

03 Waarom is het orchideeënrijke grasland in Opleeuw zo uitzonderlijk soortenrijk?

Robert Berten
Halveweg 45, B-3600 Genk

Piet De Becker, INBO
Kliniekstraat 25, B-1070 Brussel

Roland Dreesen
Tuinstraat 34, B-3560 Lummen

Eddy Dupae, VLM
Koningin Astridlaan 10, B-3500 Hasselt

Michiel Dusar
PHL en Belgische Geologische Dienst
Jennerstraat 13, B-1000 Brussel

In 2000 werd de groene nachtorchis gevonden in een weiland in de ruilverkaveling Jesseren. Dat was het startsein voor een uitgebreid onderzoek van dit weiland. Vooreerst onderzocht de VLM in 2001 en 2002 gedetailleerd de vegetatie en plaatste in 2003 enkele peilbuizen in het perceel. In datzelfde jaar stelden de bodemdeskundigen van de VLM een gedetailleerde bodemkaart op en in 2008 bekeek de geologische werkgroep van LIKONA in detail de bodemsamenstelling. Tot slot analyseerde het INBO in 2009 het hydrologisch systeem. De voornaamste resultaten van al die onderzoeken worden in dit artikel gepresenteerd.

Abiotiek

Ligging, aard en geomorfologie

Het grasland, gelegen in de deelgemeente Opleeuw, wordt volledig omgeven door intensief landbouwgebruik (Figuren 1 en 2) en is slechts 56 are 14 ca groot. Het is eigendom van de stad Borgloon en werd meer dan vijftig jaar, tot in 2008, verpacht en begraasd door pony's. Sinds 2008 is het beheer overgedragen aan de VLM.

Het perceel is een erg steil weiland met een noordnoordwest oriëntatie. Het is aan drie zijden afgeboord met hagen en het grenst aan de noordwestkant aan een populierenbos met veel maretak. Dit populierenbos zou tot in de helft van de vorige eeuw ook een grasland zijn geweest, maar bij het staken van de begrazing ontwikkelde zich hier spontaan bos onder de populieren. In het perceel treedt in een brede zone bovenaan diffuus kwelwater uit, waarvan enkele bronnen een meer geconcentreerde uitloop voorstellen. Zo ontspringt dicht bij de stalletjes bovenaan in het weiland, zowat halfweg de helling, een duidelijke bron en beneden in het perceel stroomt een bronbeekje dat zuidelijk net buiten het perceel ontspringt op de bodem van een poel (Figuur 3). Beide bronnetjes geven steeds water, ook tijdens erg droge zomers.

Het grasland van Opleeuw heeft geomorfologisch een bijzondere ligging. Het ligt op de steilrand die de scheiding vormt tussen Vochtig en Droog Haspengouw.



Figuur 1. Ligging van het grasland in Opleeuw.

Deze steilrand of minicuesta overbrugt een hoogteverschil van ruim 30 meter over een afstand van ca. 700 meter en is goed te zien vanaf de weg van Borgloon naar Kortesseem. Het maximale hoogteverschil in het perceel zelf bedraagt ca. 6,7 meter over een afstand van ongeveer 60 m. Die steile helling biedt ruimte voor tal van gradiëntsituaties en graduele overgangen zijn vaak erg soortenrijk.

Geologie

De geologische werkgroep van LIKONA voerde op 7 maart 2008 zes boringen uit in het perceel van Opleeuw met de Edelman handboor (Figuur 3). De dieptes van de boringen bleven beperkt tot max. 2,30 m wegens uitstromend grondwater. Uit deze zes boringen blijkt dat de ondergrond van het perceel zowel zandleem, zand-, als (soms venige) kleilagen in wisselende verhoudingen bevat. Bij de drie bovenste boringen (Figuur 3: nrs. 1 t.e.m. 3) werden vooral zandige afzettingen gevonden. Bij de overige boringen werd ook telkens zand bovengehaald, maar hier komt er aan de basis steeds een duidelijk kleipakket voor. Bij boring zes werd zelfs vooral klei in de ondergrond aangetroffen. Meer dan eens werden tijdens het boren fossiele schelpenfragmenten aangetroffen, o.a. gastropoden van de soort *Granulabium plicatum moniliferus* (veldterm: *Potamides*; Figuur 4). Deze laatste zijn karakteristiek voor de estuariëne oligocene afzettingen van het Tongeriaan in het zuidoosten van Limburg (nu Groep van Tongeren) (Rutot en Van den Broeck, 1884; Claes & Gullentops, 2001; Dreesen & Dusar, 2008).

Op basis van de interpretatie van de aangeboorde lagen en na vergelijking met



Figuur 2. Het grasland van Opleeuw in het midden van intensieve landbouw.



Figuur 3. Ligging van de bronnen, piëzometers en grondboringen.

de Databank Ondergrond Vlaanderen kan de geologische opbouw van dit grasland goed gekarakteriseerd worden. De streek rond Opleeuw is bedekt met zandige leem van quartaire ouderdom die een dikte van enkele meters kan bereiken. Hier in Opleeuw is de leemlaag echter sterk in dikte verminderd. In boring 1 bovenaan in de akker komt nog 45 cm bruine zandleem voor met een ploegvoor van 20 cm diep. Op de steilhelling van het grasland is de leem gedeeltelijk afwezig en treft men onder de zwarte lemige humuslaag verstoorde zand- met kleilagen en kleine rolkeitsjes aan. Enkel bij de beek onderaan in het perceel is een 65 cm dik alluviaal (aangespoeld) en sterk kleilig leempakket aanwezig. Dit betekent dat het leempakket tijdens bodemverglidingen werd weggeduwd door de druk van het grondwater. De helling van het perceel in Opleeuw heeft

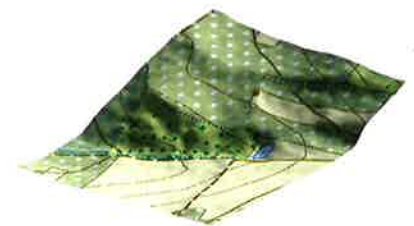
daardoor een nogal pokdalig voorkomen. Dat pokdalig karakter is goed te zien als talrijke kleine bobbeltjes in Figuur 5.

Onder het leemdek bevinden zich zandige en kleiige sedimenten van tertiaire ouderdom behorend tot respectievelijk het onderste gedeelte van de Formatie van Bilzen (Lid van Berg) en het bovenste gedeelte van de Formatie van Borgloon (Lid van Alden Biesen en Lid van Henis) (Claes en Gullentops, 2001) (Tabel 1).

Het Lid van Berg is een bleekgrijs, bruin oxiderend, half fijn tot grof mica- en glauconiethoudend licht kleilig zand. Het onderliggende Zand van Alden Biesen is een heterogene afzetting bestaande uit slecht gesorteerd tot grofkorrelig, in ontsluiting oranjegele, maar in de boringen onder hun reductiekleur olijfgroene, schelprijke



Figuur 4. Boring 6 op 90 cm diepte: geelwit schelpengruislaagje (nat kalkrijk zand van Alden Biesen) op blauwe klei (Klei van Henis).

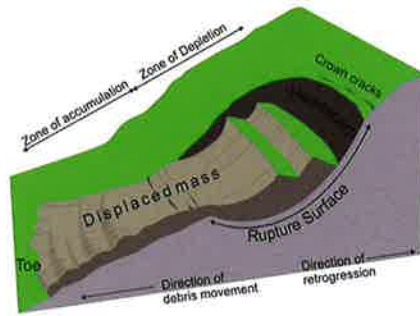


Figuur 5. Het digitaal hoogtemodel van Vlaanderen op een extract van de nieuwe topografische kaart met hierop geprojecteerd LIDAR-beeld (met dank aan Johan Matthijs, VITO). Het noorden is links van de figuur. Het onderzochte perceel ligt in het midden van de tekening. De hobbelige structuur van de helling is waarschijnlijk te wijten aan een reeks kleine verglijdingen van de onderliggende geologische lagen.

Tabel 1: Lithostratigrafische schaal van het Tertiair op het Kaartblad Sint-Truiden (DOV).

Tijd	Lithostratigrafie		
	Groep	Formatie	Aanwezige identificeerbare eenheden
Oligoceen	Rupel	Bilzen	Berg
Oligoceen	Tongeren	Borgloon	Alden biesen Henis

zanden, met mergelige en kleiige tussenschakelingen. Het gezamenlijke zandpakket Berg - Alden Biesen heeft een dikte van ca. 6-7 m in het onderzochte gebied. De onderliggende groene tot zwarte vette klei met laagjes schelpenresten en zwarte venige horizonten, heeft hier een dikte van 2 tot 4 m (T. Lanckacker, VITO, pers. mededeling). De Klei van Henis vormt een waterkerende laag; in het bovenliggende zand vormt zich een grondwaterlaag. Het is meer bepaald dit waterverzadigde Zand van Alden Biesen (én het Zand van Berg en de lemige dekmantel) dat op de onderliggende vette klei van Henis is gaan schuiven wat heeft geleid tot het ontstaan van verschillende opeenvolgende of naast elkaar voorkomende verglijdingen (Figuur 6). De afwisseling tussen lichter en donker gekleurde zones in het grasland in Figuur 2 heeft te maken met verschillen in de vochthuishouding en is zo een maatstaf voor de grondverschuivingen. Dergelijke verschuivingen doen zich voor bij afwisseling van waterverzadigde zandlagen die rusten op ondoorlatende kleilagen onder een slecht ontwaterende lemige deklaag en zijn op verscheidene plaatsen in Vlaanderen -hoofdzakelijk in het Vlaamse Heuvelland- aangetroffen (Van Den Eeckhaut *et al.*, 2011). Door de waterdruk opgebouwd in de zandlaag die rust op een kleilaag, gaat het zand op het contactvlak vervloeien waardoor het bovenliggende pakket een rotatie ondergaat en hellinguitwaarts verschuift. Door die afschuivingen wordt het zand-kleicontact verplaatst en daarbij scheef gesteld, zodat waterverzadigde zandkuipen gevormd worden. De specifieke geologische context van Opleeuw is zeer goed vergelijkbaar met deze van Rijkhoven, vlakbij het kasteel van Alden Biesen, waar analoge bodemverschuivingen in dezelfde gesteentelagen in een bouwput werden beschreven (Dreesen en Duser, 2008). Door de afschuivingen is in Opleeuw een "droge" knik in het perceel ontstaan ter hoogte van de uitvloeiingstong (Figuur 7). Die knik heeft, zoals nog zal blijken, tot een heel bijzonder, heischraal vegetatietype geleid. Het verplaatste lithologische contact heeft aanleiding gegeven tot het ontstaan van verschillende bronnetjes of kwelzones tot bovenaan de steilhelling. Desondanks



Figuur 6. Schets van een grondverschuiving zoals er meerdere in Opleeuw hebben plaats gehad op het contact tussen de Zanden van Berg en van Alden Biesen en de Klei van Henis. Bron: Geological Survey of Canada 2007.

bevat het perceel van Opleeuw slechts één watervoerende laag (in de Zanden van Berg en Alden Biesen) die ver boven het valleinniveau in het perceel "hangt". De drassige zone helemaal onderaan in het perceel is geen kwelzone, maar gewoon het gevolg van afstromend grondwater uit de hoger gelegen bronnen dat zich beneden verzamelt in een beekje. De waterkerende Klei van Henis vormt er immers de dalbodem. Vermits het contact tussen zand- en kleilagen de steilrand tussen Vochtig en Droog Haspengouw markeert, is dit een uitgelezen niveau voor het ontstaan van bronnen. De steilrand zelf dankt zijn ontstaan aan het verschil in erosiegevoeligheid tussen het beweeglijke zand en de stijve klei, die in reliëf blijft staan bij terugschrijdende erosie door het afvloeiende water.

Door de bijzondere geologische processen is heel de bodem verstoord en vermengd, waardoor er op zeer kleine schaal een bijzonder grote bodemdiversiteit in het perceel is ontstaan, met verschillende gradiënten inzake lithologische samenstelling, pH en nutriënten. Inderdaad, uit de bodemkartering van de VLM blijkt dat het perceel bodemkundig bijzonder divers is en vooral (zand)leembodems bevat met op geringe diepte zand-, zand-kleisubstraten, kleisubstraten en veen. De bodem in het perceel is dus een allegaartje van de verschillende geologische lagen (leem en vergleden tertiaire zand- en kleilagen) die sterk vermengd geraakten: zo komen al dan niet vochtige kalkrijke, kalkarme,



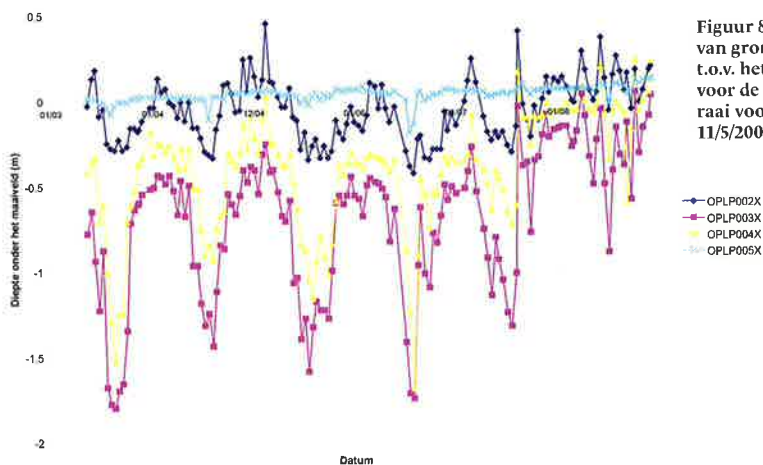
Figuur 7. De opwaartse knik in het perceel. Die knik komt overeen met de basis van de rotatie van een bodemvergliding.

ijzerrijke, ijzerarme, veenrijke en veenarme, zandige of kleirijke substraten naast elkaar voor. Die hoge bodemdiversiteit draagt vanzelfsprekend de potentie in zich voor een erg hoge plantenrijkdom.

Hydrologie

Grondwaterpeilmetingen

In 2003 plaatste de VLM zes piëzometers in het weiland (Figuur 3) die om de twee weken werden opgenomen. De tijdreeksen van de grondwaterpeilmetingen zijn reeds voldoende lang om al enkele conclusies te kunnen trekken over het hydrologische systeem van het gebied (De Becker, 2009). De piëzometers OPLP001X en OPLP002X situeren zich in de kwelzone bovenaan. De filter van die buizen zit letterlijk in het kwelniveau. Bij buis OPLP001X stijgt het grondwater steeds boven het maaiveld uit. Piëzometer OPLP002X vertoont net hetzelfde patroon, maar met een verschil van zowat 30 – 40 cm. Deze buis staat ook wat hoger in het perceel dan de eerste. De bodems rond beide buizen zijn het hele jaar nat. Niet voor niets werd hier tijdens de bodemkartering veen gevonden. De tijdreeksen van OPLP001X en van OPLP002X worden gekenmerkt door nogal wat pieken. Het peil in het watervoerende pakket reageert m.a.w. nogal hevig op aanhoudende neerslagperioden. Dat betekent dat dit watervoerende pakket een relatief "snel" systeem is (lage verblijftijd van het grondwater in de watervoerende laag) en bijgevolg is de vegetatie zeer kwetsbaar voor veranderingen in het bodemgebruik



Figuur 8. Tijdreeksen van grondwaterdiepte t.o.v. het maaiveld voor de noordelijke raai voor de periode 11/5/2003 - 4/2/2008.

of voor verontreinigingen in het inzigggebied.

Figuur 8 geeft een overzicht van de tijdreeksen voor de peilbuizenraai die met de helling meeloopt. Die raai omvat de piëzometers OPLP002X t.e.m. OPLP005X. Het grondwaterpeil in de kwelzone bovenaan, maar ook de peilen in de meetpunten op de helling, fluctueren aanzienlijk. Piëzometer OPLP003X situeert zich net in de droge knik van figuur 7 en OPLP004X net eronder. In die piëzometers zakt het grondwater in de zomer vaak zo diep weg dat er dan duidelijk sprake is van droogtestress voor de begroeiing. Uit figuur 8 valt dus af te leiden dat de droge knik in het terrein een mini-infiltratiezone is.

Op de tijdreeksen is een lichte maar gestage, stijgende trend waar te nemen. Bij die stijgende trend moet bijzondere aandacht gegeven worden aan de peilevoluties in de buizen OPLP003X en OPLP004X. De waterpeilen van die buizen zijn de laatste jaren veel dicht bij het maaiveld komen te liggen. Waar de hoogste grondwaterstand vroeger slechts sporadisch tot in de buurt van het maaiveld kwam, zijn de peilen nu zodanig opwaarts geëvolueerd dat ze systematisch en gedurende langere perioden van het jaar aan het maaiveld staan. Stijgende of dalende meerjarige trends in grondwaterstanden zouden te maken hebben met winterse neerslagoverschotten die gekoppeld zijn aan de onregelmatige zonnevlekkencyclus. In hoeverre die meerjarige trends, in combinatie met

achterstallig beheer, nefaste gevolgen kan hebben voor een aantal bijzondere soorten die hier aan droge milieus gebonden zijn, is nog niet duidelijk.

Buis OPLP005X zit helemaal onderaan de helling, in een begroeiing met veel dotterbloemen. Het waterpeil in deze buis staat nagenoeg constant aan het maaiveld en wijkt duidelijk af van het "grillige" patroon in de andere buizen. In deze laagte verzamelt zich het kwel- en bronwater van het perceel, maar ook het overloopwater van een meer zuidelijk gelegen vijver, dat tot hetzelfde hydrologisch systeem behoort. Het verzamelde drainagewater wordt hier afgevoerd. De ondergrond bevat hier immers vooral klei waarin het water moeilijk kan wegzijgen.

In de tijdreeks is te zien dat ook het peil van piëzometer OPLP005X over de loop der jaren heel zachtjes stijgt. Die gestage stijging van het grondwaterniveau heeft hier naar alle waarschijnlijkheid te maken met het vermoedelijk niet meer onderhouden (uitdiepen) van de bronbeek. De bronbeek werd in het verleden waarschijnlijk regelmatig "gekuist" om het natte deel van het terrein te beperken tot een kleine, duidelijk gelokaliseerde zone, zodanig dat een maximum van de oppervlakte begraasbaar of bewerkbaar was om te maaien. Dat "prutsen" is de laatste jaren achterwege gebleven met als resultaat dat de centrale bronbeek in het perceel en het bronbeekje beneden, langzamerhand dicht slibben. Natuurlijk ontwikkelde brongebiedjes

in Vlaanderen slibben immers langzaam dicht o.m. door opstapeling van drassig humus/veen. Met het bronwater komt immers systematisch een belangrijke hoeveelheid opgeloste stoffen mee naar buiten. Door dit dichtslibben van de bronbeekjes stijgt langzaam het grondwaterpeil in de omgeving. Dat betekent dat de vochtige tot natte oppervlakte beneden in het perceel in Opleeuw toeneemt, dat de peilen in sommige terreingedeelten in de winter gelijk met of boven het maaiveld uitstijgen en in de zomer slechts een paar tientallen centimeters diep wegzakken. Hierdoor vergroot de kans op steeds meer ongewenste soorten van grote zeggenvegetaties die net buiten het perceel groeien ten nadele van o.m. dotterbloemgrasland. Daarom lijkt een regelmatig, maar bescheiden onderhoud van de bronbeken noodzakelijk.

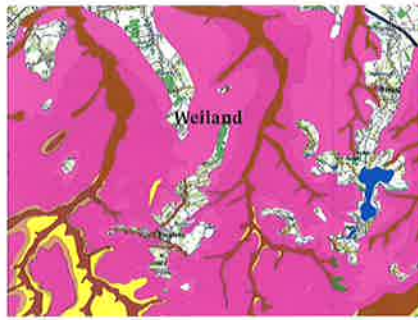
Buis OPLP006X tot slot ligt net hellingafwaarts van OPLP001X, in een vegetatie gedomineerd door moerasspirea. De enige opname hier bevat slechts vier soorten (watermunt, grote brandnetel, ridderzuring en moerasspirea) en moerasspirea behaalt in deze opname een bedekking tussen de 85 en 90 %. Moerasspirea is slecht bestand tegen langdurige inundaties, o.m. omdat de soort aanpassingen mist tegen hoge ijzerconcentraties. Inderdaad, op de plaats waar moerasspirea in Opleeuw domineert bereikt het grondwater nooit het maaiveld. In de kwelzone met veldrus net hogerop stijgt het grondwater daarentegen steeds boven het maaiveld uit. Hier is het dus duidelijk te nat voor moerasspirea. Wat lager in het perceel staat het grondwater dan weer te laag voor moerasspirea, zodat de optimale habitat van deze soort tot een smalle band in het perceel beperkt is (De Becker, 2004; Huybrechts *et al.*, 2000).

Het infiltratiegebied

Om het inzigggebied te berekenen wordt best een regionaal grondwaterstromingsmodel geconstrueerd. Om pragmatische redenen, omwille van de relatieve eenvoud van het systeem in Opleeuw en omwille van parallellen met andere, grondiger bestudeerde systemen is dit hier niet echt nodig. Op basis van een beperkte set van gegevens die uit de Databank Ondergrond Vlaanderen (www.dov.vlaanderen.be) kan

gehaald worden, lijkt de onderkant van de Formatie van Bilzen in oost-westrichting nagenoeg vlak te liggen. In de noord-zuidrichting duikt de formatie met een helling van ca. 2 % in noordelijke richting naar beneden. Uitgebreider onderzoek, zoals de toepassing van het 3D-geologisch lagenmodel dat momenteel door VITO in opdracht van het Vlaams Gewest wordt ontwikkeld, zal een beter beeld kunnen geven van de werkelijke hellingen. Voor het beantwoorden van de vragen is dit echter niet noodzakelijk. Op pragmatische wijze kan gesteld worden dat het grondwater dat in het weiland van Opleeuw aan de oppervlakte komt, vanuit zuidzuidoost- tot zuidoostelijke richting komt. Er kan van uitgegaan worden dat de Opleeuwstraat ongeveer op de (grond-)waterscheiding loopt. Erg groot kan het intrekgebied niet zijn. Er liggen immers verschillende bronzones in de omgeving en vlak rond het weiland van Opleeuw zelf. Naar alle waarschijnlijkheid is het intrekgebied beperkt tot de zone tussen de Konijnenstraat, de Opleeuwstraat en het valleitje onderaan het hellingsgrasland. De noordgrens van het intrekgebied moet de topografie quasi loodrecht snijden. In realiteit zal het inzijgebied er best wel wat anders uitzien en niet zo strak afgelijnd zijn. We hebben hier immers straten genomen om het aanschouwelijk te maken. In werkelijkheid zal er in de richting van Borgloon een lange, zuidelijk uitlopende staart aan het inzijgebied zitten.

Het hier berekende infiltratiegebied verhoudt zich tot de kwelzone met een factor van ca. 20 – 25. Elders werden verhoudingen infiltratieoppervlak/kweloppervlak genoteerd van 5,2 (Doode Bemde), 12,4 (Vallei van de Zwarte beek) en 43,2 in het Vorsdonkbroek (Huybrechts *et al.*, 2000). De hier berekende verhouding voor Opleeuw zit binnen die range. In het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek zijn nog andere gebieden gekend met dergelijke, eerder “kleine” watervoerende pakketten, maar dan gaat het om “eilandjes” van maximum 50 tot 100 ha. Dergelijke, erg kleine watervoerende systemen vallen droog in zeer warme zomers of na winters met een lage effectieve neerslag. In Opleeuw is het “eiland” echter ruim



Figuur 9. Geologische situering van het gebied. De Formatie van Bilzen (zand - watervoerend) is transparant gemaakt zodat de onderliggende topokaart zichtbaar wordt. Donkerpaars = Formatie van Borgloon. Deze Formatie van Bilzen bevat de watervoerende laag en ligt als een lang en smal eiland op een hoogte tussen de valleien waaronder andere geologische lagen voorkomen.

600 ha groot (zie Figuur 9) en zelfs in de droogste zomer van de afgelopen 25 jaar, met name in 2005, zijn de bronnen hier niet drooggevallen. Dat “eiland” heeft in Opleeuw een grillige vorm en is ZZW-NNO georiënteerd. De randen van het “eiland” zijn scherp gekarteld. In zowat elke concave inkeping is een bron te vinden. Een aantal daarvan is zeer uitgesproken terug te vinden in het landschap: het bronvalleitje in het park van het Kasteel van Gors en in het smalle diepe dal tussen de Abdijssite van Mariënlof en de kerk van Kerniel. In het zuiden van het “eiland” ligt de oude stadskern van Borgloon. De afzetting bereikt daar een breedte van ca. 2,3 km. Ter hoogte van het weiland in Opleeuw is ze 700 meter breed. Verder naar het NNO wordt het nog smaller.

Chemische samenstelling van het grondwater

Op 24 april 2006 werden grondwaterstalen genomen voor analyse op het INBO-labo. De resultaten staan in tabel 2 weergegeven. Om na te gaan of de analyseresultaten betrouwbaar zijn, werd de elektroneutraliteit (EN) van de verschillende stalen berekend. In een betrouwbaar staal moet de ladingsbalans, uitgedrukt in % van de totale milliequivalentensom van alle anionen (AN) en kationen (KAT) samen, neutraal zijn. De waarden voor de zes stalen liggen tussen de acceptabele grenzen van +/- 5. (zie Tabel 2)

Het kwelwater in het perceel van Opleeuw is vrij uniform van samenstelling. Dat wil zeggen dat er qua mineraleninhoud niet veel verschil is tussen de verschillende meetlocaties onderling. In alle zes gevallen gaat het naar Vlaamse maatstaven om zeer mineraalrijk grondwater dat aangerijkt is met veel opgeloste kationen en anionen. De watervoerende laag van de Zanden van Berg en Alden Biesen is erg rijk aan “kalk”, zodat het niet uitmaakt of de verblijftijd van het grondwater lang of kort is. Van zodra regenwater infiltreert, neemt het onmiddellijk grote hoeveelheden mineralen op en verandert het compleet van chemische samenstelling. Het water krijgt een zgn. lithotroof karakter.

Alleen nitraat vertoont in de buizen 1, 2 en 3 een lichte verhoging in concentratie, maar noch de ammonium-, noch de orthofosfaatconcentraties stellen een probleem. In principe zouden er in het perceel van Opleeuw geen nitraten mogen aangetroffen worden in het grondwater. Dat dit toch het geval is wijst op bemesting.

In Vlaanderen valt er gemiddeld 37 kg N/ha/jaar uit de lucht, daar waar de kritische waarde voor de bodem van heischrale graslanden zoals dat van Opleeuw (zie Vegetatie) 10 – 20 kg bedraagt (Ceulemans *et al.*, 2009). Dat betekent dat de productiviteit van dit soort graslanden vooral door het fosfaataanbod zal bepaald worden. Volgens Ceulemans e.a. (2009) ligt de drempelwaarde voor het fosfaatgehalte van de bodem van soortenrijke, heischrale graslanden bij minder dan 10 mg, optimaal zelfs maar bij maximum 5 mg P/kg (Olson-P). Zij vonden voor de opname met groene nachtorchis in Opleeuw een waarde van 0,02 mg P/kg (Olson-P) voor de bodem. Gelukkig werd er ook nergens in de analyses van het grondwater maar het geringste spoor van orthofosfaten in Opleeuw gemeten. Vermoedelijk worden die vastgelegd in voor planten onoplosbare Fe- of Ca-complexen. Dat betekent dat de verhoogde nitraatgehalten slechts een erg beperkte impact hebben op de vegetatie, zolang de fosfaatgehalten maar niet stijgen.

Uit de vrij lage sulfaatconcentraties in tabel 1 valt tot slot op te maken dat er ook nauwelijks denitrificatie van nitraat is opgetreden in de aquifer, t.t.z. omzetting van nitraat in sulfaat o.i.v. sulfaatverbindingen zoals pyriet in de ondergrond. Er zijn momenteel dus geen acute problemen qua nutriënten. Om het gebied voor de toekomst, gezien de uitzonderlijke botanische waarde ervan, echter veilig te stellen is het wel raadzaam om de bemesting in het infiltratiegebied tot een absoluut minimum te beperken. Omdat het in Opleeuw om een "snel" hydrologisch systeem gaat, is het risico van plotselinge verslechtering van de kwaliteit door veranderingen in bodemgebruik immers reëel. Om die reden zal de ruilverkaveling een zo groot mogelijke oppervlakte van het infiltratiegebied opnemen in het toekomstige natuurreservaat.

Uit de bespreking van de abiotiek van het weiland in Opleeuw (geologische bodemverstoring, sterk hellend terrein, grote verschillen in bodemtextuur en in bodemvochtgehalte, voedselarm grondwater en voedselarme bodem) blijkt dat die abiotiek bijzonder gevarieerd is en daardoor mee aan de basis ligt van een ware "biodiversiteitsexplosie".

Vegetatie

Soorten

Het grasland van Opleeuw werd in mei 2000 bezocht voor het opstellen van de Biologische Waarderingskaart (Ameeuw, Berten & Paelinckx, 2006). Er werd een grote variatie in de vegetatie vastgesteld met een afwisseling van mesofiele graslanden met kalkminnende soorten in en dotterbloembegroeiingen. Dergelijke gradiëntrijke situaties zijn niet enkel soortenrijk, er kunnen ook bijzondere

planten in voorkomen... en inderdaad in 2000 werd de groene nachtorchis er voor het eerst ontdekt. Het was meteen de eerste vondst van deze soort in Vlaanderen. De groene nachtorchis was voordien in België enkel bekend van de kalkhoudende gronden van de Sint-Pietersberg net over de taalgrens. Het is niet geweten of de soort in Vlaanderen steeds over hoofd is gezien dan wel of de soort zich recent pas gevestigd heeft. De groene nachtorchis is immers een vrij onopvallend, geelgroen plantje van max. 30 cm hoog, dat amper 3 weken bloeit (Willems, 2001). Het behoud en de uitbreiding van de groene nachtorchis is afhankelijk van de vestiging van nieuwe zaailingen in combinatie met de juiste mycorrhiza's. In de levenscyclus van de soort is die zaailingfase zeer kwetsbaar en dat is waarschijnlijk een van de redenen voor de zeldzaamheid van de plant.

Om een overzicht te krijgen van de totale floristische rijkdom van het weiland werd het perceel in 2001 maar liefst 20 keer door de VLM onderzocht. Het was de bedoeling om in dat jaar een zo volledig mogelijke soortenlijst op te stellen en een eerste globaal inzicht te verwerven in de verschillende vegetatietypes. De bezoeken in 2001 werden over het hele seizoen gespreid: van begin maart tot begin november. In juni 2002 werden vervolgens 42 opnames in het perceel gemaakt.

In 2001 vonden we een 200-tal soorten. Tijdens de tweewekelijkse peilbuismetingen werden nog enkele bijkomende soorten ontdekt en daardoor staat de teller momenteel op 212 verschillende plantensoorten! Een uitzonderlijk hoge soortenrijkdom. In de meeste Vlaamse kwartierhokken (1km²) worden immers maar een 120-tal soorten aangetroffen. M.a.w. in het grasland van Opleeuw komen veel meer soorten voor dan in een gemid-



Figuur 10. Addertong.

deld stukje leemstreek dat zowat 170 keer groter is. Vanzelfsprekend zijn dergelijke vergelijkingen met de haren getrokken, maar ze duiden toch enigszins op de fenomenale soortenrijkdom van het perceel in Opleeuw.

Het perceel in Opleeuw is niet alleen uitzonderlijk soortenrijk, het bevat bovendien opvallend veel bijzonder zeldzame soorten zoals addertong (Figuur 10), betonie, bleke zegge, moerasstrepzaad, borstelbies, donkersporig bosviooltje, kale vrouwenmantel, karwijselie, platte rus, voorjaarszegge, blauwe knoop, gevlekte orchis, groene nachtorchis, bevertjes en kattendoorn. De soorten in het vet zijn zogenaamde Rode-Lijstsoorten en tevens prioritaire Limburgse soorten (Colazzo en Bauwens, 2003).

Volgens hun indicatiewaarden zijn de zeldzame soorten van Opleeuw vooral gebon-

Tabel 2. Chemische samenstelling van het grondwater in Opleeuw op 2006-04-04. Alle waarden zijn in mg/l, behalve pH (dimensieloos) en Cond (µS/cm).

ID	CondF	CondL	pHF	PHL	HCO3	P-PO4	N-NO3	N-NO2	N-NH4	SO4	Cl	Na	K	Ca	Mg	Fe	KAT	AN	EN
OPLP001X	696	717	7.02	7.3	332	0.01	2.32	0.01	0.1	69	21.8	10.8	0.5	125	6.81	0.25	7.3	7.66	-2.4
OPLP002X	660	672	7.06	7.33	307	0.01	2.45	0.01	0.1	69.2	24.2	10	0.5	114	7.07	0.25	6.74	7.33	-4.2
OPLP003X	1234	1273	6.9	7.17	452	0.01	0.1	0.005	0.1	194	88.9	19.2	1.6	205	21.4	0.52	12.9	14	-4
OPLP004X	847	889	6.9	7.17	362	0.01	0.05	0.005	0.1	98.3	50.8	14.5	0.5	140	13	0.25	8.72	9.42	-3.9
OPLP005X	1027	1052	6.88	7.11	480	0.01	0.05	0.005	0.1	106	54	14.3	1.1	175	14.3	3.84	10.7	11.6	-4
OPLP006X	707	726	6.6	6.85	255	0.01	0.05	0.005	0.21	95.8	45.6	10.4	1.5	113	8.86	4.04	7.02	7.47	-3.1

den aan een zonnig tot licht beschaduwde, voedselarm milieu, dat door begrazing relatief open wordt gehouden. De ene zeldzame soort wenst eerder droge voeten, de andere wat meer vocht tot zelfs een erg natte standplaats. Sommige zeldzame soorten verkiezen het wat zuur, andere wat meer basisch. De onbemeste toestand, in combinatie met de bijzondere bodemdiversiteit en de extensieve begrazing zijn blijkbaar sleutelfactoren voor de aanwezigheid van zoveel zeldzame soorten.

Begroeiing

Allereerst willen we benadrukken dat Opleeuw een heel apart grasland is met een grote en wel erg bijzondere variatie in vegetatietypes (Figuur 11), met tal van overgangen tussen die verschillende types. Hierdoor is het erg moeilijk, zo niet onmogelijk om die variatie in het klassieke syntaxonomisch systeem onder te brengen. Dat betekent dat de bepaling van de vegetatietypes eerder “geforceerd” is om Opleeuw toch maar in dat systeem te kaderen om de lezer daarmee enig “houvast” te bieden. Dat moet steeds duidelijk in het achterhoofd worden gehouden. De bepaling van de vegetatietypes gebeurde overigens op basis van “best professional judgement”, in combinatie met een meer formele methode. Hiertoe werden de opnames verwerkt met het programma Associa (Hennekens, 2009).

We beperken hier de bespreking van de vegetatietypes tot het meest waardevolle deel van Opleeuw, met name het heischraal gedeelte. Voor een volledig overzicht van alle vegetatietypes, o.m. tredvegetaties, bronvegetaties, ruigten, veldrusvegetaties en pionierbegroeiingen met borstelbies, wordt verwezen naar het rapport van Dupae & Stulens (2009).

Een aanzienlijk deel van het weiland in Opleeuw behoort tot de Klasse der heischrale graslanden. Zo staan op een droge plek vlakbij de bron middenin het perceel verschillende heischrale soorten: grasklokje, schermhavikskruid, geel walstro, betonie, gevlekte orchis, blauwe knoop en bleeksporig bosviooltje (Figuur 12). Het grasland in Opleeuw bevat weliswaar geen klasseensoorten, noch verbondskensoor-



Figuur 11. Zicht op de verschillende vegetatietypes van het perceel. (Foto Eddy Dupae)

ten, maar wel verschillende differentiërende klasseensoorten, alsook de beide kensorten, met name betonie en de groene nachtorchis, van de *Associatie van Betonie en Gevinde kortsteel* (Schaminée, Stortelder en Weeda, 1996). In goed ontwikkelde plantengemeenschappen komen een groot aantal diagnostische soorten voor zowel van het associatieniveau als van de hogere syntaxonomische niveaus. Wanneer diagnostische soorten van de hogere niveaus echter ontbreken, maar de kensorten van de associatie wel aanwezig zijn, dan mag de begroeiing in kwestie volgens Pot (1997) toch tot die bewuste associatie worden gerekend. Wanneer we die regel toepassen dan is Opleeuw lokaal een heischraal grasland van de *Associatie van Betonie en Gevinde kortsteel*, een associatie die buiten de invloed van het grondwater staat.

Zwaenepoel *et al.* (2002) beschouwen Opleeuw echter niet als een heischraal grasland, maar als een kalkrijke kamgrasweide met enige blauwgraslandneiging door de aanwezigheid van blauwe knoop en karwijselie. Die stelling is echter slechts op drie opnames van Opleeuw gebaseerd. Inderdaad bevat Opleeuw een aantal soorten van het kalkrijke kamgrasweiland, maar niet de typische van de streek (Dupae en Stulens, 2003). Bovendien staan er in Opleeuw vele heischrale soorten en verschillende soorten orchideeën wat helemaal niet typisch is voor het kalkrijke kamgras-

weiland. Mogelijk komt dit doordat het bodemwater weliswaar kalkrijk is, maar de wortelbodem voor de planten, zeker op de drogere plaatsen, minder kalkrijk is.

Er is dus blijkbaar nogal wat onenigheid over de aard van het grasland in Opleeuw. Dit is te verklaren door de zeer heterogene bodem in combinatie met extensieve begrazing, wat voor mengvegetaties zorgt. Normaal treft men op lemige, min of meer kalkhoudende bodems (al dan niet kalkrijke) kamgrasweiden aan van het Kamgrasverbond, maar op plaatsen met ontkalking en langdurige verschraling kan volgens van Westreenen en Kruit (1996) ook het Verbond der heischrale graslanden optreden. Er komen dan een gering aantal heischrale soorten voor in combinatie met vertegenwoordigers van het aangrenzende, voedselrijkere grasland. Dit komt volgens ons goed overeen met de situatie in Opleeuw. In navolging van Westreenen en Kruit die meer belang hechten aan de heischrale soorten, zijn ook wij geneigd om Opleeuw als een klassenoverschrijdende rompgemeenschap, een overgangsvorm dus, van het Verbond der heischrale graslanden en het Kamgrasverbond te zien.

Onze stelling over de eerder heischrale aard van de vegetatie in Opleeuw wordt ondersteund door de milieukenmerken van de opnames. Een belangrijk verschil tussen de *Associatie van Betonie en Gevinde*



Figuur 12. Heischrale vegetaties met o.m. veel betonie. (Foto Eddy Dupae)

kortsteel en het Kalkrijke kamgrasweiland is het feit dat het eerste vegetatietype mesotroof en de bodem matig tot zwak zuur is (pH tussen 4,2 – 6,5; de Graaf *et al.*, 1994), terwijl het kalkrijke kamgrasweiland meso- tot eutroof is en een pH boven 6,5 (Weeda *et al.*, 2002) tot zelfs meer dan 8 bezit (Raman, 2001). Wanneer we de formules in Ertsen *et al.* (1998) voor de berekening van de milieukenmerken op basis van de Ellenberggetallen toepassen op de opnames van Opleeuw, krijgen we een waarde voor de pH van 5,96 voor bepaalde opnames, in vergelijking met bijvoorbeeld de waarde van 5,3 voor het heischrale grasland van Zammelen (Dupae, 2004). Raman (2001) stelde bij haar fysico-chemisch onderzoek van de bodem in Opleeuw inderdaad een pH lager dan 6 vast en de pH van het enige proefvlak met groene nachtorchis van Ceulemans e.a. (2009) bedroeg 5,46. M.a.w. in vergelijking met het dichtstbijzijnde, duidelijk heischrale grasland in de streek, met name Zammelen, is Opleeuw een weinig basischer, maar Opleeuw is wel veel zuurder dan de kalkrijke kamgrasweilanden van de streek die meestal een pH ≥ 7 hebben. Belangrijk daarbij is dat het om zuurtolerantie gaat, t.t.z. soorten die zuur kunnen verdragen, kunnen ook vrij basisch staan, maar basische soorten verdragen geen zuur.

De klassenoverschrijdende rompgemeenschap van het Verbond der heischrale

graslanden en ook het Kamgrasverbond met het (kalkrijke)kamgrasweiland zelf komen in Opleeuw op die plaatsen voor die het droogst en het zuurst zijn, m.a.w. vooral t.h.v. de droge knik in het perceel. Piëzometer OPLP003X staat pal in die droge verhevenheid en toont aan dat de vegetatie hier grotendeels buiten de invloed van het grondwater groeit. Zonder de knik in het perceel, ontstaan door bodemvergliding in een relatief recent geologisch verleden, zou Opleeuw waarschijnlijk helemaal geen heischraal grasland bevatten. Het is opmerkelijk hoe dergelijke, kleine niveaunderschillen t.g.v. specifieke geologische fenomenen zo een groot effect op de vegetatie kunnen hebben!

Tot slot van dit hoofdstuk over de vegetatie willen we nog wijzen op de aanwezigheid van enkele bijzondere zoomplanten in het weiland van Opleeuw. Het gaat o.m. om kruisbladwalstro, marjolein en gewone agrimonie, allemaal planten die de dieren niet lusten. Deze soorten verwijzen naar de *Kruisbladwalstro-associatie* en naar de *Associatie van Dauwbraam en Marjolein*. Ze staan meestal in de schaduw van het struweel in het weiland. Dat struweel zorgt er dus voor dat er i.p.v. graslandvegetaties eerder zomen ontstaan. Zo valt het effect van struweeluitbreiding te voorspellen. Omdat het struweel in Opleeuw vooral op de drogere terreingedeelten opslaat, bedreigt het net de waardevolle heischrale

vegetaties. Daarom werd het struweel in 2002 en opnieuw in 2009 grotendeels verwijderd. Ook beschaduwing door bomen en hun bladval hebben een belangrijk negatief effect op de soortenrijkdom van graslanden en ook daarom werden de meeste populieren in het weiland van Opleeuw in maart 2003 gekapt.

Wat verklaart nu de uitzonderlijk hoge soortenrijkdom van het perceel in Opleeuw?

De soortenrijkdom van seminatuurlijke graslanden wordt zowel door abiotische als door biotische factoren bepaald, in het bijzonder de voedselrijkdom en bodemvariatie, een langdurig continu beheer, de dispersie van soorten op landschapniveau en tot slot de ouderdom van het graslandecosysteem. Hoe zit het met deze factoren in Opleeuw?

De diversiteit en de aard van het milieu

Hoe diverser het milieu, hoe meer niches en dus hoe meer soorten een grasland kan bevatten en net die bodemdiversiteit is in Opleeuw, zoals aangetoond, bijzonder groot. Naast die bodemvariatie speelt echter ook de voedselrijkdom van de bodem een cruciale rol. Graslanden op voedselrijke bodems bevatten immers veel minder soorten dan graslanden op voedselarme(re) bodems. Dat heeft o.m. met lichtcompetitie (overschaduwing) en met strooiselophoping te maken. Ceulemans e.a. (2009) vonden een biomassa in Opleeuw van 3,67 ton/ha/jaar, wat erg voedselarm is. De lage nutriëntengehaltes staan ook in verband met de weinig ontwikkelde bodems op de steilhelling door de verglijdingen. Voedselaanrijking, bijvoorbeeld door kwelwater met nitraten, vormt dan ook een belangrijke bedreiging voor de soortenrijkdom en de waarde van het perceel in Opleeuw.

Het beheer

De aard en de diversiteit van de bodem bepalen in belangrijke mate mee de maximale soortenrijkdom van een graslandecosysteem. In hoeverre die potentiële

soortenrijkdom ook gerealiseerd wordt, hangt o.m. af van het beheer. Zonder beheer in de vorm van begrazen of hooien groeien graslanden snel dicht met struiken en bomen. Veel graslandplanten hebben geen langlevende zaadbank en die soorten zijn daarom voor hun overleving afhankelijk van regelmatige zaadvorming en -kieming. Daarvoor hebben die planten veel licht nodig en dus openingen in de grasmat waar de vegetatiedekking zeer laag is of zelfs volledig ontbreekt, plaatsen waar de competitie tijdelijk uitgeschakeld is. In graslandecosystemen geldt immers dat vestiging van graslandplanten in een gesloten vegetatiedek haast onmogelijk is. Zo zijn soorten als betoniek, blauwe knoop, karwijselie, marjolein, grasklokje en ruige leeuwentang sterk afhankelijk van openingen in de grasmat voor hun regeneratie... en net daar zorgen begrazers met hun hoeven voor door beschadiging van de vegetatie, zeker op natte hellingen!

Omdat de kieming en vestiging van soorten van zeer veel toevalsfactoren afhangt en soorten sterk verschillen in hun eisen, lijkt een niet-constant beheer het meest aangewezen om de soortenrijkdom van een grasland te bevorderen. Een wisselende begrazingsdruk vergroot inderdaad de vestigingskans voor verschillende soorten (Shepherd en Helmer, 1993). M.a.w. begrazen is goed, maar het tijdstip en de intensiteit ervan doen er volgens ons binnen bepaalde grenzen veel minder toe en fluctueren best ... en net dat gebeurde in Opleeuw. Het perceel werd de laatste decennia "chaotisch" begraasd. Nu eens was het perceel "biljarttafelkort" afgegraasd, dan weer stond het er erg ruig bij, afhankelijk van het aantal pony's waarover de pachter beschikte.

Dispersie

Soorten uit stabiele milieus, zoals soortenrijke, oude graslanden, beschikken vaak over zeer beperkte verspreidingscapaciteiten. Het zijn meestal kortafstandverbreiders. Grazers zijn echter in staat om de dispersie van planten drastisch te verhogen. Vooral schapen zijn uitermate geschikte "mobiele corridors": in hun vacht, in de mest en in de modder tussen hun hoeven transporteren zij tal van plantenzaden van



Figuur 13. Voorjaarszegge, een indicator voor een zeer oude grasmat.

het ene plaatsje naar het andere (Bruun en Fritzbooger, 2002; Poschlod *et al.*, 1998; Poschlod en Bonn, 1998; Couvreur *et al.*, 2004). Veel onderzoekers (bv. Zobel, 1997; Houseman en Gross, 2006) gaan ervan uit dat de lokale soortenrijkdom van een grasland het gevolg is van een dynamische interactie tussen lokale kolonisatie door dispersie vanuit "een soortenpot op een hoger, regionaal schaalniveau" en lokale extinctie o.a. door competitieve verdringing. Begrazing heeft zowel op de kolonisatie als op de extinctie invloed. De hoofdrichting van beïnvloeding zou van het regionale naar het lokale niveau gaan. De soortenrijkdom van een actuele gemeenschap is met andere woorden afhankelijk van de soortenrijkdom op de onmiddellijk hogere schaalniveaus. Processen als soortvorming en migratie bepalen hoeveel en welke soorten "staan te wachten aan de ingang van een bepaalde gemeenschap", maar hun intrede in die gemeenschap is afhankelijk van zogenaamde filters: dispersie, kieming, vestiging en competitie.

Voor het ontstaan van soortenrijke, seminatuurlijke graslanden is dus niet alleen een voedselarme, diverse bodem vereist, maar ook dispersie op landschapniveau. Voor die dispersie op landschapniveau zorgde in Haspengouw eeuwenlang de heerdgang, de dagelijkse rondgang van de dorpskudde in en om het dorp (Hillegers, 1993; Dupae, 2006). Volgens Hillegers is extensieve begrazing door schapen historisch

gezien dan ook het enige correcte beheer voor dergelijke graslanden. In dit verband is het belangrijk te beseffen dat populaties van graslandsoorten na-ijleffect vertonen op de veranderingen in hun milieu (Gustavsson *et al.*, 2007). Hierdoor kunnen ze nog wel aanwezig zijn, ook al zijn de voorwaarden voor hun overleving inmiddels verdwenen (Lindborg en Eriksson, 2004; Helm *et al.*, 2006). De huidige soortenrijkdom van het grasland van Opleeuw heeft zich waarschijnlijk ontwikkeld onder (dispersie)omstandigheden, met name de heerdgang, die ondertussen verdwenen zijn. Daardoor dreigt dit grasland haar soortenrijkdom op langere termijn, grootteorde van enkel decennia, te verliezen. Dat fenomeen staat bekend als "extinction debt" (Helm *et al.*, 2006; Cousins, 2009).

Daarom kunnen we niet genoeg het uitzonderlijk belang van uitwisseling van planten tussen gebieden dankzij de uitwisseling van grazende dieren benadrukken!

De hoge ouderdom van het grasland

Erg soortenrijke graslandvegetaties vergen een zeer lange ontwikkeling o.m. omdat dispersie op landschapniveau waarschijnlijk een erg traag proces is. Op basis van paleogeografisch, historisch, archeologisch en pollenonderzoek wordt aannemelijk gemaakt dat erg soortenrijke graslanden veel eeuwen oud kunnen zijn (Cousins *et al.*, 2002; Gustavsson *et al.*, 2007). Verscheidene auteurs vonden een verband tussen de

grote soortenrijkdom van graslanden en de ouderdom van de grasmat. Hoe ouder, hoe meer soorten (Ejrnæs en Bruun, 1995; Eriksson, 1998). Volgens de pachter is Opleeuw minstens al vele decennia grasland en werd het nooit gescheurd, noch bemest. Het is dus een erg oude grasmat. Indicatoren van erg oude graslanden, vaak meer dan 100 jaar oud, zijn o.a. voorjaarszegge (Figuur 13), blauwe knoop, moerasspirea en knooppkruid (Per en Hansson, 1993; Ejrnæs en Bruun, 1995), allemaal soorten die in Opleeuw staan.

Besluit

Op basis van het voorgaande kunnen we eindelijk de vraag beantwoorden waarom het weiland in Opleeuw zo uitzonderlijk soortenrijk is. Dat heeft met name te maken met:

- de bijzonder hoge milieuvaryatie in het perceel door de geologische verstoring van de ondergrond, met name bodemverschuivingen die ervoor gezorgd hebben dat het substraat van het grasland bestaat uit naast elkaar liggende kalkrijke, veenrijke, zandige en kleiige, droge of vochtige lagen, met onderontwikkeld bodemprofiel
- de voedselarme bodem en grondwater
- het continue, maar fluctuerend (begrazings)beheer
- de (vermoedelijk) eeuwenlange dispersie op landschapsniveau en de respectabele ouderdom van de grasmat.

Vanuit ecologisch perspectief is het behoud van het unieke grasland in Opleeuw dé hoofddoelstelling van de ruilverkaveling Jesseren. Het weiland en ruimere omgeving, vermoedelijk een 25 tal ha, zullen in het kader van die ruilverkaveling in eigendom en beheer overgedragen worden aan de provincie Limburg.

Referenties

AMEEUW, G., R. BERTEN, en D. PAELINCKX, 2006. Biologische Waarderingskaart versie 2. Toelichting bij de kaartbladen 33-41. INBO.R.2006.35.

BRUUN, H.H. en B. FRITZBØGER, 2002. The past impact of livestock husbandry on dispersal of plant seeds in the landscape of Denmark. *Ambio* 31 (5): 425 – 431.

CEULEMANS, T. e.a., 2009. Vermesting en soortenrijkdom in heischrale graslanden. *Natuur. focus* 8 (3): 90 – 95.

CLAES, S. en F. GULLENTOPS, 2001. Kaartblad 33 Sint-Truiden 1:50.000. Toelichting bij de Geologische Kaart van België. Vlaams Gewest. Belgische Geologische Dienst en Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie, Brussel, 68 p.

COLAZZO, S. en D. BAUWENS, 2003. Aanwijzen van prioritaire soorten voor het natuurbeleid in de provincie Limburg. Verslag van het Instituut van Natuurbehoud 2003.5, 195p.

COUSINS, S.A.O., 2009. Extinction debt in fragmented grasslands: paid or not? *Journal of Vegetation Science* 20: 3 – 7.

COUSINS, S.A.O. *et al.*, 2002. Reconstructing past land use and vegetation patterns using palaeogeographical and archeological data. A focus on grasslands in Nynäs by the Baltic Sea in south-eastern Sweden. *Landscape and Urban planning* 61: 1-18.

COUVREUR, M. *et al.* 2004. Large herbivores as mobile links between isolated nature reserves through adhesive seed dispersal. *Applied Vegetation Science* 7: 229 – 236.

DE BECKER, P., 2004. Graslanden, ruigten en natuurbeheer. In: Hermy M. e.a. (red.), 2004. *Natuurbeheer*. Davidsfonds, p. 191 – 219.

DE BECKER, P., 2009. Noodzaak en preferentiële omvang van een hydrologische beschermingszone rond een botanisch waardevol hellinggrasland met bronzen in de ruilverkaveling Jesseren (Limburg). INBO.A.2009.86.

DE GRAAF, M.C.C. *et al.*, 1994. Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring van matig mineraalrijke heide en schraallanden. K.U. Nijmegen.

DREESEN, R. en M. DUSAR, 2008. 33 miljoen jaar Alden Biesen: een geschiedenis met verrassende wendingen. *LİKONA* jaarboek 17: 6 – 19.

DUPAE, E., 2004. De associatie van betonie en gevinde kortsteel in Zammelen. Advies over het beheer van een bijzondere "heide" in Haspengouw (België). *Natuurhistorisch Maandblad* 93: 241-246.

DUPAE, E., 2006. Natuur in Haspengouw... op z'n paasbest! *Limburgs landschap*. 146 p.

DUPAE, E. en H. STULENS, 2003. Verspreiding en samenstelling van het kalkrijke kamgrasweide (*Galio-Trifolietum*) in Limburgs Haspengouw. *Natuur.focus* 2 (1): 4-10.

DUPAE, E. en H. STULENS, 2009. De uitzonderlijke soortenrijkdom van het grasland in Opleeuw beschreven en verklaard. Intern rapport V.L.M. Limburg.

EJRNÆS, R. en H.H. BRUUN, 1995. Prediction of grassland quality for Environmental Management. *Journal of Environmental Management* 41: 171 – 183.

ERIKSSON, A., 1998. Regional distribution of *Thymus serpyllum*: management history and dispersal limitation. *Ecography* 21: 35 – 43.

ERTSEN, A.C.D., J.R.M. ALKMADE en M.J. WASSSEN, 1998. Calibrating Ellenberg indicator values for moisture, acidity, nutrient availability and salinity in the Netherlands. *Plant Ecology* 135: 113 – 124.

GUSTAVSSON, E., 2007. Land use more than 200 years ago explains current grassland plant diversity in a Swedish agricultural landscape. *Biological Conservation* 138: 47 – 59.

HELM, A., I. HANSKI en M. PÄRTEL, 2006. Slow response of plant species richness to habitat loss and fragmentation. *Ecology Letters* 9: 72 – 77.

HENNNEKENS, S., 2009. Turboveg for Windows. Version 2.

HILLEGERS, H.P.M., 1993. Heerdgang in zuidelijk Limburg. Reeks XL aflevering I. *Natuurhistorisch Genootschap in Limburg*.

HOUSEMAN, G.R. en K.L. GROSS, 2006. Does ecological filtering across a productivity gradient explain variation in species pool richness relationships? *Oikos* 115: 148 – 154.

HUYBRECHTS, W., O. BATELAAR, P. DE BECKER, I. JORIS, en P. VAN ROSSUM, 2000. *Ecologische*

onderzoek waterrijke vallei-ecosystemen. VLINA 96/03. IN.R.2000.12.

<http://dov.vlaanderen.be>

LINDBORG, R. en O. ERIKSSON, 2004. Historical landscape connectivity affects present plant species diversity. *Ecology* 85 (7): 1840 – 1845.

PER, M. en M. HANSSON, 1993. Soil seed bank and species turnover in a limestone grassland. *Journal of Vegetation Science* 4: 35 – 42.

POSCHOLD, P., S. KIEFER en U. TRANKLE, 1998. Plant species richness in calcareous grasslands as affected by dispersability in space and time. *Applied Vegetation Science* 1: 75 – 90.

POSCHOLD, P. en S. BONN, 1998. Changing dispersal processes in the central European landscape since the last ice age; an explanation for the actual decrease of plant species richness in different habitats? *Acta Botanica Neerlandica* 47 (1): 27 – 44.

POT, R., 1997. Het identificeren van vegetatietypes met behulp van de computer. *Stratiotes* 15: 16 – 27.

RAMAN, M., 2001. *Festuco-Brometea* (kalkgraslanden) in Vlaanderen met een casestudie van de Tiendeberg. Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van Licentiaat in de Biologie. Universiteit Gent. Vakgroep Biologie. Onderzoeksgroep. Terrestrische Plantenecologie en Vegetatiekunde. Academiejaar 2000-2001. 140p.

RUTOT, A. en E. VAN DEN BROECK, 1884. Explication de la Feuille de St-Trond. Musée Royal d'Histoire Naturelle de Belgique, Service de la carte géologique du Royaume, 103 p.

SCHAMINÉE, J.H.J., A.H.F. STORTELDER en E.J. WEEDA, 1996. *De vegetatie van Nederland. Deel 3. Plantengemeenschappen van graslanden, zomen en droge heiden*. Opulus press.

SHEPHERD, D. en W. HELMER, 1993. Beheer en voorlichting. *Natuurhistorisch Maandblad* 82: 220 – 223.

VAN DEN EECKHAUT, M., J. POESEN, F. GULLENTOPS, L. VANDEKERCKHOVE en J. HERVAS, 2011. Regional mapping and characterisation of old landslides in hilly regions using LiDAR-based imagery in Southern Flanders. *Quaternary Research* 75: 721 – 733.

VAN LANDUYT, W., O. HEYLEN, L. VANHECKE, P. VAN DEN BREMTE en H. BAETE, 2000. Verspreiding en evaluatie van de botanische kwaliteit van ecotopen: gemeten aan de hand van combinaties van indicatorsoorten uit de Florabank. Rapport VLINA 96/02. *Flo.Wer v.z.w.*, Instituut voor Natuurbehoud, Nationale Plantentuin van België en Universiteit Gent.

VAN LANDUYT, W., I. HOSTE, L. VANHECKE, P. VAN DEN BREMTE, W. VERCRUYSSSE en D. DE BEER, 2006. Atlas van de Flora van Vlaanderen en het Brussels Gewest. INBO, Nationale Plantentuin van België en Flo.Wer. 1007p.

VAN WESTREENEN, F.S. en L. KRUIT, 1996. Spits havikskruid in Zuid-Limburg. *Natuurhistorisch Maandblad* 85 (3): 57 – 62.

WEEDA, E.J., J.H.J. SCHAMINÉE en L. VAN DUUREN, 2002. Atlas van Plantengemeenschappen in Nederland. Deel 2. Graslanden, zomen en droge heiden. *Alterra* 223p.

WILLEMS, J.H., 2001. De Groene nachtorchis (*Coeloglossum viride*) een kortlevende orchideeënsoort in Zuid-Limburg. *Natuurhistorisch Maandblad*, 90: 11-15.

ZOBEL, M., 1997. The relative role of species pools in determining plant species richness: an alternative explanation of species coexistence? *Tree* 12 (7): 266 – 269.

ZWAENEPOEL, A. *et al.*, 2002. Systematiek van natuurtypen voor het biotoop grasland. MINA-rapport 102/99/01.