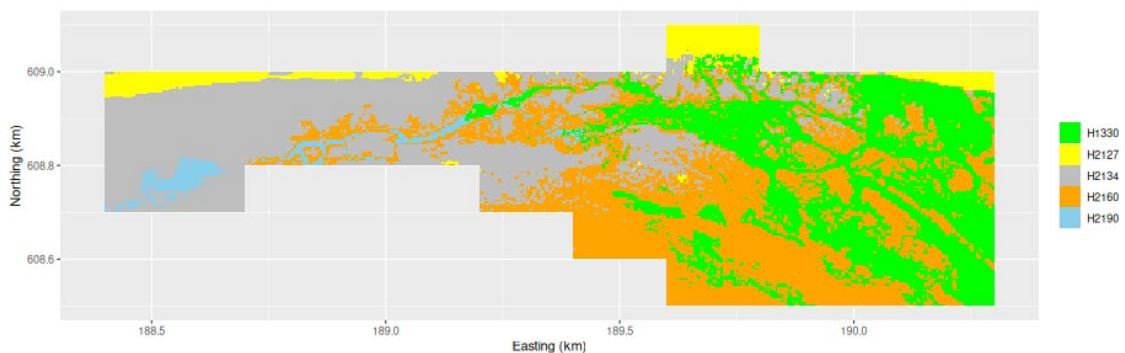
2001



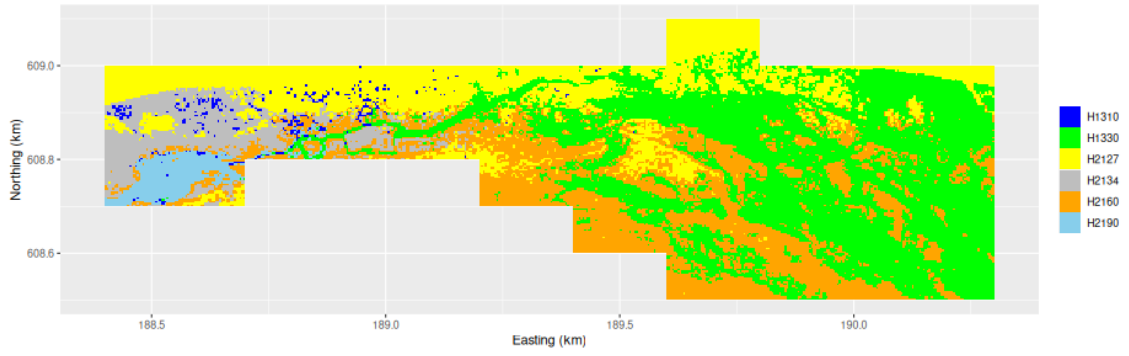
2004



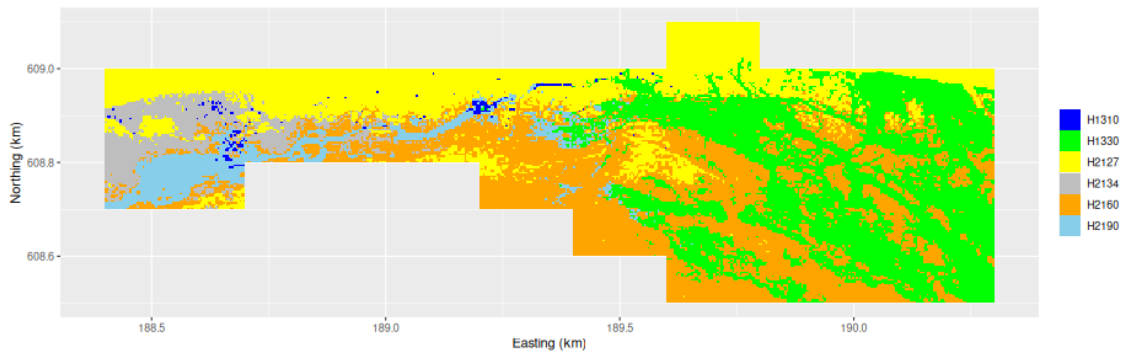
2006



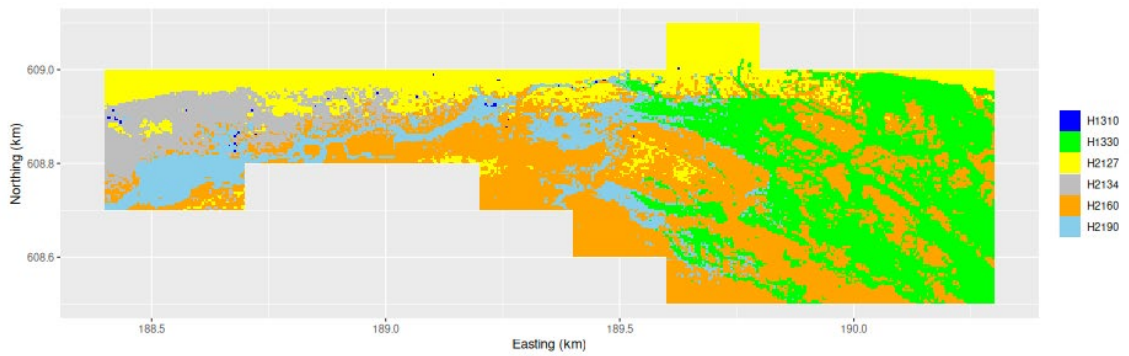
2008



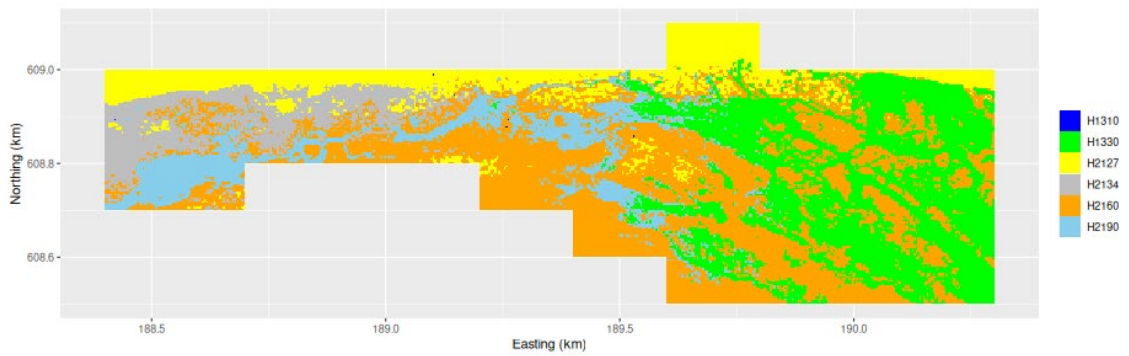
2010



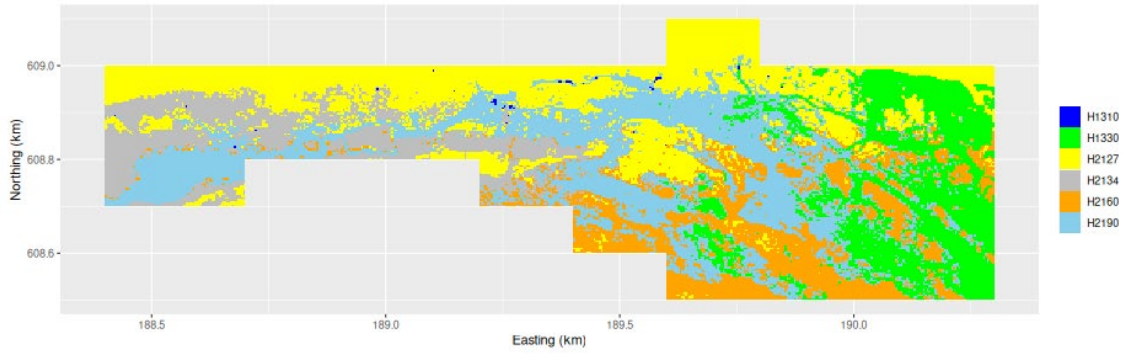
2012



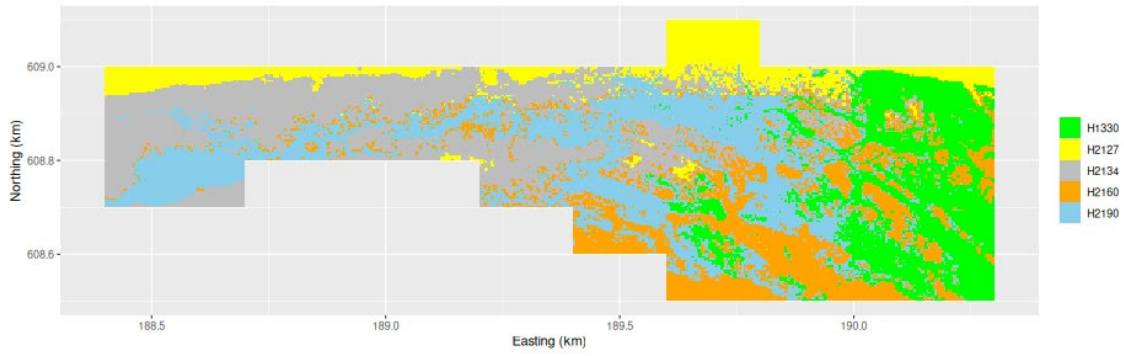
2014



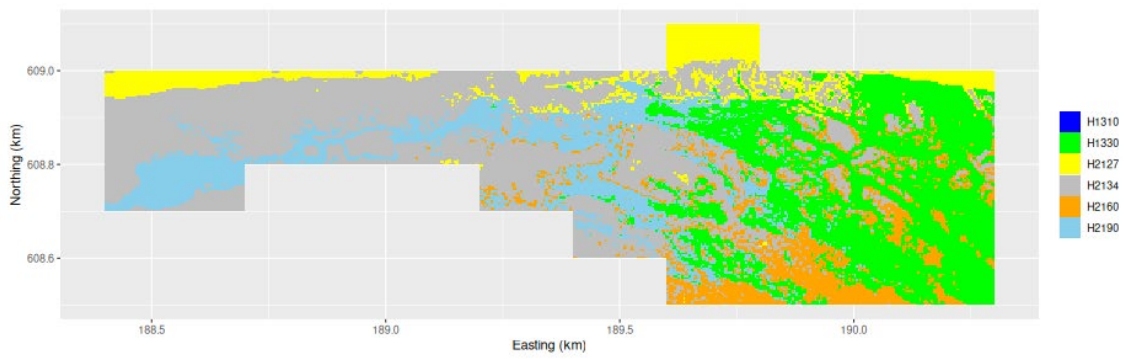
2016



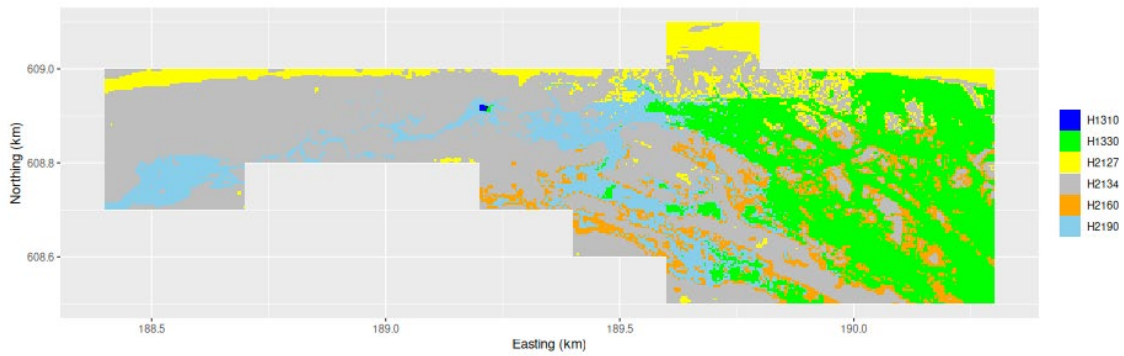
2018



2020



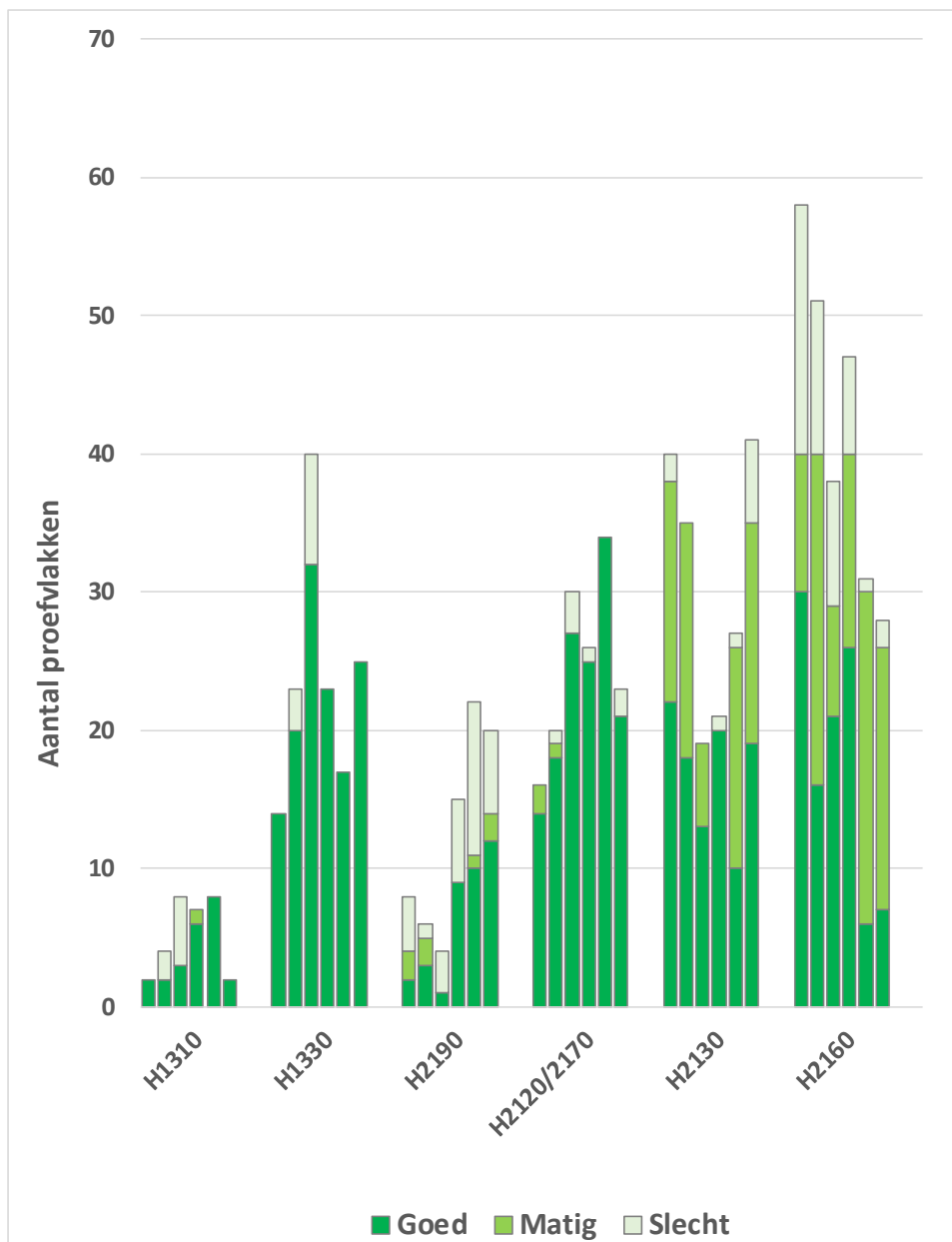
2022



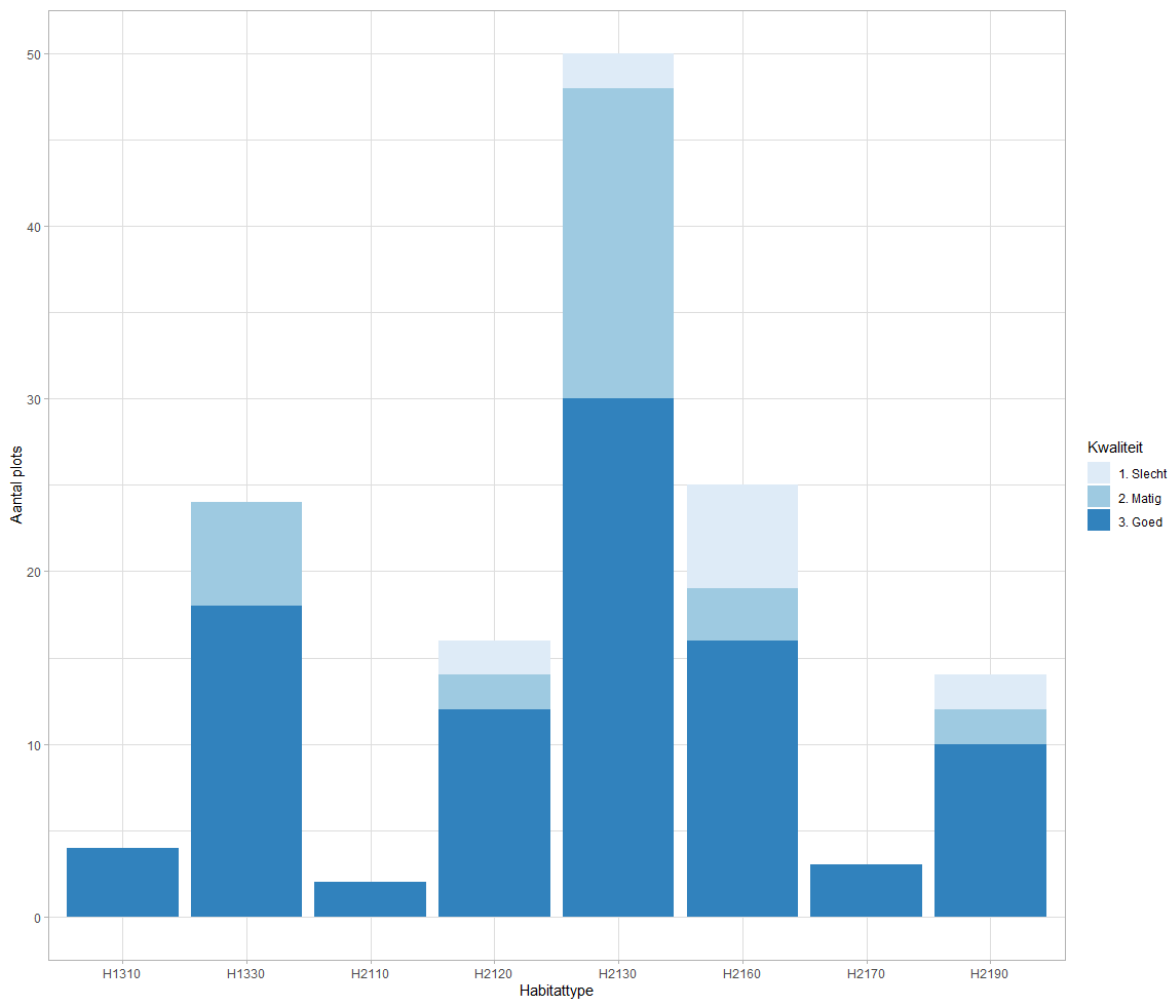
Figuur 21. Kansrijkdomkaarten voor het ruimtelijk voorkomen van habitattypen in het onderzoeksgebied in de periode 2001-2022, zoals berekend met een mixed multinomiaal logistisch regressiemodel. Habitatype H2127 is een combinatie van de H2120/H2170 en habitatype H2134 een combinatie van H2130/H2140.

3.9 Kwaliteit habitattypen

De kwaliteit van habitattypen wordt (onder meer) afgemeten aan de samenstellende vegetatietypen. Aan ieder proefvlak is op basis van de soortensamenstelling aan de hand van het programma ASSOCIA een vegetatietype toegekend. Door middel van een vertaaltabel is het vegetatietype vertaald naar een habitatype, waarbij sommige vegetatietypen staan voor een goede kwaliteit van het habitatype, anderen voor een matige of slechte kwaliteit (dit op basis van het profieldocument van een habitatype). Vanaf 2022 is er over gegaan op het syntaxonomische toewijzingsprogramma EXPERT, wat een nauwkeuriger toewijzing voorstaat. Voor alle jaren is voor ieder proefvlak gekeken of de kwaliteit van het toegekende habitatype goed, matig of slecht was. Het resultaat staat voor een aantal meetjaren is weergegeven in [Fig. 22 en 23](#).



Figuur 22. Kwaliteit van de habitattypen in de periode 2001-2020. Iedere staaf staat voor een meetjaar, in volgorde 2001, 2004, 2008, 2012, 2016 en 2020.



Figuur 23. Kwaliteit van de habitattypen in 2022.

Duidelijk te zien is dat de kwaliteit van de zilte typen (H1310 en H1330) in vrijwel alle jaren overwegend goed is. Het habitatype Natte duinvaleien (H2190) neemt na 2008 in oppervlakte toe, waarbij ook de kwaliteit toeneemt.

Wat de droge typen betreft: de in de zeereep samen voorkomende typen Witte duinen (H2120) en Kruiwilstruwelen (H2170) zijn overwegend van goede kwaliteit. Het type Grijze duinen (H2130) is voor een groot deel van matige kwaliteit en dat is in de tijd weinig veranderd. Het type neemt sinds 2012 wel toe qua areaal (maar niet in kwaliteit) na een afname in de periode 2001-2008 als gevolg van de tijdelijke verziltingspiek in 2008. In 2022 zijn er relatief vele opnamen gevallen binnen dit habitatype, waarbij het aandeel goede kwaliteit ook relatief hoog is. Het type Duindoornstruwelen (H2160) neemt in de tijd zowel in areaal als in kwaliteit af, met name na 2012, wat zich in de vertegenwoordiging in 2022 doorzet.

4 Conclusies en discussie

4.1 Arealen habitattypen i.r.t. bodemdaling en vernatting

Sinds de start van de valleikartering in 2001 zijn er aanzienlijke veranderingen opgetreden in het ruimtelijk voorkomen van habitattypen. Het globale beeld is er een van aanzienlijke dynamiek. De overwegende trend is vooral vernatting resulterend in een geleidelijke uitbreiding van het habitatype Natte duinvalleien (H2190). De sterke afname van Duindoornstruwelen (H2160) na 2014 lijkt een gevolg van de afname in vestiging van nieuwe individuen, een proces dat al sinds 2004 gaande is (Van den Dool 2016, DeCuyper et al. 2020).

Tijdreeksanalyses van peilbuizen in het gebied (Kuiters et al. 2017) hebben duidelijk gemaakt dat de toenemende vernatting niet het gevolg is van trendmatige toename in de netto neerslag. Deze fluctueerde sterk van jaar tot jaar, maar er was geen sprake van een trendmatige verandering over de hele meetperiode. Sinds de start van de bodemdaling in 1986 bedroeg de verhoging van de grondwaterstand (GLG) gemiddeld 16 cm. Zeespiegelstijging bedroeg gedurende deze periode (6,8 cm) en kan dus slechts een deel van de vernatting verklaren. Het grootste deel van de vernatting moet derhalve worden toegeschreven aan bodemdaling.

De overstromingsduur na stormvloeden met zeewater uit de Waddenzee in de laag gelegen valleien over de jaren is niet significant toegenomen hoewel er een stijgende trend in de frequentie van de overstromingen te zien is, waarschijnlijk samenhangend met hogere waterstanden (Krol 2023). Ook speelt een rol dat in 2005 door It Fryske Gea herstelmaatregelen zijn uitgevoerd aan de westkant van het onderzoeksgebied, waarbij een groot deel van de duinvallei is geplagd, waardoor het maaiveld is verlaagd (met soms meer dan 40 cm). Toen is ook een tweetal drempels in de valleien verwijderd, waardoor instromend zeewater vrije toegang kreeg tot een groter deel van de valleien. Bodemvocht en daarmee ook hoogte van het maaiveld bleken de belangrijkste factoren die het verschil in vegetatiesamenstelling tussen de proefvlakken verklaarden. Daarmee heeft bodemdaling effect op het ruimtelijk voorkomen van habitattypen.

Binnen de 364 soorten vaatplanten die voorkomen binnen het studiegebied komen 27 rode lijst soorten voor (ca. 7% van het totaal; zie bijlage 6.2). Zeventien van deze soorten gedijen onder door zout beïnvloede omstandigheden, de overige soorten komen voor in de hogere duingraslanden. Een soort als de Groenknolorchis is niet direct afhankelijk van zoute omstandigheden maar profiteert indirect door een vertraagde successie in zilte of verzoetende begroeiingen.

4.2 Verzilting

De hoge vloeden van 2006 en 2007 en de daaropvolgende lange droge periode (Krol 2011) heeft geresulteerd in een sterke uitbreiding van zilte begroeiingen in 2008 (met name van H1330), in de westelijk gelegen duinvallei (aan de westkant van het fietspad), maar vooral aan de oostkant. Het slechten van een tweetal drempels in 2005 heeft bijgedragen aan de toestroom van zout water bij deze hoge vloeden aan de westkant van het onderzoeksgebied. Vanaf dat moment raakte dit deel van de vallei gemiddeld eenmaal per jaar geïnundeerd met zeewater (Krol 2011). In de laatste jaren is een toename te zien van de frequentie van de instroom van zeewater (Krol, 2023). Hoge vloeden hebben ook aan de oostzijde van het gebied geresulteerd in een tijdelijke uitbreiding van zilte begroeiingen. In de jaren daarna nam deze verzilting weer geleidelijk af door uitspoeling met regenwater. Deze tijdelijke verzilting heeft op veel plekken geleid tot een afname van het type Grijze duinen (H2130) en van Duindoornstruwelen (H2160). Deze ontwikkelingen onderstrepen het belang van 'events' (stochastisch optredende extreme weersinvloeden) voor de dynamiek van duinvalleivegetaties. Sinds 2018 lijkt er weer sprake van geleidelijke verzilting. Dit blijkt zowel uit een toename van kweldersoorten als de daarmee samenhangende uitbreiding van het areaal Zilte graslanden (H1330). Droge zomers met een

sterke verlaging van de grondwaterstanden in het late najaar op het moment dat hoge vloed het gebied onder zeewater zetten zou hierbij een rol kunnen spelen. De droge zomers laten mogelijk ook een recente afname zien van typische soorten van natte duinvalleien.

4.3 Lokaal hoogtemodel

De serie habitat(kansrijkdom)kaarten over de periode 2001-2022 illustreren op gedetailleerde wijze de dynamiek in duinvalleivegetaties. Ze moeten vooral vergelijkenderwijs tussen meetjaren worden geïnterpreteerd en maken trends in ruimte én tijd zichtbaar. De kaarten zijn berekend op basis van puntwaarnemingen in het voorkomen van habitattypen, waarbij interpolatiefouten mogelijk zijn. De hulpvariabelen die zijn gebruikt zijn grotendeels gebaseerd op het digitale hoogtemodel van het onderzoeksgebied (DEM). Dit is gebaseerd op een digitaal hoogtebestand (AHN4), aangevuld en gekalibreerd met de jaarlijkse hoogtemetingen van de 140 proefvlakken. Onzekerheden spelen echter altijd een rol. Het is zinvol te onderzoeken in hoeverre het hoogtemodel de komende jaren kan worden verbeterd door het aantal exacte hoogtemetingen sterk uit te breiden of door het gebruik van geschikte Lidar bestanden met de juiste resolutie (1x1 m). Ook de hulpvariabele 'flood' (overstromingskans) is gebleken belangrijk te zijn voor de kans schattingen in het voorkomen van habitattypen. De door het NCA in het veld bepaalde overstromingsdagen (inundatiefrequentie en -duur met zeewater) zijn daarbij van belang. In de toekomst zou het aan te raden zijn om de modellen verder te valideren en te verscherpen met behulp van de metingen van het NCA. Het is het streven om dit in de toekomst, in overleg met de bodemdalingscommissie, in de onderzoeksvraag op te nemen.

In 2022 is er overgegaan op een nieuwe basiskaart gebaseerd op AHN-4 in plaats van AHN-2 welke tot 2020 is gebruikt. Deze overgang levert enige mate van detaillering op en tevens een meer recent beeld van de hoogtes. De kaart is gebaseerd op data die is 'gevlogen' tijdens de veldwerkperiode 2022.

Aangezien de invulling van de niet gemeten locaties via een extrapolatie uit het model worden gerealiseerd, is het goed om ook de onzekerheid per locatie te indiceren. Dit kan gedaan worden aan de hand van entropiekaarten. Deze zijn voor elk meetjaar gegenereerd en worden getoond in bijlage 6.3.

4.4 Bodemchemie

Zoals vermeld in eerdere rapportages ontbrak tot nog toe inzicht in het organisch stofgehalte in de bodem in relatie tot vegetatietypen en vegetatieontwikkeling in de duinvalleien (Van Dobben et al. 2011; Kuiters et al. 2017). De metingen van 2020 maken duidelijk dat in de natte valleien organische stof is geaccumuleerd tot ca. 12 kg/m². Dit stemt goed overeen met de waarden die voor valleien op Oost-Ameland al eerder zijn gevonden door Woudwijk (2011), Rohani et al. (2014) en Grootjans (2017). Dat deze waarden aanzienlijk lager liggen dan de waarden die in goed ontwikkelde zoete valleien worden gevonden, zoals op Schiermonnikoog (ca. 20 kg/m²), laat zien dat de invloed van zeewater de accumulatie van organische stof en daarmee de veroudering van valleien in het studiegebied remt.

Zeewater is rijk aan sulfaat. Wanneer sulfaatrijk zeewater een bodem binnendringt die rijk is aan organische stof dan wordt al snel alle zuurstof verbruikt, waarna vervolgens sulfaat wordt gereduceerd door micro-organismen. Daarbij wordt organisch materiaal afgebroken door micro-organismen en komt minerale stikstof en fosfaat beschikbaar voor de vegetatie (Smolders et al. 2006). Sulfaatrijk zeewater stimuleert daarmee de mineralisatie van duinvalleibodems die rijk zijn aan organische stof. Vermoedelijk is dit proces verantwoordelijk voor de snelle ontwikkeling van riet- en zeebiesbegroeiingen in de zilte valleien als gevolg van het inunderen met zeewater in het bodemdalingsgebied. Deze ontwikkeling is vooral zichtbaar in de oostelijke valleien dichtbij het instroompunt van zeewater vanuit de Waddenzee (Fig. 24).



Figuur 24. Rietvegetaties zoals die op bepaalde plekken tot ontwikkeling zijn gekomen in zilte duinvalleien op Oost-Ameland (foto: augustus 2022).

Het vochtgehalte in de bodem is in de multivariate analyses gebleken de belangrijkste verklarende factor te zijn voor verschillen in vegetatiesamenstelling, maar ook die factor is nauw gecorreleerd aan de hoeveelheid organische stof in de bodem: hoe meer organische stof in de bodem, hoe natter de bodem en vice versa. Deze metingen zijn in 2020 uitgevoerd.

In deze rapportage is overgestapt op een andere benadering van de stikstofindicatie. De Wamelink indicatie voor NO_3 is nauwkeuriger dan N-totaal en geeft de reactie van planten op stikstof beter weer. Er wordt geen stikstof depositie gemeten, dus we kunnen alleen vanuit de planten beredeneren. Daarin zit geen significante trend over de gehele periode, hoewel er wel significante verschillen tussen de jaren kunnen zijn. In de data is er een afvlakking gaande die zich ongeveer 10 jaar geleden heeft ingezet. Maar we weten ook uit andere systemen dat stikstof, zeker op de wadden een relatief kleine invloed heeft, in het bijzonder in dynamische gebieden zoals de duinen. De dynamiek is waarschijnlijk groter dan de stikstofinvloed en een afvlakking die in de data te zien is, (met een aanzienlijke onzekerheid in hoeverre duinbegroeiingen deze kunnen indiceren) zien we ook in ander duingebieden.

4.5 Aanbevelingen model

De habitatkaarten zouden moeten worden gevalideerd. Dit kan op basis van een aparte (onafhankelijke) steekproef van waarnemingslocaties, maar ook op basis van de bestaande gegevens. Een veel gebruikte methode hiervoor is kruisvalidatie. Hiermee kan ook uitspraken worden gedaan over de kwaliteit van de kaarten van voorgaande jaren. In toekomstige monitoringsronden kan deze validatie worden meegenomen in de dataset.

Daarnaast kan huidige rekenmethode toekomstbestendiger gemaakt worden, door het vereenvoudigen van de huidige rekencode waarmee de kaarten worden vervaardigd. In ieder geval de laatste jaren, tenminste vanaf 2018, is gebruik gemaakt van dezelfde set aan verklarende kaartlagen (o.a. DEM/absolute maaiveldhoogte, helling, aspect, relatieve maaiveldhoogte) met de aanname dat dat deze factoren weinig veranderlijk zijn en daarom elk jaar toepasbaar. Voor enkele factoren weten we inmiddels dat deze niet voor alle habitattypen even stabiel zijn. In toekomstige ronden is het daarom aan te raden te onderzoeken of er een aanpassing moet worden uitgevoerd op deze lagen en of daarmee een beter fittend model te bouwen is.

Wat de overstromingsrisico's betreft is er alleen de vlakdekkende kaart beschikbaar die door het model potentiële overstromingsrisico wordt gegenereerd. Naast de peilbuizen is het wellicht aan te raden om met remote sensing beelden (satelliet) een beter beeld te krijgen van de daadwerkelijke omvang van de inundaties.

4.6 Toekomstig functioneren van het duinsysteem in het Oerd?

Een vraag die vaker terugkomt is wat de verwachtingen zijn voor het functioneren van het duingebied in de nabije toekomst. Door het grote complex aan ecologische factoren die spelen in het duingebied, dat op zich zelf een mozaïek van kleine ecosystemen met een eigen speelveld omvat, is het moeilijk om simpele voorspellingen te doen. Om aan de zeereep te beginnen, zijn de witte duinen aan de noordkant van het eiland erg hoog is geworden. Hierdoor is er verlies aan dynamiek in de duingraslanden en zien we, zeker in het westen van de Oerderduinen een toename van dichte struweelvorming. Dynamiseren van de witte duinen kan mogelijk leiden tot wat meer input van vers substraat in de duingraslanden waardoor deze beter en duurzamer tot ontwikkeling komen. Hier daar kan dat tot effecten leiden in het grondwaterpeil. De verwachting is dat er mogelijk heel langzaam vochtiger situaties in de duinvalleien in het oosten van de Oerderduinen gaan ontwikkelen, maar dit zal met name in de winter zijn. Aangezien we meer droogte in de zomers verwachten zal dit in de nabije toekomst een groter effect hebben op de (afwezigheid van) jaarrond inundatie en zorgen voor vaker lage waterpeilen in de zomer. Daarbij is er een grotere kans op verzilting, doordat de zoutconcentraties in de bodem in theorie toenemen. Maar dit zou een expliciete monitoringsvraag kunnen zijn. Het lijkt er dus op dat het gebied iets grotere contrasten zou kunnen gaan vertonen tussen het westen en het oosten. Waarbij er in het westen meer struweelvorming zal ontwikkelen en dat in het oosten de valleien langzaam vochtiger worden, maar in de zomer zeker nog een tijd droog zullen blijven vallen. Struwelen met duindoorn zullen echter lager in de valleien verder verdwijnen of zich niet kunnen vestigen. Alleen in de strook direct achter de witte duinen zijn nog goede vestigingsplekken. Het zou interessant zijn om weer eens te kijken naar de leeftijdsverdeling van de Duindoornstruwelen en wat de graad van verjonging is. Het laatste onderzoek hiernaar stamt uit 1997 (Slim, 1997). Over het gebied gezien blijft de belangrijke dynamiek echter de komende jaren duidelijk aanwezig, al verschuift de balans iets meer naar de dynamiek vanuit de waddenkust. Een meer dynamische zeereep, met mogelijk hier en daar kieren en kerven, kan voordelig uitpakken voor met name de droge duingraslanden.

5 Literatuur

- Brus, D.J., P.A. Slim, A.H. Heidema & H.F. van Dobben (2014). Trend monitoring of the areal extent of habitats in a subsiding coastal area by spatial probability sampling. *Ecological Indicators* 45: 313-319.
- Brus, D.J., P.A. Slim, G. Gort, A.H. Heidema & H. van Dobben (2016). Monitoring habitat types by the mixed multinomial logit model using panel data. *Ecological Indicators* 67: 108-116.
- Dankers, N., K.S. Dijkema, G. Londo & P.A. Slim (1987). De ecologische effecten van bodemdaling op Ameland. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem, Leersum, Texel. 90 p.
- Decuyper, M., R. van den Dool, P.A. Slim, A.T. Kuiters, J.M. Jansen & U. Sass-Klaassen (2020). Population dynamics of *Hippophae rhamnoides* shrub in response of sea-level rise and insect outbreaks. *PloS ONE* 15(5):e0233011. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233011>.
- De Vlas, J. (2005). Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost; Evaluatie na 18 jaar gaswinning. Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland. Assen.
- De Vlas, J. (2011). Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost; Evaluatie na 23 jaar gaswinning. Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland. Assen, 2011.
- De Vlas, J. (2017). Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost; Evaluatie na 30 jaar gaswinning. Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland. Assen, 2017.
- Dirkse, G.M. (1998). The validity of general purpose flora-based classification of vegetation. IBN Scientific Contributions 14. Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, IBN-DLO, Wageningen.
- EC (2007). Interpretation Manual of European Union Habitats. European Commission, DG Environment, Nature & Biodiversity, Brussels.
- Ellenberg, H., H.E. Weber, R. Düll, V. Wirth, W. Werner & D. Pauliszen (1991). Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica* 18: 1-248.
- Eysink, W.D., K.S. Dijkema, H.F. van Dobben, P.A. Slim, C.J. Smit, J. de Vlas, M.E. Sanders, J. Wiertz & E.P.A.G. Schouwenberg (2000). Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost; evaluatie na 13 jaar gaswinning. Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland, Assen. 217 p. + 7 bijlagen.
- Grootjans, A.P. (2017). Verwachte effecten bodemdaling op natte duinvalleien (Intermezzo). In: Kuiters, A.T. et al. (2017). Vegetatiedynamiek in duinen en duinvalleien op Oost-Ameland. Hoofdstuk 6.
- Hennekens, S.M. & J.H.J. Schaminée (2001). TURBOVEG, a comprehensive database management system for vegetation data. *Journal of Vegetation Science* 12: 589-591.
- Hennekens, S., Holtland, J., van Rooijen, N., Wamelink, W., & Ozinga, W. (2020). Indicatiewaarden voor voedselrijkdom van de bodem: Een vergelijking tussen drie indicatiesystemen (No. 191). Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu.
- Jongman, R.H.G., C.J.F. ter Braak & O.F.R. van Tongeren (1995). Data analysis in community and landscape ecology. Cambridge University Press.
- Krol, J. (2011). Monitoring van inundatie in duinvalleien op Oost-Ameland 2001-2011. In: J. de Vlas (red.). Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost; Evaluatie na 23 jaar gaswinning. Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland. Assen (2011); 169-207.
- Krol, J. (2021). Tussenverslag overstromingsonderzoek valleien op Oost-Ameland. Seizoen 2020-2021. Natuurcentrum Ameland. 24 p.
- Krol, J. (2023). Monitoring van inundatie in duinvalleien op Oost-Ameland 2001-2022. Natuurcentrum Ameland. 30 p.
- Kuiters, L., D. de Vries, D. Brus, N. Heidema, R. Huiskes, P. Slim, H. van Dobben & J. Krol (2017). 6. Vegetatiedynamiek in duinen en duinvalleien op Oost-Ameland. In: J. de Vlas (ed.). Monitoring effecten van bodemdaling op Oost-Ameland: evaluatie na 30 jaar gaswinning; september 2017; pp. 375-482.
- Payne, R.W., D.A. Murray, S.A. Harding, D.B. Baird & D.M. Soutar (2007). GenStat for windows (10th Edition) introduction. VSN International, Hemel Hempstead.
- Riksen, M.J.P.M., D. Goossens, H.P.J. Huiskes, J. Krol & P.A. Slim (2016). Constructing nodges in foredunes: Effect on sediment dynamics in the dune hinterland. *Geomorphology* 253: 340-352.
- Rohani, S., B. Dullo, W. Woudwijk, P. de Hoop, A. Kooijman & A.P. Grootjans (2014). Accumulation rates of soil organic matter in wet dune slacks on the Dutch Wadden Sea islands. *Plant Soil* 380: 181-191.

-
- Schaminée, J.H.J., E.J. Weeda & V. Westhoff (1998). De Vegetatie van Nederland. Deel 4: Plantengemeenschappen van de kust en van binnenlandse pioniermilieus. Opulus Press. 346 p.
- Schouten, D. (1999). Overstromingsrisico duinvalleien Ameland-Oost. NAM, Assen.
- Slim, P.A. (1997). Vooronderzoek duindoornsterfte duingebied Oost-Ameland. Rapport 307. DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Wageningen. 61 p.
- Slim, P.A., D.J. Brus, G.B.M. Heuvelink, A.H. Heidema, G.M. Dirkse & H.F. van Dobben (2011). Vegetatiemonitoring en geostatistische vegetatiekartering duinvalleien Oost-Ameland 2001-2010. In: J. de Vlas (red.). Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost; Evaluatie na 23 jaar gaswinning. Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland. Assen (2011); 235-321.
- Smolders, A.J.P., L.P.M. Lamers, E.C.H.E.T. Lucassen, G. van der Velde & J.G.M. Roelofs (2006). Internal eutrophication: 'How it works and what to do about it', a review. *Chemistry and Ecology* 22: 93-111.
- Ter Braak, C.J.F. & P. Šmilauer (2002). CANOCO reference manual and CANODRAW for Windows users' guide: software for canonical community ordination. Microcomputer Power, Ithaca. 500 p.
- Van den Dool, R. (2016). MSc Thesis, Wageningen University. Population dynamics of the shrub Sea-buckthorn on eastern Ameland, the Netherlands, as indicator of the impact of gas extraction and future climate change. Wageningen.
- Van Dobben H.F., P.A. Slim, G.W.W. Wamelink & G.M. Dirkse (2011). Vegetatieveranderingen in de duinen en hoge kwelder op Oost-Ameland. In: J. de Vlas (red.). Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost. Evaluatie na 23 jaar gaswinning. Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland. Assen (2011); pp. 323-364.
- Van Puijenbroek, M.E.B. & C. Sonneveld (2020). Nieuw monitoringsmeetnet kwelders Ameland-Oost. Jaarrapportage veldwerk 2019. Wageningen University & Research rapport C022/20. Den Helder. 26 p.
- Van Tongeren, O., N. Gremmen & S.M. Hennekens (2008). Assignment of relevés to pre-defined classes by supervised clustering of plant communities using a new composite index. *Journal of Vegetation Science* 19: 525-536.
- Woudwijk, W. (2011). The effect of soil subsidence on the accumulation rate of organic matter in wet dune slacks. Master thesis Centre for Energy and Environmental Studies. EES 2011-120M. 50 p.

6 Bijlagen

6.1 Bodemchemie vaste PQ's 2020

	destructie H2SO4- H2O2-Se	destructie HNO3-HCL (aqua regia)	destructie HNO3-HCL (aqua regia)	destructie HNO3-HCL (aqua regia)	extractie 0,01M CaCl2	pH-H2O		gloeiverlies	P-Olsen	vochtbepaling (vers)			
	SFA-Nt/Pt	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	pH-meter	pH-meter	LECO-CHN	moffeloven	SFA-CaCl2	droogstoof			
PQ	Nt	Ca	Na	S	pH	pH	C- elementa ir	organisc he stof (105- 550°C)	P	vocht (vers- 40°C) [% o.b.v. veldvoch tig]	%vocht	org.stof kg/m2	C/N
nr.	[g/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[bij 20±1°C]	[bij 20±1°C]	[g/kg]	[%]	[mg/kg]	[mg/kg]	%vocht	org.stof kg/m2	C/N
aantoonbaar	0.3	40	100	30				0.3	2	0.3			
1	1.1	1209	41	169	5.77	6.44	17.2	3.4	2.6	7	6.7%	3.21	15.6
2	0.4	2339	31	112	6.93	7.62	8.02	1.5	3.6	1.8	1.6%	2.72	20.1
4	0.7	3697	535	328	7.41	8.35	12.4	2.2	4.8	21.9	21.6%	1.19	17.7
5	0.6	2924	50	159	6.98	7.74	11.4	2.1	3.1	2.2	2.0%	1.67	19.0
6	0.1	3808	33	75	7.35	9.01	1.06	0.2	1.2	1.2	1.3%	0.08	10.6
7	1.4	7434	207	409	7.54	8.37	22.9	3.4	3.8	27.9	27.6%	1.48	16.4
8	0.3	1480	27	73	6.95	7.43	3.88	0.8	1.4	2	1.9%	1.21	12.9
9	0.1	3304	6	78	6.57	8.58	1.78	0.3	2.8	4.2	4.1%	0.30	17.8
10	0.3	1935	2	70	6.99	7.87	3.86	0.9	3.2	0.9	0.8%	1.24	12.9
11	0	3399	4	80	7.01	7.29	1.54	0.5	4.8	0.5	0.4%	0.51	
12	2.2	1256	348	294	5.94	7.11	30.7	5.4	7.3	13.4	12.8%	4.07	14.0
13	0.2	4221	9	111	7.21	8.25	5.03	0.9	16	1.4	1.2%	1.09	25.2
14	1.1	1072	9	165	5.92	6.46	15.2	3.3	3	5.4	5.1%	3.28	13.8
15	0.7	1652	32	164	6.9	7.55	10.5	2.1	3.7	6	5.8%	1.67	15.0
16	0.9	2081	108	148	6.48	6.92	12.2	2.3	8.1	2.5	2.2%	2.69	13.6
17	destructie H2SO4- H2O2-Se	destructie HNO3-HCL (aqua regia)	destructie HNO3-HCL (aqua regia)	destructie HNO3-HCL (aqua regia)	extractie 0,01M CaCl2	pH-H2O		gloeiverlies	P-Olsen	vochtbepaling (vers)			
18	0.7	1265	813	364	6.41	7.21	14	4.2	4.6	6.7	3.9%	1.92	19.0
19	0.7	1265	813	364	6.41	7.21	14	2.4	2.8	24.5	6.1%	2.82	16.9
	SFA-Nt/Pt	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	pH-meter	pH-meter	LECO-CHN	moffeloven	SFA-CaCl2	droogstoof	24.3%	3.84	20.0
PQ	Nt	Ca	Na	S	pH	pH	C- elementa ir	organisc he stof (105- 550°C)	P	vocht (vers- 40°C) [% o.b.v. veldvoch tig]	%vocht	org.stof kg/m2	C/N
nr.	[g/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[bij 20±1°C]	[bij 20±1°C]	[g/kg]	[%]	[mg/kg]	[mg/kg]	%vocht	org.stof kg/m2	C/N
aantoonbaar	0.3	40	100	30				0.3	2	0.3			
21	1.1	825	122	149	6.14	7.26	13.6	2.9	3.7	7.9	7.5%	2.19	12.4
22	0.1	4064	6	79	7.24	8.95	1.11	0.1	1	1.3	1.3%	0.05	11.1
23	1.9	15817	480	304	7.23	8.05	34.2	5.7	15.6	7.3	6.5%	2.91	18.0
24	2.6	1474	1010	488	6.41	7.18	34.5	6.4	6	32.4	31.9%	5.88	13.3
25	0.2	3825	2	85	7.14	8.66	2.49	0.4	2	0.3	0.3%	0.55	12.5
26	0.4	1930	2	66	6.85	7.3	3.28	0.8	4	7.2	7.1%	0.22	8.2
27	0.3	5288	7	57	6.14	8.12	2.87	0.5	4.8	0.4	0.3%	0.38	9.6
28	2.2	1244	325	304	6.11	7.63	27.7	5.3	6.4	13.9	13.5%	3.64	12.6
29	1.1	1903	635	328	6.87	7.67	16.1	2.7	4.8	18.3	18.0%	3.83	14.6
30	1.6	743	353	234	6.24	7.54	22.9	4	9.3	9.4	9.0%	3.02	14.3
31	1.4	15506	126	271	6.98	7.51	19.6	3	29.6	2.9	2.5%	2.29	14.0
32	2	1432	455	254	6.32	7.56	27.4	4	7.9	4.9	4.4%	3.54	13.7
33	0.2	3964	43	117	7.11	8.17	4.94	0.8	2.5	2	1.8%	0.90	24.7
34	0.3	3162	19	63	6.62	8.54	3.28	0.6	3	0.5	0.3%	0.59	10.9
36	0.3	2684	5	50	7.15	8.36	2.04	0.4	2.8	0.4	0.4%	0.33	6.8
37	1.5	802	231	176	6.37	7.63	19.4	3.5	5.1	6.8	6.4%	2.96	12.9
38	0.6	2192	25	125	6.95	8.18	5.31	1.1	2.6	2.2	2.1%	0.74	8.9
39	0.2	3527	34	79	-	9.26	1.11	0.2	1.3	0.4	0.3%	0.19	5.6
40	2.9	1229	461	328	5.75	6.99	38.9	6.1	12.1	10.4	9.9%	3.70	13.4
41	1.6	1860	10	217	6.54	7.07	21.3	3.8	6.4	9.8	9.4%	3.13	13.3
42	1.2	660	248	162	5.92	7.62	16.5	2.9	4.5	2.1	1.8%	2.46	13.8
43	2.8	2099	1043	535	6.29	7.49	37.6	6.4	27.8	27.2	26.6%	5.34	13.4
44	2.2	1736	971	438	6.72	7.46	25.7	4.7	5	21	20.6%	5.32	11.7
45	0.1	3794	50	76	7.22	8.96	1.12	0.1	1	2.9	2.7%	0.04	11.2

	destructie H2SO4- H2O2-Se	destructie HNO3-HCL (aqua regia)	destructie HNO3-HCL (aqua regia)	destructie HNO3-HCL (aqua regia)	extractie 0,01M CaCl2	pH-H2O		gloeiverlies	P-Olsen	vochtbepaling (vers)			
	SFA-Ni/Pt	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	pH-meter	pH-meter	LECO-CHN	moffeloven	SFA-CaCl2	droogstoof			
PQ	Nt	Ca	Na	S	pH	pH	C- elementa ir	organisc he stof (105- 550°C)	P	vocht (vers- 40°C)			
nr.						[bij 20±1°C]				[% o.b.v. veldvocht]	%vocht	org.stof kg/m2	C/N
aantoonbaar	0.3	40	100	30				0.3	2	0.3			
46	0.3	531	49	49	6.08	6.94	3.48	0.8	1.1	2	1.9%	0.81	11.6
47	4.5	2889	2342	1095	6.3	6.8	74.4	11.8	14.1	46.4	45.6%	8.85	16.5
48	6.5	4080	6760	3322	5.75	5.96	140	24.1	24.4	51.1	49.7%	11.41	21.5
49	1	886	194	153	6.18	7.72	14	2.4	3.7	2	1.7%	2.29	14.0
50	0.6	1416	69	110	6.76	7.58	6.27	1.3	2.1	6.2	6.1%	1.96	10.5
51	1.5	7661	89	248	6.33	7.06	20.4	3.2	10.2	7.6	7.2%	2.31	13.6
52	10.4	4955	8595	6069	6.04	6.2	156	27.5	18.7	67.7	66.4%	5.22	15.0
53	1	639	234	158	6.49	7.79	13.3	2.2	3.3	12	11.7%	2.45	13.3
54	2.6	1244	390	481	5.8	7.05	35.7	5.7	7.2	22.6	22.0%	4.10	13.7
55	0.7	1566	71	194	6.71	7.58	9.91	1.9	3.5	8.1	7.8%	2.28	14.2
56	2.5	965	443	353	5.52	6.93	42.9	6.8	9	15.9	15.3%	4.26	17.2
57	1.4	914	382	281	6.34	7.6	23.1	3.7	5.9	9.5	9.1%	3.18	16.5
58	1.6	723	331	213	6.11	7.55	21.5	3.8	5	13.8	13.3%	3.38	13.4
59	5.4	2697	6175	3954	5.03	5.29	89.3	16	14.4	59	58.1%	5.47	16.5
60	1.3	1526	2546	904	6.54	7.5	15.2	2.2	4	34.1	33.9%	2.56	11.7
61	3.5	2011	6472	2987	5.85	5.95	52.7	9.7	11.5	54.6	53.9%	5.39	15.1
62	2.8	1518	850	573	7.02	8.22	36	5.2	8.8	18.2	17.6%	3.66	12.9
63	0.9	765	112	185	6.26	7.25	10.6	1.9	4.2	6.5	6.2%	1.58	11.8
64	3.7	4644	3049	970	7.09	7.57	54.6	9	33.6	35	34.2%	6.70	14.8
65	0.6	1044	338	212	6.89	7.7	8.71	1.8	4.1	11	10.8%	2.79	14.5
66	2.7	1852	2606	876	6.87	7.31	33.6	5.1	13.5	35.4	34.9%	4.99	12.4
67	9	4983	16236	4763	6.69	6.77	170	30.7	48.1	66.2	64.8%	11.97	18.9
68	0.6	2962	116	108	6.59	7.55	7.23	1.3	6.1	2.1	1.9%	1.97	12.1
69	2.1	2072	4369	1583	7.02	7.56	27.2	4.5	13.1	42.6	42.3%	4.16	13.0
70	0.9	1935	33	142	6.53	7.1	10.2	2	6.4	5.4	5.1%	1.92	11.3

6.2 Lijst voorkomende vaatplanten

Turboveg name

Festuca rubra	76	16	Rood zwenkgras
<i>Calamagrostis epigejos</i>	68	22	Duinriet
<i>Carex arenaria</i>	59	8	Zandzegge
<i>Poa pratensis</i>	54	4	Veldbeemdgras
<i>Cirsium arvense</i>	43	4	Akkerdistel
<i>Jacobaea vulgaris</i> subsp. dunensis	42	3	Duinkruiskruid
<i>Sonchus arvensis</i> var. maritimus	40	3	Zeemelkdistel
<i>Galium mollugo</i>	40	9	Glad walstro
<i>Ammophila arenaria</i>	39	12	Helm
<i>Hippophae rhamnoides</i>	37	22	Duindoorn
<i>Rubus caesius</i>	34	7	Dauwbraam
<i>Elytrigia atherica/maritima</i>	32	7	Zeekweek / Strandkweek
<i>Leontodon saxatilis</i>	31	3	Kleine leeuwentand
<i>Hypnum</i> cupressiforme/andoi	30	23	Gewoon klauwtjesmos
<i>Kindbergia praelonga</i>	30	8	Fijn laddermos
<i>Taraxacum species</i>	29	1	Paardenbloem (G)
<i>Agrostis stolonifera</i>	29	16	Fioringras
<i>Potentilla anserina</i>	27	14	Zilverschoon
<i>Cerastium fontanum</i> subsp. vulgare	27	2	Gewone hoornbloem
<i>Linaria vulgaris</i>	25	3	Vlasbekje
<i>Holcus lanatus</i>	25	5	Gestreepte witbol
<i>Atriplex prostrata/longipes</i>	24	3	Spiesmelde (groep)
<i>Cardamine hirsuta</i>	24	1	Kleine veldkers
<i>Mentha aquatica</i>	22	4	Watermunt
<i>Rumex crispus</i>	21	2	Krulzuring
<i>Luzula campestris</i>	20	3	Gewone veldbies
<i>Urtica dioica</i>	20	7	Grote brandnetel
<i>Cirsium palustre</i>	19	2	Kale jonker
<i>Brachythecium rutabulum</i>	17	6	Gewoon dikkopmos
<i>Phragmites australis</i>	17	13	Riet
<i>Veronica officinalis</i>	17	2	Mannetjesereprijs
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	16	1	Gewone zandmuur
<i>Eupatorium cannabinum</i>	16	5	Koninginnenkruid
<i>Juncus gerardii</i>	16	23	Zilte rus
<i>Syntrichia ruralis</i> var. arenicola	16	10	Groot duinsterretje
<i>Odontites vernus</i> s.l.	15	4	Rode ogentroost (groep)
<i>Cirsium vulgare</i>	14	2	Speerdistel
<i>Elytrigia atherica</i>	13	12	Zeekweek
<i>Cerastium semidecandrum</i>	12	1	Zandhoornbloem
<i>Senecio sylvaticus</i>	11	1	Boskruiskruid
<i>Viola curtisii</i>	11	1	Duinviooltje
<i>Glaux maritima</i>	11	5	Melkkruid
<i>Cochlearia danica</i>	11	1	Deens lepelblad
<i>Sedum acre</i>	11	2	Muurpeper
<i>Rhytidadelphus squarrosus</i>	10	4	Gewoon haakmos

<i>Salix repens</i>	10	30	Kruipwilg
<i>Linum catharticum</i>	10	2	Geelhartje
<i>Chamerion angustifolium</i>	9	8	Wilgenroosje
<i>Polypodium vulgare</i>	9	6	Gewone eikvaren
<i>Xanthoria parietina</i>	9	2	Groot dooiermos
<i>Aira praecox</i>	9	1	Vroege haver
<i>Stellaria media</i>	9	1	Vogelmuur
<i>Carex distans</i>	9	4	Zilte zegge
<i>Brachythecium albicans</i>	8	2	Bleek dikkopmos
<i>Lecidella elaeochroma</i>	8	1	Gewoon purperschaaltje
<i>Galium palustre</i> s.l.	8	2	Moeraswalstro
<i>Lycopus europaeus</i>	8	2	Wolfspot
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	8	9	Gewone waternavel
<i>Sambucus nigra</i>	8	10	Gewone vlier
<i>Sagina nodosa</i>	7	1	Sierlijke vetmuur
<i>Rosa canina</i> s.l.	7	4	Hondsroos (groep)
<i>Suaeda maritima</i>	7	8	Schorrenkruid
<i>Galeopsis bifida</i>	7	2	Gespleten hennepnetel
<i>Aster tripolium</i>	7	3	Zulte
<i>Bolboschoenus maritimus</i> f. compactus	7	9	
<i>Veronica arvensis</i>	7	1	Veldereprijs
<i>Pseudoscleropodium purum</i>	6	6	Groot laddermos
<i>Cladonia furcata</i>	6	3	Gevorkt heidestaartje
<i>Solanum dulcamara</i>	6	2	Bitterzoet
<i>Phleum arenarium</i>	6	1	Zanddoddegras
<i>Dicranum scoparium</i>	6	4	Gewoon gaffeltandmos
<i>Galium aparine</i>	6	2	Kleefkruid
<i>Atriplex portulacoides</i>	5	2	Gewone zoutmelde
<i>Amandinea punctata</i>	5	2	Vliegenstrontjesmos
<i>Epilobium palustre</i>	5	1	Moerasbasterdwederik
<i>Rumex acetosella</i>	5	2	Schapenzuring
<i>Erodium cicutarium</i> s.l.	5	2	Gewone reigersbek (groep)
<i>Cerastium fontanum</i>	5	2	Gewone hoornbloem (groep)
<i>Myosotis ramosissima</i>	5	1	Ruw vergeet-mij-nietje
<i>Carex flacca</i>	5	3	Zeegroene zegge
<i>Eleocharis uniglumis</i>	4	6	Slanke waterbies
<i>Viola canina</i>	4	2	Hondsviooltje
<i>Rhynchostegium megapolitanum</i>	4	3	Duinsnavelmos
<i>Epilobium montanum</i>	4	2	Bergbasterdwederik
<i>Bryum species</i>	4	1	Knikmos (G)
<i>Rubus sect. Corylifolii</i>	4	11	Wasbraam
<i>Lecanora hagenii</i>	4	1	Kleine schotelkorst
<i>Salicornia europaea</i> sensu FvN 23	4	7	Kortarige zeekraal (groep)
<i>Scutellaria galericulata</i>	4	2	Blauw glidkruid
<i>Hypochaeris radicata</i>	4	2	Gewoon biggenkruid
<i>Cladonia scabriuscula</i>	4	1	Ruw heidestaartje
<i>Calliergonella cuspidata</i>	4	7	Gewoon puntmos
<i>Geranium molle</i>	4	1	Zachte ooievaarsbek
<i>Crataegus monogyna</i>	4	3	Eenstijlige meidoorn
<i>Trifolium repens</i>	4	2	Witte klaver

<i>Epilobium obscurum</i>	4	1	Donkergroene basterdwederik
<i>Plantago coronopus</i>	4	4	Hertshoornweegbree
<i>Euphrasia stricta</i>	4	2	Stijve ogentroost
<i>Cladonia rangiformis</i>	4	4	Vals rendiermos
<i>Rubus sect. Rubus</i>	3	15	Zwarte braam
<i>Poa trivialis</i>	3	3	Ruw beemdgras
<i>Centaureum pulchellum</i>	3	1	Fraai duizendguldenkruid
<i>Vicia sativa</i> subsp. <i>nigra/segetalis</i>	3	1	Smalle/Vergeeten wikke
<i>Physcia adscendens</i>	3	1	Kapjesvingermos
<i>Lophocolea bidentata</i>	3	2	Gewoon kantmos
<i>Juncus articulatus</i>	3	4	Zomprus
<i>Bolboschoenus maritimus</i> aggr.	3	11	Heen
<i>Plantago maritima</i>	3	6	Zeeweegbree
<i>Moehringia trinervia</i>	3	1	Drienerfmuur
<i>Asparagus officinalis</i> subsp. <i>officinalis</i>	3	2	Asperge
<i>Dryopteris filix-mas</i>	3	6	Mannetjesvaren
<i>Drepanocladus aduncus</i>	3	4	Moerassikkelmos
<i>Convolvulus sepium</i>	3	3	Haagwinde
<i>Rubus species</i>	2	7	Braam (G)
<i>Lotus corniculatus</i> s.s.	2	5	Gewone rolklaver
<i>Hypnum jutlandicum</i>	2	9	Heideklauwtjesmos
<i>Juncus maritimus</i>	2	8	Zeerus
<i>Sonchus arvensis</i> s.l.	2	2	Akkermelkdistel (groep)
<i>Carex oederi</i> subsp. <i>oederi</i>	2	3	Dwergzegge
<i>Spergularia salina</i>	2	3	Zilte schijnspurrie
<i>Juncus balticus</i>	2	4	Noordse rus
<i>Epilobium species</i>	2	1	Basterdwederik (G)
<i>Xanthoria polycarpa</i>	2	1	Klein dooiermos
<i>Oenanthe lachenalii</i>	2	2	Zilt torkruid
<i>Physcia tenella</i>	2	1	Heksenvingermos
<i>Cerastium diffusum</i>	2	1	Scheve hoornbloem
<i>Juncus alpinoarticulatus</i> s.l.	2	2	Rechte rus
<i>Leontodon autumnalis</i>	2	3	Vertakte leeuwentand
<i>Corynephorus canescens</i>	2	2	Buntgras
<i>Tripleurospermum</i> <i>maritimum</i>	2	3	Reukeloze kamille
<i>Elytrigia repens</i>	2	4	Kweek
<i>Amblystegium serpens</i>	2	1	Gewoon pluisdraadmos
<i>Peltigera rufescens</i>	2	2	Klein leermos
<i>Elytrigia juncea</i> subsp. <i>boreoatlantica</i>	2	2	Biestarwegras
<i>Dryopteris carthusiana</i>	2	2	Smalle stekelvaren
<i>Centaureum littorale</i>	2	2	Strandduizendguldenkruid
<i>Vicia lathyroides</i>	2	1	Lathyruswikke
<i>Sonchus asper</i>	2	3	Gekroesde melkdistel
<i>Senecio vulgaris</i>	2	1	Klein kruiskruid
<i>Epilobium hirsutum</i>	2	3	Harig wilgenroosje
<i>Calamophila baltica</i> (x)	2	2	Noordse helm
<i>Bromus hordeaceus</i> subsp. <i>hordeaceus</i>	2	1	Zachte dravik
<i>Trifolium fragiferum</i>	1	10	Aardbeiklaver
<i>Polygala vulgaris</i>	1	1	Gewone vleugeltjesbloem

<i>Myosotis laxa</i> subsp. <i>cespitosa</i>	1	2	Zompvergeet-mij-nietje
<i>Lecanora chlarotera</i>	1	1	Witte schotelkorst
<i>Samolus valerandi</i>	1	3	Waterpunge
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	1	1	Herderstasje
<i>Atriplex littoralis</i>	1	1	Strandmelde
<i>Hypnum cupressiforme</i> var. <i>cupressiforme</i>	1	1	Echt klauwtjesmos
<i>Dryopteris dilatata</i>	1	4	Brede stekelvaren
<i>Ceratodon purpureus</i>	1	1	Gewoon purpersteeltje
<i>Bryum capillare</i>	1	1	Gedraaid knikmos
<i>Salix cinerea</i>	1	3	Grauwe en Rossige wilg
<i>Pyrola rotundifolia</i>	1	7	Rond wintergroen
<i>Orthotrichum diaphanum</i>	1	1	Grijze haarmuts
<i>Lophocolea heterophylla</i>	1	1	Gedrongen kantmos
<i>Limonium vulgare</i>	1	3	Lamsoor
<i>Hieracium umbellatum</i> s.l.	1	2	Schermhavikskruid
<i>Juncus bufonius</i>	1	2	Greppelrus
<i>Juncus ambiguus</i>	1	2	Zilte greppelrus
<i>Vicia cracca</i>	1	2	Vogelwikke
<i>Poa annua</i>	1	2	Straatgras
<i>Liparis loeselii</i>	1	1	Groenknolorchis
<i>Asparagus officinalis</i> s.l.	1	2	Asperge (groep)
<i>Lotus corniculatus</i> /'Sativus'	1	2	Gewone/Rechte rolklaver
<i>Agrostis capillaris</i>	1	5	Gewoon struisgras
<i>Triglochin maritima</i>	1	2	Schorrenzoutgras
<i>Tortula subulata</i>	1	1	Langkapselsterretje
<i>Orthotrichum affine</i>	1	1	Gewone haarmuts
<i>Myosotis species</i>	1	1	Vergeet-mij-nietje (G)
<i>Lolium perenne</i>	1	7	Engels raaigras
<i>Cladonia fimbriata</i>	1	1	Kopjes-bekermos
<i>Vicia species</i>	1	1	Wikke (G)
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	1	1	Rond schaduwmos
<i>Lecanora symmicta</i>	1	1	Bolle schotelkorst
<i>Lecania cyrtella</i>	1	1	Boomglimschotelkje
<i>Eleocharis quinqueflora</i>	1	7	Armbloemige waterbies
<i>Cladonia foliacea</i>	1	1	Zomersneuw
<i>Cladonia chlorophaea</i>	1	1	Fijn bekermos
<i>Angelica sylvestris</i>	1	3	Gewone engelwortel
<i>Xanthoria species</i>	1	1	Dooiermos (G)
<i>Triglochin palustris</i>	1	2	Moeraszoutgras
<i>Puccinellia maritima</i>	1	18	Gewoon kweldergras
<i>Polygonum aviculare</i>	1	2	Gewoon varkensgras
<i>Orthotrichum pulchellum</i>	1	1	Gekroesde haarmuts
<i>Vicia sativa</i> s.l.	1	1	Voederwikke (groep)
<i>Oenothera oakesiana</i>	1	2	Duinteunisbloem
<i>Festuca filiformis</i>	1	2	Fijn schapengras
<i>Conyza canadensis</i>	1	2	Canadese fijnstraal
<i>Carex nigra</i>	1	8	Zwarte zegge
<i>Cakile maritima</i>	1	2	Zeeraket
<i>Bromus hordeaceus</i> s.l.	1	1	Zachte/Duindravik
<i>Ranunculus repens</i>	1	2	Kruipende boterbloem

<i>Parnassia palustris</i>	1	2	Parnassia
<i>Bryum dichotomum</i>	1	1	Grofkorrelknikmos
<i>Artemisia maritima</i>	1	3	Zeealsem
<i>Ulota phyllantha</i>	0	2	Broedkroesmos
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	0	2	Pluimstaartmos
<i>Epipactis palustris</i>	0	2	Moeraswespenorchis
<i>Cladonia humilis</i>	0	1	Frietzak-bekermos
<i>Barbula unguiculata</i>	0	1	Kleismaragdsteeltje
<i>Spartina anglica</i>	0	33	Engels slijkgras
<i>Sonchus oleraceus</i>	0	1	Gewone melkdistel
<i>Sagina procumbens</i>	0	1	Liggende vetmuur
<i>Rhynchostegium confertum</i>	0	1	Boomsnavelmos
<i>Prunella vulgaris</i>	0	2	Gewone brunel
<i>Plantago major</i> subsp. major	0	1	Grote weegbree
<i>Plantago lanceolata</i>	0	5	Smalle weegbree
<i>Lonicera periclymenum</i>	0	2	Wilde kamperfoelie
<i>Leymus arenarius</i>	0	11	Zandhaver
<i>Hennediella heimii</i>	0	1	Ziltmos
<i>Cladonia species</i>	0	1	Heidestaartje en Bekermos (G)
<i>Carex extensa</i>	0	2	Kwelderzegge
<i>Cardamine pratensis</i>	0	2	Pinksterbloem
<i>Atriplex species</i>	0	1	Melde (G)
<i>Syntrichia ruralis</i> var. calicicola	0	9	Klein duinsterretje
<i>Ranunculus acris</i>	0	2	Scherpe boterbloem
<i>Pleurozium schreberi</i>	0	2	Bronsmos
<i>Plantago major</i> s.l.	0	2	Grote weegbree (groep)
<i>Metzgeria furcata</i>	0	1	Bleek boomvorkje
<i>Geranium robertianum</i>	0	3	Robertskruid
<i>Galium verum</i> s.l.	0	3	Geel walstro
<i>Epilobium parviflorum</i>	0	1	Viltige basterdwederik
<i>Drepanocladus polygamus</i>	0	1	Goudsikkelmos
<i>Cladonia pocillum</i>	0	1	Duinbekermos
<i>Chenopodium rubrum</i>	0	6	Rode ganzenvoet
<i>Centaureum erythraea</i>	0	2	Echt duizendguldenkruid
<i>Trifolium pratense</i>	0	1	Rode klaver
<i>Spergularia media</i> subsp. angustata	0	2	Gerande schijnspurrie
<i>Senecio inaequidens</i>	0	1	Bezemkruiskruid
<i>Parmelia sulcata</i>	0	1	Gewoon schildmos
<i>Ophioglossum vulgatum</i>	0	1	Addertong
<i>Myosotis arvensis</i>	0	1	Akkervergeet-mij-nietje
<i>Lecanora dispersa</i>	0	1	Verborgen schotelkorst
<i>Galium uliginosum</i>	0	1	Ruw walstro
<i>Elytrigia atherica</i> x repens	0	1	
<i>Elytrigia atherica</i> x juncea	0	1	
<i>Cynosurus cristatus</i>	0	2	Kamgras
<i>Chenopodium album</i>	0	2	Melganzenvoet
<i>Chaetomorpha species</i>	0	7	Groenwier spec
<i>Arthopyrenia punctiformis</i>	0	1	Gewone stipjes
<i>Arthonia radiata</i>	0	1	Amoebekorst
<i>Urtica urens</i>	0	2	Kleine brandnetel

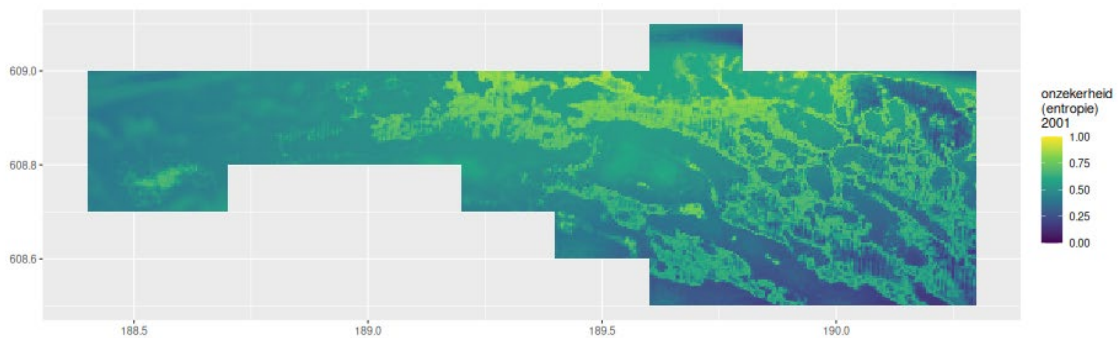
<i>Syntrichia ruralis</i> s.l.	0	1	
<i>Solanum nigrum</i> subsp. nigrum	0	1	Zwarte nachtschade
<i>Silene dioica</i>	0	1	Dagkoekoeksbloem
<i>Saxifraga tridactylites</i>	0	1	Kandelaartje
<i>Rumex acetosa</i>	0	1	Veldzuring
<i>Polytrichum formosum</i>	0	2	Fraai haarmos
<i>Polygala serpyllifolia</i>	0	1	Liggende vleugeltjesbloem
<i>Plagiothecium denticulatum</i>	0	1	Glanzend platmos
<i>Erophila verna</i>	0	1	Vroegeling
<i>Eleocharis palustris</i> s.s.	0	2	Gewone waterbies
<i>Cryphaea heteromalla</i>	0	1	Vliermos
<i>Cladonia grayi</i>	0	1	Bruin bekermos
<i>Carex riparia</i>	0	4	Oeverzegge
<i>Brachythecium mildeanum</i>	0	2	Moerasdikkopmos
<i>Bacidia species</i>	0	1	Knoopjeskorst (G)
<i>Bacidia chlorotricula</i>	0	1	Gladder knoopjeskorst
<i>Athyrium filix-femina</i>	0	3	Wijfjesvaren
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	0	3	Gewoon reukgras
<i>Anisomeridium polypori</i>	0	1	Schoorsteentje
<i>Agrostis species</i>	0	1	Struisgras (G)
<i>Stellaria species</i>	0	2	Muur (G)
<i>Silene flos-cuculi</i>	0	3	Echte koekoeksbloem
<i>Scoliciosporum chlorococcum</i>	0	1	Boomspiraalkorst
<i>Rosa species</i>	0	1	Roos (G)
<i>Ranunculus flammula</i>	0	1	Egelboterbloem
<i>Pulicaria dysenterica</i>	0	3	Heelblaadjes
<i>Polytrichum juniperinum</i>	0	3	Zandhaarmos
<i>Peltigera species</i>	0	2	Leermos (G)
<i>Orthotrichum tenellum</i>	0	1	Slanke haarmuts
<i>Oenothera species</i>	0	2	Teunisbloem (G)
<i>Oenothera biennis</i> s.s.	0	2	Middelste teunisbloem
<i>Nostoc species</i>	0	10	
<i>Lotus pedunculatus</i>	0	2	Moerasrolklaver
<i>Leptodictyum riparium</i>	0	1	Beekmos
<i>Lecanora species</i>	0	1	Schotelkorst (G)
<i>Lecanora expallens</i>	0	1	Bleekgroene schotelkorst
<i>Juncus conglomeratus</i>	0	2	Biezenknoppen
<i>Iris pseudacorus</i>	0	1	Gele lis
<i>Hylocomium splendens</i>	0	1	Glanzend etagemos
<i>Frullania dilatata</i>	0	2	Helmroestmos
<i>Fellhanera viridisorediata</i>	0	1	Gewone druppelkorst
<i>Fallopia convolvulus</i>	0	1	Zwaluw tong
<i>Eurhynchium striatum</i>	0	2	Geplooid snavelmos
<i>Epilobium ciliatum</i>	0	2	Beklierde basterdwederik
<i>Danthonia decumbens</i>	0	3	Tandjesgras
<i>Cerastium species</i>	0	1	Hoornbloem (G)
<i>Cephaloziella species</i>	0	1	Draadmos (G)
<i>Carex panicea</i>	0	5	Blauwe zegge
<i>Campylopus introflexus</i>	0	2	Grijs kronkelsteeltje
<i>Caloplaca obscurella</i>	0	1	Gewone kraterkorst

<i>Bryum warneum</i>	0	1	Kwelderknikmos
<i>Bryum argenteum</i>	0	1	Zilvermos
<i>Bryum algovicum</i>	0	1	Netknikmos
<i>Brachythecium salebrosum</i>	0	1	Glad dikkopmos
<i>Blysmus rufus</i>	0	2	Rode bies
<i>Barbula convoluta</i>	0	1	Gewoon smaragdsteeltje
<i>Bacidia delicata</i>	0	1	Soredieuze knoopjeskorst
<i>Anthriscus sylvestris</i>	0	10	Fluitenkruid
<i>Aneura pinguis</i>	0	2	Echt vetmos
<i>Achillea millefolium</i>	0	5	Gewoon duizendblad
<i>Zygodon viridissimus/rupestris</i>	0	1	Gewoon iepenmos
<i>Zygodon species</i>	0	1	Iepenmos (G)
<i>Zygodon rupestris</i>	0	1	Parkiepenmos
<i>Xanthoriicola physciae</i>	0	2	
<i>Viola species</i>	0	1	Viooltje (G)
<i>Ulota species</i>	0	1	Kroesmos (G)
<i>Trifolium species</i>	0	1	Klaver (G)
<i>Thlaspi arvense</i>	0	2	Witte krodde
<i>Syntrichia species</i>	0	1	Sterretje (G)
<i>Syntrichia papillosa</i>	0	1	Knikkersterretje
<i>Sinapis arvensis</i>	0	2	Herik
<i>Senecio s.l. species</i>	0	1	Kruiskruid (G)
<i>Schoenus nigricans</i>	0	1	Knopbies
<i>Sagina maritima</i>	0	1	Zeevetmuur
<i>Rosa rubiginosa s.l.</i>	0	1	Egelantier (groep)
<i>Rhynchostegium species</i>	0	2	Snavelmos p.p. (G)
<i>Populus alba</i>	0	2	Witte abeel
<i>Placynthiella dasaea</i>	0	1	Okerbruine veenkorst
<i>Parmelia species</i>	0	1	Echt schildmos (G)
<i>Oxyrrhynchium pumilum</i>	0	3	Klein snavelmos
<i>Orthotrichum species</i>	0	2	Haarmuts (G)
<i>Oenothera biennis/x fallax</i>	0	2	Middelste/Bastaardteunisbloem
<i>Micarea species</i>	0	1	Oogje (G)
<i>Micarea prasina</i>	0	1	Houtoogje
<i>Micarea denigrata</i>	0	1	Vulkaanoogje
<i>Metzgeria species</i>	0	1	Boomvorkje (G)
<i>Metzgeria fruticulosa</i>	0	1	Blauw boomvorkje
<i>Melanelixia subaurifera</i>	0	1	Verstop-schildmos
<i>Lepraria lobificans</i>	0	1	Gelobde poederkorst
<i>Juncus alpinoarticulatus x articulatus</i>	0	1	
<i>Jacobaea vulgaris subsp. vulgaris</i>	0	3	Jakobskruiskruid
<i>Homalothecium lutescens</i>	0	3	Smaragdmos
<i>Gnaphalium luteo-album</i>	0	1	Bleekgele droogbloem
<i>Geranium pusillum</i>	0	1	Kleine ooievaarsbek
<i>Funaria hygrometrica</i>	0	1	Gewoon krulmos
<i>Festuca guestphalica s.l.</i>	0	2	Genaald schapengras
<i>Fallopia dumetorum</i>	0	1	Heggenduizendknoop
<i>Evernia species</i>	0	1	Eikenmos (G)
<i>Eupatorium species</i>	0	3	Koninginnenkruid (G)
<i>Eriophorum angustifolium</i>	0	3	Veenpluis

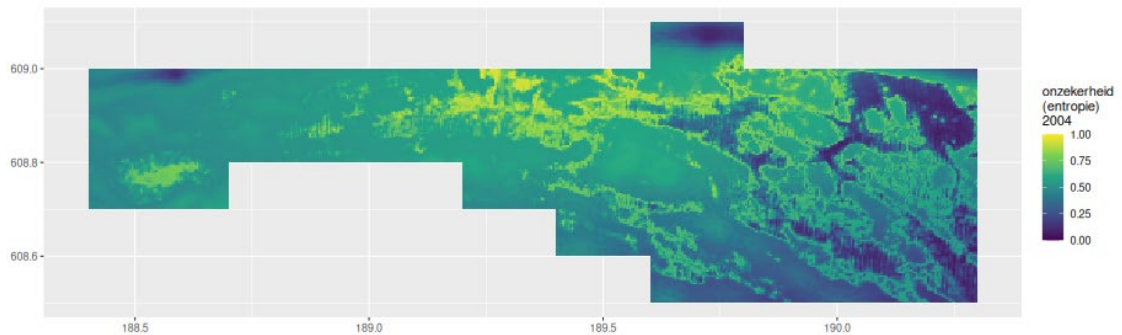
<i>Elytrigia x obtusiuscula</i>	0	8	
<i>Eleocharis species</i>	0	2	Waterbies (G)
<i>Drepanocladus species</i>	0	1	Sikkelmos p.p. (G)
<i>Dimerella pineti</i>	0	1	Valse knoopjeskorst
<i>Didymodon tophaceus</i>	0	1	Stomp dubbeltandmos
<i>Dicranoweisia cirrata</i>	0	1	Gewoon sikkelsterretje
<i>Dactylis glomerata</i>	0	1	Kropaar
<i>Cladonia ramulosa</i>	0	1	Rafelig bekermos
<i>Centaureum species</i>	0	1	Duizendguldenkruid (G)
<i>Carex hirta</i>	0	1	Ruige zegge
<i>Carex acutiformis</i>	0	1	Moeraszegge
<i>Candelariella reflexa</i>	0	1	Poedergeelkorst
<i>Calamagrostis canescens</i>	0	1	Hennegras
<i>Buellia punctata</i>	0	2	
<i>Brachythecium species</i>	0	1	Dikkopmos (G)
<i>Bolboschoenus maritimus</i> f. maritimus	0	3	
<i>Bacidia neosquamulosa</i>	0	1	Nieuwe knoopjeskorst
<i>Atriplex prostrata</i>	0	3	Spiesmelde
<i>Amblystegium varium</i>	0	1	Oeverpluisdraadmos
<i>Agrostis canina</i>	0	1	Moerasstruisgras

6.3 Entropiekaarten

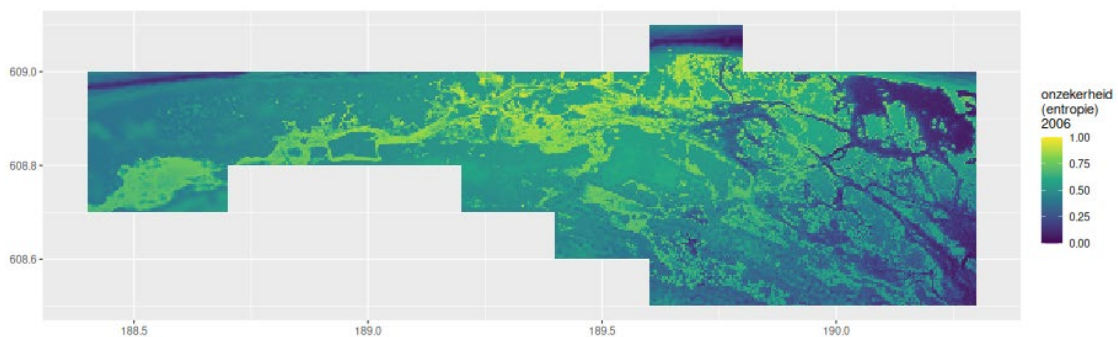
Bij het modelleren van kansrijkdomkaarten wordt altijd een onzekerheid in acht genomen. Deze onzekerheid kan worden uitgedrukt in entropie en kunnen op eenzelfde wijze op een kaart worden geplot. Deze kaartjes geven de onzekerheid van de voorspellingen op elke locatie weer. Ze zijn gemaakt op basis van de kans op het voorkomen van de habitats gegeven door het model waar de kansrijkdom kaarten op gebaseerd zijn. Als maat voor onzekerheid is er gebruik gemaakt van de "entropie". Entropie is theoretisch gezien misschien een lastig concept, maar laat zich na normalisatie vrij eenvoudig interpreteren. Entropie zit dan op een schaal die varieert van 0 tot en met 1. Een entropie van 0 betekent: een hoge zekerheid over de habitat op de betreffende locatie. Dit habitat heeft een kans op voorkomen van 1, de overige habitats een kans op voorkomen van 0. Een entropie van 1 betekent echter een hoge onzekerheid dat het voorspelde habitat op een bepaalde locatie voorkomt. Oftewel op een locatie met een entropie van 1 hebben dan alle habitats een gelijke kans op voorkomen.



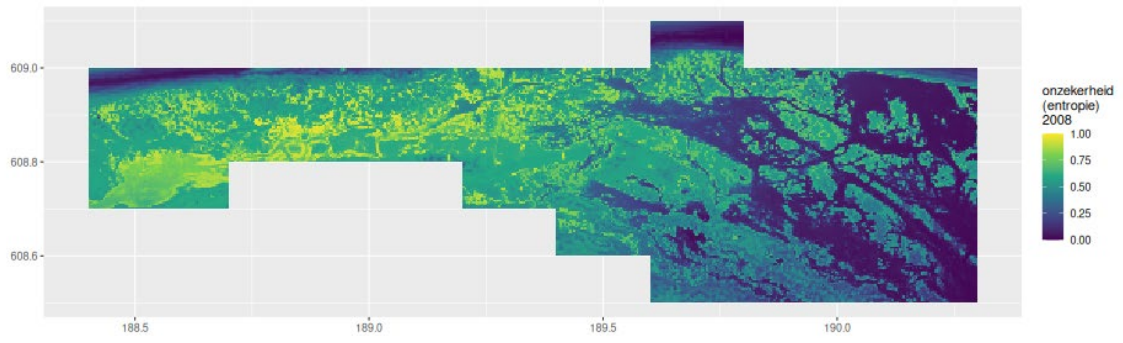
2001



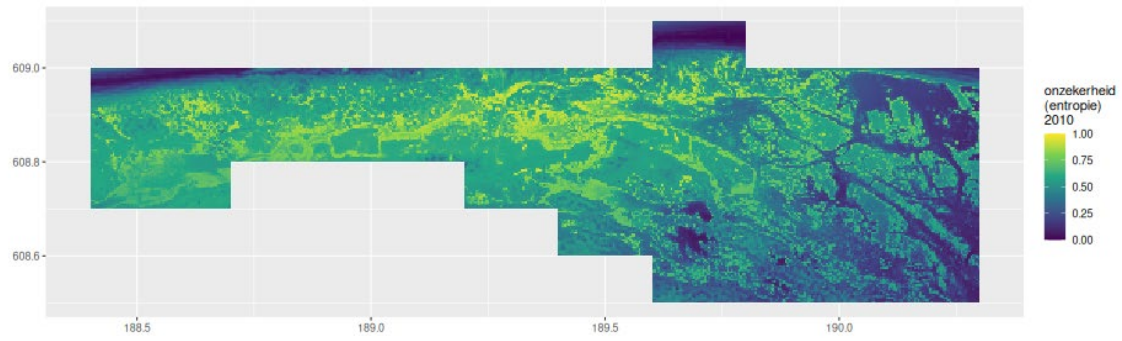
2004



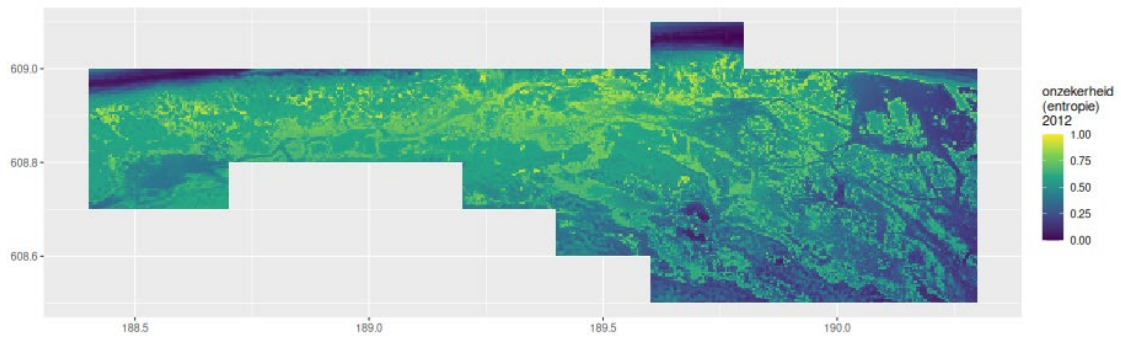
2006



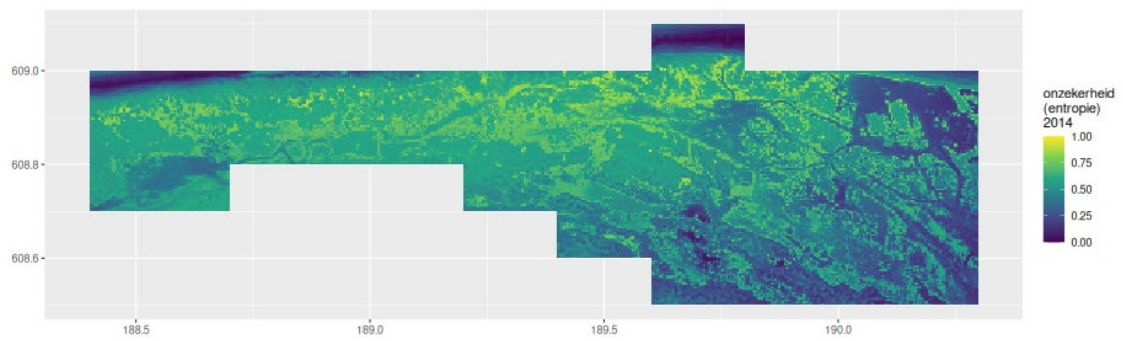
2008



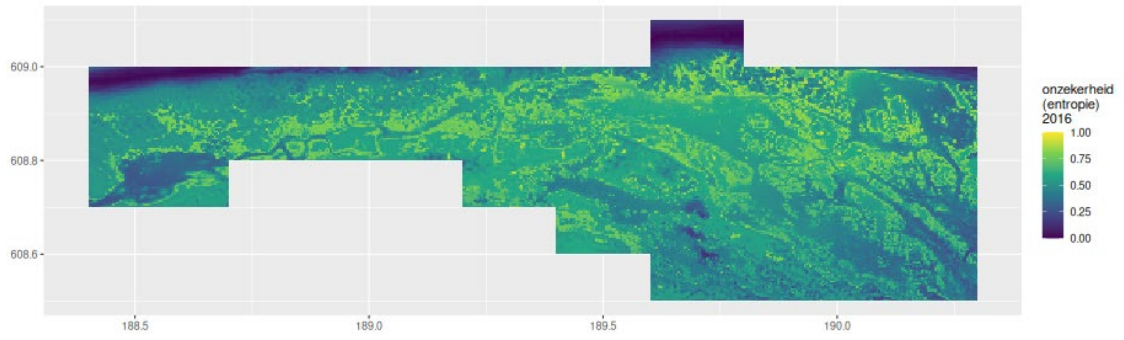
2010



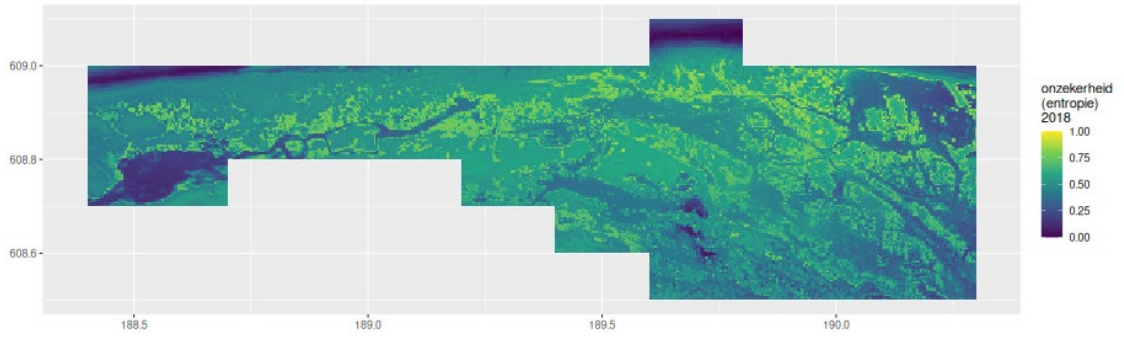
2012



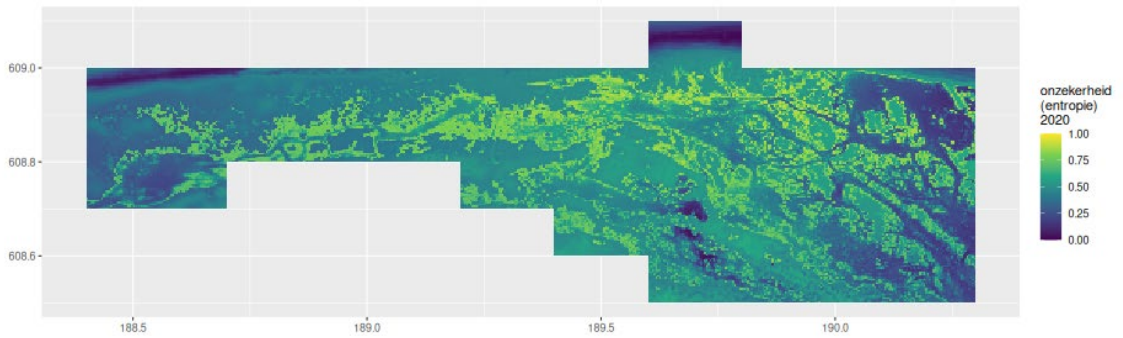
2014



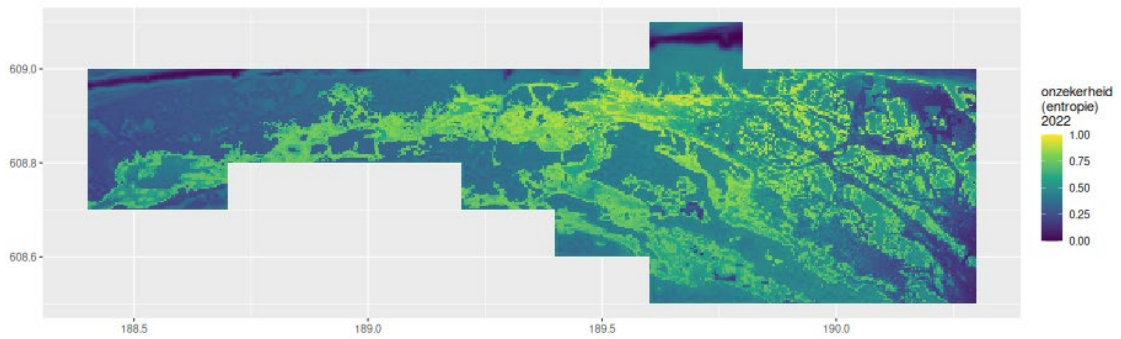
2016



2018



2020



2022