

**Titel:** Effect van wateren op de duurzaamheid en technologische eigenschappen van grenen

**Rapportcode:** 1.104 - 4

**Datum:** 20 april 2006



Wateren van grenen in een afgesloten gracht

SHR Hout Research  
"Het Cambium"  
Nieuwe Kanaal 9b  
Postbus 497  
6700 AL Wageningen

Tel: 0317 – 467366  
Fax: 0317 – 467399

E-mail: r.klaassen@shr.nl

Dit rapport heeft 58 genummerde bladen. Het is eigendom van de opdrachtgever, die gerechtigd is dit rapport integraal te publiceren. Gedeeltelijke publicatie, ook door de eigenaar, is slechts toegestaan na schriftelijke toestemming van SHR Hout Research.

Opdrachtgever: Ministeries van LNV en EZ  
Bezuidenhoutsweg 73 en 30  
Den Haag

Bijlage: 5

Projectnummer: 1.104

Auteurs:



Dr. René K.W.M. Klaassen  
Projectleider



Ir. Jos G. M. Creemers

Trefwoorden: Wateren, grenen, kernhout, spinhout, partijkeuring, vochtgehalte, duurzaamheid, sterkte, krimp en zwel, ijklijn, impregneerbaarheid, afwerkbaarheid

## Samenvatting

In samenwerking met zagerij Twickel is binnen een project om Nederlands hout in de bouw te stimuleren (gefinancierd door de ministeries van EZ en LNV) onderzoek gedaan naar gewaterd grenen. Het doel van dit onderzoek was om objectieve informatie te verzamelen over het effect dat één jaar wateren heeft op de technologische eigenschappen van grenen.

De grenen stammen die gebruikt zijn voor het onderzoek zijn afkomstig uit een bos bij Dieren en slechts de helft van de stammen is gewaterd op het landgoed Twickel en tot platen verzaagd.

SHR heeft uit deze platen de testmonsters gehaald waarbij ook onderscheid is gemaakt tussen spint en kernhout.

Eerst is er een partijkeuring uitgevoerd en vervolgens zijn de duurzaamheid, blauwgevoeligheid, sterkte, mate van wateropname, het krimp- en zwelgedrag en een ijklijn voor elektrische houtvochtmeting bepaald. Tenslotte is gewaterd grenen in een proefproject toegepast en is gekeken hoe het zich in de verwerking en in de tijd gedraagt.

Het blijkt dat de meeste eigenschappen van grenen nauwelijks worden beïnvloed door het proces van wateren. Echter in de vochthuishouding lijken weinig waterblokkades voor te komen waardoor er minder spanningsopbouw in het hout plaatsvindt. Het hout scheurt en vervormt hierdoor minder snel. Tenslotte is het gewaterd grenenspint niet ongevoelig maar slechts minder gevoelig voor verblauwing geworden. Mogelijk zou door een hogere waterstroomsnelheid of door een langere periode het proces van wateren geoptimaliseerd kunnen worden waardoor vrijwel alle suikers uit het spinthout zouden zijn uitgespoeld waardoor het hout vrijwel ongevoelig voor verblauwing wordt.

Op basis van dit onderzoek lijkt gewaterd grenen met name in grote dimensie geschikt te zijn voor binnengebruik waar het mooi blijft omdat het weinig vervormt en scheurt. Ook buiten als gevelbekleding kan het gewaterde grenen het goed doen, hoewel de weerstand tegen schimmelaantasting niet is verhoogd. Door het wateren is echter de feitelijke duurzaamheid wel verhoogd omdat het hout weinig water ophoopt, weinig vervormt en weinig scheurt waardoor er minder gauw schimmelinfectie plaats vindt. Een extra bescherming blijft wel nodig maar door de open structuur kan dit eenvoudig met de kwast worden aangebracht.

Omdat wateren niet alleen een oorspronkelijke en ambachtelijke wijze is om met hout om te gaan maar ook echte esthetische en duurzaamheidsvoordelen heeft, is toepassing binnen de monumentenwereld gerechtvaardigd en mag uitbreiding verwacht worden. Voor het maken van kozijnen en ramen voor buitentoepassingen lijkt gewaterd hout niet geschikt.

## Inhoudsopgave

Samenvatting.....	3
Inhoudsopgave .....	4
1. Inleiding .....	6
1.1. Zagerij Twickel.....	8
1.2 proefproject Braamakker .....	10
1.3 Technisch onderzoek .....	12
2. Materiaal .....	13
3. Methode.....	13
3.1 Partijkeuring.....	13
3.2 Duurzaamheid in grondcontact .....	13
3.4 Blauwgevoeligheid.....	15
3.4.1 Buitenexpositie .....	15
3.4.2 Laboratoriumtest.....	15
3.5 Wateropname .....	17
3.6 Krimp- en zwelgedrag .....	17
3.7 Sterkte .....	17
3.8 Bepaling ijklijn voor elektrische houtvochtmeting.....	18
3.9 Impregnerende verf .....	18
3.10 Monitoren schaaldelen op Braamakker.....	20
4 Resultaten .....	21
4.1. Partijkeuring.....	21
4.2 Duurzaamheid in grondcontact .....	24
4.3 Weerstand tegen houtaantastende schimmels.....	25
4.4 Blauwgevoeligheid.....	26
4.4.1.Veldtest.....	26
4.4.2 Laboratorium test.....	27
4.6 Krimp en zwelgedrag.....	28
4.7 Sterkte .....	29
4.8 Elektrische vochtmeter .....	30
4.9 Gewaterd grenenspint met impregnerende verf .....	30
4.10 Braamakker .....	33
5. Discussie .....	37
5.1 Partijkeuring en vochthuishouding .....	37
5.2 Duurzaamheid .....	38
5.3 Blauwgevoeligheid.....	40
5.4 Krimp en zwelgedrag.....	41

5.6 Elektrische houtvochtmeting .....	42
5.7 Gewaterd grenenspint met impregnerende verf .....	42
6. Conclusie .....	43
Literatuur .....	44
Bijlage 1 .....	47
Bijlage 2 .....	49
Bijlage 3 .....	51
Bijlage 4 .....	55
Bijlage 5 .....	57

## 1. Inleiding

Vroeger, toen tijd nog niet synoniem was aan geld, werd hout vóór bewerking vaak gewaterd. Direct nadat een boom geveld was kwam deze in stromend water terecht voor transport of voor opslag. Om te voorkomen dat hout door schimmels wordt aangetast moet het of gedroogd worden, zoals bij toepassingen in gebouwen, of het moet heel nat blijven. De diffusiesnelheid van zuurstof door lucht is vele malen hoger dan door water en in door water verzadigd hout is de zuurstoftoevoer zo laag dat schimmelactiviteit bijna onmogelijk is. Wanneer er plotseling veel hout vrij kwam, zoals na een grote storm en dit hout kon niet snel genoeg verwerkt worden dan was en is opslag in water hiervoor een praktische en goedkope oplossing. Tot aan de 19<sup>de</sup> eeuw werd hout ook vaak in vloten via de rivieren vervoerd. Dit was heel gebruikelijk in Scandinavië, Midden-Europa, de tropen en in Siberië. Sommige stammen waren zo zwaar dat ze zonken en men schat dat in Siberië in de loop der eeuwen zo'n 50 miljoen m<sup>3</sup> zwaar lariks op de bodem van rivieren is komen te liggen. De kwaliteit van dit lariks is relatief goed, alleen komen er wel wat ringscheuren in voor. Nederland had rond de Gouden Eeuw een grote houtbehoefte. Er wordt geschat dat er in die tijd jaarlijks ongeveer 1000 schepen werden gebouwd waarvoor circa 320.000 m<sup>3</sup> eikenhout nodig was. Veel van dat eiken kwam in vloten uit Midden-Europa over de Rijn en Maas naar ons land. Eiken stammen werden ook wel zinkers genoemd en in een vlot moesten deze zinkers gedragen worden door de zogenaamde drijvers bestaande uit naaldhout stammen. In eerste instantie was de aanvoer van naaldhout een noodzakelijk kwaad om voldoende eiken naar Nederland te kunnen krijgen, maar in de loop van de tijd werd ook voor dit naaldhout een goede toepassing gevonden. Naaldhout werd een gewaardeerde constructiehoutsoort, bijvoorbeeld in de molenbouw, en werd als heipaal ontdekt. Rond de 16<sup>de</sup> eeuw zien we dat in Amsterdam voor de funderingen in plaats van de korte kleefpalen (hout uit de buurt, zoals elzen) de langere (circa 12 m) palen die op de eerste zandlaag staan gebruikt gaan worden. De roosterfundering verdwijnt langzaam en wordt vervangen door de zogenaamde Amsterdamse fundering. Met de aanvoer van de drijvers veranderden de funderingstypen en kon er zwaarder worden gebouwd in Amsterdam. De gemiddelde grootte van de vloten met een diepgang van 1 - 2.5 m was circa 4.000 m<sup>3</sup> hout (114 m lang en 21 m breed), maar er waren ook extreem grote vloten tot aan 28.000 m<sup>3</sup> hout (300 m lang en 45 m breed). Veel van dat hout ging naar Dordrecht waar het werd verhandeld naar Amsterdam, maar ook naar de Zaanstreek dat zich in de Gouden Eeuw ontwikkelde tot een grootverbruiker van hout. De ontwikkeling van de houtzaagmolen door Cornelis Cornelissen (1597) leidde er toe dat in de Zaanstreek vele molens werden gebouwd en hierdoor wel als eerste Europese industriegebied wordt gezien. Nadat het hout over water bij de houtzaagmolen was aangekomen werd het in kolken tot het moment van zagen opgeslagen. Wateren was dus in die tijd een natuurlijk onderdeel binnen de logistiek van de houtketen. In bestekken van de VOC staat ook genoemd dat het hout gewaterd moest zijn; als dat niet was gebeurd dienden er speciale aanvullende maatregelen te worden genomen (Kerssens & Tolk, 2002).

Blijkbaar vond men het wateren van hout erg belangrijk en met het teruglopen van de vlottransporten werd het wateren steeds meer specifiek uitgevoerd. Zagerijen hadden eigen kolken waarin zij ook het over de weg aangevoerde hout eerst enige tijd legden alvorens het te verwerken. Tot aan de 20<sup>ste</sup> eeuw waren eiken, iepen, vuren, grenen, dennen en lariks veel gewaterde houtsoorten. De duur van het wateren was soortafhankelijk maar vaak lag het hout toch al met al wel minimaal één jaar in het water. Dit moest stromend water zijn en het broekeind moest in de stroom liggen. Het wateren van hout was deel van de ambachtelijke verwerking en is bijna als techniek verloren gegaan in onze snelle

geautomatiseerde industriële wereld. Hoewel er weinig objectieve informatie over de kwaliteit van gewaterd hout beschikbaar is, wordt in de overlevering wel beweerd dat het duurzamer, spanningsvrij en veel beter te drogen is, met een hoger rendement (door de afwezigheid van scheurvorming). Echter het hout krijgt wel een specifieke geur of soms specifieke kleur en zit vol slijm als het uit het water komt. Bij te lage stroomsnelheden tijdens het wateren kan de verkleuring, geur versterken en kan zelfs aantasting optreden. Is het nu waar dat het wateren van hout zo goed is? In oude gerestaureerde schepen valt soms op dat de oude (soms 400 jaar oude) dikke balken niet of nauwelijks gescheurd zijn, terwijl de nieuwe balken vol diepe scheuren zitten. Heeft dit te maken met het wateren of met de hele ambachtelijkheid van vroeger toen er nog tijd was om van een boom een balk te maken. Bomen werden toen vaak eerst geringd waardoor deze afstierf en het stamhout veranderde (beter werd?). Na één jaar werd de stam dan geveld. Hierna werd het hout gewaterd (weer één jaar verder) en vervolgens werd vaak de stam ook nog een tijd op de werf gelegd voor het verzagen. Deze hele keten van handelingen is natuurlijk van invloed op de hoge kwaliteit van de oude balken in de gerestaureerde schepen, maar of al deze goede effecten op het wateren zijn terug te voeren, is niet duidelijk. Toch heeft dit soort ervaringen er toe bijgedragen dat het wateren van hout een bijna magische klank heeft gekregen en objectieve informatie wordt gemist.

Natuurlijk is er in het verleden wel wat onderzoek gedaan aan gewaterd hout bijvoorbeeld naar aanleiding van stormschade in bossen waarbij veel hout vrij kwam dat niet meteen verwerkt kon worden en in water werd opgeslagen (Adolf et al., 1972; Perry et al., 1993; Platzer & Stackelberg, 1969). Dit hout wordt boven water opgeslagen en beregend of het wordt gewaterd. Liese (1984), Volleman (1966) en De Groot & Scheld (1972) melden dat door beregening hout alleen beschermd wordt tegen schimmel- en insectenaantasting wanneer het vochtgehalte van het spint continue boven 100- 120% is. Syme & Saucier (1995) lieten zien dat bij een voldoende hoog vochtgehalte er bij beregening geen verblauwing en aantasting door de Ambrosia kever ontstaat in Southern pine. Hierbij wordt uitgegaan van 40-50 mm regen per dag (Gibbs & Weber 1996, Gough 1996) en een continue bevochtiging geeft het beste resultaat. Peek & Liese (1984) toonden bacterie- groei aan op het hout in de vorm van slijm op en rond het kopse hout.

Over gewaterd hout wordt gemeld dat olieachtige producten die gespreeid worden dieper in het spint van dennen, douglas en vuren dringen. Suolahti & Wallen (1958) en Holmgren (1961) melden dat gewaterd grenen spint makkelijker toegankelijker is voor vloeistoffen. Ellwood & Ecklund (1958) melden dit ook voor Amerikaanse grenen soorten. Powell & Eaton (1996) melden dat gewaterd hout minder gevoelig is voor schimmelaantasting tijdens droging en laten zien dat in het hout bacteriën actief zijn die stippelmembranen afbreken en mogelijk een antagonistische werking hebben met schimmels.

In Nederland is een lange traditie aanwezig om hout te wateren en dit wateren vindt zijn oorsprong in de vlotterij. Getuige de balkvlotterspoor (schoen voor iemand die op een vlot werkt) die gevonden is bij een Romeins schip, opgegraven in De Meern, werd bij de Romeinen al gevlot. Later tijdens de glorie tijd van de VOC kwam er meer dan 300.000 m<sup>3</sup> eiken hout jaarlijks naar Nederland voor de bouw van de VOC schepen. Van Prooijen geeft aan dat circa 100.000 m<sup>3</sup> hiervan over de Rijn naar Nederland kwam. Het laatste vlot blijkt in 1967 over de Rijn naar Nederland te zijn gekomen. Door het vloten kwam men in aanraking met gewaterd hout en leerde men het waarderen. In oude bestekken werd zelfs gewaterd hout opgenomen. Door de technologische vooruitgang en de industrialisatie moest hout steeds sneller verwerkt worden en raakte het wateren van hout in de vergetelheid. Echter bij veel ambachtelijke houtbewerkers is nog kennis en ervaring over dit proces aanwezig en van Benthem & Massop (1999) hebben de bestaande Nederlandse kennis geïnventariseerd.

Om objectieve informatie te verzamelen kreeg SHR Hout Research in 2003 de mogelijkheid om onderzoek aan gewaterd hout te starten in samenwerking met zagerij Twickel. Eén van de weinige Nederlandse rondhoutzagerijen die hout watert. Het onderzoek werd gefinancierd door de ministeries van LNV en EZ. Etienne Kuyzong en Antje Pfeffer hebben als studenten van de Hogeschool Larenstein en de universiteit van Göttingen een bijdrage geleverd aan het onderzoek.

### 1.1. Zagerij Twickel

Zagerij Twickel heeft een lange historie waarin de bewerking en het wateren van hout bijna altijd centraal heeft gestaan. In 1772 heeft de toenmalige eigenaar van het landgoed Twickel, Carel George graaf van Wassenaer Obdam, een zagerij uit de Zaanstreek naar het landgoed gehaald. Zijn doel was de economie van de regio te versterken. De op windkracht werkende zaagmolen werd gebouwd aan het eind van de Twickelervaart. De Graaf liet deze vaart graven voor het transport van goederen van en naar het westen van het land. Watertransport was in die tijd de enige vorm van zwaar transport. In deze eerste periode werd rondhout via de houtmarkten in Twente aangevoerd, op Twickel verzaagd en aan de Zaanse scheepsbouwers verkocht. Het te verzagen rondhout werd bewaard in de kolk van de houtzaagmolen. Een kolk is een watergat van waaruit de te zagen bomen met een lier de zagerij in werden getrokken. Doordat de bomen in het water lagen kon men de stammen gemakkelijk selecteren en naar de hellingbaan brengen. Over deze baan trok men ze de houtzaagmolen in. Dit was in die tijd de traditionele manier van houtopslag en voor Twickel eigenlijk het begin om hout te wateren, alhoewel het in die tijd niet hierom gedaan werd. Op het landgoed Twickel wordt nog steeds hout gezaagd. Eerst op windkracht, daarna op stoom en tenslotte op elektriciteit. Naast de oude houtzaagmolen is een nieuwe zagerij verrezen met een moderne bandzaaginstallatie. De houtzaagmolen is van kop en wieken ontdaan bij de introductie van de stoommachine. In 1989 is de houtzaagmolen volledig gerestaureerd en zaagt nog steeds hout. Vrijwilligers beheren deze oude zagerij. Het interieur in de oude houtzaagmolen is nog aanwezig en geeft een beeld hoe vroeger werd gewerkt.

Het landgoed Twickel is rijk aan monumenten en voor het onderhoud en restauratie is vaak hout nodig en bij voorkeur wordt hout van het eigen landgoed gebuikt. Omdat Twickel het hout graag op een oorspronkelijke manier wil toepassen en omdat wateren een meerwaarde aan het hout kan geven, wordt sinds 1994 weer grenen en eiken gewaterd. Dit wordt gedaan in een afgesloten gracht in de omgeving van de Zagerij. Deze werd vroeger ook gebruikt voor het opslaan en wateren van hout. Het peil in de Oelerbeek is verlaagd, waardoor de stroming van het water kunstmatig tot stand moet worden gebracht. De stroming hoeft niet veel te zijn. Als de vrijkomende stoffen maar afgevoerd worden. De stammen worden er met een kraan ingelegd en minstens een jaar later weer uitgehaald. Als de stammen er uit komen valt op dat de bast er makkelijk af gaat en dat er een slijmerige laag rond het hout zit. Deze slijmlaag zie je ook op het wateroppervlak liggen. Als het hout uit het water komt, stinkt het naar zwavel. De stammen liggen meestal enkele dagen op de werf alvorens ze tot platen en soms tot balken worden verzaagd. De platen worden opgelat en aan de lucht gedroogd gedurende minimaal 3 maanden voor duimse planken. Veel van het gewaterde hout is inmiddels verwerkt bij de restauraties als gevelbekleding, maar ook binnen als balkhout. Uit de ruim 10-jarige ervaring is gebleken dat dit hout goed te verwerken is, niet scheurt en "rustig" blijft aan de gevel. Ook de geur verdwijnt, al duurt dat soms wel enkele maanden. Doordat het hout rustig is, is het mogelijk om aanmerkelijk bredere delen dan gebruikelijk te kunnen verwerken. Omdat het gebruik van brede delen vroeger gewoon was komt dit komt de uitstraling van de monumentale gebouwen ten goede.





oude zagerij



Interieur nieuwe zagerij



wateren van grenen in afgesloten gracht



stammen die net uit het water zijn gehaald



stammen gewaterd grenen in de zagerij



Opgelatte gewaterde grenen platen

## 1.2 proefproject Braamakker

Toen er voor de restauratie van het monumentale zomerhuis Braamakker aan de Loosdrechtse plassen, Nederlands hout moest worden gekozen om te worden toegepast aan de gevel, was gewaterd grenen een logische keuze. Om de duurzaamheid te waarborgen is het hout met een milieuvriendelijk product geïmpregneerd (vacuüm druk).

Het zomerhuis Braamakker aan de Loosdrechtse plassen is in 2003 gerestaureerd door Bertus Mulder, Senior Architect van de Werkplaats voor Architectuur te Utrecht. Rietveld heeft dit, intussen tot Rijksmonument benoemde huis, in 1940 ontworpen in opdracht van de familie Verrijn Stuart. In tegenstelling tot het bekende werk van Rietveld is Braamakker niet abstract of kubistisch. Het heeft een organische vorm die is ingepast in de water- en natuurrijke omgeving van de Loosdrechtse plassen. Het huis is gemaakt van bouwmaterialen die in het begin van de oorlogstijd nog voorhanden waren. Het bestaat in principe uit een houtskelet dat aan de buitenkant is bekleed met groengeverfde schaaldelen met witte biezen op de wankant als accent en aan de binnenkant met zachtboard. Achter de schaaldelen was kraftpapier aangebracht tegen het doorwaaien.

Het zomerhuis is nog steeds in eigendom van de familie en wordt gebruikt en beheerd door de kleindochter van de vroegere eigenaren. Het onderhoud is altijd naar beste weten en met zorg uitgevoerd. De Braamakker wordt ook echt als zomerhuis gebruikt. Het is niet geïsoleerd en er wordt weinig of niet in gestookt. Dit betekent dat het een goed vochtregulerend huis is waarbij de houten gevelbekleding, mits met de juiste detaillering, nooit lang een hoge vochtbelasting ondergaat.

Om het huis als Nederlands cultureel erfgoed te kunnen behouden, was na meer dan zestig jaren echter een grondige restauratie noodzakelijk. Het huis staat in het water op een betonnen balkenrooster op betonpalen. De onderste balken van het skelet waren ter plaatse van de gevels aangetast waardoor het huis was verzakt. De buitenbekleding was in slechte staat.

Aan de zuidwestzijde waren de gevelvlakken al eens vervangen door vuren schaaldelen van slechte kwaliteit. Die waren opnieuw bezig te vergaan. Aan de noordoostzijde waren de oorspronkelijke delen nog aanwezig, maar ze waren gescheurd en kromgetrokken.

De buitenbekleding was gemaakt van inlands grenen schaaldelen die in de beginjaren met een open verfsysteem waren behandeld. Dat heeft positief effect gehad op de levensduur van het hout. De laatste jaren is gewerkt met een minder open verfsysteem waardoor het hout langdurig nat bleef en ging rotten. De gevelbekleding van het zomerhuis is een aantal jaren gemonitord om na te gaan hoe het gewaterde grenen zich in de tijd gedraagt.





achterzijde Braamakker voor de restauratie, de schaaldelen hebben wisselende breedtes en geen bies



interieur braamakker, de wandopbouw is eenvoudig en niet geïsoleerd



oude gevelbekleding met rot, de onderste afwerk lagen waren impregnerend terwijl de buitenste en laatst aangebrachte lagen filmvormend en meer vocht afsluitend waren



Braamakker tijdens de restauratie 2003



Braamakker na de restauratie 2005



detail gevel, met kromming en witte bies op wankant

### 1.3 Technisch onderzoek

Om het effect van wateren op de houtkwaliteit van grenen goed in kaart te brengen is via zagerij Twickel hout met een zelfde herkomst aangeleverd waarvan de ene helft gewaterd was en de andere helft niet. Het hout is visueel beoordeeld en een aantal fysisch mechanische eigenschappen zijn bepaald. Hierdoor kan aangetoond worden of er inderdaad stoffen tijdens het wateren uitlogen.

Om het effect op de weerstand tegen houtafbrekende organismen te kunnen kwantificeren zijn diverse proeven uitgevoerd. Er is gekeken hoe snel het hout daadwerkelijk rot maar ook hoe snel het hout verblauwt. Verblauwen is bij buitengebruik van grenen een probleem omdat onder zomerse omstandigheden (warm en vochtig) grenen snel zwart wordt en niet meer in het zicht kan worden gebruikt. Dit proces wordt veroorzaakt door bruin gekleurde schimmeldraden die in het hout groeien op zoek naar suikerachtige producten die in het spint zijn opgeslagen. Het idee is dat wanneer de suikers tijdens het wateren zijn uitgeloopt het hout ook ongevoelig wordt voor verblauwing. Mogelijk heeft dit dan ook een effect op de gevoeligheid voor insectenaantasting. Insecten komen namelijk graag in hout waar wat meer nutriënten zitten, zoals in de vorm van de blauwschimmeldraden. Hout is van nature arm aan stikstof.

Om uit te sluiten dat het hout tijdens het wateren wordt aangetast, zijn ook een aantal sterkte-eigenschappen bepaald. Met name de elasticiteit van hout wordt snel minder bij beginnende aantasting. Tenslotte is gekeken naar een mogelijke verandering in hygroscopische eigenschappen. Het idee is dat tijdens het wateren bacteriën in het hout komen die het hout meer toegankelijk maken voor water. Om dit in kaart te brengen is de snelheid van wateropname en -afgifte, het krimp- en zwel gedrag en het evenwichtshoutvochtgehalte bij verschillende relatieve luchtvochtigheden bepaald. Omdat tijdens het meten van het vochtgehalte met een elektrische houtvochtmeter gebruikt wordt gemaakt van de elektrische weerstand in het hout, zijn er ook ijklijnen gemaakt voor gewaterd grenen. Deze ijklijnen kunnen aan het geheugen van de elektrische vochtmeter worden toegevoegd.

De mogelijke betere toegankelijkheid voor water zou kunnen betekenen dat de voor buitentoepassingen noodzakelijke fungicide behandeling aan het gewaterde grenenspint eenvoudiger zijn uit te voeren. Er zijn daarom testen gedaan om te beoordelen of het aanbrengen met de kwast van een "milieuvriendelijk"

verduurzamingsmiddel in combinatie met een open afwerksysteem tot voldoende en langdurige bescherming leidt van het gewaterd grenen bij buitengebruik.

## 2. Materiaal

Het onderzoeksmateriaal dat Twickel leverde bestond uit 11 stammen uit het bos "Schadde Velde" noord- westelijk van Dieren. Het bos is rond 1900 aangelegd en tot 1985 zijn de bomen in de dichte opstand opgegroeid. Vijf stammen zijn gekapt en van december 2002 tot ongeveer december 2003 gewaterd. Zes andere stammen zijn in december 2003 gekapt en meteen zonder te wateren samen met de andere 5 stammen in december 2003 op zagerij Twickel in platen gezaagd. Bij SHR zijn de platen verder tot proefstukjes verwerkt en ingezet in de testen.

De zes niet gewaterde stammen zijn genummerd van 1 - 6. De gewaterde stammen zijn genummerd van 7 – 11. In de code is steeds een "s" voor spinhout en een "k" voor kernhout gebruikt.

## 3. Methode

### 3.1 Partijkeuring

Van de plaat die door het hart van de stam ging is een kopse plak (20 x 20 mm) afgezaagd. Deze kopse plak is in stukjes van circa 20 mm verdeeld en van elk stukje is het gewicht en het houtvochtgehalte bepaald. Hierdoor is een gradiënt verkregen over de stamdiameter.

De platen zijn bij SHR in regels gezaagd en tijdens het zagen is aangegeven of er spanning in de plaat zat. Aangegeven is of de zaag werd afgeklemd of dat de regels weken.

### 3.2 Duurzaamheid in grondcontact

Deze test is uitgevoerd volgens ENV 807 (mei 2001). In totaal zijn 616 monsters (100 x 10 x 5 mm) gemaakt, 56 per stam waarvan 28 spinhout en 28 kernhout.

Voor plaatsing in de grondbakken zijn de monsters in een klimaatkamer gelegd (23 °C en 65% rv) waarna ze een gemiddeld vochtgehalte van 11.4% (11.2 – 11.6%) hadden.

Alle monsters zijn gewogen en in de bakken gezet.

Per trekking zijn voor elk van de vier categorieën (spint- kern en gewaterd – niet gewaterd) 11 monsters genomen. Er waren dus 14 trekkingen mogelijk en er zijn er 10 uitgevoerd. Eén referentie serie, en trekkingen na 4, 8, 16, 22, 27, 35, 43, 51 en 58 weken. Helaas zijn de gegevens van 4 trekkingen (27 – 51) verloren gegaan.





duurzaamheid in grondcontact

### 3.3 Weerstand tegen houtaantastende schimmels

Per stam zijn zes monsters gebruikt van zowel spinhout als kernhout, dus totaal twaalf monsters per stam. Van deze monsters zijn er vier gebruikt voor de daadwerkelijke beproeving en twee voor de benodigde massa- en vochtcontroles. Daarnaast is uit de voorraad van SHR geput voor referentiemonsters van grenen spint.

Het onderzoek is uitgevoerd volgens de norm NEN-EN 113. Hoewel deze norm in principe bedoeld is voor de bepaling van de werking van houtverduurzamingsmiddelen, wordt dezelfde opzet door geheel Europa ook gebruikt om de natuurlijke duurzaamheid van hout te bepalen. Voor een gedetailleerde beschrijving wordt naar de norm verwezen.

In het kort komt de proef hierop neer: monsters van de te beproeven houtsoort worden onder verder steriele omstandigheden samen met monsters van een referentiehoutsoort (grenen spint of beuken) gedurende zestien weken blootgesteld aan cultures van houtaantastende schimmels. Tevens worden een aantal onbehandelde referentiemonsters apart beproefd, teneinde te controleren of de schimmels in de proef voldoende virulent waren.

Van alle monsters wordt na afloop de droge massa (= houtmassa zonder water) bepaald en vergeleken met de droge massa vooraf. Bij geringe resistentie tegen aantasting zal de houtaantastende schimmel een belangrijk deel van de droge massa hebben verteerd, hetgeen zich vertaalt in een hoog massaverlies.

Voor geldige resultaten dienen de massaverliezen van de virulentiecontroles voorgeschreven minimale waarden te overschrijden.

Normaliter wordt het massaverlies van de te beproeven houtmonsters dan uitgedrukt in verhouding tot de referentiehoutsoort om tot een classificatie te komen. In het onderhavige onderzoek is tevens een directe vergelijking mogelijk tussen gewaterd en *niet gewaterd* grenen van dezelfde oorsprong.

Voor de test zijn volgens norm de volgende vier houtaantastende schimmels gebruikt:

Soort	Stam	Type	Nederlands naam	Min. massaverlies virulentiecontroles
<i>Coniophora puteana</i>	BAM Ebw. 15	bruinrot	kelderzwam	20%
<i>Gloeophyllum trabeum</i>	BAM Ebw. 109	bruinrot	plaatjeshoutzwam	20%
<i>Coriolus versicolor</i>	CTB 863 A	witrot	elfenbankje	15%
<i>Poria placenta</i>	FPRL 280	bruinrot	poriënzwam	20%

groei van de schimmel *Coniophora* na één week

### 3.4 Blauwgevoeligheid

#### 3.4.1 Buitenexpositie

In April 2004, zijn tien proefstukken (110 x 40 x 10 mm) per stam in een buitenexpositie geplaatst (zuid-west, hoek van 45°). Wekelijks zijn de proefstukken visueel beoordeeld. Na 6 weken zijn de proefstukken dagelijks één uur gedompeld in kraanwater om het proces van verblauwing te versnellen.



overzicht buitenexpositie



detail proefstukken van één stam

#### 3.4.2 Laboratoriumtest

Deze test is uitgevoerd volgens EN 152. Spint proefstukken van alle stammen samen met referentie proefstukken (behandeld met anti verblauwingsmiddel, watergedragen systeem opgebracht in 3 lagen). De langse hoeken van de proefstukken (110 mm x 40 mm x 10 mm) waren afgerond aan één kant. Het kopse hout was afgedicht in twee lagen met een dekkende twee componenten PU sealer. Een overzicht van de proefstukken en behandelingen is in onderstaande tabel gegeven.

De EN 152 is eigenlijk bedoeld om de efficiëntie van verduurzamingsmiddelen tegen verblauwing te beoordelen. De afgewerkte kant van de proefstukken (hier alleen de referenten) zijn niet in direct contact met het vermiculite medium. De diepte van de blauwvrije zone onder de afwerklaag en de beoordeling van de oppervlakten (samen met de ronde hoeken) zijn de beoordelingscriteria. De bepaling van de blauwvrije zones laat de ontwikkeling van de blauwschimmel van het vermiculite medium omhoog naar de afgewerkte oppervlakten zien.

proefstukken voor verblauwingstest EN 152						
stam	nr.	gewaterd		met veroudering		referentie
		ja	nee	ja	nee	behandeling
1-6	1-6		x	X		
	7-9		x		x	
	10					x
7-11	1-6	x		X		
	7-9	x			x	

Volgens de EN 152 moeten de proefstukken natuurlijk verouderd worden gedurende 6 (maart – oktober), om het effect van zinstraling (UV) en water te beoordelen. In dit geval is, na raadpleging van de literatuur, een periode van kunstmatige en versnelde verwerking toegepast door tijdsdruk maar ook om de herhaalbaarheid van de test te verhogen. De verwerking is in 4 weken uitgevoerd in een QUV met de volgende cyclus (gebaseerd op Van Acker et al 1992, 1997 and 2004; Bravery & Dickinson 1984):  
*cyclus 1: 23 uur licht, 1 uur donker / 4 uur regen, 2 uur droog / 10 uur regen, 2 uur droog / 6 uur regen*  
*cyclus 2: 24 uur licht / 102 min. droog, 18 min. regen*

Beide cycli zijn in afwisselende opeenvolging gebruikt (zeven dagen cyclus 1, zeven dagen cyclus 2). De niet verweerde proefstukken zijn opgeslagen in een klimaatkamer.

Na de verwerking zijn de proefstukken aan beide kopse zijden afgekort tot een lengte van 90 mm en is, conform de norm, in het midden aan de niet behandelde kant haaks op de vezelrichting een sleuf aangebracht (2 mm diep, 4 mm breed). De proefstukken zijn twee weken in een klimaatkamer gelegd (23 C, 65% RV) en hierna gesteriliseerd door ionenstralen.

Een sporensuspensie was gemaakt met twee blauwschimmelsoorten, *Aureobasidium pullulans* (de Barry) Arnaud and *Sclerophoma pithyophila* (Corda) v. Höhn. Alle proefstukken zijn gedompeld in de sporensuspensie en in september 2004 in een kweekbakje gelegd met 200 ml vermiculite and 75 ml deionized water. 15 ml sporensuspensie is over elk proefstuk gegoten. Hierna hebben de kweekbakjes 6 weken in een klimaatkamer gestaan en zijn de oppervlakten van de proefstukken beoordeeld volgens de criteria uit de EN 152:

Niet verblauwd: kan visueel aan het houtoppervlak bepaald worden

Weinig verblauwd: het oppervlak heeft alleen individuele kleine blauwe vlekjes met een diameter < 2 mm, voor proefstukken met een afwerklaag < 5 vlekjes per oppervlak

Verblauwd: egale verblauwing tot maximaal 1/3 van het oppervlak, of verblauwing in strepen tot de helft van het oppervlak

Sterke verblauwing: meer dan 1/3 van het oppervlak is egaal verblauwd, of meer dan de helft van het oppervlak vertoont blauwe strepen.

Om de interne verblauwing vast te stellen is aan beide zijden een stuk van 30 mm afgezaagd. De diepte van de blauwrijke zone was bepaald op drie plaatsen (midden, op 10 mm van beide zijden).



### 3.5 Wateropname

Per stam zijn twee kernhout en twee spinhout staken gemaakt (20 x 20 x 400 mm), totaal dus 44 staken. De staken zijn geklimatiseerd bij 23°C en 65% RV en gewogen. Hierna zijn de staken met het kopse vlakken (20 x 20 mm) in het water gezet in een afgesloten bak (met een RV van circa 65%. Na 1 en 7 uur, 1 en 2 dagen, 1, 2, 3 en 4 weken zijn de staken opnieuw gewogen om de kopse wateropname in kaart te brengen. Hierna zijn de staken in een klimaatkamer gezet (23°C en 65% RV) en in dezelfde tijdsinterval opnieuw gewogen om het waterverlies in kaart te brengen.

### 3.6 Krimp- en zwellgedrag

Per stam zijn 6 kernhout en 6 spinhout blokjes gemaakt (40 x 40 x 10 mm), totaal dus 132 blokjes. Met behulp van zoutoplossingen zijn in afgesloten bakken relatieve luchtvochtigheden van 25%, 54%, 70%, 90% en 98% bereikt bij een temperatuur van 23 °C. De blokjes zijn in de bakken gelegd en na klimatisering, gewogen en radiaal en tangentiaal gemeten. Een blokje is geklimatiseerd wanneer het in 12 uur niet meer in gewicht verandert.

De helft van de blokjes is gebruikt om het vochtgedrag bij wateropname te bepalen waarbij de volgende reeks is doorlopen: RV 25%, 54%, 70%, 90%, 98% en tenslotte gedroogd in een oven (24 uur bij 103 °C). Aan de andere helft van alle blokjes is het vochtgedrag bij waterafgifte bepaald waarbij de volgende reeks is doorlopen: RV 98%, 90%, 70%, 54%, 25% en tenslotte zijn ook deze blokjes gedroogd in een oven (24 uur bij 103°C).

Voor alle blokjes is bij elk klimaat het vochtgehalte bepaald:

$$\text{gewicht}_{\text{geklimatiseerd}} - \text{gewicht}_{\text{droog}} / \text{gewicht}_{\text{droog}} * 100\%$$

Voor de helft van de blokjes is de tangentiale en radiale krimp bepaald:

$$\text{afmeting}_{\text{bij rv 98\%}} - \text{afmeting}_{\text{bij rv x\%}} / \text{afmeting}_{\text{bij 98\%}}$$

Voor de andere helft is de tangentiale en radiale zwellling bepaald:

$$\text{afmeting}_{\text{bij rv x\%}} - \text{afmeting}_{\text{bij rv 25\%}} / \text{afmeting}_{\text{bij 25\%}}$$

Voor gewaterd spint, gewaterd kern, niet gewaterd spint en niet gewaterd kern zijn de gemiddelde waarden van evenwichtshoutvochtgehalte en van het krimp en zwellling bepaald.

### 3.7 Sterkte

Van alle stammen zijn uit gedroogd hout (vochtgehalte circa 12%) staken (20 x 20 x 400 mm) gezaagd. Per stam 4 staken, 2 uit het spint en 2 uit het kernhout. De staken zijn in een vierpuntsbuigproef uit gevoerd op een drukbank (Zwick (Z020), drukcel 20kN, snelheid 15 mm/min) in 1-3 minuten tot breuk belast. De maximale kracht alsmede de kracht en doorbuiging is geregistreerd. Uit de maximale kracht is de MOR (modulus of rupture = buigsterkte) berekend N/mm<sup>2</sup>. Uit de relatie tussen doorbuiging en aangebrachte kracht is in het elastische deel de MOE (modulus of elasticity = elasticiteitsmodulus) berekend N/mm<sup>2</sup>.

### 3.8 Bepaling ijklijn voor elektrische houtvochtmeting

Van elke stam is een spint- en een kernblokje (50 x 50 x 130 mm) gemaakt met daarin twee elektroden die 25 mm diep in het hout staken en 40 mm uit elkaar lagen. De 22 blokjes zijn eerst geklimatiseerd bij 65% R<sub>V</sub> en 23 °C. Een blokje is geklimatiseerd wanneer het gewicht niet meer verandert in 12 uur. Met behulp van zoutoplossingen zijn in afgesloten bakken R<sub>V</sub>'s van 11%, 35%, 54%, 75%, 82% en 92% bereikt bij een temperatuur van 23 °C. Alle blokjes zijn in elke bak geklimatiseerd en daarna gewogen en met behulp van een elektrische vochtmeter (ingesteld op ijklijn 0) is steeds de weerstand tussen de elektroden bepaald. Tenslotte zijn alle blokjes in 24 uur gedroogd in een oven van 103 °C en is opnieuw het gewicht bepaald.

Op basis van veranderingen in gewicht en op basis van de gemeten elektrische weerstand via de elektroden is bij elk klimaat het houtvochtgehalte bepaald. Hierna zijn de gemiddelde waarden berekend voor gewaterd spint- en kernhout en voor niet gewaterd spint- en kernhout. De gemiddelde waarden zijn in een grafiek uitgezet en de relatie tussen het vochtgehalte bepaald door drogen én door elektrische weerstand is voor gewaterd en niet gewaterd hout ook in een formule weergegeven. Deze formule kan beschouwd worden als ijklijn welke aan het databestand van een elektrische houtvochtmeter kan worden toegevoegd.



### 3.9 Impregnerende verf

Drie van de vier impregnerende (Drywood) systemen zijn varianten op basis van een wateroplosbare lijnolie met IBPC en propiconazole als actieve component in wisselende onderlinge verhoudingen (code: A, B en C). Het vierde systeem (code D) heeft dezelfde actieve componenten als B maar dan op basis van een waterafstotend product in plaats van lijnolie. Als afwerking is een semi-transparant Drywood-systeem gebruikt (formulering onbekend).

Van alle systemen is in 3-voud het droge-stofgehalte bepaald om de opgenomen hoeveelheid (natte) verf te kunnen omrekenen naar toename in drooggewicht. Een kleine hoeveelheid verf is hiertoe in een aluminium bakje gedaan en vervolgens in een oven (103 °C) geplaatst. Het bakje wordt gewogen na 24 en 48 uur.

De weerstand tegen schimmelaantasting conform NEN-EN 113 (1996) is voor geïmpregneerd gewaterde grenenspint bepaald. Uit een plank zijn 6 latten gezaagd, waaruit elk 16 blokjes (15 x 25 x 50 mm) zijn genomen volgens onderstaand schema. De blokjes 1 – 18 zijn bedoeld voor de test, 0 en 27 als vochtcontroles en 25 – 26 als massacontroles.

	blokjesnummer															
	0	1	2	3	6	7	8	11	12	13	16	17	18	25	26	27
<b>1=A</b>	A0	B1	C2	D3	E6	F7	A8	B11	C12	D13	E16	F17	A18	B25	C26	D27
<b>2=B</b>	B0	C1	D2	E3	F6	A7	B8	C11	D12	E13	F16	A17	B18	C25	D26	E27
<b>3=C</b>	C0	D1	E2	F3	A6	B7	C8	D11	E12	F13	A16	B17	C18	D25	E26	F27
<b>4=D</b>	D0	E1	F2	A3	B6	C7	D8	E11	F12	A13	B16	C17	D18	E25	F26	A27
<b>5=B'=E</b>	E0	F1	A2	B3	C6	D7	E8	F11	A12	B13	C16	D17	E18	F25	A26	B27
<b>6=D'=F</b>	F0	A1	B2	C3	D6	E7	F8	A11	B12	C13	D16	E17	F18	A25	B26	C27

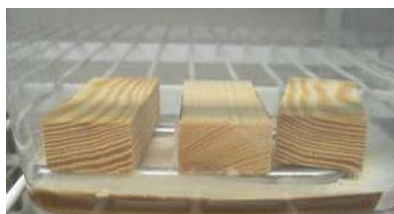
A : serie A; B : series B en E; C : serie C; D: series D en F; E: B met uitlogen; F: D met uitlogen.

De testblokjes zijn geklimatiseerd (20 °C en 65% RV) en gewogen, de vochtcontroleblokjes zijn (na klimatiseren) in de oven (24 uur, 103 °C) gedroogd en gewogen. De geklimatiseerde testblokjes zijn 10 minuten in de impregneerverf gedompeld. Om de opgenomen hoeveelheid verf te bepalen is meteen na dompeling het natte gewicht bepaald.

Een deel van de blokjes zijn direct na behandeling met de impregneerde verf uitgelogd. Bij het uitlogen zijn de blokjes 5 maal onder vacuüm geïmpregneerd met water. Hierna zijn alle blokjes twee weken gedroogd in een klimaatkamer (20 °C en 65% RV).

Hierna zijn de blokjes opnieuw gewogen en na sterilisatie d.m.v. gammastraling in een steriele ruimte met een van de onderstaande testschimmels gebracht. Na 16 weken zijn de blokjes gedroogd en opnieuw gewogen om het massaverlies te bepalen.

Soort	Stam	Type	Nederlands naam	Min. massaverlies virulentiecontroles
<i>Coniophora puteana</i>	BAM Ebw. 15	bruinrot	kelderzwam	20%
<i>Gloeophyllum trabeum</i>	BAM Ebw. 109	bruinrot	plaatjeshoutzwam	20%
<i>Poria placenta</i>	FPRL 280	bruinrot	poriënzwam	20%



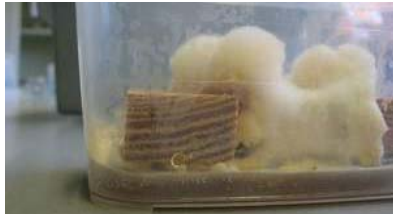
blokjes 24, na 2 weken *Gloeophyllum* belasting



blokjes 30, na 2 weken *Gloeophyllum* belasting



blokjes 5, na 2 weken *Coniophora* belasting



blokje 18, na 16 weken  
*Gloeophyllum* belasting



blokje 18, na 16 weken  
*Gloeophyllum* belasting

De wateropname is bepaald conform NEN-EN 927-5 (2000). Uit drie gewaterde grenen planken zijn elk 12 monsters (150 x 70 x 20 mm) gehaald. De smalle zijden zijn afgedicht met een 2 componenten PU, de hartzijde zijn afgedicht met oplosmiddel-alkyd (Sigmolith A22) in een laagdikte van 100 µm droog. Hierna zijn de monsters één week opgeslagen in een klimaatkamer (20 °C en 65% RV). Vervolgens zijn de verfsystemen met de kwast op de bastzijde aangebracht (ca. 140 g/m<sup>2</sup>). Onafgewerkte plankjes en plankjes behandeld met Restol (opgebracht volgens voorschrift) zijn gebruikt als referentie (vijf replica elk). Alle behandelde monsters zijn één week gedroogd bij 23 °C en 50% RV en daarna één week bij 20 °C en 65% RV.

De plankjes zijn met de bastzijde 3 dagen (72 uur) op water gelegd. De plankjes zijn gewogen bij aanvang en na 8, 24 en 72 uur. Hierna zijn de plankjes 4 weken gedroogd in een klimaatkamer (20 °C en 65% RV) en opnieuw 72 uur op water getest en weer gewogen bij aanvang en na 8, 24 en 72 uur.

Tien stukken geschaafd gewaterd grenen (aanvullend geleverd door Twickel) zijn samen met 4 fijn bezaagde referentieplanken (veel gebruikte andere behandelingen), in een buitenexpositie gehangen (September 2005). Er is slechts voor 2 impregneersystemen gekozen en de keuze was gebaseerd op een betere waterafstotendheid tijdens de eerste fase van de wateropnametest. Van het gewaterde hout zijn er 2 delen onbehandeld (blanco); 4 delen met impregneerverf A waarvan 2 delen met een groenige afwerklaag; 4 delen met impregneerverf D waarvan 2 delen met een groenige afwerklaag. Van de referentieplanken waren 2 delen onafgewerkt Plato en 2 delen onafgewerkt Woodlife (geïmpregneerd met een middel op basis van propicomnazole).

De volgorde van de planken, van boven naar beneden, in de buitenexpositie is als volgt:

1: woodlife; 2: systeem D met filmvormende groene afwerklaag; 3: blanco; 4: systeem A met filmvormende groene afwerklaag; 5: PLATO; 6: systeem A; 7: systeem A met filmvormende groene afwerklaag; 8: systeem D; 9: PLATO; 10: systeem A; 11: systeem D met filmvormende groene afwerklaag; 12: blanco; 13: woodlife.

### 3.10 Monitoren schaaldelen op Braamakker

De schaaldelen zijn tijdens het proces van impregneren, op het moment van plaatsing aan de Braamakker en circa 1,5 jaar na plaatsing beoordeeld op vochtgehalte, vervorming en aanwezigheid van scheuren.



## 4 Resultaten

### 4.1. Partijkeuring

Op onderstaande foto zijn stamschijven te zien van het onderzoeksmateriaal.



Boven: 6 schijven van niet gewaterd hout (door lichtblootstelling is hier het kernhout oranje van kleur); onder: vijf schijven van stammen die gewaterd zijn (vers gezaagd waardoor het kernhout nog niet verkleurd is maar wel zichtbaar doordat het droger is)

Tijdens het verzagen van de niet gedroogde platen in latten (zie onderstaande foto's) is gelet op spanning in het hout. In onderstaande tabel is aangegeven hoe sterk de interne spanning in het hout was. Onderscheid is gemaakt tussen wijken of klemmen tijdens het schulpen.



Niet gewaterde grenen stam 1



Niet gewaterde grenen stam 2



Niet gewaterde grenen stam 3



Gewaterd grenen stam 9



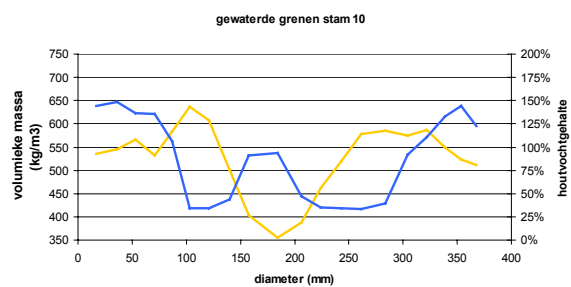
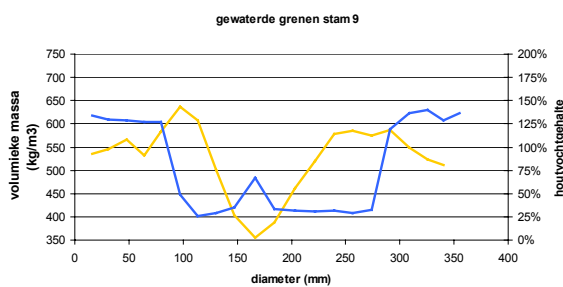
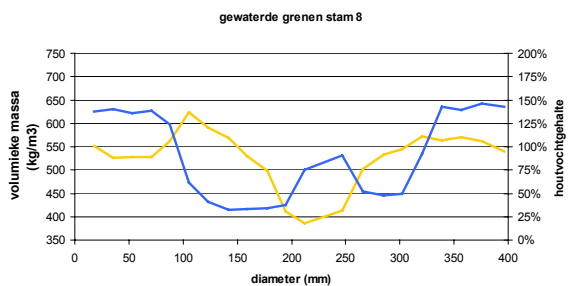
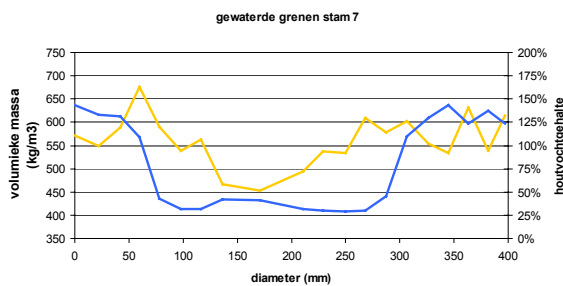
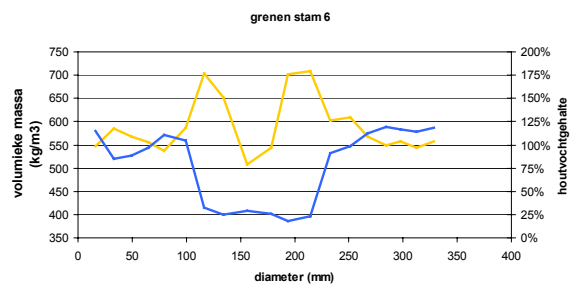
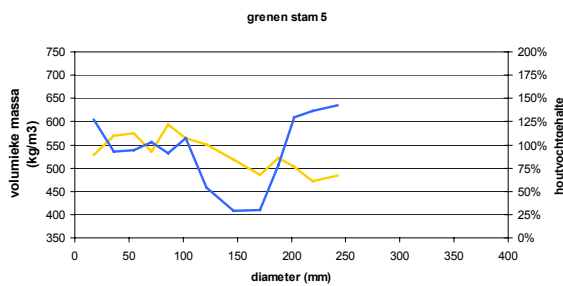
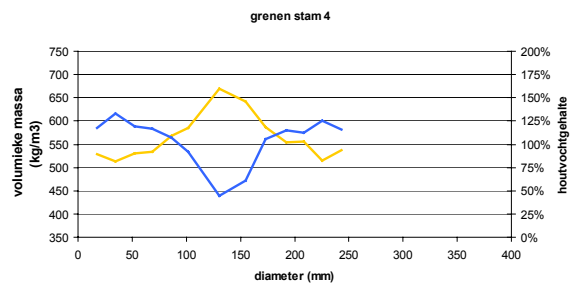
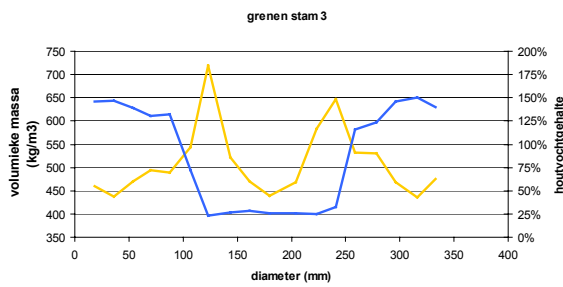
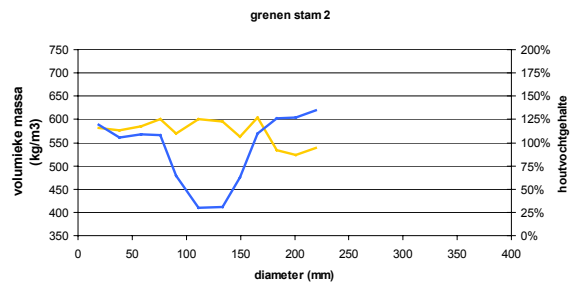
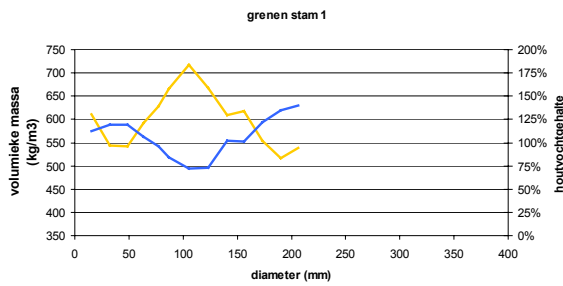
Gewaterd grenen stam 10

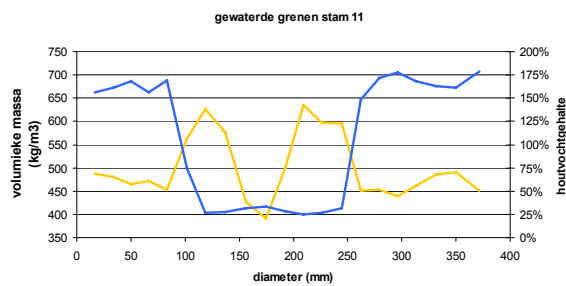


Gewaterd grenen stam 11

Spanning in hout: 0=geen ; x=weinig; xxxxx=erg veel					
		Spint		Kern	
	Stam nr.	Knellen	Wijken	Knellen	Wijken
Niet gewaterd	1	x	x	xx	xx
	2	xx	xx	o	xx
	4	xxx	xxx	o	x
	5	o	xx	o	o
	6	xxxxx	xx	o	xx
Gewaterd	7	o	o	o	xx
	8	o	o	xxx	o
	9	o	o	o	o
	10	o	o	o	o
	11	o	o	o	o

In onderstaande grafieken staat het verloop van het vochtgehalte (blauwe lijn) en de dichtheid (gele lijn) over de diameter van de stam aangegeven. Opvallend is dat het niet gewaterde spinhout een vochtgehalte heeft van 100 – 140% terwijl het gewaterde spinhout een vochtgehalte heeft van 125 – 170%. Het vochtgehalte van het kernhout ligt rond de 30% ongeacht of het gewaterd is of niet. Opvallend is wel dat in al de de gewaterde stammen het kernvochtgehalte rond het hart iets hoger ligt. Bij de meeste stammen is de dichtheid van het juveniele hout laag. In alle stammen is de dichtheid van het spint 10-20% lager dan dat van het volwassen kernhout. Deze hogere dichtheid van het kernhout wordt veroorzaakt door inhoudstoffen die tijdens het proces van verkerning in het hout worden gebracht.





In veel gewaterde stammen is direct onder de bast in het hout een laag (1-3 mm dik) met donkerbruine verkleuring waargenomen. Dit betreft bastmateriaal dat in het spinhout is ingespoeld.

De kleur van het gewaterde hout is wat grauwer dan van niet gewaterd hout.



verkleuring door inspoelen bastmateriaal (balkje onder), kleurverschil door wateren (onder gewaterd)  
 enkele mm onder het verkleurde hout is hiervan niets meer terug te vinden (balkje boven)

#### 4.2 Duurzaamheid in grondcontact

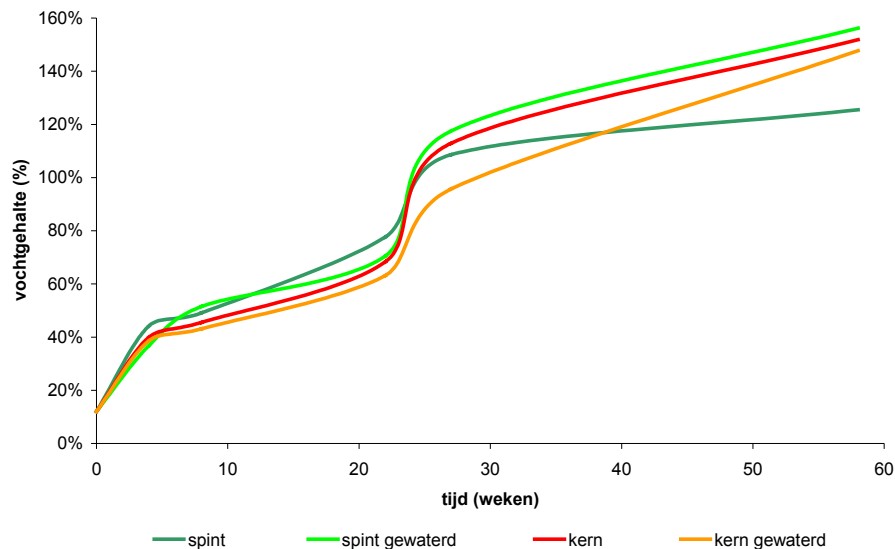
In de onderstaande tabel is te zien dat de variatie (std / gemiddelde) bij de vet gedrukte getallen meer is dan 50% en bij de cursief gedrukte getallen meer is dan 25%. Grote variatie komt voor in de weken 22 en 27 en wordt veroorzaakt door veranderende vochtclimate in de bakken. Na week 22 zijn de bakken vochtiger gemaakt en dit heeft de aantasting bevorderd.

Helaas zijn de gegevens van de trekkingen na 27 – 51 weken verloren gegaan. Echter tussen de trekkingen na 51 en 58 weken is nauwelijks extra massaverlies geconstateerd.

Er blijkt geen verschil te zijn tussen het gewaterde en niet gewaterde hout. Het spinhout is niet duurzamer en het kernhout is niet minder duurzaam. Dit geldt zowel voor het gemiddelde als voor de variatie.



	spinhout		kernhout	
	Niet gewaterd	gewaterd	Niet gewaterd	gewaterd
<b>tijd in weken</b>	<b>massaverlies in g (gemiddeld en (std))</b>			
4	9 (3)	11 (1)	6 (2)	7 (3)
8	19 (2)	20 (2)	14 (3)	17 (2)
22	<b>36 (21)</b>	<b>26 (18)</b>	<b>22 (17)</b>	<b>21 (13)</b>
27	52 (11)	56 (6)	25 (12)	14 (4)
58	66 (3)	69 (3)	49 (13)	44 (14)
	<b>vochtgehalte in % (gemiddeld en std)</b>			
0	12	12	12	12
4	44 (6)	37 (2)	40 (9)	39 (7)
8	49 (5)	52 (22)	46 (7)	43 (7)
22	78 (13)	71 (18)	68 (9)	63 (10)
27	109 (17)	117 (49)	113 (39)	96 (25)
58	126 (37)	156 (44)	152 (39)	148 (35)



Gemiddeld vochtgehalte tijdens de test

#### 4.3 Weerstand tegen houtaantastende schimmels

Op basis van de massa van de monsters na klimatiseren (houtvochtgehalte ca. 12%) is de gemiddelde volumieke massa van het monstermateriaal berekend. Omdat opeenvolgende blokjes uit dezelfde stam steeds aan verschillende schimmels zijn toebedeeld, zijn er nauwelijks verschillen tussen het monstermateriaal per schimmel en is alleen het totaal gemiddelde weergegeven.

	Volumieke massa (kg/m <sup>3</sup> )	Std
gewaterd spint	550	51
niet-gewaterd spint	570	43
gewaterd kern	570	62
niet-gewaterd kern	600	104
referenties (grenen spint)	530	76
virulentiecontroles (grenen spint)	550	69

Op basis van de aantasting van de virulentiecontroles kan gesteld worden dat de testresultaten geldig zijn. Alle bruinrotschimmels hebben de minimaal voorgeschreven massaverliezen bereikt. *Coriolus*, de witrotschimmel, is weliswaar iets achtergebleven, maar het verschil is klein, zeker als het resultaat voor *niet-gewaterd* grenen spint in aanmerking wordt genomen. Bovendien is dit een schimmel die zich toch al meer thuis voelt op loofhout, zoals eiken e.d.

De gemiddelde massaverliezen zijn onderstaand per type monster samengevat:

Gemiddeld massaverlies (in %)								
	<i>Coniophora</i>		<i>Gloeophyllum</i>		<i>Coriolus</i>		<i>Poria</i>	
	Gem.	Std.	Gem.	Std.	Gem.	Std.	Gem.	Std.
Gewaterd spint	33,8	3,8	24,8	10,7	4,0	1,7	19,9	2,1
Niet-gewaterd spint	34,1	6,2	34,0	7,1	13,3	1,4	14,9	3,1
Gewaterd kern	6,2	9,6	0,0	0,7	0,2	0,7	11,9	5,0
Niet-gewaterd kern	8,5	12,2	6,3	10,8	2,3	4,2	10,5	4,7
Referenties	44,8	9,7	36,2	7,3	12,4	3,0	16,9	2,3
Virulentiecontroles	42,2	4,3	34,4	2,4	12,5	1,2	20,1	3,3

## 4.4 Blauwgevoeligheid

### 4.4.1. Veldtest

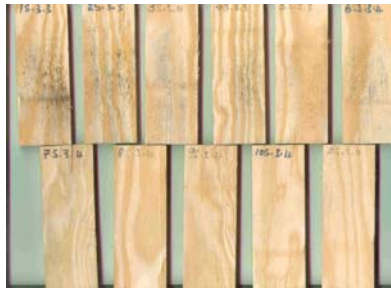
Niet eerder dan na 8 weken buitenexpositie werd blauw zichtbaar met name op het niet-gewaterde hout. Echter na 12 weken expositie was sterke verblauwing zichtbaar op de niet-gewaterde proefstukken en op het gewaterde hout waren alleen initiële blauwe stipjes zichtbaar. Onderstaande foto's geven een beeld van het verloop van de verblauwing tijdens de test.



start expositie

7 weken

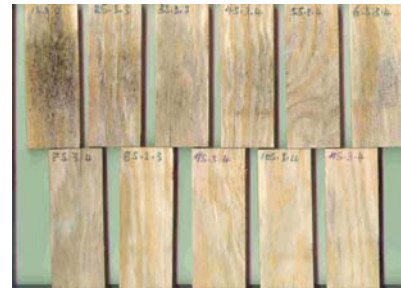
8 weken, verblauwing begint



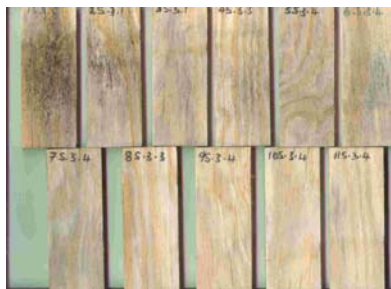
9 weken, toenemende verblauwing



10 weken, toenemende verblauwing



11 weken, toenemende verblauwing



12 weken, toenemende verblauwing



12 weken, achterkant plankjes

#### 4.4.2 Laboratorium test

Na de snelverwering zijn de typische kenmerken van veroudering zichtbaar: verkleuring, vervorming en scheurvorming. Zuiver kwartierse delen vertonen de minste scheuren maar schotelen komt bij bijna alle proefstukken voor. Monster 10 is bij niet gewaterd hout gelakt en al deze proefstukken waren niet gescheurd en niet geschoteld. Voor de resultaten per proefstuk zie bijlage 1.

scheuren en verkleuring na snelverwering  
in niet gewaterd grenen (stam 2)scheuren en verkleuring na snelverwering in  
gewaterd grenen (stam 7)

De visuele beoordeling op verblauwing volgens EN 152 laat weinig verschillen zien (zie bijlage 1) maar het totaal gemiddelde over al de gewaterde plankjes is 1.9 en dat voor niet gewaterd hout is iets hoger, 2.1.

#### 4.5 Wateropname

In de onderstaande tabel zijn de resultaten van het wateropname-experiment weergegeven.

wateropname (g/4 cm <sup>2</sup> )								
tijd (dagen)	niet gewaterd				gewaterd			
	spint (N=12)		kern (N=12)		spint (N=10)		kern (N=10)	
	Gemiddeld	Std.	gemiddeld	Std.	gemiddeld	Std.	gemiddeld	Std.
0,04	3,5	1,0	0,8	0,4	12	7,5	0,7	0,3
0,29	5,7	1,2	1,7	0,8	19	12,3	1,7	0,6
1	8,8	1,4	3,1	1,3	25	14,2	3,2	0,9
2	11,4	1,5	4,4	1,9	29	14,9	4,3	1,3
3	13,3	1,5	5,2	2,2	31	15,4	5,3	1,5
7	16,9	1,9	7,0	2,9	36	16,5	7,7	2,2
14	22,3	1,9	8,3	3,4	42	15,2	8,9	2,6
21	27,8	3,1	9,0	4,2	46	13,7	9,1	2,5
35	27,5	4,2	8,9	4,7	39	12,0	8,7	2,5
waterafgifte (g)								
	niet gewaterd				gewaterd			
0,04	1,1	0,2	0,5	0,1	2,1	0,4	0,8	0,2
0,29	5,4	0,9	1,8	0,6	10,4	2,6	2,3	0,5
1	16,2	2,6	4,1	2,1	27,5	7,9	4,5	1,3
2	22,9	3,8	5,8	3,3	33,7	10,4	5,8	1,8
3	24,7	4,3	6,6	3,9	35,7	11,3	6,3	2,0
7	25,9	4,3	7,4	4,3	37,2	11,7	7,2	2,3
14	26,0	4,3	7,6	4,3	37,4	11,7	7,4	2,3
21	26,1	4,3	7,7	4,4	37,5	11,7	7,6	2,4

#### 4.6 Krimp en zwellgedrag

In onderstaande tabel staan de gemiddelde waarden van het evenwichtshoutvochtgehalte en de krimp en zwellung bij verschillende relatieve luchtvochtigheden aangegeven. Voor individuele waarden van de monsters en statistieken zie bijlage 2.

gemiddelde krimp (% van natte afmeting) ,N=3						
gewaterd						
RV(%)	vochtgehalte (%)		radiaal (%)		tangentiaal (%)	
	spint	kern	spint	kern	spint	kern
97	26	26	0,0	0,0	0,0	0,0
80	18	17	1,1	1,1	2,3	2,5
70	15	13	2,1	2,0	3,8	3,0
55	11	11	2,2	2,1	4,3	4,5
25	6	6	3,3	3,0	6,0	6,3
0	0	0	4,3	4,0	7,4	7,9
niet gewaterd						
97	27	25	0,0	0,0	0,0	0,0
80	18	18	1,1	0,9	2,3	1,8
70	15	14	2,1	1,7	3,5	2,9
55	12	11	2,3	1,7	4,3	3,5
25	6	6	3,4	2,6	6,0	5,0
0	0	0	4,6	3,4	7,5	6,4
zwellung (% van ovdroge afmeting)						
gewaterd						
0	0	0	0	0,0	0	0,0
26	6,7	8	1,1	1,1	1,6	1,6
43	8,5	10	1,4	1,4	2,2	2,1
70	13,3	14	2,3	2,1	3,7	3,6
80	14,9	15	2,8	2,5	4,4	4,3
97	22,6	22	4	3,5	6,8	6,7
niet gewaterd						
0	0	0	0,0	0	0,0	0
26	6,8	7	1,2	0,9	1,5	1,4
43	8,8	9	1,6	1,2	2,1	2
70	13,4	13	2,5	1,8	3,6	3,3
80	15,2	15	3,0	2,2	4,3	3,9
97	22,8	22	4,4	3,2	6,7	5,9

#### 4.7 Sterkte

In onderstaande tabel staan de gemiddelde waarden van elasticiteitsmodulus en buigsterkte aangegeven. Voor individuele waarden van de monsters en statistieken zie bijlage 3.

		Elasticiteitsmodulus (N/mm <sup>2</sup> )	Buigsterkte (N/mm <sup>2</sup> )
	N	Gemiddelde (std)	
Gewaterd spinhout	10	10.545 (2.747)	82,7 (10,3)
Niet gewaterd spinhout	12	9.878 (2.913)	70,1(15,8)
Gewaterd kernhout	10	8.111 (1.754)	85,4 (16,3)
Niet gewaterd kernhout	12	7.682 (1.936)	76,2 (20)

#### 4.8 Elektrische vochtmeter

In onderstaande tabellen staan de gemiddelde waarde van de houtvochtmetingen (op basis van gewicht en elektrische weerstand) aangegeven. Voor individuele waarden van de monsters en statistieken zie bijlage 4.

Gemiddelde houtvochtbepaling (%) bij verschillende RV en met verschillende methoden									
gewaterd (N=5)					niet gewaterd (N=6)				
RV (%)	spint		kern		spint		kern		
	weerstand	gewicht	weerstand	gewicht	weerstand	gewicht	weerstand	gewicht	
11	5,5	4,0	6,1	7,5	5,8	4,5	6,1	5,6	
35	5,9	6,4	6,0	8,6	6,0	6,8	5,9	7,1	
54	8,3	10,0	7,6	11,2	9,4	10,5	7,2	10,2	
75	12,4	13,3	10,7	13,9	13,9	13,8	10,5	13,2	
82	14,6	15,1	13,1	15,5	16,4	15,6	13,0	15,2	
92	17,8	19,1	15,9	18,7	19,8	19,5	16,0	18,3	

Houtvochtbepaling bij verschillende RV en met verschillende methoden (%), gemiddelde waarde voor het kern- en spinthout samen				
RV (%)	gewaterd (N=5)		niet gewaterd (N=6)	
	weerstand	gewicht	weerstand	gewicht
11	5,8	5,7	5,9	5,1
35	6,0	7,5	6,0	6,9
54	7,9	10,6	8,3	10,3
75	11,6	13,6	12,2	13,5
82	13,9	15,3	14,7	15,4
92	16,8	18,9	17,9	18,9

#### 4.9 Gewaterd grenenspint met impregnerende verf

In de onderstaande tabel staat het droge stofgehalte van de gebruikte verven weergegeven. Deze waarden zijn gebruikt om de opgenomen hoeveelheid (natte) verf te kunnen omrekenen naar toename in drooggewicht van de blokjes.

verf type	massa			drogestof gehalte	gem	sdev
	bakje (g)	verf (g)	droog (g)			
A	1,3007	13,9898	3,3183	15,90%	15,93%	0,03%
	1,309	16,3564	3,709	15,95%		
	1,3037	16,3005	3,6959	15,95%		
B	1,3033	16,1358	3,5714	15,29%	15,25%	0,10%
	1,3047	16,1535	3,5806	15,33%		
	1,3038	16,276	3,5705	15,14%		
C	1,304	16,1495	3,6033	15,49%	15,48%	0,02%
	1,3176	16,5056	3,6715	15,50%		
	1,311	16,3925	3,6428	15,46%		
D	1,3082	16,1373	2,6172	8,83%	8,73%	0,16%
	1,311	16,224	2,6241	8,81%		
	1,3048	16,2041	2,5781	8,55%		

De resultaten van de schimmeltest in de vorm van massaverliezen (med. = mediaan; gem. = gemiddelde) zijn in onderstaande tabel weergegeven. Negatieve massaverliezen worden als 0 (nul) geïnterpreteerd. A-D zijn geteste systemen, E en F zijn geteste systemen B en D die vooraf uitgelooft zijn.

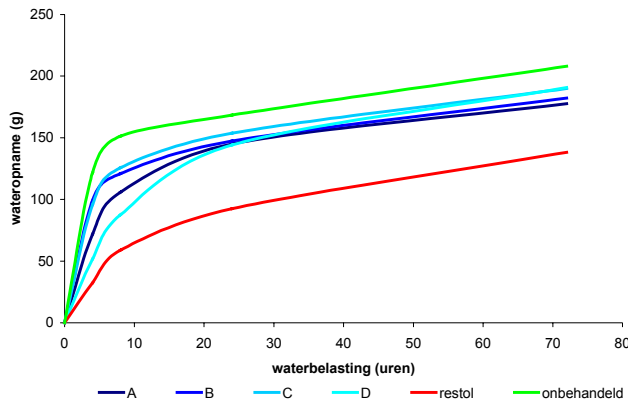
schimmel	<i>Coniophora puteana</i>				<i>Gloeophyllum trabeum</i>				<i>Poria placenta</i>			
	med.	X	gem.	X	med.	X	gem.	X	med.	X	gem.	X
referentie	49,4%		41,2%		42,4%		45,3%		30,5%		27,5%	
A	0,2%	0,00	0,2%	0,00	0,4%	0,01	0,3%	0,01	0,0%	0,00	0,0%	0,00
B	0,0%	0,00	-0,1%	0,00	-0,2%	0,00	-0,2%	0,00	0,1%	0,00	0,1%	0,00
C	0,5%	0,01	0,5%	0,01	0,2%	0,00	0,2%	0,00	0,3%	0,01	0,2%	0,01
D	0,1%	0,00	2,1%	0,05	-0,1%	0,00	-0,1%	0,00	-0,1%	0,00	0,0%	0,00
E	0,5%	0,01	0,6%	0,01	-0,1%	0,00	-0,1%	0,00	0,2%	0,01	0,3%	0,01
F	17,9%	0,36	15,0%	0,36	-0,1%	0,00	-0,1%	0,00	1,2%	0,04	1,5%	0,06

De resultaten van de virulentiecontroles (onbehandeld materiaal om de virulentie van de schimmels te controleren) staan in onderstaande tabel weergegeven en omdat alle waarden van de referenties voldoen aan de gestelde eis (massaverlies > 20%) is de proef geldig.

schimmel	<i>Coniophora puteana</i>		<i>Gloeophyllum trabeum</i>		<i>Poria placenta</i>	
	mediaan	gemiddeld	mediaan	gemiddeld	mediaan	gemiddeld
grenen	32,5%	33,6%	37,3%	37,1%	23,7%	23,5%

De gemiddelde wateropname van de 5 replica voor de verschillende verven en referenties is weergegeven in de volgende tabel en grafiek.

verf	A		B		C		D		Restol		onbehandeld	
	gem	std	gem	std	gem	std	gem	std	gem	std	gem	std
0	0		0		0		0		0		0	
4	72	10	99	10	96	10	52	4	32	3	122	11
8	106	12	121	18	126	16	88	8	59	15	151	5
24	145	17	147	16	154	14	144	12	93	8	168	15
72	178	19	182	15	190	15	191	14	138	13	208	19



De referentie Restol blijkt het hout het best tegen waterindringing te beschermen. De beschermende werking van de impregneerverven (A-D) zijn na 72 uur nagenoeg gelijk en is beperkt.

Voor de buitenexpositie is gekozen voor die verfsystemen die in het begin van de waterbelasting voor de betere bescherming zorgen. Dit zijn de systemen A en D.

Bij de applicatie van de planken voor de buitenexpositie bleek dat de afwerking op systeem D wat moeilijkheden gaf (problemen met uitvloeiing en hechting). Onderstaande foto's geven een beeld van de buitenexpositie.

In onderstaande tabel zijn de relevante gegevens van de buitenexpositie aangegeven.

product	inspectie			
	aanvang (2005-09)		0,5 jaar (2006-04)	
	vochtgehalte	Overige	vochtgehalte	Overige
systeem A	12	X	16-17 %	
systeem A met filmvormende groene afwerklaag	12	X	14-15 %	
systeem D	12	X	14 – > 30%	
systeem D met filmvormende groene afwerklaag	12	Verfonthechting	17- 18	Verfonthechting
blanco	12	X	16-18	
woodlife	12	X	13 – 14	
PLATO	8	x	12	





Volgorde van boven naar beneden: 1: woodlife; 2: systeem D met filmvormende groene afwerklaag; 3: blanco; 4: systeem A met filmvormende groene afwerklaag; 5: PLATO; 6: systeem A; 7: systeem A met filmvormende groene afwerklaag; 8: systeem D; 9: PLATO; 10: systeem A; 11: systeem D met filmvormende groene afwerklaag; 12: blanco; 13: woodlife

Expositie bij aanvang (september 2005)

Expositie na 0,5 jaar (april 2006)

#### 4.10 Braamakker

De gevelbekleding schaaldelen voor de Braamakker zijn geïmpregneerd door Leegwater Houtbereiding met Woodlife HL 50, een watergedragen product op basis van propiconazole. Deze werkzame stof geeft bescherming tegen aantasting door schimmels bij een opgenomen hoeveelheid van minimaal  $1 \text{ kg} / \text{m}^3$  hout (= ca. 150 liter Woodlife HL 50).

De ervaring met gewaterd grenen tijdens het impregneren zijn:

- De schaaldelen hebben extreem veel impregneervloeistof opgenomen:  $324 \text{ liter per m}^3$ . Dit is meer dan tweemaal de benodigde hoeveelheid.
- Bovendien is deze hoeveelheid in vrij korte tijd opgenomen: de drukperiode heeft slechts ongeveer 2 uur geduurd en dat is duidelijk korter dan bij 'normale' ketelladingen.
- Door de hoge opname bevatte het hout na het impregneren extreem veel water. Daarom achtte Leegwater het beter om de delen niet in de droogkamer (met geforceerde droging) te plaatsen vanwege mogelijke scheurvorming. In plaats daarvan zijn ze eerst in een klimaatkamer geplaatst en na verloop van tijd op de wind buiten onder overstek.

Net voor plaatsing was het hout opgeslagen onder een klein overstek. Ondanks de behandeling (impregneren met watergedragen product) zijn er opvallend weinig kopscheuren. Als er al sprake is van een kopscheur, dan is deze relatief kort en niet doorgaand, hoogstens 10 cm. Dit is meer dan vóór de behandeling, al is dit niet objectief vastgesteld.

Het houtvochtgehalte (capacitief, dichtheid  $510 \text{ kg/m}^3$ ) tijdens opslag (14 juni 2004) varieerde tussen 12 – 16%. Alleen in de tweede plank van boven werd 17 – 19% gemeten wat toegerekend moet worden aan benatting door neerslag.



Drogend aan de wind na impregneren, werf Leegwater

Tijdens de inspectie in september 2004 zijn de gewaterde grenen schaaldelen nagenoeg allemaal aangebracht op de Braamakker. Per deel is één nagel gebruikt, boven in het deel. Op enkele plaatsen, waar een deel teveel ging wijken, zijn dat er twee. Op het moment van inspectie waren de kopse zijden van de delen nog vrij. Later komen hier nog hoeklatten tegen, maar de openingen zullen niet worden afgekit. De delen liggen niet altijd vrij van de vlonderdelen. Aan de bovenzijde zitten ze vaak strak tegen het riet. Verwacht wordt dat de openingen tussen de delen voldoende zullen zijn om voor adequate ventilatie te zorgen. De gevelopeningen zijn voorzien van metalen dorpels, om inwateren te voorkomen. Aan de binnenzijde is het regelwerk van een folie voorzien.

Alle schaaldelen zijn vóór plaatsing rondom één keer geverfd en na plaatsing aan de buitenzijde nog een keer geverfd. De witte wankanten zijn op de gevel aangebracht in één laag en een tweede laag is nodig omdat de dekking nog onvoldoende gedekt was. De schilder heeft aangegeven meer verf nodig te hebben gehad dan tevoren gedacht. Dit komt overeen met de ervaring van Leegwater en het bekende gegeven dat gewaterd hout meer verf kan opnemen dan niet-gewaterd materiaal.

Rondom het pand (west-, zuid- en oostzijde) zijn (in september 2004) houtvochtgehaltenes gemeten met een capacatieve houtvochtmeter, ingesteld op een dichtheid van  $510 \text{ kg/m}^3$ . Telkens zijn een set aan metingen uitgevoerd: eerst onderaan (vlak boven de vlonder), op 1 m hoogte en 2 m. Aan de westzijde variëren de waarden globaal tussen 10 en 16%, waarbij de hoogste waarden steeds bij de vlonder zitten en de laagste op 2 m hoogte. Aan de zuid- en oostzijde variëren de waarden tussen 12 en 17%, echter zonder de gradiënt met de meethoogte. Aan de noordzijde van de oostelijke uitbouw werden op 2 m hoogte op één deel, hoge waarden gemeten tot boven 30%. Via de steiger kon ook nog hoger worden gemeten en daar viel het houtvochtgehalte weer terug tot waarden tussen 11 en 20%. Blijkbaar was er slechts één nat schaaldeel aanwezig is, dat mogelijk voor plaatsing nat was geworden.



Schaaldelen vóór impregneren, werf Jurriëns

Braamakker september 2004, net geplaatste schaaldelen op witte bies. Doordat de hoekverbinding nog niet is afgedekt met een hoeklat is zichtbaar dat de hartzijde altijd binnen zit.

#### Inspectie schaaldelen 28 maart 2006

In het bijzijn van Jan Vogelaar (hoofduitvoerder van Jurriëns) zijn de schaaldelen op 28 maart visueel geïnspecteerd. Het vochtgehalte is van sommige delen bepaald met een elektrische houtvochtmeter (ingesteld op grenen, 10 °C).



Braamakker (westzijde) maart 2006

uitbouw achterzijde (noordzijde)

gevel uitbouw noordzijde (deel 5 –9 vanaf onder)



gevel uitbouw noordzijde (eerste 5 delen)



gevel uitbouw zuidzijde



Gevel voorzijde (westzijde)

Het houtvochtgehalte van de meeste schaaldelen lag tussen 13 – 17%. Echter op gevels van het westen en het noorden lag het vochtgehalte hoger 17- 22%. Enkele delen op de noord- en westgevels hadden zonder duidelijke oorzaak een vochtgehalte van >30%.

Hoewel de kopse kanten direct aansloten op de koplatten was het vochtgehalte in de schaaldelen bij de kopse kant niet hoger.

Er zijn geen rotte plekken waargenomen en de schaaldelen zijn opvallend vrij van scheuren. Geschat wordt dat 5% van de delen scheuren vertonen en de scheuren zijn opvallend klein. Er zijn geen verdere gebreken waargenomen.



## 5. Discussie

### 5.1 Partijkeuring en vochthuishouding

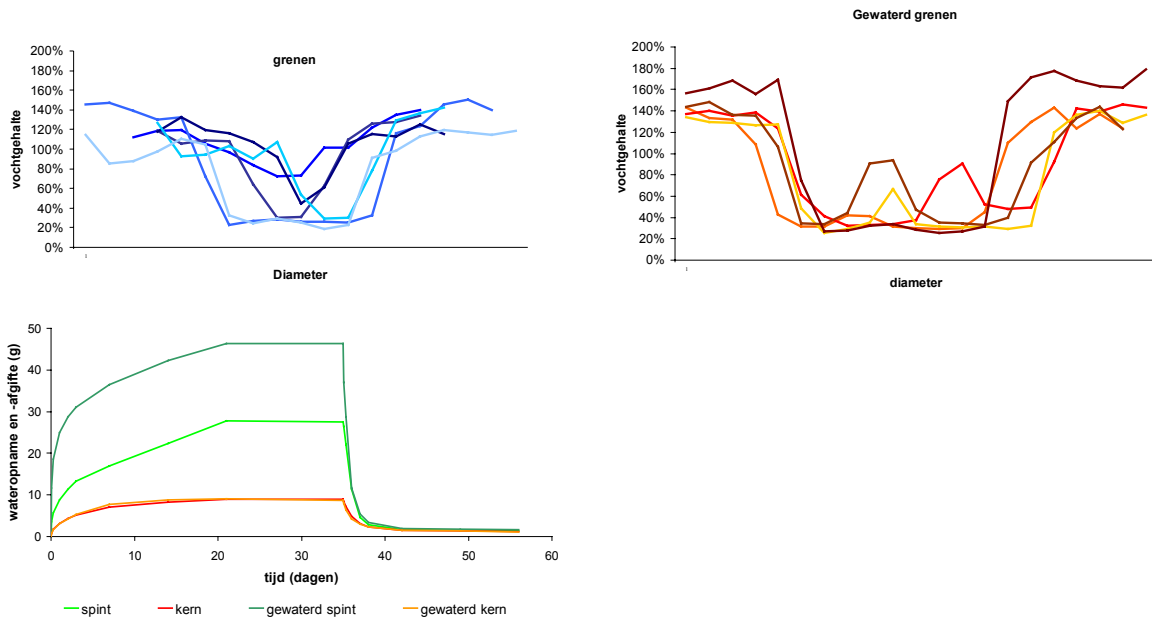
Zowel tijdens de monstervoorbereiding als bij het terugdrogen na het impregneren van de schaaldelen voor Braamakker, bleek dat gewaterd grenen opvallend spanning- en scheurvrij is. Dit verschijnsel is ook door Liese & Karstedt (1971) beschreven. Tijdens het wateren krijgt het grenen een iets grauwe kleur die echter voor het gebruik van het hout geen negatief effect heeft. Ook ontstaat er een onaangename geur die echter na enkele weken weer verdwijnt. De geur en kleurverandering zijn het resultaat van bacterieactiviteit die het hout plaatselijk koloniseert. Het heeft ook effect op de vochthuishouding, omdat het spinthout plaatselijk opener van structuur wordt. Hierdoor heeft het spinthout een wat hoger vochtgehalte en is het juveniele kernhout ook vaak wat natter (zie onderstaande grafieken). Ook Powell et al (2000) vinden dat het vochtgehalte van gewaterd grenen hoger is. Het wateropname en -afgiftegedrag wordt ook beïnvloed door een opener houtstructuur en eerdere studies hebben de relatie met bacterieactiviteit reeds aangetoond (Knuth & McCoy 1962; Lutz et al. 1966; Liese et al. 1995; Liese & Karnop 1968; Holmgren 1961; Suolathi & Wallen 1958; Ille 1957; Unligil 1969). Dit gebeurt niet in het volgroeide kernhout waar het proces van wateren geen waarneembaar effect heeft op het wateropname- en -afgiftegedrag (zie onderstaande grafiek). Het *gewaterde* spint neemt veel sneller en veel meer water op dan het *niet gewaterde* spinthout. Verder blijkt de spreiding van wateropname in het *gewaterde* spint groter dan in het *niet gewaterde* spint (variatie van respectievelijk 1/3 en 1/8). Ook staat het *gewaterde* spint snel het opgenomen water weer af. Dunleavey & McQuire (1970) vinden ook bij Sitka spruce alleen in het spinthout een sterk verhoogde wateropname na wateren via zowel de kopse als radiale en tangentiale vlakken.

Het *gewaterde* spint is dus toegankelijker geworden voor water en waarschijnlijk hangt dit samen met de afbraak van stippelmembranen. Schmidt & Liese (1994) vonden dat alleen het niet-gelignificeerde deel van het stippelmembraan wordt afgebroken door bacteriën en Dunleavey & McQuire (1970) laten zien dat de in het gewaterde hout aanwezige bacteriën zich alleen richten op de pectine en hemicellulose. De membranen van verkernde stippels zouden dus minder gevoelig zijn. Verder is bekend dat met name in het vroeghout stippelmembranen worden afgebroken. Dit is belangrijk omdat juist de hofstippels in het vroeghout tijdens het droogproces van naaldhout zich onomkeerbaar sluiten terwijl de hofstippels in het laathout nauwelijks afgesloten worden. In het volwassen kernhout zijn stippels dusdanig veranderd dat bacteriën hier weinig kunnen afbreken in de stippels. Dit kan echter wel in het eerst gevormde (juveniele hout) en het houtvochtgehalte van het juveniele hout is dan ook na het wateren verhoogd. Bekend is ook (Jutte 1978) dat het proces van stippelmembraanafbraak niet homogeen door het hout optreedt maar in lange longitudinale stroken. Dit zou een verklaring kunnen zijn voor de grotere spreiding die gevonden is bij het gewaterde hout.

De snelle afgifte van water doet vermoeden dat er weinig blokkades meer in het hout zitten die tot vochtophoping kunnen leiden en vochtophoping introduceert spanning in het hout.

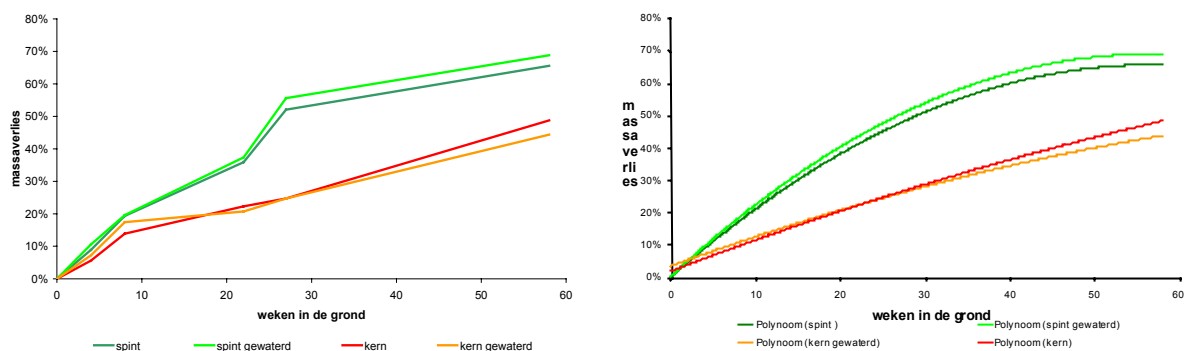
Van deze meer open structuur is in het verleden al melding gemaakt in verband met afwerking. Singh et al. (1998) zien dat in gewaterd hout de verf beter indringt en dat de indringing met name via de stralen verloopt. Jutte (1971) meldt echter problemen bij transparante afwerking van gewaterd grenenspinthout. Want doordat het hout plaatselijk een meer open structuur heeft wordt ook plaatselijk meer lak opgenomen en omdat in alle transparante lakken wat pigmenten aanwezig zijn, leidt dit tot plaatselijke hogere

pigmentconcentraties en dus tot vlekken; hetgeen ongewenst is. Dit is een risico bij het afwerken van gewaterd hout met een transparante, gepigmenteerde lak.



## 5.2 Duurzaamheid

De onderstaande grafiek met de feitelijke data over de weerstand van het hout tegen in de grond aanwezige aantasters, geeft een vertekend beeld van het werkelijke verloop van aantasting. Omdat in de weken waarvan de data ontbreken (week 27 – 51) de omslag plaatsvindt van het verloop van de aantasting. De grafiek met het gemodelleerde verloop van de aantasting is meer realistisch en hierin is te zien dat het spinhout zijn maximale aantastingsgraad heeft bereikt terwijl het kernhout nog steeds langzaam in aantasting toeneemt.



Gemiddeld massaverlies tijdens de test

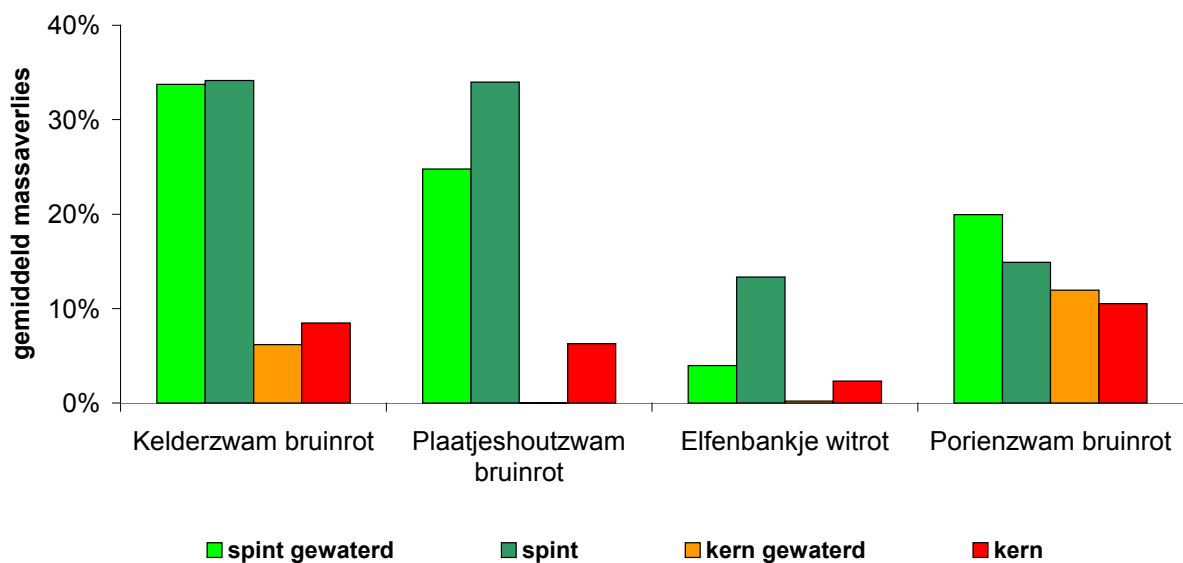
Gemodelleerd massaverlies

Verscheidene schimmelsoorten die hout boven de grond aantasten blijken niet altijd hetzelfde op gewaterd hout te reageren. Afgaande op de gemiddelde massaverliezen van spint en kern is het effect van wateren niet consistent (zie onderstaande grafiek en 4.3). Met name *Gloeophyllum* en *Coriolus* laten zowel bij spint- als bij kernhout een verbetering zien als gevolg van het wateren. Bij *Coniophora* is het

effect niet echt uitgesproken. Bij *Poria* neemt de resistentie na wateren zelfs iets af, zowel bij spint- als bij kernhout.

Ten behoeve van beoordeling van de resultaten ten aanzien van duurzaamheidsklasse volgens de norm NEN-EN 350-1 worden zogenaamde X-waarden bepaald als volgt:

Gemiddeld massaverlies<sub>testmonsters</sub> / Gemiddeld massaverlies<sub>referenties</sub>



De duurzaamheidsclassificatie is gekoppeld aan de X-waarde (zie onderstaande grafiek):

Klasse:	X-waarde:
1	$x \leq 0,15$
2	$0,15 < x \leq 0,30$
3	$0,30 < x \leq 0,60$
4	$0,60 < x \leq 0,90$
5	$0,90 < x$

Gebruikmakend van die classificatie, wordt het gewaterde hout als volgt ingedeeld:

Schimmel:	<i>Coniophora</i>		<i>Gloeophyllum</i>		<i>Coriolus</i>		<i>Poria</i>	
	x-waarde	klasse	x-waarde	klasse	x-waarde	klasse	x-waarde	klasse
grenen spint, gewaterd	0,75	4	0,68	4	0,32	3	1,18	5
grenen spint, niet-gewaterd	0,76	4	0,94	5	1,07	5	0,88	4
grenen kern, gewaterd	0,14	1	0,00	1	0,02	1	0,71	4
grenen kern, niet-gewaterd	0,19	2	0,17	2	0,19	2	0,62	4

Bovenstaande tabel laat zien dat door het wateren de weerstand van het spint bij één schimmelsoort toeneemt, bij een andere soort afneemt en bij een derde soort hetzelfde blijft. Wanneer ook naar de spreiding van de data gekeken wordt (zie 4.3) dan blijkt dat door wateren de weerstand tegen aantasting door *Coriolus* toeneemt en de weerstand tegen aantasting door *Poria* juist afneemt. Bij het kernhout konden op basis van gemiddelde waarden en de spreiding in de data geen verschillen worden waargenomen in de weerstand tegen aantasting als gevolg van het wateren.

Geconcludeerd moet worden dat de duurzaamheid van grenenspint en kernhout door het proces van wateren niet verandert, dit geldt voor zowel in contact met de bodem als boven de grond. Het kernhout blijft als 4 geclassificeerd en het spinthout als 5.

### 5.3 Blauwgevoeligheid

De laboratoriumtest is uitgevoerd met en zonder snelveroudering. Hoewel Liese & Karstedt (1971) gevonden hebben dat door wateren hout minder scheurt, minder hol gaat staan en minder werkt, blijkt dat na veroudering zowel de gewaterde als de niet gewaterde plankjes veel werken en scheuren. Het ondergaan van een snelveroudering heeft een positief effect omdat suikerachtige inhoudstoffen uitloggen en het hout hiermee minder gevoelig wordt voor verblauwing. Echter door de snelveroudering wordt het houtoppervlak aantrekkelijker gemaakt voor het vestigen van schimmels door het ruwer oppervlak en de aanwezigheid van scheuren. De invloed van beide processen is niet bij elk plankje gelijk zodat een plankje met snelveroudering zowel meer als ook minder verblauwd kan zijn dan een plankje wat geen snelveroudering heeft ondergaan. Verder is de spreiding groot tussen het voorkomen van verblauwing op het direct belaste houtoppervlak en dat in diepere lagen. Soms is het met elkaar vergelijkbaar maar soms is het binnenste hout minder verblauwd. Dit zijn bekende verschijnselen en daarom moet ook gekeken worden naar het totaal gemiddelde over alle plankjes en daaruit blijkt dat het gewaterde hout slechts 0.2 beoordelingspunt beter scoort dan het niet gewaterde hout.

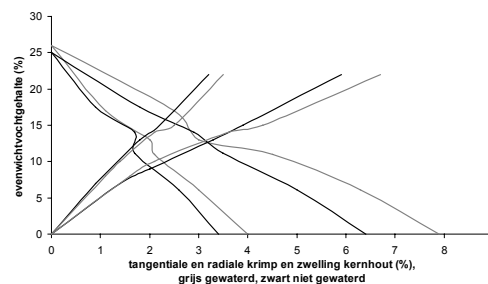
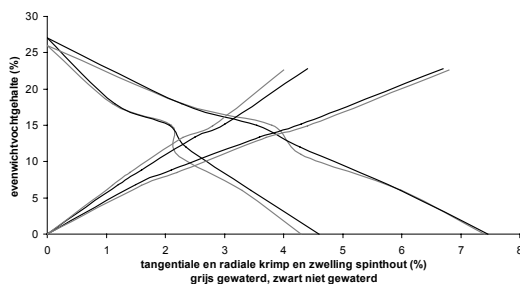
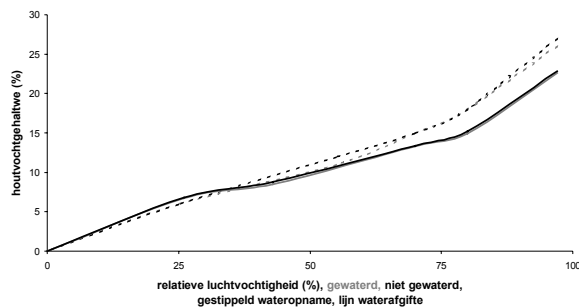
De resultaten van de veldtest zijn duidelijker dan die van de laboratoriumtest en zij laten zien dat door wateren grenenspint minder blauwgevoelig wordt. Echter het hout is niet ongevoelig geworden en dat is ook de reden waarom in de relatieve zware laboratoriumtest nauwelijks verschil kon worden aangetoond. Mogelijk kan de weerstand nog vergroot worden door het proces van wateren te optimaliseren zodat zoveel mogelijk inhoudstoffen in een zo kort mogelijke tijd kunnen uitloggen. Powell & Eaton (1996) hebben ook een vermindering in blauwgevoeligheid voor grenen aangetoond en zij hebben bovendien geconstateerd dat tijdens 12 maanden wateren tot 95% van alle koolhydraten in de lengte richting uit het hout logen. Dat de lengte van de periode van wateren effect heeft op het resultaat in het hout is ook door



anderen waargenomen. Liese et al 1995 laten zien dat de optimale periode van wateren houtsoort-afhankelijk is. Singh et al (1996) en Singh et al (1998) laten zien met toenemende periode van wateren bij Radiata pine, het aantal bacteriën in het hout toeneemt en dat ze dieper voorkomen en dat er een toename is van stippelmembraan afbraak. Ellwood & Ecklund (1959) laten bovendien zien dat een hogere waterstroomsnelheid alsmede een hogere temperatuur van invloed zijn op de bacterieactiviteit in het hout tijdens het wateren.

### 5.4 Krimp en zwelgedrag

Het evenwichtvochtgehalte dat het wel en niet gewaterde spint- en kernhout bij verschillende relatieve luchtvochtigheden aanneemt is vrijwel identiek. Ook het krimp en zwel gedrag van het wel en niet gewaterde spint is vrijwel identiek. Echter bij het kernhout lijkt het gewaterde hout met name meer te zwellen maar ook de gemiddelde krimpwaarden zijn hoger (zie onderstaande grafieken). De zwelling van het gewaterde kernhout heeft waarden aangenomen die vergelijkbaar zijn met het spinhout. Door het wateren kunnen inhoudstoffen uit het kernhout logen die de wateropname van de celwand beïnvloeden. Dit moet echter beperkt zijn want dezelfde inhoudstoffen zorgen voor een hogere duurzaamheid en deze is niet afgenomen onder invloed van het wateren (zie 5.3). Mogelijk is dit een verklaring voor een iets hoger zwelgedrag. Omdat dit proces niet homogeen over het hout plaatsvindt neemt de variatie binnen de zwelling van het hout ook toe (zie bijlage 2).



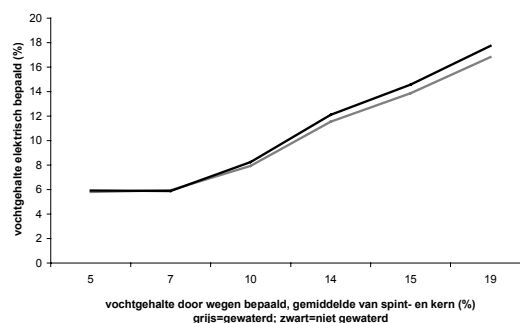
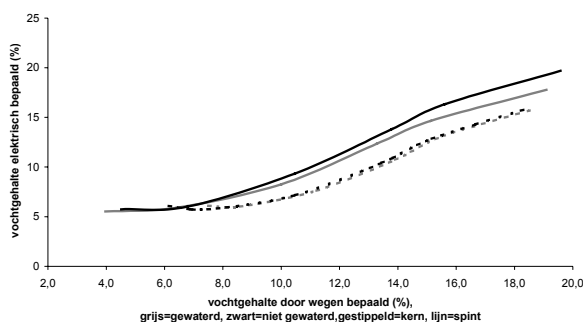
### 5.5 Sterkte

De sterkte van het hout wordt blijkbaar niet beïnvloed door het proces van wateren. De staat van de celwand speelt een cruciale rol bij sterkteverlies en omdat tijdens het wateren geen aantasting van de celwand ontstaat is ook geen sterkte afname te verwachten. Omdat het stippelmembraan en de mate van impregneren van inhoudstoffen in de celwand geen effect hebben op de sterkte, is stippelmembraanafbraak en uitloggen van inhoudstoffen niet relevant voor de sterkte. Zowel Ellwood & Ecklund (1959, onderzoek gewaterd hout) als Syme & Saucer (1995, onderzoek aan 2 jaar lang

beregend hout) bevestigen dat langdurige opslag van hout bij een hoog vochtgehalte niet tot sterke verlies hoeft te leiden.

## 5.6 Elektrische houtvochtmeting

Het proces van wateren blijkt nauwelijks een elektrische houtvochtmeting te beïnvloeden (zie onderstaande grafieken).



de bijbehorende vergelijkingen zijn:

$$\text{gewaterd: } Y = 2.3554X + 2.0927$$

$$\text{niet gewaterd: } Y = 2.5455X + 1.8394$$

## 5.7 Gewaterd grenenspint met impregnerende verf

De behandeling met de impregneerverven beschermt het hout slechts beperkt tegen opname van vloeibaar water. Echter het geeft het hout een goede bescherming tegen houtaantastende schimmels. De waterafstotende was (product D) is moeilijk af te werken met een filmvormend product en in onafgewerkte toestand kan het sterk uitlogen waarmee het snel zijn beschermende werking in het hout verliest. Het product op basis van lijnolie (systeem B) is minder gevoelig voor uitloging, op het product kan een afwerksysteem goed hechten en is hiermee een duurzamere beschermer van het hout. Dit opent mogelijkheden voor gebruik in buitentoepassingen van gewaterd grenen beschermd tegen houtaantastende schimmels door middel van een product dat met een kwast kan worden aangebracht. Na een winter buitenexpositie zijn er nog geen sporen van aantasting opgetreden maar ook in de komende tijd moet het product op basis van lijnolie laten zien dat het in de praktijk langdurig effectief blijft. Ook Suolahti (1961) heeft jaren geleden reeds gemeld dat geïmpregneerd gewaterd grenen een betere indringing had dan niet gewaterd grenen.

## 5.8 Braamakker

Ondanks een intacte afwerking en een optimale ventilatie blijkt een deel van de schaaldelen langdurig nat te zijn aan de gevel en is een goede verduurzaming noodzakelijk. Na anderhalf jaar blijken de schaaldelen nog bijna scheurvrij en nauwelijks vervormd aan de gevel te zitten. Dit is met name opmerkelijk aan de zuidzijde waar door de hoge zoninstraling en de donkere kleur het houtvochtgehalte sterk zal wisselen. Het lijkt erop dat ook hier weinig blokkades zijn in het hout voor wateropname en waterafgifte waardoor spanningopbouw in het hout wordt geminimaliseerd.

## 6. Conclusie

Het uitgevoerde onderzoek laat zien dat de meeste technische eigenschappen van grenen niet negatief maar ook niet positief beïnvloed worden door het proces van wateren. Echter de vochtuishouding is wel dusdanig veranderd, dat er nauwelijks waterblokkades in het hout lijken voor te komen waardoor er minder spanningsopbouw plaatsvindt. Het hout scheurt en vervormt hierdoor minder snel. Verder is het gewaterd grenenspint niet ongevoelig maar slechts minder gevoelig voor verblauwing geworden. Mogelijk zou het proces van wateren door een hogere waterstroomsnelheid of door een langere periode geoptimaliseerd kunnen worden waardoor vrijwel alle suikers uit het spinhout zouden zijn uitgespoeld. Met als gevolg dat het hout vrijwel ongevoelig voor verblauwing wordt. Ook de gevoeligheid voor de met name op het spinhout gerichte insectenaantasting wordt hierdoor verminderd

Wanneer de resultaten van dit onderzoek vertaald worden naar de toepassing, dan kan geconcludeerd worden dat gewaterd grenen met name in grote dimensie geschikt is voor binnengebruik waar het mooi blijft omdat het weinig vervormt en scheurt. Ook voor buitengebruik liggen er mogelijkheden voor het gewaterde grenen en dan met name als gevelbekleding. Hoewel de weerstand tegen schimmelaantasting niet is verhoogd door het wateren is de feitelijke duurzaamheid wel verhoogd omdat het hout weinig water ophoopt, vervormt en scheurt waardoor er minder gauw schimmelinfectie plaats vindt. Een extra bescherming blijft wel nodig maar door de open structuur kan dit eenvoudig met de kwast worden aangebracht.

Dit onderzoek en alle aanwezige praktijkervaring wijzen erop dat gewaterd grenen binnen de monumentenwereld een goede plaats kan veroveren. Wateren is niet alleen een oorspronkelijke en ambachtelijke wijze om met hout om te gaan maar het heeft ook echt esthetische en duurzaamheidsvoordelen. Voor het maken van kozijnen en ramen voor buitentoepassingen lijkt gewaterd hout niet geschikt.

## Literatuur

- Acker van, J., Klaassen, R., Militz, H. & M. Stevens. 1997. The development of blue stain in service in sapwood of European softwood species. International Research Group on Wood Preservation, document IRG/WP 97-10236
- Acker van, J.;Stevens, M.; & M. Nys. 1992. Comparative study of blue stain resistance of various types of wood strains after artificial and natural weathering. International Research Group on Wood Preservation, document IRG/WP/2411
- Acker van, J., Van den Bulcke, J. & I. De Windt. 2004. Difficulties to combine biological degradation factors with artificial weathering – focussing on how to measure and evaluate. COST E 18 – Symposium on measurement methods, Copenhagen (Denmark)
- Adolf, P., Gerstetter, R. & W. Liese. 1972. Untersuchungen über einige Eigenschaften von Fichtenholz nach dreijähriger Wasserlagerung. *Holzforsch.* 26 (1) 18-25.
- Bentham van, M. & M. Massop. 1999. Het wateren van hout: onderzoek naar het wateren van hout in Nederland. Studenten scriptie, Hogeschool Larenstein.
- Bravery, A.F.; Dickinson, D.J. (1984): Artificial weathering as an aid to assessing the effectiveness of chemicals for preventing blue stain in service – a co-operative study. International Research Group on Wood Preservation, document IRG/WP/2215
- Dunleavy, J.A. & A.J. Mc Quire. 1970. The effects of water storage on the cell structure of Sitka spruce (*Picea sitchensis*) with reference to permeability and preservation. *Journal of the Institute of Wood Science* 5, 20-30.
- Ellwood, E.L. & B.A. Ecklund 1959. pine logs in pond storage. *Forest Product Journal* 9 (9) 283-292.
- Gibbs, J. & J. Webber. 1996. Water storage of timber: experience in Britain forestry. Forestry Commission Bulletin 117 HMSO, London, 48 pp
- Gough, D. 1996. Water spray storage of fire salvaged logs in South East Queensland and issues arising that affected log utilisation. Unpublished report, Queensland Forestry Resources Institute Australia, 7 pp.
- Groot de, R.C. & X. Scheld. 1972. Biodegradability of sapwood from Southern Pine logs stored under continuous water spray. *Forest Products Journal* 21: 53-55.
- Holmgren, H.F. 1961. Impregnation of water-logged pine. *Rec. Conv. Brit. Wood Pres. Ass.*
- Ille, R. 1957. Deep impregnation of refractory softwoods. *Die Holzindustrie* 10, 57, 93, 133.

- Jutte S.M. 1971. Wood structure in relation to excessive absorption – a literature survey -. Houtinstituut TNO, Delft.
- Kerssens, D. & P. Tolk (ed.). 2002. Cornelis Corneliszoon van Uitgeest – uitvinder aan de basis van de Gouden eeuw. Walburg pers
- Klaassen, R.K.W.M. & J. G. M Creemers. 2003. Restauratieadvies gevelbekleding zomerhuis Braamakker SHR rapport 3.561, Wageningen
- Knuth, D.T. & E. McCoy. 1962. Bacterial deterioration of Pine logs in pond storage. Forest Product Journal 12: 437-442.
- Liese, W. 1984. Wet storage of windblown conifers in Germany. New Zealand Journal of Forestry 29: 119-135.
- Liese, W. & P. Karstedt. 1971. Erfahrungen mit der Wasserlagerung von Windwurfhölzern zur Qualitätserhaltung. Bundesforschungsanstalt für Forst und Holzwirtschaft, Hamburg-Lohbrügge
- Liese, W. & G. Karnop. 1968. On the attack of Coniferous wood by bacteria. Holz als Roh und Werkstoff V 26 part 6: 202-208
- Liese, W. & R.D. Peek. 1984. Experiences with wet storage of conifer logs. Dansk Skovforenings Ridsskrift 69: 73-91.
- Liese, W. Schmidt, O. & U. Schmitt. 1995. The behaviour of hardwood pits towards bacteria during water storage. Holzfortschung 49(6): 389-393.
- Lutz, J.F., Duncan, C.G. & T.C. Scheffer. 1966. Some effects of bacterial action of rotary-cut Southern pine veneer. Forest Products journal 16:23.
- NNI. 1996. NEN-EN 113: Houtverduurzamingsmiddelen. Beproevingmethode voor de bepaling van de preventieve werking tegen houtaantastende Basidiomyceten. Bepaling van de giftgrenswaarden. (Incl. Wijzigingsblad A1, 2004). Delft.
- NNI. 1994. NEN-EN 350-1: Duurzaamheid van hout en op hout gebaseerde producten. Natuurlijke duurzaamheid van massief hout. Deel 1: richtlijn voor de principes van het beproeven en het classificeren van de natuurlijke duurzaamheid van hout. Delft.
- NNI. 2000. NEN-EN 927-5: Verven en vernissen – Verf en verfsystemen voor hout voor buitengebruik – Deel 5: Beoordeling van waterdoorlatendheid. Delft.
- NNI 1998. EN 152: Test methods for wood preservatives; Laboratory method for determining the protective effectiveness of a preservative treatment against blue stain in service. Part 1: Brushing procedure, Part 2: Application by methods other than brushing

- Peralta, P.N., Syme, J.H. & R.H. McAlister. 1993. Water storage and plywood processing of Hurricane-downed Southern Pine timber. *Forest products journal* 43(4), 53-58.
- Platzer, H.B. 1971. Zur Technik der Wasserlagerung von Rundholz. *Forstarch.* 42(1), 1-6.
- Platzer, H.B. & S. v. Stackelberg. 1969. Wasserlagerung von Sturmholz in Dänemark. *Forstarch.* 40(10), 206-208.
- Powell, M. & R. Eaton. 1996. Non-decay fungi in water stored Pine following sawmill conversion. In: water storage of timber- experience in Britain forestry. Forestry commission Bulletin 117 HMSO, London, 26-32.
- Powell, M.A. Webber, J.F. & R. Eaton. 2000. Changes in moisture, soluble carbohydrates and bacterial numbers during water storage of pine. *Forest product journal* 50 (3) 74-80.
- Prooijen, Van L. Persoonlijke mededeling.
- Schmidt, O. & W. Liese. 1994. Occurrence and significance of bacteria in wood. *Holzforschung* 48: 271-277.
- Singh, A.P. Gallagher, S.S. Schmitt, U., Dawson, B.S. & Y.S. Kim. 1998. Ponding of Radiata Pine (*Pinus radiata*); 2 The effects of ponding on coating penetration into wood. IRG/WP98-10249.
- Singh A.P , Dawson, B.S., Schwitzer, M. & M. Singh. 1996. The effect of ponding on wood-coating interaction. In: Proceedings of the third pacific rim bio-based composites symposium (ed. Kajita & Tsunoda). Kyoto, Japan.
- Singh, A.P, Y.S. Kim, Schmitt, U. & B.S. Dawson. 1998. Ponding of Radiata Pine (*Pinus radiata*); 1 The effect of bacteria on wood. IRG/WP98-10265.
- Suolahti, O. 1961. The effect of wet storage on the impregnability of wood. *Mitt. Dtsch. Ges. Holzforschung* 48: 89-92.
- Suolahti, O. & A. Wallen. 1958. The effect of water storage on the water absorption capacity of pine sapwood. *Holz Roh-u Werkstoff* 16: 8.
- Syme, J.H. & J.R. Saucier. 1995. Effects of long-term storage of Southern Pine sawlogs under water sprinklers. *Forest Products journal* 45 (1): 47-50.
- Unligil, H.H. 1969. Effect of water storage and *Trichoderma* infection on penetrability of wood. For. Prod. Lab. Ottawa report OP-X-12.

## Bijlage 1

In onderstaande tabel staat de staat van het plankje aangegeven na de snelveroudering voor de verblauwingstest.

stam	replica	scheuren		Schotelen
		klein	groot	
		+=aanwezig, ++=veel aanwezig, 0= afwezig		
		niet gewaterd grenen spint		
1	1	+	0	+
1	2	+	0	+
1	3	+	0	+
1	4	+	0	+
1	5	+	0	+
1	6	+	0	+
1	10	0	0	0
2	1	0	+	
2	2	0	+	
2	3	0	+	
2	4	0	0	
2	5	0	+	
2	6	0	+	
2	10	0	0	0
3	1	++	0	+
3	2	++	0	+
3	3	+	0	+
3	4	+	0	+
3	5	+	0	+
3	6	+	0	+
3	10	0	0	0
4	1	++	0	+
4	2	++	0	+
4	3	+	0	0
4	4	+	0	0
4	5	+	0	0
4	6	+	0	0
4	10	0	0	0
5	1		+	+
5	2		+	+
5	3	+	0	+
5	4	+	0	+
5	5	0	+	+
5	6	+	0	+
5	10	0	0	0
6	1	++	0	+
6	2		++	+

stam	replica	scheuren		Schotelen
		+=aanwezig, +=veel aanwezig, 0= afwezig		
		klein	groot	
<b>niet gewaterd grenen spint</b>				
6	3	0	+	+
6	4	+	0	+
6	5	+	0	+
6	6	0	+	+
6	10	0	0	0
<b>gewaterd grenen spint</b>				
7	1	++	0	+
7	2		++	+
7	3		++	0
7	4		+	0
7	5		+	0
7	6		+	+
8	1	0	+	0
8	2	++	0	+
8	3	++	0	0
8	4	0	+	0
8	5	++	0	0
8	6	++	0	0
9	1	+	0	0
9	2	+	0	0
9	3	+	0	0
9	4	+	0	0
9	5	+	0	0
9	6	+	0	0
10	1	+	0	0
10	2	+	0	0
10	3	0	+	0
10	4	0	+	0
10	5	+	0	0
10	6	+	0	0
11	1	+	0	0
11	2	+	0	0
11	3	0	+	0
11	4	0	+	0
11	5	0	+	0
11	6	0	+	0



## Bijlage 2

In de onderstaande tabel is de visuele beoordeling weergegeven op verblauwing volgens EN 152 op drie kopse vlakken (vlak = kops vlak direct bloot gesteld; zaagsnede 1 en zaagsnede 2 = opengezaagd kops vlak op 30 m van het direct blootgestelde kopse vlak; 0= geen verblauwing, 3= sterke verblauwing, zie ook 3.6).

nr.	vlak	zaagsnede		nr.	vlak	zaagsnede	
		1	2			1	2
1,1	3	3	3				
1,2	3	2	1	7,1	2	3	1
1,3	3	2	3	7,2	3	3	3
1,4	3	2	2	7,3	1	3	1
1,5	3	2	3	7,4	2	2	1
1,6	2	2	3	7,5	3	1	1
1,7	0	3	3	7,6	0	3	2
1,8	1	3	3	7,7	1	3	1
1,9	0	3	3	7,8	0	2	1
1,1	3	2	2	7,9	0	2	2
gemiddeld	2,8	2,5		gemiddeld	1,8	1,9	
2,1	3	3	3				
2,2	3	1	2	8,1	1	1	1
2,3	3	1	2	8,2	2	1	1
2,4	2	3	3	8,3	2	0	0
2,5	3	2	2	8,4	3	0	0
2,6	3	2	2	8,5	3	1	0
2,7	2	2	2	8,6	3	2	2
2,8	3	1	1	8,7	2	2	3
2,9	2	2	3	8,8	2	3	2
2,1	2	2	2	8,9	0	2	3
gemiddeld	2,8	2,1		gemiddeld	2,3	1,3	
3,1	3	2	2				
3,2	3	2	2	9,1	1	1	2
3,3	2	2	3	9,2	3	2	2
3,4	1	2	3	9,3	3	2	2
3,5	3	1	2	9,4	3	3	3
3,6	1	2	2	9,5	2	3	2
3,7	1	3	3	9,6	2	3	3
3,8	0	3	2	9,7	3	3	3
3,9	0	2	2	9,8	3	3	3
3,1	3	2	2	9,9	3	3	3
gemiddeld	2,2	2,2		gemiddeld	2,3	2,6	
4,1	1	1	1				
4,2	1	2	1	10,1	2	1	1
4,3	3	1	2	10,2	1	0	0
4,4	2	2	1	10,3	0	1	1

nr.	vlak	zaagsnede		nr.	vlak	zaagsnede	
4,5	2	2	2	10,4	1	2	2
4,6	3	1	2	10,5	3	3	3
4,7	1	3	3	10,6	2	2	2
4,8	1	3	3	10,7	0	1	1
4,9	1	2	3	10,8	1	1	1
4,1	2	3	3	10,9	2	2	2
gemiddeld	2,0	2,1		gemiddeld	1,5	1,4	
5,1	1	2	2				
5,2	2	1	1	11,1	1	1	1
5,3	2	1	1	11,2	3	2	2
5,4	3	1	1	11,3	3	1	1
5,5	3	2	1	11,4	3	1	2
5,6	2	2	2	11,5	2	2	1
5,7	2	2	2	11,6	1	1	1
5,8	0	3	2	11,7	0	3	3
5,9	0	2	2	11,8	0	3	3
5,1	2	2	3	11,9	1	2	3
gemiddeld	2,2	1,8		gemiddeld	2,2	1,8	
6,1	1	1	1				
6,2	0	1	1				
6,3	2	2	1				
6,4	0	2	2				
6,5	1	2	1				
6,6	0	1	1				
6,7	3	2	3				
6,8	1	2	2				
6,9	2	3	2				
6,1	2	3	3				
gemiddeld	0,7	1,8					

### Bijlage 3

nr	rv 26 %			rv 43%			rv 70%			rv 80%			rv 96 %		
	Vocht (%)	rad (%)	tang (%)	Vocht (%)	rad (%)	tang (%)	Vocht (%)	rad (%)	tang (%)	Vocht (%)	rad (%)	tang (%)	Vocht (%)	rad (%)	tang (%)
<b>zwellung vanaf ovendroog</b>															
<b>Spint, niet gewaterd</b>															
1S6-4	7	1,4	1,5	9	1,7	2,1	14	2,6	3,6	16	3,1	4,7	24	4,8	7,0
1S6-5	7	1,5	1,4	9	1,7	2,0	14	2,6	3,5	16	3,2	4,3	24	4,5	6,8
1S6-6	7	1,0	1,4	9	1,3	1,9	14	2,3	3,4	15	2,7	4,2	23	4,4	6,7
2S6-4	7	1,4	1,6	9	1,9	2,6	14	2,9	4,0	16	3,4	4,8	24	4,9	7,3
2S6-5	7	1,4	1,7	9	1,8	2,5	14	2,8	3,9	15	3,3	4,7	23	4,9	7,0
2S6-6	7	1,2	1,3	9	1,7	2,3	14	2,7	3,7	16	3,3	5,0	24	4,8	7,2
3S6-4	7	0,9	1,5	9	1,1	2,3	13	1,8	3,5	15	2,1	4,2	22	3,0	6,3
3S6-5	8	1,0	1,6	9	1,2	2,1	14	1,9	3,5	15	2,2	4,1	23	3,3	6,3
3S6-6	8	0,4	1,2	9	0,9	1,9	14	1,4	3,1	15	1,7	3,8	23	2,5	6,0
4S6-4	7	1,6	1,4	9	2,1	2,2	14	3,2	3,6	16	3,7	4,2	24	5,3	6,8
4S6-5	7	1,6	1,6	9	2,0	2,2	14	3,1	3,7	16	3,7	4,3	24	5,3	6,7
4S6-6	7	1,4	1,3	9	2,1	2,0	14	3,0	3,4	15	3,6	4,0	23	5,2	6,4
5S6-4	7	1,3	1,3	9	1,8	1,9	14	2,6	3,3	16	3,1	4,0	23	4,2	6,3
5S6-5	7	1,2	1,6	9	1,7	2,2	14	2,5	3,7	16	3,0	4,4	23	4,3	6,6
5S6-6	5	1,1	1,3	7	1,5	2,0	12	2,5	3,5	14	2,9	4,1	21	4,2	6,4
6S6-4	7	1,2	1,5	9	1,6	2,1	13	2,6	3,8	15	3,0	4,3	23	4,5	6,9
6S6-5	4	1,3	1,5	6	1,6	2,0	10	2,5	3,5	12	3,0	4,4	20	4,4	6,8
6S6-6	7	1,1	1,4	9	1,5	2,0	13	2,3	3,5	15	2,9	4,2	23	4,1	6,8
<b>gem</b>	<b>6,8</b>	<b>1,2</b>	<b>1,5</b>	<b>8,8</b>	<b>1,6</b>	<b>2,1</b>	<b>13,4</b>	<b>2,5</b>	<b>3,6</b>	<b>15,2</b>	<b>3,0</b>	<b>4,3</b>	<b>22,8</b>	<b>4,4</b>	<b>6,7</b>
std	1	0,3	0,1	1	0,3	0,2	1	0,5	0,2	1	0,5	0,3	1	0,8	0,3
min	4	0,4	1,2	6	0,9	1,9	10	1,4	3,1	12	1,7	3,8	20	2,5	6,0
max	8	1,6	1,7	9	2,1	2,6	14	3,2	4,0	16	3,7	5,0	24	5,3	7,3
<b>Spint, gewaterd</b>															
7S6-4	7	0,9	1,6	9	1,3	2,0	13	2,1	3,5	15	2,7	3,9	23	3,9	6,1
7S6-5	7	0,9	1,5	8	1,2	1,9	13	2,1	3,4	15	2,7	4,0	22	4,0	6,0
7S6-6	7	0,9	1,5	9	1,2	1,9	13	2,2	3,1	15	3,0	3,8	23	3,8	5,8
8S6-4	7	1,5	1,9	9	1,7	2,4	14	2,4	3,9	16	2,9	4,7	23	4,1	7,2
8S6-5		1,2	1,7		1,5	2,2		2,3	3,8		2,7	4,5		4,0	7,1
8S6-6	7	1,1	1,5	9	1,5	2,1	13	2,3	3,6	15	2,7	4,3	23	4,0	6,8
9S6-4	6	1,5	1,7	8	1,9	2,2	13	2,9	3,8	15	3,5	4,6	22	5,1	7,1
9S6-5	7	1,4	1,8	9	1,9	2,3	13	3,0	3,9	15	3,4	4,8	23	5,0	7,3
9S6-6	7	1,2	1,6	9	1,6	2,1	13	2,7	3,8	15	3,2	4,6	23	4,7	7,1
10S6-4	6	1,2	1,8	8	1,5	2,5	13	2,4	4,1	14	2,8	5,1	22	4,0	7,4
10S6-5		1,3	1,8		1,6	2,6		2,4	4,1		2,9	4,7		4,0	7,3
10S6-6	7	1,1	1,8	9	1,4	2,3	14	2,3	3,9	15	2,6	4,6	23	3,9	7,3
11S6-4	7	0,8	1,6	9	1,1	2,1	13	1,7	3,6	15	2,1	4,1	22	3,2	6,4
11S6-5	6	0,9	1,5	8	1,1	2,0	12	1,7	3,5	14	2,2	4,0	21	2,8	6,3
11S6-6	7	0,8	1,4	9	1,0	1,9	13	1,6	3,3	15	2,1	4,1	22	2,9	6,3
<b>gem</b>	<b>6,7</b>	<b>1,1</b>	<b>1,6</b>	<b>8,5</b>	<b>1,4</b>	<b>2,2</b>	<b>13,3</b>	<b>2,3</b>	<b>3,7</b>	<b>14,9</b>	<b>2,8</b>	<b>4,4</b>	<b>22,6</b>	<b>4,0</b>	<b>6,8</b>
std	0	0,2	0,1	0	0,3	0,2	0	0,4	0,3	0	0,4	0,4	1	0,7	0,5
min	6	0,8	1,4	8	1,0	1,9	12	1,6	3,1	14	2,1	3,8	21	2,8	5,8
max	7	1,5	1,9	9	1,9	2,6	14	3,0	4,1	16	3,5	5,1	23	5,1	7,4

nr	zwellung vanaf ovendroog														
	rv 26 %			rv 43%			rv 70%			rv 80%			rv 96 %		
	Vocht (%)	rad (%)	tang (%)	Vocht (%)	rad (%)	tang (%)	Vocht (%)	rad (%)	tang (%)	Vocht (%)	rad (%)	tang (%)	Vocht (%)	rad (%)	tang (%)
<b>Kern, niet gewaterd</b>															
1K6-4	8	1,5	1,7	10	1,7	2,3	14	2,7	3,9	15	3,0	4,6	22	4,5	7,1
1K6-5	9	1,4	1,7	10	1,8	2,7	14	2,6	3,8	15	3,0	4,5	22	4,3	6,8
1K6-6	8	1,2	1,7	10	1,3	1,7	13	2,4	3,8	15	2,9	4,7	21	4,2	6,8
2K6-4	7	0,9	1,8	9	1,2	2,6	14	1,7	3,9	15	2,0	4,6	23	2,8	6,9
2K6-5	1	0,9	1,7	3	1,2	2,2		1,8	3,7		2,0	4,3		2,8	6,8
2K6-6	7	0,6	1,3	9	0,8	1,8	13	1,4	3,3	15	1,7	4,0	22	2,4	6,4
3K6-4	7	0,9	1,5	9	1,1	1,9	13	1,6	3,4	14	2,1	4,0	20	2,8	6,0
3K6-5	8	0,9	1,6	9	1,1	2,7	13	1,6	3,6	15	2,1	4,2	21	2,7	6,3
3K6-6		0,7	1,6		0,8	2,1		1,4	3,4		1,9	4,1		2,6	6,1
4K6-4	7	1,0	1,4	9	1,4	2,0	14	2,2	3,2	15	2,6	3,7	22	4,1	5,7
4K6-5	7	1,0	1,3	9	1,2	1,8	13	2,0	3,1	15	2,4	3,6	22	3,6	5,6
4K6-6	6	1,3	1,4	8	1,3	2,0	12	2,2	3,2	14	2,6	3,7	21	4,1	5,6
5K6-4	7	0,7	0,9	9	1,1	1,3	13	1,7	2,5	15	1,9	2,9	22	2,8	4,4
5K6-5	7	0,6	1,1	9	0,9	1,6	14	1,5	2,7	15	1,8	3,2	22	2,6	4,8
5K6-6	7	0,6	1,0	9	0,9	1,4	13	1,5	2,5	15	1,8	3,0	22	2,6	4,5
6K6-4	7	0,6	1,2	9	0,9	1,7	14	1,5	2,9	15	1,8	3,5	22	2,5	5,1
6K6-5	7	0,7	1,2	9	1,0	1,7	13	1,6	3,0	15	1,8	3,6	22	3,0	5,3
6K6-6	7	0,8	1,1	8	1,0	1,5	13	1,7	2,7	15	1,9	3,3	22	2,7	5,2
<b>gem</b>	<b>7</b>	<b>0,9</b>	<b>1,4</b>	<b>9</b>	<b>1,2</b>	<b>2,0</b>	<b>13</b>	<b>1,8</b>	<b>3,3</b>	<b>15</b>	<b>2,2</b>	<b>3,9</b>	<b>22</b>	<b>3,2</b>	<b>5,9</b>
std	2	0,3	0,3	2	0,3	0,4	0	0,4	0,5	0	0,4	0,6	1	0,7	0,9
min	1	0,6	0,9	3	0,8	1,3	12	1,4	2,5	14	1,7	2,9	20	2,4	4,4
max	9	1,5	1,8	10	1,8	2,7	14	2,7	3,9	15	3,0	4,7	23	4,5	7,1
<b>Kern, gewaterd</b>															
7K6-4	7	1,0	1,2	9	1,3	1,7	14	1,9	3,1	15	2,3	3,7	22	3,3	5,8
7K6-5		1,0	1,3		1,3	1,8		1,9	3,2		2,3	3,6		3,3	5,6
7K6-6		0,7	1,3		1,0	1,7		1,6	3,1		2,0	3,6		2,9	5,6
8K6-4	7	1,3	1,9	9	1,6	2,5	13	2,5	4,3	15	2,9	5,0	23	4,1	7,8
8K6-5	7	1,3	1,9	9	1,6	2,6	13	2,5	4,3	15	2,9	5,0	23	4,0	7,7
8K6-6	6	1,0	1,5	8	1,3	2,1	13	2,1	3,9	15	2,5	4,7	22	3,7	7,4
9K6-4	9	1,4	1,6	10	1,7	2,3	14	2,7	4,0	15	3,2	4,9	21	4,4	7,4
9K6-5	9	1,4	1,6	10	1,7	2,2	14	2,7	3,9	15	3,4	5,0	21	4,6	7,3
9K6-6	9	1,4	1,6	10	1,7	2,2	14	2,7	3,9	15	3,3	4,9	21	4,4	7,3
10K6-4	7	1,1	1,8	8	1,4	2,4	13	2,2	4,2	15	2,5	5,0	23	3,5	7,7
10K6-5	7	1,2	1,8	9	1,4	2,4	13	2,2	4,1	15	2,5	4,8	23	3,7	7,6
10K6-6	7	1,0	1,7	8	1,3	2,3	13	2,0	4,0	15	2,3	4,7	23	3,5	7,6
11K6-4	11	0,8	1,1	12	1,0	1,6	15	1,6	2,5	16	1,8	3,1	21	2,6	4,6
11K6-5	12	0,9	1,6	13	1,1	2,0	16	1,6	3,2	17	1,8	3,7	22	2,5	5,5
11K6-6	11	0,8	1,3	12	1,0	1,7	15	1,5	2,8	16	1,9	3,3	21	2,5	5,0
<b>gem</b>	<b>8</b>	<b>1,1</b>	<b>1,6</b>	<b>10</b>	<b>1,4</b>	<b>2,1</b>	<b>14</b>	<b>2,1</b>	<b>3,6</b>	<b>15</b>	<b>2,5</b>	<b>4,3</b>	<b>22</b>	<b>3,5</b>	<b>6,7</b>
std	2	0,2	0,3	2	0,3	0,3	1	0,4	0,6	1	0,5	0,7	1	0,7	1,2
min	6	0,7	1,1	8	1,0	1,6	13	1,5	2,5	15	1,8	3,1	21	2,5	4,6
max	12	1,4	1,9	13	1,7	2,6	16	2,7	4,3	17	3,4	5,0	23	4,6	7,8

nr	krimp vanaf evenwichtvochtgehalte bij r.v van 97.7%																		
	rv 97.7				rv 80%				rv 70%			rv 55%			rv 25%			ovendroog	
	Vocht (%)	Vocht (%)	rad (%)	tang (%)	Vocht (%)	rad (%)	tang (%)	Vocht (%)	rad (%)	tang (%)	Vocht (%)	rad (%)	tang (%)	Vocht (%)	rad (%)	tang (%)	rad (%)	tang (%)	
<b>Spint, niet gewaterd</b>																			
1S6-1	27	19	1,2	2,0	14	1,8	2,9	12	2,5	4,2	6	3,5	5,8	5,0	7,4				
1S6-2	27	19	1,2	2,2	14	1,6	3,0	12	2,4	4,3	7	3,6	6,0	4,9	7,6				
1S6-3	27	19	1,3	2,3	14	1,6	3,0	12	2,6	4,4	7	3,6	6,1	4,7	7,4				
2S6-1	28	19	1,3	2,6	14	2,5	4,1	12	2,9	4,8	6	4,1	6,5	5,5	8,0				
2S6-2	28	19	1,4	2,5	14	2,5	3,9	12	2,9	4,7	7	4,0	6,5	5,4	8,0				
2S6-3	29	19	1,6	2,7	14	2,6	4,0	12	3,0	4,8	7	4,1	6,5	5,3	7,9				
3S6-1	25	17	0,6	2,0	16	1,4	3,2	10	1,3	3,8	5	2,1	5,4	2,8	6,6				
3S6-2	27	18	0,8	2,0	16	1,7	3,2	12	1,5	3,7	6	2,4	5,3	3,3	6,5				
3S6-3	27	18	0,8	2,0	16	1,7	3,3	12	1,6	3,9	6	2,6	5,4	3,4	6,8				
4S6-1	28	19	1,4	2,5	14	2,5	3,8	12	2,9	4,7	7	4,4	6,5	6,0	8,2				
4S6-2	28	19	1,3	2,5	14	2,5	3,8	12	2,8	4,4	6	4,0	6,4	5,5	8,1				
4S6-3	26	18	1,4	2,4	13	2,5	4,0	11	2,9	4,7	5	4,2	6,4	5,6	8,0				
5S6-1	27	18	1,1	2,2	15	2,2	3,6	12	2,2	4,1	6	3,3	5,8	4,6	7,4				
5S6-2	25	18	0,9	2,1	15	1,9	3,6	11	2,0	4,0	5	3,0	5,7	4,0	7,2				
5S6-3	27	19	0,9	1,9	15	2,1	3,4	12	2,0	3,9	6	3,1	5,6	4,3	7,1				
6S6-1	27	18	1,1	2,3	15	2,1	3,6	12	2,2	4,3	6	3,3	5,9	4,5	7,5				
6S6-2	27	18	1,1	2,4	15	2,1	3,7	12	2,2	4,1	6	3,2	5,9	4,5	7,5				
6S6-3	25	17	1,0	2,4	14	2,0	3,6	10	2,3	4,2	5	3,3	5,9	4,4	7,3				
<b>gem</b>	<b>27</b>	<b>18</b>	<b>1,1</b>	<b>2,3</b>	<b>15</b>	<b>2,1</b>	<b>3,5</b>	<b>12</b>	<b>2,3</b>	<b>4,3</b>	<b>6</b>	<b>3,4</b>	<b>6,0</b>	<b>4,6</b>	<b>7,5</b>				
std	1	1	0,3	0,2	1	0,4	0,4	1	0,5	0,4	1	0,7	0,4	0,9	0,5				
min	25	17	0,6	1,9	13	1,4	2,9	10	1,3	3,7	5	2,1	5,3	2,8	6,5				
max	29	19	1,6	2,7	16	2,6	4,1	12	3,0	4,8	7	4,4	6,5	6,0	8,2				
<b>Spint, gewaterd</b>																			
7S6-1	26	18	1,0	2,0	15	2,1	3,2	11	2,2	3,6	6	3,1	5,1	4,5	6,4				
7S6-2	26	18	0,8	2,1	15	2,0	3,2	12	2,1	3,9	6	3,1	5,4	4,3	6,7				
7S6-3	25	17	1,2	2,0	15	2,1	3,3	10	2,3	3,8	5	3,3	5,3	4,3	6,5				
8S6-1	25	17	1,1	2,4	14	2,1	4,0	10	2,2	4,5	5	3,3	6,2	4,2	7,3				
8S6-2	27	18	1,1	2,4	14	2,2	3,9	12	2,2	4,5	6	3,2	6,2	4,4	7,6				
8S6-3	27	18	1,1	2,4	14	2,2	4,0	12	2,2	4,6	6	3,2	6,3	4,2	7,7				
9S6-1	28	19	1,6	2,8	13	2,7	4,3	12	2,9	5,0	6	4,2	6,6	5,6	8,3				
9S6-2	26	17	1,7	2,7	13	2,9	4,2	11	3,1	4,7	5	4,3	6,5	5,6	7,9				
9S6-3	28	18	1,6	2,7	13	2,7	4,2	12	3,0	4,8	6	4,1	6,5	5,5	8,0				
10S6-1	25	17	1,1	2,5	15	2,0	3,9	10	2,1	4,4	5	3,2	6,4	4,0	8,0				
10S6-2	27	19	1,1	2,6	15	2,0	4,2	11	2,3	4,9	6	3,3	6,7	4,5	8,3				
10S6-3	27	19	1,0	2,4	15	2,1	3,8	11	2,2	4,6	6	3,2	6,4	4,1	7,8				
11S6-1	24	17	0,7	1,9	16	1,7	3,4	10	1,6	3,9	4	2,5	5,5	3,1	6,7				
11S6-2	26	18	0,7	1,9	16	1,4	3,4	11	1,6	4,0	6	2,5	5,6	3,2	6,8				
11S6-3	26	18	0,7	1,8	16	1,6	3,5	11	1,7	3,9	6	2,5	5,6	3,2	6,8				
<b>gem</b>	<b>26</b>	<b>18</b>	<b>1,1</b>	<b>2,3</b>	<b>15</b>	<b>2,1</b>	<b>3,8</b>	<b>11</b>	<b>2,2</b>	<b>4,3</b>	<b>6</b>	<b>3,3</b>	<b>6,0</b>	<b>4,3</b>	<b>7,4</b>				
std	1	1	0,3	0,3	1	0,4	0,4	1	0,5	0,5	1	0,6	0,5	0,8	0,7				
min	24	17	0,7	1,8	13	1,4	3,2	10	1,6	3,6	4	2,5	5,1	3,1	6,4				
max	28	19	1,7	2,8	16	2,9	4,3	12	3,1	5,0	6	4,3	6,7	5,6	8,3				
<b>Kern, niet gewaterd</b>																			
1K6-1	25	18	1,2	2,0	12	1,7	2,7	12	2,5	4,1	7	3,5	5,5	4,8	7,5				
1K6-2	26	18	1,1	2,1	12	1,7	3,0	12	2,4	4,2	7	3,4	5,9	4,7	7,5				
1K6-3	25	18	1,2	2,1	12	1,8	3,0	12	2,5	4,2	7	3,6	5,9	4,7	7,2				
2K6-1	27	18	0,8	2,3	16	1,6	3,3	12	1,4	3,8	6	2,2	5,3	3,0	7,3				
2K6-2	27	18	1,0	2,3	16	1,8	3,5	12	1,7	4,2	7	2,5	5,7	3,4	7,2				

2K6-3	27	18	0,9	2,3	16	1,7	3,5	12	1,7	4,1	6	2,4	5,7	3,0	7,0
3K6-1	24	16	0,8	2,0	15	1,3	3,2	11	1,3	3,5	6	2,0	4,9	2,7	6,1
3K6-2	23	15	0,7	1,9	15	1,3	3,0	10	1,4	3,5	5	2,0	4,8	2,5	6,0
3K6-3	24	16	0,8	1,9	15	1,7	3,1	11	1,5	3,4	6	2,3	4,6	2,9	6,0
4K6-1	26	18	1,3	1,7	12	2,2	2,9	12	2,2	3,3	7	3,1	4,8	4,3	6,2
4K6-2	26	17	1,1	1,7	12	2,0	2,9	11	2,0	3,3	6	2,9	4,8	3,9	6,2
4K6-3	27	18	1,3	1,8	12	2,3	3,1	12	2,4	3,4	7	3,4	4,9	4,5	6,4
5K6-1	25	17	0,6	1,4	15	1,5	2,3	11	1,4	2,8	5	2,1	4,0	2,8	5,1
5K6-2	27	18	0,7	1,2	15	1,6	2,4	12	1,5	2,5	6	2,2	3,8	3,0	5,0
5K6-3	26	18	0,6	1,4	15	1,5	2,4	12	1,3	2,8	6	2,0	4,2	2,8	5,5
6K6-1	24	17	0,6	1,5	14	1,4	2,3	11	1,2	3,1	5	2,0	4,6	2,7	5,9
6K6-2	25	18	0,8	1,5	14	1,6	2,8	12	1,5	3,1	6	2,3	4,7	3,1	6,3
6K6-3	25	18	0,5	1,6	14	1,4	2,8	12	1,2	3,3	6	2,1	5,0	2,9	6,4
<b>gem</b>	<b>25</b>	<b>18</b>	<b>0,9</b>	<b>1,8</b>	<b>14</b>	<b>1,7</b>	<b>2,9</b>	<b>11</b>	<b>1,7</b>	<b>3,5</b>	<b>6</b>	<b>2,6</b>	<b>5,0</b>	<b>3,4</b>	<b>6,4</b>
std	1	1	0,3	0,3	1	0,3	0,4	1	0,5	0,5	1	0,6	0,6	0,8	0,8
min	23	15	0,5	1,2	12	1,3	2,3	10	1,2	2,5	5	2,0	3,8	2,5	5,0
max	27	18	1,3	2,3	16	2,3	3,5	12	2,5	4,2	7	3,6	5,9	4,8	7,5

**Kern, gewaterd**

7K6-1	24	17	0,8	1,9	12	1,6	3,2	11	1,6	3,7	6	2,5	5,3	3,2	6,6
7K6-2	26	18	0,8	1,7	13	1,7	2,8	12	1,6	3,3	6	2,4	4,9	3,3	6,4
7K6-3	26	18	0,8	1,9	13	1,7	3,0	12	1,6	3,5	6	2,4	5,1	3,3	6,6
8K6-1	27	18	1,1	2,9	14	2,1	4,5	12	2,1	5,2	6	3,1	7,0	4,3	8,7
8K6-2	26	17	1,1	2,7	14	2,1	4,1	10	2,2	5,0	5	3,2	6,9	4,2	8,5
8K6-3	27	18	1,1	2,8	14	2,0	4,2	12	2,1	5,0	6	3,2	6,9	4,2	8,5
9K6-1	25	17	1,3	2,9	10	2,3	4,3	11	2,6	5,1	7	3,7	6,8	4,9	8,6
9K6-2	25	17	1,5	3,0	10	2,3	4,3	11	2,6	5,0	7	3,7	6,9	5,0	8,6
9K6-3	25	17	1,4	2,9	10	2,2	4,3	11	2,4	5,1	7	3,7	6,9	4,8	8,7
10K6-1	28	19	1,0	2,5	15	2,0	4,0	12	2,0	4,8	6	2,9	6,6	4,0	8,4
10K6-2	28	19	1,1	2,7	15	2,2	4,4	12	2,1	5,2	6	3,0	7,1	4,1	8,9
10K6-3	26	17	1,1	2,3	14	2,0	4,1	10	2,1	4,7	5	2,9	6,6	3,7	7,8
11K6-1															
11K6-2															
11K6-3	23	17	0,9	1,8	11	1,8	2,9	12	1,6	3,4	9	2,2	4,6	2,9	5,8
<b>gem</b>	<b>26</b>	<b>17</b>	<b>1,1</b>	<b>2,5</b>	<b>13</b>	<b>2,0</b>	<b>3,8</b>	<b>11</b>	<b>2,1</b>	<b>4,5</b>	<b>6</b>	<b>3,0</b>	<b>6,3</b>	<b>4,0</b>	<b>7,9</b>
std	1	1	0,2	0,5	2	0,2	0,6	1	0,4	0,8	1	0,5	0,9	0,7	1,1
min	23	17	0,8	1,7	10	1,6	2,8	10	1,6	3,3	5	2,2	4,6	2,9	5,8
max	28	19	1,5	3,0	15	2,3	4,5	12	2,6	5,2	9	3,7	7,1	5,0	8,9

## Bijlage 4

nr	lengte mm	breedte mm	dikte mm	MOE N/mm <sup>2</sup>	MOR N/mm <sup>2</sup>
1S.9.1	300	20,3	19,9	11092	90
1S.9.2	300	20,4	20,2	8148	86
2S.9.1	300	20,3	20,4	10372	62
2S.9.2	300	20,6	20,2	6236	73
3S.9.1	300	20,3	20,3	7983	62
3S.9.2	300	20,1	20,1	9068	60
4S.9.1	300	20,1	20,0	13132	97
4S.9.2	300	20,2	20,2	15100	96
5S.9.1	300	20,2	20,3	7501	77
5S.9.2	300	20,3	20,2	5756	71
6S.9.1	300	20,4	20,3	11385	81
6S.9.2	300	20,3	20,2	12765	76
<b>gemiddelde</b>		<b>20,3</b>	<b>20,2</b>	<b>9878</b>	<b>77</b>
std		0,1	0,1	2913	13
1K.9.1	300	20,1	20,1	4280	61
1K.9.2	300	20,4	20,2	8340	107
2K.9.1	300	20,2	20,1	5523	44
2K.9.2	300	20,1	20,2	5640	51
3K.9.1	300	20,1	20,2	6507	69
3K.9.2	300	20,1	20,0	8801	75
4K.9.1	300	20,3	20,4	9137	94
4K.9.2	300	20,2	20,3	8555	106
5K.9.1	300	20,2	20,1	7533	81
5K.9.2	300	20,0	20,2	8501	70
6K.9.1	300	20,2	20,1	7923	79
6K.9.2	300	20,1	20,2	11442	86
<b>gemiddelde</b>		<b>20,2</b>	<b>20,1</b>	<b>7682</b>	<b>77</b>
std		0,1	0,1	1936	20
7S.9.1	300	20,3	20,1	8265	88
7S.9.2	300	20,4	20,0	9164	96
8S.9.1	300	20,1	20,1	11262	69
8S.9.2	300	20,2	20,1	8184	81
9S.9.1	300	20,3	20,2	14729	98
9S.9.2	300	20,1	20,1	9376	102
10S.9.1	300	20,3	20,1	14173	91
10S.9.2	300	20,3	20,1	13799	91
11S.9.1	300	20,2	20,2	9134	75
11S.9.2	300	20,1	20,1	7366	77
<b>gemiddelde</b>		<b>20,2</b>	<b>20,1</b>	<b>10545</b>	<b>87</b>
std		0,1	0,0	2747	11
7K.9.1	300	20,1	20,2	9032	92
7K.9.2	300	20,1	20,1	7113	81
8K.9.1	300	20,1	20,0	10008	109
8K.9.2	300	20,2	20,1	8978	102
9K.9.1	300	20,2	20,2	10294	93



9K.9.2	300	20,1	19,2	7991	103
10K.9.1	300	20,1	20,1	5254	66
10K.9.2	300	20,2	20,1	6302	63
11K.9.1	300	20,0	20,0	6446	67
11K.9.2	300	20,2	20,1	9695	83
<b>gemiddelde</b>		<b>20,1</b>	<b>20,0</b>	<b>8111</b>	<b>86</b>
std		0,1	0,3	1754	17

## Bijlage 5

vochtgehalte bij verschillende rv op basis van gewicht (%)						
	11%	35%	54%	75%	82%	92%
<b>niet gewaterd spinhout</b>						
1S	4,6	6,8	10,5	13,7	15,6	19,7
2S	4,5	6,8	10,5	13,9	15,7	19,9
3S	4,3	6,8	10,5	13,7	15,5	19,3
4S	4,8	7,0	10,6	14,1	15,8	19,9
5S	4,6	6,8	10,5	13,8	15,6	19,5
6S	4,3	6,6	10,2	13,5	15,3	19,1
<b>gemiddeld</b>	<b>4,5</b>	<b>6,8</b>	<b>10,5</b>	<b>13,8</b>	<b>15,6</b>	<b>19,5</b>
std	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3
<b>niet gewaterd kernhout</b>						
1K	9,0	9,7	12,1	14,6	16,1	18,9
2K	4,9	6,7	10,1	13,4	15,3	18,8
3K	6,6	7,7	10,2	12,8	14,3	17,0
4K	6,2	7,3	10,2	13,2	15,1	18,3
5K	5,1	6,7	10,1	13,4	15,2	18,7
6K	5,1	6,7	10,1	13,2	14,9	18,3
<b>gemiddeld</b>	<b>5,6</b>	<b>7,0</b>	<b>10,2</b>	<b>13,2</b>	<b>15,0</b>	<b>18,2</b>
std	1,6	1,2	0,8	0,6	0,6	0,7
<b>gewaterd spinhout</b>						
7S	3,9	6,4	10,0	13,2	15,1	19,0
8S	4,1	6,6	10,2	13,5	15,2	19,3
9S	3,8	6,3	10,0	13,3	15,3	19,2
10S	3,9	6,4	9,9	13,2	15,2	19,1
11S	4,1	6,4	10,0	13,1	14,8	18,9
<b>gemiddeld</b>	<b>4,0</b>	<b>6,4</b>	<b>10,0</b>	<b>13,3</b>	<b>15,1</b>	<b>19,1</b>
std	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
<b>gewaterd kernhout</b>						
7K	5,8	7,2	10,3	13,3	15,0	18,4
8K	4,8	6,6	10,0	13,2	15,1	18,9
9K	11,0	11,3	13,2	15,4	16,9	19,6
10K	5,4	6,7	9,7	12,7	14,5	18,0
11K	10,5	11,0	12,9	14,9	16,1	18,6
<b>gemiddeld</b>	<b>7,5</b>	<b>8,6</b>	<b>11,2</b>	<b>13,9</b>	<b>15,5</b>	<b>18,7</b>
std	4,0	4,1	4,8	5,7	6,3	7,6

vochtgehalte bij verschillende rv op basis van elektrische gewicht (%)						
	11%	35%	54%	75%	82%	92%
<b>niet gewaterd spinhout</b>						
1S	5,5	6,3	9,2	13,5	16	19,2
2S	5,8	6,1	9,5	14,2	16,7	20
3S	5,8	6,3	9,7	14,4	16,7	20,1
4S	5,7	5,1	9,1	13,4	15,9	19,3
5S	5,8	6,1	9,2	13,6	16,2	20
6S	5,9	6,2	9,3	13,8	16,4	19,6
<b>gemiddeld</b>	<b>5,8</b>	<b>6,0</b>	<b>9,4</b>	<b>13,9</b>	<b>16,4</b>	<b>19,8</b>
std	0,1	0,5	0,2	0,4	0,3	0,4

	vochtgehalte bij verschillende rv op basis van elektrische gewicht (%)					
	11%	35%	54%	75%	82%	92%
<b>niet gewaterd kernhout</b>						
1K	6,1	5	7,2	9,9	12,3	14,8
2K	5,8	5,8	7,2	11,2	13,7	16,8
3K	5,7	5,8	7	10,1	12,4	15,1
4K	6,3	6	7,5	10,2	12,9	15,7
5K	6,7	5,8	7,2	10,7	13,1	16,1
6K	5,9	6,1	6,9	10,4	12,7	16,2
<b>gemiddeld</b>	<b>6,1</b>	<b>5,9</b>	<b>7,2</b>	<b>10,5</b>	<b>13,0</b>	<b>16,0</b>
std	0,4	0,4	0,2	0,5	0,5	0,7
<b>gewaterd spinhout</b>						
7S	5,8	6	9,1	13,3	15,8	18,9
8S	5,8	6,1	8,9	13,3	15,5	18,7
9S	5,9	5,8	7,8	11,6	13,8	16,7
10S	5	5,8	8	12,2	14,6	17,8
11S	5,1	5,8	7,5	11,4	13,5	16,8
<b>gemiddeld</b>	<b>5,5</b>	<b>5,9</b>	<b>8,3</b>	<b>12,4</b>	<b>14,6</b>	<b>17,8</b>
std	0,4	0,1	0,7	0,9	1,0	1,0
<b>gewaterd kernhout</b>						
7K	5,9	5,9	7,4	10,8	13,3	16,1
8K	6	6	7,7	11,4	13,9	16,9
9K	7,6	6,8	7,8	10,1	12,3	14,9
10K	5,1	5,9	7,9	11,2	13,6	16,5
11K	5,9	5,5	7,3	10,2	12,4	15
<b>gemiddeld</b>	<b>6,1</b>	<b>6,0</b>	<b>7,6</b>	<b>10,7</b>	<b>13,1</b>	<b>15,9</b>
std	2,5	2,4	2,8	4,0	5,0	6,1