

De verdamping van pijpestrootje (*Molinia caerulea*) en veenmos (*Sphagnum papillosum*) in hoogveengebieden en haar betekenis voor het waterbeheer

Inleiding

Het voeren van een juist waterbeheer in en rond natuurgebieden wordt vaak bemoeilijkt door onvoldoende kennis over hun waterbalans. De waterbalans van hoogveengebieden verandert ingrijpend wanneer ze worden ontwaterd en afgegraven [Baden en Eggelsmann, 1964]. In de 11e eeuw was ongeveer 7% van de oppervlakte van Nederland bedekt met hoogveen.



J. M. SCHOUWENAARS
Landbouwniversiteit Wageningen
thans:
vakgroep fysische geografie
Rijksuniversiteit Groningen

Vrijwel al deze gebieden zijn later geheel afgegraven (hoofdzakelijk voor brandstofwinning). In slechts een klein aantal terreinen is de afgraving niet compleet geweest en wordt nu geprobeerd om door vernatting een proces naar herstel van hoogveengroei op gang te brengen.

Om een beter inzicht te krijgen in de waterhuishouding van deze hoogveenrestanten is in de Engbertsdijksvennen experimenteel onderzoek verricht, onder meer naar de verdamping.

Ingram [1983] concludeert in een overzicht over de verdamping van 'wetlands', dat deze behalve door klimaat hoofdzakelijk door de vegetatie bepaald wordt. De West-Europese hoogvenen (zonder belangrijke bosvorming) hebben volgens Ingram een verdamping die ongeveer gelijk is aan die van open water, zoals berekend volgens Penman [1948]. Eggelsmann [1964] geeft een samenvatting van de resultaten van experimenteel onderzoek in verschillende Europese hoogvenen en komt tot een jaarlijkse verdamping van $500\text{--}530\text{ mm-jaar}^{-1}$.

Nichols en Brown [1980] vonden voor veenmossen een maximale verdamping bij een waterstand van circa 5 cm onder de toppen van het veenmosdek. In hun experimenten verminderde de verdamping aanzienlijk bij een daling van de waterstand tot 15 cm diepte of meer. Verry [1988] vermeldt in een overzichtsartikel over de verdamping van veengebieden, dat er op circa 30 cm beneden maaiveld sprake is van een kritisch niveau. Virta [1966] vond een sterke verdampingsreductie vanaf een diepte van 10 cm beneden maaiveld. Uiteraard spelen de eigenschappen van het veensubstraat en vooral de fysische

Samenvatting

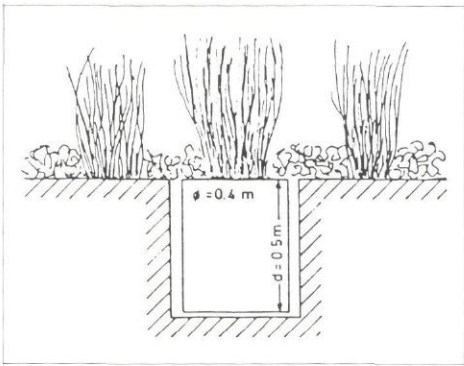
Om meer inzicht te krijgen in de waterhuishouding van hoogvenen en hoogveenrestanten is in het hoogveenreservaat Engbertsdijksvennen (Twenthe) experimenteel verdampingsonderzoek verricht. Met kleine weegbare lysimeters is de verdamping van een voor hoogvenen kenmerkende veenmossoort (*Sphagnum papillosum*) en van het in verdroogde en afgegraven hoogveengebieden dominerende gras pijpestrootje (*Molinia caerulea*) bestudeerd. De potentiële verdamping van pijpestrootje blijkt nauw gerelateerd te kunnen worden aan de bladontwikkeling gedurende het groeiseizoen. In hoogveengebieden blijkt de actuele verdamping gelijk te zijn aan de potentiële verdamping als droge perioden niet langer duren dan een maand. De potentiële verdamping van *Sphagnum papillosum* benadert die van open water en is daarmee groter dan die van pijpestrootje. Dit geldt vooral in het voorjaar wanneer de groei van pijpestrootje slechts langzaam op gang komt. Echter, de actuele verdamping van *Sphagnum papillosum* blijft sterk achter bij de potentiële waarden zodra het waterniveau daalt. Een kritisch niveau wordt al bereikt wanneer het water 10 à 15 cm beneden de toppen van de veenmosplanten komt. Een belangrijk gevolg van de verschillen in verdampingsgedrag van beide soorten is dat in met pijpestrootje begroeide hoogveengebieden de verdamping in droge perioden beduidend hoger kan zijn dan die in levende, door veenmos bedekte, hoogvenen. Dit resulteert in verder dalende waterstanden bij pijpestrootje. Pijpestrootje komt massaal voor op ontwaterde en gedeeltelijk afgeveende terreinen. Er is meestal sprake van een sterk gehumificeerde (zwartveen-)bodem met een geringe bergingscoëfficiënt. Tezamen met de relatief hoge verdamping heeft dit tot gevolg dat in droge perioden het grondwater diep wegzakt. In levend hoogveen garandeert de veenmosbegroeiing een geringere verdamping in droge perioden. Bovendien wordt de bovenste laag van een veenmosdek gekenmerkt door een erg hoge bergingscoëfficiënt. Beide factoren resulteren hier in zeer geringe waterstanddalingen gedurende de zomerperiode.

eigenschappen zoals watervasthoudend vermogen, een belangrijke rol bij de verdamping. Zo zal in een veenmosdek met een compacte structuur, gevormd door dicht tegen elkaar staande stammetjes (zoals bij *Sphagnum imbricatum*), de capillaire wateropstijging gemakkelijker verlopen dan in een minder dicht veenmoskussen. Voor verschillende veenmossoorten geeft Ivanov [1981] een overzicht van de hoogte van het veenmosoppervlakte boven de gemiddelde waterstand. Deze varieert van 0-1 cm voor *Sphagnum cuspidatum* tot 25-35 cm voor *Sphagnum fuscum*. In deze studie wordt de invloed onderzocht van een dalende waterstand op de verdamping van *Sphagnum papillosum* en *Molinia caerulea* (pijpestrootje). Hiervoor is gebruik gemaakt van kleine weegbare lysimeters. De weinige lysimeterstudies die tot nu toe zijn verricht bij natuurlijke vegetaties, beperken zich tot het meten bij een constant waterniveau in de lysimeter [o.a. Beltman en Koerselman, 1988].

Het studiegebied

De Engbertsdijksvennen liggen ten noord-oosten van Vriezenveen, bij Kloosterhaar en dicht tegen de grens met Duitsland. Het huidige natuurgebied vormde vroeger een onderdeel van een groot veencomplex. Vanaf de Middeleeuwen heeft

hier aan de randen van het complex veenafgraving plaatsgevonden. In de vorige eeuw en in het begin van deze eeuw vond ook ontwatering en afgraving plaats in het centrale gedeelte. De verveningsconcessies van de verschillende hier werkzame bedrijven zijn inmiddels afgelopen. De eerste werd beëindigd in 1953 en de laatste in 1983. Het Staatsbosbeheer heeft de verschillende terreingedeelten geleidelijk in beheer gekregen en streeft nu, waar mogelijk, naar herstel van hoogveenvegetaties. Momenteel is het gras pijpestrootje (*Molinia caerulea*) in veel terreingedeelten de dominerende plantensoort. Lokaal overheerst berk (*Betula pubescens*), struikheide (*Calluna vulgaris*) of dopheide (*Erica tetralix*). In permanent waterhoudende laagten treffen we vaak veenmossen (*Sphagnum* spp.) en in het bijzonder de pioniersoort *Sphagnum cuspidatum*, aan. Een in het gebied vaak voorkomende, meer kritische soort is *Sphagnum papillosum*. Deze groeit in kussens aan de randen van kleine laagten die onder water staan. De waterstandschommelingen zijn hier meestal slechts gering. Dit is groten-deels te verklaren uit de opbouw van deze terreingedeelten. Het gaat meestal om laagten die ontstaan zijn bij veenafgraving in evenwijdige stroken. De breedte van de laagten varieert van 1 tot 3 meter en de



Afb. 1 - Afmetingen van de lysimeters.

onderlinge afstand bedraagt slechts enkele meters. Dit garandeert een goede uitwisseling van water tussen het open water en de tussenliggende droge veenruggen. Het aanwezige grote aandeel open water in deze terreingedeelten brengt met zich mee dat waterstanddalingen door verdamping beperkt blijven, evenals optredende stijgingen na neerslag.

Methode

Lysimeters

Voor de bepaling van de verdamping van pijpestrootje en *Sphagnum papillosum* is gebruik gemaakt van kleine weegbare lysimeters (diameter: 40 cm; oppervlakte: 0,125 m²; diepte: 50 cm) (afb. 1).

In afbeelding 2 worden de verschillende bemonsteringslokaties schematisch weergegeven. Deze zijn zo gekozen dat de verschillen tussen de veentypen in de lysimeters overeenkomen met de belangrijkste verschillen in het gebied (zie tabel I).

In de zomerperiode van 1988 en 1989 zijn vier lysimeters met pijpestrootje gebruikt met daarin telkens één pol (M1-M4). Ze zijn geplaatst in 50 cm diepe kuilen met een diameter van 50 cm. In het eerste jaar zijn vier lysimeters met veenmos gebruikt (S1-S4), in het tweede jaar werden er nog vier aan toegevoegd (S5-S8). Deze veenmos-lysimeters zijn in een waterhoudende greppel geplaatst. Gedurende de meetperiode werd hun positie regelmatig aangepast om de bovenrand van de lysimeter steeds ongeveer 10 cm boven het (wisselende) waterpeil te laten uitsteken.

De lysimeters werden gewogen met tussenpozen van 3 tot 9 dagen, afhankelijk van de weersgesteldheid. Om het effect van de waterstand op de verdamping te onderzoeken zijn de lysimeters op verschillende wijze behandeld. Dit is samengevat in tabel II. Met de lysimeters M4 en S4 zijn aanvullende proeven uitgevoerd. In

september 1988 werden ze in een binnenruimte geplaatst. Op zowel 15 als 35 cm diepte werden 2 tensiometers geplaatst. Door het bepalen van de verdamping (via weging) en het registreren van optredende zuigspanningen kon een analyse van de optredende capillaire stroming plaatsvinden. Schouvenaars en Vink [1990] hebben hierover gerapporteerd. De hierbij gebruikte lysimeters waren bij het begin van de experimenten in 1989 bijna geheel uitgedroogd. De veenmosbegroeiing in S4 was geheel verdroogd.

Neerslag en (referentie-)verdamping

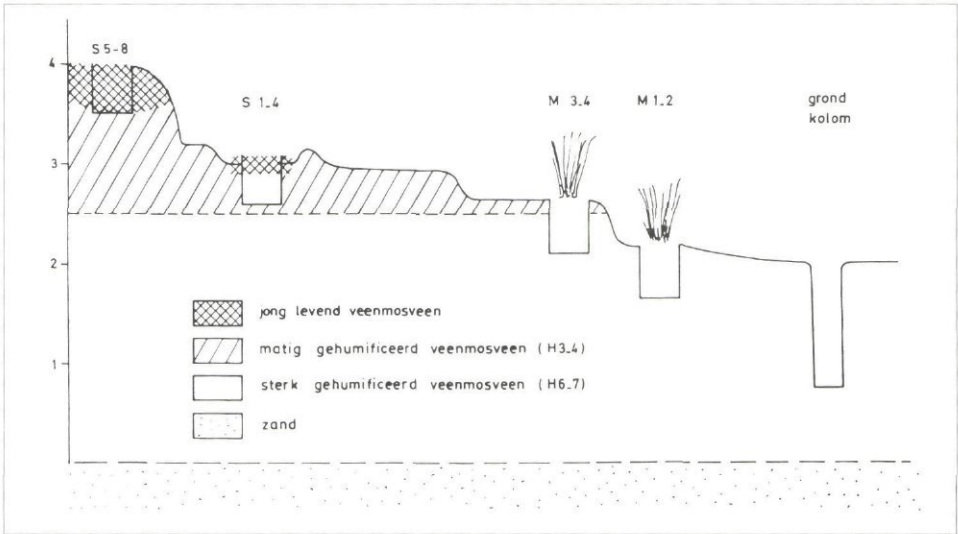
De neerslag werd gemeten met een automatische regenmeter (tipping bucket) die de totale neerslag per 30 minuten registreerde.

Als referentieverdamping is gekozen voor de zogenoemde 'Makkink'-waarde, die in

Nederland sinds enkele jaren door het KNMI voor enkele weerstations wordt berekend. [Makkink, 1957; Feddes 1987]. De hiervoor benodigde gegevens werden op de proeflokatie bepaald.

Vegetatiebedekking en leaf area index

De veenmoslysimeters S1-S4 bevatten een 35-40 cm dikke ongestoorde veenlaag van enigszins verteerd veenmosveen (humificatiegraad 3 volgens schaal van Post) met daar bovenop een 10-15 cm dikke levende laag van het veenmos *Sphagnum papillosum*. Deze dunne veenmoslaag heeft zich in de afgelopen 20 jaar gevormd als gevolg van maatregelen voor vernatting. De lysimeters S5-S8 bevatten ongestoorde veenkolommen van een lokatie waar tot dieper dan 50 cm jonge afgestorven resten van *Sphagnum papillosum* aanwezig waren. De toplaag werd gevormd door levende, verticaal en



Afb. 2 - Schematisch overzicht van de ligging van de monsterpunten in het studiegebied.

TABEL I - Hydrologische en fysische eigenschappen van de veenbodems in de lysimeters (van monsters genomen op dezelfde lokatie).

Lysimeter	Diepte (cm)	Volumetrisch watergehalte(%) ¹ bij			Verzadigde water- doorlatendheid (cm·day ⁻¹) ²	Humificatie- graad (von Post) schaal
		pF0	pF2	pF3		
M1-M4	15	88	74	66	0,8 - 3,7	H5-6
	35	88	78	72	0,01- 0,37	H6-7
S1-S4	15	87	60	50	2,6 - 8,1	H2-3
	35	90	74	70	2,2 -11,5	H3
S5-S8	25	85	65	54		H2-3

¹ gemiddelde waarde

² laagste en hoogste waarde.

TABEL II - De experimentele opzet van de behandeling per lysimeter

Periode	lys.	Molinia				Sphagnum							
		1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8
mei-sept	88	h	h	l	l	h	h	l	l				
mei-juli	89	h	h	l	l	h	h	l	l	h	h	l	l
aug-sept	89	l	l	l	l	l	l	h	h	l	l	h	h

verklaring; h: waterstand relatief hoog gehouden
l: waterstand relatief laag gehouden.

dicht op elkaar staande stammetjes met een lengte van 3 tot 5 cm. In dit veenmosdek was ook *Erica tetralix* aanwezig (bedekking circa 10%). In de pijpestrootje-lysimeters veroorzaken de verschillen in bovengrondse biomassa verschillen in de potentiële verdamping. Tussen de in het voorjaar nieuw gevormde groene spruiten, is de afgestorven bladmassa van de vorige jaren opgehoopt en werkt als een 'mulch'-laag, waardoor de bodemverdamping zeer beperkt wordt. Om het verband tussen het bladoppervlakte en de verdamping te bestuderen is tijdens het groeiseizoen in 1988 en in 1989, door regelmatige waarnemingen, de ontwikkeling bepaald van de 'leaf-area'-index (LAI, totale bladoppervlakte per eenheid van bodemoppervlak (cm²·cm⁻²)). In 1988 is dat ook steeds gebeurd voor een vijftal, 'random' bepaalde pijpestrootje-pollen in het veld, waarmee de LAI-ontwikkeling in het veld werd beschreven. Uit de lysimeter-waarnemingen kan een verband tussen LAI en verdamping worden afgeleid. De gegevens over de LAI in het veld maken een vertaling naar de verdamping onder veldomstandigheden mogelijk.

Resultaten

Weersomstandigheden

Voor elke meetinterval worden de cumulatieve waarden voor de neerslag en de referentieverdamping [Makkink] gepresenteerd in tabel III. De zomer van 1988 was nat, die van 1989 was veel droger met enkele hevige buien.

Pijpestrootje

In pollen van pijpestrootje steken de halmen (gedeeltelijk nog van het vorige jaar) met hun hoogte van 40 tot 90 cm boven de bladeren uit. Tijdens de experimenten leidde de voortdurende vertrapping ertoe dat het gras in de directe omgeving laag bleef. De met hogere pollen begroeide lysimeters stonden hierdoor bloot aan meer wind dan de dicht op elkaar staande pollen in de veldsituatie. Dit leidde ertoe dat bij hevige buien en veel wind de lysimeterpollen meer neerslag opvingen dan de gemiddelde pol in de veldsituatie. Om de hierdoor veroorzaakte fouten te beperken, is besloten om de waarnemingen in perioden met een totale neerslag van meer dan 25 mm, bij de uitwerking buiten beschouwing te laten. Een andere foutenbron werd gevormd door het niet precies gelijktijdig wegen van de lysimeters. Tussen eerste en laatste lysimeter zat een verschil van enkele uren. Daarom werd bij de uitwerking alleen gebruik gemaakt van de waterbalans-

TABEL III – Neerslag- en verdampingsgegevens van 1988 en 1989, gebruikt bij de lysimeter experimenten in de Engbertsdijkveenen.

Jaar	1988		Datum	1989	
	Neerslag	Verdamping		Neerslag	Verdamping
Datum	(mm)	(Makkink)		(mm)	(Makkink)
		(mm)			(mm)
18 mei	–	–	8 mei ¹	–	–
24 mei	6,9	13,2	19 mei	10,1	35,3
27 mei	0,1	9,1	25 mei	0,0	28,5
1 juni	22,7	9,9			
6 juni	20,3	12,2	5 juni	18,1	33,5
14 juni	11,4	16,9	15 juni	9,0	32,5
17 juni	0,0	10,0	21 juni	1,0	7,7
20 juni	0,0	24,3			
27 juni	0,0	12,2	26 juni	6,5	20,4
4 juli	42,7	18,7	3 juli	42,5	20,2
9 juli	21,5	11,6	11 juli	17,0	29,0
13 juli	5,4	11,8	18 juli	59,0	6,1
25 juli	22,1	11,0	25 juli	3,0	43,8
1 aug.	23,8	17,2	31 juli	26,5	14,1
8 aug.	0,7	19,9	15 aug.	10,0	18,6
22 aug.	25,8	19,3	23 aug. ²	25,5	65,0
29 aug.	35,8	11,8	30 aug.	37,5	13,3
5 sep.	3,6	13,5	5 sep.	10,5	8,9
9 sep.	3,8	10,1			
12 sep.	1,5	4,2	13 sep.	0,6	17,5
19 sep.	27,1	19,3	19 sep.	29,1	10,2
26 sep.	21,3	6,8			
18 mei-26 sep.	366,5	291,1	19 mei-27 sep.	239,5	372,8
gemidd. per dag	2,78	2,21		1,81	2,82

¹ begin van eerste periode met lysimeter experimenten
² begin van tweede periode met lysimeter experimenten.

totalen van perioden van minimaal 5 dagen. Kortere intervallen werden bij elkaar genomen. Bij de pijpestrootje-lysimeters werd geen verband gevonden tussen de verdamping en de grondwaterstand. Dit kan verklaard worden door de aanwezigheid van een intensief wortelstelsel dat door luchtkanalen in staat is om ook onder zeer natte omstandigheden water uit de bodem op te nemen.

Het verschil in bladontwikkeling tussen de pollen beïnvloedt de verdamping. Men mag verwachten dat deze invloed aan het begin van het groeiseizoen groter is dan aan het eind. Immers, bij toenemende bladoppervlakte (LA) zal een verdere bladontwikkeling de verdamping steeds minder verhogen, omdat een steeds groter gedeelte van de bladeren beschaduwd wordt. Met de meetgegevens van 1988 is voor het verband tussen de bladoppervlakte (LA (cm²)) en de relatieve verdamping (E_m/E_r) de volgende relatie gevonden:

$$E_m/E_r = 0,202 \cdot LA^{0,242} \tag{1}$$

met E_m = gemeten verdamping (mm)
E_r = referentie (Makkink)-verdamping (mm)

Vgl. 1 heeft een correlatiecoëfficiënt r van 0,82.
De hoogst gemeten waarde voor LA is 12·10³ cm². Bij toepassing van verg. 1 voor

hogere waarden worden in toenemende mate onjuiste waarden voor de verdamping verkregen. Immers, de waarde van E_m/E_r zal bij toenemende LA in werkelijkheid een limiet naderen. Een andere relatie, die bij toenemende LA wel een limiet nadert, wordt gegeven in vgl. 2:

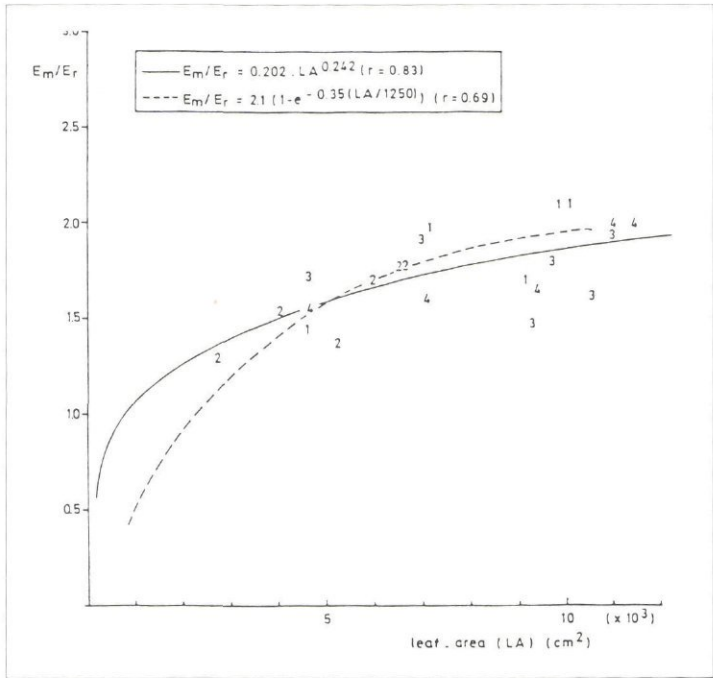
$$E_m/E_r = 2,1 \cdot (1 - e^{0,35 \cdot (LA/1.250)}) \tag{2}$$

Vgl. 2 heeft een correlatiecoëfficiënt r van 0,69.

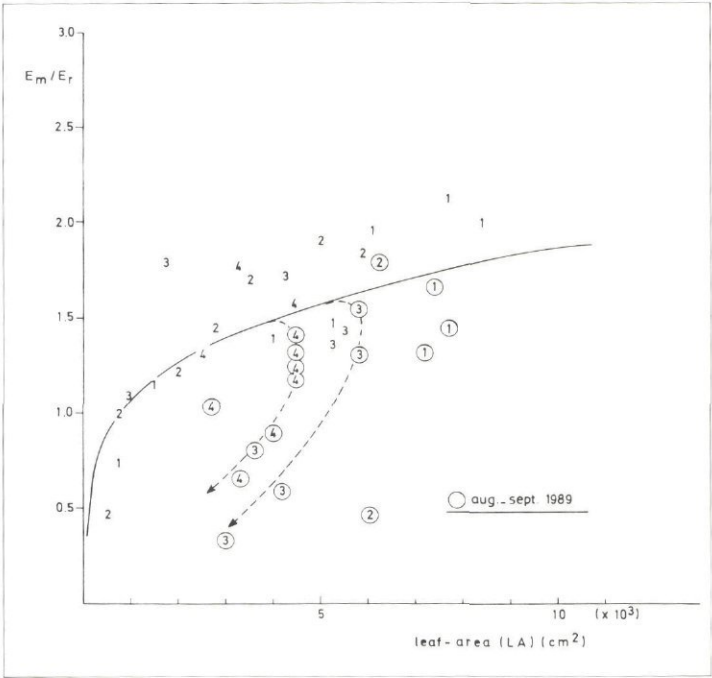
De gedurende 1988 in de lysimeters M1-M4 waargenomen E_m/E_r-ratio is weergegeven in afbeelding 3. Ook zijn daar de relaties, zoals berekend volgens vgl. 1 en 2 aangegeven.

In deze studie is de voorkeur gegeven aan de beschrijving volgens vgl. 1, door de betere correlatie. De voor de lysimeters M1-M4 in 1989 waargenomen waarden voor de E_m/E_r-ratio zijn weergegeven in afbeelding 4. Het hier ook weergegeven verband volgens verg. 1 blijkt de gemeten waarden, vooral voor lage LA-waarden, goed te benaderen. In de lysimeters M3 en M4 treedt als gevolg van neerslagtekorten in aug. en sept. bladsterfte op. Deze lysimeters waren gedurende 1989 nog steeds relatief droog gehouden (tabel II).

Voor een juiste interpretatie van de verdamping van een met pijpestrootje begroeid terrein, is het nodig om de



Afb. 3 - Verband tussen de verdampingsratio (E_m/E_r) en 'leaf area (LA)' voor de pijpestrootje-lysimeters in de 'natte' zomer van 1988.



Afb. 4 - Verband tussen de verdampingsratio (E_m/E_r) en 'leaf area (LA)' voor de pijpestrootje-lysimeters in de 'droge' zomer van 1989.

bladontwikkeling in de veldsituatie te beschrijven. In 1988 werd in 10 willekeurige plots van 5 x 5 m² het aantal pollen geteld. Dit varieerde van 108 tot 138 pollen met een gemiddelde van 125. De gemiddelde pollendichtheid in het veld bedraagt daarmee 5 pollen per m². Met behulp van de metingen aan de bladontwikkeling in 1988 is voor de veldsituatie het verloop van de LAI bepaald (afb. 5). De oppervlakte van de lysimeters, met daarin telkens een pol, is 0,125 m². Dit komt overeen met een dichtheid van 8 pollen per m². Vgl. 1 kan nu worden gecorrigeerd voor gemiddelde veldomstandigheden, wat resulteert in de volgende relatie tussen de relatieve verdamping van pijpestrootje (E/E_r) en

de LAI onder veldomstandigheden:
 $E/E_r = 0,794 \cdot LAI^{0.24}$ (3)

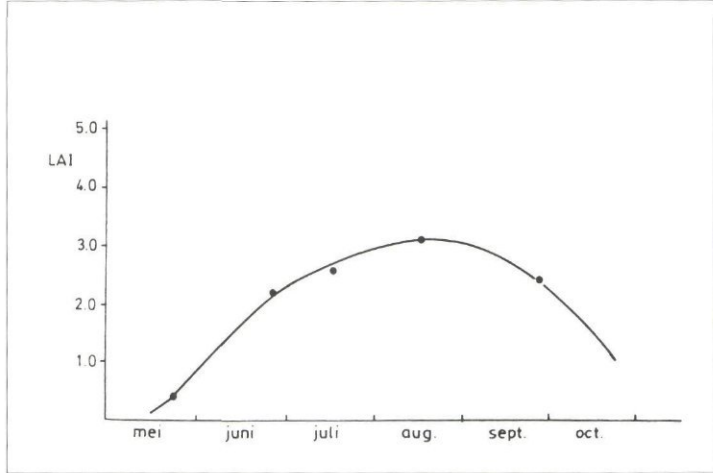
waarin E = verdamping onder veldomstandigheden (potentieel, d.w.z. zonder watertekorten).

Afbeelding 6 illustreert het verloop van de met vergelijking 3 berekende (relatieve) verdamping gedurende het groeiseizoen.

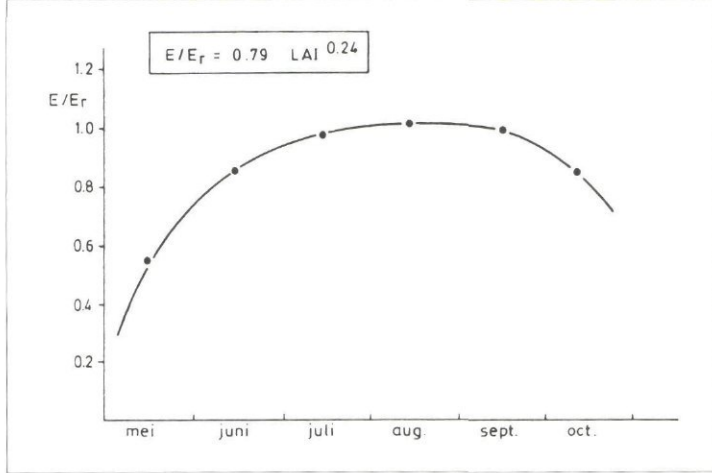
Sphagnum papillosum
Gedurende de experimenten werd de grote kwetsbaarheid van *Sphagnum papillosum* voor waterstandfluctuaties goed zichtbaar. In droge perioden droogden de toppen uit en werden geel tot wit van kleur. Na een neerslagrijke periode

werden op 3 tot 5 cm onder de toppen weer nieuwe uitlopers gevormd die het dek na één tot twee weken weer groen deden kleuren.
In tabel IV wordt de ontwikkeling van de groene, levende fractie in de veenmos-lysimeters weergegeven.
Veenmossen hebben geen wortels en daarom wordt het opwaartse watertransport bepaald door de capillaire werking van zowel het bovenste, levende veenmosdek en ook van de daaronder aanwezige laag met dode plantenresten. Tijdens de experimenten werden de regenperioden (met uitzondering van die met meer dan 25 mm neerslag) gekenmerkt door vele kleinere buien. Onder dergelijke omstandigheden is het te

Afb. 5 - De ontwikkeling van de Leaf Area Index (LAI) voor een begroeiing van pijpestrootje in het groeiseizoen (1988).



Afb. 6 - De ontwikkeling van de verdampingsratio (E/E_r) voor een begroeiing van pijpestrootje in het groeiseizoen (1988).



TABEL IV – De ontwikkeling van de levende, groene delen in de *Sphagnum* lysimeters (in percentage van de totale oppervlakte).

Lysimeter	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
1988								
21 juni	95	85	35	50	–	–	–	–
4 juli	95	90	35	50	–	–	–	–
18 juli ¹	95	85	50	40	–	–	–	–
1989								
6 juni	40	70	80	10	–	–	–	–
20 juni	30	50	10	0	10	5	5	30
11 juli	60	80	10	5	15	20	5	30
23 aug.	60	70	60	25	40	20	30	30
5 sept.	60	70	60	25	40	20	30	40

¹ constant gedurende de rest van het groeiseizoen in 1988.



De lysimeters met het veenmos *Sphagnum papillosum* zijn in een greppel geplaatst. Bij weging werd ook de (grond-)waterstand in de lysimeters bepaald.



verwachten dat de verdamping weinig afhankelijk is van capillaire opstijging. Immers, dan zal veel water vanaf de natte veenmostoppen rechtstreeks verdampen (interceptie) en is er juist veelal sprake van een tijdelijk neerslagoverschot. In perioden dat de Makkink-referentie-verdamping (E_r) groter is dan de neerslag (R) mag een grotere afhankelijkheid van capillaire opstijging verwacht worden. Om die reden is bij de verdere analyse gekeken naar de gemeten capillaire flux (E_m-R) en de benodigde flux om de potentiële verdamping te kunnen realiseren (E_r-R). De hiervoor benodigde gegevens zijn afgeleid van de dagelijkse metingen van neerslag en verdamping. De verhouding $(E_m-R)/(E_r-R)$ is vervolgens uitgezet tegen de grondwaterstand. De resultaten voor de lysimeters S1-S2 en S5-S6 (met gelijke behandeling, zie tabel II) worden in afbeelding 7 gepresenteerd, die voor de lysimeters S3-S4 en S7-S8 in afbeelding 8.

Conclusies

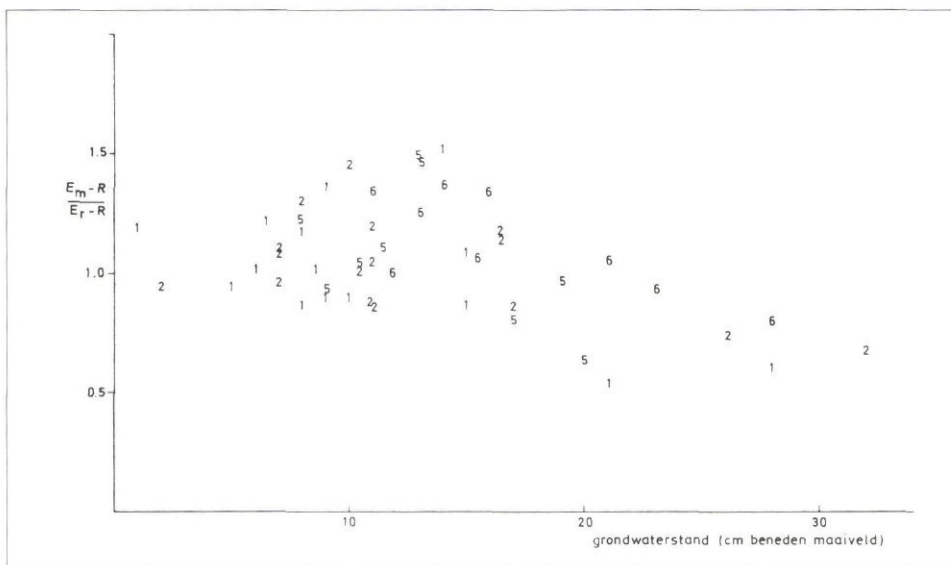
Uit afbeelding 3 kan worden afgeleid dat er in 1988, in een relatief natte zomer, geen verdampingsreductie is opgetreden in de lysimeters met pijpestrootje. Er kan geconcludeerd worden dat planten met een goed ontwikkeld wortelstelsel in deze veengronden (poriën-fractie is groter dan 0,85) voldoende bodemwater kunnen opnemen als droogteperioden korter duren dan een maand. Er werd geen verband gevonden tussen de actuele verdamping en de grondwaterstand in de pijpestrootje-lysimeters. In de periode mei-juli 1989 werd de waterstand in de lysimeters M1-M2 hoog gehouden (tabel I) en voor deze periode zijn de resultaten goed vergelijkbaar met die van 1988. Vanaf augustus 1989 werden deze lysimeters niet meer kunstmatig van water voorzien (nog wel enige regenval) en is de waterstand gedaald tot de bodem van de lysimeter. Gedurende de maand september was het gehele bodemprofiel onverzadigd. In die maand varieerde het volumetrisch vochtgehalte van 70 tot 75%, waarbij zuigspanningen optreden van 10 tot 100 kPa ($pF2-pF3$, tabel II). Uitgaande van volledige verzadiging in het begin van augustus en de bovengenoemde zuigspanningen eind september, zou er in de tussenliggende

Linkerfoto

Een lysimeter met pijpestrootje (*Molinia caerulea*) wordt gewogen met een driepoot en een veerbalans.

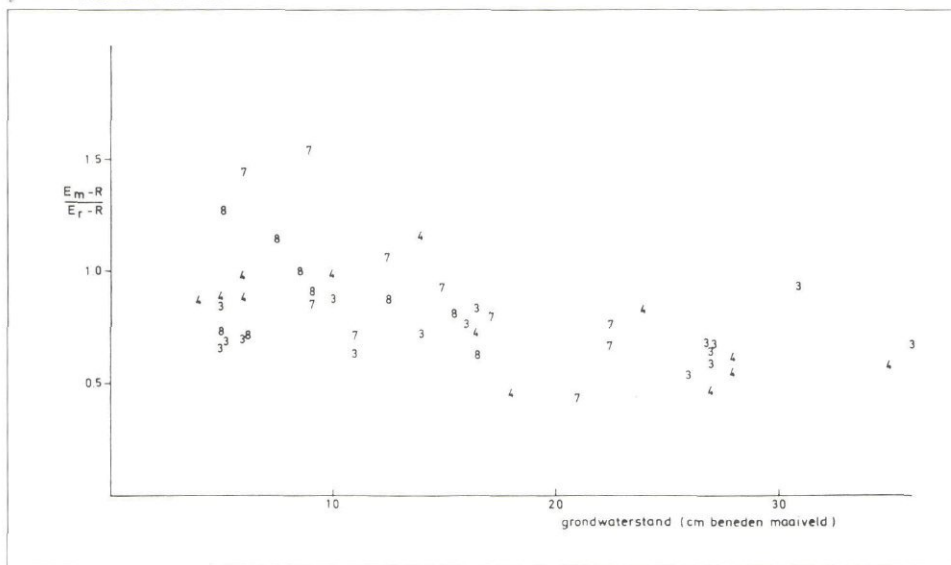
Rechterfoto

Acht lysimeters met telkens één pol pijpestrootje zijn op rij in kuilen geplaatst. Het terrein wordt gekenmerkt door het massaal voorkomen van het pijpestrootje-gras.



Afb. 7 - Het verband tussen de 'relatieve' waterbeschikbaarheid (E_m-R)/(E_r-R) en de waterstand in de veenmos-lysimeters S1-S2 en S5-S6.

Afb. 8 - Het verband tussen de 'relatieve' waterbeschikbaarheid (E_m-R)/(E_r-R) en de waterstand in de veenmos-lysimeters S3-S4 en S7-S8.



periode bij afwezigheid van neerslag in totaal een waterschijf van 50 mm aan de bodem zijn onttrokken. Met de in die periode opgetreden neerslag is deze hoeveelheid voldoende en is voor lysimeters M1-M2 dan ook geen significante verdampingsreductie waargenomen (afb. 4).

Bij de aanvang van de metingen in 1989 waren de lysimeters M3-M4 volledig onverzadigd. Uit afbeelding 4 is af te leiden dat hier in augustus en september een belangrijke verdampingsreductie is opgetreden. In lysimeter M3 bedroeg de maximale bladoppervlakte 5.800 cm² (10 juli) en in M4 werd slechts 4.500 cm² bereikt (vrijwel constant vanaf 6 juni tot eind augustus). In deze periode bedroeg het volumetrisch vochtgehalte hier slechts 50%, wat gepaard gaat met zuig-

spanningen van 100 tot 1600 kPa (pF3-pF4.2, tabel II). Er kan worden geconcludeerd dat de bladontwikkeling van pijpestrootje bij aanhoudende droogte achterblijft en zich daardoor toch nog lange tijd een verband handhaaft tussen bladoppervlakte en verdamping, zoals beschreven in vgl. 1. Echter, dan is er feitelijk al sprake van een reductie in de verdamping. Bij voortdurende droge omstandigheden gaan de bladeren in toenemende mate afsterven. Dan echter wordt ook de reductie in verdamping groter dan op grond van vgl. 1 kan worden afgeleid (afb. 4, lysimeters M3 en M4).

In het veld waren er ook in 1989 nauwelijks indicaties voor het optreden van verdampingsreducties. Aan het eind

van september, bij grondwaterstanden van circa 80 cm-m.v., begonnen bij enkele bladeren de toppen te verdrogen. Een belangrijk verschil met de lysimeters is ook dat daar het beschikbare bodemvolume per pol slechts ongeveer 60% bedraagt van die in het veld. Bovendien is bij de lysimeters waternalevering uit de verzadigde zone niet meer mogelijk zodra de waterstand de onderkant heeft bereikt. Uit de lysimeterexperimenten wordt geconcludeerd dat de in hoogveen-gebieden voorkomende veenbodems in staat zijn om ook tijdens droogteperioden pijpestrootje goed van water te voorzien. Voorwaarde is dat de duur van een periode zonder neerslag niet langer is dan een maand.

Voor pijpestrootje bereikt de E/E_r -ratio de waarde van 1,0 in de maand juli. In afbeelding 6 is duidelijk te zien dat er in de maanden mei en juni sprake is van een achterblijven van de verdamping. Andere korte grasvegetaties hebben in deze periode al meer nieuw blad gevormd en verdampen meer. In de periode september-oktober vindt door het afsterven van de bladeren een snelle afname van de verdamping plaats.

Voor het veenmos *Sphagnum papillosum* geldt dat er een maximale verdamping plaatsvindt wanneer de waterstand zich circa 10-15 cm beneden de toppen van het veenmos bevindt (afb. 7). De lysimeters S3-S4 en S7-S8, die bij het begin van de experimenten in 1989 relatief droog werden gehouden, vertonen een maximale verdamping bij een waterdiepte van 10 cm beneden de veenmos-toppen (afb. 8). Voor alle veenmos-lysimeters geldt dat er een beduidende afname in de waarde voor de E_m-R/E_r-R ratio optreedt wanneer de waterstand dieper zakt dan 15 cm. Er worden dan waarden bereikt van 0,6 tot 0,8, ook bij verdere dalingen. Er blijkt geen relatie te zijn tussen de E_m-R/E_r-R ratio en de waarde van E_r .

Voor pijpestrootje zijn geen vergelijkbare onderzoeksgegevens beschikbaar. De hier verkregen resultaten voor veenmos zijn, zeker voor wat betreft het optreden van kritische waterstanden, in overeenstemming met de resultaten van Nichols en Brown [1980] en Virta [1966].

Sommige van de in deze studie gepresenteerde resultaten zijn slechts volledig te interpreteren met gegevens van de bodemfysische kenmerken van de veenbodems in de lysimeters. Schouwenaars en Vink [1990] beschrijven deze aspecten en de wijze waarop met de lysimeters de bergingcoëfficiënt in de verschillende

veenbodems is bepaald. Daarbij werden in de sterk gehumificeerde bodems waarden van 0,14 tot 0,33 gevonden. De hogere waarden worden veroorzaakt door de vele grotere scheuren en holten in de wortelzone van pijpestrootje. Daaronder zal de bergingcoëfficiënt de lagere waarden aannemen. In de lysimeters met veenmosdek werden in de bovenste 10 cm waarden van 0,20 tot 0,34 gemeten. Iets daaronder (op 10 tot 30 cm diepte) werden waarden van 0,11 tot 0,17 aangetroffen.

Betekenis voor het waterbeheer

Een begroeiing van pijpestrootje heeft in mei een geringe verdamping die slechts 50% bedraagt van de open-water-verdamping. In de periode juli-september bedraagt de verdamping circa 80% van de open-waterverdamping. Waar sterk gehumificeerde veenlagen aan de oppervlakte liggen en er in de winter slechts weinig inundatie plaatsvindt, zal een massale groei van pijpestrootje leiden tot zomergrondwaterstanden dieper dan 60 cm beneden maaiveld. Dit maakt de kans op het herstel van veenmosgroei zeer gering. Pijpestrootje kan zich bij geringe inundaties in de winter dan ook goed handhaven. Pas wanneer er 's winters zoveel water wordt vastgehouden boven maaiveld, dat er ook in voorjaar en zomer nog regelmatig sprake is van inundatie sterft pijpestrootje af. Het maakt dan plaats voor eenjarig wollegras (*Eriophorum vaginatum*) en waterveenmos (*Sphagnum cuspidatum*). Onder die omstandigheden kunnen drijftuilen van veenmos gevormd worden, die door hun vermogen om met de waterstand op en neer te bewegen de voor veenmossen benodigde condities kunnen handhaven.

Wanneer er sprake is van de vorming van nieuwe veenmoslagen bovenop ouder en meer gehumificeerd veen, zijn deze aanvankelijk zeer gevoelig voor droogteperioden. Immers, het vermogen om met dalende waterstanden mee te zakken is dan door de geringe dikte van het jonge veenmos zeer beperkt. Zoals onder meer uit deze studie blijkt is er al snel sprake van een verdampingsreductie, waarbij de veenmossen verdrogen en witgeel worden. Na regenval is herstel mogelijk. Dit verdrogingsrisico is aanmerkelijk geringer bij dikke veenmospakketten die een groter vermogen hebben om te zwellen en te krimpen.

In zowel continentale als atlantische klimaatstreken zal de verdamping van veenmossen in natte perioden ongeveer gelijk zijn aan de open-watervedamping,

bepaald volgens Penman. In perioden zonder neerslag met een duur van meer dan een week, zal er sprake zijn van een verdampingsreductie. Hierdoor blijft de waterstanddaling in hoogvenen beperkt. In continentale gebieden met regelmatige langere droogteperioden in de zomer, zijn de levensmogelijkheden voor veenmossen beperkt. Hier ondervinden veenmossen in hun verdamping meer beperkingen dan in atlantische humide gebieden. Wanneer het jonge veenmospakket voldoende dik is (minimaal 30 cm) kan bij waterstanddaling ook maaiveld daling door krimp optreden. Hierdoor wordt de afstand tussen de veenmostoppen en het freatisch niveau beperkt gehouden. Deze eigenschap is, tezamen met de hoge bergingcoëfficiënt en de verdampingsreductie bij veenmos, sterk bepalend voor de hydrologische condities in hoogvenen. Men kan stellen dat de aanwezigheid van hoogveenvegetaties een voorwaarde is voor het herstel van de hydrologische condities van hoogvenen. Daaruit volgt dat in een fase van herstel ook de waterhuishouding nog aan voortdurende, door de vegetatie beïnvloede, verandering onderhevig is. Herstelprocessen hebben daarmee hun eigen 'intrinsieke' mechanismen.

Verantwoording

Roel Dijkma (vakgroep waterhuishouding) en de studenten Henk Eggink, Jos Vink en Gerard de Wit (Landbouwuniversiteit Wageningen) hebben voor deze studie een belangrijk deel van het veldwerk op zich genomen.

Literatuur

- Baden, W. und Eggelsmann, R., (1964). *Der Wasserkreislauf eines nordwestdeutschen Hochmoores*. Schriftenr. Kurat. Kult., Hamburg, 12, 1-156.
- Eggelsmann, R., (1964). *Die Verdunstung von Hochmooren und deren hydrologischen Einfluss*. Dt. Gewasserkundl. Mitt. 8, 138-147.
- Feddes, R. A., (1987). *Crop factors in relation to Makkink reference crop-evapotranspiration*. In: Hooghart, J. C. (Ed.) *Evapo-transpiration and weather. Versl. en Meded./TNO Comm. Hydrol. Ond., 's Gravenhage*, 39, 33-45.
- Ingram, H. A. P., (1983). *Hydrology*. In: Gore, A. J. P. (Ed.), *Mires: Scamp, Bog, Fen and Moor. Ecosystems of the World, vol. 4A*. Els. Sci. Publ., Amsterdam, 67-158.
- Ivanov, K. E., (1981). *Water movement in mirelands*. Academic Press, Londen, 276 pp.
- Koerselman, W. en Beltman, B., (1988). *Evapotranspiration from fens in relation to Penman's potential free water evaporation (E_0) and pan evaporation*. Aquatic Botany 31, 307-320.
- Makkink, G. F., (1957). *Testing the Penman formula by means of lysimeters*. J. of The Institution of Water Engineers 11: 277-288.
- Nichols, D. S. en Brown, I. M. (1980). *Evapotranspiration from a Sphagnum moss surface*. J. of Hydrology 48, 289-302.
- Penman, H. L. (1948). *Natural evapotranspiration from open water, bare soil and grass*. Proc. Roy. Soc. Acad., 193, 120-145.

Schouwenaars, J. M. (1988). *The impact of water management upon groundwater fluctuations in a disturbed bog relict*. Agric. Water Management, 14, 439-449.

Schouwenaars, J. M. and Vink, J. P. M. (1990). *Hydrophysical properties of peat relicts in a former bog and perspectives for Sphagnum regrowth*. International Peat Journal, 5, 15-28.

Verry, E. S. (1988). *The hydrology of wetlands and man's influence on it*. Proc. Symp. on Hydrol. of Wetlands in temperate and cold regions, Joensuu. Publ. Acad. of Finland 5/1988, 41-61.

Virta, J. (1966). *Measurement of evapotranspiration and computation of water budget in treeless peatlands in the natural state*. Comment. Phys.-Math. Soc. Sc. fenn., 32 (11), 1-70.

• • •

WLF verspreidt informatiepakket over 'waterhuishouding van Jan Steen'

Eind juni vinden alle bewoners van Schiermonnikoog en Vlieland een informatiepakket over waterbesparing in hun brievenbus. Hiermee wil Waterleiding Friesland speciaal de aandacht vragen voor de waterbesparingsmogelijkheden op het toilet. Deze nieuwe besparingscampagne maakt deel uit van het Project Verdroging Schiermonnikoog en het project Integraal Waterbeheer Vlieland. De campagne sluit aan bij de provinciale advertentiecampagne die Waterleiding Friesland tot en met oktober 1993 voert.

In 1992 hebben de bewoners van Vlieland en Schiermonnikoog massaal aan de spaardouche-actie meegedaan: in maar liefst 80% van de huishoudens zijn besparende douchekoppen en/of doorstroombegrenzers aangeschaft. Bovendien zegt 75 tot 80% van de kopers dat het douchen onder een spaardouche of begrenzer hen goed bevalt. Dat blijkt uit een enquête die Waterleiding Friesland heeft laten uitvoeren.

Door het toenemende toerisme en de uitbreiding van accommodaties blijft het drinkwaterverbruik op de eilanden echter stijgen. Het waterleidingbedrijf ging daarom op zoek naar andere besparingsmogelijkheden.

Waterleiding Friesland hoopt met de campagne te bereiken dat consumenten naar de installateur gaan om te informeren naar waterbesparingsmogelijkheden voor thuis of op het werk, en dat zij daadwerkelijk besparende apparatuur gaan aanschaffen. (Persbericht WLF)