



inbo



Instituut voor
Natuur- en Bosonderzoek

Groenknolorchis (*Liparis loeselii*) in Vlaanderen

Ecologie, populatiedynamica en potenties

Wouter Van Landuyt, Ralf Gyselings, Filiep T'jollyn, An Vanden Broeck

Auteurs:

Wouter Van Landuyt, Ralf Gyselings, Filiep T'jollyn, An Vanden Broeck
Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek

Het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) is het Vlaams onderzoeks- en kenniscentrum voor natuur en het duurzame beheer en gebruik ervan. Het INBO verricht onderzoek en levert kennis aan al wie het beleid voorbereidt, uitvoert of erin geïnteresseerd is.

Vestiging:

INBO Brussel
Kliniekstraat 25, 1070 Brussel
www.inbo.be

e-mail:

wouter.vanlanduyt@inbo.be

Wijze van citeren:

Van Landuyt W., Gyselings R., T'jollyn F., Vanden Broeck A. (2014). Groenknolorchis (*Liparis loeselii*) in Vlaanderen: ecologie, populatiedynamica en potenties. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2014 (INBO.R.2014.29423207). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

D/2014/3241/234

INBO.R.2014.2942320

ISSN: 1782-9054

Verantwoordelijke uitgever:

Jurgen Tack

Druk:

Managementondersteunende Diensten van de Vlaamse overheid

Foto cover:

Groenknolorchis (*Liparis loeselii*) - Wouter Van Landuyt

Groenknolorchis (*Liparis loeselii*) in Vlaanderen:

ecologie, populatiedynamica en potenties

**Van Landuyt Wouter, Gyselings Ralf, T'jollyn Filiep, Vanden
Broeck An**

INBO.R.2014.2942320

Dankwoord/Voorwoord

We willen Wouter Van Gompel, Simon Feys, Luc De Bruyn, Frederic Van Lierop, Wim Mertens en Tim Adriaens hartelijk danken voor het inspringen bij het veldwerk in de Haasop de voorbije jaren. Kenny Hessel en Frederic Van Lierop voor het opmeten van de peilbuizen.

Kees De Kraker, Wim Van Wijngaarden, Remko Andeweg, Bertille Valentin en de natuurwachters van noordwest-Frankrijk brachten ons probleemloos naar vele *groenknolorchis* locaties in Nederland of noordwest-Frankrijk.

Bertille Valentin bezorgde ons hydrologische gegevens van een aantal groeiplaatsen in Frankrijk en Stefan Hennekens bezorgde ons de Nederlandse vegetatieopnamen van *groenknolorchis*.

Samenvatting

Dit rapport geeft een overzicht van de populatiedynamica, auto-ecologie, standplaatsvereisten en potenties voor *groenknolorchis* (*Liparis loeselii* (L.) Rich.) in Vlaanderen. *Groenknolorchis* is een in Vlaanderen met uitsterven bedreigde soort die op slechts drie locaties in Vlaanderen aanwezig is. Gezien de soort strikte bescherming geniet via de Habitatrictlijn werden de bestaande populaties in Vlaanderen sinds 2007 gemonitord en werd onderzoek gedaan naar de standplaatsvereisten van de soort.

Groenknolorchis komt in Vlaanderen voor in de Waaslandhaven met een populatie minimaal 3000 individuen (Haasop, Beveren) en in Sluismeere te Mol met een populatie van maximaal 10 exemplaren. In de zomer van 2014 werd een populatie van een tiental exemplaren in het natuureservaat Buitengoor te Mol ontdekt waarvan de precieze omvang nog niet bekend is.

Aan de hand van 109 vegetatieopnamen uit Nederland, België en Noordwest-Frankrijk werd een classificatie gemaakt van de vegetatietypen waarin *groenknolorchis* in West-Europa aanwezig is. De twee hoofdtypen die konden onderscheiden worden zijn vegetaties op organische bodem onder invloed van kalkrijke kwel (alkalische laagvenen) en vegetaties op nat kalkrijk zand (duinpannen, strandvlakten, opgespoten terreinen en andere overgangsmilieus tussen brakke en zoete milieus). Voor elk van deze werden kenmerkende begeleidende soorten geselecteerd. Deze soorten werden verder gebruikt om een screening uit te voeren van potentieel geschikte locaties voor *groenknolorchis* in Vlaanderen op basis van kenmerkende, begeleidende soorten en hydrologie. Aan de kust komen het Westhoekreservaat in De Panne en het duinengebied Ter Yde in Oostduinkerke als mogelijke groeiplaatsen naar voor te komen. In het binnenland komen het natuureservaat Het Torfbroek in Kampenhout en het Buitengoor in Mol naar voor als (mogelijke) groeiplaatsen. Op deze laatste locatie werd in de zomer van 2014 de soort effectief gevonden na natuurherstelwerken de vorige jaren.

Aan de hand van de standplaatshoogten van *groenknolorchissen* in de Haasop en de grondwaterfluctuaties ter plekke werd gekeken of de potentiële locaties elders binnen dezelfde range liggen.

Chemisch wordt het grondwater op de groeiplaatsen van *groenknolorchis* gekenmerkt door een hoge concentratie aan calciumbicarbonaat. Calciumcarbonaat is steeds het voornaamste mineraal. Hoewel op een aantal locaties het water in de diepere grondwaterlagen licht brak is komt dit niet binnen het bereik van de wortels van de *groenknolorchissen*. Het grondwater op potentiële groeiplaatsen (geselecteerd werden aan de hand van kenmerkende soorten) heeft een zeer vergelijkbare chemie.

Aanbevelingen voor beheer en/of beleid

Uit de monitoring van de populatiedynamiek en de hydrologie op de groeiplaats van *groenknolorchis* in de Haasop (Beveren, Waaslandhaven) blijkt dat de soort erg gevoelig is voor grondwaterschommelingen. Met name uitdroging van de standplaatsen in de maanden mei-juli kan de populaties sterk doen afnemen. Met name kiemplanten lijken erg gevoelig voor verdroging. Niet alleen is er mortaliteit door verdroging van de planten zelf maar er is ook een sterke toename van vraat van o.a. konijnen. In droge jaren kan tot 90 % van de bloeistengels afgevreten worden. Een hoge grondwatertafel in het bloeiseizoen is van belang voor de overleving van de populaties op langere termijn, niet alleen door de betere overleving van de individuen maar ook doordat konijnenvraat dan beperkt wordt. Winterse inundatie wordt goed verdragen maar de watertafel mag eind mei – begin juni niet meer boven maaiveld staan. Het creëren van nieuw habitat door milieutechnische ingrepen lijkt enkel nuttig als ook gegarandeerd worden dat het grondwaterpeil in de zomer dicht tegen het maaiveld blijft.

Alhoewel *groenknolorchissen* nog enige jaren kunnen overleven in lichtrijk struweel is een open habitatstructuur essentieel voor overleving op lange termijn. Uitbreiding van de populaties vinden vooral plaats in open vegetaties. Voor populaties op minerale bodems lijkt een beheer waarbij zo laat mogelijk in het najaar gemaaid wordt of de struiken gekapt en het materiaal afgevoerd wordt ideaal. Hierbij wordt best rekening gehouden met de, in vergelijking met andere orchideeën, zeer late rijping van de zaaddozen en de nog latere vrijstelling van de zaden. De zaaddozen zijn pas rijp vanaf half oktober en zaad wordt normaal langzaam gedurende de winter (na december !) vrijgesteld door het openen van de zaaddoos. Om praktische redenen wordt vaak vroeger gemaaid omdat standplaatsen in de winter vaak onder water komen. Het kan aangewezen zijn om, zeker bij kleine populaties, de planten in vrucht te markeren om deze te sparen bij het maaibeheer. Op de groeiplaats in de Haasop blijken de aantallen op de gemaaide delen van het terrein toch toe te nemen bij een jaarlijkse maaibeurt eind oktober, ondanks het feit dat de zaaddozen op dat ogenblik nog niet geopend zijn. Ook op de meeste buitenlandse standplaatsen op minerale bodem wordt een maaibeheer toegepast. Bij enkele zeer grote populaties op de platen in het Grevelingenmeer in Nederland wordt ook extensief graasbeheer toegepast (De Kraker, 2014) maar dat lijkt ons voor kleine en geconcentreerde populaties niet aangewezen omdat de vele afgegraasde bloeiaren dan voor een geringe zaadzetting zorgen (De Kraker, 2014). Op enkele standplaatsen bestaande uit zeggebulten is maaien geen optie maar opkomend struweel kappen een aangewezen beheer.

English abstract

This study gives a review of the population dynamics, ecology, site characteristics and potential locations for the fen orchid (*Liparis loeselii* (L.) Rich.) in Flanders. Fen orchid is in Flanders threatened with extinction that is only present on two locations. It is strictly protected by the European Habitats Directive and populations in Flanders are been monitored since 2007 and some research has been done on habitat characteristics, especially groundwater fluctuations and chemistry of the groundwater.

Fen orchid is in Flanders present in the portal area of Antwerp (Waaslandhaven, Beveren) with a population size of about 3000 individuals and in one alkaline fen in the Campine region (Sluismeer, Mol), where maximum 10 individuals persist. In summer 2014 a new population near the location in Sluismeer was discovered in the nature reserve Buitengoor (also in the community of Mol.)

Based on 109 vegetation plots from the Netherlands, Belgium and Northwest France a Twinspan classification has been made from vegetation types with fen orchid in Western Europe. The major division is between vegetation on organic soils (alkaline fens) and vegetation on wet alkaline mineral sandy soils (dune slacks, but also coastal plains and even more artificial habitats such as industrial site that are raised with calcareous sand). For each of these vegetation types characteristic species accompanying fen orchid were selected. The actual distribution of those accompanying species was used to locate potential habitats for fen orchid in Flanders. Based on this preliminary screening several dune slacks on the west coast of Flanders appear to be suitable habitat for fen orchid as well as two alkaline fens in the interior part of Flanders (the nature reserve Torfbroek located in Kampenhout and the nature reserve Buitengoor located in Mol where it was effectively discovered in the summer of 2014).

A seven year-long monitoring of groundwater fluctuations compared to the vertical position the individual fen orchids in the main Flemish population was used as a comparative basis to check if the potential locations are suitable to maintain populations of fen orchid.

Groundwater at the actual sites for fen orchid is characterized by a high concentration of calcium bicarbonate. Calcium carbonate is the main mineral. On this location the deeper groundwater is brackish, however this brackish groundwater stays out of reach of the small roots of the fen orchid. On the selection of potential suitable locations based on characteristic species the chemical composition of the groundwater was very similar as on the location as on the site of the actual population, only at the Buitengoor fen considerably lower concentrations of calcium bicarbonate were measured.

Inhoudstafel

Dankwoord/Voorwoord	4
Samenvatting.....	5
Aanbevelingen voor beheer en/of beleid	6
English abstract	7
Lijst van figuren.....	9
Lijst van tabellen	12
1 Inleiding.....	13
2 Soortbeschrijving en levenscyclus	14
3 Verspreiding, populatiegrootte en trends	18
3.1 Mondiale verspreiding, verspreiding en status in Europa	18
3.2 Verspreiding en trend in België.....	19
3.3 Populatie dynamiek van <i>groenknolorchis</i> in de Waaslandhaven.....	20
4 Habitats (kensoorten + begeleidende soorten)	24
5 Abiotiek	28
5.1 Hydrologie	28
5.1.1 Inleiding.....	28
5.1.2 Materialen en methoden	28
5.1.3 Resultaten	30
5.2 Licht	44
6 Potenties buiten de actuele groeiplaatsen	45
6.1 Potenties aan de hand van de verspreiding van indicatieve begeleidende soorten	45
6.2 Hydrologische potenties	48
6.2.1 Duinlocaties	48
6.2.2 Laagveenlocaties	56
7 Conclusies	61
8 Referenties.....	62

Lijst van figuren

Figuur 1: <i>Groenknolorchis</i> , bloeiende en vegetatieve scheut van eenzelfde individu (Beveren, Haasop 2013).	15
Figuur 2: <i>Groenknolorchis</i> met in het midden een pseudobulb van de plant van het vorige jaar, hieruit ontspringen twee scheuten. Links een vegetatieve scheut en rechts een uitgebloeide plant (Beveren, Haasop 2013).	15
Figuur 3 : <i>Groenknolorchis</i> zaden gefotografeerd met een binoculair. Binnen de netvormige zaadhuid is duidelijk de witte zaadkern te zien.	16
Figuur 4: Kiemstadium (protocornen) van <i>groenknolorchis</i> 6 maanden na het begraven van de zaden in de bodem.....	17
Figuur 5: Verspreiding van <i>groenknolorchis</i> volgens Hultén & Fries, 1986	19
Figuur 6: Verspreiding van <i>groenknolorchis</i> in Vlaanderen in de periode 1850-1938 Van Landuyt et al., 2006a.....	20
Figuur 7: Verspreiding van <i>groenknolorchis</i> in Vlaanderen in de periode 1939-1971 (blauwe vierkantjes) en de periode 1972-2014 (bol) (naar Van Landuyt et al., 2006a).....	20
Figuur 8: Evolutie van het aantal individuen <i>groenknolorchis</i> (bloeiende planten, vegetatieve planten en kiemplanten) van de populatie in de Waaslandhaven van 2008 tot 2013.....	21
Figuur 9: Verspreiding van de populatie <i>groenknolorchis</i> in de Haasop van 2008 tot 2010.....	22
Figuur 10: Verspreiding van de populatie <i>groenknolorchis</i> in de Haasop van 2011 tot 2013.....	23
Figuur 11: Clusteranalyse (Twinspan, Hill 1979) van 109 vegetatieopnamen met <i>groenknolorchis</i> in Nederland, België en Noord-Frankrijk met aanduiding van de differentiërende soorten per groep. Opnamen van laagveen onderscheiden zich door de aanwezigheid differentiërende soorten wateraardbei (<i>Comarum palustre</i>) draadzegge, (<i>Carex lasiocarpa</i>), waterdrieblad (<i>Menyanthes trifoliata</i>) en slank wollegras (<i>Eriophorum gracile</i>) van de opnamen op minerale bodem met als differentiërende soorten <i>parnassia</i> (<i>Parnassia palustris</i>), moeraswespenorchis (<i>Epipactis palustris</i>), kruipwilg (<i>Salix repens</i>) en fioringras (<i>Agrostis stolonifera</i>).	24
Figuur 12: Groeiplaats van <i>groenknolorchis</i> in een laagveenmoeras met als kenmerkende soorten draadzegge (<i>Carex lasiocarpa</i>), galigaan (<i>Cladium mariscum</i>), waterdrieblad (<i>Menyanthes trifoliata</i>) en knobbies (<i>Schoenus nigricans</i>) (Frankrijk, dep. Nord – Pas de Calais, Villiers, Marais de Villiers).	26
Figuur 13: Groeiplaats van <i>groenknolorchis</i> in een duinpanne in Noord-Frankrijk (dep. Nord – Pas de Calais, Merlimont) met o.a. dwergzegge (<i>Carex oederi</i>), waternavel (<i>Hydrocotyle vulgaris</i>), drienerf zegge (<i>Carex trinervis</i>), waterpunge (<i>Samolus valerandi</i>) en oeverkruid (<i>Littorella uniflora</i>).	27
Figuur 14: Groeiplaats van <i>groenknolorchis</i> op de oever van het brakke Oostvoornse meer (Nederland, provincie Zuid-Holland) met o.a. armbloemige waterbies (<i>Eleocharis quinqueflora</i>), waternavel (<i>Hydrocotyle vulgaris</i>), teer guichelheil (<i>Anagallis tenella</i>), zilte rus (<i>Juncus gerardii</i>), kruipwilg (<i>Salix repens</i>) en zilte zegge (<i>Carex distans</i>).	27
Figuur 15: Locatie van 2 paar referentiepeilbuizen (telkens een diepe en een ondiepe peilbuis) gebruikt de bepaling van hydrologische kenmerken van de groeiplaats van <i>groenknolorchis</i> in de Haasop (Beveren, Waaslandhaven).....	29
Figuur 16 : Densiteitsdiagram van de absolute hoogte in m TAW van de locaties individuele <i>groenknolorchissen</i> op de groeiplaats in de Haasop (Waaslandhaven, Beveren)....	30

Figuur 17: Grondwaterfluctuaties op de belangrijkste groeiplaats van groenknolorchis in de Haasop (peilbuis WAHP528, maaiveld op 5,75 mTAW) van oktober 2007-december 2013. De volle blauwe lijnen geven het bereik van voorkomen van de <i>groenknolorchissen</i> weer, de stippellijn de gemiddelde standplaatshoogte.	31
Figuur 18: Grondwaterverloop van peilbuis WAHP528 (maaiveld op 5,75 mTAW) over het ganse jaar. De volle zwarte lijnen geven het bereik van voorkomen van de <i>groenknolorchissen</i> weer, de stippellijn de gemiddelde standplaatshoogte.	32
Figuur 19: Grondwaterverloop van peilbuis WAHP528 (maaiveld op 5,75 mTAW) in de maanden mei en juni. De volle zwarte lijnen geven het bereik van voorkomen van de <i>groenknolorchissen</i> weer, de stippellijn de gemiddelde standplaatshoogte.	32
Figuur 20: Duurlijnen van het grondwaterverloop van peilbuis WAHP528	33
Figuur 21: Vergelijking van het grondwaterpeil van <i>groenknolorchis</i> locaties in de Haasop en in Le Havre.	34
Figuur 22: Jaarlijks peilverloop bij <i>groenknolorchis</i> populaties in de Haasop en Le Havre.	34
Figuur 23: Vergelijking van de duurlijnen bij <i>groenknolorchis</i> populaties in de Haasop en Le Havre.....	35
Figuur 24 : Grondwaterfluctuaties op een voormalige groeiplaats van groenknolorchis (Torfbroek, Kampenhout, peilbuis TORP02) van juli 2003-december 2013.	36
Figuur 25: Stiff diagrammen van peilbuiskoppels in de Haasop. Links diepe peilbuis, rechts ondiepe.....	40
Figuur 26: Stiff diagrammen van aanvullende ondiepe peilbuizen in de Haasop.....	40
Figuur 27: Stiff diagram van inundatiewater op de <i>groenknolorchis</i> locaties in de Haasop.	41
Figuur 28: Geïnundeerde groeiplaats van <i>groenknolorchis</i> in een duinpanne in het natuurreservaat Dunes Dewulf (Leffrinckhoucke, dép. Nord – Pas-de-Calais) tijdens het natte voorjaar van 2013 (foto Bertille Valentin, 1-6-2013). Door de te hoge waterstanden in het bloeiseizoen daalden de aantallen <i>groenknolorchis</i> hier in 2013 sterk.	42
Figuur 29: Voorbeelden van vegetatiestructuur boven de standplaatsen van <i>groenknolorchis</i> in de Haasop. Boven de structuur op gemaaide open groeiplaatsen, onder op niet beheerde relict standplaatsen onder wilgen- en berkenstruweel.	44
Figuur 30: Zoekkaart voor potentieel geschikte locaties voor <i>groenknolorchis</i> in Vlaanderen aan de hand van een aantal indicatorsoorten (13 vaatplanten en 3 bladmossen/levermossen).	46
Figuur 31: Kaart met aantal typische begeleidende soorten voor duinpannen met <i>groenknolorchis</i> voor het Westhoekreservaat (De Panne) op basis van het voorkomen van begeleidende vaatplanten (zie Tabel 5) per raster van 50 x 50 meter. Gele cirkels: 1 kenmerkende soort, oranje: 2 kenmerkende soorten, rood: 3 kenmerkende soorten, paars: 4 kenmerkende soorten, lichtblauw: 5 kenmerkende soorten, donkerblauw: 6 kenmerkende soorten.	47
Figuur 32: Kaart met aantal typische begeleidende soorten voor duinpannen met <i>groenknolorchis</i> voor het duinengebied Ter Yde (Oostduinkerke) op basis van het voorkomen van begeleidende vaatplanten (zie Tabel 5) per raster van 50 x 50 meter. Gele cirkels: 1 kenmerkende soort, oranje: 2 kenmerkende soorten, rood: 3 kenmerkende soorten, paars: 4 kenmerkende soorten.	47
Figuur 33: Locatie van de peilbuizen gebruikt voor de beoordeling van potentiële groeiplaatsen van <i>groenknolorchis</i> in het Westhoekreservaat (De Panne).	48

Figuur 34: Grondwaterstanden peilbuis WESP097 in de "Noordse ruspanne" in het Westhoekreservaat per maand (maaiveld panne nabij peilbuis 5,5 m TAW, diepste deel panne = 5,4 m TAW = blauwe lijn) in de periode 1998-2010.	49
Figuur 35: Grondwaterstanden peilbuis WESP018 in de "Guichelheilpanne" in het Westhoekreservaat per maand (maaiveld peilbuis 5,48 m TAW, diepste deel panne = 5,2 m TAW = blauwe lijn) in de periode 1990-2010.	50
Figuur 36: Grondwaterstanden peilbuis WESP018 in de panne "Triangel" in het Westhoekreservaat per maand (maaiveld peilbuis 5,38 m TAW, diepste deel panne = 5,2 m TAW = blauwe lijn) in de periode 1998-2012.	51
Figuur 37: Chemische samenstelling van het grondwater bij de ondiepe peilbuis WESP097 in de "Noordse ruspanne" (Stiff-diagram).....	51
Figuur 38: Locatie van de peilbuizen gebruikt voor de beoordeling van potentiële groeiplaatsen van <i>groenknolorchis</i> in het natuurreservaat Ter Yde (Oostduinkerke).	52
Figuur 39: Grondwaterstanden peilbuis TYDP053 (Orchideeënpaane in in het natuurreservaat Ter Yde) per maand t.o.v. het maaiveld van de peilbuis (maaiveld peilbuis 6,76 m TAW, diepste deel panne = 5,7 m TAW = blauwe lijn) in de periode 1998-2010.....	53
Figuur 40: Chemische samenstelling van het grondwater bij de ondiepe peilbuis TYDP053 (Stiff-diagram), Orchideeënpaane in het natuurreservaat Ter Yde.	53
Figuur 41: Grondwaterstanden peilbuis TYDP059 per maand t.o.v. het maaiveld van de peilbuis (panne 'voetbalveld' in het natuurreservaat Ter Yde', maaiveld peilbuis 6,5 m TAW, diepste deel panne = 6,2 m TAW = blauwe lijn) in de periode 1998-2010.....	54
Figuur 42: Chemische samenstelling van het grondwater bij de ondiepe peilbuis TYDP059 (Stiff-diagram), panne 'voetbalveld' in het natuurreservaat Ter Yde.	54
Figuur 43: Grondwaterstanden peilbuis TYDP013 per maand t.o.v. het maaiveld van de peilbuis (panne Kolonel D'Haenenlaan in het natuurreservaat Ter Yde, maaiveld peilbuis 6,03 m TAW, diepste deel panne = 5,90 m TAW = blauwe lijn) in de periode 2006-2010.	55
Figuur 44: Grondwaterstanden peilbuis TYDP203 per maand t.o.v. het maaiveld van de peilbuis (deelgebied Doolaeghe in het natuurreservaat Ter Yde, maaiveld peilbuis 5,79 m TAW, diepste deel = 5,5 m TAW = blauwe lijn) in de periode 2005-2010.	55
Figuur 45: Locatie van de peilbuizen gebruikt voor de beoordeling van potentiële groeiplaatsen van <i>groenknolorchis</i> in het natuurreservaat Torfbroek (Kamphenhout).....	56
Figuur 46: Grondwaterstanden peilbuis TORP002 (natuurreservaat Torfbroek) per maand t.o.v. het maaiveld van de peilbuis in de periode 1998-2010.....	57
Figuur 47: Chemische samenstelling van het grondwater bij de ondiepe peilbuis TORP02X (Stiff-diagram), natuurreservaat Torfbroek te Kamphenhout.....	58
Figuur 48: Locatie van de peilbuizen gebruikt voor de beoordeling van potentiële groeiplaatsen van <i>groenknolorchis</i> in het natuurreservaat Buitengoor (Mol).	59
Figuur 49: Grondwaterstanden peilbuizen BUIP029, BUIP030, BUIP031, BUIP032, BUIP033, BUIP047, BUIP048 per maand in het natuurreservaat het Buitengoor te Mol.	59
Figuur 50: Chemische samenstelling van het grondwater bij de ondiepe peilbuizen BUIP29 en BUIP30 (Stiff-diagram), natuurreservaat Buitengoor te Mol.	60

Lijst van tabellen

Tabel 1: Overzicht van de bedreigingsstatus van <i>groenknolorchis</i> in verschillende landen en regio's in West-Europa.	18
Tabel 2: Basisgegevens van de peilbuizen geplaatst nabij de populaties van <i>groenknolorchis</i> in de Haasop.	28
Tabel 3: Basisgegevens van de peilbuizen rondom de hoofdgroeiplaats van <i>groenknolorchis</i> in de Haasop.	29
Tabel 4: Hydrochemische gegevens van het grondwater uit peilbuizen in de Haasop in de omgeving van de <i>groenknolorchis</i> populaties.	37
Tabel 5: Lijst met kenmerkende begeleidende soorten van vegetaties met <i>groenknolorchis</i>	45

1 Inleiding

Groenknolorchis (*Liparis loeselii* (L.) Rich.) is één van de drie soorten vaatplanten die opgenomen is in bijlage II en IV van de Habitatrichtlijn en die in Vlaanderen nog voorkomt. Het is bovendien de meest bedreigde van de drie met nog slechts drie 'populaties' in Vlaanderen (en België).

Voor soorten die opgenomen zijn op de bijlagen II en IV van de habitatrichtlijn moet iedere lidstaat gerichte maatregelen nemen om de instandhouding van de soort te waarborgen en moet om de zes jaar gerapporteerd worden over de staat van instandhouding van de soort in België.

De ontdekking van een nieuwe en grote vindplaats in de Waaslandhaven in 2007 (Spanoghe et al., 2008) was de aanleiding om een gedetailleerd onderzoek te doen naar de precieze ecologische vereisten, de populatiedynamica en de zaadverbreiding en lokale adaptatie van de soort teneinde de gepaste maatregelen te kunnen treffen om deze soort in stand te houden. De aspecten zaadverspreiding en lokale adaptatie kwamen reeds aan bod in een eerder verschenen rapport van het INBO (Vanden Broeck et al., 2014b). In dit rapport leggen we de nadruk op de verspreiding van de soort in Vlaanderen, de vegetaties waarin groenknolorchis groeit, de hydrologische en chemische standplaatsvereisten en de potenties voor de soort elders in Vlaanderen.

2 Soortsbeschrijving en levenscyclus

Groenknolorchis (*Liparis loeselii*) is de enige vertegenwoordiger in Europa van een overwegend tropisch orchideeëngeslacht met 434 bekende soorten (<http://data.gbif.org/species/2837251/>; <http://www.catalogueoflife.org/col/browse/tree/id/14840419>). Bloeiende planten zijn ongeveer 5 tot 20 cm hoog en hebben twee glanzende, ovale bladeren met aan de voet een knolvormige verdikking die door twee tot drie schubvormige bladeren omhuld is, een zogenaamde pseudobulb. Naast de pseudobulb waaruit de nieuwe plant ontspruit, bevinden zich restanten van de pseudobulb van het vorige jaar waaruit de nieuwe plant voedingsstoffen onttrekt. Deze pseudobulben bevinden zich oppervlakkig op de bodem hoewel ze door mosgroei en strooisel wel aan het zicht kunnen onttrokken worden. De planten wortelen zeer oppervlakkig in het substraat en de wortels zijn amper 0,5 cm lang. De bloeistengel is groen, onbehaard en kantig. De bloeistengel draagt 1 tot 20 (-23) bloemen. De bloemen zijn groen en reukloos. Hierdoor zijn ze weinig aantrekkelijk voor insectenbestuivers. In regel worden de bloemen bevrucht door een mechanisme van zelfbestuiving (Catling, 1980; Claessens & Kleynen, 2011). In jonge stadia zijn de meeldraden recht naar boven gericht maar bij rijping van de bloemen buigen ze naar de onderliggende viscidia. Dit is een soort kleverige stof boven de stempels waar de polliniën (pollenhoopjes) aan vastkleven als ze loskomen waarna het pollen contact maakt met de stempels en de bloem bevrucht. De positie van de bloem zorgt ervoor dat de polliniën op deze kleverige zone terecht komt. Bij veel andere orchideeën worden pollenhoopjes op een bezoekend insect gekleefd die dan voor bevruchting van andere bloemen van dezelfde plant of bloemen van andere planten zorgt. Hoewel in een populatie van *groenknolorchis* in Oostvoorne occasioneel insectenbezoek (*Sciaridae* of *rouwmuggen*) werd vastgesteld, kon niet geobserveerd worden dat deze mugges ook polliniën overbrachten en dus voor bestuiving zorgden (Claessens & Kleynen, 2011). Bij ons eigen onderzoek van 2008 tot 2013 naar de populatieontwikkeling van *groenknolorchis* in de Waaslandhaven (Beveren, deelgemeente Kallo, Haasop) werd gedurende 10 weken veldwerk slechts één maal een insect op de bloemen van *groenknolorchis* waargenomen.

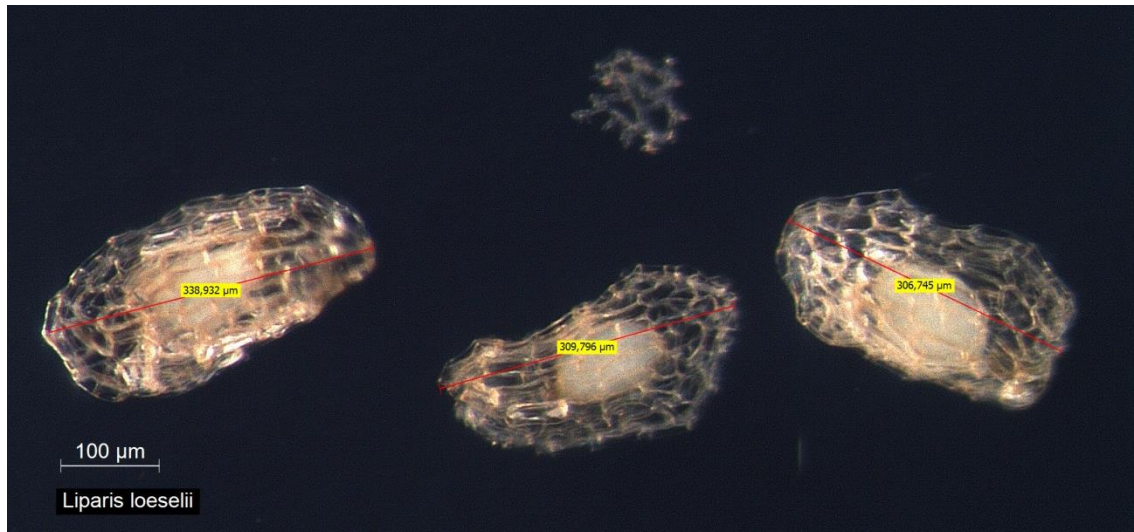


Figuur 1: *Groenknolorchis*, bloeiende en vegetatieve scheut van eenzelfde individu (Beveren, Haasop 2013).



Figuur 2: *Groenknolorchis* met in het midden een pseudobulb van de plant van het vorige jaar, hieruit ontspringen twee scheuten. Links een vegetatieve scheut en rechts een uitgebloeide plant (Beveren, Haasop 2013).

Bij de Belgische populaties ontspruiten de nieuwe scheuten eind mei/begin juni aan de knol van het vorige jaar. Ze bloeien van eind juni tot half juli. De zaaddozen blijven bijzonder lang groen en gesloten. Vanaf oktober beginnen de zaaddozen te verdrogen. De zaaddozen blijven echter nog zeer lang gesloten. Tijdens terreinbezoeken eind december 2014 aan populaties in Noord-Frankrijk (Dunes Dewulf, Leffrinckoucke) en in de Waaslandhaven (Haasop, Beveren) bleken alle teruggevonden zaaddozen nog gesloten. Gedurende de winter en het voorjaar worden de zaden vermoedelijk geleidelijk vrijgesteld uit de zaaddoos door de wind en de regen. Regelmatig werden tijdens het volgende bloeiseizoen nog zaaddozen gevonden die nog vol met zaad zitten. De stoffijne zaden zijn ongeveer 300 micrometer lang en 150 micrometer breed.



Figuur 3 : *Groenknolorchis* zaden gefotografeerd met een binoculair. Binnen de netvormige zaadhuid is duidelijk de witte zaadkern te zien.

Verbreiding van de zaden gebeurt in hoofdzaak door de wind hoewel lokaal ook verbreiding via het water een rol kan spelen. De zaden zijn immers sterk waterafstotend en kunnen wekenlang op het water blijven drijven tot ze ergens aanspoelen of de watertafel daalt en de standplaats droogvalt. Kieming gebeurt al het eerste jaar (en mogelijk ook nog de jaren erna) waarbij de kieming gestimuleerd door mycorrhiza-vormende schimmels.



Figuur 4: Kiemstadium (protocornen) van *groenknolorchis* 6 maanden na het begraven van de zaden in de bodem.

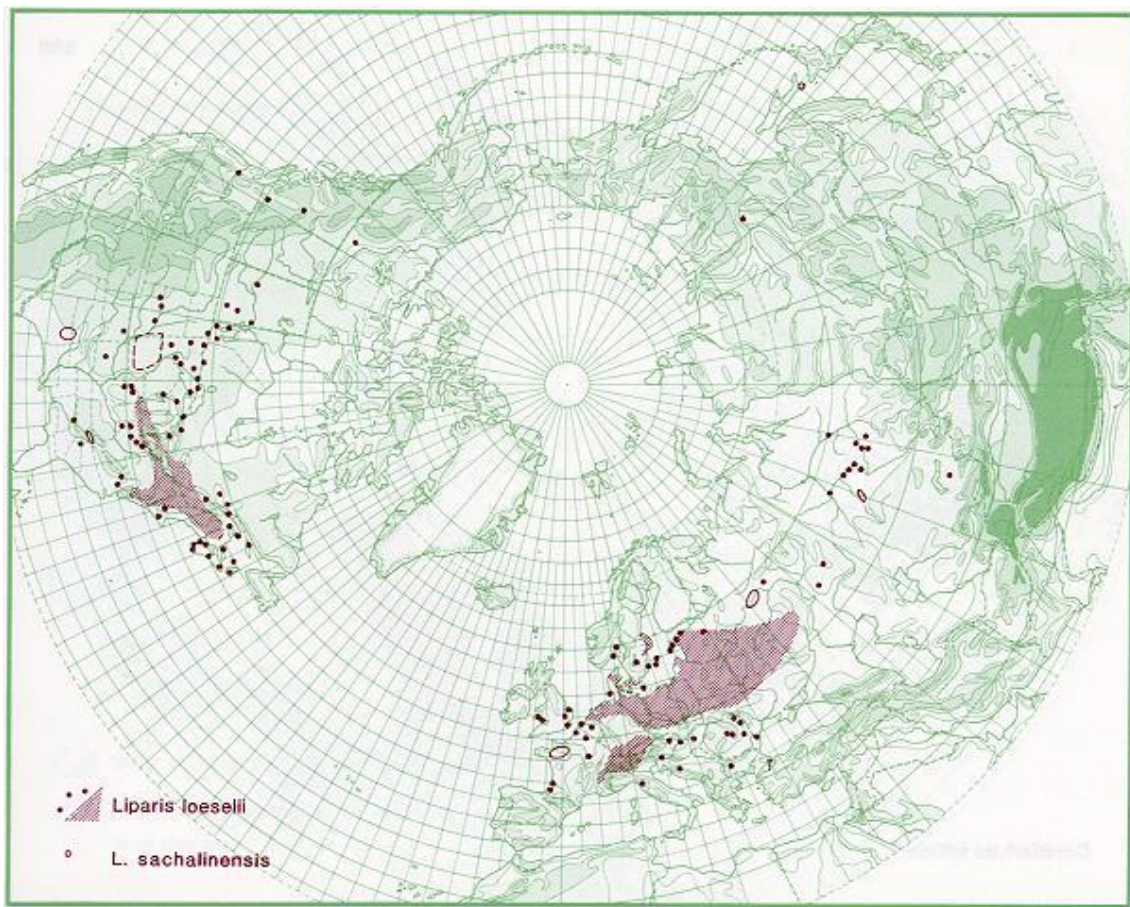
3 Verspreiding, populatiegrootte en trends

3.1 Mondiale verspreiding, verspreiding en status in Europa

Het areaal van *groenknolorchis* is beperkt tot de gematigde klimaatzones van Europa en het oosten van Noord-Amerika, hoewel ook in Centraal-Azië vondsten gekend zijn (Hultén & Fries, 1986). In Europa komt de soort voor van het zuiden van Scandinavië, zuidwaarts tot in de Alpen en de Balkan. Een geïsoleerde vindplaats op Corsica vormt wellicht de meest zuidelijke groeiplaats in Europa (Valentin et al., 2010). In de meeste Europese landen is de soort bedreigd en om die reden is ze opgenomen in de lijst van soorten waarvoor in heel Europa speciale beschermingsmaatregelen moeten getroffen worden (Conventie van Bern en de Habitatrichtlijn). Op de recente Europese Rode Lijst (Bilz et al., 2011) staat de soort vermeld in de categorie "near threatened (= bijna in gevaar)" hoewel ze in de meeste van de ons omringende landen en/of regio's in een hogere bedreigingscategorie werd ingeschaald (Tabel 1).

Tabel 1: Overzicht van de bedreigingsstatus van *groenknolorchis* in verschillende landen en regio's in West-Europa.

Land	Regio	Rode Lijst categorie	Bron
België	Vlaanderen	Met uitsterven bedreigd	Van Landuyt et al. (2006b)
	Wallonië	Met uitsterven bedreigd (ondertussen vermoedelijk uitgestorven)	Saintenoy-Simon et al. (2006)
Nederland		Bedreigd	van der Meijden et al. (2000)
Frankrijk		Kwetsbaar	UICN et al. (2012)
Duitsland		Ernstig bedreigd	Korneck et al. (1996)
Groot-Brittannië		Bedreigd	Dines et al. (2005)
Zwitserland		Kwetsbaar	Moser et al. (2002)
Denemarken		Bedreigd	http://www2.dmu.dk/1 Om DMU/2 Tvaer-funk/3 fdc bio/projekter/redlist/redlist_en.asp
Zweden		Kwetsbaar	Aronsson et al. (2010)
Noorwegen		Uitgestorven	Solstad et al. (2010)



Figuur 5: Verspreiding van *groenknolorchis* volgens Hultén & Fries, 1986

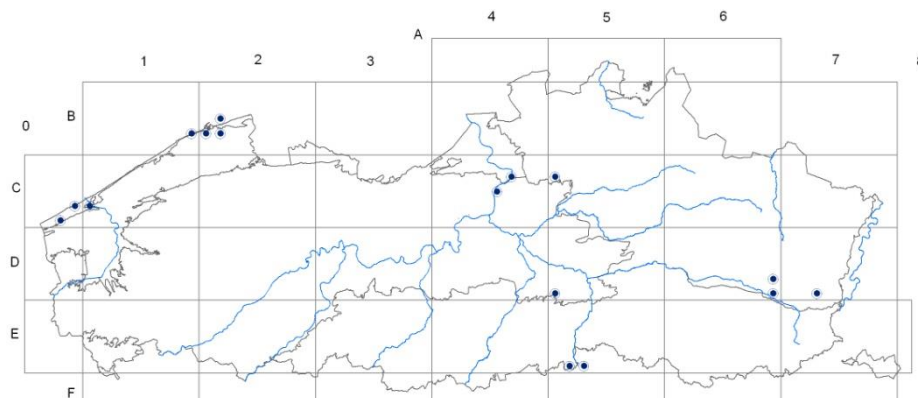
3.2 Verspreiding en trend in België

De achteruitgang van *groenknolorchis* in België is vrij goed gedocumenteerd (Leten, 1989; Robyns, 1958; Spanoghe et al., 2008). Tot in de eerste helft van de twintigste eeuw kwam de soort nog voor op verschillende plaatsen in de kustduinen, evenals in het moeras van Berg (Kampenhout), op opgevoerde gronden nabij Antwerpen en op een aantal locaties in de Kempen. Op vele plaatsen waren de populaties niet continu aanwezig maar verschenen ze en verdwenen ze ook weer na een tijd (voor een tijdsverzicht zie hieronder, naar Spanoghe et al., 2008). Toch kan gesteld worden dat *groenknolorchis* in de eerste helft van de twintigste eeuw algemener was dan nu. Op de meeste locaties verdween de soort na 1960. Pas in 1975 werd de soort opnieuw ontdekt in Mol (Sluismeer) waar de soort tot op heden aanwezig is, zij het in zeer lage aantallen (3-10 exemplaren). In juli werd een nieuwe populatie van een tiental exemplaren ontdekt nabij de hiervoor vermelde populatie, nl. in het natuureservaat Buitengoor, deelgebied Meergoor (schriftelijke mededeling Andre Vanhoof). In 2007 werd een populatie ontdekt in de Waaslandhaven (Beveren, deelgemeente Kallo, Haasop) die in 2013 geschat werd op een 3000 individuen. De aantallen *groenknolorchis* in het Sluismeer te Mol blijven uiterst laag (6 exemplaren in 2007, 3 exemplaren in 2012). Alhoewel deze populatie al bekend is sinds 1975 zijn hier nooit grote aantallen waargenomen. In juli 2014 werd een uitbreiding vastgesteld naar het nabijgelegen natuureservaat Buitengoor (mededeling Andre Vanhoof) maar exacte aantallen van deze populatie zijn nog niet van bekend.

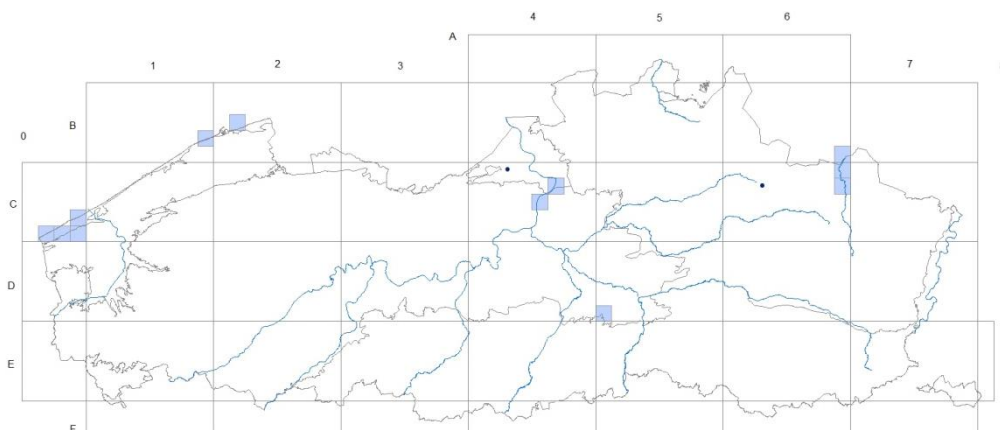
In Belgisch Lotharingen werd eenmalig een exemplaar gevonden in 1987.

- Kustduinen: de duinvalleien langs de kust vormden lange tijd het bolwerk van deze soort in België, met vondsten in De Panne (duinen tussen De Panne en de Franse

- grens, 1932-1956), Koksijde (1906-1947), Oostduinkerke (1928-1952), Nieuwpoort (19de eeuw) en Blankenberge-Zeebrugge (1864-1960).
- Polders: Hoboken (1919-1932), Antwerpen-Linkeroever (Vlaams Hoofd, 1940-1958), Beveren (Haasop, 2007-heden (2014)).
 - Kempen: Oelegem (1865-1908), Mol (1975-heden (2014)), Neerpelt (1947-1953) en Zutendaal (19de eeuw).
 - Brabants district: Berg (1862-1943), Pécrot (1872-1903), Hollain (1885-1889), Péruwelz (Marais de la Roë, 1842-1862).
 - Lotharingen: Vance (Landbruch moeras, 1987).



Figuur 6: Verspreiding van *groenknolorchis* in Vlaanderen in de periode 1850-1938 Van Landuyt et al., 2006a.

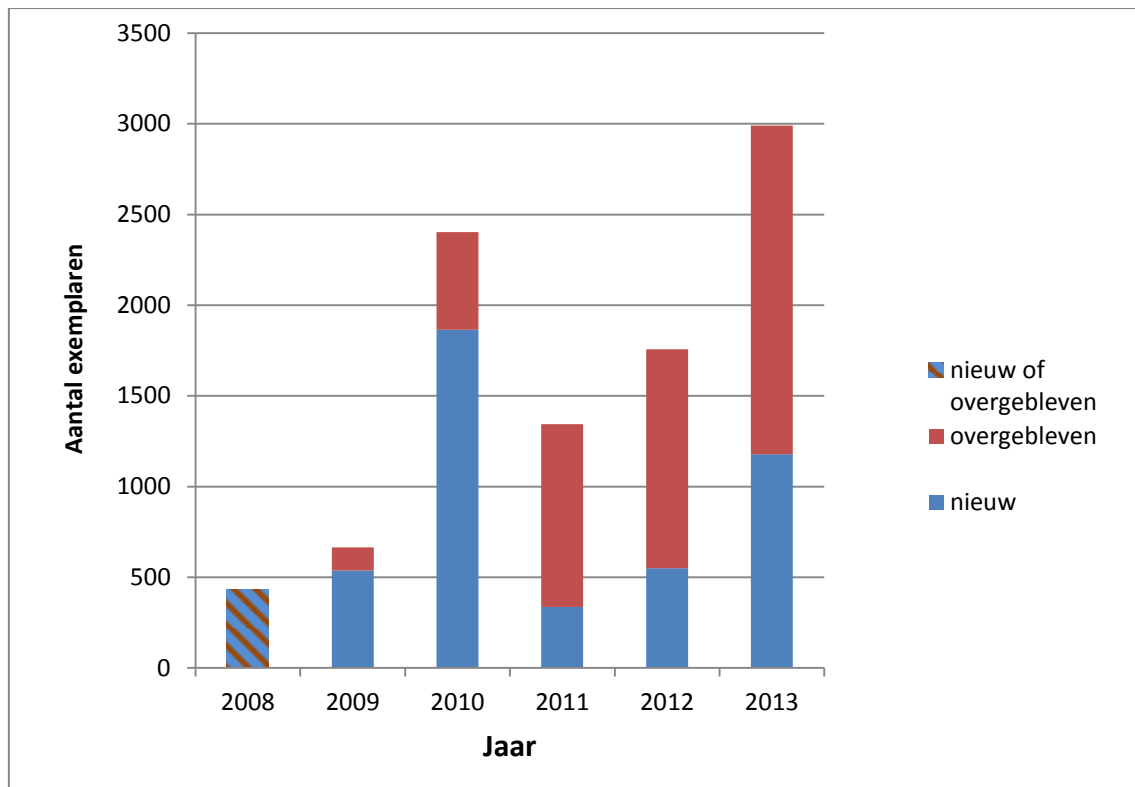


Figuur 7: Verspreiding van *groenknolorchis* in Vlaanderen in de periode 1939-1971 (blauwe vierkantjes) en de periode 1972-2014 (bol) (naar Van Landuyt et al., 2006a).

3.3 Populatie dynamiek van *groenknolorchis* in de Waaslandhaven

Sinds 2008 wordt de *groenknolorchis* populatie in de Waaslandhaven intensief gemonitord. De locatie van elke individuele plant wordt ingemeten met een RTK-gps (Real Time Kinematic-gps) die zowel de geografische locatie als de hoogte in het terrein tot op de centimeter precies kan inmeten. Het daaropvolgende jaar worden de planten opnieuw opgezocht aan de hand van hun coördinaten en wordt de overleving gecontroleerd. Nieuwe individuen worden eveneens ingemeten. Figuur 8 geeft een overzicht van de evolutie van de aantallen van bloeiende planten, vegetatieve planten en kiemplanten die sinds 2008 op de

Haasop gevonden werden. De populatie in de Haasop omvat meer dan 99,9 % van de totale populatie *groenknolorchis* in België. Sinds er op de site een maaibeheer werd toegepast in functie van de soort is de populatie sterk uitgebreid hoewel er in droge jaren wel tijdelijk een terugval kan gebeuren. Figuur 9 en Figuur 10 geven de evolutie van de verspreiding van de populatie over de standplaats in de Haasop weer van 2008 tot 2013. Plaatselijk kunnen deelpopulaties in bepaalde jaren zeer sterk uitbreiden maar in sommige ongunstige jaren ook nagenoeg volledig verdwijnen. Op plaatsen waar geen maaibeheer gebeurt en die langzaam verstruwelen is rekrutering van nieuwe individuen lager dan de extinctie.



Figuur 8: Evolutie van het aantal individuen *groenknolorchis* (bloeiende planten, vegetatieve planten en kiemplanten) van de populatie in de Waaslandhaven van 2008 tot 2013.

2008
Stadium
 bloeiend
 niet bloeiend, kiemplant of adult



2009
Stadium
 bloeiend
 niet bloeiend
 verdwenen
 kiemplant



2010
Stadium
 bloeiend
 niet bloeiend
 verdwenen
 kiemplant



Figuur 9: Verspreiding van de populatie *groenknolorchis* in de Haasop van 2008 tot 2010.

2011

Stadium

-  bloeiend
-  niet bloeiend
-  verdwenen
-  kiemplant



2012

Stadium

-  bloeiend
-  niet bloeiend
-  verdwenen
-  kiemplant



2013

Stadium

-  bloeiend
-  niet bloeiend
-  verdwenen
-  kiemplant

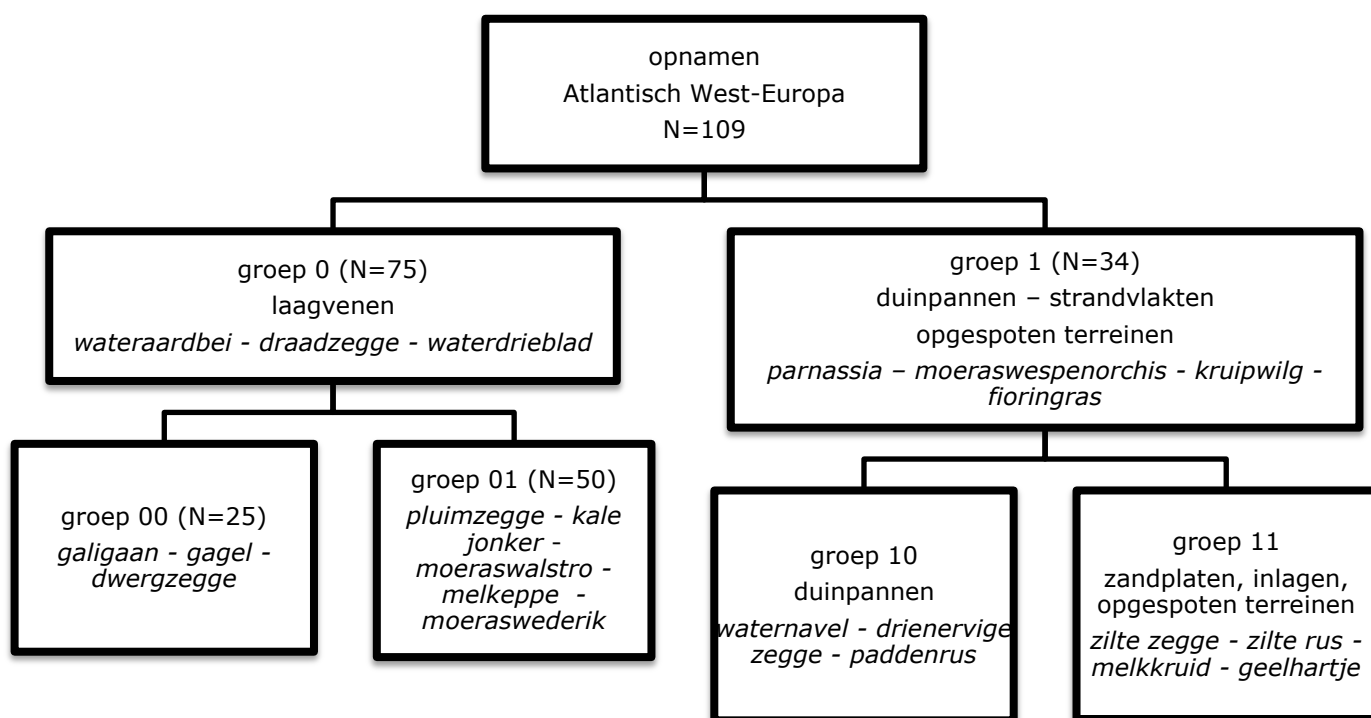


Figuur 10: Verspreiding van de populatie *groenknolorchis* in de Haasop van 2011 tot 2013.

4 Habitats (kensoorten + begeleidende soorten)

Groenknolorchis is een soort die op vrij gevarieerde types terreinen kan voorkomen. In de Atlantische delen van West-Europa komt de soort voor in alkalische laagveenmoerassen, vochtige duinvalleien en natte overgangsmilieus tussen brakke en zoete pioniersvegetaties. Soms komt ze ook voor op natte plaatsen op kalkrijke opgespoten terreinen of groeves (Andeweg, 2011; Spanoghe et al., 2008; Valentin et al., 2010; Vanden Berghen, 1943). Het betreft over het algemeen vrij open kruidenvegetaties alhoewel *groenknolorchis* nog even kan standhouden in open struweel.

Op basis van een opnamedataset van 109 vegetatieopnamen op de groeiplaatsen van *groenknolorchis* in Nederland, België en Noord-Frankrijk werd gepoogd een typologie van de standplaatsen op te stellen en kenmerkende soorten voor elke vegetatietype te selecteren. Op basis van een clusteranalyse (Twinspan, Hill, 1979) op deze dataset werden twee hoofdtypen onderscheiden, namelijk vegetaties op organische laagveenbodems en vegetaties op minerale bodems (duinpannen, strandvlakten, platen Grevelingen en opgespoten terreinen (zie Figuur 11):



Figuur 11: Clusteranalyse (Twinspan, Hill 1979) van 109 vegetatieopnamen met *groenknolorchis* in Nederland, België en Noord-Frankrijk met aanduiding van de differentiërende soorten per groep. Opnamen van laagveen onderscheiden zich door de aanwezigheid differentiërende soorten *wateraardbei* (*Comarum palustre*) *draadzegge*, (*Carex lasiocarpa*), *waterdrieblad* (*Menyanthes trifoliata*) en *slank wollegras* (*Eriophorum gracile*) van de opnamen op minerale bodem met als differentiërende soorten *parnassia* (*Parnassia palustris*), *moeraswespenorchis* (*Epipactis palustris*), *kruipwilg* (*Salix repens*) en *fioringras* (*Agrostis stolonifera*).

Vegetatiekundig behoren de meeste opnamen tot het *knopbies*-verbond (*Caricion davallianae*, (Schaminée et al., 1995). Deze omvatten natuurlijke of half-natuurlijke begroeiingen op min of meer basenrijk substraat. De standplaatsen worden gevoed door basenrijk, eventueel zwak brak grond- of oppervlaktewater. De grondwaterstand kan ofwel zeer constant zijn (bv. bij trilvenen en alkalische laagvenen) of juist sterk schommelen (bv. in duinpannen of op sommige opgespoten terreinen). Toch zijn de standplaatsen over een groot deel van het jaar erg nat. De vegetaties ontwikkelen best waar mineraalrijk grondwater aangevoerd wordt of in de contactzone tussen regenwater en grondwater. Nutriënten kunnen wel aanwezig zijn maar zijn over het algemeen weinig beschikbaar doordat ze aan calcium of ijzer gebonden zijn.

Schaminée et al. (1995) vermelden als kenmerkende vaatplanten voor deze plantengemeenschap *parnassia* (*Parnassia palustris*), *dwergzegge* (*Carex oederi*), *moeraswespenorchis* (*Epipactis palustris*), *groenknolorchis* (*Liparis loeselii*), *armbloemige waterbies* (*Eleocharis quinqueflora*), *zwarte knopbies* (*Schoenus nigricans*), *bonte paardenstaart* (*Equisetum variegatum*) en als kenmerkende mossen *sterrengoudmos* (*Campylium stellatum*), *goudsikkelmos* (*Drepanocladus polygamus*), *groot vedermos* (*Fissidens adianthoides*), *gewoon moerasvorkje* (*Riccardia chamedryfolia*) en lokaal ook *vierkantsmos* (*Preissia quadrata*).

De vegetaties op organische laagveenbodem (twinspangroep 0) worden gekenmerkt door de aanwezigheid van *wateraardbei* (*Comarum palustre*), *draadzegge* (*Carex lasiocarpa*) en *waterdrieblad* (*Menyanthes trifoliata*). Het betreft trilvenen en andere laagvenen waar vaak enige invloed is van basenrijk grondwater. *Paddenrus* (*Juncus subnodulosus*), *moerasvaren* (*Thelypteris palustris*), *melkeppe* (*Peucedanum palustre*) en *waternavel* (*Hydrocotyle vulgaris*) zijn frequente begeleiders. In dit soort vegetaties staat *groenknolorchis* vaak op de rand van zeggebulten of in kussens (veen)mos. Bij verdere opdeling van deze groep bekomt men een groep met als indicatieve soorten als *galigaan* (*Cladium mariscum*), *gagel* (*Myrica gale*) en *rood schorpioenmos* (*Scorpidium scorpioides*) (groep 00) en een groep vegetaties van trilvenen bestaande uit grote bultenvormende zeggen zoals *pluimzegge* (*Carex paniculata*) en soorten als *moeraswederik* (*Lysimachia thyrsiflora*) en *melkeppe* (*Peucedanum palustre*) (groep 01). Het betreft permanent natte standplaatsen aangezien de vegetatiemat in vele gevallen drijvend is en op en neer gaat met de waterstand.



Figuur 12: Groeiplaats van *groenknolorchis* in een laagveenmoeras met als kenmerkende soorten *draadzegge* (*Carex lasiocarpa*), *galigaan* (*Cladium mariscum*), *waterdrieblad* (*Menyanthes trifoliata*) en *knobbies* (*Schoenus nigricans*) (Frankrijk, dep. Nord – Pas de Calais, Villiers, Marais de Villiers).

Op minerale bodems (twinspangroep 1) zijn *fioringras* (*Agrostis stolonifera*), *moeraswespenorchis* (*Epipactis palustris*), *kruipwilg* (*Salix repens*) en *parnassia* (*Parnassia palustris*) frequente begeleiders. Bij een verdere opdeling van deze groep in de twinspananalyse worden de vegetaties in duinpannen (twinspangroep 10) afgescheiden van vegetaties die vaak iets meer op de overgang tussen brak en zoet liggen zoals de standplaatsen zoals op de platen in het Grevelingenmeer, de groeiplaats langs het Oostvoornse meer en ook een deel van de opgespoten terreinen (twinspangroep 11) met als kenmerkende soort *zilte zegge* (*Carex distans*). In duinpannen (twinspangroep 10) zijn *waternavel* (*Hydrocotyle vulgaris*), *kruipwilg* (*Salix repens*), *watermunt* (*Mentha aquatica*) en *dwergzegge* (*Carex oederi*) de meeste frequente soorten naast een hele groep zeldzame maar meer kenmerkende soorten zoals *parnassia* (*Parnassia palustris*), *teer guichelheil* (*Anagallis tenella*), *moeraswespenorchis* (*Epipactis palustris*), *vleeskleurige orchis* (*Dactylorhiza incarnata*), *drienervige zegge* (*Carex trinervis*), *armbloemige waterbies* (*Eleocharis quinqueflora*) en *bonte paardenstaart* (*Equisetum variegatum*).



Figuur 13: Groeiplaats van *groenknolorchis* in een duinpanne in Noord-Frankrijk (dep. Nord – Pas de Calais, Merlimont) met o.a. *dwergzegge* (*Carex oederi*), *waternavel* (*Hydrocotyle vulgaris*), *drienvervige zegge* (*Carex trinervis*), *waterpunge* (*Samolus valerandi*) en *oeverkruid* (*Littorella uniflora*).



Figuur 14: Groeiplaats van *groenknolorchis* op de oever van het brakke Oostvoornse meer (Nederland, provincie Zuid-Holland) met o.a. *armbloemige waterbies* (*Eleocharis quinqueflora*), *waternavel* (*Hydrocotyle vulgaris*), *teer guichelheil* (*Anagallis tenella*), *zilte rus* (*Juncus gerardii*), *kruipwilg* (*Salix repens*) en *zilte zegge* (*Carex distans*).

5 Abiotiek

5.1 Hydrologie

5.1.1 Inleiding

Grondwater fluctuaties (of het ontbreken ervan) is één van belangrijkste bepalende factoren voor de overleving en kieming van *groenknolorchis*. Desondanks zijn in de literatuur weinig harde cijfers over de range van *groenknolorchis* t.o.v. het grondwaterpeil beschikbaar (maar zie Wheeler et al., 2004). Voor duinpannen wordt vermeld dat de groeiplaatsen in de winter doornat zijn of ondiep onder water komen en in de zomer er oppervlakkig enige uitdroging kan optreden, op laagveengroeiplaatsen is de groeiplaats continu nat aangezien op de meeste plaatsen de venen drijven en op en neer gaan met de watertafel (Weeda et al., 1994; Wheeler et al., 1998). Op de locatie Haasop werd sinds het vinden van de populatie een hydrologische monitoring gestart. Daarvan geven we hieronder de resultaten.

Net zoals voor de grondwaterfluctuaties van *groenknolorchis*-standplaatsen, zijn er voor de chemische samenstelling van het grondwater weinig kwantitatieve gegevens beschikbaar in de literatuur. We geven hieronder een analyse van de metingen op de standplaats van *groenknolorchis* in de Haasop (Waaslandhaven, Beveren) en gegevens van voormalige groeiplaats in het kalkmoeras Het Torfbroek (Berg, Kampenhout).

5.1.2 Materialen en methoden

Op de twee locaties waar *groenknolorchis* in 2007 werd gevonden werd een koppel peilbuizen geplaatst (WAHP527-528 en WAHP525-526).

De bodem bestaat op beide plaatsen uit een schelpenrijke zandlaag van drie meter dikte, met daaronder polderklei. De locatie ontstond immers doordat op de bestaande polderklei vakken werden afgebakend met dijken, ook bekleed met klei, waarna zand in het vak werd opgespoten.

Op beide locaties werd een ondiepe en een diepere peilbuis geplaatst. De filterdieptes van de peilbuizen zijn weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2: Basisgegevens van de peilbuizen geplaatst nabij de populaties van *groenknolorchis* in de Haasop.

peilbuis	Filter (m t.o.v. maaiveld)
WAHP525 (maaiveld 5,81 mTAW)	-1.16 tot -2.05
WAHP526 (maaiveld 5,81 mTAW)	-0.25 tot -1.1
WAHP527 (maaiveld 5,75 mTAW)	-1.05 tot -1.94
WAHP528 (maaiveld 5,75 mTAW)	-0.25 tot -1.12

Rondom de hoofdgroeiplaats werden in 2009 bijkomend nog enkele peilbuizen bijgeplaatst om de lokale variatie in kaart te brengen (WAHP530-WAHP533). De filterdieptes hiervan zijn weergegeven in

Tabel 3.

Tabel 3: Basisgegevens van de peilbuizen rondom de hoofdgroeiplaats van *groenknolorchis* in de Haasop.

peilbuis	Filter (m t.o.v. maaiveld)
WAHP530 (maaiveld 5,91 mTAW)	-2.51 tot -2.71
WAHP531 (maaiveld 5,91 mTAW)	-0.24 tot -1.06
WAHP532 (maaiveld 6,24 mTAW)	-0.63 tot -1.55
WAHP533 (maaiveld 6,17 mTAW)	-0.62 tot -1.49



Figuur 15: Locatie van 2 paar referentiepeilbuizen (telkens een diepe en een ondiepe peilbuis) gebruikt de bepaling van hydrologische kenmerken van de groeiplaats van *groenknolorchis* in de Haasop (Beveren, Waaslandhaven).

Peilen werden maandelijks opgemeten en vervolgens geïnterpoleerd met het programma Menyanthes (von Asmuth et al., 2012), gebaseerd op de weersgegevens van het meetstation Melsele van VMM. Alle peilbuizen werden jaarlijks gestaald in het voorjaar en het najaar voor bepaling van de ionensamenstelling. Indien niet uitgedroogd werd ook het inundatiewater bemonsterd. Stalen werden enkel weerhouden als de afwijking op de elektroneutraliteit minder dan 5% bedroeg.

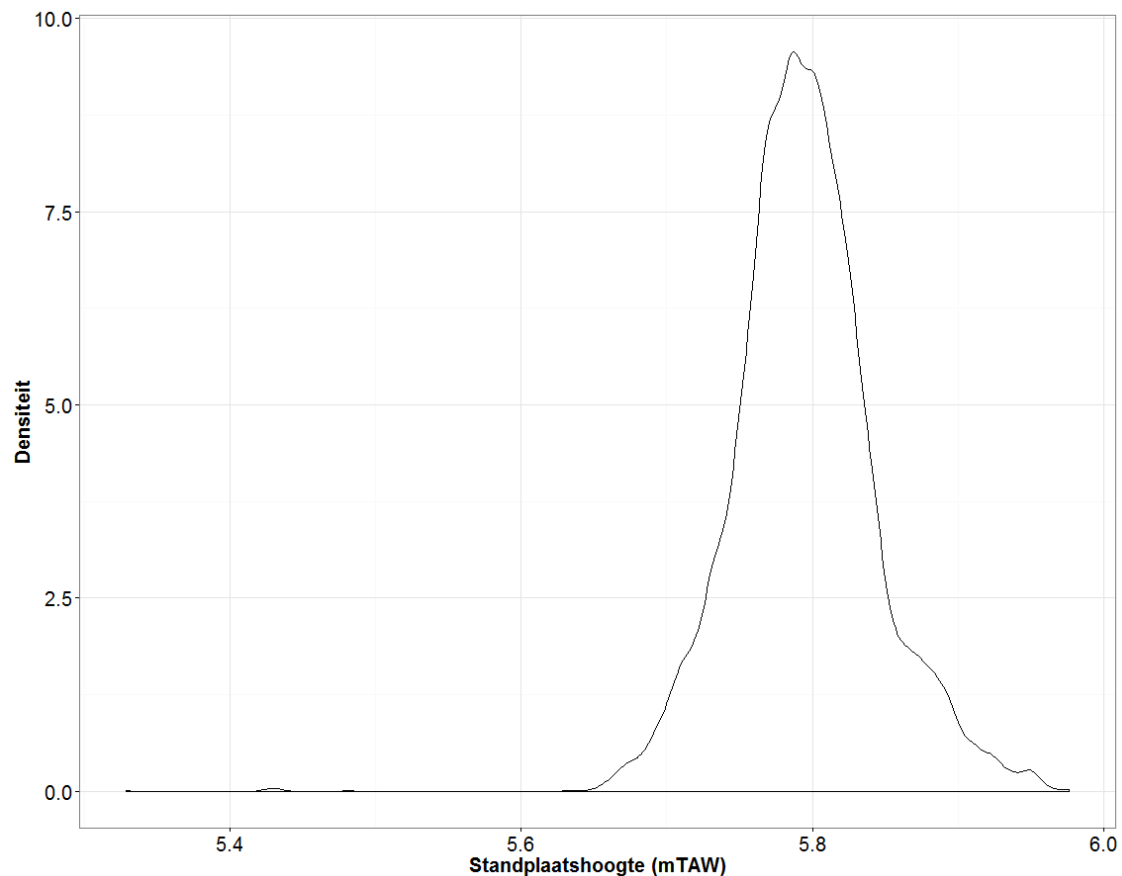
Van alle individuen werd de topografische hoogte van de standplaats ingemeten met een RTK-GPS.

Daarnaast werden ook peilgegevens van een populatie in Le Havre in Frankrijk (vanaf januari 2012) ter beschikking gesteld, en konden we beschikken over gegevens van een voormalige populatie in het Torfbroek te Kampenhout).

5.1.3 Resultaten

Standplaatshoogten

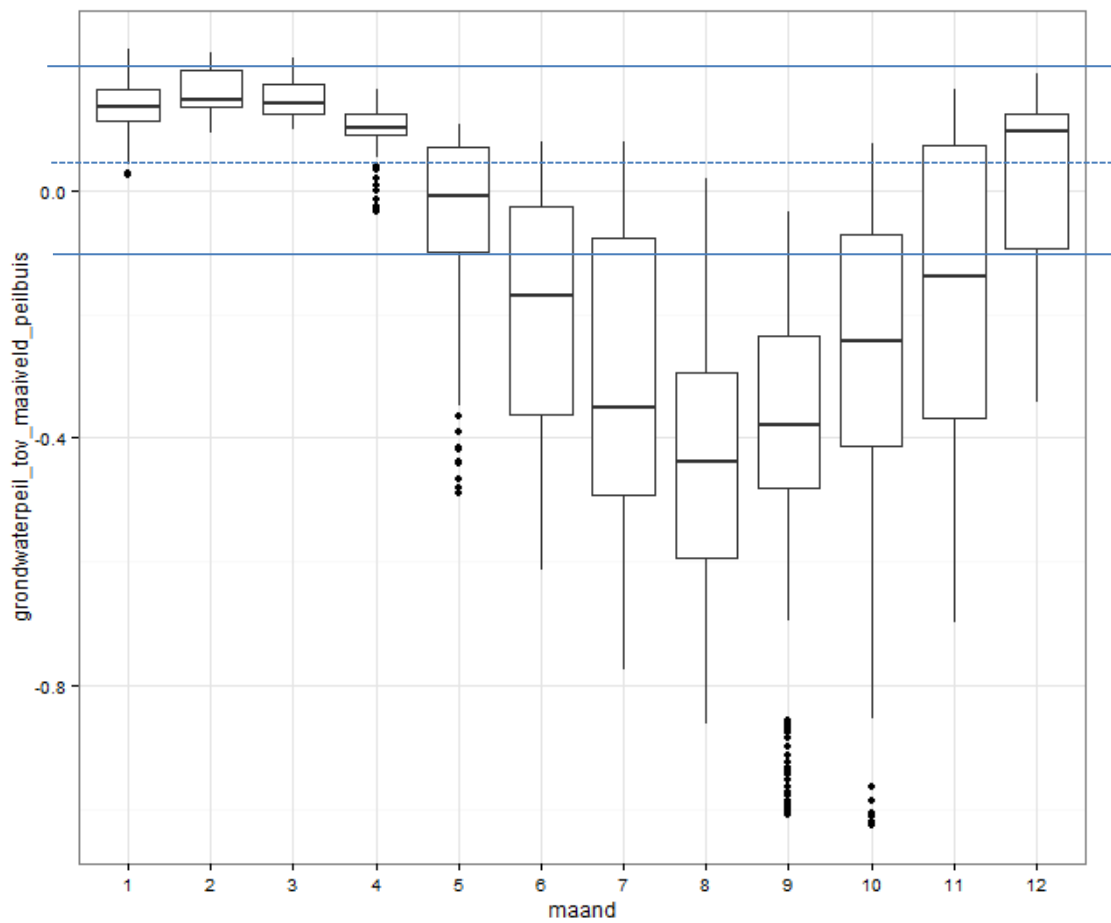
Nagenoeg de volledige populatie opgemeten in de periode 2008-2013 bevindt zich in een bereik van 30 cm, nl. tussen 5,65 m TAW en 5,95 m TAW, met een gemiddelde van 5,79 m TAW (Tweede Algemene Waterpassing). De distributie van de standplaatshoogten is weergegeven in Figuur 16. De hoogteverschillen in de onmiddellijke omgeving van de groeiplaats zijn veel groter dan de range waarbinnen *groenknolorchis* aanwezig is zodat er kan worden van uitgegaan dat de actuele range limiterend is.



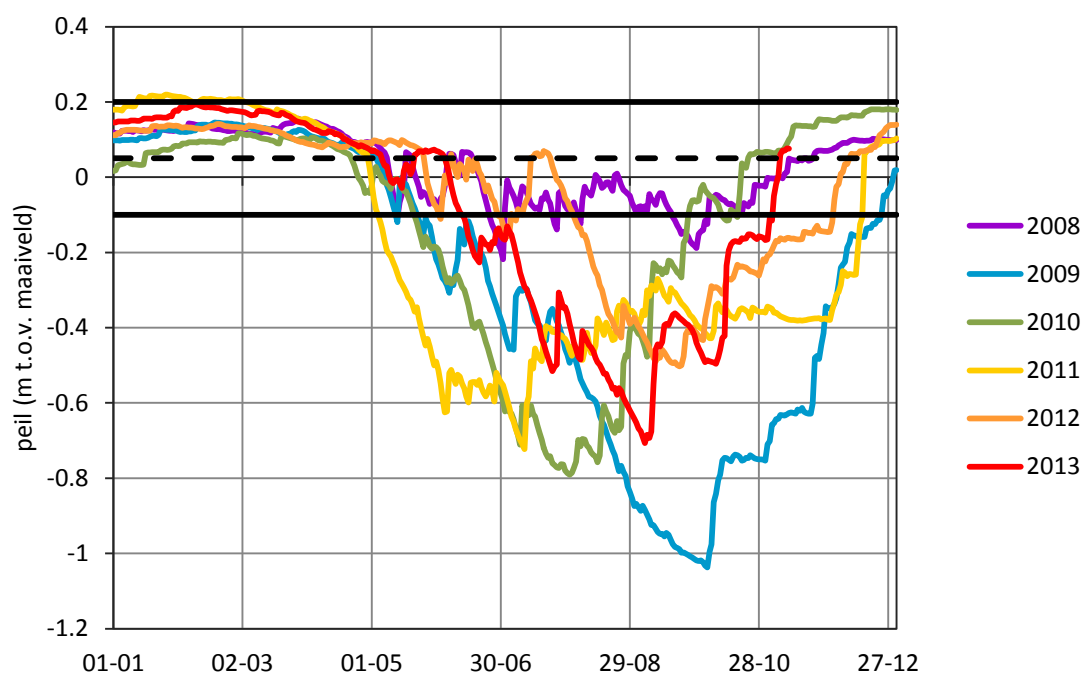
Figuur 16 : Densiteitsdiagram van de absolute hoogte in m TAW van de locaties individuele *groenknolorchissen* op de groeiplaats in de Haasop (Waaslandhaven, Beveren).

Peilen Haasop

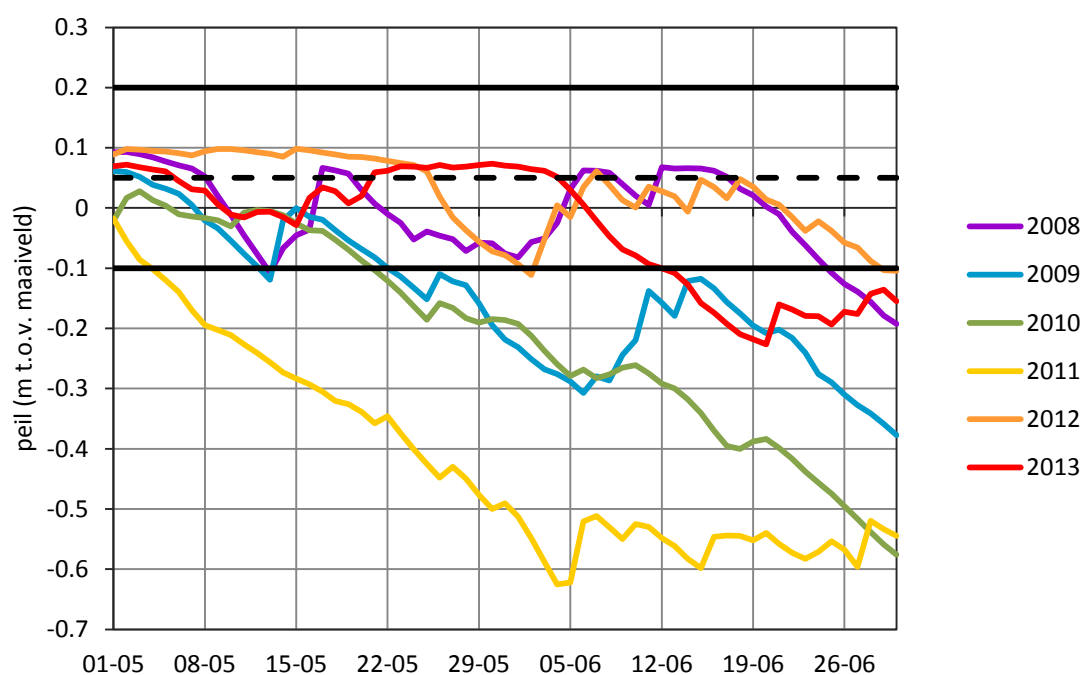
Het verloop van het grondwaterpeil weer nabij de belangrijkste kern van de populatie (peilbuis WAHP528) is weergegeven in Figuur 17, Figuur 18 en Figuur 19. Peilen in de diepere peilbuis vertoonden geen verschil. Duurlijnen zijn voor de volledige jaren van de monitoring weergegeven in Figuur 20.



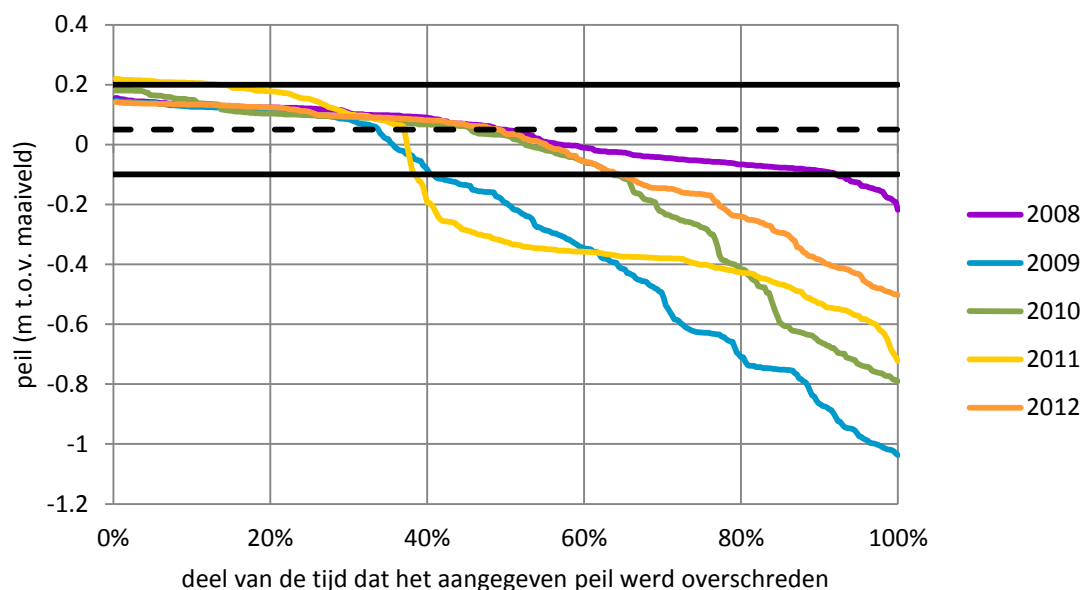
Figuur 17: Grondwaterfluctuaties op de belangrijkste groeiplaats van groenknolorchis in de Haasop (peilbuis WHP528, maaiveld op 5,75 m TAW) van oktober 2007-december 2013. De volle blauwe lijnen geven het bereik van voorkomen van de *groenknolorchissen* weer, de stippellijn de gemiddelde standplaatshoogte.



Figuur 18: Grondwaterverloop van peilbuis WHP528 (maaiveld op 5,75 m TAW) over het ganse jaar. De volle zwarte lijnen geven het bereik van voorkomen van de *groenknolorchissen* weer, de stippellijn de gemiddelde standplaatshoogte.



Figuur 19: Grondwaterverloop van peilbuis WHP528 (maaiveld op 5,75 m TAW) in de maanden mei en juni. De volle zwarte lijnen geven het bereik van voorkomen van de *groenknolorchissen* weer, de stippellijn de gemiddelde standplaatshoogte.



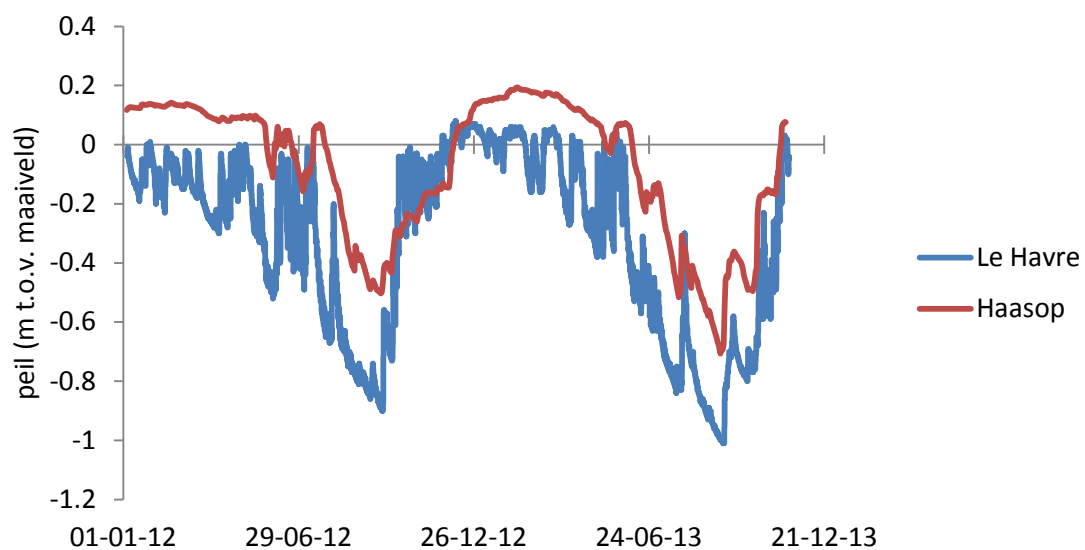
Figuur 20: Duurlijnen van het grondwaterverloop van peilbuis WAHP528

Het winterwaterpeil is constant over de jaren. Tot begin mei zijn de groeiplaatsen gemiddeld genomen geïnundeerd. Dit is zo voor gemiddeld 50% van de tijd. De waterstand varieert dan van enkele centimeter onder tot maximum 20 à 30 cm boven het maaiveld. In de meeste jaren hield deze toestand zelfs aan tot in de laatste decade van mei, soms zelfs tot na half juni. Daarna zakt de waterstand weg. De mate waarin dit gebeurt is zeer variërend en sterk afhankelijk van de weersomstandigheden. Het diepst bereikte peil varieerde tussen -0,2 en 1 meter beneden maaiveld. In vier van de zes jaren was dit lager dan -0,6 m.

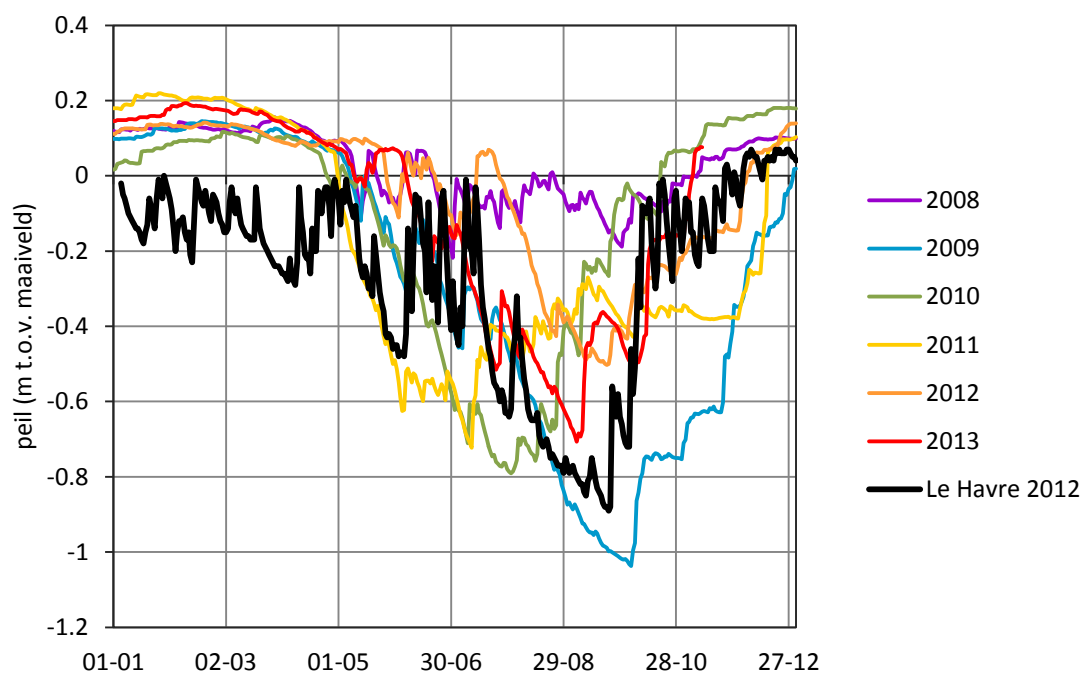
Er moet ook worden opgemerkt dat 2011 een jaar was met een afwijkend grondwaterverloop. 2011 kende extreem droog en zeer warm voorjaar. De waterstand zakte begin mei reeds weg. De duurcurve kent ook een afwijkend verloop, met een neerwaartse sprong in plaats van een geleidelijk convex verloop.

Peilen uit andere gebieden

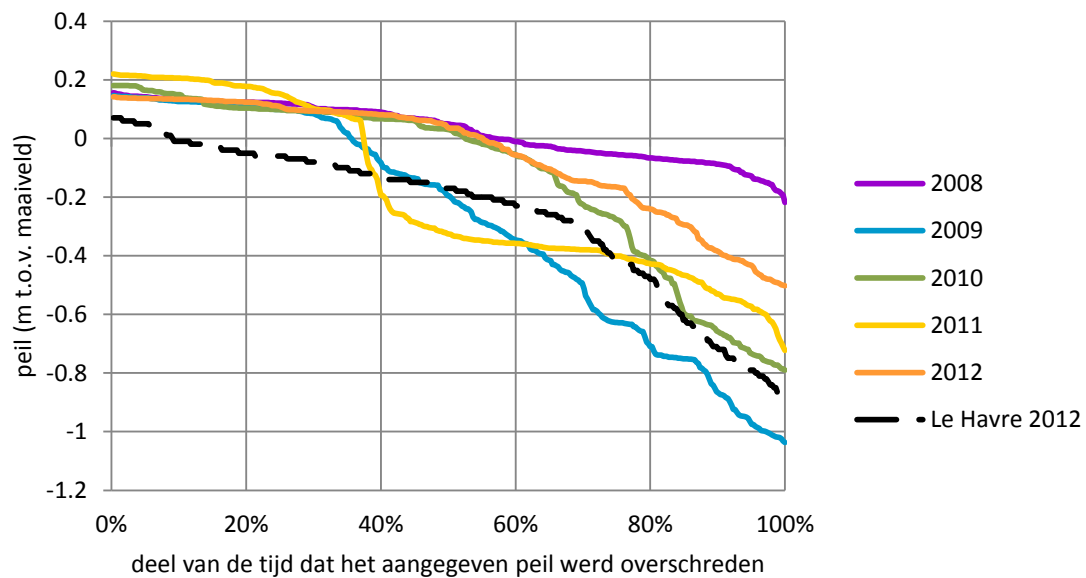
Figuur 21 geeft het verloop van grondwater in een populatie *groenknolorchis* nabij Le Havre (Frankrijk) weer in vergelijking met het verloop van het peil van peilbuis WAHP528 in de Haasop in dezelfde periode. Figuur 22 geeft de gegevens van Le Havre weer in vergelijking met de jaarlijkse peilverlopen in Haasop. Figuur 23 vergelijkt de duurcurves.



Figuur 21: Vergelijking van het grondwaterpeil van *groenknolorchis* locaties in de Haasop en in Le Havre.



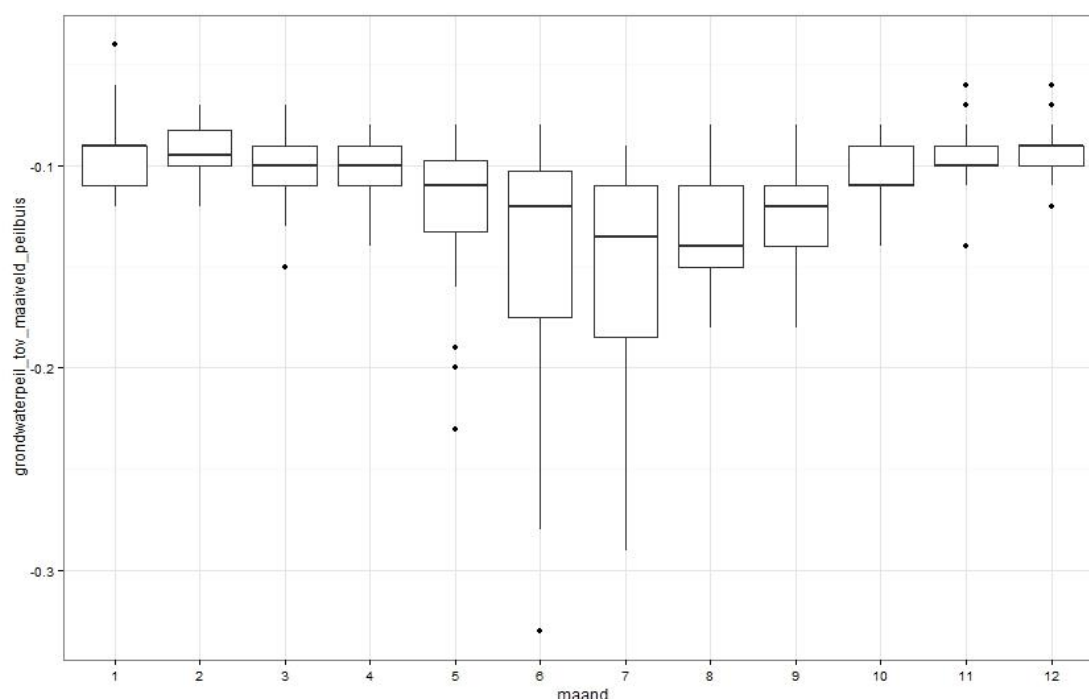
Figuur 22: Jaarlijks peilverloop bij *groenknolorchis* populaties in de Haasop en Le Havre.



Figuur 23: Vergelijking van de duurlijnen bij *groenknolorchis* populaties in de Haasop en Le Havre.

Uit deze grafieken blijkt dat de groeiplaats in Le Havre droger is dan in Haasop. In 2012 zakte de waterstand in Le Havre begin mei reeds weg, vergelijkbaar met 2011 in Haasop, tot ongeveer 0,5 m beneden maaiveld. Begin juni was er echter opnieuw een natte periode, waarbij de waterstand terug tot maaiveldniveau steeg. De duurlijn van Le Havre geeft ook een normaal verloop aan.

Figuur 24 geeft het peilverloop in de vroegere groeiplaats in het Torfbroek weer. De geringe peilschommelingen over het gehele jaar zijn vergelijkbaar met wat Wheeler et al. (2004) vermeld voor kenmerkende vegetaties met *groenknolorchis* op alkalisch laagveen in Oost-Engeland waar de zomergrondwatertafel tussen maximaal + 3,2 cm en -26,2 cm schommelt (gemiddelde -7,3 cm).



Figuur 24 : Grondwaterfluctuaties op een voormalige groeiplaats van groenknolorchis (Torfbroek, Kampenhout, peilbuis TORP02) van juli 2003-december 2013.

Hydrochemie

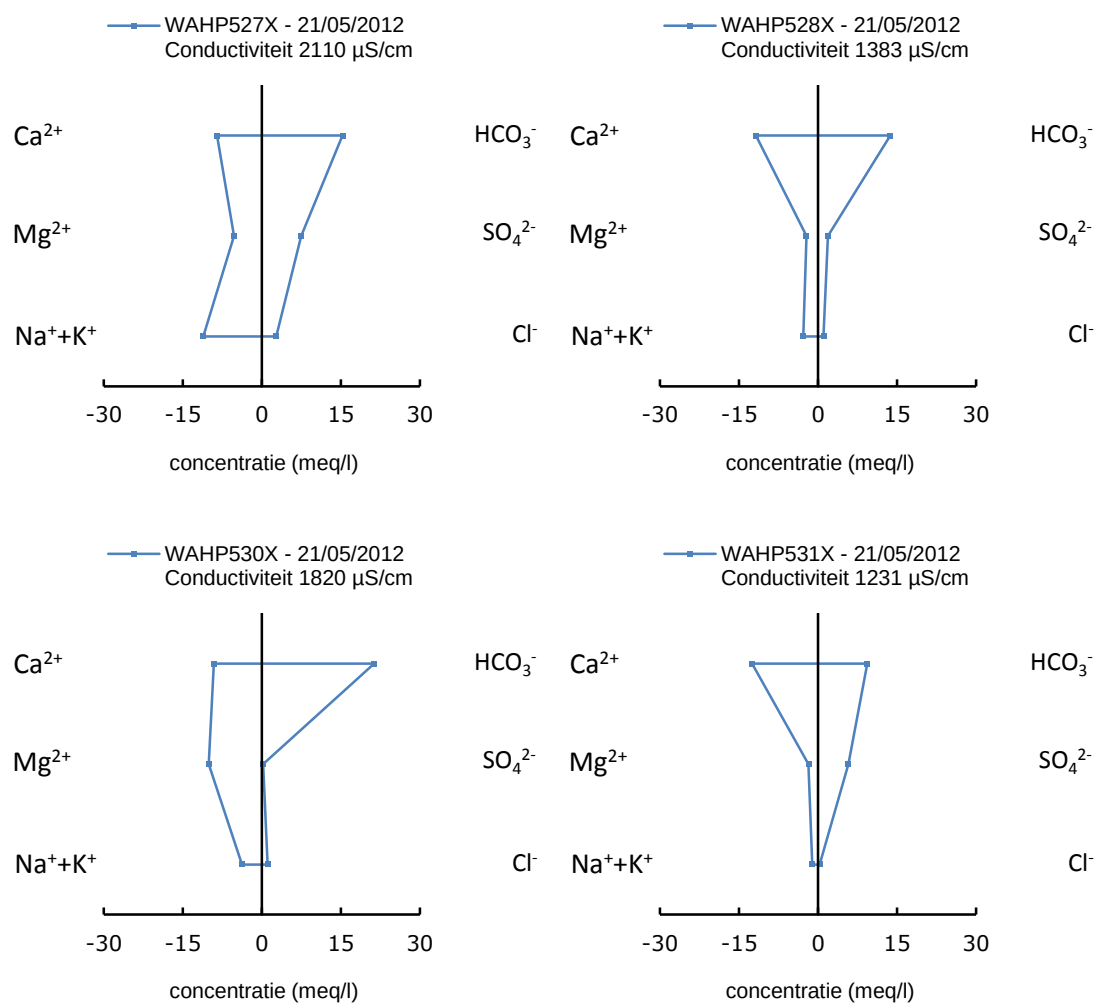
De resultaten van de analyses van peilbuizen WHP527 en 528 zijn weergegeven in Tabel 4. De resultaten van de overige peilbuizen rond de kernpopulatie in tabel. De conductiviteit ligt duidelijk hoger in de diepere peilbuis WHP527. Het water in de diepere peilbuis bevat duidelijk meer NaCl en is licht brak. Stiff diagrammen zijn de verschillende peilbuizen weergegeven in Figuur 25 en Figuur 26 voor het voorjaar 2012. Andere jaren leiden tot dezelfde conclusies. Figuur 27 geeft het Stiff diagram voor het inundatiewater (WAHR532). Calciumbicarbonaat is meestal het dominante mineraal, hoewel in het diepere water dit soms ook natriumbicarbonaat of magnesiumbicarbonaat is. Het water is zeer kalkrijk. Het is zeer tot extreem hard volgens de classificatie van (Stuyfzand, 1986). Ook is er een redelijke variatie tussen verschillende locaties. Zo varieert de conductiviteit van het ondiepe grondwater op hetzelfde moment van 596 $\mu\text{S}/\text{cm}$ tot 1383 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Verticaal is er een duidelijke gelaagdheid, waarbij het diepere water mineraalrijker is. Natriumchloride wordt, als het aanwezig is, ook vooral in de diepste peilbuis aangetroffen.

Tabel 4: Hydrochemische gegevens van het grondwater uit peilbuizen in de Haasop in de omgeving van de *groenknolorchis* populaties.

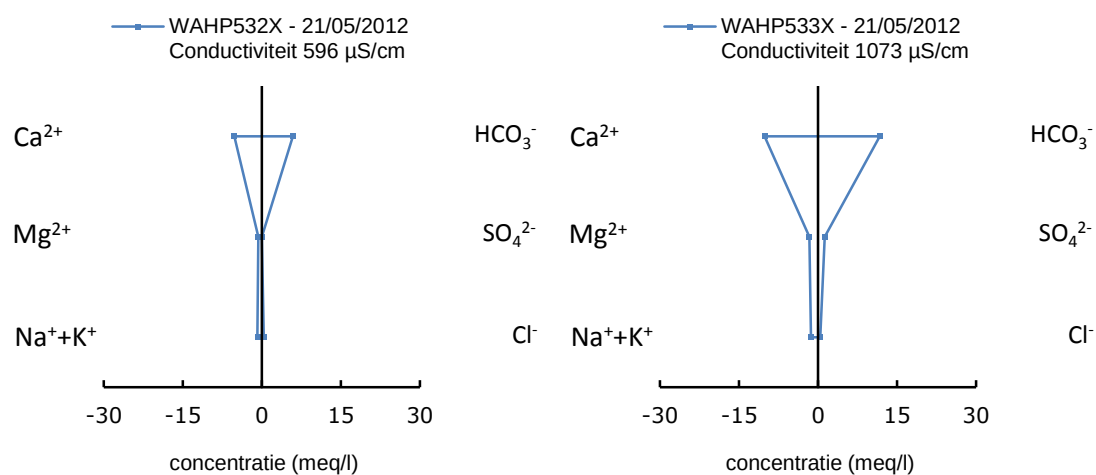
	pH	Conductiviteit μS/cm	Anionen			Kationen				
			HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺
			mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
WAHP527										
Gemiddelde:	7.06	2333	1047	144	260	315	29	141	55	17
minimum:	6.88	2110	856	3	98	240	24	115	45	10
maximum:	7.53	2510	1328	358	452	423	32	172	64	23
27/05/2009	6.88	2290	1111	194	182	247	29	172	60	21
14/10/2009	6.97	2510	1328	35	321	388	32	143	58	20
24/05/2010	6.94	2510	1029	265	216	328	28	148	58	23
01/10/2010	7.16	2288	1133	<BG	220	293	31	130	45	10
06/06/2011	7.53	2313	1048	68	452	423	30	115	54	22
28/11/2011	7.04	2276	856	159	302	329	24	116	46	11
21/05/2012	6.97	2110	935	358	98	240	27	170	64	15
08/10/2012	6.95	2370	935	69	293	270	29	133	56	16
WAHP528										
Gemiddelde:	7.07	1511	840	156	68	104	13	204	33	17
minimum:	6.71	1119	398	7	32	49	8	165	20	0
maximum:	7.61	1936	1187	549	182	236	23	272	48	51
2,5% percentiel:	6.71	1150	449	11	32	49	8	165	21	1
97,5% percentiel:	7.56	1911	1152	501	169	224	22	267	48	47
17/06/2008	6.71	1415	952	32	41	51	13	213	31	51
27/05/2009	6.74	1324	813	103	32	50	10	200	28	26
24/05/2010	6.92	1768	949	79	100	153	16	176	32	12
06/06/2011	7.61	1629	1187	7	182	236	23	165	48	22
28/11/2011	7.27	1936	742	549	41	131	14	272	48	2
21/05/2012	6.94	1383	838	92	38	60	8	237	27	6
08/10/2012	7.29	1119	398	228	45	49	11	168	20	0

	pH	Conductiviteit μS/cm	Anionen			Kationen				
			HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺
			mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
WAHP530										
Gemiddelde:	7.30	1805	1275	49	47	92	30	157	120	13
minimum:	7.12	1488	1167	13	39	70	29	135	100	10
maximum:	7.60	1953	1362	96	60	104	31	183	134	19
2,5% percentiel:	7.13	1524	1172	13	39	71	29	136	103	10
97,5% percentiel:	7.58	1944	1361	94	58	103	31	183	133	18
27/05/2009	7.22	1696	1167	35	45	92	29	137	100	10
14/10/2009	7.21	1851	1266	73	51	104	30	149	123	15
24/05/2010	7.25	1845	1198	96	41	100	29	135	134	10
01/10/2010	7.29	1901	1362	82	42	94	30	151	128	12
06/06/2011	7.60	1488	1282	47	46	96	29	152	118	19
28/11/2011	7.51	1953	1358	29	60	98	31	183	118	11
21/05/2012	7.19	1820	1301	13	39	70	29	183	123	13
08/10/2012	7.12	1889	1264	13	50	79	31	168	121	17
WAHP531										
Gemiddelde:	7.11	1160	540	250	14	17	16	219	22	3
minimum:	6.97	1018	356	109	12	14	13	190	18	<BG
maximum:	7.20	1303	642	407	17	20	25	262	31	9
2,5% percentiel:	6.98	1021	376	114	12	14	13	191	18	<BG
97,5% percentiel:	7.20	1300	640	401	16	20	23	260	30	9
01/10/2010	7.20	1275	356	407	17	20	15	209	21	<BG
06/06/2011	7.20	1044	642	201	15	19	25	202	31	9
28/11/2011	7.07	1303	516	358	12	17	14	262	24	1
21/05/2012	7.05	1231	570	276	12	18	13	251	22	3
08/10/2012	7.15	1088	527	148	14	16	14	199	19	1
29/05/2013	6.97	1018	626	109	13	14	13	190	18	4

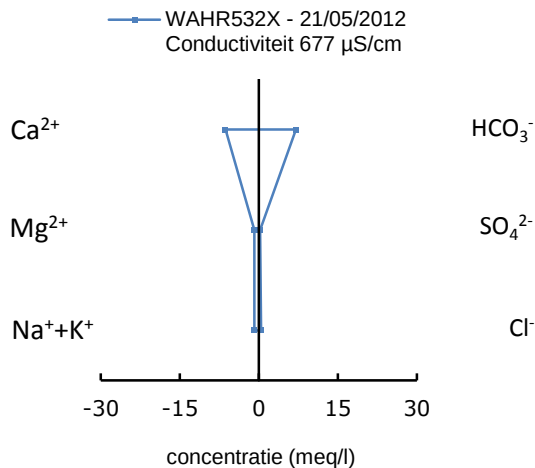
	pH	Conductiviteit μS/cm	Anionen			Kationen				
			HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺
			mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
WAHP532										
Gemiddelde:	7.25	894	468	98	22	19	11	157	13	<BG
minimum:	7.16	596	359	3	13	14	8	104	8	<BG
maximum:	7.47	1434	603	325	38	26	18	283	22	0.4
2,5% percentiel:	7.16	625	359	10	14	14	8	106	8	<BG
97,5% percentiel:	7.45	1369	600	295	37	25	17	266	21	0.3
27/05/2009	7.17	790	475	49	17	15	8	137	12	0.4
24/05/2010	7.26	759	359	70	20	17	16	111	10	<BG
01/10/2010	7.34	871	400	77	37	26	8	130	11	<BG
06/06/2011	7.47	826	585	60	16	22	10	159	14	<BG
28/11/2011	7.18	1434	603	325	38	22	11	283	22	<BG
21/05/2012	7.27	596	361	<BG	13	14	9	104	8	<BG
08/10/2012	7.16	1064	501	155	18	22	18	190	16	0.2
29/05/2013	7.19	812	464	47	19	17	12	140	10	<BG
WAHP533										
Gemiddelde:	7.10	914	526	76	15	15	19	154	17	7
minimum:	7.03	806	364	34	14	11	15	112	15	1
maximum:	7.19	1073	714	139	18	21	30	203	20	10
2,5% percentiel:	7.03	807	377	37	14	11	15	112	15	1
97,5% percentiel:	7.18	1061	700	134	18	21	28	201	20	10
24/05/2010	7.08	806	364	95	14	11	30	112	16	4
01/10/2010	7.11	811	467	60	14	13	15	116	17	9
28/11/2011	7.19	975	492	139	18	12	17	184	15	1
21/05/2012	7.03	1073	714	61	16	21	16	203	20	10
08/10/2012	7.12	879	516	34	16	16	19	148	15	8
29/05/2013	7.06	940	603	65	14	13	16	163	17	9



Figuur 25: Stiff diagrammen van peilbuiskoppels in de Haasop. Links diepe peilbuis, rechts ondiepe.



Figuur 26: Stiff diagrammen van aanvullende ondiepe peilbuizen in de Haasop.



Figuur 27: Stiff diagram van inundatiewater op de *groenknolorchis* locaties in de Haasop.

Discussie

De groeiplaatsen van *groenknolorchis* zijn in de winter licht geïnundeerd, of hebben een waterstand die dicht bij het maaiveld ligt. De winterwaterstanden varieerden in Haasop van -0,1m tot +0,2m t.o.v. het maaiveld. De duurcurves geven aan dat deze situatie zich gemiddeld de helft van het jaar voordoet. In april beginnen de waterstanden iets te zakken, maar de inundatie blijft aanhouden tot in ver in mei of zelfs in juni. Op het moment dat de *groenknolorchissen* ontluiken zijn de groeiplaatsen dus nog zeer nat. Bij de opgevolgde jaren was er één jaar (2011) waar de waterstand al dieper wegzakte begin mei door zeer droog en warm weer. Dit is het enige jaar dat een populatierugval werd waargenomen (zie Figuur 8). Naar eind juni toe zakt de waterstand zelden dieper dan 30 à 40 cm beneden maaiveld. Het peilverloop in Haasop van 2011 ligt dus naar alle waarschijnlijkheid buiten het optimaal bereik van de soort. In Le Havre was er een gelijkaardige peildaling begin mei in 2012, maar dat werd in juni gevolgd door een nieuwe peilstijging. Er moet wel opgemerkt worden dat in Le Havre de populatie van *groenknolorchis* sterk daalt en dat het huidige peilniveau ter plaatse mogelijk niet meer geschikt is voor een duurzaam behoud van de populatie. Een te lang durende inundatie kan echter ook negatief zijn. In het natuurreservaat Dunes Dewulf (Leffrinckoucke, dép. Nord – Pas-de-Calais) was er een te hoge waterstand tijdens het natte voorjaar van 2013. Door de te hoge waterstanden in het bloeiseizoen daalden de aantallen *groenknolorchis* hier in 2013 sterk.



Figuur 28: Geïnundeerde groeiplaats van *groenknolorchis* in een duinpanne in het natuurreserveat Dunes Dewulf (Leffrinckoucke, dép. Nord – Pas-de-Calais) tijdens het natte voorjaar van 2013 (foto Bertille Valentin, 1-6-2013). Door de te hoge waterstanden in het bloeiseizoen daalden de aantallen *groenknolorchis* hier in 2013 sterk.

De zomerwaterstanden zijn zeer variabel, water kan in de nazomer diep wegzakken. Dit lijkt de overleving van *groenknolorchis* niet te storen, de kritische fase lijkt eerder de overwintering en het opnieuw uitkomen te zijn.

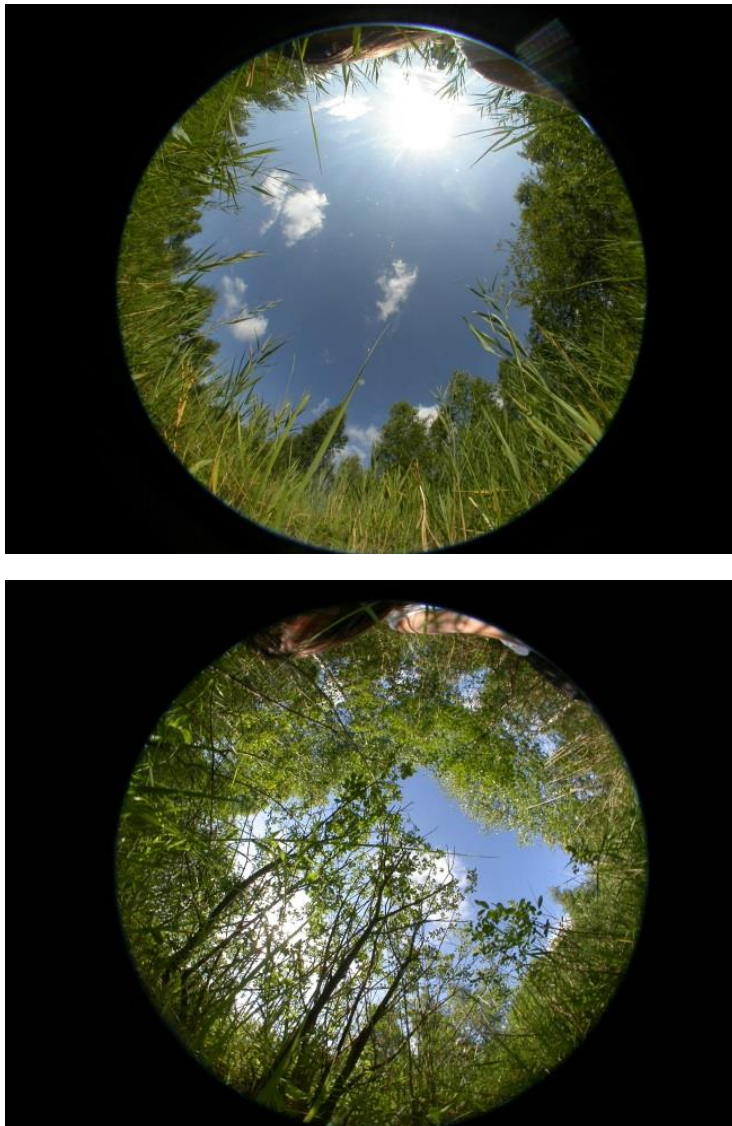
De duurcurves hebben doorgaans een convex verloop. Dit verloop is meestal een indicatie voor kwel. Kwel kon nochtans niet aangetoond worden. Er is geen stijghoogteverschil tussen de diepe en de ondiepe peilbuizen. Het verschil in filterdiepte is echter redelijk klein om dit te kunnen waarnemen, zeker in een goed doorlatende bodem. Ook de gelaagdheid in de mineralensamenstelling wijst niet in de richting van kwel. De diepe peilbuizen geven hogere mineraalconcentraties en meer zout. Kwelstroming zou deze gradiënt uitvlakken. Uit de convexe vorm van de duurcurves kunnen we wel afleiden dat er alleszins weinig of geen waterverlies is door infiltratie naar diepere lagen. Dergelijk waterverlies zou een eerder concave duurcurve opleveren. De duurcurve van 2011 was daarin wel afwijkend, wijzend op een abnormaal waterverlies. Het voorjaar in 2011 was warm en zeer droog, wat tot meer verdamping aanleiding kan gegeven hebben. Een extra drainage door werken in de omgeving van de site kan ook niet uitgesloten worden, maar kon ook niet echt worden aangetoond. Er werd op basis van de peilgegevens van voor 2011 en de weergegevens van 2011 een extrapolatie gemaakt met *Menyanthes*, en vergeleken met de reële waterstanden. De reële waterstanden waren laag, maar lagen nog binnen de foutenmarge van het model.

Het oppervlaktewater en grondwater op de groeiplaatsen is zeer kalkrijk. Het voornaamste mineraal is calciumbicarbonaat, en het water is zeer tot extreem hard. Deze kalkrijkdom komt door het oplossen van schelpfragmenten die in het zand aanwezig zijn. Dieper kan

soms ook natriumcarbonaat of magnesiumcarbonaat meer voorkomen, en is soms natriumchloride aanwezig. Dit is waarschijnlijk nog een restant van de opspuiting van het gebied, waarbij brak water werd gebruikt. Dit stroomt echter niet door tot de wortelzone van de *groenknolorchis* planten. Op de site Haasop is er ook een redelijke ruimtelijke variatie in kalkrijkdom. Dit komt duidelijk tot uiting in de Stiff diagrammen, die voor het ondiepe water allen dezelfde paddenstoel vorm hebben, maar met variërende breedte. Uit de tabellen met analyseresultaten volgt echter dat er ook een even grote temporele variatie bestaat. Deze wordt veroorzaakt door het weer, waarbij lagere mineraalconcentraties gevonden worden in natte periodes.

5.2 Licht

Op nagenoeg alle groeiplaatsen *groenknolorchis* in Nederland, België en Frankrijk die we in het kader van deze studie bezocht hebben staat *groenknolorchis* nagenoeg uitsluitend in volledig open vegetaties. Enkel op een aantal plaatsen staat ze onder een korte vegetatie van kruipwilg of onder halfopen struweel zoals het geval op een deel van de standplaatsen in de Haasop. Terwijl in natte jaren de populatie in de beheerde open terreinen toenam, namen de aantal in de omliggende niet beheerde en verstruweelde standplaatsen juist af (Gyselings et al., 2011). Op deze laatste plaatsen betreft het relictgroeiplaatsen en is de verjonging lager dan de sterfte. Bij verdere verstruweling zullen deze relictpopulaties normaal gezien verdwijnen (Oostermeijer & Hartman, 2014).



Figuur 29: Voorbeelden van vegetatiestructuur boven de standplaatsen van *groenknolorchis* in de Haasop. Boven de structuur op gemaaide open groeiplaatsen, onder op niet beheerde relict standplaatsen onder wilgen- en berkenstruweel.

6 Potenties buiten de actuele groeiplaatsen

6.1 Potenties aan de hand van de verspreiding van indicatieve begeleidende soorten

Verschillende mogelijkheden laten toe om potentieel geschikte locaties op te sporen. Een eerste verkende analyse kan gebeuren aan de hand van de verspreiding van kenmerkende vaatplanten en mossen van de vegetatietypen waarin *groenknolorchis* het meest voorkomt (nl. vochtige duinpannen en alkalische laagveenmoerassen).

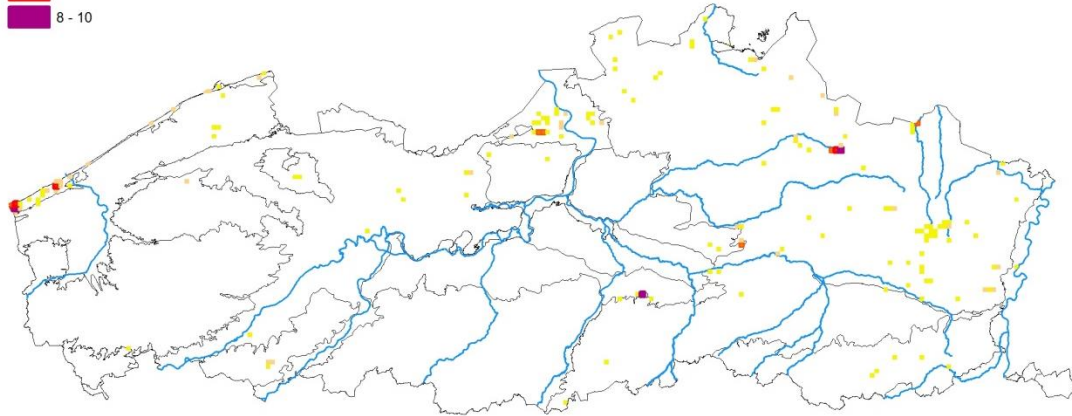
Op niveau Vlaanderen kan gebruik gemaakt worden van de verspreidingsgegevens van vaatplanten in de databank Florabank (Van Landuyt et al., 2012) aangevuld met verspreidingsgegevens van mossen in dezelfde databank. Wat betreft de vaatplanten zijn er over heel Vlaanderen gegevens voorhanden, de mossengegevens zijn veel beperkter (Van Landuyt, 2011) alhoewel in kansrijke gebieden zoals duinpannen en alkalische laagveen wel beter gezocht is en dus hierover doorgaans meer gegevens beschikbaar zijn in deze gebieden. Figuur 30 geeft een overzicht van de locaties waar kenmerkende begeleidende soorten (zie Tabel 5) die voorkomen samen met *groenknolorchis* gevonden zijn in de periode 1990-2013. De hoogste aantal kenmerkende begeleidende soorten wordt gevonden in het Westhoekreservaat (tot 10 kenmerkende begeleiders per km²), het Torfbroek te Berg – Kampenhout (9 begeleidende soorten per km²) en het Buitengoor en omgeving te Mol (tot 9 begeleidende soorten per km²). Dit zijn allen locaties waar *groenknolorchis* ooit is gevonden of in het geval van het Buitengoor waar *groenknolorchis* nog aanwezig is in de buurt. In het geval van het Buitengoor werd zelfs in 2014 een nieuwe groeiplaats van *groenknolorchis* ontdekt in het natuurreservaat, naast de oude locatie (Sluismeer) buiten het reservaat aan de andere kant van het kanaal Dessel-Kwaadmechelen. Andere locaties met een weliswaar iets lager aantal kenmerkende begeleiders zijn het duinenreservaat Ter Yde (Oostduinkerke, 6 soorten) en de groeiplaats van *groenknolorchis* op de Haasop (Beveren, Kallo, 4 soorten per km²). Dat deze laatste groeiplaats slechts een gering aantal kenmerkende begeleidende soorten telt heeft mogelijk te maken met de recente ontstaansgeschiedenis van de Haasop (opgespoten gronden die pas in 1985 begonnen te stabiliseren (Spanoghe et al., 2008)).

Tabel 5: Lijst met kenmerkende begeleidende soorten van vegetaties met *groenknolorchis*.

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Taxonomische groep
<i>Anagallis tenella</i> (L.) L.	<i>Teer guichelheil</i>	Vaatplant
<i>Campyliadelphus elodes</i> (Lindb.) Kanda	<i>Tenger goudmos</i>	Bladmos
<i>Campylium stellatum</i> (Hedw.) Lange & C.E.O.Jensen	<i>Sterrengoudmos</i>	Bladmos
<i>Carex diandra</i> Schrank	<i>Ronde zegge</i>	Vaatplant
<i>Carex dioica</i> L.	<i>Tweehuizige zegge</i>	Vaatplant
<i>Carex lasiocarpa</i> Ehrh.	<i>Draadzegge</i>	Vaatplant
<i>Carex viridula</i> Michaux	<i>Dwergzegge</i>	Vaatplant
<i>Cladium mariscus</i> (L.) Pohl	<i>Galigaan</i>	Vaatplant
<i>Dactylorhiza incarnata</i> (L.) Soó	<i>Vleeskleurige orchis</i>	Vaatplant
<i>Eleocharis quinqueflora</i> (F.X. Hartm.) O. Schwartz	<i>Armbloemige waterbies</i>	Vaatplant
<i>Epipactis palustris</i> (L.) Crantz	<i>Moeraswespenorchis</i>	Vaatplant
<i>Equisetum variegatum</i> Schleich.	<i>Bonte paardenstaart</i>	Vaatplant
<i>Eriophorum gracile</i> Koch ex Roth	<i>Slank wollengras</i>	Vaatplant
<i>Parnassia palustris</i> L.	<i>Parnassia</i>	Vaatplant
<i>Preissia quadrata</i> (Scop.) Nees	<i>Vierkantmos</i>	Levermos
<i>Schoenus nigricans</i> L.	<i>Knopbies</i>	Vaatplant

Zoekkaart potentieel geschikte groeiplaatsen groenknolorchis

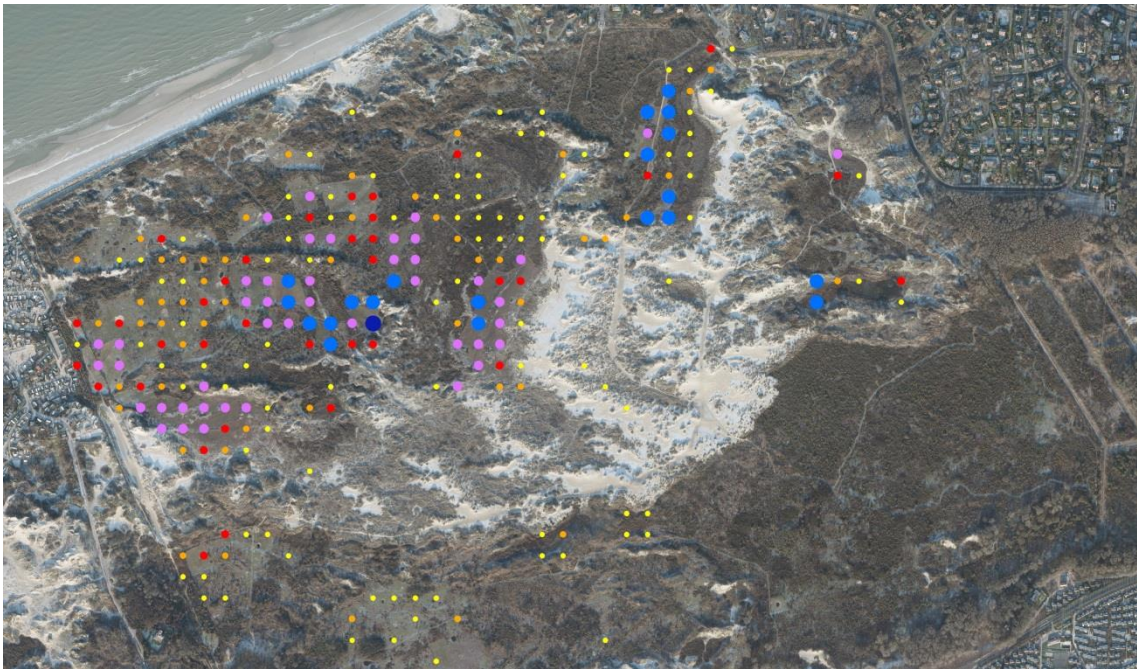
Aantal indicatieve soorten



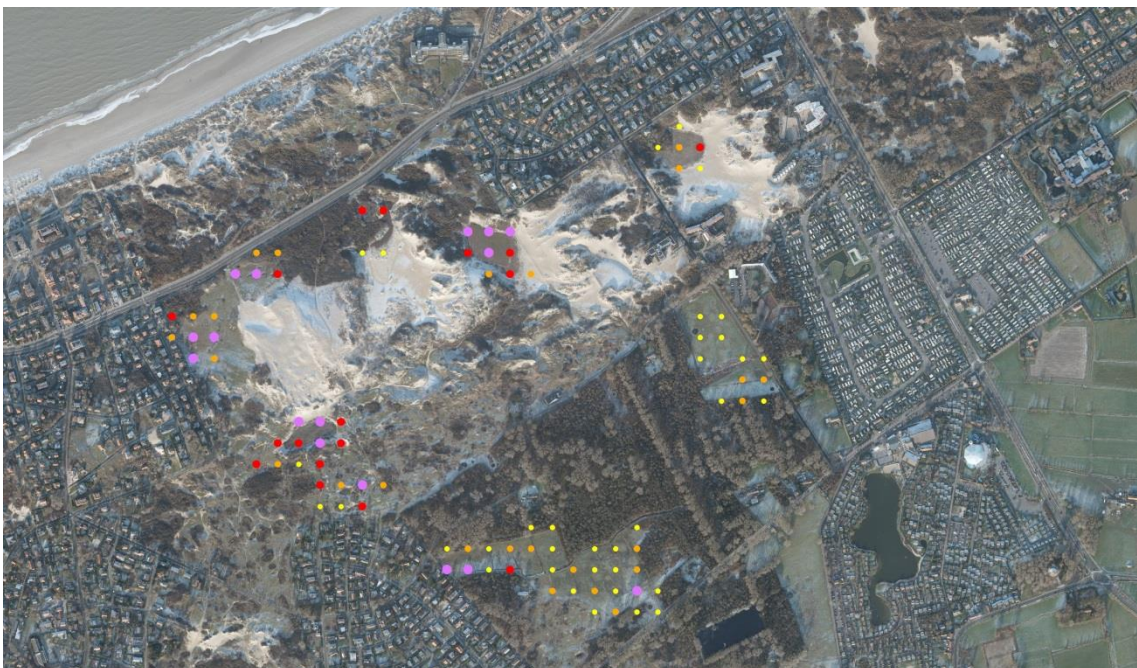
Figuur 30: Zoekkaart voor potentieel geschikte locaties voor *groenknolorchis* in Vlaanderen aan de hand van een aantal indicatorsoorten (13 vaatplanten en 3 bladmossen/levermossen).

Voor de kustduinen waar de meest kansrijke gebieden liggen voor *groenknolorchis* in duinvalleien zijn nog veel gedetailleerde en recentere verspreidingsgegevens beschikbaar van vaatplanten voor alle gebieden in beheer bij het Agentschap Natuur en Bos (Provoost et al., 2010) en voor het merendeel van de overige duingebieden. Dit laat ons toe veel gedetailleerder in te zoomen op potentiële groeiplaatsen voor *groenknolorchis* en op deze locaties ook peilbuisgegevens te gaan vergelijken met de grondwaterfluctuaties op actuele groeiplaatsen.

Het grootste aantal kenmerkende soorten aan de kust is te vinden in de noordelijke pannengordel van het Westhoekreservaat in De Panne (Figuur 31) maar ook in het natuurreservaat Ter Yde in Koksijde zijn grote aantallen kenmerkende soorten gevonden (Figuur 32).



Figuur 31: Kaart met aantal typische begeleidende soorten voor duinpannen met *groenknolorchis* voor het Westhoekreservaat (De Panne) op basis van het voorkomen van begeleidende vaatplanten (zie Tabel 5) per raster van 50 x 50 meter. Gele cirkels: 1 kenmerkende soort, oranje: 2 kenmerkende soorten, rood: 3 kenmerkende soorten, paars: 4 kenmerkende soorten, lichtblauw: 5 kenmerkende soorten, donkerblauw: 6 kenmerkende soorten.



Figuur 32: Kaart met aantal typische begeleidende soorten voor duinpannen met *groenknolorchis* voor het duingebied Ter Yde (Oostduinkerke) op basis van het voorkomen van begeleidende vaatplanten (zie Tabel 5) per raster van 50 x 50 meter. Gele cirkels: 1 kenmerkende soort, oranje: 2 kenmerkende soorten, rood: 3 kenmerkende soorten, paars: 4 kenmerkende soorten.

6.2 Hydrologische potenties

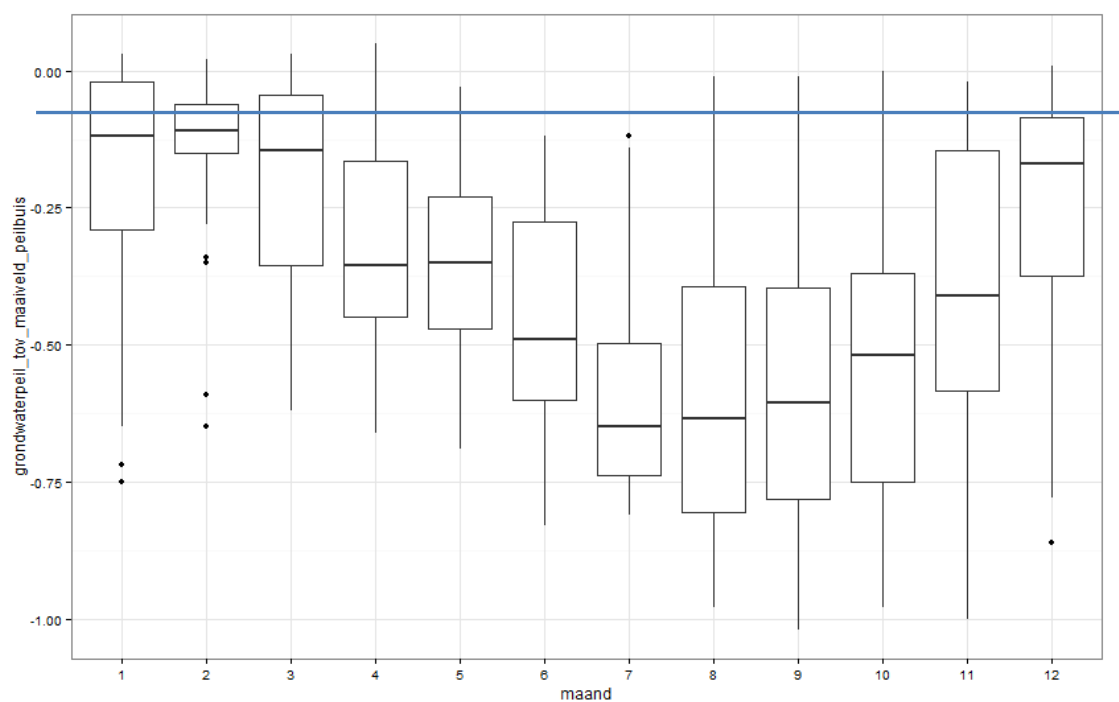
6.2.1 Duinlocaties

Zoals hoger reeds vermeld lijken de potentieel meest geschikte locaties gelegen te zijn in het Westhoekreservaat in De Panne en het duinenreservaat Ter Yde in Oostduinkerke.

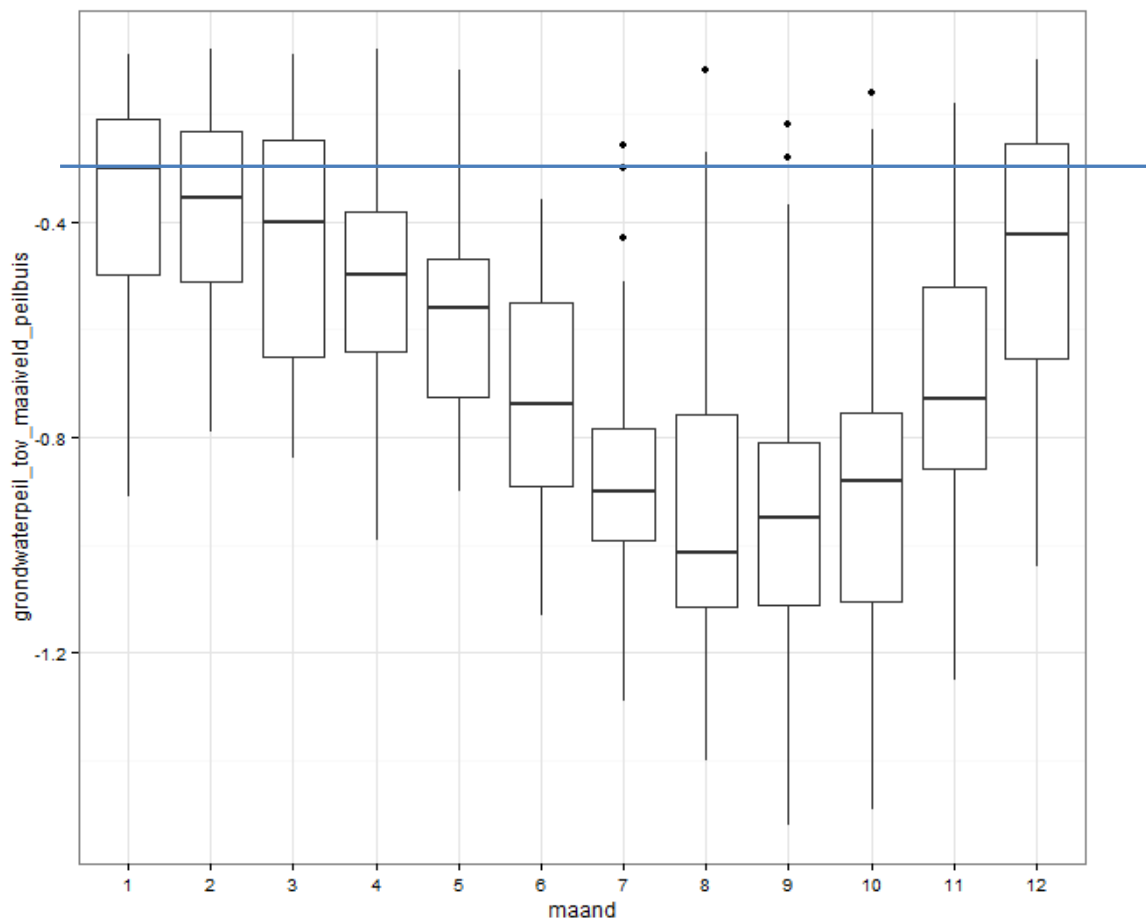
In het Westhoekreservaat lijken vooral de pannen in de noordelijke pannengordel geschikt op basis de aanwezige begeleidende soorten die vaak met *groenknolorchis* samen voorkomen. De grondwaterfluctuaties zijn er echter wel groter dan op de standplaats in de Waaslandhaven. Het grondwater zakt er in de maand juni (het groei- en bloeiseizoen van de *groenknolorchis*) vaak dieper weg tot een peil van 50 cm onder het maaiveld wat mogelijk kritisch zou kunnen zijn voor de overleving op lange termijn (Figuur 34, Figuur 35, Figuur 36). De chemische samenstelling en de pH (7,17) van het grondwater is vergelijkbaar met de standplaats in de Waaslandhaven (Figuur 37).



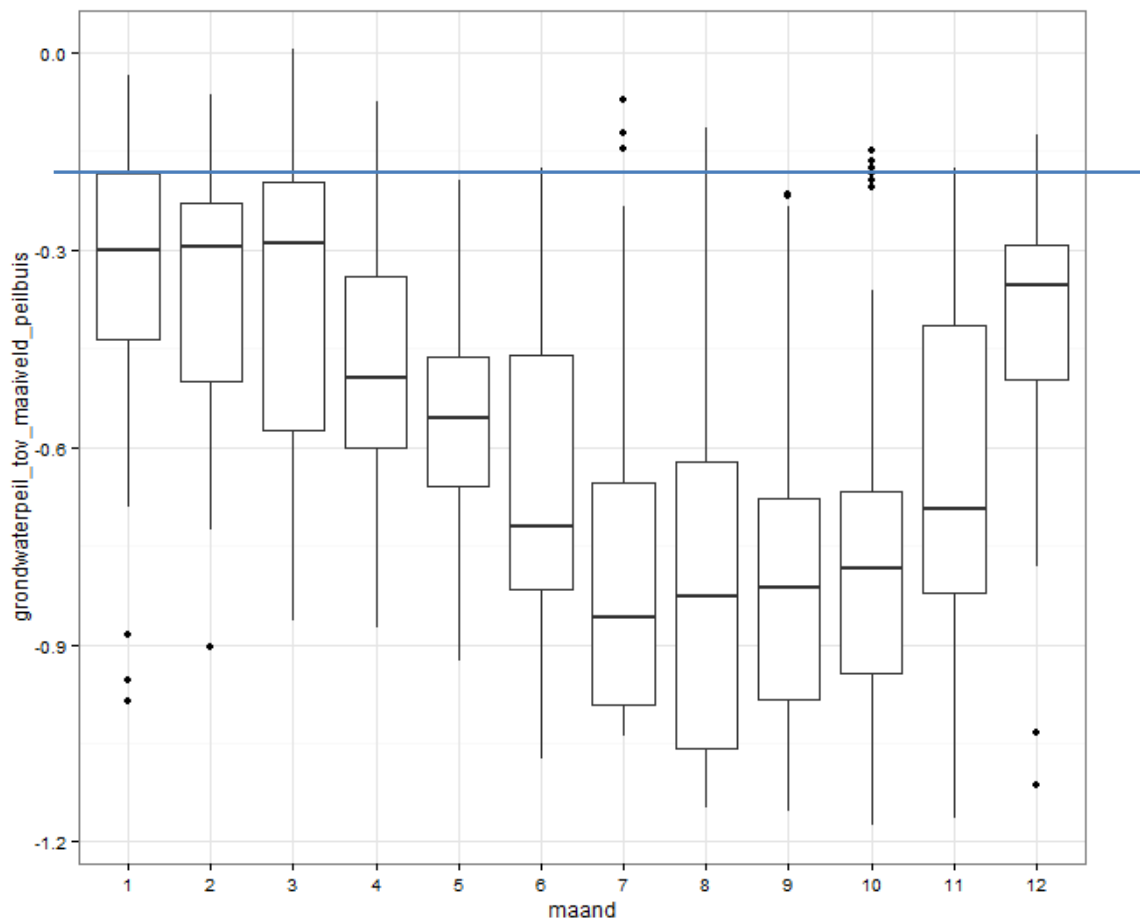
Figuur 33: Locatie van de peilbuizen gebruikt voor de beoordeling van potentiële groeiplaatsen van *groenknolorchis* in het Westhoekreservaat (De Panne).



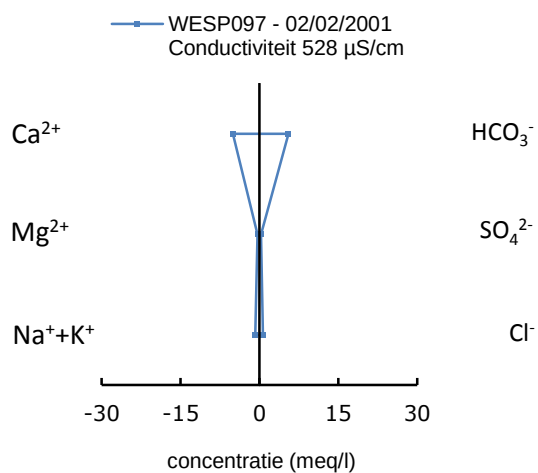
Figuur 34: Grondwaterstanden peilbuis WESP097 in de "Noordse ruspanne" in het Westhoekreservaat per maand (maaiveld panne nabij peilbuis 5,5 m TAW, diepste deel panne = 5,4 m TAW = blauwe lijn) in de periode 1998-2010.



Figuur 35: Grondwaterstanden peilbuis WESP018 in de "Guichelheilpanne" in het Westhoekreservaat per maand (maaiveld peilbuis 5,48 m TAW, diepste deel panne = 5,2 m TAW = blauwe lijn) in de periode 1990-2010.



Figuur 36: Grondwaterstanden peilbuis WESP018 in de panne "Triangel" in het Westhoekreservaat per maand (maaiveld peilbuis 5,38 m TAW, diepste deel panne = 5,2 m TAW = blauwe lijn) in de periode 1998-2012.

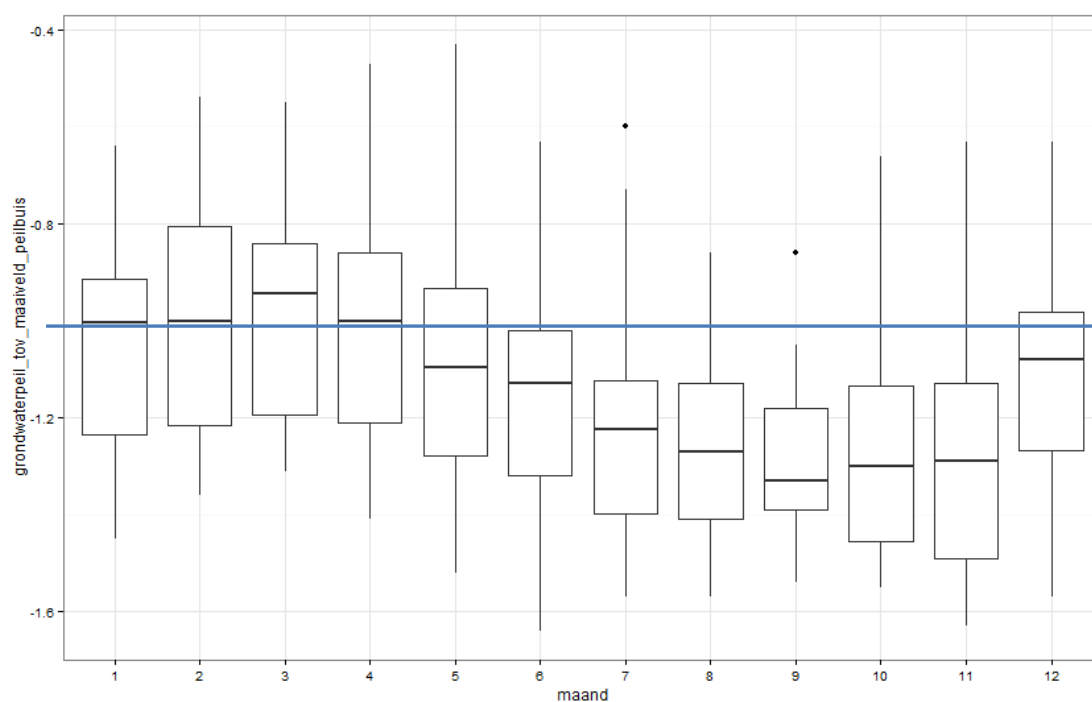


Figuur 37: Chemische samenstelling van het grondwater bij de ondiepe peilbuis WESP097 in de "Noordse ruspanne" (Stiff-diagram).

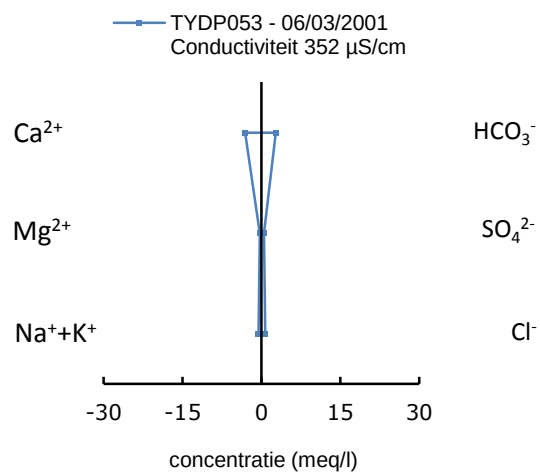
In het duingebied Ter Yde lijken drie duinpannen potenties te hebben voor groenknolorchis : namelijk de 'Orchideeënpaane' (peilbuis TYDP053), de panne 'Kolonel D'Haenenlaan' (peilbuis TYDP013) en panne 'voetbalveld' (peilbuis TYDP059). In de Orchideeënpaane lijken zowel de geringe grondwaterfluctuaties (Figuur 39) als de hydrochemische parameters (Figuur 40) gunstig te zijn voor een potentiële vestiging van *groenknolorchis*. In de panne 'voetbalveld' (peilbuis TYDP059) zakt het grondwaterpeil in juni gemiddeld 50 cm onder het maaiveld wat mogelijk kritisch voor het op lange termijn overleven van een populatie *groenknolorchis* (Figuur 41, Figuur 42). Dit is ook het geval voor panne aan de Kolonel D'Haenenlaan (peilbuis TYDP013, Figuur 43). In het deelgebied Doolaeghe (peilbuis TYDP203, Figuur 44) lijken de laagst gelegen delen het meest geschikt voor *groenknolorchis*. Hydrochemische gegevens zijn enkel beschikbaar voor de 'Orchideeënpaane' (peilbuis TYDP053) en panne 'voetbalveld' (peilbuis TYDP059). De pH (7,49 -8,00) en de ionenverhouding (zie Figuur 40, Figuur 42) lijken gunstig voor *groenknolorchis*.



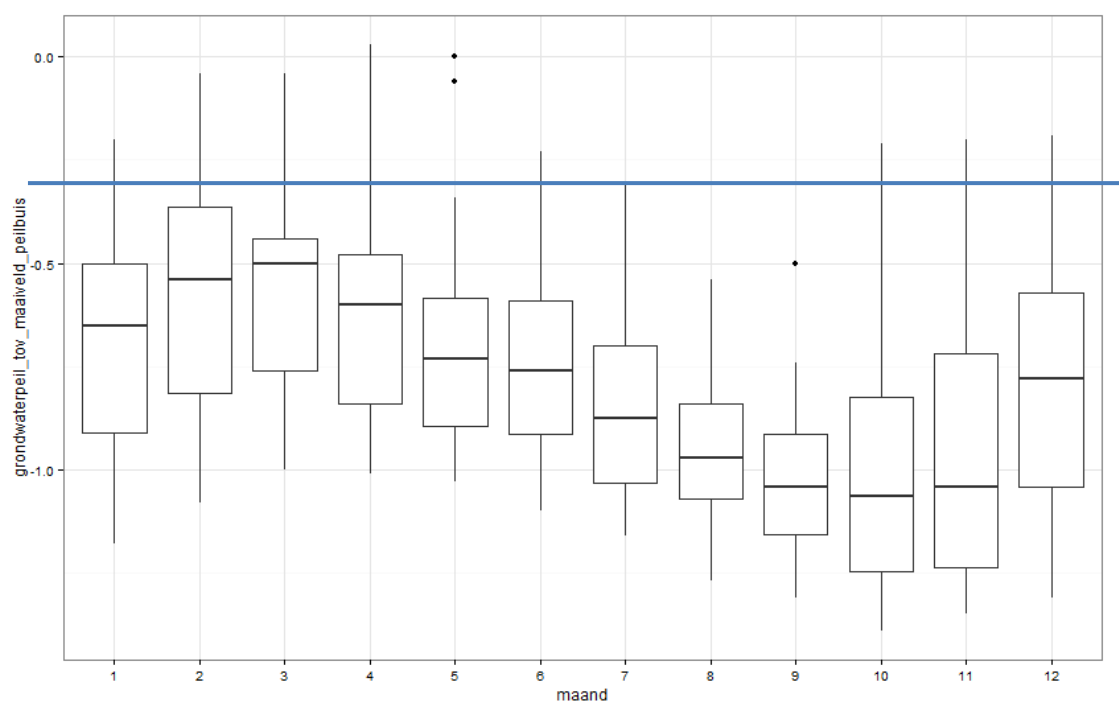
Figuur 38: Locatie van de peilbuizen gebruikt voor de beoordeling van potentiële groeiplaatsen van *groenknolorchis* in het natuurreservaat Ter Yde (Oostduinkerke).



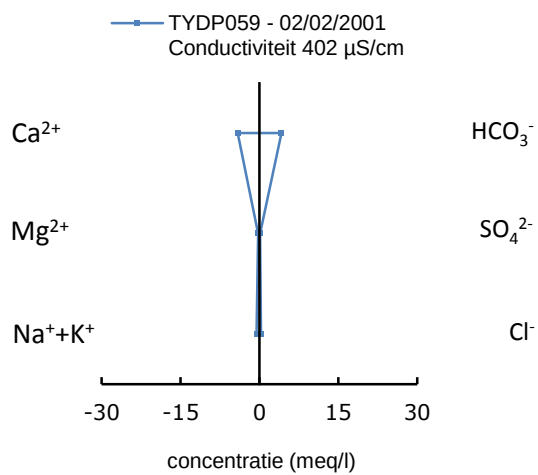
Figuur 39: Grondwaterstanden peilbuis TYDP053 (Orchideeënpaane in in het natuurreservaat Ter Yde) per maand t.o.v. het maaiveld van de peilbuis (maaiveld peilbuis 6,76 m TAW, diepste deel panne = 5,7 m TAW = blauwe lijn) in de periode 1998-2010.



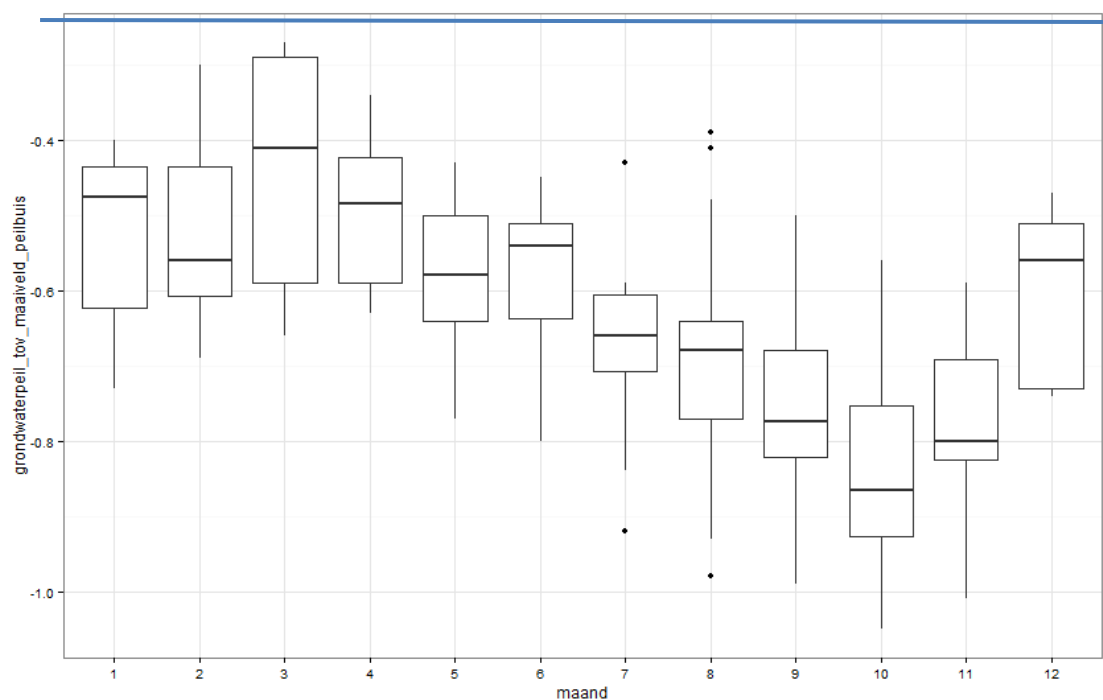
Figuur 40: Chemische samenstelling van het grondwater bij de ondiepe peilbuis TYDP053 (Stiff-diagram), Orchideeënpaane in het natuurreservaat Ter Yde.



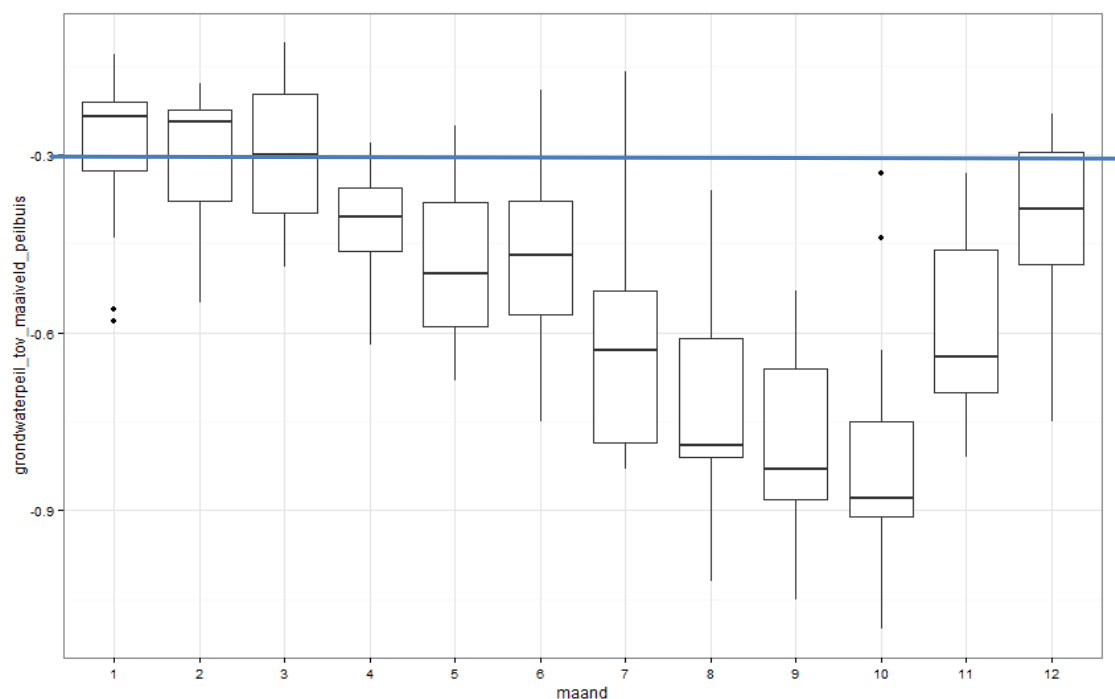
Figuur 41: Grondwaterstanden peilbuis TYDP059 per maand t.o.v. het maaiveld van de peilbuis (panne 'voetbalveld' in het natuurreserveaat Ter Yde', maaiveld peilbuis 6,5 m TAW, diepste deel panne = 6,2 m TAW = blauwe lijn) in de periode 1998-2010.



Figuur 42: Chemische samenstelling van het grondwater bij de ondiepe peilbuis TYDP059 (Stiff-diagram), panne 'voetbalveld' in het natuurreserveaat Ter Yde.



Figuur 43: Grondwaterstanden peilbuis TYDP013 per maand t.o.v. het maaiveld van de peilbuis (panne Kolonel D'Haenenlaan in het natuurreservaat Ter Yde, maaiveld peilbuis 6,03 m TAW, diepste deel panne = 5,90 m TAW = blauwe lijn) in de periode 2006-2010.



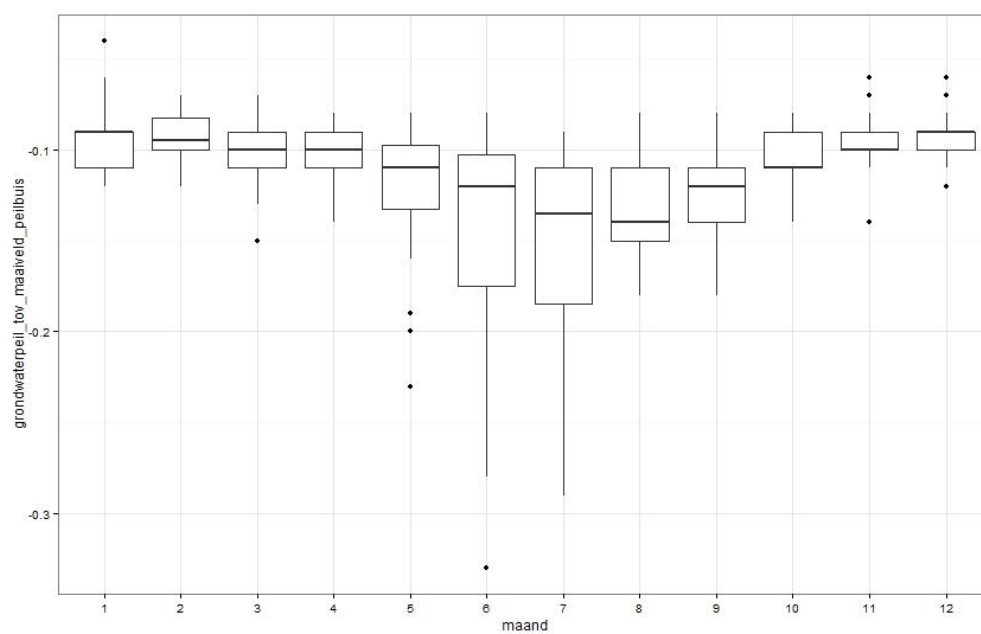
Figuur 44: Grondwaterstanden peilbuis TYDP203 per maand t.o.v. het maaiveld van de peilbuis (deelgebied Doolaghe in het natuurreservaat Ter Yde, maaiveld peilbuis 5,79 m TAW, diepste deel = 5,5 m TAW = blauwe lijn) in de periode 2005-2010.

6.2.2 Laagveenlocaties

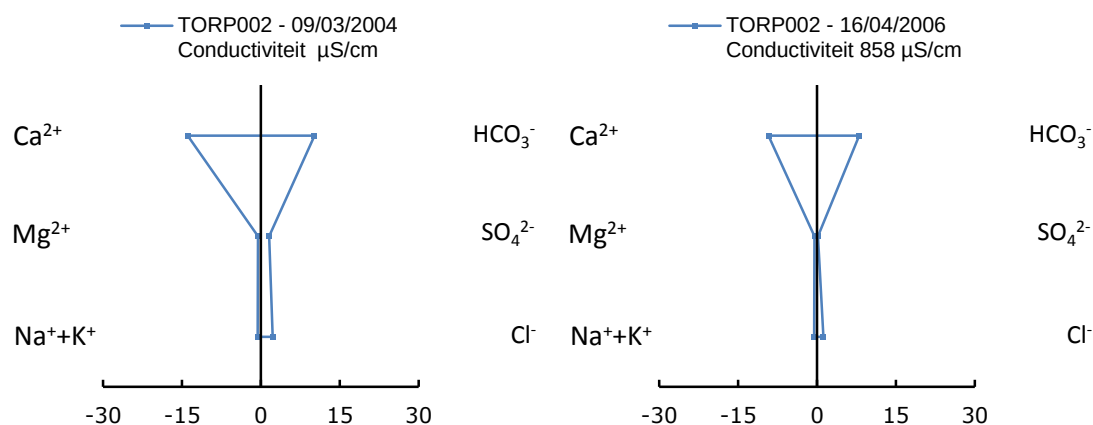
Op basis van kenmerkende begeleidende soorten komen vooral het natuurreservaat het Torfbroek in Kampenhout en het natuurreservaat het Buitengoor in Mol naar voor als potentieel geschikte standplaatsen voor *groenknolorchis*. In het Torfbroek werd als referentie een peilbuis uitgekozen op de vermoedelijke vroegere groeiplaats (peilbuis TORP02). Ook op basis van de zeer geringe grondwaterschommelingen en het ondiepe grondwaterpeil (Figuur 45, Figuur 46) als op basis van het zeer kalkrijk grondwater (Figuur 47).



Figuur 45: Locatie van de peilbuizen gebruikt voor de beoordeling van potentiële groeiplaatsen van *groenknolorchis* in het natuurreservaat Torfbroek (Kampenhout).



Figuur 46: Grondwaterstanden peilbuis TORP002 (natuurreservaat Torfbroek) per maand t.o.v. het maaiveld van de peilbuis in de periode 1998-2010.

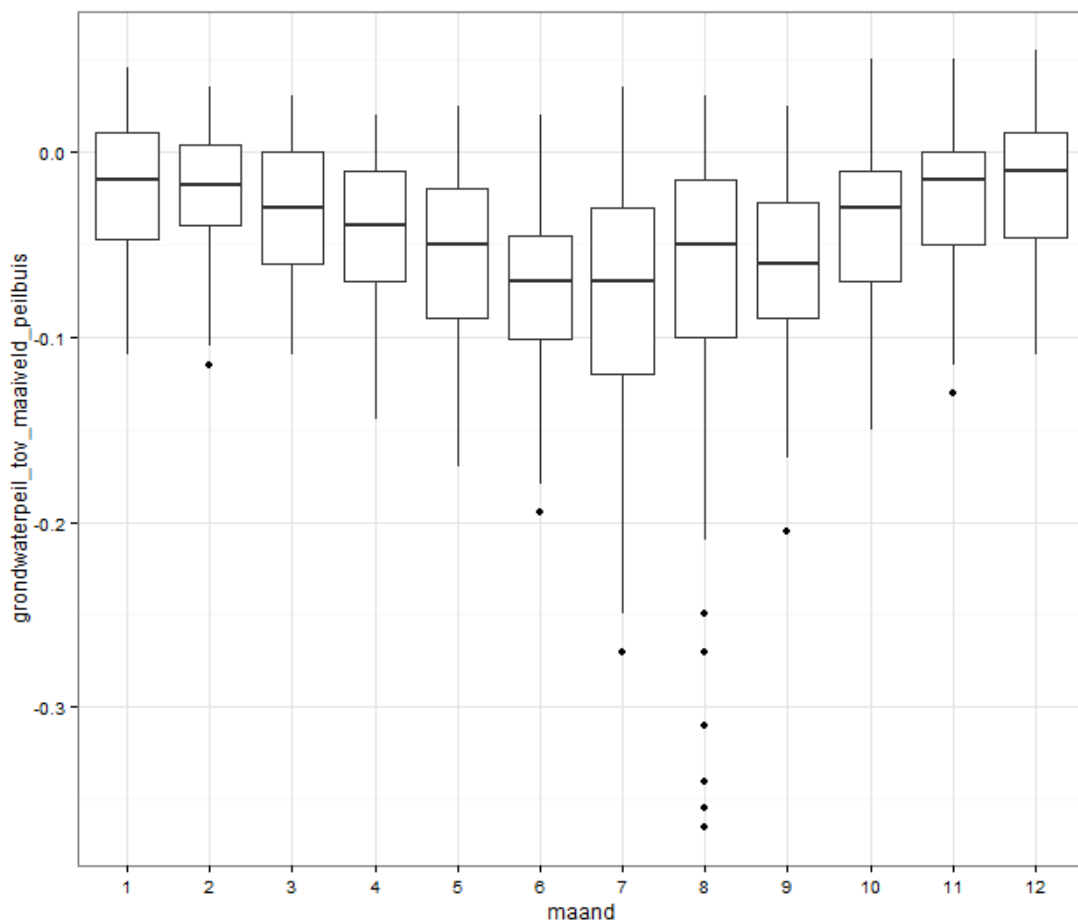


Figuur 47: Chemische samenstelling van het grondwater bij de ondiepe peilbuis TORP02X (Stiff-diagram), natuurreservaat Torfbroek te Kampenhout.

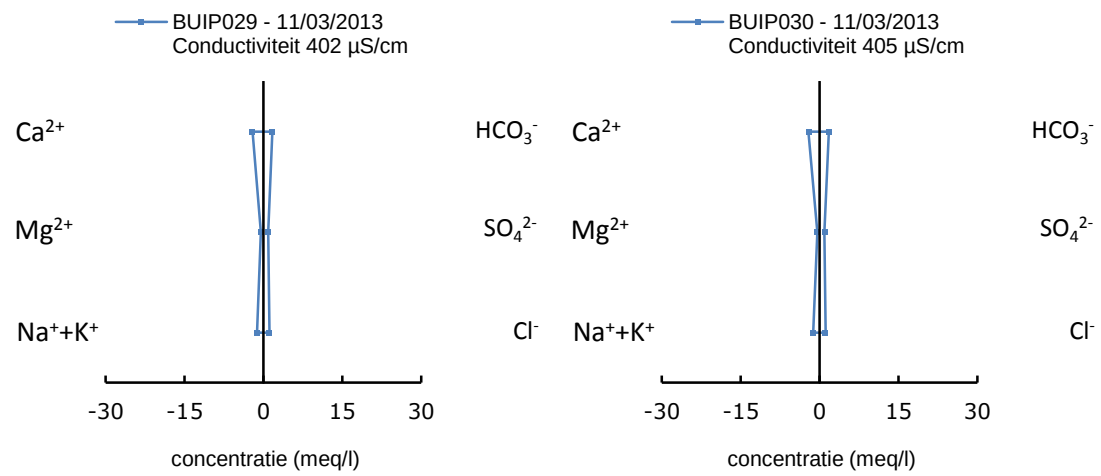
In een groot deel van het Buitengoor zijn de grondwaterfluctuaties ook uiterst gering en zit het grondwaterpeil permanent vlak onder het oppervlak. Het zakt in de droogste maanden uitzonderlijke momenten niet dieper dan 20 cm onder het maaiveld (zie o.a. Figuur 48, Figuur 49, peilbuizen BUIP029, BUIP030, BUIP031, BUIP032, BUIP033, BUIP047, BUIP048). Op de locatie in het Buitengoor waar in juli 2014 een nieuwe populatie *groenknolorchis* werd ontdekt zijn in de onmiddellijke omgeving geen peilbuisgegevens beschikbaar. Enkel van peilbuizen BUIP029 en BUIP030 zijn chemische gegevens beschikbaar (Figuur 50). Wat betreft de chemische samenstelling van het grondwater wijkt de locatie in het Buitengoor vrij sterk af van de hiervoor vermelde potentiële locaties in de kustduinen, het Torfbroek en de locatie in Haasop. Calciumbicarbonaat is niet meer dominant in het grondwaterpeil en de elektrische geleidbaarheid van het grondwater is ook veel lager wat wijst op een zwakkere buffering van het grondwater. De pH (6,9) ligt echter wel in de range van de waarden van de Haasop en andere potentieel geschikte locaties. De lage concentratie aan calciumcarbonaat in de peilbuizen van BUIP29 en BUIP30 kan te wijten zijn aan het feit dat de instroom van kalkrijk water vanuit de kanalen in het oorspronkelijk zure laagveen van het Buitengoor erg gelokaliseerd is en ook tijdelijk kan variëren (Boeye et al., 1994; Boeye et al., 1996). Op plaatsen in het Buitengoor die niet beïnvloed worden door de instroom van kalkrijk kanaalwater heeft het grondwater een pH van 5 (Boeye et al., 1996), wat niet meer geschikt is voor *groenknolorchis*.



Figuur 48: Locatie van de peilbuizen gebruikt voor de beoordeling van potentiële groeiplaatsen van *groenknolorchis* in het natuurreservaat Buitengoor (Mol).



Figuur 49: Grondwaterstanden peilbuizen BUIP029, BUIP030, BUIP031, BUIP032, BUIP033, BUIP047, BUIP048 per maand in het natuurreservaat het Buitengoor te Mol.



Figuur 50: Chemische samenstelling van het grondwater bij de ondiepe peilbuizen BUIP29 en BUIP30 (Stiff-diagram), natuurreservaat Buitengoor te Mol.

7 Conclusies

Uit de beschikbare ecologische gegevens verzameld uit de literatuur, buitenlandse referentiesites en eigen onderzoek was het mogelijk potentieel geschikte locaties voor *groenknolorchis* af te bakenen. Deze potentiële locaties werden geselecteerd aan de kenmerkende begeleidende soorten en hydrologische parameters (met name grondwaterpeilfluctuaties en chemische kenmerken van het grondwater) en habitatstructuur (open vegetaties).

Slechts een beperkt aantal locaties lijken op basis van deze selectiecriteria geschikt. Het zijn in nagenoeg alle gevallen locaties waar *groenknolorchis* historisch heeft voorgekomen maar in de loop van de vorige eeuw de populaties zijn verdwenen door gebrek aan aangepast beheer (verstruweling of verbossing) of door veranderingen in de grondwatertafel (o.a. waterwinning). Op een veel locaties is ondertussen weer een voor *groenknolorchis* geschikt beheer operationeel en is het grondwaterregime hersteld.

Ogenschijnlijk geschikte locaties zijn de duinpannen aan de Westkust (met name deze van het Westhoekreservaat in de Panne en de duinpannen van het reservaat Ter Yde in Oostduinkerke). Mogelijk hebben nog andere duinpannen aan de kust een geschikte hydrologie maar die komen niet naar voor uit de selectie van locaties op basis van kensoorten. In het binnenland komen het Torfbroek te Berg en het Buitengoor te Mol naar voor als potentieel meest geschikte locaties.

Uit genetisch onderzoek (Vanden Broeck et al., 2014a; Vanden Broeck et al., 2014b) blijkt dat de dispersiecapaciteit van *groenknolorchis* voldoende groot is en dat op lange termijn spontane kolonisatie van de potentieel geschikte locaties mogelijk zou moeten zijn.

Een belangrijk hiaat in de kennis zijn de voorwaarden voor kieming van de zaden op deze potentieel geschikte locaties. Net als veel andere orchideeën heeft *groenknolorchis* een associatie met een bodemschimmel (mycorrhiza) voor kieming en/of overleving van het kiemstadium (Illyés et al., 2005). Of de in onze studie geselecteerde potentiële groeiplaatsen ook de juiste bodemschimmels herbergen is niet bekend. Evenmin is het duidelijk of de mycorrhiza schimmels voor *groenknolorchis* in West-Europa dezelfde zijn als in Centraal-Europa. Eind 2013 is een kiemexperiment opgezet op een beperkt aantal locaties waarbij zaden van *groenknolorchis* begraven werden in netjes van phytoplanktongaas (2 locaties met *groenknolorchis* en 2 locaties zonder *groenknolorchis*). De bedoeling is deze zaden later weer op te graven en kiemsucces te bepalen. Dit experiment is een proef om na te gaan of de gebruikte technieken werken en eventueel later een meer uitgebreid en meer onderbouwd experiment op te zetten.

8 Referenties

- Andeweg R.W.G. (2011). Monitoring Groenknolorchis 2011. Havengebied Rotterdam.: bSR Bureau Stadsnatuur. 8 p.
- Aronsson M., Edqvist M., Andersson U.-B., Bertilsson A., Ericsson S., Ståhl P. (2010). Kärleväxter – Vascular Plants Tracheophyta. In: Gärdenfors U. (editor). Sveriges rödlistade arter 2010. Uppsala: ArtDatabanken SLU. p 201-221.
- Bilz M., Kell S.P., Maxted N., Lansdown R.V. (2011). European Red List of Vascular Plants. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Boeye D., Clement L., Verheyen R.F. (1994). Hydrochemical variation in a ground-water discharge fen. *Wetlands* 14(2):122-133.
- Boeye D., Van Haesebroeck V., Verhagen B., Delbaere B., Hens M., Verheyen R.F. (1996). A local rich fen fed by calcareous seepage from an artificial river water infiltration system. *Vegetatio* 126:51-58.
- Catling P.M. (1980). Rain-Assisted Autogamy in *Liparis-Loeselii* (L.) I C Rich (Orchidaceae). *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 107(4):525-529.
- Claessens J., Kleynen J. (2011). *Liparis Rich. 1817*. In: Claessens J., Kleynen J. (editors). The flower of European orchids Form and function. Voerendaal / Stein: Schrijen-Lipertz. p 121-127.
- De Kraker K. (2014). Grevelingenverslag. Onderzoek aan flora en fauna van de Hompelvoet en andere gebieden in de Grevelingen in 2013. Burgh: Ecologisch adviesbureau Scandivensis. 101 p.
- Dines T.D., Jones R.A., Leach S.J., McKean D.R., Pearman D.A., Preston C.D., Rumsey F.J., Taylor I. (2005). The Vascular Plant Red Data List. Peterborough: Joint Nature Conservation Committee.
- Gyselings R., Spanoghe G., Hessel K., Mertens W., Vandevoorde B., Van Lierop F., Milotic T., Van den Bergh E. (2011). Monitoring van het Linkerscheldeoevergebied in uitvoering van de resolutie van het Vlaams Parlement van 20 februari 2002: resultaten van het achtste jaar. Bijlage 9.7 bij het achtste jaarverslag van de Beheercommissie Natuur Linkerscheldeoever. Brussel: Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.
- Hill M.O. (1979). TWINSpan. A Fortran program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. NY, US: Ecology and Systematics, Cornell University, Ithaca.
- Hultén E., Fries M. (1986). Atlas of the North European vascular plants: north of the tropic of cancer. Part 1. Königstein: Koeltz.
- Illyés Z., Rudnóy S., Bratek Z. (2005). Aspects of in situ, in vitro germination and mycorrhizal partners of *Liparis loeselii*. *Acta Biologica Szegediensis* 49(1-2):137-139.
- Korneck D., Schnittler M., Vollmer I. (1996). Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen (Pteridophyta et Spermatophyta) Deutschlands. Schriftenreihe für Vegetationskunde 28:21-187.
- Leten M. (1989). Distribution dynamics of orchid species in Belgium : past and present distribution of thirteen species. *Mémoires de la Société Royale de Botanique de Belgique* 11:133-155.
- Moser D., Gygas A., Bäumler B., Wyler N., Palese R. (2002). Rote Liste der gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz.: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern; Zentrum des Datenverbundnetzes der Schweizer Flora, Chambésy; Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève, Chambésy.
- Oostermeijer G., Hartman Y. (2014). Inferring population and metapopulation dynamics of *Liparis loeselii* from single-census and inventory data. *Acta Oecologica* 60:30-39.
- Provoost S., Van Gompel W., Feys S., Vercruysse W., Packet J., Van Lierop F., Adams Y., Denys L. (2010). Permanente Inventarisatie van de Natuurreservaten aan de Kust. Eindrapport periode 2007-2010. Brussel: Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.
- Robyns A. (1958). *Liparis loeselii* (L.) L.C. Rich. en voie de disparition en Belgique. *BullSocRoyBotBelg* 91(1):79-92.
- Saintenoy-Simon J., Barbier Y., Delescaille L.-M., Dufrêne M., Gathoye J.-L., Verté P. (2006). Première liste des espèces rares, menacées et protégées de la Région Wallone (Ptéridophytes et Spermatophytes). Version 1. Gembloux: Région Wallone.
- Schaminée J.H.J., Weeda E.J., Westhoff V. (1995). De vegetatie van Nederland: deel 2: plantengemeenschappen van wateren, moerassen en natte heiden. Leiden: Opulus.

- Solstad H., Elven R., Alm T., Alsos G., Bratli H., Fremstad E., Mjelde M., Moe B., Pedersen O. (2010). Karplanter Pteridophyta, Pinophyta, Magnoliophyta. In: Kålås J.A., Viken Å., Henriksen S., Skjelseth S. (editors). Norsk Rødliste for arter 2010 The 2010 Norwegian Red List for Species. Trondheim: Norwegian Biodiversity Information Centre.
- Spanoghe G., Van Landuyt W., Gyselings R. (2008). Nieuwe vindplaats van Groenknolorchis (*Liparis loeselii*) in de Waaslandhaven. Dumortiera 95:1-3.
- Stuyfzand P.J. (1986). Een nieuwe hydrochemische classificatie van watertypen, met Nederlandse voorbeelden van toepassing. H2O 19:562-568.
- UICN, FCBN, MNHN. (2012). La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Flore vasculaire de France métropolitaine : premiers résultats pour 1 000 espèces, sous-espèces et variétés. Dossier Electronique.
- Valentin B., Toussaint B., Duhamel F., Valet J.-M. (2010). Plan national d'actions en faveur du Liparis de Loesel (*Liparis loeselii*) 2010-2014. Bailleul: Conservatoire botanique national de Bailleul - Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer.
- van der Meijden R., Odé B., Groen K.C.L.G., Witte J.P.M., Bal D. (2000). Bedreigde en kwetsbare vaatplanten in Nederland. Basisrapport met voorstel voor de Rode Lijst. Gorteria 26(4):85-208.
- Van Landuyt W. (2011). Een gecentraliseerde databank voor de bryologie in Vlaanderen: na 30 jaar eindelijk uit de startblokken? Muscillanea 30:4-16.
- Van Landuyt W., Hoste I., Vanhecke L., Van den Brecht P., Vercruyssen E., De Beer D. (2006a). Atlas van de Flora van Vlaanderen en het Brussels Gewest. Brussel: Instituut voor natuur- en bosonderzoek, Nationale Plantentuin van België & Flo.Wer.
- Van Landuyt W., Vanhecke L., Brosens D. (2012). Florabank1: a grid-based database on vascular plant distribution in the northern part of Belgium (Flanders and the Brussels Capital region). PhytoKeys 12:59-67.
- Van Landuyt W., Vanhecke L., Hoste I. (2006b). Rode Lijst van de vaatplanten van Vlaanderen en het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. In: Van Landuyt W., Hoste I., Vanhecke L., Van den Brecht P., Vercruyssen E., De Beer D. (editors). Atlas van de Flora van Vlaanderen en het Brussels Gewest. Brussel: Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek & Nationale Plantentuin van België. p 69-81.
- Vanden Berghen C. (1943). La végétation de sables d'Anvers-rive gauche. Les Naturalistes belges 24:135-139.
- Vanden Broeck A., Van Landuyt W., Cox K., De Bruyn L., Gyselings R., Oostermeijer G., Valentin B., Bozic G., Dolinar B., Illyés Z. et al. (2014a). High levels of long-distance seed dispersal blurs ecotypic divergence in a rare terrestrial orchid. BMC Ecology 14(1).
- Vanden Broeck A., Van Landuyt W., Cox K., Gyselings R., De Bruyn L., Mergaey J. (2014b). De groenknolorchis (*Liparis loeselii* L.). Zaadverbreiding en lokale adaptatie. Brussel: Instituut voor natuur- en bosonderzoek. 34 p.
- von Asmuth J.R., Maas K., Knotters M., Bierkens M.F.P., Bakker M., Olsthoorn T.N., Cirkel D.G., Leunk I., Schaars F., von Asmuth D.C. (2012). Software for hydrogeologic time series analysis, interfacing data with physical insight. Environmental Modelling & Software 38(0):178-190.
- Weeda E.J., Westra R., Westra C., Westra T. (1994). Nederlandse oecologische flora: wilde planten en hun relaties 5. Amsterdam: IVN.
- Wheeler B.D., Gowing D.J.G., Shaw S.C., Mountford J.O., Money R.P. (2004). Ecohydrological Guidelines for Lowland Wetland Plant Communities. Peterborough: Environment Agency (Anglian Region). 100 p.
- Wheeler B.D., Lambley P.W., Geeson J. (1998). *Liparis loeselii* (L.) Rich. in eastern England: constraints on distribution and population development. Botanical Journal of the Linnean Society 126(1-2):141-158.