

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU



STANOVENÍ MECHANICKÝCH PARAMETRŮ VLASŮ NA HLAVĚ ŽENY

DETERMINATION OF MECHANICAL PARAMETERS OF HAIR ON A WOMAN'S HEAD

Autoreferát disertační práce

Vedoucí práce: Doc. PaedDr. Karel Jelen CSc.

Odborný konzultant: Mgr. Josef Zeman Ph.D.

Zpracovala: Ing. Lucie Šimková

Praha, 2018

Bibliografická identifikace

Název práce: Stanovení mechanických parametrů vlasů na hlavě ženy

Autor: Ing. Lucie Šimková

Školící pracoviště: Katedra anatomie a biomechaniky, FTVS UK v Praze

Školitel: Doc. PaedDr. Karel Jelen CSc.

Konzultant specialista: Mgr. Josef Zeman Ph.D.

Disertační práce byla vypracována v průběhu doktorského studia v letech 2011-2017

Oponenti disertační práce:

Termín veřejné obhajoby disertace:

Předseda komise pro obhajobu:

Doktorská disertační práce představuje původní rukopis, s jehož plným textem se lze seznámit v Ústřední tělovýchovné knihovně FTVS UK, José Martího 31, Praha 6.

GRANTOVÁ PODPORA

Tato disertační práce vznikla za podpory grantových projektů:

GACR 407/10/1624

PRVOUK 38

GA UK 884214

SVV 2016 – 260346

SOUHRN

Název práce: STANOVENÍ MECHANICKÝCH PARAMETRŮ VLASŮ NA HLAVĚ ŽENY

Problematika: Už od pradávna sloužily vlasy a celkové ochlupení po těle jako ochrana před zimou, slunečním zářením anebo zraněními. V průběhu vývoje lidstva toto ochlupení opadalo a vlasy začaly mít funkci především estetickou. Pomocí vlasů může člověk vyjadřovat své životní názory a společenskou příslušnost, stejně tak přitahovat druhé pohlaví. I účes vždy hrál významnou kulturní a společenskou úlohu. Vlasy jsou pravděpodobně prvním a nejviditelnějším tělesným znakem, kterého si na dané osobě všimneme. Dříve či později se na nich rozpoznatelně projeví mnohé změny ve zdravotním stavu nebo ve stravě. Měřením některých rozpoznatelných vlastností se zabývá tato práce.

Cíl práce: Hlavním cílem této práce bylo popsat vhodným způsobem distribuci mechanických veličin popisujících vlas na hlavách žen a pokusit se o klasifikaci několika veličin ($m=15$) na hlavách žen ($n=60$). Tato klasifikace byla učiněna jak podle prostorové distribuce hodnot veličin na povrchu hlav zkoumaného vzorku žen, tak podle pravděpodobnostního rozdělení hodnot veličin pro jednotlivé ženy. V další, statistické, části našeho výzkumu byla provedena korelační analýza hodnot jednotlivých veličin na různých místech na hlavě a dále různých veličin na jednom místě na hlavách všech zkoumaných žen.

Metodika: Vlasy byly na základě dostupnosti jednorázově odebrány od 60 žen ve věku 17 – 78 let z 5 odběrových míst. Těmito místy byly levý spánek (odběrové místo A), místo nad středem čela (odběrové místo B), pravý spánek (odběrové místo C), temeno (odběrové místo D) a z týlu (odběrové místo E). Tato místa byla vybrána s důrazem na to, aby odběrová místa byla lehce naleznutelná na hlavě pro případné opakování studie. Vzorky vlasů byly odstříženy ostrými nůžkami těsně u hlavy. U každého vlasu byl změřen průměr pomocí optického mikroskopu. Dále byl vlas vložen do čelistí deformačního zařízení Deform typ 2 a podroben trhacímu nebo relaxačnímu experimentu. Získaná data byla zpracována pomocí speciálního softwaru a analyzována pomocí různých statistických technik.

Výsledky: Na každé hlavě prakticky každého jednotlivce jsme zjistili statisticky významné rozdíly hodnot všech veličin mezi jednotlivými oblastmi. Pokud se díváme na zkoumanou populaci jako na celek, neexistuje mezi jednotlivými oblastmi žádný rozdíl, s výjimkou spánkových oblastí (odběrová místa A a C) a temene (D), jak vidíme na Tukeyově HSD diagramu pro celkovou mechanickou práci (W). Podobně je tomu pro smluvní mez linearity ($\sigma_{0,05}$) a skutečný Youngův modul (skutečný modul elasticity – E). Pro skutečné lomové napětí (σ_{max}) již tvrzení platí pouze pro levý spánek (místo A). Zajímavé je i časté zjištění rozdílnosti spánkových oblastí (místa A a C). Pro skutečný modul elasticity (E) je významný rozdíl i mezi místem nad čelem (místo B) a temenem (místo D). Pro průměry vlasu (D) vychází signifikantní rozdíl pouze mezi oblastmi pravého spánku (místo C) a temene (místo D), kde hodnota průměru (D) na pravém spánku (místo C) vychází pro celý vzorek populace $83,66 \pm 14,69 \mu\text{m}$ a pro hodnotu temene (místo D) $86,96 \pm 14,37 \mu\text{m}$. Místo výskytu nejtenčích vlasů na hlavě je pro třetinu populace (32,3 %) na pravé spánkové oblasti (místo C). Je pozoruhodné, že v levé spánkové oblasti (místo A) pouze u 14,5 % respondentek. Nejméně často se nejtenčí vlasy vyskytují na temeni (místo D), a to v 9,7 %. Nejtlustší vlasy se ve čtvrtině všech případů vyskytují na místě C (pravý spánek, 24,19 %), ale srovnatelně i ve všech ostatních oblastech. Nejméně často v oblasti A (pravý spánek), a to v 16,13 %. Možná cennějším přínosem této práce, je zjištění, že veličiny τ_2 (střednědobý relaxační čas) a

resilience (We) mají jednoznačně na místo obvyklého Gaussova rozložení rozdělení logaritmicko-normální, a dále pak nalezení korelací mezi jednotlivými veličinami, které silně charakterizuje vlas jako celek, kde se mimo jiné ukazuje, že tvar relaxační křivky zůstává neměnný, neboť všechny relaxační síly a časy se mění v tomtéž poměru. Celková mechanická práce nutná k přetržení vzorku (W) je úměrná průměru vlasu (D), stejně jako je mu úměrná resilience (We). Také celková mechanická práce (W) je úměrná skutečnému lomovému napětí (σ_{max}).

Závěr: Podarilo se nám popsat specifika vlasů z jednotlivých odběrových míst u naší skupiny střeoevropských žen a ukázala se nutnost rozdělit naši skupinu do několika podskupin. Vznikly tak v podstatě typické mapy rozložení parametrů pro jednotlivé skupiny žen.

Klíčová slova: lidský vlas, odběrové místo, průměr, mechanické parametry

SUMMARY

Title: DETERMINATION OF MECHANICAL PARAMETERS OF HAIR ON A WOMAN'S HEAD

Problem Summary: Human body hair have served as protection from cold, solar radiation or injuries since time immemorial. With the evolution of Man, hairs were falling from the body and later the hair started having more of esthetic function. One can express their opinions with hairstyle as well as the social rank and attract the members of the opposite sex. It always played significant part in culture and society and it is probably the first and the most visible trait that we would notice on a person's appearance. Sooner or later it reflects many a change in state of health and alimentation. The scope of this work is the measurement of some of the noticeable qualities of women's hair.

The Objective: The main aim of this work was to correctly describe the distribution of mechanical properties which describe hair on women's scalp and the attempt to classify few quantities ($m=15$) on women's hair ($n=60$). That classification is to be done by spatial distribution of quantity values on women's head surface as well as the probable distribution of the values for particular persons. For the next and statistical part of the research there will be carried out a correlation analysis of individual quantity values on different parts of heads and different values on the same part of the heads of all examined women.

Methods: There have been taken a sample of hair on a one-time basis, where available, from 60 women of 17-78 years of age at five different sampling locations. These locations were the Left Temple (sampling location A), directly above the Center of the Forehead (B), the Right Temple (C), Vertex (D) and the Occiput (E). These locations were chosen at random laying stress for it to be easily found for a possible recurrence of the study. The hair samples had been cut close to the skin. The diameter of every sample was measured using an optical microscope. The hair was then fixed into clamping jaws of Deform type 2 mechanical testing machine and subjected to either a tensile or a relaxation experiment. Acquired data were processed with a special software and analysed with various statistical techniques.

Results: On each head of virtually every individual we have found statistically significant variance in values of all quantities amongst individual sampling areas. When looking at the inspected population as a whole, there has been found no difference among the individual sampling spots, with the exception of Temples (sampling locations A and C) and the Vertex (D) as seen on Tukey HSD diagram for the overall mechanical work (W). It is similar with the Proof Linearity Limit ($\sigma_{0,05}$) and True Young Modulus (the True Elastic Modulus - E). Yet for the true ultimate stress (σ_{max}) the statement is valid only for the Left Temple (sampling location A). The finding that the Temple Areas (Locations A and C) often differ in the outcome is also interesting. There is significant difference in the True Elasticity Modulus (E) between the spot above the center of the forehead (Location B) and the Vertex (Location D). We got significant difference in Hair Diameter only between the Right Temple (Location C) and the Vertex (Location D), where the diameter value (D) at the Right Temple (Location C) is $83,66 \pm 14,69 \mu\text{m}$ for the whole population sample and for the Vertex (Location D) it turned out to be $86,96 \pm 14,37 \mu\text{m}$. The place of occurrence of the thinnest hair on the head is in the right temple area (place C) for one third of the population (32.3 %). It is noteworthy that the assertion is valid only for 14,5% participants regarding the Left Temple (Location A). The rarest occurrence of the thinnest hair is at the Vertex (Location D), valid for 9,7%. The thickest hair was found for quarter of the cases (24,19%) at the Sampling Location C (the

Right Temple), least frequent was their appearance in the Area A (the Right Temple) and that was 16,13%. Maybe the more valuable contribution of this work is the discovery that the quantities τ_2 (The Intermediate Relaxation Time) and the Resilience (W_e) have unequivocally the Logarithmic-Normal distribution, instead of the common Gauss distribution, and further the finding on correlations between particular quantities, that strongly characterize the hair as a whole, where besides other things it appears that the shape of the relaxation curve remains the same, since all relaxation forces and times change in the same ratio. The total mechanical work necessary for the sample breakage (W) is proportional to the hair diameter (D) as well as the resilience (W_e). Total mechanical work is also proportional to the True Ultimate Stress (σ_{max}).

Conclusion: We managed to describe the specifics of the hair from specific sampling locations on the heads of our Central-European women, and necessity arose to separate our group into several subgroups. Thus, we got typical maps of distribution of the parameters for particular groups of women.

Keywords: human hair, sampling location, diameter, mechanical parameters

1 ÚVOD

Společenským motivem této práce je poukázání na fakt, že stavu a vlastnostem vlasů se v minulosti i současnosti ve světě věnuje mnoho úsilí. Tento fakt je třeba zdůraznit, jelikož množství tuzemských pracovišť věnujících se výzkumu struktury a parametrů vlasů není mnoho, pokud vůbec nějaká jsou. To však nikterak nesnižuje smysl a význam této práce, ba spíše naopak. Je totiž na výsost záhodno začlenit se i na tuzemské úrovni mezi mnohá světová pracoviště zabývající se tématem vlasů, a to i s přihlédnutím k socioekonomickému faktu, že pracoviště světové úrovně zjišťující zajímavé a dosud neznámé údaje je možné vybudovat a provozovat i v současné obtížné době, kdy není základní výzkum příliš podporován. Přes snahu mnoha pracovišť jsou totiž základní mechanické vlastnosti vlasů v mnoha širokých oblastech na úrovni tabula rasa, neboť výzkum je často veden s cílem získání jednoduchých snadno aplikovatelných výsledků nejčastěji kosmetického charakteru. Z tohoto důvodu je jen nemnoho prací popisujících souvislosti vlastností mezi vlasy vzájemně i statistických distribucí těchto veličin samotných, které by ukázaly hlubší souvislosti ve vlastnostech vlasů jak na jednotlivých místech hlavy, tak v ženské populaci.

Složení vlasu

Vlas se skládá z kořene (*radix pili*) uloženého pod povrchem pokožky a ze stvolu (*scapus pili*). Stvol vlasu je zrohovatělé vlákno tvořené zrohovatělými epidermálními buňkami a má vřetenovitý tvar. Vlasový stvol se směrem ke špičce vlasu ztenčuje a končí zaobleně (třením oděvu), špičkou nebo je špička vlasu ustřižena. Jde na svém průřezu o nestejnorodé těleso s několika dobře odlišitelnými vrstvami: vnitřní dření, prostřední korovou vrstvou a zevní kutikulou.

Kutikula je tlustá 0,35 μm a tvoří zevní vrstvu vlasu. Pokrývá vlas od kořene až ke konečku a chrání vlas před vnějším poškozením (Peterka, 2004). Buňky kutikuli se překrývají ze 4/5 jako šindele a řadí se v 6 – 10 buněčných vrstvách kruhovitě kolem vlasu. Čím silnější vlas je, tím více vrstev kutikuly lze rozpoznat. Každá buňka je silná asi 350 – 450 nm. Když leží šupinky kutikuly rovně, řádně se překrývají, jsou vlasy hedvábně hladké a lesklé. Pokud se kutikula mechanicky nebo chemicky poničí, vlasy získají matný vzhled, lámou se a snadno se cuchají (www.vlasy.cz).

Kůra = cortex, *substantia corticalis*, je největší část vlasu (cca 80 %) (www.studioamadeus.cz). V oblasti cibulky mají kortikální buňky tvar ovoidní, při průchodu pevnými vazivovými pochvami se buňky prodlužují ve směru osy vlasu a keratinizují (Jolles, Zahn, 1995). V jednom průřezu vlasu je 100 – 200 dlouhých, zrohovatělých kortexových buněk orientovaných souběžně s osou vlasu. Mezi buňkami se nacházejí drobné dutinky zvané fusi, vyplněné v oblasti folikulu tekutinou a v oblasti vlasového stvolu vzduchem (Bartošová a kol., 1982). Kůra odpovídá prakticky za všechny podstatné vlastnosti lidského vlasu, včetně síly, pružnosti, tvaru, vlhkostního obsahu a barvy. Když dojde k poškození kůry, kůra ztrácí schopnost zadržovat vlhkost, což vede k vysušení vlasů.

Dřeň (medulla) je centrální část vlasu a bývá lokalizována po celé délce vlasu většinou u silnějšího terminálního ochlupení. V jemných vlasech může být dřeň přerušovaná, ostrůvkovitá, v některých případech může zcela chybět (Bartošová a kol., 1982) nebo se může vyskytovat pouze v oblasti kořene (Peterka, 2004). Na svém průřezu má dřeň nepravidelný hvězdicovitý tvar a její tloušťka nepřesahuje u člověka 2/3 průměru vlasu (Prokopec, 1961). Dřeň je tvořena neúplně keratinizovanými buňkami s velkými vakuolami (Bartošová a kol., 1982; Konrádová, 2000).

Rozdělení vlasů

Lanugo – vlasy první generace, vzniklé intrauterinně, jsou hebké lesklé, bez pigmentu a dřeně (Bartošová a kol., 1982). Kryje celé tělo s výjimkou dlaní, chodidel, konečků prstů,

rtů, očních víček, prsních bradavek a zevních pohlavních orgánů. Většinou mívá velice málo pigmentu a i jeho složení je jiné než u vyvinutého vlasu (Koukal, 2006). V posledních měsících gravidity lanugo vypadává a je nahrazeno vellusem, tedy vlasy druhé generace (Bartošová a kol., 1982). Postnatální vellus tvoří převážnou část ovlášení a ochlupení u kojenců a malých dětí. Tyto vlasy jsou jemné a tenké, ale často již pigmentované a dorůstají maximálně délky 2 cm (Bartošová a kol., 1982). Nacházejí se i na místech, která běžně označujeme jako holá. V pubertě jsou v určitých oblastech nahrazeny terminálními chlupy (Michalíková, 2002).

Intermediální vlasy – nahrazují jemný vellus (Bartošová a kol., 1982). Jsou silnější než vellusový typ, sytě pigmentované, ale bez dřene (Klír, 1999). Až do puberty tvoří kštici, u dospělých je můžeme najít na pažích a nohách (Michalíková, 2002; Klír, 1999; Harkey, 1993). Změna intermediálního kapilicia v terminální může být postupná, nenápadná, nebo velmi markantní, změní-li se jak barva, tak i tvar vlasů. Většinou se také mění fyzikální vlastnosti vlasů, zvyšuje se jejich pružnost, tažnost a pevnost (Bartošová a kol., 1982).

Terminální vlasy – se objevují v různých lokalizacích a nahrazují intermediální typ kapilicia nebo jemný vellus na těle, jsou relativně dlouhé, dobře pigmentované a obsahují medulu fragmentovaně nebo po celé délce stvolu (Bartošová a kol., 1982).

Podle rasy rozlišujeme tři druhy vlasů:

Europoidní vlasy jsou jemné až středně silné, průměr vlasu kolísá podél stvolu jen minimálně. Mohou mít různé barvy (obvykle ne černou). Hustota pigmentových granul je řídká až střední a jsou rovnoměrně rozložena. Kutikula tenká až střední. Průřez je oválný.

Negroidní vlasy jsou jemné až středně silné, průměr vlasu podél stvolu značně kolísá. Jsou obvykle černě nebo tmavě zbarvené. Mají střední až velká pigmentová granula, uspořádaná do shluků. Vlasy mohou být kudrnaté, spirálovité nebo pepřovité. Příčný průřez je ploštělý.

Mongoloidní vlasy jsou hrubé, průměr se mění jen minimálně. Barva je obvykle černá nebo tmavě hnědá. Pigment je velmi hustý, vytváří skvrny až šmouhy. Mají velmi silnou kutikulu. Příčný průřez vlasem je kulatý. Vlasy jsou rovné (Deedrick, Koch, 2004; Gaudete, 2000).

2 CÍLE A METODIKA DISERTAČNÍ PRÁCE

Hlavním cílem této práce bylo popsat vhodným způsobem distribuci mechanických veličin popisujících vlas na hlavách žen a pokusit se o klasifikaci několika veličin ($m=15$) na hlavách žen ($n=60$). Tato klasifikace byla učiněna jak podle prostorové distribuce hodnot veličin na povrchu hlav zkoumaného vzorku žen, tak podle pravděpodobnostního rozdělení hodnot veličin pro jednotlivé ženy. Práce se primárně snaží najít souvislosti mezi parametry vlasů v různých částech hlavy jak morfologickými, tak materiálovými, a to i takovými, které nejsou běžně sledovány a vyhodnocovány, jako je resilience či houževnatost.

V další, statistické, části našeho výzkumu bude provedena korelační analýza hodnot jednotlivých veličin na různých místech na hlavě a dále různých veličin na jednom místě na hlavách všech zkoumaných žen.

2.1 HLAVNÍ CÍLE

- I. Nalezení hodnot vybraných mechanických veličin na pěti místech jednotlivých hlav.
- II. Ověření, zda jsou rozdíly středních hodnot vybraných mechanických veličin na jednotlivých pěti místech ženských hlav statisticky významné.
- III. Nalezení korelací mezi veličinami z předcházejícího bodu.

- IV. Pokusit se nalézt nárůstový vzor pro ženskou populaci.
- V. Odhad distribuce jednotlivých veličin v populaci.
- VI. Snaha o rozdělení vzorku žen do skupin s podobnou distribucí pořadí hodnot veličin na jednotlivých místech hlavy.

2.2 METODIKA PRÁCE

Vlasy byly odebrány z 5 odběrových míst. Těmito místy byly levý spánek (odběrové místo A), místo nad středem čela (odběrové místo B), pravý spánek (odběrové místo C), temeno (odběrové místo D) a z týlu (odběrové místo E). Vzorky vlasů byly odstříženy ostrými nůžkami těsně u hlavy. Nebyly vytrhávány, protože by tak pravděpodobně došlo k jejich mechanickému poškození a tím i ke zkreslení výsledků.

Každý vzorek vlasu byl položen na podložní skličko, přikryt krycím sklíčkem a vložen do optického mikroskopu s digitální kamerou připojenou ke stolnímu počítači. Po té byl měřen průměr vlasu. Průměr vlasu byl měřen 15 krát, tj. 5 krát na 3 místech v průběhu vlasu. Z těchto hodnot byla po té spočítána průměrná hodnota pro daný vlas.

Jednou ze základních experimentálních metod, kterou lze použít ke zkoumání mechanických vlastností látek, je deformační zkouška tahem. My jsme měření prováděli na deformačním zařízení Deform typ 2. Toto zařízení umožňuje provádět jak klasické trhací křivky, tak i cyklické zátěže vzorku. Deformační zařízení je ovládáno přes síť ethernet multiplatformním klientským programem Trhey!

Po změření průměrů vlasů byly konce vzorku vlasu vloženy do kousku kancelářského papíru o velikosti $0,5 \times 0,5$ cm a i s tímto papírkem vloženy do čelistí trhačky. Vložení vzorku vlasu do papírku jsme prováděli, abychom zabránili vysmeknutí konců vzorku z čelistí trhačky a jejich uštípnutí na hraně čelistí trhačky. Pro zabezpečení stejné počáteční délky všech měřených vzorků vlasů byly čelisti trhačky před samotným zahájením procesu měření trhacího či relaxačního experimentu přiblíženy na vzdálenost 10 mm.

Pro trhací experiment byla trhačka pomocí ovládacího programu Trhey! nastavena na konstantní rychlost 2 mm/min, kterou byl vlas napínán až do přetržení.

Pro relaxační experiment jsme použili stejnou rychlost napínání (tedy 2 mm/min). Vlasy s průměrem větším než 60 μm byly napínány do síly 0,25 N, vlasy s průměrem 59 μm a nižším byly napínány do síly 0,18 N. Po napnutí vlasu do určené síly bylo zahájeno období relaxace trvající 300 s a po jeho uplynutí byl vlas opět napínán do určené síly. Po jejím dosažení nastala opět relaxační část experimentu, tentokrát trvající pouze 10 s. S takto nastavenými relaxačními cykly jsme nadále schopni z pořízených dat určit dva relaxační časy. Trhacímu experimentu byly podrobeny vždy 3 vzorky vlasů z každého z odběrových míst, a pro relaxační pokus byl použit jeden vzorek vlasu z každého z odběrových míst. K usnadnění udržování konstantní teploty a relativní vlhkosti v nejbližším okolí vzorku vlasu, byl s finanční pomocí grantu GAUK 884214 sestaven termobox.

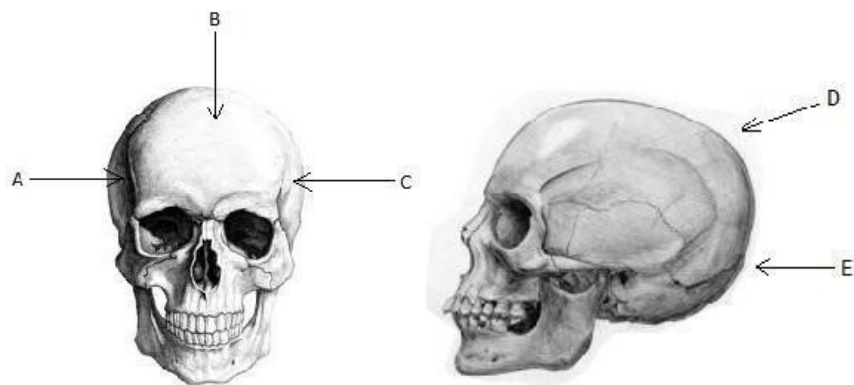
2.2.1 TESTOVANÝ SOUBOR OSOB

Jako testované vzorky byly zvoleny vlasy. Jejich velkou výhodou je, že nezaznamenávají pouze aktuální stav organismu, ale mohou určit, jakými procesy organismus procházel během celého růstu vlasu (Guidotti, et al., 2008). Ve srovnání s jinými typy klinických vzorků, jakými jsou krev nebo moč, mají vlasy značné výhody. Zatímco u analýzy krve nebo moči zjistíme aktuální či nedávný stav těla, analýza vlasů představuje delší časový rámec, může se jednat i o roky (Bass, et al., 2001), což je dáno tím, že vlas vyroste v průměru o jeden centimetr za měsíc (Guidotti, et al., 2008). Další výhodou vlasů je, že odběr vzorků je jednodušší a bezpečnější a analýza je méně nákladná. K zásadním problémům, co se týká vzorků vlasů, patří možnost jejich vnější kontaminace, která může zkreslovat hladinu

stopových prvků. Prokázaným zdrojem vnější kontaminace jsou šampony, vlasové kúry, barvení vlasů a jiná chemická ošetření. Dále také životní prostředí, kde na vlasy působí voda, prach či špína (Bass, et al., 2001). Analýza vlasů nám může dát obrázek o tom, jaké stravovací návyky jsme v předcházejícím období dodržovali, vlivu jakých toxických prvků jsme byli vystaveni, co nám ve stravě chybí, respektive přebývá. Prvková analýza vlasů slouží především ke zhodnocení zdravotního stavu člověka. Pomocí hladiny chemických prvků a jejich vzájemných poměrů mohou odborníci sestavit analýzu stopových prvků v organismu. Analýza odráží absorpci různých zdrojů, např. jaký vliv má na konkrétní osobu práce, strava, koníčky, jaké bere léky nebo jestli kouří. Prvková analýza vlasů je vhodná, pokud člověk potřebuje zjistit svoji zdravotní kondici, potřebuje sestavit dietní plán, nebo zjistit možné hrozby nemocí (Guidotti, et al., 2008).

Byly odebrány terminální vlasy od evropských žen ve věku 17 – 78 let z 5 odběrových míst (obrázek č. 1). Těmito místy byly levý spánek (odběrové místo A), místo nad středem čela (odběrové místo B), pravý spánek (odběrové místo C), temeno (odběrové místo D) a z týlu (odběrové místo E). Tato místa byla vybrána náhodně s důrazem na to, aby odběrová místa byla lehce naležitelná na hlavě pro případné opakování studie. Výjimku tvoří místo D (temeno). To bylo vybráno z toho důvodu, že se z tohoto místa odebírají vzorky pro transplantaci vlasů, proto by zde měly být vlasy kvalitnější. Vzorky nebyly odebírány od dětí, kde nejde o terminální vlasy ale o vellus či intermediální typ vlasů. Dále byly z měření vyloučeny vzorky mužů, z toho důvodu, že mohou být na některých odběrových místech plešatí a měření by tak nebylo plnohodnotné. Pro nejsnazší dostupnost byly testovány europoidní vzorky vlasů.

Vzorky vlasů byly odstříženy ostrými nůžkami těsně u hlavy. Nebyly vytrhávány, jako u jiných autorů, protože by tak pravděpodobně došlo k jejich mechanickému poškození, a tím i ke zkreslení výsledků.



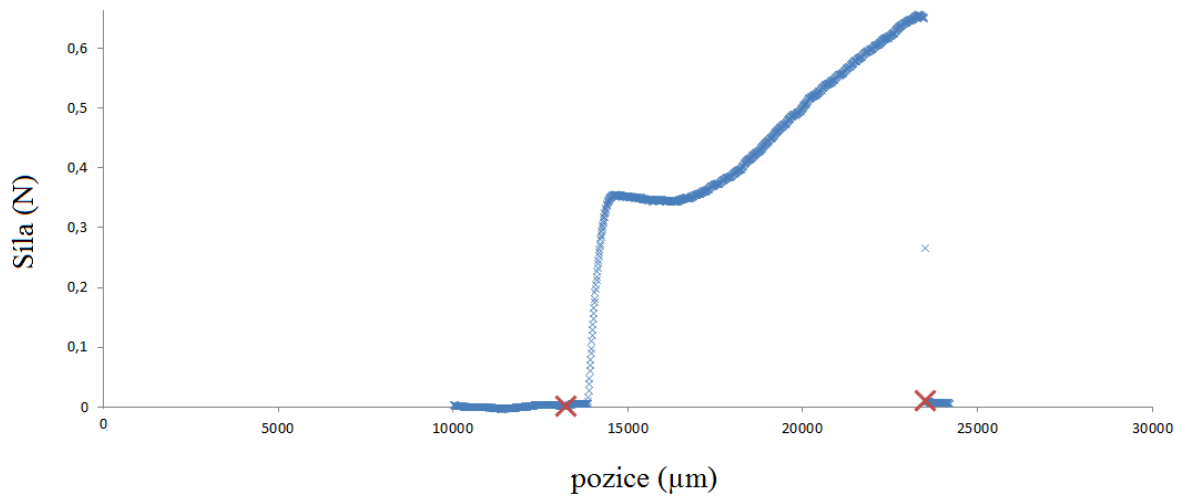
Obrázek 1: Odběrová místa

2.2.2 ZPRACOVÁNÍ ZÍSKANÝCH DAT

Pro zpracování tak velkého množství dat získaných z deformačního zařízení byl s pomocí kolegy Mgr. Václava Bittnera sestaven výpočtový software v programu MS Excel 2010. Výpočtový software je předmětem zápisu u Úřadu průmyslového vlastnictví. Díky softwaru byla zpracována všechna naměřená data do podoby přehledné tabulky, která obsahovala všechny potřebné i nové námi stanovené mechanické parametry vlasů.

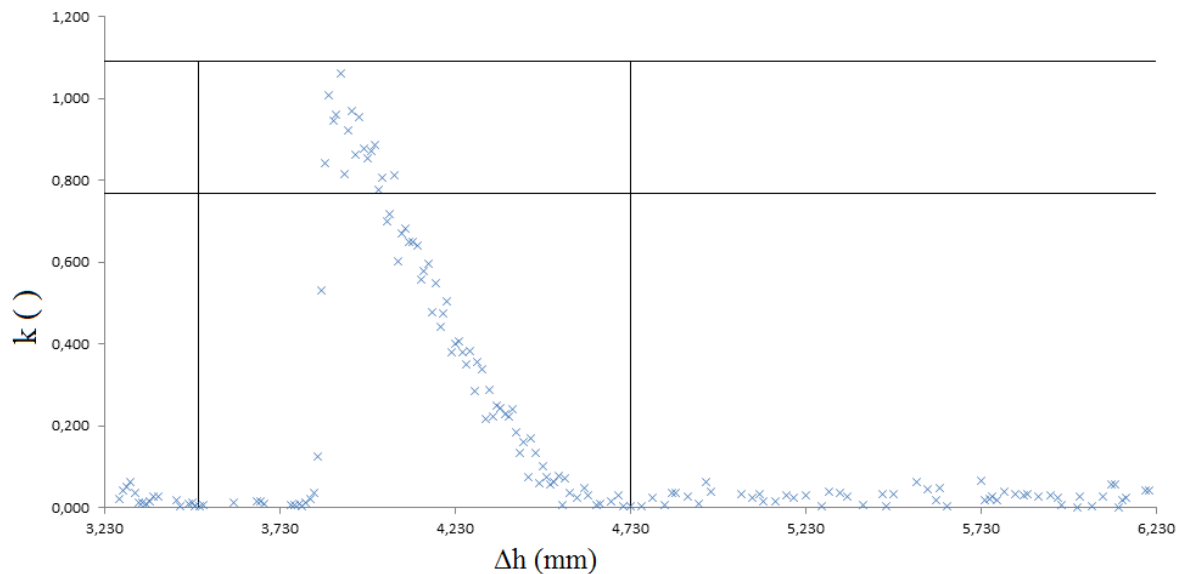
Celý software obsahuje několik výpočtových listů s úkony, které je nutno provést pro získání žádaných údajů. Na prvním listě je třeba vždy doplnit průměr vlasu, u kterého se zjišťovaly ostatní sledované mechanické parametry. Z tohoto průměru pak byl automaticky vypočten průřez vlasu.

Na dalším listě nalezneme prostor pro vložení dat z tahové zkoušky a jejich následnou úpravu. Ta spočívá ve vymezení dvou bodů (obrázek 2). První bod označuje oblast dat před samotným napínáním zkoumaného vzorku. Druhý (koncový) bod byl určen prvním bodem křivky následujícím bezprostředně po přetržení vlasu, a tedy poklesem dané křivky.



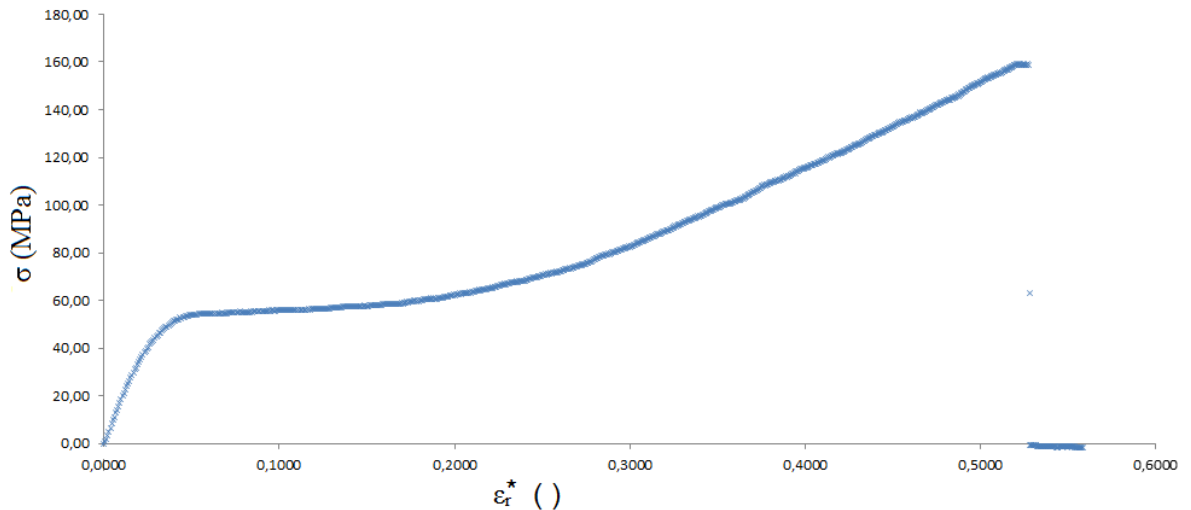
Obrázek 2: Ukázka deformační křivky, vymezené oblastí mezi dvěma vymezeními body trhací křivky (označeny křížkem).

V dalším kroku celého výpočtu byla korekce naměřených dat, tedy vymezení oblasti dat z tahové křivky, která určuje lineární oblast (obrázek 3).



Obrázek 3: Korekce naměřených dat ve výpočtovém softwaru. Lineární oblast je vymezena do oblasti peaku, který se v následném kroku automaticky proloží přímkou. Kde Δh – posun čelistí; k – směrnice tečny.

Na předposledním listu pak vidíme celou tahovou křivku (obrázek 4), od počátku napínání až do přetržení vzorku vlasu. Můžeme zde také vidět automaticky vypočtené mechanické charakteristiky pro měřený vzorek vlasu.



Obrázek 4: Deformační křivka z výpočtového softwaru. Kde ε_r^* - logaritmská deformace, $\varepsilon_r^* = \ln \frac{l_0 + \Delta l}{l_0} \ln(1 + \varepsilon)$, kde ε je poměrná deformace; σ - skutečné napětí.

Na posledním listě celého softwaru nalezneme souhrnnou tabulku, ve které jsou přehledně uvedeny vypočtené mechanické charakteristiky pro všechny takto vypočtené vlasy. Tato tabulka byla vstupním materiálem pro všechna další zpracování vypočtených dat.

Uvedeným softwarem lze vypočítat následující veličiny:

S_0 (μm^2) – počáteční průřez vlasu;

E (MPa) – inženýrský modul elasticity;

E' (MPa) – skutečný modul elasticity;

$\sigma_{0,05}$ (MPa) – smluvní mez linearity, jinak řečená smluvní mez elasticity;

$\sigma_{0,2}$ (MPa) – smluvní mez kluzu;

σ_{max} (MPa) – skutečné lomové napětí;

ε_t (1) – tažnost;

ε_t' (1) – skutečná relativní tržná délka;

W (mJ) – celková mechanická práce nutná k přetržení materiálu;

W_a (MJ/m^3) – tahová houževnatost, množství energie nutné k přetržení materiálu vztažené k počátečnímu tažnému objemu;

W_e (MJ/m^3) – resilience, množství energie v jednotce objemu daného materiálu zatíženého napětím $\sigma_{0,05}$.

Další z námi použitých základních experimentálních metod je relaxační zkouška. Všechna potřebná měření probíhala na deformačním stroji Deform typ 2 způsobem uvedeným v metodice této práce. Pro analýzu relaxačních dat byla využita následující rovnice č. 1

$$F(t) = F_0 + \sum_{i=1}^3 F_i \cdot e^{\frac{-t}{\tau_i}}, \quad (1)$$

kde $F(t)$ – funkce, reprezentující sílu v závislosti na čase t , je použita k popisu naměřené relaxační křivky; F_0 – koncová síla kterou vzorek působí po odeznění všech relaxačních procesů a je uměrná tuhosti k_0 ; F_i – síly, které patří jednotlivým členům relaxace a jsou uměrné tuhostem k_i ; τ_1 – krátkodobý (první) relaxační čas; τ_2 – střednědobý (druhý) relaxační čas; τ_3 – dlouhodobý relaxační čas (považujeme jej za konstantu o velikosti 15273 s).

Pro vyloučení geometrické závislosti vlasů (průměru, elipticity) je třeba pracovat s aktuálním napětím σ (Pa), tj. vztahem (rovnice č. 2)

$$\sigma(t) = \sigma_0 + \sum_{i=1}^2 \sigma_i e^{\frac{-t}{\tau_i}}, \quad (2)$$

kde mezi zatěžující silou $F_{(t)}$ a napětím platí relace (rovnice č. 3)

$$F(t) = S(t) \cdot \sigma(t) = F_0 + \sum_{i=1}^2 F_i \cdot e^{\frac{-t}{\tau_i}}, \quad (3)$$

Aktuální průřez eliptického vlasu je $S = \pi a(t)b(t)$, kde a,b jsou okamžité (aktuální) velikosti poloos při zatěžování.

Počáteční průřez vlasu je $S = \pi a_0 b_0$.

V průběhu zatěžování se průřez mění (rovnice č.4)

$$\begin{aligned} S(t) &= \pi(a_0 + a(t) - a_0)(b_0 + b(t) - b_0) = S_0(1 - \nu \varepsilon_{zz}(t))(1 - \nu \varepsilon_{zz}(t)) = \\ &= S_0(1 - 2\nu \varepsilon_{zz}(t) + (\nu \varepsilon_{zz}(t))^2). \end{aligned} \quad (4)$$

Relativní příčnou deformaci jsme označili $\varepsilon_{xx} = \frac{a(t)-a_0}{a_0}$, $\varepsilon_{yy} = \frac{b(t)-b_0}{b_0}$ a zavedli Poissonův poměr $\nu = -\frac{\varepsilon_{xx}}{\varepsilon_{zz}} = -\frac{\varepsilon_{yy}}{\varepsilon_{zz}}$. Zanedbáním členů vyššího řádu, které pro svou velikost vzhledem k citlivosti našich přístrojů stejně nerozpoznáme, lze vztah mezi silou a napětím (rovnice 5) psát ve tvaru

$$\begin{aligned} F(t) &= S_0(1 - 2\nu \varepsilon_{zz}(t))\sigma(t) = S_0(1 - 2\nu \varepsilon_{zz}(t)) \left(\sigma_0 + \sum_{i=1}^2 \sigma_i e^{\frac{-t}{\tau_i}} \right) = \\ &= S_0 \sigma_0 (1 - 2\nu \varepsilon_{zz}(t)) + \sum_{i=1}^2 S_0 \sigma_i (1 - 2\nu \varepsilon_{zz}(t)) e^{\frac{-t}{\tau_i}} = F_0 + \sum_{i=1}^2 F_i e^{\frac{-t}{\tau_i}}. \end{aligned} \quad (5)$$

Odtud je zřejmé, že pro hodnoty $\nu \doteq 0,4$, $\varepsilon_{zz} = \varepsilon_t \approx 0,5$ je člen $(1 - 2\nu \varepsilon_{zz}(t)) \approx 0,6$. Můžeme tudíž předpokládat, že maximální změna průřezu $S(t) = \pi a(t)b(t)$, která může ovlivnit velikost aktuálního lomového napětí $\sigma_t(t)$ a to až o 40 % (přibližně platí $S(t) \approx 0,6$).

S ohledem na smluvní mez linearity $\nu \doteq 0,4$, $\varepsilon_{zz} = 0,02$, která je rozhodující pro stanovení modulu E' (rovnice 5) platí $(1 - 2\nu \varepsilon_{zz}(t)) \approx 0,984$. Je tudíž odchylka způsobená změnou průřezu menší než 2 %. Ke stanovení elastických modulů relaxačních časů lze použít vztah (rovnice 4) a počáteční velikost průřezu vlasů S_0 . Získané hodnoty těchto veličin lze považovat za geometricky nezávislé a považovat je za materiálové parametry vlasů [Maršík, 2016].

Třetí relaxační čas $\tau_3 = 15273$ s byl určen sérií šesti dlouhodobých relaxací, kdy byla provedena 150 hodinová měření. Delší měření nemělo smysl provádět, neboť teplotní a vlhkostní výkyvy i za použití termoboxu způsobovaly změny zbytkových sil větší než je pokles zůstatkové relaxační síly. Z těchto šesti měření byla vypočítána průměrná relaxační křivka a z ní určen relaxační čas $\tau_3 = 15273$ s, který byl použit jako stacionární pro vyhodnocení všech zbývajících měření.

3 VÝSLEDKY EXPERIMENTU

Na každé hlavě prakticky každého jednotlivce jsme zjistili statisticky významné rozdíly hodnot všech veličin mezi jednotlivými oblastmi. Pokud se díváme na zkoumanou populaci jako na celek, neexistuje mezi jednotlivými oblastmi žádný rozdíl, s výjimkou spánkových oblastí (odběrová místa A a C) a temene (D). Podobně je tomu pro smluvní mez linearity ($\sigma_{0,05}$) a skutečný Youngův modul (skutečný modul elasticity – E). Pro skutečné lomové napětí (σ_{max}) již tvrzení platí pouze pro levý spánek (místo A). Zajímavé je i časté zjištění rozdílnosti spánkových oblastí (místa A a C). Pro skutečný modul elasticity (E) je významný rozdíl i mezi místem nad čelem (místo B) a temenem (místo D). Pro průměry vlasu (D) vychází signifikantní rozdíl pouze mezi oblastmi pravého spánku (místo C) a temene

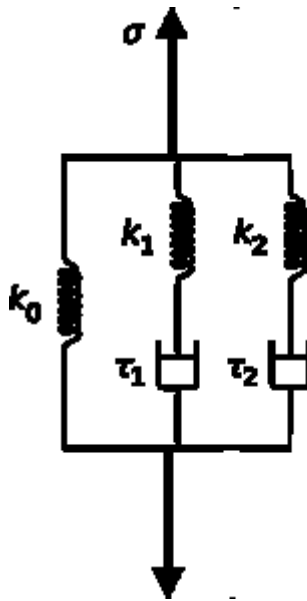
(místo D), kde hodnota průměru (D) na pravém spánku (místo C) vychází pro celý vzorek populace $83,66 \pm 14,69 \mu\text{m}$ a pro hodnotu temene (místo D) $86,96 \pm 14,37 \mu\text{m}$. Místo výskytu nejtenčích vlasů na hlavě je pro třetinu populace (32,3 %) na pravé spánkové oblasti (místo C). Je pozoruhodné, že v levé spánkové oblasti (místo A) pouze u 14,5 % respondentek. Nejméně často se nejtenčí vlasy vyskytují na temeni (místo D), a to v 9,7 %. Nejtlustší vlasy se ve čtvrtině všech případů vyskytují na místě C (pravý spánek, 24,19 %), ale srovnatelně i ve všech ostatních oblastech. Nejméně často v oblasti A (pravý spánek), a to v 16,13 %. Možná cennějším přínosem této práce, je zjištění, že veličiny τ_2 (střednědobý relaxační čas) a resilience (W_e) mají jednoznačně na místo obvyklého Gaussova rozložení rozdělení logaritmicko-normální, a dále pak nalezení korelací mezi jednotlivými veličinami, které silně charakterizuje vlas jako celek, kde se mimo jiné ukazuje, že tvar relaxační křivky zůstává neměnný, neboť všechny relaxační síly a časy se mění v tomtéž poměru. Celková mechanická práce nutná k přetržení vzorku (W) je úměrná průměru vlasu (D), stejně jako je mu úměrná resilience (W_e). Také celková mechanická práce (W) je úměrná skutečnému lomovému napětí (σ_{max}).

4 DISKUZE

Především lze konstatovat, že všechny tři metody, které jsme pro měření vlasů vyvinuli, jsou použitelné a dávají zajímavé výsledky. Jedná se o metodu torzních měření vyvinutou společně s MFF, konkrétně doc. Antonínem Havránkem CSc., a Ing. Milanem Květoněm PhD., která však dává více strukturálních informací o vlasu. Touto cestou se naše práce dále neubírala, a otevírá tak potenciál pracím budoucím.

Základní mechanické parametry vlasu jako celku se ukázalo výhodnější testovat jen mírně upravenými konvenčními metodami z trhací křivky a relaxačního experimentu. Trhání probíhalo při rychlosti 2 mm/min, tedy asi 20 %/min, což se ukázalo být pro vlasy dostatečně pomalé, aby nedocházelo k nežádoucímu překmitu trhací křivky na konci elastické oblasti. Pro vyhodnocení trhacích dat byl ve spolupráci s Mgr. Václavem Bittnerem, vyvinut speciální software, který analyzoval trhací křivky jen s mírným vstupem operátora a určil z nich nakonec dvanáct mechanických parametrů vlasu. Z početných důvodů byla dána přednost odhadu meze elasticity z odchylky trhací křivky od přímky o více než 0,2 %, což je postup očekávaný spíše u kovů než u polymerů, nicméně je to jedna z možností jak smluvní mez elasticity určovat. Celkově lze v současné fázi jeho vývoje již tento software doporučit pro další vyhodnocování, a to především vzhledem k úspoře času, kterou lze zvláště při větším počtu vzorků očekávat.

Co se týče relaxačních měření, byl učiněn kompromis mezi délkou relaxace a počtem provedených měření, a to tak aby bylo možné z relaxačních křivek jednoznačně určit pět elementů materiálového modelu. Naše pokusy s dlouhodobou relaxací ukazují, že lze na používané trhače Deform2 vybavené termoboxem určit ještě další dva až čtyři elementy (jedno až dvě ramena – Kelvinovy páry na schématu na obrázku č.5). Délka jednotlivých měření se však neúměrně natahuje a nebylo by tak možné provést dostatečný počet měření pro použití analýzy rozptylu a splnit tak cíle předsevzaté pro tuto práci, konkrétně pak zodpovědět, zda se na různých místech ženských hlav nalézají mechanicky rozdílné vlasy.

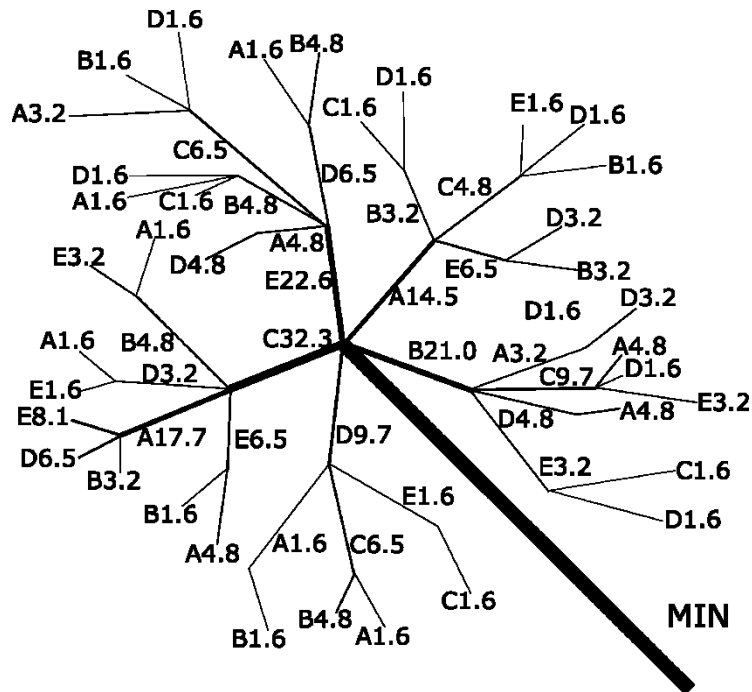


Obrázek 5: Maxwellův model pro relaxační experiment, kde jednotlivá ramena odpovídají jednotlivým silám F_i (úměrným konstantám k_i) a časům τ_i , σ je celkové vyvozené napětí v relaxaci.

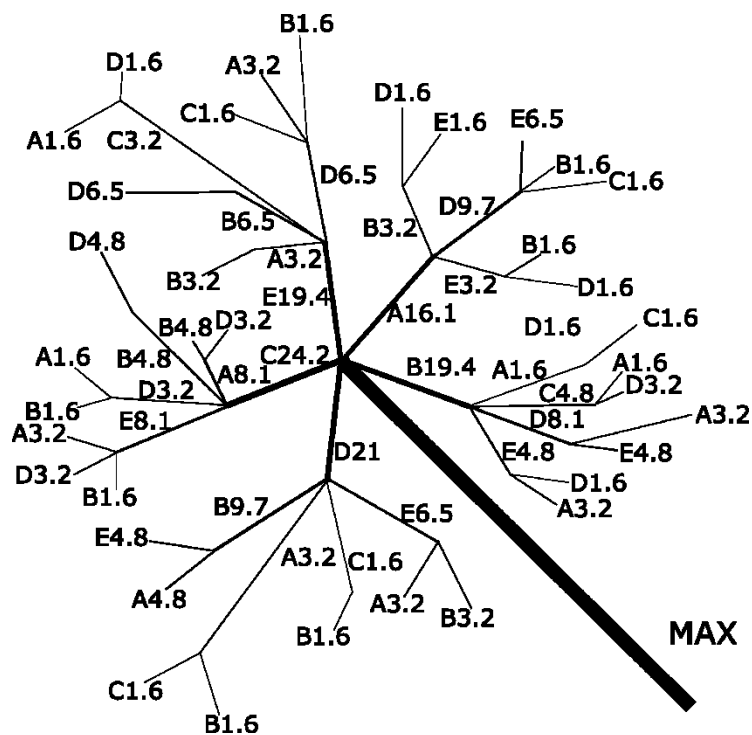
Pro trhání i relaxační měření jsme vyvinuli nové čelisti, kdy pro jejich případné využití u měření vlasů se ukázalo to, že musí být vyloženy papírem. Ukázalo se, že deformace papíru je během měření zanedbatelná, stisk vlasu je však rovnoměrnější. Nejlépe vyhovuje nebílený a nehlazený 80 g/m² pro jehličkové tiskárny.

Větší část zpracování dat následovalo po základním zjištění této práce, že totiž na individuálních hlavách, tj. na hlavách jednotlivých žen, existují statisticky významné rozdíly mechanických parametrů vlasů na jednotlivých místech hlavy. Avšak vzor rozložení není pro všechny ženy stejný, neboli, že neexistuje univerzální motiv rozložení mechanických vlastností vlasů na ženských hlavách. Po těchto analýzách následovalo několik pokusů nalézt populační vzory. Všechny cesty ukazují, že těchto typů či vzorů je jen několik. Zatím nejdále vedly analýzy zabývající se analýzou pětímístného kódu určujícího pořadí velikostí dané mechanické veličiny na pěti vybraných místech ženských hlav. Zde bylo možných několik postupů, jeden spočíval v porovnání průměrných hodnot nalezených na jednotlivých hlavách, zprůměrovaných přes všechny naměřené vlasy dané oblasti; druhý pak ve statistice náhodného výběru pětice po jednom z vlasů každé oblasti. Tuto Monte Carlo metodu považujeme za vhodnější, neboť nepředpokládá žádné speciální rozložení u zkoumaných mechanických veličin. Tuto představu naplňuje i skutečnost, že zjištěné poměry hodnot mechanických veličin v jednotlivých oblastech konvergovaly s jednotlivými náhodnými výběry pětice velmi rychle a typicky po 15 kroku již nezpůsobovaly výkyvy ani v desetinách procent poměrů zastoupení jednotlivých pořadí. Dalších 15 kroků (náhodných výběrů) pak bylo prováděno spíše kontrolně.

Na téma nejpravděpodobnějších vzorů byly činy i mnohé pokusy metodou maximální věrohodnosti, jejich popis i popis výsledků však překračuje rozsah této i tak dlouhé práce. Jen poznamenejme, že přínosem této metody je i využití nejen středních hodnot, ale i rozptylů jednotlivých veličin zjištěných na daných místech hlav. Ve shodě s metodami zde použitými poukazují výsledky na existenci nemnoha populačních vzorů v zastoupeních 60 %, 20 %, 7 % a zatím nejasný zbytek. Pokud se ukáží tyto analýzy reálné, pak to samozřejmě vysvětluje, že jsme v hledání pořadí průměrných hodnot nemohli uspět. Totéž vlastně ukazují i v práci ukázané stromové a koláčové grafy. Vždyť už samotná tloušťka vlasů (obrázek č. 6 a č. 7). ukazuje oblast C téměř stejně často jako maximální i minimální, málokdy však v mezihodnotách. Zdá se tedy, že existují minimálně dvě skupiny žen, jedny mají v této oblasti vlasy nejtenčí a druhé pro změnu nejsilnější.



Graf 6: Stromový graf pravděpodobnosti výskytu minim průměrů vlasů na jednotlivých odběrových místech.



Graf 7: Stromový graf pravděpodobnosti výskytu maxim průměrů vlasů na jednotlivých odběrových místech.

Jak jsme uvedli výše k těmto poměrně neortodoxním postupům, jsme se uchýlili tlačení k tomu realitou, kdy původně zamýšlené statistické porovnání vlasů z jednotlivých míst na hlavách žen nevedlo ke kýženému cíli. Přesto však bylo nutné jej na počátku našich snah provést.

Tyto analýzy vedly k novému poznatku, že některé mechanické veličiny určené na vlasech nemají normální rozdělení, ale řídí se rozdělením log-normálním. V literatuře lze ale testy na parametry normálního rozdělení nalézt, avšak nelze je brát jako předlohu, protože

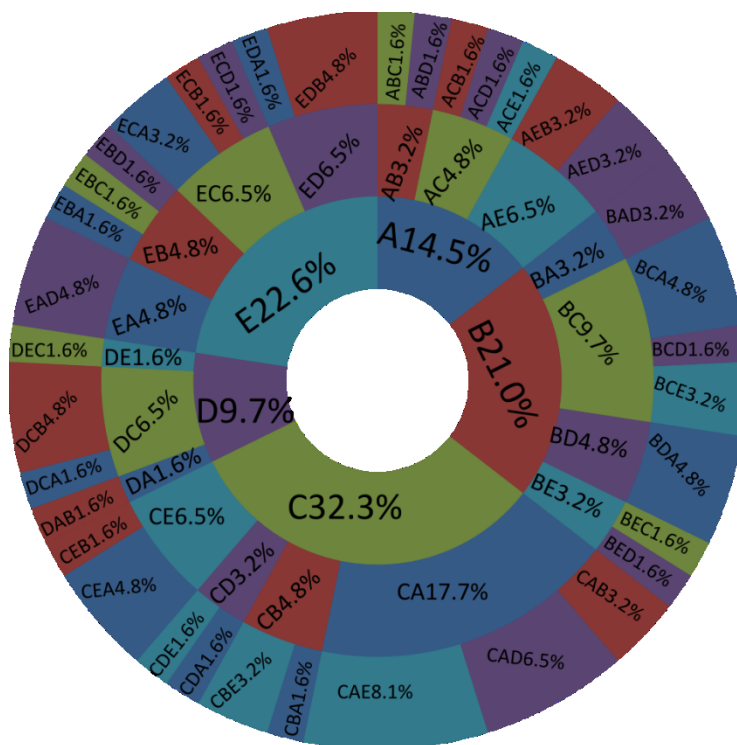
jsou prováděny na malém počtu měření, a to zpravidla 5 – 6 měření. Předmětem této práce však není teoreticky odvozovat, zda histogram distribuce souhrnu několika sobě blízkých log-normálních rozdělení se blíží rozdělení normálnímu, avšak experimentálně s pomocí Kolmogorov-Smirnovova testu se to takto jeví. Rovněž tak v korelační analýze jednotlivých veličin, jelikož podobně rozsáhlý datový soubor jako je tento se nám nepodařilo najít. Proto i zde je naše práce výjimečná.

Celkově se zdá, že ani naše redukce z 12 veličin (poskytnutých jako výsledek softwaru) na 9 v případě trhacích zkoušek není ještě definitivní, neboť korelace některých z nich je vysoká a jejich určování a tabelování v případě vlasů je redundantní. Zvláště nejpatrnější je souvislost mezi $\sigma_{0,05}$ (smluvní mez linearity) a $\sigma_{0,2}$ (smluvní mez kluzu). Zde ale vyplývá otázka, zda při použití jiné definice smluvní meze kluzu by přinesla nezávislý výsledek lépe charakterizující materiál vlasu.

5 ZÁVĚR

Na každé hlavě víceméně každého jednotlivce existují velmi významné rozdíly hodnot všech veličin mezi jednotlivými oblastmi, tak pokud se díváme na náš populační vzorek jako na celek, neexistuje mezi jednotlivými oblastmi v průměru žádný rozdíl, a to s výjimkou spánkových oblastí (odběrová místa A a C) a temene (D), jak vidíme na Tukeyově HSD diagramu pro celkovou mechanickou práci (W). Podobně je tomu pro smluvní mez linearity ($\sigma_{0,05}$) a skutečný Youngův modul (skutečný modul elasticity – E). Pro skutečné lomové napětí (σ_{max}) již tvrzení platí pouze pro levý spánek (místo A). Zajímavé je i časté zjištění rozdílnosti spánkových oblastí (místa A a C). Pro skutečný modul elasticity (E) je významný rozdíl i mezi místem nad čelem (místo B) a temenem (místo D). Pro průměry vlasu (D) vychází signifikantní rozdíl pouze mezi oblastmi pravého spánku (místo C) a temene (místo D), kde hodnota průměru (D) na pravém spánku (místo C) vychází pro celý vzorek populace $83,66 \pm 14,69 \mu\text{m}$ a pro hodnotu temene (místo D) $86,96 \pm 14,37 \mu\text{m}$.

Ve snaze nalézt skupiny žen s podobným rozložením vlastností vlasů na jednotlivých místech hlavy jsme vyzkoušeli několik cest. První dvě z nich se pokusily názorně graficky uspořádat procentuální zastoupení žen v populaci s daným pořadím hodnot dané veličiny. První z těchto dvou pokusů byly koláčové diagramy. Druhý pokus o znázornění struktury populace byl stromový diagram. Na obou těchto typech zobrazení můžeme zřetelně pozorovat intenzitu zastoupení hlavních tříd pro první tři místa jak z pozice minim, tak z pozice maxim. Můžeme tak jednoduše zjistit, že místo výskytu nejtenčích vlasů na hlavě je pro třetinu zkoumaného populačního vzorku (32,3 %) na pravé spánkové oblasti (místo C). Je pozoruhodné, že v levé spánkové oblasti (místo A) pouze u 14,5 % respondentek. Nejméně často se nejtenčí vlasy vyskytují na temeni (místo D), a to v 9,7 % (viz obrázek 8). Nejtlustší vlasy se ve čtvrtině všech případů vyskytují na místě C (pravý spánek) (24,19 %), ale srovnatelně i ve všech ostatních oblastech. Nejméně často v oblasti A (pravý spánek), a to v 16,13 %. Vidíme, že oblast maxim není zdaleka v populaci tak vyhraněná jako oblast minim (viz obrázek 9).



Graf 8: Koláčový graf pravděpodobnosti výskytu minim průměrů vlasů na jednotlivých odběrových místech.



Graf 9: Koláčový graf pravděpodobnosti výskytu maxim průměrů vlasů na jednotlivých odběrových místech.

Dalším (třetím) pokusem o nalezení struktury populace žen podle hodnot veličin na jednotlivých oblastech vlasů na hlavě bylo využití shlukové (klastrové) analýzy. Byla provedena po normování jednotlivých veličin na jednotkový interval s využitím Eukleidovské metriky. Bohužel skupiny, získané tříděním podle jednotlivých veličin, nemají pro jednotlivé veličiny totéž složení a jejich korelace s dotazníkovou částí této studie není významná s výjimkou čtvrtých skupin tažností a pravých elasticit, ve kterých, jak se ukazuje, hraje

dřívější barvení vlasů zásadní roli. Určitou roli hraje i vegetariánství, které se ve třetí skupině tažností a druhé a čtvrté skupině pravých elasticit nevyskytuje (viz tabulka 1).

	n	barvení vlasů v minulosti	barvení vlasů v současnosti	bydliště - město	kouření	antikoncepce	vegetariánství	levorukost	
3. sk Tažnost	17	9 / 53%	8 / 47%	12 / 71%	1 / 6%	5 / 29%	0 / 0%	1 / 6%	tažnost
2. sk E	24	13 / 54%	14 / 58%	14 / 58%	2 / 8%	6 / 25%	0 / 0%	0 / 0%	E
4. sk E	14	12 / 86%	8 / 57%	9 / 64%	2 / 14%	4 / 29%	0 / 0%	0 / 0%	E
4.sk tažnost	32	23 / 72%	19 / 59%	14 / 44%	1 / 3%	9 / 28%	3 / 9%	0 / 0%	tažnost

Tabulka 1: Porovnání skupin tvořených klastrovou analýzou s dotazníkovými faktory.

Možná cennějším přínosem této práce, než je pokus o nalezení konzistentních skupin respondentek, je zjištění, že veličiny τ_2 (střednědobý relaxační čas) a resilience (W_e) mají jednoznačně na místo obvyklého Gaussova rozložení rozdělení logaritmicko-normální, a dále pak nalezení korelací mezi jednotlivými veličinami, které silně charakterizuje vlas jako celek (viz tabulka 2), kde se mimo jiné ukazuje, že tvar relaxační křivky zůstává neměnný, neboť všechny relaxační síly a časy se mění v tomtéž poměru. Celková mechanická práce nutná k přetržení vzorku (W) je úměrná průměru vlasu (D), stejně jako je mu úměrná resilience (W_e). Také celková mechanická práce (W) je úměrná skutečnému lomovému napětí (σ_{max}).

	B	C	D	E
A	0,0161	0,9410	0,0590	0,3044
B		0,0174	0,7636	0,2004
C			0,0594	0,2499
D				0,4147

Tabulka 2: Výsledky Kruskal-Wallisova testu pro resilience. Žluté hodnoty značí kombinaci míst, ve kterých byl nalezen rozdíl mediánů.

Ukazuje se tedy, že se nám podařilo identifikovat několik mechanických veličin, které lze s úspěchem použít pro rozdělení žen do několika skupin. Jaká je však dominantní příčina vzniku těchto skupin se zjistit nepodařilo a předpokládáme, že to bude cílem dalších studií. Zjištění, že některé veličiny nemají normální rozdělení je cenným poznatkem pro výběr statistických testů dalších studií stejně jako pro použití vhodných popisných statistik v nich.

SEZNAM ZKRATEK

- D – průměr vlasu (μm)
 S – průřez vlasu (μm^2)
 W – celková mechanická práce nutná k přetržení materiálu (mJ)
 ε – tažnost (1)
 W_a – tahová houževnatost (množství energie nutné k přetržení materiálu vztažené k počátečnímu tažnému objemu) (MJ/m^3)
 σ_{max} – skutečné lomové napětí (MPa)
 $\sigma_{0,05}$ – smluvní mez lineariry (smluvní mez elasticity) (MPa)
 $\sigma_{0,2}$ – smluvní mez kluzu (MPa)
 E – skutečný modul elasticity (Youngův modul elasticity) (MPa)
 W_e – resilience (množství energie v jednotce objemu daného materiálu zatíženého napětím $\sigma_{0,05}$) (MJ/m^3)
 F_0 – počáteční síla před relaxací (mN)
 F_1 – krátkodobá relaxační síla (mN)
 F_2 – střednědobá relaxační síla (mN)
 τ_1 – krátkodobý relaxační čas (s)
 τ_2 – střednědobý relaxační čas (s)
 τ_3 – dlouhodobý relaxační čas (s)
 σ_{R0} – pomalu odeznívající (reziduální) napětí (MPa)
 σ_{R2} – středně rychle odeznívající napětí (MPa)
 σ_{R1} – rychle odeznívající napětí (MPa)
cm – centimetr
mm – milimetr
 μm – mikrometr
mJ – milijoule
MJ – megajoule
MPa – megapascal
A – odběrové místo levý spánek
B – odběrové místo nad středem čela
C – odběrové místo pravý spánek
D – odběrové místo temeno
E – odběrové místo týl

POUŽITÁ LITERATURA

- A Guide To Permanent Waves (online). Cit. dne 13. 5. 2016. Dostupné z: <<http://www.hairfinder.com/info/permanent-waves.htm>>.
- African Hair Growth (online). Cit. dne 14. 5. 2016. Dostupné z: <<http://www.hairfinder.com/hair3/african-hair-growth.htm>>.
- Amaral, L. Q. de (1996): Loss of body hair, bipedality and thermoregulation. Comments on recent papers in Journal of Human Evolution. Journal of Human Evolution, Vol. 30, No. 4, pp. 357 – 366.
- Anatomie vlasů od Pantene (online). Cit. Dne 18. 9. 2013. Dostupné z: <<http://www.pantene.cz/hair-science/Pages/the-anatomy-of-hair.aspx>>.
- Andelová, B. (2005): Indie (online). Cit. Dne 20. 9. 2013. Dostupné z: <<http://www.zemesveta.cz/archiv/rocnik-2005/indie-9-2005/1117-3/hinduisticke-obrady-v-detstv>>.
- Antim sanskar, průběh hinduistického pohřbu (online). Dne 20. 9. 2016. Dostupné z: <<http://www.hks.re/wiki/2015:hinduismus>>.
- Arenberger, P. (2008): Je vypadávání vlasů kosmetický problém nebo nemoc? (online). Cit. dne 14. 5. 2016. Dostupné z: <<http://www.chytrazena.cz/je-vypadavani-vlasu-kosmeticky-problem-nebo-nemoc-2752.html>>.
- Baďurová, M. (2013): Trofejní hlavy amazonského kmene Jívaro (online). Cit. dne 23. 5. 2016. Dostupné z: <<http://muzeum3000.nm.cz/nejnovejsi/trofejni-hlavy-amazonskeho-kmene-jivaro>>.
- Barman, J. M., Astore, I., Pecoraro, V. (1965): The normal trichogram of the adult. Journal of Investigative Dermatology 44, pp. 233 – 236.
- Bartošová, L., Jorda, V., Šťáva, Z. (1982): Choroby vlasů a ovlášené kůže. Avicenum, zdravotnické nakladatelství Praha, 1. vydání, s. 256 – 260.
- Bass, D.A., Hickok, D., Quig, D., Urek, K. (2001): Trace Element Analysis in Hair: Factors Determining Accuracy, Precision, and Reliability. Alternative Medicine Review, Vol. 6, No. 5, pp. 472 – 481.
- Beneš, J. (1990): Homo sapiens sapiens. Hominizace ve světle biologických, behaviorálních a sociokulturních adaptací. UJEP. Brno.
- Benzarti, M., Tkaya, M.B., Mattei, C.P., Zahouani, H. (2011): Hair Mechanical Properties Depending on Age and Origin. World Academy Of Science, Engineering and Technology, vol. 74, pp. 471 – 477.
- Beran, M., Lysenková, A. (1999): Smrt. In Soudní lékařství. Praha, Grada.
- Beauty Tips women only (2013). Causation Of Hair In Red Color. Cit. dne 23. 5. 2013. Dostupné z: <<http://www.beauty-advices.com/red-hair/>>.

Bergman, J. (2007): Why Mammal Body Hair Is an Evolutionary Enigma?, CRSQ, Vol. 40, No. 3, pp. 216-230.

Bewick, V., Cheek, L., Ball J. (2004): Statistics review 10: Further nonparametric methods, Crit Care, Vol. 8, No. 3.

Bhattacharya, S. (2003): Early humans lost hair to beat bugs. New Scientist, Dostupné z: <<https://www.newscientist.com/section/news/?idns99993807>>.

Bible. Písmo svaté Starého a Nového zákona, Česká biblická společnost, Praha 1994, s. 168.

Biomolmed laboratorium (online). Index. Cit. dne 08. 10. 2012. Dostupné z: <<http://www.biomol.pl/index.php/cze/laboratorium>>.

Biomolmed laboratorium (online). O analizie pierwiastkowej. Cit. dne 08. 10. 2012. Dostupné z: <http://www.biomol.pl/index.php/cze/o_analizie_pierwiastkowej/przemiana_mineralna>.

Bisbing, R. E. (2000): Hair, Comparison: Microscopic. In: Siegel, Jay A. – Saukko, Pekka J. – Knupfer, Geoffrey C., ed., Encyclopedia of Forensic Sciences. Academic press, A Harcourt Science and Economic Company, pp. 1002 – 1016.

Bogaty, H. (1969): Differences Between Adult and Children's Hair. Journal of the Society of Cosmetic Chemists, Vol. 20, pp. 159 – 171.

Buddha (online). Cit. dne 23. 5. 2016. Dostupné z: <<http://www.iencyklopedie.cz/buddha/>>.

Burton, R. F. (1964): Notes on Scalping. Anthropological Review, Vol. 2, No. 4, pp. 50 – 51.

Callery, S. (2010a): The Dark History of America's old west, Cavendish Square Publishing, ISBN 978-80-247-3794-2.

Callery, S. (2010b): The Dark History of Ancient Greece, Cavendish Square Publishing, ISBN: 1608700836.

Castro, J. (2014): How Fast Does Hair Grow? (online). Cit. dne 14. 5. 2016. Dostupné z: <<http://www.livescience.com/42868-how-fast-does-hair-grow.html>>.

Celostnimedica.cz (online). Padají Vám vlasy? To není jenom dědičnost!. Cit. dne 24. 5. 2013. Dostupné z: <<http://www.celostnimedica.cz/padaji-vam-vlasy-to-neni-jenom-dedicnost.htm>>.

Chaplin, G., Jablonski N. G., Cable, N. T. (1994): Physiology, thermoregulation and bipedalism, Journal of Human Evolution, Vol. 27, No. 6, pp. 497 – 510.

Co byste měli vědět o vlasech (online). Cit. Dne 24. 9. 2013. Dostupné z: <<http://www.studioamadeus.cz/o-vlasech#heading1>>.

Co je dobré vědět o vlasech (online). Cit. Dne 15. 5. 2013. Dostupné z: <<http://www.clinical.cz/o-produktu?co-je-dobre-vedet-o-vlasech>>.

Colour treated hair structure (online). Cit. dne 23. 5. 2016. Dostupné z: <<http://www.pantene.cz/hair-science/Pages/colour-treated-hair-structure.aspx>>.

Conger, C. (2016): Why do humans have body hair? (online). Cit. dne 13. 5. 2016. Dostupné z: <<http://health.howstuffworks.com/human-body/parts/human-body-hair2.htm>>.

Cooper, W. (1971): Hair: Sex, Society, Symbolism. New York. 1. ed., ISBN 0812814290.

Co všechno může škodit vlasům. Cit. dne 23. 5. 2013. Dostupné z: <<http://www.novinky.cz/zena/styl/200602-co-vsechno-muze-skodit-vlasum.html>>.

Černobílý svět ultraortodoxních Židů (online). Cit. dne 13. 5. 2016. Dostupné z: <<http://www.poznejizrael.cz/ultraortodoxni-zide/>>.

Česká průmyslová zdravotní pojišťovna (online). Kvalita vlasů. Cit. dne 24. 5. 2013. Dostupné z: <<http://www.cpzp.cz/clanek/3230-0-Kvalita-vlasu.html>>.

Čihák, R. (2004): Anatomie 3. Praha: Grada Publishing, s. 692, ISBN 978-80-247-1132-4.

Čo je to vlas (online). Cit. dne 23. 5. 2016. Dostupné z: <<https://ucesy.com/1439/co-je-vlas/>>.

Darwin, C. (1871): The decent of man, and selection in relation to sex. John Murray, London.

Deedrick, D. W., Koch, S. L. (2004): Microscopy of hair Part I: A practical guide and manual for human hairs, Forensic Science Communications.

Denton, M. (1986): Evolution: A theory in crisis. Adler & Adler, New York, 3.ed. ISBN: 091756152X.

Dokládál, M., Páč, L. (1995): Anatomie člověka III.: systém kožní, smyslový, a nervový. Brno: Vydavatelství Masarykovy univerzity, s. 285, ISBN 8021011696.

Dorey, F. (2015): How have we changed since our species first appeared? (online). Cit. Dne 19. 11. 2012. Dostupné z: <<https://australianmuseum.net.au/how-have-we-changed-since-our-species-first-appeared#sthash.wHXI0XI9.dpuf>>.

Duffy, D. L., Box, N. F., Chen, W., Palmer, J. S., Montgomery, G. W., James, M. R., Hayward, N. K., Martin, N. G., Sturm, R. A. (2004): Interactive effects of MC1R and OCA2 on melanoma risk phenotypes. Human molecular genetics, Vol. 13, No. 4, pp. 447 – 461.

Dushinský, M. (2000): Přehled židovských ortodoxních skupin v Izraeli (1999 - 2000), Teologická revue, 1-2/2000.

Eiberg, H., Mohr, J. (1996): Assignment of genes coding for brown eye colour (BEY2) and brown hair colour (HCL3) on chromosome 15q. European Journal of Human Genetics, Vol. 4, pp. 237 – 241.

Erik, B., Havitcioglu, H., Aktan, S., Karakus, N. (2008): Biomechanical properties of human hair with different parameters. *Skin research and Technology*, Vol. 14, No. 2, pp. 147 – 151.

Era paruk – za jejich rozmachem stojí ples Ludvíka XIV. (online). Cit. dne 23. 5. 2016. Dostupné z: < <http://www.senivia.cz/clanek/era-paruk-za-jejich-rozmachem-stoji-ples-ludvika-xiv/>>.

Ethnicity and hair structure (online). Cit. dne 23. 5. 2016. Dostupné z: < <http://activilong.com/en/content/96-ethnicity-and-hair-structure>>.

Felgr, P. (2013): Úprava vlasů (online). Cit. dne 23. 5. 2016. Dostupné z: <<http://www.starovekyegypt.net/egyptska-moda/uprava-vlasu.php>>.

Feřtek, O. a kol. (1987): Kosmetická problematika v dermatologické praxi. Praha: Avicenum, zdravotnické nakladatelství, ISBN: 0802887.

Feughelman, M. (1997): Mechanical Properties and Structure of Alpha-Keratin Fibres, UNSW Press, Sydney.

Finsterlová, M. (2008): Nemoci vlasů, Interní medicína pro praxi, Vol. 10, No. 10.

Foitzik, K., Krause, K., Conrad, F., Nakamura, M., Funk, W., Paus, R. (2006): Human Scalp Hair Follicles Are Both a Target and a Source of Prolactin, which Serves as an Autocrine and/or Paracrine Promoter of Apoptosis-Driven Hair Follicle Regression, *American Journal of Pathology*. Vol. 168, No. 3, pp. 748 – 756.

Functions of Hair (online). Cit. dne 13. 5. 2016. Dostupné z: < <https://www.bernsteinmedical.com/hair-loss/faq-myths-more/functions-of-hair/>>.

Garza, L.A., Liu, Y., Yang, Z., Alagesan, B., Lawson, J.A., Norberg, S.M., Loy, D.E., Zhao, T., Blatt, H.B., Stanton, D.C., Carrasco, L., Ahluwalia, G., Fisceh, S.M., Fitzgerald, G.A., Cotsarelis, G. (2012): Prostaglandin D₂ Inhibits Hair Growth and Is Elevated in Bald Scalp of Men with Androgenetic Alopecia. *Sci. Transl. Med.*, Vol. 4, pp. 126 – 134.

Gate2 Biotech – vše o českých biotechnologiích na jednom místě (online). Genetické dispozice růstu vlasů, typy a rady. Cit. dne 23. 5. 2013. Dostupné z: <<http://www.gate2biotech.cz/geneticke-dispozice-rustu-vlasu-tipy-a-rady/>>.

Gaudete, B. D. (2000): Hair. In *Encyclopedia of Forensic Science*. Academic Press, A Harcourt Science and Economic Company, pp. 999 – 1041.

Gawalowski, K. (1955): *Obecná dermatologie pro lékaře a mediky*. Praha: Státní zdravotnické nakladatelství, p. 778.

Gilbert, R. (2016): Hairstyles (online). Cit. dne 23. 5. 2016. Dostupné z: < <http://rosaliegilbert.com/hairstyles.html>>.

Graf, F. (1996): Asclepius. in: S. Hornblower, A. Spawforth (Eds.) *The Oxford Classical Dictionary*. Oxford, Oxford University Press, pp. 187 – 188.

Griffin, A. M., Friederici, G. (2008): Scalping and Similar Warfare Customs in America. ProQuest, pp. 63–70, ISBN 9780549562092.

Grimes, E. A., Noake, P. J., Dixon, L., Urquhart, A. (2001): Sequence polymorphism in the human melanocortin 1 receptor gene as an indicator of the red hair phenotype. Forensic Science International, Vol. 122, No. 2-3, pp. 124-129.

Guidotti, T. L., McNamara, J., Moses, M. S. (2008): The interpretation of trace element analysis in body fluids. Indian J Med Res 128, pp. 524 – 532.

Guohua, W., Bhushan, B., Torgerson, P. M. (2005): Nanomechanical characterization of human hair using nanoindentation and SEM. Ultramicroscopy, Vol. 105, No. 1 – 4, pp. 248 – 266.

Haas, N., Toppe, F., Henz, B. M. (2005): Hairstyles in the Arts of Greek and Roman Antiquity, Journal of Investigative Dermatology, Vol. 10, No. 3.

Hair structure science (online). Cit. dne 18. 6. 2016. Dostupné z: <<http://www.pantene.cz/hair-science/Pages/hair-structure-science.aspx>>.

Hajásková, J. (2015): Skalповání (online). cit. dne 18.9.2016. Dostupné z: <<http://www.vlasy.cz/skalповani/>>.

Haley, J. L. (1981): Apaches: A History and Culture Portrait. University of Oklahoma Press, p. 51, ISBN 0806129786.

Halík, T. (2006): Prolínání světů: Ze života světových náboženství. Praha: Lidové noviny. ISBN 80-7106-834-9.

Hammond, C. (2003): Do your hair and fingernails grow after death? (online). Cit. dne 18.9.2016. Dostupné z: <<http://www.bbc.com/future/story/20130526-do-your-nails-grow-after-death>>.

Hallpike, C. R. (1969): Social Hair, Man New Series, Vol. 4, No. 2.

Harkey, M. R. (1993): Anatomy and physiology of hair. Forensic Science International, Vol. 63, pp. 9 – 18.

Harrison, G. A. (1973): Differences in human pigmentation: measurement, geographic variation and causes. Journal of Investigative Dermatology, Vol. 60, pp. 418 – 426.

Havlíčková, M. (2002): Alopecia areata. In: Arenberger, Petr a kol.: Klinická trichologie: nemoci vlasů a nové trendy v jejich léčbě. Praha: Maxdorf.

Hay, J., Wall, C. (2011): Mechanical Characterization of Brown and Grey Hair. Agilent Technologies, Inc. 2011. 5990-8681EN.

History of Haircolor (online). Cit. dne 23. 5. 2016. Dostupné z: <<http://www.hairfinder.com/info/haircolor-history.htm>>.

History of Wigs - Ancient Wigs (online). Cit. dne 23. 5. 2016. Dostupné z: <<http://www.historyofhats.net/wigs-history/history-of-wigs/>>.

Hoch, D., Schmock, M. (1994): Všechno o vlasech. 1. české vyd. Praha: Synesthesie s.r.o.

Holení, stříhání, tetování, zářezy,... (online). Cit. dne 23. 5. 2016. Dostupné z: <http://www.karaitskyjudaismus.estranky.cz/clanky/holeni_strihani_-_tetovani_-zarezy.html>.

Hollfelder, B., Blankenburg, G., Wolfram, L. J., Höcker, H. (1995): Chemical and physical properties of pigmented and non-pigmented hair ('grey hair'). *International Journal of Cosmetic Science*, Vol. 17, pp. 87 – 89.

Hornstra, J. (2013): Does female and male head hair grow at the same rate? (online). Cit. dne 20.9.2016. Dostupné z: <<https://www.quora.com/Does-female-and-male-head-hair-grow-at-the-same-rate>>.

How Fast Does Hair Grow? (online). Cit. dne 14. 5. 2016. Dostupné z: <http://www.hairfinder.com/hairquestions/how_fast_does_hair_grow.htm>.

Hurschmann, R. (1998): Haartracht. in: H. Čančík, H. Schneider (eds.) *Der neue Pauly: Enzyklopädie der Antike*. Sv. 5. Stuttgart, Metzler, pp. 39 – 45.

Itin, P. H., Fistarol, S. K. (2005): Hair Shaft Abnormalities – Clues to Diagnosis and Treatment. *Dermatology*, Vol. 211, pp. 63 – 71.

Jamart, J., Djaghoul, M., Bergheau, J. M., Zahouani, H. (2015): Effect of water desorption on the rheology and dynamic response of human hair to a non-contact impact. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, Vol. 46, pp. 176 – 183.

Jelen, K., Skřontová, M., Šimková, L., Zeman, J., Tlapáková, E., Fanta, O. (2014): Changes in the mechanical parameters of hair in a group of women in reproductive age. *Neuroendocrinology Letters*, Vol. 35, No. 6, pp. 101 – 109.

Jiroušková, J., Dirnová, R. (2007): *Severní Afrika: Maroko, Alžírsko, Tunisko*. Praha, nakladatelství Lidové noviny, s.115, ISBN:978-80-7106-914-0.

Jiroušková, J. (2003): *Černá Afrika*. Praha, nakladatelství Lidové noviny, s. 120, ISBN:80-7106-367-3.

Jolles, P., Zahn, H. (1995): *Hair: Biology and Structure*. Berlin: Springer-Verlag. ISBN: 978-3764351199.

Juez, J. L., Gimier, L. (1983): *Ciencia cosmética*. 2.ed. Madrid: Soc. Espanhola de Quim. Cosmet., 1983. pp. 98 – 119.

Junqueira, L. C., Carneiro, J., Kelly, R. O. (1989): *Basic histology*. 6th ed. Prentice-Hall International, Inc. Appleton and Lange. San Mateo, CA.

Kamath, Y. K., Weigmann, H. D. (1982): Fractography of human hair. *Journal of Applied Polymer science.*, Vol. 27, No. 10, pp. 3809–3833.

Kaplan, P. D., Polefka, T., Grove, G., Daly, S., Jumbwlic, L., Harper, D., Nori, M., Evans, T., Ramaprasad, R., Bianchini, R. (2011): Grey hair: clinical investigation into changes in hair fibres with loss of pigmentation in a photoprotected population. *International Journal of Cosmetic Science*, Vol. 33, No. 2, pp. 171 – 182.

Kardong, K. (2002): *Vertebrates: Comparative anatomy, function, evolution*. McGraw-Hill, New York, 3ed.

Keltský uzel – jak na něj (online). Cit. dne 19. 6. 2016. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=ivg41XC_kSg>.

Klika, E., Vacek, Z., Dvořák, M., Kapeller, K. (1985): *Histologie*. Nakladatelství Avicenum, Praha.

Klír, P. (1999): Identifikace stop biologického původu. In: Vorel, František jr. ed. a kol., *Soudní lékařství*, Praha: Grada Publishing, s. 425 – 456.

Knotková-Čapková, B. (2004): *Základy asijských náboženství*. 1. díl: Judaismus, islám, hinduismus, džinismus, buddhismus, sikhismus, pársismus, Praha: Karolinum, ISBN 80-246-0832-4.

Kohoutová, L. (2012): Čínské náboženství – učení o moudrosti, lidskosti a rovnováze (online). Cit. dne 13. 5. 2016. Dostupné z: <<http://www.cinske-zbozi.cz/skatule-zajimavosti/nabozenstvi/35-cinske-nabozenstvi-uceni-o-moudrosti-lidskosti-a-rovnovaze>>.

Kolouch, A. (2006): Skythské vojenství (online). Cit. dne 23. 5. 2016. Dostupné z: <<http://antika.avonet.cz/article.php?ID=2717>>.

Konrádová, V., Uhlík, J., Vajner, L. (2000): *Funkční histologie*. Jinočany: H&H, s. 289, ISBN: 978-80-86022-80-3.

Koukal, M. (2006): Vlasy, chlupy, nehty, srst (online). Cit. dne 20.9.2016. Dostupné z: <<http://21stoleti.cz/2006/02/17/tema-mesice-vlasy-chlupy-nehty-srst/>>.

Kreger, C. D. (2003): A look at modern human origins (online). Cit. dne 12.9.2015. Dostupné z: <<http://www.modernhumanorigins.com>>.

Kybalová, L. (1996): *Dějiny odívání - Baroko a rokoko*. Nakladatelství Lidové noviny, Praha.

Landergott, J. (2011): Skalp (online). Cit. dne 23. 5. 2016. Dostupné z: <<http://www.kleio.cz/web/index.php/snav/sfnav>>.

Langdon, J. H. (1997): Umbrella hypotheses and parsimony in human evolution: a critique of the Aquatic Ape Hypothesis. *Journal of Human Evolution*. Vol. 33, No. 4, pp.479-494.

Leach, E. R. (1958): „Magical Hair“, *The Journal of the Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland*, Vol. 88, No. 2, pp. 147 - 164.

Lee, J., Kwon, H. J. (2013): Measurement of stress–strain behaviour of human hair fibres using optical techniques. *International Journal of Cosmetic Science*, Vol. 35, No. 3, pp. 238 – 243.

Lejček, P., Novák, P. (2014): Fyzika kovů (online). Cit. dne 12.9.2015. Dostupné z: <http://old.vscht.cz/met/stranky/vyuka/studijni_materialy/fyzika_kovu/fyzika_kovu.pdf>.

Lewis, R., Grimaldi, D. (1997): A pulicid flea in Miocene amber from the Dominican Republic (Insecta: Siphonaptera: Pulicidae). *American Museum Novitates*, 3205, 1-9.

Lhotáková, L. (2008): Skalповání (online). Cit. dne 12.9.2015. Dostupné z: <<http://www.webmagazin.cz/index.php?styp=all&id=8002>>.

Lízal, P. (2008): Genetická determinace zbarvení vlasů u člověka (online). Cit. dne 23.5.2013. Dostupné z: <http://is.muni.cz/do/1499/el/estud/priif/ps09/genetika/web/pdf/determinace_zbarveni_tisk.pdf>.

MacQueen, J. B. (1967): Some Methods for classification and Analysis of Multivariate Observation. In: *Proceedings of 5th Berkley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, University of California press, Vol. 1, pp. 281 – 297.

Maestri, D. (1967): On the description of hair alignment in art. *Hautarzt*. Vol. 18, No. 2, pp. 76 – 81.

Malina, J. (2009): *Antropologický slovník*, Akademické nakladatelství CERM, Brno, ISBN 978-80-7204-560-0.

Maršík, F. (2016): ústní sdělení.

McElwee, K. J., Gilhar, A., Tobin, D. J., Ramot, Y., Sundberg, J. P., Nakamura, M., Bertolini, M., Inui, S., Tokura, Y., King, L. E. Jr, Duque-Estrada, B., Tosti, A., Keren, A., Itami, S., Shoenfeld, Y., Zlotogorski, A., Paus, R. (2013): What causes alopecia areata?, *Exp Dermatol.*, Vol. 22, No. 9, pp. 609 – 626.

Medaprex – vše pro omlazení. Proč mužům padají vlasy?. Cit. dne 24.5.2013. Dostupné z: <<http://www.medaprex.cz/cs/magazin-krasy/zamereno-na-muze/proc-muzum-padaji-vlasy-48.html>>.

Mengel-From, J., Borsting, C., Sanchez, J. J., Eiberg, H., Morling, N. (2008): Determination of cis/trans phase of variations in the MC1R gene with allele-specific PCR and single base extension. *Electrophoresis*. Vol. 23, No. 23, pp. 4780 – 4787.

Michalíková, H. (2002): *Struktura vlasu a vlasový cyklus*. In: Arenberger, Petr a kol., *Klinická trichologie*. Praha: Maxdorf.

Mihelyová, I. (2015): Historie účesů (online). Cit. dne 23.5.2013. Dostupné z: <<http://www.svetucesu.com/Article/HairHistory1.aspx>>.

Mikkelson, D. (2004): Coffin Nails (online). Cit. dne 23. 5. 2016. Dostupné z: <<http://www.snopes.com/science/nailgrow.asp>>.

- Morgan, E. (1982): *The Aquatic Ape*. Stein & Day Pub, New York, ISBN: 0-285-62509-8.
- Morgan, E. (1997): *The Aquatic Ape Hypothesis*. Penguin. ISBN 0-285-63518-2.
- Morris, D. (1971): *The Naked Ape: A Zoologist's Study of the Human Animal*, Mc Graw-Hill Company, Inc., 1.ed., ISBN: 0-07-043174-4.
- Morris, D. (1997): *Intimate Behaviour: A Zoologist's Classic Study of Human*. Kodansha Globe. ISBN: 978-1568361635.
- Morton, W.E., Hearle, J.W.S. (2008): *Physical Properties of Textile Fibres*, 4. ed., The Textile Institute, Manchester. ISBN: 978-1-84569-220-9.
- Nikifordis, G., Balas, C., Tsambaos, D. Bezerinos, A. (1993): A method for the determination of viscoelastic parameters of human hair in relation to its structure. *Skin Pharmacol.* Vol. 6, No. 1, pp. 32-37.
- Nolan, M.D., Edward J. (1915): *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, Vol. 66, p. 204.
- Obstová, I. (2001): Virová onemocnění v dermatologii. *Lékařské listy*. Vol. 50, No. 41, pp. 6 - 11.
- Obstová, I. (2002): Vyšetřovací metody. *Klinická trichologie*. Maxdorf. Praha, s 20-27, ISBN: 80-85912-87-2.
- Obstová, I., Iličová, S., Frey, T. (2003): Multiple vellus hair cysts and melanocytic naevi - a case report. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, Vol. 17, No. 3, p. 338.
- Parisi, A.V., Downs, N., Turner, J. (2014): Evaluation of the cloudy sky solar UVA radiation exposures. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, Vol.138, pp.141-145.
- Paruka (online). Cit. dne 24.5.2016. Dostupné z: <<http://www.artslexikon.cz/index.php?title=Paruka>>.
- Patridge, C., Ritter, M. (2006): *Lexikon světových náboženství*. Slovart s. r. p., Praha, s. 495, ISBN 80-7209-796-2.
- Pazdera, J. (2012): Japonci vyřešili problém s kultivací lidských vlasů (online). Cit. dne 24.5.2013. Dostupné z: <<http://www.osel.cz/index.php?clanek=6230>>.
- Peterka, E., Kocourek, F., Podzimek, M. (1996): *Materiály pro 1. až 3. ročník učebního oboru Kadeřník, 2. přepracované vydání*. Informatorium, Praha. ISBN 80-85427-85-0.
- Peterka, E., Kocourek, F., Podzimek, M. (2004). *Materiály pro učební obor Kadeřník*. Informatorium, Praha. ISBN: 8073330202.
- Petr, J. (2007): Proč jsou Evropané tak rozdílní? (online). Cit. dne 23.5.2013. Dostupné z: <<http://www.osel.cz/index.php?clanek=3122&akce=show2&dev=1>>.

- Petráň, J. (1995): Dějiny hmotné kultury II (1. díl). Karolinum, Praha.
- Poinar, G. (1988): Hair in Dominican amber evidence for Tertiary land mammals in Antilles West Indies. *Experienta*, Vol. 44, No. 1, pp. 88-89.
- Poinar, G., Columbus, J. T. (1992): Adhesive grass spikelet with mammalian hair in Dominican amber: first fossil evidence of epizoochory. *Experienta*, Vol. 48, No. 9, pp. 906-909.
- Poinar, G., Poinar, R. (1999): *The amber forest: A reconstruction of a vanished world*. Princeton University Press.
- Prokopec, M., Glosová, L., Ubelaker, D. H. (2004): Změna barvy vlasů u dětí v prvních pěti letech života (longitudinální studie). In: Budil, I., Horáková, Z. *Antropologické symposium III. – sborník*, Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, s.r.o.
- Prokopec, M., Suchý, J., Titlbachová, S. (1961): *Anthropologické praktikum*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- Prosecký, J. (1999): *Encyklopedie starověkého Předního východu*, nakladatelství Libri, Praha. ISBN: 80-85983-58-3.
- Přejídání ohrožuje nejen štíhlou linii, ale i kvalitu vlasů. Cit. dne 25.5.2013. Dostupné z: <<http://www.novinky.cz/zena/zdravi/220823-prejidani-ohrozuje-nejen-stihlou-linii-ale-i-kvalitu-vlasu.html>>.
- Qaradawí, J. (2004): *Dovolené a zakázané v Islámu*. 2. vydání. Islámská nadace, Praha.
- Randall, V. A., Ebling, F. J. G. (1991): Seasonal changes in human hair growth. *British Journal of Dermatology*, Vol. 124, pp. 146 – 151.
- Rebenfeld, L., Weigmann, H. D., Dansizer, C. (1966): Temperature Dependence of the Mechanical Properties of Human Hair in Relation to Structure, *J. Soc. Cosmetic Chemists*, Vol. 17, pp. 525 – 538.
- Rees, J. L. (2003): Genetics of Hair and Skin Color, *Annual Reviews of Genetics*, Vol. 37, pp. 67 – 90.
- Reeves, J. R. T., Maibach, H. I. (1991): *Clinical Dermatology Illustrated: A Regional Approach*, F. A. Davis Company, 2. ed., ISBN: 0803698836.
- Reichman, M. (2014): Mohou růst vlasy a nehty i po smrti? (online). Cit. dne 19. 6. 2016. Dostupné z: <<http://www.stoplusjednicka.cz/rostou-nam-vlasy-nehty-i-po-smrti>>.
- Renesanční tance (online). Cit. dne 19. 6. 2016. Dostupné z: <<http://www.trnvoku.cz/tance/renesancni-tance/>>.
- Robbins, R. C. (2002): *Chemical and Physical Behavior of Human Hair*, Springer-Verlag, New York, 4th ed., ISBN: 978-0-387-21695-9.

Roček, Z. (2002): Historie obratlovců. Evoluce, fylogeneze, systém. nakladatelství Academia, Praha, ISBN: 80-200-0858-6.

Rogers, A. R., Iltis, D., Wooding, S. (2004): Genetic Variation at the MC1R Locus and the Time since Loss of Human Body Hair, *Current Anthropology*, Vol. 45, No. 1, pp. 105 – 108.

Rosen, S. (2006): *Skrytá sláva Indie*. Bhaktivedanta Book Trust, ISBN 978-80-903829-0-9.

Rubenstein, S. (2006): Circulation, Accumulation, and the Power of Shuar Shrunken Heads. *Cultural Anthropology*, Vol 22, No. 3, pp. 357-399.

Říhová, V. (1951): *Vady a choroby vlasů: Trichologie*. Zdravotnické nakladatelství, Praha, s. 235, ISBN: 50/III-51.

Salleh, A. (2008): Hair gives little sun protection for scalp. *News in Science* (online). Cit. dne 23. 5. 2016. Dostupné z: < <http://www.abc.net.au/science/articles/2008/09/12/2362010.htm>>.

Schwartz, G. G., Rosenblum, L.A. (1981): Allometry of primate hair density and the evolution of human hairlessness, *American Journal of Physical Anthropology*, Vol. 55, No. 1, pp. 9-12.

Shekar, S. N., Duffy, D. L., Frudakis, T., Montgomery, G. W., James, M. R., Sturm, R. A., Martin, N. G. (2008a): Spectrophotometric methods for quantifying pigmentation in human hair-influence of MC1R genotype and environment, *Photochemistry and Photobiology*, Vol. 84, pp. 719 – 726.

Shekar, S. N., Duffy, D.L., Frudakis, T., Sturm, R. A., Zhao, Z. Z., Montgomery, G. W., Martin, N. G. (2008b): Linkage and Association Analysis of Spectrophotometrically Quantified Hair Color in Australian Adolescents: the Effect of OCA2 and HERC2, *Journal of Investigative Dermatology*, Vol. 128, pp. 2807 – 2814.

Sher, S. (2002): *Muslimské ženy nejsou utiskovány* (online). Cit. dne 19. 6. 2016. Dostupné z: < <http://www.islamweb.cz/clanky/clanek.php?id=47>>.

Skalpování (online). Cit. dne 23. 5. 2016. Dostupné z: < <http://indiani-vse.blog.cz/0712/skalpovani#komentare>>.

Skřontová, M., Šimková, L., Jelen, K. (2011): Hair quality in gravid versus non-gravid women. *Acta Universitatis Carolinae, Kinanthropologica*, Vol. 47, No. 2, pp. 117 – 125.

Skřontová, M., Šimková, L., Havránek, A., Květoň, M., Jelen, K., Chalupa, B., Zeman, J. (2013): Determination of viscoelastic properties of human hair by damped torsion oscillation method. XXIV Congress of the international society of biomechanics and XV Brazilian congress of Biomechanics, Natal, Brazil.

Skřontová, M., Zeman, J., Šimková, L., Jelen, K. (2016): Vliv gravidity na tvar a tloušťku vlasu. III. ročník Experimentální a výpočtové metody v inženýrství, Ústí nad Labem, Český republika.

Skřontová, M., Šimková, L., Bittner, V., Chalupa, B., Zeman, J., Jelen, K. (2017): Selected mechanical parameters of women's hair in the Caucasian population. *Neuroendocrinology Letters*, Vol. 38, No. 3, pp. 199 – 207.

Skřontová, M.; Šimková, L.; Jelen, K. (2016b): Relationship between the medulla and diameter of ferret hairs. In: 6th International Conference Trends in Agricultural Engineering TAE 2016, Published by Czech University of Life Sciences Prague, 7. – 9. September 2016, Prague, Czech Republic, pp. 597–601.

Skřontová, M. (2017): Vliv probíhající gravidity na mechanické parametry vlasů. *Disertační práce*. FTVS UK.

Skyslařková, O. (2003): *Vlasová Kozmetika*, 1. vyd., vydavatelství Editor, Bratislava, ISBN: 8096887777.

Spiegel, P. (2007): *Kdo jsou Židé?*, nakladatelství Barrister& Principal, Brno, s. 114-115, ISBN 978-80-87029-07-7.

Sprent, P., Smeeton, N. C. (2001): *Applied nonparametric statistical methods*, 3rd edn., Boca Raton: Chapman & Hall/CRC.

Stalder, T., Kirschbaum, C. (2012): Analysis of cortisol in hair-state of the art and future directions. *Brain Behav. Immun.*, Vol. 26, pp. 1019 – 1029.

Statistics review 10: Further nonparametric methods (online). Cit. dne 23. 5. 2016. Dostupné z: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC468904/>>.

Státní zdravotní ústav. *Genetika a genomika*. Cit. dne 23. 5. 2013. Dostupné z: <<http://www.szu.cz/tema/genetika>>.

Stejskalová, H. (2015): *Móda barokních paruk: Trpěli francouzští králové kvůli vším?* (online). Cit. dne 23. 6. 2016. Dostupné z: <<http://epochaplus.cz/moda-baroknich-paruk-trpeli-francouzsti-kralove-kvuli-vsिम/>>.

Stenn, K. S., Paus, R. (2001): Controls of Hair Follicle Cycling. *Physiological Reviews*, Vol. 81, No. 1, pp. 450 – 494.

Stroud, J. P. (1987): Diagnosis and management of the hair loss patient, *Cutis*, Vol. 40, No. 3, pp. 272 – 276.

Stromberg, J. (2013): *Why Humidity Makes Your Hair Curl* (online), cit. dne 23.5.2015. Dostupné z: <<http://www.smithsonianmag.com/science-nature/why-humidity-makes-your-hair-curl-21127724/>>.

Struktura vlasu (online). Cit. 23.9.2013. Dostupné z: <<http://galenus.cz/kuze-vlasy-struktura.php>>.

Struktura vlasů z vědeckého hlediska (online). Cit. 22. 9. 2013. Dostupné z: <<http://www.pantene.cz/hair-science/Pages/hair-structure-science.aspx>>.

Svatobořické opice (online). Cit. dne 19. 6. 2016. Dostupné z: <<http://slovane.cz/?p=316>>.

Svoboda, L. (2009): Móda v historii: Účesy za dob antiky (online), cit. dne 23.5.2015. Dostupné z: <<http://modni-trendy.webnode.cz/news/moda-v-historii-ucesy-za-dob-antiky>>.

Synnott, A. (1987): Shame and Glory. A Sociology of Hair, *The British Journal of Sociology*, Vol. 38, No. 3, pp. 381 - 413.

Šimková, L., Skřontová, M., Jelen, K., Chalupa, B. (2013a): Determination of different animal species hair viscoelastic. In: 5th International Conference Trends in Agricultural Engineering TAE 2013, Published by Czech University of Life Sciences Prague, 3 – 6 September 2013, Prague, Czech Republic, pp. 590 – 594.

Šimková, L., Skřontová, M., Jelen, K., Zeman, J. (2013b): Probability of different diameters distribution of hair on the head. XXIV Congress of the international society of biomechanics and XV Brazilian congress of Biomechanics, Natal, Brazil.

Šimková, L., Skřontová, M., Zeman, J., Jelen, K. (2014): The values of viscoelastic parameters of hair at different places on the head surface. *Konference Human Biomechanics*, Plzeň, 15. – 16. September, 2014, Czech Republic.

Šimková, L., Skřontová, M., Jelen, K., Zeman, J. (2012): Dependence of Young's modulus in tension and in shear in case of a human hair. *Konference Human Biomechanics*, Třešť, 5. – 7. November 2012, Czech Republic, p. 82.

Šimková, L., Skřontová, M., Jelen, K., Zeman, J. (2012): Struktura složení tloušťek vlasů na povrchu ženské hlavy. *Konference Stárnutí*, Praha, 26. – 27. října, 2012, Czech Republic.

Šimková, L., Skřontová, M., Jelen, K., Zeman, J. (2013): In: *Věda v pohybu, pohyb ve vědě*, Fakulta tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy v Praze, Červen 2013, Praha, Česká Republika.

Šimková, L., Skřontová, M., Zeman, J., Chalupa, B., Jelen, K. (2015): Impact of canities on viscoelastic parameters of human hair. 21st Congress of the European Society of Biomechanics, Praha, 5. – 8. July 2015, Czech Republic, p. 163.

Šimková, L., Skřontová, M., Jelen, K., Zeman, J. (2012): The structure of hair thickness distribution over women's heads surface. *Acta Universitatis Carolinae, Kinanthropologica*, Vol. 48, No. 2, pp. 156 – 163.

Šiva (online). Cit. dne 14. 5. 2016. Dostupné z: <http://www.tantra-joga.cz/redakce_texty/text.php?ID=43>.

Takizawa, T., Arai, S., Osumi, M., Saito, T. (1998): Ultrastructure of Human Scalp Hair Shafts as Revealed by Freeze-Substitution Fixation. *The anatomical record*, Vol. 251, No. 3, pp. 406 – 413.

Tesař, J. (1985): *Soudní lékařství*. Praha: Avicenum, Zdravotnické nakladatelství.

The Body after Death (online). Cit. dne 14. 5. 2016. Dostupné z: <<http://health.howstuffworks.com/diseases-conditions/death-dying/dying4.htm>>.

The Importance of Hair Throughout History (online). Cit. dne 23. 5. 2016. Dostupné z: <<http://www.belgraviacentre.com/blog/the-importance-of-hair-throughout-history/>>.

Thibaut, S., Bernard, B. A. (2005): The biology of hair shape. *International Journal of Dermatology*, Vol. 44.

Titlbachová, S. (1967): Lidské vlasy a zvířecí chlupy. In: Fetter, V., Prokopec, M., Suchý, J., Titlbachová, S. *Antropologie*, nakladatelství Academia, Praha, s. 433 – 449.

Účesy v průběhu dějin (online). Cit. dne 23. 5. 2016. Dostupné z: <<http://oko.yin.cz/33/ucesy-v-prubehu-dejin/>>.

Účesy ve středověku – středověké účesy (online). Cit. dne 19. 6. 2016. Dostupné z: <<http://loshairos.com/ucesy-ve-stredoveku/>>.

Úprava hlavy žen v době středověku (online). Cit. dne 23. 5. 2016. Dostupné z: <<http://oko.yin.cz/37/uprava-hlavy-zen-v-dobe-stredoveku/>>.

van de Logt, M. (2012): *War Party in Blue: Pawnee Scouts in the U.S. Army*. University of Oklahoma Press, p. 35, ISBN: 0806184396.

van Scott, E. J. (1964): Physiology of hair growth. *Clinical Obstetrics and Gynecology*, Vol. 7, No. 4, pp 1062 – 1074.

van Scott, E. J., Ekel, T. M. (1958): Geometric relationships between the matrix of the hair bulb and its dermal papilla in normal and alopecic scalp. *Journal of Investigative Dermatology*, Vol. 31, No. 5, pp. 281 – 287.

Velasco, M. V. R., Dias, T. C. S., Freitas, A. Z., Vieira Júnior, N. D., Pinto, C. A. S. O., Kaneko T. M., Baby, A. R. (2009): Hair characteristics and methods to evaluate hair physical and mechanical properties, *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, Vol. 45, No. 1, pp. 153 – 162.

Vorel, F., Hirt, M., Krejzlík, Z., Mráz, J. (1999): *Soudní lékařství*, 1. Vydání, nakladatelství Grada, Praha, ISBN 80-7169-728-1.

Vreeman, R. C., Carroll, A. E. (2007): Medical myths. *British Medical Journal*, Vol. 335, No. 7633, pp. 1288-1289.

Výstava "Legendární indiánské kmeny" (online). Cit. dne 23. 5. 2016. Dostupné z: <<http://zeny.e15.cz/denicky/zapisek/vystavy-571/vystava-legendarni-indianske-kmeny-historie-oziva-6979>>.

Vše o vlasech a jejich problémech (online). Cit. 5.4. 2012.
Dostupné z: <<http://www.vlasy.cz/clanky/kategorie/co-je-vlas-typyvlasu/>>.

Wong, K., Simmons, N. (2001): What is the difference between hair and fur? (online). cit. dne 23.5.2015. Dostupné z: <<https://www.scientificamerican.com/askexpert/biology/biology45/>>.

Wortmann, F. J. (1985): The influence of water on the viscoelastic properties of wool fibres, *Textile Res. J.*, Vol. 55, pp. 750 – 756.

Základné informácie o vlasoch (online). Cit. dne 23. 5. 2016. Dostupné z: <<http://www.plastickachirurgia.sk/zakroky/vlasy/29-zakladne-informacie-o-vlasoch/89-zakladne-informacie-o-vlasoch>>.

Zaměřeno na... Vypadávání vlasů u mužů: Dědičnost a stres jsou hlavní příčiny. Cit. dne 25.5.2013. Dostupné z: <<http://www.laroche-posay.cz/clanek/vypadavani-vlasu/a2601.aspx>>.

Zhenxing, H., Gaosheng, L. (2009): Measurement of Young's modulus and Poisson's ratio of Human Hair using Optical techniques. *Proceedings of SPIE, the International Society for Optical Engineering*, vol. 7522 (3), pp. 21.

Zuidema, P., Govaert, L. E., Baaijens, F. P.T., Ackermans, P. A. J., Asvadi, S. (2003): The influence of humidity on the viscoelastic behaviour of human hair. *Biorheology*, Vol. 40, pp. 431-439.

Zunová, A. (2011): Za šedivé vlasy může genetika i stres (online). Cit. dne 23. 5. 2013. Dostupné z: <<http://www.novinky.cz/zena/styl/227550-za-sedive-vlasy-muze-genetika-i-stres.html>>.

Život po smrti: sedm způsobů jak tělo žije dál (online). Cit. dne 23. 5. 2016. Dostupné z: <<http://www.national-geographic.cz/clanky/zivot-po-smrti-sedm-zpusobu-jak-telo-zije-dal.html#.VzHHttKLRdg>>.

SEZNAM PUBLIKACÍ

Jelen, K., Skřontová, M., Šimková, L., Zeman, J., Tlapáková, E., Fanta, O. (2014): Changes in the mechanical parameters of hair in a group of women in reproductive age. *Neuroendocrinology Letters*, Vol. 35, No.6, pp. 101 – 109.

Skřontová, M., Šimková, L., Jelen, K. (2011): Hair quality in gravid versus non-gravid women. *Acta Universitatis Carolinae, Kinanthropologica*, Vol. 47, No. 2, pp. 117 – 125.

Skřontová, M., Šimková, L. (2012): Viskoelastické parametry vlasů. *Scientia Movents 2012*, Praha, pp: 190 – 197.

Skřontová, M., Šimková, L., Havránek, A., Květoň, M., Jelen, K., Chalupa, B., Zeman, J. (2013): Determination of viscoelastic properties of human hair by damped torsion oscillation method. XXIV Congress of the international society of biomechanics and XV Brazilian congress of Biomechanics, Natal, Brazil.

Skřontová, M., Šimková, L., Havránek, A., Květoň, M., Jelen, K., Chalupa, B., Zeman, J. (2013): Determination of viscoelastic properties of human hair by damped torsion oscillation method. XXIV. Congress of the International Society of Biomechanics 2013, Natal, Brazil.

Skřontová, M., Šimková, L., Zeman, J., Chalupa, B., Jelen, K. (2015): Effect of mechanical parameters hair Caucasian pregnancy women. XXV. Congress of the International Society of Biomechanics ISB 2015, International Society of Biomechanics, Glasgow 2015, pp: 1402-1403.

Skřontová, M., Šimková, L., Jelen, K., Chalupa, B., Zeman, J. (2015): Viscoelastic Parameters of Mammalian Hair. 21st Congress of the European Society of Biomechanics ESB 2015, Published by Czech Technical University in Prague, p.503.

Skřontová, M.; Šimková, L.; Jelen, K. (2016b): Relationship between the medulla and diameter of ferret hairs. In: 6th International Conference Trends in Agricultural Engineering TAE 2016, Published by Czech University of Life Sciences Prague, 7. – 9. September 2016, Prague, Czech Republic, pp. 597–601.

Skřontová, M., Zeman, J., Šimková, L., Jelen, K. (2016a): Vliv gravidity na tvar a tloušťku vlasu. In: Experimentální a výpočtové metody v inženýrství EVM 2016, vydavatel Katedra strojů a mechaniky, Fakulta výrobních technologií a managementu, Universita Jana Evangelisty Purkyně Ústí nad Labem, 2. – 3. června 2016, Ústí nad Labem, Česká republika.

Skřontová, M, Zeman, J., Šimková, L., Jelen, K. (2016): Influence of pregnancy on the shape and thickness of a hair. *Experimental and Computational Methods in engineering EVM 2016*, Published by Department of Machinery and Mechanics, Faculty of Production Technology and Management, University Jana Evangelisty Purkyně Ústí nad Labem, Czech Republic.

Skřontová, M., Šimková, L., Bittner, V., Chalupa, B., Zeman, J., Jelen, K. (2017): Selected mechanical parameters of women's hair in the Caucasian population. *Neuroendocrinology Letters*, Vol. 38, No. 3, pp. 199 – 207.

Šimková, L., Skřontová, M., Jelen, K., Zeman, J. (2012): The structure of hair thickness distribution over women's heads surface. *Acta Universitatis Carolinae Kinanthropologica*, Vol. 48, No. 2, pp: 156 – 163.

Šimková, L., Skřontová, M., Jelen, K., Zeman, J. (2013): Časové rozložení relativních vlhkostí během dne na povrchu lidské hlavy při fyzických aktivitách. In: *Věda v pohybu, pohyb ve vědě*, Fakulta tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy v Praze, Červen 2013, Praha, Česká Republika.

Šimková, L., Skřontová, M., Jelen, K., Zeman, J. (2012): Struktura složení tlouštěk vlasů na povrchu ženské hlavy. *Konference Stárnutí*, Praha, 26. – 27. října, 2012, Czech Republic.

Šimková, L., Skřontová, M., Jelen, K., Zeman, J. (2012): Dependence of the Young's modulus in tension and in shear in case of a human hair. *Human Biomechanics 2012*, Třešť, Czech Republic, p: 82.

Šimková, L., Skřontová, M., Jelen, K., Chalupa, B. (2013): Determination of different animal species hair viscoelastic. In: *5th International Conference Trends in Agricultural Engineering TAE 2013*, Published by Czech University of Life Sciences Prague, 3 – 6 September 2013, Prague, Czech Republic, pp. 590 – 594.

Šimková, L., Skřontová, M., Jelen, K., Zeman, J. (2013): Probability of different diameters distribution of hair on the head. *XXIV Congress of the international society of biomechanics and XV Brazilian congress of Biomechanics*, Natal, Brazil.

Šimková, L., Skřontová, M., Jelen, K., Zeman, J. (2013): Probability of different diameters distribution of hair on the head. *XXIV. Congress of the International Society of Biomechanics 2013*, Natal, Brazil.

Šimková, L., Skřontová, M., Zeman, J., Jelen, K. (2014): The values of viscoelastic parameters of hair at different places on the head surface. *Konference Human Biomechanics*, Plzeň, 15. – 16. September, 2014, Czech Republic.

Šimková, L., Skřontová, M., Zeman, J., Chalupa, B., Jelen, K. (2015): Impact of canities on viscoelastic parameters of human hair. *21st Congress of the European Society of Biomechanics*, p: 163.