

BOVENGRONDSE KOOLSTOFOPSLAG IN BEHEERDE EN ONBEHEERDE BOSSEN IN VLAANDEREN

10 JUNI 2024 door Margot Vanhellemont, Anja Leyman, Leen Govaere, Luc De Keersmaeker, Kris Vandekerkhove



De netto-uitstoot van broeikasgassen in de Europese Unie moet minstens 55% omlaag tegen 2030. Om die 55% reductie te bereiken, bundelt het pakket *Fit for 55* een aantal maatregelen, waaronder het ambitieuze doel om vóór 2030 netto minstens 310 miljoen ton CO₂-equivalent broeikasgassen te verwijderen uit de atmosfeer door opslag in bos-, natuur- en landbouwgebied¹. Bomen en bossen nemen CO₂ op en kunnen koolstof vastleggen in biomassa. Levende bomen, dood hout en het organische materiaal in de bosbodem vormen een grote voorraad koolstof in bos. Bosbeheer kan een invloed hebben op de voorraad of opslag van koolstof. Als je hout oogst, haal je koolstof uit het bos. Als je bestaande bossen beschermt en niet langer beheert, kunnen ze hun ecologische potentieel verder ontwikkelen, met een hoge koolstofvoorraad en biodiversiteit tot gevolg. Moomaw et al. (2019) bedachten de term *proforestation* voor deze bosgebaseerde maatregel in het kader van de klimaat- en biodiversiteitscrisis (naar analogie met *afforestation* – bebossing en *reforestation* – herbebossing).

Wij bekeken het potentieel voor bovengrondse koolstofopslag, in levende bomen en dood hout, in Vlaamse bossen. We vergeleken het Vlaamse bos als geheel, zoals opgemeten in de Vlaamse Bosinventaris, met bossen die uit beheer zijn genomen en spontaan verder ontwikkelen, de bosreservaten. Onze onderzoeksvragen waren: Slaan Vlaamse bossen netto koolstof op? Is de

bovengrondse koolstofopslag groter in bosreservaten? Hebben de bosreservaten hun potentiële natuurlijke koolstofvoorraad al bereikt?

We keken specifiek naar de bovengrondse koolstofopslag in de bossen zelf (in situ koolstofopslag). Om een totaalbeeld te krijgen van hoe bossen bijdragen aan koolstofopslag moet je voor beheerde bossen ook de koolstof in duurzame houtproducten (ex situ opslag) én substitutie-effecten in rekening brengen. Het substitutie-effect is de hoeveelheid koolstofuitstoot die je kan vermijden door hout te gebruiken als brandstof of (bouw)materiaal, in plaats van materialen waarvan de productie meer CO₂ uitstoot, zoals beton en staal. Cijfers over het eindgebruik van hout uit Vlaamse bossen zijn er momenteel nog niet.

HOE GINGEN WE TE WERK?

Om een algemeen beeld te krijgen van Vlaamse bossen gebruikten we gegevens van de eerste en tweede Vlaamse Bosinventaris²: 2 423 proefcirkels uit de eerste bosinventaris (1997-1999) en 2 479 proefcirkels uit de tweede bosinventaris (2009-2018). In de databank van de bosinventaris zitten zowel beheerde als onbeheerde bossen, maar we weten niet welke proefcirkels in beheerd of onbeheerd bos liggen. Om specifiek naar onbeheerde bossen te kijken, gebruikten we daarom gegevens van het bosreservatenmeetnet: dertien bosreservaten waarin al twee metingen gebeurd waren (2000-2006 en 2010-2017). Deze dataset bestond uit 607 proefcirkels en 3 kernvlaktes. In moeilijk toegankelijke, erg natte bossen wordt een kernvlakte gemeten i.p.v. afzonderlijke proefcirkels.

De Vlaamse Bosinventaris en het bosreservatenmeetnet verzamelen vergelijkbare dendrometrische gegevens over levende bomen en dood hout (Bijlage 1). We berekenden voor elk proefvlak eerst de bovengrondse koolstofvoorraad, in de levende bomen en het dode hout, voor de eerste en tweede meting afzonderlijk (Box 1). Daarna berekenden we voor elk proefvlak de gemiddelde jaarlijkse verandering in koolstofvoorraad tussen de twee metingen. Tot slot berekenden we een gemiddelde voorraad en een gemiddelde verandering in voorraad per dataset, over de proefvlakken heen, om te vergelijken tussen Vlaamse bossen in het algemeen (bosinventaris) en de onbeheerde bosreservaten. We bekeken de koolstofvoorraad op niveau van Vlaanderen en opgesplitst naar groeiplaats, omdat de groeiplaats de productiviteit en dus de koolstofopslag van een bos beïnvloedt. Voor de opdeling naar groeiplaats gebruikten we de kaart met Potentieel Natuurlijke Vegetatie³ (De Keersmaecker et al. 2001, Tabel 1).

Tabel 1: Het aantal proefcirkels (n) per bodemtype in de eerste en tweede Vlaamse Bosinventaris en het bosreservatenmeetnet, met bijkomend het aantal bosreservaten (N) en aantal proefcirkels per bosreservaat (kernvlaktes schuingedrukt).

potentieel natuurlijke vegetatie		bosinventaris		bosreservaten		
bodem	bos	1997-99 n	2009-18 n	2000-07 en 2010-17		reservaat (n)
				n	N	
nat (venig)	<i>Alnion glutinosae</i>	132	148	42 + 3	5	Coolhem (2) Jansheideberg (1) Pruikemakers (1) Sevendonck (40) Walenbos (1)
vochtig (alluviaal)	<i>Alno-Padion</i>	353	366	93	5	Bos Ter Rijst (2) Heirnisse (40) Muizenbos (33) Pruikemakers (4) Wijnendalebos (14)
leem	<i>Fagion, Carpinion</i>	187	190	235	6	Bos Ter Rijst (48) Everzwijnbad (48) Jansheideberg (32) Kersselaerspleyn (53) Liedekerke (7) Pruikemakers (47)
zandleem	<i>Fago-Quercetum</i>	295	316	133	5	Heirnisse (6) Liedekerke (23) Muizenbos (13) Pruikemakers (2) Wijnendale (91)
zand	<i>Betulo-Quercetum</i>	1456	1459	102	5	Heirnisse (12) Pruikemakers (12) Sevendonck (38) Wijnendale (15) Withoefse heide (25)

Box 1: Berekening koolstof

Voor levende bomen werd per boom het stamvolume (V_{stam}) berekend met boomsoortspecifieke tarieven op basis van boomhoogte en -diameter. Dat stamvolume werd vermenigvuldigd met een boomsoortspecifieke volume-expansiefactor (VEF) om het volledige boomvolume, inclusief takken, te berekenen. Daarbij werd het volume van de stobbe opgeteld (V_{stobbe}), het deel van de boom dat bij houtoogst zou achterblijven in het bos. Het volledige bovengrondse houtvolume werd dan vermenigvuldigd met een boomsoortspecifieke houtdensiteit (D_{hout}) en het percentage koolstof in biomassa ($C_{biomassa}$). Vervolgens werd de som gemaakt van de koolstofvoorraden van alle bomen in een proefcirkel en werd de totale koolstofvoorraad van de levende bomen in de proefcirkel (C_{stock_L}) omgerekend naar ton koolstof per hectare (tC/ha). We gebruikten de tarieven van Berben (1983), Dagnelie et al. (1985), Dik (1990) en Quataert et al. (2011); de volume-expansiefactoren van Longuetaud et al. (2013); de houtdensiteiten uit het Belgische nationale boekhoudplan voor bosbouw

(Perin et al. 2019) en het standaardkoolstofpercentage van 0,5 (Penman et al. 2003).

$$C_{stock_L} = \sum (V_{stam} \times VEF + V_{stobbe}) \times D_{hout} \times C_{biomassa}$$

Voor dood hout werd per proefcirkel de som gemaakt van het volume van intacte staande dode bomen (V_{bomen}), staande dode stamstukken van bomen waar de kroon afgebroken is (V_{snags}), en liggende dode stammen en dikke takken (V_{logs}). Dit totale volume dood hout werd vermenigvuldigd met een gemiddelde koolstofinhoud van dood hout ($C_{doodhout}$) specifiek voor de groeiplaats, gebaseerd op de gemiddelde boomsoortensamenstelling en de koolstofinhoud van dood hout van deze boomsoorten. Ook voor het dode hout werd de koolstofvoorraad per proefcirkel (C_{stock_D}) omgerekend naar ton koolstof per hectare (tC/ha).

$$C_{stock_D} = \sum (V_{bomen} + V_{snags} + V_{logs}) \times C_{doodhout}$$

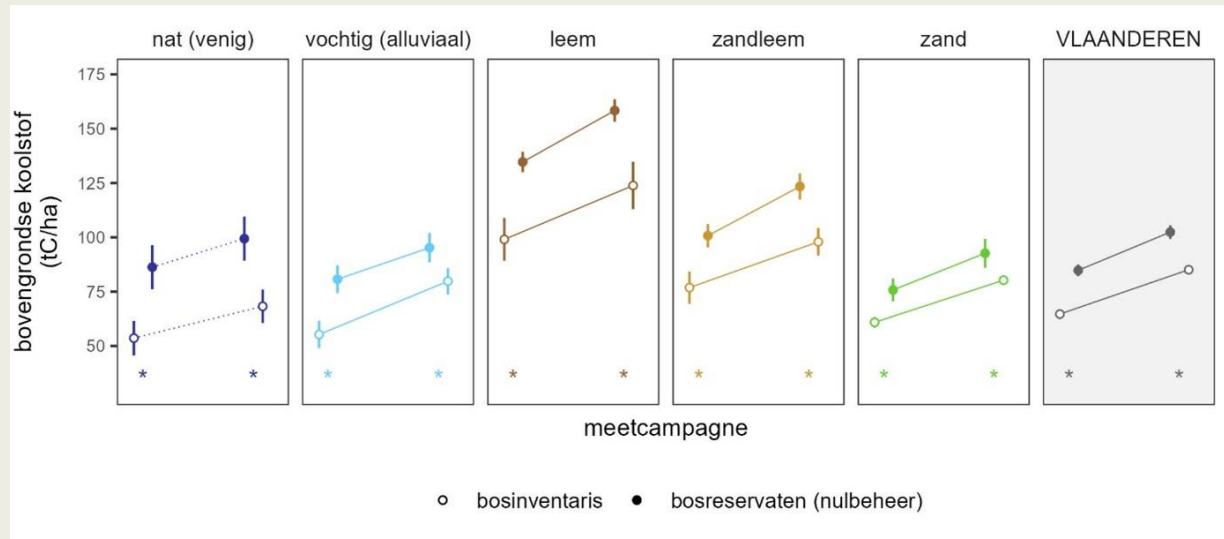
De totale bovengrondse koolstofvoorraad was de som van koolstofvoorraad in de levende bomen en het dode hout. De gemiddelde jaarlijkse verandering in bovengrondse koolstofvoorraad werd tot slot berekend als het verschil in koolstofvoorraad tussen de twee metingen, gedeeld door het aantal jaar tussen de twee metingen

KOOLSTOFVOORRAAD IN (ON)BEHEERD BOS

De voorraad bovengrondse koolstof in de Vlaamse bossen nam toe tussen de twee meetcampagnes: van 65 naar 85 tC/ha voor het Vlaamse bos in het algemeen, over een periode van gemiddeld 15 jaar, en van 85 tot 102 tC/ha voor de bosreservaten, over een periode van 10 jaar (Fig. 1). Hiermee was de voorraad in Vlaamse bossen vergelijkbaar met de voorraad in andere gematigde bossen in Europa (71-105 tC/ha, Forest Europe 2020). De – onbeheerde – bosreservaten hadden bij de eerste meting al hogere voorraden dan het gemiddelde Vlaamse bos en ze behielden die voorsprong bij de tweede meting (Fig. 1). De bosreservaten waren al structuurrijke volwassen bossen op het moment dat ze uit beheer werden genomen.

De bovengrondse koolstofvoorraad in Vlaamse bossen was het grootst in bossen op leembodem, gevolgd door bossen op zandleembodem en daarna bossen op zand en op vochtige en natte bodems. In de bossen op natte bodems zagen we geen significante toename in koolstofvoorraad tussen de

twee meetcampagnes (Fig. 1). Dat de voorraden bovengrondse koolstof het grootst waren in bossen op leem- en zandleembodems komt wellicht door de hogere bodemvruchtbaarheid en het grote aandeel oude goed-ontwikkelde bossen van voormalige jachtdomeinen. De kleinere voorraden in bossen op zandbodems zijn te verklaren door de lagere bodemvruchtbaarheid en het grote aandeel relatief jonge dennenbossen; de kleinere voorraden in bossen op natte groeiplaatsen door de omvorming van populierenbossen, de hoge mortaliteit bij populier en de snelle afbraak van dood populierenhout.

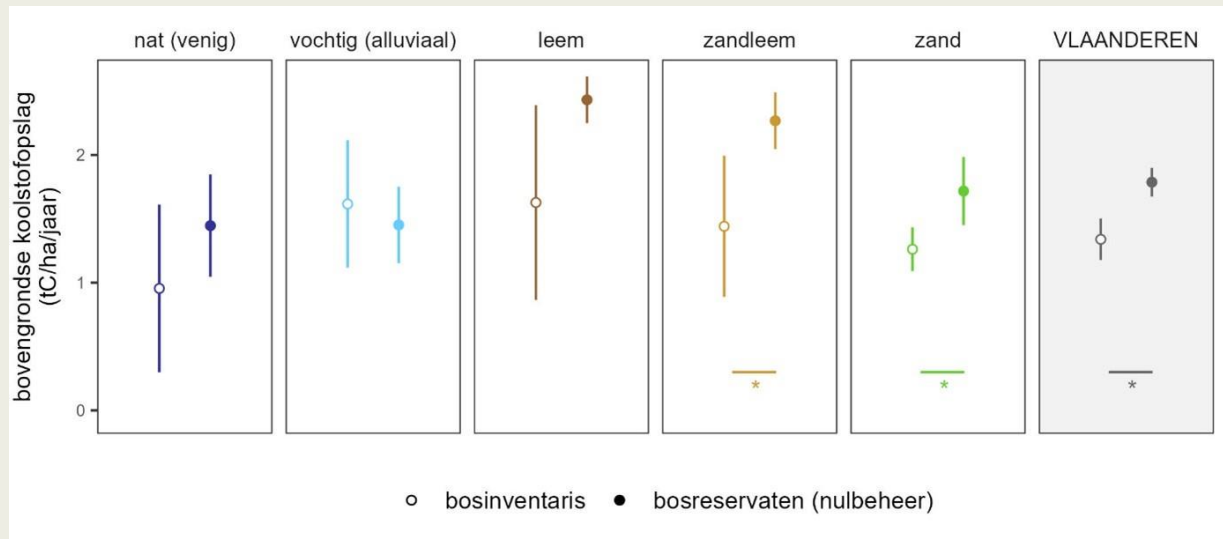


Figuur 1: De voorraad bovengrondse koolstof (levende bomen en dood hout) tijdens de eerste en tweede meetcampagne van de Vlaamse Bosinventaris (beheerd en onbeheerd bos) en het bosreservatenmeetnet (onbeheerd bos), voor heel Vlaanderen en per bodemtype (gemiddelde en 95% betrouwbaarheidsinterval). De asterisken tonen een significant verschil in koolstofvoorraad tussen bosreservaten en bosinventaris voor de eerste of tweede meetcampagne; de volle lijnen tonen een significante toename in de koolstofvoorraad tussen de twee meetcampagnes. Er zat 10 jaar tussen de twee meetcampagnes van het bosreservatennetwerk en gemiddeld 15 jaar tussen de twee meetcampagnes van de Vlaamse Bosinventaris.

KOOLSTOFOPSLAG IN (ON)BEHEERD BOS

Omdat in bosreservaten geen biomassa meer uit het bos wordt gehaald, was de bovengrondse koolstofopslag in de bosreservaten in Vlaanderen duidelijk groter (1,8 tC/ha/jaar) dan in het Vlaamse bos in het algemeen (1,3 tC/ha/jaar). De gemiddelde jaarlijkse koolstofopslag in Vlaamse bossen was groter dan in veel Europese landen. Enkel voor Nederland (1,2 tC/ha/jaar, Arets & Schelhaas 2019) en Duitsland (1,1 tC/ha/jaar, bwi.info – Treibhausgasinventar 2017) vonden we cijfers vergelijkbaar met Vlaanderen. De relatief grote koolstofopslag in Vlaamse bossen is te verklaren doordat er geen grootschalige verstoringen (bv. aantasting letterzetter) waren en door de beperkte houtoogst (Govaere & Leyman 2020).

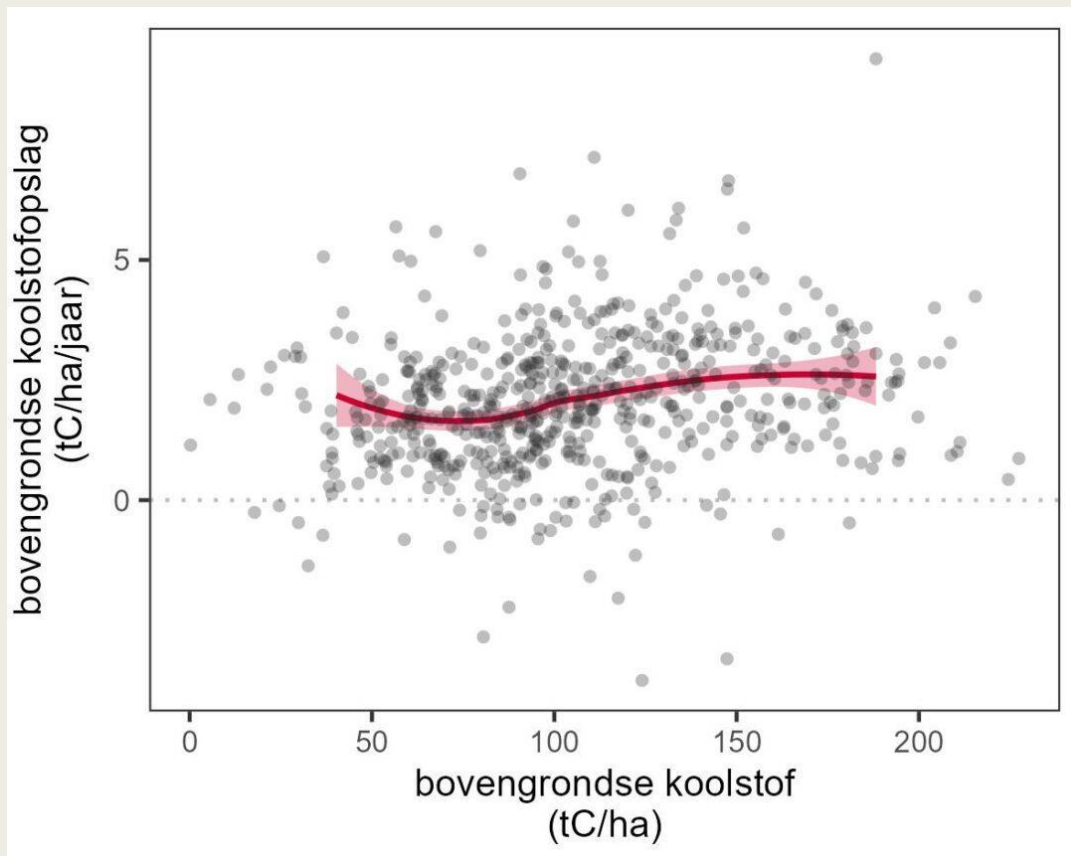
De koolstofopslag was het grootst in bossen op leem- en zandleembodems; en op zandleem- en zandbodems was er een significant grotere bovengrondse koolstofopslag in de bosreservaten dan in de bossen van de Vlaamse Bosinventaris (Fig. 2). Die significant hogere koolstofopslag in bosreservaten op zandleem- en zandbodems wijst erop dat in de productieve of goed toegankelijke, beheerde bossen op deze bodems relatief meer hout werd geogst.



Figuur 2: De gemiddelde jaarlijkse verandering in de voorraad bovengrondse koolstof (levende bomen en dood hout) in proefcirkels van de Vlaamse Bosinventaris (beheerd en onbeheerd bos) en het bosreservatenmeetnet (onbeheerd bos), voor heel Vlaanderen en per bodemtype (gemiddelde en 95% betrouwbaarheidsinterval). De asterisken tonen een significant verschil in koolstofopslag tussen bosreservaten en bosinventaris.

GRENZEN AAN DE GROEI

De voorraad bovengrondse koolstof in bossen kan niet blijven toenemen. Bossen die spontaan kunnen ontwikkelen, bereiken een dynamisch evenwicht waarbij aangroei en afbraak met elkaar in evenwicht zijn. Bij zo'n dynamisch evenwicht verwachten we een kleinere netto koolstofopslag dan tijdens de opbouwfase (Bijlsma et al. 2010). In de bosreservaten was de koolstofopslag in proefvlakken met een grote bovengrondse koolstofvoorraad niet kleiner dan de koolstofopslag in proefvlakken met een kleine bovengrondse koolstofvoorraad (Fig. 3). De bestudeerde Vlaamse bosreservaten hadden hun potentiële natuurlijke koolstofvoorraad dus nog niet bereikt.



Figuur 3: De gemiddelde jaarlijkse verandering in de voorraad bovengrondse koolstof uitgezet ten opzichte van de voorraad bovengrondse koolstof (levende bomen en dood hout) in proefcirkels van het bosreservatenmeetnet (onbeheerd bos). De rode lijn is een trendlijn (loess smoother) met 95% betrouwbaarheidsinterval.

De Vlaamse bosreservaten waren relatief recent uit beheer genomen (7-64 jaar voor de metingen) en een beheerd bos heeft een kleinere bovengrondse koolstofvoorraad dan een natuurlijk bos op een zelfde groeiplaats. De voorraad bovengrondse koolstof in de Vlaamse bosreservaten was kleiner dan referentiewaarden voor oude onbeheerde bossen in bijvoorbeeld Denemarken, Duitsland en Nederland (117-252 tC/ha, zie referenties in Vanhellemont et al. 2024). Een recente studie in Duitse eiken- en beukenreservaten (Meyer et al. 2021) toonde dat de bovengrondse biomassa nog zeker 50 jaar blijft toenemen nadat een bos uit beheer is genomen. Er is nog potentieel voor bijkomende opslag van koolstof in Vlaamse bossen, in zowel onbeheerde als beheerde opstanden!

KLIMAATDOELEN HALEN MET BOS?

Met een gemiddelde opslag van 1,3 ton koolstof per hectare per jaar en een bosoppervlakte van 140 000 hectare (bron: Statistiek Vlaanderen⁴) kan het Vlaamse bos netto ongeveer 182 000 ton koolstof opslaan per jaar. Dat komt overeen met 670 000 ton CO₂-equivalent. In 2021 werd in het Vlaamse Gewest 73 miljoen ton CO₂-equivalent uitgestoten (bron: Statistiek Vlaanderen⁵). De

jaarlijkse netto bovengrondse koolstofopslag in Vlaamse bossen compenseert daarmee minder dan 1% van de jaarlijkse Vlaamse uitstoot. Vlaamse bossen hebben dus een mitigerende rol door lokaal koolstof op te slaan (en via het leveren van hernieuwbare grondstoffen – hier niet behandeld). Om de klimaatdoelstellingen te halen, zal vooral de uitstoot van broeikasgassen drastisch moeten verminderen.

Bekijk ons artikel in *Frontiers in Forests and Global Change* (Vanhellemont et al. 2024) voor een meer gedetailleerde beschrijving van de datasets en berekeningen, en voor de resultaten voor levende bomen en dood hout afzonderlijk.

DANKWOORD

Dank aan de veldwerkteams van het bosreservatennetwerk en de Vlaamse Bosinventaris voor het verzamelen van alle data en aan team BMK voor hun advies bij de verwerking van de data.

Gelieve als volgt te citeren:

Margot Vanhellemont, Anja Leyman, Leen Govaere, Luc De Keersmaeker, Kris Vandekerckhove (2024) Bovengrondse koolstofopslag in beheerde en onbeheerde bossen in Vlaanderen. *Bosrevue 115a*.

ISSN 2565-6953 – *Bosrevue 115a*

REFERENTIES

¹ <https://www.consilium.europa.eu/nl/policies/green-deal/fit-for-55/>

² <https://www.natuurenbos.be/dossiers/bosinventaris>

³ <https://www.vlaanderen.be/datavindplaats/catalogus/potentieel-natuurlijke-vegetatie-2001>

⁴ <https://www.vlaanderen.be/statistiek-vlaanderen/milieu-en-natuur/oppervlakte-bos>

⁵ <https://www.vlaanderen.be/statistiek-vlaanderen/milieu-en-natuur/broeikasgasemissies>

Arets E, Schelhaas M-J (2019) National Forestry Accounting Plan. Submission of the Forest Reference Level 2021-2025 for the Netherlands. Wageningen Environmental Research

Berben J (1983) Dendrometrische studie van de Corsikaanse den. LISEC

- Bijlsma R-J, Kint V, den Ouden J, Baeten L, Verheyen K (2010) Successie en bosdynamiek. In: den Ouden J, Muys B, Mohren F, Verheyen K (editors) Bosecologie en bosbeheer. Acco: 195–217
- Dagnelie P, Palm R, Rondeux J, Thill A (1985) Tables de cubage des arbres et des peuplements forestiers. Les presses agronomiques de Gembloux
- De Keersmaecker L, Rogiers N, Lauriks R, De Vos B (2001) Ecosysteemvisie Bos Vlaanderen. Ruimtelijke uitwerking van de natuurlijke bostypes op basis van bodemgroeperingseenheden en historische boskaarten. Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer
- Dik EJ (1990) De schatting van volumes en werkhoutlengten bij populier. De Dorschkamp
- Forest Europe (2020) State of Europe's Forests 2020. Bratislava: Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe [Annex 8, Table 13]
- Govaere L, Leyman A (2020) Nieuwe cijfers over de groei van bomen in Vlaanderen. Bosrevue 90a, 1-8
- Longuetaud F, Santenoise P, Mothe F, Senga Kiessé T, Rivoire M, Saint-André L, Ognouabi N, Deleuze C (2013) Modeling volume expansion factors for temperate tree species in France. *Forest Ecology and Management* 292, 111-121
- Meyer P, Nagel R, Feldmann E (2021) Limited sink but large storage: Biomass dynamics in naturally developing beech (*Fagus sylvatica*) and oak (*Quercus robur*, *Quercus petraea*) forests of north-western Germany. *Journal of Ecology* 109, 3602-3616
- Moomaw WR, Masino SA, Faison EK (2019) Intact forests in the United States: proforestation mitigates climate change and serves the greatest good. *Frontiers in Forests and Global Change* 2, 27
- Penman J, Gytarsky M, Hiraishi T, Krug T, Kruger D, Pipatti R, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K, Wagner F (2003) Good practice guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. IPCC Report. Institute for Global Environmental Strategies
- Perin J, Bauwens S, Pitchugin M, Lejeune P, Hébert J (2019) National forestry accounting plan of Belgium. University of Liège
- Quataert P, Van der Aa B, Verschelde P (2011) Opstellen van tarieven voor inlandse eik en beuk in Vlaanderen ten behoeve van het berekenen van houtvolumes: statistische evaluatie van de regressiemodellen en overzicht van de resultaten. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek
- Vanhellemont M, Leyman A, Govaere L, De Keersmaecker L, Vandekerkhove K (2024) Site-specific additionality in aboveground carbon sequestration in

set-aside forests in Flanders (northern Belgium). *Frontiers in Forests and Global Change* 7: 1236203

BIJLAGE 1

Vergelijking van de protocollen voor de verzameling en verwerking van veldgegevens voor levende bomen en dood hout bij de eerste en tweede Vlaamse Bosinventaris en in de proefcirkels van het bosreservatenmeetnet in Vlaanderen (met D = diameter, L = lengte). Vetgedrukte tekst wijst op verschillen tussen de datasets. De tweede Vlaamse Bosinventaris en het bosreservatenmeetnet gebruiken Field-Map1 om de positie te meten van proefvlakken, bomen en doodhoutfragmenten en om alle meetgegevens digitaal te bewaren.

		BOSINVENTARIS 1	BOSINVENTARIS 2	BOSRESERVATEN
levende bomen	<u>proefvlak</u>	9 m straal (D > 7 cm)	9 m straal (D > 7 cm)	9 m straal (D > 5 cm)
		18 m straal (D > 39 cm)	18 m straal (D > 39 cm)	18 m straal (D > 40 cm)
	<u>gegevens</u>	soort	soort	soort
		omtrek op 150 cm ^a hoogte	omtrek op 130 cm hoogte	diameter op 130 cm hoogte (subgroep) ^b
<u>berekening volume</u>	tarief 2 ingangen ^c			
staand dood hout	<u>proefvlak</u>	9 m straal (D > 7 cm)	9 m straal (D > 7 cm)	9 m straal (D 5-10 cm)
		18 m straal (D > 39 cm)	18 m straal (D > 39 cm)	18 m straal (D > 10 cm)
	<u>gegevens</u>	soort	soort	soort
		omtrek op 150 cm ^a hoogte	omtrek op 130 cm hoogte	diameter op 130 cm hoogte (snags) ^d
<u>berekening volume</u>	tarief 1 ingang ^c	tarief 2 ingangen (bomen) ^c cilinder (snags) ^d	tarief 2 ingangen (bomen) ^c cilinder (snags) ^d	
liggend dood hout	<u>proefvlak</u>	16 m x 16 m (50% proefvlakken) D > 7 cm	<i>line intersect sampling:</i> 3 x 15 m D > 7 cm	18 m straal (D > 10 cm & L > 1 m of D > 20 cm & L > 0,5 m)
	<u>gegevens</u>	lengte fragment voor 3 diameterklassen (D 7-22 cm, 22-40 cm, > 40 cm)	diameter hoek	soort (als herkenbaar) diameter fragment aan beide uiteinden (lengte fragment o.b.v. ingemeten positie beide uiteinden)
	<u>berekening volume</u>	cilinder (gemeten lengte, gemiddelde diameter klasse)	formule met gemeten diameter, hoek en lengte meetlijnen	afgeknotte kegel
referenties		Waterinckx et al. 2001 Westra et al. 2015	Wouters et al. 2008 Westra et al. 2015	Vandekerkhove et al. 2021

^a We gebruikten omrekenfactoren per boomsoort (Dagnelie et al. 1985) om de gemeten omtrek op 150 cm om te rekenen naar een diameter op 130 cm.

^b We gebruikten de subgroep bomen mét hoogtemeting om een relatie op te stellen tussen boomhoogte en -diameter – voor elke boomsoort en elk bosreservaat afzonderlijk. Die relatie tussen boomhoogte en -diameter

gebruikten we daarna om voor elke intacte boom, levend of dood, de boomhoogte te berekenen op basis van de gemeten diameter.

^c Bij tarieven met één ingang wordt het stamvolume berekend op basis van de diameter; bij tarieven met twee ingangen wordt het stamvolume berekend op basis van diameter én hoogte. Zie Box 1 voor de gebruikte tarieven.

^d Staand dood hout omvat intacte staande dode bomen en snags. Snags zijn staande delen van de stam van bomen waarvan bv. de kroon is uitgewaaid of afgebroken.

REFERENTIES BIJLAGE 1

¹ <https://www.fieldmap.cz/>

Dagnelie P, Palm R, Rondeux J, Thill A (1985) Tables de cubage des arbres et des peuplements forestiers. Les presses agronomiques de Gembloux

Vandekerkhove K, Van de Kerckhove P, Leyman A, De Keersmaecker L, Lommelen E, Esprit M & Goessens S (2021) Monitoring programme on strict forest reserves in Flanders (Belgium): methods and operational protocols – With an overview of the intensive monitoring sites. Brussels: Research Institute for Nature and Forest

Waterinckx, M., Roelandt, B. (2001). De bosinventarisatie van het Vlaamse Gewest. Deel 1: Methodiek. Brussel: Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, afdeling Bos & Groen.

Westra T, Verschelde P, Van Calster H, Lommelen E, Onkelinx T, Quataert P, Govaere L (2015) Opmaak van een analysestramien voor de gegevens van de Vlaamse Bosinventarisatie. Brussel: Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek

Wouters J, Quataert P, Onkelinx T, Bauwens D (2008) Ontwerp en handleiding voor de tweede regionale bosinventarisatie van het Vlaamse Gewest. Brussel: Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek