

Jaarverslag aan het Instituut voor de Aanmoediging van Innovatie door
Wetenschap en Technologie in Vlaanderen

Jaarverslag 2009

IWT dossier 060032

Titel project :

Een beleidsondersteunend computermodel voor duurzaam bosbeheer gebaseerd
op ecofysiologische analyse en simulatie van boomontwikkeling.

*A decision support tool for sustainable forest management based on
ecophysiological analysis and simulation of the variability in tree development*

SimForTree

Projectuitvoerders:

Prof. Reinhart Ceulemans, Universiteit Antwerpen (coordinator)

Prof. Joris Van Acker, Universiteit Gent

Prof. Bart Muys, Katholieke Universiteit Leuven

Datum verslag: 24 januari 2010

Jaarverslag 2009 - SimForTree

Een beleidsondersteunend computermodel voor duurzaam bosbeheer gebaseerd op ecofysiologische analyse en simulatie van boomontwikkeling.

A decision support tool for sustainable forest management based on ecophysiological analysis and simulation of the variability in tree development

Partners:

1. Universiteit Antwerpen (UA)
Departement Biologie; Onderzoeksgroep Planten- en Vegetatie Ecologie
Promotor: Prof. Dr. Reinhart Ceulemans
2. Universiteit Gent (UGent)
Vakgroep Bos- en Waterbeheer, Laboratorium voor Houttechnologie,
Promotor: Prof. Dr. ir. Joris Van Acker
3. Katholieke Universiteit Leuven (KULeuven)
Departement Aard- en omgevingswetenschappen, Afdeling Bos, Natuur en Landschap,
Promotor: Prof. Dr. ir. Bart Muys

Project samenvatting

Dit onderzoeksproject beoogt het op punt stellen van een werkinstrument, gebaseerd op een volledig procesgestuurd model (SimForTree) dat de groei van bosbomen in Vlaanderen op een realistische wijze simuleert, via een gecoördineerde samenwerking tussen de Universiteiten van Antwerpen, Gent en Leuven. Alhoewel de ontwikkeling en het gebruik van dit simulatiemodel potentiëel ook een industriële impact heeft op de bosbouw- en de houtverwerkende sectoren, heeft het niet als hoofddoel economische omzetverbeteringen te realiseren. Het instrument wordt in de eerste plaats gecreëerd om zowel socio-economische als ecologische gevolgen van veranderende milieu-omstandigheden (o.a. door global climate change, milieuvervuiling) en specifieke beleidskeuzes realistisch in te kunnen schatten. Het is met andere woorden een hulpmiddel voor duurzame ontwikkeling. SimForTree wordt ontwikkeld vanuit een filosofie van duurzaam beheer van bosecosystemen en natuurlijke hulpbronnen. Het simulatiemodel zal praktisch bruikbaar zijn voor:

- wetenschappelijk onderzoek op het gebied van landschaps- en bosecologie, bosbeheer, boomfysiologie, houtvorming, boom- en houtkwaliteit;
- het geven van voorlichting met betrekking tot de impact van boomsoortenkeuzes, bosbehandelingstechnieken, huidige en toekomstige klimaatveranderingen;
- het nemen van beleidsbeslissingen door de verschillende belangengroepen binnen de volledige bos-houtkolom.

1. Wetenschappelijk-technisch verslag 2009

1.1. Concrete doelstellingen. Om de algemene doelstellingen te bereiken werd het werk opgesplitst in 10 werkpakketten (WP), die onderverdeeld zijn in experimentele taken (WP 1-4) en modelleertaken (WP 5-10). Het experimentele werk was vooral voorzien tijdens de eerste twee jaren van het project, maar enkele zaken werden nog in het derde jaar (d.i. 2009) uitgevoerd. Tijdens 2009 stonden echter vooral het verwerken en analyseren van de verkregen data en het verbeteren van het bosmodel op de agenda. Dit verslag geeft per WP de vorderingen weer, evenals de eventuele afwijkingen ten opzichte van de vooropgestelde planning.

1.2. Experimentele taken

WP 1: Standplaatsonderzoek

Verantwoordelijke: K.U.Leuven

Voor WP1 werden de volgende doelstellingen geformuleerd (cf. projectvoorstel; verfijnd in het jaarverslag 2007)

1. *Aanleveren van validatiegegevens voor ANAFORE m.b.t. standplaatsen (i.e. een dataset m.b.t. huidige bestandsstructuur en (waar beschikbaar) historisch beheer binnen onderzoeksplots met gekende standplaatskarakteristieken).*
2. *Aanleveren van eenvoudige transferfuncties voor standplaatskarakterisering op basis van gebiedsdekkend digitaal kaartmateriaal voor Vlaanderen en gebruikersgegevens, als input voor het DSS.*
3. *Opmaak van een empirisch regionalisatiemodel van de soortgebonden productiviteit i.f.v. abiotische standplaatsfactoren.*

Doelstelling 1 omvat een omvangrijk luik terreinwerk, dat zich uitstrekte over de eerste drie projectjaren. De centrale proefopzet (WP1 en 2) werd toegelicht in het jaarverslag van 2007; de eerste wintercampagne evenals de zomercampagne werden succesvol afgerond in 2008. In 2009 werden de laatste gegevens aangevuld en werd een finale databank samengesteld en aan alle partners binnen het project opgeleverd. Deze databank omvat gegevens voor 237 volwassen en 60 jonge onderzoeksplots, en brengt de volgende informatie samen:

- dendrometrische gegevens, kwaliteitsbepaling en achtergrondinformatie in alle onderzoeksplots (K.U.Leuven)
- standplaatsgegevens (bodemanalyse, humuskwaliteit, vegetatieopname, bladvalchemie zomereik en grove den, bodemcompactie) in alle onderzoeksplots (K.U.Leuven, INBO)
- jaarringseries van alle centrale bomen binnen de onderzoeksplots (UGent, K.U.Leuven)
- takkigheid en kroonstructuur in de jonge onderzoeksplots (K.U.Leuven, UGent)
- genetische analyse (microsatellieten) van jonge onderzoeksplots van zomereik (K.U.Leuven)
- LAI in een selectie van volwassen en in alle jonge onderzoeksplots (UA)
- samenvattende klimaatgegevens (KMI, KNMI)
- diverse afgeleide gegevens op basis van bestaand kaartmateriaal of transferfuncties.

In de loop van 2010 kan de databank nog verder aangevuld worden met gegevens die tijdens de data-analyse nog beschikbaar komen. Deze omvatten o.a. de houtdichtheid binnen jaarringen en de bladvalchemie van grove den.

In het kader van een parallel OT-project aan de K.U.Leuven (“Predictieve modellering van standplaatsgeschiktheid voor bosbouw op landschaps- en regionale schaal”) wordt de databank in 2010 nog uitgebreid. Het betreft hierbij gegevens die niet noodzakelijk zijn voor het verdere verloop van SimForTree, maar die wel een meerwaarde kunnen betekenen bij de interpretatie van resultaten. SimForTree stelt de huidige databank ter beschikking van dit project en kan in ruil ook gebruik maken van de bijkomende gegevens. Het betreft:

- Metingen van het waterhoudend vermogen in bepaalde proefvlakken m.b.v. een vernieuwende experimentele methodiek (i.s.m. INBO). Installatie in het voorjaar van 2009 en looptijd over een volledig jaar. De analysegegevens komen beschikbaar in het voorjaar van 2010.
- Bodemprofielboring en interpretatie in een selectie van proefvlakken.

Doelstelling 2 kadert in de bijdrage van de K.U.Leuven aan het finale ANAFORE-model- en de SimForTree DSS ontwikkeling (WP6). Op basis van een GIS-analyse van Vlaanderen (bodemkaart van België, boskartering 1990) en de beschikbare standplaatsgegevens in de SimForTree databank, werd een bosbodemclassificatie uitgevoerd. In totaal werden 36 bodemklassen onderscheiden en geparameteriseerd, die dienen als input voor de ontwikkeling van het SimForTree DSS. De gegevens per bodemklasse omvatten: zand- en kleifractie, grondwaterdiepte in zomer en winter, bodemdiepte, pH, C:N verhouding, organisch materiaal per boomsoort.

De bodemklassen worden momenteel door partner UA gebruikt als input voor het ANAFORE-model (WP6). Eenmaal de resultaten van deze modelsimulaties beschikbaar komen in het DSS, wordt de GIS-analyse binnen WP2 afgerond door elke 1 ha bospixel in Vlaanderen te verbinden aan één van de modelsimulaties. Dit luik wordt afgerond tegen eind februari 2010.

Doelstelling 3 wordt deels uitgevoerd in het kader van parallel onderzoek, maar levert tevens de randvoorwaarden voor de validatie van het standplaatsluik binnen het ANAFORE-model (WP8). Een empirisch regionalisatiemodel zal worden opgesteld op basis van een hybride benadering van attribuut- en locatie-gebaseerde modellen, waarbij zowel de contrasten in omgevingsvariabelen als mogelijke ruimtelijke afhankelijkheid in rekening gebracht zullen worden in een streven naar een zo accuraat mogelijke productiviteitsvoorspelling. Omdat per onderzochte boomsoort gestreefd wordt naar een gebiedsdekkende kaart met standplaatsgeschiktheid voor Vlaanderen kunnen enkel standplaatsfactoren die met een voldoende hoge resolutie beschikbaar zijn, worden opgenomen in deze modellering. De performantie van de gehanteerde hybride technieken zal worden vergeleken met deze van zuivere attribuut- of locatie-gebaseerde modellen. De finale predicties zullen niet alleen zeer interessante informatie en inzichten genereren, maar ook een goede validatieset vormen voor het standplaatsluik van het ANAFORE-model.

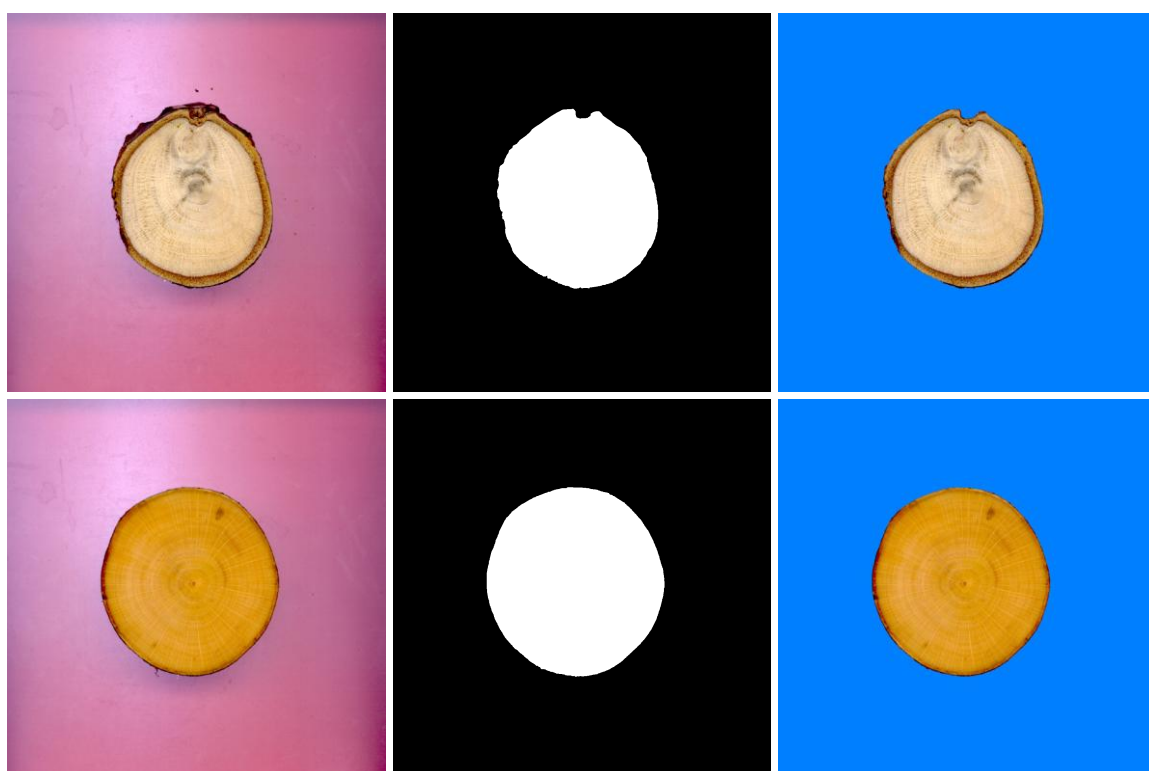
Recent werd gestart met eerste verkennende analyses en de ontwikkeling van modellen in het kader van dit deelonderzoek. Finale modellen en/of kaarten worden gepland voor het voorjaar van 2010.

WP 2: Externe karakterisering op boomniveau

Verantwoordelijke: K.U.Leuven, ondersteuning Ugent

Voor WP2 werden de volgende doelstellingen geformuleerd (cf. projectvoorstel; verfijnd in het jaarverslag 2007)

4. *Aanleveren van input voor ANAFORE m.b.t. boomarchitectuur (opbouw van empirische relaties tussen stam- en kroonstructuur en hun ontwikkeling enerzijds en omgevingsvariabelen en leeftijd anderzijds, bij een reeks modelbomen van verschillende soorten, in de jonge bestandsfase).*
5. *Verkennd onderzoek (a.d.h.v. empirische en mechanistische modellering) naar de relatie tussen boomarchitectuur en standplaats, beheer.*



Figuur 1: Twee voorbeelden van semi-automatische beeldanalyse van takschijfjes: voorbeeld van eik (bovenste rij) en beuk (onderste rij); links input beeldjes, midden binair masker van takschijfjes, en rechts eindresultaat.

Doelstelling 4 omvat een luik terreinwerk, dat zich situeert tijdens de beide wintercampagnes. Dit terreinwerk heeft betrekking op de 60 onderzoeksplots in jonge bestanden (cf. centrale proefopzet en jaarverslag 2007). In 2009 werden de laatste gegevens verzameld en in de databank opgenomen (cf. doelstelling 1). De uitvoering van deze taak heeft een kleine vertraging t.o.v. de aanvankelijke planning, t.g.v. onvoorziene problemen bij de dataverzameling. Daardoor kon in 2009 nog niet met de analyse gestart worden. Deze vertraging brengt de verdere tijdige afwerking van deze doelstelling echter niet in het gevaar. De analyses worden voorzien in het voorjaar van 2010, zodat ze nog tijdig ter beschikking zijn voor de verdere ontwikkeling van ANAFORE i.f.v. DSS S2.

In het kader van COST actie FP0603 (“Forest models for research and decision support in sustainable forest management”) werd een aanvraag ingediend voor een Short-Term Scientific Mission (STSM) i.s.m. de University of Applied Forest Sciences Rottenburg (prof. dr. Sebastian Hein). De doelstelling van deze STSM valt volledig samen met doelstelling 4 (WP2) van SimForTree. De meerwaarde ligt in de expertise van prof. Hein op het vlak van empirische modellering van de structuur van bosbomen, gestaafd door diverse internationale publicaties. Door deze samenwerking kan de analyse efficiënt en doelgericht gebeuren. De STSM is voorzien van 8 t.e.m. 26 maart 2010. Indien deze aanvraag via COST niet zou doorgaan, zal gezocht worden naar alternatieve manieren om met prof. Hein samen te werken.

In maart-april 2009 werden door K.U.Leuven en UGent tot drie takken alsook twee boorspanen (N- en Z-straal) bemonsterd in 60 onderzoeksplots van jonge zomereik en beuk. Door K.U.Leuven werden de positie en de orientatie van deze takken opgemeten m.b.v. de FieldMap. UGent analyseerde van elke tak een schijf om de leeftijd van de takken in te schatten, alsook het jaar van vorming, aan de hand van jaarringbreedtemetingen op de boorspanen en de takschijfjes. Via planimetrering door middel van semi-automatische beeldanalyse (zie Figuur 1) en verschilweging tussen verse, natte toestand en droge toestand werd een schatting bekomen van de aanwas (in cm^2), het absolute (in g/cm^3) en relatieve (in %) houtvochtgehalte, en het verse en ovendroge volumegewicht (in g/cm^3). De houtvochtgehalten blijken indicatief te zijn voor de vitaliteitstoestand van de takken: afnemend vochtgehalte van levend over kwijnend naar dood. Dode takken kunnen evenwel eveneens een hoog houtvochtgehalte vertonen wanneer de biologische afbraak van houtcelwandcomponenten door schimmels is begonnen. De fysische beschrijvende data van de takschijfjes alsook de jaarringbreedtemetingen werden aan de SimForTree-database toegevoegd door K.U.Leuven. UGent voorzag hierbij een meta-datafile (cf. bijlage 1) met beschrijving van de gemeten parameters. Deze takanalyse verstrekt inzichten in het proces van de takvorming en de invloed ervan op de boomkwaliteit en de latere houtkwaliteit in functie van bestandsparameters en beheer.

Doelstelling 5 omvat een luik terreinwerk, dat zich eveneens situeert tijdens de beide wintercampagnes. Dit terreinwerk heeft betrekking op de 137 onderzoeksplots in volwassen bestanden (cf. centrale proefopzet en jaarverslag 2007). In 2009 werden de laatste gegevens verzameld en in de databank opgenomen (cf. doelstelling 1) en werd met de analyse gestart.

Een eerste resultaat van deze analyses is de ontwikkeling van diverse modellen van interne stammorfologie van zomereik. Hiertoe werd een vernieuwende modelleertechniek gebruikt: boosted regression trees. Figuur 2 (zie achteraan) toont de resultaten van één van deze modellen, nl. de impact van boomleeftijd, bosstructuur en standplaats op de gemiddelde jaarringbreedte van zomereik. De figuur toont het partiële effect van 20 predictoren, en wijst duidelijk op een dalende jaarringbreedte met de leeftijd, met stijgende concurrentiepositie van de boom en bij minder gunstige standplaatskwaliteit (zowel nutriënten als water). De resultaten worden momenteel samengebracht in een wetenschappelijk artikel voor een internationaal vaktijdschrift.

Tevens werden voorlopige modellen ontwikkeld voor de drie boomsoorten (zomereik, beuk en grove den) om de impact van diverse standplaatsfactoren op de groei, productiviteit en morfologie in te schatten. Op basis van de gegevens van deze modellen kon de bodemmodule van ANAFORE verbeterd worden (cf. WP6).

Output uit de verdere gegevensverwerking in 2010 wordt verwacht m.b.t. de volgende topics:

- GIS-analyse naar potentieel voor productie van houtkwaliteit in Vlaanderen
- Ontwikkeling van definitieve modellen voor beuk en grove den.

Bladoppervlakte-index en LAI-metingen

Specifieke aandacht gaat binnen WP2 naar de LAI-metingen (doctoraatsonderzoek van R. Bequet, UA). Deze metingen overspannen de beide doelstellingen van WP2, en hebben ook relatie met WP4 en WP8. Metingen van de bladoppervlakte-index (leaf area index, LAI) werden uitgevoerd op tien modelbomen voor beide loofboomsoorten (beuk en zomereik) tijdens het hele groeiseizoen 2008 met een twee- tot driewekelijkse frequentie. Per boniteitsklasse werden telkens twee modelbomen uitgekozen. Voordien werd ook een wintermeting uitgevoerd op dezelfde bomen om een bladloze vegetatie-index te bepalen. Vanuit de waargenomen LAI-waarden (ontwikkeling doorheen het jaar) kunnen de gesimuleerde LAI-waarden van het ANAFORE-model gecorrigeerd worden (output-factor van het model). Daarnaast werden voor de grove dennenbestanden ook twee LAI-metingen uitgevoerd tijdens de zomer en twee extra metingen tijdens de winter 2009. Ook hier hebben we ervoor gekozen om twee modelbomen per boniteitsklasse te meten, dus tien bomen in totaal. De gegevens worden gebruikt om de relatie tussen bestands-LAI en bestandsstructuur te onderzoeken, i.f.v. standplaats en beheer.

Tenslotte werden LAI-bepalingen uitgevoerd op 30 jonge beuken en 30 jonge zomereiken, verspreid over drie leeftijdsklassen. Deze metingen worden vier keer door het jaar uitgevoerd tijdens 2008 en 2009. Dit levert informatie over bladoppervlakte-index, bladerloze vegetatie-index en takstructuur van jonge bomen, die gerelateerd worden aan de FieldMap-gegevens.

Na de meetperiode wordt er verder gewerkt rond de analyse van de gegevens binnen de databank en het publiceren van resultaten. Een eerste artikel behandelde de thematiek van standplaats-, beheers- en meteorologische variabelen die een invloed hebben op de maximale bladoppervlakte-index binnen een bestand (cf. artikel van Bequet et al., 2009 in de publicatielijst). Daarnaast komt er begin 2010 een nieuw artikel rond het seizoenale verloop van LAI bij beuk en zomereik. Andere thema's die deel uitmaken van het doctoraatsonderzoek van R. Bequet zijn: (i) de studie van de spatiale variabiliteit in LAI binnen een bestand (variabiliteit tot 25%), (ii) een vergelijkende analyse van de bladoppervlakte-index-bepalingen binnen een dennenbestand tussen de Lidar-methode en de hemisferische fotografie, en (iii) de studie van takstructuur en bladoppervlakte-index van jonge beuken en zomereiken. Tegen eind 2010 werkt R. Bequet zijn doctoraat af binnen het kader van het SimForTree project.

WP 3: Karakterisatie van de variabiliteit van de houtstructuur en de houteigenschappen

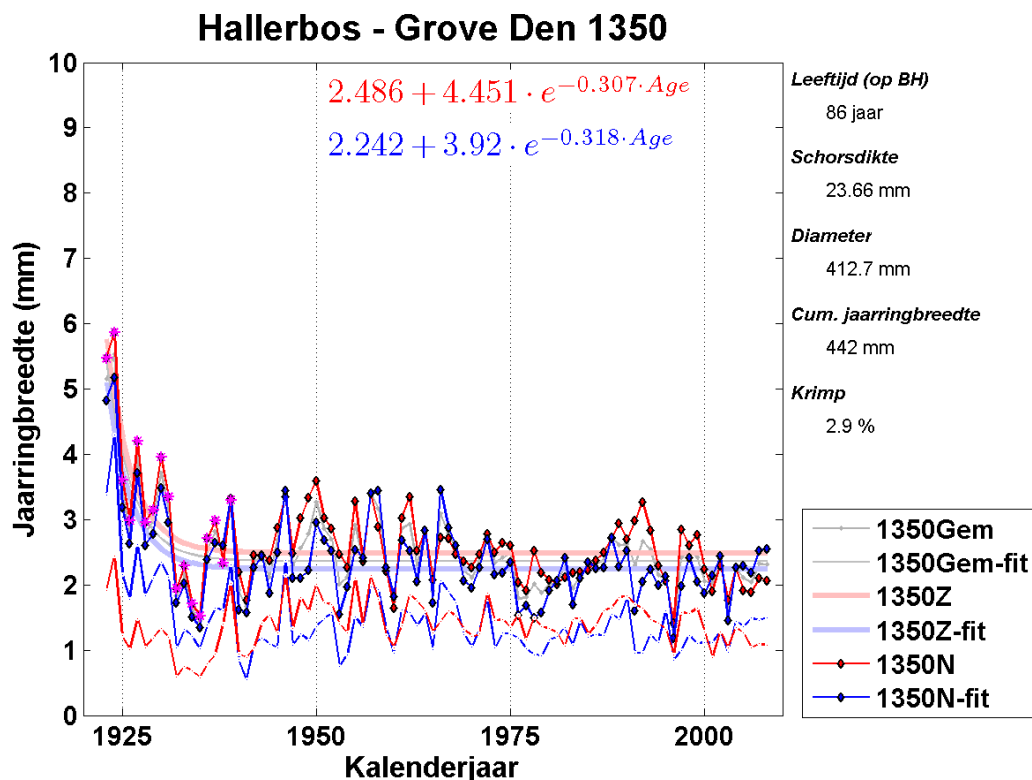
Verantwoordelijke: UGent

De evaluatie van de interne houtkwaliteit is in dit project gestoeld op een functionele basis. De houtstructuur hangt af van de positie binnen de boom, is karakteristiek voor elke boomsoort en vertoont intra- en interannuele variaties welke bepalend zijn voor de houtkwaliteit. Houtkwaliteit wordt derhalve benaderd via kwantitatief houtanatomische analyses en structuurafhankelijke metingen van houteigenschappen in functie van mogelijke industriële toepassingen, zowel voor evaluatie van biologische als technische kwaliteiten. De analyses spitsen zich toe op het stamhout van geselecteerde modelbomen, en zijn meer bepaald gebaseerd op jaarringanalyses die aangevuld worden met fijne intra-annuele analyses.

Partner UGent finaliseerde in 2009 de meetcampagne die in 2008 was opgestart (cf. protocol als bijlage bij het jaarverslag 2008). Deze was gebaseerd op Pressler-boringen en jaarringbreedtemetingen met

behelp van een LINTAB-opstelling. Partner KULeuven selecteerde in 2009 extra plots met beuk (60) en zomereik (20) om de representativiteit van de standplaatsfactoren uit te breiden. Van al deze bomen werd op dezelfde wijze als beschreven in het jaarverslag 2008 een boorspaan genomen aan N- en Z-zijde in de stam op borsthoogte. Daarvan werden de jaarringchronologiën gemeten en gesynchroniseerd. In de eiken werden ook vroeghout- en laathoutbreedtes geregistreerd. De datapunten werden aan de SimForTree database toegevoegd door partner KULeuven.

In alle boorspanen van eik en den werd het aantal spinthoutringen geteld. Dit laat toe om de spinthoutbreedte en de kernhoutbreedte te berekenen.



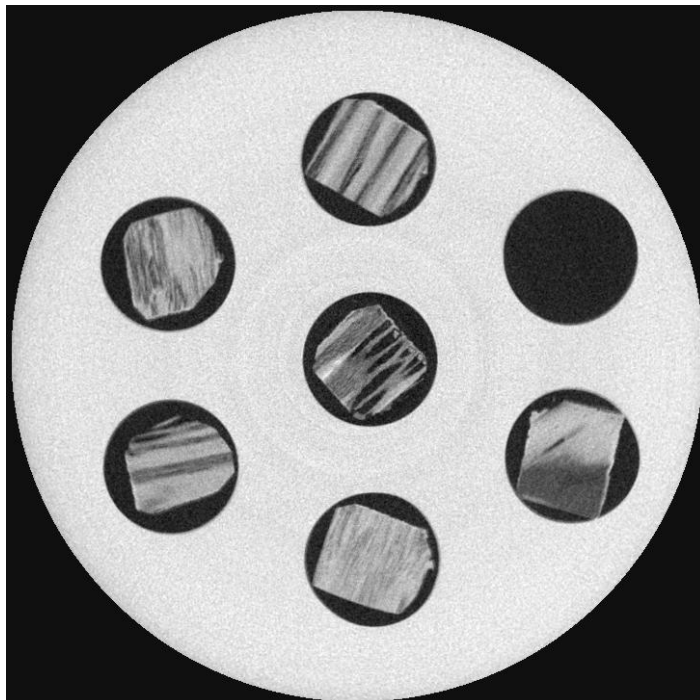
Figuur 3: Voorbeeld van jaarringchronologie van grove den (Plot 1350 in Hallerbos), met vroeghout-, laathout- en jaarringbreedtechronologieën van N- en Z-stralen (in mm). Dit levert een leeftijdsschatting op van 86 jaar. Voor elke chronologie werd een exponentieel groeiemodel berekend dat de afname van de jaarringbreedte met de leeftijd weergeeft.

Met de data van jaarringbreedte, vroeghout- en laathoutbreedte, en spint- en kernhoutbreedte kan de interne houtkwaliteit gekarakteriseerd worden. De studie van de houtkwaliteit als functie van standplaatskarakteristieken in Vlaanderen vormt het onderwerp van een toekomstige wetenschappelijke publicatie (getrokken door Vincent Kint van K.U.Leuven).

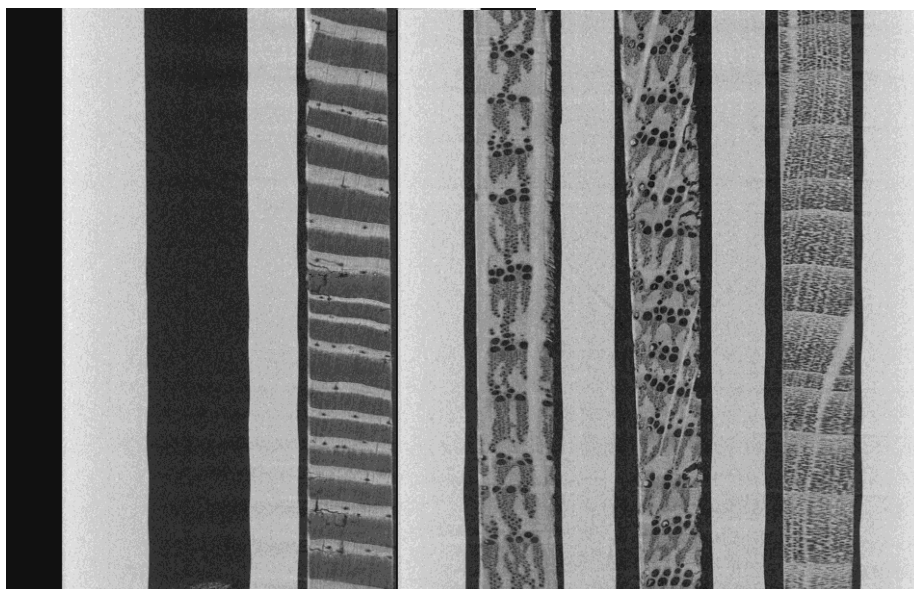
WP 4: Ecofysiologische analyse van seizoenale houtvorming
Verantwoordelijke: UGent-UA

Met de bouwers van de CT-scanninginstallatie (UGCT) werd in 2009 een nieuw protocol uitgewerkt voor snelle geautomatiseerde microdensitometrische analyse van dunne houten boorspanen. De ruwe boorspanen (van N- en Z-stralen) die voor de jaarringbreedtemetingen (cf. WP 3) waren ingelijmd en oppervlakkig behandeld werden, zijn voor deze procedure langs radiale en transversale zijde terug

vlakgezet tot een breedte van 4.5 mm bij 4.5 mm en er werd een speciale houder gefabriceerd in ercetal (polyoxymethyleen of POM) die tot zeven boorspanen kan bevatten (cylindrische openingen van 5 mm diameter, cf. Figuur 4). De dichtheid van het houdermateriaal fungeert ook als referentiedichtheid voor de calibratie van grijswaarden naar werkelijke absolute densiteitswaarden (in g/cm^3). UGCT testte

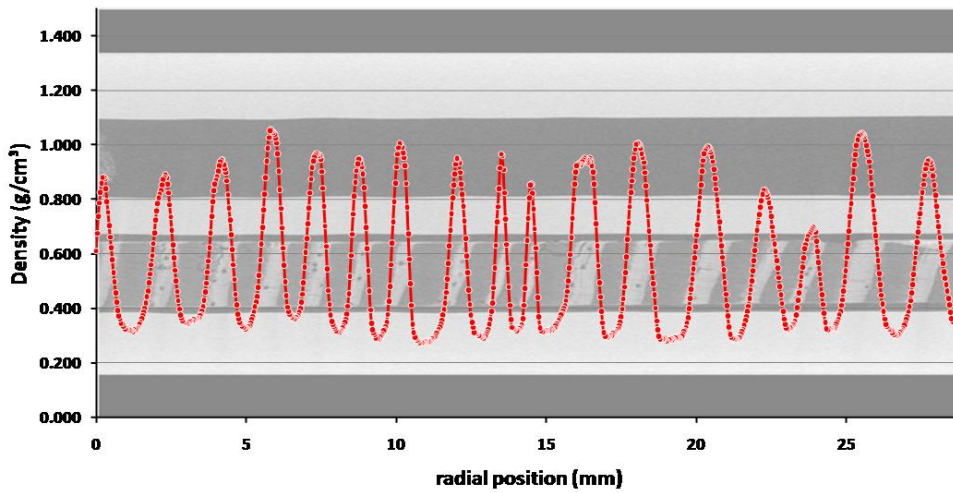


Figuur 4: Bovenaanzicht (dwarsdoorsnede) van de cilindrische houder uit polyoxymethyleen waarin zeven cilindrische openingen (diameter 5 mm) zijn gefreesd voor plaatsing van de op maat geschuurde boorspanen.

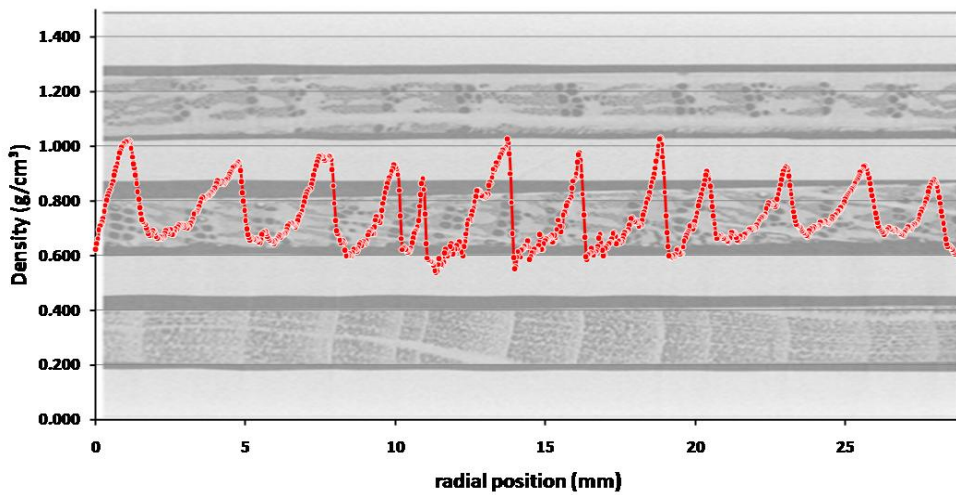


Figuur 5: Zij-aanzicht (transversale snede) van de ingescande boorspanen (verticale beeldbreedte ca. 3 cm): van links naar rechts een lege cylinderopening, grove den, zomereik1, zomereik2 en beuk. Het lichtgrijze materiaal stemt overeen met de cilindrische houder uit POM.

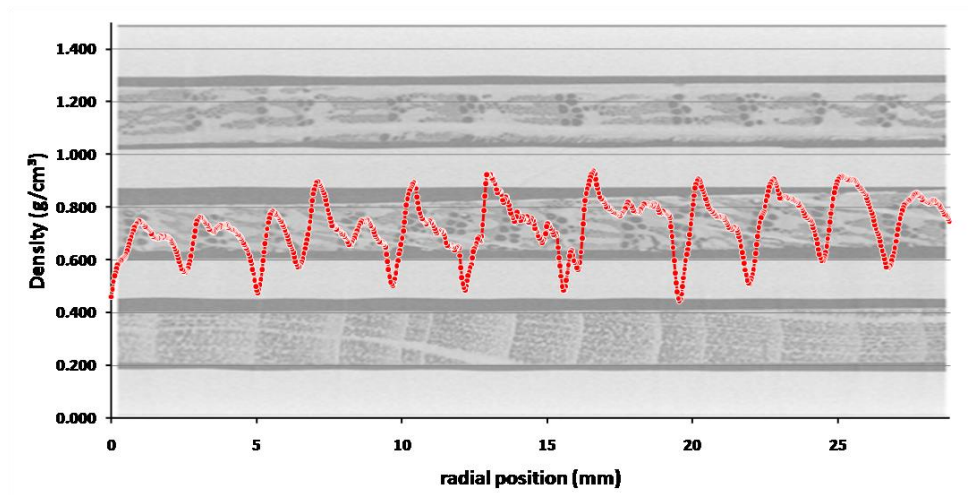
verschillende scanprocedures uit, waaronder een recombinatiescan langs de (radiale) z-richting en een helix-scan, eveneens langs de z-richting, bij relatief lage voxelresoluties (20 μm tot 40 μm). De tijdswinst die deze scanmethode oplevert is enorm in vergelijking met klassieke radiografische procedures (welke exposities tot ettelijke uren vergen, langdurige ontwikkeling van foto's, inscannen en microdensitometrisch calibreren); ze wordt nu geschat op een factor van ca. 100.



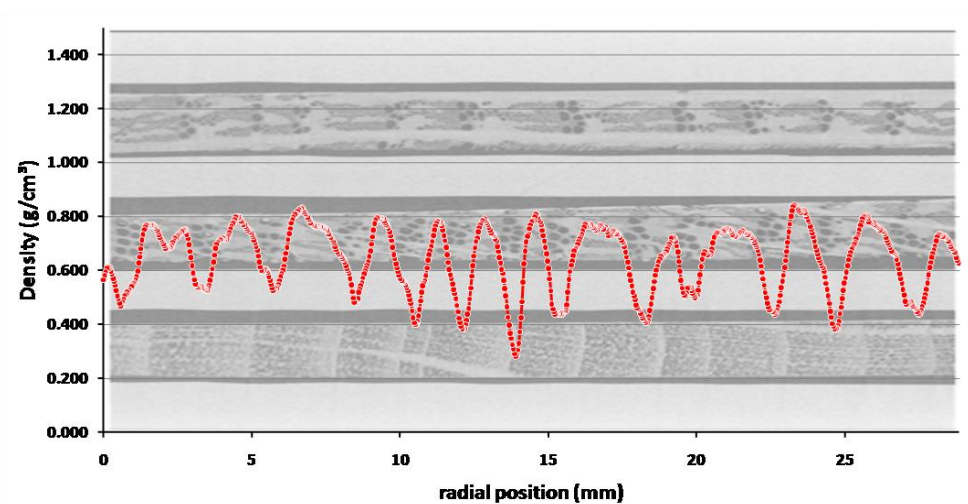
Figuur 6: Gecalibreerde densiteitscurve van het boorspaan van den (gemiddeld 0.559 g/cm³).



Figuur 7: Gecalibreerde densiteitscurve van het boorspaan van beuk onderaan (gemiddeld 0.744 g/cm³).



Figuur 8: Gecalibreerde densiteitscurve van het boorspaan van eik bovenaan (gemiddeld 0.729 g/cm^3).



Figuur 9: Gecalibreerde densiteitscurve van het boorspaan van eik in het midden (gemiddeld 0.642 g/cm^3).

In Figures 6 tot 9 worden voorbeelden van een radiaal densiteitsprofiel gegeven voor den, beuk en zomereik (2x). De gemiddelde densiteitswaarden van deze beeldzones stemmen overeen met realistische absolute houtdensiteiten voor deze houtsoorten. Microdensitometrische profielen bevatten belangrijke informatie over de intra-annuele houtvorming onder invloed van klimaatsvariaties gedurende het groeiseizoen.

De scanprocedures en software-omgeving zijn nog onderhevig aan een aantal typische CT-scanning artefacten (o.a. beam-hardening, ring-vorming en vertical center-gerelateerde problemen) en worden nog verder geoptimaliseerd om ze sterker te automatiseren en de operatortijd tot een minimum te herleiden. Het is de bedoeling dat deze doorbraak via een demonstratie-artikel aan de wetenschappelijke gemeenschap wordt bekendgemaakt (getrokken door Dries Vansteenkiste van UGent). Er wordt nagedacht over het verder ontwikkelen van deze procedure en methodiek. Kwalitatieve en kwantitatieve analyse-toepassingen van CT-scanning voor houtanatomische aspecten werden in Van den Bulcke et al. (2009) gepresenteerd. De beschikbare boorspanen worden in fasen onderworpen aan de microdensitometrische analyse; de bekomen densiteitswaarden zullen als jaarringgemiddelden worden aangeleverd aan de SimForTree database.

Met de inzichten verworven in het kader van de microdensitometrische studie gekoppeld aan de resultaten van de tilting-potproef (die in het jaarverslag van 2008 protocollair werd uitgelegd), nl. de intra-annuele groeicurves van de jonge boompjes opgegroeid in potten onder een inclinatiehoek, kunnen fenologische tijdstippen in het groeiseizoen gedateerd worden. Samen met gedetailleerde 3D-scans van stamstukjes uit deze boompjes wordt deze informatie getoetst aan de intra-annuele densiteitsinformatie om retro-actief langere tijdseries te gaan analyseren en intra-annuele events aan proberen te duiden. De resultaten van deze analyses worden in 2010 nog aan de database toegevoegd.

1.3. Modelleertaken

WP 5: Integratie van bestaande kennis in het ANAFORE-model

Verantwoordelijke: UA

De belangrijkste aanpassingen aan het ANAFORE-model betreffen de beheerssimulatie en de bodem-input. Voor het beheer werd, in samenwerking met de K.U.Leuven, de volgende beheerskeuze geïmplementeerd in ANAFORE (zie tabel):

Soort	Jeugdfase		Dunningsfase			Code	
	dichtheid verjonging (aantal/ha)	zuivering op 15 jaar	boomhoogte bij eerste dunning voor zE+gD // B	Dunnings Sterkte (%)	geleidelijk		Omloop (jaar)
B	100000	geen	-//25	60	neen	10	ZD-ZO
B	100000	50	-//25	60	ja	10	ZD-ZO+
zE/B/gD	100000	geen	33//25	80	ja	5	ZD-O
zE/B/gD	100000	50	33//25	80	ja	5	ZD-O+
zE/B/gD	100000	geen	42//33	100	neen	5	ZD-D
zE/B/gD	100000	50	42//33	100	neen	5	ZD-D+
zE/B/gD	100000	geen	50//42	120	neen	10	ZDa
B	10000	geen	-//25	60	neen	10	D-ZO
B	10000	30	-//25	60	ja	10	D-ZO+
zE/B/gD	10000	geen	33//25	80	ja	5	D-O
zE/B/gD	10000	30	33//25	80	ja	5	D-O+
zE/B/gD	10000	geen	42//33	100	neen	5	D-D
zE/B/gD	10000	30	42//33	100	neen	5	D-D+
zE/B/gD	10000	geen	50//42	120	neen	10	Da
B	2500	geen	-//25	60	neen	10	MD-ZO
B	2500	geen	-//25	60	ja	10	MD-ZO+
zE/B/gD	2500	geen	33//25	80	ja	5	MD-O
zE/B/gD	2500	geen	42//33	100	neen	5	MD-D
zE/B/gD	2500	geen	50//42	120	neen	10	MDa
gD	1111	geen	50//-	80	ja	5	O-O
gD	1111	geen	50//-	100	neen	5	O-D
zE/B/Po	400	geen	twee dunningsen (naar 5x10 en 10x10) telkens bij kroonsluiting				
Po	123	geen	meteen eindakapping				
Nvt		volledige en definitieve kapping van alle bomen					

TOTAAL: 52 scenario's

Verklaring codes: ZD = zeer dens, ZO = zeer open, O = open, D = dens, a = dunnings-achterstand, + = met zuivering.

Wat betreft de bodemclassificatie bleek er een discrepantie te bestaan tussen de beschikbare gegevens over Vlaanderen en de gegevens die het ANAFORE-model normaal inleest. Veranderingen dienden aangebracht om te werken met zomer- en wintertafels voor bodemwater, humus-classificatie en bodemdiepte.

WP 6: Implementatie van de nieuw verkregen kennis

Verantwoordelijke: UA

In de zomer van 2009 werden vooral aan het bodemmodel nog enkele aanpassingen gedaan om nieuw bekomen resultaten in te passen. Zo bleek de pH van de bodem, en de ontwikkeling daarvan, belangrijk en werd een verbeterde berekening hiervoor uitgewerkt, alsook voor de aanwezigheid en de impact van wormen in de bodem. Verder werd de studie omtrent het optimaliseren van het *budbreak*-model afgerond en op basis van de resultaten werd een publicatie geschreven en ingediend (cf. publicatielijst achteraan).

Aangezien het ANAFORE-model een complex model is, is de rekentijd vrij lang. Voor een normale berekening vormt dat geen probleem (de berekening van 200 jaar duurt 3 min), maar voor optimalisatieberekeningen waarbij 10,000 runs dienen uitgerekend te worden, wordt de rekentijd wel problematisch. Daarom werd in 2009 enige tijd besteed aan het aanpassen van de ANAFORE-code zodat draaien op de beschikbare MAC-computer en op de supercomputer van de UA (CALCUA) mogelijk is. Hierdoor liep ander werk wel enige vertraging op, maar de uiteindelijke berekeningen kunnen nu wel veel vlotter uitgevoerd worden.

WP 7: Integratie van multi-criteria analyse ter ontwikkeling van een DSS

Verantwoordelijke: K.U.Leuven

In 2009 werd vooral gewerkt rond het verder uittekenen van de invulling van het Decision Support System (DSS), wat resulteerde in een eerste voorstel (als toepassing van een access-database) voor de gebruikerscommissie op 22 juni 2009. Aangezien voor de DSS uiteindelijk op een voorgerecalculeerde database wordt gewerkt kan de (wiskundige) optimalisatie geïmplementeerd worden m.b.v. multicriteria-analyse. De voorstelling van de resultaten op een toegankelijke en doorzichtige manier is echter erg belangrijk. Op basis van de commentaren van de gebruikerscommissie werden enkele aanpassingen gedaan. De uiteindelijke uitwerking van de DSS gebeurt in het voorjaar 2010.

WP 8: Validatie en verificatie van het model

Verantwoordelijke: UA

Het belangrijkste onderdeel in 2009 was het omzetten van de gegevens verzameld door de verschillende partners in dit project met betrekking tot de volwassen bomen, en de noodzakelijke klimaat- en bodemgegevens voor de betreffende sites tot een consistent geheel van inputdata die door het ANAFORE-model kan ingelezen worden en gebruikt voor de parametrisatie van de geselecteerde soorten (eik, beuk, den, populier). Deze inputdata zijn nu volledig in orde en de finale parametrisatie zal dus begin 2010 starten op de supercomputer van de UA (CALCUA). De geschatte looptijd voor de procedure is 1 maand. Voor de simulatie van klimaatsverandering werd een dataset opgemaakt op basis van de klimaatscenario's van het INBO.

Wat populier betreft, wordt – net als in 2007 – aan de parametrisatie van verschillende sites in Italië gewerkt. Door een personeelwissel in Italië had dit werk vertraging opgelopen, maar eind 2009 werd de parametrisatie verder afgewerkt via een COST STSM (Short-Term Scientific Mission) van Dr. Pierluigi Paris (CNR, Porano) die hier gedurende 3 weken aan de UA kwam op werken. Daarnaast konden we via ir. Linda Meiresonne (INBO, Geraardsbergen) een dataset betreffende enkele populierenplantages bestudeerd door het INBO krijgen, waarvoor momenteel de parametrisatie loopt.

Om een aparte parametrisatie en validatie van de bodemmodule van het model (die immers nog niet eerder gevalideerd werd) mogelijk te maken, werden de resultaten van het doctoraatswerk van Prof. Bart Muys (1993) gebruikt. Hierbij worden door bayesiaanse statistiek de reeks bodemparameters geoptimaliseerd over 16 bestanden (7 beuk, 5 eik, 2 den en 2 populier) waarbij gemeten gegevens over de pH, dikte humuslaag, C/N gehalte en verhouding van de minerale laag, bladval en boomhoogte en -diameter gebruikt worden. Deze validatieoefening is bijna afgelopen (totale rekentijd = 3 weken), en de resulterende input-parameters worden gebruikt in de parametrisatie-oefening van de bestanden binnen het SimForTree project.

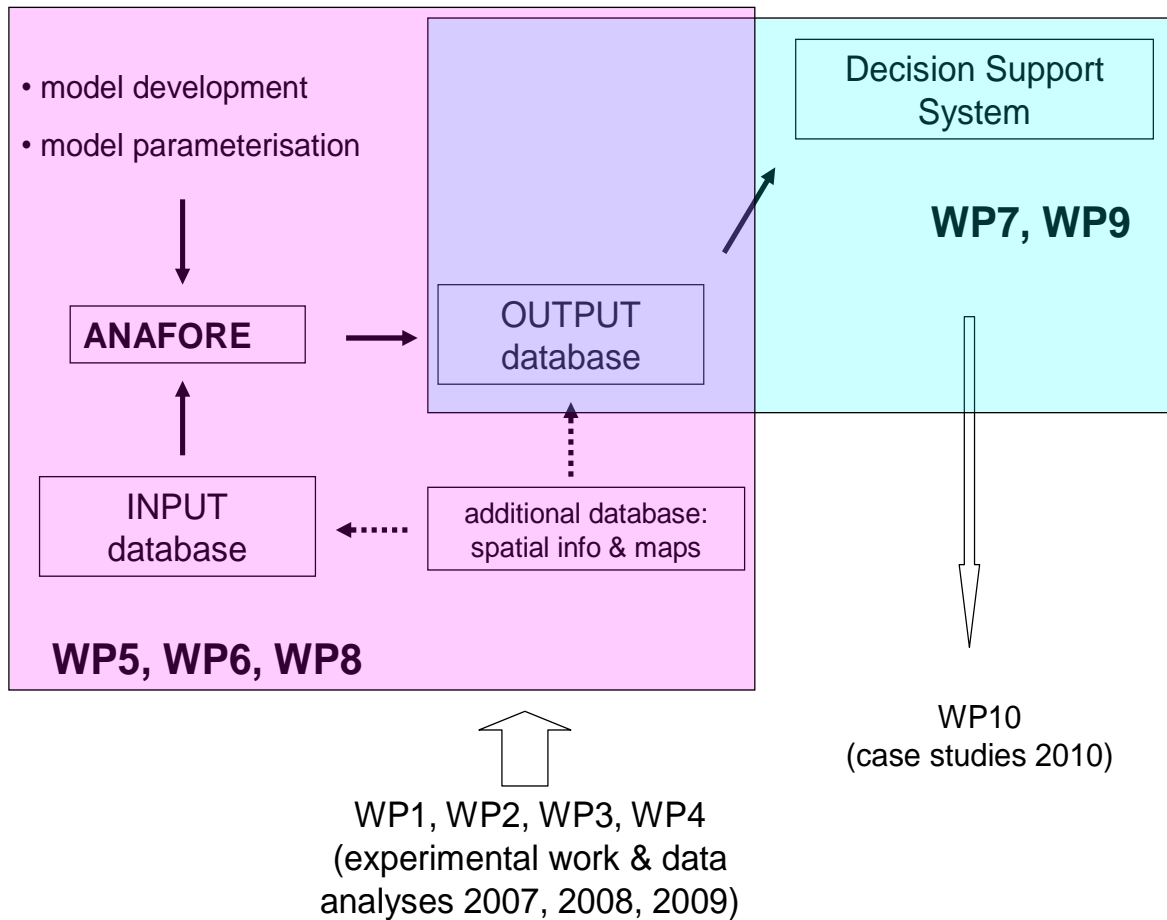
WP 9: Ontwikkeling van drie werkinstrumenten

Verantwoordelijke: UA

Wat betreft het DSS (Decision Support System) werd tot hertoe voornamelijk gewerkt aan de voorbereiding. Uiteindelijk hebben we, mede onder invloed van de gebruikerscommissie, een structuur vastgelegd voor de verschillende front-ends:

Front-end	model	model ^(a)	schaal	spatiale resolutie ^(c)	max. opp.	tijdsresolutie
S1	DSS	Database	regio	1 ha	Vlaanderen	5 jaar
S2	DSS	real-time > database	bos FMU	1 ha 1 are	100-5000 ha 1-25 ha	1 jaar
S3	ANAFORE	real-time	FMU	1 are	1-25 ha	1 jaar / 1 uur

Aan de UA wordt nu samengewerkt met de groep van Prof. Jan Paradaens (Departement Wiskunde-Informatica) om tot een optimale basisstructuur van de verschillende databases te komen. Om de uiteindelijke runs van het model over Vlaanderen zo vlot mogelijk te laten verlopen wordt in eerste instantie een input-database gemaakt die in januari 2010 in gebruik wordt genomen. Deze input-database is tegelijkertijd een gebruiksvriendelijke interface naar gebruik van het ANAFORE-model. Daarnaast wordt ook reeds gewerkt aan de output-database die de basis vormt van het DSS, en een bijkomende database waarin alle output wordt bijgehouden (Figuur 10).



Figuur 10. Algemeen design van en dataflow tussen de ANAFORE- en DSS-databases.

WP 10: Case studies

Dit WP wordt pas in 2010 gestart van zodra een operationele versie van elk DSS voorligt. Een eerste case study werd reeds gepland met het ANB (afdeling Limburg). De eerste operationele versie van SS1 zal ingezet worden in Bosland (Lage Kempen) ter uitwerking en onderbouwing van een lange termijnplan houtproductie voor de regio.

1.4. Projectbeheer

De partners van het consortium hebben elk een eigen expertise, en nauwe samenwerking is noodzakelijk om dit project tot een goed einde te brengen. Een tabel met de vergaderingen van het afgelopen jaar geeft weer dat deze interactie inderdaad aanwezig is en, zelfs jaar na jaar toeneemt.

Overzicht van de vergaderingen en bijeenkomsten in 2009.

Datum	Locatie	Doel
9/1	Leuven	DSS
23/1	Brussel	Bilateraal overleg ANB centrale diensten
23/2	Leuven	Postdocs
31/	Hasselt	Bilateraal overleg ANB Limburg
23/4	Geraardsbergen	Bilateraal overleg INBO
12/1,3/2, 17/3, 7/5, 29/9, 27/10	Leuven/UA	DSS
22/5	Geraardsbergen	Bilateraal overleg
9/6	UA	Vorbereiding voorbereiding gebruikerscommissie
22/6	Antwerpen	Gebruikerscommissie
7/7	Antwerpen	Postdocs
15/7	Gent	Vorbereiding paper
29/7	Antwerpen	Overleg ivm. LAI
1/9	Antwerpen	Vergadering informatica (Prof. J. Paradaens)
22/9	Antwerpen	Vergadering informatica (Prof. J. Paradaens)
29/9	Antwerpen	Vergadering INBO-VITO
12/10	Antwerpen	Algemene vergadering
22/10	Antwerpen	Vergadering informatica (Prof. J. Paradaens)
15/12	Leuven	Vorbereiding verslag

1.5. Administratieve gegevens

De volledige financiële rapporten worden in januari 2010 overgemaakt aangezien ze pas opgemaakt kunnen worden na het afsluiten van het kalenderjaar 2009 door de financiële administraties van UA, UGent en K.U.Leuven. Hieronder wordt een beknopte samenvatting gegeven betreffende de personeelsbezetting en enkele beperkte wijzigingen in het budget.

Personeelbezetting voor WP3 en WP4 (UGent) in 2009:

- postdoctoraal onderzoeker: Dries Vansteenkiste (12 mm)
- technicus: Rik De Rycke (12 mm)
- onderzoekers: Nele Defoirdt (3 mm)

Personeelbezetting voor WP1 en WP2 (K.U.Leuven) in 2009:

- voltijds postdoctoraal onderzoeker: Vincent Kint
- voltijds technicus: Joost Malliet
- voltijds technicus voor een periode van 7 maanden (Marc De Vrieze).

Personeelbezetting voor WP4 tot WP10 (UA) in 2009:

- postdoctoraal onderzoekers: Gaby Deckmyn (halftijds, 12 maand), Matteo Campioli (voltijds, 12 maand)
- onderzoekers: Raphaël Becquet (voltijds, 12 maand), Maarten Op de Beeck (voltijds, 12 maand)
- technicus: Nadine Calluy (30%)

1.6. Conclusies

De geplande taken en werkpakketten werden tijdens de eerste drie werkjaren grotendeels volgens het vooropgestelde werkschema uitgevoerd. Voor dit project werden en worden geen octrooieerbare resultaten voorzien.

2. Utilisatierapport

2.1. Geactualiseerde visie

Vlaanderen beschikt over 146,381 hectare bos. Dat is 10.8% van de oppervlakte, waarmee Vlaanderen één van de bosarmste regio's in Europa is. Daarbij komt nog dat Vlaanderen een zeer dichtbevolkte regio is, zodat de beschikbare bosoppervlakte van 0.02 hectare per inwoner de allerlaagste van Europa is. Van de Vlaamse bosoppervlakte zijn 102,935 hectare privébos. Een groot deel daarvan is sterk versnipperd en verwaarloosd. Naast bosuitbreiding en ontsnippering, is het dus nodig het bestaande bos meer functioneel te maken in termen van productie en ander bosgebruik. Een nog steeds belangrijke bosfunctie voor een industriële regio als Vlaanderen is de grondstoffenproductie. Het Vlaams Bosdecreet (1990) vernoemt daarnaast de ecologische functie (waaronder behoud van diversiteit), de schermfunctie, de sociaal-educatieve functie en de wetenschappelijke functie. Twee schermfuncties van het bos met groeiend economisch belang zijn waterberging en koolstoffixatie. Ten slotte is de recreatiewaarde van opengestelde bossen in Vlaanderen enorm hoog. Voor de bestaande bossen moet het beheer geoptimaliseerd worden ten behoeve van maximale functievervulling (zowel onder de huidige als onder veranderende klimaatsomstandigheden). Voor de bosuitbreiding moet de best mogelijke locatie en een geoptimaliseerd beheer gezocht worden. SimForTree kan hier dus een belangrijk hulpmiddel zijn, aangezien het zal toelaten de verschillende functies van een bos te simuleren in functie van het beheer en het klimaat.

Uit onze interacties met de gebruikerscommissie, en de reacties op diverse uiteenzettingen (o.a. op de Bosraad, en in het kader van de "Week van het Bos") blijkt duidelijk dat er grote interesse is van de verschillende potentiële gebruikers van SimForTree. We kregen diverse positieve reacties van actoren die verantwoordelijk zijn voor bosuitbreiding, bosbeheer en boseducatie, klimaat-, water- en natuurbeleid, private eigenaars (o.a. werd de gebruikerscommissie uitgebreid met een vertegenwoordiger van de Unie Vlaamse Bosbouw). Bij diverse regiobeheerders van het Vlaamse Agentschap Natuur en bos, die grote bosdomeinen beheren onstaat groeiende interesse om met het SimForTree DSS aan de slag te gaan.

2.2. Activiteiten

2.2.1. Website

De projectwebsite (www.SimForTree.be) is sinds maart 2007 beschikbaar en wordt gebruikt als communicatiemiddel met de gebruikerscommissie, en tussen de partners. De leden van de gebruikerscommissie kunnen de presentaties en verslagen van de vergaderingen downloaden, evenals documenten ter voorbereiding van de vergaderingen, en testversies van het model. Tussen de partners worden o.a. verslagen van tussentijdse interne werkvergaderingen, ontwerpen van posters, folders en presentaties uitgewisseld. Natuurlijk blijft de website ook belangrijk om een grotere bekendheid van het project te garanderen: algemene informatie over het project, de doelstellingen en de partners zijn gemakkelijk terug te vinden op de website.

2.2.2 Gebruikerscommissie

Nu de fase van dataverzameling wordt afgerond en de basisstructuur van het af te leveren DSS duidelijk is, ligt de volgende uitdaging in het vormgeven aan elke afzonderlijke DSS. Op 22 juni 2009

werd daarom een plenaire vergadering van de gebruikerscommissie gehouden naast bilateraal overleg met individuele leden nl. met het INBO en het ANB.

Er kan tot nu toe vastgesteld worden dat een grote interesse en verwachting leven bij de voltallige gebruikerscommissie. Het SimForTree-project blijkt tegemoet te komen aan een bestaande nood aan tools voor beheer en beleid, om vragen omtrent lange-termijn ontwikkelingen en duurzaam beheer van het Vlaamse bos te kunnen beantwoorden. De gebruikerscommissie is er zich van bewust dat het huidige project enkel kan leiden naar een prototype DSS waarmee nog niet alle relevante beleids- en/of beheervragen zullen kunnen beantwoord worden. Prioriteit, na overleg, wordt gegeven aan het simuleren van bosvorming, met inbegrip van enkele additionele soorten (Amerikaanse eik, Corsikaanse den,...) die op vereenvoudigde wijze zullen gesimuleerd worden.

2.2.3. Vulgariserende publicatie

Een vulgariserend artikel werd opgemaakt en gepubliceerd in de Bosrevue van VBV en in Silva Belgica (KBB-Maatschappij).

Ceulemans R., Deckmyn G., Kint V, Muys B, Van Acker J & Vansteenkiste D. 2009. SimForTree geeft bosbeheerders een blik op de toekomst van hun bos. *SilvaSilva Belgica* 116, 38-40.

Ceulemans, R., Deckmyn, G., Kint, V., Muys, B., Van Acker, J., Vansteenkiste, D., 2009. SimForTree geeft bosbeheerders een blik op de toekomst van hun bos. *Bosrevue* 28, 16-18.

2.2.4. Databank en metadata

Een volledige databank met alle meet- en afgeleide gegevens is online beschikbaar gesteld aan alle projectpartners. Tevens is een uitgebreide metadatafile samengesteld met documentatie over de verzamelde gegevens.

2.2.5. Inbev Baillet-Latourprijs voor het leefmilieu

De innoverende ideeën rond duurzaam en multifunctioneel bosbeheer die we gestalte geven in het SimForTree beslissingsondersteunend systeem krijgen ook elders aandacht. Prof. Bart Muys mocht met zijn onderzoeksgroep van de K.U.Leuven de Inbev-Baillet-Latourprijs voor het Leefmilieu 2009 in ontvangst nemen voor het geïntegreerde bosbeheer gericht op ecosysteemdiensten, dat gevoerd wordt in het universiteitsdomein Beverbeek te Hamont-Achel.

2.2.6. Samenwerking met Bosland

In het kader van bilateraal overleg met één van de partners binnen de gebruikerscommissie (ANB) is een samenwerking ontstaan m.b.t. het gebruik van DSS S1 voor beleids- en productieplanning. In 2009 werd door het ANB een algemene offerte-aanvraag uitgeschreven, waarop de partners van SimForTree met een offerte hebben ingetekend. De opdracht werd intussen aan dit consortium toegekend en betekend. In 2010 zal in het kader deze opdracht samengewerkt worden aan een case-study in Bosland (Lage Kempen), om m.b.v. S1 een lange-termijnplan houtproductie op te maken voor de 4000 ha grote regio. Indien deze case-studie succesvol blijkt, kan uitgebreid worden naar andere regio's en naar beleidstoepassingen.

Deze samenwerking biedt uitgelezen kansen om na afsluiting van het SBO-project de beide tools S1 en S2 verder te ontwikkelen volgens de noden van ANB. Uiteraard zal ook verder gezocht worden naar samenwerking met andere potentiële partners.

2.3. Wetenschappelijke publicaties

- Deckmyn, G., Mali, B., Kraigher, H., Torelli N., Op de Beeck M. & R. Ceulemans (2009) Using the process-based stand model ANAFORE including Bayesian optimisation to predict wood quality and quantity and their uncertainty in Slovenian beech. *Silva Fennica* 43, 523-534.
- Aertsen, W., Kint, V., Van Orshoven, J., Özkan, K. & Muys, B. (200x). Comparison and ranking of different modelling techniques for predicting site index in Mediterranean mountain forests. *Ecological Modelling*. (under review)
- Bequet, R., Kint, V., Campioli, Boone M., Vansteenkiste, D., Muys, B. & Ceulemans, R. (200x). Influence of stand, site and meteorological variables on the maximum LAI of beech, oak and Scots pine forests. *Agricultural and Forest Meteorology*. (under review)
- Fu, Y.S.H, Campioli, M., Demarée, G., Deckmyn, A., Hamdi, R., Janssens, I.A. & Deckmyn G. (200x). Success and failure of the unified tree budburst model with Bayesian calibration. (under review).
- Kint, V., Vansteenkiste, D., Aertsen, W., De Vos, B., Bequet, R., Van Acker, J. & Muys, B. (200x). Pedunculate oak internal stem morphology as affected by site quality and forest structure – regional scale modelling using boosted regression trees. *Journal of Biogeography*. (under review)
- Van den Bulcke, J., Boone, M., Van Acker, J., Stevens, M. & Van Hoorebeke, L. (2009). X-ray tomography as a tool for detailed anatomical analysis. *Annals of Forest Science* 66(5), 508.
- Palahí, M., Tomé, M., Bugmann, H., Gracia, C., Hanewinkel, M., Mäkkelä, M., Muys, B. and others. Trends in modeling for addressing forest management challenges in Europe. In preparation in the framework of COST FP0603
- Van den Bulcke, J., Masschaele, B., Dierick, M., Van Acker, J., Stevens, M. & Van Hoorebeke L. (2008). Three-dimensional imaging and analysis of infested coated wood with X-ray submicron CT. *International Biodeterioration & Biodegradation* 61, 278-286.

2.4. Voordrachten

- Bequet R., Ceulemans R.: Third Science and Book Authoring Workshop, COST-Action FP0601: “Forest Management and the Water Cycle (FORMAN)”. 15-17 September 2008; Wenen (Oostenrijk). Poster presentatie: SimForTree. A decision support tool for sustainable forest management based on ecophysiological analysis and simulation of the variability in tree development.

2.5. Lijst met bijlagen

- Bijlage 1: SimForTree - Database Metafile
Bijlage 2: Publicatie Deckmyn et al., 2009
Bijlage 3: Publicatie Van den Bulcke et al., 2009

Bijlage 1

SimForTree - Database Metafile

Physical properties and annual ring width data of 169 branches and 120 increment cores sampled in 30 young oak and 30 young beech trees in February-March 2009 (UGent)

Parameters quantified via image analysis and differential weighing in wet and dry conditions. Each parameter yielded 169 data points.

JongeZomereikStam_Plot.xls

JongeBeukStam_Plot.xls

Plot level stem data on young oak and beech cored radially at ca. 60 cm from stem base in N and S directions

Column 1: Plot number

Column 2: Tree age in years (=number of rings)

Column 3: Calendar year oldest ring (closest to pith)

Column 4: Calendar year of most recent ring (closest to bark)

Column 5: Bark thickness in mm

Column 6: Swelling/shrinkage factor

Column 7: Tree diameter at breast height (from database) in mm

Column 8: Length of N radius in mm (underbark)

Column 9: Length of S radius in mm (underbark)

Column 10: Ratio of N to S radius

JongeZomereikStam_Boom.xls

JongeBeukStam_Boom.xls

Tree level ring width data of young oak and beech cored radially at ca. 60 cm from stem base in N and S directions

Column 1: Plot number

Column 2: Radius number: 1 = North / 2 = South

Column 3: Width data type: 1 = Earlywood / 2 = Latewood / 3 = Ring

Column 4: Calendar year from oldest ring (closest to pith) to most recent ring (closest to bark)

Column 5: Width measured in mm

Column 6: Measurement type: 0 = Missing data point extrapolated to match underbark DBH with cumulative ring width / 1 = Missing data point in South-radius calculated from measured ring width in North-radius / 2 = Missing data point in North-radius calculated from measured ring width in South-radius / 3 = Measured data point

JongeZomereikTak_Plot.xls

JongeBeukTak_Plot.xls

Plot level data of young oak and beech branches sampled from crowns

Column 1: Plot number

Column 2: Branch number

Column 3: Branch age in years (=number of rings)

Column 4: Calendar year oldest ring (closest to pith)

Column 5: Calendar year of most recent ring (closest to bark)

Column 6: Cumulative ring width in mm

JongeZomereikTak_Boom.xls

JongeBeukTak_Boom.xls

Tree level ring width data of young oak and beech branches sampled from crowns

Column 1: Plot number

Column 2: Branch number

Column 3: Width data type: 1 = Earlywood / 2 = Latewood / 3 = Ring

Column 4: Calendar year from oldest ring (closest to pith) to most recent ring (closest to bark)

Column 5: Width measured in mm

TakkenAll.xls

Physical properties of 2 cm thick cross-sections of branches sampled from crowns in young oak and beech trees

Column 1: Plot number

Column 2: Branch number

Column 3: Overbark cross-sectional area of branch portion closest to stem (cm²)

Column 4: Initial sample mass in fresh condition (g)

Column 5: Owendry sample mass (g)

Column 6: Mass of water in sample (g)

Column 7: Sample volume (cm³)

Column 8: Wet density (g/cm³)

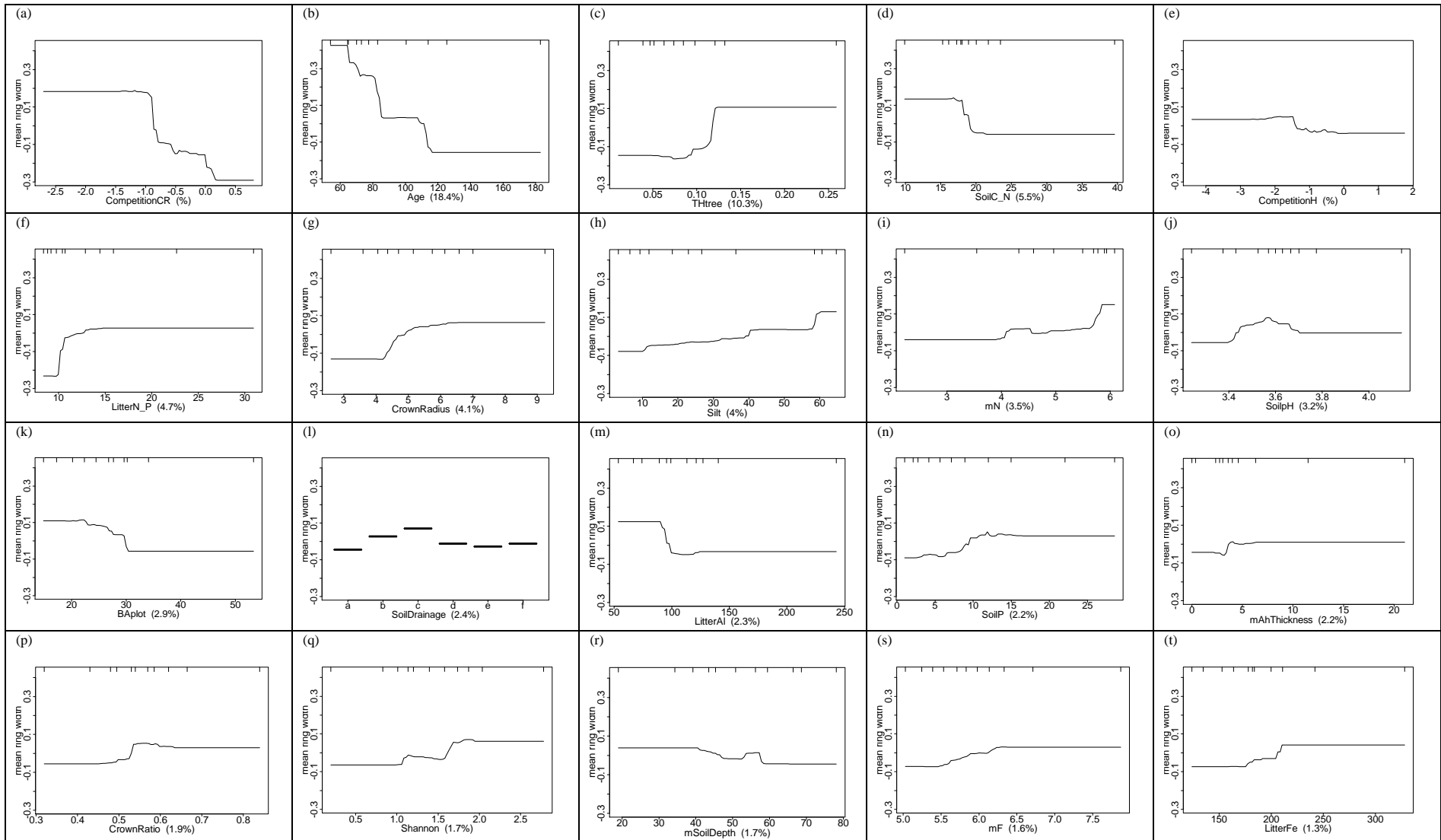
Column 9: Owendry density (g/cm³)

Column 10: Absolute moisture content (g/cm³)

Column 11: Relative moisture content (%), relative to dry matter mass

Column 12: Sampling date

Column 13: Laboratory processing date



Figuur 2. Partiële effecten van 20 predictoren (boomleeftijd, bosstructuur, standplaats) op de gemiddelde jaarringbreedte van zomereik.