

Monumentale beuken in het Zoniënwoud

Oude monumentale bomen zijn typische structurelementen in natuurlijke bossen en vertegenwoordigen een hoge ecologische waarde. In de eeuwenlang beheerde bossen van de Lage Landen komen oude bomen zelden voor. Daarom is het moeilijk om in te schatten welke dimensies ze kunnen aannemen, en hoe ze zich ontwikkelen in de tijd. In het bosreservaat van het Zoniënwoud (vlakbij Brussel) is een oude bosopstand aanwezig waar opvallend veel monumentale beuken voorkomen. We bekeken hoe het deze monumentale bomen de afgelopen 25 jaar verging en vergeleken hen met oude bomen in andere door beuk gedomineerde reservaten in Europa.

Kris Vandekerkhove, Margot Vanhellemont, Anja Leyman, Peter Van de Kerckhove & Marc Esprit

Oude beukenbossen met monumentale bomen: hotspots voor biodiversiteit

Beukenbossen worden nogal eens beschouwd als soortenarme bossen. Ze zien er vaak monotoon uit, donker, met weinig menging in de boomlaag en weinig ondergroei. Toch blijkt uit onderzoek dat beukenbomen en beukenbossen -zeker de oudere bomen en opstanden met veel (zwaar) dood hout en monumentale bomen- wel veel soorten kunnen herbergen en minstens even soortenrijk kunnen zijn als andere bossen op dezelfde bodem. De

soortenrijkdom zit hem vooral in minder gekende en minder opvallende groepen zoals mycorrhiza-paddenstoelen, houtzwammen en doodhoutkevers (Assmann et al., 2007; Brunet et al., 2010). Monumentale bomen zijn belangrijke structuurdragers in oude bossen. Wij definiëren monumentale bomen hier als bomen met een diameter op borsthoogte van 80 cm en meer. Deze ondergrens wordt in de literatuur frequent gehanteerd (o.a. Burrascano et al., 2013). Monumentale bomen zijn belangrijk voor de biodiversiteit in bossen, omdat ze vaak specifieke kenmerken vertonen die jonge bomen niet hebben. Zo blijkt het feit dat ze simpelweg al heel lang aanwezig zijn, een belangrijke factor te zijn voor de kans op vestiging van traag en moeilijk koloniserende epifytische soorten (mossen en korstmossen). In de loop van het groei- en verouderingsproces veranderen bovendien de structuur en chemische samenstelling van schors, wat ook een invloed heeft op de potentiële epifytengemeenschap (Fritz et al., 2009; Moning & Müller, 2009). Monumentale bomen vertonen ook een grotere frequentie en diversiteit aan microhabitats die belangrijk zijn voor de biodiversiteit. Het gaat hier over specifieke structuren zoals inrottende holtes, spleten, scheuren, loshangende schors, dode takken en klimopmassieven (voor een overzicht: Larrieu et al., 2018; Lindenmayer et al., 2012; Moning & Müller, 2009). Monumentale bomen hebben ook een hoge recreatieve waarde. Onderzoek heeft aangetoond dat de belevingswaarde van bossen hoger wordt ingeschat als er monumentale bomen voorkomen (Edwards et al., 2012). In beheerde bossen ontbreken monumentale bomen echter meestal. Daarom worden het voorkomen van monumentale bomen en hun aandeel in het totale houtvolume vaak gebruikt als indicatoren voor de natuurlijkheid van



De grootste beuk in het reservaat heeft een diameter van 159 cm en is meer dan 45 meter hoog (foto: Peter Van de Kerckhove).



Hoewel de kruidlaag eerder wijst op een zure bodem (zoals deze adelaarsvarens) zijn de diepere bodemlagen rijk aan mineralen. Samen met het hoge waterbergend vermogen van de dikke löss-pakketten zorgt dit voor uitstekende groeiomstandigheden voor beuk (foto: Kris Vandekerkhove).

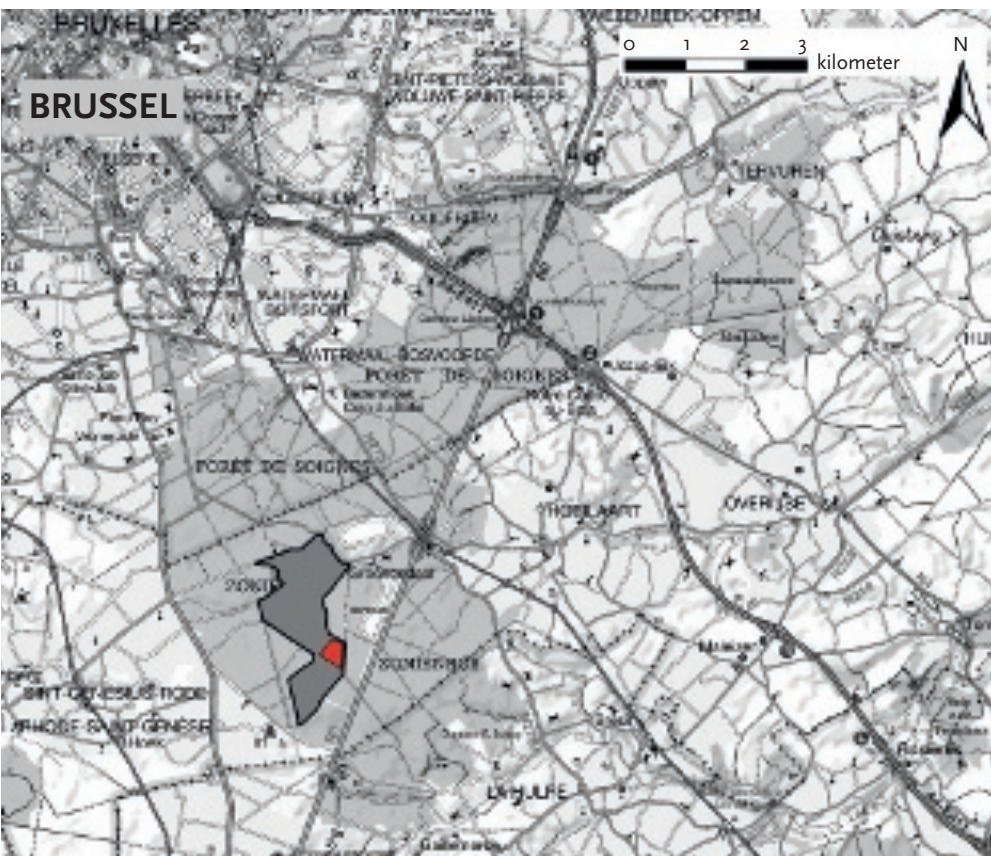


Fig. 1. Situering van het Zoniënwood (grijs) ten zuiden van Brussel met het bosreservaat Joseph Zwaenepoel (donkergrijs) en de onderzoekssite centraal in het bosreservaat (rood).

bossen (o.a. Burrascano et al., 2013; Vandekerkhove et al., 2018a).

Het Zoniënwood: een referentiesite voor laagland-beukenbossen

Na de laatste ijstijd heeft beuk (*Fagus sylvatica*) het Europees continent geleidelijk gekoloniseerd en in toenemende mate het bosbeeld bepaald (Kirchmeir & Kovarovic, 2016). Van nature zou beuk in grote delen van West- en Centraal-Europa de dominante boomsoort zijn. In de Lage Landen is beuk ongeveer 5000 jaar geleden aangekomen en op de löss-plateaus van Centraal-België was beuk 2000 jaar geleden al dominant aanwezig (Deforce et al., 2018). Door toedoen van de mens is daar echter snel verandering in gekomen: de meeste bossen werden omgezet in landbouwgrond, en de resterende bossen kregen een beheervorm (hak- en middelhout) die de boomsoortensamenstelling sterk wijzigde naar zomereik (*Quercus robur*) en in mindere mate wintereik (*Quercus petraea*). Plaatsen waar beuk zijn dominante positie door de eeuwen heen kon behouden werden de uitzondering. Het Zoniënwood is één van deze bossen. Daar werden al in de 13de eeuw strikte beheersvoorschriften vastgelegd die overmatige kappingen verhinderden en werd gekozen voor een beheersysteem met opgaande bomen op basis van overstaanders van voornamelijk beuk (systeem 'tire-et-aire'). Elke 80-100 jaar gebeurde in

blokken van 5-10 ha een eindkap, waarna het bos via spontane verjonging opnieuw opgroeide. Op de kapvlakte werden 20-50 bomen per ha (beuken en eiken) gespaard, die een tweede en soms zelfs derde cyclus doormaakten. Dit beheersysteem speelde duidelijk in het voordeel van beuk. Van de 15de tot 18de eeuw waren er ook jachtreservaten afgebakend (zowat 250 ha) waar geen bomen mochten worden gekapt, en waar zeer oude beuken voorkwamen (Vandekerkhove et al., 2018b). In de tweede helft van de 19de eeuw werd het bos een populaire bestemming voor de Brusselse bourgeoisie, die zich meer en meer verzette tegen de eindkappen volgens het eeuwenoude beheersysteem. Zij lieten hun invloed gelden in de hogere politieke kringen, waardoor de druk op de beheerders toenam om geen eindkappen meer uit te voeren. Eindkappen werden steeds weer uitgesteld, waardoor de leeftijd van de bomen steeds verder toenam. Vanaf de jaren 1970 werden terug kleinschalige eindkappen gedaan in oude beukenopstanden, maar er zijn nog steeds zeer veel monumentale oude bomen in het bos aanwezig: bij een inventarisatie over het gehele bos (in 2011-2015) werden er meer dan 10.000 bomen geregistreerd met een stamdiameter van meer dan één meter, voor het overgrote deel beuken. Deze unieke voorgeschiedenis van het Zoniënwood zorgde ervoor dat zich hier een zeer volledige en specifieke fauna en

flora van beukenbossen kon ontwikkelen. Een greep uit het totale soortenpallet geeft al een indicatie van deze uitzonderlijke rijkdom (Vandekerkhove et al., 2018b). Zo werden al meer dan 400 soorten vaatplanten aangetroffen, waarvan 85 soorten oudbosplanten. Enkele zeldzame soorten zijn sterk aan beukenbossen gebonden, zoals witte rapunzel (*Phyteuma spicatum* subsp. *spicatum*), gebogen driehoeksvaren (*Gymnocarpium dryopteris*), vogelnestje (*Neottia nidus-avis*), amandelwolfsmelk (*Euphorbia amygdaloides*) en stijve naaldvaren (*Polystichum aculeatum*).

Ook de lijst van mossen en korstmossen is zeer uitgebreid, en omvat onder andere zeldzame epifyten, zoals beukenknikker (*Pyrenula nitida*), beukenwrat (*Thelotrema lepadinum*) en krulbladmos (*Nowellia curvifolia*). De lijst met paddenstoelen omvat meer dan 1000 soorten, met vele zeldzaamheden van beukenbossen, zoals bloedplaatgordijnzwam (*Cortinarius purpureus*), grote knoflooktaailing (*Mycetinis alliaceus*), ivoorzwam (*Hygrophorus eburneus*) en hoorn-van-overvloed (*Craterellus cornucopioides*). Op het dode hout van beuken werden meer dan 200 soorten houtzwammen aangetroffen. Daarbij zijn zeldzame en tot de verbeelding sprekende soorten, zoals gewone en gelobde pruikzwam (*Hericium erinaceus* en *H. cirrhatum*) en fluweelzaagplaat (*Lentinellus ursinus*). Wat betreft insecten is met name de groep van de doodhoutkevers geïnventariseerd; er werden al meer dan 300 soorten waargenomen in het Zoniënwood. Van de 117 Europese indicatorsoorten voor natuurlijke beukenbossen (Lachat et al., 2012) werden al 72 soorten in het Zoniënwood gevonden, waaronder zowel klein, rolrond en blauw vliëgend hert (*Dorcus parallelipedus*), *Sinodendron cylindricum* en *Platycerus caraboides*), edelman (*Gnorimus nobilis*) en de boktor *Stictoleptura scutellata*, één voor één zeldzame kensoorten van dood beukenhout (Vandekerkhove et al., 2018b).

De ontwikkeling van monumentale bomen in het bosreservaat Joseph Zwaenepoel

Al ruim 30 jaar wordt in een oude beukenopstand van het Zoniënwood spontane bosontwikkeling onderzocht. De onderzoekssite van ca. 17 ha ligt centraal in het Zoniënwood (50°75' N, 4°39' E). De opstand werd verjongd rond 1775 en is nadien regelmatig gedund, maar een eindkap is nooit uitgevoerd. In 1983 besliste Joseph Zwaenepoel, de nieuwe

SITE	LAND	HOOGTE-LIGGING (M)	MAT (°C)	MAP (MM)	DICHTHEID MONUMENTALE BEUKEN (AANTAL PER HA)	DMAX (CM)	HMAX (M)
Zoniënwoud (1986)	België	100-120	10,5	860	31,3	135	49
Zoniënwoud (2001)	België	100-120	10,5	860	33,5	150	49
Zoniënwoud (2011)	België	100-120	10,5	860	34,3	158	47
Heilige Hallen	Duitsland	120-140	7,9	590	19	148	49
Serrahn	Duitsland	100	7,8	593	12,5	120	35
Mirdita	Albanië	1370-1430	6	2200	5,4	99	32
Puka	Albanië	1370-1430	6	2200	15,4	122	37
Rajka	Albanië	1300-1500	6	2200	19,3	115	38,5
Zofin	Tsjechië	735-825	4,3	915	17,8	132	45
Salajka	Tsjechië	700-802	5,4	1140	7,5	122	42
Razula	Tsjechië	660-810	7,4	1000	12,4	146	45
Gorjanci	Slovenië	990-1150	9,5	1290	23	115	45
Vihorlat - Kyjov	Slovakije	750-780	5,5	975	9	121	35
Havesova	Slovakije	575-600	6,5	825	14	117	49
Badin	Slovakije	700-850	5,5	900	15	121	45
Stuzika	Slovakije	650-900	4,5	1100	12	110	36
Rozok	Slovakije	650-700	6,5	850	18	115,5	45
Uholka-core area (2010)	Oekraïne	700-800	7,7	1100	23,3	129,9	45
Biskopstorp	Zweden	700-800	7	1000	0,75	91	35
La Tillaie-Fontainebleau-plot1	Frankrijk	700-800	11	650	14	110	40
Le gros fouteau-Fontainebleau	Frankrijk	140	11	650	7,5	120	40
Valle Cervara	Italië	1700	10,6	1500	13	95	30
Sasso Fratino	Italië	1100-1500	9	1750	28	115	44
Monte Cimino	Italië	950-1050	10,8	1300	25	140	48

Tabel 1. Maximaal gemeten dichtheid, diameter en hoogte van monumentale beuken (diameter > 80 cm) in het proefvlak van het Zoniënwoud (voor de drie opnamemomenten) en in een aantal Europese beukenreservaten; MAT = gemiddelde jaartemperatuur (Mean Annual Temperature); MAP = gemiddelde jaarlijkse neerslag (Mean Annual Precipitation) (totale lijst in Vandekerkhove et al., 2018a).

beheerder, om niet meer in te grijpen. Hij koos bewust voor verdere spontane ontwikkeling van dit bosperceel. Vanaf 1995 werd de opstand, samen met aangrenzende delen van het bos, officieel aangewezen als bosreservaat. Het reservaat is in 2010 verder uitgebreid tot een oppervlakte van 230 ha en kreeg de naam 'bosreservaat Joseph Zwaenepoel' (fig. 1). In 2017 werd dit reservaat, samen met de andere bosreservaten van het Zoniënwoud, omwille van de uitzonderlijke kwaliteiten naar voorgeschiedenis en bosstructuur, geselecteerd als referentiesite voor het Atlantisch laagland-beukenbos in de UNESCO World Heritage site 'Primeval Beech Forests of the Carpathians and Other Regions of Europe'. In 1986 werd in de onderzoekssite een zone van 10 ha afgebakend voor intensieve opvolging van de spontane bosdynamiek. Alle levende en dode bomen met diameter van 30 cm en meer werden ingemeten (positie, diameter, soort) en deze metingen werden in 2001 en 2011 herhaald. Aanvullend werden ook nog de bomen geregistreerd die stierven tijdens en kort na de stormen van 1990. De herhaalde volopnames hebben als doel om de dynamiek in de boomlaag van deze opstand op te volgen en te kwantificeren. Door de positiebepa-

ling konden we bovendien de bomen ook individueel opvolgen (groei, mortaliteit) en de ruimtelijke patronen in hun voorkomen bekijken. Om de resultaten voor het Zoniënwoud in perspectief te plaatsen werden ze vergeleken met tientallen andere beukenreservaten in Europa, zowel oerbossen als andere, voormalig beheerde, oude beukenbossen (Vandekerkhove et al., 2018a).

Opmerkelijke dimensies en aantallen

Wat onmiddellijk opvalt zijn de uitzonderlijke afmetingen van de beuken in het Zoniënwoud (tabel 1 & fig. 2). In de meeste beukenbossen, ook in oerbossen, bereiken beuken maximaal een diameter van 100 tot 120 cm. Bomen met een stamdiameter van meer dan 120 cm komen zelden voor. In de opstand in het Zoniënwoud vonden we ruim 300 bomen dikker dan 80 cm (mediaan 97 cm; gemiddelde 98,9 cm); ruim 100 bomen waren dikker dan 100 cm, en 25 bomen zelfs meer dan 120 cm (fig. 2). De dikste beuk had zowaar een diameter van 159 cm, wat overeenkomt met een stamonttrek van bijna 5 meter. In bosverband zijn dergelijke afmetingen voor beuk heel uitzonderlijk. Daar komt nog bij dat de beuken in het Zoniënwoud tegelijk ook tot de hoogste van Europa behoren: ze worden

tot meer dan 45 meter hoog. In de meeste beukenbossen is 40 meter al buitengewoon. In de literatuur troffen we nergens beuken met dergelijke dimensies aan. Beuken met een grotere stamdiameter komen uitzonderlijk voor, maar dan zijn ze minder hoog. Even hoge beuken zijn er ook, maar die zijn minder dik. De oude beukenbomen in het Zoniënwoud zouden dus wel eens de grootste beuken -in volume uitgedrukt- van Europa, en dus van de wereld, kunnen zijn. Opmerkelijk is ook de dichtheid aan monumentale bomen in het Zoniënwoud: we vonden meer dan 30 bomen per ha met een diameter van 80 cm of meer. In natuurlijke ongestoorde beukenbossen is de dichtheid woudreuzen veel lager: gemiddeld 10 per ha (mediaan voor 60 reservaten: 13,1 bomen per ha, kwartielen 5 en 20 bomen per ha; tabel 1; Vandekerkhove et al., 2018a)

Vitale en krachtig groeiende 'krasse knarren'

De monumentale beuken in het Zoniënwoud zijn over het algemeen opvallend vitaal: de mortaliteit over een periode van 25 jaar bedroeg slechts 0,9% per jaar en ligt daarmee niet hoger dan bij beuken van middelbare leeftijd (Vandekerkhove et al.,

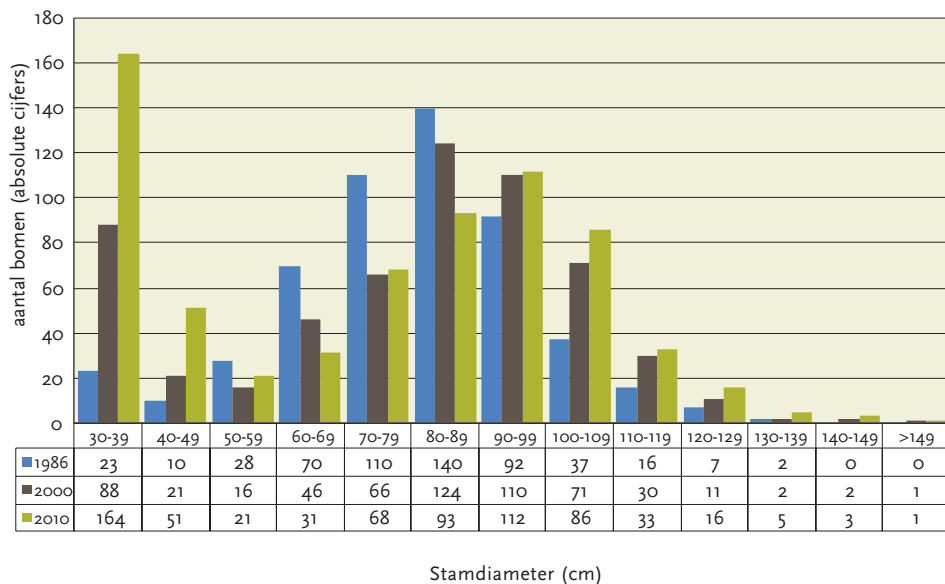


Fig. 2. Diameterverdeling van de beuken (in cm) in het proefvlak van 10 ha binnen het bosreservaat Joseph Zwaenepoel. De cijfers onder de figuur geven de absolute aantallen per diameterklasse voor de drie opnamemomenten.

2018a). De stormen van 1990 veroorzaakten een piek in mortaliteit. In de periode 1986-1991 lag het sterftcijfer rond 3%; in de periodes daarna valt het sterftcijfer terug tot een achtergrondwaarde van minder dan 0,5% per jaar. Dat wijst erop dat de oude beuken nog niet aan het eind van hun Latijn zijn. Ook de groei bevestigt dit. De gemiddelde diameteraanwas bedroeg 4,7 mm per jaar. Dat zou voor bomen van gemiddelde dimensie al een hoge waarde zijn, maar voor bomen met een dergelijke omvang is dat heel wat biomassa die er jaarlijks bij komt. Deze combinatie van langlevende bomen én sterke groei is uitzonderlijk en overtreft de potenties en verwachtingen die voor beuk werden opgesteld op basis van metingen in beukenbossen in Italië (Di Filippo et al., 2012).

Steeds meer gelijkenissen met een natuurlijk beukenbos

Veranderingen in ruimtelijke verspreidingspatronen van bomen zijn een krachtige en snelle indicator voor de ontwikkeling van voormalig beheerde bossen naar meer natuurlijkheid (Wolf, 2005), beter dan de klassiek gebruikte parameters zoals diameterverdeling en soortensamenstelling. De monumentale bomen in het Zoniënwoud stonden oorspronkelijk vrij regelmatig verspreid in het bos. Dat is logisch aangezien de opstand voordien beheerd werd en bij de dunningen naar een gelijkmatige spreiding van de bomen werd gestreefd. Het sterven van bomen gebeurt echter willekeurig, of zelfs licht geclusterd. Daardoor werd de ruimtelijke verdeling van de monumentale

bomen in het Zoniënwoud steeds meer willekeurig (Vandekerkhove et al., 2018a). Dat is ook het dominante patroon in natuurlijke bossen. De ruimtelijke verspreidingspatronen in het Zoniënwoud sluiten dus steeds meer aan bij de willekeurige patronen kenmerkend voor natuurlijk bos. Deze ontwikkeling naar natuurlijke referentiewaarden werd ook voor de levende en dode houtvoorraad vastgesteld. De hoeveelheid dood hout in het Zoniënwoud nam tussen 1986 en 2001 sterk toe, van 28 naar 116 m³ per ha, en bleef nadien nagenoeg gelijk (109 m³ per ha in 2011). Dat zijn waarden die vergelijkbaar zijn met natuurlijke beukenbossen. De schijnbare netto 'status quo' tussen 2001 en 2011 maskeert trouwens belangrijke in- en outputs: in die tien jaar kwam er gemiddeld 31 m³ per ha dood hout bij, maar is 37 m³ per ha verteerd. De levende voorraad nam wel gestaag verder toe, van 634 m³ per ha in 1986 naar 708 m³ per ha in 2011. Dit zijn opvallend hoge cijfers (ook vergelijkbaar met natuurlijke beukenbossen) die nog steeds in stijgende lijn zitten. Dat wijst erop dat de opstand nog steeds in de 'opbouwfase' is: het volume levend hout neemt nog toe. De opstand heeft zijn 'dynamisch evenwicht' (volume dood en levend hout stabiliseert) of de eventuele 'aftakelingsfase' (volume dood hout neemt toe, levend hout neemt af) nog niet bereikt. De monumentale beuken vertegenwoordigen ondertussen bijna 80% van de levende voorraad. Ook dat is uitzonderlijk: in natuurlijke beukenbossen ligt dat cijfer tussen 10 en 50% (Vandekerkhove et al., 2018a).

Op zoek naar verklaringen

De grote afmetingen van de beuken in het Zoniënwoud zijn voor een deel te verklaren door de goede groeiomstandigheden. Het klimaat is gunstig: de winters zijn niet streng, er is zelden droogtestress in de zomer en het groeiseizoen is lang. Ook de bodem is zeer geschikt voor beuk. Dat zou je op het eerste gezicht niet denken, omdat de bovenlaag vrij zuur is, met weinig planten in de kruidlaag (getypeerd als *Milio-Fagetum*), maar de diepere bodemlagen zijn rijk aan basische kationen. Het dikke löss-pakket combineert bovendien een goede drainage met een groot waterbergend vermogen. Dat betekent dat deze bodem een grote hoeveelheid water kan vasthouden, zonder dat de zuurstofvoorziening in het gedrang komt. De goede waterbeschikbaarheid in de bodem in combinatie met een gesloten kronendak dat zorgt voor een koel microklimaat, maakt het bos beter bestand tegen droogte en temperatuurextremen in het groeiseizoen. De voorgeschiedenis en het vroegere beheer van de opstand spelen echter ook een rol. De oude beuken zijn hier allemaal van dezelfde generatie en kregen de eerste 200 jaar van hun leven regelmatig ruimte. Elke vier tot acht jaar werd gedund, waarbij een deel van de bomen werd gekapt om de concurrentie tussen de resterende bomen laag te houden. Daardoor hebben de monumentale beuken al van jongs af aan een snelle, onbelemmerde groei gekend. Dat is niet het geval in onbeheerde bossen. Daar staan jonge beuken vaak tientallen jaren 'te wachten' onder de kronen van andere beuken, tot er een opening in het kronendak ontstaat waar ze naar boven kunnen groeien. Eens in de bovenetage moeten ze de beperkte ruimte met hun buren delen, waardoor ze kleinere kruinen hebben en minder krachtig kunnen groeien. Ook de hoge dichtheid aan oude beuken hangt samen met de voorgeschiedenis. De hele opstand is in dezelfde periode verjongd; de huidige monumentale beuken zijn samen groot en oud geworden, waardoor er nu een oververtegenwoordiging is van deze leeftijdsgroep (een soort 'doorschiet-effect'). In natuurlijke beukenbossen komen bomen van alle leeftijds- en diameterklassen door elkaar voor, waardoor het aandeel woudreuzen lager is. Naarmate het bosreservaat in het Zoniënwoud verder naar een natuurlijke toestand ontwikkelt, zullen de monumentale beuken



In de onderzochte opstand is de dichtheid aan monumentale beuken hoog (foto: Kris Vandekerkhove).

minder prominent aanwezig zijn in het bosbeeld. Oude bomen die sterven, worden vervangen door kleinere bomen die soms al decennia staan te wachten in de nevenetage. Maar we verwachten niet dat de oude boomgeneratie op korte termijn gaat ineenstorten: omdat de oude bomen nog vitaal zijn, zal de uitval vermoedelijk geleidelijk verlopen en kan gemakkelijk over 100 jaar gespreid zijn. Wanneer de opstand uiteindelijk zijn dynamische evenwichtsfase zal hebben bereikt, zal het bosbeeld misschien minder spectaculair zijn dan nu, met minder monumentale bomen, maar toch nog indrukwekkend.

Conclusies

In het bosreservaat van het Zoniënwoud zijn uitzonderlijke dimensies en dichtheden van oude beuken aanwezig. Deze monumentale beuken behoren tot de grootste beuken van de wereld. Hoewel de beuken meer dan 200 jaar oud zijn, zijn ze nog vitaal: ze groeien elk jaar nog sterk bij en het sterftecijfer ligt laag. De uitzonderlijke situatie in het Zoniënwoud is het gevolg van goede groeiomstandigheden (klimaat, bodem) en een specifieke voorgeschiedenis (beheer). Deze resultaten zijn ook relevant voor andere beukenbossen. De beuken van het Zoniënwoud tonen

dat we onze verwachtingen over de groeikracht, afmetingen en ouderdom van beuken in laaglandbossen moeten bijstellen. Dit illustreert ook hoe weinig we nog maar weten over de potenties en plasticiteit van één van onze belangrijkste dominante boomsoorten.

Literatuur

Assmann, T., C. Drees, E. Schröder & A. Ssymank, 2007. Mythos Artenarmut – Biodiversität von Buchenwäldern. *Natur und Landschaft* 2007: 401-406.

Brunet, J., Ö. Fritz & G. Richnau, 2010. Biodiversity in European Beech forests – a review with recommendations for sustainable forest management. *Ecological Bulletins* 53: 77-94.

Burrascano, S., W.S. Keeton, F.M. Sabatini & C. Blasi, 2013. Commonality and variability in the structural attributes of moist temperate old-growth forests: a global review. *Forest Ecology & Management* 291: 458-479.

Deforce, K., B. Van Monfort & K. Vandekerkhove, 2018. Early and High Medieval (c. 650 AD - 1250 AD) charcoal production and its impact on woodland composition in the North-west-European lowland: a study of charcoal pit kilns from Sterrebeek (Central Belgium). *Environmental Archaeology: the Journal of Human Palaeoecology*, in druk. DOI : 10.1080/14614103.2018.1538087.

Di Filippo, A., F. Biondi, M. Maugeri, B. Schirone & G. Piovesan, 2012. Bioclimate and growth history affect beech lifespan in the Italian Alps and Apennines. *Global Change Biology* 18: 960-972.

Edwards, D.M., M. Jay, F.S. Jensen, B. Lucas, M. Marzano, C. Montagné, A. Peace & G. Weiss, 2012. Public preferences across Europe for different forest stand types as sites for recreation. *Ecology and Society* 17: 27.

Fritz, Ö., M. Niklasson & M. Churski, 2009. Tree age is a key factor for the conservation of epiphytic lichens and bryophytes in beech forests. *Applied Vegetation Science* 12: 93-106.

Kirchmeir, H. & A. Kovarovic, 2016. Nomination Dossier 'Primeval Beech Forests of the Carpathians and Other Regions of Europe' as extension to the existing Natural World Heritage Site 'Primeval Beech Forests'. E.C.O., Klagenfurt.

Lachat, T., B. Wermelinger, M.M. Gossner, H. Bussler, G. Isacson & J. Müller, 2012. Saproxyllic beetles as indicator species for deadwood amount and temperature in European beech forests. *Ecological Indicators* 23: 323-331.

Larrieu, L., Y. Paillet, S. Winter, R. Büttler, D. Kraus, F. Krumm, T. Lachat, A. Michel, B. Regnery & K. Vandekerkhove, 2018. Tree related microhabitats in temperate and Mediterranean European forests: A hierarchical typology for inventory standardization. *Ecological Indicators* 84: 194-207.



Het oudste deel van het bosreservaat is ondertussen uitgegroeid tot één van de referentiesites voor natuurlijke laagland-beukenbossen, en bevat aanzienlijke hoeveelheden dood hout (foto: Kris Vandekerkhove).

beech forest reference sites, the density of very large trees was generally much lower: between 5 and 20 trees per ha (median 13.1). The trees reached a median diameter of 97 cm (mean 98.9, max 159 cm) and heights of over 45 m, which probably makes them the largest European beech trees in the world.

Although the very large beech trees are over 200 years old, they still show a high average diameter increment of 4.7 mm per year and a low mortality rate (0.9% per year), indicating that they are still vital.

The regular spatial distribution pattern of the very large trees in the studied stand clearly differed from a typical old-growth stand, in which very large trees are randomly distributed. The extraordinary densities and dimensions of the very large trees in our study site can be explained by the favorable climate and site conditions that promote high increments, in combination with the former management interventions of tending and thinning that resulted in continuous non-suppressed growth. Although derived from a very specific case with particular conditions, the observations on old beech trees in Sonian forest may be relevant to other beech forests, as they tend to challenge certain baseline assumptions for tree size and longevity potential of beech in Northwestern Europe.

Dankwoord

Stefaan Goessens ondersteunde het veldwerk, dr.ir. Arno Thomaes, dr.ir. Luc De Keersmaecker en prof. Kris Verheyen gaven inhoudelijke ondersteuning en correcties bij het manuscript. Bijzondere dank ook aan Tomas Vrška, Vath Tabaku en Peter Meyer voor het beschikbaar stellen van hun datasets (uit Tsjechië, Albanië en Duitsland).

Ir. K. Vandekerkhove & Ir. A. Leyman bio-ingenieur land- en bosbeheer, onderzoeker boscologie team boscologie en bosbeheer, INBO Gaverstraat 4 9500 Geraardsbergen, België Kris.Vandekerkhove@inbo.be

Dr. ir. M. Vanhellemont bio-ingenieur land- en bosbeheer onderzoeker aan de faculteit Natuur en Techniek, Hogeschool Gent.

P. Van de Kerckhove & M. Esprit deskundigen dendrometrie en vegetatie team boscologie en bosbeheer, INBO

Lindenmayer, D.B., W. Laurance & J.F. Franklin, 2012. Global decline in Large Old Trees. *Science* 338: 1305-1306.

Moning, C. & J. Müller, 2009. Critical forest age thresholds for the diversity of lichens, molluscs and birds in Beech (*Fagus sylvatica* L.) dominated forests. *Ecological Indicators* 9: 922-932.

Vandekerkhove, K., M. Vanhellemont, P. Meyer, V. Tabaku, T. Vrška, A. Leyman, L. De Keersmaecker, A. Thomaes & K. Verheyen, 2018a. Very large trees in a lowland old-growth beech (*Fagus sylvatica* L.) forest: density, size, growth and spatial patterns in comparison to reference sites in Europe. *Forest Ecology & Management* 417: 1-17.

Vandekerkhove, K., K. Deforce & J. Bastiaens, 2018b. Historic-ecological position of beech in the area of the Sonian Forest and an overview of beech-forest-related biodiversity present in the forest. Toelichting over de historisch-ecologische positie van beuk in het Zoniënwoud inclusief een overzicht van de aanwezige beuk-gerelateerde biodiversiteit. Argumentatie in het kader van het UNESCO-erkenningsdossier. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2018 (29).

Wolf, A., 2005. Fifty year record of change in tree spatial patterns within a mixed deciduous forest. *Forest Ecology & Management* 215: 112-223.

Summary

VERY LARGE BEECH TREES IN THE SONIAN FOREST (BELGIUM)

The frequent occurrence of very large trees (diameter at breast height ≥ 80 cm) is a typical element of both primary and secondary old-growth forests. We analyzed the characteristics of very large trees in one of the few remaining stands of lowland old-growth beech forest in Northwestern Europe, regenerated around 1775 and left unmanaged since 1986. Based on repeated full dendrometric surveys, we examined the density, diameter range, increment, mortality rate and spatial distribution of very large trees of beech (*Fagus sylvatica*). In order to evaluate the results, we compared the beech trees of Sonian forest to an extensive set of primary and secondary old-growth beech forests in Europe.

The very large beech trees in our study site increased in density from 31.5 to 34.3 trees per ha between 1986 and 2011. In the old-growth