



Naar een bodemadviesstelsel voor weidevogelreservaten

A&W-rapport 1507



in opdracht van


It Fryske Gea

 **Natuurmonumenten**


staatsbosbeheer

**Het Groninger
Landschap** 

Naar een bodemadviessysteem voor weidevogelreservaten

A&W rapport 1507

E.B. Oosterveld
N. van Eekeren
H. Keidel

Foto Voorplaat

Bodemmonsters uitpluizen op regenwormen, A&W

E.B. Oosterveld, N. van Eekeren, H. Keidel 2010

Naar een bodemadviesstelsel voor weidevogelreservaten, A&W rapport 1507

Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden

Opdrachtgevers

**Gezamenlijke terreinbeherende
organisaties in Fryslân/Groningen**

p/a It Fryske Gea

Postbus 3

9244 ZN Beetsterzwaag

Telefoon 0512 38 14 48

Uitvoerder

**Altenburg & Wymenga ecologisch
onderzoek BV**

Postbus 32

9269 ZR Feanwâlden

Telefoon 0511 47 47 64

Fax 0511 47 27 40

info@altwym.nl

www.altwym.nl

Louis Bolk Instituut

Hoofdstraat 24

3972 LA Driebergen

Telefoon 0343 52 38 60

Fax 0343 51 56 11

info@louisbolk.nl

www.louisbolk.nl

BLGG AgroXpertus

Postbus 115

6860 AC Oosterbeek

Telefoon 088 87 61 010

Fax 088 87 61 011

klantenservice@blgg.agroxpertus.com

www.blgg.agroxpertus.nl

Projectnummer

1451INV.09

Projectleider

E.B. Oosterveld

Status

Eindrapport

Autorisatie

M. Brongers

Paraaf

M. Brongers



Datum

16 oktober 2010



Inhoud

1	Inleiding	1
2	Functie en eigenschappen	3
2.1	Functie en eigenschappen	3
2.2	Kwaliteitsindicatoren	3
3	Bodemchemie	5
3.1	Historische graslandgegevens	5
3.2	Standplaatseisen karakteristieke graslandplanten	9
4	Bodembiologie	13
4.1	Regenwormen	13
4.2	Emelten	16
4.3	Nematoden	17
4.4	Mycorrhizaschimmels	20
4.5	Vegetatiebewonende ongewervelden	20
5	Perspectieven en conclusies	23
5.1	Referentieonderzoek	23
5.2	Bodembiologische indicatoren	24
5.3	Voorlopige conclusies	26
5.4	Vervolgstappen	28
6	Literatuur	29

1 Inleiding

In het weidevogelbeheer speelt de kwaliteit van de bodem een sleutelrol. De bodem is het leefmilieu voor voedsel van (steltloper)weidevogels (regenwormen en emelten voor adulten, eieren en larven van vegetatiebewonende ongewervelden voor pullen) en het is de standplaats van de graslandvegetatie die het broed- en opgroeihabitat vormt. Schrale en zure bodems ontbreekt het aan (voor vogelsnavels) bereikbaar voedsel voor adulten in de bodem, zeer voedselrijke en alkaline bodems dragen een te zware vegetatie om als goed broedhabitat te dienen en om pullen een goed opgroeihabitat te bieden. De optimale bodemkwaliteit zit ergens tussen schraal en zeer voedselrijk en zuur en alkalien in. Maar wat zijn precies die bodemcondities? Hoe kun je ze meten en hoe zijn ze te beïnvloeden? Dat zijn vragen waar het een beheerder van een weidevogelreservaat om gaat. Wat de goede bodemcondities en wat de geëigende maatregelen zijn om die condities te bereiken, is inmiddels wel ongeveer bekend. In de praktijk mist nog de verbindende schakel tussen de twee: een handzaam hulpmiddel waarmee op een eenvoudige manier lokale bodemcondities kunnen worden gemeten en op basis waarvan kan worden aangegeven welke maatregelen moeten worden genomen om die condities te optimaliseren. Dat hulpmiddel noemen we een bodemadviesstelsysteem. In de reguliere landbouw bestaat zo'n systeem in de vorm van het bemestingsadviesstelsysteem, ontwikkeld door het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en gewasonderzoek BLGG in Oosterbeek. Het bemestingsadviesstelsysteem is gericht op een optimale bemesting van grasland, gegeven de lokale bodemcondities, graslandmanagement en het gewenste productieniveau. Deze doelstelling is relatief eenvoudig (alleen beperkt tot productie) en het systeem kan daarom worden ingeperkt tot een bemestingsadviesstelsysteem. Het systeem kan zich daardoor beperken tot een relatief klein aantal bodemkwaliteitsindicatoren, zijnde enkele bodemchemische factoren zoals stikstofgehalte, stikstofleverend vermogen, fosfaat- en kaligehalte en zuurgraad (pH). Op basis van deze analyses wordt een bemestingsadvies gegeven voor de soort en hoeveelheid bemesting. In de boerenpraktijk wordt uitgegaan van een basisbemesting met rundveedrijfmest waarbij een aanvullende bemesting met kunstmest wordt gegeven. Daarmee weet de beheerder/boer precies wat hem te doen staat om een optimaal resultaat te halen.

Leeswijzer

In dit rapport wordt verslag gedaan van de zoektocht naar zo'n bodemadviesstelsysteem. In dit stadium gaat het om de technische invulling van de elementen van het systeem. De taal in dit rapport is daarom redelijk technisch en gericht op mensen die binnen professionele organisaties met kennis van zaken in ondersteunende zin betrokken zijn bij het weidevogelbeheer, zoals ecologische onderzoekers en adviseurs en hoofden terreinbeheer.

Werkwijze

Eerst is in beeld gebracht welke functie het systeem moet vervullen en aan welke eigenschappen het moet voldoen. Vervolgens zijn we op zoek gegaan naar mogelijke bouwstenen van het bodemadviesstelsysteem. Deze bouwstenen zijn beoordeeld op hun bruikbaarheid. Aan het eind wordt de balans opgemaakt en worden vervolgstappen geformuleerd.

2 Functie en eigenschappen

2.1 Functie en eigenschappen

De functie van het bodemadviessysteem voor weidevogelreservaten is:

- Het verschaffen van de informatie aan een beheerder om de bodemkwaliteit van zijn reservaat op orde te kunnen brengen ten dienste van het weidevogelbeheer. De bodemkwaliteit wordt afgemeten aan de functie van de bodem als voedselhabitat van volwassen weidevogels (regenwormen) en als standplaats van een open, structuur- en insectenrijke vegetatie als opgroeihabitat van weidevogelkui-kens.

Het bodemadviessysteem moet in de dagelijkse praktijk van een beheerder handzaam zijn. Daarom moet een systeem voldoen aan de volgende eigenschappen:

1. Het geeft een adequaat beeld van de toestand van de bodem van het weidevogelreservaat (of het betreffende perceel).
2. Het geeft duidelijk aan op welk aspect van de bodem maatregelen genomen moeten worden.
3. Het is betrekkelijk eenvoudig en tegen beperkte kosten uitvoerbaar.

Op een paar punten is redelijk duidelijk wat de vereiste bodemtoestand is. Zo is bekend dat de zuurgraad (pH) meer dan 4,8 moet zijn in verband met een goed leefmilieu voor regenwormen en het inperken van Pitrus. Maar voor veel bodemfactoren is niet bekend wat wenselijke of kritische waarden zijn. Bijvoorbeeld voor het fosfaatgehalte. Het is bekend dat historisch landbouwkundig gebruik in veel gevallen heeft geleid tot een hoog fosfaatgehalte in de bodem, hetgeen bij extensivering (vermindering van de stikstofbemesting) kan leiden tot dominantie van ongewenste soorten als Grote vossenstaart, Gestreepte witbol of Pitrus. Een dergelijke dominantie leidt tot te hoge en te dichte vegetaties voor weidevogels. Maar wat het fosfaatgehalte moet zijn om een dergelijke dominantie te voorkomen, is slecht bekend. Ook is bekend dat een compacte bodem in combinatie met een hoog waterpeil kan bijdragen aan dominantie van een soort als Pitrus. Een compacte bodem is bovendien minder gunstig voor regenwormen. Het is bekend dat de bodemstructuur sterk wordt beïnvloed door het bodemleven: hoe meer bodemleven (in de vorm van strooiselverkleiners, strooiselverteeders, humusvormers, humusafbrekers en gangengravers) hoe luchtiger de bodemstructuur, hoe beter regenwater wordt afgevoerd en hoe (doorgaans) minder verzuring optreedt. Dit leidt weer tot meer regenwormen die bovendien goed bereikbaar zijn voor weidevogels. Wat echter sleutelfactoren zijn in dat bodemleven om de genoemde bodemfuncties te vervullen, is nauwelijks bekend.

2.2 Kwaliteitsindicatoren

Voor de kwaliteitsindicatoren wordt voortgebouwd op de 'Handleiding bodemkwaliteit weidevogelgebieden' (Oosterveld 2009) die al eerder in het kader van de opkrikactiviteiten van de Friese en Groningse weidevogelreservaten is gemaakt. In deze handleiding (en eerder ook in een overzicht van kwaliteitscriteria van weidevogelgebieden, Oosterveld & Altenburg 2004) staan de bodemkwaliteiten en bijbehorende kwaliteitsindicatoren opgesomd die karakteristiek zijn voor een weidevogelreservaat. Hier worden ze samengevat.

Tabel 2-1 Belangrijke bodemeigenschappen en bijbehorende (voorlopige) kwaliteitsindicatoren van weidevogelgebieden (Uit: Oosterveld 2009)

Bodemeigenschap	Kwaliteitsindicator	Vuistregel/norm
Vochthoudendheid	- Grondwaterstand (gws)	gws april gws juni
	- Slooppeil (wordt in praktijk als benadering van gws gebruikt)	(cm-mv) (cm-mv)
	- Grutto-groep	20-80 45-80
	- Watersnip-groep	0-20 +plasdras ≤50-60
Waterstagnatie in maaiveld	- Oppervlakte onder water	- Ca. 0,5 ha/100 ha
	- Indicatieve plantensoorten	- Weinig Moerasstruisgras, Veenwortel, Gewone waterbies, Grote vossenstaart, Liesgras, Rietgras
Organische stofgehalte	- C:N-verhouding	- 10-14
	- Jaarlijkse aanvoer vaste mest	- 10-20 ton/ha
Zuurgraad	- pH-KCl	- 4,8-5,5
	- indicatieve plantensoorten	- Weinig Veenpluis, Moeras-struisgras, Zwarte zegge, Snavelzegge, Waternavel, Egelboterbloem, Geknikte vossenstaart
Stikstofvoorziening	- Bemestingsniveau	- max. 100 kg N/ha/jr
Fosfaatbeschikbaarheid	- P-Al-getal	- < 27
Bodemstructuur	- Vorm gronddeeltjes	- Kruidelig of afgerond-blokkig
	- Beworteling	- >200 wortels op 10 cm diepte in plag van 20 x 20 cm

De handleiding onderscheidt 12 kwaliteitsindicatoren, waarvan sommige moeilijk of tegen hoge kosten te meten zijn. Dit is niet geschikt voor de praktijk van het weidevogelbeheer. Daarvoor is een beperkt aantal betrekkelijk eenvoudig te meten factoren gewenst.

3 Bodemchemie

Bij de bodemchemie gaat het om het organische stofgehalte, de zuurgraad, de stikstofvoorziening en de fosfaatbeschikbaarheid. In de handleiding Bodemkwaliteit weidevogelgebieden (Oosterveld 2009) staan voorlopige waarden voor de kwaliteitsindicatoren (de handleiding gebruikt de term graadmeters). Voor de zuurgraad (pH) en het organische stofgehalte is redelijk goed bekend welke waarden die moeten hebben voor een optimale bodemconditie van weidevogelgrasland (tabel 2-1). Voor de stikstofvoorziening en de fosfaatbeschikbaarheid is dat minder duidelijk. De huidige bodemtoestand wordt voor deze kwaliteitsparameters sterk beïnvloed door het intensieve, landbouwkundige gebruik gedurende de afgelopen decennia. Voor houvast lijken twee benaderingen nuttig:

1. Zoeken van een referentie in historische (bodemchemische) graslandgegevens.
2. Zoeken van een referentie in standplaatseisen van karakteristieke graslandplanten.

3.1 Historische graslandgegevens

Voor historische graslandgegevens staan drie bronnen ter beschikking: het Technisch Archief en Grondmonster Archief (TAGA), het BLGG-archief en de Ossenkampen.

3.1.1 TAGA

TAGA is een archief met circa 300.000 fysieke grondmonsters en rapporten (enquêtes) met analysegegevens en wordt beheerd door Alterra. Dit archief bestrijkt de periode van 1879 tot nu. TAGA wordt regelmatig gebruikt om historische bodemgegevens boven water te krijgen (Mol 2008, Knapp *et al.* 2010). Het is dus in theorie mogelijk om op basis van dit archief de bodemkwaliteit van voormalige goede weidevogelgebieden te reconstrueren. TAGA is vooral chemisch en fysisch gericht. Informatie over vegetatie en bodemleven zijn spaarzaam aanwezig zijn, meestal in de rapporten. Van veengrond zijn data van 1167 proeven of proefplekken aanwezig uit de periode 1922-2010, waarvan de meeste van na de Tweede wereldoorlog. Van kleigrond zitten gegevens van 2341 proeven of proefplekken in het archief, van de periode 1911-1989 van zowel grasland als bouwland.

De digitale ontsluiting van TAGA is in ontwikkeling. Veen is aanwezig in TAGA maar t.o.v. andere grondsoorten (zeeklei, dekzand) zijn de aantallen veldproeven en enquêtes bescheiden. De proeven en enquêtes dekken veen in Nederland (Zuid-Holland, Noord-Holland, Utrecht, Gelderland, Overijssel, Drenthe, Friesland en Groningen). TAGA bevat relatief veel informatie over zeeklei in de noordelijke provinciën. Informatie over rivierklei is aanzienlijk beperkter (5334 proefjaren voor zeeklei en 225 proefjaren voor rivierklei), maar dit lijkt geen bezwaar omdat het zwaartepunt voor het weidevogelbeheer ligt in de Friese, Noord- en Zuid-Hollandse en Utrechtse zeeklei- en veengebieden. Er zal nader onderzoek uitgevoerd moeten worden om de klei-op-veen gebieden uit te filteren. Bodemkundig zijn dat veengronden en daarom niet onderscheiden van andere veengronden. Dat kan door de proeflocaties te relateren aan de bodemkaart.

3.1.2 BLGG

BLGG AgroXpertus analyseert sinds 1928 grondmonsters. Data uit de periode vóór 1984 zijn nog deels beschikbaar in de vorm van papieren verslagen, documenten en rapporten. De resultaten zijn meestal beschikbaar per LEI-gebied (een regionale eenheid waarvoor bedrijfseconomische gegevens over de

landbouw worden verzameld door het Landbouweconomisch Instituut). In de jaren 1950-1980 waren dit er 122. Op basis van BLGG-data zijn er de afgelopen jaren diverse overzichten gemaakt, bijvoorbeeld van de ontwikkeling van het organische stofgehalte in Drenthe.

3.1.3 Ossenkampen

Sinds 1958 ligt er een bemestingsexperiment van Wageningen Universiteit op een soortenrijk oud grasland op rivierklei met onder andere in tweevoud de behandelingen blanco (geen bemesting), Ca-bemesting, N-bemesting, PK-bemesting en NPK-bemesting. In deze proef zijn onder andere metingen gedaan aan bodemchemie, vegetatie, productie en bodembiologie. Hieronder zijn de verschillende gegevens bij elkaar gezet om een analyse te maken wat mogelijke indicatoren zijn voor het bodemadviesstelsysteem.

Bodemchemie

Bodemchemische gegevens zijn beschikbaar van maart 2000 in de laag 0-5 cm en van mei 2001 in de laag 0-10 cm. In tabel 3.1 zijn de belangrijkste waarden weergegeven die zijn geanalyseerd in mei 2001. Het effect van bekalken is duidelijk zichtbaar in de hogere pH-KCl-waarde. De P-bemesting laat een hoger P-w- en P-Al-getal zien. De andere behandelingen hebben een zeer laag P-w- en P-Al-getal vanuit landbouwkundig oogpunt maar zitten onder de streefwaarde van een P-Al-getal van 5 voor soortenrijk (blauw)grasland.

Tabel 3-1 Bodemchemische parameters van de Ossenkampenproef (BoBi-data mei 2001). P-waarde is de statistische significantie van de verschillen tussen de bemestingsvarianten voor de betreffende factor (in een ANOVA)

	P-waarde	Blanco (onbemest)	Ca	N	PK	NPK
pH-KCL	0,000	3,8	6,4	3,4	3,7	3,7
Organische stof	0,147	14,2	13,8	15,2	16,5	16,1
Lutum (%)	0,011	45,5	46,5	47,0	44,5	44,0
P-w (mg P ₂ O ₅ per 100 g droge grond)	0,002	8,0	6,0	5,0	51,0	37,5
P-Al (mg P ₂ O ₅ per 100 g droge grond)	0,000	3,0	3,5	3,0	47,5	35,0

Vegetatieopname

Van de behandelingen zijn onder andere in 1996 vegetatieopnamen gemaakt (tabel 3.2). De behandelingen met N (N en NPK) hebben het laagste aantal soorten. Wat betreft doordringbaarheid voor kuikens van weidevogels heeft de NPK-vegetatie een laag % kaal oppervlakte en een hoge hoogte. N-bemesten leidt tot de meeste open plekken en het laagste gewas. De blanco-, Ca- en PK-varianten zitten er tussenin. De verschillen zijn niet statistisch geanalyseerd.

Tabel 3-2 Vegetatieopnamen Ossenkampenproef (opgenomen door H. van Oeveren, W.G. Braakhekke en D. Hoofman, 19-28 juni 1996). De Braun-Blanquet-scores zijn getransformeerd in een 9-delige schaal. r=1 (<5% bedekking), +=2 (<5%), 1=3 (<5%), 2m=4 (<5%), 2a=5 (5-15%), 2b=6 (15-25%), 3=7 (25-50%), 4=8 (50-75%), 5=9 (>75%). **Vet gedrukt** = leidend tot de gewenste open vegetatiestructuur, **vet onderstreept** = leidend tot een ongunstige dichte vegetatiestructuur

Behandeling	Blanco	Ca	N	PK	NPK
Bedekking strooisel (%)	23	13	40	10	30
Kaal oppervlak (%)	8	3	18	0	3
Hoogte gemidd. (cm)	18	33	6	37	53
Hoogte max. (cm)	40	50	31	55	90
<i>Achillea millefolia</i>				3	
<i>Achillea ptarmica</i>	1			1	1
<i>Agrostis capillaris</i>	5	1	5	4	
<i>Agrostis stolonifera/vinealis</i>	1			1	
<i>Ajuga reptans</i>	1	1	1		
<i>Allium vineale</i>	1	2	1	3	3
<i>Alopecurus pratensis</i>	2	3	1	3	<u>8</u>
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	3	3	3	4	2
<i>Anthriscus sylvestris</i>		0			3
<i>Arrhenaterum elatius</i>		3	2	4	<u>7</u>
<i>Bellis perennis</i>		1			
<i>Briza media</i>	1	1			
<i>Bromus mollis</i>		1			
<i>Cardamine pratensis</i>		3			
<i>Carex hirta</i>			2		
<i>Carex nigra</i>	2	1	1	2	
<i>Carex panicea</i>	1				
<i>Centaurea jacea</i>	6	5	1	6	
<i>Cerastium fontanum</i>		2	1	2	
<i>Cirsium arvense</i>				1	4
<i>Cirsium palustre</i>	1	1			
<i>Dactylis glomerata</i>	2	3	2	2	2
<i>Dantonionia decumbens</i>	1				
<i>Elytrichia repens</i>		1	2	1	5
<i>Equisetum palustre</i>	2	3	3	2	2
<i>Festuca pratensis</i>		4			1
<i>Festuca rubra</i>	<u>6</u>	5	<u>6</u>	<u>7</u>	
<i>Filipendula ulmaria</i>	1	1	1		
<i>Galium mollugo</i>		1			
<i>Galium verum</i>	1	2	1	2	
<i>Glechoma hederacea</i>		2			
<i>Heracleum sphondylium</i>	1	2		2	
<i>Holcus lanatus</i>	1	1	2	2	3
<i>Hordeum secalinum</i>		1			
<i>Hypochaeris radicata</i>	3	2	2	2	
<i>Juncus conglomeratus</i>	1				
<i>Juncus effusus</i>	1				
<i>Lathyrus pratensis</i>		4		2	

Behandeling	Blanco	Ca	N	PK	NPK
<i>Leontodon autumnalis</i>	2	1		1	
<i>Leontodon hispidus</i>	3	2	1	2	
<i>Leucanthemum vulgare</i>	7	8	1	7	
<i>Lolium perenne</i>		1			
<i>Lotus corniculatus</i>	1	2	1	3	
<i>Luzula campestris</i>	1				
<i>Lychnis flos-cuculi</i>				1	
<i>Lysimachia nummularia</i>	2	3		1	
<i>Phleum pratense</i>		1			
<i>Pimpinella major</i>	1			1	
<i>Plantago lanceolata</i>	3	4	2	2	
<i>Poa angustifolia</i>	2	4		1	1
<i>Poa pratensis</i>				1	1
<i>Poa trivialis</i>		1			1
<i>Polygonum amphibium</i>		1		1	
<i>Potentilla reptans</i>			1	1	
<i>Prunella vulgaris</i>	1				
Ranunculus acris	2	3	1	2	
<i>Ranunculus repens</i>	1	2		1	
Rumex acetosa	3	3	3	3	3
<i>Taraxacum officinale</i>	2	3	1		
<i>Trifolium pratensis</i>		2		1	
<i>Trifolium repens</i>		1		2	
<i>Trisetum flavescens</i>	1	6		3	
<i>Veronica chamaedrys</i>		3			
<i>Vicia cracca</i>	2	3	1	7	
Aantal soorten. per 4 m ²	26	35	17	28	12

In de tabel zijn een aantal soorten uitgelicht die indicatief zijn voor de vegetatiestructuur. Daarvan duiden *Hordeum secalinum* (Veldgerst), *Ranunculus acris* (Scherpe boterbloem), *Rumex acetosa* (Veldzuring) en met name *Anthoxanthum odoratum* (Gewoon reukgras), op een matig productief en redelijk open vegetatiestructuur. Grofweg geldt dat de vegetatie beter is als opgroeihabitat van weidevogelkuikens (met name van Grutto en Tureluur) naarmate deze soorten talrijker zijn (in combinatie nog weer beter dan alleen). In dit opzicht scoren de Ca-variant en in mindere mate de blanco en de PK-bemesting goed. Anderszijds duiden *Alopecurus pratensis* (Grote vossenstaart), *Arrhenaterium elatius* (Glanshaver), *Bromus mollis* (Zachte dravik), *Dactylis glomerata* (Kropaar), *Holcus lanatus* (Gestreepte witbol), *Festuca rubra* (Rood zwenkgras) en *Juncus effusus* (Pitrus) op een vrij productieve vegetatie met een dichte vegetatiestructuur die ongunstig is als opgroeihabitat voor weidevogelkuikens. In dit opzicht scoort de NPK- en PK-bemesting niet goed. In de overige typen blijft de bedekking van de genoemde soorten beneden de 5% en vormen ze geen probleem voor de pullen. De blanco- en Ca-variant scoren voor beide factoren van de vegetatie goed.

Productie

In 2001 is ook de productie gemeten. Hierbij heeft enkel N-bemesting de laagste opbrengst en de behandeling met NPK de hoogste opbrengst (de resultaten zijn niet statistisch getest). De blanco en Ca-bemesting hebben een vergelijkbare opbrengst die richting de N-bemesting gaat. De PK-behandeling met meer kans voor vlinderbloemigen had een intermediaire opbrengst tussen de N-bemesting en de NPK-

bemesting. Zowel de blanco, Ca-bemesting en N-bemesting lijken wat betreft zwaarte van de snede ruimte te bieden aan de kuikens om te foerageren tussen het gras. Piek *et al.* (1997) beschrijven de resultaten van bemesting en bekalkingsbehandelingen op laagveengrasland in De Wieden en stelden vast dat bemesting met slootbagger en bekalking leidden tot het beste herstel van bloemrijk Dotterbloemhooiland met behoud van een lage productie (1460 kg ds/ha) en daardoor open vegetatiestructuur. Dotterbloemhooiland is geschikt als weidevogelgrasland.

Tabel 3-3 Gewasproductie van de Ossenkampen-proef (gegevens PRI 2001). DS = droge stof, N = stikstof.

		blanco	Ca	N	PK	NPK
DS-productie (kg ds ha ⁻¹)	1e snede	2703	2878	1928	4193	5934
	2e snede	2190	2171	2196	2908	4739
	Totaal	4893	5048	4124	7101	10672
N-opbrengst (kg N ha ⁻¹)	1e snede	36	35	28	57	78
	2e snede	40	48	51	59	80
	Totaal	76	83	79	116	158

Bodembiolegie

In mei 2001 zijn ook regenwormen bemonsterd naast andere bodembiolegische parameters. Hoewel niet significant, hebben de blanco en Ca-bemesting de hoogste aantallen en massa aan regenwormen. In een analyse van Van der Wal *et al.* (2009) lijkt de biomassa van regenwormen in deze proef zowel door de bekalking als gewasproductie te worden bepaald. Piek *et al.* (1997) kwamen voor hun bemestingsproeven op verzuurd hooiland in de Wieden tot de conclusie dat bekalken tot de hoogste biomassa regenwormen (74 g/m²) leidt en niet-bemesten tot de laagste (11 g/m²). Beide behandelingen hadden de laagste gewasproductie, wat het gunstigste is voor weidevogelbeheer.

Tabel 3-4 - Regenwormen in de Ossenkampen-proef (BoBi-data mei 2001). P-waarde is de statistische significantie van de verschillen tussen de bemestingsvarianten voor de betreffende factor (in een ANOVA)

	P-waarde	Blanco	Ca	N	PK	NPK
Regenwormen aantallen (n m ⁻²)	0,118	406	506	38	194	219
Regenwormen massa (g m ⁻²)	0,219	62	83	3	40	42

De dataset van de Ossenkampen is uniek door de combinatie van bodemchemische en bodembiolegische parameters met vegetatiesamenstelling en bovengrondse biomassa-productie.

3.2 Standplaatseisen karakteristieke graslandplanten

Referentiegegevens vallen ook te ontleen aan standplaatseisen van graslandplanten die karakteristiek zijn voor goed weidevogelgrasland. Historische, maar ook actuele gegevens over de botanische samenstelling van weidevogelrijk grasland zijn schaars. Een korte zoektocht leverde niet meer op dan indicaties als 'vochtig tot nat en kruidenrijk grasland' en een voorkeur voor de slechtere landbouwkundige 'verzorgingsklassen' (dat wil zeggen met weinig productieve grassen) (bijvoorbeeld Sikkema 1973). Recent heeft een van de auteurs dezes (Ernst Oosterveld) veel waarnemingen kunnen doen aan de vegetatiesamenstelling in goede weidevogelreservaten in Fryslân in het kader van herstelprojecten over de periode 2004-2010. De vegetaties die wij vandaag de dag beoordelen als optimaal weidevogelgrasland worden gedurende het broedseizoen gedomineerd door een combinatie van soorten als Veldzuring (*Rumex acetosa*), Scherpe boterbloem (*Ranunculus acris*) en Gewoon reukgras (*Anthoxanthum odoratum*) en soms, vooral op kleigrond, Kamgras (*Cynosurus cristatus*) en Veldgerst (*Hordeum secalinum*). Deze soorten kenmerken zich doordat ze weinig biomassa vormen in de hogere delen van de vegetatie (boven ca 10 cm) maar

waarvan de bloeiwijzen wel vrij hoog kunnen opschieten (tot ca. een halve meter). Op deze manier ontstaan vegetaties met een gevarieerde, open structuur die voor weidevogelkuikens goed begaanbaar zijn en die een geschikt leefgebied vormen voor vegetatiebewonende ongewervelden, die het voedsel van de pullen vormen. Als indicatie van de resultaten die dat oplevert, worden hieronder enkele standplaatscondities geschetst voor Gewoon reukgras en Scherpe boterbloem. In de tabellen (3-5 en 3-6) wordt de standplaats getypeerd aan de hand van de informatie in Jalink (1996) en Aggenbach & Jalink (2005), waarbij de omstandigheid die wordt geïndiceerd door de hoogste bedekking en/of presentie wordt beschouwd als de 'primaire' standplaats.

In laagveengebieden

In laagveengebieden komen Gewoon reukgras en Scherpe boterbloem (vooral) voor in hooilandgemeenschappen van het *Calthion palustris* (Dotterbloemverbond) op stevige bodem, die vooral onder invloed van het oppervlaktewater staat en daarmee soms kan worden overstroomd. Deze vegetaties komen voor op basenrijke en eutrofe tot matige eutrofe, natte tot matig natte bodems, en zowel in zoete als brakke gebieden (Jalink 1996). De waterstand van het *Calthion* in het begin van het groeiseizoen is 10 – 20 cm beneden het maaiveld (–mv), de pH is 4,7-5,5 (Meijer & de Wit 1955 in Jalink 1996).

In boezemlanden

In boezemlanden komen Gewoon reukgras en Scherpe boterbloem onder andere voor in de associatie van Boterbloemen en Waterkruiskruid (een onderdeel van het *Calthion*). Jalink (1995) noemt ook blauwgraslanden voor Gewoon reukgras, maar dat lijkt niet relevant in de context van weidevogelland. De associatie van Boterbloemen en Waterkruiskruid groeit op veen, klei-op-veen en op kleibodems. Deze vegetatie staat vooral op natte tot vochtige plaatsen, meestal met zwak fluctuerende waterstand en niet teveel inundatie (<30% van het jaar), maar kan ook bij sterker fluctuerende waterstanden en zonder inundatie voorkomen. Wat betreft de zuurgraad komt de associatie voor op neutrale tot oppervlakkig matig zure (pH >5,0) omstandigheden.

3.2.1 Gewoon reukgras

In tabel 3-5 staan de standplaatseigenschappen van Gewoon reukgras samengevat.

Tabel 3-5 - Standplaatseigenschappen van Gewoon reukgras volgens Jalink (1996) en Aggenbach & Jalink (2005). mv = maaiveld; Primair = met hoogste bedekking en/of presentie; Secundair = met minder hoge bedekking en/of presentie; GHG = gemiddeld hoogste grondwaterstand; GLG = gemiddeld laagste grondwaterstand

Grootheid	Waterregime (cm –mv)		Zuurgraad (pH)		Trofiegraad	
	Primair	Secundair	Primair	Secundair	Primair	Secundair
Gem. grondwaterstand	40 - 60	0 – 80	4,5 – 5,5	5,5 – 7	matig voedselrijk	voedselrijk
GHG	10 – 40	+mv – 80				
GLG	40 – 80	10 - >80				

In het Park Grass Experiment (UK) worden plots verschillend bemest en bekalkt vanaf 1856 - 1863 (afhankelijk van de plot) tot op heden. Hier blijkt de groei van Gewoon reukgras te worden gestimuleerd door bemesting met stikstof (de droge stofproductie is een factor 5 hoger dan zonder bemesting). Onder redelijk zure omstandigheden (pH 3,7) heeft fosfaatbemesting ook een sterk stimulerende werking (de droge stofproductie is een factor 20 hoger dan zonder bemesting) (Silvertown *et al.* 2009). Gewoon reukgras lijkt dus een voedselrijke, vrij zure standplaats te prefereren. De resultaten van een ander onderzoek (Lawniczak *et al.* 2009) duiden er op dat Gewoon reukgras bestand is tegen Kalium-schaarste.

Kruijne *et al.* (1967) beschrijven de standplaatseigenschappen van graslandplanten op een vooral kwalitatieve wijze. Hun typering heeft betrekking op meetgegevens uit de periode 1934-1958. De kenmerken van Gewoon reukgras staan in tabel 3-6.

Tabel 3-6 - Standplaatseigenschappen van Gewoon reukgras in de jaren 1934-1958 volgens Kruijne *et al.* (1967)

Groetheid	
Gebruikswijze	hooiland, hooiweide
Vochtingheidsgraad	vochtig – nat
Grondsoort	veen, zand
Alkaliteit	sterk - zwak zuur (pH-water <6)
P-toestand	laag (= P-Al-getal <18)
K-toestand	laag - vrij laag (= K-getal <13 – 16)

De waarden zijn deels moeilijk vergelijkbaar met die in tabel 3-5. Zo is de pH op verschillende manieren bepaald en wordt de voedselrijkdom van de bodem (trofiegraad) op verschillende manieren weergegeven. De vochtigheidsgraad van vochtig – nat in tabel 3-6 komt echter aardig overeen met het opgegeven waterregime in tabel 3-5. Een pH-KCl van 4,5 -5,5 (tabel 3-5) strookt ook goed met de karakterisering 'zwak zuur' in tabel 3-6. De lage P-toestand (P-Al-getal < 18) gaat in de richting van het zeer lage P-Al-getal van 3 in de best scorende bemestingstypen van de Ossenkampen (par. 3.1.4).

3.2.2 Scherpe boterbloem

In tabel 3-7 staan de standplaatseigenschappen van Scherpe boterbloem samengevat.

Tabel 3-7 - Standplaatseigenschappen van Scherpe boterbloem volgens Jalink (1996) en Aggenbach & Jalink (2005). mv = maaiveld; Primair = met hoogste bedekking en/of presentie; Secundair= met minder hoge bedekking en/of presentie; GHG = gemiddeld hoogste grondwaterstand; GLG = gemiddeld laagste grondwaterstand

Gebiedstype	Groetheid	Waterregime (cm –mv)		Zuurgraad (pH)		Trofiegraad	
		Primair	Secundair	Primair	Secundair	Primair	Secundair
Laagveen	gem. grondwaterstand	40 – 60	20 - 40	5,5 – 7,5		matig voedselrijk	voedselrijk
Boezemland	gem. grondwaterstand	20 – 80		5,5 - >7,5		matig voedselrijk - voedselrijk	
	GHG	+mv – 80					
	GLG	40 - >80					

De karakteristieken volgens Kruijne *et al.* (1967) staan in tabel 3-8.

Tabel 3-8 - Standplaatseigenschappen van Scherpe boterbloem in de jaren 1934-1958 volgens Kruijne *et al.* (1967)

Groetheid	
Gebruikswijze	hooiweide, wisselweide
Vochtingheidsgraad	vochtig – nat
Grondsoort	vooral zavel, klei
Alkaliteit	zwak zuur – bijna neutraal (pH-water 5,5-7)
P-toestand	laag – vrij hoog (= P-Al-getal <18 -55)
K-toestand	laag - matig (= K-getal <13 – 17)

De zuurgraad in tabel 3-8 spoort goed met die in tabel 3-7. De P-toestand lijkt doorgaans hoger dan in de best scorende bemestingstypen van de Ossenkampen (par.3.1.4).

3.2.3 Voorlopige conclusie

Op basis van een vergelijking van de ter beschikking staande gegevens lijkt Gewoon reukgras een wat preciezer indicator voor de gewenste vegetatiesamenstelling in combinatie met geschikte omstandigheden voor regenwormen dan Scherpe boterbloem. Deze conclusie is echter slechts gebaseerd op een beperkte hoeveelheid soorten en gegevens en het resultaat van een globale analyse.

4 Bodembioologie

Gewas, worteling, bodemleven en bodem staan met elkaar in relatie via een cyclus (figuur 4-1).



Figuur 4-1 Cyclus gewas-worteling-bodemleven-bodem (van Eekeren *et al.* 2003)

Gewasresten en worteluitscheidingen beïnvloeden het bodemleven en de bodemvorming. Op productiegraslanden met bovengrondse en ondergrondse gewasresten met goede verteerbaarheid voor het bodemleven is dit een positieve wisselwerking (figuur 4-2). In ecosystemen met een slechte kwaliteit van gewasresten (bijvoorbeeld heide) kan deze cyclus negatief lopen. De andere kant op kunnen ondergrondse herbivoren de concurrentieverhoudingen tussen soorten beïnvloeden (bijvoorbeeld door selectieve vraat van wortels) en langs deze weg ook de vegetatiesamenstelling van bijvoorbeeld grasland (Van der Putten 2007). Of microben beïnvloeden de beschikbaarheid van nutriënten voor planten en hebben langs deze indirecte weg invloed op productie en samenstelling van vegetaties (Kemmers *et al.* 2010).

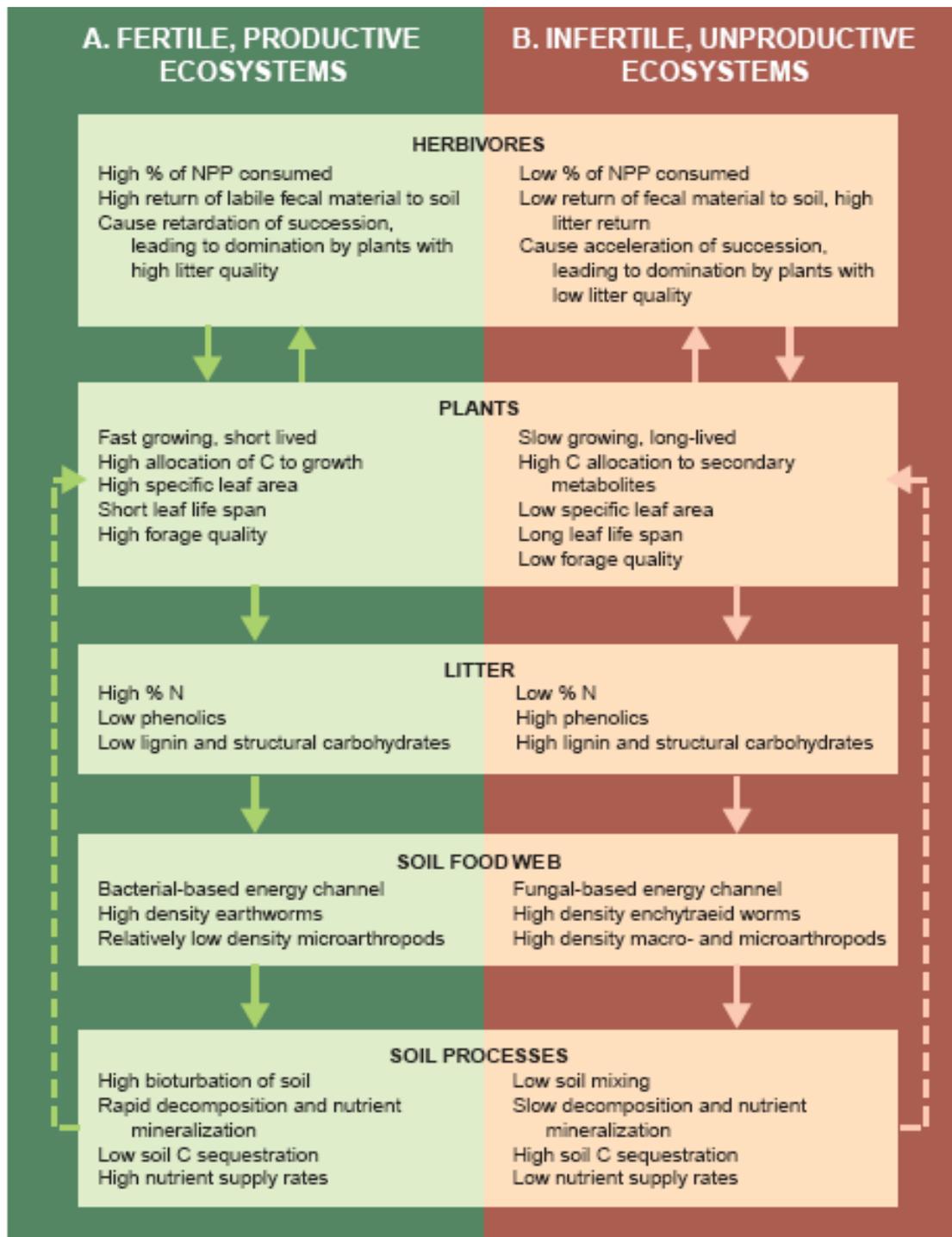
In dit hoofdstuk worden de inzichten in de bodembioologie verkend die mogelijk kunnen worden toegepast bij een eenvoudige indicator van de bodemkwaliteit voor weidevogels.

4.1 Regenwormen

Regenwormen vormen voor weidevogels een belangrijk deel van het voedsel. Verder zijn regenwormen belangrijk voor de bodemstructuur. Informatie over de aantallen en soorten regenwormen in de bodem is belangrijk voor weidevogelbeheerders, mede omdat door beheersmaatregelen invloed uitgeoefend kan worden op de aantallen en soorten regenwormen. Een probleem is om die informatie over de regenwormen te verzamelen. Het bemonsteren van regenwormen volgens de huidige methoden is tijdrovend en daardoor duur.

4.1.1 Bemonstering

De meest gebruikte methode voor het bemonsteren van regenwormen is om per oppervlakte één of meerdere grondmonsters te nemen. Vaak zijn dit plaggen met een bepaalde grootte en tot een bepaalde diepte; 20 bij 20 bij 20 cm is een veel gebruikte maat. Nadat de grondmonsters zijn genomen, kan de



Figuur 4-2 - Verloop van de interactie tussen bovengrondse plantproductie en bodemleven (Wardle *et al.* 2004)

bodem van het gat nog worden behandeld met een formaline om ook de dieper levende wormen te vangen. De grondmonsters kunnen in het veld worden uitgezocht of meegenomen worden naar het laboratorium. Bij het uitzoeken van de monsters moet goed in de gaten worden gehouden dat in de zode tussen de grasworteltjes ook veel wormen voorkomen; deze zijn lastig te verzamelen.

Voor het bemonsteren van regenwormen is enkele jaren geleden een ISO-richtlijn opgesteld (Nederlands Normalisatie-instituut 2006). Deze onderscheidt de volgende methoden:

1. Het uitzoeken met de hand van een grondplag. Volgens ISO is de grootte van de plots afhankelijk van het doel en de (verwachte) dichtheid van de regenwormen. Normaal is een plot van 50 bij 50 cm groot genoeg. Op plaatsen waar weinig wormen worden verwacht (zure gronden) kunnen grotere plots (100 bij 100 cm) nodig zijn. Op plaatsen met een hoge dichtheid (de meeste weilanden) kunnen de plots kleiner zijn, bijvoorbeeld 20 bij 20 cm.
2. Alternatieve methoden. In de loop van de tijd zijn er andere methoden ontwikkeld om regenwormen te bemonsteren. Een aantal gaat uit van het toevoegen van chemicaliën aan de bodem. Andere methoden gebruiken elektriciteit om de wormen uit de grond te drijven.

Het uitzoeken van een grondplag wordt het meest gebruikt. Voor de monsternamen van de grondplag zijn allerlei vernuftige toepassingen bedacht. Timmerman *et al.* (2006) bemonsterden met een steekbuis met oppervlakte van 52 cm² (diameter circa 8 cm) tot een diepte van 10 cm, waarbij 3 of 6 steken werden samengevoegd tot 1 monster. Afgevraagd kan worden of de verhouding tussen de diameter van de steekbuis en lengte van wormen niet te klein was waardoor mogelijk wormen doormidden werden gestoken; de methode maakt het wel mogelijk om mengmonsters samen te stellen of een groot aantal monsters te steken waarmee statistische analyse mogelijk wordt.

Voor weidevogels lijkt het behandelen van het plaggat met formaline of mosterdextract niet zinvol. De (extra) wormen die worden gevangen zijn meestal de diepgravende soorten die niet bereikbaar zijn voor weidevogels. Verder is het toepassen van formaline niet milieuvriendelijk en kost het veel tijd (wachttijd minimaal 30 minuten per monster).

Ook de alternatieve methoden uit de ISO-richtlijn bieden voor weidevogelreservaten geen oplossingen omdat het behandelen van grond met chemicaliën vanuit milieuoogpunt ongepast is; ook zijn de resultaten vaak niet bijster goed (Pelosia *et al.* 2009). Dit geldt ook voor de elektrische methoden, waarbij nog het probleem is van energielevering.

4.1.2 Bemonsteringsstrategie

Behalve hoe een monster moet worden genomen, is het van belang om te weten wanneer het beste bemonsterd kan worden en volgens welk patroon. De ISO richtlijn gaat hier niet op in. Uit de literatuur zijn wel voorkeuren te noemen.

1. Tijdstip van monsternamen. Regenwormen worden vaak bemonsterd in piekperiodes van hun activiteit. Dit is in de herfst. Ook in het voorjaar zijn de temperaturen gunstig en is er voldoende voedsel voor regenwormen (Valckx *et al.* 2009). De relevante tijd voor weidevogels is eind maart tot en met juni. Verder kan het best bemonsterd worden als er geen omgevingsstress is, bijvoorbeeld droogte.

2. Bemonsteringsgrid. Het is bekend dat regenwormen, evenals andere bodemdieren, niet gelijkmatig in de bodem aanwezig zijn. Voor een goed beeld van het voorkomen is het dus nodig dat er meerdere monsters per oppervlakte-eenheid worden genomen. Idealiter wordt het aantal te nemen monsters bepaald aan de hand van een proefmonstering waarvan de variantie kan worden bepaald. Afhankelijk van de statistische betrouwbaarheid die nodig wordt geacht, kan het aantal benodigde monsters worden bepaald (Zwarts 1988). In de praktijk blijkt dat in het vroege voorjaar (april/mei) de heterogeniteit in de verspreiding zo groot kan zijn, dat onwerkbaar grote hoeveelheden monsters moeten worden gestoken. Tijdens een onderzoek in de reservaten van It Fryske Gea werd om het onderzoek uitvoerbaar te houden, gekozen voor één monster per 8 ha (Keidel 2001). Om een representatief beeld te krijgen van een reservaat werd er niet voor gekozen om herhalingen per perceel uit te voeren, maar om het aantal beschikbare monsters zo goed mogelijk over het reservaat te verdelen, waarbij percelen die duidelijk ongeschikt leken voor weidevogels buiten beschouwing werden gelaten. Met deze methode bleek dat de verschillende reservaten zich duidelijk van elkaar onderscheidden en dat er een significant verband bestond tussen zuurgraad en aantallen (biomassa) regenwormen. Om inzicht te krijgen in de variatie in het voorkomen van de regenwormen binnen een specifiek reservaat zal de bovengenoemde methode te grof zijn. Valckx *et al.* (2009) stellen voor om per perceel 6 monsters te nemen. Volgens hen is dit een goed compromis tussen de ruimtelijke variatie in regenwormendichtheden en de bemonsteringsinspanning. Bureau Altenburg & Wymenga past in de praktijk een bemonsteringsintensiteit toe van 10 kleine monsters per ha (met een steekbus met een oppervlakte van 50 cm²) (o.a. Sijens & Zonderland 2009, Mulder & Douma 2009). Op deze wijze kan een statistisch verschil worden aangetoond tussen (groepen van) percelen en kan goed de relatie tussen beheerstypen (groepen van percelen) en de hoeveelheid bodemfauna worden geanalyseerd.
3. Jaarvariaties en overlevingsfactoren. Timmermans *et al.* (2006) vonden tussen jaren grote verschillen in hoeveelheden (aantallen en biomassa) regenwormen. Ze konden dit voor een groot deel verklaren door de wintertemperaturen. De dieper levende soorten zijn na zachte winters in grotere hoeveelheden aanwezig. Volgens Curry (2004) kunnen maar weinig regenwormsoorten temperaturen onder nul overleven. Een rol hierin speelt de grondwaterstand. Als deze hoog is hebben regenwormen niet de mogelijkheid om diepere grondlagen op te zoeken. De soorten die aan de oppervlakte leven lijken veel minder beïnvloed te worden door lage temperaturen. Naast wintertemperaturen spelen ook andere factoren een rol in de grote variatie tussen jaren.

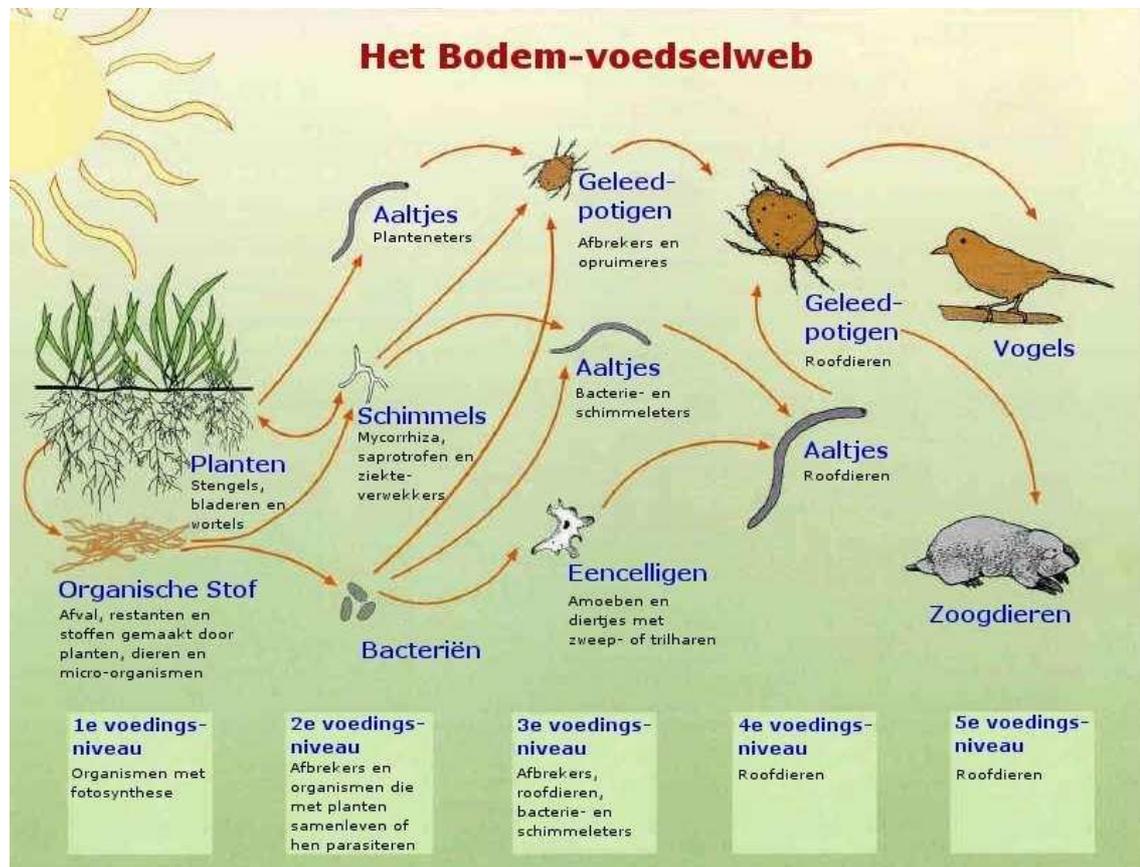
4.2 Emelten

Emelten zijn de larven van langpootmuggen. In het gras komen een vijftal verschillende soorten voor waarvan *Tipula paludosa* in Nederland de meest talrijke is. Emelten vormen, naast regenwormen, een belangrijke prooi voor volwassen steltloperweidevogels (Zwarts *et al.* 2010). De voor het grasland belangrijke emelten leven o.a. van gras. Ook onkruiden in het gras worden gevreten. Emelten verblijven het grootste deel van de dag in een ondiepe verticale gang. 's Nachts komen ze naar boven en vreten dan aan de bovengrondse delen van de planten. Een vaak gehoorde en zeer hardnekkige fout is dat emelten aan de wortels van het gras vreten. Emelten hebben voor hun voeding echter de groene delen van het gras nodig. *Tipula paludosa* heeft één generatie per jaar. De muggen van deze soort vliegen vanaf begin september tot begin oktober. In ongeveer 14 dagen worden de eitjes afgezet. De larven beginnen te eten en groeien gedurende de herfst, om vervolgens te overwinteren. Als de bodem in het voorjaar opwarmt, gaan ze zich weer voeden en groeien snel om uiteindelijk volgroeide emelten te worden. Na 6-8 weken gaan ze over in het popstadium om hierna als volwassen insect (langpootmug) de bodem te verlaten. De periode dat de volgroeide emelten in de grond aanwezig zijn, valt samen met het laatste gedeelte van het broedseizoen van weidevogels. Met name Grutto's maken er gebruik van om na het broedseizoen mee

op te vetten (Zwarts *et al.* 2010). Gedurende de nestfase in april en mei maken emelten maar een klein deel uit van de totale hoeveelheid bodemfauna die benut wordt door stelloperweidevogels (0-17%, Sijens & Zonderland 2009, Mulder & Douma 2009). Het voedselaanbod in de vorm van emelten wordt dus voor een belangrijk deel bepaald door de overleving van de emelten in de voorafgaande herfst en winter. Emelten vormen echter geen belangrijke voedselbron gedurende de broedperiode, noch voor adulte weidevogels, noch voor pullen.

4.3 Nematoden

De laatste decennia is er veel onderzoek gedaan naar de geschiktheid van nematoden als informatiedrager van de bodemkwaliteit. Binnen het waterbodemonderzoek worden nematoden regelmatig gebruikt en ook op het land nemen nematoden een vaste plaats in bij het beoordelen van verontreinigingen en andere stressfactoren van bodems.

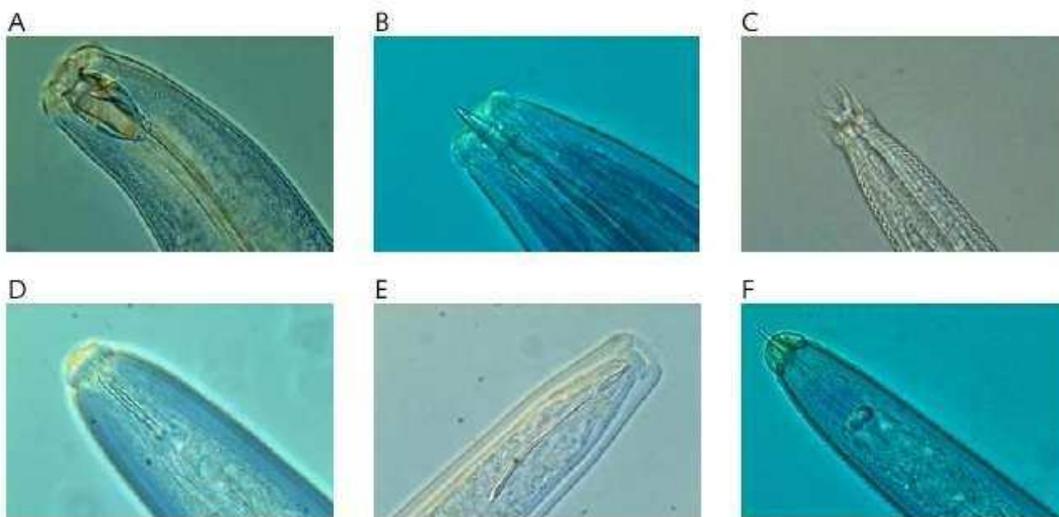


Figuur 4-3 Het bodemvoedselweb onder een grasland. Nematoden komen voor op verschillende voedingsniveaus (2 t/m 4). Dit maakt ze mede interessant als indicator. Afbeelding: PD Wageningen.

Nematoden zijn kleine draadvormige wormen van circa 0,5-5 mm lang en zijn vooral bekend uit de landbouw (waar ze aaltjes worden genoemd) door de grote schade die ze kunnen geven aan gewassen. Gelukkig zijn dit maar een beperkt aantal soorten. Het grootste deel vervult een belangrijke rol in het bodemsysteem doordat ze op de verschillende plaatsen in het voedselweb voorkomen (figuur 4-3). Juist door

deze rol worden nematoden de laatste decennia steeds meer gebruikt als veldparameter bij de bodembepoordeling.

Nematoden zijn op te delen in voedselgroepen (overeen komend met de voedingsniveaus in fig. 4-3): planteneters, algeters, bacterie-etters, vleeseters (carnivoren), alleseters (omnivoren), en schimmeleters (figuur 4-4; Yeates *et al.* 1993). De planteneters kunnen opgedeeld worden in soorten die van economisch belang zijn, zoals *Meloidogyne* (wortelknobbelaaltjes) en *Pratylenchus* (wortellessieaaltjes), en soorten waarvan bekend is dat ze geen economische schade geven, zoals *Tylenchidae*. De verdeling van de nematoden over de voedselgroepen wordt voor een belangrijk deel bepaald door het gewas (vegetatie), grondeigenschappen (grondsoort, zuurgraad, verontreinigingen) en het grondgebruik (intensief versus extensief, bemesting, bestrijdingsmiddelen). Veranderingen in deze factoren geven veranderingen in de verdeling over de voedselgroepen en kunnen dus gemeten worden. Het gebruik van nematoden als indicator voor de bodemkwaliteit kan vergeleken worden met het meten van de temperatuur of bloeddruk in de humane gezondheidszorg. Het geeft op een eenvoudige wijze aan of er iets met het bodemecosysteem aan de hand is. Het integreert hiermee een groot aantal afzonderlijke fysische, chemische en biologische metingen. Het is echter nog niet duidelijk of nematoden ook als 'thermometer' voor weidevogelreservaten kunnen dienen.



Figuur 4-4 - De vorm van de mondholte weerspiegelt het voedsel van nematoden en daarmee de plaats in het bodemvoedselweb. A. Carnivoor met grote mondholte en tand voor het vangen van andere nematoden (voedselniveau 4); B. Omnivoor met speer voor het aanprikken van prooien (voedselniveau 4); C. Bacterie-eter met kopaanhangsels voor het vangen van bacteriën (voedselniveau 3b); D. Schimmeleter met speer voor het aanprikken van schimmeldraden (voedselniveau 3s); E en F planteters met respectievelijk speer en stekel voor het aanprikken van plantenwortels (voedselniveau 2). Afbeelding: Wageningen UR.

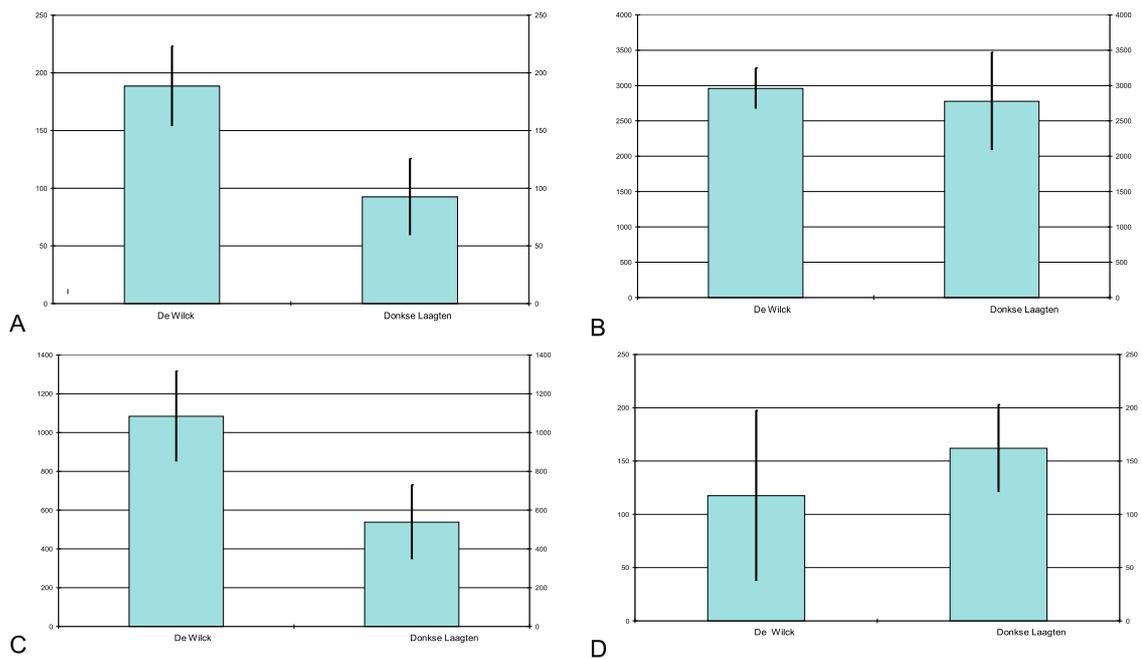
4.3.1 Onderzoek Noord-Brabant en Friesland

In 1995 is in opdracht van Staatsbosbeheer in twee van haar weidevogelreservaten de nematodenfauna bepaald. Het betrof een 'goed' reservaat, De Wilck, waar nog steeds een opgaande lijn was in aantallen broedparen, en een 'slecht' reservaat, De Donkse Laagten, waar de opgaande lijn al een aantal jaren tot stilstand was gekomen en een negatieve trend zichtbaar was (Keidel 1995). In tabel 4-1 is de verdeling aangegeven van de nematoden over de verschillende voedselgroepen.

Tabel 4-1 Aantallen nematoden in de verschillende voedselgroepen in de weidevogelreservaten De Wilck en Donkse Laagten (in aantallen per 100 g grond). De voedselgroepen zijn afgeleid uit figuur 4-2. De vetgedrukte waarden zijn afwijkend binnen een voedselgroep

Monster	Plantenetters	Bacterie-etters	Schimmeleters	Rovers	Totaal
	Voedselgroep 2	Voedselgroep 3b	Voedselgroep 3s	Voedselgroep 4	
De Wilck B6	2757	919	174	164	4015
De Wilck B9	3162	1249	61	213	4898
Donkse Laagten K2	2394	403	133	69	3068
Donkse Laagten N2	3372	673	191	116	4469

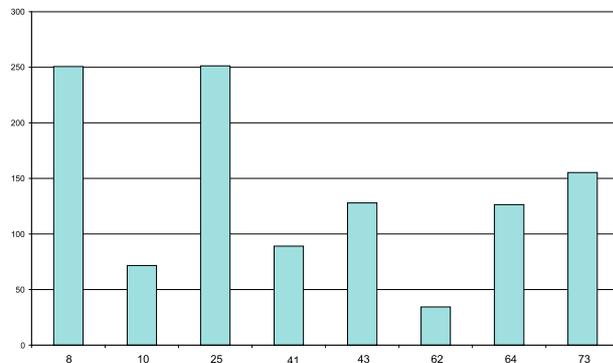
In figuur 4-5 is dit grafisch weergegeven. Hieruit blijkt dat de verdeling over de voedselgroepen tussen de twee reservaten verschillend was. In De Wilck zaten meer rovers (voedselgroep 4, plaatje A) en bacterie-etters (voedselgroep 3b, plaatje C) dan in de Donkse Laagten. De pilot toont aan dat de nematodenfauna duidelijke verschillen laat zien en daardoor in potentie geschikt is als indicator (als de verschillen samenhangen met bodemfactoren die relevant zijn voor weidevogels)



Figuur 4-5 - Gemiddelde aantallen nematoden per 100 g grond in De Wilck en Donkse Laagten, met standaardafwijking, voor A. voedselgroep 4 (rovers), B. voedselgroep 2 (plantenetters), C. voedselgroep 3b (bacterie-etters) en D. voedselgroep 3s (schimmeleters).

Vergelijkbare verschillen worden ook gevonden in een serie percelen in het reservaat Binnemiede- en Weeshûspolder, die in 1997 is bemonsterd voor It Fryske Gea (figuur 4-6; Keidel 1997). Opmerkelijk is ook dat de aantallen rovers (voedselgroep 4) hier in de zelfde range lagen (50-250) als bij De Wilck en Donkse Laagten (100-200). Er zijn echter geen weidevogelgegevens beschikbaar van de betrokken percelen, dus het is niet duidelijk of de verschillen die de Brabantse gegevens suggereren tussen goed en

slecht op gebiedsniveau, ook opgaan *binnen* een gebied (de Binnemiede- en Weeshûspolder) op perceelsniveau. Als dat geldt, dan zouden de percelen 8 en 25 rijkere weidevogelpercelen moeten zijn dan de andere.



Figuur 4-6 - Aantallen nematoden per 100 g grond voor voedselgroep 4 (rovers) in het reservaat Binnemiede- en Weeshûspolder in 1997. De nummers onder de staven zijn perceelnummers.

4.4 Mycorrhizaschimmels

In het voorjaar van 2009 is in een aantal weidevogelreservaten van It Fryske Gea een onderzoek gedaan naar het voorkomen van mycorrhizaschimmels in relatie tot de vegetatiediversiteit (Baar & van Erk 2010). Volgens Baar & van Erk (2010) zijn mycorrhizaschimmels sterk bepalend voor de vegetatiesamenstelling en -ontwikkeling in grasland. Het onderzoek was in het bijzonder gericht op het voorkomen van mycorrhizaflora in relatie tot het domineren van twee plantensoorten, te weten Moerasstruisgras (*Agrostis canina*), en Gestreepte witbol (*Holcus lanatus*). Dominantie van Moerasstruisgras en Gestreepte witbol in een weidevogelreservaat is ongewenst omdat ze verzuring van de bodem indiceren, respectievelijk in een te dichte vegetatiestructuur resulteren. Het onderzoek liet zien dat de mycorrhizaflora in de bemonsterde terreinen in vergelijking tot soortgelijke terreinen matig was ontwikkeld. Ook bleken er verschillen tussen de terreinen voor de mate waarin Gestreepte witbol en Moerasstruisgras zijn gekoloniseerd door de schimmels, maar deze verschillen waren niet significant. Uit de analyses van bodemchemie, vegetatiediversiteit en mycorrhizakolonisatie bleek dat er significante verbanden waren tussen bodemchemie en vegetatiesamenstelling, bodemchemie en mycorrhizakolonisatie en dat het voorkomen van sommige plantensoorten was gecorreleerd met de hoeveelheid mycorrhizakolonisatie. De conclusie luidde dat vooral het hoge fosfaatgehalte van de bodem een belemmerende factor is voor de mycorrhizaschimmels en dat dat fosfaatgehalte moet worden teruggebracht, willen de schimmels hun positieve uitwerking op de vegetatie kunnen uitoefenen.

4.5 Vegetatiebewonende ongewervelden

Volgens Beintema (1992) en Beintema *et al.* (1995) bestaat het menu van Gruttokuikens vooral uit insecten die zich op de vegetatie bevinden. Het aantal insecten dat gegeten moet worden, hangt niet alleen af van de grootte van het kuiken (energiebehoefte) maar ook van de prooigrootte. De belangrijkste prooi-insecten zijn vliegen en muggen uit de orde Diptera. De adulte insecten leven vooral in en op de vegetatie, de eieren en larven in de bodem.

Uit een recent onderzoek van Kleijn *et al.* (2009) bleek een gebrek aan eenduidige relaties tussen het bemestingsniveau van grasland en geleedpotigen. De vegetatiestructuur bleek de bepalende factor die de kwaliteit van graslanden als foerageerhabitat voor Grutto's het sterkst bepaalt. Dit werd ook vastgesteld in onderzoek naar de relatie tussen graslandkarakteristieken en vegetatiebewonende insecten in Waterland door Verhulst *et al.* (2008). Het is aannemelijk dat de meest ijle en open vegetaties de meest geschikte foerageerhabitat vormen voor jonge Grutto's. Dit sluit goed aan bij oude informatie die aangeeft dat bijvoorbeeld Glanshaverhooilanden en Kamgrasweiden voor veel soorten insecten een aantrekkelijk leefgebied vormden door de bloemenrijkdom, de matige biomassa-productie van de vegetatie (in vergelijking tot puur productiegrasland) en het extensieve beheer. De insectenrijkdom vormde mede de basis voor hoge dichtheden aan zoogdieren en vogels.

Voor het weidevogelbeheer is het dus zinvol om te weten welke vegetatiestructuur de optimale is en hoe deze bereikt, dan wel in stand kan worden gehouden om voldoende insecten te hebben. Hiervoor is het nodig om te weten welke plantensoorten van belang zijn voor een open vegetatiestructuur en wat de groeirandvoorwaarden hiervan zijn. Te denken valt aan grondsoort, vochtinhouding en bemestingstoestand. Kruijne *et al.* (1967) geven voor ruim 100 graslandplanten een aantal van deze randvoorwaarden die kunnen worden gebruikt als handvat. Dit kan dan gecombineerd worden met de resultaten uit het TAGA-archief.

5 Perspectieven en conclusies

In de vorige hoofdstukken is een aantal relevante invalshoeken voor een bodemadviesstelsel de revue gepasseerd. Hier brengen we in beeld welke vervolgstappen gezet kunnen worden en trekken we voorlopige conclusies.

5.1 Referentieonderzoek

5.1.1 TAGA en BLGG

Het is de moeite waard het TAGA- en het BLGG-archief te onderzoeken op gegevens van bodemchemische karakteristieken van grasland in de jaren 1960-1980. Een goed zoekprofiel is daarbij belangrijk. Daarbij gelden de volgende aandachtspunten:

1. Qua tijdsperiode lijkt 1960-1980 de beste periode. Tot en met deze periode nam het aantal Grutto's in Nederland toe (Mulder, 1972), wat suggereert dat de kwaliteit van het grasland in die periode optimaal was. Een aandachtspunt is het verschil tussen weidevogelkerngebieden en randgebieden. De laatst bezette randgebieden waren qua habitatkwaliteit waarschijnlijk suboptimaal en alleen bezet omdat in de kerngebieden een surplus aan jongen groot kwam, dat daar niet meer terecht kon omdat de beste plekken bezet waren. De kerngebieden zijn in recent onderzoek in beeld gebracht. Dit blijken gebieden waar vanuit vroeger de uitbreiding naar andere graslandgebieden plaatsvond en die tegenwoordig nog steeds tot de beste weidevogelgebieden horen (Kentie *et al.* 2008). Daarbinnen kan per jaar/per 5 jaar/per decade of zelfs voor de hele periode 1960-1980 een aantal locaties geselecteerd worden. Concentreren op de weidevogelkerngebieden beperkt wel het aantal beschikbare monsters in de archieven.
2. Uit een nieuwe bemonstering in 2010/2011 van de geselecteerde locaties bij het voorgaande punt kan een wezenlijke verandering in beeld gebracht worden. Zo wordt bekend welke parameters daadwerkelijk zijn veranderd. Er moet goed rekening gehouden worden met verschillen in analysemethoden tussen de verschillende perioden, die de vergelijkbaarheid van de resultaten kunnen belemmeren.

5.1.2 Ossenkampen

De dataset van de Ossenkampen is uniek door de combinatie van bodemchemische en bodembioologische parameters met vegetatiesamenstelling en bovengrondse biomassa-productie. Niet alle resultaten zijn statistisch geanalyseerd (vegetatie, productie), dus er kunnen over optimale condities voor weidevogels slechts indicatieve conclusies worden getrokken. Qua vegetatiestructuur scoren de onbemeste blanco en het type met Ca-bemesting het beste en de PK- en NPK-bemesting het slechtst. Wat betreft de hoeveelheid regenwormen scoren de onbemeste variant en de Ca-bemesting eveneens het beste. Qua gewasproductie scoren beide typen intermediair. Het Ca-type wordt bodemchemisch gekarakteriseerd door een vrij hoge pH (6,4) en een laag P-Al-getal (3,5). Dit laatste is landbouwkundig extreem laag. De grens voor productief grasland ligt bij een P-Al van 27. Het onbemeste type wordt gekarakteriseerd door een vrij lage pH (3,8); wat volgens ander onderzoek te laag is voor florerende regenwormpopulaties (Oosterveld & Altenburg 2004). Het P-Al-getal is een even laag (3,0) als de Ca-variant. Piek *et al.* (1997) maten in bekakt, goed ontwikkeld Dotterbloemhooiland op laagveen in de Wieden (ook een goed weidevogelbiotop) een pH van 6,4, een productie van 1.460 kg/ha en ca. 70 g/m² regenwormen. De fosfaattoestand (P-Al-getal) is helaas niet weergegeven. Goed ontwikkeld Dotterbloemhooiland heeft voor weidevo-

geluikens een goede vegetatiestructuur. De hoeveelheid regenwormen die in dit hooiland in de Wieden is gevonden, ligt in dezelfde orde grootte als de onbemeste en Ca-variant in de Ossenkampen (60-80 g/m²). Dit is een redelijke hoeveelheid voor een weidevogelgebied (Oosterveld & Altenburg 2004). Ter vergelijking: een laag productief (3 ton/ha/jr) blauwgrasland op veen in het Wageningse Binnenveld had in de jaren 1940-1960 een P-Al-getal van ca. 10 en een pH-KCl van 4,9 (Geerts & Oomes 2000). In termen van vegetatiestructuur en regenwormenvoorkomen moet dit een redelijk weidevogelbiotoop zijn geweest. De gecombineerde gegevens leiden tot de voorlopige conclusie dat met de combinatie van pH-KCl en P-Al-getal een goede indicatie verkregen kan worden van de bodemtoestand die van belang is voor weidevogels.

Voor het vervolg is het belangrijk om twee zaken verder te analyseren:

1. Uit deze eerste analyse blijkt dat de gewenste vegetatiesamenstelling correleert met een laag P-Al-getal. Het is wenselijk om ook het omgekeerde te testen: als het P-Al-getal laag is, heeft de vegetatie dan de gewenste samenstelling? Een mogelijkheid is dit te testen aan de actuele vegetatiesamenstelling in reservaten. In het kader van de recente opkrikactiviteiten zijn veel gegevens verzameld over de bodemchemische toestand op perceelsniveau. Deze gegevens kunnen worden gecombineerd met een inventarisatie van de vegetatiesamenstelling van de betreffende percelen.
2. Wat is de relatie tussen de wormenpopulatie en bodemchemische parameters, vegetatiesamenstelling en bovengrondse biomassa?

Daarnaast is ook een mogelijkheid:

3. Mogelijk zou gekoppeld aan de dataset van de punten 1 en 2 een inventarisatie van de insectenfauna kunnen worden gemaakt om de relatie tussen vegetatiesamenstelling en potentiële voeding (van weidevogelkuikens) uit insecten te kunnen leggen.

5.1.3 Karakteristieke graslandplanten

Op basis van een vergelijking van de ter beschikking staande gegevens lijkt Gewoon reukgras een wat preciezere indicator voor de gewenste vegetatiesamenstelling in combinatie met geschikte omstandigheden voor regenwormen, dan Scherpe boterbloem. Deze conclusie is echter slechts gebaseerd op een beperkte hoeveelheid soorten en gegevens en het resultaat van een globale analyse. Het is wenselijk de standplaatskenmerken van andere karakteristieke soorten te onderzoeken, met name negatief indicerende soorten als Gestreepte witbol, Grote vossenstaart, Pitrus en Zachte dravik

5.2 Bodembioologische indicatoren

5.2.1 Regenwormen

Voor inzicht in de regenwormaantallen en -biomassa als voedsel voor weidevogels is het niet nodig om diepgaand en gedetailleerd onderzoek te doen. Belangrijk is dat de methode robuust, makkelijk uit te voeren (het liefst door de beheerder zelf), reproduceerbaar en betaalbaar is.

Behalve het handmatig uitzoeken van een grondplag berusten alle technieken op het uit de grond drijven van de wormen. Eén techniek die dit ook als basis heeft, is niet in de literatuur genoemd, namelijk de

'vismanier'. Bij deze manier wordt de grond met een schop of riek (vork) in trilling gebracht. De methode heeft een aantal grote voordelen:

1. hij kan door iedereen worden uitgevoerd;
2. hij is robuust;
3. er hoeft geen grond verslept te worden;
4. het aantal herhalingen is onbeperkt;
5. de methode is volledig milieuvriendelijk.

Een belangrijke beperking is dat de indicatieve waarde van deze methode onbekend is. Gezien de grote voordelen is het de moeite om dit te onderzoeken. Dit kan relatief eenvoudig op basis van statistiek en veldonderzoek. Vervolgens kan een protocol worden opgesteld hoe de techniek in de praktijk ingezet kan worden.

5.2.2 Nematoden

De onderzoeksresultaten suggereren dat goede weidevogelreservaten relatief veel bacterie-etende nematoden en roofnematoden herbergen. Deze hypothese zou getest kunnen worden door de nematodenfauna in een scala aan weidevogelgebieden te bemonsteren. Als de relatie bevestigd zou worden, is de volgende vraag welke omgevingsfactoren de aantallen en verhoudingen tussen nematodengroepen bepalen en op welke manier bacteriëneters en rovers met beheersmaatregelen bevorderd zouden kunnen worden. Dit is nog een heel onderzoekstraject.

Voor het gebruik van de nematodenfauna als indicator is het niet nodig om de totale nematodenfauna te bepalen. Het bepalen van één of enkele groepen zal voldoende zijn. Hiervoor is het wel nodig om te weten welke groep(en) dit moeten zijn. Op basis van ervaringen en onderzoek bieden de carnivore en omnivore nematoden (rovers, voedselniveau 4) goede kansen. Dit wordt bevestigd door de resultaten van de pilots in Noord-Brabant en Friesland. Door niet de totale nematodenfauna te meten, is het mogelijk om de metingen uit te voeren via moleculaire testen (gebaseerd op DNA, het erfelijk materiaal). Hiermee blijft de toepassing zeer betaalbaar. Binnen het project Lux-in-Terra heeft BLGG AgroXpertus hiermee al ervaring opgedaan. Een product dat specifiek bruikbaar is voor de bodemkwaliteit van weidevogelgebieden moet worden ontwikkeld, maar de bouwstenen zijn aanwezig. Een dergelijke meting kan prima gecombineerd worden met bemestings- of zuurgraadonderzoek.

5.2.3 Mycorrhiza

De studie aan mycorrhizaschimmels in een aantal Friese weidevogelreservaten laat goed zien dat er significante relaties bestaan tussen bodemchemie, vegetatiediversiteit en de hoeveelheid mycorrhizaschimmels. De studie maakt echter niet duidelijk of de aanwezigheid van mycorrhizaschimmels een oorzaak is van een diverse vegetatie of een gevolg. Het wordt ook niet duidelijk of het actief stimuleren van mycorrhizaschimmels dominantie van ongewenste plantensoorten kan verminderen. De voorgestelde beheersmaatregelen (vershralen door maaien en afvoeren en bekalken) zijn dezelfde als waartoe op basis van gangbare vegetatieanalyse en bodemanalyse zou worden besloten. Het is daarom niet duidelijk wat de meerwaarde is van mycorrhizabemonstering voor de kwaliteitsindicatie van weidevogelgebieden.

5.2.4 Vegetatiebewonende ongewervelden

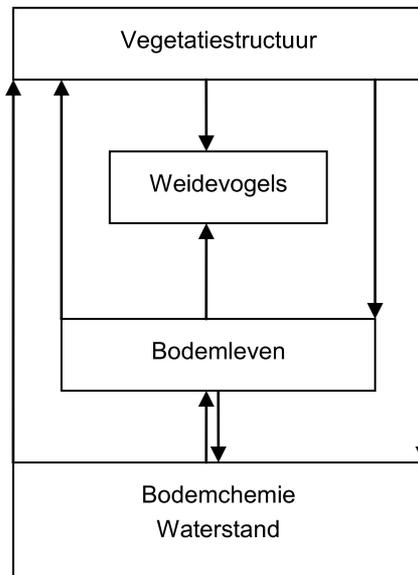
Het belang van vegetatiebewonende ongewervelden als voedsel voor weidevogelkuikens is groot. Met name de larven van Dipteren (Vliegen en muggen) spelen een grote rol. Het meeste onderzoek hiernaar

is echter vrij oud (jaren 70 en 80, door A. Beintema). Momenteel loopt er een project bij Alterra waar op basis van de uitwerpselen van jonge grutto's geprobeerd wordt om anno nu vast te stellen wat het exacte voedsel is (Wim Dimmers, mond. med.). Dit voedsel van de pullen kan een invalshoek zijn voor het definiëren van graslandkwaliteit voor weidevogels. Om dit te kunnen is het noodzakelijk om te weten wat insectenrijke graslanden zijn, welke planten hierbij cruciaal zijn en wat de habitateisen van deze planten zijn. Op basis van literatuur, gesprekken met deskundigen (ecologen, maar ook landgebruikers uit de tijd dat het de weidevogels nog voor de wind ging) en TAGA is dit te achterhalen. Vervolgens kan in een protocol vastgelegd worden hoe de potentie voor insectenrijkdom van de huidige graslanden kan worden beoordeeld, bijvoorbeeld op basis van vegetatie en/of bodemkarakteristieken en welke maatregelen genomen moeten worden voor verbetering.

5.3 Voorlopige conclusies

Met het oog op vervolgstappen trekken we de volgende conclusies:

1. Historische referenties zijn nuttig om de actuele bodemtoestand aan te iken.
2. Het lijkt moeilijk de talloze interacties tussen aspecten van de bodem met één of enkele indicator(en) uit het bodemleven te vatten op basis waarvan een uitspraak gedaan kan worden over de potentie van een gebied voor weidevogels. Als je aan één radertje draait wordt alles weer anders. De complexiteit is groot en de huidige kennis beperkt. Zo is de indicatiewaarde van nematoden en van mycorrhizaschimmels voor weidevogelgrasland nog onduidelijk. In figuur 5-1 zijn de mogelijke interacties weergegeven tussen bodemchemie, waterhuishouding, bodemleven en vegetatiestructuur en weidevogels.



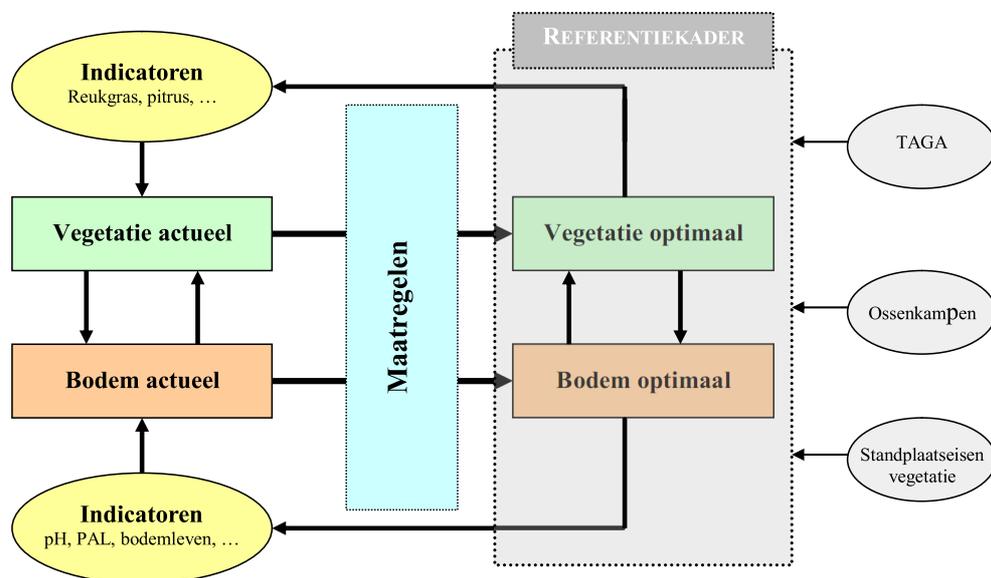
Figuur 5-1 Interacties tussen abiotische en biotische parameters met betrekking tot weidevogels

3. De vegetatie is vanwege de kwantiteit en kwaliteit van gewasresten belangrijk voor het bodemleven. Mogelijk zijn abiotische factoren als bodemchemie en waterstand belangrijker vanwege hun directe in-

vloed op de vegetatiesamenstelling en -structuur. Bodemchemisch lijkt pH een belangrijke factor als groeiomstandigheid voor regenwormen.

4. In dit stadium van het onderzoek lijken directe relaties tussen weidevogels en aspecten van bodem en vegetatie het meest vruchtbaar, bijvoorbeeld via regenwormen (stapelvoedsel van adulte steltloperweidevogels), vegetatiestructuurbepalende plantensoorten (bijvoorbeeld Gewoon reukgras, een belangrijke soort voor de vereiste open vegetatiestructuur) en Dipterenlarven (in het imagostadium een belangrijke voedselbron van pullen).
5. Vanwege de bruikbaarheid bij indicatie van andere aspecten van het bodemleven lijkt het zinvol de indicatieve waarde van nematoden voor weidevogelgebieden nader te onderzoeken.

In figuur 5-2 zijn de conclusies samengevat. Aanvankelijk waren we op zoek naar één of enkele indicatoren die het geheel van bodem en vegetatie eenduidig zouden representeren. Vanwege de complexiteit en de beperkte kennis van met name de relaties tussen bodem- en vegetatiekwaliteit en het bodemleven is dit vooralsnog niet mogelijk gebleken. Het lijkt kansrijker te zoeken naar een set van indicatoren die zijn afgeleid van meer directe relaties tussen vegetatie en bodem en de weidevogels (Gewoon reukgras, Pitrus, regenwormen, bodemchemische factoren en dergelijke). Uit het referentieonderzoek verwachten we een referentiekader voor de indicatoren af te kunnen leiden aan de hand waarvan kan worden bepaald welke maatregelen moeten worden genomen.



Figuur 5-2 - Schematische weergave van het bodemadviesstelsysteem dat het meest kansrijk lijkt. Indicatie van vegetatie- en bodemkwaliteit voor weidevogels wordt verkregen via een set van indicatoren die via toetsing aan het referentiekader (afgeleid van historische gegevens, TAGA etc.) aangeven welke maatregelen moeten worden genomen. De maatregelen zijn het feitelijke advies; de andere elementen zijn noodzakelijke bestanddelen om tot het advies te komen. Tezamen vormen ze het systeem.

5.4 Vervolgstappen

Hier worden de bovengeschetste perspectieven in concrete vervolgstappen vertaald:

1 Referenties

- Het TAGA-archief en het BLGG-archief zijn nuttig om te onderzoeken op bodemkarakteristieken van graslanden in de (toenmalige) weidevogelkerngebieden gedurende de jaren 1960-1980.
- Daarnaast kan het analyseren van de (historische) dataset van de Ossenkampen nieuw licht werpen op relaties tussen bodembioologische parameters (bijvoorbeeld regenwormen, nematoden), bodemchemie en vegetatiesamenstelling.
- Een bodemchemische analyse van actuele graslandvegetaties die als optimaal worden gezien voor weidevogels, kan licht werpen op de vraag of de relaties tussen (optimaal geachte) vegetaties en bodemchemie nog dezelfde zijn als vroeger.

2 Indicatieve graslandplanten

- Naast Gewoon reukgras is het nuttig de standplaatskarakteristieken van een aantal negatief indicerende plantensoorten in kaart te brengen, bijvoorbeeld Pitrus, Gestreepte witbol, Grote vossenstaart en Zachte dravik.
- Het is nog niet goed duidelijk welke bodemfactor(en) het voorkomen van Gewoon reukgras bepalen. Een laag P-Al-getal lijkt gunstig, maar ook bij een P-Al-getal >27 kan Gewoon reukgras talrijk voorkomen. Nader onderzoek is gewenst, bijvoorbeeld naar bodemparameters die nauwer met reukgras correleren.

3 Regenwormen

- Een eenvoudige manier om regenwormen te bemonsteren is de 'vismanier'. Deze methode dient op betrouwbaarheid onderzocht te worden.
- Daarnaast hangt de regenwormenstand nauw samen met de zuurgraad (pH). En pH is eenvoudig te meten, via reguliere bodemchemische metingen maar tegenwoordig ook met draagbare pH-meters die in het veld kunnen worden gebruikt.

4 Nematoden

- Een nematodenfauna waarin carnivore en omnivore soorten domineren is indicatief voor een constant bodemmilieu. Er dient te worden opgehelderd of deze indicatieve waarde van nematoden ook betekenis heeft voor weidevogelgrasland. Tegenwoordig zijn redelijk betaalbare methoden beschikbaar om de nematodenfauna in bodems in kaart te brengen.

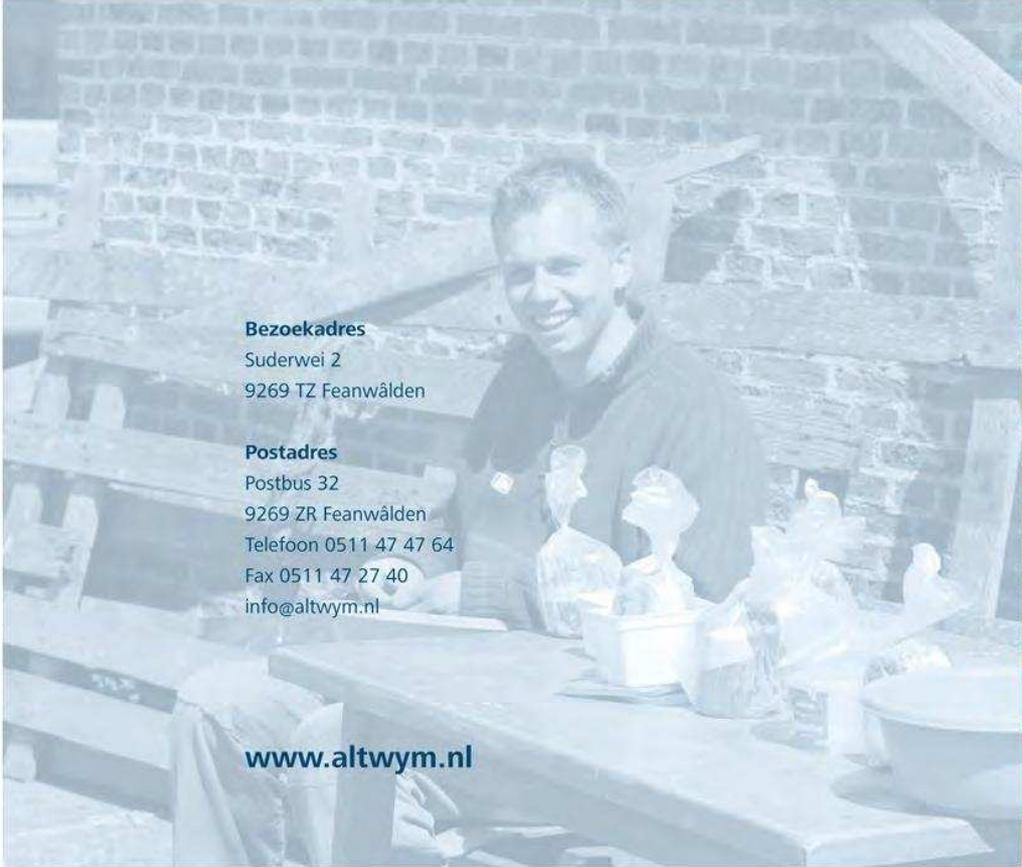
5 Dipterenlarven

- In de wetenschappelijke literatuur moet worden nagezocht wat bekend is van de bodemecologie van dipterenlarven en daarna kan worden bezien of die in een handzame indicator kan worden gevangen.

6 LITERATUUR

- Aggenbach, C.S.J. & M.H. Jalink 2005. Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring in laagveenmoerassen. 9. Boezemlanden. Staatsbosbeheer, Driebergen.
- Baar, J. & A. van Erk 2010. Herstel weidevogelgebieden in Friesland door meer bodemleven. Triple E.
- Beintema, A., 1992. Kieviten in voor- en tegenspoed. *Vanellus* 45: 58-65.
- Beintema, A.J., O. Moedt & D. Ellinger 1995. *Ecologische Atlas van de Nederlandse weidevogels*. Schuyt & Co, Haarlem.
- Cannavacciuolo, M., A. Bellido, D. Cluzeau, C. Gascuelb & P. Trehena 1998. Geostatistical approach to the study of earthworm distribution in grassland. *Applied Soil Ecology* 9: 345-349.
- Curry, J.P. 2004. Factors affecting the abundance of earthworms in soils. In: Edwards, C.A. (Ed). *Earthworm ecology*. CRC press LLC, Boca Raton.
- Eekeren, N. van, E. Heeres & F. Smeding 2003. Leven onder de graszode: Discussiestuk over het beoordelen en beïnvloeden van bodemleven in de biologische melkveehouderij. Louis Bolk Instituut, Driebergen.
- Geerts, R.H.E.M. & M.J.M. Oomes 2000. Kan de Spaanse ruiter het Wageningse Binnenveld heroveren? *De Levende Natuur* 101: 71-75.
- Jalink, M.H. 1996. Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring in laagveenmoerassen. 3. Laagveenmoerassen. Staatsbosbeheer, Driebergen.
- Keidel, H. 1995. De nematodenfauna van 2 weidevogelreservaten in Zuid-Holland. Blgg bv, Oosterbeek.
- Keidel, H. 1997. De bodemkwaliteit van de Binnemiede- en Weeshûspolder bij Giekerk. Blgg bv, Oosterbeek.
- Keidel, H. 2001. De bodemkwaliteit van een aantal weidevogelreservaten in Friesland. Blgg bv, Oosterbeek.
- Kemmers, R., B. van Delft, M. Madaras & A. Grootjans 2010. Soil biodiversity and nutrient cycling in rich fens. New prospects in restoration ecology? Powerpoint-presentation.
- Kentie, R., J. Hooijmeijer, C. Both & T. Piersma 2008. Grutto's in ruimte en tijd. Rapport DK nr 2008/097. Directie Kennis Ministerie van LNV, Ede.
- Kleijn, D., W. Dimmers, R. van Kats & D. Melman 2009. De relatie tussen gebruikersintensiteit en de kwaliteit van graslanden als foerageerhabitat voor gruttkuikens. *Alterra-rapport 1753*. Alterra, Wageningen.
- Knapp, C.W., J. Dolfing, P.A.I. Ehlert & D. W. Graham 2010. Evidence of Increasing Antibiotic Resistance Gene Abundances in Archived Soils since 1940. *Environ. Sci. Technol.* 44: 580-587.
- Kruijne, A.A., D.M. de Vries & H. Mooi 1967. Bijdrage tot de oecologie van de Nederlandse graslandplanten. *Verslagen van Landbouwkundige Onderzoeken* 696. Pudoc, Wageningen.
- Lawniczak, A.E., S. Güsewell & J.T.A. Verhoeven 2009. Effect of N:K supply ratios on the performance of three grass species from herbaceous wetlands. *Basic and Applied Ecology* 10:715-725.
- Meijer & de Wit 1955. Kortenhoef. Een velbiologische studie van een Hollands verlandingsgebied. Stichting 'commissie voor de Vecht en het oostelijk en westelijke plassenengebied', Amsterdam.
- Mol, G. 2008. Het topsysteem van de ondergrond: Een reactievat. Deelrapport 4. Inventarisatie van de bodemchemische informatie over Noord-Brabant in het Bodemkundig Informatie Systeem (BIS). TNO-ALTERRA Rapport 2007-U-R1373/A.
- Mulder, T. 1992. De Grutto (*Limosa limosa* (L.)) in Nederland: aantallen, verspreiding, terreinkeuze, trek en overwintering. KNNV-uitgeverij, Hoogwoud
- Mulder, J. & S. Douma 2009. Bodemfauna-onderzoek De Slaag. Studentenrapport Hogeschool van Hall Larenstein, Leeuwarden.

- Nederlands Normalisatie-instituut 2006. NEN-ISO 23611-1. Soil quality - Sampling of soil invertebrates – Part 1: Hand-sorting and formalin extraction of earthworms (ISO 23611-1:2006, IDT).
- Oosterveld, E.B. 2009. Handleiding bodemkwaliteit weidevogelgebieden. A&W-rapport 1170. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Veenwouden.
- Oosterveld, E.B. & W. Altenburg 2004. Kwaliteitscriteria voor weidevogelgebieden. Met toetslijst. A&W-rapport 412. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Veenwouden.
- Pelosi, C., M. Bertrand, Y. Capowiez, H. Boizard & J. Roger-Estrade 2009. Earthworm collection from agricultural fields: Comparisons of selected expellants in presence/absence of hand-sorting. *European Journal of Soilbiology* 45: 176–183.
- Piek, H., H. van Slogteren & N. van Heijst 1997. Herstel van verzuurde hooilanden in De Wieden. *De Levende Natuur* 98: 283-288.
- Putten, W. van der 2007. Bodemecologie: onzichtbare interacties met zichtbare gevolgen. www.vwo-campus.net.
- Sijens, P. & S. Zonderland 2009. Bodemfauna-onderzoek van Ommenpolder. Studentenrapport Hogeschool van Hall Larenstein, Leeuwarden.
- Sikkema, K. 1973. Mogelijke samenhang tussen vegetatie en broedplaatsen van enkele van onze weidevogels. Karteringsverslag nr. 149. Instituut voor Biologische en Scheikundig onderzoek van Landbouwgewassen, Wageningen.
- Silvertown, J., P.M. Biss & J. Freeland 2009. Community genetics: resource addition has opposing effects on genetic and species diversity in a 150-year experiment. *Ecology Letters* 12:165-170.
- Timmerman, A., D. Bos, J. Ouwehand, en R.G.M. de Goede, 2006. Long-term effects of fertilisation regime on earthworm abundance in a semi-natural grassland area. *Pedobiologia* 50: 427-432.
- Valckx, J., G. Govers, M. Hermy & B. Muys, 2009. Dieper graven naar het belang van regenwormen in duurzaam akkerbeheer – een toolkit voor ecologische erosiecontrole, Departement Aard- en omgevingswetenschappen, K.U. Leuven.
- Verhulst, J., D. Melman & G. de Snoo 2008. Voedselaanbod voor Gruttokuikens in de Hollandse veenweidegebieden. *Tussen Duin en Dijk* 7: 9-12.
- Wal, A. van der, R.H.E.M. Geerts, H. Korevaar, A.J. Schouten, G.A.J.M. Jagers op Akkerhuis, M. Rutgers & C. Mulder 2009. Dissimilar response of plant and soil biota communities to long-term nutrient addition in grassland. *Biology and Fertility of Soils* 45: 663-667.
- Wardle, D.A., R.D. Bardgett, J.N. Klironomos, H. Setälä, H., W.H. Van Der Putten & D.H. Wall, 2004. Ecological Linkages between aboveground and belowground biota. *Science* 304: 1629-1633.
- Yeates, G.W., T. Bongers, R.M.G. de Goede, D.W. Freckman & S.S. Georgieva, 1993. Feeding Habitats in Soil Nematode Families and Genera – An Outline for Soil Ecologists. *Journal of Nematology* 25: 315-331.
- Zwarts, L. 1988. De bodemfauna van de Fries-Groningse waddenkust. *Flevobericht* nr 294. Rijksdienst voor IJsselmeerpolders. Lelystad.
- Zwarts, L., R.G. Bijlsma, J. van der Kamp & E. Wymenga 2010. *Living on the Edge. Wetlands and birds in a changing Sahel*. KNNV Publishing, Zeist

A man with short hair, wearing a dark jacket, is sitting at a wooden table. On the table are several white bowls and plastic bags, some containing what appears to be food. The background is a rustic stone wall with wooden beams. The image is semi-transparent.

Bezoekadres

Suderwei 2
9269 TZ Feanwâlden

Postadres

Postbus 32
9269 ZR Feanwâlden
Telefoon 0511 47 47 64
Fax 0511 47 27 40
info@altwym.nl

www.altwym.nl

