



VLAAMS IMPULSPROGRAMMA NATUURONTWIKKELING

**Kwantitatieve analyse van de
verdamping van bossen in vergelijking
met weide en akkerland**

VLINA99/06

4 december 2001

NIET-TECHNISCHE SAMENVATTING



KATHOLIEKE UNIVERSITEIT
LEUVEN



Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer

Studie uitgevoerd in het kader van het Besluit van de Vlaamse regering tot instelling en organisatie van een Vlaams Impulsprogramma Natuurontwikkeling van 8 februari 1995.

Katholieke Universiteit Leuven, Laboratorium voor Bodem en Water
promotoren Jan Feyen, Jozef Deckers
projectuitvoerder Willem W. Verstraeten
medewerker Lode Hubrechts

Katholieke Universiteit Leuven, Laboratorium voor Bos, Natuur en Landschap
promotor Bart Muys

Universiteit Gent, Laboratorium voor Bosbouw
promotoren Noël Lust
projectuitvoerder Maaïke Minnaert
medewerker An De Schrijver

Universiteit Gent, Laboratorium voor Plantenecologie
promotoren Raoul Lemeur
medewerker Roeland Samson

Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer
promotoren Jos Van Slycken, Bruno Devos
projectuitvoerders Mathieu Pieters, Stefaan Goessens
medewerker Linda Meiresonne

INHOUDSTAFEL

<i>Probleemstelling</i>	2
<i>Doelstelling</i>	2
<i>De waterbalans van een bos</i>	3
<i>De onderzoeksmethodiek</i>	4
<i>De onderzoekslocaties</i>	4
<i>Methoden</i>	6
<i>Experimentele resultaten</i>	7
<i>Waterverbruik</i>	9
<i>Bos en water: besluiten en aanbevelingen</i>	11
<i>Referenties</i>	12

Probleemstelling

De kennis van de hydrologie in het algemeen en van het waterverbruik van bosecosystemen in het bijzonder, is in Vlaanderen fragmentarisch.

De waterbalans van bossen in vergelijking met andere landgebruiksvormen is voor beleidsmakers en terreinbeheerders in het domein van natuurbeheer, natuurontwikkeling en natuurinrichting een grotendeels onopgelost vraagstuk.

Enerzijds worden bossen, in het bijzonder intensieve populierenteelt in valleigebieden, aangewezen als oorzaak van verdroging omdat ze meer water zouden verbruiken dan grasland of landbouwgewassen. Op het eerste zicht zijn er ook grote verschillen in grondwateraanvulling, omdat het kronendak van een bos veel meer water intercepteert dat rechtstreeks terug verdampt.

Anderzijds verbruiken bossen niet alleen water. Door hun specifieke eigenschappen genereren ze neerslag. Windafwaarts zal het verdampte water van bossen immers weer omgezet worden naar neerslag. De interceptie-evaporatie zou een versnelling kunnen betekenen in de hydrologische kringloop, waardoor lokaal en regionaal meer neerslag valt. Dit soort onderzoek staat echter nog in zijn kinderschoenen (Dolman et al., 2000).

Ten slotte hebben bossen een grotere potentie om bodemwater in de onverzadigde zone vast te houden (Dolman et al., 2000), temperen ze de bodemverdamping in de winter en hebben een bufferende invloed op oppervlakkige afvoer en erosie.

Om de impact van bossen op de hydrologie van stroombekkens te kennen is een modelmatige benadering op basis van eenvoudig te meten of reeds beschikbare parameters (meteorologie, boskartering, bosinventarisatie, bodemkartering, bodemdatabank) aangewezen. Een benadering op grote schaal is echter zeer moeilijk omwille van het sterk versnipperd karakter van de bosbestanden waarbij heel wat randeffecten optreden. Het is daarom te verkiezen om uit te gaan van een model dat met locale meetgegevens uitspraken kan doen over de waterhuishouding van het bos dat wordt bestudeerd.

Doelstelling

In dit onderzoeksproject werden verschillende bostypes en enkele landbouwgewassen op uiteenlopende bodemtypes opgevolgd met als doel de verdamping van bosbestanden van eik, es, beuk, populier en den in vergelijking met de verdamping van landbouwgewassen (zoals wintertarwe, gerst, maïs en raai-gras) te begroten. Om de verdamping te ramen werden verschillende methoden gebruikt. Het zwaartepunt van dit onderzoek lag op het schatten van het waterverbruik van bossen door middel van de kalibratie en de validatie van een waterbalansmodel. De overige methoden dienden om de resultaten van het waterbalansmodel te toetsen.

De drie methoden om de gewasverdamping te begroten waren de volgende:

Het afleiden van de actuele transpiratie uit het opmeten van de sapstroom in stammen van bomen (Granier, 1985; Cermak, 1987).

Het toepassen van de Penman-Monteith vergelijking vertrekkende van klimaatgegevens en gewasparameters volgens de FAO-procedure (Allen et al., FAO, 1998). Deze methode combineert de energiebalans en het aërodynamische transport (Penman-Monteith, 1965). Nieuw in deze benadering is de

eenvoudige koppeling naar de bodemvochttoestand, waardoor ook de actuele verdamping kan worden benaderd.

Het gebruik van het waterbalansmodel WAVE (Water and Agrochemicals in the soil, crop and the Vadose Environment; Vanclooster et al., 1994). De verdamping van vegetatie (weide, akkerbouwgewassen en bossen) wordt gemodelleerd d.m.v. de analyse van de veldwaterbalans. Dit model houdt niet enkel rekening met de vegetatie, maar ook met de bodemeigenschappen die een belangrijke invloed uitoefenen op de beschikbaarheid van water in de wortelzone. Het model berekent op mechanistische wijze de waterfluxen tussen atmosfeer, bodemprofiel en plant. Het WAVE-model werd al met succes toegepast om de verdamping van landbouwgewassen te begroten.

In dit onderzoeksproject werd nagegaan in hoeverre dit model geschikt is om de actuele evapotranspiratie van bosbestanden in te schatten. De uiteindelijke bedoeling is om in de toekomst WAVE te gaan gebruiken bij het vergelijken en optimaliseren van landgebruik ten behoeven van natuurontwikkeling en natuurinrichting.

De waterbalans van een bos

De waterbalans van een bos wordt schematisch weergegeven in Fig. 1. De verschillende termen van de waterbalans worden aangegeven. De verklaring van de termen vindt men hieronder.

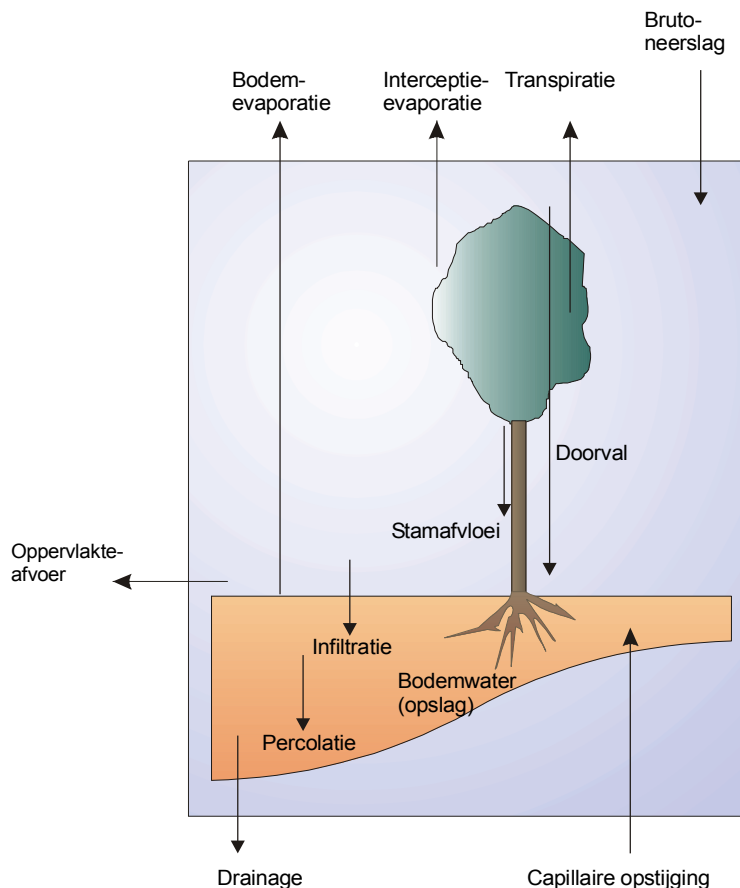


Fig. 1: De waterbalans van bossen

Bruto neerslag is de neerslag die op een open veld valt, zonder dat het opgevangen wordt door vegetatie en andere hindernissen. **Doorvalneerslag** is

de hoeveelheid neerslag dat doorheen het kronendak valt en op de bodem terecht komt. **Stamafvloeï** is het deel van de neerslag dat via takken en de stam naar de bodem afvloeit.

Evapotranspiratie is verdamping van water als combinatie van twee verschillende processen: enerzijds evaporatie van water aan het oppervlak van de bodem of het gewas, anderzijds transpiratie van water door het gewas. **Evaporatie** is een zuiver fysisch proces waarbij vloeibaar water wordt omgezet naar waterdamp en wordt verwijderd van het verdampende oppervlak. Dit verdampende oppervlak kan zowel een vrij wateroppervlak zijn als een bodem (**bodemevaporatie**) of een nat vegetatiedek (**interceptie-evaporatie**). **Transpiratie** is een biologisch proces waarbij het vloeibaar water in het plantenweefsel wordt omgezet in waterdamp en daarna via de huidmondjes van de bladeren naar buiten treedt om in de atmosfeer te verdwijnen. Het water wordt samen met voedingsstoffen via de wortels opgenomen en doorheen de plant getransporteerd. Bijna al het water dat via de wortels wordt opgenomen keert via transpiratie terug naar de atmosfeer. Slechts een klein gedeelte wordt gebruikt in de plant als bouwstof. De transpiratiesnelheid is verschillend naargelang het type en het ontwikkelingsstadium van het gewas. Het bodemvochtgehalte en de bodemvochtbeschikbaarheid bepalen tevens de transpiratiesnelheid. De **potentiële gewasevapotranspiratie** is de maximale verdamping van een bepaald gewas indien er geen vocht- of ziektestress optreedt. De **potentiële referentie evapotranspiratie** is de maximale evapotranspiratie van het ideale referentiegewas gras (moet voldoen aan bepaalde kenmerken).

Waterverbruik van vegetatie is de actuele evapotranspiratie van het gewas. Hierin zit de gewastranspiratie, de bodemevaporatie en de interceptie-evaporatie vevat. Waterverbruik is dus de som van de verdamping van water afkomstig uit alle deelprocessen.

Bodemvocht is het water dat in de bodem wordt opgeslagen in de onverzadigde zone (boven de grondwatertafel). Het is afkomstig van neerslag en/of van het opstijgen van grondwater (**capillaire opstijging**). **Infiltratie** is het indringen van het (neerslag)water in de bodem. Indien de neerslagintensiteit groter is dan de infiltratiesnelheid kan als de omstandigheden daarvoor gunstig zijn het resterende water aan de oppervlakte worden afgevoerd. **Drainage** is de afvoer van insijpelend water (**percolatiewater**) naar diepere grondlagen en naar het grondwater.

De onderzoeksmethodiek

De onderzoekslocaties

Op 17 verschillende locaties in Vlaanderen (zie Fig. 2) werden veldmetingen uitgevoerd gedurende de periode 1 maart 2000 tot en met 15 november 2001. Drie proefvlakken zijn landbouwvelden (Melle, Smeerebbe-Vloerzegem en Bertem). De verschillende proefvlakken met hun locatie en zijn hun bodemgebruik zijn weergegeven in Tabel 1.



Fig.2: Overzichtsk kaart van de locatie van de verschillende proefvlakken in Vlaanderen

Tabel 1: Locatie van de proefvlakken, hun functie en bodemgebruik, gerangschikt van west naar oost

Proefvlak	Coördinaten	Kalibratie / validatie	Hoofdboomsoort of akkergewas	Ondergroei
Wijnendale	51°04'30"N 3°02'30"O	Validatie	Beuk	varens (sporadisch)
Balegem	50°55'00"N 3°47'00"O	Kalibratie	Populier	brandnetels
Melle	51°00'00"N 3°47'30"O	Validatie	Engels raaigras	-
Gontrode IA	50°59'00"N 3°49'00"O	Kalibratie	Zomereik Beuk	en lijsterbes, hazelaar
Gontrode IB	50°59'00"N 3°49'00"O	Kalibratie	Zomereik Beuk	en lijsterbes, hazelaar, bramen
Gontrode II	50°59'00"N 3°49'00"O	Kalibratie	Gewone es	esdoorn, hazelaar, bramen
Smeerebbe-Vloerzegem	50°49'30"N 3°49'30"O	Validatie	Maïs	-
Lochristi	51°09'00"N 3°52'30"O	Validatie	Zomereik	essenopslag, mos, eikenverjonging
Asse	50°54'30"N 4°09'30"O	Validatie	Populier	bramen, vlier
Hoeilaart	50°45'30"N 4°24'30"O	Kalibratie	Beuk	bramen, gras
Tervuren	50°45'30"N	Kalibratie	Beuk	bramen, varens,

	4°27'30"O			esdoorn, mos
Brasschaat IA	51°18'30"N 4°31'00"O	Kalibratie	Grove den	rododendron (sporadisch)
Brasschaat IB	51°18'30"N 4°31'00"O	Kalibratie	Grove den	rododendron (sporadisch)
Bertem	50°52'30"N 4°39'30"O	Validatie	Tarwe/Gerst	-
Sint-Joris- Weert	50°48'00"N 4°42'30"O	Kalibratie	Eik	eikenverjonging
Herentals	51°09'30"N 4°59'30"O	Validatie	Grove den	veel bramen, mos, varenen, vlier
Ravels	51°24'30"N 5°04'00"O	Validatie	Corsicaanse den	mos (dikke laag), varenen

Methoden

In deze studie wordt de verdamping bepaald aan de hand van drie verschillende methoden.

Methode 1. Door middel van het waterbalansmodel WAVE wordt de verdamping onrechtstreeks bepaald door de overige termen van de waterbalans (zie ook Fig. 1) in ruimte en tijd te begroten. Een model is een vereenvoudiging van de werkelijkheid. WAVE tracht de werkelijkheid na te bootsen (te simuleren) met behulp van wiskundige vergelijkingen, gebaseerd op fysische wetmatigheden. Deze wiskundige vergelijkingen worden opgelost door de computer. De invoergegevens van het model werden in het veld verzameld, alsook een term om na te gaan of het model de werkelijkheid wel degelijk representeert. Deze term is in deze studie het bodemvochtgehalte, opgemeten op verschillende bodemdieptes. Omdat sommige invoergegevens moeilijk op te meten zijn en omdat een model slechts een vereenvoudiging is van de werkelijkheid moeten gemaakte fouten worden opgevangen. Dit heet modelijking of modelkalibratie. De verschillende invoerwaarden moeten op elkaar worden afgestemd en de nagebootste modelwaarden dienen te worden vergeleken met veldmetingen. Dit vindt plaats met het bodemvochtgehalte. Nadat het model voor een bepaalde locatie met een specifieke combinatie van vegetatie, bodem en weer is gekalibreerd, moet worden nagegaan of dit model ook goede resultaten geeft op vergelijkbare locaties. Dit heet dan modelvalidatie of modeltoetsing. Op negen proefvlakken werd het model geijkt en op de resterende acht getoetst (zie tabel 1). Het WAVE-model werd in de locaties toegepast voor de periode 1 maart 2000 tot en met 31 augustus 2001.

Methode 2. De evapotranspiratie kan ook worden bekomen aan de hand van de energiebalansmethode, namelijk met de Penman-Monteith vergelijking, volgens de FAO-56 procedure. Met behulp van meteorologische gegevens, opgemeten waarden en literatuurgegevens werd met deze methode het waterverbruik van bomen geschat.

Methode 3. De transpiratie van bomen kan ook worden bekomen door het uitvoeren van metingen op de stam van de boom met behulp van sapstroomsensoren. Op borsthoogte worden meetinstrumenten geïnstalleerd die de waterstromingen in de boomstam detecteren door middel van temperatuurverschillen in de stam. Bij een hoge watervraag door de atmosfeer (bij warm en droog weer met wind) zal meer water uit de bodem worden onttrokken en zullen de sapstroomsnelheden toenemen. Dit vertaalt zich in kleinere temperatuurverschillen in de boomstam. Op vier locaties werden dergelijke sapstroomsensoren geïnstalleerd (Balegem: 28 mei-15 september 2000, Gontrode: 1 juni-30 september 2001 en 2 in Brasschaat: 28 mei-15 september 2000).

Experimentele resultaten

Fig. 3 stelt de transpiratie voor van het **populieren**bestand te Balem bekomen met de drie verschillende methoden. Dezelfde gegevens voor het grove **dennen**bestand van Brasschaat IA en IB zijn weergegeven in de Fig. 4 en 5 en voor het gemengde loofhoutbestand (**eik en beuk**) van Gontrode IA en IB in Fig. 6.

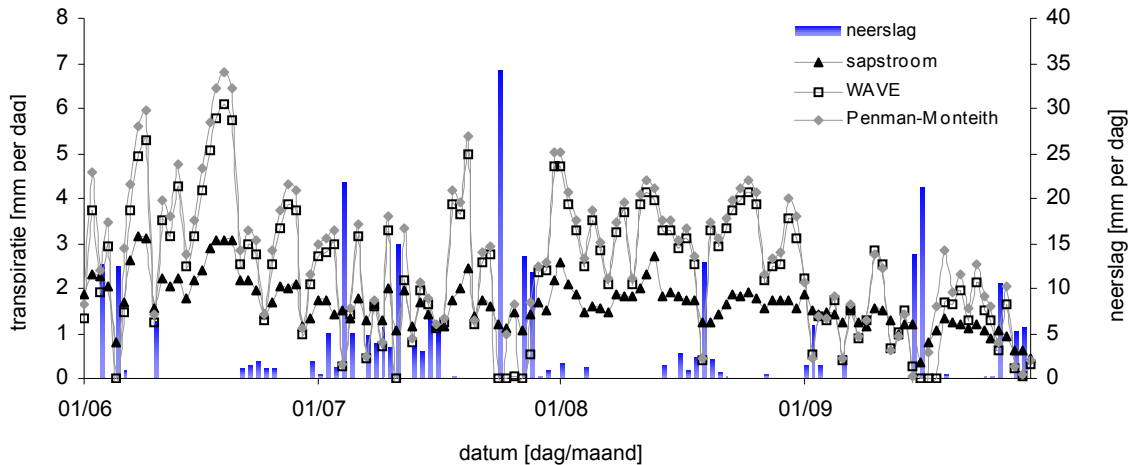


Fig. 3: Vergelijking van de transpiratie van het populierenbestand te Balem berekend met 3 verschillende methoden (sapstroom, WAVE en Penman-Monteith)

Het verloop van de transpiratie van populier volgens de Penman-Monteith methode en het WAVE-model is gelijkaardig met een duidelijke overschatting door de Penman-Monteith methode (Fig. 3). Globaal gezien volgen de sapstroommetingen het verloop van de andere methoden, alhoewel de opgemeten waarden veel lager liggen dan de gesimuleerde en de pieken minder uitgesproken zijn.

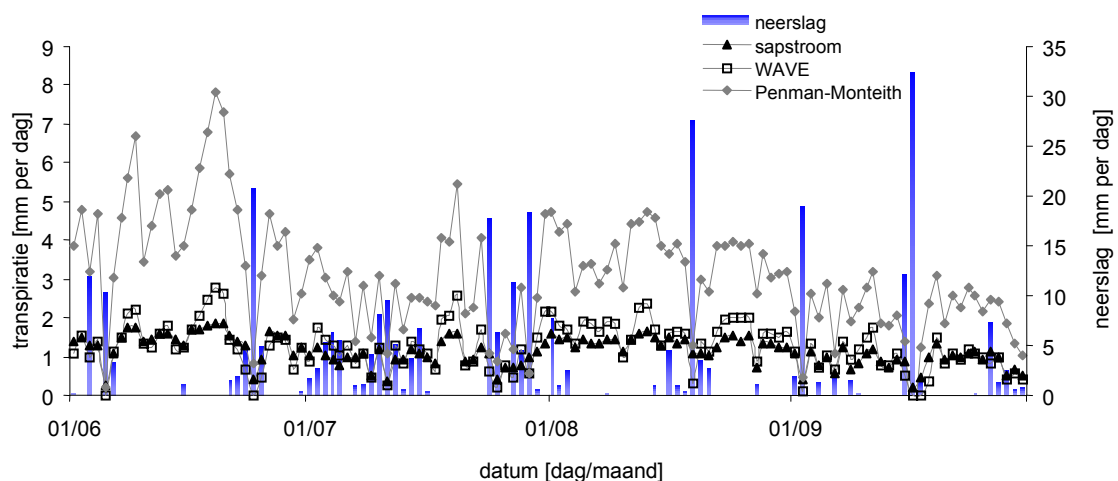


Fig. 4: Vergelijking van de transpiratie van het grove dennenbestand te Brasschaat IA (zandbodem met ondiepe kleilaag) berekend met 3 verschillende methoden

Het verloop van de transpiratie onder den op zandgrond met ondiepe kleilaag met de Penman-Monteith methode en het WAVE-model is gelijkaardig met een uitgesproken overschatting door de Penman-Monteith methode (fig. 4). In het algemeen volgen de sapstroommetingen het verloop van de andere methoden, hoewel ze ook hier lager liggen. De gesimuleerde WAVE-waarden benaderen de opgemeten sapstroomwaarden goed.

Bij de transpiratie van den op een diepe zandgrond (Fig. 5) zijn de verschillen tussen de sapstroommethode en het WAVE-model kleiner dan op een zandgrond met kleilaag (Fig. 4). Enkel in midden juni zijn de verschillen groter.

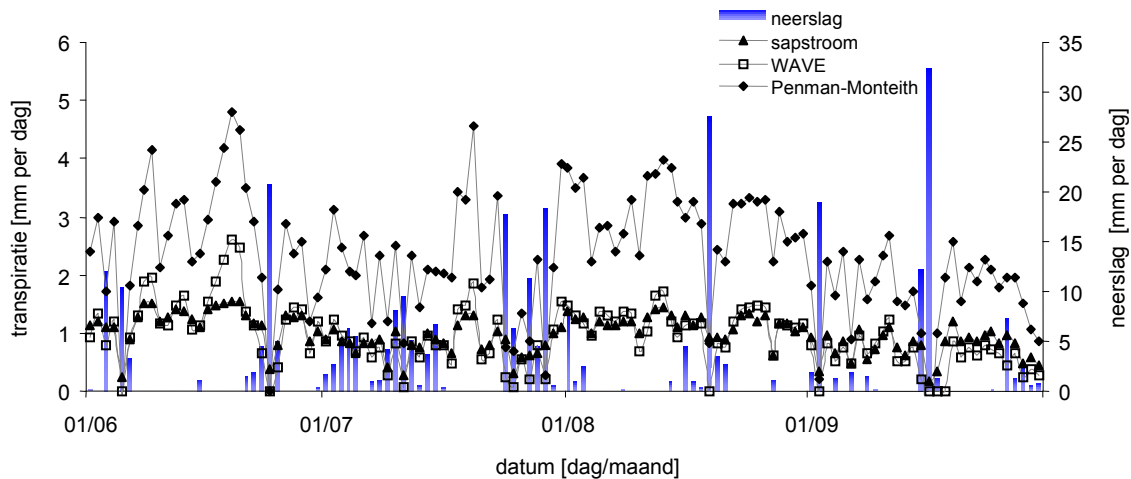


Fig. 5: Vergelijking van de transpiratie van het grove dennenbestand te Brasschaat IB (diepe zandbodem) berekend met 3 verschillende methoden

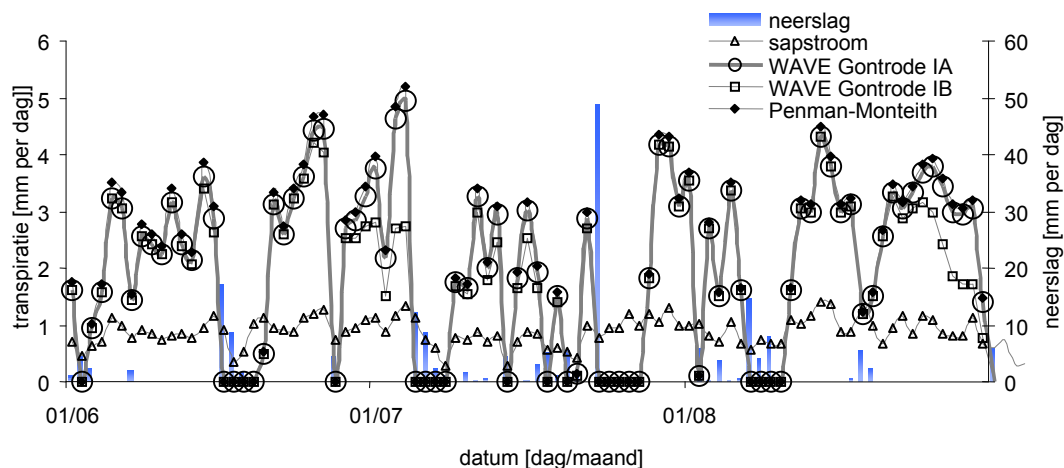


Fig. 6: Vergelijking van de transpiratie van het gemengde eiken-beukenbestand te Gontrode berekend met 3 verschillende methoden; het bodemprofiel van Gontrode IB bevat een kleilaag op geringen diepte

Voor het gemengde loofhoutbestand van Gontrode IA en IB toont Fig. 6 de transpiraties bekomen uit de verschillende methoden. Het verloop van transpiratie volgens de Penman-Monteith methode en het WAVE-model is ook hier gelijkaardig met een kleine overschatting door de Penman-Monteith methode. Globaal gezien volgen de sapstroommetingen het verloop van de andere methoden, alhoewel de opgemeten waarden veel lager liggen. In het

algemeen zijn de gesimuleerde WAVE-waarden voor Gontrode IB lager dan voor Gontrode IA.

Tabel 2 geeft duidelijk weer dat actuele bestandstranspiraties afkomstig van de sapstroommetingen veel lager liggen dan de gesimuleerde waarden van het WAVE-model en de Penman-Monteith methode. Enkel voor Brasschaat IA en IB zijn de sapstroomresultaten in overeenstemming met de WAVE-simulaties.

Nog andere verschillen tussen de methoden vallen op. Bijvoorbeeld de grote pieken bij het WAVE-model en de Penman-Monteith methode die ontbreken bij de sapstroommethode. Een verklaring is dat bij hoge neerslagperiodes in de beide eerste methodes alle beschikbare energie naar de verdamping van het interceptiewater gaat, waardoor geen energie overblijft voor de gewasverdamping. Ook de sapstromen ondervinden de invloed van de neerslagperiode, maar worden niet nul. Toch is het niet zeker dat de boom transpireert tijdens neerslagperiodes. De sapstromen worden immers opgemeten aan de stam op borsthoogte en bomen hebben een wateropslagcapaciteit in de kruin. Afhankelijk van de sapstroomsnelheid duurt het uren (waarschijnlijk zelfs dagen) alvorens het water van de wortels de takken of bladeren bereikt. Er bestaat dus een tijdsverschil tussen de watervraag en de waterbevoorrading. De interne waterreserves trachten dit verschil te minimaliseren.

Tabel 2: Vergelijking van de transpiratie van 1 juli tot 31 augustus berekend met de verschillende methoden voor een aantal proefvlakken, uitgedrukt in % t.o.v. potentiële referentie-evapotranspiratie (ETo) voor diezelfde periode en in mm.

	ETo	sapstroom		Penman-Monteith		WAVE	
	[mm]	[%ETo]	[mm]	[%ETo]	[mm]	[%ETo]	[mm]
Brasschaat A	257	45	115	125	321	50	128
Brasschaat B	257	38	97	92	236	49	127
Balegem	276	65	168	108	277	98	252
Gontrode IA	318	32	81	76	196	73	187
Gontrode IB	318	32	81	76	196	66	169

Waterverbruik

Het aandeel van de verschillende termen van de waterbalans in het totale waterverbruik wordt aangegeven in Tabel 3. Uit deze Tabel blijkt dat het aandeel van de bodem in het waterverbruik eerder klein is. Dit komt niet goed overeen met literatuurwaarden. Het te kleine aandeel heeft te maken met de doorgevoerde aanpassingen van het verdampingsmechanisme in WAVE. De parametrisatie van de bodemevaporatie dient mogelijks te worden aangepast.

Uit de WAVE-simulaties blijkt dat de populierenbestanden het meest water consumeren en de dennenbestanden het minst. De dennenbestanden op de zandige bodems van Brasschaat blijken gevoelig te zijn voor de aan- (1A) of afwezigheid (1B) van een ondiepe kleilaag, terwijl de eiken/beukenbestanden op de lemige zandbodems van Gontrode I daaraan minder gevoelig zijn.

In Tabel 4 wordt het waterverbruik van bossen in Vlaanderen weergegeven zoals ze gemodelleerd zijn met WAVE. De Tabel geeft enkel gewas-transpiraties en interceptieverliezen weer.

Uit de scenario-analyses blijkt dat in droge jaren het aandeel van de interceptie en transpiratie in de totale actuele evapotranspiratie voor den, eik en populier respectievelijk 43 en 59, 39 en 60, 18 en 79 % bedraagt. In natte jaren is het aandeel voor den, eik en populier respectievelijk 70 en 23, 80 en 19, 33 en 64 %. In jaren die vergelijkbaar zijn met de

geobserveerde jaren 2000-2001 bedragen de waarden respectievelijk 60 en 38, 60 en 38,26 en 70 %.

Tabel 3: Overzicht van het waterverbruik van de verschillende bestanden voor de periode 1 maart 2000 tot en met 31 augustus 2001 berekend met WAVE. ET_{act} staat voor actuele evapotranspiratie, T_{act} voor actuele transpiratie, E_{act} voor actuele bodemevaporatie en INTC voor de interceptie-evaporatie. ET_{act} is uitgedrukt in % ten opzichte van de potentiële gewasevapotranspiratie; 100 % betekent dat de potentiële gelijk is aan de actuele evapotranspiratie. T_{act}, E_{act} en INTC zijn uitgedrukt in % ten opzichte van ET_{act}.

Proefvlak	Bestand	Bodemtype	ET _{act} [%]	T _{act} [%]	E _{act} [%]	INTC [%]
Wijnendale	beuk	nat lemig-zand [Sdc(h)(o)]	89,3	70,4	15,3	14,5
Balegem	populier	natte leem [Adc]	95,3	73,5	15,7	16,2
Melle	gras	droge leem [Abc]	82,2	74,1	25,9	0,0
Gontrode IA	eik/beuk	uiterst natte zandleem [Lhb]	99,8	58,3	5,6	36,5
Gontrode IB	eik/beuk	uiterst natte zandleem [Lhb]	97,8	57,8	4,9	34,8
Gontrode II*	es	uiterst natte zandleem [Lhb]	91,8	57,1	1,3	41,7
Vloerzegem**	maïs	droge leem [Aba]	78,5	64,9	21,4	13,9
Lochristi	eik	nat lemig- zand [Sdp]	95,6	74,5	8,1	16,8
Asse	populier	matig droge zandige leem [Pcc]	99,9	56,0	8,0	36,1
Hoeilaart	beuk	droge leem [Abc]	96,2	70,6	12,1	17,3
Tervuren	beuk	droge leem [Abc]	93,5	69,2	8,1	22,7
Brasschaat IA	den	natte zand [Zdg(o)]	98,7	53,0	35,2	11,6
Brasschaat IB	den	natte zand [Zdg(o)]	85,9	59,2	24,5	16,3
Bertem	tarwe/gerst	droge leem [Aba]	85,1	80,2	19,8	0,0
Sint-Joris-Weert	eik	droge leem [Aba(b)]	91,2	68,5	7,6	23,9
Herentals	den	droge zand [Zbf]	98,1	51,9	13,3	34,9
Ravels	den	matig natte zand [Zcg(o)]	93,2	61,2	3,6	35,4

* periode van 1/08/00-31/08/01

** periode 1/01/00-15/10/00

Tabel 4: Het waterverbruik van bossen in Vlaanderen uit het WAVE-model

Bostype	Neerslag [mm per jaar]	Transpiratie [mm per jaar]	Interceptieverlies [mm per jaar]	neerslagoverschot [mm per jaar]
Beuk	912 ± 70	477 ± 76	127 ± 51	230 ± 105
Eik/Beuk	800 ± /	300 ± 33	181 ± 0	260 ± 14
Eik	1013 ± 68	486 ± 69	139 ± 19	335 ± 11
Populier	903 ± 146	455 ± 29	201 ± 118	135 ± 134
Den	921 ± 50	278 ± 50	130 ± 78	400 ± 71
Es	1110 ± /	293 ± /	217 ± /	595 ± /

De transpiratiewaarden afkomstig uit de sapstroommetingen zijn veel lager dan de WAVE-gesimuleerde. De Penman-Monteith transpiraties zijn het hoogst (Tabel 5). De bekomen gemiddelde bostranspiratiewaarden variëren tussen 1,16 en 1,83 mm per dag. Hun standaardafwijkingen liggen tussen 0,25 en 0,49 mm per dag. Voor landbouwgewassen variëren de gemiddelde transpiraties met 1,4-1,83 mm per dag en de standaardfouten met 0,1-0,19 mm per dag.

Tabel 5: Vergelijking van de verschillende methoden om het waterverbruik van bos en landbouwgewassen te bepalen (ETact).

Methode	bos	Akkerlandbouwveld	observatieperiode
WAVE	1,64 ± 0,3 mm per dag	1,4 ± 0,1 mm per dag	549 dagen
Penman-Monteith	1,83 ± 0,25 mm per dag	1,83 ± 0,19 mm per dag	245 dagen
Sapstroommethode*	1,16 ± 0,49 mm per dag	/	110 dagen (in 2000) en 122 dagen (in 2001)

*enkel transpiratie, zonder bodemverdamping en interceptie-evaporatie

Uit twee van de drie toegepaste methoden volgt dat de verschillen tussen het waterverbruik van bossen en landbouwgewassen klein zijn. Bossen verbruiken iets meer water. WAVE simuleert meer onderlinge verschillen dan wordt berekend met de Penman-Monteith methode. De intervallen met gemiddelde en standaardfouten van beide landgebruiktypes overlappen elkaar. Meer landbouwgewassen in de analyse brengen wordt aangeraden.

Bos en water: besluiten en aanbevelingen

Deze studie heeft aangetoond dat bossen in het algemeen niet veel meer water dan landbouwgewassen verbruiken. Wel is het zo dat de interceptieverliezen veel groter zijn, maar dat deze gecompenseerd worden door relatief lagere transpiratiewaarden. In zekere mate bepaalt de verhouding interceptie/transpiratie hoe groot de invloed van bossen op de waterhuishouding is: Transpireren bosbestanden veel (zoals populier), dan verbruiken bossen samen met het interceptiewater veel meer dan landbouwgewassen. Transpireren ze minder (zoals eik) dan zijn de verschillen met veldgewassen vooral in droge jaren niet groot.

Verschillen in waterverbruik tussen boomsoorten zijn voornamelijk het gevolg van verschillen in bladoppervlakte. Populieren bijvoorbeeld hebben een groter transpirerend bladoppervlak dan dennen.

Uit deze studie en uit de resultaten van een studie van Nederlandse bossen (Dolman et al., 2000) kan men, in alle voorzichtigheid, reeds volgende besluiten trekken.

Bossen:

- verbruiken niet substantieel meer water dan landbouwgewassen
- transpireren in het algemeen minder dan landbouwgewassen
- verdampen veel meer interceptiewater dan landbouwgewassen
- bufferen en dempen de neerslagintensiteit door hun kronendak
- verminderen de oppervlakteafvoer door verhoging van de infiltratie
- hebben het potentieel om de hydrologische kringloop te versnellen

Bijkomend onderzoek om deze besluiten te ondersteunen of te verwerpen strekt tot aanbeveling.

Voor de komende decennia worden klimaatsveranderingen voorspeld die het gevolg zijn van de toename van broeikasgassen in de atmosfeer. Voor onze breedtegraad worden nattere winters en drogere zomers voorspeld. Dit zou kunnen leiden tot bodemvochttekorten in de zomer en grotere interceptie-

verliezen, grondwateraanvullingen en oppervlakkige afvoer in de winter. Bijkomende scenario-analyses zouden meer licht op deze evoluties kunnen werpen.

Waterbalansmodellen bieden perspectieven voor de toekomst. Ze leiden tot een beter inzicht in de onderliggende processen en hun relevantie. Maar men mag niet uit het oog verliezen dat een model slechts een vereenvoudiging van de werkelijkheid is. Fouten en onzekerheden zijn daardoor inherent aan modellen. Veldobservaties blijven onontbeerlijk. Ofschoon simulatiemodellen een duidelijke meerwaarde hebben blijft continu opmeten van basisgegevens noodzakelijk. Een goed model zonder goede invoergegevens is waardeloos.

Referenties

Allen, R., Pereira, L., Raes, D. & Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome. 300 P.

Cermak, J. & Kucera, J. 1987. Transpiration of fully grown trees and stands of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) estimated by the tree-trunk heat balance method. In: Proceedings of Forest Hydrology and Watershed Measurements, Vancouver, Canada Aug. 1987, Swanson, R.H., Bernier, P.Y. and Woodward, P.D. (eds.). Publ. No. 167, IAHS-AISH, Wallingford, UK, p. 311-317.

Dolman, H., Moors, Eddy, Elbers, J., Snijders W. en Hamaker Ph., 2000. Het waterverbruik van bossen in Nederland. Alterra Wageningen.

Granier, A. 1985. Une nouvelle méthode pour la mesure du flux de sève brute dans le tronc des arbres. Annales des Sciences Forestières, 42, p. 81-88.

Vanclooster, M., Viaene, P., Diels, J. & Christiaens, K. 1994. WAVE: a mathematical model for simulating water and agrochemicals in the soil and the vadose environment, Reference and user's manual. Institute for Land and Water Management, Katholieke Universiteit Leuven.