

## 2 De stikstofkringloop in een niet bemest graslandecosysteem; effecten van ingrepen in hydrologie en beheer

E.P.H. Best, M.J.M. Oomes & F. Berendse  
DLO-Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO-DLO), Wageningen

### Samenvatting

*De natuurwaarde van extensieve graslanden kan door ingrepen in de nutriëntenhuishouding en hydrologie worden beïnvloed.*

*De mogelijkheden voor regeneratie van vochtige, natte schraallanden worden onderzocht in een proefterrein dat deel uitmaakt van de Veenkampen, een gebied vroeger rijk aan blauwgraslanden. De effecten van beëindiging van de bemesting, al dan niet in combinatie met aanvullende maai- en plageregimes, en verhoging van de grondwaterstand, op de nutriëntenkringlopen, primaire produktie en soortenrijkdom worden bestudeerd.*

*Jaarlijkse stikstofbalansen werden opgesteld voor de niet bemeste graslandecosystemen met lage en hoge grondwaterstand, en vergeleken met die van een aangrenzend, bemest graslandstelsel. Voor het grasland was atmosferische depositie de belangrijkste aanvoerbron van stikstof (N), het afgevoerde maaisel de belangrijkste afvoer. Voor de slootkant en sloot zorgde bronwater vooral voor de aanvoer van N, was het maaisel een belangrijke afvoerpost, maar bij de hoge grondwaterstand vond er vooral afvoer via oppervlaktewater plaats.*

*De mineralisatie van N werd gemeten in het niet bemeste grasland bij lage en bij hoge grondwaterstand. Bij lage grondwaterstand was deze  $201 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$  en bij hoge grondwaterstand  $158 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ . De mineralisatiesnelheden van N waren op jaarbasis hoger dan de N-hoeveelheden die met het maaisel werden afgevoerd.*

*De primaire produktie van het grasland was duidelijk lager in het niet bemeste systeem dan in het bemeste systeem: droog  $6,6$  en nat  $5,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$  vs.  $12 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ . Versneld afvoeren van N door plagen leidde tot lagere produkties (ca.  $5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ ). Bij een opbrengstniveau van minder dan  $6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$  wordt verhoging van de soortenrijkdom mogelijk. Van de slootkant- en slootvegetatie lagen de opbrengsten 4 jaar na verhoging van de grondwaterstand vrijwel allemaal boven het streef-niveau voor potentiële soortenverrijking van ca.  $3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ , met uitzondering van de slootvegetatie langs het niet bemeste systeem met hoge grondwaterstand.*

*Het grasland bevatte minder soorten dan de slootkant en sloot ( $22-29$  soorten/ $500 \text{ m}^2$  vs.  $84-99$  soorten/ $5$  opnamen van  $25 \text{ m}$  slootlengte).  $26\%$  van de soorten van de slootkant en sloot kwam ook in het grasland voor. Het aantal soorten in het grasland nam enigszins toe, vooral bij hoge grondwaterstand.  $67\%$  van de soorten die zich in het grasland vestigden kan vanuit de slootkant het grasland hebben bereikt.*

## 2.1 Inleiding

### 2.1.1 Graslandoecosystemen

Graslandoecosystemen zijn in twee groepen te verdelen, namelijk intensieve en extensieve.

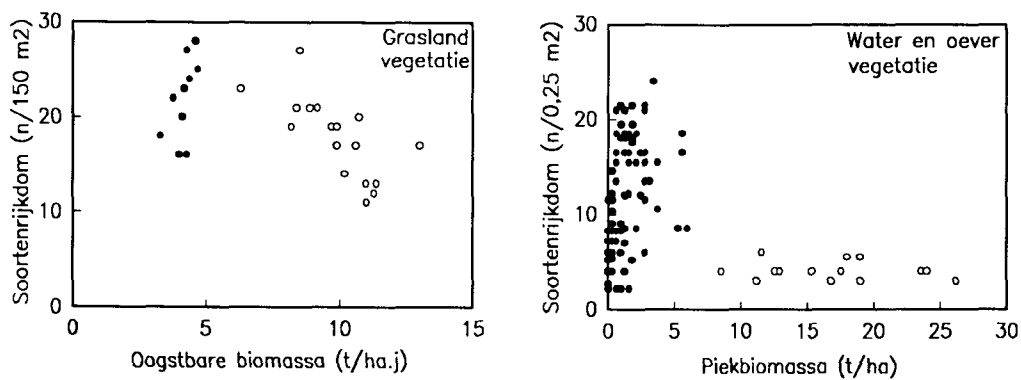
Het beheer van intensieve graslanden is gericht op het economisch optimaliseren van de primaire produktie per oppervlakte-eenheid grond en op het optimaliseren van de graskwaliteit ten bate van een zo efficiënt mogelijk gebruik door het vee: het heeft voornamelijk landbouwkundige doelstellingen.

Het beheer van extensieve graslanden is primair gericht op het optimaliseren van de natuurwaarde van het hele oecosysteem: het heeft naast natuurbeschermings- ook landbouwkundige doeleinden. Bij een extensief graslandoecosysteem zijn twee zones te onderscheiden: een zone in het centrum met een graslandvegetatie en een zone aan de rand. Sloten zijn in Nederland vaak afscheidingen tussen graslandpercelen, en vormen daarom een belangrijke bijdrage aan deze randzones. De begroeiing van sloten bestaat uit een slootkantvegetatie op het talud en een slootvegetatie in het water. Met slootkantvegetatie wordt het deel van de talud-begroeiing bedoeld dat onder invloed van het slootpeil staat. De natuurwaarde van een graslandoecosysteem wordt gewoonlijk uitgedrukt in de soortenrijkdom en het aantal zeldzame soorten. Bij de terrestrische componenten van graslandoecosystemen gaat het hierbij vooral om de flora, bij de (semi-) aquatische componenten om de flora en (macro-)fauna. De randzones van graslandoecosystemen leveren een aanzienlijke bijdrage aan de natuurwaarde doordat ze floristisch zeer soortenrijk kunnen zijn.

### 2.1.2 Natuurontwikkeling

Er bestaat momenteel een grote behoefte aan inzichten in de mogelijkheden tot natuurontwikkeling in verschillende landschappen. Onder natuurontwikkeling wordt in dit geval verstaan: 'een complex van menselijke ingrepen in natuur en landschap en regulering van gebruiksactiviteiten gericht op een gewenste oecologische ontwikkeling'. Natuurontwikkeling kan uitgevoerd worden in gebieden, die een hoofdfunctie natuur krijgen en volledig aan het landbouwkundig gebruik onttrokken worden, maar ook in gebieden, die zowel een natuur- als een landbouwkundige functie krijgen.

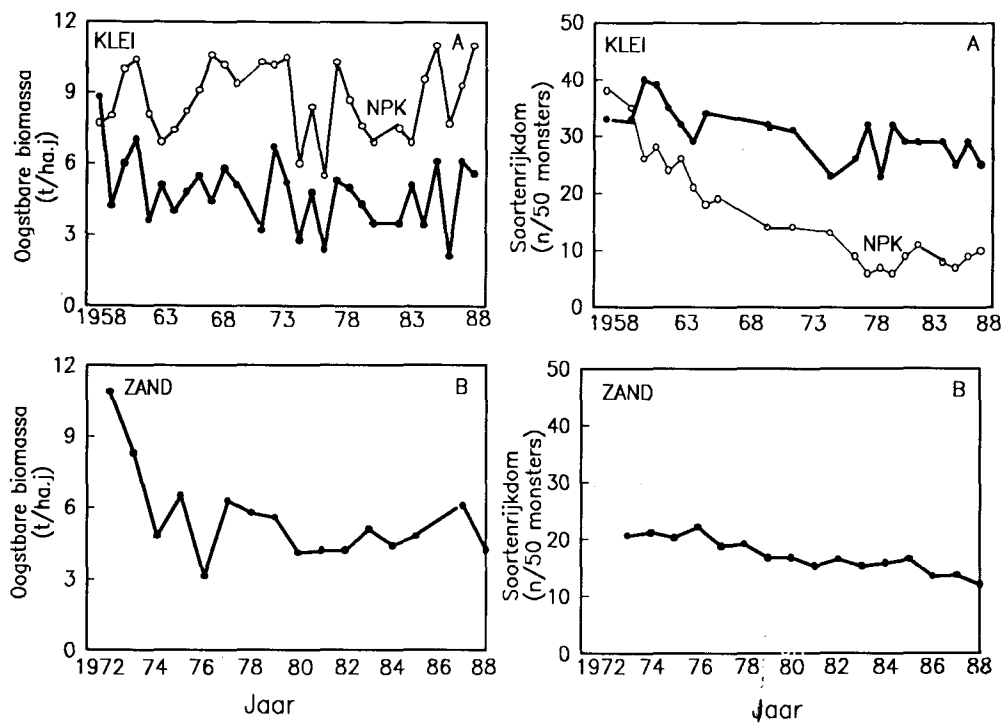
De veenweidegebieden en beekdalen zijn landschappen waarvoor plannen bestaan om delen als kerngebieden in de Ecologische Hoofdstructuur op te nemen, en andere delen voor natuurontwikkeling in aanmerking te laten komen (Natuurbeleidsplan, 1989). De arealen van deze gebieden beslaan tenminste 238 000 ha (veenweiden 238 000 ha, cf. Stiboka, 1965; beekdalen onbekend). De laatste decennia zijn de waardevolle, schrale vochtige graslanden niet alleen sterk in oppervlakte afgenomen, maar ook in natuurwaarde. Deze afname wordt voornamelijk toegeschreven aan intensief landbouwkundig gebruik van de graslanden zelf en van de gebieden in de directe omgeving ervan (ontwatering, bemesting, gebruik van



Figuur 2.1. De relatie tussen maximale biomassa en soortenrijkdom.

Graslandvegetatie: opbrengst bij 2x per jaar maaien; bovengrondse biomassa hoger dan 5 cm boven de bodem (Nederland; Oomes, 1988). Gesloten symbolen, niet bemest; open symbolen, bemest.

Oever- en watervegetatie: piekbiomassa; totale boven- en ondergrondse biomassa, waarvan 50-60 % oogstbaar is bij 1x per jaar maaien (Canada; Wisheu & Keddy, 1989). Gesloten symbolen, oligotroof meer; open symbolen, eutroof lisdodde moeras.



Figuur 2.2.

A. Jaarlijkse opbrengst en soortenrijkdom van een graslandvegetatie op zware klei (De Ossenkampen), die 2x per jaar wordt gemaaid. Gesloten symbolen, niet bemest; open symbolen, jaarlijks bemest met 160 kg N ha<sup>-1</sup>, 52 kg P ha<sup>-1</sup> en 332 kg K ha<sup>-1</sup>.

B. Jaarlijkse opbrengst en soortenrijkdom van een graslandvegetatie op zandgrond (Born Zuid), die 2x per jaar wordt gemaaid. Monstergrootte, 25 cm<sup>2</sup> (naar Berendse et al., 1992b).

pesticiden e.d.). Het is de vraag aan welke abiotische en biotische condities een gebied moet voldoen om de ontwikkeling van waardevolle graslandoecosystemen mogelijk te maken, en hoe dergelijke oecosystemen doeltreffend kunnen worden beheerd om de natuurwaarde te behouden c.q. te vergroten.

### 2.1.3 Primaire produktie, soortenrijkdom en nutriënten-aanbod

De hoogte van de primaire produktie van een oecosysteem bepaalt in sterke mate de soortenrijkdom. Dit houdt in dat naarmate de primaire produktie toeneemt het aantal soorten afneemt. Bij extreem lage produktie neemt het aantal soorten echter weer af, maar dan verschijnen juist een aantal zeldzame soorten die zijn aangepast aan extreme milieuoedities. Om een grote soortenrijkdom mogelijk te maken moet de produktie minimaal tot een bepaald niveau worden teruggebracht (Grime, 1979). Voor graslandvegetatie betekent dit dat de drogestofopbrengst bij 2x per jaar maaien niet hoger dan  $6 \text{ t ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$  moet zijn (Figuur 2.1; Oomes, 1988). Voor water- en oevervegetatie lopen de meningen hierover uiteen. De drogestofopbrengst zou wat lager moeten liggen voor een vegetatie met overwegend 'echte waterplanten', nl. bij 1x per jaar maaien ca.  $3 \text{ t ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$  (Figuur 2.1; Wisheu & Keddy, 1989). Voor een oevervegetatie met overwegend emerse soorten zou de drogestofopbrengst in dezelfde orde van grootte als voor graslandvegetatie kunnen liggen (Vermeer & Berendse, 1983; Vermeer & Verhoeven, 1985; Wheeler & Shaw, 1991). Het maximaal te bereiken aantal soorten per vegetatietype of -categorie hangt weer van andere factoren af, o.a. van de omvang van de zaadbank en de mate van isolatie.

De hoogte van de primaire produktie wordt sterk bepaald door het nutriëntenaanbod. Beheer gericht op beperking van het nutriëntenaanbod is derhalve nodig voor een verlaging van de primaire produktie. Beheersrelevante vragen hierbij zijn: i) Welke nutriënten worden wanneer beperkend?, en ii) Hoe snel neemt de beschikbaarheid van de verschillende nutriënten af?

De hoogte van de primaire produktie en de soortenrijkdom werden langdurig gevolgd in een grasland op zware klei. Met bemesting bleef de primaire produktie op een niveau van  $6-10 \text{ t drogestof ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ , maar het aantal soorten nam sterk af (Figuur 2.2A). Zonder bemesting nam de primaire produktie al vrij snel af en bleef vervolgens schommelen rond een waarde van  $4-6,5 \text{ t ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ . Het aantal soorten nam echter veel langzamer af dan met bemesting. Naar aanleiding van deze resultaten rees de vraag of het mogelijk is om voorheen bemest produktiegrasland om te vormen tot soortenrijk hooiland door de bemesting te beëindigen en vervolgens te verschralen door de gevormde plantenmassa versneld af te voeren. Om deze vraag te beantwoorden werd een experiment uitgevoerd in een grasland op zandgrond (Figuur 2.2B). Hier trad een afname in opbrengst tot de gewenste  $6 \text{ t ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$  binnen 6 jaar op. Het aantal soorten in de niet bemeste graslanden nam echter ook in de tijd af, in tegenstelling tot de verwachting.

## 2.1.4 Beheersvragen

Stikstof is één van de nutriënten die het produktieniveau van de graslandvegetatie bepalen (Berendse et al., 1992b). Voor de slootkant- en slootvegetatie is dit niet bekend. Niet duidelijk is welk beheer snel een afname van de nutriëntenbeschikbaarheid kan bewerkstelligen, waarbij tegelijkertijd gunstige abiotische condities worden gecreëerd voor de vestiging van bijzondere soorten.

De verwachting is dat de antwoorden op deze vragen liggen in de sfeer van uitwendig beheer (hydrologie) en inwendig beheer (graslandgebruik), beide tot uiting komend in een afname van de nutriëntenbeschikbaarheid (minder nutriëntentoevoer, meer -afvoer, minder mineralisatie).

## 2.2 De Veenkampen

De mogelijkheid voor regeneratie van vochtige, schrale graslanden wordt onderzocht in een proefterrein dat deel uitmaakt van de Veenkampen, een gebied waar blauwgraslanden oorspronkelijk veelvuldig voorkwamen maar sinds de vijftiger jaren grotendeels zijn verdwenen. Dit gebied kan als representatief voor 34 % van het veenweidegebied beschouwd worden.

De Veenkampen ligt in het zuidelijk deel van de Gelderse Vallei tussen Rhenen en Wageningen (51° 54' N; 5° 38' O). De bodem bestaat uit een 1,20 m dikke laag koopveen op een zandige ondergrond. Het gebied heeft 3 watervoerende pakketten. Het bovenste pakket is 20-30 m dik en is door een slecht doordringbare leemlaag van de ondergrond afgesloten.

**Tabel 2.1.** Hydrologie en beheer van graslandoecosystemen in het Veenkampengebied (mv, maaiveld; gecomp., gecompartmenteerd; W, winter; Z, zomer).

Object	Hydrologie				Beheer		
	Isolatie		Streef-grondwaterstand (cm-mv)		Bemesten	Maaien afvoeren	Plaggen
	Open	Gecomp.	W	Z			
Cultuur grasland	+		30	80	+		
Verschralend grasland	+		30	80	-	+/-	+/-
		+	0	30	-	+/-	+/-

Er werd een proefgebied ingericht om de effecten van verlaagde nutriëntentoevoer, verschillende intensiteiten van afvoer en verhoogde grondwaterstand op graslandoecosystemen te onderzoeken (Tabel 2.1). De nutriëntentoevoer werd verlaagd door de bemesting in 1977 te beëindigen, de graslandvegetatie 1-2x per jaar te maaien en het maaisel af te voeren, en de bovenste bodemlaag af te plaggen. De slootkant- en slootvegetatie werd 1x per jaar gemaaid en afgevoerd, een gangbare maatregel om de primaire functie van sloten, het afvoeren van water, in stand te houden. De grondwaterstand werd vervolgens in 1985 verhoogd in een deel van

het proefgebied door nutriënt-arm, kalkrijk grondwater aan een hydrologisch geïsoleerd gebiedsdeel toe te voeren. Dit compartiment grensde aan een niet bemest systeem met lage (gangbare) grondwaterstand, en een bemest systeem met lage grondwaterstand.

## 2.3 De stikstofhuishouding van de Veenkampen

### 2.3.1 Stikstofbalansen

Er werden N-balansen opgesteld voor de niet bemeste graslandecosystemen met lage en hoge grondwaterstand. Deze werden vergeleken met die van het aangrenzende bemeste systeem (Tabel 2.2).

In het niet bemeste systeem was sprake van een negatieve N-balans voor het grasland. De grootste afvoerpost was het afgevoerde maaisel. De verschraling was sterker bij een lage dan bij een hoge grondwaterstand, omdat de drogestofproductie in het eerste geval hoger was en er dus meer plantenmassa afgevoerd werd. De denitrificatie was aanzienlijk, maar lag in beide gevallen in dezelfde orde van grootte. Van het toegevoerde bronwater leek vooral het effect op het vochtgehalte in de bodem van belang. Volgens de berekening ging er door wegzijging weinig N verloren. Deze post zou onderschat kunnen zijn, omdat er i) geen precieze seizoensgebonden wegzijgingsgetallen voorhanden waren (er werd met een jaargemiddelde gerekend), en ii) de nitraatconcentratie in het bodemvocht in de bovenste bodemlaag van 10 cm werd gebruikt. In het bemeste systeem was sprake van een positieve N-balans voor het grasland. Hoewel de drogestofproductie hier hoger was dan in de niet bemeste delen, en er dus netto meer N afgevoerd werd, was de N-aanvoer veel hoger door de bemesting. Denitrificatie werd nog niet gemeten, maar verwacht kan worden dat deze hoger is dan in de niet bemeste graslanden, vanwege de relatief hoge nitraatgehaltes in de bodem na bemesting.

De slootkanten en sloten van het niet bemeste systeem met hoge grondwaterstand hadden een licht positieve N-balans, vooral door de N-aanvoer met bronwater. De grote hoeveelheid met bronwater aangevoerde N werd grotendeels (circa 80 %) weer met het oppervlaktewater afgevoerd. Een deel van dit water, met de daarin meegevoerde N, ging de bodem van het perceel in via drains of verliet het systeem via wegzijging. In het bemeste systeem hadden de slootkanten en sloten een licht negatieve N-balans. Denitrificatie werd nog niet over een periode van een jaar gemeten. Verwacht kan worden dat deze in de slootkanten relatief hoog is (t.o.v. de in het niet bemeste grasland gemeten denitrificatie) daar hier een frekwente afwisseling tussen zuurstofrijke en -arme zones optreedt door begroeiing met emerse planten en wisselend waterpeil. In de slootbodems kan de denitrificatie relatief hoog zijn op begroeide plaatsen, waar zuurstof vanuit de wortels de bodem in kan lekken, en laag op niet begroeide plaatsen door continue anaërobie. Dun begroeide slootbodems, zoals van het niet bemeste systeem met hoge grondwaterstand, bevatten geen of zeer weinig nitraat en zullen dus nauwelijks denitrificatie hebben.

**Tabel 2.2.** Stikstofbalansen (kg N.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup>) van bemeste en niet bemeste graslandecosystemen in het Veenkampen gebied. Per systeem worden de delen met de graslandvegetatie en de slootkant- en slootvegetatie onderscheiden.

Balanspost	Bemest		Niet bemest		
	Lage grondwaterstand		Lage grondwaterstand	Hoge grondwaterstand	
	Grasland	Slootkant en sloot		Grasland	Grasland
<b>Aanvoer</b>					
Atmosferische depositie <sup>1</sup>	60	60	60	60	60
N-fixatie <sup>2</sup>	<1		<1	<1	
Bemesting <sup>3</sup>	218	22	0	0	0
Bronwater <sup>4</sup>	0	0	0	0	286
Opp. water	0	0	0	0	0
<b>Afvoer</b>					
Oogst vegetatie	ca. 271 <sup>5</sup>	72 <sup>6</sup>	167 <sup>7</sup>	136 <sup>7</sup>	<78 <sup>6</sup>
Denitrificatie	? <sup>8</sup>	? <sup>8</sup>	18 <sup>7</sup>	16 <sup>7</sup>	? <sup>8</sup>
Wegzijing <sup>9</sup>	0	0	0	3	3
Opp. water <sup>10</sup>	0	18	0	0	228
<b>Balans</b>	<b>+7</b>	<b>-8</b>	<b>-125</b>	<b>-95</b>	<b>+37</b>

- Som van N in doorval en directe opname door graslandvegetatie gemeten in het niet bemeste, droge systeem (Van Dam, 1990).
- Geschat uit de bijdrage van vlinderbloemigen aan de graslandvegetatie en hun karakteristieke N-fixatie (40 kg N.t<sup>-1</sup> drogestof; Van der Meer & Baan Hofman, 1989).
- Registratie bemesting door de beheerder (1990; Van Westeneng, pers. meded.). Tien procent van de bemesting komt meestal op de slootkanten terecht (Melman, 1991).
- Aanvoer bronwater (Van der Schaaf, ongepubl.) en N-gehalte gemeten (Best, ongepubl.): 140,6 kg N.gebied<sup>-1</sup> met oppervlak 0,49 ha (1991).
- Verwachte oogst geschat door de beheerder (Van Westeneng, pers. meded.). N-gehalte plantenmateriaal gemeten (1991; Best, ongepubl.).
- Oogstbare biomassa gemeten (1991; Best, ongepubl.).
- Oogstbare biomassa gemeten, evenals denitrificatie (1989; Berendse et al., 1992a).
- Denitrificatie van slootkant- en slootbodems onbekend.
- Wegzijing per jaar in gebieden met hoge grondwaterstand berekend uit jaargemiddelde wegzijing afgeleid uit balansberekeningen 3 perioden 1986-'87 door Van Hateren (1988); met lage grondwaterstand verwaarloosbaar beschouwd. Jaargemiddelde nitraat-concentratie bodemvocht gemeten (1989).
- Oppervlaktewaterafvoer gebied met lage grondwaterstand restpost waterbalans; afvoer bij hoge grondwaterstand gemeten (Van der Schaaf, ongepubl.), evenals N-gehalte water (1991). Bemest, lage grondwaterstand: 10 kg N.gebied<sup>-1</sup> met oppervlak 0,49 ha. Niet bemest, hoge grondwaterstand: 52,5 kg N.gebied<sup>-1</sup> met oppervlak 0,23 ha.

In termen van N-aanvoer was atmosferische depositie de belangrijkste bron voor het grasland (Tabel 2.2). Voor de slootkant en sloot was bronwater de belangrijkste N-bron op jaarbasis. Tijdens regenperioden werd neerslag echter de belangrijkste aanvoerbron niet alleen voor water, maar ook voor N. Regenwater bevat gewoonlijk meer N dan diep grondwater (2-3 x zoveel; Verhoeven et al., 1988). Het verloop van de mengverhouding tussen de verschillende watertypen in de tijd is dus van belang in dit geval (Tabel 2.2, Tabel 2.3).

**Tabel 2.3.** Waterbalansen ( $m^3$ /gebied.j) van deels bemeste en niet bemeste graslandoecosystemen in het Veenkampen gebied.

Balanspost	Bemest/niet bemest	
	Lage grondwaterstand	Hoge grondwaterstand
<b>Aanvoer</b>		
Neerslag <sup>1</sup>	27 412	29 951
Bronwater <sup>2</sup>	0	121 044
Opp. water <sup>3</sup>	0	0
<b>Afvoer</b>		
Verdamping <sup>4</sup>	19 494	21 300
Wegzijing <sup>5</sup>	0	85 409
Opp. water <sup>6</sup>	7 918	44 286

1. Neerslag gemeten in Wageningen (1991, LUW-Vakgr. Natuur- en Weerkunde). Oppervlakten gebieden: half bemest/niet bemest 5,3 ha; niet bemest 5,8 ha.
2. Aanvoer bronwater gemeten (1991, Van der Schaaf, ongepubl.).
3. Aanvoer oppervlaktewater bij lage grondwaterstand op jaarbasis verwaarloosbaar. Aanvoer bij hoge grondwaterstand verhinderd door compartimentering.
4. Verdamping per oppervlakte-eenheid gebied met lage grondwaterstand vergelijkbaar aan die met hoge grondwaterstand gesteld, aannemend dat de grondwaterstand niet lager dan 80 cm -mv komt. Voor gebied met hoge grondwaterstand restpost.
5. Wegzijing per jaar bij lage grondwaterstand verwaarloosbaar beschouwd. Bij hoge grondwaterstand berekend uit jaargemiddelde wegzijing van 4 mm/etm, zoals afgeleid uit balansberekeningen 3 periodes 1986-'87, Van Hateren (1988).
6. Oppervlaktewaterafvoer gebied met lage grondwaterstand restpost waterbalans; afvoer bij hoge grondwaterstand gemeten (1991; Van der Schaaf, ongepubl.).

In termen van N-afvoer was afvoer van het maaisel in alle gevallen de belangrijkste post voor het grasland. Voor de slootkant en sloot was afvoer van het maaisel wel belangrijk, maar bij hoge grondwaterstand overheerste afvoer met oppervlaktewater.

### 2.3.2 Stikstofmineralisatie

Stikstof kan in de bodem gemobiliseerd en geïmmobiliseerd worden. Bij overheersing van mobilisatie komt minerale N voor de vegetatie vrij (mineralisatie). Bij overheersing van immobilisatie wordt N in humus ingebouwd en is weinig N voor de



vegetatie beschikbaar. Bij deze processen is de N-huishouding nauw verweven met de koolstofhuishouding. In Tabel 2.4 zijn enkele bodemkarakteristieken gegeven.

**Tabel 2.4.** Bodemkarakteristieken van bemeste en niet bemeste graslandoecosystemen in het Veenkampen gebied. Per systeem worden grasland, slootkant en sloot onderscheiden. Metingen 1991 (Best, ongepubl.). W, winter; Z, zomer.

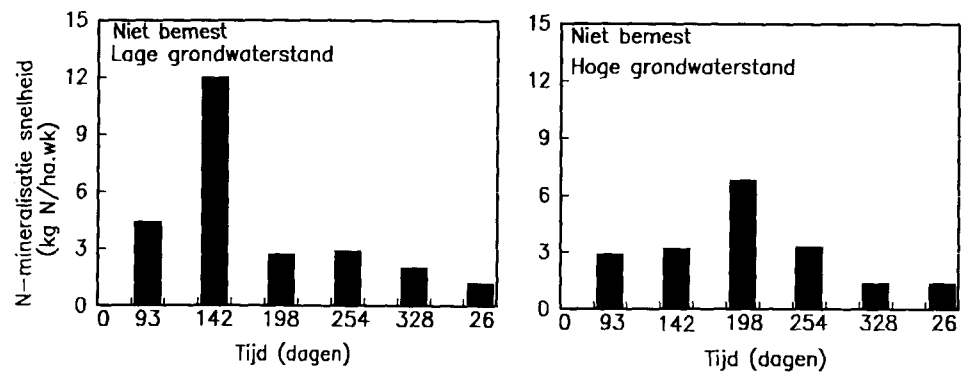
Bodemgesteldheid		Bemest			Niet bemest		
		Lage grondwaterstand			Hoge grondwaterstand		
		Grasland	Slootkant	Sloot	Grasland	Slootkant	Sloot
Vochtgeh. (% vers gewicht)	W	48,4	76,3	84,3	59,3	70,7	83,3
	Z	40,1	77,0	81,3	56,0	68,5	84,7
pH(water)	W	5,5	6,2	7,0	5,5	5,8	6,2
	Z	5,5	6,6	7,1	5,8	5,8	6,4
C:N ver- houding	Z	11,2	14,6	14,9	13,2	14,2	15,8

De C:N verhouding voor de graslandbodems was karakteristiek voor klei (Verberne et al., 1990). De bodem van het niet bemeste systeem was wat rijker aan organische stof dan van het bemeste. De slootkant- en slootbodems hadden een hogere C:N verhouding, omdat ze grotendeels uit veen bestonden. In alle gevallen was de C:N verhouding van de bodem (bovenste 15 cm) < 25, een waarde waarboven gewoonlijk N-immobilisatie optreedt.

De pH's van niet bemest en bemest grasland waren vergelijkbaar. De pH's van slootkant en sloot van het niet bemeste systeem met hoge grondwaterstand waren lager dan van het bemeste systeem met lage grondwaterstand, wijzend op verzuring in eerstgenoemd systeem. Dit is mogelijk een gevolg van de N-opname door de emerse vegetatie. Deze planten nemen overwegend  $\text{NH}_4^+$  uit de bodem op en scheiden daarbij  $\text{OH}^-$ -ionen uit.

De mineralisatie van N werd gemeten in het niet bemeste grasland bij lage en bij hoge grondwaterstand (Figuur 2.3; Berendse et al., 1992a). Bij lage grondwaterstand was deze  $201 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$  en bij hoge grondwaterstand  $158 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ . Ook het patroon in de tijd verschilde: bij lage grondwaterstand trad het maximum vroeger in het jaar op dan bij hoge grondwaterstand. De hierbij gevormde ammonium-N werd grotendeels genitrificeerd (60-76 %). De N-mineralisatiesnelheden waren op jaarbasis hoger dan de N-hoeveelheden die met het maaisel afgevoerd werden, en zouden de N-behoefte van de vegetatie kunnen dekken als ze op dezelfde tijdstippen beschikbaar zouden zijn wanneer de vegetatie er behoefte aan heeft. Dit laatste moet echter nog nagegaan worden.

De mineralisatie van N in de zone met slootkant- en slootvegetatie is in onderzoek. Mineralisatiesnelheden van N in bodems van veenmoerassen zijn gewoonlijk aanzienlijk lager dan in graslandbodems, in de orde van  $20\text{-}40 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$  (Nederland; Verhoeven et al., 1990).



Figuur 2.3. Mineralisatiesnelheden van N in de bodem van graslandecosystemen in het Veenkampen gebied, bestaande uit A) een niet bemest perceel met lage grondwaterstand, en B) een niet bemest perceel met hoge grondwaterstand. Metingen maart 1989-maart 1990. Incubatie duur 12 weken in de winter en 6-9 weken gedurende de rest van het jaar. Netto-mineralisatiesnelheden: 201 kg N.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup> bij lage grondwaterstand, 158 kg N.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup> bij hoge grondwaterstand (Berendse et al., 1992a).

Deze hoeveelheden kunnen de N-behoefte van de emerse vegetatie, die N uit de bodem opneemt, waarschijnlijk niet dekken (Tabel 2.2) en beperking van de productie van deze planten door N is daarom aannemelijk. 'Echte waterplanten' kunnen N niet alleen uit de bodem maar ook uit het oppervlaktewater opnemen. Gezien de aanzienlijke N-aanvoer met het bronwater is het niet waarschijnlijk dat de groei van deze planten N-beperkt is.

## 2.4 De betekenis van de stikstofhuishouding voor de vegetatie

### 2.4.1 Primaire productie en groeibeperking door stikstof

De primaire productie werd vanaf 1986 jaarlijks gemeten. Veertien jaar na stopzetten van de bemesting en 2-3 jaar na verhoging van de grondwaterstand, was bij een beheer van 2x per jaar maaien en afvoeren de drogestofopbrengst in het niet bemeste systeem afgenomen tot 6,6 t.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup>. De afname in opbrengst was sterker bij hoge dan bij lage grondwaterstand (5,6 vs. 6,6 t.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup>; Tabel 2.5). Versnelde afvoer van nutriënten door middel van eenmalig afplaggen van de bovenste bodemlaag van 5 cm, gevolgd door een maaibeheer van 2x per jaar maaien en afvoeren, veroorzaakte een sterkere afname in opbrengst. Het verschil in opbrengst met de veldjes die niet waren afgeplagd bleek echter na een aantal jaren te verdwijnen. De opbrengst was veel lager dan die van het bemeste systeem met lage grondwaterstand.

Uit bemestingsexperimenten in de 2x per jaar gemaaide graslandvegetatie bleek dat bij hoge grondwaterstand vooral K de productie bepaalt, terwijl dit bij lage grondwaterstand vooral N is (Figuur 2.4). De nutriëntengehalten van de vegetatie

waren weliswaar hoger bij bemesting, maar resulteerden niet in een hogere productie (Oomes, ongepubl.).

**Tabel 2.5.** Jaarlijkse productie van oogstbare biomassa (t drogestof.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup>) van bemeste en niet bemeste graslandoecosystemen in het Veenkampen gebied. Per graslandstelsel worden de graslandvegetatie en de slootkant- en slootvegetatie onderscheiden.

Beheer vegetatie:

MA : maaien 2x per jaar , afvoeren maaisel; vanaf 1985

GR : grazen

M : maaien 1x per jaar , afvoeren maaisel; vanaf 1985

MM : maaien 2x per jaar , mulchen en maaisel ter plaatse laten liggen; vanaf 1985;

P;MA : bovenste 5 cm bodemlaag afplaggen (1985); vervolgens 2x per jaar maaien en afvoeren

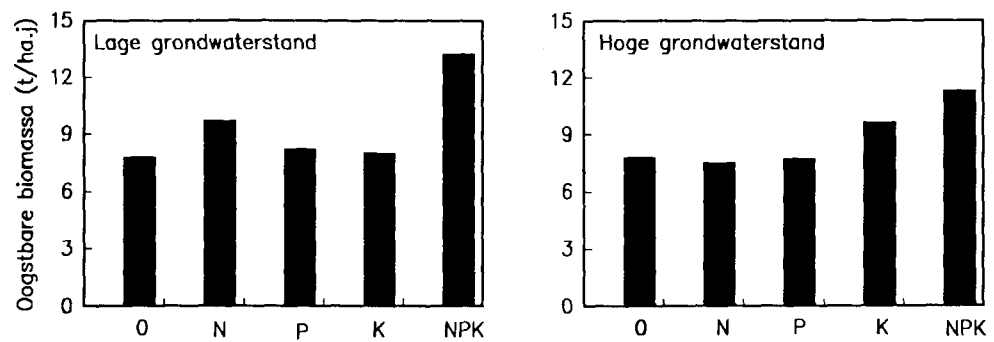
Vegetatietype	Bemest		Niet bemest						
	Lage grondwaterstand		Lage grondwaterstand				Hoge grondwaterstand		
	MA;GR	M	MM	MA	P;MA	MM	MA	P;MA	M
Grasland <sup>1</sup>	ca. 12		10,5	6,6	4,1	9,5	5,6	5,7	
Slootkant <sup>2</sup>		5,0							6,3
en sloot		4,8							<3,0

1. Oogst bemest systeem geschat door de beheerder (1990; Van Westeneng, pers. meded.). Oogst niet bemest systeem gemeten (1990; Berendse et al., 1992b).

2. Oogstbare biomassa gemeten (1991; Best, ongepubl.).

Voor de slootkant- en slootvegetatie was het beeld anders. Vier jaar na verhoging van de grondwaterstand lagen de opbrengsten vrijwel allemaal boven het streefniveau voor potentiële soortenverrijking van ca. 3 t.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup>, met uitzondering van de slootvegetatie langs het niet bemeste systeem met hoge grondwaterstand (Tabel 2.5). Deze slootvegetatie vertoonde een verloop in soortensamenstelling, en daarom ook in productie. De productie was laag dichtbij de inlaatpunten van het bronwater en nam toe tot 3 t.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup> op plaatsen in hetzelfde compartiment waar de invloed van de kwaliteit van het bronwater klein was.

De wat lagere opbrengst van de slootvegetatie in het bemeste systeem kan het gevolg zijn van groeibeperking door N gezien de lage N-gehalten van het plantenmateriaal (<1,4 % van asvrij drooggewicht). Groeibeperking door andere elementen zoals K kan echter niet worden uitgesloten voor de slootkant-vegetatie van het niet bemeste systeem met hoge grondwaterstand (K-gehalte plantenmateriaal <0,8 % van asvrij drooggewicht).



Figuur 2.4. De effecten van bemesting op de opbrengst van graslandoecosystemen met lage en hoge grondwaterstand in het Veenkampen gebied. Metingen 1988 (Oomes, ongepubl.). Bemesting: 0, geen; N, P en K resp. 250 kg N.ha<sup>-1</sup>; 70 kg P.ha<sup>-1</sup>; 200 kg K.ha<sup>-1</sup> (verdeeld over 5 giften).

## 2.4.2 Soortenrijkdom

De soortenrijkdom werd op verschillende tijdstippen gemeten. De graslandvegetatie bevatte minder soorten dan de slootkant- en slootvegetatie (22-29 soorten/500 m<sup>2</sup> vs. 84-99 soorten/5 opnamen van 25 m slootlengte). 26 % van de soorten van de slootkant en sloot kwam ook in het grasland voor.

Het aantal soorten in het niet bemeste grasland was 3 jaar na verhoging van de grondwaterstand hoger dan in het bemeste systeem. In het niet bemeste grasland werd geen duidelijke invloed van de grondwaterstand op het totale aantal soorten gevonden, maar wel op de soortensamenstelling.

Bij de hoge grondwaterstand waren de 25 in 1985 waargenomen soorten uitgebreid met 8 soorten, veelal van vochtige tot natte standplaatsen (o.a. van de biezefamilie) en waren 5 soorten van droge standplaatsen verdwenen. Bij lage grondwaterstand waren de 29 in 1985 waargenomen soorten uitgebreid met 4 en waren 4 soorten verdwenen. 67 % van de soorten die zich in de graslandvegetatie vestigden, kan vanuit de slootkant het grasland hebben bereikt. De overige 33 % moet zich gevestigd hebben vanuit de zaadbank of door dispersie vanuit verderweg gelegen habitats. Typische blauwgraslandsoorten werden uitsluitend op de afgeplagde veldjes bij hoge grondwaterstand aangetroffen. Voorbeelden hiervan zijn de Blonde -, Blauwe -, Zomp - en Bleke zegge (resp. *Carex hostiana*, *C. panicea*, *C. euderi*, *C. pallescens*).

Het aantal soorten van de slootkant- en slootvegetatie was 2 jaar na verhoging van de grondwaterstand ook hoger in het niet bemeste systeem met hoge grondwaterstand dan in het deels bemeste systeem met lage grondwaterstand. Verschil in grondwaterstand, en het daaraan gekoppelde slootpeil, beïnvloedde de verhouding tussen land- en moeras- en waterplantesoorten in geringe mate. Bij een hoog slootpeil bestond 30 % van het aantal soorten uit karakteristieke moeras- en watersoorten, bij een laag slootpeil 24 %. Waterkwaliteit bleek zeer belangrijk voor de soortensamenstelling: de door bronwater gedomineerde vegetatie was typerend voor P-oligotrofe tot -mesotrofe systemen, met kranswieren en vooral smalbladige fontein-

kruiden als karakteristieke 'echte' waterplanten. De door regenwater gedomineerde vegetatie was veel armer aan waterplanten en typerend voor P-eutrofe systemen, met emerse soorten en vertegenwoordigers van de eendekroos-familie als overheersende groepen.

## 2.5 Conclusies

De natuurwaarde van extensieve graslanden kan door ingrepen in de nutriëntenhuishouding en hydrologie worden gestuurd.

Beëindiging van de bemesting, en maaien en afvoeren van het maaisel kan tot een afname in primaire produktie leiden tot een niveau, waarbij een groot aantal soorten mogelijk is. Dit niveau ligt waarschijnlijk hoger voor een graslandvegetatie of een slootkantvegetatie dan voor een slootvegetatie (6 vs. ca. 3 t oogstbare drogestof.ha<sup>-1</sup>.j<sup>-1</sup>). De periode waarin deze afname tot stand komt hangt sterk samen met het bodemtype en kan bekort worden door versneld nutriënten af te voeren, bijv. door het afplaggen van de bovenste bodemlaag.

Een verhoging van de grondwaterstand kan leiden tot afname in primaire produktie, o.a. via beïnvloeding van de mineralisatiesnelheid van N en de hoeveelheid organische stof in de bodem. Voor het grasland is vooral de hoogte van de grondwaterstand, voor de slootkant- en slootvegetatie slootpeil, waterkwaliteit en verblijftijd van het water van belang. Groeibeperking van de vegetatie door N, kalium en mogelijk fosfor kan belangrijk zijn of dat op termijn worden.

Het bereiken van een bepaald kritisch produktieniveau biedt geen garanties voor een toename van het aantal soorten. Soortenverrijking is afhankelijk van de aanwezigheid van de zaadbank en van nieuwe soorten in de nabijheid van het beschouwde systeem en mogelijkheden voor dispersie en vestiging. Binnen eenzelfde graslandoecosysteem kan de slootkant- en slootvegetatie een belangrijke bron voor soortenverrijking van de graslandvegetatie zijn. De sloten zelf kunnen belangrijke verbindingzones tussen verschillende graslandoecosystemen vormen.

## 2.6 Literatuur

Berendse, F., M.J.M. Oomes, H.J. Altena & W. de Visser, 1992a.

A comparative study of nitrogen flows in two similar grassland ecosystems affected by different groundwater levels. *Biogeochem.*, in druk.

Berendse, F., M.J.M. Oomes, H.J. Altena & W.Th. Elberse, 1992b.

Experiments on the restoration of species-rich meadows in The Netherlands. *Biol. Conserv.*, in druk.

Grime, J.P., 1979.

*Plant strategies and vegetation processes*. J. Wiley & Sons, Chichester, 182-190.

Melman, T.C.P., 1991.

Slootkanten in het veenweidegebied. Mogelijkheden voor behoud en ontwikkeling van natuur in agrarisch grasland. Proefschrift, Rijksuniversiteit Leiden, 251-257.

Natuurbeleidsplan, 1989.

Beleidsvoornemen. Ministerie van Landbouw en Visserij, Den Haag, 179 p.

- Oomes, M.J.M., 1988.  
Effect van verschrallend beheer op produktie en soortenrijkdom van grasland. *Landbouwkundig Tijdschrift* 100, 19-23.
- Stiboka, 1965.  
De bodem van Nederland. Laagveengronden.
- Van Dam, D., 1990.  
Atmospheric deposition and nutrient cycling in chalk grassland. Proefschrift, Rijksuniversiteit Utrecht.
- Van der Meer, H.G. & T. Baan Hofman, 1989.  
Contribution of legumes to yield and nitrogen economy of leys on a biodynamic farm. In: P. Plancquaert & R. Hagger (Eds). *Legumes in farming systems*. ECSC, EEC, EAEC, 25-36.
- Van Hateren, K.J., 1988.  
Een waterbalansstudie en modeltoetsing voor het proefterrein de 'Veenkampen'. *Studenten Verslag Vakgr. Cultuurtechniek, Landbouwwuniversiteit Wageningen*. 29 p.
- Verberne, E.L.J., J. Hassink, P. de Willigen, J.J.R. Groot & J.A. van Veen, 1990.  
Modelling organic matter dynamics in different soils. *Netherlands Journal Agricultural Sciences* 38, 221-238.
- Verhoeven, J.T.A., W. Koerselman & B. Beltman, 1988.  
The vegetation of fens in relation to their hydrology and nutrient dynamics: a case study. In: J.J. Symoens (Ed.). *Vegetation of inland waters*. Kluwer Academic Publ., Dordrecht, printed in The Netherlands, 249- 282.
- Verhoeven, J.T.A., E. Maltby & M.B. Schmitz, 1990.  
Nitrogen and phosphorus mineralization in fens and bogs. *Journal of Ecology* 78, 713-726.
- Vermeer, H. & F. Berendse, 1983.  
The relationship between nutrient availability, shoot biomass and species richness in grassland and wetland communities. *Vegetatio* 53, 121-126.
- Vermeer, H. & J.T.A. Verhoeven, 1985.  
Species composition and shoot biomass production of plant communities of mesotrophic fen systems in relation to their nutrient dynamics. Proefschrift, Universiteit Utrecht.
- Wheeler, B.D. & S.C. Shaw, 1991.  
Above-ground crop mass and species richness of the principal types of herbaceous rich-fen vegetation of lowland England and Wales. *Journal of Ecology* 79, 285-301.
- Wisheu, I.C. & P. Keddy, 1989.  
Species richness-standing crop relationships along four lakeshore gradients: constraints on the general model. *Canadian Journal of Botany* 67, 1609-1617.