

ZRELÉ DREVO AKO LIMITUJÚCI FAKTOR VZNIKU NEPRÁVÉHO JADRA BUKA (*FAGUS SYLVATICA* L.)

THE RIPEWOOD AS A LIMITING FACTOR OF THE FALSE HEARTWOOD FORMATION OF BEECH (*FAGUS SYLVATICA* L.)

Vladimír Račko – Igor Čunderlík

ABSTRACT

The aim of this work was found out whether the size of ripewood zone has significant influence on frequency of false heartwood occurrence and its size. Influence of cambial age and average annual growth ring width on ripewood size was investigated too.

The results demonstrated that false heartwood was formed only in stem with ripewood zone. Cambial age and average annual growth ring width had a significant influence on size of ripewood zone. Ripewood proportion increased by increasing of cambial age of stem. However, simultaneously increasing of average annual growth ring width ripewood proportion decreased. If the cambial age increase, false heartwood will form only in wider ripewood zone. On the other hand, the stems with narrower ripewood zone will be without false heartwood. Size of false heartwood zone is in 89,5 % cases lesser, than size of ripewood zone. Expansion of false heartwood above ripewood area caused infiltration of microorganism. The most of these false heartwoods had flame and circle shapes, less false heartwood had star and mosaic shapes.

Keywords: ripewood, false heartwood, cambial age, average annual growth ring width.

ÚVOD

Hlavnými vnútornými chybami bukovej guľatiny, ktoré na povrchu guľatiny nie sú viditeľné a ktoré výrazne vplývajú na jej kvalitu, sú rastové napätia a nepravé jadro (BECKER *et al.* 2005). Nehomogenita farby zdravého nepravého jadra a jeho stabilita v procese výroby a použitia výrobkov znižuje ich estetické vlastnosti. Nepravé jadro tiež výrazne znižuje priepustnosť dreva pre tekutiny (BABIAK *a kol.* 1990, BABIAK *a kol.* 1980). Naopak, vplyv nepravého jadra na mechanické vlastnosti a lepiacu schopnosť dreva sa nepotvrdil (POHLER *et al.* 2006). Z týchto dôvodov výrezy bez nepravého jadra sú zaraďované do vyšších kvalitatívnych tried, ako výrezy s nepravým jadrom (RAČKO a ČUNDERLÍK 2006). Cenovo efektívne využitie bezjadrových výrezov je hlavne pri výrobe dýh a preglejok, a pri výrobe kvalitného reziva pre nábytkársky priemysel. Veľa štúdií sa snaží popísať ekonomické straty spôsobené prítomnosťou nepravého jadra vo výrezoch a guľatine (SEELING 1998, VON BÜREN 2002). RICHTER (2001) vyčíslil ročné straty spôsobené výskytom nepravého jadra bukových sortimentoch v nemeckom severnom Rínsku Wesfáltsku na 5,1 mil Eur.

Vznik nepravého jadra u buka je podmienený v zásade dvoma hlavnými faktormi: prítomnosťou zóny zrelého dreva a vniknutím vzduchu do štruktúry dreva. Absencia jedného z týchto dvoch faktorov znemožňuje jeho tvorbu. Poranenie kmeňa alebo konárov stromu je primárnou príčinou, ktorá spôsobí vnikanie vzduchu do kmeňa stromu. Kyslík obsiahnutý vo vzduchu spôsobí oxidáciu rozpustných karbohydrátov a škrobu (obsiahnutých v živých alebo čiastočne odumretých parenchymatických bunkách), pričom vzniknú hnedo sfarbené

polyfenolické zlúčeniny ktoré penetrujú do susedných pletív a sfarbiajú ich (BAUCH a KOCH 2001). Rôzna fyziologická hodnota (vitalita) parenchymatických buniek určuje ich schopnosť odolávať nepriaznivým podmienkam oxidácie. Preto k tvorbe jadrových látok dochádza prednostne v parenchyme so zníženou vitalitou. Zároveň cez stenčieniny medzi parenchymatickými bunkami a cievami vrastú z parenchymatických buniek do ciev tyly, ktoré ich upchávajú. To spôsobí, že takéto pletivo je iba veľmi málo priepustné pre tekutiny. Na vitalitu parenchymatických buniek v kmeni vplýva hlavne vlhkosť. Mení sa po priereze aj po výške v kmeni a je závislá od ročného obdobia, podnebia, vlahového deficitu v pôde atď. Najväčšiu vlhkosť má beľová zóna (74–97 %), pričom najvyššiu vlhkosť majú okrajové časti bele pri kambii. Cez túto časť bele vedie významná časť transpiračného prúdu vody. Smerom k stržni vlhkosť postupne klesá až na určitú hraničnú vlhkosť. Od tejto hranice je vlhkosť až po stržň viac-menej konštantná. Pokles vlhkosti pod 60 % narušuje osmotickú schopnosť parenchymatických buniek, čo vedie k strate ich vitality. V literatúre sa takáto zóna najčastejšie označuje ako „dehydrated zone“ (TORELLI 1984), alebo „ripewood, (RW)“. Podľa TORELLIHO (1984) je priemerná vlhkosť tejto zóny 45 %, podľa SACHSSEHO (1967) 34,5 %. Na čerstvo zoťatých pričných rezoch buka je možné túto suchú stredovú zónu dreva vizuálne dobre rozlíšiť.

Vnikanie vzduchu do štruktúry zrelého dreva preto závisí od veľkosti poranenia konárov a kmeňa stromu. Poranenia sú spôsobené hlavne výchovnou a obnovnou činnosťou v poraste, úpalom a nekrotickým ochorením kôry, poranením kôry lesnou zverou, zlomením konárov vplyvom vetra a snehu atď. Významným faktorom je pritom veľkosť poranenia a rýchlosť zavalenia rany alebo kýpťa konáru (CHOVANEK 1969, SHIGO and LARSON 1969). Veľkosť zóny zrelého dreva je zas priamo závislá od veku a podmienok rastu stromu (veľkosti koruny a sociologického postavenia stromov v poraste, bonity porastu, geologického podložia, sklonu a expozícii svahu vzhľadom k svetovým stranám a pod.).

Cieľom práce je posúdiť, ako veľkosť zóny zrelého dreva limituje výskyt a veľkosť nepravého jadra.

EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

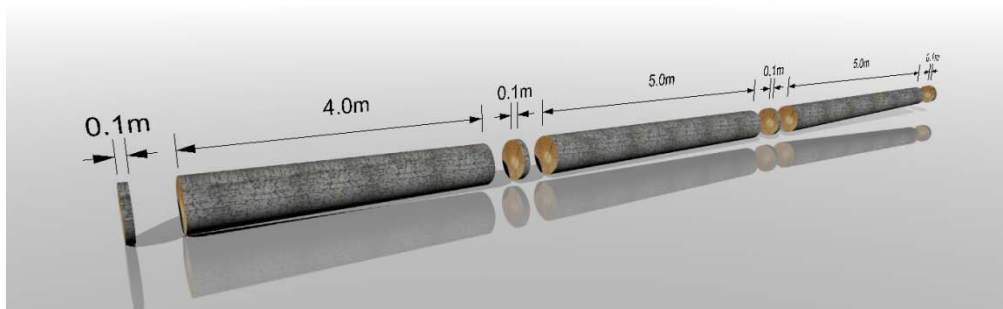
Odber vzorkového materiálu bol vykonaný v porastoch Vysokoškolského lesného podniku, Technickej univerzity vo Zvolene. Celkove bolo vytypovaných 10 pokusných bukových porastov (Tab. 1).

Tab. 1 Základné charakteristiky skúmaných porastov podľa LHP za roky 2000–2009
Fig. 1 Basic characteristics of investigated forest stands according to LHP 2000–2009

LHC Zvolen	Porast (dielec)									
	490	305	540	541	312	313	381	432	603	1102
Vek (rok)	55	65	75	75	80	80	110	110	110	110
Plocha porastu (ha)	12,17	17,27	10,52	13,93	12,99	10,41	5,03	5,21	11,83	9,43
Nad. výška	550	550	580	580	600	600	660	690	600	600
Zastúpenie buka (%)	45	50	85	100	100	80	45	98	52	93
Expozícia	Z	V	V	V	S	JV	Z	SZ	Z	S
Sklon (%)	40	45	40	40	40	55	30	40	40	35

Odbery vzoriek boli vykonané v období október–november a február–marec. Celkom bolo vybratých 180 stromov vo vekovom rozpätí 45–129 rokov. Označené stromy boli spílené, zbavené konárov, rozpílené na 12–14 m prepravné dĺžky a dopravené na manipulačný sklad. Odbery vzoriek boli vykonané pri manipulácii výrezov podľa schémy na obr. 1. Celkom bolo odobraných 819 vzoriek, z toho 220 vzoriek obsahovalo nepravé jadro a zrelé drevo

a 599 vzoriek obsahovalo len zrelé drevo. Prvá vzorka bola odpílená z prízemkovej časti. Poloha ďalších vzoriek v kmeni bola závislá od dĺžky vymanipulovaných výrezov a pohybovala sa v závislosti od určenej kvality výrezov v rozpätí 3–6 m.



Obr. 1 Schéma porezu vzoriek.
Fig. 1 Scheme of cutting the samples.

Do pol hodiny po odpílení vzorky sa objavila na jej čele viditeľná suchá zóna zrelého dreva. Vzorky boli z jednej strany ofrézované a zosnímané vo formáte JPEG 24-bit RGB v rozlíšení 1536×1024 pixelov, 72 dpi. Na každej vzorke (pričnom reze kmeňa v určitej polohe v kmeni) bol spočítaný kambiálny vek.

Rozmery kmeňa a zrelého dreva sa merali podľa metodiky RAČKA (2004) z digitálnych snímok, pomocou kótovacej funkcie programu Corel Draw v dvoch na seba kolmých smeroch vedených cez stráž kmeňa. Z nameraných hodnôt priemerov kmeňa a širok zrelého dreva bol vypočítaný hrúbkový podiel zrelého dreva. Plochu nepravého jadra a zrelého dreva sme zmerali z digitálnych snímok pomocou programu Corel Photo-Paint (Račko 2004). Výrazná farebná odlišnosť zón nepravého jadra a zrelého dreva od beže nám umožnila použiť pri spracovaní digitálnych snímok nástroj „Maska“. Nastavením farebnej tolerancie masky sme určili, že pixely svetlejších tónov hnedej farby boli maskou prekryté a zo spracovania vylúčené. Pomocou funkcie „Histogram“ sme zistili počet pixelov neprekrytej časti nepravého jadra ($n_{pix(FHW(RW))}$). Z priloženej mierky, ktorá sa nachádzala v spodnej časti digitálnej snímky, sme tým istým spôsobom určili počet pixelov ($n_{pix(m)}$) predstavujúcich v skutočnosti plochu 1 cm^2 . Plochu nepravého jadra (S_{FHW}) a zrelého dreva (S_{RW}) sme vypočítali podľa vzorca:

$$S_{FHW(RW)} = \frac{n_{pix(FHW(RW))}}{n_{pix(m)}} \text{ (cm}^2\text{)} \quad (1)$$

Meranie priemernej šírky ročného prírastku bolo vykonané tiež v programe Corel Draw (kótovacou funkciou programu), na radiálnych vzorkách šírky a hrúbky 1,5cm a vymanipulovaných z každého kotúča (Račko 2004). Po zmeraní širok všetkých ročných prírastkov sa vypočítala priemerná šírka ročného prírastku za kotúč podľa vzorca (2).

$$PSRP_{(x)} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{w_i}{g}}{n} \text{ (mm)} \quad (2)$$

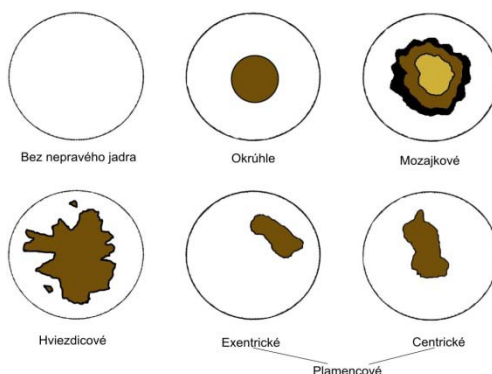
$PSRP_{(x)}$ – priemerná šírka ročného prírastku kotúča

w_i – šírka ročného prírastku, meraná pri určitom pomere zmenšenia z digitálnej snímky

g – šírka 1mm, meraná pri určitom pomere zmenšenia z digitálnej snímky (z priloženej kalibračnej mierky na tej istej digitálnej snímke)

n – počet ročných prírastkov

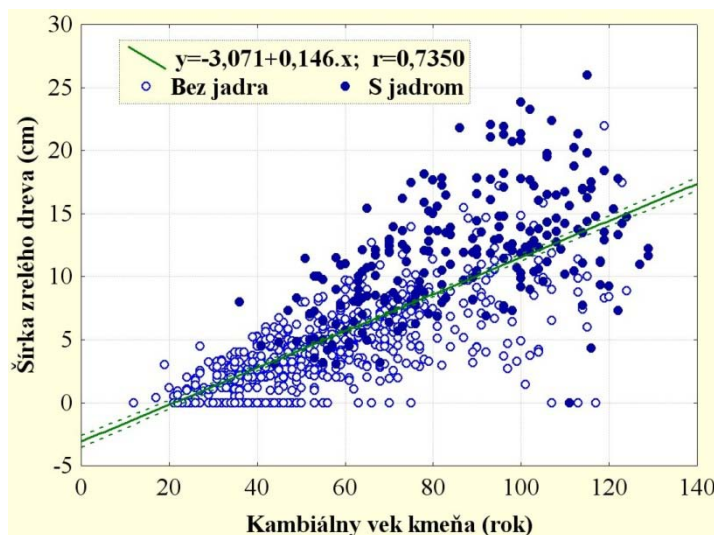
Pre hodnotenie tvaru nepravého jadra bolo použité rozdelenie podľa MAHLERA a HOWECKEHO (1991), keďže najlepšie zodpovedalo našim zisteným tvarom (Obr. 2). Triedenie jednotlivých vzoriek bolo vykonané len vizuálnym posúdením podobnosti s jednotlivými tvarovými typmi.



Obr.2 Typy nepravých jadier podľa MAHLERA a HOWECKEHO (1991).
Fig. 2 Types of false heartwood according to MAHLER a HOWECKE (1991).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

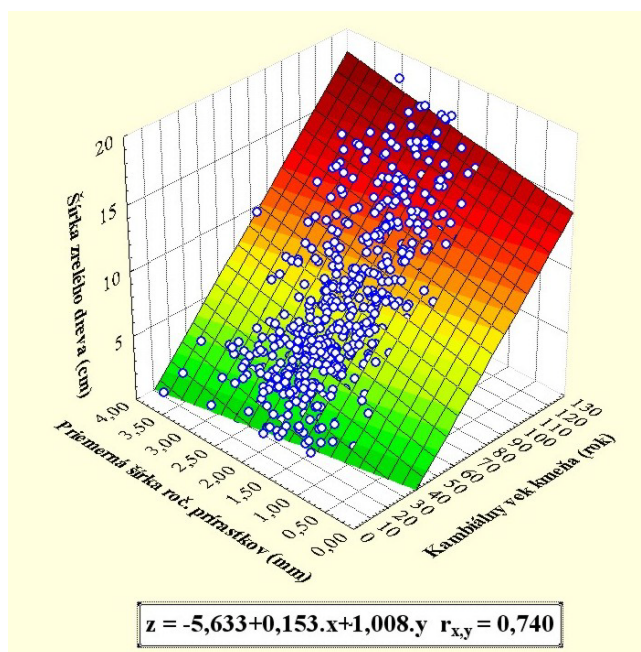
Ako dokumentuje obr. 3 zrelé drevo sa začína tvoriť v kambiálnom veku kmeňa cca. 18–20 rokov.



Obr. 3 Závislosť šírky zrelého dreva a veku kambia kmeňa.
Fig. 3 Relationship between ripewood width and cambial age of stem.

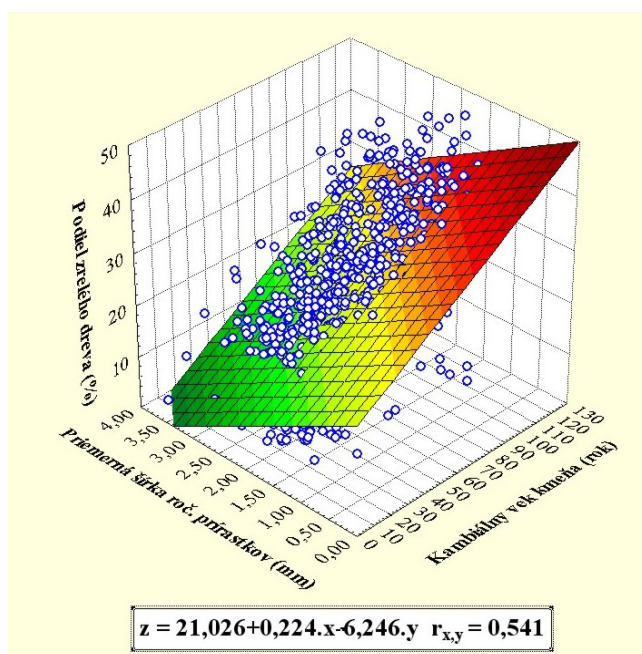
Veľkosť zóny zrelého dreva so stúpajúcim kambiálnym vekom kmeňa stúpa, čo potvrdzuje stúpajúca lineárna regresná závislosť s pomerne vysokým, štatisticky významným korelačným koeficientom. Táto skutočnosť je spôsobená prirodzeným starnutím parenchymatických buniek, čo je sprevádzané postupným znižovaním ich vitality. Postupne narastajúci rozptyl šírky zrelého dreva okolo regresnej priamky je možné vysvetliť spolupôsobením ďalších faktorov. Nepriaznivé podmienky stanovišťa rastu stromu (hlavne zásobovanie živinami a vplyv pôdneho podlažia) významne vplyvajú na zníženie vitality parenchymatických buniek (VON BÜREN 1998,

FURST *et al.* 2006). Taktiež veľkosť koruny vo vzťahu k vlhkosti bele, zrelého dreva a vitality parenchymu má podľa niektorých autorov významný vplyv (CHOVANEC *et al.* 1989, TORELLI 1984). Aj keď nebolo hlavným cieľom článku pátrať po príčinách vplyvu faktorov ovplyvňujúcich šírku ročného prírastku, predbežné výsledky naznačujú ich možný vplyv na veľkosť zóny zrelého dreva, s rešpektovaním kambiálneho veku v kmeni. Z obr. 4 je vidieť, že priemerná šírka zóny zrelého dreva so stúpajúcim kambiálnym vekom a zároveň aj so stúpajúcou priemernou šírkou ročného prírastku stúpa. Naproti tomu, podiel zrelého dreva so stúpajúcim kambiálnym vekom pletiva stúpa, ale zároveň so stúpajúcou priemernou šírkou ročného prírastku klesá (Obr. 5). V oboch prípadoch bola zistená viacrozmerná lineárna regresná závislosť so štatisticky významnými korelačnými koeficientmi.

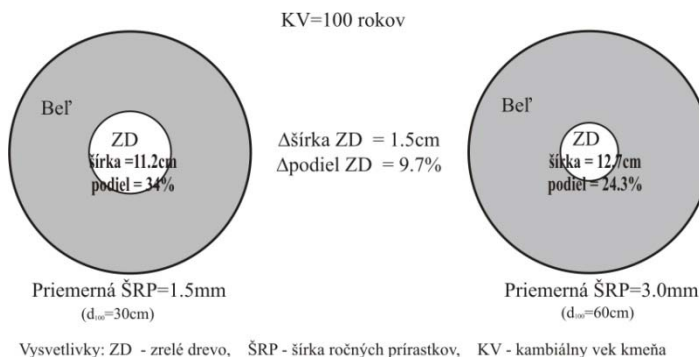


Obr. 4 Závislosť šírky zrelého dreva na kambiálnom veku a priemernej šírke ročného prírastku.
Fig. 4 Relationship between ripewood width, cambial age and annual growth ring width.

Z konkrétného príkladu (Obr. 4, 5, 6) je vidieť, že na dvoch priečných rezoch s rovnakým kambiálnym vekom 100 rokov ale rôznym priemerným ročným prírastkom (AGR) 1,5 a 3,0 mm sa šírka zrelého dreva zväčšila len o 1,5 cm, zatiaľ čo podiel zrelého dreva sa znížil o 9,7 %. Naproti tomu priemer kmeňa vzrástol z 30 na 60 cm. Podľa FURSTA *et al.* (2006) sa treba zamerať na výskum vzťahu medzi vekom/hrúbkou kmeňa a ich vplyvom na tvorbu zrelého dreva, z pohľadu rôznych porastových podmienok. Podľa autora zrelé drevo odhalilo potenciál pre neskoršiu tvorbu nepravého jadra a môže byť použité ako indikátor rizika strát kvality guľatiny v lesnom hospodárstve. Nami dosiahnuté výsledky sú v súlade s ich tvrdeniami. Podľa nášho názoru, opierajúceho sa o výsledky predbežnej dendrochronologickej analýzy, na priemernú šírku ročného prírastku mala skôr vplyv pestovateľská činnosť v poraste (uvoľňovanie korún stromov a ich rast v rozdielnom sociologickom postavení) a rozdielne drevinové zloženie porastu (s vyšším alebo nižším zastúpením buka), ako vplyv klimatických podmienok, nadmorskej výšky a pôdneho podložia.



Obr. 5 Závislosť podielu zrelého dreva na kambiálnom veku a priemernej šírke ročného prírastku.
Fig. 5 Relationship between ripewood proportion, cambial age and annual growth ring width.

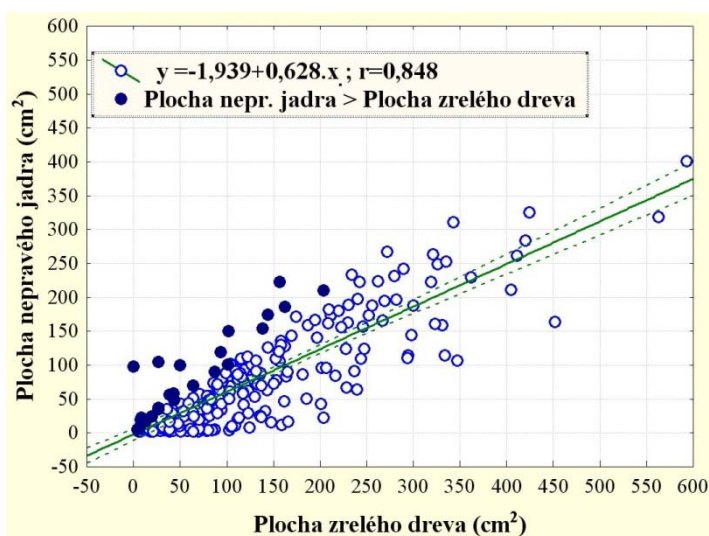


Obr. 6 Vplyv rozdielnej rýchlosti rastu kmeňa na veľkosť zóny zrelého dreva.
Fig. 6 Influence of different growth rate on size of ripewood zone.

Z obr. 3 je ďalej vyplýva, že výskyt nepravého jadra nad regresnou priamkou bol oveľa vyšší, ako pod ňou. Nepravé jadro sa teda tvorilo hlavne vtedy, keď zóna zrelého dreva bola širšia. Pre vznik nepravého jadra je potrebné dosiahnuť určitú prahovú hodnotu pomeru voda : vzduch v dreve, čo sa bežne dosiahne v zrelom dreve. V pletivách suchej stredovej zóny sa vzduch (ktorý sa do nej dostane cez poranenia kmeňa alebo konárov) šíri podstatne ľahšie, lebo lumeny buniek sú len z časti vyplnené vodou. Tým sa vytvárajú vhodné podmienky pre tvorbu nepravého jadra. Ale k procesu tvorby nepravého jadra dochádza len vtedy, keď koncentrácia kyslíka v zrelom dreve je vysoká (SORZ a HIETZ 2008). Preto zostáva otázka, na akú dlhú dobu je potrebný vnik vzduchu do fyziologicky menej aktívnej časti zrelého dreva, aby k procesu tvorby nepravého jadra došlo. Ak je tvorba zóny zrelého dreva vplyvom vonkajších rastových faktorov obmedzovaná, zväčšuje sa naproti tomu šírka zóny bele. Širšia beľ pôsobí ako prevencia proti vnikaniu vzduchu do zóny zrelého dreva, hlavne pri menších

poraneniach kmeňa a menších hrčiach. Pri poranení dôjde len k miestnemu preschnutiu beľového fyziologicky vysoko aktívneho pletiva, čo spôsobí len sfarbenie bele a tvorbu tyl zväčša len v mieste poranenia. Na priečnom reze sa javí ako excentrické sfarbenie. Podľa MAHLERA a HOWECKEHO (1991) zodpovedá takýto tvar nepravého jadra plamencovo-excentrickému typu. Ak je naopak poranenie kmeňa veľké a vzduch sa dostane do štruktúry zrelého dreva, šíri sa cez zrelé drevo pokiaľ ďalšie ročné prírastky nezavalia ranu na povrchu kmeňa. Rozšírenie nepravého jadra po výške a šírke v kmeni je potom závislé na veľkosti poranenia a na schopnosti stromu zavalíť poranenie. Preto strom dosahujúci vyššiu priemernú šírku ročného prírastku (nadúrovňový strom v poraste, strom s dostatočne veľkou korunou) bude schopný poranenie uzatvoriť skôr, ako strom s nižšou priemernou šírkou ročného prírastku (podúrovňový strom v poraste, s malou korunou). Obr. 3 je ďalej dokumentuje, že nepravé jadro sa začalo tvoriť v kambiálnom veku cca 40 rokov, keď šírka zrelého dreva bola cca 2,5 cm. V jednom prípade sa nepravé jadro vytvorilo aj skôr (v kambiálnom veku 37 rokov), ale šírka zrelého dreva bola až 8 cm.

Z pohľadu pestovania je dôležité, ako súvisí veľkosť nepravého jadra a veľkosť zrelého dreva. Z obr. 7 je vidieť, že medzi plochou zrelého dreva a plochou nepravého jadra existuje lineárna regresná závislosť, s vysokým štatisticky významným korelačným koeficientom. V 89,5 % prípadoch bola plocha nepravého jadra menšia, ako plocha zrelého dreva. Naopak v 10,5 % prípadoch bola plocha nepravého jadra väčšia ako plocha zrelého dreva. Nepravé jadro sa rozšírilo nad oblasť zrelého dreva len do veľkosti zrelého dreva cca 200 cm², čo predstavuje šírku zrelého dreva do 16 cm. Na rozšírenie nepravého jadra aj mimo oblasť zrelého dreva môžu mať vplyv drevokazné huby. Masívne poranenie kmeňa spôsobilo, že veľká rana sa na kmeni stromu uzatvárala aj niekoľko desiatok rokov. To spôsobilo v mieste poranenia infiltráciu spór drevokazných húb, ktoré sa následne po vytvorení „zdravého“ nepravého jadra začali v dreve rozširovať. To viedlo k podráždeniu fyziologicky aktívnych parenchymatických buniek bele, čo malo za následok tvorbu tyl a hnilobného tmavohnedého sfarbenia nepravého jadra aj mimo zóny zrelého dreva. Z pohľadu typológie nepravých jadier sa najviac na priečných rezoch vyskytovali plamencové a okrúhle nepravé jadrá, menej hviezdicové a mozaikové (Tab. 2).



Obr. 7 Závislosť plochy zóny nepravého jadra a zrelého dreva.

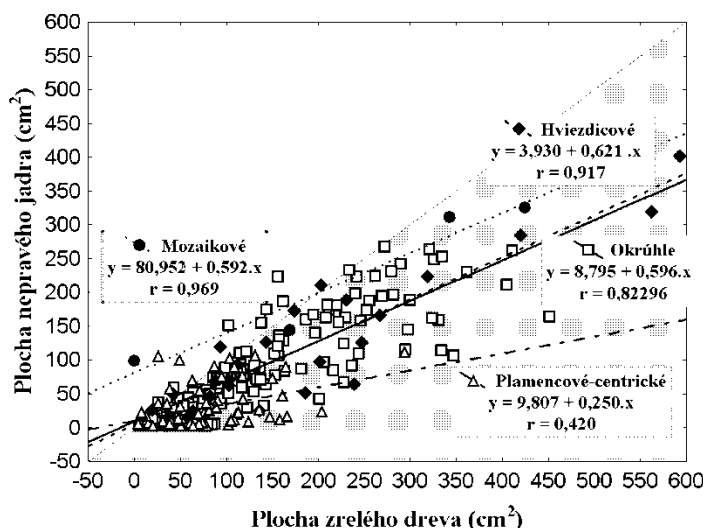
Fig.7 Relationship between false heartwood and ripewood area.

Tab. 2 Výskyt rôznych typov nepravých jadier s plochou väčšou ako plocha zrelého dreva.

Tab. 2 Frequency of different types of false heartwood with area larger than ripewood area.

Typy nepravých jadier	Podiel vzoriek s plochou nepravého jadra väčšou, ako plocha zrelého dreva
Okrúhle	3,2 %
Hviezdicové	1,8 %
Plamencové	5,0 %
Mozaikové	0,5 %
Celkom	10,5 %

Z obr. 8 je vidieť, že práve plamencové nepravé jadro bol typ s najmenšou plochou (max. do 100cm²), pričom plocha zrelého dreva bola u tohto typu nepravého jadra (s výnimkou 1 prípadu) do 200cm². Preto sa tento typ nepravého jadra vyskytoval buď v kmeňoch mladších stromov v prízemkových častiach kmeňa, alebo v starších stromoch v stredných a vyšších častiach kmeňa (s nižším kambiálnym vekom a s menšou zónou zrelého dreva). Tiež korelačný koeficient pri stúpajúcej regresnej závislosti medzi nepravým jadrom a plochou zrelého dreva bol pomerne nízky, aj keď štatisticky významný. Naproti tomu pri ostatných typoch nepravých jadier bol veľmi vysoký.



Obr. 8 Závislosť plochy zóny nepravého jadra a zrelého dreva pre rôzne typy nepravých jadier.

Fig. 8 Relationship between false heartwood and ripewood area for different types of heartwood.

Dosiahnuté výsledky potvrdzujú predpoklad, že veľkosť zrelého dreva môže priamo prispieť k obmedzeniu frekvencie výskytu a veľkosti nepravého jadra. Ak budeme pestovateľskými zásahmi zvyšovať priemerný ročný prírastok, môžeme dosiahnuť cieľovú rubnú hrúbku stromov v skoršom veku a tým znížiť podiel zrelého dreva v kmeni stromu. Dosiahnuté výsledky sú v súlade s prácami KADUNCA (2006), KNOKEHO (2003) a KUDRU *et al.* (2003), ktorí sa zhodujú v názore, že frekvenciu výskytu nepravého jadra je možné ovplyvniť vhodnými pestovateľskými postupmi. Naproti tomu netreba zabúdať na maximálnu šetrnosť vykonávaných výchovných a obnovných zásahov v poraste (hlavne vo fáze dospelosti porastov nad 80 rokov), čo môže v značnej miere prispieť k obmedzeniu vzniku poranení a teda obmedzeniu následnej tvorby nepravého jadra. Naopak SANIGA (1998) vidí pozitívum aj negatívum v znížení rubnej doby buka na produkčne dobrých stanovištiach.

ZÁVER

Na základe dosiahnutých výsledkov môžeme vyvodiť nasledovné závery:

- Počiatok tvorby zrelého dreva v bukových kmeňoch bol zistený vo veku kambia kmeňa cca 18–20 rokov.
- Šírka zrelého dreva so stúpajúcim vekom kambia kmeňa lineárne rástla. Pritom so stúpajúcim kambiálnym vekom kmeňa sa zvyšoval rozptyl hodnôt okolo regresnej priamky.
- Na veľkosť zóny zrelého dreva má vplyv aj priemerná šírka ročných prírastkov. Pri rovnakom kambiálnom veku kmeňa a rastúcej priemernej šírke ročných prírastkov, šírka zrelého dreva len mierne rástla. Naopak, podiel zrelého dreva výraznejšie klesal.
- Nepravé jadro v bukových kmeňoch sa začalo tvoriť v kambiálnom veku cca 40 rokov, keď už bola vytvorená zóna zrelého dreva šírky cca 2,5 cm.
- Výskyt nepravého jadra bol vyšší v kmeňoch, v ktorých bola širšia zóna zrelého dreva.
- Z porovnania veľkosti zón zrelého dreva a nepravého jadra je vidieť, že medzi plochou nepravého jadra a zrelého dreva existuje stúpajúca lineárna regresná závislosť s vysokým korelačným koeficientom.
- Z porovnania veľkosti zón ďalej vyplýva, že vo väčšine (89,5 %) prípadov bola plocha nepravého jadra menšia, ako plocha zrelého dreva. Naproti tomu len v 10,5 % prípadov bola plocha nepravého jadra väčšia, ako plocha zrelého dreva. V tomto prípade mali väčšie zastúpenie typy nepravých jadier plamencových (5 %) a okrúhlych (3,2 %). Menšie zastúpenie mali hviezdicové (1,8 %) a mozaikové (0,5 %) typy nepravých jadier.

LITERATÚRA

- BABIAK, M., ČUNDERLÍK, I., KÚDELA, J. 1990. Permeability and structure of beech wood. *IAWA bulletin*, 11(2): 115.
- BABIAK, M., DUBOVSKÝ, J., ČUNDERLÍK, I. 1980. Axiálna priepustnosť bukového dreva. Výskumná správa. Zvolen: VŠLD.
- BAUCH, J., KOCH, G. 2001. Biologische und chemische Untersuchungen über Holzverfärbungen der Rotbuche (*Fagus sylvatica* [L.]) und Möglichkeiten vorbeugender Maßnahmen. Abschlussbericht, Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Universität Hamburg.
- BECKER, G., SEELING, U., WERNSDORFER, H. 2005. Relationship between silvicultural methods and beech wood quality - the German experience. *Revue Forestiere Francaise*, 57(2): 227–238.
- VON BÜREN, S. 2002: Der Farbkern der Buche (*Fagus sylvatica* L.) in der Schweiz nördlich der Alpen. Beiheft zur Schweiz. Z. Forstwes. No. 86.
- von BÜREN, S. 1998. Buchenrotkern: Erkennung, Verbreitung und wirtschaftliche Bedeutung. Schweizerische-Zeitschrift-für-Forstwesen. 149(12): 955–970.
- CHOVANEC, D., ČUNDERLÍK, I., VÁLKA, J. 1989. Znaky kvality bukových kmeňov. Vedecké a pedagogické aktuality. 1. Vydanie. Zvolen: VŠLD. 103 s. ISBN 80-228-0080.
- CHOVANEC, D. 1969. Surface features of beech injuries. *Lesnícky časopis*, 15: 372–383.
- FURST, C., SEIFERT, T., MAKESCHIN, F. 2006. Do site factors affect the wood quality of European beech (*Fagus sylvatica* L.)? Results from a pre-study on red heartwood. *Forst und Holz*, 61(11): 464–468.
- KADUNC, A. 2006. The quality and value of European beech roundwood (*Fagus sylvatica* L.) with special regard to red heartwood formation. *Gozdarski Vestnik*, 64(9): 355–376.
- KNOKE, T. 2003. Felling strategies in beech stands (*Fagus sylvatica*) in the context of risks of red heartwood - a silvicultural/forest economics study. Forstliche Forschungsberichte Munchen. 2003. 193, 200 pp. 11.
- KUDRA, V. S., VITER, R. M., GAIDA, Y. I. 2003. Effect of false heart on the quality of beech wood. *Lesnoe Khozyaistvo*, 5: 23–24.
- MAHLER, G., HÖWECKE, B. 1991. Verkernungsercheinungen bei der Buche in Baden-Württemberg in Abhängigkeit von Alter, Standort und Durchmesser. Schweiz. Z. Forstwes. 142: 375–390.
- POHLER, E., KLINGNER, R., KUNNIGER, T. 2006. Beech (*Fagus sylvatica* L.) - Technological properties, adhesion behaviour and colour stability with and without coatings of the red heartwood. *Annals of Forest Science*, 63(2): 129–137.

- RAČKO, V., ČUNDERLÍK, I. 2008. Modeling of inner knot location and knot size of beech log in relation to external branch scar on bark. In *Interakcia dreva s rôznymi formami energie*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene. s. 27–33.
- RAČKO, V., ČUNDERLIK, I. 2006: Qualitative and quantitative evaluation of false heartwood in beech logs of various age and qualitative structure. *Wood Research*, 51(3): 1–10.
- RAČKO, V. 2004. False heartwood of beech and selected factors influencing its formation. [PhD thesis], Zvolen: Technical University in Zvolen, 96 pp.
- RICHTER, J. 2001. Buchenrotkern: Vermeiden oder Verwerten? *Forst. Und Holz*, 56: 662–664.
- SACHSSE, H. 1967: Über das Wasser/Gas - Verhältnis im Holzporenraum lebender Bäume im Hinblick auf die Kernbildung. *Holz als Roh- u. Werkstoff*, 25: 291–303.
- SANIGA, M. 1998. Ako ďalej s nepravým jadrom buka. *Les*, (12): 9–10.
- SEELING, U. 1998. Kerntypen im Holz-Konsequenzen für die Verwertung am Beispiel der Buche (*Fagus sylvatica* L.). *Schweiz. Z. Forstwes.* 149: 991–1004.
- SHIGO, A.L., LARSON, E.H. 1969. A Photo guide of the pattern discolouration and decay in living northern hardwoods trees. USDA RP-NE-127.
- SORZ, J., HIETZ, P. 2008. Is oxygen involved in beech (*Fagus sylvatica*) red heartwood formation? *Trees - Structure and Function*, 22(2): 175–185.
- TORELLI, N. 1984: The ecology of discolored wood as illustrated by beech (*Fagus sylvatica* L.). *IAWA Bulletin*, 5: 121–127.

Pod'akovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0282-06" a zároveň je súčasťou projektov 1/4368/07 a 1/0347/10 ktoré sú financované Vedeckou grantovou agentúrou MŠ SR a SAV.

Adresa autorov

Ing. Vladimír Račko, PhD.
 Prof. Ing. Igor Čunderlík, CSc.
 Technická univerzita vo Zvolene
 Drevárska fakulta
 Katedra náuky o dreve
 T. G. Masaryka 24
 960 53 Zvolen
 racko@vsld.tuzvo.sk
 igor@vsld.tuzvo.sk