

## ВЛИЯНИЕ НА ХАРАКТЕРИСТИКИТЕ НА ДЪРВЕСИНАТА ВЪРХУ ПРОЦЕСИТЕ НА СУШЕНЕ

Мартина Тодорова, Галина Кутова, Николай Бърдаров  
Лесотехнически университет, София

### Резюме

Качеството на фасонираните дървесни материали се определя от наличието и степента на застъпване на недостатъците на дървесината. Част от тези недостатъци се получават при обработката на дървесината и в световната литература се наричат дефекти. Най-големите от тях се получават по време на сушенето. За избягване на им е необходимо много знания и голямо майсторство от оператора на сушилната камера. Трябва да се посочи, че има голяма разлика между сушенето на дървесина от високо качество и сушене на конструкционна дървесина. Има разлика и между сушенето на иглолистна и на широколистна дървесина, на кръгово-пореста и пръснато-пореста, на лека, средно тежка и тежка. Статията разглежда влиянието на някои характеристики на дървесината върху процесите на сушене. Целта е да се определят разликите, които дървесните видове придават върху режимите на сушене.

**Ключови думи:** дървесина, съдържание на влага, плътност, съсъхване, беловина, ядро.

**Keywords:** wood, moisture content, density, shrinkage, sapwood, core.

**JEL:** Q23 Q57.

### Увод

Сушенето е специфичен процес, при който водата от суровата дървесина се довежда до практически използвани граници. За да се приеме този процес за успешен, трябва да има много малки разлики във влажността, както между отделните дървесни материали, така и между различните точки (зони) на един детайл. Това условие изисква близки първоначални показатели на подложените на сушене материали: дървесен вид, вид дървесина, първоначална влажност, плътност и т.н. постигането на тези изисквания е много трудно, което прави процесът на сушене толкова сложен.

Различните характеристики на дървесината оставят своя отпечатък върху параметрите на сушене. Ето защо познаването на тези зависимости е толкова важно.

### Строеж на дървесината

От гледна точка на сушенето, дървесината може да се разглежда като капиларно-поресто, колоидно „влажно“ тяло. Ако тя не е в абсолютно сухо състояние може да се разглежда като комплекс от дървесно вещество, влага и въздух [1, 6, 7].

Движението на водата в различните направления става по различен начин и при него участват различни анатомични структури. В надлъжно направление има голяма разлика в сушенето на иглолистна и широколистна дървесина. В радиално направление водеща роля имат сърцевинните лъчи, а в тангенциално – дворчестите пори.

Дървесината може да се разглежда и като химичен състав. Най-общо той може да бъде

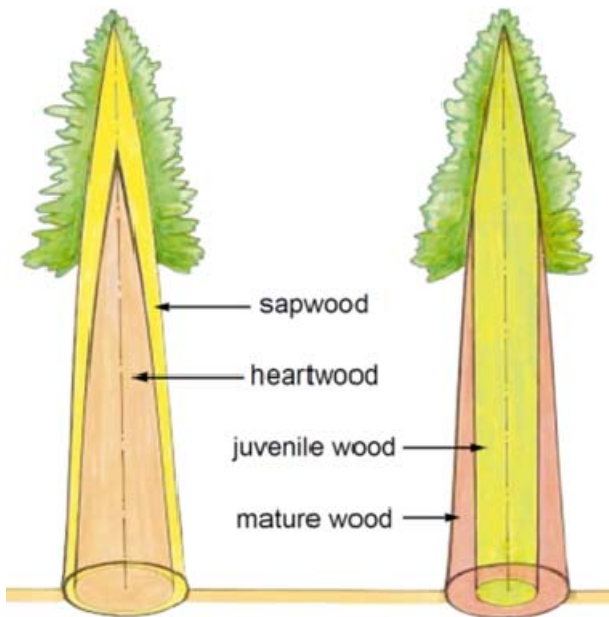
разделен на основен и второстепенен [5, 10]. Основния състав се състои от целулоза (около 40–50%), хемицелулоза (около 18–25%) и лигнин (около 20–30%). В дървесината се съдържат и екстрактни вещества, които при сушенето се придвижват към повърхността или се отделят в обработваемата среда [3, 8].

### Ядро

При дървото дървесината в най-външните годишни пръстени е светла на цвят (почти бяла с разлика в оттенъците) и участва в определени физиологични функции, включително проводимост на сока (ботанически се нарича ксилем). Като цяло на няколко годишни пръстена от камбия навътре има повече или по-малко рязка промяна в цвета при много видове, която съответства на прехода към ядрото. Има голям диапазон в броя на растежните пръстени на беловината от 1–2 за северната каталпа (*Catalpa speciosa*) до 80–100 за черния тупело (*Nyssa sylvatica*), и съответно в ширината на зоната на беловината, от едва 10 до 150 mm или повече [1, 4, 6, 7]. При нашите дървесни видове най-малка широчина на беловината има при обикновения кестен (1–3 годишни пръстена), а най-голяма при боровете.

Областта на ядрото съответства на централна заострена колона или конус, в която всички клетки са мъртви и физиологично неактивни, включително клетките на паренхима (фиг. 1). Когато дървесината е обогатена с оцветени екстракти, като масла и смоли или танини, тяхната маса може да достигне до 20% от теглото на абсолютно сухата дървесина. Тези химикали проникват както в клетъчната стена, така и в

лумена (клетъчната празнина), но не са химически прикрепени към стената. Терминът екстрактни вещества включва съединения, които са разтворими в органични разтворители, както и въглеводороди, които могат да бъдат извлечени с вода. Там, където ядрото е неразлично от беловината, то, подобно на беловината, но обикновено не е устойчиво на гниене.



Източник: [18].

Фиг. 1. Разположение на различните видове дървесина в стъблото

Наличието на ядро оказва влияние върху сушения дървен материал по четири основни начина:

- при намалена дифузия на водата и минимална пропускливост, което налага по-бавно сушене, за да се избегнат деформациите;
- при намалено съсъхване, дължащо се на разположените в клетъчните стени екстрактни вещества, което само по себе си е желана характеристика.
- при по-големи летливи емисии, особено при високотемпературно сушене, което е предизвикателство за екологичните и здравните стандарти.
- чрез корозия на някои части на сушилната камера, породила се поради отделяне на дървесни киселини, например в случая на канадската цуга (*Tsuga heterophylla*).

### Мокро ядро

Терминът „wetwood“ е въведен през 30-те години на миналия век, за да опише състоянието на обезцветяване на централната дървесина и

високото съдържание на вода, открито в боровете и смърчовите в Швеция. Други видове, като тополите, върбите и платана от широколистните видове и много от елите, цугата сред иглолистните дървета, също често се обезцветяват по този начин. Други важни търговски видове в световен мащаб, които са податливи на това обезцветяване, включват червения и белия дъб и белия бор в Скандинавия, арокарията в Австралия, бряста и ясена от Япония [12, 15]. Във всички тези случаи както непредсказуемостта, така и разпространението на мократа дървесина са характеристики от икономическо значение.

Мократа дървесина има остра, неприятна миризма, обикновено е по-тъмна от беловината и може да има по-високо съдържание на влага от здравето ядро. Има бактерии (*Facultative bacteria*), способни да живеят с много малко кислород, и анаеробни бактерии, които са свързани с тази мокра дървесина. Тези бактерии живеят главно от клетъчното съдържание и само частично от съставките на клетъчната стена, като не причиняват забележима загуба на маса (основна плътност). В дърветата на корен мократа дървесина често се свързва с отлупни пукнатини и пукнатини от мраз.

От своя страна, в стоящото дърво това начално отслабване на междуклетъчната връзка води до измятане, колапс и загрубване на текстурата по време на последващо сушене. Това не е пряка вина на оператора на сушилнята, освен ако предварително не е определено наличието на това мокро ядро. Мерките за противодействие включват приемането на по-ниски температури по време на ранните и средните етапи на сушене или дори предварително изсушаване на влажната дървесина на въздух. Смята се, че годишните загуби поради мокро ядро по време на сушене на дъб са най-малко 3%, но не е необичайно достигането на 10 до 25%, или дори половината от дървения материал да бъде загубен поради повреда на пукнатини от съсъхване или отлупни пукнатини [12, 15].

Мокротото ядро е трудно за сушене, главно поради намаленото налягане на парите, причинено от секретите на микроорганизми, което затруднява извличането на влага от този тъкан, и в по-малка степен от много ниските скорости на пренос на влага в по-сухата тъкан. Отслабените клетъчни стени обясняват податливостта на мократа дървесина към колапс, дори при меки режими, деформация на повърхността, пукнатини от съсъхване или отлупни пукнатини. Практическата трудност при сушенето на мокротото ядро се крие в опасността от пресушаване на по-голямата част от дървения материал, докато се изсуши мократа дървесина. Компенсиращата

стратегия изисква дълъг период на изравняване в края на режима на сушене.

### Ориентация на дъските

Има няколко класификации на фасонираните материали, в зависимост от разположението им в стъблото. Една от тях разделя дъските на радиални, тангенциални и смесени (тези с преходен разрез). Ориентацията на дъските се използва да се окачествят тези дъски, но въпреки, че те са взети от едно и също място те съвсем не са еднакви. За радиалните дъски се твърди, че са по-качествени от тангенциалните, но те също имат своите недостатъци. Една радиална дъска почти винаги включва в себе си ювенилна и зряла дървесина (а ако е много широка и периферна). Тези два (или дори три) вида дървесина се сушат много различно, основно поради различната структура и плътност на дървесината (фиг. 1). Освен това сърцевинните лъчи, които по принцип изпълняват проводяща функция в дървото са разположени в тези дъски от кант, до кант. Така те ще освободят по бързо водата в зоните около канта, но това няма да промени много поведението на дървесината при сушене (въпреки, че лъчите са с различна гъстота и размери в ювенилната и зрялата дървесина).

От друга страна тангенциалните дъски са смятани за по-некачествени, поради факта, че по-силно (и почти редовно) се измятат. Освен това при тези с по-големите размери в средата се разполага тангенциален разрез, но в двата края той е преходен. Това е и една от основните причини за измятането. Друга причина, на която явворите не обръщат толкова внимание са именно сърцевинните лъчи. При тангенциалната дъска широките страни на дъската са осеяни с хиляди лъчи. Те провеждат много по-бързо водата от централните зони на дъската до нейната периферия. Тези дъски се изсушават по-бързо и е твърде възможно те да се пресушават и оттам да идва измятането.

Анизотропията на набъбването и съсъхването имат дълбок ефект върху управлението на практиката на сушене на дървен материал. Дървеният материал се разкроява по определен начин, като от трупите се получават дъски с целеви размер в дъскорезницата. Тук се взема предвид вариациите на рязане, съсъхването до крайното съдържание на вода и надмерките за рендосване [11, 16, 17]. Надмерките за рендосване не засягат пряко сушенето в сушилната камера.

### Размер на дъските

Наред с глобалното намаляване на запасите от качествената едномерна дървесина идва и проблема с оползотворяването на трупи с по-

ниско качество или с по-малък диаметър. Ефективното оползотворяване на дървесината, добила от гората, намалява генерирането на отпадъци, което води до по-висок добив, допринасяйки за опазването на горските ресурси и цялостната екологична устойчивост.

Сушенето на дъски с по-малки размери (дължина, ширина, дебелина) намалява до голяма степен влиянието на някои недостатъци и ориентацията на дъските. Първи етап от процеса на сушене е загряването на средата на дебелината, без да се причиняват повреди. Едно от предимствата на сушене на тънки дъски е бързото и безпроблемно загряване на дъската по целия обем [13, 14].

### Съдържание на вода в сурово състояние

Съдържанието на вода в ядрото е много по-малко от това на беловината. При иглолистните в ядрото то варира около 45–55%, докато в беловината е над 150%. И тук, както при изследване на трайността на дървесината е важно колко беловина и колко ядро ще попаднат във фасонираните материали. При някои видове беловината е тясна и във фасонираните материали, нейното участие е малко. При други тя е много широка и количеството на дъски, съдържащи само беловина е значително.

След първоначалното разкрояване е важно дъските да се разделят на три групи: такива, имащи само ядро, такива, при които има смесено участие на ядрото и беловината и такива, при които има само беловина. Неудобството е, че тези три групи трябва да са отделни фигури с материал, които да се запълнят до капацитета на сушилната камера и да се сушат поотделно! Това е особено важно, защото когато се свързва електронната система за управление, трябва да се избере дъска, която да има стойности като останалите дъски. В противен случай няма да се спази условията за еднаквост на първоначалните характеристики на изсушавания материал.

На практика първо се вкарва фигурата с материал от ядровата дървесина. Тези дъски имат най-ниско съдържание на вода, което варира в много тесни граници. Втората фигура с материал би трябвало да е тази съставена само от беловинни дъски. Вярно е, че те имат високо съдържание на вода, но то също варира в тесни граници. Сушенето на дървен материал от беловина е относително по-лесно, тъй като пропускливостта на беловината често е значително по-висока от тази на ядрото. Третата група се оставя за накрая, когато оставени на атмосферно сушене дъските изравняват, до колкото е възможно, съдържанието си на вода по целия обем (т.е. между ядрото и беловината). Логика-

та на това разделяне е следната: при първата група има почти еднакви и при това ниски стойности на първоначалното съдържание на вода. Втората група се оставя за известно време да „изсъхне на въздух“. Така първоначалното количество съдържание на вода се отделя от дървесината, без наше участие (т.е. без да сме платили за това). Понякога дори местата на първите две фигури се разменят. Причината за това е бавното натрупване на фигурата с материал само от беловина. Стойки в цеха (т.е. на сухо и отопляемо място), дъските разположени в края, или тези стояли дълго време на открито (най-отгоре на временната фигура) ще имат по-ниско съдържание на вода от останалите беловинни дъски. Разликите в първоначалното съдържание на вода ще са доста големи и няма да се спази условието за еднаквост.

Освен по радиуса (т.е. с възрастта) съдържанието на вода може да варира и по височина на стъблото.

### Плътност

Плътността отдавна се счита за комплексен качествен параметър. Това е така, защото от една страна тя е следствие от строежа на дървесината, а от друга определя механичните ѝ свойства. При повечето борове, плътността обикновено се увеличава с номера на пръстена от сърцевината и така корелира добре с всички останали свойства и характеристики на зрялата дървесина. Освен това, съсъхването на дървесината зависи от основната плътност на дървесината [9, 11, 15]. По този начин графика на външно обемно свиване за голям брой широколистни дървесни видове показва добра корелация с основната плътност.

При камерното сушене трябва постоянно да се отчита базисната плътност на дървесината, както във фигурата с материал, така и в рамките на една дъска. Но вариациите в рамките на пръстена, вариациите в рамките на дървото и вариациите между дърветата в плътността са значителни. Разликите в плътността в рамките на годишния пръстен са по-малки при ювенилната дървесина, отколкото при зрялата. Това е така, защото при първата късната дървесина не е толкова плътна, а и има по-малък процент късна дървесина.

Повечето видове, с изключение на *Araucaria* от иглолистните и пръснато-порестите от широколистните, показват значителна вариация в плътността в рамките на годишния пръстен. Това е преди всичко е резултат от сезонните климатични промени и образуването на късна дървесина, много различна от ранната. Така промяната на плътността в годишния пръстен далеч надхвърля вариацията на плътността между

отделните дървета и вътре в рамките на едно дърво. Харис (1969) показва контраста между късната (с плътност  $870 \text{ kg.m}^{-3}$ ) и ранната дървесина (с плътност  $170 \text{ kg.m}^{-3}$ ) в годишните пръстени на зряла дървесина от дугласка [9,12].

Вариациите в плътността на пръстена могат да причинят проблеми при сушенето по две причини. Колкото по-голяма е промяната в плътността в пръстена, толкова по-голямо е диференциалното свиване на границата на пръстена. Това, от своя страна, може да създаде достатъчно тежки стресове на сушене, за да насърчи разслояването и вътрешната деформация. Второ, ниската абсолютна плътност в ранната дървесина може да доведе до колапс при сушене, особено при високи температури [11, 16, 17].

### Заклучение

Дървесината е анизотропна, изменчива и нехомогенна. Тези три основни характеристики влияят не само върху процесите на сушене, но и върху качеството на получените сухи дървесни материали. Анизотропията предопределя скоростта на сушене в различните направления. Така качеството на фасонираните материали зависи и от ориентацията им спрямо оста на стъблото. По време на сушенето вследствие на изменчивостта се променят силно характеристиките на дървесината. Нехомогенността описва разликата в свойствата в различните части на дървесните материали.

Различните дървесни видове и различните видове дървесина имат различни характеристики. Така дървесните материали имат различно поведение по време на сушенето и различно качество в края на този процес.

### Литература

1. Блъскова, Г. *Дървесинознание*. Издателство на Лесотехнически университет. София. 2009. стр. 84–129.
2. Болдырев, П. *Сушка дървесини*. „Профи“. Санкт-Петербург. 2010.
3. Виделов, Х. *Сушене на дървесината*. Издателство на Лесотехнически университет. София. 2003.
4. Енчев, Е., Николов, С. *Влажност на дървесината*. Земиздат. София. 1967.
5. Енчев, Е., Райчев, А. *Наръчник по технология на дървесината*. Техника. София. 1980.
6. Енчев, Е. *Дървесинознание*. Издателство на Земиздат. София. 1984.
7. Курьянова, Т. *Древесиноведение и сушка дървесини*. М-во образования и науки РФ. ФГБОУ ВПО „ВГЛТА“. Воронеж. 2013.
8. Николов, С., Виделов, Х. *Наръчник по сушене на дървесината*. Държавно издателство „Техника“. София“. 1979.
9. Стоянов, А. *Влажностно-топлинни технологични въздействия върху дървесината*. Дисертация

- за присъждане на научна степен „Доктор на техническите науки“. ВЛТИ, София. 1979.
10. Чемоданов, А. и др. *Сушка дървесини*. Справочные материалы. Инфра-Инженерия. Москва. 2022.
  11. Avramidis, S., Lazarescu, C., Rahimi, S. *Basics of Wood Drying*. Springer. 2023
  12. Keey, R., Langrish, T., Walker, J. *Kiln-Drying of Lumber*. Springer series in wood science. 2000.
  13. Klement, I., Vilkovská, T., Vilkovský, P. Effects of beech wood dimensions and quality on edge-glued boards yield. *BioResources*. 20(1). 2025. 910–922. DOI: <https://doi.org/10.15376/biores.20.1.910-922>.
  14. Klement, I., Vilkovská, T., Vilkovský, P. The Effect of Pine Wood Thickness on the Freezing and Heating Process in Warm-Air Drying. *Appl. Sci.* 14(20). 9464. 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/app14209464>.
  15. Simpson, W. *Properties of Wood Related to Drying*. Supervisory Research Forest Products Technologist. 2010.
  16. Ugwu S. et al. Engineering properties of wood under different drying methods. *Global Journal of Engineering and Technology Advances*. 2021.
  17. Yin Qin, Hong-Hai, L. Drying Stress and Strain of Wood: A Review. *Appl. Sci.* 11. 5023. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/app11115023>.
  18. Jozsa, L., Middleton, G. *A Discussion of Wood Quality Attributes and Their Practical Implications*. Forintek Canada Corp. Special Publication No. SP-34. 1994.

## INFLUENCE OF WOOD CHARACTERISTICS ON DRYING PROCESSES

**Martina Todorova, Galina Kutova, Nikolay Bardarov**  
**University of Forestry, Sofia, Bulgaria**

### Abstract

The quality of shaped wood materials is determined by the presence and degree of overlap of wood abnormalities. Some of these abnormalities are obtained during wood processing and are called defects in world literature. The largest of them are obtained during drying. To avoid them, a lot of knowledge and great skill are required from the drying chamber operator. It should be noted that there is a big difference between drying high-quality wood and drying construction wood. There is also a difference between drying coniferous and deciduous wood, ring-pored and diffuse-pored, light, medium-heavy and heavy. The article examines the influence of some wood characteristics on drying processes. The aim is to determine the differences that wood species make on drying regimes.