

1. Inleiding

Door de jaren heen is veel aandacht geschonken aan de relatie tussen de wateropname en de groei van landbouwgewassen [o.a. Commissie, 1959; Feddes, 1971; Koerselman, 1987]. De kennis daarvoor werd onder andere ontleend aan praktijkproeven, lysimeterstudies en waterbalansstudies. Onderzoekresultaten zijn vastgelegd in formules op fysische grondslag [o.a. Penman, 1948] op fysisch/fysiologische grondslag [o.a. Rijtema, 1965; Monteith, 1965] en in empirische afleidingen [o.a. Priestley and Taylor, 1972; Makkink, 1957 en 1962].



P. C. JANSEN
DLO-Staring Centrum
Instituut voor Onderzoek
van het Landelijk Gebied
(SC-DLO), Wageningen

De verdroging van natuurgebieden en de behoefte aan integraal waterbeheer maakten dat ook het verdampingsgedrag van meer natuurlijke vegetaties in de belangstelling kwam te staan. Er is vooral onderzoek verricht naar de verdamping van bossen [o.a. Van Roestel, 1985; Nonhebel, 1987; Hiege, 1987]. Aan de verdamping van korte (half-)natuurlijke vegetaties is aanvankelijk minder aandacht besteed. Het areaal is minder groot en de samenstelling van de vegetatie varieert dikwijls sterk. Bovendien maken de verschillende methoden van onderzoek dat de verdampingsgegevens vaak niet eenduidig zijn [o.a. Bakker, 1984; Schouwenaars, 1993; Jansen en Kemmers, 1986].

Het ontbreken van essentiële kengetallen voor het vaststellen van de verdamping van korte vegetaties in natte natuurgebieden voor waterbalansstudies en computersimulaties vormde de aanleiding om een praktijkproef uit te voeren waarbij van een aantal vegetatietypen de verdamping onder verschillende vochtregimes wordt gemeten.

Begrippen

De verdamping of actuele evapotranspiratie van een begroeid oppervlak, E , bestaat uit de som van de interceptieverdamping, E_d , de evaporatie van de bodem, E_s , en de transpiratie via de (droge) bladeren, E_t :

$$E = E_d + E_s + E_t \quad (1)$$

Als er onder de heersende meteorologische condities voldoende water beschikbaar is voor de evapotranspiratie van bodem en gewas en als daarbij bodem en

Samenvatting

De verdamping is belangrijk voor het waterkwantiteitsbeheer van natte natuurgebieden. Vooral over die van korte-vegetatietypen is nog onvoldoende bekend. Met lysimeters is voor drie begroeiingen afkomstig uit natuurgebieden, waarin dopheide, pijpestrootje en schraalgraslandsoorten domineren, de potentiële verdamping en de verdamping onder erg natte omstandigheden bepaald. Als referentie is ook de potentiële verdamping gemeten van gewoon (gazon) gras. Uit de vergelijking van de referentie-verdamping van gazongras met de berekende verdamping van gras volgens de methode van Makkink bleek dat de werkelijk gemeten verdamping in neerslagrijke perioden groter, en in neerslagarme perioden kleiner was dan de verdamping die via de referentie-gewasverdamping volgens Makkink was berekend.

De potentiële verdamping voor een 'normaal' groeiseizoen zijn: Erica-vegetatie: 310 mm, Molinia-vegetatie: 443 mm en schraalgraslandvegetatie: 399 mm. Voor erg natte omstandigheden gelden respectievelijk de waarden: 399 mm, 532 mm en 478 mm.

bladoppervlak nat zijn, wordt dat beschouwd als de maximale evaporatie (E_{max}). In de praktijk zijn bodem en blad niet altijd nat. In dat geval is sprake van potentiële evapotranspiratie of kortweg potentiële verdamping (E_p).

De referentie-gewasverdamping volgens de methode van Makkink (E_r) is de theoretische verdamping die berekend is uit de temperatuur en de etmaalsom van de globale straling. Door deze referentie-verdamping met een zogenaamde gewasfactor (f) te vermenigvuldigen is de potentiële verdamping van gewassen te bepalen:

$$E_p = f \cdot E_r \quad (2)$$

Gewasfactoren zijn afhankelijk van het type begroeiing en het tijdstip in het groeiseizoen [Feddes, 1987].

2. Materiaal en methode

Lysimeters

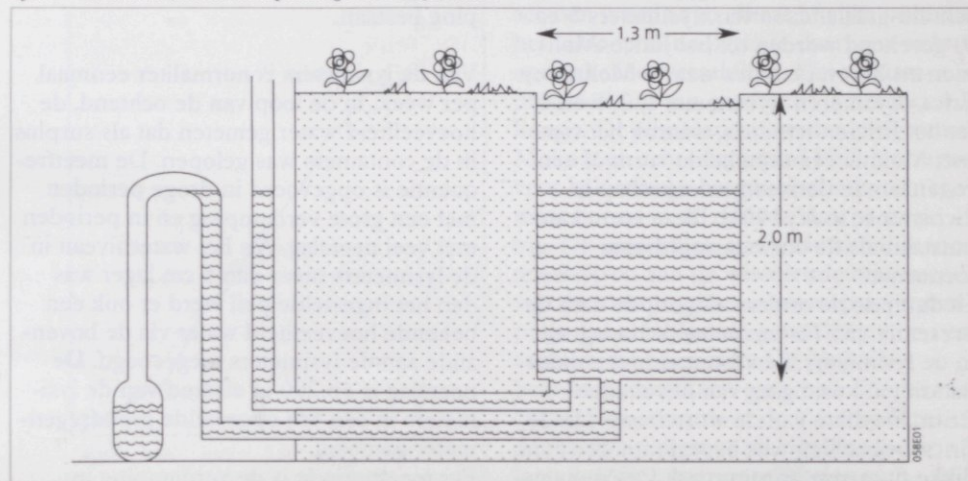
Voor het meten van de verdamping van de vegetatietypen is gebruik gemaakt van lysimeters die op een proefboerderij in de gemeente Renkum zijn aangelegd. De

inwendige oppervlakte bedraagt 1,3 x 1,3 m en de diepte 2,0 m. De afstand tot een 2,5 m diepe meetgoot bedraagt 1 m. Op iedere lysimeter zijn twee buizen aangesloten die in de goot uitkomen (afb. 1). In een van de buizen kan het waterniveau worden afgelezen en op de andere buis is een slang aangesloten die als overloop dient. Deze kan op verschillende hoogtes worden opgehangen en is zo bepalend voor het maximale waterniveau in de lysimeter. Het afgevoerde water wordt opgevangen in een container.

Begroeiing

Er zijn drie vegetatietypen geselecteerd die deel uitmaken van 'natte' natuurgebieden. Dit zijn vegetaties waarin respectievelijk *Erica tetralix* (dopheide), *Molinia caerulea* (pijpestrootje) en schraalgraslandsoorten domineren. Van deze typen zijn in de herfst van 1990 dikke plaggen gestoken en is een deel van de ondergrond afgegraven. Per vegetatietype zijn daarmee twee lysimeters gevuld. De randen rond de lysimeters zijn met het desbetreffende vegetatietype beplant om advectie tegen te

Afb. 1 - Overzicht van de meetopstelling van een lysimeter.



TABEL 1 – Plantensoorten en hun bedekking in de lysimeters

Lysimeter 1, totale bedekking 95%	B ¹	F ²
Lysimeter 2, totale bedekking 95%		
<i>Molinia caerulea</i> (pijpestrootje)	d	fl/fr
<i>Erica tetralix</i> (dopheide)	f	fl/fr
<i>Festuca ovina</i> (schapegras)	a	v
<i>Calluna vulgaris</i> (struikheide)	f	fl/fr
<i>Sphagnum spec.</i> (veenmos)	r	v
Lysimeter 5, totale bedekking 80%	B	F
Lysimeter 6, totale bedekking 85%		
<i>Erica tetralix</i> (dopheide)	d	fl/fr
<i>Festuca ovina</i> (schapegras)	cd	fl/fr
<i>Equisetum palustre</i> (lidrus)	r	v
<i>Molinia caerulea</i> (pijpestrootje)	r	fl
<i>Hypericum maculatum</i> (k. hertshooi)	r	fl
<i>Rubus spec.</i> (braam)	r	k
<i>Genista anglica</i> (stekelbrem)	r	v
<i>Sphagnum spec.</i> (veenmos)	r	v
Lysimeter 8, totale bedekking 100%	B	F
Lysimeter 9, totale bedekking 100%		
<i>Juncus subulifloris</i> (biezeknoppen)	a	fr
<i>Lysimachia vulgaris</i> (gew. wederik)	f	fl/v
<i>Lotus uliginosus</i> (moerasrolklaver)	f	v
<i>Agrostis canina</i> (kruipend struisgras)	a	fr
<i>Pedicularis palustris</i> (kartelblad)	r	fl/fr
<i>Anthoxanthum odoratum</i> (reukgras)	f	fr
<i>Agrostis stolonifera</i> (fioringras)	f	v/fr
<i>Holcus lanatus</i> (echte witbol)	f	fl
<i>Carex nigra</i> (gewone zegge)	f	v/fr
<i>Hydrocotyle vulgaris</i> (waternavel)	f	v
<i>Potentilla erecta</i> (tormentil)	r	fl
<i>Equisetum palustre</i> (lidrus)	r	v
<i>Galium palustre</i> (moeraswalstro)	r	v/fl
<i>Peucedanum palustre</i> (melkeppe)	r	k
<i>Cardamine pratensis</i> (pinksterbloem)	f	k
<i>Sphagnum spec.</i> (veenmos)	f	v

¹ Bedekking		² Fenologische gesteldheid	
code	omschrijving	%	code omschrijving
d	dominant	40-100	v vegetatief
cd	co-dominant	15- 40	k knopvormend
a	ample	5- 15	fl bloeiend
f	frequent	1- 5	fr vrucht dragend
r	rare	0- 1	

gaan. De begroeiing in de lysimeters ligt 10 cm lager, waarmee wordt voorkomen dat er water over de rand loopt in geval van inundaties.

In tabel I staat een overzicht van de soorten en hun bedekkingsgraad zoals die in de zomer van 1991 zijn opgenomen. Syntaxonomisch kan het type met de schrale-graslandsoorten (lysimeters 8 en 9) gerekend worden tot het Junco-Molinion en horen de types waarin *Molinia* en *Erica* domineren (lysimeters 1, 2, 5 en 6) tot het Ericion tetralicis, waarbij het type met *Molinia* een onttakelde vorm of een zogenaamde derivaatgemeenschap is [Schaminée *et al.*, 1991]. Deze vorm kan ontstaan als de ontwateringsdiepte toeneemt.

Gedurende de onderzoeksperiode nam de presentie van *Festuca ovina* (schapegras) in de lysimeters 5 en 6 toe, echter zonder dat dit ten koste ging van het aandeel *Erica*. De dikte van de wortelzone van de *Erica*-begroeiing was beperkt tot de 15 cm dikke humeuze bovengrond. De *Molinia*-



Dopheide, een vochtminnaar met een bescheiden verdamping.

begroeiing had een wortelzone van 25-30 cm dikte en de schraalgrasland-vegetatie van circa 20 cm. In de loop van augustus is de vegetatie van de grasvegetatie afgeknipt en afgevoerd. In alle lysimeters is regelmatig de hoogte van de vegetatie gemeten. Naast de lysimeters met de aangegeven vegetatietypen zijn in en rond twee lysimeters plaggen met gazongras aangebracht. De graslengte hiervan is wekelijks teruggebracht tot circa 5 cm. De verdamping van het gazongras dient als referentie.

Metingen

De verdamping is gemeten gedurende de periode eind maart tot begin oktober in 1991 en 1992. Binnen dit tijdvak is het groeiseizoen in beschouwing genomen: de periode 1 april-1 oktober. Buiten het groeiseizoen is de verdamping klein en zal deze grotendeels uit interceptieverdamping bestaan.

Van de lysimeters is normaliter eenmaal per week, in de loop van de ochtend, de hoeveelheid water gemeten dat als surplus in de containers was gelopen. De meetfrequentie is opgevoerd in droge perioden met een grote verdamping en in perioden met veel neerslag. Als het waterniveau in de lysimeters meer dan 5 cm lager was dan het ingestelde peil werd er ook een bekende hoeveelheid water via de bovenzijde aan de lysimeters toegevoegd. De neerslag is op 200 m afstand van de lysimeters in een vrij opgestelde grondregometer gemeten.

Per meetperiode is de verdamping in

Natte voeten is voor een *Molinia*-vegetatie geen probleem, maar hoe groot is dan de verdamping?

principe gelijk aan de hoeveelheid water die aan het begin daarvan is toegevoegd, gesommeerd met de hoeveelheid neerslag en verminderd met de hoeveelheid die aan het einde van de periode uit de container is afgetapt. De verdeling van de neerslag en verdamping op een meetdag en de demping die in de lysimeters optreedt, maken dat de berekende verdamping niet exact voor de meetperiode geldt. Deze onnauwkeurigheid wordt echter in de daarop volgende meetperiode gecompenseerd.

In 1991 waren de metingen erop gericht om de potentiële verdamping vast te stellen. Daartoe is gedurende het hele seizoen een waterniveau in alle lysimeters ingesteld op 30 cm beneden het maaiveld in de lysimeter. In het groeiseizoen van 1992 is de verdamping onder natte omstandigheden vastgesteld. Per begroeiingstype is een waterniveau ingesteld waarbij het profiel in de ene lysimeter tot aan het maaiveld verzadigd was en waarbij de andere conform 1991 een waterstand van 30 cm beneden maaiveld kreeg. Iedere drie weken werden de standen in de lysimeters gewisseld om te voorkomen dat er een ongelijke ontwikkeling van de vegetatie zou plaatsvinden. Na de wisseling van de waterstanden duurde het 1, soms 2 dagen voordat het nieuwe evenwicht zich had ingesteld en de volgende meetperiode kon beginnen. Er zijn 8 meetperiodes geweest met een gezamenlijke tijdsduur van 172 dagen. Aan beide lysimeters met gazongras is in 1991 en in 1992 alleen de potentiële verdamping gemeten.

3. Resultaten

Referentie-verdamping

Omdat de gemeten verdamping niet exact overeen hoeft te komen met de periode tussen twee metingen is in afbeelding 2 gekozen voor een cumulatieve weergave van de referentie-verdamping van de twee lysimeters die begroeid zijn met gazongras (nrs. 4 en 7). Ook is het cumulatieve verloop uitgezet van de referentie-verdamping voor gras volgens de methode van Makkink zoals dat voor Deelen voor dezelfde perioden is berekend. Daartoe is de referentie-gewasverdamping [KNMI,

1991 en 1992] vermenigvuldigd met de gewasfactor voor gras. Tot de derde decade van augustus heeft deze factor de waarde 1,0 en in de periode daarna de waarde 0,9 [Feddes, 1987].

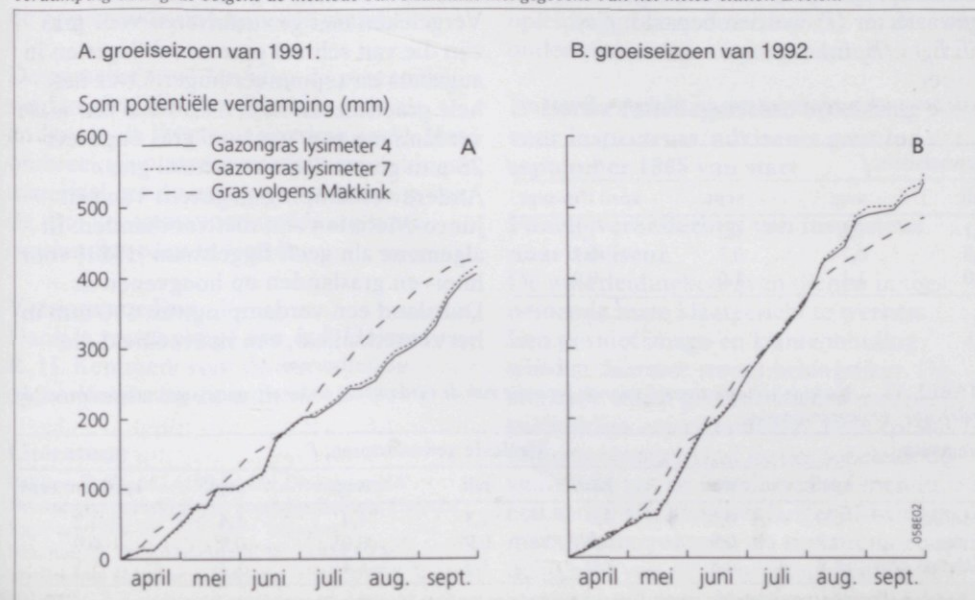
Het verloop van de verdamping van het gazongras in beide lysimeters was vrijwel identiek, maar verschilde wel met de referentie-verdamping voor gras in Deelen. Het cumulatieve verloop van de berekende referentie-verdamping van het gras in Deelen is veel gelijkmatiger. Daar wordt echter geen rekening gehouden met de soms grillige verdeling van neerslag en interceptieverdamping. Perioden met een grote hoeveelheid neerslag (eind juni en eind september 1991 en augustus 1992) laten in de lysimeters 4 en 7 een sterke toename (een steil verloop) van de verdamping zien, terwijl in droge perioden (juli en augustus 1991) het omgekeerde het geval is. Dit leidt over de groeiseizoenen tot verschillen (tabel II).

TABEL II - Overzicht van de referentie-verdamping gazongras (gemiddeld) en gras Deelen (volgens Makkink) en de neerslag (in mm) over de groeiseizoenen van 1991 en 1992. Tussen haakjes staat het langjarig gemiddelde.

	Referentie-verdamping			Neerslag
	gazongras	gras	Deelen	
1991	404	420	(435)	328 (402)
1992	518	466	(435)	485 (402)

In het groeiseizoen van 1991 is er 74 mm minder neerslag gevallen dan het langjarige gemiddelde en was de verdamping van het gazongras 16 mm kleiner dan de referentie-verdamping voor gras in Deelen.

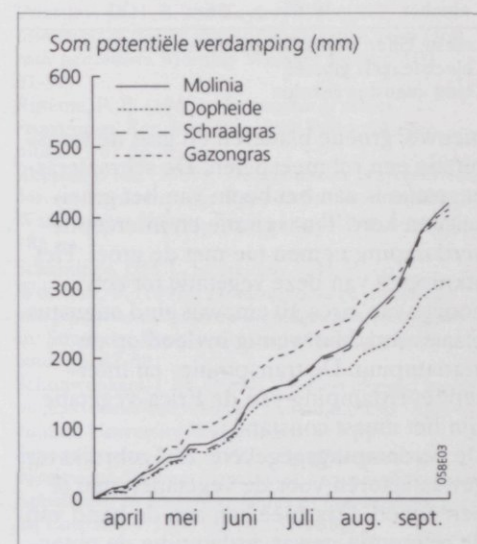
Afb. 2 - Cumulatief verloop van de referentie-verdamping van de lysimeters met gazongras en de referentie-verdamping voor gras volgens de methode van Makkink met gegevens van het meteo-station Deelen.



In 1992 was er 83 mm meer neerslag gevallen en was de verdamping 52 mm groter.

Potentiële verdamping van de Molinia-, Erica- en schraalgraslandvegetaties

De cumulatieve weergave van de gemiddelde verdamping van de lysimeters met eenzelfde begroeiing staat in afbeelding 3.



Afb. 3 - Cumulatief verloop van de gemiddelde potentiële verdamping per vegetatietype in het groeiseizoen van 1991.

Ter illustratie is ook het verdampingsverloop van het gazongras opgenomen. Het verdampingsverloop van de beide lysimeters met een Molinia- en een schraalgraslandvegetatie was nagenoeg identiek. Aan het einde van het groeiseizoen bedroeg het verschil in verdamping van de lysimeters die met een Erica-vegetatie begroeid zijn, ruim 20 mm. De bedekking van de lysimeters bedraagt 80% (tabel I, lysimeter 5) en 85% (lysimeter 6). Mogelijk is de evaporatie van lysimeter 5 wat groter.

Hoewel de verdamping van de drie grasvegetaties aan het einde van het groeiseizoen weinig van elkaar afwijkt, vertoont het verloop in de periode daarvoor wel opmerkelijke verschillen. Het verdampingsverloop van gazongras is het meest lineair. De cumulatieve verdamping van Molinia en schraalgrasland blijft tot ongeveer halverwege het groeiseizoen achter, maar neemt in de periode daarna sterk toe. De verschillen zijn waarschijnlijk toe te schrijven aan de wisselende bijdragen van de transpiratie- en interceptieverdamping. Tabel III laat de gewaslengte op een aantal tijdstippen zien. De Molinia-begroeiing heeft een minimale hoogte van circa 25 cm, waardoor de interceptieverdamping altijd groot zal zijn. Pas in de loop van de zomer ontwikkelen zich

TABEL III – Hoogte (cm) van de vegetatietypen op verschillende tijdstippen in het groeiseizoen.

Datum	Hoogte		
	Molinia	Erica	Schraal gras
1 april	25	15	10
1 mei	25	15	15
1 juni	35	25/35 ¹	30/35
1 juli	35/45 ¹	30/40	30/40
1 augustus	35/50	30/35	30/40
1 september	35/55	25	10 ²
1 oktober	35/55	25	20

¹ eerste cijfer: vegetatieve deel; tweede cijfer: bloeistengels grassen

² eind augustus geknipt

nieuwe, groene bladeren en gaat de transpiratie een rol meespelen. De schraalgrasvegetatie is aan het begin van het groeiseizoen kort. Transpiratie en interceptieverdamping nemen toe met de groei. Het afknippen van deze vegetatie tot een hoogte van circa 10 cm, wat eind augustus plaatsvond, had weinig invloed op de verdamping. De transpiratie- en interceptieverdamping van de Erica-vegetatie zijn het meest constant.

De verdampingsgegevens zijn gebruikt om gewasfactoren voor de vegetatietypen te berekenen. Daarmee kan aan de hand van de referentie-gewasverdamping de potentiële verdamping worden berekend.

Daartoe is de verdamping per maand berekend. Vervolgens is de verhouding tussen de potentiële verdamping van het betreffende vegetatietype en de referentie-gewasverdamping bepaald ($E_p:E_r$).

Uitgaande van de bekende gewasfactor (f) voor gras is de verdamping van het gazon-gras over de periode april tot de derde decade van augustus gelijk aan de referentie-gewasverdamping ($f=1$). In de derde decade van augustus en in september bedraagt de gewasfactor 0,9. De referentie-gewasverdamping is over deze periode dus een factor 1 : 0,9 groter dan de verdamping van het gazon-gras. De resultaten staan in tabel IV.

TABEL IV – Berekende gewasfactoren voor de bepaling van de potentiële verdamping van een Molinia-, Erica- en schraalgraslandvegetatie uit de referentie-gewasverdamping.

Vegetatie	Gewasfactor, f						
	april	mei	juni	juli	aug.	sept.	april t/m sept.
Molinia	0,8	0,8 ¹	0,8	1,1	1,2	1,2	1,0
Erica	0,6	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7
Schraal gras	0,7	0,8 ¹	0,9	1,0	1,1	1,0	0,9

¹ 0,745 naar boven afgerond

Verdamping onder natte omstandigheden

Voor de acht meetperiodes zijn de actuele en potentiële verdampingshoeveelheden uitgerekend. In tabel V zijn deze gesommeerd en is de onderlinge verhouding uitgerekend. Over het totale tijdvak van 172 dagen bedroeg de verdamping van het gazon-gras 514 mm, terwijl er 460 mm neerslag is gevallen.

TABEL V – Actuele verdamping (E) onder natte omstandigheden, de potentiële verdamping (E_p) (in mm) en de verhouding ertussen ($E:E_p$) over een periode van 172 dagen in het groeiseizoen van 1992.

Vegetatie	E	E_p	$E:E_p$
Molinia	801	678	1,18
Erica	416	345	1,21
Schraal gras	650	581	1,12

De verdamping van alle drie vegetatietypen is onder natte omstandigheden groter dan onder potentiële omstandigheden. Hoewel met de meetopstelling transpiratie, evaporatie en interceptieverdamping niet afzonderlijk worden gemeten, is de toename alleen te verklaren uit een toename van de evaporatie, aangezien de interceptieverdamping voor lysimeters met eenzelfde begroeiing gelijk zal zijn geweest en de transpiratie in een natte situatie kleiner of hooguit even groot kan zijn als de potentiële transpiratie. De ontwikkeling van de begroeiing in de duplo-lysimeters was vergelijkbaar met die in het voorgaande jaar. Blijkbaar heeft eventueel zuurstoftekort in de wortelzone geen zichtbare gevolgen voor de groei en daaraan gerelateerde transpiratie.

De relatieve toename van de actuele verdamping ten opzichte van de potentiële verdamping van de drie vegetatietypen lijkt gerelateerd te zijn aan de oppervlakte onbegroeide grond in de lysimeters: een factor 1,21 bij 15-20% kale grond voor Erica, 1,18 bij 5% voor Molinia en 1,12 bij 0% voor schraal gras.

Uit de verhouding tussen de actuele verdamping onder natte omstandigheden en de potentiële verdamping uit tabel V ($E:E_p$) en de verhouding tussen de potentiële verdamping en de referentie-gewasverdamping ($E_p:E_r$) kan een afgeleide gewasfactor (f') worden bepaald: $f' = (E:E_p) : (E_p:E_r)$.

TABEL VI – Afgeleide gewasfactoren f' voor de bepaling van de verdamping onder erg natte omstandigheden uit de referentie-gewasverdamping.

Vegetatie	Afgeleide gewasfactoren, f'						
	april	mei	juni	juli	aug.	sept.	april t/m sept.
Molinia	0,9	0,9	1,0	1,3	1,4	1,4	1,2
Erica	0,8	0,9	0,9	0,9 ¹	0,9 ¹	0,9	0,9
Schraal gras	0,8	0,8	1,0	1,2	1,3	1,2	1,1

¹ berekend uit het gemiddelde van juli en augustus om tot een logische sequentie te komen

Hiermee kan uit de referentie-gewasverdamping een schatting worden gemaakt van de verdamping onder natte omstandigheden. De resultaten staan in tabel VI.

Gemeten waarden gelijk aan die in de literatuur?

Iedere methode om de verdamping van gewassen en vegetaties vast te stellen heeft specifieke voor- en nadelen. De belangrijkste voordelen van de hier gevolgde werkwijze zijn de grote omvang van de lysimeters en de nauwkeurigheid van de metingen. Een nadeel is de invloed die de randen van de lysimeters en de omgeving op de verdamping hebben.

De gemeten potentiële verdamping voor de Molinia-vegetatie is over het algemeen gelijk of iets hoger dan de waarden die in de literatuur worden genoemd. Zo vond Schouwenaars [1990 en 1993] op grond van onderzoek met kleine, weegbare lysimeters een relatie tussen de verdamping, het oppervlak van de groene bladeren en de referentie-gewasverdamping. Omgerekend vond hij gewasfactoren die opliepen van 0,55 in mei tot 1,00 in augustus. Caris [1987] berekende met een waterbalansmodel voor een dichte Molinia-vegetatie een actuele verdamping van 395 mm voor het zomerhalfjaar van 1982.

De gewasfactoren voor de Erica-vegetatie uit tabel IV en de langjarig gemiddelde (normale) referentie-gewasverdamping voor De Bilt leveren een verdamping op van 323 mm. Bakker [1984] geeft voor de verdamping van de vochtige heide van het Dwingelderveld een hoeveelheid van 325 mm in het zomerhalfjaar. Eggelsman [1981] geeft voor heide met een aangetaste veenmosbegroeiing op hoogveen in Duitsland een verdamping van 395 mm.

Vergeleken met gewasfactoren voor gras zijn die van schraal gras tot juli lager en in augustus en september hoger. Over het hele groeiseizoen in een normaal jaar is de verdamping van 'gewoon' gras ongeveer 25 mm groter dan van schraal gras.

Andere verdampingsgegevens van een Junco-Molinia zijn niet voorhanden. In algemene zin geeft Eggelsman [1981] voor hooi- en graslanden op hoogvenen in Duitsland een verdamping van 410 mm in het zomerhalfjaar, een hoeveelheid die

goed overeenkomt met de berekende normale verdamping voor De Bilt. Op een trilveen met een 55 cm hoge vegetatie waarin *Carex diandra* (ronde zegge) domineert, varieert de gewasfactor in de periode mei tot en met oktober tussen de 0,73 en 0,97 met een gemiddelde van 0,81 (359 mm) [Beltman en Koerselman, 1988].

4. Conclusies

De werkelijke verdamping van een vegetatietype kan afwijken van de verdamping die via de referentie-gewasverdamping volgens de methode van Makkink wordt berekend. In neerslagrijke perioden is de werkelijke verdamping hoger en in droge perioden lager dan de berekende verdamping. De afwijking is waarschijnlijk het gevolg van de interceptieverdamping. Naarmate de beschouwde tijdsduur langer is en er zowel droge als natte perioden in voorkomen, neemt het gesommeerde verschil af.

De verdamping van de drie vegetatietypen varieert, zowel onderling als in de tijd. De verdamping van de *Erica*-vegetatie bedraagt onder 'normale' omstandigheden en met een optimale vochtvoorziening 310 mm en is gedurende het groeiseizoen het meest gelijkmatig. Schraal gras laat een gestage toename van de potentiële verdamping zien tot augustus, gevolgd door een geringe afname in september en bedraagt aan het einde van het groeiseizoen 399 mm. Door de late ontwikkeling van groen blad neemt de verdamping van de *Molinia*-vegetatie pas vanaf juli sterk toe tot een hoeveelheid van 443 mm. Onder erg natte omstandigheden neemt de verdamping van alle drie de vegetatietypen met ongeveer 90 mm toe. De relatieve toename lijkt gerelateerd te zijn aan de oppervlakte onbegroeide grond.

De gemeten waarden voor de potentiële verdamping zijn van dezelfde orde als andere in de literatuur voorkomende. Het ontbreekt aan representatief vergelijkingsmateriaal om de gemeten verdamping van de drie vegetatietypen onder erg natte omstandigheden te toetsen.

Verantwoording

Dank is verschuldigd aan A. J. Dolman en R. H. Kemmers voor de aanvullende opmerkingen bij dit artikel.

Literatuur

Bakker, T. W. M., (1984). *Het Dwingelerveld. Deelrapport geohydrologie*. Staatsbosbeheer, Utrecht. Rapport 1984-29. 175 pp. + bijlagen.
Beltman, B. en Koerselman, W. (1988). *De verdamping van moerasvegetaties*. H₂O 21 (8): 201-205.

Caris, J. P. T. (1987). *Onderzoek naar de bruikbaarheid van het waterbalansmodel SWATREN bij toepassing op een hoogveenrestant*. Vakgroep Cultuurtechniek. Landbouwniversiteit Wageningen. 41 pp.
Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding TNO (1959). *De landbouwwaterhuishouding van Nederland*. COLN-rapporten 1-12, Den Haag.
Eggelsman, R. (1981). *Oekologische Aspecte von antropogen beeinflussten und unbeeinflussten Mooren Norddeutschlands*. Universität Oldenburg, Bremen. 175 pp.
Feddes, R. A. (1971). *Water, heat and crop growth*. Veenman, Wageningen. 184 pp.
Feddes, R. A. (1987). *Crop factors in relation to Makkink reference - crop evapotranspiration*. In: *Evaporation and weather*. Proceedings and Information no. 39. CHO-TNO, Den Haag: 33-44.
Hiege, W. (1987). *Inventarisatie van de gegevens van het lysimeterstation Castricum over de periode 1941-1985*. Rijksuniversiteit Groningen. 111 pp.
Jansen, P. C. en Kemmers, R. H. (1986). *Experimenteel verdampingsonderzoek aan twee plantensoorten: Moerasspirea en Gewoon knooppkruid*. Cultuur. Tijdschr. 25(6): 403-411.
KNMI (1991 en 1992). *Maandoverzicht neerslag en verdamping*. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, De Bilt.
Koerselman, G. J. (1987). *De invloed van de waterhuishouding op de landbouwkundige produktie*. Mededelingen Landinrichtingsdienst nr. 176. Rapport van de werkgroep HELP-tabel. Landinrichtingsdienst, Utrecht. 42 pp. + bijlagen.
Makkink, G. F. (1957). *Testing the Penman formula by means of lysimeters*. Journal of the Institution of Water Engineers (11): 277-288.
Makkink, G. F. (1962). *Vijf jaren lysimeteronderzoek*.

Verslagen Landbouwk. Onderzoekingen: 68-1. 241 pp.

Monteith, J. L. (1965). *Evaporation and environment*. Proceedings Symp. Soc. Exp. Biol. 19: 205-234.

Nonhebel, S. (1987). *Waterverbruik van Nederlandse bossen: een modellenstudie*. Waterbeheer Natuur, Bos en Landschap. Deel 7g: Bos en water. Rapport Studiecommissie Waterbeheer Natuur, Bos en Landschap, Utrecht. 47 pp. + bijlagen.

Penman, H. L. (1948). *Natural evaporation from open water, bare soil and grass*. Proceedings Royal Society London A193: 120-145.

Priestley, C. H. B. and Taylor, R. J. (1972). *On the assessment of surface flux and evaporation using large scale parameters*. Monthly Weather Review 100: 81-92.

Rijtema, P. E. (1965). *An analysis of actual evaporation*. Agr. Res. Rep. 659. Pudoc, Wageningen. 107 pp.

Roestel, J. van (1985). *Transpiratie en interceptie van bos: een literatuurstudie*. Rapport Studiecommissie Waterbeheer Natuur, Bos en Landschap, Utrecht. 186 pp.

Schaminée, J. H. J., Stortelder, A. H. F., en Westhoff, V. (1991). *De identificatie en classificatie van plantensociologische onverzadigde gemeenschappen*. In: Stratiotes. Plantensociologische Kring Nederland. pp. 42-52.

Schouwenaars, J. M. (1990). *Problem oriented studies on plant-water-soil relations*. Doctoral thesis. Agricultural University Wageningen. 175 pp.

Schouwenaars, J. M. (1993). *De verdamping van pijpestrootje (*Molinia caerulea*) en veenmos (*Sphagnum papillosum*) in hoogveengebieden en hun betekenis voor het waterbeheer*. H₂O 26(14): 376-382.

• • •

Functiegericht opleiden

Dit is het eerste artikel van een serie van drie over de nieuwe functiegerichte opleidingen van Wateropleidingen. Het eerste artikel gaat over de functieopleiding *Controle & advies drinkwaterinstallaties*. In dit artikel komt met name het functie- en praktijkgerichte karakter van de opleidingen aan bod. In de volgende twee artikelen wordt dieper ingegaan op de betekenis van deze nieuwe opleidingen voor de bedrijfstak en de onderwijskundige uitgangspunten.

1. Eerste functiegerichte opleiding voor inspecteurs/adviseurs gaat in september 1995 van start

Functieverandering: van inspecteur naar adviseur

De waterleidingbedrijven dienen in toenemende mate klantgericht te werken. Een positief imago en klantenbinding worden daarmee steeds belangrijker. De inspectie wordt geconfronteerd met twee gelijktijdige ontwikkelingen. Er is sprake van een terugtrekkend inspectiebeleid: de veiligheid van de installaties wil men in een aantal situaties niet langer afdwingen, maar beschouwt men als een verantwoordelijkheid van de verbruikers zelf. In de toekomst wil men de verbruiker voor-

Wateropleidingen



lichten en adviseren op het gebied van veiligheid, betrouwbaarheid, ontwerp en aanpassing van zijn installatie. Daarnaast is het werkteerrein van de inspecteurs aan verandering onderhevig. De aandacht verschuift van inspectie van de huishoudelijke naar de industriële drinkwaterinstallatie. Al deze veranderingen werken door in de functie van de inspecteur. Het management heeft geconstateerd dat medewerkers op een aantal punten onvoldoende zijn toegerust voor de nieuwe functie. Men denkt dan vaak aan een opleiding waarin de medewerkers de vereiste vaardigheden en houding wordt aangeleerd. Met name is een goed inzicht in het inspectiebeleid en de veranderingen belangrijk.

Waarom een opleiding voor inspecteurs?

Voor de inspecteur is het op een maatschappelijk aanvaarde manier inspecteren van en adviseren over huishoudelijke en