



Vlaanderen
is wetenschap

Genetische karakterisatie van de 17de-eeuwse lindedreef bij de abdij van Tongerlo (Westerlo).

An Vanden Broeck, Karen Cox en Joachim Mergeay

INSTITUUT
NATUUR- EN BOSONDERZOEK

Auteurs:

An Vanden Broeck, Karen Cox en Joachim Mergeay
Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek

Het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) is het Vlaams onderzoeks- en kenniscentrum voor natuur en het duurzame beheer en gebruik ervan. Het INBO verricht onderzoek en levert kennis aan al wie het beleid voorbereidt, uitvoert of erin geïnteresseerd is.

Vestiging:

INBO Geraardsbergen
Gaverstraat 4, 9500 Geraardsbergen
www.inbo.be

e-mail:

an.vandenbroeck@inbo.be

Wijze van citeren:

Vanden Broeck A., Cox K., Mergeay J. (2016). Genetische karakterisatie van de 17de-eeuwse lindedreef bij de abdij van Tongerlo (Westerlo). Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2016 (INBO.R.2016.11365151). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

D/2016/3241/003

INBO.R.2016.11365151

ISSN: 1782-9054

Verantwoordelijke uitgever:

Maurice Hoffmann

Druk:

Managementondersteunende Diensten van de Vlaamse overheid

Foto cover:

Lindedreef bij de abdij van Tongerlo (Westerlo) © Onroerend Erfgoed | K. Vandevorst

Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van:

Agentschap Onroerend Erfgoed, Koning Albert II-laan 19, bus 5, 1210 Brussel. Opdrachtnummer 15011

**Agentschap
Onroerend
Erfgoed**



Genetische karakterisatie van de 17^{de}-eeuwse lindedreef bij de abdij van Tongerlo (Westerlo)

An Vanden Broeck, Karen Cox en Joachim Mergeay

INBO.R.2016.11365151
Opdrachtnummer 15011

Dankwoord

We danken de vele enthousiaste mensen die hielpen bij het verzamelen van bladstalen voor dit onderzoek. Van harte dank aan Koen Smets en Geert Van der Linden (Agentschap Onroerend Erfgoed), Jan van den Brandhof (Nationaal lindenarboretum Winterswijk, Nederland), Bert Maes (Ecologisch Adviesbureau Maes), Jef Van Meulder (Arboretum Bokrijk), Dirk De Meyere en Nand Van Belle (Plantentuin Meise) en Iwona Melosik (Adam Mickiewicz University, Poznań, Polen). Onze oprechte dank gaat ook uit naar de boomkwekers die ons bladmateriaal van handelsplantsoen bezorgden; boomkwekerij Arbor (Houtvenne, Hulshout), boomkwekerij Houtmeyers (Eindhout, Laakdal), boomkwekerij Van Pelt (Putte), Van der Auwera (Aartselaar), boomkweker Tijdens (Zuidlaren, NL), boomkweker Henk Beinum (Wijckel, NL), boomkwekerij Van den Berk (Sint-Oedenrode, NL) en Proost (Beerse). De labo-analysen werden mogelijk gemaakt dankzij de deskundige ondersteuning van Nancy Van Liefferinge en Sabrina Neyrinck. We danken ook Lieve Vriens, Koen Smets, Geert Van der Linden en Paul Van den Brecht voor opmerkingen en suggesties op een vorige versie van dit rapport.

Samenvatting

De 17e-eeuwse linden in de abdijdreef te Tongerlo behoren tot de oudste Hollandse linden (*Tilia x europaea*) in Vlaanderen. Bij het beheer en de restauratie van de historische dreef, wenst men het oorspronkelijk landschappelijk karakter en de uniformiteit van de dreef te behouden. Informatie over de genetische aard (klonaal of niet klonaal) en oorsprong (herkomst plantmateriaal) van de lindebomen in de dreef ontbreekt en is nodig om de juiste keuze te kunnen maken omtrent het plantsoen bij restauraties. In deze studie werden de bomen uit de dreef van de abdij van Tongerlo genetisch gekarakteriseerd en vergeleken met andere 17e- en 18e-eeuwse oude linden, linden met erfgoedwaarde, linden uit arboreta en recent handelsplantsoen. Hieruit blijkt dat de oudste bomen uit de dreef grotendeels tot eenzelfde klonale groep behoren. Ook enkele andere 17e- en 18e-eeuwse erfgoedlinden uit België en Nederland behoren tot diezelfde klonale groep en kunnen als identiek beschouwd worden aan de oudste linden uit de abdijdreef. De bomen van de abdijdreef werden destijds opgekweekt uit afleggers of stekken. Ze verschillen duidelijk van recent handelsplantsoen van Hollandse linde. Het huidige handelsplantsoen van Hollandse linde is heel erg beperkt in genetische diversiteit en bevat hoofdzakelijk één kloon, namelijk 'Pallida' (syn. 'Koningslinde'). De kloon 'Pallida' wordt eveneens frequent terug gevonden binnen de collectie erfgoedlinden. De resultaten van deze studie sluiten aan bij een recente Deense studie die suggereert dat de kloon 'Pallida' reeds eeuwen veelvuldig wordt aangeplant in Noordwest-Europa. Om het oorspronkelijk karakter te behouden gebeurt restauratie van de dreef bij voorkeur vertrekkende van vegetatief opgekweekt plantsoen van de originele bomen en niet vertrekkende van handelsplantsoen.

English abstract

The avenue of common lime (*Tilia × europaea*) from the 17th century at the Tongerlo Abbey (Westerlo) is one of the oldest plantings of common lime in Flanders (Northern Belgium). Currently, owners and park managers lack specific knowledge about the plant material required to ensure genetically authentic preservation of this historic avenue. The trees were genotyped with DNA markers (AFLPs). As such, information about the nature of the plant material (clonal versus non-clonal) and mode of propagation was obtained. This revealed that the majority of the oldest trees (18 out of the 20) consisted of a single clone. It was also confirmed that vegetative propagation of the oldest trees occurred through layering or cuttings since the genotypic composition of the leaves and of epicormic shoots at the base of the trunk of a subsample of trees were identical. Other Belgian and Dutch lime trees planted in the 17th and 18th century (e.g. Westerlo, Tilburg, Sambeek and Nemelaer) turned out to be 'clone mates' of the old lime trees of Tongerlo. We also tested whether genetic material from the historic lime avenue differs from recent commercial plant stocks and from common limes found in botanical gardens. Genetic diversity within commercial stocks was extremely limited and consisted mainly of only one clonal group: *T. × europaea* 'Pallida' (commercially also known as Kaiser Linden or King's Lime). No clear genetic differences could be found between the varieties morphologically classified as *T. × europaea* 'Pallida' and *T. × europaea* 'Zwarte linde'. The oldest trees of the common lime avenue at Tongerlo Abbey clearly differed from recent commercial plant material, although several other lime trees classified as 'trees of cultural heritage' belong to the clonal group 'Pallida'. This suggests that the genetic diversity of the historic trees as well as the diversity of recent plantings of common lime is extremely limited. From a cultural heritage perspective, we suggest to clonally propagate the oldest trees from the Tongerlo Abbey avenue. These saplings can then be used to fill potential gaps in the avenue.

Inhoudstafel

1	Situering.....	10
2	Variatie binnen het taxon.....	11
3	Onderzoeksmethode.....	13
3.1	Staalname	13
3.1.1	Site abdij van Tongerlo en Westerlo	13
3.1.2	Recent handelsplantsoen.....	13
3.1.3	Arboreta en erfgoedlinden.....	14
3.2	DNA-extractie en AFLP-analyse.....	14
3.3	Data analyse.....	14
3.3.1	Afbakenen van klonale lijnen	14
3.3.2	Genetische verwantschap	15
4	Resultaten en bespreking.....	16
4.1	AFLP-analyse	16
4.2	Klonale lijnen.....	16
4.2.1	Keuze van de drempelwaarde voor het afbakenen van klonale lijnen.....	16
4.2.2	Site abdij van Tongerlo en Westerlo	17
4.3	Verwantschap met recent handelsplantsoen en linden uit arboreta.....	23
4.3.1	Handelsplantsoen	23
4.3.2	Arboretum Winterswijk.....	25
4.3.3	Arboreta Meise en Bokrijk	26
4.4	Verwantschap met erfgoedlinden.....	27
5	Conclusie.....	30
5.1	Zijn alle oude bomen in de dreef genetisch identiek?	30
5.2	Verschillen deze 'klonen' van recent handelsplantsoen van Hollandse linde?	30
5.3	Hoe groot is de genetische variatie binnen het recent handelsplantsoen van Hollandse linde?.....	30
5.4	Zijn de oude dreefbomen genetisch verwant aan de vlakbij aanwezige oude étagelinde te Westerlo?	30
5.5	Zijn de bomen uit de abdijsite en –tuin opgekweekt uit zaad of uit afleggers/stek/enten?	30
5.6	Hoe verwant zijn de linden uit de abdijsite en –tuin met andere oude Hollandse linden geklasseerd als 'erfgoedlinden' uit België en Nederland?	30
5.7	Hoe groot is de genetische variatie binnen de 'erfgoedlinden'?.....	31
6	Referenties.....	32
7	Bijlagen	33
7.1	Bijlage 1: Stalen abdijsite	33
7.2	Bijlage 2: Stalen handelsplantsoen.....	35
7.3	Bijlage 3: Stalen arboreta	36
7.4	Bijlage 4: Stalen erfgoedlinden	38

Lijst van figuren

Figuur 1 Locatie (A, oranje arcering) en schematische voorstelling (B) van de bemonsterde 17 ^e -eeuwse lindebomen in de dreef naar de abdij.	13
Figuur 2 Frequentie-distributie van de paarsgewijze individuele genetische afstanden met de genetische afstand op de X-as en het aantal paarsgewijze vergelijkingen op de Y-as. De rode lijn geeft de gekozen drempelwaarde weer (8%) die gebruikt werd voor het afbakenen van klonale groepen. Het aantal klonale groepen voor elke drempelwaarde wordt weergegeven door de blauwe lijn.	16
Figuur 3 Biplot van de PCoA op basis van 158 AFLP-merkers en 56 stalen van Hollandse linde (<i>T. x europaea</i>) en zomerlinde (<i>T. platyphyllos</i>) uit de abdijsdreef, abdijs tuin, de markt van Westerlo (étagelinde) en de brasserie 'Hof van Overwijs'. De stalen die genetisch en morfologische geïdentificeerd werden als zomerlinde, zijn aangeduid in een groene cirkel.	18
Figuur 4 UPGMA-boomstructuur (Simple Matching, 100 bootstraps) van de linden uit Tongerlo, 17 ^e -en 18 ^e -eeuwse oude linden uit Nederland en handelsplantsoen (<i>T. x europaea</i> 'Pallida' en 'Zwarte linde', <i>T. cordata</i>). De klonale groepen die hier aangeduid zijn, zijn bekomen via het programma GenoDive met een drempelwaarde van 8 (genetische identiek voor minstens 92%).	19
Figuur 5 UPGMA-boomstructuur (Simple Matching, 100 bootstraps) van handelsplantsoen van linde bekomen via acht boomkwekers uit België en Nederland.	23
Figuur 6 Biplot van de PCoA van met vertegenwoordigers van de verschillende klonale lijnen uit de abdijsdreef en abdijs tuin en handelsplantsoen op basis van 158 AFLP-merkers.	24
Figuur 7 UPGMA-boomstructuur (Simple Matching, 100 bootstraps) van de linden uit Tongerlo (abdijsdreef en abdijs tuin) die verschillende klonale lijnen vertegenwoordigen en handelsplantsoen.	24
Figuur 8 UPGMA-boomstructuur (Simple Matching, 100 bootstraps) van de stalen van het lindenarboretum te Winterswijk en staal B1 van de abdijsdreef uit Tongerlo als vertegenwoordiger van klonale groep 6.	26
Figuur 9 UPGMA-boomstructuur (Simple Matching, 100 bootstraps) van de stalen uit de arboreta Plantentuin Meise en Bokrijk, stalen A1 en A3 als vertegenwoordiger van de originele Hollandse linden uit de abdijsdreef (klonale groep 6) en enkele referentiestalen van zomerlinde en winterlinde.	27
Figuur 10 Biplot van de PCoA van erfgoedlinden, enkele vertegenwoordigers van de verschillende klonale lijnen uit de abdijsdreef en –tuin, en handelsplantsoen op basis van 158 AFLP-merkers. Tc: <i>T. cordata</i> ; Td: <i>T. dasystyla</i> , Tp: <i>T. platyphyllos</i> , Txe; <i>T. x europaea</i> , xeuchlora; <i>T. x euchlora</i>	28
Figuur 11 UPGMA-boomstructuur (Simple Matching, 100 bootstraps) van erfgoedlinden, enkele vertegenwoordigers van de verschillende klonale lijnen uit de abdijsdreef en –tuin, en handelsplantsoen op basis van 158 AFLP-merkers.	29

Lijst van foto's

Foto 1 17 ^e -eeuwse lindedreef (aangeplant in 1676 of 1677) bij de abdij van Tongerlo (abdijstraat, Tongerlo, Westerlo) (Van der Linden Geert, 11-09-2007, ©Vlaamse Gemeenschap).	10
Foto 2 Etagelinde op de markt van Westerlo (Van der Linden Geert, 15-09-2006, ©Vlaamse Gemeenschap). De lindeboom zou rond 1630 geplant zijn ter hoogte van de middeleeuwse halle die op het einde van de 16 ^e eeuw afbrandde.	10
Foto 3 De Tilburgse Hollandse linde (<i>Tilia × europaea</i>), vermoedelijk aangeplant tussen 1600 en 1700, werd in 1994 verwijderd van de Heuvel en was één van de oudste linden uit Nederland. Deze postkaart dateert uit 1923 (nl.wikipedia.org/wiki/Tilburg).	21
Foto 4 Hollandse linde (<i>Tilia × europaea</i>) te vinden in de tuin van het domein Oud Bussum in Huizen, aangeplant in 1828 (www.monumentaltrees.com).	21
Foto 5 De Hollandse linde (<i>Tilia × europaea</i>) uit Sambeek (gemeente Boxmeer, NL), aangeplant in de periode 1580-1623 (www.monumentaltrees.com).	22
Foto 6 Hollandse linde (<i>Tilia × europaea</i>) aan kasteel Nemelaer te Haaren (foto: Han van Meeeren, www.monumentaltrees.com).	22

Lijst van tabellen

Tabel 1 Overzicht van het aantal geanalyseerde stalen.	16
Tabel 2 Linden van de abtjddreef Tongerlo en de klonale groep waartoe ze behoren bij een drempelwaarde van 8 (minimaal 92% genetische similariteit binnen een klonale groep). De bomen die tot eenzelfde klonale groep behoren, zijn aangeduid in eenzelfde kleur. Staal B11 werd niet geanalyseerd.	20

1 Situering

De abdijdreeflinden te Tongerlo behoren tot de oudste linden in Vlaanderen. De Hollandse linden (*Tilia x europaea*) zijn aangeplant in 1676 of 1677 en hebben een belangrijke cultuurhistorische waarde. In het kader van het beheer van deze dreef is het belangrijk de oorsprong van het plantmateriaal en de genetische samenstelling ervan te kennen. Vanuit cultuurhistorisch en landschappelijk oogpunt wenst men, wanneer een boom uit de dreef afsterft, deze te vervangen door een individu van een gelijkaardige genetische oorsprong. Er ontbrak informatie over de genetische herkomst van de oudste aangeplante abdijdreeflinden en de recente inboetingen¹.

Vanuit het Agentschap Onroerend Erfgoed werden de volgende vragen geformuleerd:

1. Zijn alle oude bomen in de dreef genetisch identiek?
2. Is het huidige handelsplantsoen van hybride linden in privé-kwekerijen identiek of sterk gelijkend aan het genetisch profiel van de oude dreeflinden?
3. Hoe groot is de genetische variatie binnen het recent handelsplantsoen van Hollandse linde?
4. Zijn de oude dreefbomen genetisch verwant aan de vlakbij aanwezige oude étagelinde te Westerlo, die vanuit cultuurhistorisch oogpunt ook uiterst waardevol en uniek is?
5. Zijn de bomen uit de abdijdreef en -tuin opgekweekt uit zaad of uit stek en/of afleggers?
6. Hoe verwant zijn de linden uit de abdijdreef en -tuin aan andere oude Hollandse linden geklasseerd als 'erfgoedlinden' in België en Nederland?
7. Hoe groot is de genetische variatie binnen de 'erfgoedlinden'?



Foto 1 17^e-eeuwse lindedreef (aangeplant in 1676 of 1677) bij de abdij van Tongerlo (abdijstraat, Tongerlo, Westerlo) (Van der Linden Geert, 11-09-2007, ©Vlaamse Gemeenschap).



Foto 2 Etagelinde op de markt van Westerlo (Van der Linden Geert, 15-09-2006, ©Vlaamse Gemeenschap). De lindeboom zou rond 1630 geplant zijn ter hoogte van de middeleeuwse halle die op het einde van de 16^e eeuw afbrandde.

¹ Aangeplante exemplaren ter vervanging van uitgevallen bomen

2 Variatie binnen het taxon

Linde (*Tilia* L., Tiliaceae) vormt een taxonomisch zeer complexe groep. *Tilia* komt van nature voor op het noordelijk halfrond in Europa, West- en Oost-Azië, en oostelijk Noord-Amerika. Vier soorten zijn inheems in Europa en West-Azië: winterlinde of kleinbladige linde (*T. cordata* Mill.), zomerlinde of grootbladige linde (*T. platyphyllos* Scop.), *T. dasystyla* Steven en zilverlinde (*T. tomentosa* Moench). In België zijn enkel de winterlinde en de zomerlinde inheemse soorten. Beide soorten zijn zeldzaam geworden in Noordwest-Europa. Ze werden uit bossen verwijderd en moesten plaats maken voor economisch interessantere soorten als beuk, eik of bepaalde exoten. De linden worden verder nog onderverdeeld in subspecies en variëteiten of cultivars zoals *T. platyphyllos* 'Laciniata' en *T. tomentosa* 'Varsaviensis'. Sommige soorten kunnen kruisen waardoor hybriden worden gevormd. Het hybride taxon *T. x euchlora* K. Koch (krimlinde) zou ontstaan zijn uit het kruisen van *T. cordata* en *T. dasystyla* maar daar is nog onduidelijkheid over (Pigott 2012). Dolatowski (1993, in: Jablonski en Plietzsch (2013)) deelt *T. x euchlora* in als een cultivar van *T. x europaea* op basis van een chemotoxonomische analyse. De Hollandse linde (*T. x europaea* L. (syn. *T. x vulgaris*)) is een hybride taxon ontstaan uit het kruisen van winterlinde en zomerlinde. Over de taxonomische classificatie van soorten, ondersoorten en variëteiten is nog veel onduidelijkheid. De classificatie wordt nog bemoeilijkt door polyploidie².

De Hollandse linde komt in natuurlijke populaties zelden voor en is dus vooral een cultuurproduct. Het taxon kan zich via zaad vermeerderen maar wordt vooral opgekweekt uit wortelopslag, rechtstreeks via stek of afleggers. De koningslinde of 'Pallida' en de 'Zwarte linde' zijn handelsvariëteiten of cultivars van de Hollandse linde. Sinds het einde van de 17e eeuw, werd de 'Pallida' wijdverbreid aangeplant in Noord-, Centraal- en West-Europa en occasioneel ook in Noord-Amerika, meestal met plantgoed uit de Lage Landen (Bengtsson 2005; Hansen et al. 2014; Pigott 2012; Tack et al. 1993). Het plantsoen werd verkregen uit vegetatieve vermeerdering zodat de jonge planten tot dezelfde klonale lijn behoorden, hoewel enige genetische variatie mogelijk is door het gebruik van verschillende moederbomen als uitgangsmateriaal (Pigott 2012). Door hun hoge resistentie aan snoei en sterk regeneratievermogen, kunnen linden zeer oud worden (400 jaar of meer).

Pigott bestudeerde 17e- en 18e-eeuwse aanplantingen van *T. x europaea* in Engeland en Wales en onderscheidde twee klonale groepen op basis van morfologische kenmerken; de 'Pallida'-groep (groep A) en de 'Hatfield tall'-groep (groep B, volgens Pigott (1992) verwant aan, maar verschillend van 'Zwarte linde'). Beide klonale groepen zouden geïmporteerd zijn via de Nederlanden en alle 17e-eeuwse lindelannen die nu nog in Engeland aanwezig zijn, bevatten volgens Pigott (1992) een mengsel van klonen van zowel de 'Pallida'-groep als de 'Hatfield tall'-groep.

Later breidde Bengtsson (2005) de classificatie van Pigott (1992) uit met vier extra klonale groepen, na een morfologische studie van 17e- en 18e-eeuwse lindenaanplantingen in Zweden; 'Zwarte linde' (groep C), 'Ulriksdal' (Groep D), 'Malmvik' (Groep E) en 'Crimea' (groep F). Linden uit de 'Pallida'-groep (groep A) zijn in Zweden in plaats en tijd het meeste aangeplant (Bengtsson 2005). De 'Zwarte linde' (groep C), is de tweede meest frequent aangeplante groep in Zweden, terwijl linden uit de andere groepen eerder zeldzaam zijn in historische en recente aanplantingen (Bengtsson 2005).

In een studie naar de genetische herkomst van vijf, 17e-eeuwse oude dreven van *T. x europaea* in Denemarken, werden aan de hand van DNA-merkers twee klonale lijnen onderscheiden binnen de onderzochte bomen. Een klonale groep kwam overeenkwam met een recente aanplanting van commercieel handelsplantsoen (Hansen et al. 2014). Hansen et al. (2014) vermoeden dat deze klonale groep overeen komt met de 'Pallida'-groep. Als dit vermoeden klopt, wordt in Denemarken al 250 jaar voornamelijk dezelfde kloon gebruikt voor aanplantingen van *T. x europaea*, net zoals in Zweden. Bronnen geven aan dat zowel voor de 17e- en 18e-eeuwse lindenaanplantingen in Engeland, Denemarken en Zweden gebeurden met plantgoed afkomstig uit de Nederlanden (Bengtsson 2005; Hansen et al. 2014; Pigott 2012; Tack et al. 1993). Het is dan ook te verwachten dat een gelijkaardige indeling tussen 'Zwarte linde' en 'Pallida' terug te vinden is in België en Nederland, het herkomstgebied van beide cultivars.

Om een uitspraak te kunnen doen over de genetische samenstelling van de 17e-eeuwse lindedreef van de abdij van Tongerlo, is een goed referentiekader noodzakelijk. Het referentiekader van deze studie omvat recent handelsplantsoen uit België en Nederland van voornamelijk Hollandse linde, linden uit arboreta (Plantentuin Meise, Arboretum Bokrijk, Nationaal lindenarboretum Winterswijk (NL) en Adam Mickiewicz University Botanical Garden,

² De aanwezigheid van drie of meer malen het haploïde aantal chromosomen in de celkern.

Poznań, Polen) en linden geklasseerd als 'erfgoedlinden' uit de Inventaris van het Onroerend (houtig) Erfgoed en de lijst van monumentale bomen (www.monumentaltrees.com). Aan de hand van dit referentiekader beogen we een antwoord te formuleren op de hogervermelde vragen.

3 Onderzoeksmethode

3.1 Staalname

3.1.1 Site abdij van Tongerlo en Westerlo

Begin juli 2015 werd bladmateriaal uit de lage kruin verzameld voor genetisch onderzoek van elke van de 32 lindebomen uit de dreef van de abdij van Tongerlo. 21 van deze 32 bomen zijn vermoedelijk oorspronkelijke bomen uit 1676 - 1677, de andere zijn latere inboetingen. Van acht bomen (6 oorspronkelijke bomen, 1 inboeting uit de 19de eeuw en 1 inboeting uit de tweede helft van de 20ste eeuw) werden zowel bladmateriaal uit de lage kruin als van stamvoetopslag verzameld om na te gaan of beide stalen van eenzelfde boom hetzelfde genotype opleveren. Stalen genomen aan de stamvoet hebben het suffix ‘_2’. Een sterk verschillend genotype tussen blad verzameld in de kruin en blad verzameld aan de stamvoet, wijst erop dat de boom geënt is op een genetisch verschillende onderstam. Daarnaast werden ook nog negen lindebomen bemonsterd uit de tuin van de abdij en ook de étagelinde op de markt van Westerlo (staal WEST_M_étage, bijlage 4) en de nabijgelegen linde aan de Brasserie ‘Hof Van Overwijs’ (staal TONG_O, bijlage 4). Ook vier bomen uit de buitenste, recenter aangeplante rijen van de toegangsdreef van de abdij, en één boom uit het verlengde van de abdijsite richting Westerlo (staal TONG_D), werden bemonsterd. In totaal werden 53 bladstalen verzameld van de linden op de abdijsite en Westerlo (bijlage 1).



Figuur 1 Locatie (A, oranje arcering) en schematische voorstelling (B) van de bemonsterde 17^e-eeuwse lindebomen in de dreef naar de abdij.

3.1.2 Recent handelsplantsoen

In dezelfde periode (juli 2015) werden 21 bladstalen verzameld van recent handelsplantsoen afkomstig van verschillende boomkwekers³ uit België en Nederland. Het betreft voornamelijk stalen van Hollandse linde o.a. *T. x europaea* ‘Pallida’ of ‘Koningslinde’ (11 stalen van 10 boomkwekers) en van *T. x europaea* ‘Zwarte linde’ (2 stalen van 2 boomkwekers). Daarnaast ontvingen we ook stalen van handelsplantsoen van winterlinde (2 stalen), de hybride linde *T. x euclora* (4 stalen) en een cultivar van zilverlinde, nl. *T. tomentosa* ‘Varsaviensis’ (één staal). De stalenlijst is te vinden in bijlage 2.

³ boomkwekerij Arbor, boomkwekerij Van Pelt, boomkwekerij Van der Auwera, boomkwekerij Houtmeyers, Henk Beinum Boomkwekerij, Boomkwekerijen Van den Berk, Boomkwekerij Proost, Boomkwekerijen Tijdens, Calle Plant Wetteren, Rahoens Oosterzele.

3.1.3 Arboreta en erfgoedlinden

Er werden stalen geanalyseerd uit het Nationaal Lindenarboretum Winterswijk (Corle-Winterswijk, Nederland) (19 stalen), de Plantentuin Meise (6 stalen), het arboretum te Bokrijk (6 stalen) en de botanische tuin van Adam Mickiewicz University (Poznań, Polen) (3 stalen). Ook linden uit Vlaanderen (Aalter, Deinze, Roeselare, Gent, Kruibeke en Zwalm), opgenomen in de Inventaris van 'Houtige Beplantingen met Erfgoedwaarde' (www.onroerenderfgoed.be) van het Agentschap Onroerend Erfgoed, en enkele oude linden met erfgoedwaarde (of nakomelingen uit stek hiervan) uit Nederland (Tilburg (lindeboom Heuvel), Sambeek, Nemelaer (Haaren), Anloo (Drenthe), Oud-Bussem (Huizen) en Breukelen (kasteel Nijenrode)) werden geanalyseerd. In Wallonië (Marche, Wellin en Resteigne) werden zes oude lindebomen bemonsterd. Een stalenlijst van linden uit de arboreta (34 stalen) en erfgoedlinden (55 stalen) is te vinden in respectievelijk bijlage 3 en bijlage 4.

3.2 DNA-extractie en AFLP-analyse

Genomisch DNA werd geëxtraheerd met de QuickPick™ Plant DNA kit (Isogen Life Science, De Meern, Nederland). Genetische profielen werden bekomen via de AFLP-techniek (Amplified Fragment Length Polymorphism). De AFLP-reactie werd uitgevoerd zoals beschreven in Vos et al. (1995) met de restrictie-ligatie in één stap. Na testen van zes primer combinaties werden twee primer combinaties geselecteerd die duidelijke AFLP-patronen opleverden met voldoende polymorfisme: Eco-AGC (NED) + Mse-CAT en Eco-ACT (FAM) + Mse-CAC. De PCR-producten werden gelopen op een capillaire sequencer (ABI 3500, Applied Biosystems). Als standaard werd Genscan 600-LIZ meegelopen (PE Applied Biosystems). De grootte van de verkregen DNA-fragmenten werd bepaald met GeneMapper 4.1 (Applied Biosystems). Om de herhaalbaarheid van de techniek te testen werden 15 willekeurig gekozen stalen (7%) tweemaal in de analyses meegenomen, vertrekkende vanaf het bladstaal (replica's). In de onderstaande figuren hebben de replica's een naam die eindigt op de letter 'b'. Individuen met ontbrekende data door onduidelijke AFLP-profielen, werden niet meegenomen in verdere analyses. Een binaire datamatrix (aanwezig (1) – afwezig (0)) werd opgesteld met het automatisch scoringsprogramma RawGeno v 2.0 (R CRAN (Arrigo et al. 2009)) met volgende scoringsparameters: RANGE = 150 bp – 600 bp, PEAK INTENS > 250 rfu, MINBIN = 1, MAXBIN = 1.5, FREQ = 1, THRESH = 90, KEEP UNTESTED BINS = TRUE. De replica's lieten toe niet betrouwbare merkers te verwijderen en vervolgens de fout te berekenen op de data. De fout werd berekend volgens de methode van Bonin et al. (2004). De dataset werd getest op potentiële vertekening door homoplasie⁴ zoals beschreven in Vekemans et al. (2002).

3.3 Data analyse

3.3.1 Afbakenen van klonale lijnen

Bomen groeien door celdeling. Bij celdeling kunnen er somatische mutaties⁵ ontstaan die op kleinschalige wijze de structuur van het erfelijk materiaal wijzigen. Wanneer cellen met somatische mutaties verder delen en uitgroeien tot een deel van een plant, vb. een twijg, bevatten alle cellen van dat deel de mutatie. Bomen opgekweekt uit vegetatieve vermeerdering van één bepaalde boom, kunnen dus genetische profielen vertonen die onderling licht verschillen en niet volledig identiek zijn aan de ouderplant. Hoe meer een kloon vegetatief wordt vermeerderd doorheen de tijd, hoe hoger de kans op het ontstaan van genetische varianten van die kloon door somatische mutaties. Naast somatische mutaties, zijn er ook nog technische aspecten die aan de oorzaak kunnen liggen van verschillen in genetische profielen zoals de variatie in DNA-kwaliteit en -kwantiteit, PCR-artefacten, e.d. Hierdoor zijn genetische profielen van planten die bekomen werden door vegetatieve vermeerdering van eenzelfde ouderboom in vele gevallen niet 100% identiek. Men spreekt in dit geval van klonale lijnen; individuen behoren tot eenzelfde klonale lijn indien ze een volledig identiek of bijna volledig identiek genetisch profiel vertonen. Wat exact wordt bedoeld met 'bijna volledig identiek genetisch profiel' wordt bepaald door een statistisch onderbouwde, gekozen drempelwaarde (zie onder). Bij een lage drempelwaarde, bekomt men veel verschillende klonale lijnen. Een hoge drempelwaarde resulteert in weinig verschillende klonale lijnen en veel individuen per klonale lijn. Het bepalen van een drempelwaarde voor identificatie van klonale lijnen gebeurt aan de hand van replica's en aan de hand van de totale genetische variatie binnen het referentiekader. Een referentiekader is ook nodig om na te gaan

⁴ Homoplasie is het co-migreren van niet-homologe DNA fragmenten tijdens het elektroforeseproces die bij de data-analyse foutief als homologe fragmenten worden aanzien. Homoplasie kan bijgevolg zorgen voor een vertekening van AFLP-data en komt vooral voor bij kleine DNA-fragmenten. Homoplasie kan beschouwd worden als een technisch artefact van de AFLP-techniek.

⁵ Somatische mutaties zijn wijzigingen in het erfelijke materiaal in cellen die niet zorgen voor de voortplanting.

of individuen die een gelijkaardig genetisch patroon vertonen het gevolg zijn van vegetatieve vermeerdering en niet van vermeerdering uit zaad in combinatie met een heel beperkte genetische variatie binnen de gekozen merkerset (hier AFLP-fragmenten).

Klonale lijnen werden bepaald met het programma GenoDive 2.0b23 (Meirmans en Van Tienderen 2004) en volgens de methode beschreven in de handleiding van GenoDive. Eerst werd een paarsgewijze genetische afstandsmatrix berekend (Manhattan distance onder het Infinite Allele Model) tussen alle individuen op basis van de AFLP-data. Nadien werd een drempelwaarde gekozen; deze geeft de grootste genetische afstand weer tussen individuen die tot eenzelfde klonale lijn behoren of m.a.w. het aantal toegelaten verschillen tussen de AFLP-patronen binnen eenzelfde klonale lijn. Verschillende drempelwaarden van 0 (100% identiek) tot 16 (84% identiek) en hun effect op het afbakenen van klonale lijnen werden uitgetest, vertrekkende van het frequentiehistogram van de genetische afstanden en de genetische afstanden tussen de replica's (figuur 2). Voor elke gekozen drempelwaarde (van 0 tot 16) werd getest of de klonale lijnen wel degelijk het gevolg zijn van vegetatieve vermeerdering en niet van generatieve vermeerdering via zaad in combinatie met een heel beperkte genetische variatie (nulhypothese: de klonale lijnen zijn het gevolg van vermeerdering via zaad) met het programma GenoDive 2.0b23. De resolutie van de dataset voor het afbakenen van klonale groepen wordt hier getest via randomisatie van allelen over individuen (gebaseerd op 999 gerandomiseerde datasets) en vergelijkt de afbakening van klonale groepen van de gerandomiseerde datasets met de originele dataset. De test resulteert in een p-waarde die de kans weergeeft op het detecteren van klonale groepen die niet het gevolg zijn van vegetatieve vermeerdering maar wel van een beperkte resolutie van de genetische merkerset. Tenslotte werd één bepaalde drempelwaarde bepaald voor het afbakenen van klonale lijnen op basis van de bladstalen genomen in de kruin.

3.3.2 Genetische verwantschap

De verwantschap tussen de verschillende stalen werd verder onderzocht via een UPGMA-clustering op basis van paarsgewijze individuele genetische afstanden (Simple Matching, 100 bootstraps) met het programma TREECON (Van De Peer en De Wachter 1994). Verder werd ook een Principale Coördinaten Analyse (PCoA) uitgevoerd (via de covariantiematrix en data-standaardisatie) met GenAlEx 6.5 (Peakall en Smouse 2006).

4 Resultaten en bespreking

4.1 AFLP-analyse

De twee primer combinaties resulteerden in duidelijke AFLP-profielen voor 161 van de 163 bemonsterde individuen (98%). De twee stalen waarvan de profielen niet duidelijk waren (B11 van de abdijsite en staal WIN_zwarte linde_Sel_Ophenden uit het arboretum Winterswijk), werden uit de dataset verwijderd. In totaal werden 158 polymorfe merkers gescoord. Er werd geen significante correlatie gevonden tussen fragmentgrootte en frequentie waardoor er geen aanwijzingen waren voor homoplasie (Eco-AGC (NED) + Mse-CAT; $r^2 = -0.155$, $p=0.189$, Eco-ACT (FAM) + Mse-CAC: $r^2 = -0.146$, $p=0.181$). De fout op de AFLP-profielen, berekend op basis van de 15 replica's, bedroeg gemiddeld 3.07% (spreiding: 0% - 6.9 %).

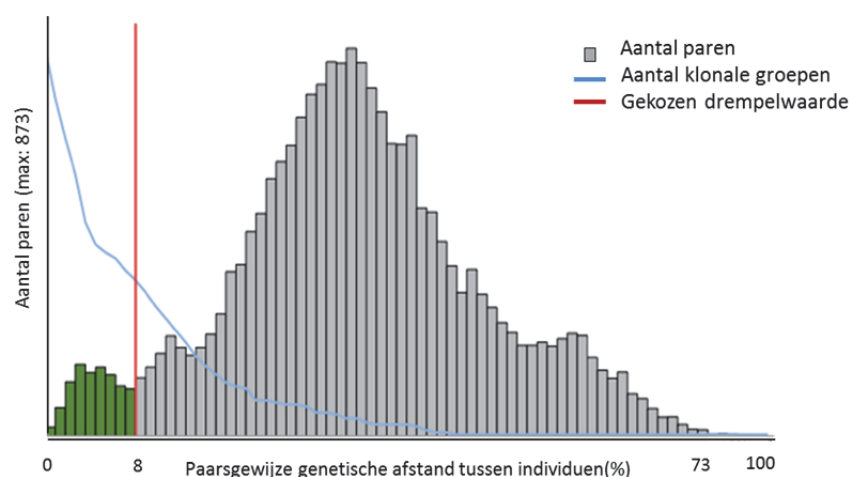
Tabel 1 Overzicht van het aantal geanalyseerde stalen.

	Aantal geanalyseerde stalen
Site Tongerlo	53
Handelsplantsoen	21
Arboreta	34
Erfgoedlinden	55
Totaal	163

4.2 Klonale lijnen

4.2.1 Keuze van de drempelwaarde voor het afbakenen van klonale lijnen

Het histogram van de frequenties van de paarsgewijze genetische afstanden vertoonde een bimodale distributie met een eerste piek dicht nabij de nul-waarde van de paarsgewijze genetische afstanden. Op basis van het histogram en de berekende fout op de replica's (2 van de 13 stalen kwamen slechts voor 93% overeen), wordt een drempelwaarde gekozen van 8 voor de afbakening van klonale lijnen (8% verschil tussen de genetische profielen of een genetische similariteit van minstens 92%). De klonale lijnen zijn het gevolg van vegetatieve vermeerdering en niet van generatieve vermeerdering via zaad in combinatie met een heel beperkte genetische variatie ($p < 0.001$, berekend op basis van 999 permutaties).



Figuur 2 Frequentie-distributie van de paarsgewijze individuele genetische afstanden met de genetische afstand op de X-as en het aantal paarsgewijze vergelijkingen op de Y-as. De rode lijn geeft de gekozen drempelwaarde weer (8%) die gebruikt werd voor het afbakenen van klonale groepen. Het aantal klonale groepen voor elke drempelwaarde wordt weergegeven door de blauwe lijn.

4.2.2 Site abdij van Tongerlo en Westerlo

Er werden verschillende klonale lijnen of groepen waargenomen binnen de lindebomen bemonsterd in de abdijdreef. De bomen die volgens de morfologie gedetermineerd werden als Hollandse linde, kunnen hoofdzakelijk ingedeeld worden in twee klonale groepen.

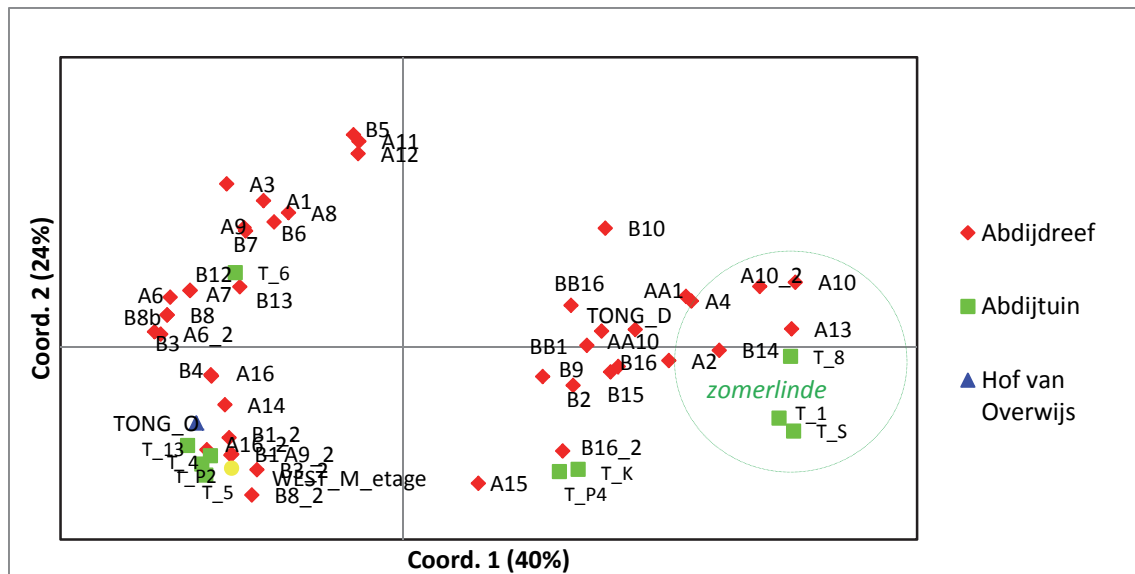
De **eerste klonale groep** (klonale groep nr. 6) bevat de oudste Hollandse linden van de abdijdreef en enkele andere 17e-eeuwse oude Hollandse linden. 18 geanalyseerde individuen worden toegewezen aan deze klonale groep van Hollandse linde; A1, A3, A5, A6, A7, A8, A9, A14, A16, B1, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B12, B13 (bijlage 1). Tot dezelfde klonale groep behoren eveneens enkele 17e-eeuwse en 18e-eeuwse oude Hollandse linden uit Nederland (Noord-Brabant), nl. Tilburg (TIL_Tilburg_BM), Sambeek (staal bekomen via het Ecologisch Adviesbureau Maes (SAM_Sambeek_BM) wat verschilt van WIN_Sambeek uit arboretum Winterswijk), Nemelaer (staal WIN_Nemelaer) en Oud-Bussem (HUI_OudBussemA). Eveneens tot dezelfde klonale groep behoort de 18^e-eeuwse linde uit Westerlo aan het voormalig restaurant 'Hof van Overwijs' (TO_TONG_O) en de 17e eeuwse étagelinde op de markt van Westerlo (WEST_M_étage). Daarnaast zijn er nog vier bemonsterde bomen uit de abdijtuin die ook tot deze klonale groep behoren; drie bomen uit het lindedreefje van de Engelse abdijtuin (T_4, T_6, T_13) en een boom uit het lindenprieel van de moestuin (T_P2). Deze groep van lindebomen heeft een genetisch patroon dat voor 92% of meer overeenkomt. Alle lindebomen uit de abdijdreef aangeplant in 1676 - 1677 behoren tot deze klonale groep, uitgezonderd twee originele bomen eveneens aangeplant in dezelfde periode; boom nr. A11 en nr. A12. Het verhogen van de drempelwaarde voor klonaliteit tot drempelwaarde 10 (dus 90% identiek genetische profiel) resulteert in een toewijzing van A11 aan klonale groep nr. 6. A11 is dus wel sterk verwant met klonale groep nr. 6. De genetische verwantschap van A12 met de andere originele lindebomen van de dreef is kleiner, nl. 86% maar in een PCoA-analyse groeperen A11 en A12 samen met twee vertegenwoordigers van klonale groep nr. 6 (A1 en A3). In de boomstructuur groeperen A11 en A12 met B5, eveneens een vertegenwoordiger van klonale groep nr. 6. (figuur 4). Hieruit blijkt dat de verwantschap van zowel A11 als A12 met de andere originele oude bomen (aangeplant in 1676) groter is dan met de andere geanalyseerde bomen.

Een **tweede klonale groep** (klonale groep nr. 19) bevat recente inboetingen van Hollandse linde uit de abdijdreef: AA10, B2, B9, B10, B15, B16, BB1, BB16 en Tong_D (verlengde van abdijdreef, buitenste rij aan beek, (bijlage 1)). Deze groep van lindebomen heeft eveneens een genetische patroon dat voor 92% of meer overeenkomt. Er zijn geen andere bomen uit het referentiekader die tot dezelfde klonale groep behoren. B2, B9, B10, B15 en B16 zijn inboetingen in de abdijdreef met Hollandse linden. Deze inboetingen zijn uitgevoerd in de 19de tot het midden van de 20ste eeuw, hoogstwaarschijnlijk uitgevoerd met eenzelfde 'kloon'. Tong_D is een oudere boom (vermoedelijk 19de eeuw of ouder), en AA10, BB1 en BB16 zijn de bemonsterde bomen uit de buitenste rijen van de dreef (aangeplant in 1978 (bomen BB1 en BB16) en 1991 (AA10)). De bomen van klonale groep nr. 19 zijn dus aangeplant over een zeer grote tijdsspanne. AA1 (inboeting van 1991) heeft een apart genotype (klonale groep 18) maar is voor 90% identiek aan klonale groep nr. 19.

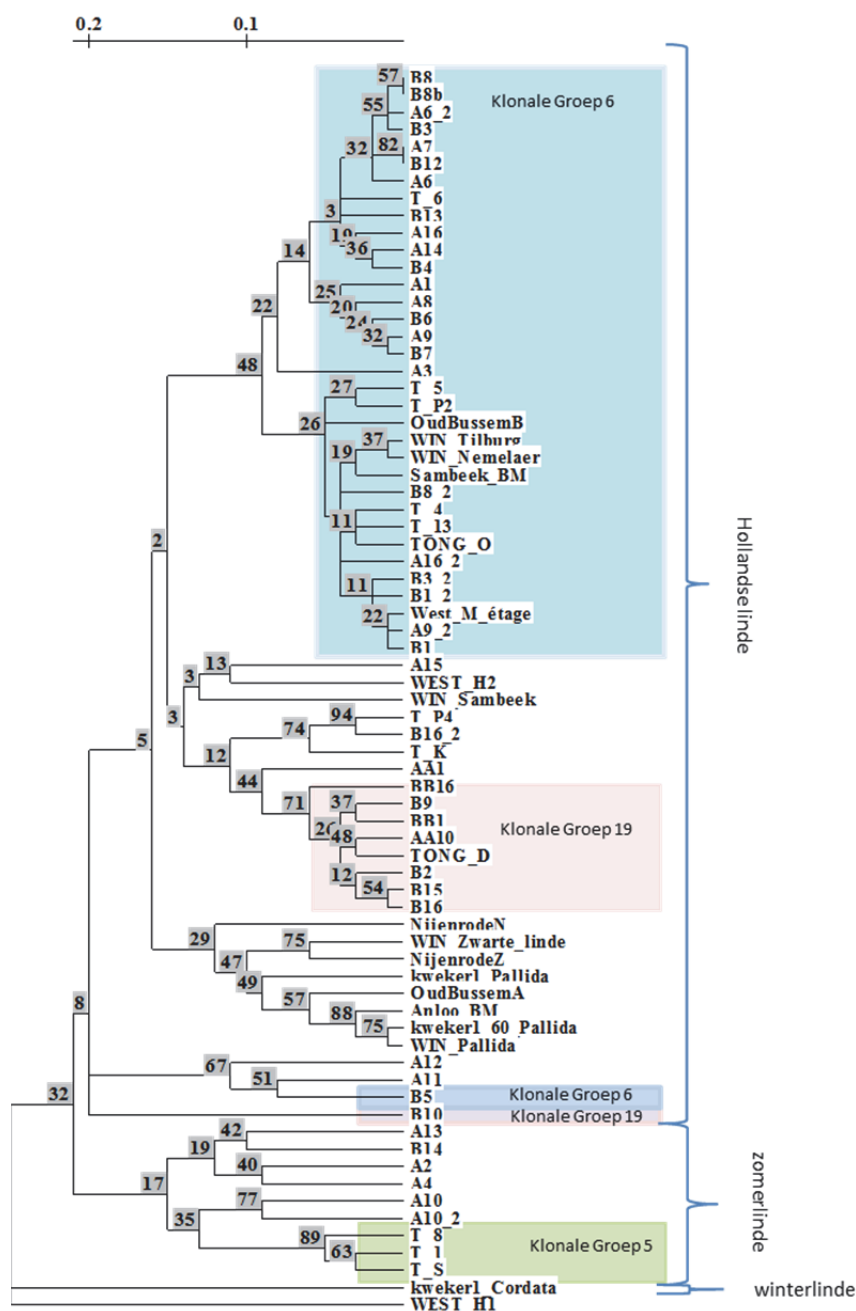
Tot een **derde klonale groep** (klonale groep nr. 5) behoren zomerlinden van het lindedreefje in de abdijtuin; boom T_1, T_8 en de solitaire opgaande linde T_S. Er zijn geen andere geanalyseerde stalen die tot deze klonale groep behoren. Deze bomen groeperen samen met bomen uit de abdijdreef (inboetingen) gedetermineerd als zomerlinde (figuur 3 en figuur 4). Ook morfologisch werden deze bomen gedetermineerd als zomerlinde.

De knotlinde (T_K) heeft een **uniek genetisch profiel** (klonale lijn nr. 7) wat betreft de bladstalen verzameld uit de kruin, evenals de prieelboom nr. 4 (klonale lijn nr. 8) uit de moestuin (T_P4). Maar de prieelboom heeft wel eenzelfde genetisch profiel als het profiel bekomen uit blad verzameld aan de stamvoet van boom B_16 (veldcode staal: B16_2). Deze groeperen samen met de Hollandse linde en zijn eerder nauw verwant met *T. x europaea* 'Pallida' (genetische similariteit van 90% met T_K en van 92% met T_P4). Verder zijn er nog 5 bomen uit de abdijdreef met een apart, sterk verschillend genetisch profiel; nl. A2, A4, A10, A13 en B14. Hun genetisch profiel verschilt tevens van dat van de bomen uit het referentiekader (similariteit van < 92% of meer). Deze bomen zijn inboetingen daterend uit verschillende periodes (A10; 19de eeuw, A2 en A13; eind 20ste eeuw, B14; 2002, A4; 2012), en hoogstwaarschijnlijk uitgevoerd met zaailingen van de zomerlinde (met uitzondering van A10; zie verder). Zowel morfologisch als genetisch worden deze ingedeeld bij de zomerlinden. A10 is één van de twee bomen, samen met de Hollandse linde B16, waar een duidelijk verschil werd gevonden in het genetisch profiel van blad verzameld aan de stamvoet en blad uit de kruin. Deze bomen zijn inboetingen uit 19de en 20ste eeuw en waarschijnlijk wel geënt op een onderstam.

Bij de 6 bomen uit 1676 waarvan stamvoetopslag werd bemonsterd, komt het genetisch materiaal uit de kruin voor 92% of meer overeen met dat van de stamvoetopslag. De originele Hollandse linden uit de abdijdreef zijn dus niet-geënte exemplaren.



Figuur 3 Biplot van de PCoA op basis van 158 AFLP-merkers en 56 stalen van Hollandse linde (*T. x europaea*) en zomerlinde (*T. platyphyllos*) uit de abdijdreef, abdiytuin, de markt van Westerlo (étagelinde) en de brasserie 'Hof van Overwijs'. De stalen die genetisch en morfologische geïdentificeerd werden als zomerlinde, zijn aangeduid in een groene cirkel.



Figuur 4 UPGMA-boomstructuur (Simple Matching, 100 bootstraps) van de linden uit Tongerlo, 17^e-en 18^e-eeuwse oude linden uit Nederland en handelsplantsoen (*T. x europaea* 'Pallida' en 'Zwarte linde', *T. cordata*). De klonale groepen die hier aangeduid zijn, zijn bekomen via het programma GenoDive met een drempelwaarde van 8 (genetische identiek voor minstens 92%).

Tabel 2 Linden van de abdijdreef Tongerlo en de klonale groep waartoe ze behoren bij een drempelwaarde van 8 (minimaal 92% genetische similariteit binnen een klonale groep). De bomen die tot eenzelfde klonale groep behoren, zijn aangeduid in eenzelfde kleur. Staal B11 werd niet geanalyseerd.

Naam (stamomtrek (cm))	Soort	Opmerking	Klonale groep	Naam (stamomtrek (cm))	Soort	Opmerking	Klonale groep
A1 (360)	<i>Tilia x europaea</i>	origineel welkomstboom	6	B1 (360)	<i>Tilia x europaea</i>	origineel welkomstboom	6
A2 (49)	<i>T. platyphyllos</i>	recent ingeboet	9	B2 (134)	<i>Tilia x europaea</i>	20 ^{ste} E ingeboet	19
A3 (395)	<i>Tilia x europaea</i>	origineel	6	B3 (453)	<i>Tilia x europaea</i>	origineel	6
A4 (-)	<i>T. platyphyllos</i>	recent ingeboet	11	B4 (429)	<i>Tilia x europaea</i>	origineel	6
A5 (421)	<i>Tilia x europaea</i>	origineel omgevallen	6	B5 (561)	<i>Tilia x europaea</i>	origineel	6
A6 (462)	<i>Tilia x europaea</i>	origineel	6	B6 (442)	<i>Tilia x europaea</i>	origineel	6
A7 (462)	<i>Tilia x europaea</i>	origineel	6	B7 (468)	<i>Tilia x europaea</i>	origineel	6
A8 (279)	<i>Tilia x europaea</i>	origineel	6	B8 (433)	<i>Tilia x europaea</i>	origineel	6
A9 (528)	<i>Tilia x europaea</i>	origineel	6	B9 (169)	<i>Tilia x europaea</i>	20 ^{ste} E ingeboet	19
A10 (245)	<i>T. platyphyllos</i>	19de E ingeboet	12	B10 (238)	<i>Tilia x europaea</i>	19 ^{de} E ingeboet	19
A11 (537)	<i>Tilia x europaea</i>	origineel	14	B11 (432)	<i>Tilia x europaea</i>	origineel	-
A12 (465)	<i>Tilia x europaea</i>	origineel	15	B12 (463)	<i>Tilia x europaea</i>	origineel	6
A13 (52)	<i>T. platyphyllos</i>	recent ingeboet	16	B13 (333)	<i>Tilia x europaea</i>	origineel	6
A14 (469)	<i>Tilia x europaea</i>	origineel	6	B14 (26)	<i>T. platyphyllos</i>	recent ingeboet	22
A15 (51)	<i>Tilia x europaea</i>	recent ingeboet	17	B15 (165)	<i>Tilia x europaea</i>	20 ^{ste} E ingeboet	19
A16 (459)	<i>Tilia x europaea</i>	origineel	6	B16 (162)	<i>Tilia x europaea</i>	20 ^{ste} E ingeboet	19

Uit de resultaten blijkt dat de meerderheid van de oudste, originele bomen uit de abdijdreef tot eenzelfde klonale groep behoren. Ook enkele andere oude linden uit Vlaanderen en Nederland zijn genetisch gelijkaardig aan de oudste bomen uit de abdijdreef. De Hollandse linde uit Sambeek (Grotestraat, gemeente Boxmeer) is één van de oudste bomen van Nederland en zou geplant zijn in de periode 1580-1623 en heeft een stamomtrek van 784 cm. De Hollandse linde op de Heuvel in Tilburg is vermoedelijk aangeplant tussen 1600 en 1700 (Bert Maes, persoonlijke communicatie) en had een omtrek van 540 cm. De Hollandse linde aan het kasteel Nemelaer in Haaren is aangeplant in 1800 (stamomtrek 637 cm) en die in de tuin van het domein Oud Bussum in Huizen is aangeplant in 1828 (stamomtrek van 390 cm) (Leo Goudzwaard, www.monumentaltrees.com).

Uit de resultaten blijkt dat vermeerdering via afleggers of stek een veel toegepaste methode is en was bij Hollandse linde, hoewel waarschijnlijk ook af en toe geënt werd op een onderstam (zie ook: Jablonski en Plietzsch, 2013). Dit blijkt uit de genetische profielen van de 8 bomen waarvan zowel blad in de lage kruin als aan de stamvoet werd verzameld. Als plantsoen voor zomerlinde werd meestal met zaailingen gewerkt.



Foto 3 De Tilburgse Hollandse linde (*Tilia × europaea*), vermoedelijk aangeplant tussen 1600 en 1700, werd in 1994 verwijderd van de Heuvel en was één van de oudste linden uit Nederland. Deze postkaart dateert uit 1923 (nl.wikipedia.org/wiki/Tilburg).



Foto 4 Hollandse linde (*Tilia × europaea*) te vinden in de tuin van het domein Oud Bussum in Huizen, aangeplant in 1828 (www.monumentaltrees.com).



Foto 5 De Hollandse linde (*Tilia × europaea*) uit Sambeek (gemeente Boxmeer, NL), aangeplant in de periode 1580-1623 (www.monumentaltrees.com).



Foto 6 Hollandse linde (*Tilia × europaea*) aan kasteel Nemelaer te Haaren (foto: Han van Meegeren, www.monumentaltrees.com).

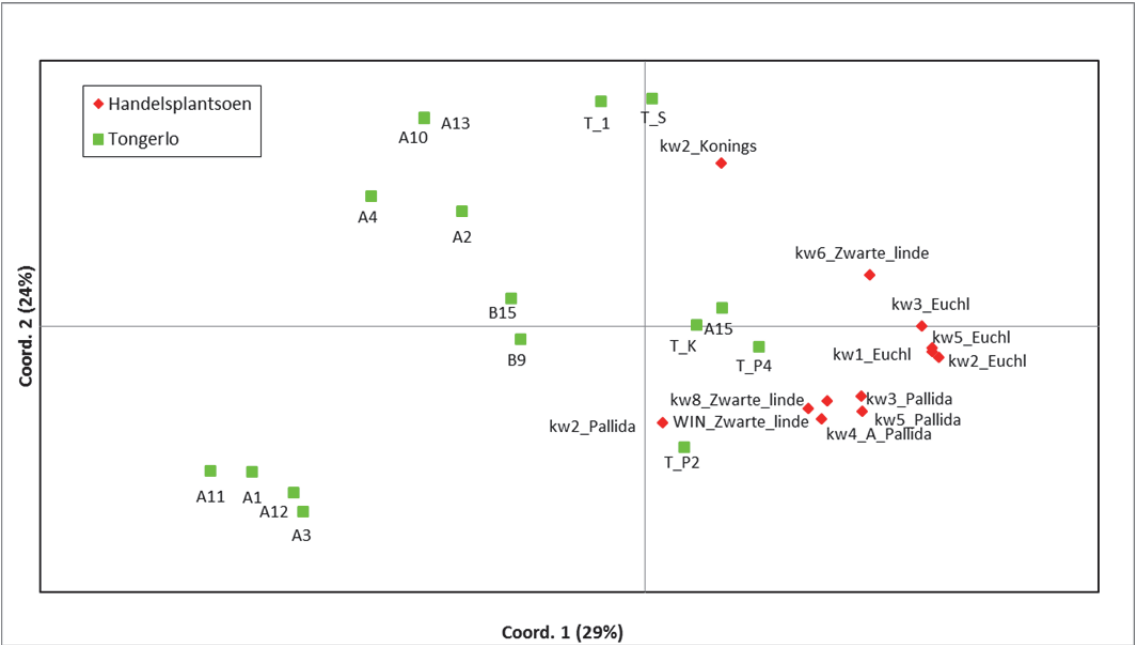
4.3.1 Handelsplantsoen

Phylogenetic tree showing relationships between 16 *Lonicera* taxa. The tree is rooted on the left and branches to the right. Bootstrap values are shown at the nodes. The taxa are grouped into three main clusters: Klonale groep 3 Pallida-groep (orange background), Klonale groep 1 Euclora-groep (purple background), and winterlinde (blue background). The taxa names are: kweker4_C_Pallida, kweker4_D_Pallida, kweker3_Pallida, kweker7_PerceelL_Pallida, kweker4_B_Pallida, kweker5_Pallida, kweker4_A_Pallida, kweker1_60_Pallida, kweker7_PerceelHulst_G, kweker8_Zwarte_linde, kweker7_PerceelVerhoeven_D, kweker1_Pallida, kweker6_Zwarte_linde, kweker3_Euclora, kweker1_Euclora, kweker2_Euclora, kweker5_Euclora, kweker2_Koningslinde, kweker1_Cordata, kweker2_Cordata_greens, and kweker2_Tomentosa_vars. The scale bar at the top indicates 0.2 and 0.1 substitutions per site.

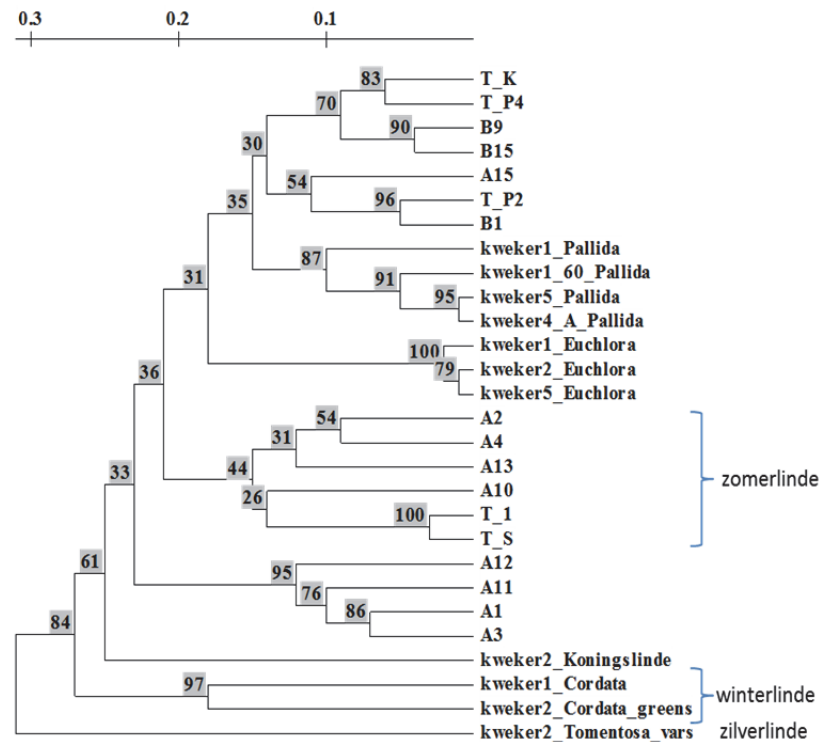
De oudste bomen uit de site abdij van Tongerlo zijn duidelijk verschillend van het huidige handelsplantsoen van Nederlandse linde ('Pallida' en 'Zwarte linde'). Ook de Nederlandse lindes uit de tweede klonale groep (klonale groep nr. 19), inplantingen van de dreef uitgevoerd in de 19de tot het midden van de 20ste eeuw, zijn verschillend van het huidige handelsplantsoen van Nederlandse linde. Dit blijkt uit de PCoA (figuur 6) en de UPGMA-boomstructuur (figuur 7). De PCoA en UPGMA-boomstructuur werden uitgevoerd op stalen die de verschillende klonale lijnen vertegenwoordigen van de abdijdreef en de abdijtuin en op de stalen van *T. x europaea* 'Pallida', *T. x europaea* 'Zwarte linde' en *T. x euchlora* K. Koch., met uitzondering van de afwijkende stalen selectie 'WIN_Konings_JW_Mauritz', 'WIN_Konings_Moer', 'kweker2_koningslinde'. Alle onderzochte stalen van de abdijdreef en de abdijtuin behoren tot een andere klonale lijn dan deze van *T. x europaea* 'Pallida', *T. x europaea* 'Zwarte linde' en *T. x euchlora* K. Koch. Er bevinden zich geen Koningslinden (dus ook geen 'Zwarte linde') tussen de lindes uit de abdijtuin en abdijdreef.

Volgens Jablonski en Plietzsich (2013) worden *T. x europaea* 'Pallida' en *T. x europaea* 'Zwarte linde' bijna uitsluitend via afleggers vermeerderd. 'Pallida' (benaming gebruikt voor 1945) of 'Koningslinde' (benaming gebruikt na 1945 door NAKB, Rassenlijst Bomen Nederland) zou volgens deze auteurs vermoedelijk bestaan uit vegetatieve vermeerdering van een groep van genetisch verschillende ouderbomen maar de auteurs geven eveneens aan dat

daar nog onduidelijkheid over heerst. Voor 'Zwarte linde' waren er vroeger vermoedelijk meerdere klonen in cultuur maar volgens De Jong (1992, in: Jablonski en Plietzsch (2013)) wordt er heden ten dage slechts één kloon verhandeld. In deze studie vinden we geen aanwijzingen om 'Pallida' en 'Koningslinde' als verschillende cultivars te aanzien. We vinden ook dat diezelfde cultivar ook wordt verhandeld als 'Zwarte linde'. Bomen die verhandeld worden als 'Euchlora' blijken ook tot eenzelfde klonale groep te behoren.



Figuur 6 Biplot van de PCoA van met vertegenwoordigers van de verschillende klonale lijnen uit de abdijdreef en abdijtuin en handelsplantsoen op basis van 158 AFLP-merkers.



Figuur 7 UPGMA-boomstructuur (Simple Matching, 100 bootstraps) van de linden uit Tongerlo (abdijdreef en abdijtuin) die verschillende klonale lijnen vertegenwoordigen en handelsplantsoen.

4.3.2 Arboretum Winterswijk

De stalen afkomstig uit het arboretum Winterswijk die ons werden benoemd als 'Pallida' of 'Koningslinde', behoren ook tot de groep waar de 11 van de 13 'Pallida'-stalen van handelskwekers toe behoren (klonale groep 3), uitgezonderd deze van selectie 'JW_Mauritz' en het staal 'Konings_Moer'. 'Konings_Moer' uit het arboretum Winterswijk behoort tot de klonale lijn *T. x euchlora* K. Koch. We ontvingen twee stalen uit het arboretum Winterswijk van 'Zwarte linde'. Deze behoren tot de groep van de 'Pallida'-stalen (klonale groep 3). Ook het staal van de variëteit *T. x europaea* 'Wratislaviensis' behoort tot de 'Pallida'-groep. De Kozakkenlinde in de Kozakkenweg in Diepenveen (gemeente Deventer, NL) behoort eveneens tot de groep van de 'Pallida' of 'Koningslinde'. Deze knotboom stamt uit de 17de eeuw en werd in de Franse tijd gebruikt als strategisch uitzichtpunt van de Kozakken, die Nederland hielpen bij het verdrijven van de Franse bezetters. De linde van Ugchelen (Apeldoorn, NL) is eveneens een 'Koningslinde'. Het heeft een omtrek van 570 cm en zou volgens het register van Monumentale bomen aangeplant zijn rond 1800 - 1810.

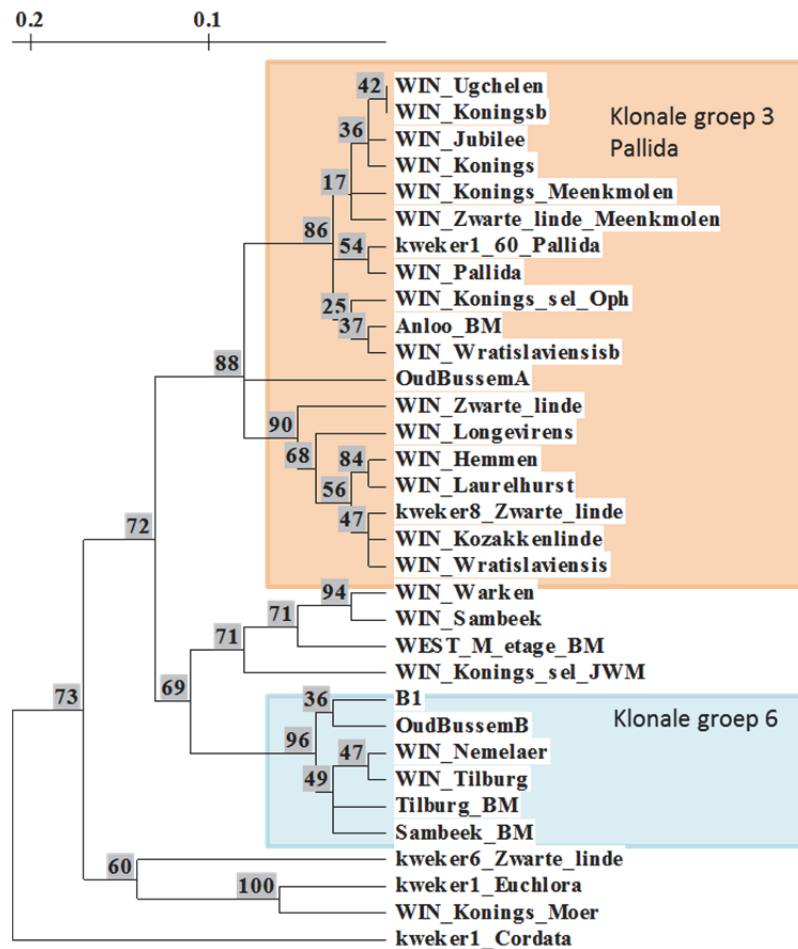
De stalen WIN_Sambeek en WIN_Warken zijn genetisch identiek (97% genetisch identiek). Het staal van het Ecologisch Adviesbureau Maes van de linde van Sambeek (SAM_Sambeek_BM) behoort tot de klonale groep 6 ('Tongerlo'-groep). Verder zijn ook WIN_Nemelaer en WIN_Tilburg identiek en behoren die eveneens tot klonale groep 6, waar ook de oudste bomen van de abdijdreef uit Tongerlo toe behoren. Het staal verzameld door het Ecologisch Adviesbureau Maes afkomstig van een stek genomen van de boom op de markt van Westerlo (WEST_M_étage_BM) verschilt van het staal dat rechtstreeks op de boom van de markt van Westerlo is verzameld in 2015 (staal bekomen via Koen Smets) maar heeft wel eenzelfde genetisch profiel als de stalen WIN_Warken en WIN_Sambeek.

Het is opmerkelijk dat, evenals bij de analyse van het handelsplantsoen, ook binnen de stalen van het arboretum Winterswijk, geen duidelijk genetisch onderscheid te maken valt tussen de stalen benoemd als 'Zwarte linde' en deze benoemd als 'Koningslinde'. Nochtans wordt in de literatuur gewag gemaakt van morfologisch en fenologische verschillen tussen 'Zwarte linde' en 'Koningslinde' (Grootendorst 1970, Bengtsson 2005; Pigott 1992, 2012). Een verschil dat veelal wordt aangegeven is de kleur van de jonge twijgen; rood tot roodbruin bij 'Koningslinde' en bruingrijs tot zwartbruin bij 'Zwarte linde'. Ook de vorm van de kroon wordt aangehaald in de literatuur als verschillend bij 'Zwarte linde' en 'Koningslinde'. 'Koningslinde' vormt een breed-pyramidale kroon terwijl 'Zwarte linde' een ronde kroon vormt met horizontaal afstaande, zeer donker gekleurde zijtakken (Grootendorst 1970, Pigott 1992). De kleur van de jonge twijgen verschilt binnen de kroon en is afhankelijk van de hoeveelheid zonlicht dat de twijgen bereikt, het seizoen en de groeivorm van de boom (Bengtsson 2005). De kenmerken die Bengtsson (2005) bestudeerde om klonale groepen binnen Hollandse linde te onderscheiden waren de vorm van de bladbasis, de kleur van het blad (helder, mat, dof), de lengte van de bladsteel, en de vorm en positie van de vrucht. Bengtsson (2005) bestudeerde deze kenmerken op twijgen die in de winter werden verzameld in de onderste helft van de kroon en nadien geënt op een onderstam in de kwekerij. Op basis van deze kenmerken, onderscheidt hij onder meer 'Zwarte linde' van 'Koningslinde'. Hij geeft echter ook aan dat de verzamelde bladkarakteristieken sterk variëren binnen eenzelfde boom. Evenals de kleur van de twijgen worden de bladkarakteristieken sterk beïnvloed door de stand ten opzichte van de zon, de positie binnen de kroon en de groeivorm van de boom. Vele bomen die onderzocht worden door Bengtsson (2005) waren oud (300 jaar of ouder) en hadden een verschillende snoeihistoriek wat een morfologische vergelijkende studie nog bemoeilijkte.

Uit bovenvermelde studies blijkt dat morfologische en fenologische verschillen binnen eenzelfde klonale groep kunnen te wijten zijn aan de invloed van omgevingsfactoren op het genotype, zoals de groeiplaats van de boom, het microklimaat en de snoeihistoriek. Binnen de hier onderzochte bomen, werden althans geen duidelijke genetische verschillen gevonden die de indeling van 'Koningslinde' en 'Zwarte linde' als twee verschillende klonale groepen ondersteunen. Kleine genetische verschillen (voorbeeld puntmutaties in het DNA of somatische mutaties) kunnen soms ook tot morfologische verschillen leiden. Het is echter wel onwaarschijnlijk data kleine genetische verschillen of somatische mutaties aan de basis liggen van de verschillende morfologische en fenologische eigenschappen die in de literatuur worden beschreven tussen 'Zwarte linde' en 'Koningslinde'. Vermoedelijk zijn die verschillen dus in hoofdzaak te wijten aan de interactie tussen het genotype en de omgevingsfactoren.

Een ander opmerkelijk feit is dat enkele stalen uit het arboretum afkomstig van solitaire oude bomen uit de 18e en begin 19e eeuw, ook behoren tot de 'Pallida'-groep (vb. Ugchelen, Kozakkenlinde, Hemmen). 'Pallida' wordt dus ook in onze regio al enkele eeuwen gebruikt voor aanplantingen van *T. x europaea*, net zoals in Zweden en

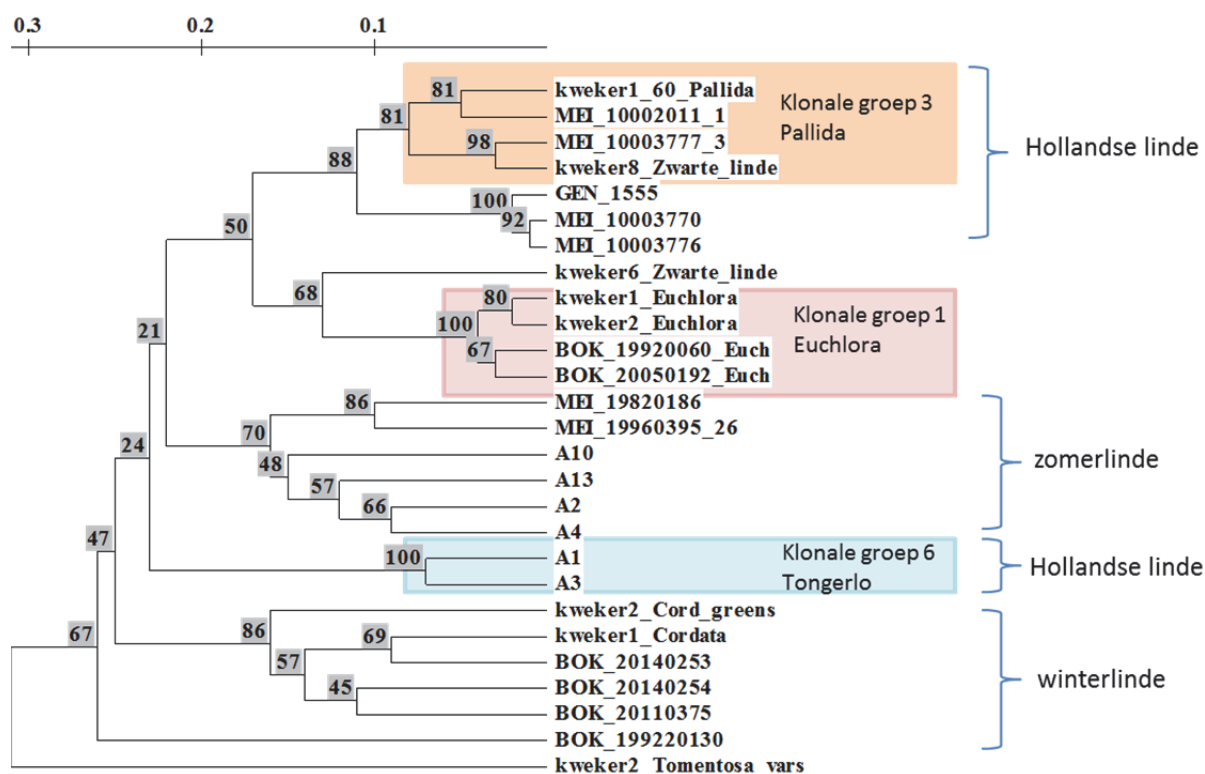
Denemarken. Dit geeft aan dat zowel in ruimte als in tijd, de variatie binnen de aanplantingen van Hollandse linde erg beperkt is.



Figuur 8 UPGMA-boomstructuur (Simple Matching, 100 bootstraps) van de stalen van het lindenarboretum te Winterswijk en staal B1 van de abdijdreef uit Tongerlo als vertegenwoordiger van klonale groep 6.

4.3.3 Arboreta Meise en Bokrijk

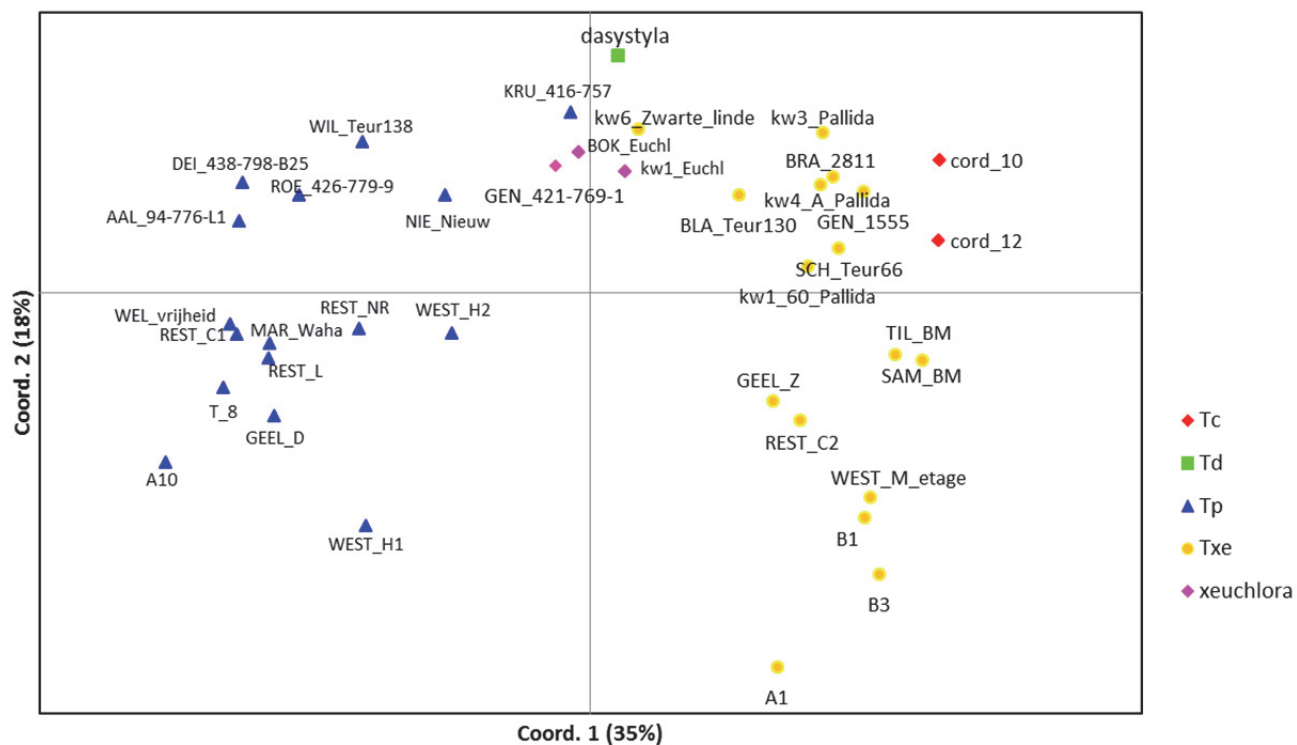
Twee stalen uit de plantentuin Meise behoren tot de 'Pallida'-groep (MEI_10002011_1 en MEI_10003777_3), twee andere stalen groeperen samen met de zomerlinden (MEI_19820186 e, MEI_19960395_26). De stalen MEI_10003776 en MEI_10003770 behoren tot dezelfde klonale groep dan het staal GEN_1555 van een oude étagelinde te Oostakker (Agentschap Onroerend Erfgoed, Inventaris Onroerend Erfgoed, Oude étagelinde bij de Grote Hofstede (ID: 131555)). De stalen uit het arboretum van Bokrijk omvatten drie winterlinden en twee linden van de klonale groep 'Euchlora' en verder nog een staal dat op basis van ons referentiekader moeilijk is te classificeren (BOK_199220130). Er is geen geanalyseerd staal uit beide arboreta dat overeenkomt met de 'Tongerlo'-groep.



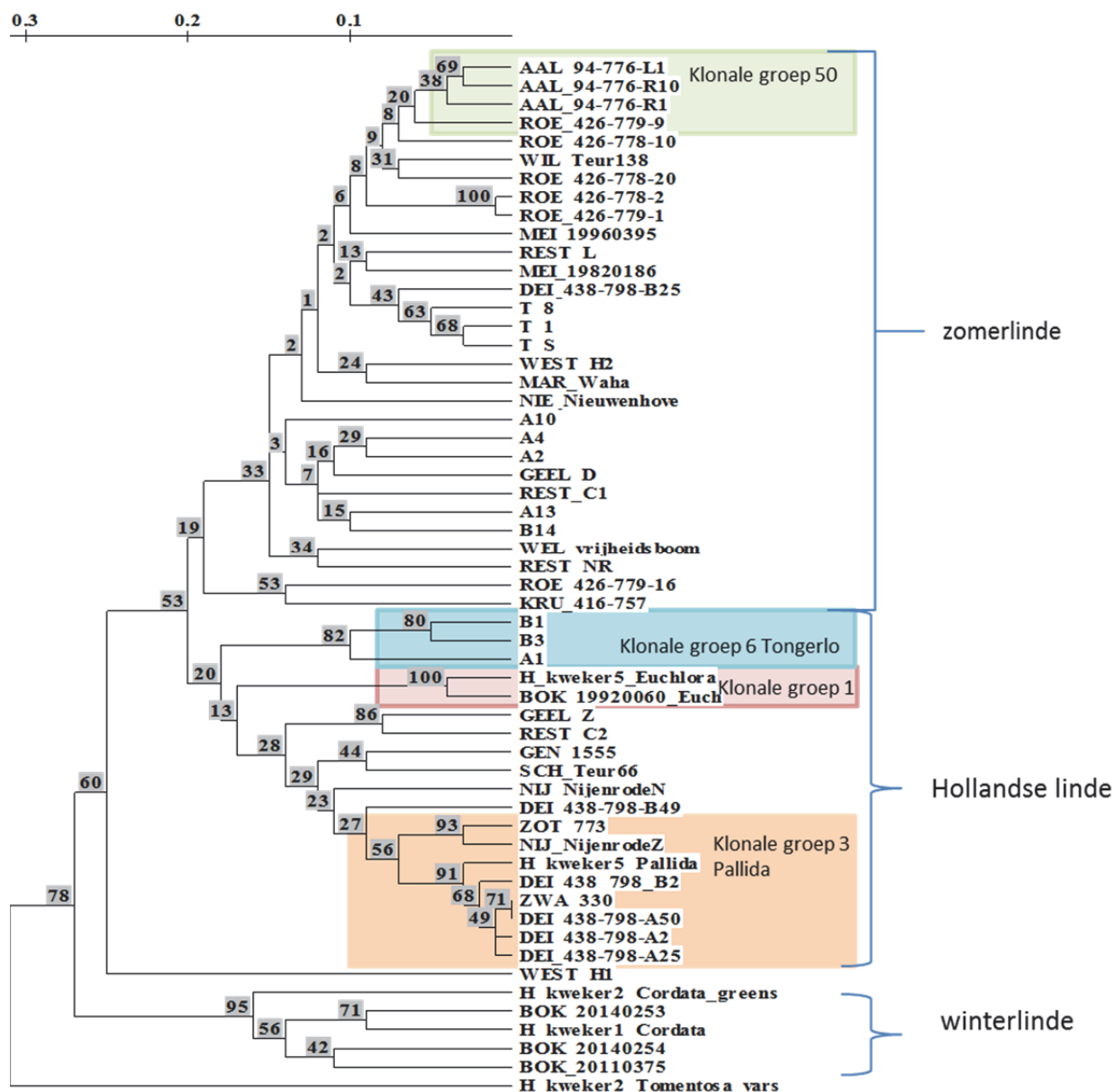
Figuur 9 UPGMA-boomstructuur (Simple Matching, 100 bootstraps) van de stalen uit de arboreta Plantentuin Meise en Bokrijk, stalen A1 en A3 als vertegenwoordiger van de originele Hollandse linden uit de abdijdreef (klonale groep 6) en enkele referentiestalen van zomerlinde en winterlinde.

4.4 Verwantschap met erfgoedlinden

De indeling van de erfgoedlinden volgens soort en klonale groep is te vinden in bijlage 4. Van 55 linden met erfgoedwaarde werden er op basis van het genetisch profiel 33 ingedeeld bij Hollandse linde en 22 bij zomerlinde. 19 (57%) Hollandse erfgoedlinden behoren tot de 'Pallida'-groep. Drie dreefbomen uit Drongen (GEN_421_769_1, GEN_421_769_2 en GEN_421_769_3) behoren tot eenzelfde klonale groep; nl. klonale groep 1 of 'Euchlora'-groep. Verder zijn er geen klonale groepen terug te vinden binnen de erfgoedlinden die behoren tot Hollandse linde. De resterende 6 erfgoedlinden die tot Hollandse linde behoren, geven unieke genetische profielen (Rest_C2, GEEL_Z, SCH_Teur66, ROE_438-798-B49, NIJ_NijenrodeN). Zoals hoger vermeld, behoort GEN_1555 tot eenzelfde klonale groep als twee stalen uit de Plantentuin Meise (MEI_10003776 MEI_10003770). Er zijn geen andere erfgoedlinden die tot de Tongerlo-groep behoren en voorkomen buiten de site abdij van Tongerlo, uitgezonderd deze hogerop besproken (nl. Tilburg, Sambeek, Nemelaer, Oud-Bussem, Hof van Overwijs, Markt Westerlo). Binnen de erfgoedlinden die volgens het genetisch profiel als zomerlinde worden gedefinieerd, is er één klonale groep waartoe drie stalen uit Poeke en één staal uit Rumbeke behoren.



Figuur 10 Biplot van de PCoA van erfgoedlinden, enkele vertegenwoordigers van de verschillende klonale lijnen uit de abdijdreef en –tuin, en handelsplantsoen op basis van 158 AFLP-merkers. Tc: *T. cordata*; Td: *T. dasystyla*, Tp: *T. platyphyllos*, Txe; *T. x europaea*, xeuchlora; *T. x euchlora*.



Figuur 11 UPGMA-boomstructuur (Simple Matching, 100 bootstraps) van erfgoedlinden, enkele vertegenwoordigers van de verschillende klonale lijnen uit de abdijdreef en -tuin, en handelsplantsoenen op basis van 158 AFLP-merkers.

5 Conclusie

5.1 Zijn alle oude bomen in de dreef genetisch identiek?

18 van de 20 onderzochte bomen aangeplant in 1676 of 1677 behoren tot dezelfde klonale groep en kunnen als genetisch identiek worden beschouwd. Eén boom werd niet onderzocht omwille van technische redenen (geen geschikt onderzoeksmateriaal). 2 van de 20 onderzochte bomen hadden een genetisch profiel dat licht afweek van de andere originele bomen, maar waren nog heel sterk gelijkend op deze originele bomen.

5.2 Verschillen deze ‘klonen’ van recent handelsplantsoen van Hollandse linde?

Ja, de klonen verschillen duidelijk van recent handelsplantsoen van Hollandse linde.

5.3 Hoe groot is de genetische variatie binnen het recent handelsplantsoen van Hollandse linde?

Het huidige handelsplantsoen van Hollandse linde is heel beperkt in genetische diversiteit en kan hoofdzakelijk onder één klonale groep worden geclassificeerd, nl. deze van ‘Koningslinde’ of ‘Pallida’. Het plantsoen dat verkocht wordt als ‘Zwarte linde’ is in de meeste gevallen identiek aan het plantsoen van koningslinde of ‘Pallida’.

5.4 Zijn de oude dreefbomen genetisch verwant aan de vlakbij aanwezige oude étagelinde te Westerlo?

Ja, de étagelinde te Westerlo behoort tot dezelfde klonale lijn als de oude dreefbomen. De étagelinde kan als genetisch identiek worden beschouwd met de dreefbomen van de abdij.

5.5 Zijn de bomen uit de abdijsdreef en –tuin opgekweekt uit zaad of uit afleggers/stek/enten?

De oudste bomen uit de abdijsdreef zijn opgekweekt uit afleggers of stekken en niet geënt op een onderstam. Voor 2 bomen (zomerlinde A10 en Hollandse linde B16) werden wel sterk verschillende genetische profielen gevonden tussen blad afkomstig aan de stamvoet en blad afkomstig uit de kroon. Deze bomen zijn inboetingen uit de 19de en 20ste eeuw en waarschijnlijk wel geënt op een onderstam. Of alle inboetingen uit die perioden gebeurden met enten, is niet onderzocht.

5.6 Hoe verwant zijn de linden uit de abdijsdreef en –tuin met andere oude Hollandse linden geklasseerd als ‘erfgoedlinden’ uit België en Nederland?

Er zijn nog enkele andere oude lindebomen die genetisch identiek zijn aan de oudste bomen in de abdijsdreef. Tot dezelfde klonale groep behoren eveneens enkele 17e -eeuwse en 18e -eeuwse oude Hollandse linden uit Nederland (Noord-Brabant), nl. Tilburg, Sambeek, Nemelaer (Haaren) en Oud-Bussem (Huizen). Eveneens tot dezelfde klonale groep behoort de linde van het voormalig restaurant ‘Hof van Overwijs’ (aangeplant in 18e eeuw) en de étagelinde van op de markt van Westerlo. Daarnaast zijn er nog vier bemonsterde bomen uit de abdijsdreef die ook tot deze klonale groep behoren; drie bomen uit het lindedreefje van de Engelse abdijsdreef (T_4, T_6, T_13) en een boom uit het lindenprieel van de moestuin (T_P2).

5.7 Hoe groot is de genetische variatie binnen de 'erfgoedlinden'?

De variatie binnen de 'erfgoedlinden' die behoren tot het taxon 'Hollandse linde' is beperkt. Van de 33 linden die volgens het genetisch profiel tot Hollandse linde behoren, waren er 19 bomen (57%) die tot dezelfde klonale groep behoorden, nl. de 'Pallida'-groep. Er waren geen duidelijke genetische verschillen tussen de erfgoedlinden morfologisch geïdentificeerd als 'Zwarte linde' en 'Koningslinde' / 'Pallida'. De cultuurvariëteit 'Pallida' wordt vermoedelijk ook al lange tijd in Vlaanderen en Nederland in grote mate aangeplant, zoals ook het geval is voor Zweden, Denemarken en Engeland. De onderzochte dreefbomen uit Drongen waren eveneens identiek en behoorden tot de Euchlora-groep. Zes andere Hollandse linden hadden een uniek genetisch profiel. Binnen de groep van erfgoedlinden die volgens het genetisch profiel geclassificeerd werden als zomerlinde, was er meer genetische variatie. Zomerlinden worden meer via zaden vermeerderd, wat meer genetische variatie tot gevolg heeft.

6 Referenties

- Bengtsson R. (2005). Variation in common lime (*Tilia x europaea* L.) in Swedish Gardens of the 17th and 18th centuries. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp, Sweden.
- Bonin A., Bellemain E., Bronken Eidessen P., Pompanon F., Brochmann C., Taberlet P. (2004). How to track and assess genotyping errors in population genetics studies. *Molecular Ecology* 13, 3261-3273.
- Grootendorst H.J. (1970). *Tilia*. Keuringsrapport van de regelingscommissie sierbomen N.A.K.B. *Dendroflora* 7, 69-71.
- Hansen O.K., Thomsen P., Rasmussen C.W. (2014). DNA markers provide insight about common lime in historical plantings - An example from the Royal Danish Gardens. *Urban Forestry & Urban Greening* 13, 543-552.
- Jablonski E.P., Plietzsch A. (2013). Kultivierte Linden, II: Sorten von *Tilia cordata* Mill., *T. platyphyllos* Scop. und *T. x europaea* L. *Mitteilungen der Deutschen dendrologischen gesellschaft* 98, 89-110.
- Meirmans P.G., Van Tienderen P.H. (2004). GENOTYPE and GENODIVE: two programs for the analysis of genetic diversity of asexual organisms. *Molecular Ecology Notes* 4, 792-794.
- Peakall R., Smouse P.E. (2006). GENALEX 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research. *Molecular Ecology Notes* 6, 288-295.
- Pigott D. (1992). The clones of common lime (*Tilia x vulgaris* Hayne) planted in England during the seventeenth and eighteenth centuries. *New Phytol.* 121, 487-493.
- Pigott D. (2012). *Lime-Trees and Basswoods*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Tack G., Van den Brecht P., Hermy M. (1993). *Bossen van Vlaanderen*. Davidsfonds, Leuven.
- Van De Peer Y., De Wachter R. (1994). TREECON for Windows: a softwer package for the construction and drawing of evolutionary trees for the Microsoft Windows environment. *Comput.Applic.Biosci.* 10, 569-570.
- Vekemans X., Beauwens M., Lemaire M., Roldan-Ruiz I. (2002). Data from amplified fragment length polymorphism (AFLP) markers show indication of size homoplasy and of a relationship between degree of homoplasy and fragment size. *Molecular Ecology* 11, 139-151.

7 Bijlagen

7.1 Bijlage 1: Stalen abdijsite

	Veld code	Klonale Groep	Soort (morf.)	Soort (genet.)	Locatie	Opmerking
1	A1	6	Txe	Txe	Tongerlo abdijtuin	welkomstboom
2	A2	9	Tp	Tp	Tongerlo abdijdreef	recent ingeboet
3	A3	6	Txe	Txe	Tongerlo abdijdreef	origineel
4	A4	11	Tp	Tp	Tongerlo abdijdreef	recent ingeboet
5	A5	6	Txe	Txe	Tongerlo abdijdreef	verdwenen positie, stek originele boom
6	A6	6	Txe	Txe	Tongerlo abdijdreef	origineel
7	A6_2	6	Txe	Txe	Tongerlo abdijdreef	A6, stamvoetopslag
8	A7	6	Txe	Txe	Tongerlo abdijdreef	origineel
9	A8	6	Txe	Txe	Tongerlo abdijdreef	origineel
10	A9	6	Txe	Txe	Tongerlo abdijdreef	origineel
11	A9_2	6	Txe	Txe	Tongerlo abdijdreef	A9-2, stamvoetopslag
12	A10	12	Tp	Tp	Tongerlo abdijdreef	19de E ingeboet
13	A10_2	13	Tp	Tp	Tongerlo abdijdreef	A10, stamvoetopslag
14	A11	14	Txe	Txe	Tongerlo abdijdreef	origineel
15	A12	15	Txe	Txe	Tongerlo abdijdreef	origineel
16	A13	16	Tp	Tp	Tongerlo abdijdreef	Recent ingeboet
17	A14	6	Txe	Txe	Tongerlo abdijdreef	origineel
18	A15	17	Txe	Txe	Tongerlo abdijdreef	recent ingeboet
19	A16	6	Txe	Txe	Tongerlo abdijdreef	origineel
20	A16_2	6	Txe	Txe	Tongerlo abdijdreef	A16, stamvoetopslag
21	AA1	18	NA	Txe	Tongerlo abdijdreef	
22	AA10	19	NA	Txe	Tongerlo abdijdreef	

23	T_K	7	NA	Tp	Tongerlo abdijtuin	Engelse tuin, lindedreefje, knotlinde
24	T_S	5	NA	Tp	Tongerlo abdijtuin	Engelse tuin, lindedreefje, solitaire opgaande linde
25	B1	6	Txe	Txe	Tongerlo abdijdreef	welkomstboom
26	B1_2	6	Txe	Txe	Tongerlo abdijdreef	B1, stamvoetopslag
27	B2	19	Txe	Txe	Tongerlo abdijdreef	20 ^{ste} eeuw ingeboet
28	B3	6	Txe	Txe	Tongerlo abdijdreef	origineel
29	B3_2	6	Txe	Txe	Tongerlo abdijdreef	B3, stamvoetopslag
30	B4	6	Txe	Txe	Tongerlo abdijdreef	origineel
31	B5	6	Txe	Txe	Tongerlo abdijdreef	origineel
32	B6	6	Txe	Txe	Tongerlo abdijdreef	origineel
33	B7	6	Txe	Txe	Tongerlo abdijdreef	origineel
34	B8	6	Txe	Txe	Tongerlo abdijdreef	origineel
35	B8_2	6	Txe	Txe	Tongerlo abdijdreef	B8, stamvoetopslag
36	B9	19	Txe	Txe	Tongerlo abdijdreef	20 ^{ste} eeuw ingeboet
37	B10	21	Txe	Txe	Tongerlo abdijdreef	19 ^{de} eeuw ingeboet
38	B12	6	Txe	Txe	Tongerlo abdijdreef	origineel
39	B13	6	Txe	Txe	Tongerlo abdijdreef	origineel
40	B14	22	Txe	Tp	Tongerlo abdijdreef	recent ingeboet
41	B15	19	Txe	Txe	Tongerlo abdijdreef	20 ^{ste} eeuw ingeboet
42	B16	19	Txe	Txe	Tongerlo abdijdreef	20 ^{ste} eeuw ingeboet
43	B16_2	8	Txe	Txe	Tongerlo abdijdreef	B16, stamvoetopslag
44	BB1	19	Txe	Txe	Tongerlo abdijdreef	
45	BB16	19	NA	Txe	Tongerlo abdijdreef	
46	T_1	5	NA	Tp	Tongerlo abdijtuin	Engelse tuin, lindedreefje, boom 1 (zuidelijk)
47	T_4	6	Txe	Txe	Tongerlo abdijtuin	Engelse tuin, lindedreefje, boom 4
48	T_6	6	NA	Txe	Tongerlo abdijtuin	Engelse tuin, lindedreefje, boom 6
49	T_8	5	NA	Tp	Tongerlo abdijtuin	Engelse tuin, lindedreefje, boom 8
50	T_13	6	Tp	Tp	Tongerlo abdijtuin	Engelse tuin, lindedreefje, boom 13

51	T_P2	6	NA	Txe	Tongerlo abdijtuin	moestuin, lindeprieel, boom 2
52	T_P4	8	NA	Txe	Tongerlo abdijtuin	moestuin, lindeprieel, boom 4
53	TONG_D	19	NA	Txe	Tongerlo abdijdreef	verlengde van abdijdreef, buitenste rij west, aan beek

7.2 Bijlage 2: Stalen handelsplantsoen

	Veldcode	Klonale groep		Soort	variëteit	Land
1	kweker1_Euchlora	1		Tilia x euchlora	Euchlora	BE
2	kweker2_Euchlora	1		Tilia x euchlora	Euchlora	BE
3	kweker3_Euchlora	1		Tilia x euchlora	Euchlora	NL
4	kweker5_Euchlora	1		Tilia x euchlora	Euchlora	BE
5	kweker1_Pallida	2		Tilia x europaea	Pallida	BE
6	kweker1_P60_Pallida	3		Tilia x europaea	Pallida	BE
7	kweker3_Pallida	3		Tilia x europaea	Pallida	NL
8	kweker4_A_Pallida	3		Tilia x europaea	Pallida	BE
9	kweker4_B_Pallida	3		Tilia x europaea	Pallida	BE
10	kweker4_C_Pallida	3		Tilia x europaea	Pallida	BE
11	kweker4_D_Pallida	3		Tilia x europaea	Pallida	BE
12	kweker5_Pallida	3		Tilia x europaea	Pallida	BE
13	kweker7_PerceelL_Pallida	3		Tilia x europaea	Pallida	NL
16	kweker8_Zwarte_linde	3		Tilia x europaea	Zwarte linde	NL
14	kweker7_PerceelHulst_G	3		Tilia x europaea	Zwarte linde	NL
15	kweker7_PerceelVerhoeven_D	3		Tilia x europaea	NA	NL
17	kweker1_Cordata	4		Tilia cordata	NA	BE
18	kweker2_koningslinde	25		Tilia x europaea	Koningslinde	BE
19	kweker2_Cordata_greens	26		Tilia cordata	Greenspire	BE
20	kweker2_Tomentosa_vars	27		Tilia tomentosa	Varsaviensis	BE
21	kweker6_Zwarte_linde	47		Tilia x europaea	zwarte linde	NL

7.3 Bijlage 3: Stalen arboreta

	Veldcode	Klonale Groep	Soort (morf.)	Soort (genet.)	Locatie
1	MEI_10002011_1	3	Txe	Txe	Plantentuin Meise
2	MEI_10003770	35	Txe	Txe	Plantentuin Meise
3	MEI_10003776	35	Txe	Txe	Plantentuin Meise
4	MEI_10003777_3	3	Txe	Txe	Plantentuin Meise
5	MEI_19820186	36	T aff. x e	Tp	Plantentuin Meise
6	MEI_19960395_26	37	T aff. x p	Tp	Plantentuin Meise
7	WIN_Nemerlaer	6	Txe	Txe	Lindenarboretum Winterswijk
8	WIN_Ugchelen	3	Txe	Txe	Lindenarboretum Winterswijk
9	WIN_Warken	42	Txe	Txe	Lindenarboretum Winterswijk
10	WIN_Tilburg	6	Txe	Txe	Lindenarboretum Winterswijk
11	WIN_Sambeek	42	Txe	Txe	Lindenarboretum Winterswijk
12	WIN_Kozakkenlinde	3	Txe	Txe	Lindenarboretum Winterswijk
13	WIN_Jubilee	3	Txe	Txe	Lindenarboretum Winterswijk
14	WIN_Konings_sel_Oph	3	Txe	Txe	Lindenarboretum Winterswijk
15	WIN_Pallida	3	Txe	Txe	Lindenarboretum Winterswijk
16	WIN_Konings_sel_JWM	46	Txe	Txe	Lindenarboretum Winterswijk
17	WIN_Konings	3	Txe	Txe	Lindenarboretum Winterswijk
18	WIN_Longevirens	3	Txe	Txe	Lindenarboretum Winterswijk
19	WIN_Hemmen	3	Txe	Txe	Lindenarboretum Winterswijk
20	WIN_Zwarte_linde	3	Txe	Txe	Lindenarboretum Winterswijk
21	WIN_Laurelhurst	3	Tilia x euchlora	Txe	Lindenarboretum Winterswijk
22	WIN_Konings_Moer	1	Txe	Tilia x euchlora	Lindenarboretum Winterswijk
23	WIN_Wratislaviensis	3	Txe	Txe	Lindenarboretum Winterswijk
24	WIN_Konings_Meenkmolen	3	Txe	Txe	Lindenarboretum Winterswijk
25	WIN_Zwarte_linde_Meenkmolen	3	Txe	Txe	Lindenarboretum Winterswijk

26	BOK_19920060_Euch	1	Tilia x euchlora	Tilia x euchlora	Arboretum Bokrijk
27	BOK_199220130	38	NA	Tc	Arboretum Bokrijk
28	BOK_20140254	39	NA	Tc	Arboretum Bokrijk
29	BOK_20110375	40	NA	Tc	Arboretum Bokrijk
30	BOK_20140253	41	NA	Tc	Arboretum Bokrijk
31	BOK_20050192_Euch	1	Tilia x euchlora	Tilia x euchlora	Arboretum Bokrijk
32	cord_10	64	Tc	Tc	Adam Mickiewicz University Botanical Garden, Poznań, Polen
33	cord_12	65	Tc	Tc	Adam Mickiewicz University Botanical Garden, Poznań, Polen
34	dasystyla	163	Td	Td	Adam Mickiewicz University Botanical Garden, Poznań, Polen

7.4 Bijlage 4: Stalen erfgoedlinden

	Veldcode	Klonal e groep	Soort (morf.)	Soort (Genet.)	Lan d	Provincie	Gemeente	Opmerking
1	AAL_94-776-L1	50	Tp	Tp	BE	Oost-Vlaanderen	Aalter (Poeke)	kasteeldomein poekedorppoort
2	AAL_94-776-R1	50	Tp	Tp	BE	Oost-Vlaanderen	Aalter (Poeke)	kasteeldomein poekedorppoort
3	AAL_94-776-R10	50	Tp	Tp	BE	Oost-Vlaanderen	Aalter (Poeke)	kasteeldomein poekedorppoort
4	BRA_2811	3	Tx e	Tx e	BE	Oost-Vlaanderen	Brakel	IOE, opgaande boom, schermbeplanting
5	DEI_438_798_B2	3	Tx e	Tx e	BE	Oost-Vlaanderen	Deinze (Bachte-Maria- Leerne)	gekandelaarde bomen
6	DEI_438-798-A2	3	Tx e	Tx e	BE	Oost-Vlaanderen	Deinze (Bachte-Maria- Leerne)	gekandelaarde bomen
7	DEI_438-798-A25	3	Tx e	Tx e	BE	Oost-Vlaanderen	Deinze (Bachte-Maria- Leerne)	gekandelaarde bomen
8	DEI_438-798-A50	3	Tx e	Tx e	BE	Oost-Vlaanderen	Deinze (Bachte-Maria- Leerne)	gekandelaarde bomen
9	DEI_438-798-B25	51	Tp	Tp	BE	Oost-Vlaanderen	Deinze (Bachte-Maria- Leerne)	Ooidonk
10	GEEL_D	28	NA	Tp	BE	Antwerpen	Geel (Zammel)	Sint-Dimpnapkapel, Zammel
11	GEEL_Z	29	NA	Tx e	BE	Antwerpen	Geel (Zammel)	Zammelseweg, Zammel
12	GEN_1555	35	Tx e	Tx e	BE	Oost-Vlaanderen	Gent	Oostdonkstraat
13	GEN_421-769-1	1	Tx e	Tilia x euchlora	BE	Oost-Vlaanderen	Gent (Drongen)	dreef 3
14	GEN_421-769-2	1	Tx e	Tilia x euchlora	BE	Oost-Vlaanderen	Gent (Drongen)	dreef 3
15	GEN_421-769-3	1	Tx e	Tilia x euchlora	BE	Oost-Vlaanderen	Gent (Drongen)	dreef 3
16	KRU_416-757	57	Tx e	Tp	BE	Oost-Vlaanderen	Kruibeke (Bazel)	kapelbomen
17	MAR_Waha	30	Tp	Tp	BE	Luxembourg	Marche (Waha)	Waha, voor kerk
18	NIE_Nieuwenhov e	43	NA	Tp	BE	Oost-Vlaanderen	Geraardsbergen (Nieuwenhove)	Heirbaan, Nieuwenhove
19	REST_C1	32	NA	Tp	BE	Luxembourg	Tellin (Resteigne)	Chanlet
20	REST_C2	2	NA	Tx e	BE	Luxembourg	Tellin (Resteigne)	Chanlet

21	REST_L	34	Tp	BE	Luxembourg	Tellin (Resteigne)	kerk
22	REST_NR	33	NA	BE	Luxembourg	Tellin (Resteigne)	Nouvelle route
23	ROE_426-778-10	54	Tx e	BE	West-Vlaanderen	Roeselare	sterrebos, morfologische determinatie op blad van gekandelaarde boom
24	ROE_426-778-2	53	Tx e	BE	West-Vlaanderen	Roeselare	sterrebos, morfologische determinatie op blad van gekandelaarde boom
25	ROE_426-778-20	55	Tx e	BE	West-Vlaanderen	Roeselare	sterrebos, morfologische determinatie op blad van gekandelaarde boom
26	ROE_426-779-1	53	Tx e	BE	West-Vlaanderen	Roeselare	sterrebos, morfologische determinatie op blad van gekandelaarde boom
27	ROE_426-779-16	56	Tx e	BE	West-Vlaanderen	Roeselare	sterrebos, morfologische determinatie op blad van gekandelaarde boom
28	ROE_426-779-9	50	Tx e	BE	West-Vlaanderen	Roeselare	sterrebos, morfologische determinatie op blad van gekandelaarde boom
29	DEI_438-798-B49	52	Tx e	BE	Oost-Vlaanderen	Deinze (Bachte-Maria-Leerne)	sterrebos, morfologische determinatie op blad van gekandelaarde boom
31	TO_TONG_O	6	Tx e	BE	Antwerpen	Tongerlo	Ooidonk
32	WEL_vrijheidsboom	31	Tp	BE	Luxembourg	Wellin	Hof van Overwijs
33	WEST_H1	23	NA	BE	Antwerpen	Westerlo	Wellin
34	WEST_H2	24	NA	BE	Antwerpen	Westerlo	N19, kapel van de Huypensberg
35	WEST_M_étage	6	Tx e	BE	Antwerpen	Westerlo	N19, kapel van de Huypensberg
36	ZOT_428-785	3	Tx e	BE	Oost-Vlaanderen	Zottegem (Strijpen)	Etangelinde markt Westerlo
37	ZOT_428-786	3	Tx e	BE	Oost-Vlaanderen	Zottegem (Strijpen)	opgaande boom, boerderijinde 18e eeuw
38	ZOT_773	3	Tx e	BE	Oost-Vlaanderen	Zottegem	opgaande boom
	(130773)					(Leeuwerghem)	IOE, 'zeven sacramenten boom'
39	ZWA_120	3	Tx e	BE	Oost-Vlaanderen	Zwalme	inventaris landschappelijk erfgoed, hoekboom
	(130120)						
40	ZWA_158A	3	Tx e	BE	Oost-Vlaanderen	Zwalme	IOE, gekandelaarde boom, welkomstboom
	(130158A)						
41	ZWA_158B	3	Tx e	BE	Oost-Vlaanderen	Zwalme	IOE, gekandelaarde boom, welkomstboom
	(130158B)						
42	ZWA_187	3	Tx e	BE	Oost-Vlaanderen	Zwalme	IOE, opgaande boom
	(130187)						
43	ZWA_286	3	Tx e	BE	Oost-Vlaanderen	Zwalme	IOE, grensboom
	(130286)						
44	ZWA_330A	3	Tx e	BE	Oost-Vlaanderen	Zwalme	IOE, gekandelaarde boom, schermbeplanting
	(130330A)						

45	ZWA_330B(13033 OB)	3	Tx e	Tx e	BE	Oost-Vlaanderen	Zwalm	IOE, gekandelaarde boom, schermbeplanting
46	ANL_Anloo_BM	3	Tx e	Tx e	NL	Drenthe	Anloo	meerstammige lindestoof in het buitengebied. mogelijk laat 18e of vroeg 19e eeuw.
47	BLA_Teur130	3	Tx e	Tx e	NL	Gelderland	Heumen (Blankenberg)	opgaande boom, boerderijlinde 18e eeuw
48	HUI_OudBussemA	6	Tx e	Tx e	NL	Noord-Holland	Huizen	Landgoed Oud-Bussem, landgoedlinde, eerste helft 19e eeuw. (ca 1850?)
49	HUI_OudBussemB	3	Tx e	Tx e	NL	Noord-Holland	Huizen	Landgoed Oud-Bussem, landgoedlinde, 18e eeuw
50	NIJ_NijenrodeN	83	Tx e	Tx e	NL	Utrecht	Utrecht (Breukelen)	Kasteeldomein Nijenrode (aanplant eerste helft 18e eeuw)
51	NIJ_NijenrodeZ	3	Tx e	Tx e	NL	Utrecht	Breukelen	Kasteeldomein Nijenrode (aanplant eerste helft 18e eeuw)
52	SAM_Sambeek_B M	6	Tx e	Tx e	NL	Noord-Brabant	Sambeek	Solitair Sambeek (aangeplant in de periode 1580 - 1622)
53	SCH_Teur66	49	Tx e	Tx e	NL	Limburg	Rijckholt (St. Geertruid)	Savelbos, natuurlijke hybride in een oud bos met oud hakhout van zomerlinde en winterlinde
54	TIL_Tilburg_BM	6	Tx e	Tx e	NL	Noord-Brabant	Noord-Brabant	markt Tilburg (Heuvel) (vermoedelijk aangeplant tussen 1600 en 1700)
55	WIL_Teur138	48	Tx e	<i>7p</i>	NL	Gelderland	Vorden	Landgoed Wildenborch