



QD-beheer van berk

KOBE H1 – september 2013

Colofon

Dit rapport is een gezamenlijke uitgave van het Agentschap voor Natuur en Bos en van Inverde
Koning Albert II-laan 20 bus 8, 1000 Brussel

Tel.: 02 553 81 02

Fax: 02 553 81 05

www.natuurenbos.be – www.inverde.be

Dit rapport is opgemaakt in het kader van het KOBÉ-project. KOBÉ staat voor KennisOndersteuning bij Beheer en Economie van natuur-, groen- en bosdomeinen. KOBÉ is een samenwerkingsproject tussen het Agentschap voor Natuur en Bos en Inverde. Dit rapport is een werkdocument, en weerspiegelt niet noodzakelijk de standpunten of de werking van het Agentschap voor Natuur en Bos en Inverde.

Auteur(s): Wim Buysse

Met dank aan volgende personen voor hun opmerkingen: Georg Josef Wilhem, Robbie Goris

Uitgave: september 2013

D / 2013 / 3241 / 350

NUR 944

SISO 636.1

© Creative Commons Naamsvermelding-NietCommercieel-GelijkDelen 3.0 Unported licentie



Dit rapport is ook beschikbaar op de website van het Inverde-expertisecentrum (www.inverde.be) en op het ANB-intranet (<http://teamline.vlaanderen.be/anb/intranet/Paginas/default.aspx>)

Overname van tekst uit dit rapport kan mits correcte bronvermelding.

Citeren als: Wim Buysse (2013). QD-beheer van berk. KOBÉ-rapport van het Agentschap voor Natuur en Bos en Inverde. 21 pp. + bijlagen

Inhoud

Colofon	ii
Inhoud	iii
1. QD van berk – technische fiche.....	1
2. Praktisch QD-beheer van berk	3
2.1. Hoeveel toekomstbomen per ha?	4
2.1.1. Verwachte kroondiameters	4
2.1.2. Stamverkleuring vanaf 60 jaar	7
2.1.3. Extra ruimte nodig tussen toekomstbomen	9
2.1.4. Na te streven aantal toekomstbomen naargelang de groeiplaats	10
2.2. Welke takvrije stamlengte nastreven.....	11
2.2.1. Voorlopige h/d curves	11
2.2.2. Vuistregels voor de praktijk	18
2.3. Wanneer begint de dimensionering?	18
2.4. Hoe sterk moeten toekomstbomen worden vrijgesteld in de dimensioneringsfase ?	20
2.5. Wat gebeurt er tijdens de kwalificeringsfase?	20
3. Bijlage: Zachte en ruwe berk.....	22
3.1. Hout	22
3.2. Naamgeving.....	22
3.3. Onderscheid ruwe en zachte berk.....	25
4. Referenties	29

1. QD van berk – technische fiche

Het productiedoel is om een relatief beperkt aantal toekomstbomen te laten uitgroeien tot bomen met stammen van zo hoog mogelijke kwaliteit. Die stammen moeten minstens een dbh van 40 cm hebben en een takvrije stamlengte van ongeveer 5 tot 8 meter. Indien QD beheer consequent wordt aangehouden kunnen we zwaardere diameters verwachten, vermoedelijk een kleine 50 cm dbh op 50 jaar. Op goede standplaatsen zou 50 – 60 cm dbh op 50 – 60 jaar tijd moeten mogelijk zijn. Afhankelijk van de groeiplaats zou dit met de huidige technologie leiden tot 2 à 3 blokken fineerhout van 2,5 m. Dit doel moet gehaald worden binnen maximum 60 jaar omdat nadien de kans op stamverkleuring of stamrot sterk toeneemt.

Het lange termijn doel is dat na het oogsten van de toekomstbomen reeds voldoende verjonging van andere soorten aanwezig is om dan zo in een volgende generatie te komen tot een gemengd bos met vooral inheems loofhout.

Overige beheerdoelen worden bereikt door opportunistisch in te grijpen, m.a.w. waar het mogelijk en zinvol is. Doordat er pleksgewijs wordt gewerkt kan er op een afstand van ongeveer éénmaal de kroondiameter van een toekomstboom gekozen worden om een boom oud te laten worden en uiteindelijk op stam te laten sterven, er kan bijvoorbeeld licht worden gegeven aan een nest rode bosmieren, er kan besloten worden om niet in te grijpen om vegetatie te ontzien, ...

Starten van QD met berk is enkel zinvol op plaatsen waar zich een dichte verjonging heeft gevestigd van minder dan 15 jaar oud. De meningen zijn verdeeld over de noodzaak om al dan niet te zuiveren voor het omslagpunt. Er werd een vergelijkende proef aangelegd¹.

De dimensionering begint als de bomen een hoogte van 10 tot 12 meter hebben bereikt, afhankelijk van de groeiplaats. Dit komt overeen met een leeftijd van 12 tot 15 jaar. In berkenbestanden die duidelijk ouder zijn dan ongeveer 15 jaar biedt het starten met QD beheer geen bijkomende meerwaarde.

Tentatieve vuistregels voor het kiezen van het aantal toekomstbomen en takvrije stamlengte naargelang de groeiplaats worden gegeven in volgende tabel:

Tentatieve vuistregels voor de praktijk					
Verwachte eind-hoogte (m)	Bodem	Verwachte gemiddelde kroondiameter (m)	Takvrije stamlengte, al dan niet door opsnoei (m)	Na te streven afstand tussen toekomstbomen (m)	Aantal toekomstbomen per hectare
18 - 20	Zeer arm	7	5	12 - 14	60 – 80
20 - 24	Zandleem	9	6	15 - 16	45 – 55
> 24	Betere leembodems	10	> 6	18 - 19	35 – 40

Bij het begin van de dimensioneringsfase worden de bomen indien nodig bijgesnoeid tot de voor de groeiplaats haalbare takvrije stamlengte is bereikt. Verkeerd snoeien leidt tot stamverkleuring en dus waardeverlies! Enkele richtlijnen:

¹ Sommigen raden aan om kijkpaden aan te leggen als de bomen ongeveer 2 m hoog zijn, minstens opties te bevoordelen (om de 3 à 5 m) vanaf de bomen 6 m hoog zijn (8 m op goede standplaats) en eventueel een zuivering door te voeren en de bomen op 2 – 3 m afstand te zetten. Anderen zijn van mening dat het best is om niet in te grijpen tot het omslagpunt, behalve sporadisch enkele opties bevoordelen. De kans bestaat dan wel dat de toekomstbomen na vrijstellen gaan “hangen”.

- Verwijder alle nog vastzittende dode takken
- snoei secuur, vermijd schade
- snoei enkel dunne takjes tot een maximum diameter van 2 cm
- snoei van juli tot het vroege voorjaar
- de levende kroon mag nooit minder dan ongeveer 50 % van de boomhoogte bedragen

De dimensioneringsfase eindigt rond de leeftijd van 30 – 40 jaar. Bij een omloop van 4 jaar moeten de toekomstbomen dus 5 tot 7 keer worden vrijgesteld vooraleer de rijpingsfase begint.

Bij de eerste ingreep tijdens de dimensioneringsfase wordt de kroon van elke toekomstboom rondom 2 tot 4 m vrijgesteld, afhankelijk van de boniteit. Een andere vuistregel is om de kroon rondom vrij te stellen over een afstand die gelijk is aan $1/4^{\text{de}}$ van de dominante hoogte. M.a.w. bij een dominante hoogte van 9 m wordt de kroon rondom 2 m vrijgesteld, bij 13 m is dit 3 m en bij 16 m is dit 4 m. Bij latere ingrepen zakt die afstand.

De rest van dit rapport is zeer technisch. Enig doel is om te tonen hoe de aanbevelingen in deze technische fiche werden onderbouwd op basis van huidige gegevens. Zo kunnen deze aanbevelingen eenvoudig worden aangepast indien in de toekomst betere gegevens beschikbaar komen.

2. Praktisch QD-beheer van berk

Het productiedoel is om een relatief beperkt aantal toekomstbomen te laten uitgroeien tot bomen met stammen van zo hoog mogelijke kwaliteit. Die stammen moeten minstens een dbh van 40 cm hebben en een takvrije stamlengte van ongeveer 5 tot 8 meter (Ministerium für Umwelt Saarland, 2002). Afhankelijk van de groeiplaats zou dit met de huidige technologie leiden tot 2 à 3 blokken fineerhout van 2,5 m. Dit doel moet gehaald worden binnen maximum 60 jaar omdat nadien de kans op stamverkleuring of stamrot sterk toeneemt. Indien QD beheer consequent wordt aangehouden kunnen we op de meeste standplaatsen een dbh van iets minder dan 50 cm verwachten op 50 jaar. Hein et al. (2009) berekende dat gemiddeld een dbh van 48 cm op 50 jaar te verwachten is. Op goede standplaatsen zou een dbh van 50 – 60 cm op 50 – 60 jaar tijd mogelijk zijn (Matheis en Wilhelm, 2002).

Het lange termijn doel is dat na het oogsten van de toekomstbomen reeds voldoende verjonging van andere soorten aanwezig is om dan zo in een volgende generatie te komen tot een gemengd bos met vooral inheems loofhout.

Tegelijk kunnen overige beheerdoelen worden bereikt door opportunistisch in te grijpen, m.a.w. waar het mogelijk en zinvol is. Doordat er pleksgewijs wordt gewerkt kan er op een afstand van ongeveer éénmaal de kroondiameter van een toekomstboom gekozen worden om een boom oud te laten worden en uiteindelijk op stam te laten sterven, er kan bijvoorbeeld licht worden gegeven aan een nest rode bosmieren, er kan besloten worden om niet in te grijpen om vegetatie te ontzien,

Om dit nu praktisch te kunnen uitwerken gaan we op zoek naar volgende richtcijfers:

- Wat is het optimaal aantal toekomstbomen per hectare?
- Wat is de na te streven takvrije stamlengte?
- Wanneer start de dimensionering?
- Hoe ver moet de kroon rondom toekomstbomen worden vrijgesteld?
- Hoe pak je de verschillende fasen (vestiging, kwalificering, dimensionering en rijping) praktisch aan?

En we hebben bijkomend praktische richtcijfers nodig over stamkwaliteit en snoei.

Maar we zoeken eigenlijk cijfers over boomvormen die nog nauwelijks voorkomen, zoals bijvoorbeeld de kroondiameter van oude bomen waarvan de kroon systematisch werd vrijgesteld en ruim kon uitgroeien.

Een kleine 300 jaar geleden beschreef Hannß Carl von Carlowitz, de grondlegger van het begrip “bestendige houtopbrengst” waaruit later het begrip duurzaamheid evolueerde, de eigenschappen van berk in positieve bewoordingen (von Carlowitz, 1732, Sperber, 2000). Berk is een bodemvage soort, heeft een snelle jeugdgroei, is bestand tegen klimaatsextremen en tegen schimmel- en insektenaantastingen, heeft een snelle volumeaanwas, kent gestage zaadproductie vanaf jonge leeftijd, zowel hout, schors, twijgen als sap kunnen veelzijdig benut worden en berk heeft daarenboven nauwelijks last van vraatschade door wild.

Met de opkomst van de vlaksgewijze productiebosbouw vanaf het begin van de 19^{de} eeuw kwam de nadruk te liggen op aanplanten van naalddhout, en dan nog vaak exoten, en werd berk al snel als onkruid beschouwd. Berk werd berucht als “zwieper”. In een systeem waar monoculturen van naalddhout aangeplant worden en waartussen dan onvermijdelijk spontaan natuurlijke verjonging van berk binnenkomt kunnen de zwiepende kronen van berk tot ongeveer 15 % van de naaldbomen beschadigen (Fahlvik et al., 2011). Opslag van berk groeit dan nog eens sneller dan plantsoen van naalddhout. Berk werd dus een kleine 200 jaar lang hardnekkig en systematisch bestreden.

De rehabilitatie is nog maar een goeie 20 jaar op gang gekomen. Vandaar dat er maar weinig berkenbestanden voorkomen en we berk vooral als nevenboomsoort kennen. Daarenboven is berk een pionierboomsoort die van nature door andere boomsoorten wordt weggeconcentreerd. De hoogtegroei van

berk valt bijna stil op een leeftijd van ongeveer 40 jaar. Andere soorten blijven doorgroeien en halen de berk 20 jaar (beuk) tot 30 jaar (zomereik, grove den) later in. Er komen dus nauwelijks oude berkenbestanden voor.

Er is een nieuwe paradox in wording. Nu er meer cijfers over Vlaamse bossen beschikbaar komen uit de bosinventarisatie en inventarisaties ten behoeve van beheerplannen zijn die cijfers minder bruikbaar als richtcijfer voor een QD-beheer. Specifiek voor berk stellen we ook nog vast dat we vooral beroep moeten doen op literatuur uit de Scandinavische landen waar zich uitgestrekte aangeplante homogene berkenbossen bevinden. Berk hier is meestal uit natuurlijke verjonging opgegroeid en groeit in menging met andere boomsoorten.

Er bestaan wel al kwalitatieve richtlijnen voor het werken met toekomstbomen, maar nog slechts weinig kwantitatieve richtlijnen. We proberen hieronder een praktische aanzet te geven. We proberen het denkproces uitgebreid te beschrijven zodat de richtlijnen kunnen verbeterd worden naarmate er betere en meer recente cijfers beschikbaar komen.

Beheer kan de stamvorm en kroonontwikkeling van berk enkel beïnvloeden als er vroeg wordt ingegrepen. QD beheer van berk is dus enkel mogelijk indien er gestart wordt in berkenverjongingen.

2.1. Hoeveel toekomstbomen per ha?

2.1.1. Verwachte kroondiameters

Bij het begin van de dimensioneringsfase kiezen we het na te streven aantal toekomstbomen zodanig dat wanneer de bomen oud zijn geworden de standplaats optimaal bedekt is door bomen met een zo goed mogelijk ontwikkelde kroon. Om dit aantal te kunnen berekenen hebben we dus de kroondiameter nodig van oude bomen op een bepaalde groeiplaats die in bos zijn opgegroeid maar waarvan de kroon op de juiste tijdstippen werd vrijgesteld en zodoende maximaal kon uitgroeien. Als vuistregel streven we naar een takvrije stamlengte van 25 – 30 % van de te verwachten eindhoogte. Dit betekent dat de kroon van oude bomen over een lengte van 70 – 75 % van die lengte nog steeds in leven moet zijn.

In theorie streven we naar een situatie waarbij op het einde van de rijpingsfase de kronen elkaar net raken. Dan is de standplaats optimaal bezet. Maar bij lichtboomsoorten moet er voldoende extra ruimte tussen de toekomstbomen overblijven opdat ook de zijkant van de kroon tot de onderste levende tak voldoende licht krijgt om te overleven. Bij lichtboomsoorten kan deze theoretische afstand berekend worden. Schaduwboomsoorten kunnen in theorie goed overleven als de kronen elkaar raken. Maar met het QD beheer willen we zo snel mogelijk tot dikke stammen komen. Ook schaduwboomsoorten hebben dus wat extra licht nodig zodat de volledige kroon volop aan fotosynthese kan doen, maar de extra ruimte is kleiner dan bij lichtboomsoorten en kan niet theoretisch worden berekend.

Bij berekeningen over jonge aanplantingen wordt meestal uitgegaan van een vierkantsverband. Het aantal planten per hectare is dan 10.000 gedeeld door het kwadraat van hun onderlinge afstand. Maar bij modellering van krooncompetitie is het gebruikelijk om een hexagonaal verband te gebruiken (Kelty en Cameron, 1995). Dit benadert beter het cirkelvormig patroon van krooncompetitie (Figuur 1).

Om de oppervlakte van een regelmatige zeshoek te berekenen geldt (figuur 2):

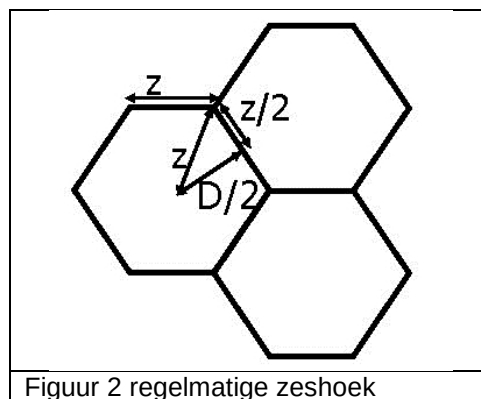
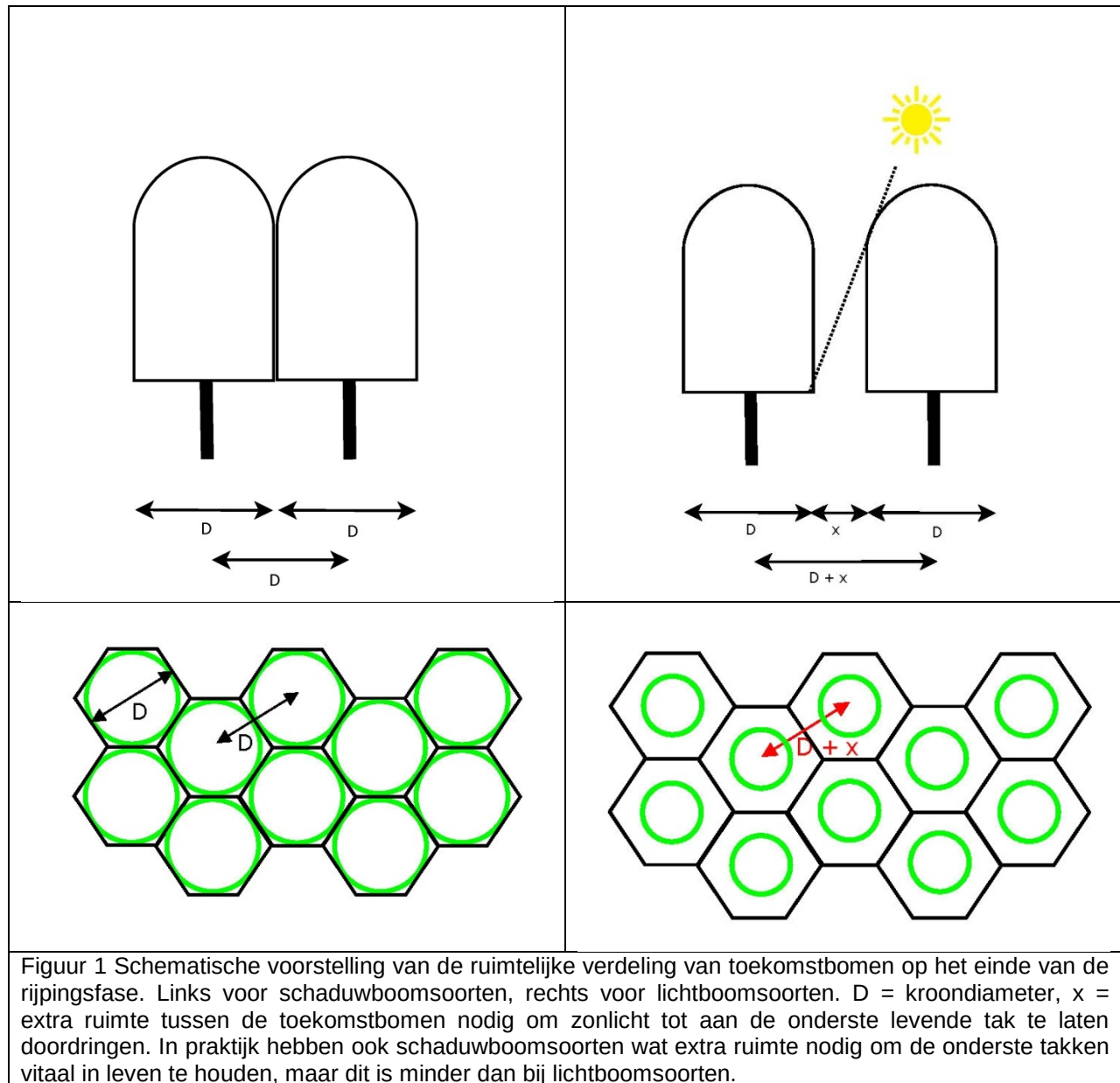
$$\text{oppervlakte} = \frac{3}{2} z^2 \sqrt{3}$$

en

$$\left(\frac{D}{2}\right)^2 = z^2 - \left(\frac{z}{2}\right)^2$$

dus

$$\text{oppervlakte} = \frac{\sqrt{3}}{2} D^2$$



Figuur 2 regelmatige zeshoek

Het theoretisch maximaal aantal toekomstbomen per hectare bij schaduwboomsoorten wordt dan:

$$N_{\text{schaduw}} = \frac{10.000}{\frac{\sqrt{3}}{2} D^2}$$

Ze zullen de standplaats voor ongeveer 90 % bedekken:

$$\text{totale kroonbedekking} = \frac{N \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2}{N \frac{\sqrt{3}}{2} D^2} = \frac{\pi}{2\sqrt{3}}$$

Bij lichtboomsoorten wordt dit:

$$N_{\text{licht}} = \frac{10.000}{\frac{\sqrt{3}}{2} (D + x)^2}$$

Indien bijvoorbeeld een extra tussenruimte nodig is van één kroondiameter ($x = D$), dan zullen ze de standplaats voor ongeveer 23 % bedekken:

$$\text{totale kroonbedekking} = \frac{N \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2}{N \frac{\sqrt{3}}{2} (2D)^2} = \frac{\pi}{8\sqrt{3}}$$

Maar van ruwe berk is geweten dat een kroon van een berk die in het vrije veld opgroeit ongeveer dezelfde vorm heeft als een berk die correct werd vrijgesteld. De vorm van de kroon benadert een ellips. De diameter van de kroon op maximale breedte bedraagt gemiddeld 50 % van de totale hoogte van de boom en is nooit meer dan 70 % (Lemaire, 2004). Dit zijn gemiddelden, op basis van metingen aan 120 berken in Wallonië komt Lemaire (2004) tot meer gedetailleerde verhoudingen tussen kroondiameter, dbh en hoogte. Tabel 1 geeft een overzicht en enkele verder afgeleide cijfers. Hieruit kunnen we nu richtcijfers halen. Zo zal bijvoorbeeld op een arme groeiplaats waar we verwachten dat berk niet hoger dan 18 m wordt de gemiddelde kroondiameter 7,6 m bedragen. Het gemiddelde situeert zich in een 95 % vertrouwensinterval van 6,3 tot 8,8 m.

Tabel 1 Gemiddelde kroondiameter voor verschillende hoogteklasses van ruwe berk in Wallonië.			
Totale hoogte (m)	Gemiddelde kroondiameter (m)	95 % vertrouwensinterval	afgeleide dbh (cm)
0 - 8	3,6	3,0 - 4,2	4
8 - 12	5,2	4,3 - 6,1	13
12 - 16	7,3	6,4 - 8,2	22
16 - 20	7,6	6,3 - 8,8	27
20 - 24	8,8	8,3 - 9,3	34
> 24	9,1	8,6 - 9,7	37
Bron: Lemaire (2004)			

Ruwe berk groeit vooral goed op betere bodems (Raulo, 1978). We nemen aan dat op die betere bodems dankzij een QD beheer (correct vrijstellen van de meest vitale voorlopers) de kroondiameter eerder in de richting van de bovengrens van het 95 % interval zal opschuiven. Dit geeft ons een eerste schatting van te verwachten kroondiameters (Tabel 2).

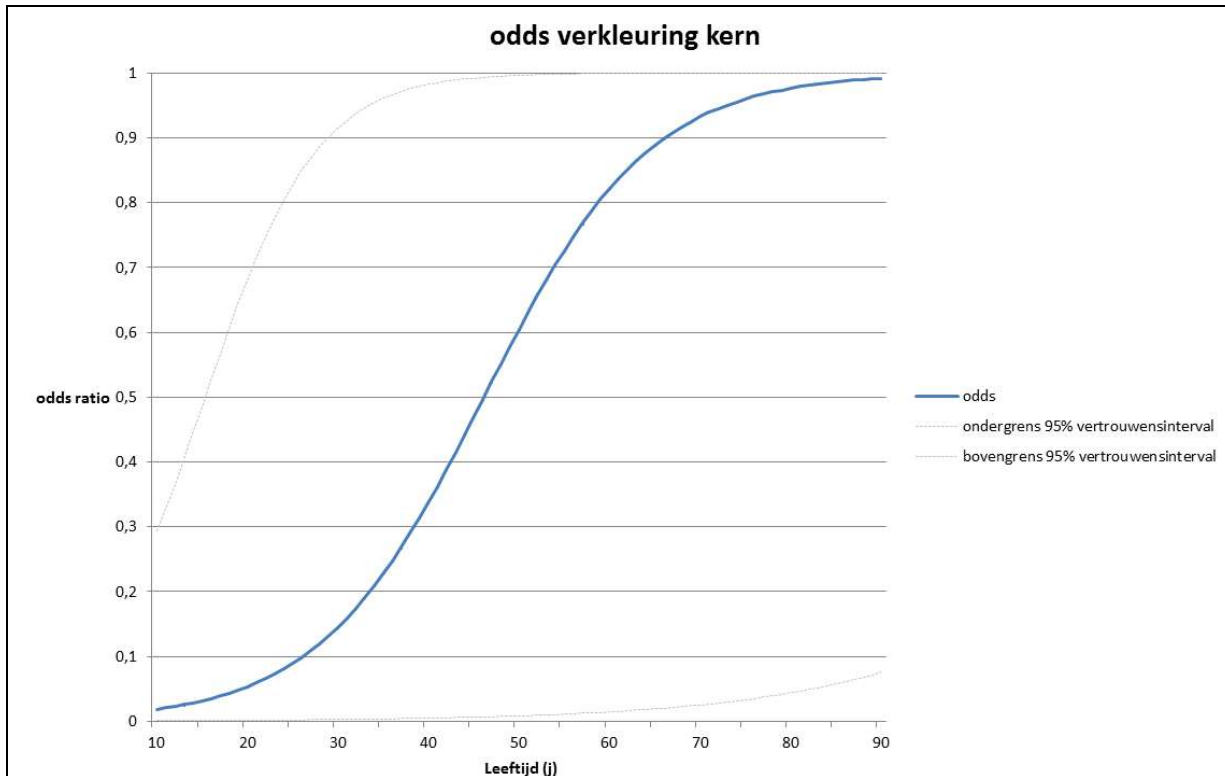
Tabel 2 Verwachte kroondiameter voor verschillende hoogteklasses van ruwe berk.	
Totale hoogte (m)	Verwachte gemiddelde kroondiameter (m)
18 - 20	7
20 - 24	9
> 24	10

Verspreid over de Limburgse en Antwerpse Kempen hebben we ondertussen enkele berken gevonden die naar schatting een goeie 80 jaar oud zijn, die in bosverband zijn opgegroeid én waarvan zichtbaar is dat de kroon toch altijd ongestoord kon uitgroeien. De kroondiameters zijn telkens iets meer dan 11 m. Dbh ligt tussen 40 en 50 cm. Ze groeiden telkens op antropogene bodems, meestal in de buurt van Zc bodems (textuurklasse Zand en drainageklasse matig droog) maar met goed ontwikkelde humushorizont en vermoedelijk kleilaagjes in de ondergrond.

2.1.2. Stamverkleuring vanaf 60 jaar

Bij dergelijke oude berken is de kans op gebreken zeer groot geworden. Hoewel de soort van nature 120 tot soms 150 jaar oud kan worden (Lemaire, 2004) wordt ze op 80 jarige leeftijd ingehaald door zowat alle andere aanwezige boomsoorten. Ze geraakt vanaf dan doorgaans in een onderdrukte positie waardoor de aftakeling versnelt. Berken van 100 jaar oud met een gezonde stam komen zelden voor (Ebert, 2006).

Berk heeft vaak last van stamverkleuring. Figuur 3 geeft de kans op stamverkleuring op basis van een model met gegevens van berken uit Badem-Würtemberg (Hein et al., 2009). De gemiddelde kans op stamverkleuring bij 40 jarige berken bedraagt ongeveer 30 %, op 50 jaar is dit al 60 %, op 60 jaar ongeveer 80 % en op 80 jaar is het ongeveer 100 %. Maar het 95 % vertrouwensinterval is zeer breed, er zit dus heel wat onzekerheid in het model. Ook de kans op stamverkleuring bij toenemende dbh werd berekend, maar aangezien het om berken ging uit klassiek beheerde bossen zijn die resultaten minder relevant voor QD-beheer. Er werd ook gekeken naar het procentueel oppervlakteaandeel van de stamdoorsnede waarop de verkleuring zichtbaar was. Dit bedroeg 5 % bij 40 jarige berken, 11 % bij 60 jarigen en 36 % bij 80 jaar oude berken, maar de trend was veel minder uitgesproken.



Figuur 3 Odds ratio van stamverkleuring uit een studie van berken in Badem-Würtemberg. Bron: Hein et al. (2009).

Uit een zeer uitgebreid Fins onderzoek van aangeplante ruwe berk (Hallaksela en Niemistö, 1998) blijkt dat stamverkleuring zeer algemeen voorkomt. Verkleuring komt iets meer voor bij berken die op voormalige landbouwgronden zijn aangeplant dan bij herbebossing. Maar over alle gemeten leeftijdsklassen (18 – 65 jaar) heen was bij 60 – 70 % van de in bossen aangeplante berken de verkleuring beperkt tot een diameter van minder dan 2 cm rondom de centrale groeiing. Enkel bij grotere vlekken is er een duidelijke trend in leeftijd waar bij bomen ouder dan 42 jaar 10 % van de verkleuringen een diameter groter dan 6 cm hebben. Kijken we naar de verticale verdeling van de stamverkleuring, dan komen verschillende patronen van verkleuring voor die spits toelopen tot op een hoogte van 4 à 5 m geen verkleuring meer aanwezig is. Bij de meest voorkomende patronen is de verkleurde kern het breedst op een hoogte van 1 à 2 m en kan die uitzaaien naar de schors op plaatsen waar afgestorven takken zitten. Bij ongeveer 25 % van de bomen bevond de stamverkleuring zich buiten de zone rondom de centrale groeiing. Meer dan de helft van die verkleuringen bevonden zich ter hoogte van takken, een gedeelte rondom gangen van de berkenmineervlieg (*Phytobia betulae* (Diptera: Agromyzidae)) en een heel klein gedeelte ter hoogte van stamscheuren (> 5 cm).

In het Fins onderzoek werd vastgesteld dat 83 % van de stamverkleuring te wijten was aan schimmels, bacteriën, gisten en gistachtige schimmels die voornamelijk via wondjes veroorzaakt door afgebroken of gesnoeide takken in het xyleem binnendringen (Hallaksela en Niemistö, 1998). Meest voorkomende schimmels waren *Phialophora fastigiata* en *Phialemonium* sp. Meest voorkomende bacteriën waren *Enterobacter* sp. Ze wijzigen de samenstelling van de celwand van het xyleem en wijzigen fenolen in het xyleem (Nevalainen, 2006). Op die manier fungeren ze als pionier voor schimmels die lignine en cellulose afbreken en stamrot veroorzaken. In de Finse studie met bomen tot 65 jaar oud werd echter geen enkel geval van stamrot vastgesteld. Kans op stamrot begint pas later toe te nemen maar aangezien er maar weinig oude berken voorkomen bestaan daar geen cijfers over.

Indien gestreefd wordt naar afrolfineer van berk dan blijkt uit het bovenstaande dat het risico op stamverkleuring tot een leeftijd van ongeveer 60 jaar al bij al goed meevalt. Maar dan moet de verkleuring wel beperkt blijven tot een zone rondom de centrale groeiring. Bij toekomstbomen moet er dus absoluut vermeden worden dat er verkleuring vanuit afgestorven zijtakken ontstaat.

Berk heeft een vrij goede natuurlijke stamreiniging. Om te streven naar een zo lang en dik mogelijk stamstuk van absolute topkwaliteit is het nodig dat:

- De berken tot de eerste tussenkomst in de dimensioneringsfase in dichtstand opgroeien zodat fijntakigheid wordt bevordert.
- Als de natuurlijke stamreiniging te traag gebeurt worden best alle nog vastzittende dode takken van toekomstbomen gesnoeid bij de eerste tussenkomst in de dimensioneringsfase. Op die manier verdwijnt de kans dat een stuk dode tak ingroeit en vervolgens begint te rotten zodat een opening ontstaat waarlangs schimmels en bacteriën in het xyleem kunnen binnendringen.
- Indien er eventueel wordt opgekroond wordt de snoei van levende takken beperkt tot takken met een diameter van maximum 2 cm. Bij snoei van dikkere takken wordt nadien immers bijna altijd stamverkleuring vastgesteld (Hallaksela en Niemistö, 1998, Hynynen et al., 2010).
- Het snoeien moet secuur gebeuren. Alle schade aan schors en stam moet worden vermeden. Scandinavische auteurs raden aan om snoeischaren te gebruiken in plaats van snoeizagen omdat op die manier de kans op beschadiging vermindert (Hynynen et al., 2010).

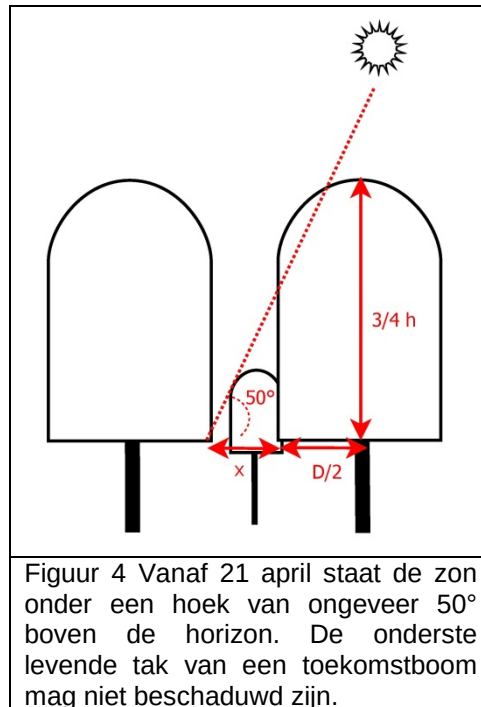
Uit dit alles volgt dat als we streven naar hout van topkwaliteit, we kunnen streven naar het kappen van toekomstbomen op een leeftijd van ongeveer 60 jaar. Er bestaat dan al een zeker risico op stamverkleuring, maar waarschijnlijk is dit overroepen. Wachten met kappen tot een leeftijd van 80 jaar betekent dat de kans op stamverkleuring zeer hoog geworden is en er mogelijks al stamrot voorkomt. M.a.w. de houtopbrengst kan onmogelijk een investering van 80 jaar beheer van de toekomstbomen compenseren.

2.1.3. Extra ruimte nodig tussen toekomstbomen

De hierboven vermelde oude berken op antropogene bodems hadden een kroondiameter van 11 m, maar de onderste takken waren afgestorven. Had hier QD beheer plaatsgevonden, dan was die kroon al veel eerder wat vrijgesteld zodat ook de onderste takken van de kroon in leven waren gebleven tot het moment waarop de boom gekapt wordt. Op die manier draagt elk onderdeel van de kroon bij aan fotosynthese en blijft de diktegroei aan het voor de leeftijd maximum tempo doorgaan.

Het is mogelijk om voor elk tijdstip heel exact te berekenen tot welke hoogte de kroon beschaduwd wordt door een naburige kroon. We volgen hier een eenvoudige benadering.

De schijnbare hoogte van de zon boven de horizon verloopt sinusoïdaal. Op 21 maart en 21 september staat de zon op onze breedtegraad ongeveer 38° boven de horizon, op 21 juni is dit 61,5° en op 21 december 14,5°. Heel veel boomsoorten stoppen hun hoogtegroeï in juli om nadien de zetmeelreserves aan te vullen. Berk blijft echter doorgroeien van april tot september (Oosterbaan, 2000). Vanaf 21 april staat de zon minstens 50° boven de horizon, ze zakt er terug onder na 21 augustus. Laat ons dus eenvoudigweg aannemen dat er vanaf de onderste tak van de levende kroon onder een hoek van 50 ° geen andere boom in de weg van het zonlicht mag staan (Figuur 4).



Aan de hand van figuur 4 kunnen we de extra afstand x berekenen:

$$\tan(50^\circ) = \frac{\frac{3}{4}h}{\frac{D}{2} + x}$$

Daaruit volgt dat:

$$x = \frac{\frac{3}{4}h}{\tan(50^\circ)} - \frac{D}{2}$$

2.1.4. Na te streven aantal toekomstbomen naargelang de groeiplaats

Op basis hiervan en van de cijfers in tabel 1 en van formules afgeleid uit figuur 2 komen we dan tot een reeks na te streven afstanden tussen toekomstbomen en aantal toekomstbomen per hectare (tabel 3).

Tabel 3 Berekende na te streven afstanden tussen toekomstbomen.				
Verwachte eindhoogte in rijpingsfase (h) (m)	Verwachte kroondiameter (D) (m)	Extra ruimte nodig tussen toekomstbomen (x) (m)	Na te streven afstand tussen toekomstbomen (D+x) (m)	Aantal toekomstbomen per hectare
18	6,3	7,5	13,8	60
18	7,6	7,5	15,1	50
20	8,3	8,4	16,7	41
22	8,8	9,4	18,2	35
24	8,8	10,7	19,5	30
26	9,7	11,5	21,2	26

De na te streven afstand tussen toekomstbomen ligt iets boven 2 keer de verwachte kroondiameter. In praktijk kunnen die afstanden nog een stukje naar beneden worden afgerond. De maximale kroondiameter wordt immers pas vrij laat bereikt, op een leeftijd tussen 40 en 60 jaar (Lemaire, 1998). En niet elk blaadje van de kroon moet rechtstreeks in volle zon staan, als er voldoende indirect licht is zal de kroon ook goed overleven. Als ruwe vuistregel voor de praktijk wordt de na te streven afstand tussen toekomstbomen dus beter afgerond naar “een kleine 2 keer de verwachte kroondiameter”.

2.2. Welke takvrije stamlengte nastreven

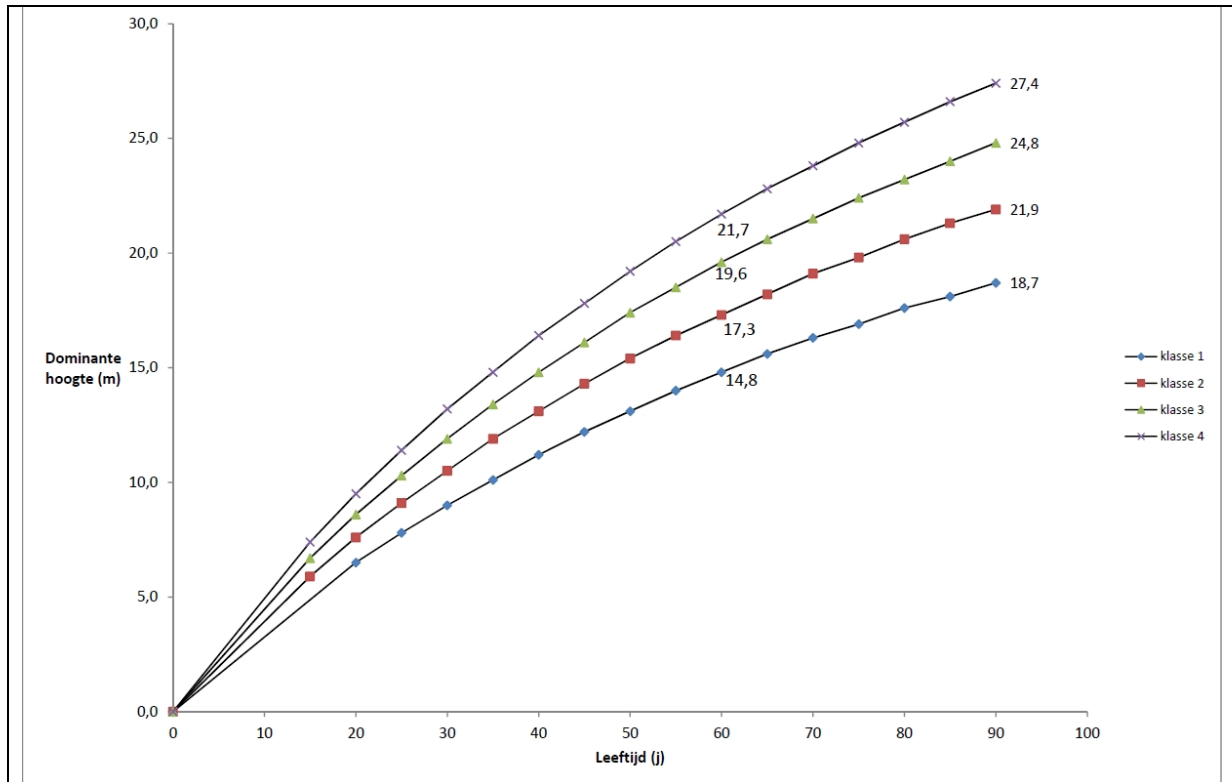
2.2.1. Voorlopige *h/d* curves

Bij de QD methode wordt gestreefd naar een takvrije stam van topkwaliteit waarvan de lengte ongeveer 25 % bedraagt van de te verwachten tophoogte van de boom op de leeftijd dat hij zal geveld worden. We zoeken dus eigenlijk de dominante hoogte van oude bomen. Dominante hoogte wordt gedefinieerd als de gemiddelde hoogte van de dikste bomen per hectare (Waterinckx en Roelandt, 2001). We zoeken dus een site-index. QD toekomstbomen zullen even hoog worden maar zullen doorgaans dikker worden.

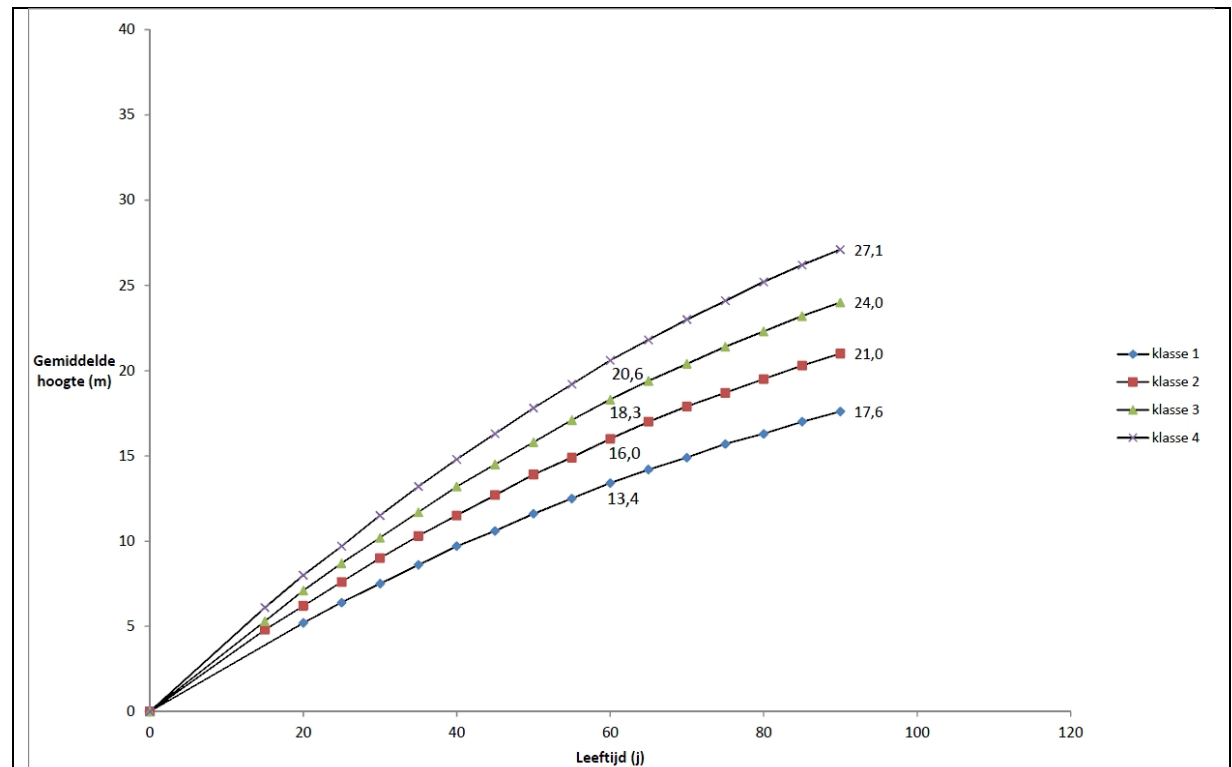
In Vlaanderen zijn er geen gepubliceerde hoogtecurves per groeiklasse beschikbaar. We moeten dus buitenlandse hoogtecurves gebruiken. In de Nederlandse opbrengsttabellen (Jansen et al., 1996) wordt de site-index gedefinieerd als de asymptoot van de groeicurve van de opperhoogte, de gemiddelde hoogte van de hoogste bomen per hectare. De te verwachten opperhoogte naargelang groeiklasse op 90-jarige leeftijd is:

Klasse 1	18,7 m
Klasse 2	21,9 m
Klasse 3	24,8 m
Klasse 4	27,4 m

In de Nederlandse opbrengsttabellen wordt voor berk een Noorse opbrengsttabel (Braastad, 1967) gebruikt. Het verloop van de dominante hoogte met de leeftijd naargelang de groeiklasse wordt gegeven in figuur 5. De gemiddelde hoogte wordt gegeven in figuur 6.



Figuur 5 Verloop dominante hoogte van berk met leeftijd naargelang de groeiklasse volgens Braastad (1967)



Figuur 6 Verloop gemiddelde hoogte van berk met leeftijd naargelang de groeiklasse volgens Braastad (1967)

Maar we weten dat die Noorse hoogtecurves niet helemaal aan onze omstandigheden zijn aangepast. Zo werd vastgesteld dat de hoogtecurves van berkenbestanden in Centraal Europa die ontstaan zijn uit natuurlijke verjonging vroeger afvlakken dan geplante berk in Scandinavië en dat de kroongroei ergens tussen de leeftijd van 40 en 60 jaar stilvalt (Hein et al., 2009, Hynynen et al., 2010) (zie figuur 7).

Vandaar dat we hier een eerste aanzet geven tot h/d curves van berk in Vlaanderen. Uit de gegevens van de eerste Vlaamse bosinventarisatie (Waterinckx en Roelandt, 2001) werden alle intacte berken geselecteerd die opgroeien in bosverband. Uit de bodemseries van de proefvlakken werden sterk vereenvoudigde bodemassociatieklassen opgemaakt. Per textuurklasse werden drainageklasse a en b gegroepeerd als “droog”; c en d als “vochtig”; e en volgende als “nat”. En uiteindelijk werden dan h/d curves gemaakt per vereenvoudigde bodemassociatieklasse. Er zijn hier natuurlijk heel veel randbemerkingen over te maken. Bij het opstellen van h/d curves worden normaal gezien enkel bomen uit homogene bestanden gemeten. Hier gaat het om hoogtes van berken die verspreid over Vlaanderen in al dan niet gemengde bestanden groeien. Maar het geeft ons wel een aantal voor de praktijk bruikbare richtcijfers zonder dat het nodig is extra metingen uit te voeren.

Als model werd gekozen voor:

$$\frac{1}{h} = a + \frac{b}{dbh}$$

Hierin is h de tophoogte, dbh de diameter op borsthoogte en a en b zijn constanten. Met dit model hebben we geen leeftijd nodig. We kennen de leeftijd van de bomen meestal niet en die leeftijd is ook minder relevant omdat de bomen uit deze dataset soms uit sterk verschillende bestanden komen. Dichtstand zal hier meer impact hebben op groei dan leeftijd. Het is weliswaar een model dat voornamelijk gebruikt wordt voor tropische bossen (Fang en Bailey, 1998), maar de vergelijking lijkt zeer sterk op de Petterson formule (Petterson, 1955). Deze laatste wordt frequent voor homogene gelijkjarige bestanden, temeer omdat het veranderen van de machtsfactor verwaarloosbaar blijkt voor de precisie van de hoogteschatting (Woollons, 2003):

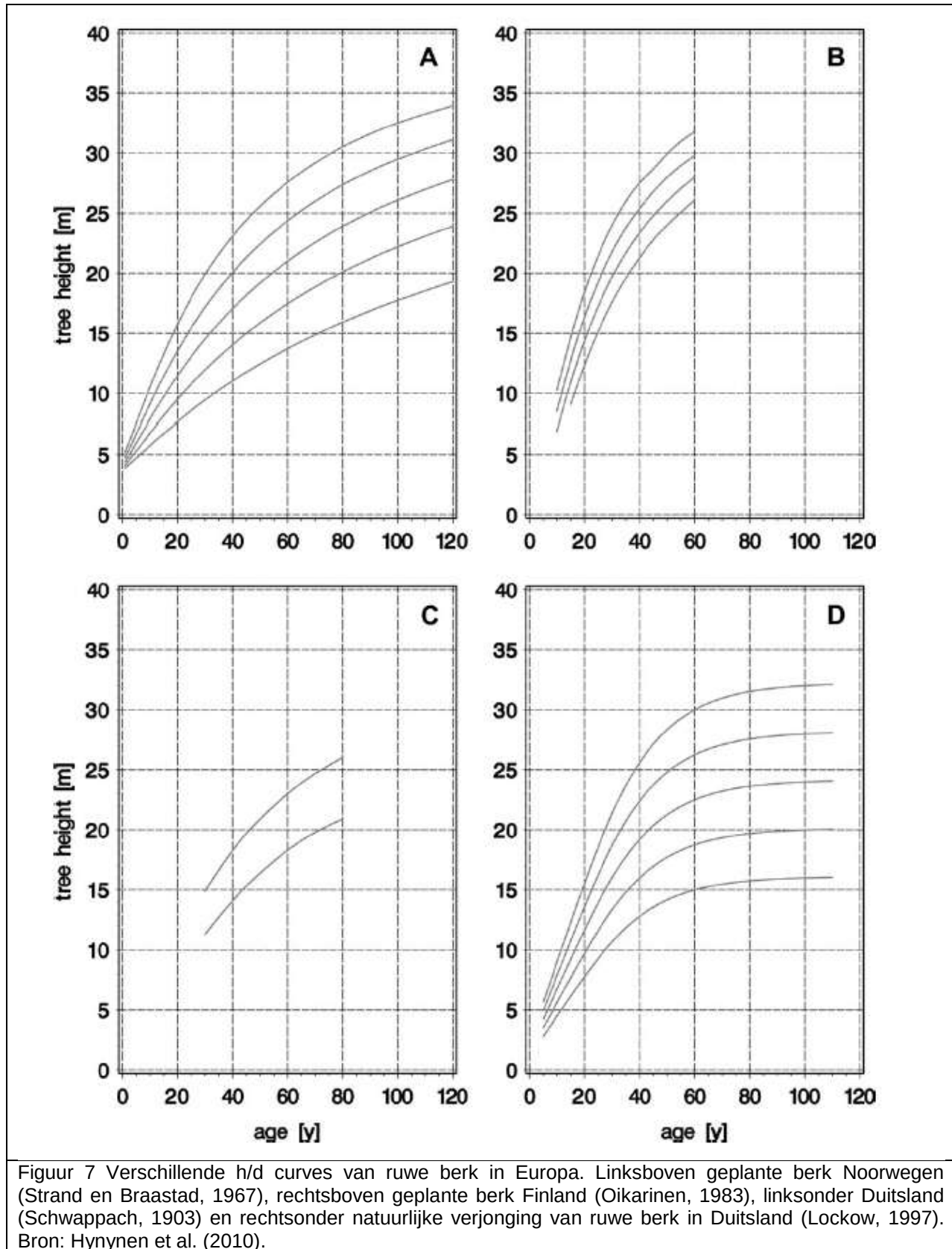
$$\frac{1}{\sqrt[3]{(h - 1,3)}} = a + \frac{b}{dbh}$$

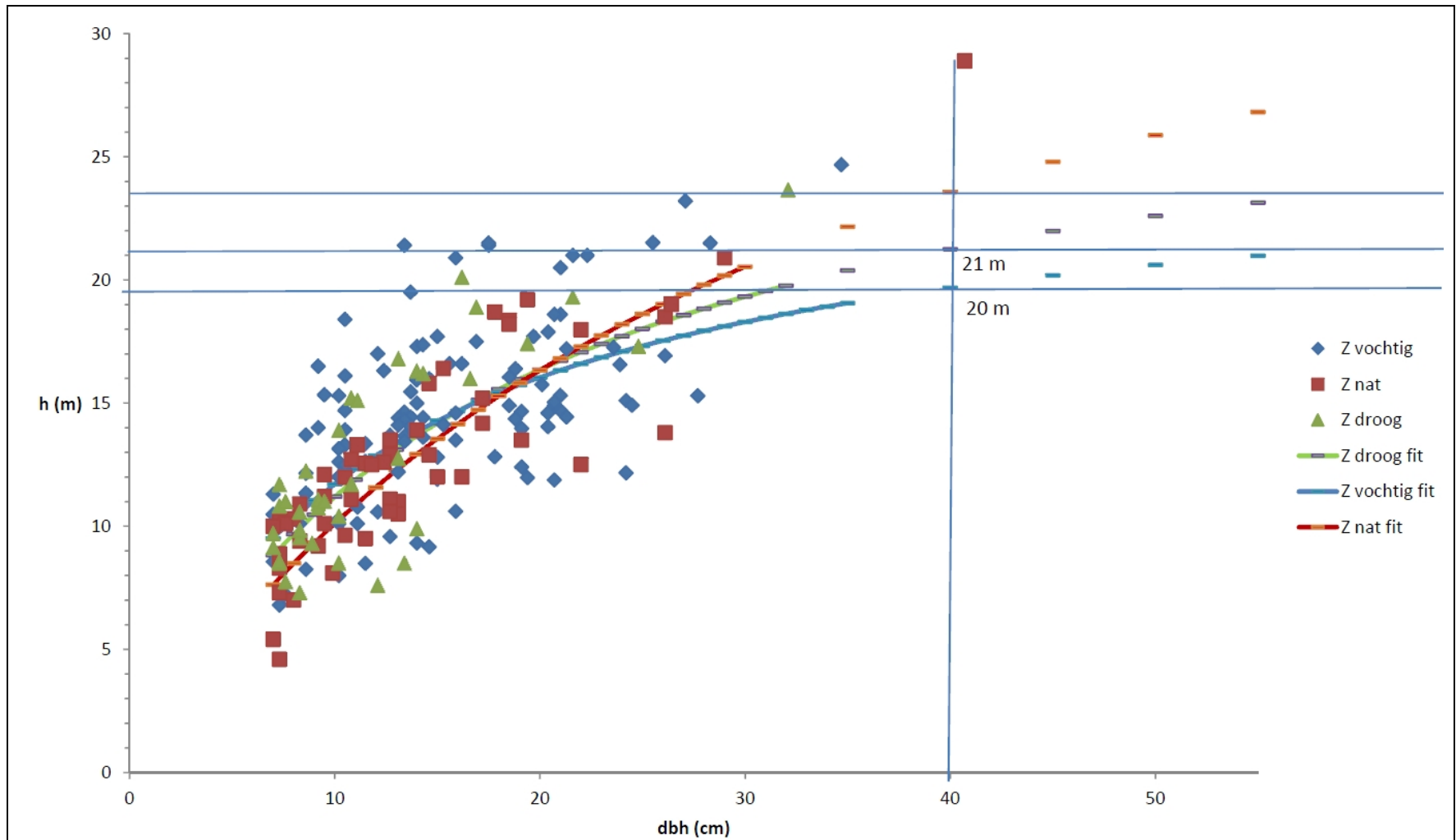
Ook hier zijn heel wat randbemerkingen te maken, er gebeurde o.a. geen analyse van de residuen van het model, een paar extreme outliers zijn op zicht weggenomen, er werd niet eerst nagegaan of andere modellen misschien beter op de gegevens aansluiten en voor sommige bodemassociatieklassen hebben we onvoldoende metingen. Maar het geeft ons opnieuw zonder veel extra inspanningen een aantal voor de praktijk bruikbare richtcijfers.

Het gaat om gegevens van zowel ruwe als zachte berk, we nemen aan dat het aandeel zachte berk vooral belangrijk is op de natte gronden.

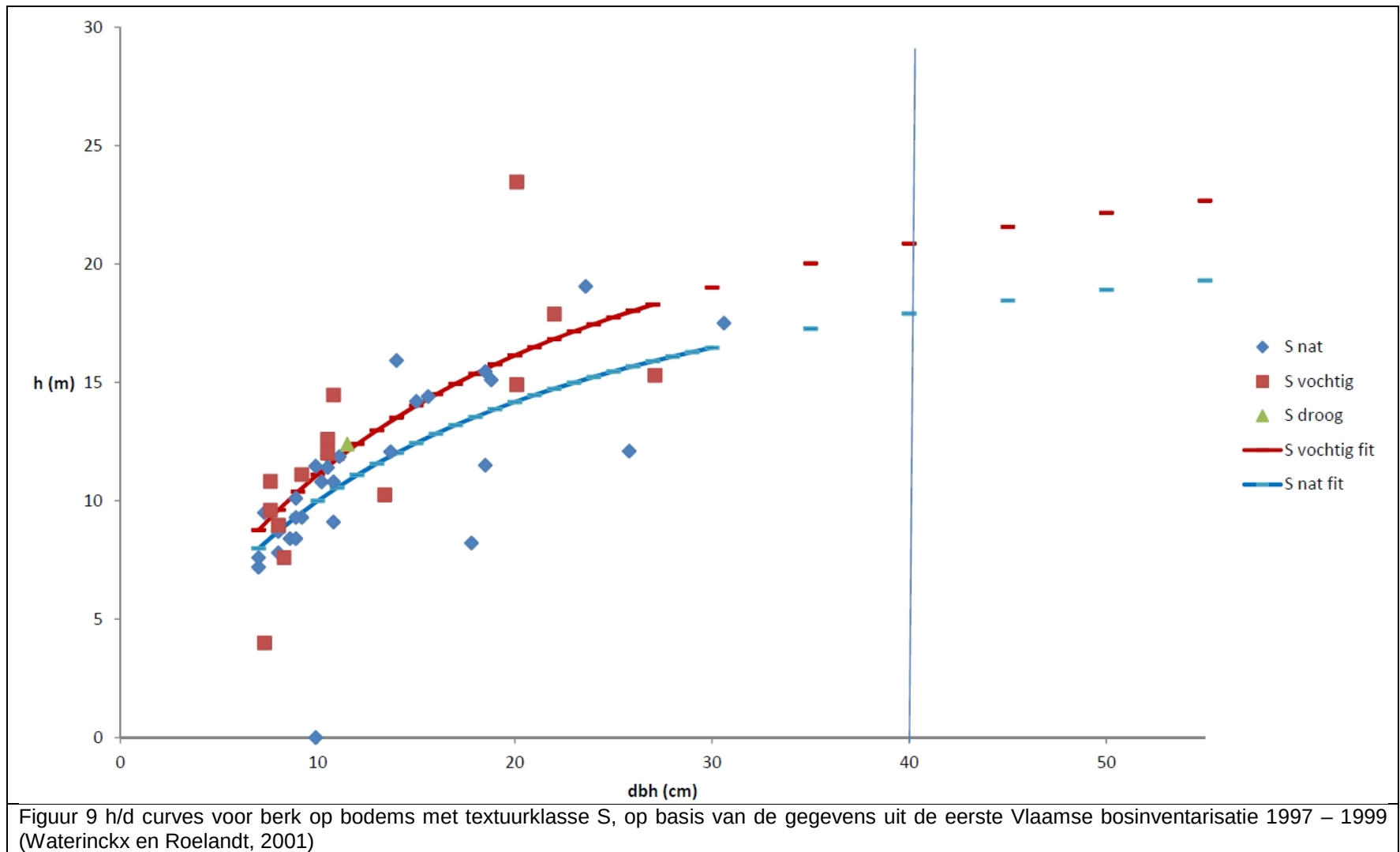
Op termijn kunnen eventueel via aparte projecten meer correcte cijfers worden berekend.

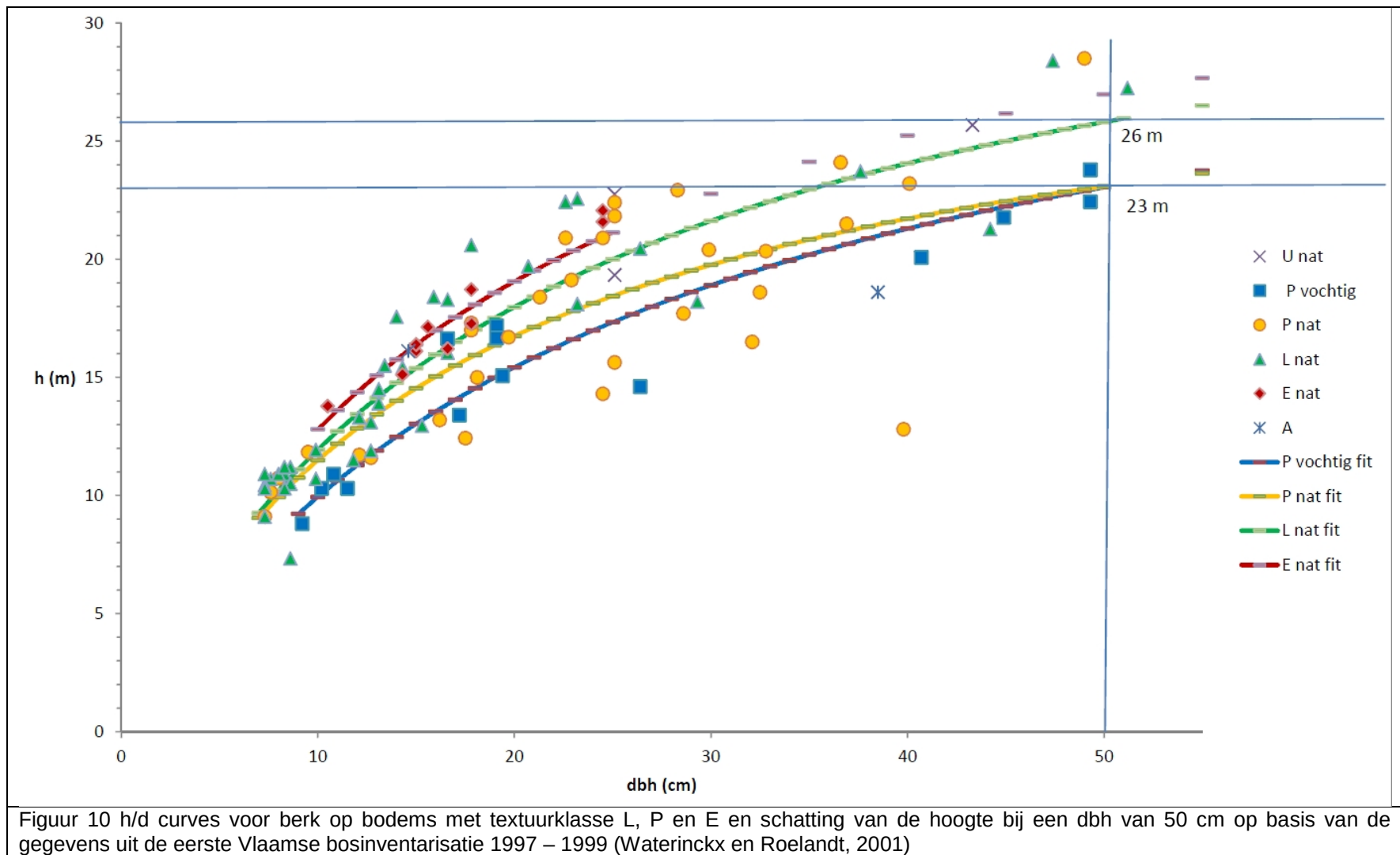
De resultaten worden gegeven in figuur 8, figuur 9 en figuur 10.





Figuur 8 h/d curves voor berk op bodems met textuurklasse Z en schatting van de hoogte bij een dbh van 40 cm, op basis van de gegevens uit de eerste Vlaamse bosinventarisatie 1997 – 1999 (Waterinckx en Roelandt, 2001)





Figuur 10 h/d curves voor berk op bodems met textuurklasse L, P en E en schatting van de hoogte bij een dbh van 50 cm op basis van de gegevens uit de eerste Vlaamse bosinventarisatie 1997 – 1999 (Waterinckx en Roelandt, 2001)

Combineren we nu de gegevens uit Tabel 3 en de figuren hierboven, dan komen we tot een reeks berekende cijfers van het na te streven aantal toekomstbomen per hectare per bodemassociatie in tabel 4.

Tabel 4 Berekening van het na te streven aantal toekomstbomen per hectare naargelang de bodemassociatie.

Vereenvoudigde bodemassociatie	Naam textuurklasse	Te verwachten eindhoogte (bij doeldiameter)	Na te streven takvrije stamlengte	Na te streven afstand tussen toekomstbomen	Max. na te streven aantal toekomstbomen per ha
Z vochtig	Zand	20 m (dbh 40 cm)	5 m	16,7	41
Z droog	Zand	21 m (dbh 40 cm)	5,5 m	17,6	37
Z nat	Zand	21 m (dbh 40 cm) ?	5,5 m ?	17,6	37
S vochtig	Lemig zand	18 m (dbh 40 cm) ?	4,5 m ??	13,8	60
S nat	Lemig zand	18 m (dbh 40 cm) ?	4,5 m ??	15,1	50
L nat	Zandleem	26 m (dbh 50 cm)	6,5 m	21,2	26
P nat	Licht zandleem	23 m (dbh 50 cm)	6 m	18,9	32
P vochtig	Licht zandleem	23 m (dbh 50 cm)	6 m	18,9	32
E nat	Klei	26 m (dbh 50 cm)	6,5 m	21,2	26

2.2.2. Vuistregels voor de praktijk

Naarmate er meer en meer gedetailleerde cijfers beschikbaar komen kan tabel 4 in de toekomst worden verfijnd. In 2.1 gaven we al enkele overwegingen hoe de theoretische cijfers voor gebruik in praktijk kunnen worden afgerond tot ruwe vuistregels. Vatten we alles samen dan komen we tot enkele zeer simpele vuistregels in tabel 5.

Tabel 5 Tentatieve vuistregels voor de praktijk

Totale hoogte (m)	Bodem	Verwachte gemiddelde kroondiameter (m)	Takvrije stamlengte, al dan niet door opsnoei (m)	Na te streven afstand tussen toekomstbomen (m)	Aantal toekomstbomen per hectare
18 - 20	Zeer arm	7	5	12 - 14	60 – 80
20 - 24	Zandleem	9	6	15 - 16	45 – 55
> 24	Betere leembodems	10	> 6	18 - 19	36 – 40

2.3. Wanneer begint de dimensionering?

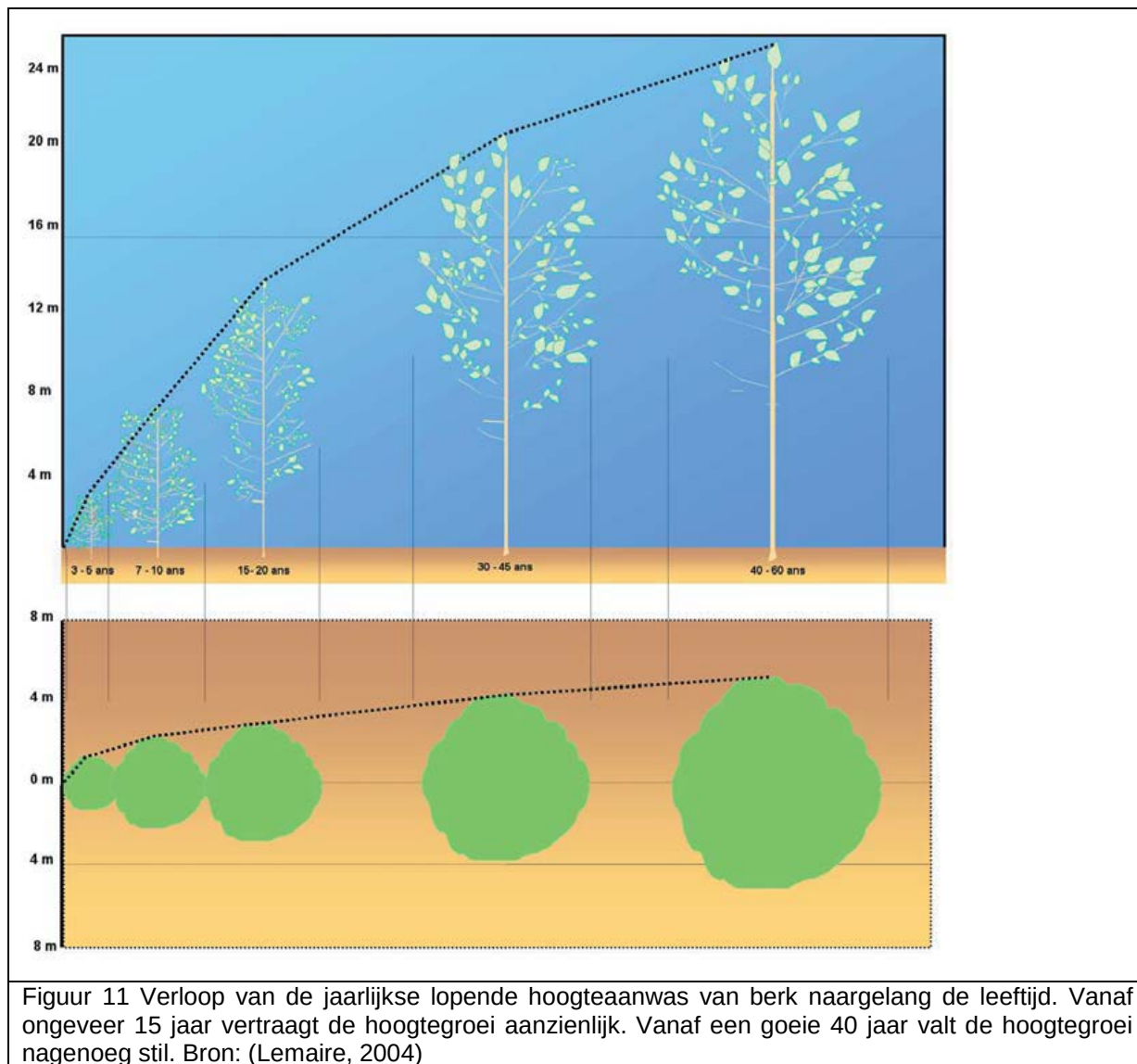
Het “omslagpunt”, het tijdstip waarop van kwalificering naar dimensionering wordt overgeschakeld, valt op het moment dat de takvrije stamlengte² ongeveer 25 % van de verwachte eindhoogte heeft bereikt. Aangezien de kroon nooit minder dan 45 – 50 % van de totale hoogte mag uitmaken om groeiachterstand te vermijden, is dit ook het moment waarop de totale hoogte ongeveer de helft van de verwachte eindhoogte bereikt.

² bij een aantal boomsoorten blijven dode takken zitten en moet opgesnoeid worden

Fysiologisch komt dit overeen met een tijdstip kort na de culminatie van de hoogtegroe. Uit een grootschalig modellering van metingen in natuurlijke verjonging van berk in Baden-Württemberg blijkt dat de lopende jaarlijkse hoogteaanwas daar gemiddeld culmineert op een leeftijd van 11 jaar (Hein et al., 2009). Op de slechtst boniteit bedroeg de gemiddelde boniteit dan 0,57 m/jaar, op de beste was dit 0,96 m/jaar, m.a.w. op de slechtse boniteit bedroeg de gemiddelde hoogte toen 6,27 m en op de beste 10,56 m.

Als vuistregel voor de praktijk in dichte, gelijkjarige, spontane verjonging van berk geldt dat het begin van de dimensionering valt op een leeftijd van 12 tot 15 jaar (Wilhelm, 2013). De gemiddelde hoogte ligt dan tussen 9 en 15 meter. Voor individuele berken kan gekeken worden of de hoogte op dat moment ongeveer het dubbele bedraagt van de na te streven takvrije stamlengte (tabel 4) op die bepaalde groeiplaats. M.a.w. op arme bodems (takvrije stamlengte 5 m) begint de dimensionering bij een hoogte van ongeveer 10 m; op rijke bodems (takvrije stamlengte 6 m) bij 12 m.

Vanaf de leeftijd van 15 – 20 jaar vertraagt de hoogtegroe aanzienlijk (figuur 11). Starten met QD-beheer na die leeftijd biedt geen meerwaarde meer.



De dimensioneringsfase eindigt als de hoogte ongeveer 80 % van de verwachte eindhoogte heeft bereikt. Dit valt rond de leeftijd van 30 – 40 jaar. Bij een omloop van 4 jaar moeten de toekomstbomen dus 5 tot 7 keer worden vrijgesteld voor de aanvang van de rijpingsfase.

2.4. Hoe sterk moeten toekomstbomen worden vrijgesteld in de dimensioneringsfase ?

Rond de periode van de culminatie van de hoogtegroeï groeien de eindscheuten van berk ongeveer 50 cm per jaar op arme groeiplaatsen en ongeveer 1 m per jaar op rijke groeiplaatsen (hoofdstuk 2.3). Op ouder leeftijd zakt die groeisnelheid (tabel 6).

Tabel 6 Gemiddelde jaarlijkse groei eindscheuten van berk tijdens verschillende leeftijdsfasen.		
Proef	Gemiddelde hoogtegroeï (cm/j)	Bron
Onderzoek naar 54 berken (ruwe berk) tussen 0,5 en 2,5 m, gemiddeld max. 6 jaar oud. Hiervan werden 21 bomen gebruikt voor de fit. Gegevens enkel voor niet aangevreten boompjes:	32,1	(Bakker, 1991)
11-jarige herkomstproef	68 - 86	(Jager, 1990)
25 jarige proefbestand	35 - 50	(Jager, 1990)
"landschappelijke beplantingen"	53 - 103	(Jager, 1990)

De lopende jaarlijkse hoogteaanwas zakt onder de 40 cm tus 20 en 30 jaar en onder de 5 cm tussen 50 en 58 jaar, telkens naargelang de boniteit (Hein et al., 2009).

Indien een omloop van 4 jaar wordt aangehouden betekent dit dat bij het begin van de dimensionering op een arme groeiplaats de kroon rondom ongeveer 2 m moet vrijgesteld worden. Op rijke groeiplaatsen loopt dit op tot ongeveer 4 m.

Lemaire (2004) komt tot gelijkaardige afstanden door als vuistregel te nemen dat de kroon van toekomstbomen rondom moet worden vrijgesteld over een strook die gelijk is aan een kwart van de dominante hoogte. M.a.w. indien de dominante hoogte 9 m is wordt de kroon rondom 2 m vrijgesteld, bij een dominante hoogte van 16 m is dit 4 m.

Bij volgende ingrepen zakt die afstand.

2.5. Wat gebeurt er tijdens de kwalificeringsfase?

We kunnen inspiratie halen uit klassiek hooghoutbeheer. Er is echter nauwelijks ervaring met hooghoutbeheer van berk. Ervaringen uit Scandinavië zijn hier maar beperkt bruikbaar.

Volgens algemene QD-richtlijnen moet in deze fase wel al beperkt worden ingegrepen. Doel is om ervoor te zorgen dat er ongeveer drie keer zoveel potentiële toekomstbomen, "opties", volop de kans krijgen om zicht te ontwikkelen. Een optie om de 3 à 5 m dus. Er wordt enkel ingegrepen indien concurrenten de ontwikkeling van de opties bedreigen. In praktijk worden dus vooral zgn. wolven of protzen verwijderd door knikken of ringen. Dit zijn breed uitgroeïende takkige voorlopers. Eerste ingreep gebeurt als de bomen ongeveer 6 m hoog zijn. Op goede standplaats is dit 8 m (Lockow, 2000).

Praktisch worden om de 10 m kijkpaden aangelegd, smalle gangetjes die breed genoeg zijn opdat een persoon gemakkelijk te voet doorheen het bestand kan lopen en vanop de kijkpaden een overzicht krijgt op de bomen in het bestand. Paden kunnen aangelegd worden door rechte lijnen uit te zetten en vervolgens met een bosmaaier met daarop een zaagblad gemonteerd, of met een kleine tractor met voorop een klepelmaaier gemonteerd, de gangen te trekken. Later kunnen een aantal van die kijkpaden, bijvoorbeeld 1 op 2, behouden blijven en gebruikt worden als uitsleppistes. Het is waarschijnlijk gemakkelijker om de kijkpaden aan te leggen als de bomen ongeveer 2 m zijn, m.a.w. een hoogte waar je als je op een tractor met vooraan een klepelmaaier gekoppeld, nog gemakkelijk kan overheen kijken. Op die manier kan je gemakkelijk rechte gangen klepelen. Het aanleggen van rechte gangen in een dichtwas van 6 m hoog vergt heel wat moeite.

Anderen zijn echter van mening dat in de jongwas en dichtwas niet moet worden ingegrepen, zolang de bomen maar dicht genoeg staan (Pusch et al., 2004). De eerste ingreep gebeurt dan als de bomen het omslagpunt bereiken (zie 2.3). Maar er kan verwacht worden dat als toekomstbomen dan onmiddellijk 2 tot 4 m rondom volledige worden vrijgesteld, ze gaan hangen.

In het kader van KOB H1 werd op de Oudsberg (Meeuwen-Gruitrode) een vergelijkende proef aangelegd waarbij in een deel van een berkenverjonging wel werd ingegrepen in de dichtwas, in een ander deel niet. Resultaten zullen binnen enkele jaren zichtbaar zijn.

In berkenverjonging waarin ook een aantal andere soorten gemengd mee opgroeien dient zeker te worden ingegrepen.

3. Bijlage: Zachte en ruwe berk

Er is geen verschil tussen QD beheer van zachte berk of van ruwe berk. Verschil tussen het hout van beide soorten is enkel met een microscoop vast te stellen. En de soorten kunnen soms hybridiseren. Nochtans zijn er verschillen. Hieronder wordt een overzicht gegeven.

3.1. Hout



Tabel 7 Fysisch-mechanische kenmerken van berkenhout			
Volumieke massa (kg/m³)	Bij vochtgehalte	Bron	In bron
630	12 %	(Lavers en Moore, 1983)	(Cameron et al., 1995)
550 - 740	12 %	(Centrum Hout en Probos, 2010)	
610 - 680	ovendroog	(Sell, 1989)	(Cieremans, 1999)
650 - 730	15 %	(Sell, 1989)	(Cieremans, 1999)

3.2. Naamgeving

1753 : Carolus Linnaeus: alle boomvormige berken behoren tot één soort: *Betula alba* L.

1788: Albrecht Wilhelm Roth klasseert ruwe berk als *Betula pendula* Roth

1791: Jakob Friedrich Ehrhardt splitst de soort op in *Betula pubescens* Ehrh. en suggereert *Betula verrucosa* Ehrh. i.p.v. *Betula pendula* Roth

(Natho, 1968, Lemaire, 1998 - p. 19, OECD, 2003)

Er blijft discussie tot in 1925 wordt aangetoond dat de twee soorten een verschillend chromosoomgetal hebben (Helms en Jörgensen, 1925)

$$n = x = 14$$

Betula pendula Roth : $2n = 28$ (diploïde)

Betula pubescens Ehrh. : $2n = 56$ (tetraploïde)

Ruwe berk	
Wetenschappelijke naam	Betula pendula Roth
Nederlands	Ruwe berk (Tamis et al., 2004)
Français	Bouleau verruqueux (cfr. verruca = wrat, verrucosus: vol met wratten; jonge twijgen hebben harsachtige bleke wratjes met een diameter van ong. 1 mm)
Deutsch	Sandbirke
English	Silver Birch
Synoniemen (Buiting en Wagteveld, 2002, Floradatabank, 2012)	
Wetenschappelijke naam	Betula alba auct. non L. Betula verrucosa Ehrh.
Nederlands	Witte berk
Français	
Deutsch (Dr. Silviu Wodarz Stiftung en Verein e.V. Baum des Jahres, 2000)	Weißbirke Warzenbirke (cfr. verrucosa) Hängebirke (cfr. "pendula": hangende takken)
English	European white birch (OECD, 2003)

Varieteiten	
Commercieel 	Betula pendula var. carelica SOK. NI: Karelische berk, Masur berk Dui: Maserbirke, Braunmaserbirke Eng: curly birch Wordt verkocht per kilo (Hagqvist, 2007): € 3 – 5/kg voor noestvrij zaaghout (= € 4.500/m³) € 0,5 – 1 voor zaaghout met gebreken of voor kleinere dimensies

	Het voorlaatste van de 52 Fabergé eieren werd in 1917 uit Karelisch berkenhout vervaardigd. Als gevolg van de Russische revolutie kon tsaar Nicholas II het nooit aan Maria Fyodorovna overhandigen. http://www.mieks.com/faberge/eieren/1917-Birch-Egg.htm
Stadsgroen	Massa's siervarieteiten

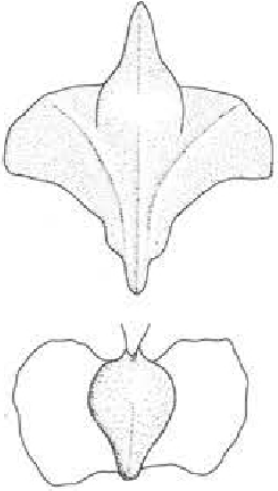
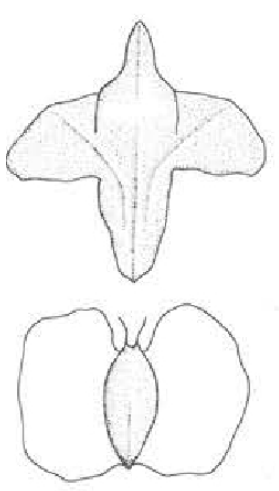
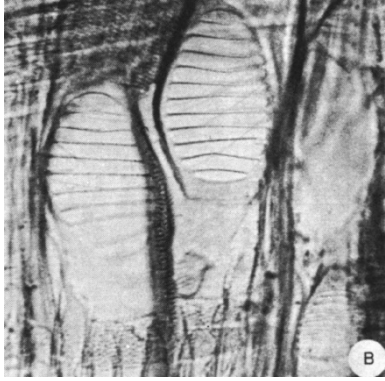
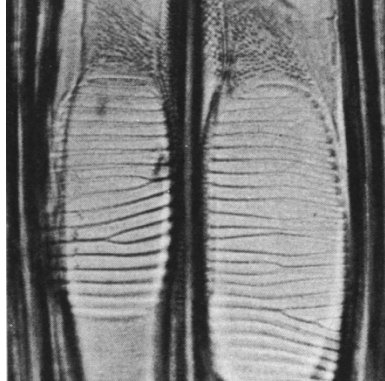
Zachte berk	
Wetenschappelijke naam	Betula pubescens Ehrh.
Nederlands	Zachte berk (Tamis et al., 2004)
Français	Bouleau pubescent
Deutsch	Moorbirke
English	Downy Birch
Synoniemen (Buiting en Wagteveld, 2002, Floradatabank, 2012)	
Wetenschappelijke naam	Betula alba L.
Nederlands	Zachtharige berk
Français	
Deutsch	Besenbirke Haarbirke
English	Pubescent birch
Stadsgroen	Massa's siervarieteiten

3.3. Onderscheid ruwe en zachte berk

Kenmerk	Ruwe berk	Zachte berk
Blad (Viherä-Aarnio, 2007)		
	Bladschijf driehoekig-ruitvormig, lang toegeslits, in volgroeide toestand kaal, meestal dubbel getand. (De Langhe et al., 1988)	Bladschijf eirond tot eirond-driehoekig, kort toegespitst, meestal enkel gezaagd; volgroeide bladen aan de onderzijde meestal iets zachtharig blijvend. (De Langhe et al., 1988)
	De Ruwe en de Zachte berk zijn dikwijls moeilijk van elkaar te onderscheiden. Het betrouwbaarste verschilkenmerk vormt het al dan niet aanwezig zijn van <u>beharing in de nerfoksels aan de onderkant van het blad</u> . Verder moet op combinaties van kenmerken worden gelet. Daarbij moet men nooit op waterloten afgaan, omdat deze een andere beharing en bladvorm vertonen dan de normale twijgen. (Weeda et al., 1985)	
Stomata	Gem. 30 – 35 µm	Gem. ± 40 µm
	<i>Het onderscheid tussen de twee soorten kan zeer nauwkeurig gemaakt worden indien de lengte van de stomata wordt gemeten (Kujala, 1946, Atkinson, 1984, 1992)</i>	

Twijg (Viherä-Aarnio, 2007)		
		Jonge takken zachtharig, niet wrattig. (De Langhe et al., 1988)

Stam (Viherä-Aarnio, 2007)		
Schutblaadjes en nootjes (Viherä-Aarnio, 2007)		
	Vrucht gevleugeld, vleugels elk 2-3 maal zo breed als de eigenlijke dopvrucht. (De Langhe et al., 1988) “width of fruit 3 - 5mm, the upper edge of the wings surpassing the stigmas by 0,5 - 1,5 mm” (Atkinson, 1992)	Vrucht met vleugels die elk 1-2 maal zo breed zijn als de eigenlijke dopvrucht. (De Langhe et al., 1988) “width of fruit 2 - 4 mm, the upper edge of the wings surpassing the stigmas by 0 - 0,3 mm” (Atkinson, 1992)

(Weeda et al., 1985)		
Winterknoppen		
	Winterknoppen niet kleverig. (De Langhe et al., 1988)	Winterknoppen kleverig. (De Langhe et al., 1988)
Hout		
		“if the average number of bars per scalariform perforation plate is more than 17,6; the sample is probably from <i>B. pubescens</i>” (Bhat en Kärkäinen, 1980)
De foto's werden telkens overgenomen uit de vermelde bronnen.		

4. Referenties

- Betula* - *ethymologie en gebruiken* [Online]. Available: <http://www.volkoomen.nl/B/betula.htm> [Accessed 31/01 2012].
- ATKINSON, M. D. 1984. *Biosystematic studies of the genus Betula in Britain and north-west Europe*. Council for National Academic Awards (CNAA) PhD.
- ATKINSON, M. D. 1992. *Betula Pendula* Roth (B. *Verrucosa* Ehrh.) and *B. Pubescens* Ehrh. *Journal of Ecology*, 80, 837-870.
- BAKKER, M. R. 1991. Hoogtegroei van ruwe berk, beuk en zomereik in de jeugdfase. Wageningen: Landbouwniversiteit Wageningen.
- BHAT, K. M. & KÄRKÄINEN, M. 1980. Distinguishing between *Betula pendula* Roth. and *Betula pubescens* Ehrh. on the basis of wood anatomy. *Silva Fennica*, 14, 294-304.
- BRAASTAD, H. 1967. Produksjonstabeller for bjørk. *Meddelelser fra Det norske Skogforsøksvesen*, 22, 265 - 365.
- BUITING, R. & WAGTEVELD, M. 2002. *Fiches loofbomen* [Online]. Dieren: Buiting bosontwikkeling. Available: <http://www.doordebomenhetboszien.nl/html/loofbomen.html> [Accessed 13 July 2009].
- CAMERON, A. D., DUNHAM, R. A. & PETTY, J. A. 1995. The effects of heavy thinning on stem quality and timber properties of silver birch (*Betula pendula* Roth). *Forestry*, 68, 275-286.
- CENTRUM HOUT & PROBOS. 2010. *Houtdatabase versie 1.20* [Online]. Available: <http://www.houtdatabase.nl/> [Accessed 5 maart 2012].
- CIEREMANS, H. M. 1999. *Inlandse berk : fysisch-mechanische houteigenschappen, de relatie met teelt & toepassing als vloerhout*. MSc MSc, Wageningen Universiteit.
- DE LANGHE, J. E., DELVOSALLE, L., DUVIGNEAUD, J., LAMBINON, J. & VANDEN BERGHEN, C. 1988. *Flora van België, het Groothertogdom Luxemburg, Noord-Frankrijk en de aangrenzende gebieden (Pteridofyten en Spermatofyten)*. Tweede druk., Meise, Patrimonium van de Nationale Plantentuin van België.
- DR. SILVIUS WODARZ STIFTUNG & VEREIN E.V. BAUM DES JAHRES. 2000. *Die Sandbirke - Baum des Jahres 2000. Die Sandbirke - elegant, anspruchslos, europaweit* [Online]. Dr. Silvius Wodarz Stiftung, Verein e.V. Baum des Jahres. Available: <http://baum-des-jahres.de/index.php?id=336> [Accessed 20/01 2012].
- EBERT, H.-P. 2006. *Die Birken. Die Behandlung nicht häufig vorkommender Baumarten (Nebenbaumarten)*. Rottenburg am Neckar: Hochschule für Forstwirtschaft.
- FAHLVIK, N., AGESTAM, E., EKO, P. M. & LINDEN, M. 2011. Development of single-storied mixtures of Norway spruce and birch in Southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 26, 36-45.
- FANG, Z. & BAILEY, R. L. 1998. Height-diameter models for tropical forests on Hainan Island in southern China. *Forest Ecology and Management*, 110, 315-327.
- FLORADATABANK. 2012. *Floradatabank* [Online]. Brussel: Flo.Wer vzw, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Nationale Plantentuin van België. Available: <http://flora.inbo.be> [Accessed 20/01 2012].
- HAGQVIST, R. 2007. Curly birch (*Betula pendula* var. *carelica*) and its management in Finland. *COST E42 - Growing Valuable Broad leaved Tree Species Meeting & Workshop: Production and utilization of high quality birch*. Finland.
- HALLAKSELA, A. M. & NIEMISTÖ, P. 1998. Stem discoloration of planted silver birch. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 13, 169-176.
- HEIN, S., WINTERHALTER, D., WILHELM, G. J. & KOHNLE, U. 2009. Wertholzproduktion mit der Sandbirke (*Betula pendula* Roth): waldbauliche Möglichkeiten und Grenzen. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung*, 180, 206 - 219.
- HELMS, A. & JÖRGENSEN, C. A. 1925. Birkene paa Maglemose. *Botanisk Tidsskrift*, 39, 57 - 134.
- HYNNYEN, J., NIEMISTÖ, P., VIHERRÄ-AARNIO, A., BRUNNER, A., HEIN, S. & VELLING, P. 2010. Silviculture of birch (*Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh.) in northern Europe. *Forestry*, 83, 103-119.
- JAGER, K. 1990. De jeugdgroei van enkele inheemse lootboomsoorten in relatie tot de groeiplaats. Wageningen: Instituut voor Bosbouw en Groenbeheer "De Dorschkamp".
- JANSEN, J. J., SEVENSTER, J. & FABER, P. J. 1996. *Opbrengsttabellen voor belangrijke boomsoorten*

- in Nederland, Wageningen, IBN-DLO.
- KELTY, M. J. & CAMERON, I. R. 1995. Plot designs for the analysis of species interactions in mixed stands. *Commonwealth Forestry Review*, 74, 322 - 332.
- KUJALA, V. 1946. Koivututkimuksia. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*, 34, 1 - 35.
- LAVERS, G. M. & MOORE, G. L. 1983. *The strength properties of timber*, London, H.M.S.O.
- LEMAIRE, J. 1998. *Contributions à l'étude de la sylviculture du Betula pendula Roth au Bois de Lauzelle (Louvain-la-Neuve)*. MSc Mémoire de fin d'études, Université Catholique de Louvain
- LEMAIRE, J. 2004. Culture d'arbre et détournement du bouleau verruqueux. *Forêt-Entreprise*, 14 - 18.
- LOCKOW, K.-W. 1997. Die neue Sandbirken-Ertragstafel – Aufbau und Bestandesbehandlung. *Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie*, 31, 75 - 84.
- LOCKOW, K.-W. 2000. Ertragsleistung, Bestandesbehandlung und Eignung der Sandbirke für den Waldumbau. *Die Birke im Nordostdeutschen Tiefland. Eberswalder Forschungsergebnisse zum Baum des Jahres 2000*. Brandenburg: Landesforstanstalt Eberswalde, Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung.
- MATHEIS, W. & WILHELM, G. J. 2002. Wertholzerzeugung mit Birken. *AFZ Der Wald*, 854 - 856.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT SAARLAND 2002. *Richtlinie für die Bewirtschaftung des Staatswaldes im Saarland (Waldbaurichtlinie)*, accessed on-line at <http://www.saarland.de/8253.htm> on 8 July 2009, Ministerium für Umwelt Saarland.
- NATHO, G. 1968. Bemerkungen zur Benennung der Bastarde. *Taxon*, 17, 115-117.
- NEVALAINEN, S. 2006. Discolouration of birch after sapping. *Skogforsk*, accessed on-line at http://skogforsk.pdc.no/utskrift.php?seks_id=23565&sid=22548&t=A on 7/02/2013.
- OECD 2003. Consensus document on the biology of European White birch (*Betula pendula* Roth). *Series on Harmonisation of Regulatory Oversight in Biotechnology*, No. 28. Paris: Environment Directorate, Organisation for Economic Co-operation and Development.
- OIKARINEN, M. 1983. Etelä-Suomen viljeltyjen rauduskoivikoiden kasvatusmallit. *Communicationes Instituti Forestales Fenniae*, 113, 75.
- OOSTERBAAN, A. 2000. *Begeleiding van natuurlijke bosverjonging*, Wageningen, Alterra.
- PETTERSON, H. 1955. Die Massenproduktion des Nadelwaldes. *Meddelanden från Statens skogsforskningsinstitut*, 45, 189.
- PUSCH, A., BREMUS, K.-H., BEHN, R. & PAMPE, A. 2004. *Pflege und Entwicklung von Roterle, Birke und anderen Weichlaubebäumen*, Wolfenbüttel, Niedersächsisches Ministerium für den ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.
- RAULO, J. 1978. Forestation chain for birch (*Betula pendula* Roth) in Finland. *Silva Fennica*, 12, 17 - 24.
- SCHWAPPACH, A. 1903. Beiträge zur Kenntnis der Wuchsleistung von Birkenbeständen. *Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen*, 479 - 785.
- SELL, J. 1989. *Eigenschaften und Kenngrößen von Holzarten*, Zürich, Baufachverlag Lignum, Schweizerische Arbeitsgemeinschaft
- SPERBER, G. 2000. *Die Sandbirke im Werturteil des deutschen Waldbaus: Betulamanie, Unholz, Pionier und Mischbaumart* [Online]. Freising, Deutschland LWF Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Available: <http://www.lwf.bayern.de/veroeffentlichungen/lwf-wissen/28-sandbirke/> [Accessed 25/01 2013].
- STRAND, L. & BRAASTAD, H. 1967. Høydekurver for bjørk. *Meddelelser fra det Norske Skogforsøksvesen*, 22, 291 - 302.
- TAMIS, W. L. M., VAN DER MEIJDEN, R., RUNHAAR, J., BEKKER, R. M., OZINGA, W. A., ODÉ, B. & HOSTE, I. 2004. Standaardlijst van de Nederlandse flora 2003. *Gorteria*, 30, 101 - 195.
- VIHERÄ-AARNIO, A. 2007. Ecology of birch species. *COST E42 - Growing Valuable Broad leaved Tree Species Meeting & Workshop: Production and utilization of high quality birch*. Finland.
- VON CARLOWITZ, H. C. 1732. *Sylvicultura Oeconomica. Hausswirthliche Nachricht und Naturmäßige Anweisung zur Wilden Baum-Zucht*, Leipzig, Johann Friedrich Braun.
- WATERINCKX, M. & ROELANDT, B. 2001. De bosinventarisatie van het Vlaamse Gewest. Resultaten van de eerste inventarisatie 1997-1999. Brussel: Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, afdeling Bos en Groen.
- WEEDA, E., WESTRA, R., WESTRA, C. & WESTRA, T. 1985. Berkenfamilie. *Nederlandse Oecologische flora. Wilde planten en hun relaties 1.*: IVN, VARA, VEWIN.
- WILHELM, G. J. 2013. *Naturnahe Waldwirtschaft mit der QD-Strategie*, Stuttgart, Ulmer.
- WOOLLONS, R. C. 2003. Examination of mean top height definitions and height estimation equations for

Pinus radiata in New Zealand. *Journal of Forestry*, 48, 15 - 18.