
Droogtestress als ecologische maat voor de vochttoestand

Peter Jansen
Han Runhaar

Met grote regelmaat worden maatregelen uitgevoerd die het grondwaterregime in natuurgebieden beïnvloeden. Voor ecologische effectvoorspelling is het van belang inzicht te hebben in de relatie tussen de soortensamenstelling van de vegetatie en de vochttoestand van de bodem. Voor het voorkomen van xerofyten en mesofyten lijkt vooral het aantal dagen met een vochtspanning rond het verwelkingspunt van belang. Deze zogenaamde droogtestress kan worden berekend met een hydrologisch model voor de onverzadigde zone. Om op eenvoudige wijze inzicht te krijgen in de mate van droogtestress zijn relaties opgesteld die de droogtestress weergegeven als functie van de grondwaterstand (in termen van GVG en GLG) en het bodemtype.

Inleiding

Er bestaan verschillende methoden om plantensoorten in te delen op grond van vochtindicatie. Zo hanteert Ellenberg (1979) een ordinale schaal die loopt van 1 (extreme droogteminners) tot 12 (ondergedoken waterplanten). Gangbaar is ook de methode waarbij de planten worden ingedeeld in xerofyten, mesofyten en hygrofyten (Schimper, 1898; Witte en Runhaar, 2000). Xerofyten zijn aangepast aan droge omstandigheden waar vochttekorten kunnen optreden. Hygrofyten zijn soorten die aangepast zijn aan natte en periodiek anaërobe omstandigheden en mesofyten kunnen noch onder zeer droge, noch onder zeer natte omstandigheden groeien.

Voor het al dan niet voorkomen van hygrofyten is de voorjaarsgrondwaterstand een belangrijke factor (Runhaar e.a., 1997). Minder duidelijkheid bestaat er over de vraag wat de bepalende factor is voor het al dan niet voorkomen van xerofyten. Door Gremmen (1987) wordt hiervoor het vochttekort in een 10 % droog jaar gebruikt. Verburg (1995) geeft aan dat het gemiddelde vochttekort een betere discriminerende factor is. Het gemiddeld vochttekort is echter geen algemeen toepasbare maat; het blijkt dat de relatie tussen vochttekort en het aandeel xerofyten op zandgronden anders ligt dan op klei (Knol, 1998; De Jong, 1997).

Uit onderzoek naar de samenstelling van grasvegetaties onder droge omstandigheden is gebleken dat er, ongeacht de grondsoort, een goede relatie bestaat tussen het bedekkings-

Peter Jansen en Han Runhaar zijn werkzaam bij Alterra, wageningen. Telefoon: (0317) 47 42 60, fax (0317) 41 90 00, e-mail: p.c.jansen@alterra.wag-ur.nl.

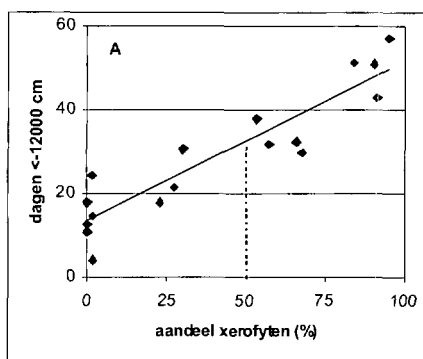
aandeel xerofyten en het aantal dagen met droogtestress (Jansen e.a., 2000). De droogtestress is uitgedrukt als het aantal dagen dat de drukhoogte in het midden van de wortelzone lager is dan -12.000 cm. De relatie zelf luidt als volgt (figuur 1):

$$Y = 0,38 X + 13,11 \quad (1)$$

met:

- X = Aandeel xerofyten (%) volgens het ecotopensysteem (Stevens e.a., 1987)
 Y = Aantal dagen per jaar met een drukhoogte < -12.000 cm

De grens tussen 'vochtige', door mesofyten gedomineerde standplaatsen en 'droge', door xerofyten gedomineerde standplaatsen ligt bij 32 dagen.



Figuur 1: Verband tussen het aandeel xerofyten en het aantal dagen met een drukhoogte van -12.000 cm in de wortelzone.

In theorie is deze relatie goed bruikbaar, maar in de praktijk is de droogtestress moeilijk te bepalen omdat daarvoor een hydrologisch model voor de onverzadigde zone gebruikt moet worden. Daarom is gezocht naar eenvoudige variabelen die goed correleren met de droogtestress. Gebleken is dat de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) daarvoor geschikt zijn (Jansen e.a., 2000).

In dit artikel wordt aangegeven hoe de drukhoogte aan GLG en GVG gerelateerd is en hoe de daaruit afgeleide reprofuncties gebruikt kunnen worden voor evaluatiedoeleinden.

Methodie

Om de GVG, de GLG en het aantal dagen droogtestress vast te stellen is gebruik gemaakt van het model SWAP (Belmans e.a., 1983; Feddes e.a., 1978; Van Dam e.a., 1997). SWAP is een ééndimensionaal hydrologisch model dat op grond van drukhoogteverschillen de waterbalans van de onverzadigde zone berekent. Met dit model zijn diverse zand-, klei- en leemgronden doorgerekend. Bij de gronden zijn dunne (5 cm), matig dikke (15 cm) en dikke (30

cm) humeuze bovengronden onderscheiden. Voor iedere grondsoort zijn 20 verschillende hydrologische scenario's doorgerekend, variërend van vochtig tot erg droog. De scenario's zijn samengesteld uit de combinaties van vijf uiteenlopende drainagekarakteristieken en vier verschillende kwel-/infiltratiekarakteristieken.

Voor de berekeningen zijn dagwaarnemingen van neerslag en referentieverdamping volgens Makkink (1957) over een periode van 25 jaar (1971–1995) gebruikt. Binnen Nederland varieert de gemiddelde hoeveelheid neerslag en verdamping. Daarom zijn de gegevens van 4 districten gebruikt (Eelde, De Bilt, Vlissingen en Eindhoven).

De modelinvoer voor de vegetatie is afgestemd op de eigenschappen van de grasvegetatie waarvoor de relatie (1) tussen het aandeel xerofyten en de droogtestress geldt. Daarbij gaat het om een standaard grasvegetatie (Van Dam e.a., 1997) die de bodem volledig bedekt en die een worteldiepte van 25 cm heeft.

Van iedere grondsoort zijn voor ieder scenario gemiddelden berekend over de 25 jaar van:

- de gemiddelde voorjaargrondwaterstand (GVG) als gemiddelde van de dagelijkse standen in maart en april;
- de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) als gemiddelde van de 3 laagste standen van de standen op de 14e en 28e van de maanden in de zomerhalvaren
- het gemiddelde aantal dagen waarop de droogtestress in het midden van de wortelzone lager is dan kritieke waarde van –12 000 cm.

Per grondsoort zijn 20 getallenparen beschikbaar waaruit de relatie tussen de droogtestress en de GVG of GLG berekend zijn. Onder omstandigheden met hoge grondwaterstanden en/of veel neerslag treedt geen droogtestress op. Bij diepe grondwaterstanden en weinig neerslag kan wel droogtestress optreden en die bereikt een maximaal aantal dagen als de grondwaterstand zo ver gezakt is dat er geen capillaire nalevering meer optreedt. De relaties hebben een al dan niet gedeeltelijk afgevlakt s-vormig verloop. Een dergelijk verloop kan worden beschreven met een Gompertz-curve. Deze curve wordt beschreven met behulp van de volgende vergelijking:

$$Y = a + c \times \text{EXP}(-\text{EXP}(-b(X - m))) \quad (2)$$

met:

Y	=	langjarig gemiddeld aantal dagen met droogtestress
X	=	langjarig gemiddelde grondwaterstand (cm)
a, b, c, m	=	constanten

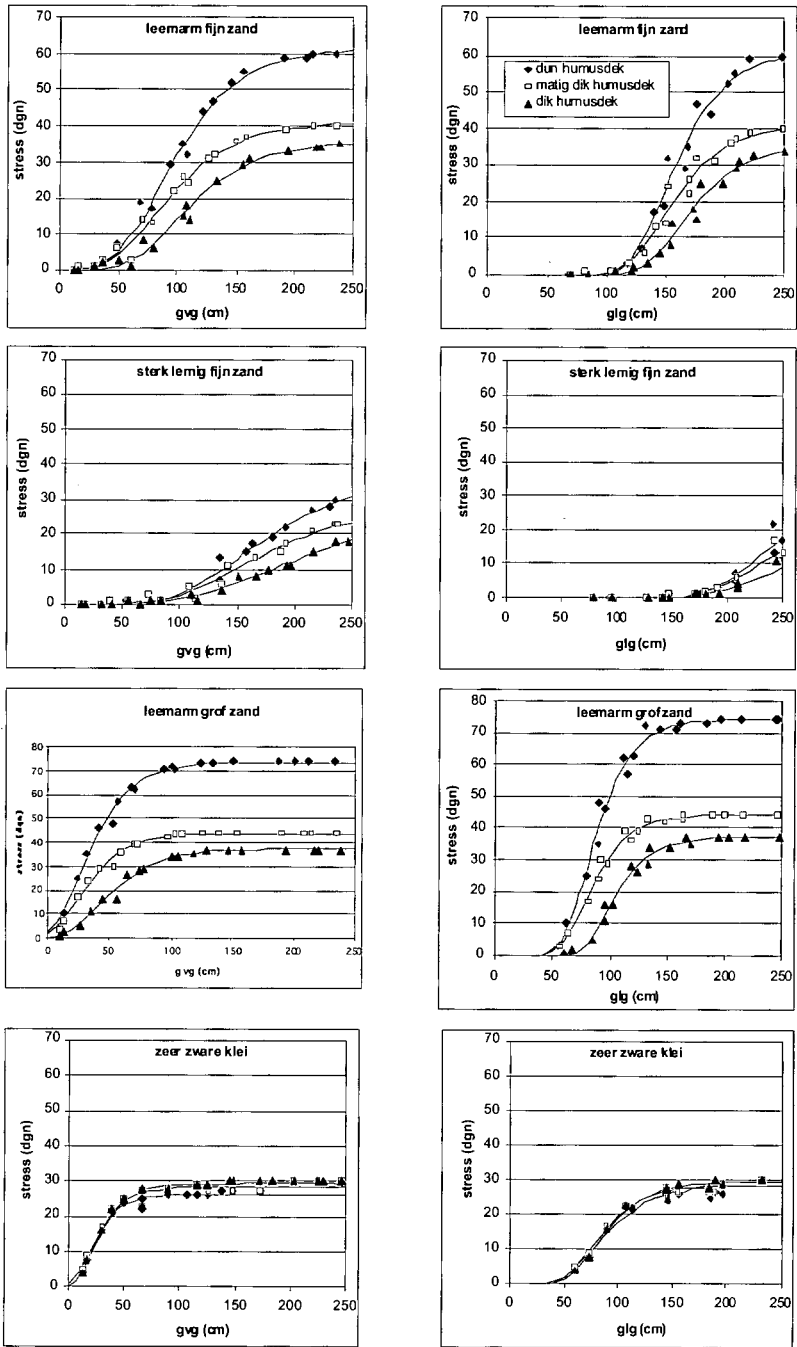
Resultaten

In figuur 2 staan de berekende GLG's, GVG's, het gemiddelde aantal stressdagen en de gefitte curven van enkele grondsoorten. In gronden met slechte capillaire eigenschappen, zoals grof zand en zeer zware klei, treedt er al droogtestress op bij hoge GVG's. Met het dieper worden van de GVG neemt het aantal dagen snel toe tot een maximum. Bij zeer zware klei heeft de dikte van de bovengrond geen onderscheidende invloed. Bij de zand-

gronden resulteert een dikkere bovengrond in minder dagen met droogtestress omdat er meer bodemvocht beschikbaar is. Voor zeer sterk lemig fijn zand, zavel, matig zware klei en zandige leem kunnen geen relaties worden afgeleid. Het vochtleverd vermogen van deze gronden is dermate goed dat alleen bij een diepe grondwaterstand en weinig neerslag er hooguit een enkele dag met droogtestress is.

Bij ondiepe grondwaterstanden zijn er kleine verschillen tussen kwel- en infiltratiescenario's. Maar omdat er volgens vergelijking (1) tot een droogtestress van 13 dagen geen xerofyten verwacht worden is dit verschil voor de beoogde toepassing, de voorspelling van ecologische droogtestress, niet relevant. Bij diepe standen zijn de verschillen nihil omdat capillaire nalevering dan nauwelijks een rol speelt.

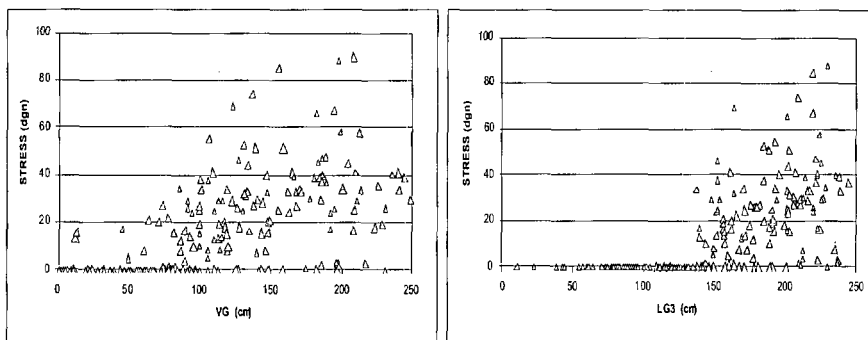
In het kustdistrict Vlissingen komen beduidend meer stressdagen voor dan in de andere districten. In de kuststrook is de referentieverdamping hoog en is de hoeveelheid neerslag relatief klein. District Eindhoven is gekozen omdat het één van de drogere districten van Nederland is. In de districten Eelde en De Bilt is het aantal stressdagen het geringst. De uitkomsten van deze beide districten zijn samengevoegd omdat de verschillen erg klein zijn.



Figuur 2

Discussie

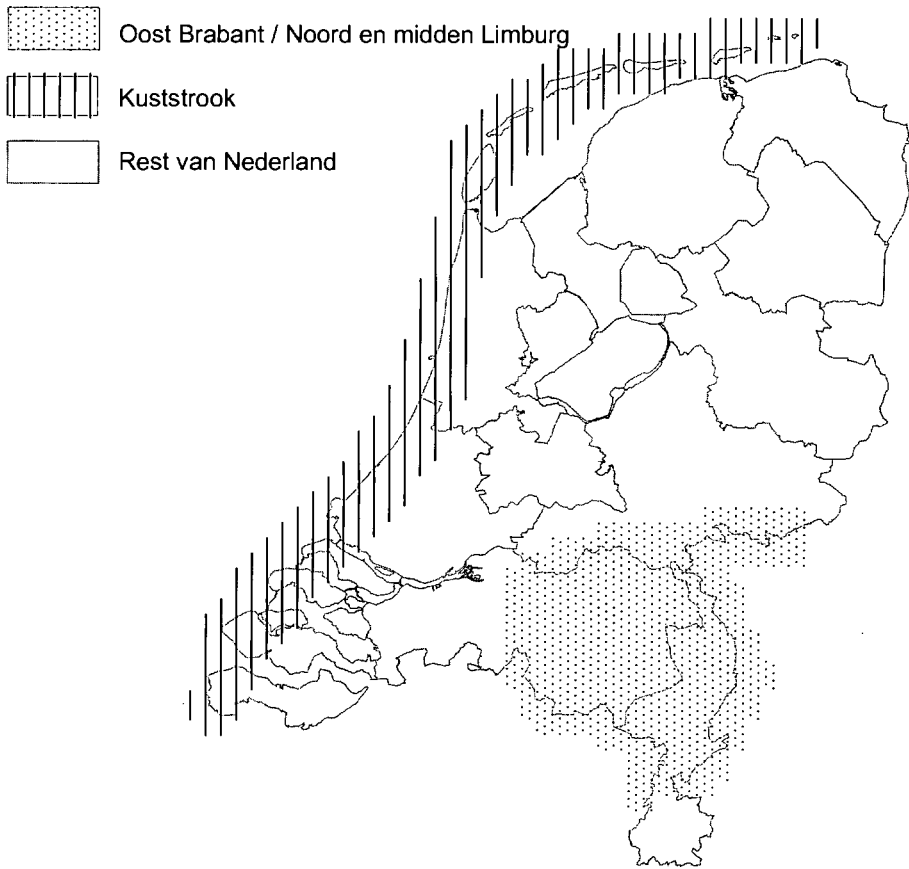
Opvallend is het eenduidige verband tussen de grondwaterstand en de droogtestress. De spreiding is gering. Daarbij moet evenwel bedacht worden dat het gaat om langjarig gemiddelde, waarbij weersinvloeden zijn weggefilterd. Als illustratie voor leemarm fijn zand laat figuur 3 zien dat er wel grote verschillen tussen de verschillende jaren kunnen optreden. Er zijn jaren waarin de grondwaterstand weliswaar diep wegzakt, maar waarin door een gelijkmatige neerslagverdeling in de zomer toch geen enkele dag met droogtestress van minder dan -12.000 cm wordt gehaald. Anderzijds kan bij een hoge VG (voorjaarsgrondwaterstand gemiddeld over maart en april) door een droge zomer nog wel een aanzienlijke droogtestress optreden. De LG3 (laagste stand als gemiddelde van de 3 laagste standen) heeft boven een minimale diepte geen droogtestress, omdat de capillaire nalevering dan voldoende groot is om boven de -12.000 cm te blijven. Hoewel het meest causale verband met de laagste grondwaterstand bestaat (figuur 3b) maakt het voor het langjarig gemiddelde weinig uit of wordt uitgegaan van de gemiddelde voorjaars- of gemiddelde laagste grondwaterstand.



Figuur 3: Relaties tussen de VG en LG3 enerzijds en het aantal dagen met droogtestress anderzijds voor de afzonderlijke jaren voor leemig fijn zand.

Toepassing van reprofuncties

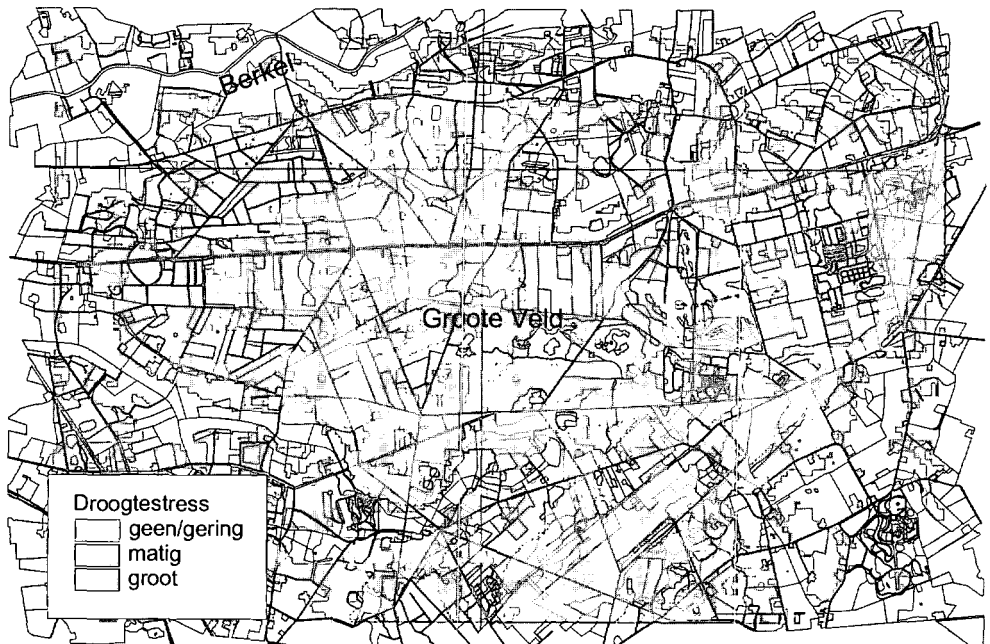
Er zijn reprofuncties berekend voor de droogtegevoelige grondsoorten die in Nederland voorkomen. Voor veen- en verschillende klei- en leemgronden zijn geen functies berekend omdat hier (vrijwel) geen droogtestress optreedt. Op uitgedroogd hoogveen is dat mogelijk wel het geval, maar dit bodemtype is niet gemodelleerd omdat de vocht karakteristiek daarvan onvoldoende bekend is. Van iedere grondsoort zijn 3 reprofuncties beschikbaar die geldig zijn voor respectievelijk de districten Eelde + De Bilt, Vlissingen en Eindhoven. Op grond van de verdeling van neerslag en verdamping is Nederland opgedeeld in gebieden waarvoor de functies gebruikt kunnen worden (figuur 4).



Figuur 4: Indeling van Nederland in gebieden verschillende reprofuncties gelden.

Voor de toepassing in voorspelling- en evaluatiemodellen zijn de reprofuncties op grond van de textuur en de dikte van de bovengrond toegeedeeld aan bodemtypen die op de bodemkaart voorkomen. Er moet rekening mee worden gehouden dat de functies alleen representatief zijn voor bodemeenheden die een 'gemiddelde' textuur hebben.

Relaties met de GLG zijn gebruikt voor het project 'Waternood De Leijen' waarin een methodiek ontworpen is voor de inrichting van waterbeheerssystemen (Projectgroep Waternood De Leijen, 2001). Op basis van de daar opgedane ervaringen worden de functies ingebouwd in het nieuwe Waternoodinstrumentarium. Verder zijn de relaties geïmplementeerd in het voorspellingsmodel NATLES (Runhaar e.a., 1998). In NATLES worden 3 droogtestressklassen onderscheiden (geen-gering, matig en groot) die overeenkomen met afwezigheid, beperkte aanwezigheid en dominante aanwezigheid van xerofyten in grasvegetaties. In figuur 5 staat die uitkomst zoals die voor een hydrologisch scenario voor het Grootte Veld bij Vorden in de Achterhoek is berekend.



Figuur 5: Toepassing van de droogtestress met het evaluatiemodel NATLES.

Met het beschikbaar komen van de relaties tussen de droogtestress en de gemiddelde voorjaars- of gemiddelde laagste grondwaterstand voor droge omstandigheden is het mogelijk om voor het hele traject nat – droog de vochthuishouding van standplaatsen te beschrijven in ecologisch relevante hydrologische variabelen waarvoor de causale relatie met de vegetatiesamenstelling bekend is.

Literatuur

- Belmans, C., J.G. Wesseling en R.A. Feddes (1983)** Simulation of the water balance of a cropped soil: SWATRE; in: *Journal of Hydrology*, vol 63, pag 271–286.
- Dam, J.C. van, J.Huygens, J.G. Wesseling, R.A. Feddes, P. Kabat, P.E.V. van Walsum, P. Groenendijk en C.A. van Diepen (1997)** Theory of SWAP version 2.0: Simulation of water flow, solute transport and plant growth in the Soil-Water-Atmosphere-Plant environment; Report 71, Department Water Resources, Agricultural University, Wageningen.
- Feddes, R.A., P.J. Köwalik en H. Zarádný (1978)** Simulation of field water use and crop yield; Simulation Monographs, Pudoc, Wageningen.
- Gremmen, N.J.M. (1990)** Natuurtechnisch model voor de beschrijving en voorspelling van veranderingen in het waterregime op de waarde van een gebied vanuit natuurbehoudsoogpunt. Deel 4: Herziening en verificatie van het model; Studiecommissie Waterbeheer Natuur, Bos en Landschap, plaats.

- Jansen, P.C., J. Runhaar, J.-P.M. Witte en J.C. van Dam (2000)** Vochtindicatie van grasvegetaties in relatie tot de vochttoestand van de bodem; rapport 057, Alterra, Wageningen.
- Jong, A. de (1997)** IJking van de vochttoestand van de bodem met de vochtindicatie van de vegetatie volgens het ecotopensysteem; Verslag van het afstudeervak Ecohydrologie; Vakgroep Waterhuishouding, Landbouwuniversiteit, en DLO-Staring Centrum, Wageningen.
- Knol, M. (1998)** Vochtindicatie van de vegetatie – vochttoestand van de bodem; rapport sectie Waterhuishouding, Landbouwuniversiteit, Wageningen.
- Makkink, G.F. (1957)** Testing the Penman formule by means of lysimeters; in: *J. Int. Water Eng.*, vol 11, pag. 277–288.
- Projectgroep Waterlood De Leijen (2001)** Beter werken met Waterlood: Een proeftoepassing in herinrichtingsgebied De Leijen; rapport 267, Alterra, Wageningen.
- Runhaar, J., H.L. Boogaard, S.P.J. van Delft en S. Weghorst (1998)** Natuurgericht landevaluatiesysteem (NATLES); rapport 704, DLO-Staring Centrum, Wageningen.
- Runhaar, J., J.-P.M. Witte en P.H. Verburg (1997)** Groundwater level, moisture supply and vegetation in the Netherlands; in: *Wetlands*, vol 17, pag 528–538.
- Schimper, A. (1898)** Pflanzen-Geographie auf psychologischer [physiologischer?] Grundlage; uitgever, Jena.
- Verburg, P. (1995)** De relatie van de vochttoestand van de bodem en de vochtindicatie van de vegetatie; rapport Vakgroep Waterhuishouding, Landbouwuniversiteit, Wageningen.
- Witte, J.-P.M. en J. Runhaar (2000)** Planten als indicatoren voor water; in: *Stromingen*, jrg 6, nr 1, pag 5–21.