

Verdamping van bossen

RUIMTELIJKE VERSCHILLEN EN EFFECTEN VAN KLIMAATVERANDERING

Bernard Voortman

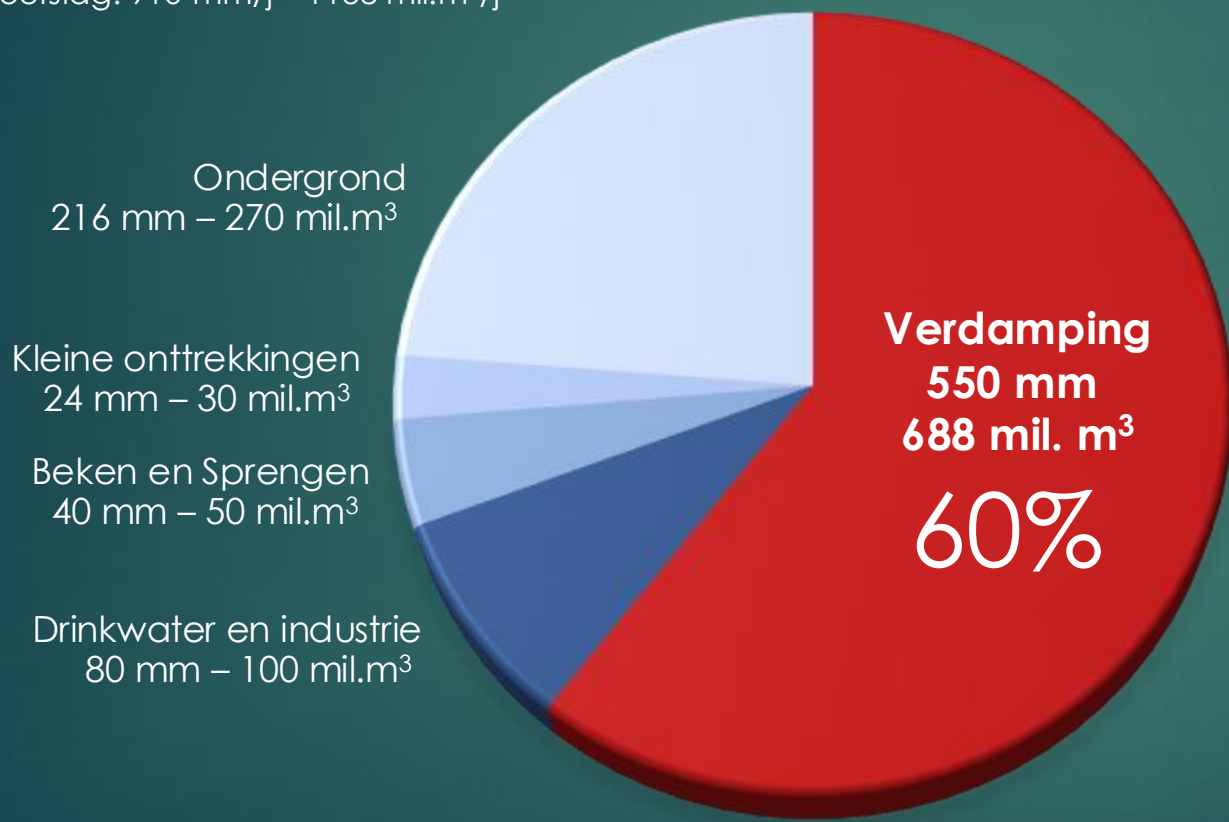


Waterbalans Veluwe

VERDAMPING MEER DAN DE HELFT VAN DE NEERSLAG

Oppervlak 125.000 ha

Neerslag: 910 mm/j – 1138 mil.m³/j



bron:
Voortman 2024
Gehrels 1999
Driesen 2006

Veluwe Woningen

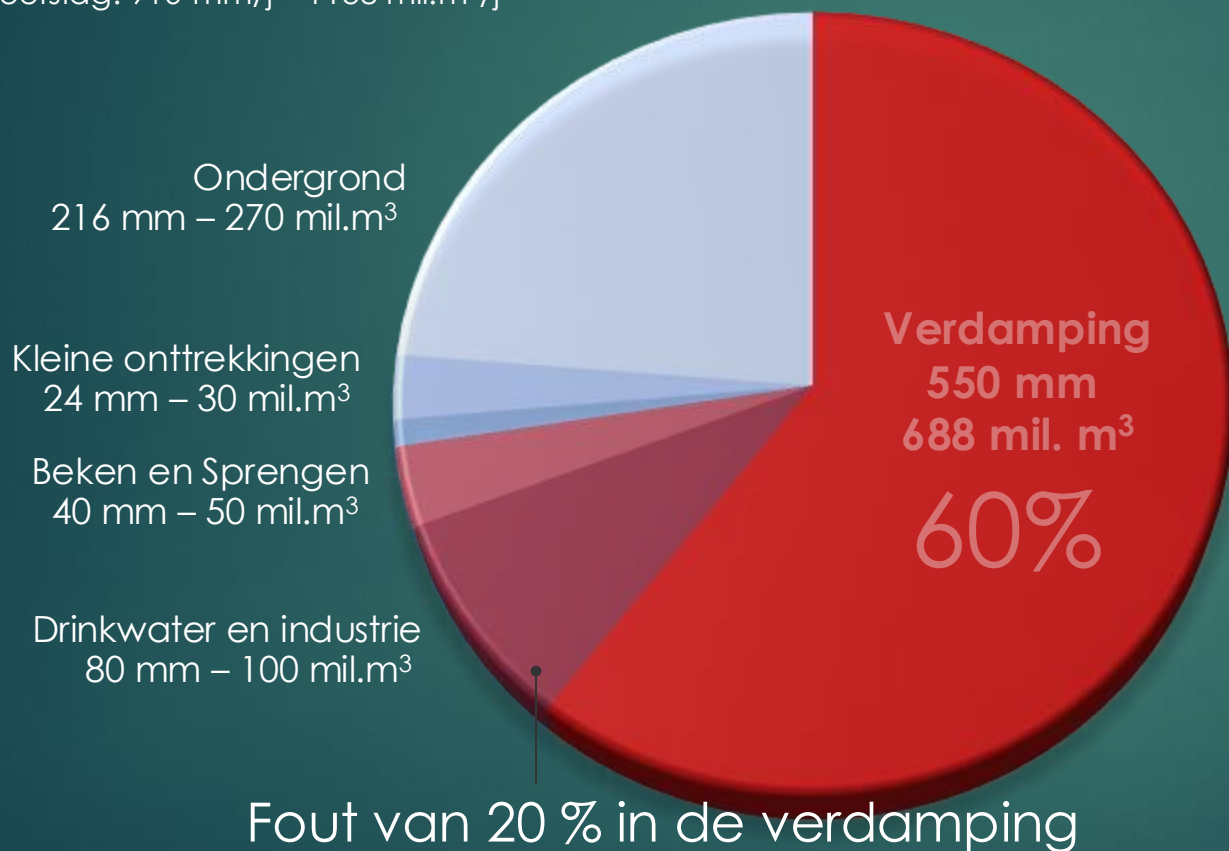


Waterbalans Veluwe

VERDAMPING MEER DAN DE HELFT VAN DE NEERSLAG

Oppervlak 125.000 ha

Neerslag: 910 mm/j – 1138 mil.m³/j



bron:
Voortman 2024
Gehrels 1999
Driesen 2006

Veluwe Woningen



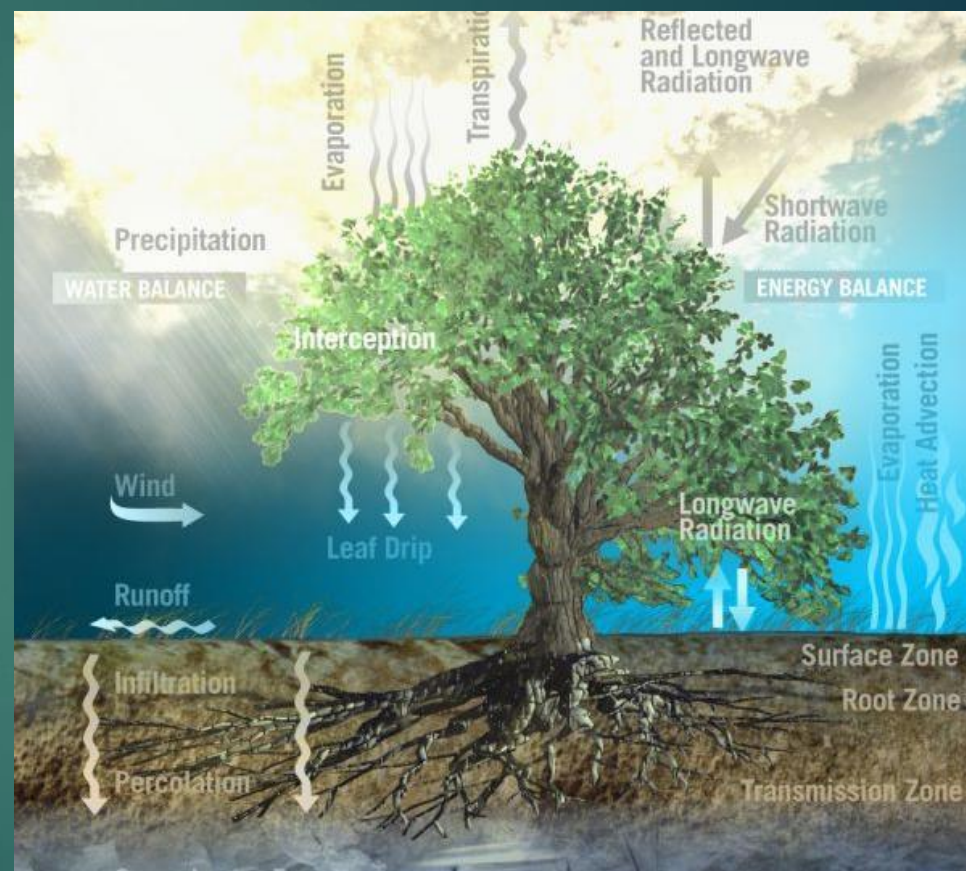
De complexiteit van bossen

- ▶ Waarom de Verdamping van bossen?

Groot areaal & heterogeen = mogelijk grote fouten = grote onzekerheid.

- ▶ **Afbakening:**

- ▶ Ruimtelijke verschillen in bosopstand en daarmee de verdamping.
- ▶ Droogte: verdamping tijdens droge perioden en modelfouten.



Verdamping en landgebruik

Neerslag: 910 mm/jaar

TYPISCHE GETALLEN, ZOALS WE ER ALTIJD OVER DACHTEN



Kaal zand

↑ ET = 250 mm (27%)

↓ R = 660 mm (73%)

Heide

↑ ET = 430 mm (47%)

↓ R = 480 mm (53%)

Loofbos

↑ ET = 550 mm (60%)

↓ R = 360 mm (40%)

Naaldbos

↑ ET = 660 mm (73%)

↓ R = 250 mm (27%)

Donker naaldbos

↑ ET = 730 mm (80%)

↓ R = 180 mm (20%)

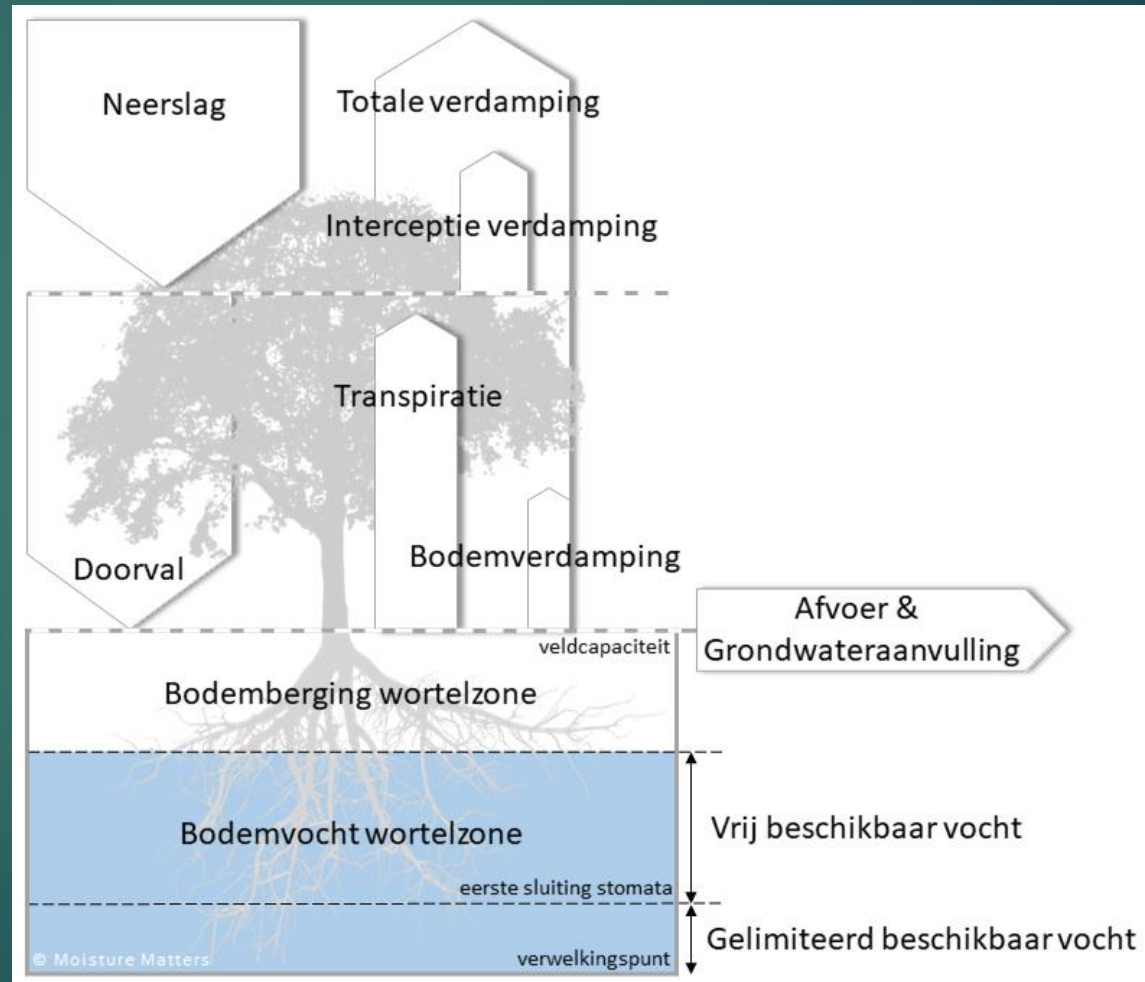
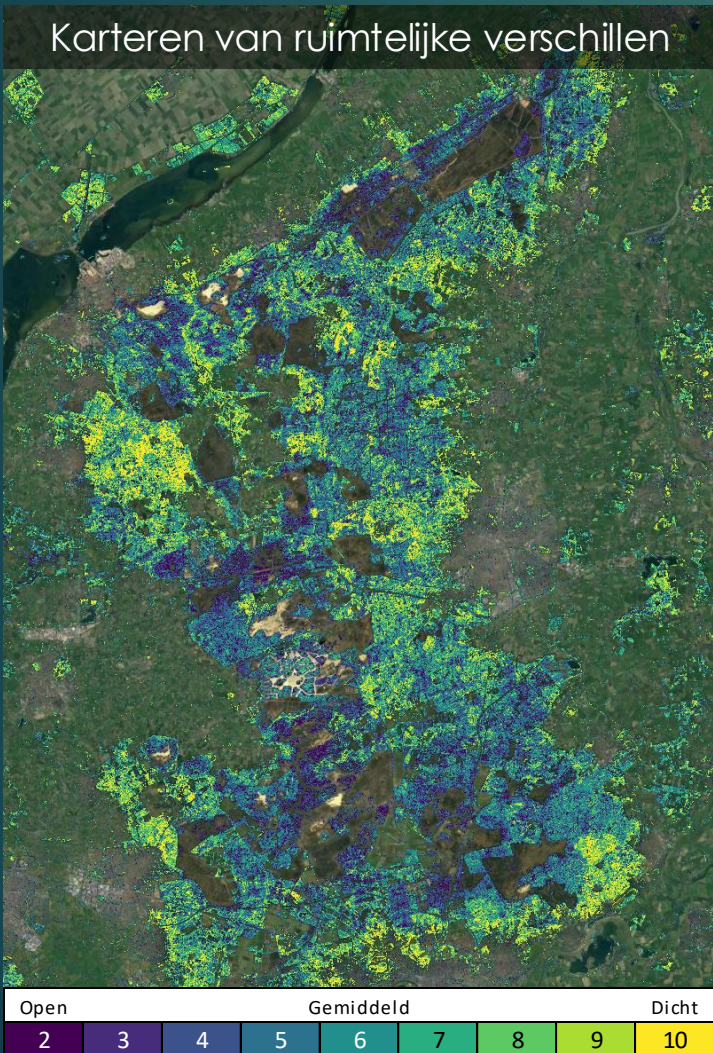
In hydrologische modellen gebruiken we vaak maar 2 tot 3 klassen bos. Dat is te simpel.

Naaldbos verdampst meer dan loofbos?

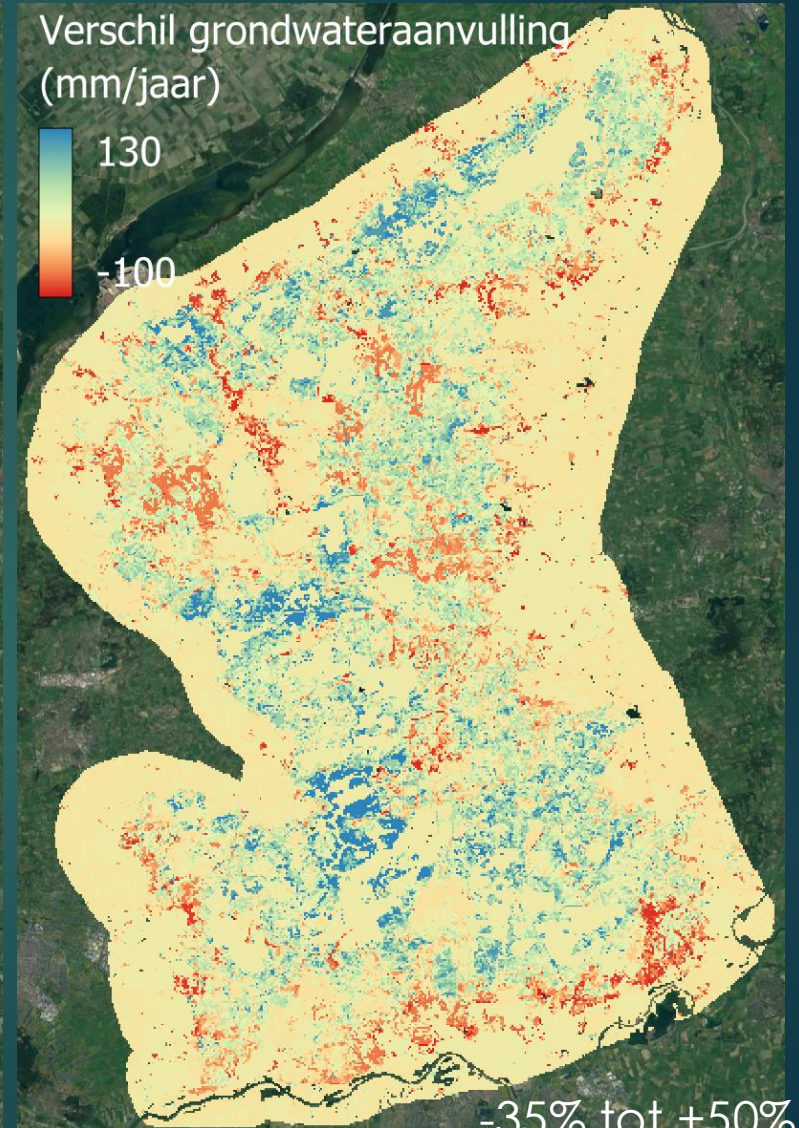
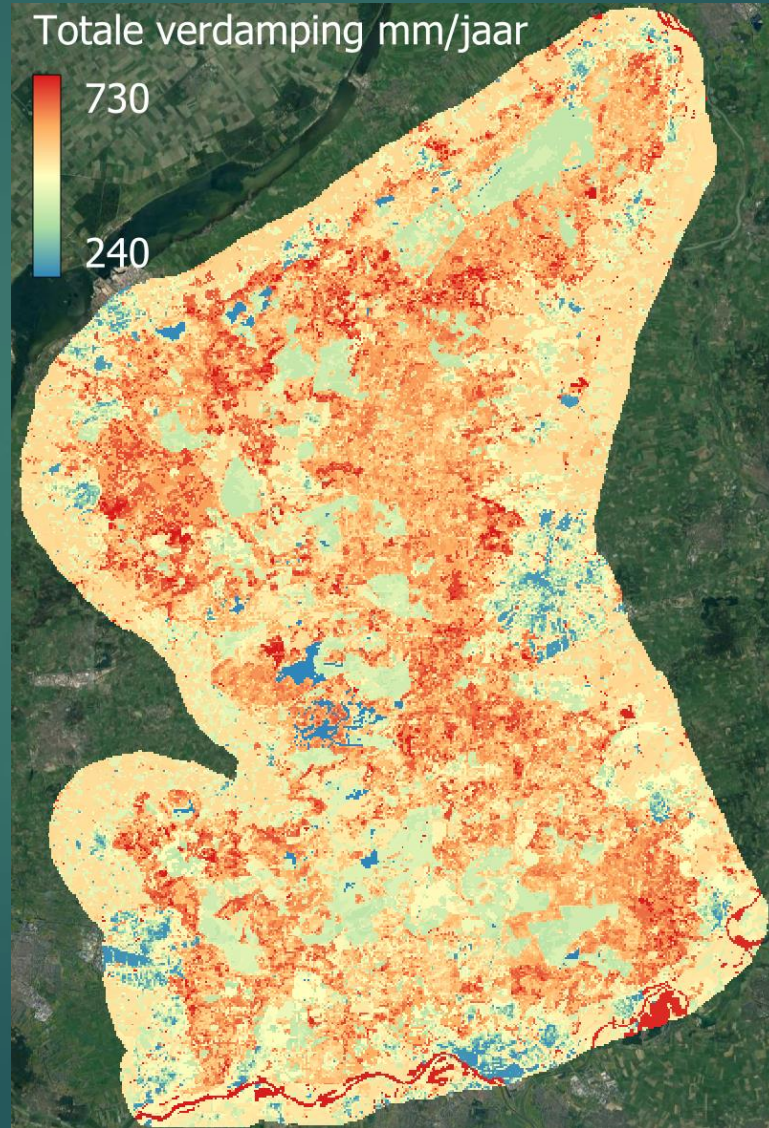
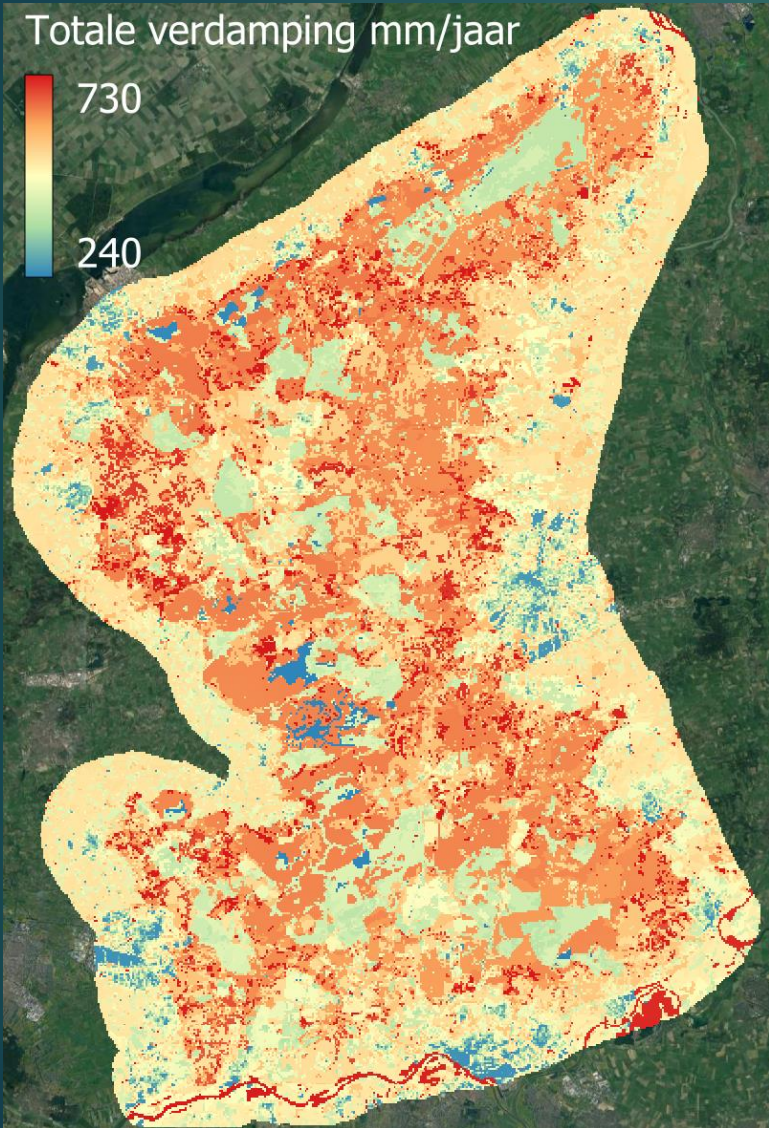
- ▶ Lang niet alle naaldbossen verdampen veel water. Je kan niet het landschap verdelen in naaldbos en loofbos (wat wel gangbaar is in onze modellen).



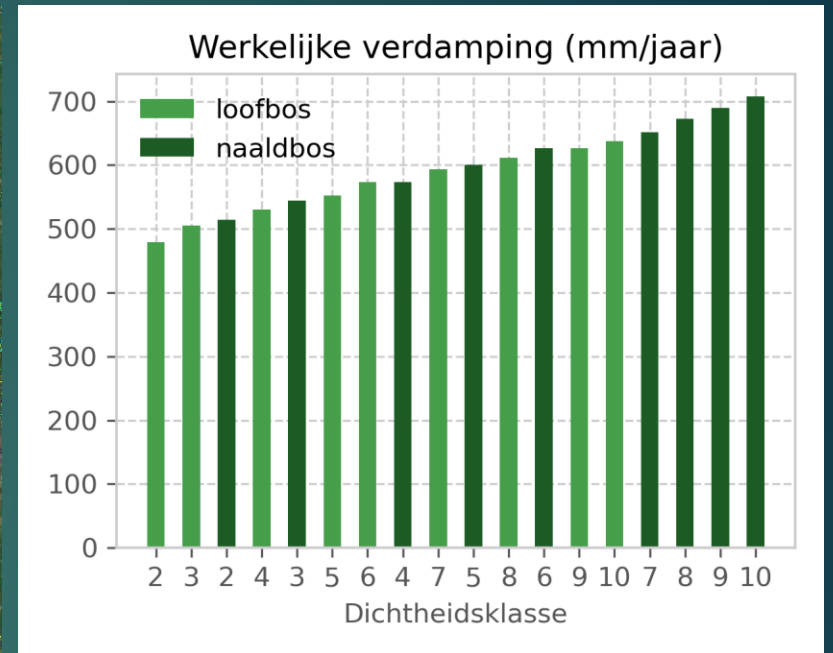
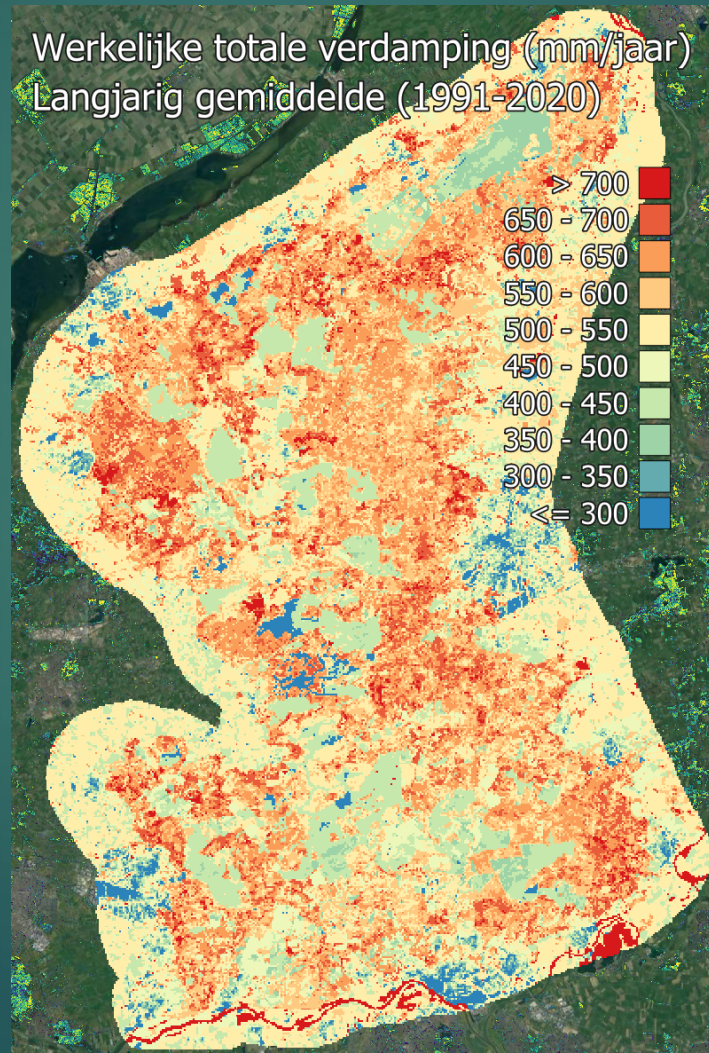
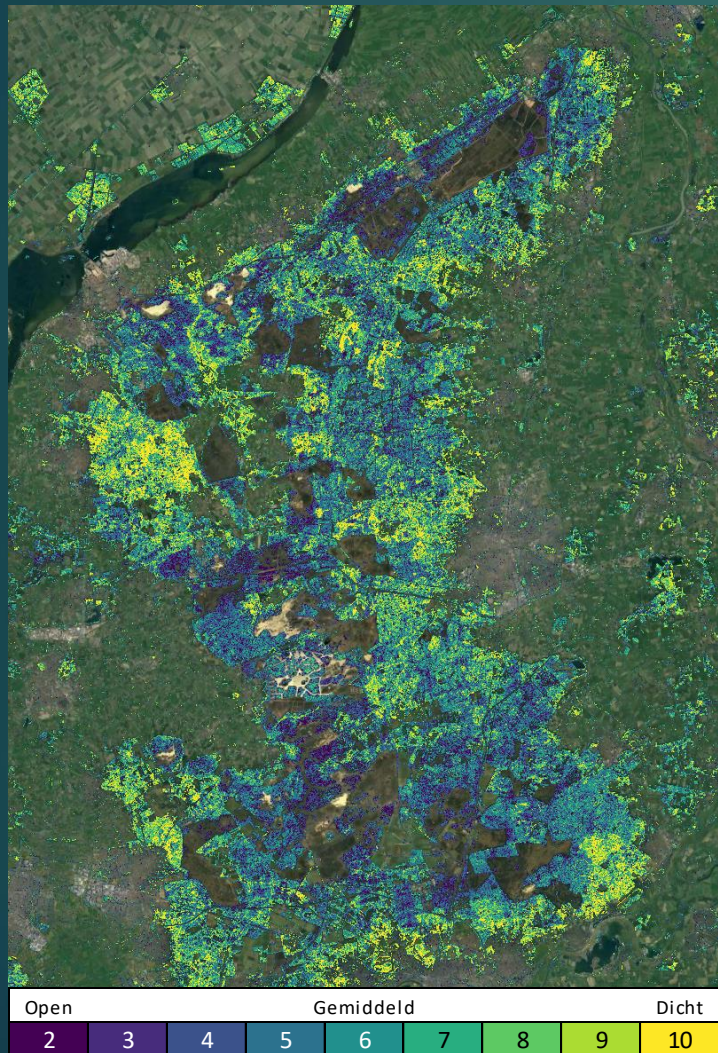
Van 3 naar 18 bostypen in FluxPark



Van 3 naar 18 bostypen



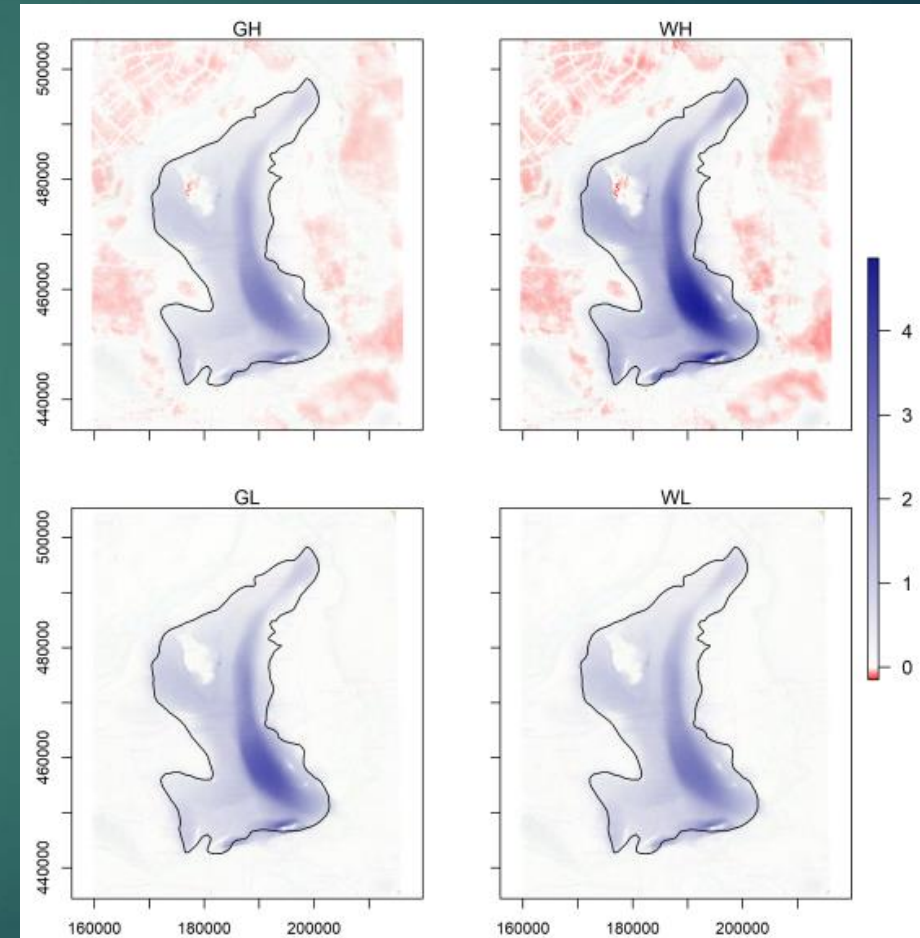
Werkelijke verdamping per bostype



Klimaatprojecties: hoge zandgronden

MEER GRONDWATERAANVULLING

- ▶ Op hoge zandgronden neemt de grondwateraanvulling toe en stijgen grondwaterstanden in klimaatprojecties.
 - ▶ Dit komt doordat onze modellen een gebrek aan water simuleren. Toenamen van de potentiële verdamping (ET_p) is niet gelijk aan een toename in de werkelijke verdamping (ET_a)



Effecten van droogte?

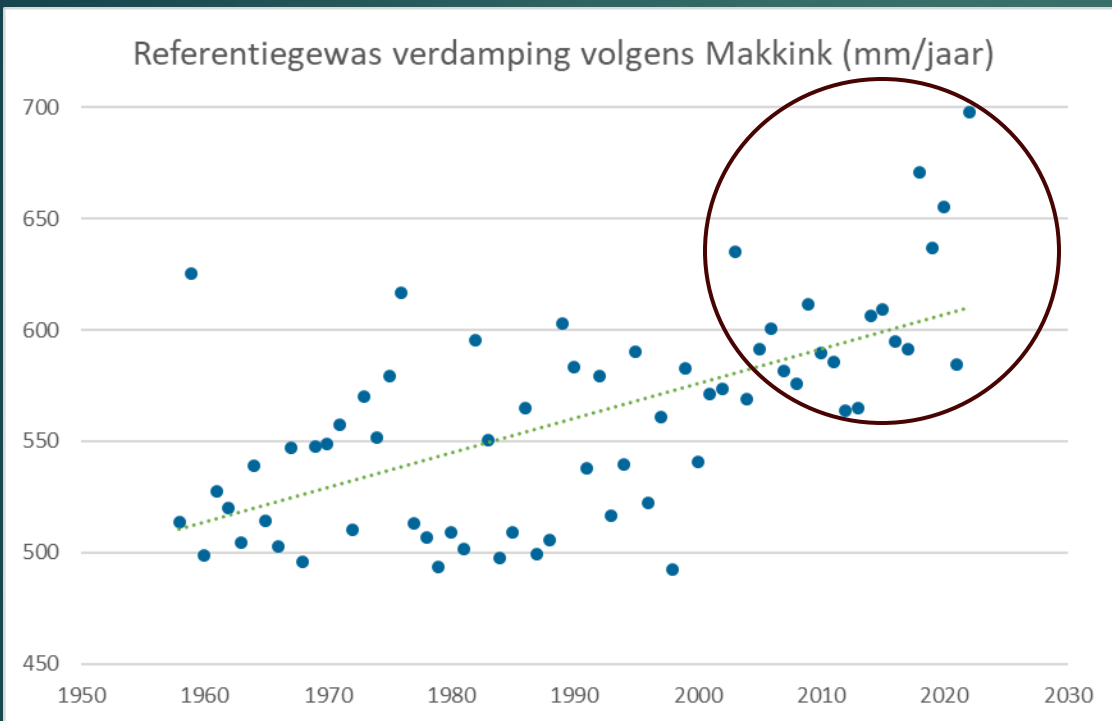


Foto's: staatsbosbeheer

- Een heel groot areaal reageert bijna niet op droogte... meer verdamping?

Extreem hoge verdampingsvraag

MEER ONZEKERHEID GRONDWATERAANVULLING EN MEER RUIMTELIJKE VERSCHILLEN

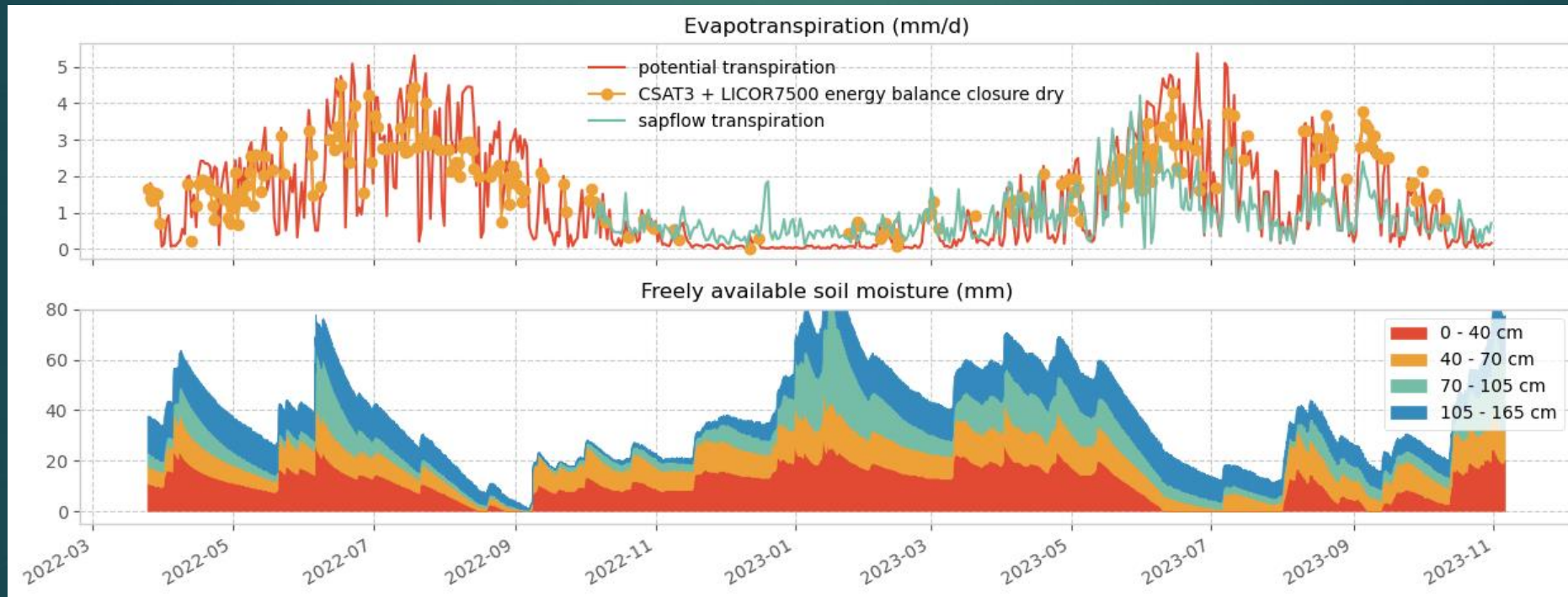


Extreem hoge verdampingsvraag.
Wat betekent dit voor
hydrologische modellen:

Bodemeigenschappen en **worteldieptes** worden nog belangrijker in hydrologische modellen voor het bepalen van de **grondwateraanvulling**. Kan de begroeiing jaar rond blijven verdampen? Neemt daardoor de aanvulling af? Of neemt de aanvulling juist toe door meer neerslag in de winter?

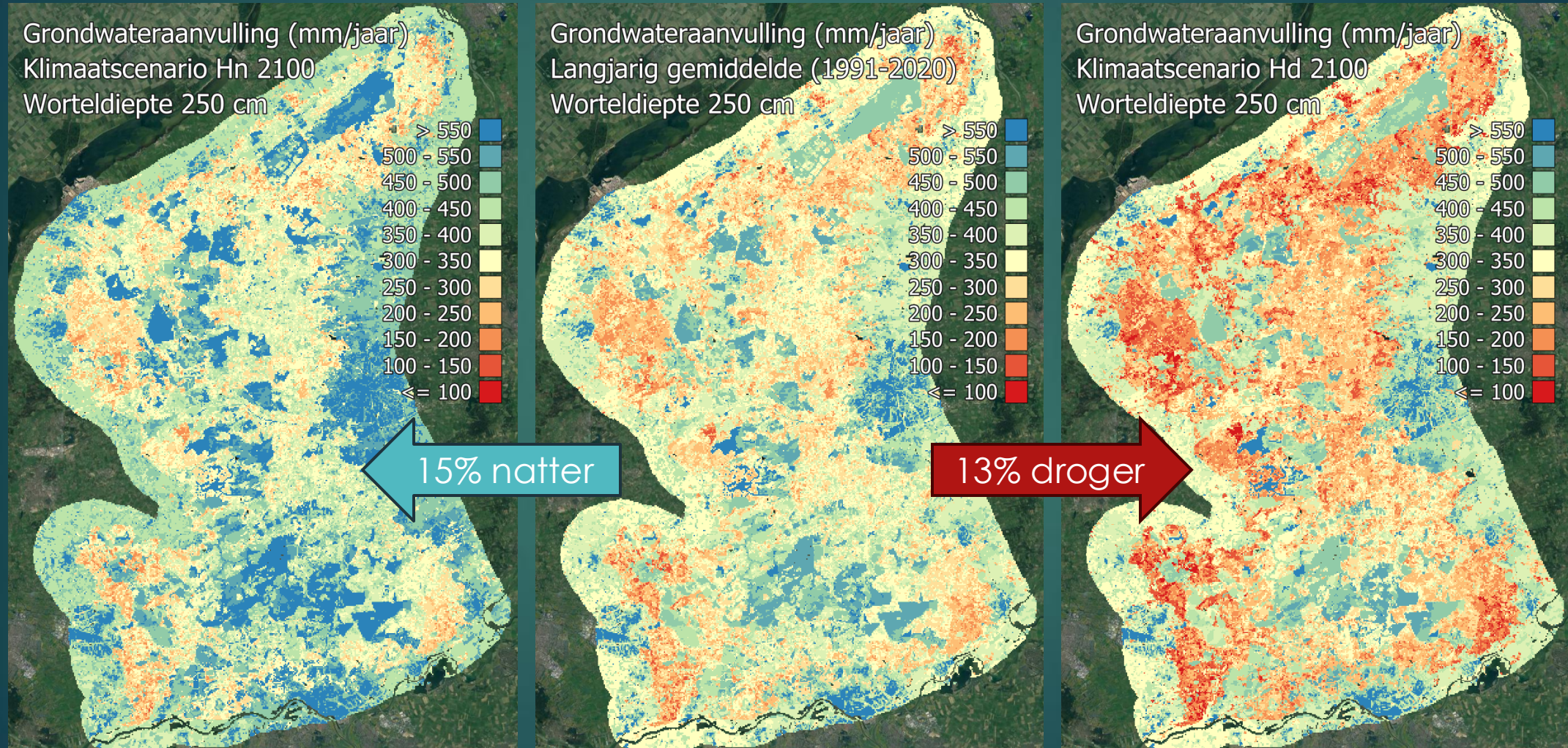
Worteldieptes

- ▶ In de metingen van het Speulderbos zien we niet zoveel effecten van droogte (transpiratiereductie).



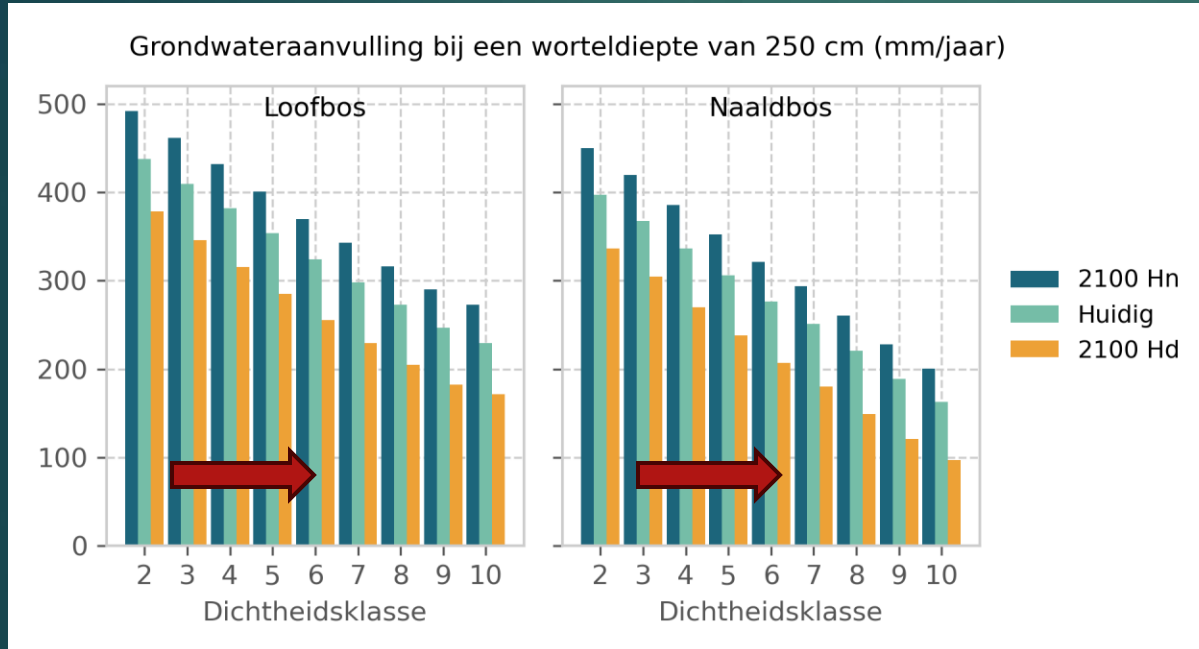
Waterbalans 2100

KNMI KLIMAATSCENARIO'S 2023



Klimaatverandering vs Landgebruik

ONZE INVLOED OP HET WATERSYSTEEM



- Het mogelijk verschuiven van een lage naar een hoge dichtheid door successie of beheer/beleid, kan een veel groter effect hebben (makkelijk 100 mm/jaar) dan klimaatverandering.

We sturen de verdamping soms onbewust

WATERBEHEER BEGINT BIJ EEN ACCURAAAT BEELD VAN VERDAMPING



▶ Verstedelijking



▶ Gewasproductie



▶ Natuurbeheer



Eddy correlatie

Totale verdamping



Doorvalgoten & stemflow

Interceptie verdamping



Sapstroom metingen

Transpiratie



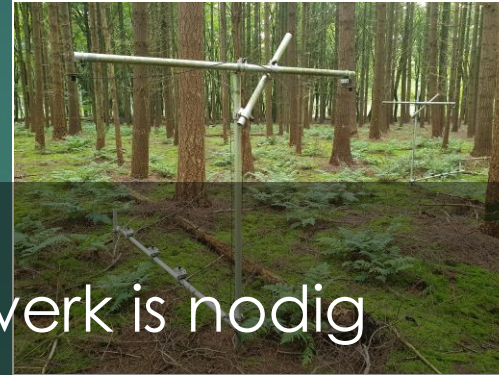
Lysimeters

Verdamping bosbodem



Dendrometers

Sapflow en vochtgehaltes.
Dynamiek wortelopname.



Inkomend licht

Energie voor ondergroei en
bosbodem. Dynamiek groeiseizoen.

Meer veldwerk is nodig



Bodemvocht & Drukhoogtes

Beschikbaarheid van bodemvocht,
bodemfysische eigenschappen en
gegevens voor validatie en inverse
berekeningen.



Boseigenschappen

Gegevens van de opstand, de meetplot

Conclusies

MEER BOSTYPEN EN WORTELDIEPTES

- ▶ Het inbrengen van meer bostypen leidt lokaal tot grote veranderingen (ca. 100 mm/jaar) in grondwateraanvulling.
- ▶ Voor het eerst een klimaatscenario dat leidt tot substantiële afnames van de grondwateraanvulling (ca. 70 mm/jaar, scenario Hd). Dit komt mede omdat voorheen de jaarlijkse neerslag nog toenam in alle scenario's. Dat is nu niet meer het geval. Ook is een vervattend scenario reëel (Hn) met een toename in aanvulling van 50 mm/jaar.
- ▶ Veranderingen in het bos zelf, van licht naar gemiddeld. Of van gemiddeld naar donker, of andersom, hebben mogelijk een groter effect op de verdamping en grondwateraanvulling (ca. 100 mm/jaar) dan het klimaat. Bosbeheer doet ertoe.
- ▶ Veel onzekerheden (validatie is hard nodig):
 - ▶ Worteldieptes, Bodemfysische eigenschappen.
 - ▶ Respons op droogte.
 - ▶ Verdeling van verdamping in verschillende posten (interceptie, bodemverdamping en transpiratie).

Overzicht verdampingscijfers

Naaldbossen hebben een donker groene kleur. Loofbossen licht groen.

Tabel is gesorteerd op de verdamping als percentage van de neerslag.

Begroeiing	T + E (mm/jaar)	Int (mm/jaar)	Evap totaal (mm/jaar)	Aanvulling (mm/jaar)	Neerslag (mm/jaar)	Evap tot/neerslag (%)	Locatie	Periode	Bron	Techniek
Douglas	395	317	712	104	834	85.4%	Speulderbos	1960 - 1990	Tiktak en Bouten (1994)	eddy correlatie en bodemvocht balans, gekalibreerd model
Beuk			636	131	767	82.9%	st. Arnold	2006 - 2014	Harsch et al. (2009)	Grote lysimeter
Zwarte Den			692	150	842	82.2%	Castricum	1957 - 1981	van der Hoeven (2011)	Grote lysimeter
Witte Den			627	189	816	76.8%	st. Arnold	1981 - 2005	Harsch et al. (2009)	Grote lysimeter
Engels raaigras (potentieel)	535	64	599	199	798	75.1%	de Moer	1991-2021	Voortman et al. (2022)	modelberekening op basis van gewaseigenschappen (1991 - 2020)
Polulier	470	150	620	220	840	73.8%	Fleditebos	1995-1998	Dolman et al. 2000	eddy correlatie
Lariks	390	195	585	225	810	72.2%	Bankenbos	1995-1997	Dolman et al. 2000	eddy correlatie
Gemengd (vliegden en eik/beuk)	320	230	550	225	775	71.0%	Kampina	1996-1998	Dolman et al. 2000	eddy correlatie
Grove den	385	245	630	270	900	70.0%	Loobos	1995-2001	Dolman et al. 2000	eddy correlatie
Beuk			565	251	816	69.2%	st. Arnold	1981 - 2005	Harsch et. al (2009)	Grote lysimeter
Mais (potentieel, zonder groenbemester)	477	64	541	257	798	67.8%	Moergestel	1991-2021	Voortman et al. (2022)	modelberekening op basis van gewaseigenschappen (1991 - 2020)
Beuk	350	208	558	276	834	66.9%			Dolman et al. 2000	
Engels raaigras (werkelijk, klei op veen)			547	286	833	65.7%	Cabauw	1987 - 1996	Massop et al. (2005)	bowen ratio
Eik			526	316	842	62.5%	Castricum	1957 - 1981	van der Hoeven (2011)	Grote lysimeter
Droge heide			430	437	867	49.6%	Hoge Veluwe	1988 - 2017	Voortman et al. (2019)	lysimeter gebaseerd berekening
Pijpenstrootje (diep grondwater)			430	588	1018	42.2%	Kootwijk	1994	Gehrels (1999)	eddy correlatie
Droog natuurlijk grasland			333	543	876	38.0%	Soestduinen	2013	Voortman et al. (2015)	lysimeter gebaseerd berekening
Stabiele duinbodem			250	626	876	28.5%	Soestduinen	2013	Voortman et al. (2015)	lysimeter gebaseerd berekening
Stuifzand			200	642	842	23.8%	Castricum	1957 - 1981	van der Hoeven (2011)	Grote lysimeter

Bij de interpretatie van bovenstaande tabel moet zeer zorgvuldig worden gekeken naar de standplaatscondities en de opstand.

Overzicht verdampingscijfers

Naaldbossen zitten in de hogere regionen. De interceptie verdamping is vooral hoog. Mede door het jaar rond hebben van naalden.

- **Veelal dichte begroeiing, open opstanden ontbreken**
- **Meestal natte locaties, geen zicht op droogte**

Begroeiing	T + E (mm/jaar)	Int (mm/jaar)	Evap totaal (mm/jaar)	Aanvulling (mm/jaar)	Neerslag (mm/jaar)	Evap tot/neerslag (%)	Locatie	Periode	Bron	Techniek
Douglas	395	317	712	104	834	85.4%	Speulderbos	1960 - 1990	Tiktak en Bouten (1994)	eddy correlatie en bodemvocht balans, gekalibreerd model
Beuk			636	131	767	82.9%	st. Arnold	2006 - 2014	Harsch et al. (2009)	Grote lysimeter
Zwarte Den			692	150	842	82.2%	Castricum	1957 - 1981	van der Hoeven (2011)	Grote lysimeter
Witte Den			627	189	816	76.8%	st. Arnold	1981 - 2005	Harsch et al. (2009)	Grote lysimeter
Engels raaigras (potentieel)			535	64	599	199	798	75.1%	de Moer	1991-2021
Polulier	470	150	620	220	840	73.8%	Fleditebos	1995-1998	Dolman et al. 2000	eddy correlatie
Lariks	390	195	585	225	810	72.2%	Bankenbos	1995-1997	Dolman et al. 2000	eddy correlatie
Gemengd (vliegden en eik/beuk)	320	230	550	225	775	71.0%	Kampina	1996-1998	Dolman et al. 2000	eddy correlatie
Grove den	385	245	630	270	900	70.0%	Loobos	1995-2001	Dolman et al. 2000	eddy correlatie
Beuk			565	251	816	69.2%	st. Arnold	1981 - 2005	Harsch et. al (2009)	Grote lysimeter
Mais (potentieel, zonder groenbemester)	477	64	541	257	798	67.8%	Moergestel	1991-2021	Voortman et al. (2022)	modelberekening op basis van gewaseigenschappen (1991 - 2020)
Beuk	350	208	558	276	834	66.9%			Dolman et al. 2000	
Engels raaigras (werkelijk, klei op veen)			547	286	833	65.7%	Cabauw	1987 - 1996	Massop et al. (2005)	bowen ratio
Eik			526	316	842	62.5%	Castricum	1957 - 1981	van der Hoeven (2011)	Grote lysimeter
Droge heide			430	437	867	49.6%	Hoge Veluwe	1988 - 2017	Voortman et al. (2019)	lysimeter gebaseerd berekening
Pijpenstrootje (diep grondwater)			430	588	1018	42.2%	Kootwijk	1994	Gehrels (1999)	eddy correlatie
Droog natuurlijk grasland			333	543	876	38.0%	Soestduinen	2013	Voortman et al. (2015)	lysimeter gebaseerd berekening
Stabiele duinbodem			250	626	876	28.5%	Soestduinen	2013	Voortman et al. (2015)	lysimeter gebaseerd berekening
Stuifzand			200	642	842	23.8%	Castricum	1957 - 1981	van der Hoeven (2011)	Grote lysimeter

De discussie over de verdamping van bossen

VOORGESCHIEDENIS

- ▶ Al meer dan een eeuw is er discussie over de verdamping van bossen. Dit heeft in Nederland geleid tot verschillende veldexperimenten:
 - ▶ **1933:** “Wateronttrekking aan de Veluwe”. Rapport van de Commissie, ingesteld bij beschikking van den Minister van Binnenlandsche Zaken en Landbouw.
 - ▶ **1938 tot 1990:** Castricum Lysimeters.
 - ▶ **Jaren 1980 - 1990:** Studiecommissie Waterbeheer Natuur Bos en Landschap (SWNBL), literatuur studies, experimentele studie gemengd loofbos in Ede. En modellenstudie die vuistregels zou moeten verstrekken voor de dagelijkse praktijk.
 - ▶ **Jaren 1990-2000:** Opstart van meer veldmetingen door discussie over de SWNBL tabellen.
 - ▶ Daarna continuering tot het heden van meetlocaties Loobos en Speulderbos en veel modellenwerk op processen.

Conclusies

TABEL VERDAMPING

- ▶ De omvorming van bossen naar droge natuur zoals heide of stuifzand leidt tot een aanzienlijke toename van de grondwateraanvulling (3 tot 4 keer zoveel is realistisch).
- ▶ Bij de omvorming van bossen is het veiliger om vooral te focussen op donker naaldhout. De baten van de omvorming van licht naaldhout naar loofbos is beperkt.
- ▶ Vooral de interceptieverdamping van naaldbossen is hoog en wijkt af van andere begroeiingstypen.
- ▶ Loofbos kan in een dichte opstand ook hoge verdampingcijfers geven. Hoger dan tot nu toe vaak wordt aangenomen.
- ▶ De gemeten verdamping van bossen ligt in de bandbreedte: 530 tot 710 mm/jaar gemiddeld. De totale marge is dus 180 mm/jaar gemiddeld. Waarschijnlijk is de werkelijke bandbreedte nog iets groter door het ontbreken van observaties aan de extreme kant van de verdeling. Als modellen het gemiddelde wel ongeveer goed schatten wordt de maximale fout dus ongeveer de helft (ca. 90 mm/jaar). Op de grondwateraanvulling is dat ca. 30% tot 40%. Dat is niet gering.

Wat weten we niet?

BELANGRIJKE NUANCES

- ▶ De gepresenteerde cijfers zijn locatie specifiek en ondanks dat het een hele tabel lijkt en veel inspanning heeft gevergd (tijd en geld) zijn er best een hoop typen onbemeten. Over het algemeen geldt dat dit soort metingen gedaan zijn in **homogene begroeiingstypen** met vaak een **relatief dichte begroeiing**. Vooral jonge of open opstanden zullen daarom afwijken van de literatuurcijfers.



Open opstand in de Schoorlse duinen

Wat weten we niet?

BELANGRIJKE NUANCES

- ▶ De gepresenteerde cijfers zijn locatie specifiek en ondanks dat het een hele tabel lijkt en veel inspanning heeft geleverd (tijd en geld) zijn er best een hoop typen onbemeten. Over het algemeen geldt dat dit soort metingen gedaan zijn in **homogene begroeiingstypen** met vaak een **relatief dichte begroeiing**. Vooral jonge of open opstanden zullen daarom afwijken van de literatuurcijfers.
- ▶ Ook zijn de metingen vaak gedaan onder condities waarbij de bomen relatief **veel water tot hun beschikking** hebben. Alleen voor het Speulderbos kan gesproken worden van een grondwateronafhankelijke locatie. De **effecten van droogte** en vooral de droogtestress in extreme jaren zoals 2018, 2019, 2020 en 2022 zijn daarom onzeker.

Verdamping van bossen

RELATIEVE VERSCHILLEND

- ▶ Zoals genoemd ontbreken ruimtelijke nuances in hydrologische modellen. Vaak worden maar een paar klassen aan bossen gebruikt. Hierdoor is het lastig om voor specifieke terreinen uitspraken te doen. De ontwikkelde kaart moet hier meer inzicht in verschaffen.

