

3. DENDROCHRONOLOGIE (versie 1.0, geaccepteerd januari 2006)

Esther Jansma (ROB / Nederlands Centrum voor Dendrochronologie RING)¹

Inhoud

Deel 1 De stand van het dendrochronologisch onderzoek in Nederland

- 1.1: Inleiding en opzet
- 1.2: Beknopte onderzoeksgeschiedenis en toepassingen
- 1.3: De organisatie van het dendrochronologisch onderzoek
 - 1.3.1: Inbedding en financiering
 - 1.3.2: Toegankelijkheid van gegevens
- 1.4: Overzicht van de daterende dendrochronologie in Nederland
 - 1.4.1: Overzicht per periode
 - 1.4.2: Gedateerde scheepswrakken
 - 1.4.3: Beschikbare referentiechronologieën
 - 1.4.4: Dateerbare houtsoorten

Deel 2 Actuele dendrochronologische onderzoeksthema's

- 2.1: Daterende dendrochronologie
- 2.2: Synthetiserende cultuurhistorische vraagstellingen
- 2.3: Landschapsgeschiedenis en bosexploitatie
- 2.4: Dendroklimatologie

Deel 3 Archeologische verschijningsvormen

- 3.1: De wordingsgeschiedenis van het landschap
- 3.2: Het voormalige cultuurlandschap
- 3.3: Methoden en technieken
 - 3.3.1: Monsternamen
 - 3.3.2: Absolute en relatieve dateringen
 - 3.3.3: De zorg voor hout tijdens opgravingen
 - 3.3.4: Conservering en opslag van houtmonsters
- 3.4: Chronologie
- 3.5: Dendrochronologisch onderzoek per vondstcategorie
 - 3.5.1: Beschoeiingen en funderingen
 - 3.5.2: Grafkisten
 - 3.5.3: Huisplattegronden
 - 3.5.4: Waterputten
 - 3.5.5: Individuele houten objecten
 - 3.5.6: Bruggen
 - 3.5.7: Castella
 - 3.5.8: Wegen
 - 3.5.9: Schepen
 - 3.5.10: Vaten
- 3.6: Archeologische monumentenzorg

Literatuur

¹ In dit hoofdstuk is commentaar verwerkt van B. van Geel (UvA), J. van der Plicht (RUG), H. Kamermans (UL) en J. Wallinga (NCL). De gepresenteerde gegevens zijn mede aangeleverd door E. Hanraets en T. Vernimmen (RING).

DEEL 1 DE STAND VAN HET DENDROCHRONOLOGISCH ONDERZOEK IN NEDERLAND

1.1: Inleiding en opzet

De mogelijkheden voor datering van houten structuren en objecten zijn de afgelopen twee decennia sterk verbeterd dankzij de ontwikkeling van de dendrochronologie. Waar eerder vooral vindplaatsgerichte waarnemingen gedaan werden, is het nu mogelijk uitspraken te doen over de eventuele gelijktijdigheid van fenomenen binnen groepen van vindplaatsen. Dendrochronologie is een niet-periodegebonden methode die toepasbaar is voor de datering van verschillende soorten erfgoed dat (geheel of gedeeltelijk) uit hout bestaat. In methodologisch opzicht maakt het voor de dendrochronologie dus niet uit of het onderzoek wordt verricht aan archeologisch, bouwhistorisch dan wel roerend erfgoed (mobilia).²

Dendrochronologie wordt echter ook ingezet voor andere toepassingen dan datering. Wij beperken ons in dit hoofdstuk tot vraagstellingen en toepassingen die relevant zijn binnen het cultuurhistorische veld (zie tabel 3.1),³ te weten:

1. daterende dendrochronologie;
2. herkomstbepaling;
3. landschapsgeschiedenis en bosexploitatie;
4. ijking van de ¹⁴C-tijdschaal;
5. dendroklimatologie.

	toepassing	variabele	techniek	houtsoort	randvoorwaarden
cuurhistorie	datering van hout	jaarringbreedte	- microscopie - macroscopische waarnemingen - statistiek	eik, es, beuk, iep, zilverspar, grove den, fijnspar	toegang tot gedateerde referentiechronologieën van jaarlijkse gemiddelde ringbreedte
	herkomst-bepaling van hout	jaarringbreedte	statistiek	eik, zilverspar, grove den, fijnspar	toegang tot de basisgegevens van de referentiechronologieën uit de herkomstgebieden
	reconstructie van landschaps-geschiedenis en -gebruik	- jaarringbreedte - houtmorfologie (cel, ring, stam)	- macroscopische waarnemingen - microscopie - beeldanalyse (celmorfologie) - statistiek	dateerbare houtsoorten	- voldoende monsters - goede veld-waarnemingen - interactie met andere disciplines
aard- en levenswetenschappen	ijking ¹⁴ C-tijdschaal	isotopengehalte: ¹⁴ C	chemische analyse op jaarringniveau	dateerbare houtsoorten	toegang tot hout uit relevante perioden
	klimatologie en klimaatrecon-structie	jaarringbreedte	statistiek	eik, naaldhout	- toegang tot meteorologische gegevens - toegang tot hout en dendrochronologische gegevens uit dezelfde gebieden
		breedte zomerhout	- röntgenopname - statistiek	naaldhout	
isotopengehalte: ¹⁸ O en ¹⁶ O	chemische analyse op jaarringniveau	dateerbare houtsoorten			

Tabel 3.1 Toepassingen, variabelen en technieken binnen de dendrochronologie.

In § 1.2 worden de genoemde toepassingen kort besproken. In § 1.3 staat de organisatie van het dendrochronologisch onderzoek centraal. De rest van deel 1 is gewijd aan een uitgebreid overzicht van de huidige stand van zaken in de daterende dendrochronologie in Nederland. In deel 2 worden belangrijke dendrochronologische onderzoeksthema's voor de komende jaren geformuleerd. In deel 3 worden deze thema's concreet uitgewerkt. Dit gebeurt door de bespreking van de meest gangbare soorten archeologische vondsten die in aanmerking komen voor dendrochronologisch onderzoek, inclusief de daarvoor relevante vraagstellingen en de bijbehorende strategieën voor optimale monsternamen. De indeling in paragrafen wijkt daarbij enigszins af van wat gebruikelijk is in deel 3 van de meeste andere NOaA-hoofdstukken.

² Alleen de wijze van monsternamen varieert per type erfgoed. Zie hiervoor § 3.4.1.

³ Voor andere vraagstellingen en toepassingen, zie Schweingruber 1988, Cook & Kairiukstis 1990 en de website van H.D. Grissino-Mayer (<http://web.utk.edu/~grissino/>).

1.2: Beknopte onderzoeksgeschiedenis en toepassingen

De dendrochronologie ('boomtjijkunde') werd in het begin van de 20ste eeuw ontwikkeld in de Verenigde Staten.⁴ Omdat klimatologische en meteorologische vraagstellingen in de beginfase centraal stonden lag de focus op gebieden met een landklimaat (sterke meteorologische seizoenverschillen). Tegen het einde van de dertiger jaren raakte dendrochronologie in gebruik in Centraal-Europa (landklimaat).⁵ Eind zestiger jaren volgden Europese gebieden met een zeeklimaat (d.w.z. met geringere meteorologische seizoenverschillen): Noord-Duitsland, Engeland en Ierland.⁶ In deze fase van de Europese dendrochronologie lag de nadruk op dateringen en de ontwikkeling van lange kalenders.

Ook in Nederland hechtte men aanvankelijk vooral belang aan jaarringonderzoek als dateringsmethode. Hier ontstond belangstelling voor de dendrochronologie door een aantal geslaagde dateringen van schilderijpanelen.⁷ Uit het toenmalige onderzoek resulteerden enkele kalenders voor eikenhout,⁸ die echter weinig bruikbaar bleken voor het doen van nieuwe dateringen. De oorzaak was dat men in de veronderstelling verkeerde dat er 'inheems' (in Nederland gegroeid) eikenhout werd onderzocht. Het grootste deel van het in Nederland gebruikte paneel- en bouw hout is echter van elders afkomstig: de herkomst varieert van het huidige België en Duitsland tot Polen en (incidenteel) Denemarken en Zweden. Kalenders uit zulk heterogeen materiaal bevatten geen gezamenlijke regionale klimatologische variaties en zijn daarom onbruikbaar als standaard bij dateringen. Toen dit eenmaal werd begrepen, begon men in Nederland met het intensiveren van het dateringonderzoek aan eikenhout.⁹ Daarbij werd aanvankelijk gebruik gemaakt van de gepubliceerde Centraal-Europese standaardkalender (inclusief de regionale kalenders die hieraan ten grondslag lagen)¹⁰ en van twee kalenders voor eiken, die gegroeid waren in Twente en in Westfalen.¹¹ In 1980 werd naar buitenlands voorbeeld een computerprogramma ontwikkeld waarmee statistische waarden konden worden berekend die relevant zijn bij dendrochronologische dateringen.¹² Hiernaast kreeg men in 1985 de beschikking over programmatuur die was ontwikkeld aan de Queens University van Belfast.¹³ Ook werden er methoden uit het buitenland overgenomen en verder ontwikkeld, waarmee criteria vastgesteld kunnen worden voor de vervaardiging van kalenders met een regionale betekenis.¹⁴ Begin negentiger jaren werd een aantal Noordduitse kalenders gepubliceerd waarmee de dateringmogelijkheden in Nederland aanzienlijk werden verbeterd.¹⁵ Tussen 1987 en 1991 werd het dendrochronologisch onderzoek gefinancierd door NWO/GW.¹⁶ Mede daardoor is de daterende dendrochronologie in Nederland tot wasdom gekomen.

Hieronder worden de verschillende toepassingen van de dendrochronologie die in dit hoofdstuk aan de orde komen kort besproken.

1: Daterende dendrochronologie

In de daterende dendrochronologie staat de vraag naar de ouderdom van houten structuren en voorwerpen centraal. Door de kapdatum (kalenderjaar) van de gebruikte bomen vast te stellen, wordt deze ouderdom zo nauwkeurig mogelijk vastgesteld.¹⁷ Het succes van dendrochronologisch dateringsonderzoek hangt af van de beschikbaarheid van bruikbare referentiekalenders. Deze beschikbaarheid is afhankelijk van individuele relaties tussen individuele onderzoekers, aangezien de bestaande referentiekalenders op enkele uitzonderingen na niet gepubliceerd zijn.¹⁸ De webpagina van de *European Catalogue of Tree-Ring Chronologies* geeft een (niet uitputtend) overzicht van

⁴ Douglass 1909; Douglass 1914.

⁵ Huber 1941; Huber *et al.* 1949.

⁶ Delorme 1974; Baillie & Pilcher 1976; Baillie & Pilcher 1982; Leuschner *et al.* 1985; Leuschner & Delorme 1988.

⁷ Bauch & Eckstein 1970; Bauch *et al.* 1972.

⁸ Bauch *et al.* 1972; Eckstein *et al.* 1975; Bauch 1978.

⁹ Dit onderzoek vond plaats op de Rijksdienst voor de Monumentenzorg (RDMZ, Zeist), het Instituut voor Pre- en Protohistorische Archeologie (IPP; thans AAC) van de Universiteit van Amsterdam, en de Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek (ROB, Amersfoort).

¹⁰ Hollstein 1980.

¹¹ H. Tisje (Neu-Isenburg, Duitsland), ongepubliceerde gegevens, ter beschikking gesteld door De Vries (RDMZ).

¹² De Vries, ongepubliceerd.

¹³ Munro 1984.

¹⁴ Jansma 1992; Jansma 1995(a).

¹⁵ Leuschner & Delorme 1988, ter beschikking gesteld door Leuschner (Universiteit van Göttingen).

¹⁶ Contractnr. 280-151-040, NWO/GW 1987-1991.

¹⁷ Voor de methodologie, zie Hollstein 1980; Baillie 1982; Jansma 1995(a).

¹⁸ Uitzonderingen zijn Hollstein 1980; Jansma 1995(a); 1995(c); 1995(d); 1998; 2000; Jansma *et al.* 2004.

Europese kalenders.¹⁹ Hout dat niet met dendrochronologische methoden gedateerd kan worden, kan zeer nauwkeurig in de tijd geplaatst worden met behulp van ¹⁴C *wiggle-matching*.

De ontwikkeling van de daterende dendrochronologie in Nederland is nauw verweven met de ontwikkeling van kalenders van inheems (Nederlands) eikenhout, behalve waar het periodes betreft waarin hout over grote afstanden van elders werd aangevoerd. Voor die gevallen is de dendrochronologie afhankelijk van de ontwikkeling en beschikbaarheid van goedgedefinieerde kalenders voor gebieden buiten Nederland.

2: Herkomstbepaling

In veel publicaties over daterende dendrochronologie komt ook deze toepassing, vaak aangeduid met de term *dendroprovenancing*, aan de orde.²⁰ Herkomstbepalingen zijn namelijk te beschouwen als de *spin-off* van daterende dendrochronologie: wanneer een stuk hout gedateerd is, is het immers ook duidelijk welke regionale of zelfs lokale referentiekalender(s) het meest succesvol was bij de datering. Hieruit kan worden afgeleid uit welk gebied het onderzochte hout waarschijnlijk afkomstig was. Zo kan er gebruik zijn gemaakt van hout uit de nabije omgeving of juist van hout dat uit andere gebieden of landschappelijke zones werd geïmporteerd. Dergelijke kennis is van groot belang voor thema's als lokale bosontginning, de organisatie van houtimport, de distributienetwerken van houten mobilia (vaten, schepen), etc. (zie ook § 2.2).

Zowel nationaal als internationaal groeit de belangstelling voor de herkomstbepaling van bouwhout. Momenteel worden in internationaal verband de eerste stappen gezet voor de dendrochronologische bepaling van de herkomst van scheepshout uit de Middeleeuwen.

Er kunnen echter een aantal kanttekeningen worden geplaatst bij het gebruik van dendrochronologische herkomstbepalingen. Vaak gaat men bij herkomstbepaling niet verder dan te wijzen op de kalender(s) die succesvol was voor de datering. Daarbij wordt er vanuit gegaan dat de gebruikte kalender(s) ook aanduidt dat het gedateerde hout uit de betreffende regio(s) afkomstig is. Alweer tien jaar geleden is echter aangetoond dat dat een aanname is die niet altijd opgaat.²¹ Om de herkomst van hout met zekerheid vast te kunnen stellen is het dan ook noodzakelijk dat de onderzoeker toegang heeft tot de basisgegevens, dat wil zeggen de individuele metingen waaruit bestaande kalenders zijn opgebouwd. Dit is op dit moment echter nog moeilijk, aangezien goede grensoverschrijdende netwerken van dendrochronologische gegevens ontbreken. Kortom: herkomstbepalingen binnen Nederland zijn redelijk succesvol, aangezien wij in Nederland over landsdekkend *grid* van meetgegevens beschikken; van hout dat buiten onze huidige landsgrenzen afkomstig is kan het herkomstgebied op dit moment echter alleen globaal worden bepaald.

3: Landschapsgeschiedenis en bosexploïtatie

Deze toepassing richt zich op de natuurlijke vegetatie in het verleden, de veranderingen daarin, alsmede de wijze waarop de mens met deze vegetatie omging. Deze toepassing is per definitie interdisciplinair. Tot op heden zijn er slechts twee voormalige bosvegetaties in Nederland onderzocht (Ypenburg²² en Zwolle-Stadshagen²³). Sinds enkele jaren is de archeologische aandacht voor de landschapsgerichte dendrochronologie echter groeiende (zie ook § 2.3).

4: IJking van de ¹⁴C-tijdschaal

De nauwkeurigheid van ¹⁴C-dateringen methode is afhankelijk van de nauwkeurigheid van de calibratiecurve. Deze curve is opgebouwd door van absoluut gedateerde jaarringen het ¹⁴C-gehalte te bepalen. De resolutie van deze bepalingen is 10 tot 20 jaar (een ¹⁴C-bepaling per 10 tot 20 jaarringen). Alleen voor het interval waarin jaarringen absoluut dateerbaar zijn (na ca. 8000 v.Chr.) bestaat de calibratiecurve uit ¹⁴C-bepalingen van jaarringen.

5: Dendroklimatologie

Zoals eerder ter sprake kwam neemt dendroklimatologie al sinds het ontstaan van de dendrochronologie een belangrijke plaats in. Deze toepassing richt zich op de relatie tussen de jaarlijkse groei van bomen en de weersomstandigheden. Maandelijks meteorologische gegevens worden daarbij gekoppeld aan recente boomgroei, met behulp van bijvoorbeeld *Respons Functie Analyse*.²⁴ Een belangrijk doel is de projectie van deze relatie op het verleden, dat wil zeggen op perioden waarvan geen meteorologische gegevens (instrumentele metingen aan temperatuur en

¹⁹ Nederlandse kalenders zijn in deze catalogus (http://www.dendro.bf.uni-lj.si/lab_info.html) niet opgenomen.

²⁰ Zie bijvoorbeeld Bonde 1995; Crone & Fawcett 1998; Jansma 1995(b).

²¹ Zie Jansma 1995(a).

²² Van Daalen *et al.* 2003.

²³ Sass-Klaassen *et al.* 2004.

²⁴ Zie o.a. Cook & Kairiukstis 1990.

neerslag) beschikbaar zijn. Gebruikmakend van ultralange jaarringkalenders levert de dendroklimatologie klimaatreconstructies op voor het grootste deel van het Holoceen; deze reconstructies hebben een zeer hoge (namelijk jaarlijkse) resolutie. Variabelen die hierbij gebruikt worden, zijn: jaarringbreedte,²⁵ houtdichtheid (temperatuursignaal; alleen toepasbaar op naaldhout)²⁶ en isotopengehalte (temperatuur- en/of neerslagsignaal).²⁷

Naaldhout blijkt de meest geschikte materiaalbron voor dendroklimatologisch onderzoek te zijn. De studie van coniferen heeft millennialange temperatuurreconstructies opgeleverd; met name in de Verenigde Staten, maar ook in Eurazië. In veel Europese landen (waaronder Nederland) is eikenhout uit natuurlijke, archeologische en historische contexten de enige bron voor ultralange kalenders. Juist deze houtsoort is echter beperkt bruikbaar voor klimaatreconstructies. De belangrijkste reden daarvoor is dat eiken tijdens hun leven reageren op een veelheid aan omgevingsfactoren, waarvan de weersomstandigheden maar een klein deel uitmaken.²⁸ Vanwege het zwakke klimatologische signaal in de jaarringpatronen van eiken is projectie ervan op het verleden problematisch. Daar komt nog eens bij dat de herkomst van eiken uit historische en archeologische context niet in detail vastgesteld kan worden, waardoor de lokale groeiomstandigheden (bodemsomstandigheden, hydrologie, schaduw/lichtverhoudingen) niet meegewogen kunnen worden in het onderzoek. Uiteraard is het ook zo dat bij hout dat *niet* op de oorspronkelijke groeiplaats wordt aangetroffen (bijv. bewerkt hout in archeologische sites of door rivieren meegevoerde en elders afgezette stammen) er geen bemonsteringsstrategie kan worden gevolgd die is toegesneden op maximalisering van het klimatologisch signaal. Bij dendroklimatologisch onderzoek in bestaande natuurlijke bossen is dit wel mogelijk; hier wordt de monsternamen beperkt tot bomen die vlakbij de boomgrens groeien, omdat hun groeipatroon sterk door temperatuur is bepaald.

Ondanks de geschetste problemen zijn er in het afgelopen decennium serieuze pogingen gedaan om klimatologische informatie (grondwaterstanden, neerslag) in de groeipatronen van met name veeneiken te identificeren en te interpreteren.²⁹ In de negentiger jaren heeft Nederland bijdragen geleverd aan de internationale onderzoeksprojecten '*Temperature change over Northern Eurasia during the last 2500 years*'³⁰ en '*Analysis of dendrochronological variability and associated natural climates in Eurasia – the last 10,000 years*'.³¹

Omdat de kwantitatieve dendroklimatologische benadering voor eiken problematisch is gebleken, worden binnen de cultuurhistorische dendrochronologie ook meer kwalitatieve benaderingen gebruikt om inzicht te krijgen in het voormalige klimaat. Hierbij worden jaarringpatronen en -kalenders geanalyseerd op het voorkomen van sterk afwijkende groeiwaarden en andere jaarringkarakteristieken. De zgn. 'pointerjaren' die daarbij worden vastgesteld kenmerken zich door een simultane onder- of bovengemiddelde groeiwaarde over grotere gebieden. Daarbij wordt er van uitgegaan dat de gevonden afwijkingen door dezelfde factoren worden veroorzaakt. Zo concludeerde Baillie (1999) op basis van smalle jaarringen die zich rond 1628 v.Chr. in diverse Europese kalenders voor eikenhout aftekenen, en op basis van vorstschade in de jaarring van 1628 v.Chr. in *Bristlecone pine* in Californië (VS), dat de gemiddelde temperatuur op aarde in dit kalenderjaar scherp daalde. Hij brengt deze daling in verband met de eruptie van de vulkaan Thera (Santorini) in de Egeïsche zee.³² Daarnaast vestigde Baillie de aandacht op het synchroon voorkomen van smalle jaarringen in Europees eikenhout vanaf 536 n.Chr. Dit brengt hij - mede op basis van andere gegevens - in verband met een meteorietinslag.³³ Omdat Baillie zich met name heeft geconcentreerd op incidentele afwijkingen in de boomgroei ten opzichte van een langlopend gemiddelde, heeft zijn werk geen aaneengesloten klimaatreconstructies over langere periodes opgeleverd.

1.3: De organisatie van het dendrochronologisch onderzoek

1.3.1: Inbedding en financiering

Binnen Europa is de Nederlandse dendrochronologie vooral uniek door de cultuurhistorische inbedding en het landsdekkende perspectief. In Nederland wordt dendrochronologisch onderzoek

²⁵ Briffa & Schweingruber 1992.

²⁶ Schweingruber *et al.* 1978.

²⁷ Epstein *et al.* 1976; Burk & Stuiver 1981; Saurer *et al.* 2002; Saurer & Siegwolf 2004.

²⁸ Leuschner *et al.* 2002.

²⁹ Leuschner *et al.* 2002; Sass-Klaassen 2004.

³⁰ Contractnr. CV5V-CT94-0050, EU 1994-1996.

³¹ ADVANCE 10-K; Contractnr. ENV4-CT95-0127, EU 1996 -1998. De resultaten van het internationale onderzoek staan beschreven in een recent themanummer van *The Holocene* (nr. 16, 2002).

³² Een 'vulkaansignaal' is ook waargenomen in Groenlands ijs (ijskern). Deze is gedateerd in 1644 BC ± 20 (Hammer 1987). Nederlandse eiken vertonen rond deze tijd echter geen groeianomalie (RING, ongepubliceerde gegevens).

³³ Baillie 1994.

grotendeels gefinancierd uit de derde en tweede geldstroom (dateringonderzoek, subsidies van NWO). Incidenteel komen gelden beschikbaar vanuit de EG. Gezien het toenemende aantal opgravingen zal de archeologische vraag naar dendrochronologie in de toekomst eerder toe- dan afnemen.

In Nederland zijn momenteel de volgende instellingen actief op het terrein van de daterende dendrochronologie:

- ROB/RING (Amersfoort/Lelystad)
- BAAC (*Onderzoeks- en Adviesbureau voor Bouwhistorie, Archeologie, Architectuur- en Cultuurhistorie*, s-Hertogenbosch/Deventer)
- *Pressler & Partner: Planung, Bauforschung, Cad-Design* (Recklinghausen/Gersten, Duitsland)

De belangrijkste leveranciers van dateringen zijn RING/ROB (alle typen erfgoed) en BAAC (gebouwde omgeving). Voorheen waren ook actief:

- het *Rheinisches Landesmuseum* in Trier (E. Hollstein)
- het *Zentrum Holzwirtschaft* (Abteilung Holzbiologie, Universiteit van Hamburg)
- het *Labor für Dendrochronologie (Institut für Ur- und Frühgeschichte*, Universiteit van Keulen)
- *Büro Tisje* (Neu-Isenburg, Duitsland)

De continuïteit en de verdere ontwikkeling van het vakgebied zijn in de huidige organisatorische structuur echter niet geborgd. De zwakke schakel is het gebrek aan structurele capaciteit. Zo worden er wel nieuwe ontwikkelingen in gang gezet (i.e. het dateren van andere houtsoorten dan eiken, het verfijnen van herkomstbepalingen, voormalige bosvegetaties, paleoklimatologie) maar dit gebeurt door op projectbasis studenten en postdocs in te zetten. Succesvolle projecten krijgen daarna geen vervolg meer. Voorts ontbreken structurele voorzieningen voor onderwijs en fundamenteel onderzoek (bijvoorbeeld via een universitaire vakgroep) en is de beschikbare hardware eenvoudig en vooral toegespitst op de datering van hout en de ontwikkeling van kalenders. Onderzoek naar celmorfologie en het uitvoeren van beeldanalyse - uitermate belangrijk voor meer landschapsgerichte benaderingen - zijn dan ook niet mogelijk.

1.3.2: Toegankelijkheid van gegevens

Inmiddels is voor Nederland een centraal archief van ruim 4000 gedateerde metingen verzameld. Het bestrijkt de periode 1964 tot heden (papieren archief: 1964-1987; digitaal archief: 1987-heden). Dit archief wordt beheerd door RING/ROB. De archeologische subset van gedateerde metingen (exclusief scheepshout) bestond medio 2004 uit 1902 reeksen (met name van eik, maar ook iep, es, beuk, zilverspar en grove den). Daarnaast bevatte de dataset op dat moment 530 gedateerde metingen aan boomstammen uit natuurlijk afgestorven bossen, 1426 metingen aan historisch bouwhout (gebouwde monumenten) en 185 reeksen van meubels en kunstvoorwerpen. Momenteel wordt gewerkt aan de integratie van de primaire en secundaire gegevens in dit archief. In 2007 moet het archief een zodanige vorm hebben dat het raadpleegbaar is voor externe gebruikers.

De houtmonsters die tot 1995 door RING en zijn voorlopers werden gedateerd zijn in publicaties gedocumenteerd.³⁴ Diverse chronologieën van gedateerde vindplaatsen uit de Late Middeleeuwen werden (incl. de bijbehorende individuele meetreeksen) ontsloten via de *International Tree-Ring Data Bank*. Voorts werden de jaarlijkse waarden (= de breedte van de individuele groeiringen) van diverse prehistorische en Romeinse kalenders gepubliceerd,³⁵ van twee zgn. 'importkalenders' (= kalender opgesteld op basis van geïmporteerd hout) van middeleeuws hout dat afkomstig is uit kunstvoorwerpen en meubilair³⁶ en van een importkalender van archeologisch (met name bovengronds) bouwhout uit Nederlandse contexten.³⁷ De houtmonsters die werden gedateerd tussen 1995 en 2004 zijn echter niet in een synthetiserende publicatie gedocumenteerd. Ook het merendeel van de door RING vervaardigde kalenders is nog niet in voor derden bruikbare vorm gepubliceerd. Een probleem van geheel andere aard betreft onderzoek aan Nederlands materiaal dat in het buitenland is uitgevoerd. De afdeling Houtbiologie van het *Zentrum Holzwirtschaft* van de Universiteit van Hamburg heeft grote hoeveelheden houtmonsters uit archeologische context onderzocht. Omdat de meetreeksen niet ontsloten zijn kan dit materiaal geen bijdrage leveren aan de Nederlandse dendrochronologie. Bij dezelfde instelling worden ook de gegevens bewaard van honderden metingen aan schilderijen van Nederlandse meesters.³⁸ Ook dit archief is van direct belang voor ons culturele

³⁴ Jansma 1995(a), Appendix A.

³⁵ Jansma 1995(a), Appendix C

³⁶ Jansma *et al.* 2004.

³⁷ Jansma 1995(c); 1995(d); 1998; 2000.

³⁸ Deze zijn verzameld door Eckstein en met name door Klein. Zie de *Bibliography for the Dendrochronology of Panel Paintings* voor een overzicht van publicaties en auteurs (www.arts.cornell.edu/dendro/).

erfgoed, maar helaas niet toegankelijk. Hetzelfde geldt voor de archieven van BAAC, het *Rheinisches Landesmuseum* (Trier), het *Institut für Ur- und Frühgeschichte* (Universiteit van Keulen), Büro Tisje (Neu-Isenburg, Duitsland) en *Pressler & Partner* (Recklinghausen/Gersten, Duitsland). Het is dan ook van belang dat deze datasets worden opgenomen in het Nederlandse jaarringarchief. Daartoe zal een strategie moeten worden ontwikkeld waarin de nadruk wordt gelegd op internationale samenwerking en ontsluiting.³⁹

1.4: Overzicht van de daterende dendrochronologie in Nederland

Bij gebrek aan recente overzichten⁴⁰ wordt in deze paragraaf een uitgebreide stand van zaken van de daterende dendrochronologie in Nederland gegeven. De opzet daarvan is als volgt:

- een overzicht van het in 2004 dendrochronologisch gedateerde materiaal, gerangschikt naar periode (§ 1.4.1);
- een overzicht van gedateerde scheepswrakken (§ 1.4.2). Deze worden apart behandeld aangezien het in feite mobilia betreft: het gebruikte scheepshout is immers lang niet altijd afkomstig uit gebied waar het schip uiteindelijk (als scheepswrak) werd aangetroffen;
- een overzicht van de kalenders die momenteel beschikbaar zijn als referentie bij dateringonderzoek. Deze kalenders zijn vervaardigd door RING/ROB en verzameld binnen samenwerkingsverbanden met buitenlandse laboratoria (§ 1.4.3);
- een overzicht van de houtsoorten die op dit moment gedateerd kunnen worden, inclusief een lijst van Nederlandse en buitenlandse kalenders die daarvoor kunnen worden gebruikt (§ 1.4.4)

N.B.: het overzicht is gebaseerd op gegevens van RING en de Universiteit van Amsterdam. Het is echter niet uitputtend, aangezien dendrochronologische gegevens van andere instellingen niet toegankelijk waren (met uitzondering van enkele gemiddelde regionale jaarringkalenders van Hollstein en van Tisje).

1.4.1: Overzicht per periode

We onderscheiden hieronder de volgende perioden:

- 6025 – 2850 v.Chr.
- 2850 – 2000 v.Chr.
- 2000 – 800 v.Chr. (Bronstijd)
- 800 – 12 v.Chr. (IJzertijd)
- 12 v.Chr. – 400 n.Chr. (Romeinse tijd)
- 400 – 1000 n.Chr. (Vroege Middeleeuwen)
- 1000 – 1500 n.Chr. (Volle en Late Middeleeuwen)
- 1500 – 1950 n.Chr. (Vroegmoderne en Moderne tijd)

Van elke periode worden de regionale en chronologische kennislacunes van dit moment kort benoemd. Voor een deel worden deze lacunes veroorzaakt door te summiere monsternamen. Gemiddeld worden er per prehistorische structuur twee tot vier dateerbare monsters voor dendrochronologisch onderzoek aangeboden, terwijl er voor de ontwikkeling van goede objectkalenders ten minste tien dateerbare monsters nodig zijn. Voorts kunnen ook de volgende factoren een rol spelen: de afwezigheid van hout in de bodem door slechte conserveringsomstandigheden, de afwezigheid van bossen in bepaalde periodes, of discontinuïteit van bewoning (periodiek geen/minder bewoners in bepaalde gebieden, betekent ook geen of minder gebruik en aanvoer van hout).

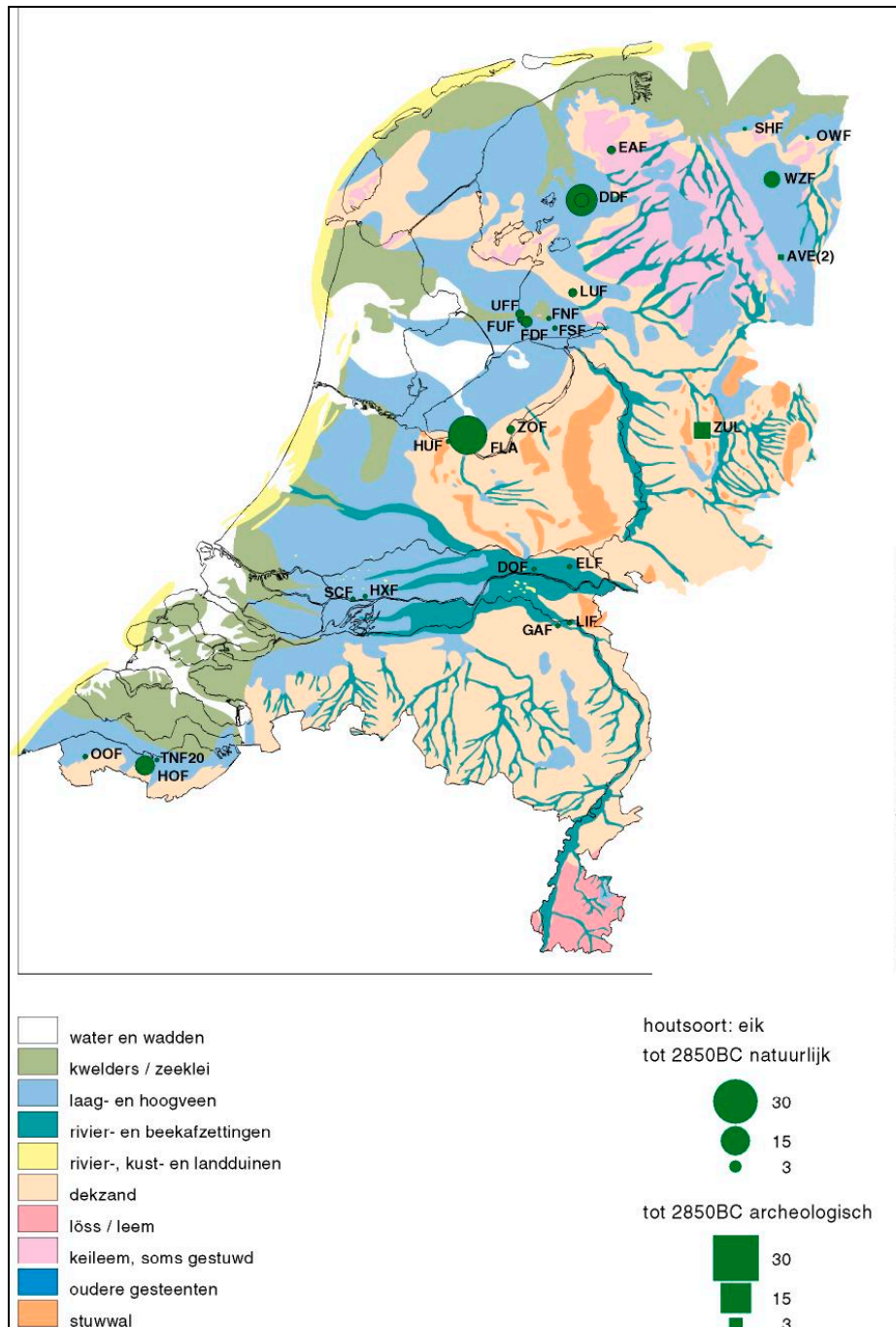
³⁹ Zie ook de opmerking in § 1.4.3.

⁴⁰ Het laatst gepubliceerde overzicht dateert uit 1995 (Jansma 1995a).

6025 – 2850 v.Chr. (afb. 3.1)

De dendrochronologische dataset van deze periode bestaat uit slechts 95 meetreeksen aan eiken uit natuurlijke vindplaatsen in voormalige veengebieden en rivierdalen en zeven meetreeksen uit een veenweg in de Zunase Hooilanden (Overijssel; ZUL) en een veenbrug uit Valthe (AVE(2)). Gegevens over hout uit groeiplaatsen op de oostelijke en zuidelijke dekzanden ontbreken. De oudste jaarring in de Nederlandse databank is afkomstig uit 6025 v.Chr. Vergelijking met de chronologie van Noordduitse gegevens wijst uit dat de periode in principe tot ca. 6250 v.Chr. kan worden uitgebreid.⁴¹ Zolang de periode 6250-6025 v.Chr. nog niet dendrochronologisch in kaart is gebracht is hier echter nog sprake van een kennislacune. Uit de subperiodes 5467-5121 v.Chr. en 4557-3643 v.Chr. zijn geen waarnemingen beschikbaar.

Afbeelding 3.1 Dendrochronologisch gedateerde houtmonsters uit de periode 6025 – 2850 v.Chr.

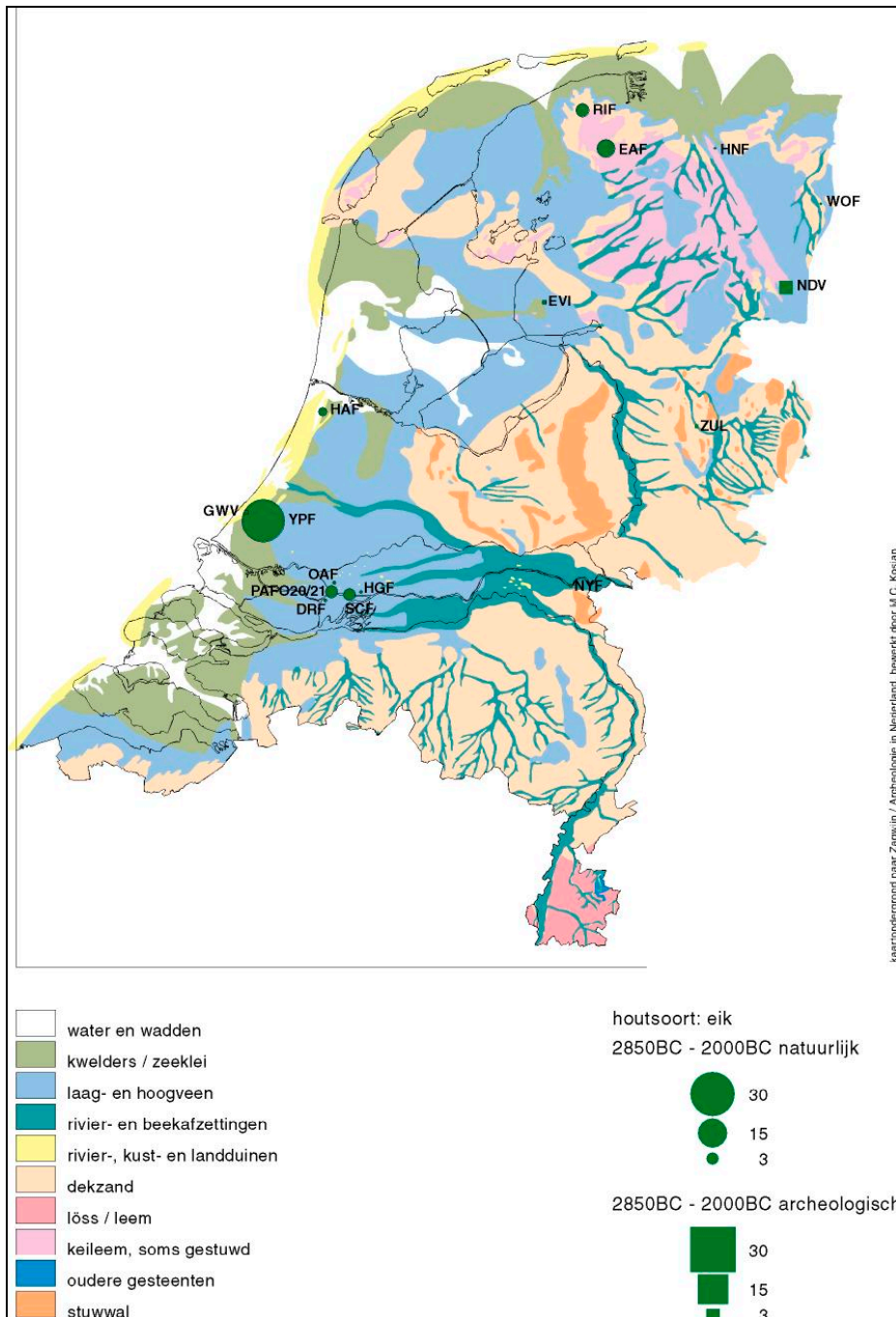


⁴¹ Leuschner & Delorme 1988.

2850 – 2000 v.Chr. (afb. 3.2)

De dendrochronologische dataset van deze periode bestaat uit 115 meetreeksen aan eiken uit natuurlijke vindplaatsen in voormalige veengebieden en rivierdalen, alsmede tien meetreeksen uit twee veenwegen, een visweer en een bewerkte paal (Den Haag). De meetreeksen bestrijken de gehele periode tussen 2850 en 2000 v.Chr. De bodemkundige spreiding van de gegevens is meer divers dan in de voorafgaande periode; ook de noordelijke keileemgebieden/dekzanden zijn vertegenwoordigd. De ruimtelijke spreiding is echter beperkt. De dataset wordt gedomineerd door 66 eiken uit Ypenburg en een cluster veeneiken uit het zuiden van de huidige provincie Zuid-Holland.

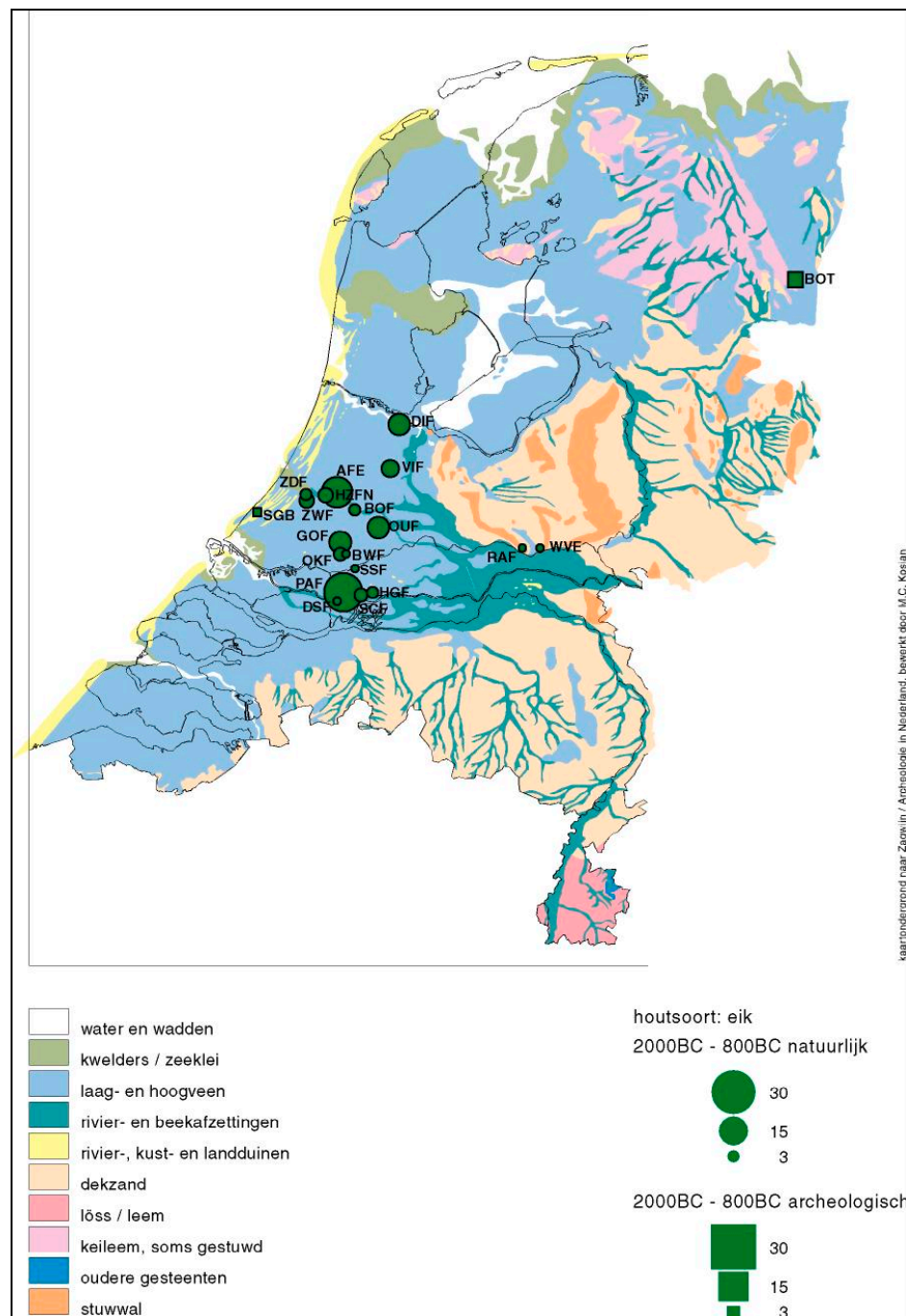
Afbeelding 3.2 Dendrochronologisch gedateerde houtmonsters uit de periode 2850 – 2000 v.Chr.



2000 – 800 v.Chr. (Bronstijd; afb. 3.3)

De dendrochronologische dataset van de Bronstijd bestaat uit 83 meetreeksen aan eiken uit natuurlijke vindplaatsen (veengebieden) in met name het midden van West-Nederland (delta rivierengebied) alsmede vijf reeksen van eikenhout uit archeologische vindplaatsen (boomstampout; tempel van Bargerooosterveld). De meetreeksen bestrijken de gehele periode tussen 2000 en 800 v.Chr. Omdat het gedateerde materiaal uit een beperkt gebied afkomstig is zijn ze echter niet bruikbaar voor andere delen van het land. Met uitzondering van het midden van West-Nederland moet deze periode dus nog geheel dendrochronologisch in kaart worden gebracht.

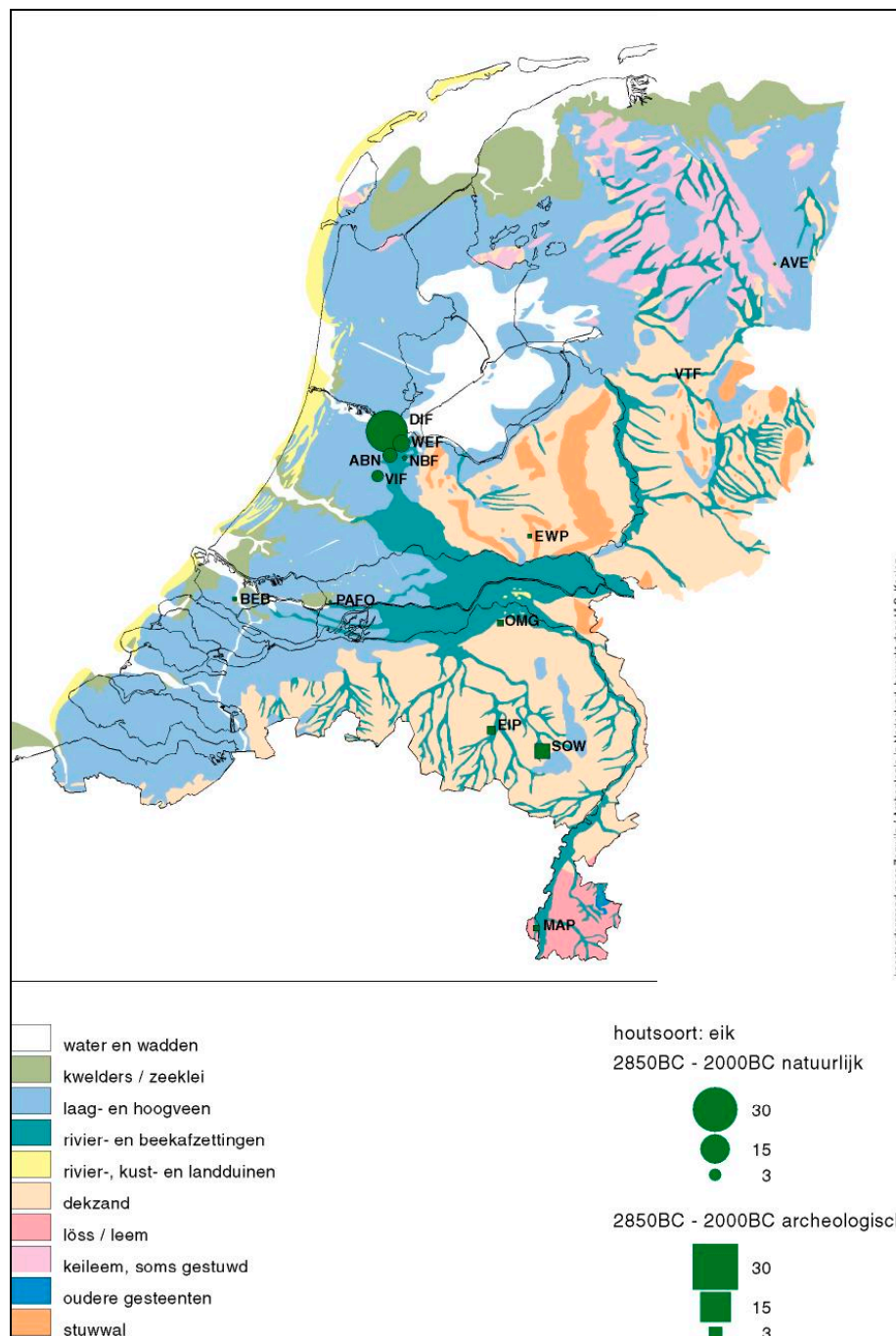
Afbeelding 3.3 Dendrochronologisch gedateerde houtmonsters uit de Bronstijd.



800 – 12 v.Chr. (IJzertijd; afb. 3.4)

De dataset van de IJzertijd bestaat uit 103 eiken uit natuurlijke vindplaatsen (veengebieden) die met name afkomstig zijn uit het gebied rond Diemen, Weesp, Abcoude/Baambrugge en Vinkeveen, alsmede 22 eiken uit archeologische vindplaatsen. De meetreeksen bestrijken de hele periode tussen 800 en 12 v.Chr. Met name Noord- en Oost-Nederland zijn in de gegevensset ondervertegenwoordigd, evenals Zeeland.

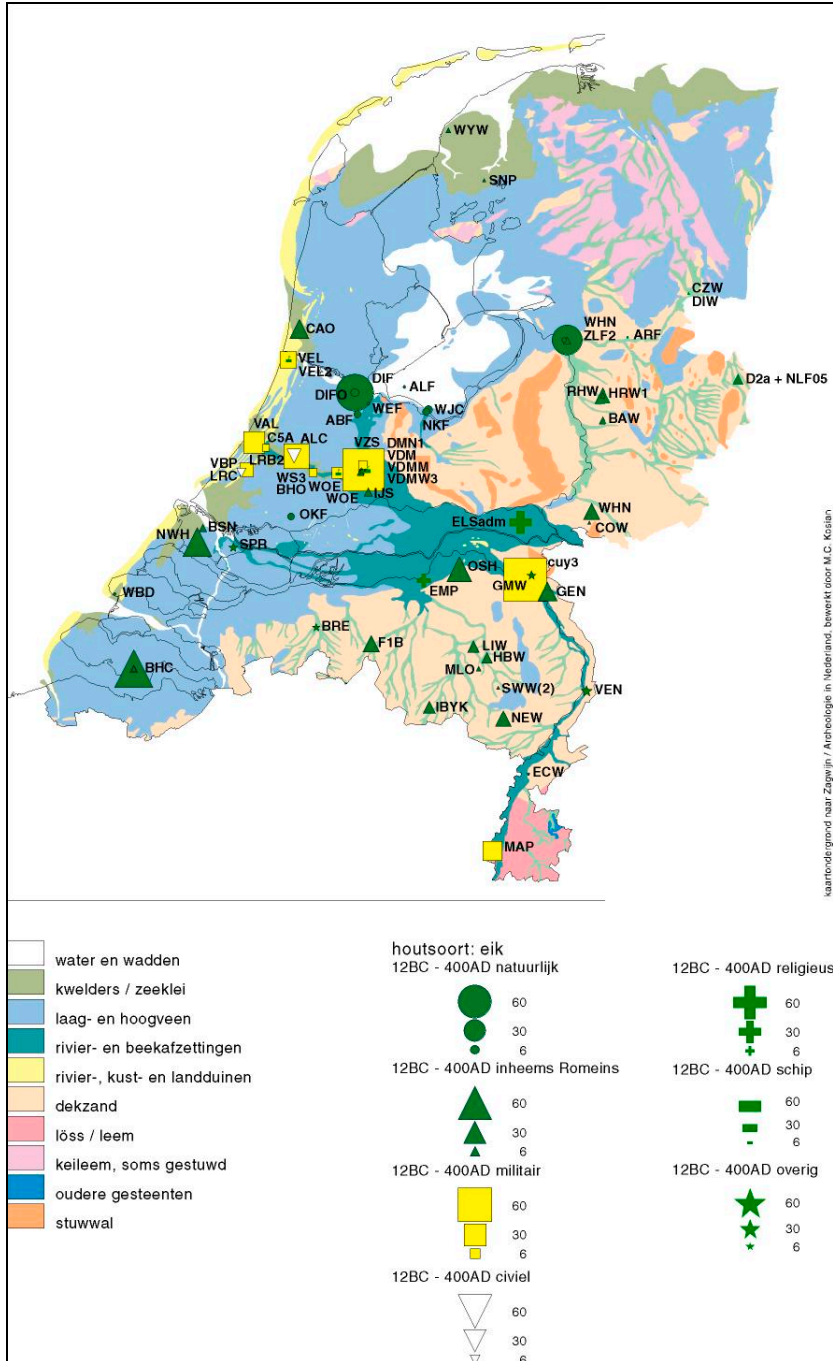
Afbeelding 3.4 Dendrochronologisch gedateerde houtmonsters uit de IJzertijd.



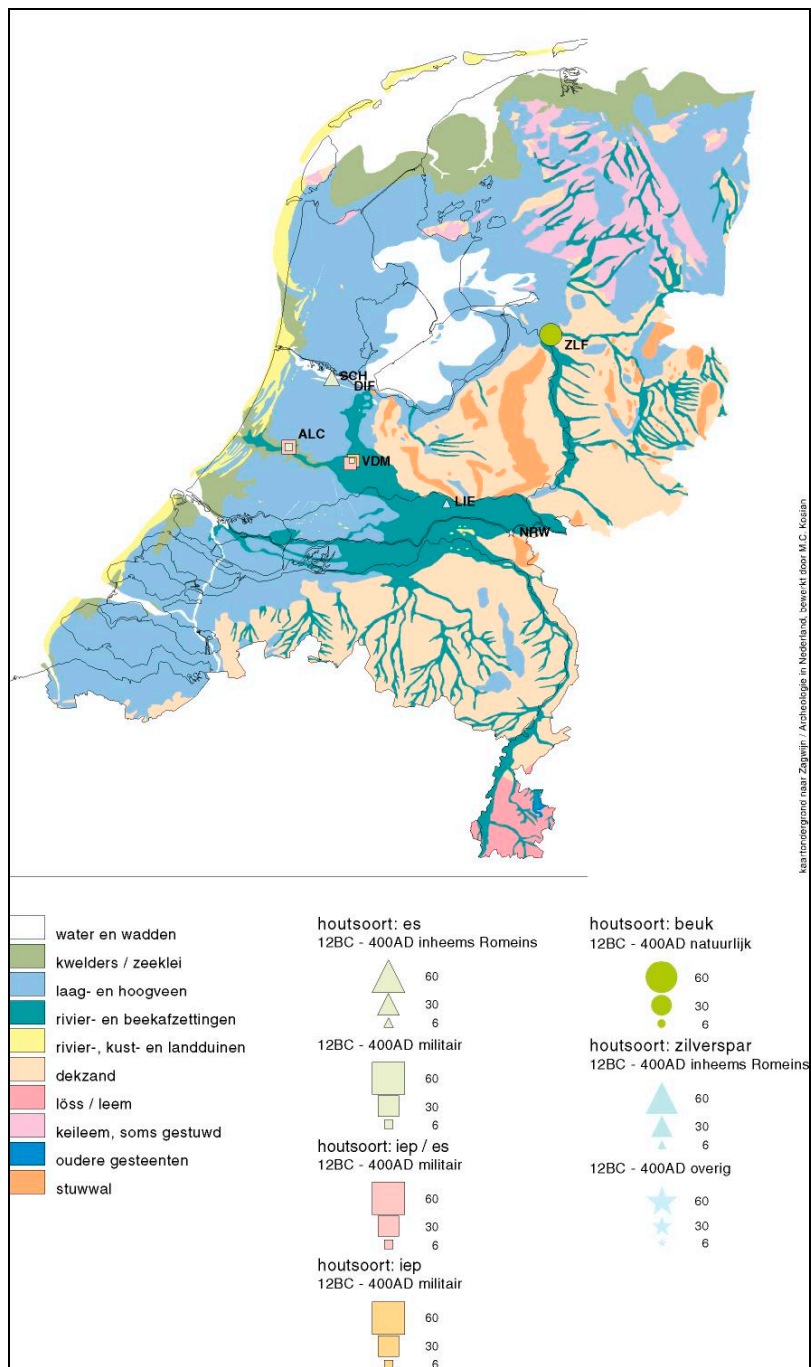
12 v.Chr. – 400 n.Chr. (Romeinse tijd; afb. 3.5a en 3.5b)

Uit de Romeinse periode zijn uitzonderlijk veel dendrochronologische dateringen beschikbaar: 296 meetreeksen uit inheems-Romeinse context (5 zilverspar, 14 es, 277 eik), 290 uit militaire context (26 iep en es, 264 eik), 16 uit civiele context (alle eik), 33 uit religieuze context (alle eik) en 62 uit natuurlijke context (26 beuk, 36 eik). Noord-Nederland is in deze dataset echter sterk ondervertegenwoordigd.

Afbeelding 3.5a Dendrochronologisch gedateerde houtmonsters uit de Romeinse tijd (eikenhout).



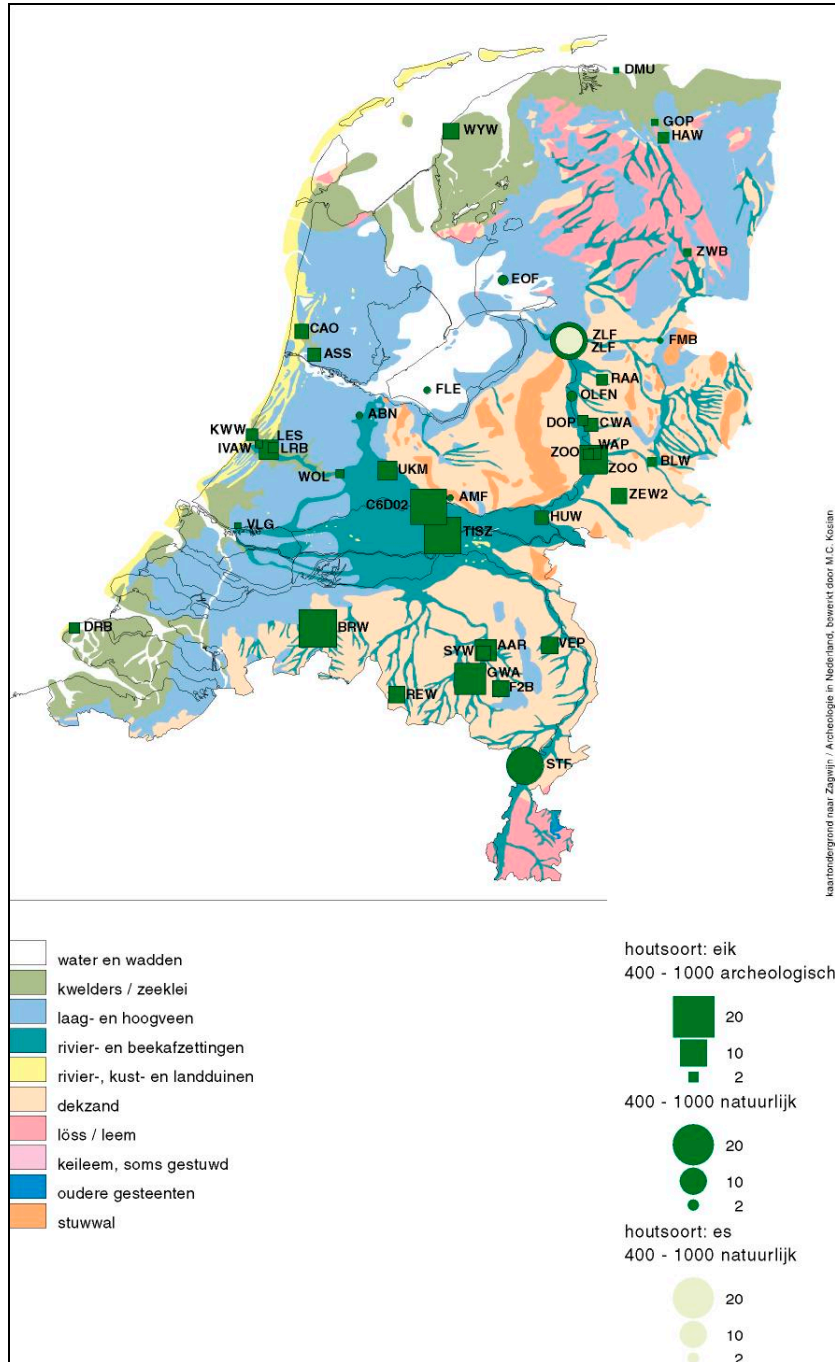
Abbeelding 3.5b Dendrochronologisch gedateerde houtmonsters uit de Romeinse tijd (overige houtsoorten).



400 – 1000 n.Chr. (Vroege Middeleeuwen; afb. 3.6)

De Vroege Middeleeuwen zijn wat minder goed vertegenwoordigd: 179 meetreeksen uit archeologische context (alle eik) en 62 reeksen uit natuurlijke context (12 beuk, 50 eik). De gegevens bestrijken de gehele periode tussen 400 en 1000 n.Chr. Het natuurlijke materiaal beperkt zich tot de periode 400-570 n.Chr., hetgeen betekent dat de Nederlandse kalender van inheems eikenhout hier haar chronologische eindpunt bereikt. Voor het dateren van in Nederland gegroeid (inheems) eikenhout is er in de periode 570-1000 n.Chr. dus sprake van een kennislacune. Daarbij komt dat de dataset niet landsdekkend is; Noord-Nederland en Zeeland zijn sterk ondervertegenwoordigd.

Afbeelding 3.6 Dendrochronologisch gedateerde houtmonsters uit de Vroege Middeleeuwen.

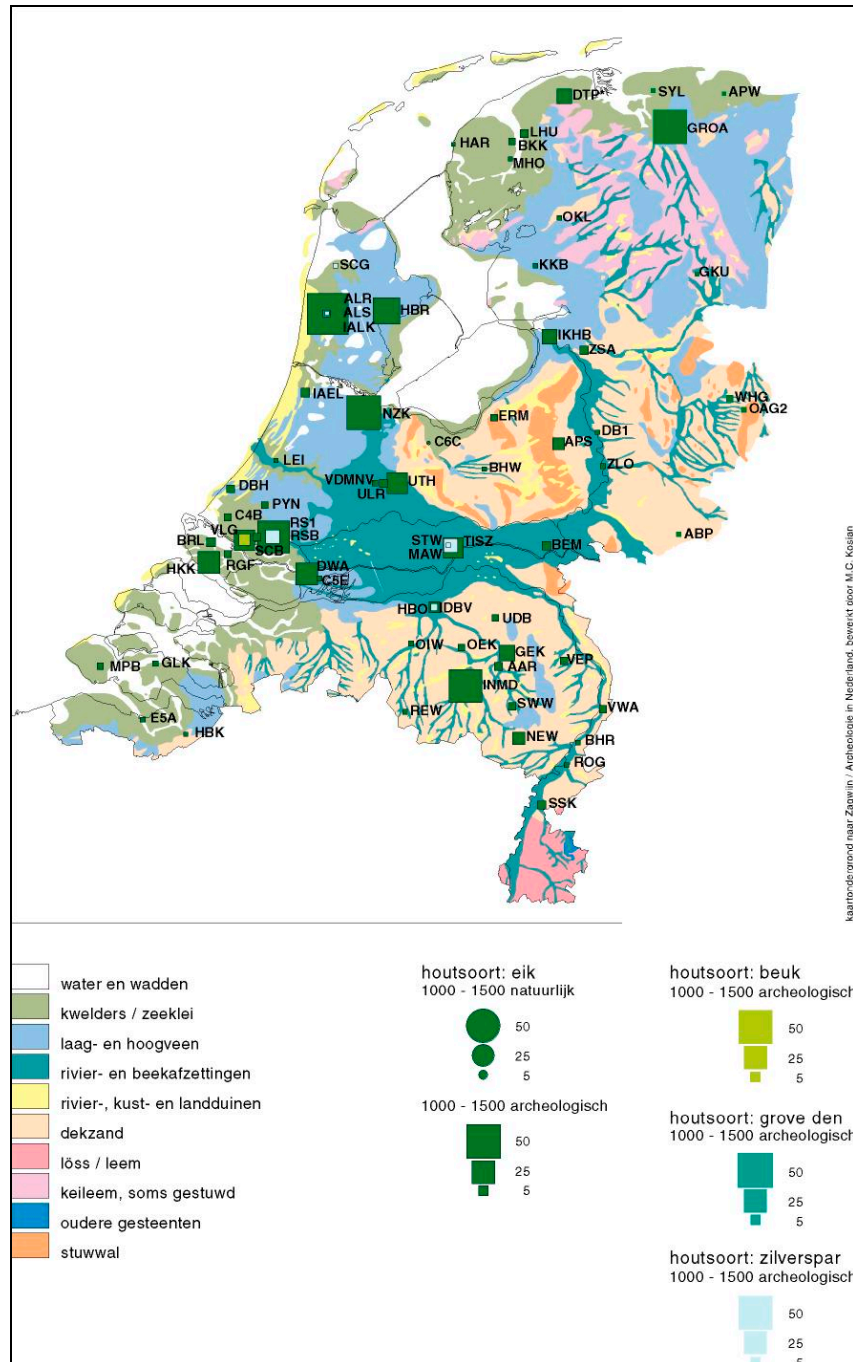


1000 – 1500 n.Chr. (Volle en Late Middeleeuwen; afb. 3.7a en 3.7b)

Uit de Volle en Late Middeleeuwen zijn 464 archeologische meetreeksen beschikbaar (2 grove den, 3 es, 20 zilverspar, 439 eik) (afb. 3.7a). Oost-Nederland en Zeeland zijn in deze periode ondervertegenwoordigd. Er werd in deze periode veel hout geïmporteerd. Dit hout is echter nauwelijks bruikbaar voor het opstellen van kalenders van inheems (Nederlands) hout. Het is daarentegen wel bruikbaar voor herkomstbepaling en de ontwikkeling van regionale importkalenders.

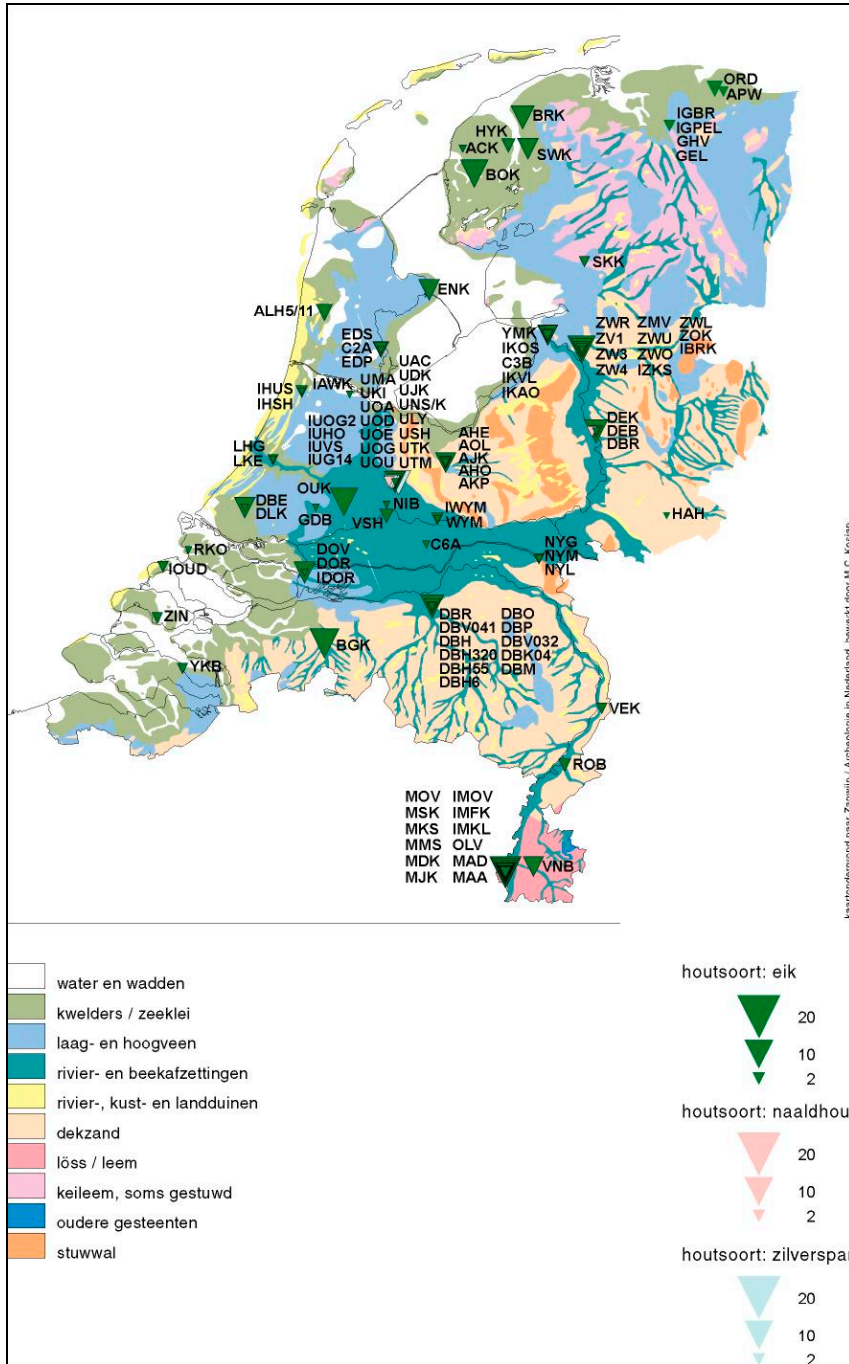
Afbeelding 3.7b biedt een overzicht van gedateerde houtmonsters uit bovengrondse bouwwerken (monumenten) die in deze periode werden gebouwd.⁴² Ook deze reeksen (in totaal 1426 stuks voor de Middeleeuwen en de Vroegmoderne tijd) zijn niet bruikbaar voor de vervaardiging van inheemse kalenders, maar wel voor het opstellen van importkalenders die voor de archeologie relevant kunnen zijn. Er is voor deze periode dus sprake van een lacune in de kennis over inheems gegroeid hout.

Afbeelding 3.7a Dendrochronologisch gedateerde houtmonsters uit ondergronds erfgoed uit de Volle en Late Middeleeuwen.



⁴² Het grootste deel van deze gegevens is afkomstig uit onderzoek door de Rijksdienst voor de Monumentenzorg (RDMZ).

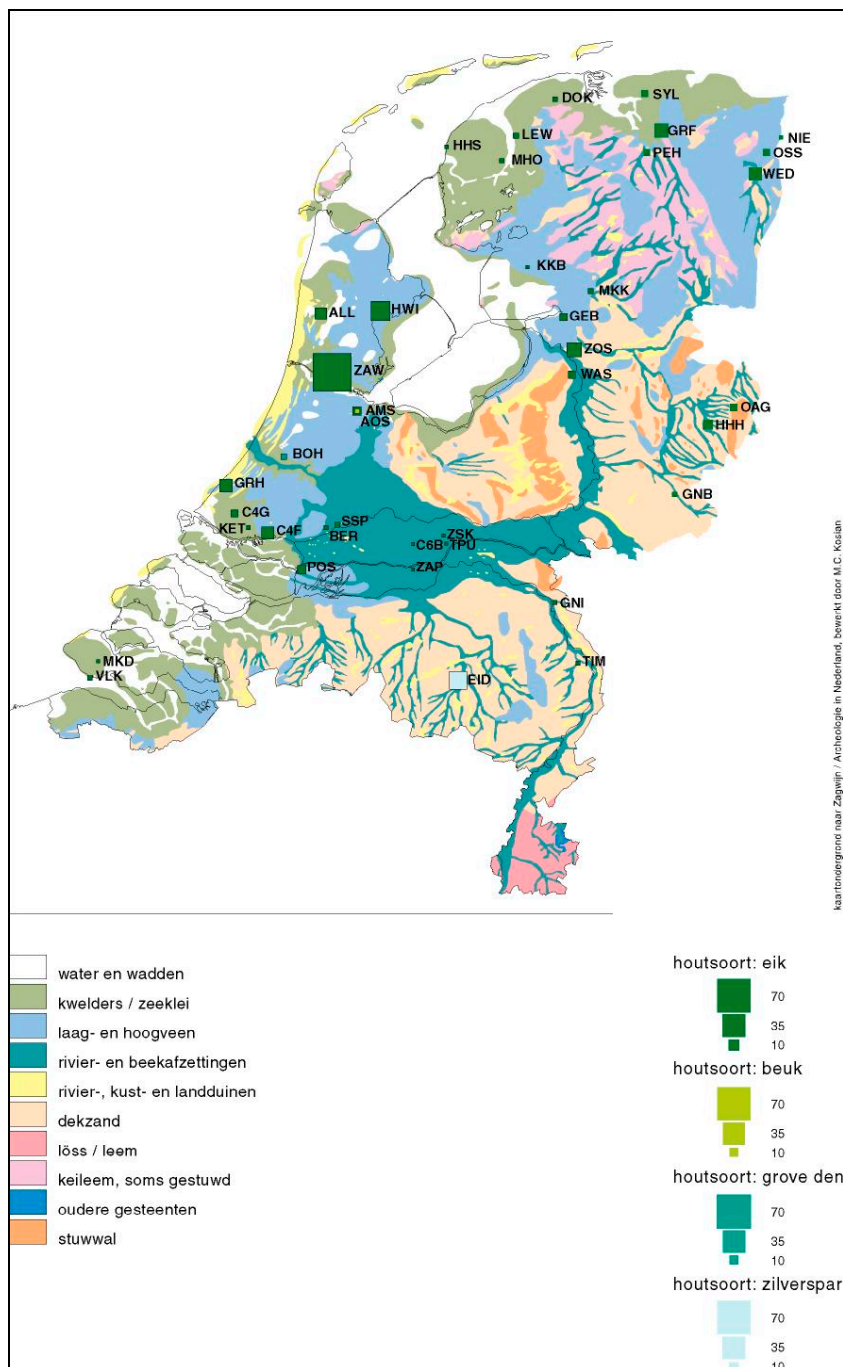
Afbeelding 3.7b Dendrochronologisch gedateerde houtmonsters uit bovengronds erfgoed uit de Volle en Late Middeleeuwen.



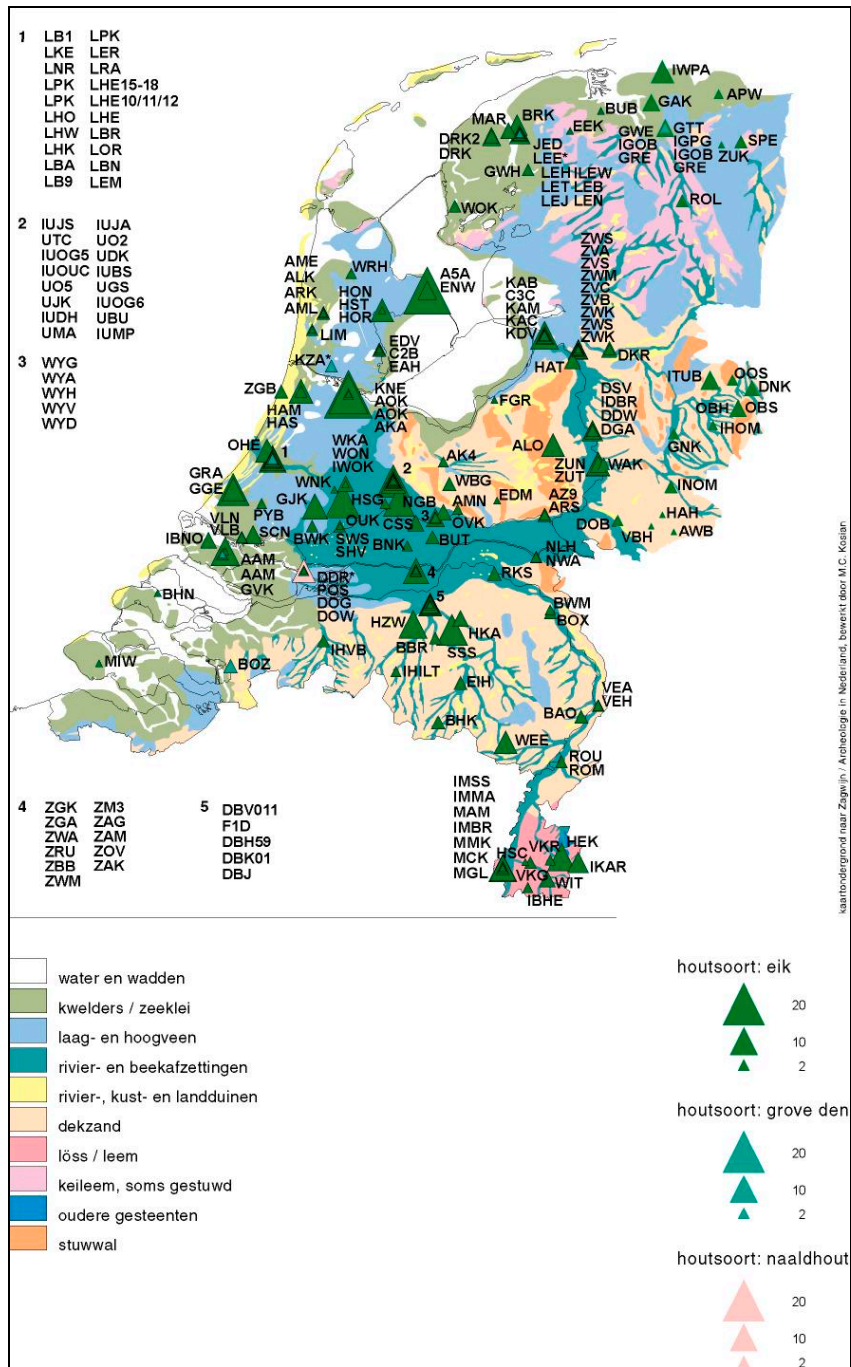
1500 – 1950 n.Chr. (Vroegmoderne en Moderne tijd; afb. 3.8a en 3.8b)

De archeologische gegevensset voor de Vroegmoderne tijd bestaat uit 245 meetreeksen (2 beuk, 2 grove den, 8 zilverspar en 233 eik) (afb. 3.8a). Hiernaast zijn vele gegevens verzameld uit de bovengrondse gebouwde omgeving (historische monumenten) (afb. 3.8b). De gegevens lopen vanaf 1500 door tot 1817 en overlappen met nog levende oude eiken in Nederland. Het hout is in veel gevallen echter niet inheems, waardoor het slechts beperkt bruikbaar is voor het opstellen van inheemse kalenders en voor klimatologisch onderzoek (dat in principe mogelijk is door de overlap met levende bomen en meteorologische gegevens). Ook voor deze periode geldt dus dat er sprake is van een lacune in onze kennis van inheems gegroeid hout.

Afbeelding 3.8a Dendrochronologisch gedateerde houtmonsters uit ondergronds erfgoed uit de Vroegmoderne tijd.



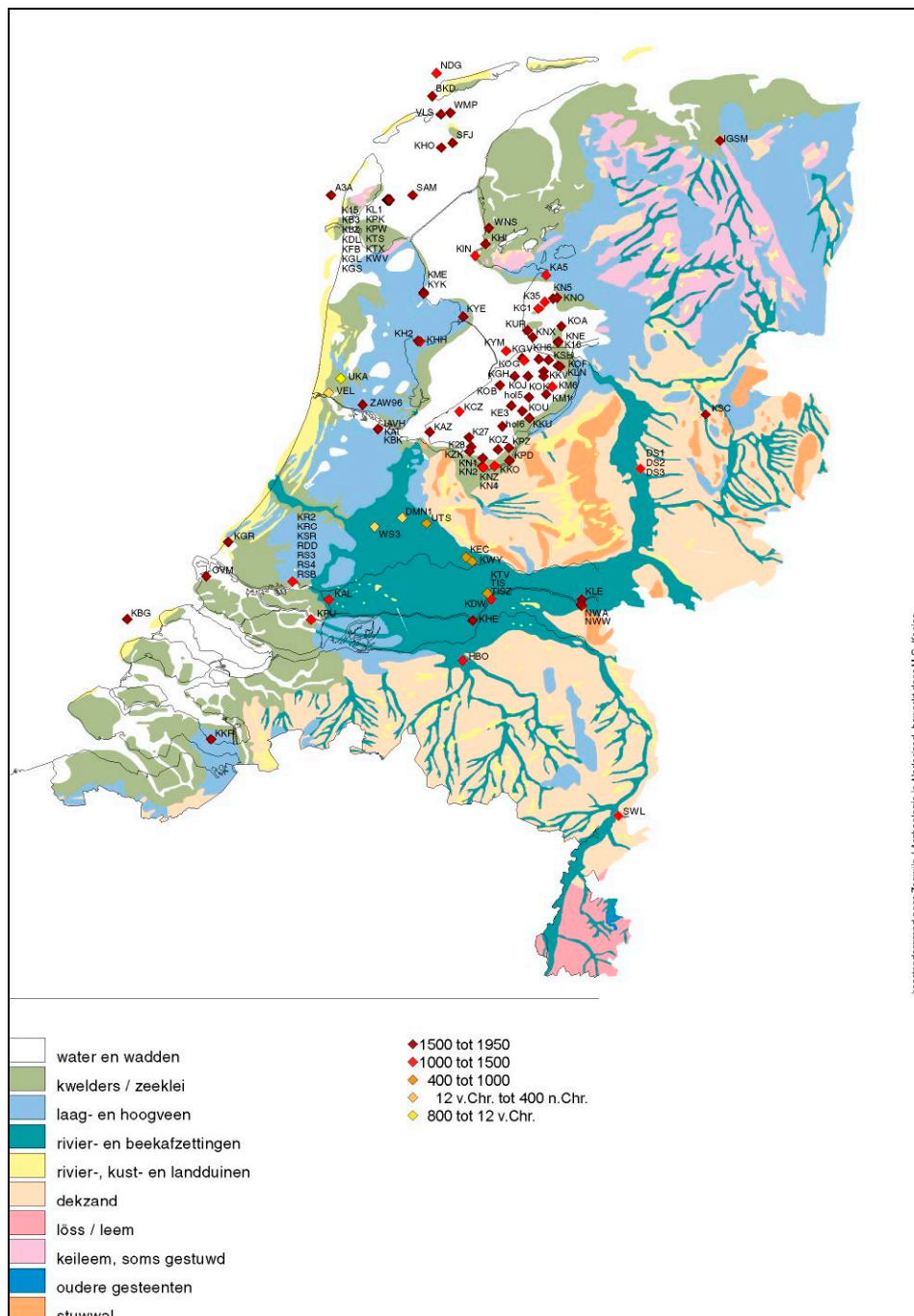
Afbeelding 3.8b Dendrochronologisch gedateerde houtmonsters uit bovengronds erfgoed uit de moderne tijd.



1.4.2: Gedateerde scheepswrakken (afb. 3.9)

De Nederlandse bodem is zeer rijk aan scheepswrakken. Hiertoe rekenen we ook de resten van kano's. Scheepswrakken zijn behouden in (voormalige) geulen en rivieren, de drooggelegde zeebodem (polders) en op de zeebodem. Soms zijn delen van scheepswrakken hergebruikt in funderingen en in beschoeiingen. In 2004 waren er 133 wrakken dendrochronologisch gedateerd (376 houtmonsters).⁴³ Het grootste deel daarvan dateert uit de periode na 1000.

Afbeelding 3.9 Gedateerde scheepswrakken



⁴³ Van één wrak konden de coördinaten niet door de auteur worden achterhaald; op afb. 3.9 is deze dan ook weggelaten.

1.4.3: Beschikbare referentiechronologieën

Het succes van de daterende dendrochronologie is voor een groot deel afhankelijk van de beschikbaarheid van relevante referentiekalenders. Tabel 3.2 biedt een overzicht van de eikenhoutkalenders die door RING/ROB worden gebruikt.⁴⁴ Daarbij dient te worden opgemerkt dat de auteur geen inzicht heeft in de aard van de kalenders die worden gebruikt door andere partijen die in Nederland actief zijn op het gebied van de dendrochronologie. Het is aannemelijk dat zij kalenders gebruiken waarvan de jaarlijkse waarden zijn gepubliceerd of anderszins zijn vrijgegeven,⁴⁵ maar het is niet bekend of zij daarnaast ook werken met zelfvervaardigde kalenders, en zo ja: welke. Deze onduidelijkheid wordt onder meer veroorzaakt door het feit dat genoemde bedrijven niet of nauwelijks deelnemen aan het (inter-)nationale wetenschappelijke discours met betrekking tot de dendrochronologie (publicatie/uitwisseling van gegevens en methodologie, deelname aan congressen, e.d.).

land	regio	code Amersfoort	auteur(s)	eerste jaar	laatste jaar
België	Maasvallei	MAAS672M	Hoffsummer 1989	672	1986
	schilderijen Vlaamse meesters, houtimport uit Polen	FRFLEMST	Lambert & Lavier, n.p.	1169	1518
Duitsland	Centraal-Duitsland ⁴⁶	WD690STD	Hollstein 1980	-690	1975
	Aare-gebied	AG		-545	129
				768	868
				-154	63
	Ardennen-Eiffel gebied	AE		94	1756
				1906	1965
				-117	61
	Nederrijnse laagland	NR		114	511
				847	1311
				1327	1631
				1770	1986
				-241	66
	Eem-Weser gebied	EW		663	1288
				1314	1617
				1810	1958
				-637	-551
	Neckar-Donau gebied	ND		-71	152
				384	643
				890	1029
1099			1808		
1921			1970		
Rijn-Main gebied	RM	-502	259		
		440	1787		
Saar-Moezel gebied	SM	-690	-442		
		-339	316		
		443	577		
Westerwald-Sauerland	WS	730	1975		
		-483	-420		
		-109	203		
		739	897		
				960	1338

⁴⁴ Voor de bespreking van de bruikbaarheid van deze kalenders voor onderzoek aan historisch bouwhout (Late Middeleeuwen), zie Jansma *et al.* 2002.

⁴⁵ Deze kalenders zijn te vinden in Hollstein 1980; Jansma 1995(a); 1995(b); 1998; 2000; Jansma *et al.* 2004 en de *International Tree-Ring Data Bank* (middeleeuwse site-kalenders die door Jansma zijn gedoneerd). De kalenders voor Twente en Westfalen, die door Tisje zijn vervaardigd, zijn aan diverse partijen ter beschikking gesteld door De Vries (RDMZ) maar niet algemeen ontsloten.

⁴⁶ Recentelijk is het vroegste interval van deze kalender door RING/ROB gecorrigeerd. Zie Jansma *et al.* 2004(b) voor de achtergronden.

land	regio	code Amersfoort	auteur(s)	eerste jaar	laatste jaar
				1369	1773
				1847	1967
	Hamburg	HAM1080M	Eckstein & Wrobel, n.p.	1080	1967
	Nedersaksen, algemeen	SAX959MM	Leuschner, n.p.	959	1873
	Nedersaksen, het centrale laagland	NSSUB6HL		881	1992
	Nedersaksen, het kustgebied	NSSUB7HL		865	1992
	Nedersaksen, het noordwestelijke gebergte	NSSUB4HL		875	1992
	Nedersaksen, het oostelijke laagland	NSSUB5HL		880	1992
	Nedersaksen, het zuidelijke gebergte	NSSUB1HL		915	1873
	Nedersaksen Weserbergland 1	WBL1004M	Delorme 1972	1004	1970
	Nedersaksen Weserbergland 2	NSSUB3HL	Leuschner, n.p.	915	1991
	Nedersaksen, het westelijke laagland	NSSUB9HL		876	1992
	Niederküstenraum	NKU1082M	Eckstein & Wrobel, n.p.	1082	1972
	Noord-Duitsland (veeneiken)	GOTTBOG	Leuschner, n.p.	-6069	928
	Eemgebied (veeneiken)	EMSBOG	Leuschner, n.p.	-6069	928
	Ostfriesland	OFR18MMM	Leuschner, n.p.	-441	1992
	Rijn-Main gebied	RM1250MM	Hollstein 1980	440	1787
	Saar-Moezel gebied	SM1250MM		730	1975
	Sleeswijk-Holstein	SH436MMM	Eckstein <i>et al.</i> 1970	436	1968
	Westerwald Sauerland	WS1368MM	Hollstein 1980	1368	1773
Westfalen	WF1260MM	Tisje, n.p.	1260	1972	
Zuid-Duitsland	ZD631MMM	Hollstein 1965; Hollstein, n.p.	631	1950	
Zuid-Duitsland	ZDL	Huber & Becker, n.p. (1995)	-350	1950	
Engeland	Algemeen	ENG500MM	Baillie & Pilcher 1982	500	1981
	Isle of Wight	GBISLEOW	Hillam, n.p. (1994)	-3463	-2694
	kunst, houtimport uit Polen 1	GBBALT1	Hillam & Tyers 1995	1156	1597
	kunst, houtimport uit Polen 2	GBBALT2		1257	1615
	Londen	GBLONDON	Tyers, Hillam & Groves, n.p. (1994)	413	1728
	Noord-Engeland	GB4CHRON	Hillam & Groves, n.p. (1994)	-434	119
		GBNORTHC		1192	1663
	Noord-Engeland/Wales	GBNORTHM		440	1742
	Noord-/Midden-Engeland	EUBIG3ST	EU Contractnr. ENV4-CT95-0127	-991	1992
	Zuid-Engeland	EUBIG4ST		-191	1990
Zuid-Engeland	GBSOUTHM	Hillam & Groves, n.p. (1994)	406	1594	
Frankrijk	Bourgogne	FRBOURST	Lambert, Lavier & Bernard, n.p. (1994)	681	1991
	Champagne-Ardenne	FRCHARD2	Tegel, n.p.	-418	76
	Fontainebleau	FRFB1531	Pilcher (gepubliceerd via de ITRDB)	1531	1979
	Lotharingen	FRLOTHA4	Tegel, n.p.	-391	570
	Noord-Frankrijk	FRNO1274	divers, n.p.	1274	1984
	Oost-Frankrijk	FROO1360	divers, n.p.	1360	1970
	Oost-Frankrijk, Besançon	FREASTST	Lambert & Lavier, n.p. (1992)	582	1991
	regio Parijs	FRPARISA	Lambert, Lavier & Bernard, n.p. (1994)	-81	140
		FRPARBST		279	653
		FRPARCST		689	834
FRPARDST		848		1597	
FRPAREST		1618		1984	

land	regio	code Amersfoort	auteur(s)	eerste jaar	laatste jaar	
	West-Frankrijk	FRWESBST	Lambert, Lavier & Doucerain, n.p. (1994)	1093	1912	
Nederland	divers bouwhout, houtimport uit Duitsland	NBH1036M	Eckstein <i>et al.</i> 1975	1036	1972	
	meubels en kunst, houtimport uit Zuid-Duitsland	NLARTZDL	Jansma <i>et al.</i> 2004	1360	1837	
	kunst en meubels, houtimport uit Polen	NLARTPOL		1167	1637	
	hout toegepast in Midden-Nederland	NLMIDDEN	Jansma 1995a	1023	1666	
	hout toegepast in Zuid-Nederland	NLZUIDMM	Jansma 1995a	427	1752	
	hout toegepast in Midden- en Zuid-Nederland	NL624STD	Jansma 1995c, 1995d, 1998, 2000	624	1749	
	schilderijen Nederlandse meesters, houtimport uit Polen	SCH1115M	Bauch <i>et al.</i> 1972; Eckstein <i>et al.</i> 1975	1115	1643	
	hout toegepast in Groningen, import uit Oostfriesland (D)	GRONASTD	Jansma 1995b	1010	1287	
	hout toegepast in Groningen, import uit Westfalen (D)	GRONBSTD	Jansma 1995b	1197	1561	
	hout toegepast in Limburg + Centraal-/Zuid-Duitsland	EUBIG2ST	EU Contractnr. ENV4-CT95-0127	-681	1994	
	hout toegepast in Noord-/Midden-Nederland + Centraal-/Noord-Duitsland	EUBIG1ST	EU Contractnr. ENV4-CT95-0127	-971	1995	
	hout toegepast in Noordwest-Nederland	NLNOORDM	Jansma 1995a	1041	1346	
	Twente 1	NTWE1357	Tisje, n.p.	1357	1724	
	Twente 2	DV1272MM	De Vries, n.p.	1272	1578	
	Twente/Westfalen	NLWF1040	Tisje, n.p.	1040	1972	
	Zeeland/West-Vlaanderen	NLZEELAN	Jansma, n.p.	824	1251	
	Nederland en Vlaanderen	NLVLAAND	Jansma & Hanraets 2004	-211	1104	
	West-Nederland	NLROM-W1	Jansma 1995a	-84	50	
	West-Nederland	NLROM-W2		-140	87	
	Zuidoost-Nederland	NLROM-E		190	395	
	Nederland natte groeigebieden		NLROMR9S	Jansma 1995a, uitgebreide versie (RING n.p.)	-1027	826
			NLBOG2BC		-2107	-767
			NLBOG3BC		-3525	-1994
			NLBOG5BC		-5121	-4557
			NLBOG6BC		-6025	-5467
	Provincie Zuid-Holland	NEOLINEW		-2565	-658	
	Provincie Friesland, De Deelen	DDFALSTD	Jansma 1995a	-5966	-5367	
Flevoland	FLA28STD	Hanraets 1996, 1997	-5029	-4557		
Ypenburg	YPFALLST	Van Daalen <i>et al.</i> 2003	-2983	-2538		
Provincie Zeeland, Terneuzen	TERNEU1M	Rietbroek 2002	-3643	-3257		
Polen	Centraal Polen	POLWSTD	Krapiec, n.p. (1996)	449	1410	
	Noord-/West-Polen	EUBIG7ST	EU Contractnr. ENV4-CT95-0127	813	1995	
	Oost-Polen	EUBIG8ST		770	1995	
	Oost-Pommeren	POL996MM	Wazny 1990	996	1985	
	Polen	POLZWSTD	Krapiec, n.p. (1996)	1319	1994	
	Wolin	POL1554M	Wazny 1990	1554	1986	
Scandinavië	Denemarken en Zuid-Zweden	EUBIG5ST	EU Contractnr. ENV4-CT95-0127	190	1974	
	Noord-Zweden	EUBIG6ST		660	1991	

Tabel 3.2 Overzicht van door RING/ROB gehanteerde referentiechronologieën (eikenhout).
 Legenda: Kolom 1: land (grijs = houtimport uit ander land); Kolom 2: regio; Kolom 3: door RING gehanteerde code; Kolom 4: relevante publicatie (n.p.= niet gepubliceerd); Kolom 5: datering van de eerste (oudste) gemiddelde groeiwaarde in de kalender; Kolom 6: datering van de laatste (jongste) waarde in de kalender.

1.4.4: Dateerbare houtsoorten

In West-Europa wordt voor dendrochronologische dateringen voornamelijk eikenhout gebruikt. Een van de redenen is dat eikenhout in onze contreien de belangrijkste constructiehoutsoort was en daarom het meest wordt teruggevonden. Een andere reden is dat het over grotere afstanden kruisdateerbaar is. De afgelopen jaren is echter gebleken dat ook het hout van beuk, es, iep en naaldhout (fijnspar, grove den en zilverspar) uit Nederlandse vindplaatsen goed dateerbaar is.⁴⁷ In tabel 3.3 wordt een overzicht gegeven van kalenders die nuttig zijn gebleken voor de datering van de diverse soorten naaldhout. Voor een overzicht van kalenders van beuk, es en iep die bruikbaar zijn voor datering, zie tabel 3.4.

houtsoort	land	regio	code Amersfoort	auteur(s)	eerste jaar	laatste jaar	
Zilverspar (<i>Abies alba</i>)	Duitsland	Württemberg, Beieren, Zwarte Woud	ABALBA01	Friedrich, Spurk & Becker, n.p. (1993)	820	1985	
			ABALBA02				
		Lotharingen		Tegel, n.p.	1059	1983	
	Zwitserland	Beierse Woud				1820	1984
		Noordwest-Zwitserland	geen	Kontic, n.p.	1209	1983	
		Bazel, stad			1209	1903	
		Bazel, land			1264	1983	
Noordoost-Zwitserland	1440	1823					
Fijnspar (<i>Picea abies</i>)	Duitsland	Zuid-Duitsland	DHFIS300	Friedrich, Spurk & Becker, n.p. (1991)	1032	1985	
		Württemberg	DHFIS301		1252	1984	
		Franken	DHFIS302		1191	1981	
		Beieren	DHFIS303		1032	1965	
		Zwarte Woud	DHFIS304		1246	1985	
	Zwitserland	Oberschwaben	DHFIS305		1256	1822	
		Zürich	geen	Kontic, n.p.	1333	1823	
		Noordoost-Zwitserland			1468	1822	
		Bayrischer Wald			1820	1984	
		Hinterrhein			1633	1983	
	Alpen	Bräker, n.p.			1269	1976	
	Duitsland	Baden-Württemberg	DNKI0001	Hofmann, n.p.	1391	1985	
		Zuid-Duitsland	DNKI0002		1216	1989	
		Mecklenburg	0513006M	Wröbel & Eckstein, n.p.	1167	1417	
		Mecklenburg	0513005M		1555	1750	
		Noord-Duitsland	0510005M		1519	1856	
		Noord-Duitsland (Scheer)	0510013M		1362	1809	
	Finland	Noord-Finland	FIKINOOR	Lindholm, n.p.	743	1991	
		Oost-Finland	FIKIOOST		743	1991	
		Centraal-Finland	FIKICENT		1413	1991	
		Zuidoost-Finland	FIKIZUID		1454	1991	
	Noorwegen	Midden-Noorwegen, Trøndelag	99700002	Thun, n.p.	552	1979	
		Zuidwest-Noorwegen, Vestland	99500003		765	1996	
		Zuidoost-Noorwegen, Østland	99200001		871	1840	
		Flesberg	FLESBERG	Eidem 1959	1591	1954	
	Polen	Torun	0500020M	Zielski, n.p.	1168	1991	
		Noord-Polen	0500022M	Wazny & Eckstein, n.p.	1780	1986	
		Noord-Polen	0500024M		1558	1988	
		Noord-Polen	0500025M		1168	1360	
	Zweden	Dalarna	DALPINUS	Bartholin, n.p.	931	1888	
Jämtland		0500018M	Krause & Eckstein, n.p.	1305	1828		
Handoel		0500019M		1437	1987		
Gotland		0500013M		1124	1987		
Zuid-Zweden		SCAPIN01	Eggertsson, n.p.	1745	1990		
Nemdeö		3NEM0001		1610	1995		
Zwitserland	Noordoost-Zwitserland	geen	Kontic, n.p.	1144	1990		

Tabel 3.3 Kalenders die worden gebruikt bij de datering van naaldhout uit Nederlandse context.

⁴⁷ Sass-Klaassen 2000; Jansma *et al.* 2002; RING/ROB ongepubliceerde gegevens.

hout-soort	land	omschrijving	code Amersfoort	auteur(s)	eerste jaar	laatste jaar	opmerkingen
Beuk (<i>Fagus sylvatica</i>)	Nederland	Vlaardingen, grafkisten	Vlg5x	Hanraets 2003c	841	1042	vermoedelijk houtimport uit GB
		Amsterdam Oostburg	Aos9x	Hanraets 2000b	1446	1658	
	Duitsland	Frankfurt Brunnen	0525008M	Hollstein 1973	1320	1542	
		Spessart	0525010M	Klein, n.p.	1684	1955	
	diverse	Schilderijen	0525018M	Klein, n.p.	1320	1604	
Iep (<i>Ulmus spp.</i>)	Nederland	Vleuten-De Meern, Romeinse weg	Ulmus10	Hanraets, n.p.	-81	112	beginjaren (ca. 40) niet betrouwbaar
		Alphen a/d Rijn, castellum	ALCIEP1b	Hanraets, n.p.	-130	51	beginjaren (ca. 25) niet betrouwbaar
Es (<i>Fraxinus excelsior</i>)	Nederland	Schiedam, Polderweg	Schstd	Van Rijn, n.p.	42	132	
		Zwolle, Stadshagen	Zwollees	Sass-Klaassen <i>et al.</i> 2004	58	527	
		Vleuten-De Meern	Vdms134	Hanraets 2003b	5	161	
		Vlaardingen	vlg11250	Hanraets 2003c	874	1034	
		Alphen a/d Rijn, kade	ALCESKADE	Hanraets 2004a, b	-141	51	beginjaren niet betrouwbaar
		Alphen a/d Rijn	ALCESplank	Hanraets, n.p.	-165	37	beginjaren niet betrouwbaar
iep en es gecombineerd		Alphen a/d Rijn	ALC28x	Hanraets, n.p.	-101	59	

Tabel 3.4 Kalenders die worden gebruikt bij de datering van beuk, es en iep uit Nederlandse context.

DEEL 2 ACTUELE DENDROCHRONOLOGISCHE ONDERZOEKSTHEMA'S

2.1: Daterende dendrochronologie

De Nederlandse prehistorie is dendrochronologisch onvoldoende onderzocht, waardoor een landsdekkend en chronologisch aaneengesloten overzicht ontbreekt. Het is de komende jaren dan ook van groot belang dat prehistorische structuren die hout bevatten uitgebreid worden bemonsterd ten behoeve van het opstellen van kalenders. Uiteindelijk zal de dendrochronologie daarmee kunnen bijdragen aan synthetiserende vraagstellingen met betrekking tot de prehistorie (zie § 2.2). Vanouds wordt voor dendrochronologisch dateringsonderzoek vooral eikenhout gebruikt. Een belangrijke ontwikkeling is dat sinds kort ook andere houtsoorten voor datering kunnen worden gebruikt: naaldhout, beuken-, essen- en iepenhout (zie ook § 1.4.4 en tabellen 3.1, 3.3 en 3.4). Het is van belang dat ook deze houtsoorten structureel bij het daterend dendrochronologisch onderzoek worden betrokken. De datering van deze soorten dient nog verder ontwikkeld en verfijnd te worden. De basis voor het dateren van naaldhout werd in Nederland in 1996 en 1997 gelegd tijdens onderzoek naar in Rotterdam opgegraven 13de-eeuwse scheepsresten van dennenhout (zilverspar, *Abies alba*) en vurenhout (fijnspar, *Picea abies*)⁴⁸ en in 1998 tijdens een door de RDMZ en de ROB gefinancierd experimenteel onderzoek van dennen-, vuren- en grenenhout (grove den, *Pinus sylvestris*) in veertien monumentale panden.⁴⁹ De basis voor de datering van essen en iepenhout (resp. *Fraxinus excelsior* en *Ulmus spec.*) werd in 2000 gelegd tijdens onderzoek naar resten van een Romeinse weg in

⁴⁸ Jansma & Hanraets ongepubliceerde gegevens; Carmiggelt *et al.* 1997.

⁴⁹ Sass-Klaassen 2000.

Vleuten-De Meern (gemeente Utrecht).⁵⁰ De basis voor de datering van beukenhout (*Fagus sylvatica*) werd datzelfde jaar gelegd tijdens onderzoek naar een 17de-eeuwse scheepshelling in Amsterdam.⁵¹ Naaldhout blijkt goed te dateren met bestaande referentiekalenders van dezelfde houtsoort. Zo is zilversparhout dat uit Zuid-Duitsland afkomstig is te dateren met kalenders van zilverspar van Friedrich, Spurr & Becker (code ABALBA01 en ABALBA02; zie tabel 3.3). Es en iep blijken behalve met vindplaatskalenders van dezelfde soort ook gedateerd te kunnen worden met behulp van vindplaatschronologieën van eikenhout. Voorbeelden van zulke kalenders zijn die van de Romeinse structuren in Utrecht/Vleuten-De Meern,⁵² het Romeinse *castellum* in Alphen a/d Rijn⁵³ en de veeneik-sitekalender van de VINEX-locatie Stadshagen bij Zwolle.⁵⁴ Beukenhout blijkt goed te dateren met algemene referentiekalenders van eiken⁵⁵ en kalenders van beuk.

2.2: Synthetiserend onderzoek

In de beginfase van de dendrochronologie in Nederland was het vooral zaak kalenders te ontwikkelen die bruikbaar zijn voor de datering van hout uit Nederlandse context. Hierdoor lag de nadruk tot ver in de negentiger jaren op het verzamelen van gedateerde meetreeksen, de bouwstenen van kalenders. Inmiddels is een omvangrijk dendrochronologisch archief aangelegd, dat vooral betrekking heeft op de Romeinse tijd en later. Op basis daarvan kunnen kalenders ontwikkeld worden, maar ook vraagstukken worden opgelost die verder reiken dan datering. De laatste jaren heeft zich in het dendrochronologische onderzoek in Nederland dan ook een omslag voltrokken naar wat we hier aanduiden als 'synthetiserend onderzoek'. Daarbij worden afzonderlijke dendrochronologische metingen zoveel mogelijk met elkaar in verband gebracht ten behoeve van brede cultuurhistorische vraagstellingen.

Voor de Romeinse tijd heeft de synthetiserende aanpak inmiddels belangrijke nieuwe inzichten opgeleverd:

- Dendrochronologisch onderzoek van hout uit Romeinse wegtracé's in Valkenburg (ZH) en Vleuten-De Meern (Utr.) wees uit dat beide tracé's werden aangelegd met hout dat uit dezelfde bosbestanden afkomstig is. In termen van aanlegdata (100 en 125 n.Chr) en groeipatronen van het hout zijn beide onderdelen dus dendrochronologisch gelijk. Hiermee is aangetoond dat de bouw van deze Romeinse weg een geplande, grootschalige activiteit is geweest uit de regeringsperiode van keizer Hadrianus;
- Analyse van het volledige bestand van gedateerd eikenhout uit Romeinse (civiele, religieuze en militaire) context wijst uit dat de Romeinen in Nederland tot ver in de tweede eeuw gebruik maakten van lokaal gegroeid hout. Import van hout uit Duitsland is alleen aantoonbaar in de context van de Romeinse scheepsbouw (nl. de 'Woerden-7'; zie hieronder);
- Integrale analyse van twee Romeinse platbodems ('De Meern-1' en 'Woerden-7') wijst uit dat beide schepen in Nederland zijn gebouwd. Dat wil zeggen: bij beide schepen werden alle onderdelen bemonsterd en doorgemeten. Hieruit werd duidelijk dat de 'De Meern-1' omstreeks 148 n.Chr. vervaardigd werd uit eikenhout dat voor een deel afkomstig was uit het gebied ten zuiden van de *limes* en voor een ander deel uit het gebied ten noorden daarvan. De 'Woerden-7' dateert uit 164 n.Chr. en bestaat gedeeltelijk uit eikenhout dat afkomstig is uit Zuid-Duitsland (zie het punt hierboven) en gedeeltelijk uit eikenhout uit natte groeiplaatsen ten noorden van de *limes*. Beide houtsoorten werden tegelijkertijd verwerkt in de primaire constructie van het schip. Hiermee werd de hypothese weerlegd dat schepen van dit type in Duitsland werden gebouwd;⁵⁶
- Uit de datering van ingetimmerd materiaal (hergebruikte beddenplanken) in de Romeinse platbodem 'De Meern 1' blijkt dat het schip tenminste enkele decennia lang in gebruik was. Hiermee is de hypothese weerlegd dat dergelijke schepen maar een beperkte gebruiksduur hadden;
- Integrale analyse van het hout van de 'Woerden-7' wijst uit dat het hout dat gebruikt werd bij de bouw van het schip planmatig werd verzaagd en verwerkt in de constructie. Voor onderdelen die niet gerepareerd of vervangen konden worden, en waarop tijdens de vaart

⁵⁰ Hanraets 2000(a).

⁵¹ Hanraets 2000(b).

⁵² Hanraets 2000(a); Hanraets 2003(a).

⁵³ Hanraets 2004(a).

⁵⁴ Sass-Klaassen *et al.* 2004.

⁵⁵ Hanraets 2000(b).

⁵⁶ Zie www.woerden7.nl/

grote spanning in de lengterichting kwam te staan, werd eveneens inheems eikenhout gebruikt dat afkomstig was van natte standplaatsen;

- Integrale analyse van het hout van de Laat-Romeinse brug van Cuyk-Middelaar en hout uit waterputten in de nabijgelegen nederzetting Gennep heeft uitgewezen dat het hout uit beide vindplaatsen afkomstig is van bomen die in de tweede helft van de vierde eeuw in elkaars nabijheid groeiden. Het gebruikte hout is aldus afkomstig uit hetzelfde bos.

Synthetiserend dendrochronologisch onderzoek dient verder uitgebreid te worden naar andere perioden. Thema's die de komende jaren aandacht verdienen, zijn (in willekeurige volgorde):

1. Datering, bouwvolgorde, houttechnologie, herkomst/bouwplaats en gebruiksduur van Romeinse platbodems, in internationaal (Europees) perspectief;
2. Datering, herkomst, gebruiksduur en typologische ontwikkeling van middeleeuwse koggeschepen, in internationaal (Europees) perspectief;
3. Kap-activiteit, houtmanagement en bosbeheer in de verschillende perioden vanaf de prehistorie.⁵⁷ Waar werd hout gekapt en wanneer? Zijn er veranderingen aan te wijzen in de ruimtelijke en chronologische patronen? Zo ja, wat is de relatie met demografische, technologische en sociaal-economische processen (migratie, oorlogen, verstedelijking, handel, etc.)? Interessant is wat daarbij de rol is geweest van meer 'mentale' processen, zoals veranderingen in de relatie tussen mens en natuur, contemporaine percepties van het bos, de waardering van bomen (bijv. de eik; zie ook hieronder), e.d. Een en ander staat nu echter nog in de kinderschoenen;
4. Ruimtelijke en chronologische spreiding en ecologie van de uitgeholde stammen van (zeldzame) vrijstaande eiken. In de Vroege Middeleeuwen werden deze in heel Europa gebruikt voor boomstamkisten (grafkisten) en boomstam-waterputten; in de prehistorie en Romeinse tijd voor kano's;
5. Voortschrijdende ontbossing (alle perioden, internationaal Europees fenomeen; zie § 2.3).

In het algemeen geldt dat de mogelijkheden voor synthetiserend dendrochronologisch onderzoek in hoge mate afhankelijk zijn van de verdere ontwikkeling en ontsluiting van dendrochronologische gegevens, zowel op nationaal als internationaal niveau. Er is dan ook behoefte aan samenwerking met buitenlandse laboratoria (gegevensuitwisseling). Daarnaast is de hoeveelheid houtmonsters van belang; uitgebreide of integrale monsternamen verdienen dan ook aanbeveling. Voor de prehistorie zal dit type onderzoek overigens pas mogelijk zijn wanneer er een landsdekkend dendrochronologisch overzicht is opgebouwd; de hoeveelheid prehistorische gegevens is nu nog beperkt (zie ook § 2.1).

2.3: Landschapsgeschiedenis en bosexploitatie

Dendrochronologisch onderzoek naar landschapontwikkeling kan zich de laatste jaren verheugen in een toenemende belangstelling van archeologen. Dit hangt samen met de verschuiving van een vindplaatsgerichte benadering van het landschap naar een benadering waarin de nadruk ligt op de relatie tussen de mens en het landschap. Daarbij gaat de aandacht uit naar thema's als de wisselwerking tussen mens en natuur, de ontwikkeling van het cultuurlandschap, contemporaine percepties van het landschap, etc.⁵⁸

In Ypenburg⁵⁹ en Zwolle-Stadshagen werd recentelijk archeologisch onderzoek verricht naar voormalige bosvegetaties.⁶⁰ Dit type onderzoek, waarbij archeologische technieken worden gecombineerd met biologische en aardwetenschappelijke benaderingen, is uniek binnen Europa en heeft onder meer nieuwe inzichten opgeleverd in de hydrologisch-bepaalde dynamiek in types moerasbossen waarvan geen moderne equivalenten bestaan. Deze inzichten zijn van belang voor de identificatie en evaluatie van het klimatologische signaal in de groeipatronen van bomen uit voormalige moerasbossen.

Ook bosexploitatie komt meer en meer op de agenda te staan. Door een combinatie van archeologische, palynologische en dendrochronologische gegevens kon worden aangetoond dat de bouwers van de veenweg in Nieuw-Dordrecht (zie afb. 3.2) hun bouw hout betrokken uit wat toen al (d.w.z. in de Standvoetbekercultuur) een secundair bos was.⁶¹ Dat deze mensen zuinig waren op hun

⁵⁷ Zie hiervoor ook het NOaA-hoofdstuk 'West-Nederland in de Late prehistorie', § 3.2.2.

⁵⁸ Zie bijv. de NOaA-hoofdstukken 'De late prehistorie in Noord-, Oost- en Zuid-Nederland en het rivierengebied' alsmede 'Romeinse tijd: pleistoceen-zuid en rivierengebied'.

⁵⁹ Van Daalen *et al.* 2003.

⁶⁰ Sass-Klaassen *et al.* 2004.

⁶¹ Jansma & Casparie 1993; Casparie *et al.* 2004.

hout, blijkt uit het feit dat zij soms drie palen uit één boomstam haalden (twee gekloofde helften en een spilstuk). Dit kon worden vastgesteld door de combinatie van archeologie (morfologische observaties) en dendrochronologie (statistische bewijsvoering). Dergelijk onderzoek is van grote betekenis; het verdient dan ook aanbeveling hier in de toekomst intensiever op in te zetten. Veel bomen die in de bodem teruggevonden worden groeiden oorspronkelijk in aaneengesloten bossen. Dit blijkt uit de stamvorm (lang, dun en recht) en de gemiddelde breedtegroei van de bomen. Deze observatie staat echter haaks op het theoretische model dat momenteel wordt gehanteerd in kringen van het natuurbeheer; dat wil zeggen: de aanname dat het voormalige boslandschap in Nederland het uiterlijk had van een open parklandschap dat in stand gehouden werd door van nature voorkomende grote grazers. Het is nuttig om dit de komende jaren nader te onderzoeken.

2.4: Dendroklimatologie

Nationaal en internationaal bestaat er grote belangstelling voor klimatologische studies. Dit is vooral het gevolg van de constatering dat het huidige klimaat wordt beïnvloed door het broeikaseffect (opwarming ten gevolge van CO²-uitstoot). Om de huidige opwarming in chronologische en ruimtelijke zin te kunnen interpreteren en met het oog op de toekomst in een model te vertalen is het noodzakelijk inzicht te krijgen in de chronologische en ruimtelijke variatie van het vroegere, natuurlijke klimaat.

De jaarringbreedten van bomen vormen een jaarlijks archief van de omstandigheden waaronder deze bomen groeiden. Voor de periode na de laatste ijstijd is dendrochronologie dan ook een belangrijke bron van gegevens over de vroegere natuurlijke omgeving, inclusief het klimaat. Vandaar dat dendrochronologie regelmatig wordt ingezet voor klimatologische studies. Daarvoor wordt vooral naaldhout gebruikt (het zomerhout van coniferen kan - afhankelijk van de groeiplaats - een sterk temperatuursignaal bevatten). Eikenhout, de enige bron van lange kalenders in Europa, is minder geschikt voor klimatologische doeleinden: de groei van eiken wordt bepaald door een combinatie van omgevingsfactoren (waar het klimaat er slechts één van is), die tijdens het leven van de eik bovendien sterk wisselt. Een ander probleem is dat de groei van eiken in het verleden niet vergeleken kan worden met de groei van nu levende eiken, die veelal groeien in omstandigheden die sterk door mensen worden beïnvloed (gereguleerde grondwaterstanden, houtmanagement, etc. - zie hieronder). In 2004 werd in Nederland het eerste zelfstandige dendroklimatologische onderzoeksproject afgerond, getiteld *Reconstruction of the natural variability of precipitation in the Netherlands and North Germany for the last 8000 years using ultra-long tree-ring chronologies of oak*.⁶² Dit project richtte zich op de identificatie en interpretatie van het klimaatsignaal in de groeipatronen van veeneiken uit Nederland en aangrenzend Noord-Duitsland. Het oorspronkelijke doel was een kwantitatief model te ontwikkelen van de relatie tussen klimaat en boomgroei. Elementen van dit model zouden vervolgens geprojecteerd worden op de ultralange Nederlandse en Duitse kalenders van veeneiken, met als uiteindelijke doel om variabelen als klimaat, lokale hydrologie, e.d. in het verleden te kunnen reconstrueren. Voor de ontwikkeling van het model zou worden uitgegaan van de wijze waarop huidige (levende) veeneiken responderen op genoemde variabelen. Tijdens het onderzoek werd echter duidelijk dat het type standplaats waar veeneiken in het verleden groeiden, tegenwoordig niet meer bestaat⁶³ en dat er van het karakteristieke groeipatroon van veeneiken (decennialange groeidepressies, gevolgd door snel herstel) in Europa nauwelijks of geen voorbeelden meer te vinden zijn.⁶⁴ De oorspronkelijke opzet van het onderzoek is dan ook losgelaten; in plaats daarvan werd gekeken naar perioden van gelijktijdige kieming en sterfte van veeneiken over grotere gebieden (Noord-Duitsland en Nederland). Juist van synchrone kiem- en sterftefenomenen over grotere gebieden wordt verwacht dat zij een reflectie zijn van bovenlokale hydrologische processen (vernatting, uitbreiding van veengebieden). Deze benadering vertoont overeenkomst met de kwalitatieve benadering van Baillie (zie § 1.2 onder 'dendroklimatologie').⁶⁵ Met uitzondering van jaarringbreedte zijn de variabelen die voor dendroklimatologisch onderzoek kunnen worden gebruikt (houtdichtheid, isotopengehalte) binnen Nederland beperkt toepasbaar. Zo wordt houtdichtheid bepaald met behulp van radiodensitometrie (röntgen) en kan het alleen worden toegepast op perfect geconserveerd naaldhout; omdat dat in Nederland niet voorhanden is valt deze benadering voor ons land dan ook af. Wat het isotopengehalte betreft werd er geconstateerd dat de verhouding tussen de stabiele isotopen ¹³C en ¹²C geen directe proxy is voor veranderende

⁶² Contractnr. 750-700-04, NWO/ALW 1999-2004.

⁶³ Sass-Klaassen 2004.

⁶⁴ Sass-Klaassen 2004.

⁶⁵ Voor de eerste resultaten, zie Sass-Klaassen *et al.* 2004.

meteorologische variabelen in de nabijheid van eiken.⁶⁶ Bij eiken uit Zwolle werd binnen bovengenoemd project onderzoek verricht naar de verhouding tussen ¹⁸O en ¹⁶O in de cellulose van jaarringen (de ratio daarvan is gerelateerd aan de neerslag⁶⁷ en temperatuur⁶⁸ tijdens de vorming van de jaarringen). Dit heeft echter geen signaal met een duidelijke klimatologische component opgeleverd.⁶⁹ De conclusie van deze studie is daarom dat jaarringbreedte binnen het dendroklimatologisch onderzoek van veeneiken een beter bruikbare variabele is dan de ratio ¹⁸O/¹⁶O. Ondanks de hierboven geschetste problematiek zal dendroklimatologie in de belangstelling blijven staan. Voor de archeologie is dit mede interessant omdat deze toepassing samenwerkingsverbanden met de natuur- en aardwetenschappelijke disciplines kan (blijven) opleveren.

DEEL 3 ARCHEOLOGISCHE VERSCHIJNINGSVORMEN

In dit deel volgt een bespreking van de meest gangbare typen archeologische vondsten die in aanmerking komen voor dendrochronologisch onderzoek, de vraagstellingen die men daarbij kan hanteren en de bijbehorende optimale strategieën van monsternamen. De indeling in paragrafen wijkt daarbij enigszins af van wat gebruikelijk is in deel 3 van (de meeste) andere NOaA-hoofdstukken. In de huidige Malta-archeologie bestaat de vraag naar dendrochronologie voor het grootste deel uit dateringsonderzoek. Wij beseffen terdege dat andere dendrochronologische vraagstellingen en toepassingen die in dit hoofdstuk aan de orde komen niet altijd financieel haalbaar zijn binnen het huidige archeologische bestel waarin 'de verstoorder betaalt'. Toch willen wij deze mogelijkheden niet onvermeld laten. Het is altijd belangrijk om zich bij monsternamen te richten op een zo breed mogelijk wetenschappelijk resultaat. In overleg met dendrochronologen kunnen vervolgens financiële minimumscenario's worden vastgesteld, waarbij rekening wordt gehouden met de betekenis van het materiaal of de site voor vraagstellingen die uitstijgen boven dateringskwesties. De bijbehorende monsters kunnen dan worden gearchiveerd, tot ze voor nader onderzoek kunnen worden overgedragen aan een universitaire vakgroep en/of onderzoeksprojecten die zich met dendrochronologie bezig houden.⁷⁰ Op die manier kan worden voorkomen dat de marktwerking in het huidige archeologische bestel leidt tot een teloorgang van het fundamentele en synthetiserende cultuurhistorische jaarringonderzoek (zie hiervoor deel 2).

3.1: De wordingsgeschiedenis van het landschap

Resten van voormalige bossen worden met zekere regelmaat aangetroffen tijdens verkenningen, baggerwerkzaamheden en het bouwrijp maken van de bodem. Deze resten vormen de belangrijkste bron voor de vervaardiging van inheemse Nederlandse referentiekalenders en de ijking van de ¹⁴C-tijdschaal. Daarnaast bevatten ze unieke informatie over bosvegetatie, -dynamiek en klimaat in het verleden. De oudste stammen dateren waarschijnlijk uit de eerste fasen van de natuurlijke herbebossing van Nederland na de laatste ijstijd. Zo hebben baggerwerkzaamheden in het Gooimeer stammen opgeleverd die uit ca. 6000 v.Chr. dateren.⁷¹ Indien gevonden stammen niet uit Nederland afkomstig zijn maar hier door rivieren zijn afgezet, verschaffen zij toch een dendrochronologische koppeling met bestaande Duitse kalenders van riviereiken.

In studies naar landschap- en vegetatieontwikkeling is tot op heden slechts enkele malen gebruik gemaakt van dendrochronologisch onderzoek van de resten van voormalige bossen. Dergelijk onderzoek biedt inzicht in aspecten van de lokale vegetatiegeschiedenis (datering van het proces van ontwikkeling en afsterving van bossen), alsmede in de natuurlijke omgevingsfactoren die daarmee samenhangen (met name hydrologie). Het aantal dendrochronologische metingen aan bomen die door natuurlijke oorzaken zijn afgestorven, is op dit moment nog te klein voor nationale synthetiserende toepassingen; lokale studies zijn wel echter mogelijk.

⁶⁶ Helle & Schleser 2003.

⁶⁷ Burk & Stuiver 1981; Saurer *et al.* 2002.

⁶⁸ Saurer & Siegwolf 2003.

⁶⁹ Poole *et al.* 2004.

⁷⁰ De grootste vooruitgang binnen de cultuurhistorische dendrochronologie wordt momenteel geboekt dankzij studentenprojecten (Visser 2005; Vorst 2005), waarbij door commerciële partijen aangeleverd hout *op non-profit* basis wordt onderzocht door studenten, onder leiding van medewerkers van RING.

⁷¹ Deze stammen zijn ruim tien jaar geleden in opdracht van de toenmalige Rijks Geologische Dienst vernietigd zonder voorafgaand dendrochronologisch onderzoek. Slechts één houtmonster uit deze partij is bij toeval bij RING terechtgekomen. De binnenste ring hiervan dateert uit 6025 v.Chr.

Aandachtspunten voor monstername:

- Wanneer er resten van natuurlijke bossen worden aangetroffen moeten alle stamresten met een doorsnede van meer dan 25 cm worden bemonsterd;
- Indien integrale bemonstering financieel of technisch niet haalbaar is, kan worden volstaan met minimaal tien stammen van dezelfde boomsoort per aangesneden bos. In dit geval dient men de dikste stammen voor bemonstering te selecteren;
- De monsters moeten op enige afstand van de wortelaanzet genomen worden. Deze afstand dient te worden geregistreerd;
- Tevens dient te worden geregistreerd:
 - de aard van het wortelstelsel (bijv. wijd en oppervlakkig, of juist niet)
 - de afstand tussen de wortelaanzet en de eerste zijtakken
 - de vorm van de stam (grillig of juist recht)

3.2: Het voormalige cultuurlandschap

Al sinds het Neolithicum zijn de Nederlandse bosvegetaties mede door mensen gevormd geweest. Veenwegen vormen een belangrijke bron voor de dendrochronologische studie van prehistorische bossen. Tot op heden zijn slechts twee Nederlandse veenwegen onderzocht: Nieuw-Dordrecht en Valthe. In beide gevallen bleef de dendrochronologische monstername in het veld beperkt tot een summiere hoeveelheid eikenhout, aangezien datering de voornaamste doelstelling was. Niettemin heeft het onderzoek aan de veenweg te Nieuw-Dordrecht ook gegevens opgeleverd over de bosvegetatie waar de betreffende stammen geroid waren.⁷² Dit was mogelijk door de integratie van dendrochronologische, palynologische, houtmorfologische en andere waarnemingen (houtdeterminaties).

Nu ook andere houtsoorten dan eiken voor datering kunnen worden gebruikt, verdient het aanbeveling om van veenwegen *alle* beschikbare elementen te bemonsteren. Het biedt de mogelijkheid ons inzicht in de lokale samenstelling en exploitatie van het bos te verdiepen (zoals de reconstructie van een eventueel meerjarige aanleg inclusief de seizoenen waarin gewerkt werd). Voorwaarde voor dit type onderzoek is de aanwezigheid van spinthout, inclusief wankant (de laatste jaarring onder de schors).

3.3: Methoden en technieken

3.3.1: Monstername

Voor de dendrochronologische datering van een houten object of structuur dient het houtmonster aan de volgende voorwaarden te voldoen:

- de houtsoort is dateerbaar (zie tabel 3.1 voor een overzicht van dateerbare houtsoorten);
- het houtmonster bevat voldoende jaarringen (hoe hoger het aantal jaarringen, hoe groter de kans is dat het hout gedateerd kan worden);
- het hout is regelmatig gegroeid, het betreft geen wortelhout en er is geen sprake van wondweefsel, noesten of zijtakken;
- de laatst gevormde jaarring is aanwezig (dit is de buitenste ring, direct onder de schors);
- het monster bevat geen secundair gebruikt - dus oud - hout.

Wijze van bemonstering:

- Veel archeologisch materiaal kan op destructieve wijze bemonsterd worden (het zagen van plakken). Met bouwhistorisch materiaal (in staande gebouwen) moet vaak voorzichtiger worden omgesprongen: in de meeste gevallen wordt er bemonsterd door het nemen van boorkernen. Roerend erfgoed zoals meubilair, muziekinstrumenten en beeldende kunst dient op non-destructieve wijze bemonsterd te worden (metingen aan het voorwerp zonder enige, of na zeer geringe, voorbehandeling).⁷³ Soms is een houten vondst zo uniek, dat destructieve dendrochronologische monstername geen optie is. In dat geval kunnen de ringbreedten opgemeten worden langs het natuurlijke oppervlak of langs natuurlijke breukvlakken (zie de kano van Uitgeest, § 3.8). Op dit moment wordt geëxperimenteerd met medische apparatuur, zoals de CT-scanner.

⁷² Casparie *et al.* 2004.

⁷³ Voor een beschrijving van monstername- en meettechnieken: Jansma *et al.* 2002; Jansma *et al.* 2004.

Houtsoort:

- Dendrochronologisch onderzoek is inmiddels ook mogelijk bij andere houtsoorten dan eiken (naaldhout, beuk, es en iep; zie § 1.4.4 en tabel 3.3). Indien er meerdere houtsoorten aanwezig zijn, dient de monstername dan ook niet te worden beperkt tot het eikenhout.

Hoeveelheid:

- Het is belangrijk dat de monstername steeds zo wordt ingericht, dat de mogelijkheden voor datering optimaal zijn. Over het algemeen geldt dat de kans op succesvolle datering toeneemt naarmate er meer houtmonsters kunnen worden onderzocht. Vooral bij monsters met relatief weinig jaarringen is dit essentieel. In de regel zijn alleen jaarringpatronen met meer dan 70 ringen dateerbaar. Bij losse houtvondsten en individuele houtmonsters geldt vaak zelfs een minimum van ca. 100 jaar. Deze regel geldt echter niet wanneer er een rijkelijke hoeveelheid houtmonsters voorhanden is (>30). In dat geval kunnen soms zelfs monsters met slechts ca. 50 jaarringen gedateerd worden.
- Indien dendrochronologie wordt toegepast voor andere doeleinden dan datering is het noodzakelijk dat er uitgebreid bemonsterd wordt. Bij houten constructies dienen zo mogelijk alle onderdelen te worden bemonsterd,⁷⁴ inclusief de onderdelen uit andere houtsoorten dan eiken (beuk, es, iep, naaldhout). Voor de integratie van dendrochronologische data in breder cultuurhistorisch perspectief is het noodzakelijk dat er een ruime hoeveelheid monsters beschikbaar is (zie § 2.2: synthetiserend dendrochronologisch onderzoek).

3.3.2: Absolute en relatieve dateringen in de dendrochronologie

Net als in de archeologie wordt in de dendrochronologie onderscheid gemaakt tussen absolute en relatieve dateringen:

- een datering is absoluut in *dendrochronologische* zin wanneer elke jaarring in het hout met hoge zekerheid aan een kalenderjaar toe te schrijven is.⁷⁵ Het jaarringpatroon is dan absoluut in de tijd geplaatst;
- een datering is absoluut in *archeologische* zin wanneer deze dendrochronologisch absoluut is *en* de laatst gevormde jaarring aan het houtmonster aanwezig is (d.w.z. de ring direct onder de boomschors), waardoor ook de exacte kap/sterfdatum van de boom kan worden bepaald en in sommige gevallen zelfs het seizoen waarin dat plaatsvond;
- een datering is relatief in dendrochronologische zin wanneer de kapdatum van houtmonster A wel gedateerd is ten opzichte van andere, niet-absoluut gedateerde houtresten (B), maar niet ten opzichte van bestaande absoluut gedateerde kalenders. In dit geval is wel bekend hoeveel jaren er zijn verstreken tussen het kappen van A en B, maar kunnen deze gebeurtenissen niet absoluut op de tijdschaal geplaatst worden.

Een datering is dendrochronologisch *wel*, maar archeologisch en chronologisch *niet* absoluut, wanneer er sprake is van een van de volgende situaties:

- indien de schors en *al* het spinhout in het verleden is verwijderd tijdens de bewerking. In dit geval wordt bij het kalenderjaar van de buitenste waargenomen ring het geschatte aantal ontbrekende ringen opgeteld (1 ring = 1 jaar).⁷⁶ Dit levert een *terminus post quem*-datering op van het kalenderjaar waarin de boom stierf;
- indien de schors en een *deel* van het spinhout tijdens de bewerking in het verleden is verwijderd. In dit geval wordt bij het kalenderjaar van de buitenste waargenomen ring het geschatte aantal ontbrekende ringen opgeteld (1 ring = 1 jaar). Dit levert een absolute datering op van het kalenderjaar waarin de boom stierf. Omdat het aantal spintringen afhankelijk is van de leeftijd en gemiddelde groeisnelheid van bomen, bevat deze datering een zekere marge. Binnen deze marge is de datering van de kapdatum echter absoluut;
- indien het gaat om een houtsoort die geen spinhout produceert en het betreffende houtmonster geen schors bevat. In dit geval geeft de kalenderdatum van buitenste waargenomen ring een *terminus post quem*-datering van de kapdatum. Een correctie voor ontbrekend spinhout is in dit geval uiteraard niet nodig;

⁷⁴ Voorbeeld van het belang van integrale analyse: het Romeinse schip Woerden 7 (§ 3.5.9).

⁷⁵ Voor de methodologie, zie Jansma 1995(a).

⁷⁶ Deze schattingen variëren van 8 tot 50 spintringen, afhankelijk van de leeftijd van de boom (zie o.a. Hollstein 1980; Wazny 1990).

- indien het onderzochte hout secundair gebruikt is.⁷⁷ In dit geval is er geen directe relatie tussen de kapdatum en de uiteindelijke toepassing. De kapdatum geeft wel een *terminus post quem*-datering van de onderzochte archeologische structuur. Deze datering kan met dendrochronologische methoden niet verder verfijnd worden.

3.3.3: De zorg voor hout tijdens opgravingen

Dendrochronologische monsters worden meestal verzameld met behulp van een motorzaag. Zwak hout moet voor het zagen met tape worden omwikkeld. Een kenmerk van hout uit archeologische context is de sterke reductie van de cellulose. Hierdoor bevat het hout nog wel de archeologische informatie (vorm, oppervlak, bewerkingssporen, jaarringpatroon), maar niet meer de oorspronkelijke stevigheid. Archeologisch hout 'klapt' dan ook makkelijk in elkaar, bijvoorbeeld door uitdroging of bevriezing. Bij eikenhout is met name het spinthout kwetsbaar; en juist spinthout is noodzakelijk voor de exacte datering van de kapdatum van eikenhout. Het is daarom belangrijk om het hout dat tijdens opgravingen wordt vrijgelegd goed te beschermen. Bij houtrijke opgravingen die langer dan een week duren, is het aan te bevelen onder een (witte) tent te werken en de site vochtig te houden (d.w.z. elke paar uur besproeien). Bevriezing van hout moet altijd voorkomen worden; bij vorst is het aan te raden een tent te plaatsen die met verwarmingselementen vorstvrij wordt gehouden. Houtonderdelen waar niet aan wordt gewerkt dienen steeds afgedekt te worden met een vochtige doek.

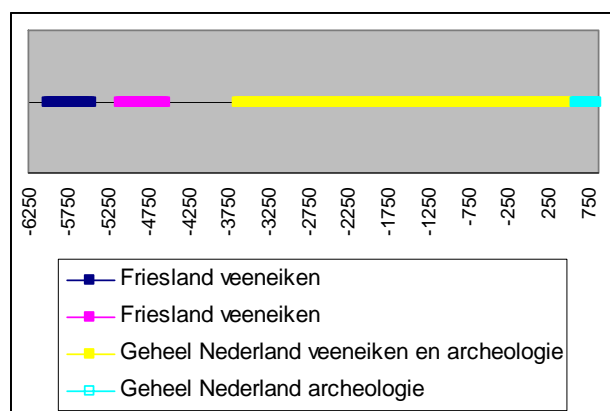
3.3.4: Conservering en opslag van houtmonsters

Natte houtmonsters kunnen het best in plastic worden verpakt. Nat hout is namelijk zeer zacht (dit geldt overigens niet voor eikenhout!). Het is dus van belang verpakte houtmonsters niet op elkaar te stapelen; dit voorkomt dat de monsters in elkaar geperst worden. Nat hout wordt ook na verpakking nog aangetast (rot, insecten). Daarom is het aan te raden houtmonsters zo snel mogelijk naar een laboratorium te brengen voor onderzoek.

Dendrochronologische houtmonsters die om financiële of andere redenen niet direct onderzocht kunnen worden, kunnen chemisch geconserveerd worden. Hierdoor blijft de dendrochronologische informatie (jaarringbreedten) intact. Chemisch onderzoek (isotopensamenstelling) is dan echter niet meer mogelijk.

3.4: Chronologie

Afbeelding 3.10 toont een chronologisch overzicht van de kalenders van eikenhout die in Nederland zijn ontwikkeld. Voor een overzicht van de afzonderlijke kalenders, zie tabel 3.2, 3.3 en 3.4.



Afbeelding 3.10 Chronologische lacunes in de Nederlandse dendrochronologie.

De perioden 6250-6025 v.Chr., 5467-5121 v.Chr. en 4557-3643 v.Chr. vormen nog lacunes. Om deze lacunes te dichten is een overlap met bestaande kalenders van minstens 70 jaar een vereiste. Daarvoor zou de komende jaren alle eikenhout uit vindplaatsen daterend vóór ca. 3500 v.Chr. bemonsterd moeten worden.

⁷⁷ In voormalige beschoeiingen en funderingen wordt met regelmaat scheepshout aangetroffen. De datering van dit hout zegt wel iets over de bouwdatum van het oorspronkelijke schip, maar niets over het moment waarop het hout in de onderzochte beschoeiing terechtgekomen is.

3.5: Dendrochronologisch onderzoek per vondstcategorie

Archeologisch hout wordt nooit teruggevonden op de plek waar de bomen groeiden; het hout is immers ergens gekapt en toen verplaatst om te worden gebruikt. Het is onmogelijk om bij houten vondsten in het veld op dendrochronologische gronden een onderscheid te maken tussen lokale en bovenlokale informatie die in het hout besloten ligt. Dit onderscheid kan in het laboratorium wel gemaakt worden middels statistisch onderzoek, waarbij de jaarringpatronen van houten vondsten in hun samenhang met de patronen van andere vondsten uit andere vindplaatsen geanalyseerd worden. In afwijking van de meeste andere NOaA-hoofdstukken wordt hieronder dan ook geen onderscheid gemaakt tussen de archeologische verschijningsvormen van de lokale en de bovenlokale gemeenschap.

3.5.1: Beschoeiingen en funderingen

Beschoeiingen en funderingen kunnen een aanzienlijke hoeveelheid hout bevatten. Bij deze structuren hoeft men zich dan ook niet te beperken tot datering, maar kan er ook onderzoek vanuit een bredere vraagstelling worden gedaan. Bij de monsternamen moet men echter wel alert zijn op de aanwezigheid van hergebruikt (scheeps-)hout; de datering hiervan levert slechts beperkt inzicht op in de datering van de aanleg van de onderzochte structuur. Voor bepaalde vraagstellingen, bijvoorbeeld wat betreft scheepsbouw, kan het echter wel interessant zijn om dergelijke elementen in het onderzoek te betrekken.

Voor een datering van beschoeiingen en funderingen dienen van de afzonderlijke elementen tenminste vier bruikbare houtmonsters genomen te worden. Wanneer er meer dan vier monsters genomen worden, kunnen daarvan later de meest geschikte monsters geselecteerd worden. Als men verschillende fasen van aanleg wil reconstrueren, moet deze monstertactiek bij elke (vermoedelijke) bouwfase worden herhaald. Indien daarnaast ook wordt onderzocht of het hout al dan niet van lokale herkomst is, dan dienen er zoveel mogelijk elementen bemonsterd te worden. Daarvoor kunnen alle houtsoorten worden gebruikt: ook ondateerbare houtsoorten leveren immers inzicht op in de houtwinning.

3.5.2: Grafkisten

Zgn. boomstamkisten zijn vervaardigd uit de uitgeholde stam van een eik. Het grootste deel dateert uit het eerste millennium n.Chr. Er is nog geen systematisch onderzoek naar verricht. Mede daarom verdient het aanbeveling dit type grafkist altijd dendrochronologisch te laten onderzoeken. Omdat het hier gaat om individuele bomen waarvan het hart verwijderd is, is de datering echter per definitie lastig. Ten eerste is de kans groot dat een monster over onvoldoende jaarringen beschikt; ten tweede is de datering van een individueel houtmonster altijd problematischer dan de datering van meerdere bouwelementen uit gelijktijdig gegroeide bomen. Daarom dienen er meerdere monsters genomen te worden, op verschillende plekken uit de kist. Als het hoofd- of voeteneinde intact is, dient ook hiervan een monster genomen te worden. De ervaring leert dat boomstamkisten op deze manier vaak toch dateerbaar zijn. Uiteraard is het ook mogelijk om een boomstamkist te benaderen als topvondst; dat wil zeggen: dat het onderzoek op non-destructieve wijze plaatsvindt. In overleg met een dendrochronoloog kan worden bepaald wat de beste aanpak is. Mocht de dendrochronologische datering mislukken, dan kan uiteraard worden uitgeweken naar *wiggle-matching* van het ^{14}C -gehalte van het hout.⁷⁸

Om grafkisten te kunnen dateren die uit planken zijn vervaardigd, dient eerst te worden vastgesteld welke planken over spinthout beschikken. Op de plekken met spinthout moeten de monsters genomen worden: minimaal vier monsters (1 monster per plank), waarvan ten minste een monster spinthout moet hebben om tot een absolute datering te kunnen komen. Bij radiaal uit de stam gespleten planken lukt datering overigens vaak al na onderzoek van een of twee monsters, aangezien dergelijke planken meestal veel jaarringen bevatten.

Van grafkisten die uit planken bestaan kan men behalve de datering ook de samenstelling en herkomst van het hout onderzoeken. Een studie van de grafkisten van de Oranjes wijst uit dat deze met name van Baltisch eikenhout zijn gemaakt.⁷⁹ Dit was een relatief dure materiaal soort, die verder vooral werd gebruikt voor schilderijpanelen en (in mindere mate) meubilair.⁸⁰ Wanneer alle planken van een grafkist worden onderzocht, kan men uitspraken doen over de manier waarop de planken uit de stam werden gehaald en of de planken van dezelfde boom afkomstig zijn. Het is ook mogelijk

⁷⁸ Zie het NOaA-hoofdstuk 'De ^{14}C -methode'.

⁷⁹ Hanraets 1996.

⁸⁰ Jansma *et al.* 2004.

uitspraken te doen over het bostype waarin de bomen groeiden. Over het algemeen zijn planken overigens afkomstig uit langzaam gegroeide bomen die in dichte bossen stonden. Zulke bomen hebben dankzij de competitie om licht (waardoor zij snel in de hoogte groeien) een rechte stamvorm, waardoor ze goed bruikbaar waren om er lange rechte planken uit te halen.

3.5.3: Huisplattegronden

Als in er huisplattegronden hout wordt teruggevonden dat bruikbaar is voor dendrochronologisch onderzoek, gaat het meestal om de resten van staanders. De gebruikte houtsoort varieert per tijdvak en regio. Zo werd er in de IJzertijd in West-Nederland veel essenhout gebruikt, maar in de Romeinse tijd juist weer meer eik. In de Romeinse tijd maakte de inheemse bevolking zelfs gebruik van subfossiel materiaal, dat wil zeggen van oeroude stammen die dankzij goede conserveringsomstandigheden bewaard waren gebleven.⁸¹

Huisplattegronden kunnen uit een of meerdere fasen bestaan. Om deze te kunnen dateren moet de monstername op dezelfde manier gebeuren als bij funderingen en beschoeiingen; dat wil zeggen: minimaal vier monsters van eikenhout (zo mogelijk met spinthout), alsmede monsters van alle andere aanwezige houtsoorten. In veel gevallen worden overigens alleen aangepunte palen aangetroffen. In die gevallen zal het spinthout ontbreken, waardoor een absolute datering van de kapdatum van het hout onmogelijk is. Daterend onderzoek is in dat geval alleen nuttig als men ook baat heeft bij een *terminus post quem*-datering van de kap van het hout (zie hiervoor § 3.3.2).

Ook bij huisplattegronden kunnen vragen worden gesteld die verder gaan dan datering, zoals het gebruik van inheems of van elders aangevoerd hout, of een combinatie van beide. Momenteel staat met name het houtgebruik in de Romeinse tijd in de aandacht (zie § 3.5.7).

3.5.4: Waterputten

Waterputten werden vaak gebouwd van lokaal gewonnen hout. Integrale monstername van waterputten uit Gennep leverde dendrochronologische gegevens op die het aannemelijk maken dat het hout afkomstig was uit hetzelfde bos waaruit ook het hout voor de Laat-Romeinse brug te Cuyk-Middelaar werd betrokken.⁸² Integraal onderzoek van waterputten, waarbij maximaal bemonsterd wordt, kan met andere woorden tot interessante nieuwe inzichten leiden. Voor de te volgen strategie bij monstername, zie § 3.5.2.

Boomstampotten zijn gemaakt uit de uitgeholde stam van een eik. De meeste dateren uit het eerste millennium n.Chr. Er is echter nog geen systematisch onderzoek naar verricht. Het verdient dan ook aanbeveling dit type waterput altijd te bemonsteren. Omdat het hier gaat om individuele bomen waarvan het hart verwijderd is, is de datering echter per definitie lastig (zie ook bij 'boomstamkisten', § 3.5.2).

Tonputten zijn opgebouwd uit duigen en bestaan meestal uit hergebruikte vaten. De datering ervan levert hooguit een *terminus post quem*-datering op van de aanleg van de waterput. Duigen zijn meestal gemaakt van eikenhout of zilverspar en over het algemeen goed dateerbaar omdat zij uit langzaam gegroeide bomen (met veel jaarringen) zijn gehaald. Ook herkomstbepalingen zijn met dit materiaal eenvoudig te verrichten. In de Nederlandse bodem zijn duigen aangetroffen uit Duitse en Franse eiken (Middeleeuwen en later) en Zuid-Duitse zilverspar (Romeinse tijd). Voor de datering en herkomstbepaling zijn tenminste vier monsters nodig. Bij eiken tonputten dient bij ten minste één monster spinthout aanwezig te zijn.

Waterputten kunnen ook uit een combinatie van balken en planken bestaan, en/of in fasen zijn opgebouwd. Voor de datering dienen tenminste vier afzonderlijke elementen bemonsterd te worden, waarvan bij tenminste één monster het spinthout nog aanwezig moet zijn.

3.5.5: Individuele houten objecten

Individuele houten objecten zijn vaak moeilijk te dateren. Een succesvolle datering is afhankelijk van de houtsoort en het aantal bewaard gebleven jaarringen. Daarom wordt van een houten object eerst de houtsoort vastgesteld; vervolgens kan dan worden bepaald of het de moeite waard is het dendrochronologisch te onderzoeken. Indien dat het geval is, dient men te bepalen of het om een topvondst gaat of om een voorwerp dat destructief bemonsterd kan worden. Bij topvondsten wordt in overleg met de dendrochronologisch onderzoeker vastgesteld hoe en waar het hout wordt bemonsterd. Betreft het geen topvondst, dan kan een stuk uit het voorwerp gezaagd worden. Zo mogelijk wordt het houtmonster genomen op een plek zonder vergroeiingen en noesten, liefst waar zich spinthout bevindt.

⁸¹ Mond. med. P. van Rijn (BIAX-Consult).

⁸² Jansma, ongepubliceerde gegevens.

3.5.6: Bruggen

Tot op heden is alleen de 4de-eeuwse Romeinse brug bij Cuyk-Middelaar in zijn geheel dendrochronologisch onderzocht. Door uitgebreide monsternamen van de standers en succesvolle datering konden er verschillende bouwfasen worden gereconstrueerd.⁸³ Ook kon worden vastgesteld dat het hout afkomstig is uit hetzelfde bos waaruit ook het hout van twee waterputten uit een nabijgelegen inheemse vindplaats (Gennep) werd betrokken (zie ook § 3.5.4).⁸⁴

Het is dus belangrijk dat bruggen zo uitgebreid mogelijk worden bemonsterd (één monster per bouwelement) - uiteraard binnen de randvoorwaarden van een verantwoorde AMZ (behoud van deze structuren voor toekomstig onderzoek). Als een brug alleen voor datering wordt onderzocht (de bouwfasen en de herkomst van het hout blijven dan buiten beschouwing) kan worden volstaan met het nemen van zes tot acht monsters, waaruit dan later - in het laboratorium - de meest geschikte kunnen worden geselecteerd.

3.5.7: Castella

Castella zijn gecompliceerde structuren die veelal meerdere houtbouwfasen doormaakten alvorens ze 'versteenden'. Uit onderzoek blijkt dat voor de vroegste fasen lokaal aanwezig hout werd gebruikt. Dit geldt bijvoorbeeld voor de oudste aanleg van het castellum in Alphen a/d Rijn (in 41 n.Chr.) en het nog vroegere castellum Velsen I. Behalve eik werden daarvoor ook soorten als iep en es gebruikt. In de 2de eeuw veranderde dit: in plaats van lokaal hout werd er hout gebruikt dat werd aangevoerd uit gebieden stroomopwaarts langs de Rijn.

Vanwege de vaak complexe bouwgeschiedenis is de datering van castella een arbeidsintensieve aangelegenheid. Zo mogelijk wordt ieder afzonderlijk bouwelement (poorten, funderingen van de diverse gebouwen, wallen) bemonsterd; niet alleen het eikenhout (minimaal vier per bouwelement/fase) maar ook, indien aanwezig, es, iep en beuk. Dendrochronologisch onderzoek in Utrecht-De Meern en Alphen a/d Rijn heeft uitgewezen dat de dateringen van deze houtsoorten, althans binnen Romeinse context, goed met elkaar overeen komen en uit hetzelfde bos afkomstig zijn (zie ook § 1.4.4 en tabel 3.4). Wanneer daarnaast ook inzicht is gewenst in de verhouding tussen inheems en aangevoerd hout, moeten er zoveel mogelijk houten elementen bemonsterd worden, zonder onderscheid naar houtsoort (ondateerbare houtsoorten leveren inzicht op in de houtwinning). Uitgebreide monsternamen is voorts ook van belang voor het in 2005 gestarte onderzoek *A sustainable frontier? The establishment of the Roman frontier in the Rhine delta*.⁸⁵ Een van de doelstellingen is inzicht te krijgen in het houtgebruik tijdens de Romeinse periode. Dendrochronologische data kunnen hier een belangrijke bijdrage leveren.

3.5.8: Wegen

In Nederland zijn twee soorten wegen bewaard gebleven en dendrochronologisch onderzocht: veenwegen en Romeinse wegen. Er zijn ongetwijfeld ook andere wegresten bewaard gebleven, maar aangezien deze geen hout bevatten komen ze niet in aanmerking voor dendrochronologisch onderzoek. Veenwegen kwamen hierboven al aan de orde (zie § 3.2). Romeinse wegen vormen de tweede categorie wegen waar de dendrochronologie tot nieuwe inzichten kan leiden. Onderzoek van Romeinse wegtracés te Valkenburg (ZH) en Utrecht (Vleuten-De Meern) heeft uitgewezen dat beide tracés zijn aangelegd met hout dat uit hetzelfde bos afkomstig was, in resp. 100/101 en 124/125 n.Chr.⁸⁶ Alle gebruikte houtsoorten (met uitzondering van elzenhout) werden dendrochronologisch onderzocht. Door jaarringonderzoek is het dus mogelijk vast te stellen of archeologische fenomenen die ruimtelijk verspreid zijn deel uitmaken van een en dezelfde ruimtelijke ingreep (zie ook § 2.2).

3.5.9: Schepen

Bij dendrochronologisch onderzoek van schepen was tot voor kort de belangrijkste vraag die naar de datering. Recent zijn hier andere vragen bijgekomen, zoals de constructie (bouwvolgorde) en de herkomst van het materiaal (bouwlocatie). Recent onderzoek heeft verrassende antwoorden opgeleverd (zie § 2.2).

Voor het dateren van scheepswrakken zijn vier bruikbare monsters (inclusief spinthout) veelal voldoende is. Wil men de wijze van constructie achterhalen, dan zal uit ieder relevant bouwelement een monster genomen moeten worden. Om de herkomst van Romeinse schepen te bepalen, is integrale monsternamen noodzakelijk, zoals het onderzoek van de Woerden-7 illustreert: van dit schip

⁸³ Goudswaard 1995.

⁸⁴ Jansma, ongepubliceerde gegevens.

⁸⁵ Financiers: NWO ('Oogst van Malta'), Faculteit der Letteren KU Nijmegen, Gemeente Utrecht en Biax Consult.

⁸⁶ Ongepubliceerde gegevens Stichting Ring.

werden ruim 100 elementen bemonsterd en gedateerd. Indien men zich had beperkt tot 60 elementen zouden de elementen uit Nederlands eikenhout overgeslagen zijn omdat ze stevig bekapt waren en daarom niet relevant voor de datering. De conclusie zou dan echter hebben geluid dat het schip afkomstig was uit Midden-Duitsland. Om inzicht te krijgen in de gebruiksduur van een schip dienen latere intimmeringen en reparaties te worden bemonsterd (mits ze voldoende jaarringen en spinthout bevatten). Zie het voorbeeld De Meern-1, § 2.2.

Dendrochronologisch onderzoek van een boomstamkano uit Uitgeest heeft uitgewezen dat deze vaartuigen kunnen worden gedateerd, ondanks dat het hart van de stam ontbreekt als gevolg van de uitholling.⁸⁷ Boomstamkano's dienen non-destructief te worden onderzocht. Bij de kano van Uitgeest werden de metingen verricht langs natuurlijke breuken in het hout; hierdoor werd verdere schade voorkomen.

3.5.10: Vaten

De datering van een vat levert geen aanwijzing op over het tijdstip waarop het vat in de bodem terecht kwam. De herkomstbepaling van het hout van de duigen levert belangrijke informatie op over voormalige goederenstromen. Veel vaten zijn op een later tijdstip hergebruikt voor de constructie van tonputten (zie 3.6.4).

3.6: Archeologische monumentenzorg

Veel hout uit oudere opgravingen is zonder dendrochronologisch onderzoek in depots terecht gekomen. De ervaring leert dat veel van dit hout na enkele jaren zo sterk vergaan is dat het niet meer bruikbaar is voor jaarringanalyse. Om die reden geven we hier geen lijst met prioriteiten voor uitwerking van oud onderzoek. Voor conservering en opslag van houtmonsters, zie § 3.4.4.

⁸⁷ Jansma *et al.* 2004(b).

Literatuur

- Baillie, M.G.L., 1982: *Tree-ring dating and archaeology*, London.
- Baillie, M.G.L., 1994: Dendrochronology raises questions about the nature of the AD 536 dust-veil event, *The Holocene* 4:2, 212-217.
- Baillie, M.G.L., 1999: *Exodus to Arthur: catastrophic encounters with comets*, Londen.
- Baillie, M.G.L., & J.R. Pilcher 1976: Climate records dug from Irish bogs, *The Geographical Magazine* 47:7, 423-426.
- Baillie, M.G.L., & J.R. Pilcher 1982: A British Isles tree-ring chronology, *Tree-Ring Society Newsletter* 22.
- Bauch, J., 1978: Tree-ring chronologies for the Netherlands, *BAR Int. Ser.* 51, 133-137.
- Bauch, J., & D. Eckstein 1970: Dendrochronological dating of oak panels of Dutch 17th century paintings, *Studies in Conservation* 15, 45-50.
- Bauch, J., D. Eckstein & M. Meier-Siem 1972: Dating the wood of panels by a dendrochronological analysis of the tree rings, *Nederlands Kunsthistorisch Jaarboek* 23, 485-496.
- Bonde, N., 1995: Count the tree rings, map the journey, *British Archaeology* 10.
- Briffa, K.R., & F.H. Schweingruber 1992: Recent dendroclimatic evidence of northern and central European summer temperatures, in: R.S. Bradley & P.D. Jones (eds.), *Climate since A.D. 1500*, London, 366-392.
- Burk, R.L., & M. Stuiver 1981: Oxygen isotope ratios in trees reflect mean annual temperature and humidity, *Science* 211, 1417-1419.
- Carmiggelt, A., A.J. Guiran & M.C. van Trierum (eds.) 1997: *Archeologisch onderzoek in het tracé van de Willemsspoortunnel te Rotterdam* (BOOR-Balans 3).
- Casparie, W.A., B. van Geel, E. Hanraets, E. Jansma & I.L.M. Stuyts 2004: De veenweg van Nieuw-Dordrecht – onvoltooid en niet gebruikt, *NDV* 121, 114-141.
- Crone, B.A., & R. Fawcett 1998: Dendrochronology, documents and the timber trade: new evidence for the building history of Stirling Castle, Scotland, *Medieval Archaeology* 42, 68-87.
- Cook, E.R., & L.A. Kairiukstis 1990: *Methods of dendrochronology*, Dordrecht.
- Daalen, S. van, & J. van der Beek 2004: Dendroprovenancing ship's timbers, a pilot study on a Dutch 18th century 'ventjager', in: E. Jansma, A. Brauning, H. Gärtner & G. Schleser (eds.), *Tree-rings in archaeology, climatology and ecology (TRACE) 2, Proceedings of the Dendrosymposium 2003*, Jülich (Schriften des Forschungszentrum Jülich, Reihe Umwelt 44), 123-130.
- Daalen, S. van, U. Sass-Klaassen & L.I. Kooistra 2003: How did 'bog oaks' grow? First answers from the excavation of a mire woodland in Ypenburg, The Netherlands, in: G. Schleser, M. Winiger, A. Bräuning, H. Gärtner, G. Helle, E. Jansma, B. Neuwirth, & K. Treydte (eds.), *Tree-rings in archaeology, climatology and ecology (TRACE) 1, Proceedings of the Dendrosymposium 2002*, Jülich (Schriften des Forschungszentrum Jülich, Reihe Umwelt 33), 82-86.
- Delorme, A., 1972: *Dendrochronologische Untersuchungen an Eichen des Suedlichen Weser-und Leineberglandes*, Göttingen (dissertatie Universität Göttingen).
- Delorme, A., 1974: Mooreichen als Forschungsobjecte, *Holz-Zentralblatt* 100(58), 901-902.

- Douglass, A.E., 1909: Weather cycles in the growth of big trees, *Monthly Weather Review* 37(5), 225-237.
- Douglass, A.E., 1914: A method for estimating rainfall by the growth of trees, in: E. Huntington (ed.), *The climatic factor as illustrated in arid America*, *Carnegie Institute of Washington Publication* 192, 101-121.
- Eckstein, D., J. Bauch & W. Liese 1970: Aufbau einer Jahrringchronologie für Eichenholz für die Datierung historischer Bauten in Norddeutschland, *Holz-Zentralblatt* 96, 674-676.
- Eckstein, D., J.A. Brongers & J. Bauch 1975: Tree-ring research in the Netherlands, *Tree-Ring Bulletin* 35, 1-13.
- Eidem, P., 1959: En grunnskala til tidfesting av trevirke fra Flesberg i Numedal, *Blyttia* 17, 69-85.
- Epstein, S., C.J. Yapp & J.H. Hall 1976: The determination of the D/H ratio of non-exchangeable hydrogen in cellulose extracted from aquatic and land plants, *Earth and Planetary Science Letters* 30, 241-251.
- Geel, B. van, J. Buurman & H.T Waterbolk 1996: Archeological and paleoecological indications for an abrupt climate change in the Netherlands and evidence for climatological teleconnections around 2650 BP, *Journal of Quaternary Science* 11, 451-460.
- Goudswaard, B., 1995: A late-Roman bridge in the Meuse at Cuijk, the Netherlands, *AK* 25(2), 233-241.
- Hanraets, E., 1996: *Ring-Rapport* 1996009.
- Hanraets, E., 1997: *Ring-Rapport* 1997020.
- Hanraets, E., 2000(a): *Ring-Rapporten* 2000080 en 2000081.
- Hanraets, E., 2000(b): *Ring-Rapport* 2000008.
- Hanraets, E., 2003(a): *Ring-Rapport* 2003041.
- Hanraets, E., 2003(b): *Ring-Rapport* 2003052.
- Hanraets, E., 2003(c): *Ring-Rapport* 2003049.
- Hanraets, E., 2004(a): *Ring-Rapport* 2004011.
- Hanraets, E., 2004(b): *Ring-Rapport* 2004039.
- Helle, G., & G.H. Schleser 2003: Seasonal variations of stable carbon isotopes from tree rings of *Quercus petraea*, in: G. Schleser, M. Winiger, A. Bräuning, H. Gärtner, G. Helle, E. Jansma, B. Neuwirth & K. Treydte (eds.), *Tree-rings in archaeology, climatology and ecology (TRACE) 1, Proceedings of the Dendrosymposium 2002*, Jülich (*Schriften des Forschungszentrum Jülich, Reihe Umwelt* 33), 66-70.
- Hillam, J., & I. Tyers 1995: Reliability and repeatability in dendrochronological analysis: tests using the Fletcher archive of panel-painting data, *Archaeometry* 37(2), 395-405.
- Hoffsummer, P., 1989: *L'évolution des toits a deux versants dans le Bassin Mosan: l'apport de la dendrochronologie (XIe-XIXe siècle)*, Liège (dissertation Université de Liège).
- Hollstein, E., 1965: Jahrringchronologische Datierung von Eichenhölzern ohne Waldkante, *BJ* 165, 12-27.

Hollstein, E., 1973: Eine mittelalterliche Rotbuchenchronologie aus dem Gerechtigkeitsbrunnen auf dem Frankfurter Romer, *Forstwissenschaftliches Zentralblatt* 92, 47-50.

Hollstein, E., 1980: *Mitteleuropäische Eichenchronologie*, Mainz.

Huber, B., 1941: Aufbau einer mitteleuropäischen Jahrring-Chronologie, *Mitteilungen der Hermann-Göring Akademie der Deutsche Forstwissenschaft* 3, 137-142.

Huber, B., W. von Jazewitsch, A. John & W. Wellenhofer 1949: Jahrringchronologie der Spessarteichen, *Forstwissenschaftliches Zentralblatt* 68, 706-715.

Jansma, E., 1985: *Dendrochronologisch onderzoek aan houtresten uit het Romeinse fort Velsen I*, Amsterdam (doctoraalscriptie Instituut voor Pre- en Protohistorie, Universiteit van Amsterdam).

Jansma, E., 1992: Dendrochronological methods of determining the origin of oak timber: a case study on wood from 's-Hertogenbosch, *Helinium* 32, 195-214.

Jansma, E., 1995(a): *RememberRINGS, The development and application of local and regional tree-ring chronologies of oak for the purposes of archaeological and historical research in the Netherlands*, Amsterdam (dissertatie Universiteit van Amsterdam / NAR 19).

Jansma, E., 1995(b): Groningse chronologieën; datering en herkomstbepaling van middeleeuws bouwhout door middel van jaarringonderzoek, in: K. Helfrich, J.F. Benders & W.A. Casparie (eds.), *Handzaam hout uit Groninger grond*, Groningen, 150-155.

Jansma, E., 1995(c): Groei- of jaarringen (dendrochronologie en klimaatonderzoek), in: J. Buisman, *Duizend jaar weer, wind en water in de lage landen, 1 (tot 1300)*, Franeker, 581-584.

Jansma, E., 1995(d): Groei-(jaar)ringenreeks, in: J. Buisman, *Duizend jaar weer, wind en water in de lage landen, 2 (1300-1450)*, Franeker, 620.

Jansma, E., 1998: Groei-jaarringenreeks, in: J. Buisman, *Duizend jaar weer, wind en water in de lage landen, 3 (1450-1575)*, Franeker, 718.

Jansma, E., 2000: Groei-jaarringenreeks, in: J. Buisman, *Duizend jaar weer, wind en water in de lage landen, 4 (1575-1675)*, Franeker.

Jansma, E., & W.A. Casparie 1993: Een Neolithische landnam ontrafeld door dendrochronologisch onderzoek van de veenweg van Nieuw-Dordrecht (Dr.), *Paleo-Aktueel* 4, 33-36.

Jansma, E., & E. Hanraets 2004: Dating Flanders. Towards a Flemish tree-ring chronology of oak, in: E. Jansma, A. Brauning, H. Gärtner & G. Schleser (eds.), *Tree-rings in archaeology, climatology and ecology (TRACE) 2, Proceedings of the Dendrosymposium 2003*, Jülich (Schriften des Forschungszentrum Jülich, Reihe Umwelt 44), 131-138.

Jansma, E., E. Hanraets & T. Vernimmen 2004: Tree-ring research on Dutch and Flemish art and furniture, in: E. Jansma, A. Brauning, H. Gärtner & G. Schleser (eds.), *Tree-rings in archaeology, climatology and ecology (TRACE) 2, Proceedings of the Dendrosymposium 2003*, Jülich (Schriften des Forschungszentrum Jülich, Reihe Umwelt 44), 139-146.

Jansma, E., E. Hanraets, U. Sass-Klaassen & D.J. de Vries 2002: *Historische dendrochronologie – de stand van zaken anno 2001*, Den Haag (Praktijkboek Instandhouding Monumenten III-4: diverse onderwerpen 9), 1-12.

Kars, H., & A. Smit (eds.) 2003: *Handleiding fysiek behoud archeologisch erfgoed. Degradatiemechanismen in sporen en materialen. Monitoring van de conditie van het bodemarchief*, Amsterdam (Geoarchaeological and Bioarchaeological Studies 1).

Leuschner, H.-H., & A. Delorme 1988: Tree-ring work in Göttingen: absolute oak chronologies back to 6255 BC, in: T. Hackens, A.V. Munault & C. Till (eds.), *Wood and archaeology, First European Conference, Louvain-la-Neuve, 1988*, Strasbourg (PACT 22), 123-132.

Leuschner, H.-H., A. Delorme, J. Tuexen & H.C. Hoeffle 1985: Eichenstammen in Mooren und Talauen und die Klima-Verschlechterung im Subboreal, *Flora* 177, 283-295.

Leuschner, H.H., U. Sass-Klaassen, E. Jansma, M.G.L. Baillie & M. Spurk 2002: Subfossil European bog oaks: population dynamics and long-term growth depressions as indicators of changes in the Holocene hydro-regime and climate, *The Holocene* 12, 695-706.

Munro, M.A.R., 1984: An improved algorithm for cross-dating tree-ring series, *Tree-Ring Bulletin* 44, 17-27.

Nientker, J., 2004: Van dik hout zaagt men planken, of niet soms? Processen van houtdegradatie, in: H. Huisman & E. Jansma (eds.), *Materiaal en degradatie*, Amersfoort (Intern rapport ROB, Afdeling Landschap & Erfgoed), 26-32.

Poole, I., U. Sass-Klaassen, T. Wils, G. Helle, G.H. Schleser & P.F. van Bergen 2004: The use of stable isotope dendrochronology for environmental interpretations from tree-ring patterns in sub-fossil bog oaks, in: E. Jansma, A. Brauning, H. Gärtner & G. Schleser (eds.), *Tree-rings in archaeology, climatology and ecology (TRACE) 2; Proceedings of the Dendrosymposium 2003*, Jülich (Schriften des Forschungszentrum Jülich, Reihe Umwelt 44), 94-99.

Rietbroek, G., 2002: *Het begraven bos van Terneuzen, Zeeland* (eindscripctie Hogeschool Larensteyn).
Sass-Klaassen, U., 2000: Dendrochronologisch onderzoek aan naaldhout uit Nederlandse monumenten, *BKNOB* 99(3), 85-95.

Sass-Klaassen, U., 2004: Exploring oaks in modern wetland woods in Europe to trace the climate signal in tree-ring series of sub-fossil bog oaks, in: E. Jansma, A. Brauning, H. Gärtner & G. Schleser (eds.), *Tree-rings in archaeology, climatology and ecology (TRACE) 2; Proceedings of the Dendrosymposium 2003*, Jülich (Schriften des Forschungszentrum Jülich, Reihe Umwelt 44), 67-72.

Sass-Klaassen, U., M. Kooistra, L. Kooistra, E. Hanraets, P. van Rijn & H.-H. Leuschner 2004: How did bog oaks grow? Excavation of a past woodland at Zwolle-Stadshagen, the Netherlands, in: E. Jansma, A. Brauning, H. Gärtner & G. Schleser (eds.), *Tree-rings in archaeology, climatology and ecology (TRACE) 2; Proceedings of the Dendrosymposium 2003*, Jülich (Schriften des Forschungszentrum Jülich, Reihe Umwelt 44), 112-115.

Saurer, M., & R. Siegwolf 2003: Oxygen isotopes in tree rings: do they really reflect temperature?, in: G. Schleser, M. Winiger, A. Bräuning, H. Gärtner, G. Helle, E. Jansma, B. Neuwirth & K. Treydte (eds.), *Tree-rings in archaeology, climatology and ecology (TRACE), 1; Proceedings of the Dendrosymposium 2002*, Jülich (Schriften des Forschungszentrum Jülich, Reihe Umwelt 33), 60-62.

Saurer, M., F. Schweingruber, E.A. Vaganov, S.G. Shiyatov & R. Siegwolf 2002. Spatial and temporal oxygen isotope trends at the northern tree-line in Eurasia, *Geophysical Research Letters* 29:9.

Schweingruber, F.H., 1988: *Tree rings : basics and applications of dendrochronology*, Dordrecht.

Schweingruber, F.H., H.C. Fritts, O.U. Bräker, L.G. Drew & E. Schär 1978. The X-ray technique as applied to dendroclimatology, *Tree-Ring Bulletin* 38, 61-91.

Visser, R., 2005: *Houtvoorziening in het gebied van de Nedergermaanse Limes. Een historisch en dendrochronologisch perspectief op Romeinse import en/of export van hout*, Amsterdam (eindscripctie Vrije Universiteit).

Vorst, Y., 2005: *De constructie en herkomst van de Romeinse platbodem Woerden 7*, Amsterdam (eindscripctie UvA).

Weiss, E.E.J., 1988: Tree-ring patterns and the frequency and intensity of mass movements, in: C. Bonnard (ed.), *Landslides: glissements de terrains. Proceedings of the International Symposium on Landslides, 10-15 July*, Lausanne, 481-483.

Wazny, T., 1990: *Aufbau und Anwendung der Dendrochronologie für Eichenholz in Polen*, Hamburg (dissertatie Universiteit Hamburg).