

FARBA DREVA: TEORETICKÝ ROČNÝ KRUH

COLOUR OF WOOD: THEORETICAL ANNUAL RING

Richard Hrčka

ABSTRACT

A deterministic method of wood colour evaluation follows from its non-homogeneity. Macroscopic features possess their own characteristic colours, which are represented as triangle vertexes of theoretical annual ring in plane which is placed in colour space XYZ. The article contains a developed theory of wood colour evaluation, which follows from properties of linear colour space XYZ. The theory is based on the Grassmann laws and a definition of colour mixture from particular amount of two colours which can be extended to arbitrary amount of colours. The phenomenon of theoretical annual ring enables to solve the inverse and also direct problem. The inverse problem follows from theory of analytical geometry in plane and its results are utilised in direct problem. The results of solving the direct problem are colour percentage of latewood, colour percentage of wooden rays, respectively an amount of macroscopic features colour participating on wood colour.

Kľúčové slová: drevo, farba, makroskopický znak.

ÚVOD

V Náuke o dreve snád' nie je viac hodnotenej vlastnosti ako farba, vyrovnávajú sa svojou pôsobnosťou pevnosti, aj keď význam farby dreva oproti iným vlastnostiam je z mnohých hľadísk a použití dreva nepodstatný. Výsledky z merania farby dreva podliehajú subjektívnemu hodnoteniu farby dreva a očakávaniam jej zmeny zo skúseností (GARD *a kol.* 2010). Cieľu práce o objektívnom hodnotení farby dreva vyhovuje CIELAB farebný priestor (KATUŠČÁK & KUČERA 2000, TOLVAJ *a kol.* 2000), ktorý je rovnomerne vnímateľný v širokom rozsahu farieb. Vznik CIELAB priestoru podnietila nová teória vnímania farieb, ale v podstate je len nelineárnou transformáciou predchádzajúceho systému XYZ, ktorý pochádza z možnosti skladať farby pomocou troch základných farieb. Farebný priestor XYZ vznikol z lineárnej transformácie RGB priestoru. MAMOŇOVÁ *a kol.* (2009) rozlišovali pomocou farby v RGB priestore štiepky, určené na delignifikačný proces. RGB priestor je lineárny, teda platia v ňom vety z lineárnej algebry o sčítavaní a násobení reálnym číslom. Meraním farby jarného a letného dreva v priestoroch XYZ a xyY sa zaoberal LIPTÁK (1966) a neskôr súradnice farby dreva rôznych drevín v rôznych farebných priestoroch uvádza práca BABIAK *a kol.* (2002). Zmenu farby dreva vplyvom pôsobenia exaktného množstva energie produkovaného CO₂ laserom popisujú DIANIŠKOVÁ *a kol.* (2008), KUBOVSKÝ & BABIAK (2009). Jednou z výhod priestoru XYZ, a potom aj z neho odvodeného kolorimetrického trojuholníka (priestor xyY), je v jednoduchosti dostupného matematického aparátu, ktorý popisuje miešanie farieb. Súradnice farby dreva získané zo svetla D65 sú nehomogénne

veliĥiny (BABIĀK *a kol.* 2004, HRĀKA 2008), ktoré ĥasto merané za rŕzných podmienok dosahujú rŕzne hodnoty. Podmienky sa netýkajú len prŕstrojovéhoo vybavenia, výroby skŕšobnŕých telies, postupu merania, ale aj parametrov okolia, v ktorom sa drevo momentálne nachádza, poprŕpade nachádzalo. Rozlišovanie makroskopickŕých znakov na základe farby, napr. farebnŕ rozdiel medzi jarnŕm drevom a letnŕm drevom (CHOVANEĀ *a kol.* 1992) dokazuje, ňe súradnice farby dreva sú nehomogénne veliĥiny. Všetky dreviny v dreve netvorია roĥné kruhy, napr. tropické drevo (POŹGAJ *a kol.* 1997), v ktorom sa ale nachádzajú iné prŕĥiny nehomogenity farby dreva (BAAR & GRYC 2012).

Cieľom tohto prŕspevku je vymedzenie farebnéhoo priestoru dreva makroskopickŕmi znakmi roĥnŕ kruh a strŕŕnovŕ lŕĥ.

ZMES FARIEB, VŠEOBECNŔ POPIS

Nech kaŕdŕ farbu moŕno vyjadriť z troĥ rŕzných, vhodne zvolenŕch podnetov (2. Grassmannov zákon, napr. DEAN & MACILWAIN 1960):

$$C = R(\mathbf{R}) + G(\mathbf{G}) + B(\mathbf{B}) = X(\mathbf{X}) + Y(\mathbf{Y}) + Z(\mathbf{Z}) \quad (1)$$

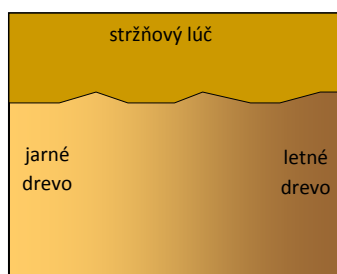
Sŕĥet dvoĥ farieb (C1 a C2) je sŕĥetom jednotlivŕch zloŕiek (X1 a X2), (Y1 a Y2), (Z1 a Z2), ĥo vyplŕva z 3. Grassmannovho zákona. Tento zákon je splnenŕ aj vtedy, keĎ definujeme zmes farieb vŕslednou farbou C:

$$nC1 + pC2 = (nX1 + pX2)(\mathbf{X}) + (nY1 + pY2)(\mathbf{Y}) + (nZ1 + pZ2)(\mathbf{Z}) = (n + p)C \quad (2)$$

kde n je moŕzstvo farby C1, p moŕzstvo farby C2 a (n + p) moŕzstvo farby C, prŕĥom nech vŕsledok nezávisí na vŕslednom moŕzstve (n + p) (s moŕznosťou expanzie alebo kontrakcie moŕzstva). Bez ujmy na vŕseobecnosti uvaŕujeme n+p=1. Uvedenŕ teŕriu moŕžeme rozŕriť na ľubovoľnŕ poĥet farieb matematickou indukciou.

TEORETICKŔ ROĤNŔ KRUH

Roĥnŕ kruh je makroskopickŕ znak, tvorenŕ vrstvou jarnéhoo a letnéhoo dreva. Tvar je charakteristickŕ pre kaŕdŕ anatomickŕ rez, prŕĥom na priestorové usporiadanie roĥnŕch kruhov má naprŕklad vŕraznŕ vplyv sociálne postavenie stromu v priestore (strom rastŕci v lese, solitér...) a iné faktory. V naŕich klimatickŕch podmienkach všetky dreviny tvoria roĥné kruhy (CHOVANEĀ *a kol.* 1992). Takisto všetky naŕe dreviny tvoria d'alsŕ makroskopickŕ znak - strŕŕnové lŕĥe. Avŕak textŕru dreva netvorია len roĥné kruhy a strŕŕnové lŕĥe. Roĥné kruhy a strŕŕnové lŕĥe na anatomickŕch rezoch moŕžeme znázorniť nasledovnou schémou, prŕĥom nezáleŕí z pohľadu urĥenia zmesi farieb, ĥi zorné pole je kruh alebo obdľŕznik a nepriamoĥiarom rozhraní makroskopickŕch znakov:



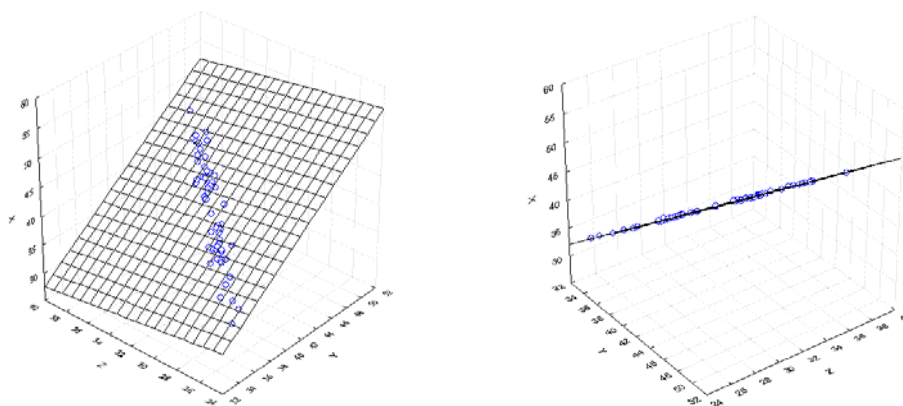
Obr. 1 Grafické usporiadanie teoretickéhoo roĥnéhoo kruhu.

kde hranica medzi jarným a letným drevom je pozvoľná. Nech stržňový lúč má charakteristickú farbu. Okrem jedného prípadu, kedy jarné drevo, stržňový lúč a letné drevo sú usporiadané vedľa seba a tri farby tvoria paralelné usporiadanie farieb (trikolóru), schéma na obr. 1 je všeobecná. V kolorimetrickom priestore XYZ farba teoretického ročného kruhu leží v trojuholníku, ktorého vrcholy predstavujú farbu jarného dreva, letného dreva a stržňového lúča. V prípade viacerých makroskopických znakov potrebujeme iný, zložitejší model.

PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA VYMEDZENIA PRIESTORU FARBY DREVA TEORETICKÝM ROČNÝM KRUHOM

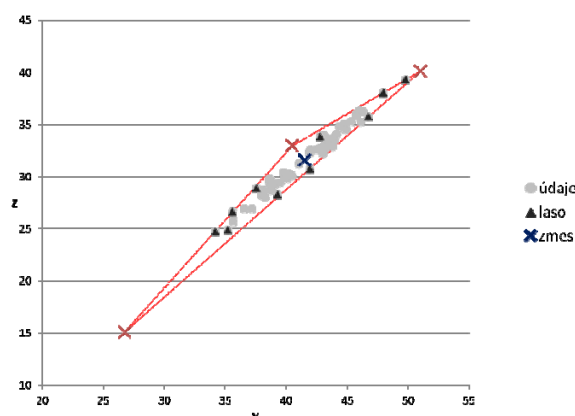
Podmienky merania typu: štandardné svetlo, geometria merania, zahrnutie odrazenej zložky svetla do merania, typ pozorovateľa, denné alebo nočné videnie a iné patria do oblasti špeciálnej literatúry a nemali by byť opomenuté v žiadnej solídnej práci zaoberajúcej sa farbou, tak ako aj postup výroby skúšobných telies. Avšak v tejto práci sa zameriame na veľkosť plochy jedného merania, jej umiestnenie v teoretickom ročnom kruhu a počet meraní potrebných na určenie základných farieb dreva, ktoré bezprostredne súvisia s touto rozoberanou témou. Úspech riešenia problému určenia základných farieb v teoretickom ročnom kruhu nemôže závisieť na delení a meraní farby delenia teoretického ročného kruhu. Keďže vrcholy ležia na stranách trojuholníka potrebné je, aby meraná plocha mohla zasahovať len do najviac dvoch oblastí teoretického ročného kruhu, aj keď všeobecne môže zasahovať do všetkých troch oblastí. Teda množina troch meraní je možná najmenšia z množín potrebných meraní. Potom pri súčasnom meraní dvoch oblastí je potrebných prinajmenšom šesť údajov. Zo súčasného merania troch oblastí nie je možné určiť základné farby teoretického ročného kruhu, pretože farba z tohto merania leží vo vnútri trojuholníka (vnútorný bod). Hľadanie vrcholov trojuholníka teoretického ročného kruhu z meraní farby dreva spočíva v určení takej trojice bodov, že všetky ostatné merania ležia vo vnútri trojuholníka. Konštrukcia trojuholníka si vyžaduje kombinácie meraných bodov spájaných do úsečiek s koncovými bodmi vo vrcholoch trojuholníka. Množstvo takýchto kombinácií výrazne narastá s počtom meraných bodov. Vyhodnotenie 36 rôznych meraní trvalo cca. 1 hod, preto pri väčšom počte, s prihliadaním na predchádzajúce tvrdenia, si pomáhame vyhodnotením meraní tvoriacich konvexnú obálku meraní, čo znamená „laso“ obopínajúce merania. Rozhodovací mechanizmus v oboch postupoch: trojuholník aj konvexná obálka spočíva v jednotnosti všetkých bodov v orientácii (pravotočivej alebo ľavotočivej) vzniknutej súradnej sústavy a skúmaného, predpokladaného bodu. Množine merania v kolorimetrickom trojuholníku môže vyhovovať nekonečné množstvo riešení. Skončenie algoritmu hľadania vrcholov trojuholníka teoretického ročného kruhu spočíva v určení minimálnej plochy trojuholníka.

Nutná podmienka úspechu pojmu teoretický ročný kruh je rovinné usporiadanie nameraných údajov farby dreva v trojrozmernom priestore. Prípadová štúdia pozostáva z riešenia nepriamej úlohy určenia farieb v teoretickom ročnom kruhu pričného rezu buka a jedle. Farebné súradnice buka sme merali spektrofotometrom Minolta typ CM 2600d, metódou popísanou v práci BABIAK *a kol.* (2004) s clonou o priemere 8mm a farebné súradnice buka a jedle som zmeral aj metódou popísanou v práci BABIAK *a kol.* (2002) využívajúcou fotoaparát Canon EOS 350D, kde obrázok vo forme bitmapy zobrazoval oblasť $5 \times 5 \text{ cm}^2$ s množstvom 10^6 pixelov. Povrch telies bol brúsený širokopásovou brúskou s brúsnym papierom o zrnitosti P60, pričom zbrúsená výška nebola viac ako 0,2 mm. Teplota dreva pri meraní bola 20 °C a vlhkosť 12 %.

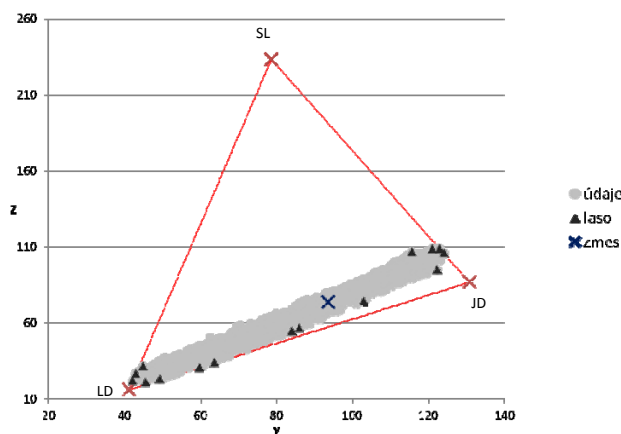


Obr. 2 Zobrazenie farby buka v kolorimetrickom priestore XYZ s rôznym natočením súradnej sústavy. (Údaje zo spektrofotometra.)

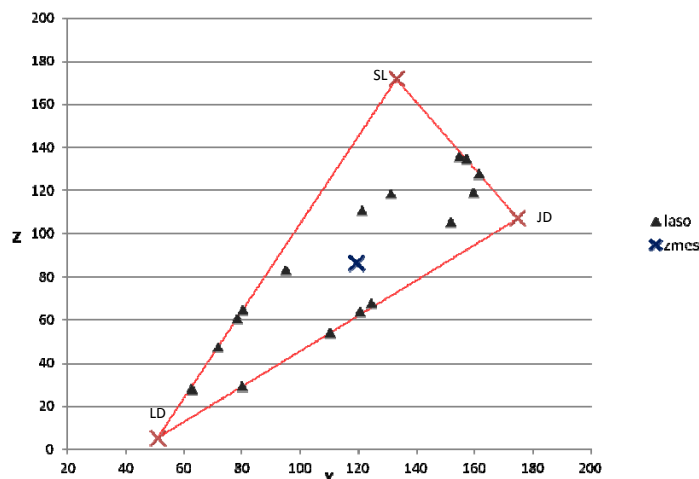
Obrázok 2 dokumentuje namerané body farby bukoveho dreva z priečného rezu, ktorými preložená rovina aproximuje údaje s korelačným koeficientom 99,97 %. Aj keď korelačný koeficient nie je 100 %, pre jednoduchosť v ďalšom uvažovaní použijem pojem teoretického ročného kruhu a pre zistenie farieb jarného dreva, letného dreva a stržňového lúča nepriamu úlohu s algoritmom, ktorý využíva „laso“. Výsledky z nepriamej úlohy obsahujú obrázky 3–5.



Obr. 3 Priemet farby teoretického ročného kruhu priečného rezu buka, získanej zo spektrofotometra, do roviny YZ.



Obr. 4 Priemet farby teoretického ročného kruhu priečného rezu jedle, získanej z kolorimetra, do roviny YZ.



Obr. 5 Priemet farby teoretického ročného kruhu pričného rezu buka, získanej z kolorimetra, do roviny YZ.

Využitie výsledkov nepriamej úlohy možno nájsť v nasledovnej časti článku, pri určení podielu jednotlivých farieb na ich zmesi.

URČENIE PODIELU FARBY MAKROSKOPICKÉHO ZNAKU NA CELKOVEJ FARBE DREVA

Riešenie priamej úlohy, ktorá spočíva v určení podielu farby jarného dreva JD, letného dreva LD a stržňového lúča SL na celkovej farbe dreva vyplýva z vlastností lineárneho farebného priestoru XYZ, kde farbu zmesi v teoretickom ročnom kruhu určujú nasledovné vzťahy:

$$\begin{aligned} X_M &= (1 - b - c)X_{SL} + bX_{JD} + cX_{LD} \\ Y_M &= (1 - b - c)Y_{SL} + bY_{JD} + cY_{LD} \\ Z_M &= (1 - b - c)Z_{SL} + bZ_{JD} + cZ_{LD} \end{aligned} \quad (3)$$

kde $[X_M, Y_M, Z_M]$ sú súradnice zmesi, $[X_{JD}, Y_{JD}, Z_{JD}]$ súradnice jarného dreva, $[X_{LD}, Y_{LD}, Z_{LD}]$ súradnice letného dreva, $[X_{SL}, Y_{SL}, Z_{SL}]$ súradnice stržňového lúča, b podiel farby jarného dreva na farbe zmesi, c podiel farby letného dreva na farbe zmesi. V sústave (3) sú len dve neznáme ale tri rovnice, preto na výpočet podielov b, c použijem len dve posledné rovnice.

Z údajov zobrazených na obrázkoch 3-5 plynú nasledovné podiely, tab. 1.

Tab. 1 Podiel farby jarného dreva, letného dreva, stržňového lúča na celkovej farbe.

	JD	LD	SL
Buk - spektrofotometer	0,420	0,247	0,333
Jedľa - kolorimeter	0,549	0,367	0,084
Buk - kolorimeter	0,385	0,363	0,252

Súčet v riadkoch dáva 1.

DISKUSIA

Rozoberané riešenie hľadania základných farieb dreva je riešením nepriamej úlohy. Z nameraných údajov hľadáme parametre modelu – vrcholy trojuholníka teoretického ročného kruhu, ktoré reprezentujú základné farby makroskopických znakov ročného kruhu a stržňového lúča. Slabým miestom uvedeného postupu sa javí veľkosť plochy jedného merania, kedy je nutné dvakrát zachytiť maximálne dve rôzne farby aspoň s dvoma rôznymi zastúpeniami v meraní, pričom základné farby nezávisia na delení. Tento problém je podobný problému numerického určenia derivácie alebo integrálu. Všeobecne výsledkom merania je údaj v podobe reálneho čísla (BROŽ 1967), čo môže podstatne obmedziť algoritmus, ktorý spracováva iba čísla racionálne. Deterministický spôsob určovania farby dreva nie je v literatúre obvyklý. Farba dreva sa vyhodnocuje štatistickými metódami a popisuje štatistickými charakteristikami a považuje sa za náhodnú veličinu (HRČKA 2008). Spojenie medzi dvoma teóriami naznačuje vzťah (2), ktorým sme definovali priemer vo farbe, ktorá je zmesou. Postup hľadania základných farieb sťažuje aj pozvoľný prechod jarného do letného dreva. Istá nádej v zbere kolorimetrických dát je v hranici ročného kruhu, ktorá rieši tento problém. Nevýhodou je aj skutočnosť, že drevo obsahuje aj iné makroskopické znaky a chyby, ktoré síce nemusia ovplyvniť meranie, no z pozorovania vieme, že majú odlišnú farbu od uvažovaných makroskopických znakov. Jednoznačnosť základných farieb dreva nespočíva v ich početnom zastúpení, ale ich jedinečnosti. Tento fakt spolu so vzťahom (2) používame v priamej úlohe, ktorá rieši množstvo makroskopického znaku (farby) v teoretickom ročnom kruhu. Úspech pojmu teoretický ročný kruh spočíva nielen v priamej úlohe, ale aj v predstave o základných farbách dreva, ktoré samozrejme nemusia súvisieť len z jednou látkou, ale aj ich zmesou, avšak ktorá je rovnomerne roztrúsená v danej oblasti makroskopického znaku. V súčasnosti meranie farby dreva je efektívne vzhľadom na množstvo možných farieb. Prístroje určujúce farbu dreva výrazne zaostávajú oproti pozorovaniu pri usporiadaní farieb v meranej ploche, v rozlišovacej schopnosti. Všeobecný popis farby v geometrickom priestore si vyžaduje šesť súradníc (s časom sedem), čo pri spracovaní kladie veľký nárok na výpočtovú techniku, preto praktické riešenie tejto otázky je v súčasnosti veľmi zdĺhavé a presahuje hranice tohto článku. Korelačný koeficient 99,97 % síce naznačuje veľmi tesnú závislosť, ale dokonalý popis dát si vyžaduje štvrtú farbu do tetraédra v trojrozmernom kolorimetrickom priestore XYZ tak, že rozšírená sústava (3) je o troch neznámych. V podstate viac nezávislých makroskopických znakov určujúcich farbu dreva, by drevo nemalo mať. Práca CHOVANEC *a kol.* (1992) uviedla podiel stržňových lúčov pre ihličnaté dreviny 5 % až 6 % z celkového objemu dreva a u listnatých drevín cca. 15 %, ktoré sú menšie než údaje podielu farby stržňových lúčov z tejto práce. Rozdiely možno hľadať napríklad v predpokladanej anizotropii podielu farby stržňových lúčov, vo vlhkosti skúmaných telies a v iných súvisiacich parametroch.

ZÁVER

Vymedzenie farebného priestoru dreva farbami ročného kruhu a stržňového lúča vychádza z pojmu teoretický ročný kruh, ktorý je základom riešenia nepriamej aj priamej úlohy. Nepriama úloha spočívala v zistení základných farieb dreva pozostávajúcich z farieb jarného, letného dreva a stržňového lúča, ktoré sú umiestnené vo vrcholoch trojuholníka reprezentujúceho teoretický ročný kruh v priestore XYZ. Riešením nepriamej úlohy sme zobrazili parametre modelu – základné farby teoretického ročného kruhu v rovine aproximujúcej namerané údaje s korelačným koeficientom 99,97 %. V tejto

rovine sa farby odlišovali, čo naznačilo odlišnosť a jedinečnosť makroskopických znakov v teoretickom ročnom kruhu. Riešenie priamej úlohy umožnilo určiť podiel letného dreva, podiel stržňových lúčov z farby zmesi týchto makroskopických znakov. V priamej úlohe sme využili údaje plynúce z nepriamej úlohy. Výsledky zo skúmania základných farieb dreva umožnia lepšie pochopenie vzťahov medzi povrchovými vlastnosťami a tými procesmi spracovania dreva, v ktorých farba dreva je podstatnou veličinou.

LITERATÚRA

- BAAR J., GRYC V. 2012. The analysis of tropical wood discoloration caused by simulated sunlight. *Eur. J. Wood Prod.* 2012, p. 263–269.
- BABIAK M., MAMAŇOVÁ M., HRČKA R., MAMOŇ M. 2002. The utilization of digital technique for objective determination of the color of wood. In: *Wood Structure and properties '02*, Zvolen : Arbora Publishers, 2002, p. 99–103.
- BABIAK M., KUBOVSKÝ I., MAMAŇOVÁ M. 2004. Farebný priestor vybraných domácich drevín. In: *Interaction of Wood with Various Forms of Energy*. Zvolen : TU vo Zvolene, 2004, p. 113–117.
- BROŽ J. 1967. *Základy fyzikálních měření*. Praha : SPN, 1967, s. 524.
- DEAN CH. E., MACILWAIN, K. 1960. *Principy barevné televize*. Praha : SNTL 1960. 423 s.
- DIANIŠKOVÁ M., BABIAK M., KUBOVSKÝ I. 2008. Zmena farby smrekového a bukového dreva upraveného laserom. In: *Interaction of Wood with Various Forms of Energy*. Zvolen : TU vo Zvolene, 2008, p. 111–116.
- GARD W. F., GORISEK Z., HRČKA R., KARASTERGIU S., PERVAN S., SKARVELIS M., STRAZE A., TRAVAN L. 2010. Discolouration of timber in connection with drying. Dostupné na internete: http://www.coste53.net/downloads/Literature/Discolouration%20of%20timber%20in%20connection%20with%20drying/Discolouration_of_timber_in_connection_with_drying.pdf
- CHOVANEC D., KORYTÁROVÁ O., ČUNDERLÍK I. 1992. *Textúra a štruktúra dreva*. Zvolen : TU vo Zvolene, 1992, s. 168.
- MAMAŇOVÁ M., GEFFERT A., MAMOŇ M. 2008. Digital technique for objective determination of color space of wooden chips used to control delignification process. In: *End user's needs for wood material and products*. Delft : Delft University of Technology, 2008. p. 239–251.
- HRČKA R. 2008. Identification of discoloration of beech wood in CIELAB space. *Wood Research*, 2008, 53(1): 119–124.
- KATUŠČÁK S., KUČERA L. J. 2000. CIE orthogonal and cylindrical color parameters and the color sequences of the temperate wood species. *Drevársky výskum*, 2000, 45(3): 9–22.
- KUBOVSKÝ I., BABIAK M. 2009. Color changes induced by CO₂ laser irradiation of wood surface. *Wood Research*, 2009, 54(3): 61–66.
- LIPTÁK J. 1966. Možnosť objektivne určiť farbu dreva. In: *Sborník vedeckých prác DF VŠLD vo Zvolene*, Bratislava : SVTL, 1966, s. 251–264.
- POŽGAJ A., CHOVANEC D., KURJATKO S., BABIAK M. 1997. *Štruktúra a vlastnosti dreva*. 1. vyd. Bratislava : Príroda a.s., 1997, 485 s.
- TOLVAJ L., HORVÁTH-SZOVÁTI E., SÁFÁR C. 2000. Color modification of black locust by steaming. *Wood research*. 2000, 45(2): 25–32.

PodĎakovanie

Táto štúdia/publikácia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Dobudovanie centra excelentnosti: Adaptívne lesné ekosystémy, ITMS: 26220120049, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Za zber údajov spektrofotometrom Minolta typ CM 2600d ďakujem Miroslavovi Mamoňovi.

Adresa autora

Ing. Richard Hrčka, PhD.
Technická univerzita vo Zvolene
Drevárska fakulta
Katedra náuky o dreve
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
Slovensko
richard.hrcka@tuzvo.sk