



# HISTORIE

## HET WATER VAN DE VELUWE IN HISTORISCH PERSPECTIEF

*Jan-Philip M. (Flip) Witte, Bernard Voortman, Kelly Nijhuis,  
Marjolein van Huijgevoort, Sjoerd Rijpkema en Teun Spek*

Ondanks dat het klimaat van Nederland steeds natter wordt, voeren de beken die ontspringen aan de Veluwe steeds minder water af. Winning van grondwater en ontwatering van de omgeving worden dikwijls aangewezen als belangrijkste boosdoeners. Er is echter meer aan de hand: de vegetatie van dit grote natuurgebied veranderde in de loop der tijden aanzienlijk. Waren in de negentiende eeuw heide en stuifzand dominant, tegenwoordig is dat bos, en dan vooral naaldbos. Deze verandering leidde tot meer verdamping, waardoor er minder neerslagwater overbleef om de grondwatervoorraad aan te vullen. Sinds 1850 heeft die afname waarschijnlijk meer bijgedragen aan de verdroging der beken, dan de toename van de grondwateronttrekkingen.

### Inleiding

De zomer van 2018 maakte nogmaals duidelijk dat de zoom van Nederlands grootste natuurgebied, de Veluwe, ernstig is verdroogd. Beektrajecten vielen droog en in Epe moest het waterschap drie vissoorten van de Rode Lijst (beekprik, elrits en rivierdonderpad) verplaatsen naar trajecten die nog wel water bevatten<sup>1,2</sup>. Lang geleden voerden diezelfde beken, die vrijwel allemaal gegraven zijn ('sprengbeken'), voldoende water af om talloze watermolens aan te drijven: het gebied fungeerde als een enorme energiecentrale. Halverwege de achttiende eeuw stonden er ruim 150 papiermolens aan de Veluwe<sup>3</sup> en in Renkum was 21% van de bevolking boven de 10 jaar afhankelijk van de papierindustrie, in Doorwerth 18% en in Oosterbeek 6%<sup>4</sup>. Andere molens persten olie uit zaden, maalden graan en grondstoffen voor buskruit, en sloegen platen koper die de rompen beschermden van de zeeschepen waarmee Nederland de wereld veroverde.

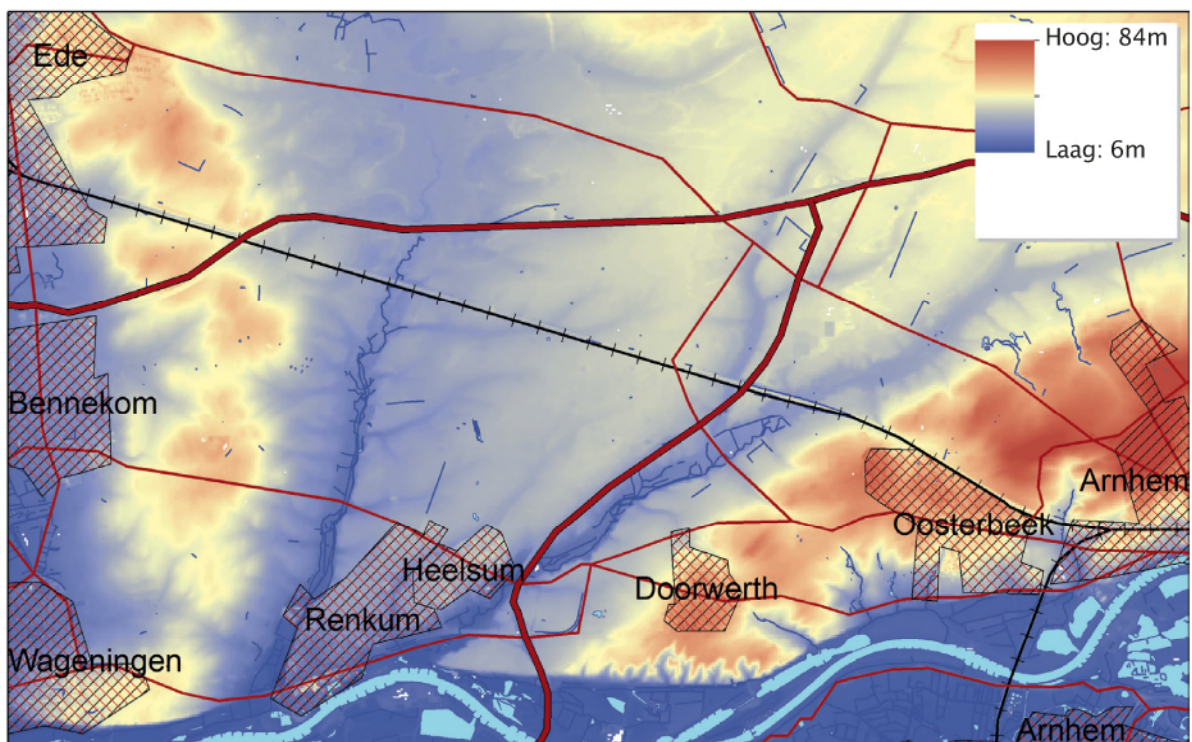
Over de oorzaken van de verdroging is al veel geschreven<sup>5,6</sup>. Aan de invloed van het landgebruik op de waterhuishouding van het gebied is echter relatief weinig aandacht besteed. In dit artikel willen we iets doen aan dit tekort, maar eerst maken we aan de hand van enkele voorbeelden duidelijk dat de Veluwe vroeger veel natter was. We spitsen ons verhaal toe op het grondgebied van de gemeente Renkum en op veranderingen die vanaf 1850 optraden. De reden voor die laatste keuze is dat na 1850 de watermolenindustrie instortte<sup>7</sup>, zodat daarna vrijwel geen sprengbeken meer werden gegraven. Aanleg van beken laten we daarom buiten



beschouwing als oorzaak van de verdroging. Een andere reden is dat topografisch betrouwbare kaarten van de Veluwe pas sinds 1850 beschikbaar zijn.

Enige kennis over het hydrologisch functioneren van de Veluwe is bij het lezen van dit artikel op zijn plaats. Als er een neerslagbui valt, verdampt een deel daarvan direct van de natte bladeren, natte takken, en natte bodem. De rest infiltreert in de bodem. Plantenwortels onttrekken daar vervolgens water uit, maar niet al het water: een deel verlaat de wortelzone, passeert vervolgens een laag waarin de bodemporiën gevuld zijn met zowel water als lucht (de onverzadigde zone), om zich vervolgens te voegen bij een zone die geheel gevuld is met water (de verzadigde zone). Het water in de verzadigde zone wordt 'grondwater' genoemd. De grondwateraanvulling bedraagt tegenwoordig gemiddeld ongeveer één millimeter (één liter per vierkante meter) per dag. Het grondwater komt vrijwel overal op de Veluwe zeer diep beneden maaiveld voor (tientallen meters) en is daardoor buiten het bereik van de plantenwortels. Het stroomt zijdelings af naar beken, laag gelegen gebieden als de Betuwe, en naar pompstations. Daarbij is er sprake van een dynamisch evenwicht tussen grondwateraanvulling en afstroming, waarbij grondwaterstanden en afvoeren vertraagd reageren op de aanvulling.

De afvoer van grondwater verloopt vooral moeizaam uit de stuwwallen. In het hoogtekartaartje van de Zuidelijke Veluwe (Afb. 1) zien we er twee boven de omgeving uitsteken: die van Renkum naar Dieren en die van Wageningen naar Lunteren. In die stuwwallen komen door gletsjers scheef gestelde klei- en leemlagen voor, die veel weerstand bieden tegen grondwaterstroming. Daardoor bolt de grondwaterspiegel in stuwwallen flink op en wordt het grond-



Afbeelding 1: Hoogtekaart (m +NAP) van de Zuidelijke Veluwe, waarop de stuwwallen duidelijk hoger liggen dan de omgeving. Fraai zijn de droge smeltwaterdalen naar de Renkumse beek en de Heelsumse beek te zien.



water er heel langzaam afgegeven aan de beken. Dit verklaart waardoor de kleine beekjes bij Oosterbeek een zeer gelijkmatige afvoer hebben en dus makkelijk een droge zomer doorstaan. In de spoelzandvlakte (sandr) tussen de stuwwallen is de ondergrond beter doorlatend, zodat het grondwater makkelijker afstroomt naar beken en richting de Betuwe. De Renkumse beek reageert daardoor heftiger op een droge zomer dan de veel kleinere beken van Oosterbeek.

## De Veluwe was vroeger natter

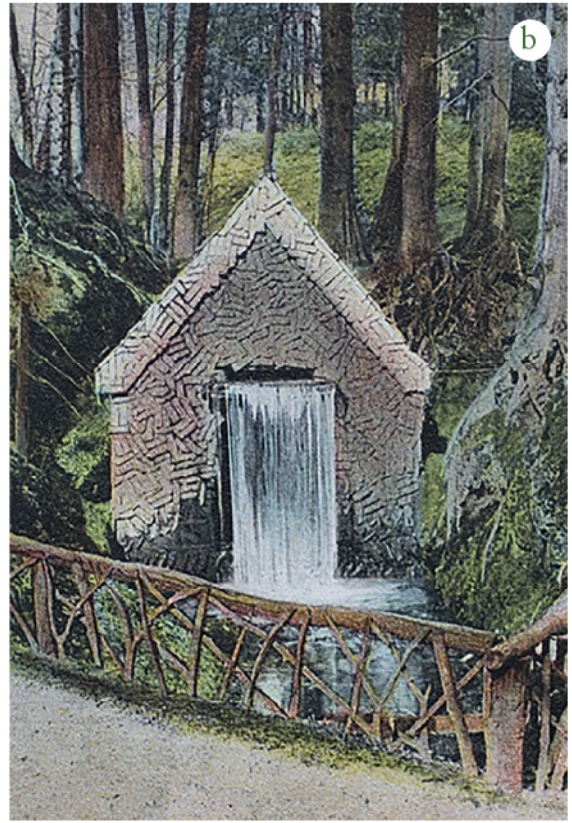
### *Water aan de Veluwerand*

Uit historische gegevens weten we dat de beken van de Veluwe in de negentiende eeuw veel water afvoerden. Werken van Johannes Warrantus Bilders (1811-1890), Willem Roelofs (1822-1897), Maria Vos (1824-1906) en andere schilders die werden aangetrokken door de schoonheid van het gebied, getuigen daarvan (Afb. 2). Sporadisch bestaan er ook vroege ooggetuigenverslagen, zoals van Paulus Nijhoff, die in 1820 over de Oorsprongbeek te Oosterbeek schreef dat die wordt gevoed door “*uitnemend rijke waterbronnen*” die “*klotsende watervallen vormen, onder welke er een uitmunt. Waar het water over een grotwerk met veel geweld neerstort, en op een warmen zomerdag, onder het digte lommer van zwaar geboomte, de verkwikkelijke koelte vermeerdert*”<sup>8</sup>. De weldaad van al dat water werd bijna een eeuw later bejubeld door Charles Boissevain, die in de zomer van 1907 samen met een vriend en hun “huysvrouwen” een plezierreisje naar Cleef en terug maakte<sup>9</sup>. Na een bezoek aan uitspanning de Koutenberg (later omgedoopt tot de Koude Herberg en nu Oude Herberg geheten, vermoedelijk wegens hoop op meer klandizie) waar zij “*eenige verversching gebruikten*”, treedt men landgoed de Oor-



*Afbeelding 2: Uitsnede van een tekening uit 1857 van Maria Vos van de molen van Hooijer aan de Gielenbeek te Oosterbeek. In 2008 werd hier een vrij constante afvoer gemeten van vijf liter per seconde, veel te weinig om deze molen aan te drijven: bij een overstorthoogte van drie meter bedroeg het netto-vermogen misschien 100 watt, voldoende voor een gloeilampje.*







sprong binnen: “Wij hadden aldaar bij het inkomen van een Bergte het schoontst gezigt op 3 fraaye Kommen met watervallen, en boven of aan het begin derzelfde een fraaye fontyn als een groote Kelk, ook links af in de laagte nog een Fontyn, verders een fraay leem Huysje met gesigt op een Cascade, zynde zeer Somber en Sentimenteel. Nog verder zag ik een klyn Huysje waar boven uyt is vlietende een fraaye Cascade als een heldere Spiegel met rand er om, zynde het gesigt daar op en daar in, meede allersomberst; tusschen de beyde Huysjes is nog een fraaye drie dubbele Cascade”.

Dit verhaal van de Oorsprongbeek vormt een illustratie van de historische overvloed die ook aanwezig was bij andere Veluwse beken. Nu zijn kunstuitingen en verslagen geen betrouwbaar bewijsmateriaal, maar er bestaan ook oude foto's van de waterweldaad. Terug naar de Oorsprongbeek: op een ingekleurde ansichtkaart van rond 1900 zien we de door Boissevain beschreven “3 fraaye kommen”, met bovenin de “fraaye fontyn als een groote Kelk” en linksonder een stenen constructie waarbinnen water werd afgetapt voor een lager gelegen fontein (Afb. 3a). Een andere ansichtkaart toont waarschijnlijk het “klyn huysje” dat de auteur beschreef (Afb. 3b). Van de rijke afvoer was in 2008 tijdens herhaalde metingen door ons weinig meer over (Afb. 3c en d): op beide locaties bedroeg het debiet slechts vijf liter per seconde.

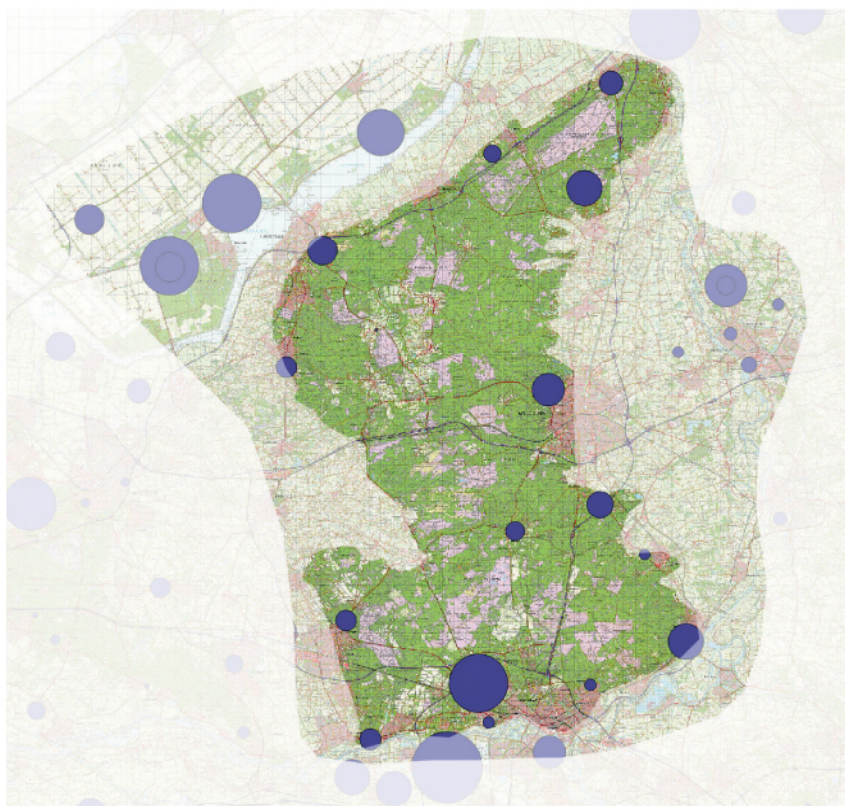
Net als de Oorsprongbeek voerden de overige beken van de Veluwe vroeger aanzienlijk meer water af. De verdroging van de Veluwerand als geheel kan zachtjes worden gekwantificeerd aan de hand van het aantal beektakken dat één of meerdere watermolens aandreef. Voor deze analyse beperken wij ons tot het gebied zonder zichtbare afwatering naar de randen, dus tot het ‘voedingsgebied’ (1250 km<sup>2</sup>) waar grondwater wordt gegenereerd dat naar beken, waterwinningen en lager gelegen kwelgebieden stroomt (Afb. 4). De huidige totale beekafvoer uit het voedingsgebied wordt mede op basis van spaarzame afvoermetingen geschat op 45 miljoen kubieke meter per jaar<sup>10</sup>. Volgens de Veluwse bekenatlas<sup>11</sup> waren de molens aan de Veluwe aangesloten op 55 beektakken. Schatten we de gemiddelde afvoer over een molen op 75 liter per seconde<sup>12</sup>, dan komen we met 55 molenvoedende beektakken uit op een totale historische afvoer van 130 miljoen kubieke meter per jaar, dus 2,9 keer zoveel als tegenwoordig.

Dit is wel een zeer grove benadering. Gelukkig is bijna een eeuw geleden de totale afvoer uit het voedingsgebied ook bepaald op basis van afvoermetingen. Dat gebeurde door een van staatswege ingestelde commissie die moest onderzoeken of het mogelijk was op de Veluwe 36,5 miljoen kubieke meter grondwater per jaar te winnen ten behoeve van de drinkwatervoorziening van Amsterdam<sup>13</sup>. Op basis van afvoermetingen (gedaan in 1894, 1895, 1896, 1928 en 1929) kwam de commissie tot een totale beekafvoer van 124 tot 187 miljoen kubieke meter per jaar, dus 2,8 tot 4,2 keer zoveel als nu. Laten we het erop houden dat de beken één tot anderhalve eeuw geleden drie tot vier keer zoveel water afvoerden. De afname verschilt uiteraard per beek. In de Renkumse beek, bijvoorbeeld, werd in 1928 een gemiddelde afvoer van 190 liter per seconde gemeten, een winterafvoer van 350 liter per seconde en een basisafvoer van 150 liter per seconde<sup>13</sup>, terwijl de huidige afvoer gemiddeld 40-50

*Afbeelding 3: De cascade (a) en het grothuisje (b) van de Oorsprongbeek te Oosterbeek rond 1900, en beide locaties in 2008 (c, d). Recent is bij de cascade een roze granieten boog geplaatst (c), als knipoog naar de fontein die er eens spoot (a). In een modernere vorm en op een iets andere locatie is het grothuisje herbouwd.*



liter per seconde bedraagt<sup>14</sup>. Ook toen al werd in het dorp Renkum grondwater onttrokken, 2,8 miljoen kubieke meter per jaar, vooral door de papierindustrie.



*Afbeelding 4: Veluws voedingsgebied (helder aangegeven op de kaart). Blauwe cirkels tonen locatie en grootte van de huidige drinkwaterwinningen. Jaarlijks wordt 130 miljoen kubieke meter per jaar Veluws grondwater voor drinkwater en industrie onttrokken<sup>15</sup>, waarvan 90 miljoen kuub binnen het voedingsgebied<sup>10</sup>.*

Overigens zou met de winning voor Amsterdam de totale hoeveelheid onttrokken grondwater op 57 miljoen kuub per jaar zijn gekomen (is nu 130 miljoen<sup>15</sup>). De staatscommissie raadde aan daar voorlopig vanaf te zien: *“Inmiddels zijn reeds bij een onttrekking als bovengenoemd de gevaren voor de cultuur en andere levensbelangen der bewoners – waarbij wij ook denken aan het natuurschoon – van dien aard, dat in geen geval tot een stichting van een waterwinplaats op de Veluwe zou moeten worden overgegaan, zolang niet is gebleken, dat het onmogelijk is, elders met minder grote bezwaren het voor Amsterdam benodigde drinkwater te winnen”*.

### **Water bovenop de Veluwe**

Het was vroeger niet alleen natter aan de Veluwerand, maar incidenteel ook bovenop de Veluwe. In de bodems van veel heideterreinen had zich in de loop der eeuwen een dichte inspoelingslaag kunnen ontwikkelen, vaak met ijzerbandjes en ijzerbanken<sup>16</sup>. Op deze slecht-doorlatende laag kon water stagneren, maar ook gestuwde leem- en kleilagen en humusrijke heidebodems<sup>17</sup> konden, tijdens hevige neerslagbuien, zorgen voor water op het maaiveld.

Luisterrijk is het verhaal van de ‘wandelande dominee’ Johannes Florentius Martinet (1729-1795) die in zijn ‘De Katechismus der Natuur’ een waterval op de Imbosch (benoorden Velp) beschrijft, welke hij op een zomerse tocht tegenkwam<sup>18</sup>. Deze hoog gelegen wa-



*Afbeelding 5: Martinet met denkbeeldige leerling bij zijn waterval: "O welk een gedruisch des vallenden Waters! Welk eene menigte van afgevallen' Aardbrokken! Welk een woestheid der Natuur, die ook mynen geest, ik weet niet, in welk eene stille verbaasdheid opgetoogen houdt!"<sup>18</sup>.*

terval (90-100 m NAP<sup>19</sup>) maakt een geweldige indruk op de eerwaarde. Hij betreurt het dat hij geen schuit bij zich heeft om te peilen hoe diep het "meer" is waaruit de waterval ontspringt. Was hij een dag later geweest, dan had hij ontdekt dat er niets van de waterval zou zijn overgebleven<sup>19</sup>. Op een gravure uit zijn catechismus (Afb. 5) zien we donkere regenwolken wegtrekken.

Een eeuw later werd over maai- veldafvoer op de hoge Veluwe geschreven: "*Want het nederstromende water der bergen kan, op de Veluwe, bij stortregen in de zomer of bij hoge sneeuw in de winter, ganse vlakten overdekken, en, als een machtige vloed alles in zijn vaart meeslepen*"<sup>20</sup>. En nog een eeuw later werd er over de anders zo droge Ginkelse heide genoteerd dat deze na het plotselinge einde van een langdurige winter in 1947 was veranderd in een "geweldig waterlandschap" dat via een "geweldige waterval" loosde op de Renkumse beek<sup>21</sup>.

Blijkbaar was het vroeger af en toe kletsnat. Water op het maai- veld komt nog steeds voor, maar toch niet zo uitgebreid en veelvuldig als vroeger.

## Oorzaken van de verdroging

Beken van de Veluwe voeren tegenwoordig minder water af dan vroeger en het komt niet meer voor dat de hogere delen veranderen in een "geweldig waterlandschap". De neerslag is de afgelopen eeuw beduidend toegenomen<sup>22</sup>, dus wat is er structureel veranderd aan de Veluwe?

Eén oorzaak is al genoemd: de winning van grondwater, die omstreeks 1890 startte. Het effect hiervan is relatief goed te kwantificeren<sup>6, 23</sup>. Iets moeilijker gaat dat met een andere oorzaak, de ontwatering van de drainerende omgeving. Met een grondwatermodel is ooit

berekend wat de invloed is geweest van de aanleg van de Flevopolders<sup>6</sup> (die was aanzienlijk aan de noordzijde van de Veluwe), maar voor een historische analyse die teruggaat tot de negentiende eeuw dienen ook de ontwatering van de Gelderse vallei, het IJsseldal en de Betuwe te worden gereconstrueerd.

Niet iedereen beseft dat achterstallig onderhoud van de beken leidt tot een vermindering van de afvoer. Op de Zuidwest Veluwe is al 25 jaar een groep vrijwilligers van het IVN actief die met de hand sprengkoppen en beektrajecten uitbaggert, waarna de beken een betere doorstroming krijgen. Het effect van deze maatregel laat zich bij gebrek aan afvoermetingen moeilijk kwantificeren, maar dat de afvoer erdoor toeneemt staat voor de vrijwilligers vast. Wij kunnen deze bevinding met eigen waarnemingen beamen: na het baggeren van de sprengkop van de Oorsprongbeek in 2008 nam de afvoer zichtbaar toe, al werd het 'beeld' van de oude ansichtkaarten (Afb. 3b) nooit bereikt en weten we niet in hoeverre de toename tevens is toe te schrijven aan het weer van de voorgaande jaren.

Een oorzaak die vaak ongenoemd blijft en waarvan het effect wel heel lastig valt vast te stellen, is de verstoring van de ondergrond. Bouwwerken, wegen en rioolstelsels worden vaak dwars door scheef gestelde klei- en leemlagen aangelegd (knooppunt de Waterberg!), waardoor het drainageniveau van de omgeving daalt. Deze oorzaak geldt vooral voor de stuwwal van Renkum naar Dieren, waar beken afhankelijk zijn van kleine grondwatersystemen. Nadat een villa-eigenaar pal boven een sprengkop een 3000 kubieke meter groot gat voor zijn privégarage in de stuwwal had gegraven, is de gemeente Renkum overgegaan tot regels in het bestemmingsplan ter bescherming van de ondergrond. Goed beleid dat navolging verdient, want dergelijke vernielingen leiden tot een verlaging van de drainagebasis.

Maar ook bovenop de Veluwe is de ondergrond aangepakt. Het was niet ongebruikelijk voorafgaand aan de aanleg van akkers en de aanplant van dennen op voormalige heidevelden de grond diep om te spitten of om te ploegen, zodat de slecht doorlatende oerbanken werden gebroken. Aan het begin van de negentiende eeuw werd hier al over geschreven: *“Doorgaans wordt, om een heide tot bouwland aantemaken, de grond vooraf met dennen bezaaid, of, tot eene diepte van vier of vijf voeten omgewoeld”*<sup>8</sup>. Het was niet ongebruikelijk daarbij de ondergrond diep te bewerken, zeker als er een ijzerrijke oerbank aanwezig was<sup>24-26</sup>. Van de Johannahoeve in Oosterbeek is bekend dat daar in 1909 werd begonnen met een diepploeg, aangedreven door locomotieven (Afb. 6, Afb. 7), maar ook ossen en paarden, om in enkele jaren ca. 350 ha woeste grond te ontginnen<sup>27</sup>. Grootschaliger pakte de in 1888 opgerichte Nederlandsche Heidemaatschappij (Heidemij) het aan, vooral na de beurscrash van 1929 toen de Rijksoverheid werkgelegenheidsprojecten begon te subsidiëren. Onder een door de Heidemij geleid straf regime werden arbeiders aan het werk gesteld om op de Veluwe dennen aan te planten<sup>28</sup>. Voorafgaand aan het planten werd de heide vaak geploegd (Afb. 7) of handmatig omgespit.

Ook greppels werden aangelegd waarin het neerslagwater kon infiltreren. Deze ingrepen bleven niet zonder gevolgen: *“Door ontginningen is dit stelsel van bovengrondse afwatering weer op de achtergrond gedrongen. Regen en smeltwater kunnen weer de grond indringen en ondergronds afstromen”*<sup>21</sup>. Strenge winters komen minder vaak voor, wat een extra reden is voor



minder maaiveldafvoer. Wij vermoeden dat er door de verbeterde infiltratie nu minder preferente stroombanen naar het grondwater voorkomen dan vroeger, waardoor de grondwateraanvulling gemiddeld is afgenomen.



*Afbeelding 6:  
Diepploeg op de  
Johannahoeve  
(Foto: Collectie  
Kees Klaver/Cor de  
Winkel).  
Zie Afb. 7 voor het  
gebruik van de ploeg.*



*Afbeelding 7:  
Diepploegen met  
behulp van twee  
locomotieven  
waartussen een kabel  
is gespannen om een  
ploegschaar voor  
de heenweg aan te  
trekken, en een voor  
de terugweg<sup>26</sup>.*

Ten slotte heeft de verandering van het landgebruik op de Veluwe ertoe bijgedragen dat de aanvulling van de grondwatervoorraad, en daarmee de afvoer van de beken en de toestroming van grondwater naar kwelgebieden, aanzienlijk afnam. Enkele eeuwen terug bestonden grote delen van de Veluwe uit uitgestrekte heidevelden, met daarin grote en moeilijk te bedwingen stuifzanden<sup>29</sup>, zoals de prachtige kaart van Christiaan Sgrooten uit 1570 laat zien (Afb. 8). Bovendien waren veel bossen door overexploitatie en illegale kap behoorlijk uitgemergeld<sup>30</sup>. Een schrale vegetatie die weinig verdampt en dus veel aanvulling produceert: hoe waterrijk



zal de Veluwezoom toen zijn geweest. Maar we zouden ons beperken tot de periode na 1850. In de volgende paragraaf beschrijven we hoe het landgebruik vanaf die tijd veranderde waardoor de aanvulling van het grondwater afnam en de Veluwe verdroogde.



Afbeelding 8: Uitsnede uit de kaart van Christiaan Sgrooten uit 1570<sup>31</sup>. De spoelzandvlakte tussen de spaarzaam beboste stuwwallen op de Zuid-Veluwe bestond overwegend uit kaal zand. In het westen is het voormalige hoogveen van de Gelderse Vallei te zien, dat in de kachel zou verdwijnen.

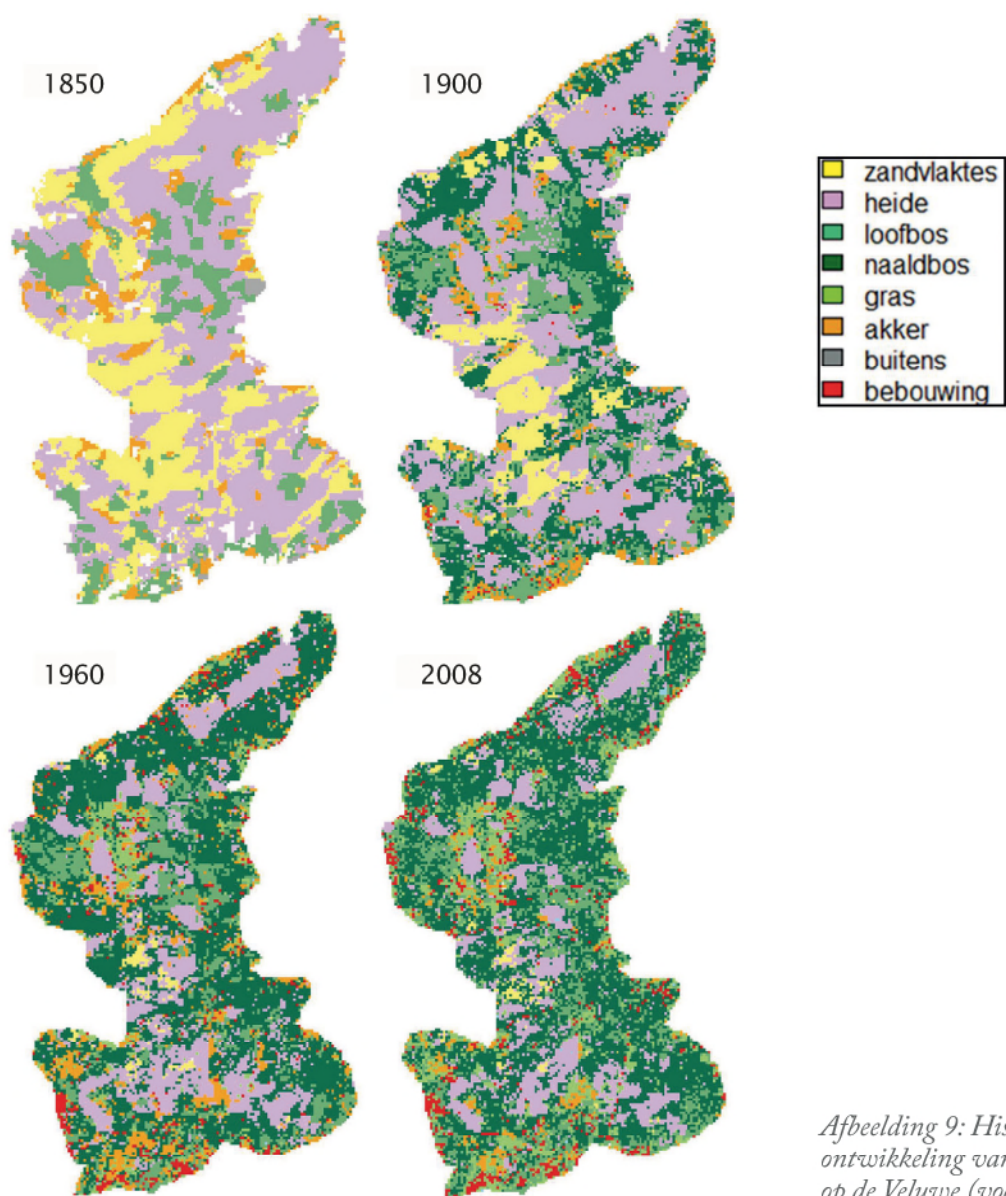
## De invloed van landgebruik en grondwaterwinning op de verdroging

In de waterbalans van vrijwel alle gebieden op aarde is de verdamping de grootste verliespost: gemiddeld verdampt ongeveer twee derde van de neerslag. Bij hevige regen of bij een bevroren ondergrond kan een deel van de neerslag direct over het maaiveld naar de sloten stromen. Maar het grootste deel van de neerslag die niet verdampt, en dat geldt zeker voor de Veluwe, voegt zich na verloop van tijd bij het grondwater: dit is de grondwateraanvulling. Om een gevoel voor cijfers te geven: in Nederland valt er tegenwoordig per jaar ongeveer 850 millimeter neerslag, waarvan 500 mm weer verdampt. Over blijft dus jaarlijks 350 millimeter over voor de aanvulling van de grondwatervoorraad, ofwel 350 liter per vierkante meter. Per hectare komt dit overeen met de kraanwaterconsumptie (incl. douchen, toilet, tuin sproeien, etc.) van 80 mensen. De verdamping verschilt echter aanzienlijk per vegetatie. Een kale vlakte van zand en (korst)mossen verdampt gemiddeld slechts 250 millimeter per jaar, terwijl de jaarlijks verdamping van donker naaldhout als Douglas en Fijnspar wel 750 millimeter kan bedragen. De verdamping hangt voorts af van de bodemgesteldheid en de weerscondities, maar voor dit artikel is het genoeg te beseffen dat de vegetatie er voor de waterbalans toe doet.

Hoe de vegetatie zich ontwikkelde in het voedingsgebied van de Veluwe (Afb. 4) is via vier jaartallen (1850, 1900, 1960 en 2008) te zien in Afb. 9<sup>32,33</sup>: in ruim 150 jaar verdwijnt



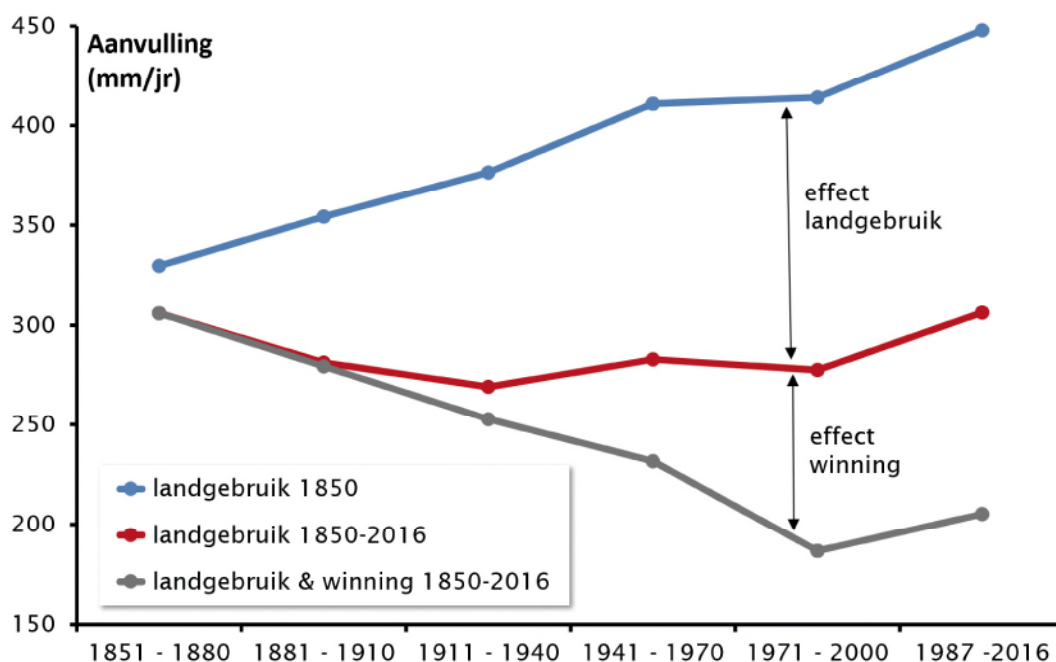
30% van de Veluwe aan heide en 26% aan zandvlaktes. Daarvoor in de plaats komt vooral naaldbos, dat in 2008 44% van de Veluwe inneemt.



*Afbeelding 9: Historische ontwikkeling van het landgebruik op de Veluwe (voedingsgebied)<sup>32</sup>.*

Rekening houdend met verschillen in bodemgesteldheid en met de dagelijkse weersomstandigheden vanaf 1850, hebben we berekend wat deze veranderingen in het landgebruik hebben betekend voor de gemiddelde grondwateraanvulling in het voedingsgebied: zie Afb. 10. Wanneer het landgebruik van 1850 niet zou zijn veranderd, zou de grondwateraanvulling in ruim anderhalve eeuw met bijna 120 millimeter per jaar zijn gestegen (blauwe lijn), hoofdzakelijk door toename van de neerslag. Deze stijging is echter volledig teniet gedaan door het dichtgroeien van de Veluwe (rode lijn). De grondwateraanvulling kan ten goede komen aan beken, lager gelegen gebieden (met soms waardevolle kwelafhankelijke natuur)

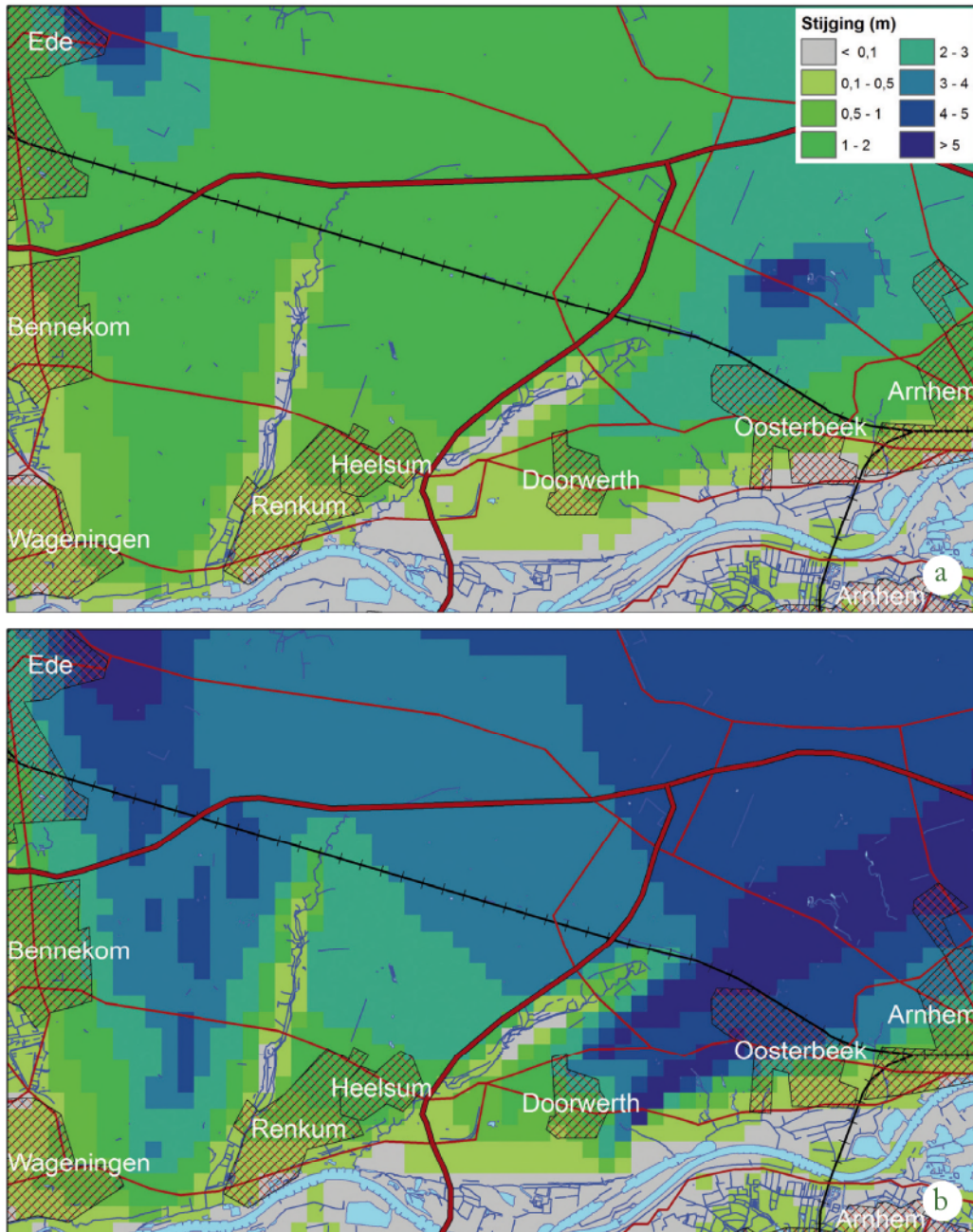
en de winning van grondwater. Om het effect van de winning op de eerste twee watervragers grof te schatten, hebben we de grondwaterwinning afgetrokken van de aanvulling onder het werkelijke landgebruik (grijze lijn)<sup>34</sup>. Afb. 10 maakt aannemelijk dat vanaf 1850 de verandering in het landgebruik meer invloed heeft gehad op de verdroging van de Veluwe, dan de toename van de winning. Halverwege de twintigste eeuw komt echter een omslagpunt, waarbij grondwaterwinning de grootste verdroger wordt.



Afbeelding 10: Ontwikkeling van de gemiddelde grondwateraanvulling in het voedingsgebied van de Veluwe bij verondersteld ongewijzigd landgebruik van 1850-1880 (bovenste blauwe lijn) en bij het werkelijke landgebruik van 1850 tot 2016 (middelste rode lijn). Ter illustratie is van de laatste lijn de grondwaterwinning uit het voedingsgebied afgetrokken (onderste grijze lijn), zodat zichtbaar wordt welk deel van de afgenomen toestroom naar beken en kwelgebieden is toe te schrijven aan de winning, en welk deel aan het landgebruik.

Drinkwaterbedrijf Vitens, de provincie Gelderland en waterschap Vallei & Eem werken al jaren aan de ontwikkeling van een ruimtelijk hydrologische model van de Veluwe en omgeving<sup>35</sup>. Met dit model is berekend wat de historische veranderingen in landgebruik en grondwaterwinning kunnen hebben betekend voor de grondwaterstand op de Veluwe<sup>36</sup>. Afb. 11 toont enkele resultaten. Sluiten we de grondwinningen, dan stijgt de grondwaterstand vlakbij de beken met meer dan een meter, en hogerop de Veluwe zelfs met meer dan 5 meter. Duidelijk in Afb. 11a is de invloed van de winningen bij Ede en aan de Arnhemse weg (La Cabine) te zien. Deze maatregel zal ongetwijfeld tot beduidend hogere beekafvoeren leiden. Bringen we ook nog het landgebruik van 1850 terug, dan is de stijging van de grondwaterstand nog aanzienlijker, zoals Afb. 11b laat zien.

De ruimtelijke verschillen in stijging hebben te maken met de samenstelling van de ondergrond en met de afvoer van water via beken en kwelzones. Zoals in de inleiding aangegeven komen in de stuwwallen scheef gestelde klei- en leemlagen voor die het grondwater tijdens de afstroming belemmeren, terwijl de ondergrond van de spoelzandvlakte tussen beide stuwwallen goed doorlatend is, zodat het grondwater daar makkelijk wegstroomt naar de beken, Neder-Rijn en Betuwe.



Afbeelding 11: Gesimuleerde stijging van de grondwaterstand (in meter) wanneer alle grondwaterwinningen worden beëindigd (a) en wanneer daarnaast ook nog het landgebruik van 1850 zou worden terug gebracht (b).

## Conclusies

De hier gepresenteerde resultaten zijn omgeven door grote onzekerheden. Dat komt doordat onze kennis over zowel de verdamping als over de complexe ondergrond van het natuurgebied te wensen overlaat. Bovendien ontbreekt het aan metingen van de beekafvoeren om de resultaten van het grondwatermodel te valideren. Ondanks deze tekortkomingen menen we de volgende algemene conclusies te mogen trekken.

Een tot twee eeuwen geleden voerden de beken aan de Veluwe waarschijnlijk drie tot meer dan vier keer zoveel water af dan tegenwoordig. Bovenop de Veluwe kon het in neerslagrijke perioden ook behoorlijk nat worden: het gebied veranderde dan plaatselijk in een “geweldig waterlandschap”.

Voor de verdroging van de Veluwe hebben we enkele verklaringen aangevoerd. Ontwatering van de omgeving en winning van grondwater zijn bekende oorzaken. Bij velen minder bekend zijn de onherstelbare vernieling van de ondergrond, ook bovenop de Veluwe zelf, en achterstallig onderhoud aan sprengbeken.

Een oorzaak die we zo goed mogelijk hebben proberen te kwantificeren, is het afnemen van de grondwateraanvulling door toename van het areaal bos, en dan vooral naaldbos, ten koste van stuifzand en heide. Vooral naaldbos kent een hoge verdamping, waardoor er minder water overblijft om de grondwatervoorraad aan te vullen. Het is aannemelijk dat, vanaf 1850 gemeten, de verandering van het landgebruik meer heeft bijgedragen aan de verdroging van de Veluwe, dan de toename van de grondwateronttrekking. Van deze twee oorzaken lijkt halverwege de jaren vijftig van de vorige eeuw de onttrekking van grondwater de belangrijkste reden te worden voor de lagere toevoer van grondwater naar beken en kwelgebieden.

## Referenties

1. Anonymous, 2018. *Waterschap haalt vanwege droogte vissen uit beek bij Epe. De Stentor.*
2. Slijkhuis, H., 2018. *Hoe verloren is de Verloren beek? De Weijerd* **39(4)**: 5-9.
3. Renes, J., J. Meijer & K.M. de Poel, 2002. *Het Veluws Sprenglandschap; een cultuurmonument.* Aterra & Stichting tot behoud van de Veluwse sprengen en beken, Wageningen. p. 258.
4. Roessingh, H.K., 1965. *Beroep en bedrijf op de Veluwe in het midden van de achttiende eeuw.* AAG Bijdragen, **13**: 181-274.
5. IJzerman, A., 1979. *Sprengen en sprengbeken op de Veluwe: Een onderzoek naar beheer, onderhoud en watervoorziening in historisch perspectief.* Wageningen: Landbouwhogeschool. p.110.
6. Gehrels, J.H., 1999. *Groundwater level fluctuations. Separation of natural from anthropogenic influences and determination of groundwater recharge in the Veluwe area, the Netherlands.* Proefschrift Vrije Universiteit Amsterdam: Amsterdam. p. 270.
7. Renes, J., 2015. *Ook de Veluwe kent zijn waterbouwkundige werken; het landschap van sprengen, beken en watermolens.* Bijdragen en Mededelingen Gelre, **106**: 85-110.
8. Nijhoff, I.A., 1820. *Wandelingen in een gedeelte van Gelderland, of geschiedkundige en plaatsbeschrijvende beschouwing van de omstreken der stad Arnhem.* Arnhem: Paulus Nijhoff. p.165.



9. Boissevain, C., 1907. *Onze Voortrekkers: De geschiedenis van eenige leden der familie Boissevain*. Naarden: eigen beheer.
10. Verhagen, F., T. Spek, J.P.M. Witte, B. Voortman, E. Moors, E.P. Querner, G. Van den Eertwegh & P.J.T. Van Bakel, 2014. *Expertdialoog de Veluwe. Begrijpen we het watersysteem?* Stromingen, **20**(3): 49-64.
11. [www.bekentlas.nl](http://www.bekentlas.nl).
12. Hagens, H., 1988. *Op kracht van stromend water: negen eeuwen watermolens op de Veluwe*. Venlo: Smit van 1876. p. 600.
13. Anonymous, 1933. *Wateronttrekking aan de Veluwe. Rapport van de Commissie, ingesteld bij beschikking van den Minister van Binnenlandsche Zaken en Landbouw, dd 24 februari 1927, Directie van den Landbouw, no 288, Afd. 2 Domeinen, tot het onderzoek naar de gevolgen van eventuele wateronttrekking aan de Veluwe ten behoeve van de drinkwatervoorziening van Amsterdam*. 's-Gravenhage: Algemeene Landsdrukkerij. p. 329.
14. Mondelinge medeling Johan de Putter, 2018.
15. Driessen, J.H.A., 2007. *De Veluwe als bron van veilig drinkwater*. De Weijerd, 2007. **28**(4): 85-93.
16. Dekker, L.W., A.H. Booij & C.J. Ritsma, 1997. *IJzerbanden en ijzerwanden in onze zanden; de samenhang ervan met de stroming van water*. Stromingen, **3**(2): 29-40.
17. Bijlsma, R.J., R. de Waal & A. ten Hoedt, 2013. *Ecological qualities emerging from non-intervention management of heathlands*. In: *Economy and ecology of heathlands*. Utrecht: KNNV publishing. p. 229-258.
18. Martinet, J.F., 1777-1779. *Katechismus der Natuur, delen 1 t/m 4*. Amsterdam.
19. Baltjes, J., 2002. *De slenk op de Beerenberg*. Ambt en Heerlijkheid, **48**(135): 18-27.
20. Heldring, O.G. & G. Haasloop Werner, 1845. *Wandelingen over de Veluwe*. Arnhem: G. van Eldik Thieme.
21. Roorda van Eysinga, N., 1952. *De Veluwezoom: ontwikkeling, bewoning, vegetatie en hun onderlinge invloed vooral in het gebied van Renkum*. Nummer 10 van Bibliotheek van de Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging. Amsterdam: Breughel. p. 128.
22. Van den Hurk, B., P. Siegmund & A.K. Tank, *KNMI'14: Climate Change Scenarios for the 21st Century-a Netherlands Perspective*, 2014. Bilthoven: KNMI. p. 101.
23. Van Engelenburg, J., R. Hueting, S. Rijpkema, A.J. Teuling, R. Uijlenhoet & F. Ludwig, 2017. *Impact of Changes in Groundwater Extractions and Climate Change on Groundwater-Dependent Ecosystems in a Complex Hydrogeological Setting*. *Water Resources Management*. **32**(1): 259-272.
24. De Rijk, J.H., 1992. *Diepe grondbewerking in bossen: geschiedenis en ecologische gevolgen*. *Nederlands Bosbouw Tijdschrift*, **64**(4): 143-147.
25. Van Lonkhuyzen, J.P., *De Houtteelt*, 1924, Arnhem: De Nederlandsche Heidemaatschappij. p. 230.
26. Tutein Noltenhuis, G.E.H., 1891. *Handleiding voor het aanleggen en behandelen van Grove-dennenbosschen*. Arnhem: P. Gouda Quint. p. 200.
27. De Winkel, C. & K. Klaver, *Historie Johanna-hoeve II 1908- 1963*. <https://klaver-arnhem.nl/408-historie-johanna-hoeve-ii-1908-1963.html?start=3>
28. Van Lohuizen, K., 2017. *Werklozen nemen de Veluwe op de schop*. *Nieuwe Veluwe*, **17**(3): 40-43.
29. Witte, C., 2016. *Stuifzandbestrijding op de Veluwe 1500-1884*. Afstudeerscriptie Rijksuniversiteit Groningen: Groningen. p. 158.
30. Bouwer, K., 2008. *Voor profijt en genoegen: de geschiedenis van bos en landschap van de Zuidwest-Veluwe*. Utrecht: Uitgeverij Matrijs. p. 432.



31. Sgrooten, C. 1570: Bron: Koninklijke Bibliotheek Brussel.
32. Nijhuis, K., 2017. *Historisch landgebruik van de Veluwe in hydrologisch perspectief*. Nieuwegein: KWR Watercycle Research Institute. p. 38.
33. Nijhuis, K., B. Voortman & J.P.M. Witte, 2018. *Effecten van historische landgebruik op de waterbalans van de Veluwe*. De Wijerd **39**(1): 22-26.
34. Witte, J.P.M., B.R. Voortman, K. Nijhuis, S. Rijpkema & T. Spek, 2019. *Met het historische landschap verdween er water van de Veluwe*. *Stromingen* **33**(1): 91-107.
35. De Lange, W.J. & W. Borren, 2014. *Grondwatermodel AZURE versie 1.0. Actueel instrumentarium voor de Zuiderzee Regio*. Utrecht: Deltares.
36. Aus der Beek, T., E. Alves, R. Becker, A. Bruggeman, A. Fortunato, P. Freire, A. Gagne, M.H.J. Van Huijgevoort, A. Iacovides, I. Iacovides, E. Kristvik, L. Locatelli, P. Lorza, M. Mouskoundis, T. Muthanna, M. Nottebohm, E. Novo, M. Oliveira, S. Rijpkema, M. Rodrigues, R. Rodrigues, B. Russo, M. Scheibel, D. Sunyer, E. Teneketzi, P. Vayanou, T. Viseu, B.R. Voortman & J.P.M. Witte, 2018. *D3.4 - Model results for water and land use scenarios completed and analysed*. p. 233.