



Een generieke methode voor het berekenen van potentiële gewasverdamping op basis van gemeten gewaseigenschappen

BERNARD VOORTMAN, JOOST SLEIDERINK, DION VAN DEIJL, NYNCKE HOEKSTRA,
MERIJN VAN DEN HOUT, JOP VAN DER WEL, NICK VAN EEKEREN EN GÉ VAN DEN EERTWEGH

NHV

WEBINAR 15 / 02 / 2024



Verdamping bepalen zonder direct te meten?

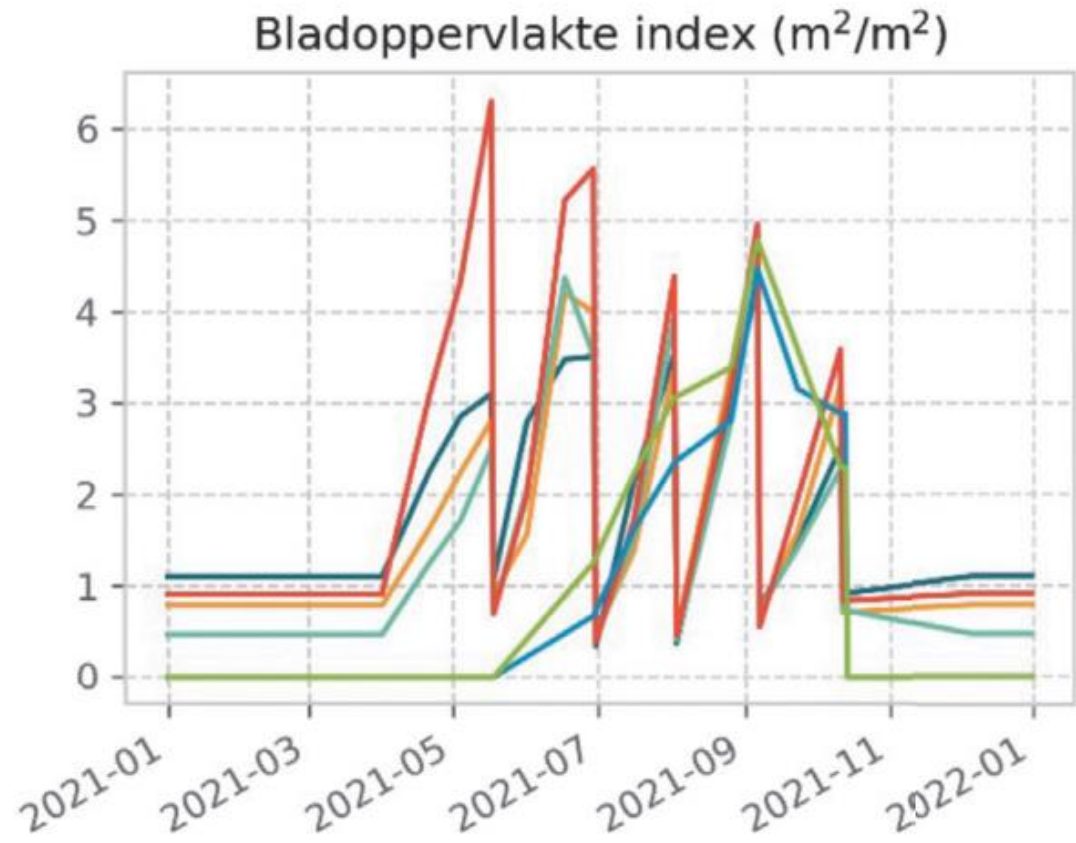
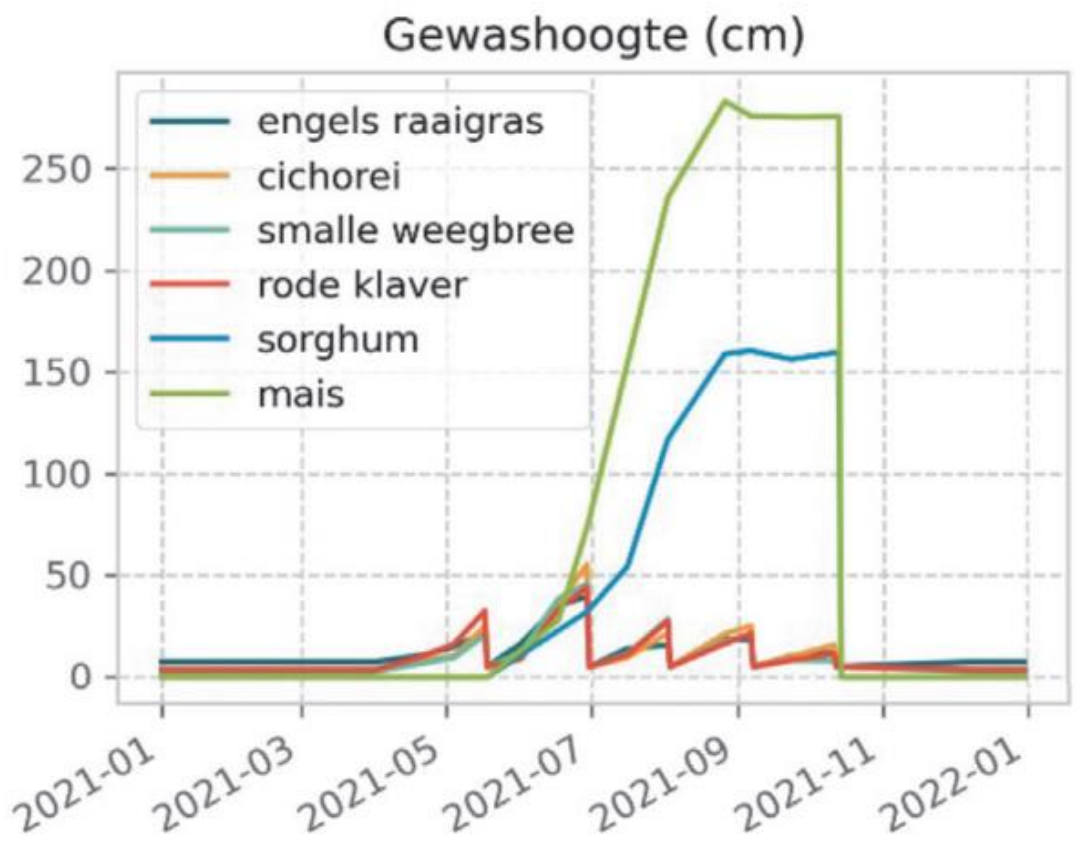
- ▶ Doel: kan je verdamping bepalen met behulp van simpele veldmetingen en modellering. Hoe ver kan je daarmee komen en wat is daarvoor nodig?



Afbeelding 1 Veldlocatie De Moer met dataloggers, bodemvochtsensoren en tensiometers. Op de voorgrond het gewas cichorei



Afbeelding 2 Vegetatiehoogtemetingen met behulp van een piepschuimblok (links) en bladoppervlaktemetingen met behulp van lichtintensiteitsmetingen (rechts)



Afbeelding 3 Gemeten gewashoogte en bladoppervlakte index van de zes gewassen voor het jaar 2021

$$ET_p = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a c_p (e_s - e_a) / r_a}{\left(\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_s}{r_a} \right) \right) \lambda \rho_w}$$

waarbij

- ET_p : potentiële verdamping [mm/d]
- Δ : helling van de verzadigingsdampdrukcurve [kPa/K]
- R_n : netto straling aan het oppervlak [$\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$]
- G : bodemwarmteflux aan het oppervlak (positief bij opwarming) [$\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$]
- ρ_a : de dichtheid van lucht [kg/m^3]
- c_p : de warmte capaciteit van lucht [$\text{MJ kg}^{-1} \text{K}^{-1}$]
- e_s : de verzadigde dampdruk [kPa]
- e_a : de werkelijke dampdruk [kPa]
- r_a : de aerodynamische weerstand [s/m]
- γ : psychrometrische constante [kPa/K]
- r_s : de bulk oppervlakteweerstand [s/m]
- λ : de latente verdampingswarmte van water [MJ/kg]
- ρ_w : de dichtheid van water [kg/m^3]

Meteorologische data

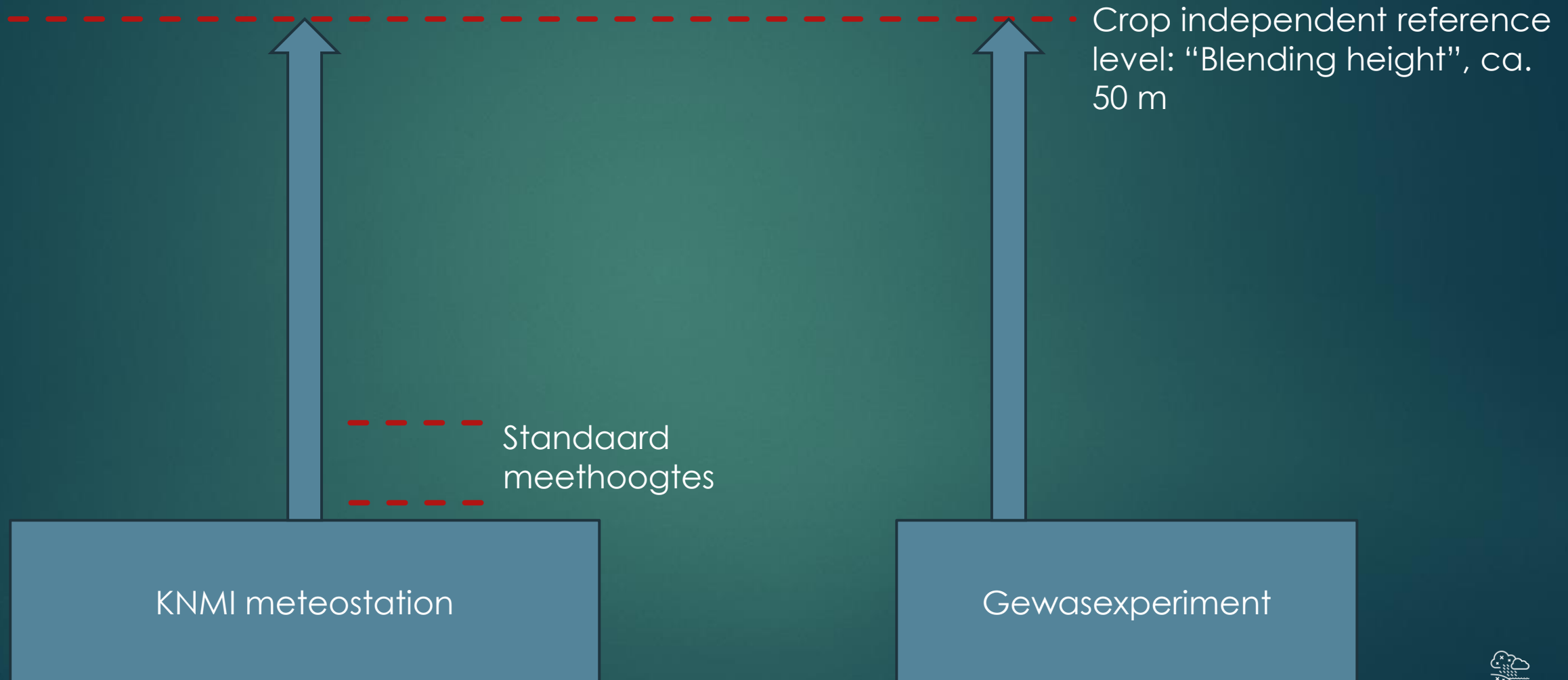
KNMI station



gewasexperiment



Het effect van meteo data extrapoleren



► Correcties bevat:

- de oppervlakte weerstand referentiegewas
- R_n referentie gewas
- r_a referentie gewas etc.

$$\frac{\Delta(R_n - G)_0 + \frac{\rho c_p \cdot D_Z}{(r_a)_0^Z}}{\Delta + \gamma \left[1 + \frac{(r_s)_0}{(r_a)_0^Z} \right]} = \frac{\Delta(R_n - G)_0 + \frac{\rho c_p \cdot D_2}{(r_a)_0^2}}{\Delta + \gamma \left[1 + \frac{(r_s)_0}{(r_a)_0^2} \right]} \quad (15)$$

where D_Z is the vapor pressure deficit at the blending height Z , and $(r_a)_0^Z$ and $(r_a)_0^2$ are the aerodynamic resistances between the crop and the blending height and the crop and 2 m, respectively. Rearranging equation 15 and substituting equation 13 gives:

$$\frac{(r_a)_0^Z + \frac{D_Z}{D_2} r_{\text{clim}}}{(\Delta + \gamma)(r_a)_0^Z + \gamma(r_s)_0} = \frac{(r_a)_0^2 + r_{\text{clim}}}{(\Delta + \gamma)(r_a)_0^2 + \gamma(r_s)_0} \quad (16)$$

By further rearranging equation 16, it can be shown that:

$$\frac{D_Z}{D_2} = F_D^1 + \frac{F_D^2}{r_{\text{clim}}} \quad (17)$$

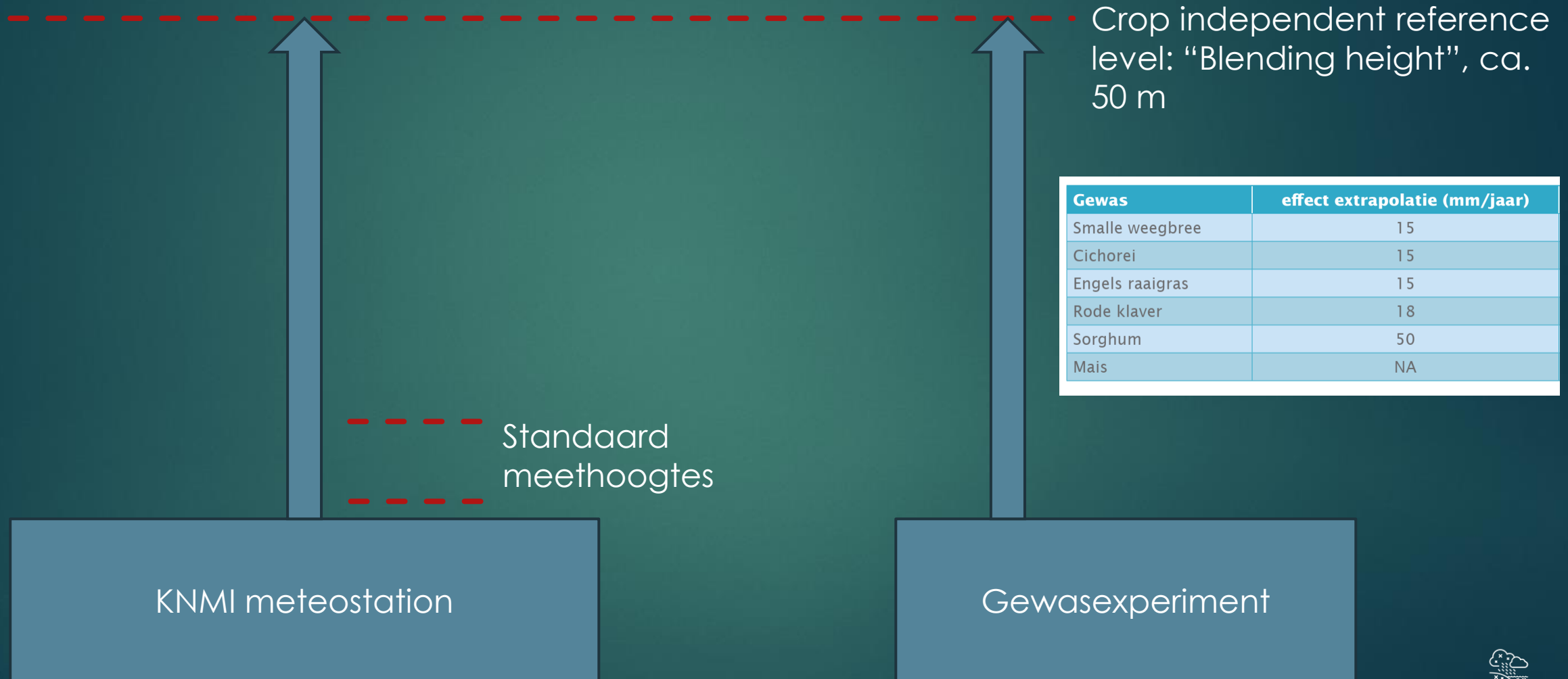
where

$$F_D^1 = \frac{(\Delta + \gamma)(r_a)_0^Z + \gamma(r_s)_0}{(\Delta + \gamma)(r_a)_0^2 + \gamma(r_s)_0} \quad (18)$$

and

$$F_D^2 = F_D^1 (r_a)_0^2 - (r_a)_0^Z \quad (19)$$

Het effect van meteo data extrapoleren



Gewas	effect extrapolatie (mm/jaar)
Smalle weegbree	15
Cichorei	15
Engels raaigras	15
Rode klaver	18
Sorghum	50
Mais	NA

$$ET_p = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a c_p (e_s - e_a) / r_a}{\left(\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_s}{r_a} \right) \right) \lambda \rho_w}$$

waarbij

- ET_p : potentiële verdamping [mm/d]
- Δ : helling van de verzadigingsdampdrukcurve [kPa/K]
- R_n : netto straling aan het oppervlak [$\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$]
- G : bodemwarmteflux aan het oppervlak (positief bij opwarming) [$\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$]
- ρ_a : de dichtheid van lucht [kg/m^3]
- c_p : de warmte capaciteit van lucht [$\text{MJ kg}^{-1} \text{K}^{-1}$]
- e_s : de verzadigde dampdruk [kPa]
- e_a : de werkelijke dampdruk [kPa]
- r_a : de aerodynamische weerstand [s/m]
- γ : psychrometrische constante [kPa/K]
- r_s : de bulk oppervlakteweerstand [s/m]
- λ : de latente verdampingswarmte van water [MJ/kg]
- ρ_w : de dichtheid van water [kg/m^3]

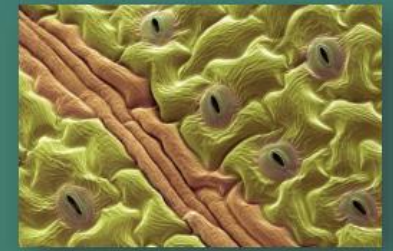
Interceptieverdamping

Verdamping van regenwater dat in het bladerdek wordt opgevangen



Transpiratie

Transpiratie via wortelopname en huidmondjes



Bodemverdamping

Verdamping van bodemwater direct vanuit poriën in de bodem



Open water

Verdamping van plassen en binnenwateren



Verdeling over begroeiing en de bodem

$$E_p = E_{p(100\%)} * e^{-k * LAI} \quad (2)$$

$$T_p = T_{p(100\%)} * (1 - e^{-k * LAI}) \quad (3)$$

Waarbij

E_p : potentiële bodemverdamping [mm/d]

T_p : potentiële transpiratie [mm/d]

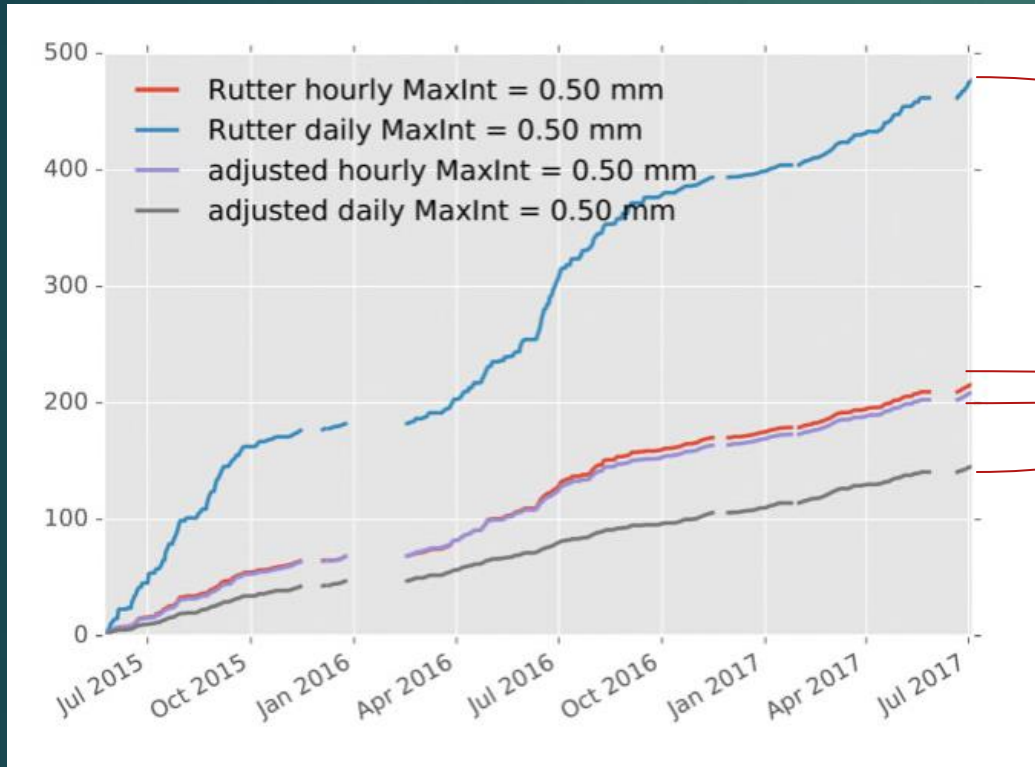
$E_{p(100\%)}$: potentiële bodemverdamping van een volledig kale bodem [mm/d]

$T_{p(100\%)}$: potentiële transpiratie van een volledig begroeid oppervlak [mm/d]

k : de lichtextinctiecoëfficiënt van het betreffende gewas [-]

LAI : het bladoppervlak per m² bodem (leaf area index) [m²/m²]

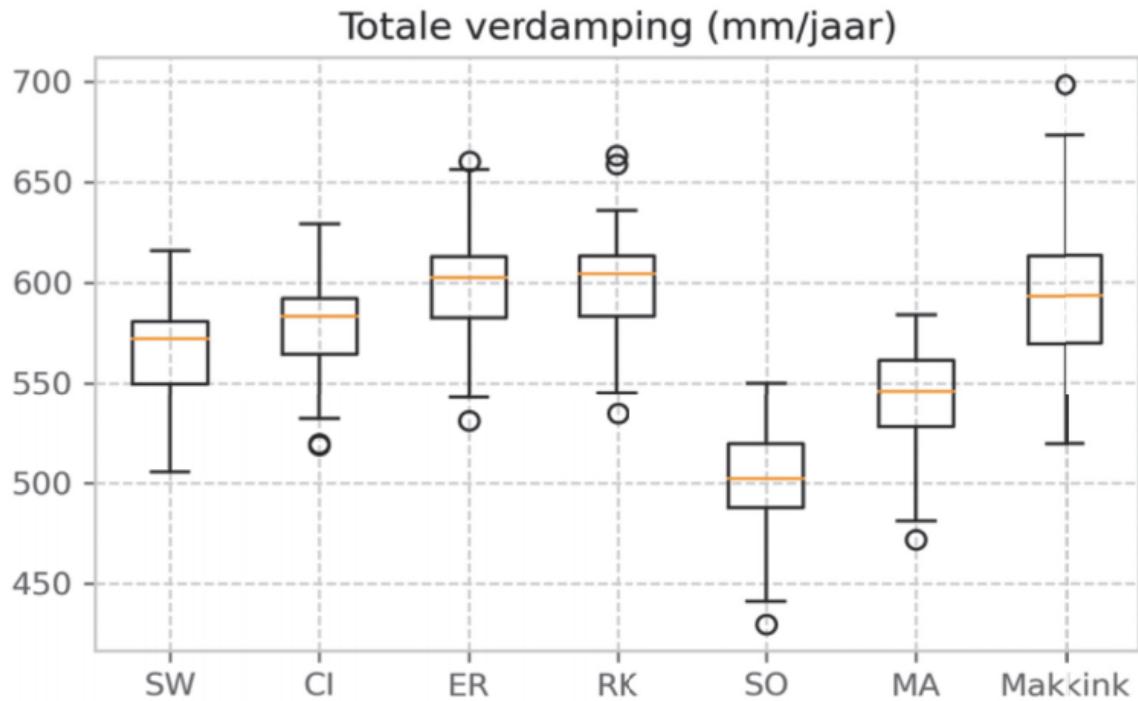
Interceptie op uurbasis



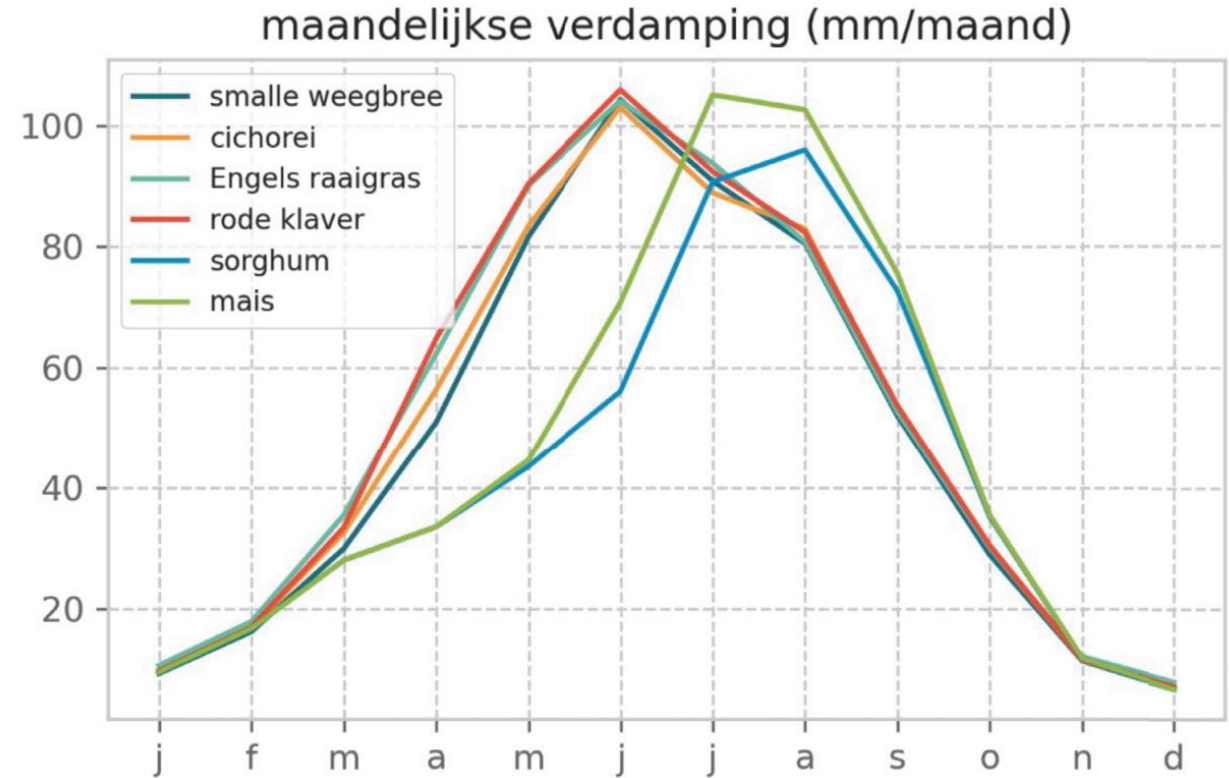
Verskil dagwaarden

Verskil uurwaarden

Potentiële verdampingscijfers

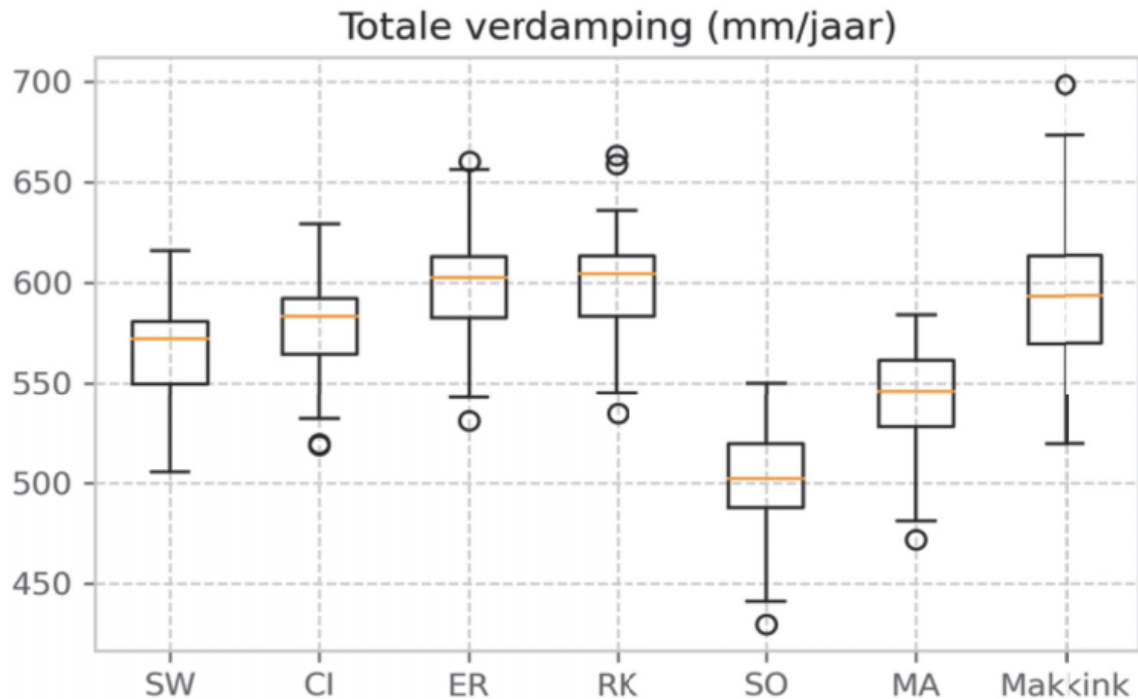


Afbeelding 5 Boxplots van de totale verdamping (mm/jaar) van een 30-jarige periode (1991-2020) met ter vergelijking de Makkink referentiegewasverdamping. SW = smalle weegbree, CI = cichorei, ER = Engels raaigras, RK = rode klaver, SO = sorghum en MA = mais

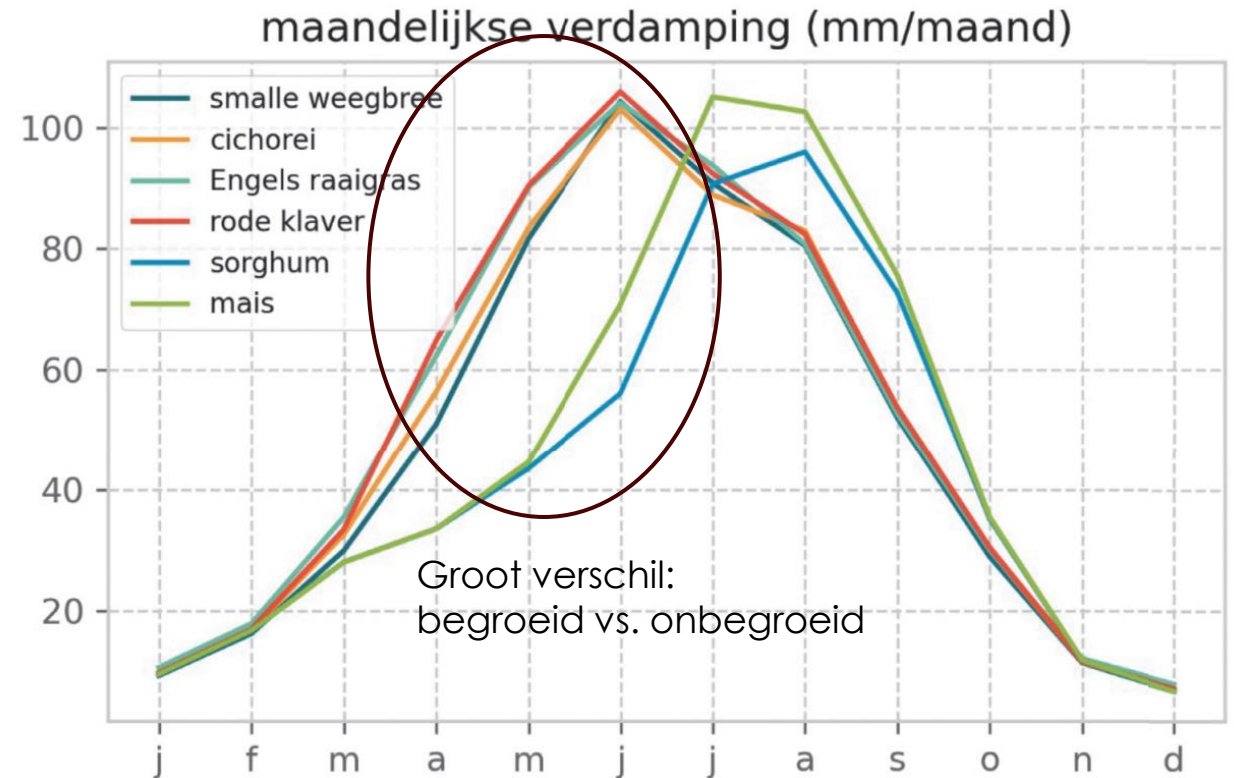


Afbeelding 6 De maandelijkse verdamping van de verschillende gewassen (mm/maand)

Potentiële verdampingscijfers

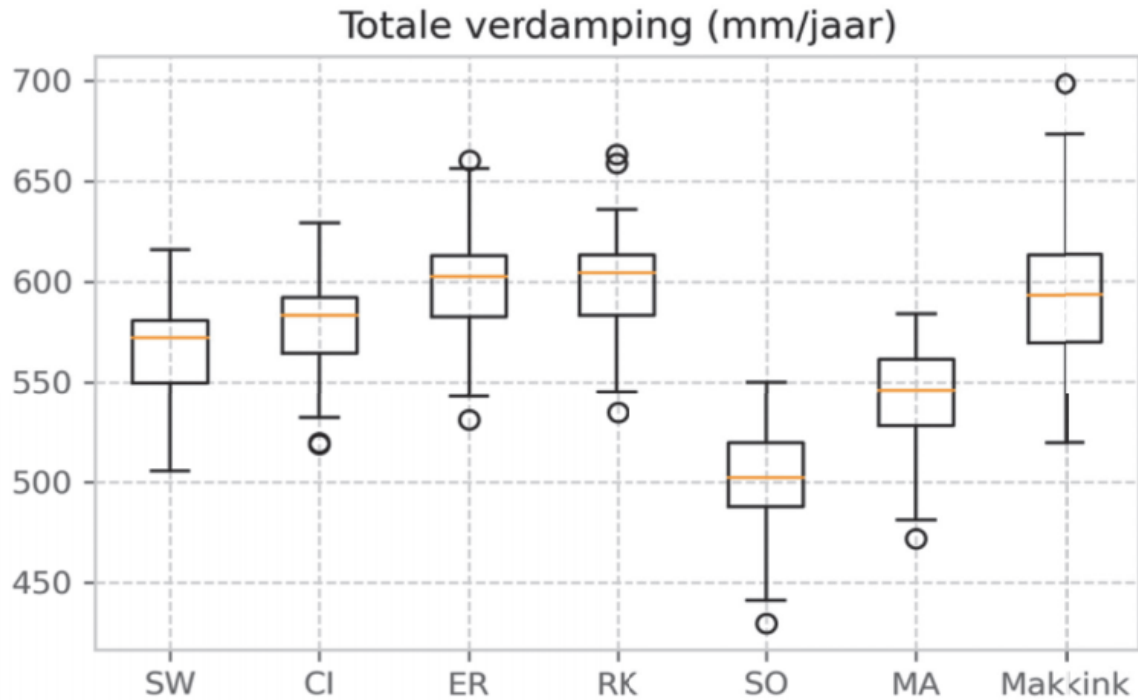


Afbeelding 5 Boxplots van de totale verdamping (mm/jaar) van een 30-jarige periode (1991-2020) met ter vergelijking de Makkink referentiegewasverdamping. SW = smalle weegbree, CI = cichorei, ER = Engels raaigras, RK = rode klaver, SO = sorghum en MA = mais

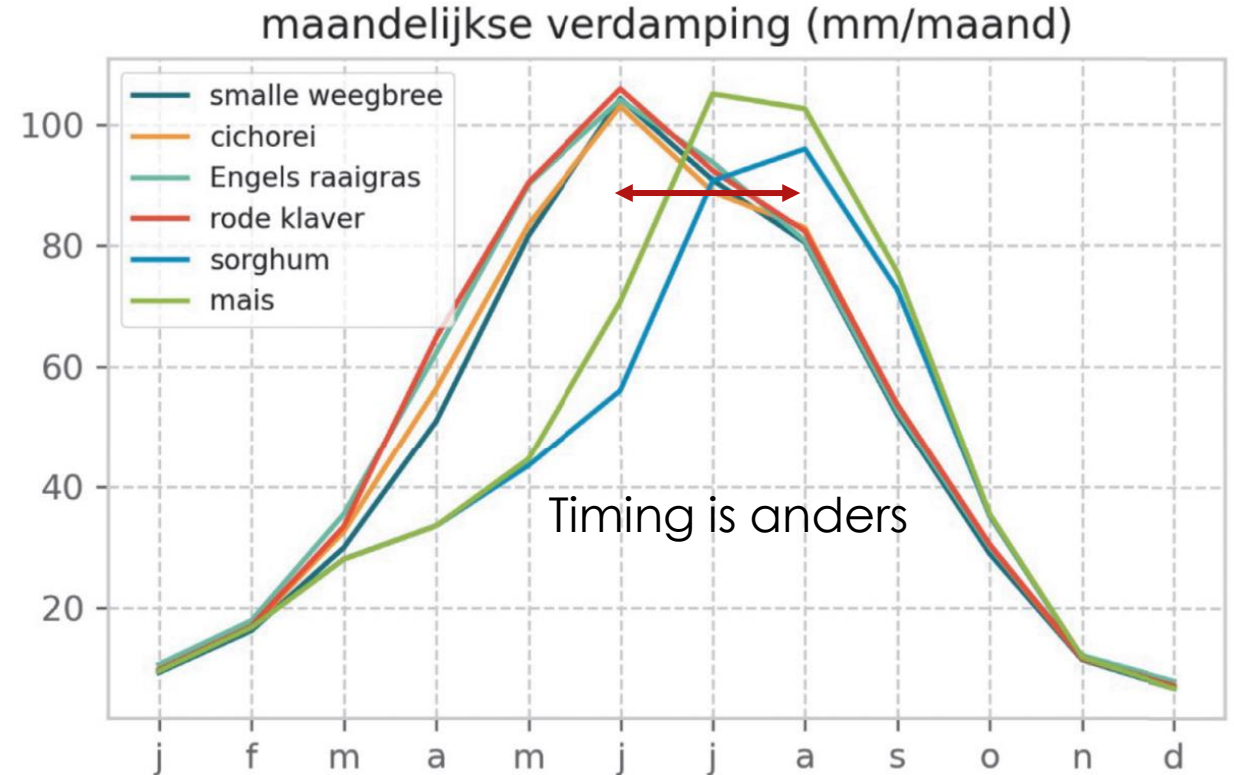


Afbeelding 6 De maandelijkse verdamping van de verschillende gewassen (mm/maand)

Potentiële verdampingscijfers



Afbeelding 5 Boxplots van de totale verdamping (mm/jaar) van een 30-jarige periode (1991-2020) met ter vergelijking de Makkink referentiegewasverdamping. SW = smalle weegbree, CI = cichorei, ER = Engels raaigras, RK = rode klaver, SO = sorghum en MA = mais



Afbeelding 6 De maandelijkse verdamping van de verschillende gewassen (mm/maand)

Verschillen, begroeid vs onbegroeid



Behoud van energie?

- ▶ $R_n = LE + H$. Kan de latente warmte (LE, de verdamping) groter zijn dan R_n ?
 - ▶ H kan negatief zijn! Stel: $LE = 2x R_n$, dan is $H = -1R_n$. ($R_n = 2R_n - 1R_n$).

$$R_n = 0,5 * R_{sin} * (1 - \alpha)$$

Waarbij

R_{sin} : de inkomende kortgolvlige straling [W/m^2]

α : de albedo van het oppervlak [-]

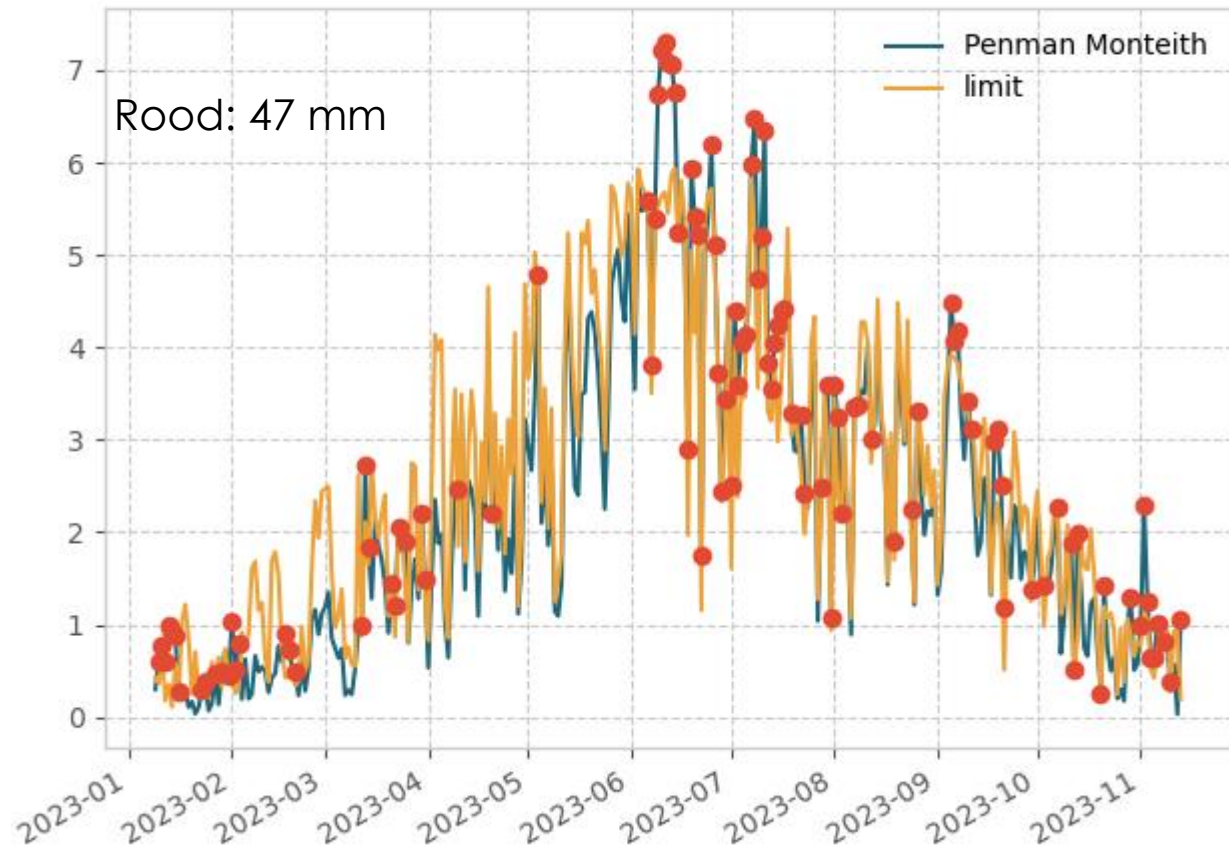
$$ET_{p \text{ limiet}} = 0,5 * R_{sin} * (1 - \alpha) * 1,26$$

Tabel 2 Gemiddelde effecten op jaarlijkse potentiële verdampingcijfers van extrapolaties van meteorologische variabelen naar 50 m hoogte in de atmosfeer en limitatie van de beschikbare energie. Door de gewashoogte van mais kan de extrapolatie niet uitgezet worden, waardoor we daar geen getal voor kunnen invullen

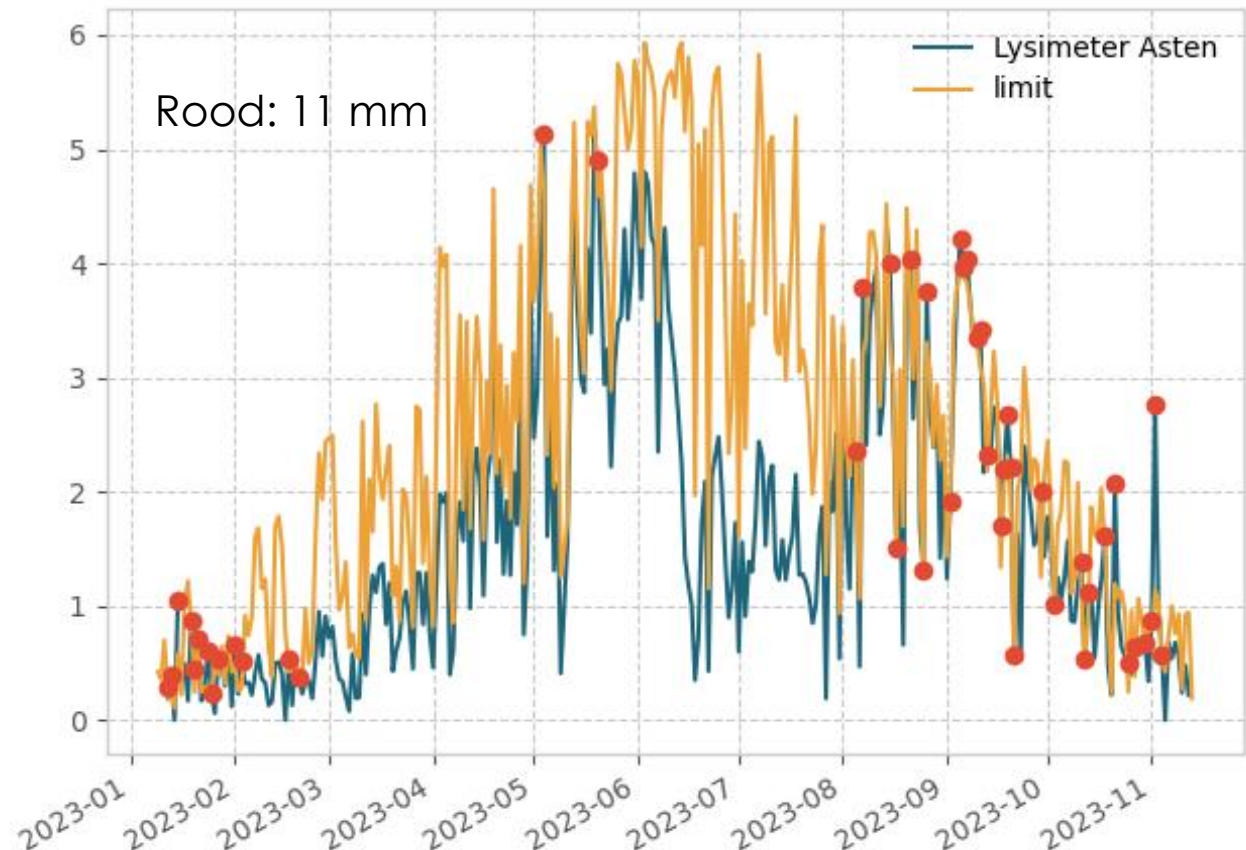
Gewas	effect extrapolatie (mm/jaar)	effect energielimiet (mm/jaar)
Smalle weegbree	15	39
Cichorei	15	38
Engels raaigras	15	37
Rode klaver	18	41
Sorghum	50	62
Mais	NA	85

Verdamping begrenzen?

Verdamping (mm/d)

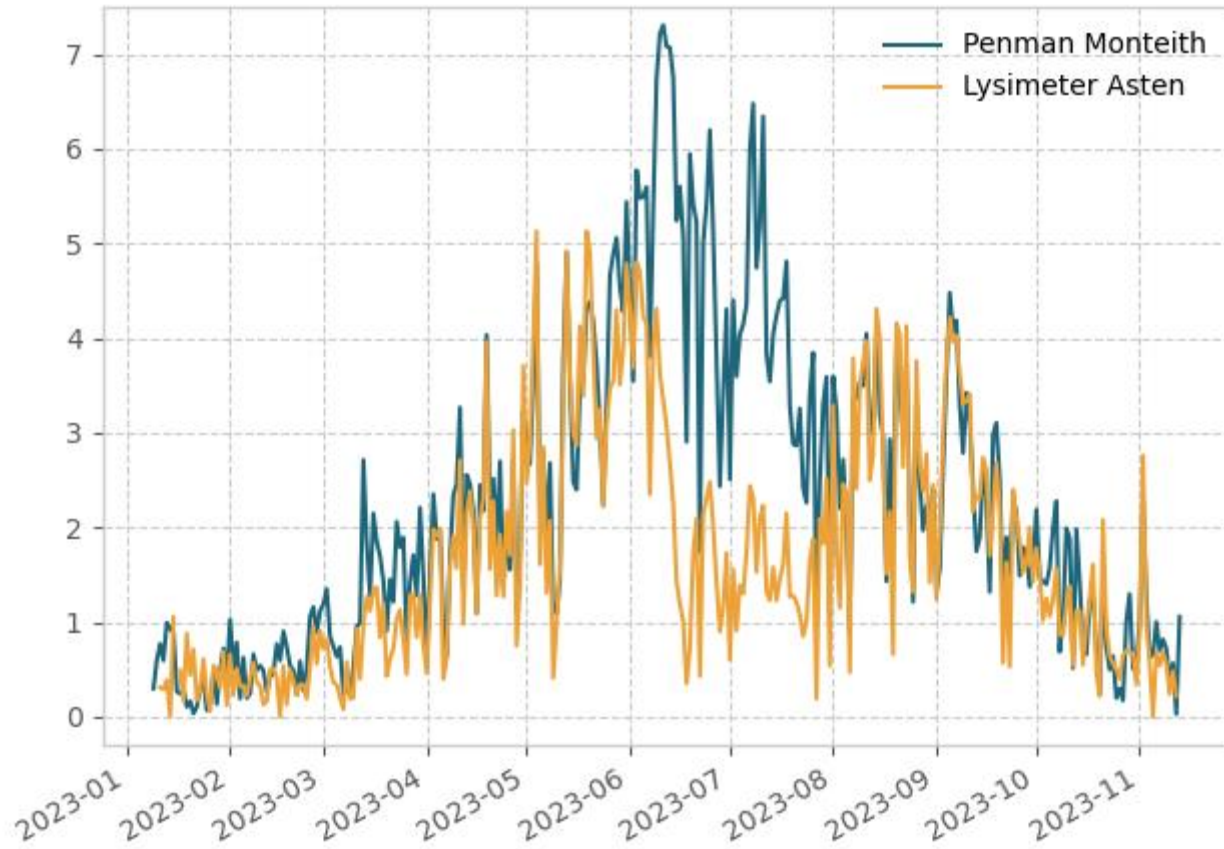


Verdamping (mm/d)

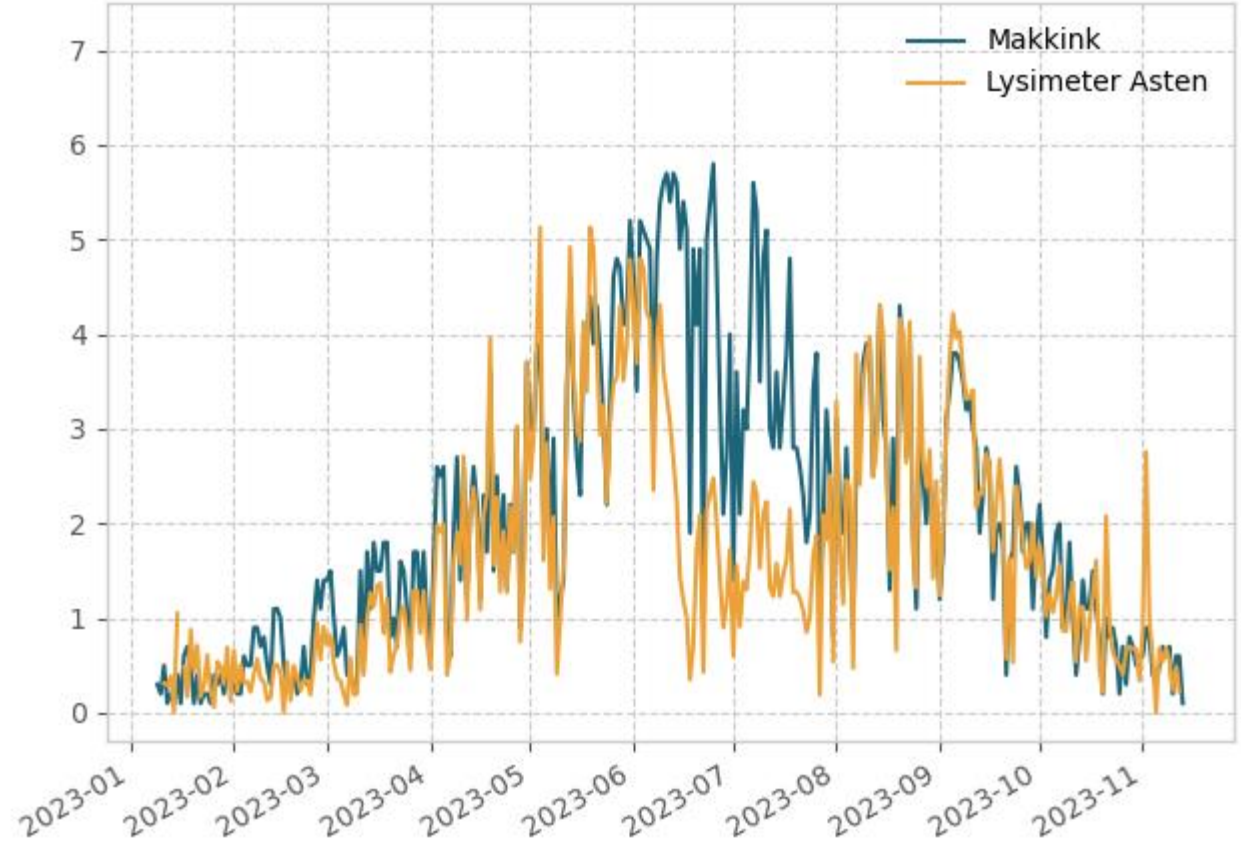


Verdamping begrenzen?

Verdamping (mm/d)

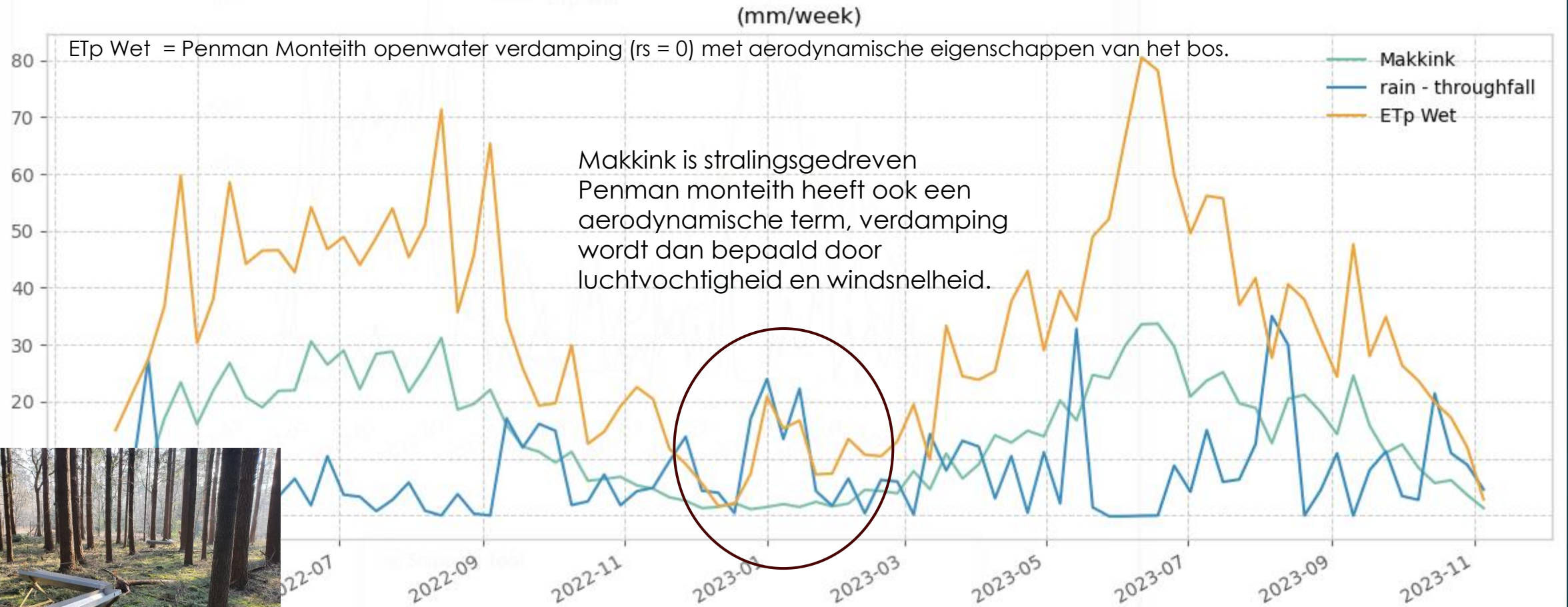


Verdamping (mm/d)



Vershil PM vs Makkink: 62 mm

Interceptie verdamping



Conclusies en aanbevelingen

- ▶ Weet wat je doet
 - ▶ Meteorologische variabelen zijn niet representatief voor je begroeiing: extrapoleren naar een blending height is aan te raden.
 - ▶ Transpiratie en Bodemverdamping begrenzen als je PM gebruikt.
 - ▶ Interceptieverdamping vooral niet begrenzen!
 - ▶ Interceptie beter op uurbasis, minder discussie.
- ▶ De potentiële verdamping van gewassen wordt vooral bepaald door verschillen in bedekking. Grootste klapper in potentiële verdamping is een kaal oppervlak vs. begroeid.
- ▶ Blijf meten!