

Fyzikálně-mechanické vlastnosti vkládacích stélek obuvi

Bc. Monika Hyblerová

Diplomová práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav fyziky a mater. inženýrství

akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Monika HYBLEROVÁ**
Osobní číslo: **T09608**
Studijní program: **N 2808 Chemie a technologie materiálů**
Studijní obor: **Inženýrství a hygiena obouvaní**

Téma práce: **Fyzikálně-mechanické vlastnosti vkládacích stélek obuvi**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Provedte měření jednotlivých materiálů.
3. Vyhodnoťte naměřená data.
4. Formulujte závěry.



Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. RAAB, M.: Materiály a člověk. Netradiční úvod do současné materiálové vědy. 1. Praha 2: Encyklopedický dům, 1999. 227 s. ISBN 80-86044-13-0.
2. KADLEC, S., at al.: Zkoušení obuvnických materiálů. Státní nakladatelství technické literatury, Praha, 1964. 340 s. 04-835-64.
3. BLAŽEJ, M., POKLUDOVÁ, E.: Polyméry v kožiarskom a obuvníckom a galantérnom priemysle. Alfa, vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, n.p., Bratislava, 1980. 368 s. 63-073-80.
4. LORIMER, D., at al.: Neale's disorders of the foot. British Library Cataloguin in Publication Data. 7. edition 2006. 696 s. ISBN 0-443-07415-1.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Radim Kocourek
Fakulta technologická

Datum zadání diplomové práce:

14. února 2011

Termín odevzdání diplomové práce:

20. května 2011

Ve Zlíně dne 14. února 2011


doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan




Mgr. Aleš Mráček, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně dne 18. května 2011

.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Téma diplomové práce je věnováno fyzikálně-mechanickým vlastnostem vkládacích stélek obuvi. Teoretická část byla zaměřena zejména na popis vkládacích stélek obuvi, zejména na absorpci energie a deformaci v patních částech. Byla zde zmíněna kostra dolní končetiny, biomechanika chůze, deformity, základní složení obuvi. V praktické části byly podrobeny experimentu obuvnické vkládací stélky o celkovém počtu 11 kusů a dámská, pánská podešev.

K měření bylo použito strojní zařízení, které pracuje na principu cyklického, deformačního působení tlaku. Byly měřeny především vkládací stélky, dámská i pánská podešev samostatně. Doplňkově byla změřena i jejich kombinace. Provádění jednotlivých měření a exportování dat bylo časově velmi náročné. Získaná data byla následně vyhodnocována a porovnávána. Cílem práce je vyhodnocení optimální vkládací stélky z daného materiálu z pohledu deformačních vlastností, únavy materiálu a absorpční energie.

Klíčová slova: vkládací stélka, podešev, materiály vkládacích stélek, tlumící vlastnosti, fyzikálně-mechanické vlastnosti vkládacích stélek, biomechanika pohybu.

ABSTRACT

Thesis is devoted to physical-mechanical properties of footwear stiffeners. The theoretical part focused mainly on the description of the shoe stiffeners, particularly on energy absorption and deflection at the heel. There was mention of the leg bone, foot biomechanics, deformity, basic composition of the footwear. The practical part of the experiment were subjected to shoe insoles with a total of 11 pieces and women's, men's outsole. The measurements were used machinery that operates on the principle of cyclic, deformation under pressure. Were measured primarily insoles, women's and men's sole separately. Additionally was measured by a combination of both. Implementation of measurements and export data was very time consuming. The data obtained were then evaluated and compared. The goal is the optimal insoles of the material in terms of deformation properties fatigue and energy absorption.

Keywords: insole, sole, materials stiffeners, damping properties, physico-mechanical properties of stiffeners, biomechanics of movement.

Na tomto místě by sem ráda poděkovala Ing. Radimovi Kocourkovi, za vedení diplomové práce a také za jeho podporu, trpělivost, rady a diskuze k této diplomové práci. Dále by sem ráda poděkovala Ing. Martinovi Juříčkovi, Ph.D. za připomínky a komentáře k mojí práci, Ústavu fyziky a materiálového inženýrství za umožnění měření.

Prohlašuji, že jsem na diplomové práci pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala. V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uvedena jako spoluautorka.

Ve Zlíně 18. května 2011

.....

Podpis studenta

OBSAH

I TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1 HISTORIE NOHY	12
1.1 KOSTRA DOLNÍ KONČETINY	12
1.1.1 Kostra nohy	13
1.1.2 Nožní klenby	14
1.2 BIOMECHANIKA CHŮZE	16
1.2.1 Fáze chůze	16
1.2.2 Zatížení nohy	17
1.2.3 Tlumící prvky nohy	18
1.2.4 Tlumící prvky obuvi	18
1.3 DEFORMITY	20
1.3.1 Deformity nohou	20
1.3.2 Deformity prstů nohy	22
1.3.3 Nemoci nohou, nehtů	23
1.3.4 Zjišťování deformit nohou	23
1.4 INDEX TĚLESNÉ HMOTNOSTI – BODY MASS INDEX (BMI).....	24
2 VÝVOJ OBOUVÁNÍ	25
2.1 ZÁKLADNÍ SLOŽENÍ OBUVI	25
2.2 SPODKOVÉ SOUČÁSTI	26
2.3 ZÁKLADNÍ DRUHY VKLÁDACÍCH STÉLEK.....	27
2.3.1 Usňová stélka	27
2.3.2 Latexová stélka.....	28
2.3.3 Gelová stélka	29
2.3.4 Masážní stélka	29
2.3.5 Korková stélka	30
2.3.6 Silikonová stélka	30
2.3.7 Diabetická stélka	30
3 STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE	31
II PRAKTICKÁ ČÁST	32
4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	33
4.1 SKUPINA 1.	37
4.1.1 Zkušební těleso 1a.....	37
4.1.2 Zkušební těleso 1b.....	39
4.1.3 Zkušební těleso 1c.....	41
4.2 SKUPINA 2.....	43
4.3 SKUPINA 3.....	44
4.4 SKUPINA 4.....	46
4.4.1 Zkušební těleso 4a.....	47
4.4.2 Zkušební těleso 4b.....	48
4.4.3 Zkušební těleso 4c.....	49

4.5	SKUPINA 5.....	51
4.6	SKUPINA 6.....	53
4.7	SKUPINA 7.....	54
4.8	SKUPINA 8.....	56
4.9	SKUPINA 9.....	58
5	VKLÁDACÍ STĚLKY S PODEŠVÍ.....	60
	DISKUZE VÝSLEDKŮ	63
	ZÁVĚR	69
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	70
	SEZNAM OBRÁZKŮ	73
	SEZNAM GRAFŮ	74
	SEZNAM TABULEK.....	76
	SEZNAM PŘÍLOH.....	77

ÚVOD

Práce se zabývá fyzikálně mechanickými vlastnostmi vkládacích stélek obuvi a blíže se zaměřuje zejména na patní část vkládacích stélek vyrobených z různých materiálů. V oblasti paty je zkoumána únava materiálů, její deformační vlastnosti, použitý působící tlak či tlumící vlastnosti. Při experimentu byly měřeny stélky obuvi, dámská a pánská podešev a jejich kombinace.

Stélky jsou často označovány i odborníky jako „vločky“. Mají v obuvnickém průmyslu významnou roli, což může mít podíl i na prodejnosti dané obuvi. Se stélkami přichází uživatel do přímého kontaktu a jedná se o prvotní pocit, který může kupující, který zkouší danou obuv se stélkou pociťovat. Tohoto prvotního komfortu, který je vnímán individuálně se snaží využívat mnohé obuvnické firmy, které propagují své vkládací stélky všemožnými reklamními způsoby. Tomu i odpovídá, že většina stélek obuvi, která se vyskytuje na trhu, nesplňuje správné funkce stélky, které jsou popsány v této práci. Hodnocení stélek je však velmi složité, jelikož v současné době neexistují závazné a jednotné zkoušky, normy, či postupy. To je také jeden z důvodů, proč se práce zabývá právě vkládacími stélkami.

Stélky obuvi svou velikostí jsou spojeny s velikostními systémy. V současné době je v číslování velikostních skupin obuvi zmatek. Kupující, mnohdy ani prodejci nemají přehled v základních velikostních systémech a pro výrobce je změna a sjednocení značení nákladným řešením, které oddalují. Takové sjednocení velikostního číslování obuvi by prospělo zejména kupujícím a prodávajícím obuvi.

Teoretická část diplomové práce je zaměřena na kostru dolní končetiny, její deformace, dále biomechaniku chůze a jednotlivé vkládací stélky, které jsou k dispozici na dnešním trhu.

Praktická část podrobně popisuje experiment, použitá zkušební tělesa a přístroj. Dále jsou uvedena naměřená data, která jsou vyhodnocena a porovnávána mezi sebou.

Cílem této práce je přispět k řešení problematiky tlumících vlastností spodkových součástí a dílců obuvi. Závěrem je orientační vyhodnocení nejvhodnějšího materiálu, který bude vykazovat optimální výsledky v provedené zkoušce ve srovnání s ostatními zkušebními tělesy.

Jsou to nohy, které nás nesou životem, protože nám umožňují jeden ze základních projevů života, totiž pohyb.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 HISTORIE NOHY

Noha se postupným vývojem přizpůsobila vzpřímenému postoji. Odvíjení nohy od podložky je podstatou chůze. Chůze umožňuje přesun člověka z místa na místo. Ve srovnání s rukou má lidská dolní končetina velmi malou pohyblivost. Je to složitý a důmyslný orgán lidského těla. Muskuloskeletární systém člověka při chůzi vyrovnává nerovnosti podložky. [1]

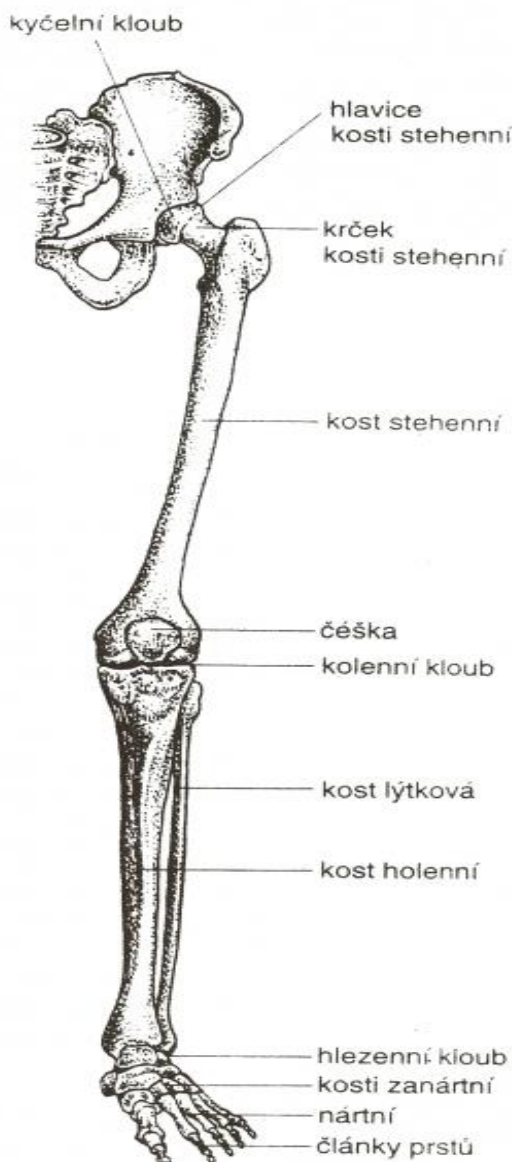
V průběhu vývoje člověka prošly kosti nohy různými proměnami. Postavením na dolní končetiny se člověk začal odlišovat od ostatních živočichů žijících na naší planetě. Dolní končetiny jsou uzpůsobeny k tomu, aby umožňovaly člověku pohyb. (Tak člověk získal možnost vidět na cestu, vyhlídnout si kořist, zahlídnout nebezpečí či příslušníka jiné tlupy). Tím, že se postavil na dolní končetiny, se je později naučil důmyslněji používat. [2, 3]

Noha je na povrchu pokryta kůží, kterou prochází mnoho citlivých nervových zakončení a potních žláz. Na hřbetní straně článků prstů jsou nehty, které chrání konce prstů před zraněním. [2, 3]

1.1 Kostra dolní končetiny

Kostra je podpůrným orgánem lidského těla a tvoří pevnou i pohyblivou oporu (Obr. 1). Pomocí této opory přenáší noha celou váhu těla na podložku. Pokud jsou obě končetiny stejně dlouhé, tak každá noha přenáší přibližně polovinu váhy těla. [3, 4]

Dolní končetina se skládá z kyčelního kloubu, stehna, kolene, bérce, kotníku, hlezna, nártu, chodidla a prstů. Kosti nohy jsou ve zjednodušeném popisu spojeny klouby a ty drží pohromadě pomocí vazů. Za postavení a funkci nohy odpovídají svaly celé dolní končetiny. [3, 4]

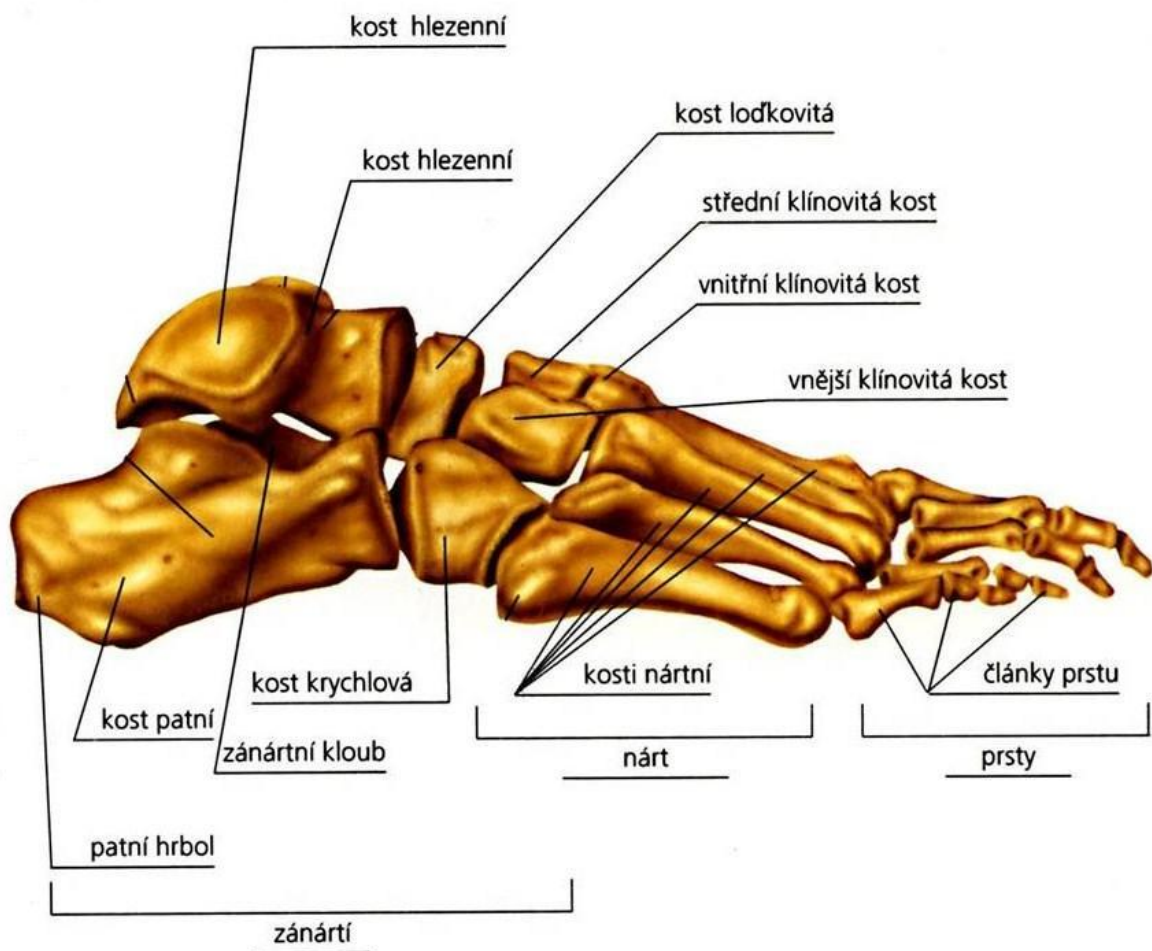


Obr. 1. Kostra dolní končetiny. [5]

1.1.1 Kostra nohy

Kostra nohy (Obr. 2) se skládá z nártních a zánártních kostí a článků prstů. Kostí zánártních je sedm a jsou nepravidelného tvaru. Jsou to kosti hlezenní, patní, loďkovitá, krychlová a tři kosti klínové. Největší je kost patní, vybíhající vzadu v mohutný patní hrbol. Kostí nártních je pět. Číslováme je od I. do V. a tvoří část nohy zvanou nárt. Články prstů – palec má dva, ostatní prsty mají tři články. [3, 4, 6]

Tlumivými polštářky prstů, zevním okrajem chodidla a hrbolem patní kosti se noha opírá o podložku při stoji. [3, 4, 6]



Obr. 2. Boční kostra nohy. [7]

1.1.2 Nožní klenby

Nožní klenba vznikla u člověka jako následek vzpřímeného postavení a chůze člověka. Úloha nožních kleneb umožňuje:

- chůzi pomocí odvíjení nohy od podložky,
- pružnou chůzi po tvrdé podložce,
- tlumí nárazy,
- zajišťuje a vyrovnává stabilní postoj. [4, 8]

Noha je klenuta podélně i příčně (Obr. 3). Je to způsobeno hlavně svaly a vazy mezi zánártními a nártními kostmi. Každá klenba je tvořena dvěma oblouky. Podélná má vnitřní a vnější oblouk, příčná je tvořena předním a zadním obloukem. [4, 8]

Podélná klenba nohy – je u zdravě klenuté nohy nižší na vnější straně a vyšší na straně vnitřní. Je dána tvarem kostí, aktivní činností svalů a pevností vazů. Při zatížení podélná klenba částečně klesá a dalšímu poklesu brání vazy. [4, 8, 9]

Příčná klenba nožní – je dána pevností vazů a tvarem kostí nohy. Tvoří ji dva oblouky: přední příčný oblouk, který tvoří hlavičky nártních kostí a zadní příčný oblouk, který tvoří kosti klínové a kost krychlová. [4, 8, 9]



Obr. 3. Schématické znázornění podélné a příčné klenby nožní. [10]

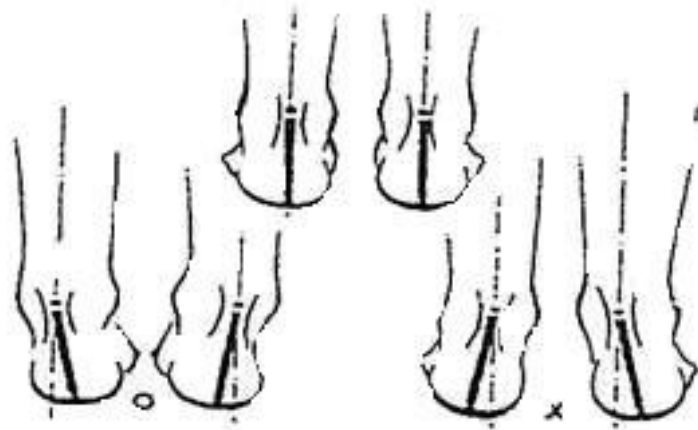
Anatomický tvar kleneb zajišťuje správnou statiku nohy. Statikou rozumíme přenášení váhy těla na podložku. V plném zatížení se zdravá noha s dobře tvarovanými klenbami opírá o podložku ve třech bodech, mluvíme o statistickém trojúhelníku nohy. Jedná se však o zastaralou teorii. Ve zjednodušeném stavu však pro popis statiky postačuje. Nynější studie popisují jev mnohem komplexněji a složitěji. [2]

Důležité pro správný anatomický tvar nohy je postavení patní kosti k ose dolní končetiny. Klasické je takové, kdy je osa v prodloužení kolmo k podložce. To zajišťuje rovnoměrné napětí svalů a nepřetěžuje klouby klenby. Podle Vařeky [9] je posuzování dolní končetiny pouze podle pozice patní kosti dolní končetiny nedostatečné. Vařeka doporučuje brát v úvahu chodidlo jako celek. [2, 8, 9]

Pozice patní kosti je důležitá při konstrukci obuvi zejména obuvnických kopyt. Při nesprávném postavení patní kosti rozlišujeme dvě varianty:

- a) vbočené postavení – „valgózní - X“,
- b) vybočené postavení – „varózní – O“ (Obr. 4).

Vbočené postavení patní kosti může vést k přetěžování, tedy k poklesu nožní klenby. [2, 4]



Obr. 4. Postavení patní kosti. [11]

1.2 Biomechanika chůze

Biomechanika člověka je obor studující strukturu, vlastnosti chování člověka a jeho biomechanické interakce na různé rozlišovací úrovni. Ve vývoji biomechaniky se projevují dva směry charakteristické jako *biomechanika vnitřní* – funkce pohybového ústrojí, práce svalů a *biomechanika vnější* – vnější pohybový projev a působení síly. [12, 13]

Funkce nohy:

- Funkce statická – (tzv. nosná) jde o přenesení váhy těla na podložku. Je nejvýznamnější funkcí nohy.
- Funkce dynamická - představuje pohyb těla po podložce a zajišťuje spolehlivou oporu při běhu, chůzi, nošení břemen a skákání. [12]

1.2.1 Fáze chůze

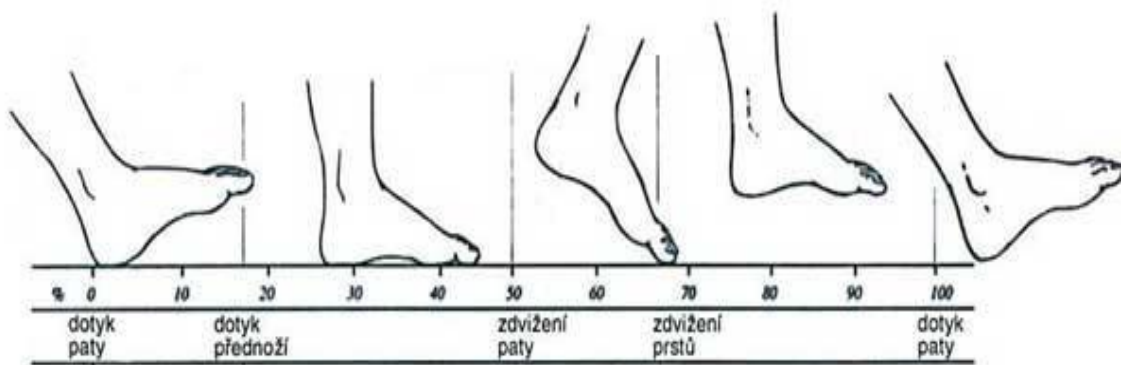
Předpoklad pro správnou funkci pohybové soustavy musíme mít především správné držení těla.

Střídáním kroků (fáze jsou popsány níže) vzniká chůze, která vytváří zatížení hlavních nosných kloubů dolních končetin (Obr. 5). Váha celého těla se plynule rozkládá na plochu chodidel pomocí nožních kleneb. Lidská chůze umožňuje přesun člověka z místa na místo zcela jedinečně. Správná vzpřímená chůze probíhá optimální rychlostí s minimálním energetickým výdejem, ale i to se děje individuálně podle věku a pohlaví. Při chůzi se zapojuje velké množství svalů, jejichž spolupráce je přesně načasovaná. Pravidelně se střídá fáze kročná (švihová) s fází stojnou (opěrná). Stojná fáze začíná dotykem paty s podložkou a končí, jakmile se palec odlepí od podložky. Během fáze stojné jedné končetiny probíhá

na druhé končetině kročná fáze. Při této fázi se končetina ohýbá v kyčli a koleni, pata se opět dotýká podložky a může začít další stojná fáze. Obměnou lidské chůze je skok, kdy jsou obě dolní končetiny v letové fázi a běh. Nejdůležitější pro pohyb je kloub kyčelní. [12, 14]

Chůze je výhodnější než stání a je důležitým činitelem správné cirkulace krve. Žilní systém a svaly dolních končetin fungují jako pomyslná pumpa pomáhající odvádět krev z nohou směrem k srdci. Pokud dojde k narušení tohoto systému, pozorujeme městnání krve v dolních končetinách a vzniká tak problém s cirkulací krve.

O chůzi můžeme hovořit jako o individuálně typické až estetické tak i osobní. Podle zvuku a rytmu chůze často poznáme jdoucího, aniž bychom ho viděli = typologie chůze. [12, 15]



Obr. 5. Fáze chůze. [16]

Rozlišuje několik typů chůze podle kladení nohou na zem:

- chůze špičkami dovnitř,
- chůze špičkami přímo dopředu,
- chůze indiánská,
- chůze špičkami odkloněnými od osy do 30°,
- chůze špičkami odkloněnými od osy nad 30°.

Správná chůze je špičkami dopředu či špičkami v mírné rotaci zevně. [15]

1.2.2 Zatížení nohy

Zatížení nohy chůzí, krokem, během, skokem a šplhem umožňují dolní končetiny jedince. Je nutno zmínit, že zatížení dolní končetiny je individuální pro každého jedince. To má vliv na působení a zatěžování dolní končetiny, kloubů, muskuloskeletárního systému i opo-

třezení používané obuvi. Zjednodušeně lze posuzovat zatížení dolní končetiny podle statického trojúhelníku. [12, 15]

Podstatou zatěžování je odvíjení nohou od podložky. Pohyb začne dotykem patní části nohy s podložkou, přikloní se zevní hrana a podložky se dotkne hlavička V. nártní kosti. Noha se pomalu odvrací na vnitřní hranu a dotkne se s podložkou I. nártní kost. Poté nastane odvíjení prstů. Prsty se odvalují od podložky od malíku k palci a odráží váhu těla na patní část druhé nohy. Když se palec odráží, patní část druhé nohy se dotýká podložky. Tyto pohyby tvoří anatomický krok. [12, 15]

Zatížení dolní končetiny je složitým jevem. V současné době je nutno brát zatížení dolní končetiny komplexně. [12, 15]

1.2.3 Tlumící prvky nohy

Bez tlumících prvků nohy by nebyla lidská noha jedinečná a vysoce funkční. Tlumící prvky slouží ke zmírnění nárazů při pohybu. Do těchto prvků patří:

- *muskuloskeletární systém* – je to soubor orgánů umožňující člověku pohyb. Dělí se systém svalů a systém kostní. Celý komplexní systém plní spoustu nepostradatelných úkolů, jako je vzpřímené držení těla, metabolickou funkci a tvorbu tepla k udržování stálé tělesné teploty.
- *chrupavčité kloubní elementy* – jsou tvořeny hyalinní a vazivovou chrupavkou, které tlumí nárazy při pohybu,
- *synoviální tekutina uvnitř kloubů* – tekutina vyživující kloubní chrupavky a do určité míry tlumí nárazy v kloubech,
- *klenby nožní* – změny jsou nejlépe zaznamenatelné při zatěžování a odlehčování nohy na rovné podložce,
- *tukový polštář* – je mezi patní kostí a nášlapnou částí nohy. [3, 17]

1.2.4 Tlumící prvky obuvi

Obuv tlumí a rozkládá síly, které vznikají při chůzi, běhu, skoku či stání. Obuv má být konstruována tak, aby nepoškozovala a nedeformovala nohu při chůzi, stání či běhu, byla dostatečně prostorná, vybavena dle potřeby doplňky jako například porézní stélkou, metatarsálním polštářkem, podpatěnkou. [18, 19]

Zdravotní obuv se vyznačuje tím, že její konstrukce a stavba je přímo přizpůsobena požadavkům nohy. Obuv často obsahuje základní ortopedickou stélku. Ortopedická obuv je konstruována a přizpůsobena podle dolní končetiny daného jedince. [19]

Na jednotné konstrukční provedení obuvi a základní zdravotně nezávadné požadavky neexistuje v současné době jednotný názor.

Hlavní druhy tlumících prvků u obuvi:

- *podešev,*
- *mezipodešev,*
- *vkładací stélka,*
- *podpatek.*

Na použití zmíněných dílců obuvi má velký vliv použitý materiál. [18]

Podešev – volba vhodného podešvového materiálu závisí na druhu obuvi a způsobu používání. Obuvnický průmysl nabízí velké množství podešvových materiálů. Nejrozšířenější jsou materiály syntetické, plastové. Dobré tlumící syntetické materiály jsou například polyuretan, termoplastický elastomer, EVAc. [2, 18]

Mezipodešev – absorbuje nárazy a zvyšuje stabilitu. Základním materiálem je pěna ethylvinylacetát. Na mezipodešev jsou kladeny podobné nároky jako u podešve. U sportovní obuvi jsou často používány kompozity, složené ze dvou rozdílných materiálů nebo materiálů o různé hustotě. [14, 18]

Vkládací stélka – přibližně v 70. a 80. letech se používala vkládací stélka velmi jednoduchá, často pouze jako usňový výsek, který splňoval především krycí funkci obuvi. U současně používaných vkládacích stélek je kladen důraz na tlumící vrstvu, adsorpci potu a propustnost pro vodní páry. Vkládací stélka může zlepšovat tepelně izolační vlastnosti obuvi. To vše by měly splňovat použité materiály, které mohou být syntetické i přírodní. Mezi přírodní řadíme – useň, latex, (papír). Mezi syntetické - polyuretan, EVAc, latex, termoplastický elastomer, korek. [14, 18]

Podpatek – zvyšuje a podpírá patní část nohy. Pokud jsou podpatky nízké, jsou vhodné pro stabilní chůzi. Vliv na funkci podpatku má materiál. Měkký podpatek se zatížením váhou těla deformuje. Příliš tvrdý podpatek netlumí ořesy a chůze je nepružná. Podpatek

může být součástí podešve nebo může být k podešvi přibyt. Důležité je i správné umístění podpatku na obuvi. [2, 14]

Výška podpatku u dětské obuvi by neměla přesahovat 5 mm, u pánské obuvi 25 mm a u dámské 40 mm. [2]

1.3 Deformity

Užitné vlastnosti obuvi by měly podporovat správnou funkci nohy. Proto konstrukce obuvi, materiál musí být podřízeny fyziologickým a anatomickým požadavkům. Pojmem *deformita* označujeme změnu nohy od normálního anatomického tvaru na základě poruchy vazů, svalů nebo kostry. Deformity rozdělujeme na vrozené a získané. Ty dělíme na:

- deformity nohy,
- deformity prstů nohy. [2]

Získané deformity jsou velmi rozsáhlé, objevují se během celého života. Příčiny – porucha tvorby kostí, úrazy, záněty, přetěžování podpurných tkání, působení vnějšího tlaku. Vznikají hlavně výběrem a nošením nevhodné obuvi nebo rozměrově a konstrukčně špatné obuvi. [2]

S vrozenými deformitami se jedinec narodí. Vznikají v době vývoje plodu či následkem poruch během porodu. [2]

1.3.1 Deformity nohou

Plochá noha – vzniká poklesem podélných nožních kleneb (vnitřní a vnější). Je to nejčastější získaná ortopedická vada. Vzniká vrozenou ochablostí svalstva, zvýšenou tělesnou hmotností, dlouhým stáním. Klinicky se plochá noha dělí na 3. stupně. I. stupeň - deformitu lze aktivně korigovat, nepocítujeme žádné bolesti. II. stupeň – klenba lze upravovat aktivním či pasivním přístupem. Viditelné jsou otoky a unavenost nohou. III. stupeň – noha je bolestivá a ztuhlá. Jsou viditelné deformity prstů a otlaky. Doporučení pro zlepšení – používání vhodné obuvi, ortopedické vložky, chůze naboso, protahování lýtkových svalů, aktivní cvičení podle doporučení odborného terapeuta. Diagnosa se stanovuje pomocí plantoskopu (Obr. 6) či plantografu. [20, 21]



Obr. 6. Plantoskop. [21]

Příčně plochá noha – přetěžování přední příčné klenby. Jedná se o získanou deformitu. Přetížení může být způsobeno nošením obuvi na vysokém podpatku. Tato deformita bývá doprovázena deformitami prstů a otlaky. Pro zlepšení deformity je doporučeno cvičení, masáže nohou a správné obouvání. [22]

Podélně plochá noha – pokles podélné klenby na vnitřní straně chodidla. Dalším příznakem může být vbočené postavení paty. Příčinou je nedostatečná pevnost vazů, nadváha a nevhodný typ obuvi. Příznaky podélně ploché nohy jsou pocit únavy nohou, otoky, těžké nohy. Problémům preventivně předcházíme nošením zdravotní obuvi s ortopedickými vložkami. [22]

Vysoká noha – je charakteristická vyklenutím podélné klenby a zborcením klenby příčné. Je to vrozená deformace nohy viditelná v časném školním věku. Střed chodidla se z části nebo vůbec nedotýká terénu (Obr. 7). Výskyt je častější u dívek. Vada nemusí omezovat konečného uživatele, může se však projevat při nákupu a výběru nové obuvi. Zlepšení deformity dosáhneme nošením derbové obuvi s dobře fixovaným uzavíráním. Diagnosu stanovujeme otiskem a obrysem na plantografu. [23]



Obr. 7. Vysoká noha. [23]

1.3.2 Deformity prstů nohy

Vbočený palec – velmi často vyskytující se deformita označována názvem Hallux valgus. Příčinou je nošení prostorově nevyhovující obuvi. Palec je vychylován směrem k ostatním prstům chodidla z osového postavení. Může omezovat pohyblivost a porušovat funkci při odvíjení od podložky. Pro zlepšení komfortu se doporučuje používání ortopedického dílce, který se vkládá mezi palec a II. prst, aktivní cvičení (Obr. 8). Při dlouhodobých bolestech či velké deformaci se doporučuje operativní zákrok, který je často jediným vhodným východiskem. Není však stoprocentní. [2, 24]

Kladívkové a drápovité prsty – skrčeniny vznikající při nošení obuvi s vysokým podpatkem, či malé obuvi. Je změněno postavení článků prstů. Při léčbě je důležité nošení prostorné obuvi s nepřilíš vysokým podpatkem. [2, 24]

Vybočený malík – malík je vybočen a nadzvednut nad čtvrtý prst. Vzniká nošením nadměrně špičaté a krátké obuvi. Jedná se o velmi častý jev, který však není z pohledu biomechaniky důležitý jako vbočený palec.

Přeložený prst, ztuhlý palec. [2, 24]



Obr. 8. Vbočený palec. [25]

1.3.3 Nemoci nohou, nehtů

Mozol – vzniká nošením nevhodné obuvi jak tvarově, materiálově či velikostně.

Puchýř – vzniká prudkým opakovaným třením, např. při chůzi v těsné či volné obuvi.

Plísňe nehtů – nehty změni barvu, zhrubnou, drolí se, lámou a uvolňují z nehtového lůžka.

Ztluštění nehtu – nehet neroste do délky, ale přibývá na tloušťce. Způsobeno nedostatečnou péčí o nehty.

Zarostlý nehet – nesprávné stříhání nehtů, nošení špičaté obuvi. Častá je dědičnost.

Kuří oko, bradavice, plísňe, ekzém. [24]

1.3.4 Zjišťování deformit nohou

Vyšetření stanovuje odborník, například pediatr, podolog, traumatolog, ortoped ze všech stran vestoje a v chůzi. Pohledem se sleduje nožní klenby, rozdíly v zatížení a v klidu, zbarvení kůže.

Při chůzi zjišťujeme odvíjení nohy od podložky, zda je krok stejně dlouhý, chůze symetrická, špičky kladeny dopředu, ven nebo dovnitř, chůze po špičkách či patách. Často se provádí otisky nohou na plantoskopu či plantografu (Obr. 6). [26]

U vyšetření nohy se analyzuje: tvar nohy, klenba nohy, osa nohy, stav kůže, patologické změny a kloubní pohyblivost. [26]

1.4 Index tělesné hmotnosti – Body mass index (BMI)

Jedním z faktorů, který má vliv na tlumící a deformační vlastnosti vkládacích stélek obuvi je body mass index (BMI). Obezita je definována nadměrným uložením tuku v organismu. Podíl tuku tvoří u žen 20 – 30%, u mužů 20 – 25%. Měření provádíme podle tzv. Queleto-
lova indexu, celosvětově označovaného jako body mass index (BMI). [27]

Aktuální informace Ústavu zdravotnických informací a statistiky České republiky uvádí pro rok 2010, že průměrná hmotnost mužů je 83,6 kg a 69,2 kg u žen. Z dalších údajů vyplývá, že se zvýšila i průměrná hodnota BMI. Ta byla v roce 2008 u mužů 26,5, u žen 25,4. Kdežto v roce 2002 byla hodnota BMI u mužů 26,0 a u žen 25,2. [28, 29]

Vzorec pro výpočet indexu tělesné hmotnosti:

$$\frac{\text{hmotnost}}{(\text{výška})^2} \text{ [kg/m}^2\text{]}.$$

Za normální tělesnou hmotnost se považuje hodnota BMI 20 – 25 kg/m². [27]

2 VÝVOJ OBOUVÁNÍ

Vznik obuvi vysvětlujeme potřebou pravěkých lidí chránit nohu před nečistotou, povětrnostními podmínkami a úrazy. Jako materiál pro výrobu takové obuvi sloužily dříve kusy surových kůží z ulovené zvěře. Surová nevyčiněná kůže měla však své nedostatky. Ve vlhkém prostředí hnila, rozkládala se, při zvýšené teplotě tvrdla a vysušovala se. Vývoj obuvi se zdokonaloval v rámci rodících se řemesel. Mezi další materiály k výrobě obuvi patřily například vyčiněná kůže - useň a textil. Činění se provádělo působením látek získaných luhováním některých rostlin, tzv. třísločinění později působením chromitých solí, tzv. chromočinění. K funkčnímu a ochrannému hledisku se postupem času přidala i významná funkce módní. Obuv byla zdobena cennými materiály jako např. samet, hedvábí, zlaté výšivky a drahokamy, které byly významné například pro konec 16. století. Módní byla špičatá obuv, obuv s širokými špicemi, obuv na vysokých podstavcích s otevřenou patou. [1, 30, 31]

Na vývoj obouvání mají vliv zejména nové vědecké poznatky a vývoj nových technologií. V současné době si nadnárodní obuvnické firmy provádějí vývoj, výzkum a testování v privátních výzkumných pracovištích. Tyto výsledky a zkoušky firmy nezveřejňují a využívají je k vlastnímu prospěchu. [1]

2.1 Základní složení obuvi

Ve zjednodušené podstatě obuv vyráběná mechanickým způsobem je složena ze dvou částí - svršku a spodku obuvi.

Svršek obuvi – jedná se o horní sestavu obuvi složenou ze součástí dílců dělené na: (uve- den název a příklad použitého materiálu):

- Vrchové součásti a dílce (usňový svršek, nárt, zadní dílec, patička).
- Podšívkové součásti a dílce (podšívkový komplet z cambrelly).
- Ztužovací součásti a dílce (termoplastická tužinka, opatek z vláknité usně, textilní mezipodšívky).
- Ozdoby a uzavírání (uzavírání na zdrhovadlo, šněrovadlo).

Spodek obuvi – spodní sestava zhotovená ze spodkových součástí a dílců, která se dělí na:

- Nosné součásti a dílce (PUR podešev).
- Vnitřní, ztužovací a výplňové součásti.

- Nášlapné součásti a dílce (polystyrenový podpatek, polyamidový patník). [32]

2.2 Spodkové součásti

Celou váhu těla při stání a chůzi nese spodní část obuvi. Při chůzi, běhu, skoku se celková váha z hlediska tlumení nárazu v patní části až několikanásobně zvětšuje. Spodní část obuvi by měla poskytovat dostatečnou oporu, chránit nohu před zraněním a přetěžováním. Důležitá je volba vhodného materiálu, správné tvarové řešení součástí a tepelně izolační vlastnosti spodku obuvi. Proto je konstrukce a modelování spodku obuvi náročná činnost.

Hlavní spodkové součásti jsou: napínací stélka, vkládací stélka, půdování a klenek, mezi-podešev, podešev, podpatek, rámeček, okolek. [2, 33]

Podešev – důležitý dílec při výrobě obuvi. Jsou na něj kladeny velké nároky. Kryje nášlapnou, klenkovou a patní část spodku obuvi (napínací stélky). Podešev by měla být ohebná, tlumit nárazy, plnit protiskluzné vlastnosti, propustná vodním parám a vzduchu ve směru ven, dovnitř by měla být nepropustná. Musí mít dobrou tvarovou stálost, odolnost před vytržením stehu a pevnost v tahu. Výrobci podešví se také zabývají snížením hmotnosti výrobku, který má vliv na celkovou hmotnost zhotovené obuvi. Za poslední desetiletí se hmotnost obuvi snížila, zejména u obuvi sportovní. [34]

Podešve dělíme:

- a) podle materiálu – na syntetické (kaučuk, plast), přírodní (useň, dřevo, korek) nebo kombinaci materiálů.
- b) podle konstrukce – na monolitní, montované, s podpatkem.
- c) podle provedení – na vysekávané z plošných materiálů nebo tvářené. [34]

Vkládací stélka – je to část obuvi, která je ve styku s ploskou nohy. Je vyjímatelná a může se skládat z více vrstev. Správná vkládací stélka by měla mít:

- tvar odpovídající vnitřnímu prostoru obuvi,
- jemně vyztužený klenkový oblouk,
- miskový tvar v patní části,
- trvalou pružnost a stálost,
- nízkou hmotnost,

- prodyšnost,
- nasákavost,
- příjemný omak,
- zdravotní nezávadnost. [35]

Vkládací stélky slouží především ke zvýšení komfortu nošené obuvi. Při volbě dbáme na správnou velikost, tvar a použitý materiál. [35]

Pro vkládací stélky v současné době neexistují jednotné předpisy. Můžeme je však rozdělit podle:

- 1) *velikosti* – celkové vkládací stélky, podpatěnky, tvarové dílce (korektor vbočeného palce).
- 2) *tvaru* – rovné, tvarované (s tvarovanou patní miskou, s vyztuženým klenkovým obloukem a individuální ortopedické).
- 3) *charakteru umístění* – volné (vkládací stélky) a pevné (vleповací stélky).

2.3 Základní druhy vkládacích stélek

Na dnešním trhu nalezneme velké množství různých typů vkládacích stélek. Od běžných ortopedických až po speciální individuálně zhotovené vkládací stélky. Taktéž materiály jsou nabízeny v širokém sortimentu. Samotná vkládací stélka zmenšuje prostor uvnitř obuvi. Při koupi nové vkládací stélky do stávající obuvi by měl být na tento problém kladen zřetel.

Při výběru vkládacích stélek se můžeme setkat s neznalostí daného prodejce. Běžné vkládací stélky lze zakoupit v kamenných obchodech či obuvnických řetězcích. Speciální vkládací stélky jsou dostupné zejména u odborníků nebo v lékárnách. [35, 36]

2.3.1 Usňová stélka

Stélka je zhotovena z přírodní usně. Usňová stélka není příliš komfortní, proto se často používá v kombinaci s pěnovým materiálem s paměťovou stopou (Obr. 10). Vkládací stélka může obsahovat základní ortopedické dílce:

- metatarsální srdce,
- klenek,
- prstovou řasu,

- metapolštářek.

Pomocí perforace má vysoký stupeň přístupnosti vzduchu a dobrou absorpci vlhkosti při pocení nohy. Měla by si zachovat barevnou stálost a nezabarvovat chodidlo. Stélka je zdravotně nezávadná, pohodlná, měkká, zvyšuje komfort, vhodná pro uzavřenou obuv. [35, 37]



Obr. 9. Usňová vkládací stélka. [38]

2.3.2 Latexová stélka

Stélka je zhotovena většinou ze syntetického butadien-styrenového kaučuku (SBR). SBR je kopolymer butadienu a styrenu. Surovinou pro výrobu SBR je ropa. SBR vulkanizát musí obsahovat ztužující plniva pro dosažení dobrých mechanických vlastností. Mohou se vyskytovat v kombinaci s perforovaným textilním povlakem (Obr. 11). Je měkká, vzdušná, tlumí nárazy, pohodlná a může mít protiplísňové vlastnosti. Je vhodná pro obuv celodenního nošení. [35, 37]



Obr. 10. Vkládací latexová stélka. [39]

2.3.3 Gelová stélka

Vyrábí se z vysoce měkkého PVC se spleť dutinkových vláken. Vytváří vzdušnější, zdravější a sušší prostředí v botě. Změkčuje došlap a zmírňuje nadměrné zatěžování chodidel. Je snadno omyvatelná. [35]

2.3.4 Masážní stélka

Stimuluje tlakové body na chodidlech a zlepšuje krevní oběh (Obr. 12). Redukuje zatížení chodidla a bolest při došlápnutí. Provádí masáž plosky chodidla, což by mělo zlepšovat krevní oběh, únavu. Je vhodná pro celodenní nošení. [40]



Obr. 11. Masážní stélka. [40]

2.3.5 Korková stélka

Stélka se vyrábí z korkové kůry, která je několikrát pomleta a prosévána na určitou velikost zrna. Stélka má vysokou elasticitu, dobrou tepelnou izolaci, dobré tlumící schopnosti. Je lehká a ekologicky nezatěžující (Obr. 13). [41]



Obr. 12. Korkové stélky. [41]

2.3.6 Silikonová stélka

Stélka je zhotovena ze 100 % silikonu. Má tlumivé účinky zajišťující ochranu proti vibracím a nárazům. Vhodná především pro sportovní obuv. Zajišťuje rovnoměrné rozložení váhy na celé chodidlo. Je velmi odolná a omyvatelná pokud není opatřena například textilním povrchem. [42]

2.3.7 Diabetická stélka

Stélka určena pro osoby trpící diabetem, může být opatřena antibakteriální úpravou (Obr. 14). Vkládací stélka musí být tvarovaná, neměly by obsahovat tuhé korekční dílce opatřeny srdíčkem pro podporu příčné klenby a masážními výstupky. [35]



Obr. 13. Diabetické stélky. [43]

3 STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE

V současné době není znám jednoznačný předpis pro vlastnosti vkládacích stélek. Je to dáno především obtížnou měřitelností požadovaných vlastností, kterými jsou například tlumicí vlastnosti, pružnost, míra deformace, únava použitých materiálů, rozložení planárních tlaků, strukturální pevnost a tepelně izolačních vlastností.

Jelikož není možno do rozsahu této diplomové práce zahrnout komplexní ucelený přehled všech možných měřitelných údajů u vkládacích stélek z důvodů časových a důvodů použitého zařízení. Je zde zaměřena pozornost na deformační vlastnosti v patní části obuvnických stélek a podešví.

Cílem práce je zjistit u různých materiálových druhů vkládacích stélek deformační vlastnosti, únavu materiálů a deformační vlastnosti použitých obuvnických podešví. Výsledkem by měl být přehled deformačních vlastností stélek a podešví.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Problematika tlumících a deformačních vlastností vkládacích stélek obuvi je složitý jev, který ovlivňuje mnoho činitelů, kterými jsou například typologie chůze, její rychlost, zatěžující váha, únava, pohybové schopnosti probanda, druh povrchu, teplotní podmínky a důležitý je také použitý materiál vkládacích stélek.

Proto je nutno zvolit vhodnou metodiku měření, která by byla vhodná pro stanovení požadovaných zkoušek zkušebních těles, na které je zaměřena tato práce. Prováděnou metodou byla zkouška dynamické namáhání tlakem.

Hlavní princip zkoušky: tlakové zařízení působí čelistmi pomocí cyklického tlaku na zkušební těleso, které je stlačováno a uvolňováno o konstantní výšku. Vyvozený tlak v [N] v dané chvíli byl přístrojem zaznamenáván. Dále byla zjišťována dodaná a pohlcená energie [J].

Při experimentu bylo použito vybavení laboratoří Ústavu Fyziky a materiálového inženýrství Fakulty technologické Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. Z tohoto důvodu byla metodika stanovena pro dostupné strojní zařízení, kterým bylo zařízení určené pro tahové zkoušky od firmy Shimadzu.

Použitý zdvih a tlak přístroje

Fakultě Technologické se nedávno podařilo získat ke zmíněnému stroji čelisti, které mohou měřit cyklické tlakové namáhání o výšce zdvihu 4 mm. Tento zdvih byl zvolen takový, aby nedocházelo u různých zkušebních těles o různé tloušťce k vyvození nadměrného tlaku, který by mohl poškodit strojní zařízení, které je použitelné maximálně do hranice 8 000 kN. Zatížení v patní části, na kterou působí proband o průměrné váze 79,2 kg [28] je 2,6 kg/cm². V experimentu bylo dosaženo maximálního zatížení přibližně 200 N – 3 500 N. Tento rozptyl je způsoben různými tloušťkami zkušebních těles a použitých materiálů. Při měření byl průměrný výsledný tlak působící na 1 cm² v patní části zkušebních těles několikanásobně větší.

Působící plocha přístroje

Strojní zařízení bylo využito pro zjištění vlastností pouze v patní části zkušebních těles. Pro dosažení objektivních podmínek, které by odpovídaly lidské chůzi, musely být čelisti stroje o poloměru 100 mm nahrazeny (podloženy) upraveným polyamidovým obuvnickým

kopytem, které se blíží reálnému tvaru patní části chodidla. Celková plocha působící na měřená zkušební tělesa byla 55 x 55 mm.

Počet cyklů měření

Z důvodu naddimenzování maximálního tlaku při průběhu experimentu byla vystavena zkušební tělesa pouze 200 působícím cyklům. Jedním cyklem se rozumí stlačení a uvolnění zkušební tělesa. Těchto prvních 200 cyklů bylo uplatněno u nových zkušebních těles, tyto cykly jsou v práci pro přehlednost označovány jako zkušební tělesa **před únavou**.

Pro zjištění deformace a pohlcené energie u jednotlivých materiálů byla tato zkušební tělesa po relaxaci 24 hodin opět podrobena 200 cyklům. Tyto cykly jsou v práci označovány jako zkušební tělesa **po únavě**.

Pozn. 1: pro unavení jednotlivých zkušebních těles bylo provedeno 800 cyklů, které nejsou v práci vyhodnocovány. Prováděné měření bylo časově náročné. Zkušební tělesa po únavě měla průměrnou tloušťku v patní části zmenšenou tzv. vyšlapáním. Po měření unavených zkušebních těles (po 800 cyklech), bylo provedeno 200 cyklů měření, které je graficky znázorněno v práci jako měření po únavě. Zkušební tělesa po veškerém měření měla celkem 1 000 cyklů.

Pozn. 2: při měření vkládacích stélek s podešvemi bylo uplatněno pouze 200 cyklů z časových důvodů.



Obr. 14. Strojní zařízení Shimadzu.

Tloušťka zkušebních těles

Tloušťky vkládacích stélek byly měřeny digitálním mikrometrem na pěti místech v patních částech vkládacích stélek obuvi a podešvích [mm]. Tyto hodnoty byly následně aritmeticky zprůměrovány pro další použití při prováděném měření, při kterém se musela tloušťka zkušebního tělesa zadávat do přístroje jako vstupní data (**Tab. 2**). Průměrné tloušťky vkládacích stélek byly přibližně od 4,700 do 7,000 mm. Tloušťka pánské podešve byla 20,000 mm v patní části a dámské podešve 30,000 mm v patní části. Zkušební tělesa byla zastoupena i vkládacími stélkami s poměrně odlišnou miskovitou částí v patní části. Tato miskovitá část měla v různých místech odlišnou tloušťku materiálu, a proto byla obtížně měřitelná, s chybou měření $\pm 0,200$ mm.

Rozdělení zkušebních těles

Pro tento experiment byla zvolena zkušební tělesa, kterými byly vkládací stélky o celkovém počtu 11 kusů, dále 1 dámská a 1 pánská podešev. Dámská a pánská podešev byla zvolena z důvodu měření dámských a pánských vkládacích stélek, tak aby bylo dosaženo správného ustředění do patní části podešve. Popis jednotlivých materiálů je pouze orientační z důvodu nedostatku potřebných informací od výrobce. Z důvodu objektivnosti a ověřitelnosti naměřených dat byly měřeny pouze vkládací stélky samostatně, dále pak polyuretanová dámská a pánská podešev také samostatně. Poté byly stélky a podešev měřeny společně, v práci však není uvedeno grafické znázornění. Data jsou pro přehlednost uvedena pouze v Tabulce 1.

Z celkového počtu 13 zkušebních těles, byly zkušební tělesa v experimentu rozděleny na 9 skupin z důvodu přehlednosti. Skupiny: 1 – 7 jsou vkládací stélky, 8 – pánská podešev, 9 – dámská podešev.

Pozn.: Ze skupiny vkládacích stélek jsou dvě skupiny zastoupeny třemi zkušebními tělesy. Proto jsou v práci označovány jako podskupiny (1a, 1b, 1c, 4a, 4b, 4c).

Při popisech zkušebních těles se zaměřujeme pouze na patní část. Ostatní část vkládací stélky je pro experiment nepodstatná.

Měřicí přístroj

Strojní zařízení Shimadzu pracuje s operačním systémem Windows v programu TRAPEZIUM X (P 1). Před samotným měřením bylo strojní zařízení vždy kalibrováno. V tomto programu byly nastaveny technické požadavky pro dosažení požadované zkoušky.

Toto nastavení bylo prováděno tak, aby napodobovalo lidskou chůzi. Byla zaznamenávána síla [N], energie dodaná a pohlcená [J].

Technické parametry nastavení přístroje:

- typ testu – cyklické stlačování tlakem,
- testovací rychlost $v = 600 \text{ mm/min}$,
- maximální síla 8 000 kN (strojní zařízení má maximální sílu 10 000 kN),
- konstantní stlačení – 4 mm,
- doba pro relaxaci materiálu 0,5 s (při uvolnění),
- statická doba zatížení zkušebního tělesa 0,4 s (při stlačení),
- měřicí plocha 55 x 55 mm,
- počet cyklů 200. [44]



Obr. 15. Zkušební tělesa.

Definice pojmů

Plasticita – schopnost materiálu udržet si tvar dodaný zvenčí vnější deformační silou. Dodaná kinetická energie se přemění v teplo. Model chování se odvíjí od Newtonových zákonů a jeho modelu.

Elasticita – schopnost materiálu vrátit se po deformaci do původního stavu. Pro sledování elasticity se používají Hookovy zákony.

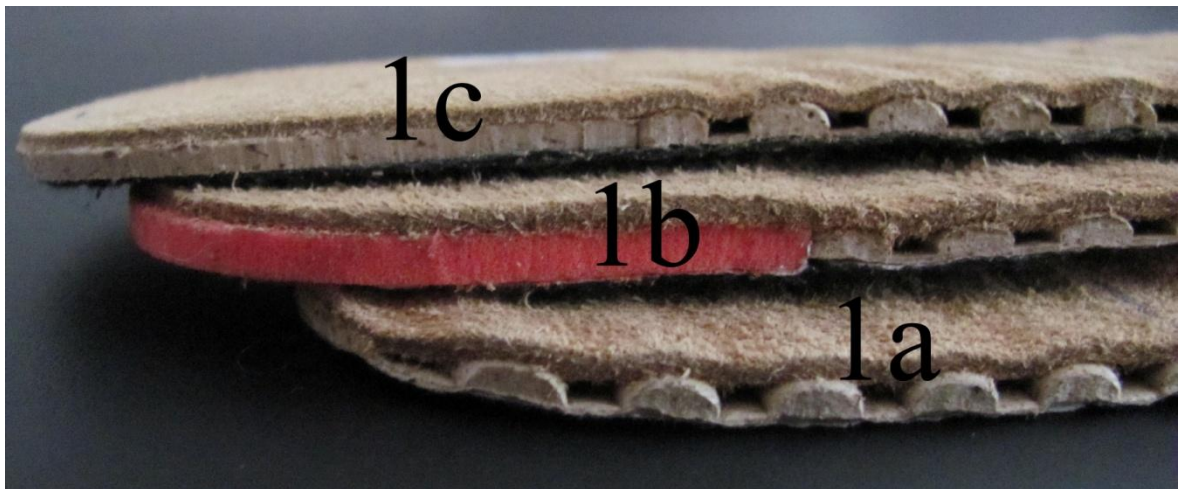
Absorpce – pohlcení, vstřebávání.

Deformace – deformací rozumíme změnu tvaru tělesa v důsledku působení síly.

Hystereze - ve fyzice je hystereze označení skutečnosti, že stav systému závisí na stavech předchozích a historii vstupů. V experimentální části je za hysterezi považován rozdíl energie dodané a pohlcené [J].

4.1 Skupina 1.

Charakteristika skupiny: tato skupina je charakteristická podobnými zkušebními tělesy. Vrchovým materiálem je hovězinový box s jemně broušeným velurovým lícem. Tloušťka zkušebních těles je v rozmezí 4,7 – 5,0 mm v patní části. Podobné jsou i nosné materiály – polyuretan a korková drť.



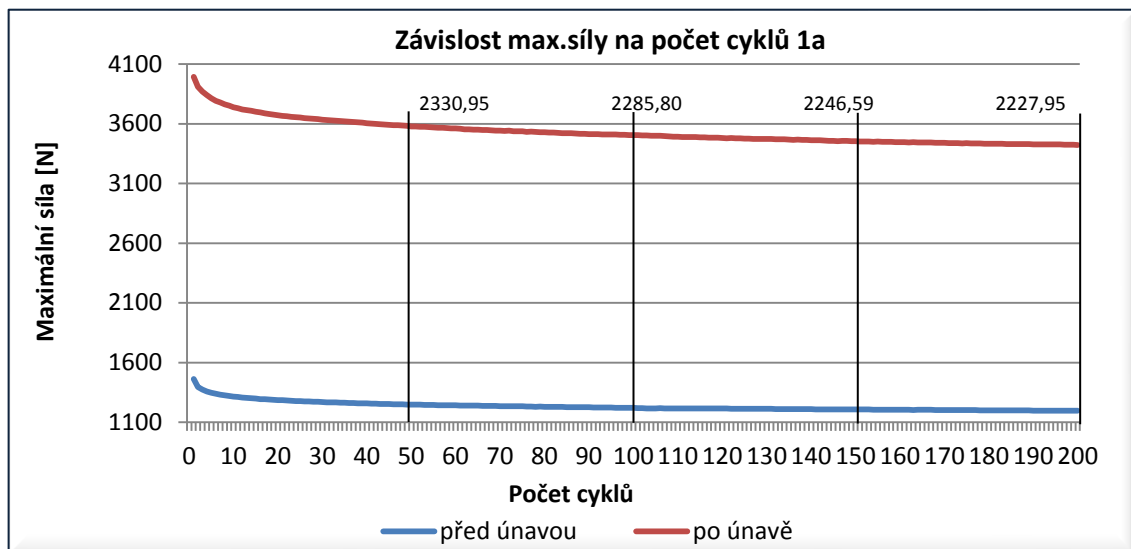
Obr. 16. Zkušební tělesa Skupiny 1.

4.1.1 Zkušební těleso 1a

Materiálové složení zkušebního tělesa: vrchní vrstva je z hovězinové štípenky, světle hnědé barvy s jemně broušeným velurovým lícem. K ní je nalepen speciální vlnovitý tvarovaný dílec složený z přírodní korkové drti a ethylen-vinylacetát (EVAc) polymeru. Tento dílec je zároveň dílcem nosným. Patní část je rovná. Na vrchní vrstvě štípenky jsou vidět černé tečky. Je to pět bodů, ve kterých byly měřeny tloušťky, které byly poté aritmetickým

průměrem zprůměrovány. Značka v patě slouží pro snadnější ustředění kopyta na zkušební vzorek. Je 5 mm od hrany vzorku. Celková tloušťka zkušebního tělesa 1a je 4,741 mm.

U grafů 1, 2 zkušebního tělesa 1a je detailní popis závislostí, které obecně platí pro všechny uvedené grafy. Z důvodu přehlednosti nejsou dále detailně popisovány.

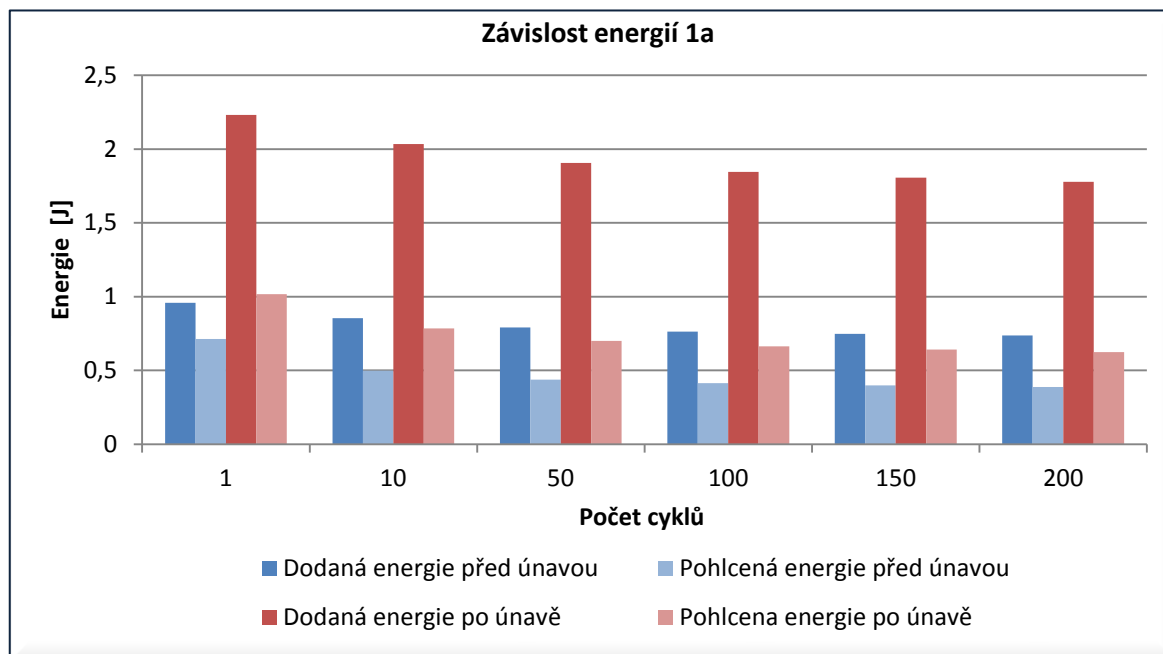


Graf 1. Závislost maximální síly na počet cyklů před únavou, po únavě tělesa 1a.

Graf 1. znázorňuje závislost vyvozené působící síly na počtu cyklů před a po únavě tělesa 1a. V grafu jsou uvedeny dvě křivky, které mají klesající tendenci. Modrá křivka zastupuje zkušební vzorek před únavou a červená křivka po únavě. Rozdíl těchto křivek vypovídá o vlastnostech materiálů. Poměrně velký rozdíl mezi křivkami udává ne moc dobré schopnosti relaxace materiálu. Při měření před únavou (200 cyklů) se materiál unavil a tloušťka v patní části byla zmenšena o 0,113 mm. Při měření zkušebního tělesa po únavě bylo strojní zařízení nově kalibrováno na již zmenšenou tloušťku v patní části (vyšlapaná pata). Rozdíly tloušťky před únavou, po únavě jsou uvedeny v Tabulce 1, která je uvedena v diskuzi výsledků. Dané zkušební těleso mělo v patní části větší hustotu (zhutnělost), proto vyžadovalo použití větší síly v průměru o 2272,82 N větší než před únavou. Podobný charakter průběhu závislosti maximální síly na počet cyklů před únavou a po únavě je u dalších zkušebních těles podobný, kromě 1b, 4a, 6. Proto již nebude charakter daných grafů detailně popisován.

Při 1 až 10 cyklu bylo měření odlišné od ostatních údajů, z důvodu tlakového ustálení kopyta a zkušebních těles. Tyto cykly považujeme za nepřesné měření.

Pro bližší specifikaci rozdílu dvou křivek byly vypočítány rozdíly před únavou a po únavě v cyklech 50, 100, 150 200, které jsou znázorněny v grafu 1. Tyto hodnoty slouží k dalšímu vyhodnocování a jsou uvedeny v Tabulce 3, 4, které jsou uvedeny v diskuzi výsledků.



Graf 2. Závislost dodaných a pohlcených energií před únavou, po únavě pro cykly 1, 10, 50, 100, 150, 200 tělesa 1a.

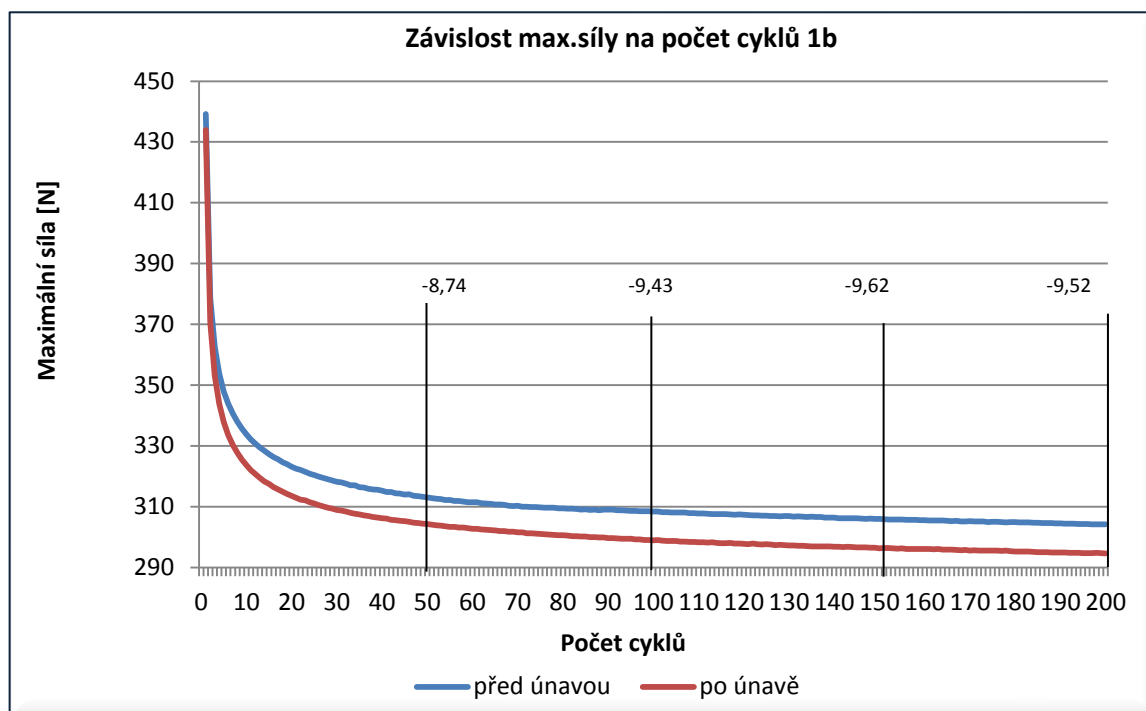
Graf 2. znázorňuje poměry dodaných a pohlcených energií u zkušební tělesa 1a před únavou a po únavě. Ze znázornění vyplývá, že dodaná energie před únavou (modrá barva) je výrazně menší, než dodaná energie po únavě (červená barva). Dané energie nemohou být vzájemně porovnávány z důvodu rozdílnosti použité síly v závislosti na tloušťce zkušební tělesa. Znázorněný graf je od ostatních grafů odlišný tím, že je absorpce energie až 4x větší. To je dáno použitým měřeným materiálem, který zde představoval vkládací stélku s vlnovitým tvarem, který byl obtížně měřitelný.

Tyto hodnoty slouží k dalšímu vyhodnocování a jsou uvedeny v Tabulce 6, která je uvedena v diskuzi výsledků.

4.1.2 Zkušební těleso 1b

Materiálové složení zkušební tělesa: vrchní vrstva je vyrobena z hovězinové štípenky, světle hnědé barvy s jemně broušeným velurovým lícem. Tento materiál je pomocně sle-

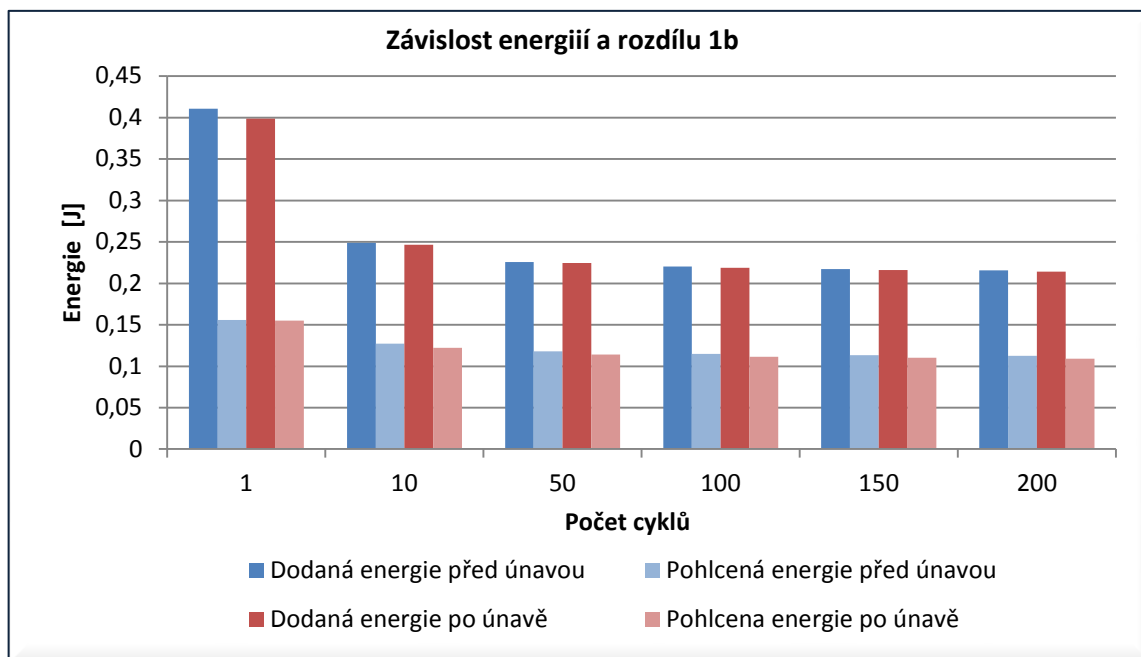
pen se speciální polyuretanovou pěnou v patní části. Tento dílec je zároveň dílcem nosným. Patní část je rovná. Celková tloušťka zkušební tělesa 1b je 5,027 mm.



Graf 3. Závislost maximální síly tělesa na počet cyklů před únavou, po únavě tělesa 1b.

Graf 3. znázorňuje závislost vyvozené působící síly na počtu cyklů před a po únavě tělesa 1b. V grafu jsou uvedeny dvě křivky, které mají klesající tendenci. Rozdíl těchto křivek vypovídá o vlastnostech materiálů, především dobré relaxaci materiálů. Během experimentu před únavou i po únavě zkušební těleso 1b pojalo přibližně stejný tlak lišící se v průměru (v cyklech 50, 100, 150, 200) o 9,33 N.

Tento graf je odlišný od většiny uvedených grafů v tom, že dodaná energie před únavou je menší než dodaná energie po únavě. To je dáno charakterem speciálního polyuretanového materiálu, který má porézní strukturu a je elastický. Po měření před únavou materiál dokonale zrelaxoval na původní tloušťku v patní části. Byl však částečně unaven a při měření po únavě kladl menší odpor.

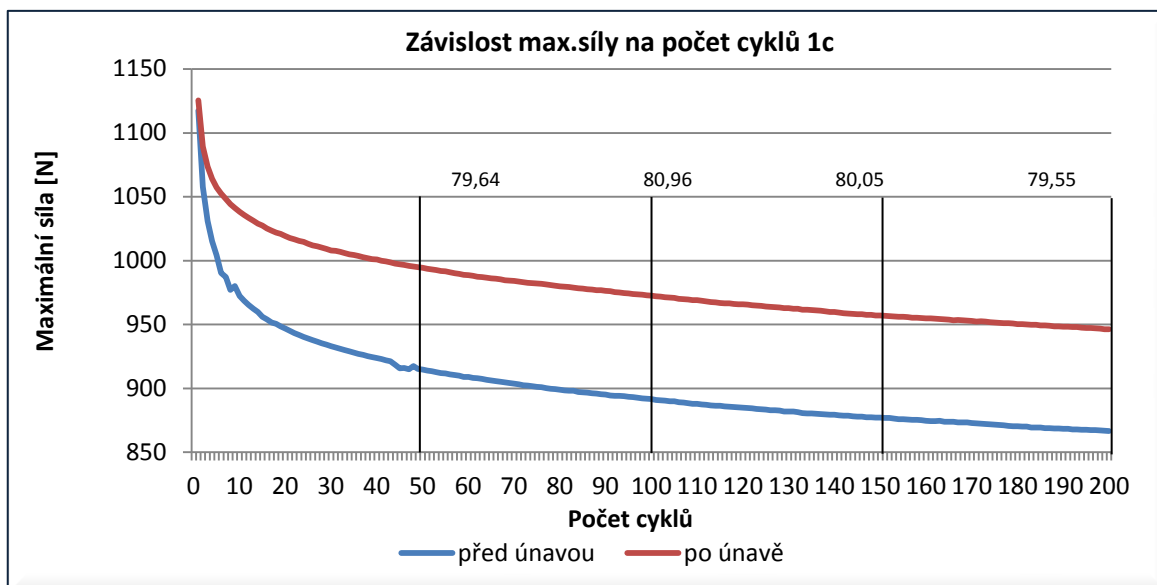


Graf 4. Závislost dodaných a pohlcených energií před únavou, po únavě pro cykly 1, 10, 50, 100, 150, 200 tělesa 1b.

Graf 4. znázorňuje poměry dodaných a pohlcených energií u zkušebního tělesa 1b před únavou a po únavě. Ze znázornění vyplývá, že dodaná energie před únavou (modrá barva) je téměř totožná s energií po únavě (červená barva). Taktéž i energie pohlcená je téměř totožná.

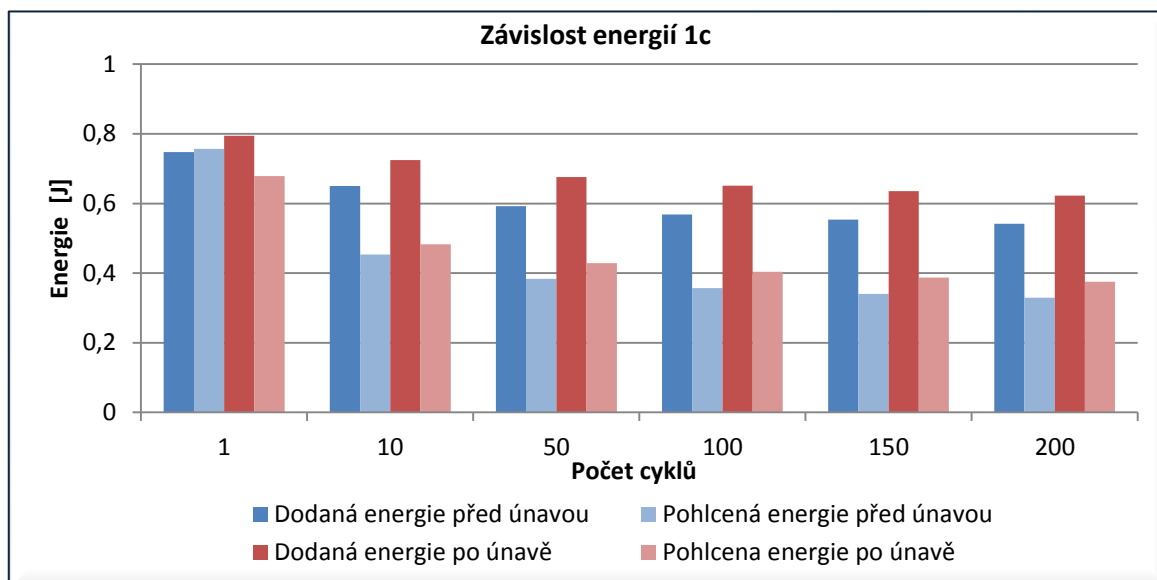
4.1.3 Zkušební těleso 1c

Materiálové složení zkušebního tělesa: vrchní vrstva je z hovězinové štípenky, světle hnědé barvy s jemně broušeným velurovým lícem. K ní je nalepena korková komponenta v patní části složená z přírodní korkové drti světle hnědé barvy. Tento dílec je zároveň dílcem nosným. Patní část je rovná. Celková tloušťka zkušebního tělesa 1c je 4,682 mm.



Graf 5. Závislost maximální síly na počet cyklů před únavou, po únavě tělesa 1c.

Graf 5. znázorňuje závislost vyvozené působící síly na počtu cyklů před a po únavě tělesa 1c. Křivky mají klesající tendenci. Těleso 1c vyžadovalo sílu v průměru o 80,05 N větší než před únavou.

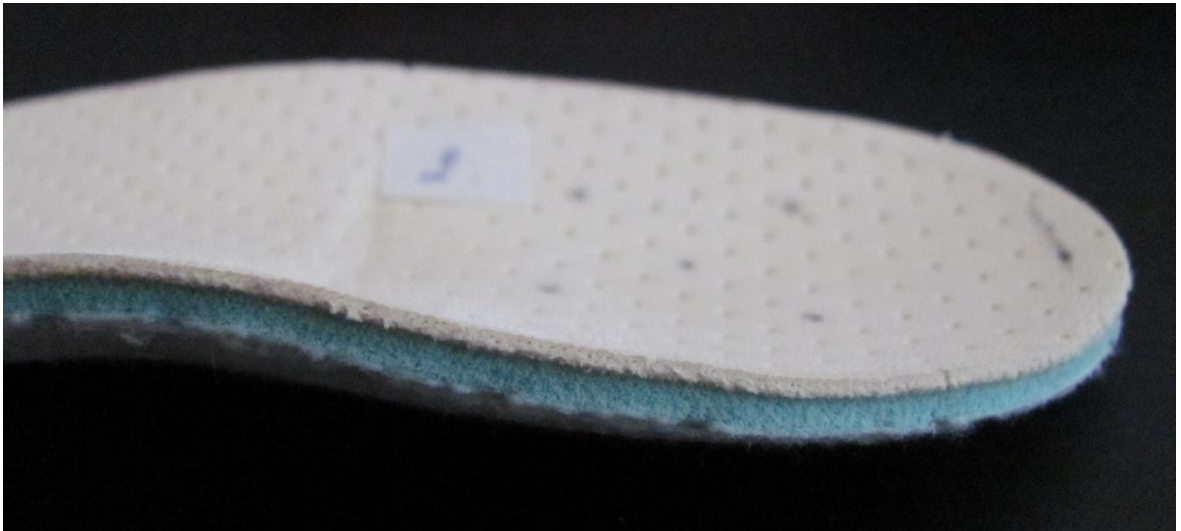


Graf 6. Závislost dodaných a pohlcených energií před únavou, po únavě pro cykly 1, 10, 50, 100, 150, 200 tělesa 1c.

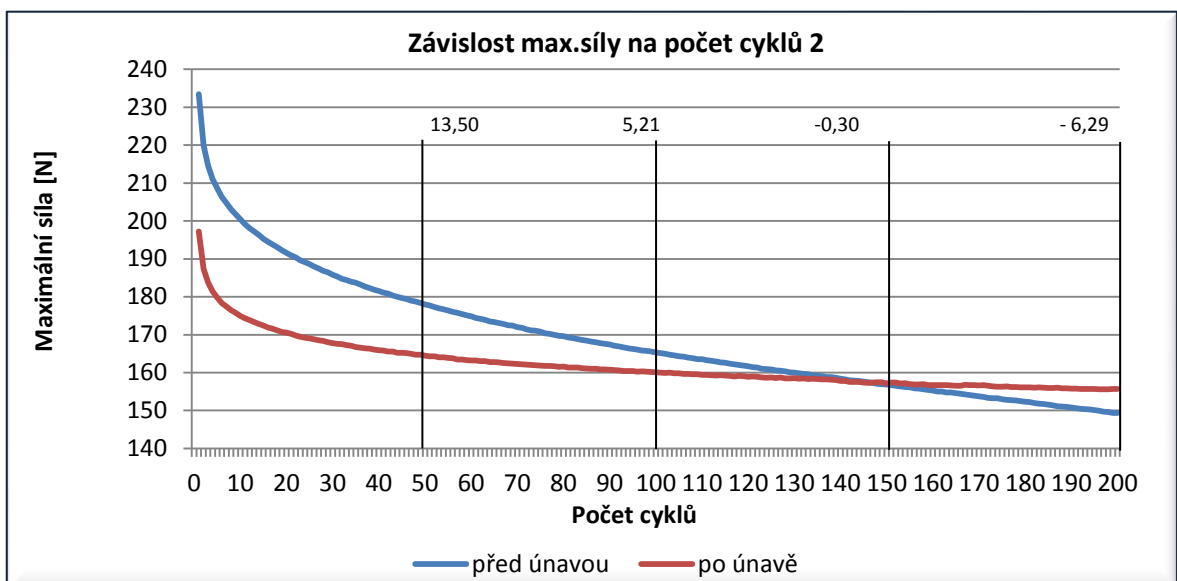
Graf 6. znázorňuje poměry dodaných a pohlcených energií u zkušebního tělesa 1c před únavou a po únavě ve vybraných cyklech.

4.2 Skupina 2.

Materiálové složení zkušebního tělesa: vrchní vrstva je z telecí kůže bez chromové úpravy přírodní barvy s jemným perforováním. K ní je nalepen speciální polyuretanový materiál. Nosným dílem je tvrzená polyuretanová půlstélka s vyvýšenou klenbou a miskou v patní části. Celková tloušťka zkušebního tělesa 2 je 6,279 mm. Výška misky v patní části zkušebního tělesa 2 je 5,272 mm. Pro bližší charakteristiku miskové části v patní části vkládací stélky (zkušebního tělesa) byla stanovena výška miskové části. Tato hodnota byla získána změřením horní hrany a odečtením tloušťky ze středové části misky v nášlapné části. Informace o materiálovém složení zkušebního tělesa poskytl výrobce.

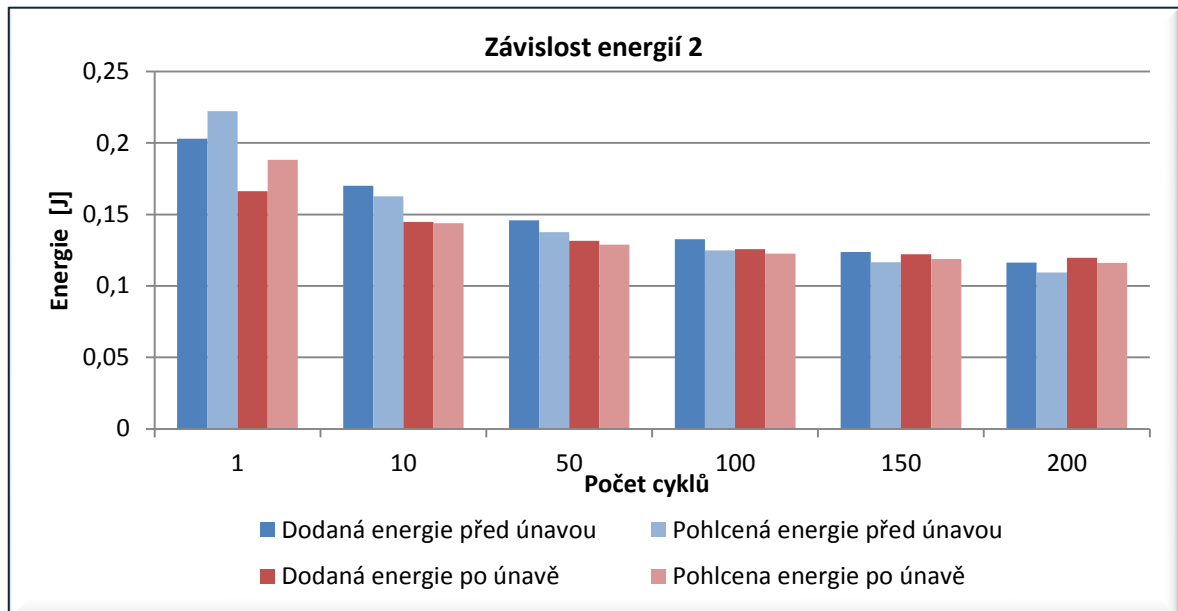


Obr. 17. Zkušební vzorek 2.



Graf 7. Závislost počtu cyklů na maximální síle tělesa 2.

Graf 7. znázorňuje závislost vyvozené působící síly na počtu cyklů před a po únavě tělesa 2. V grafu jsou uvedeny dvě křivky, které mají klesající tendenci. Okolo 140 cyklu se křivky překřížují.

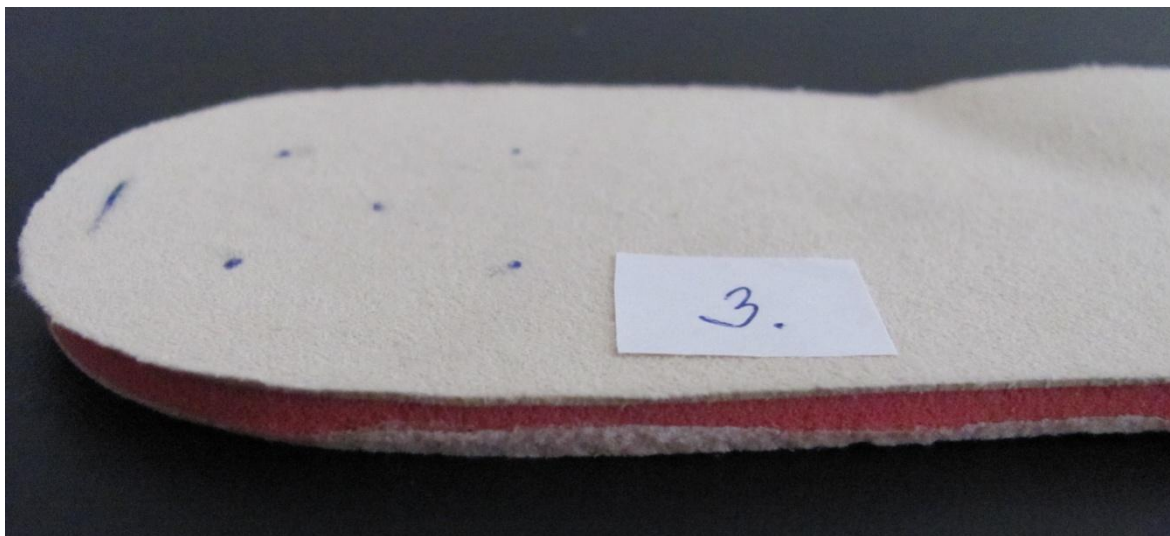


Graf 8. Závislost rozdílu maximální síly před únavou, po únavě pro cykly 1, 10, 50, 100, 150, 200 tělesa 2.

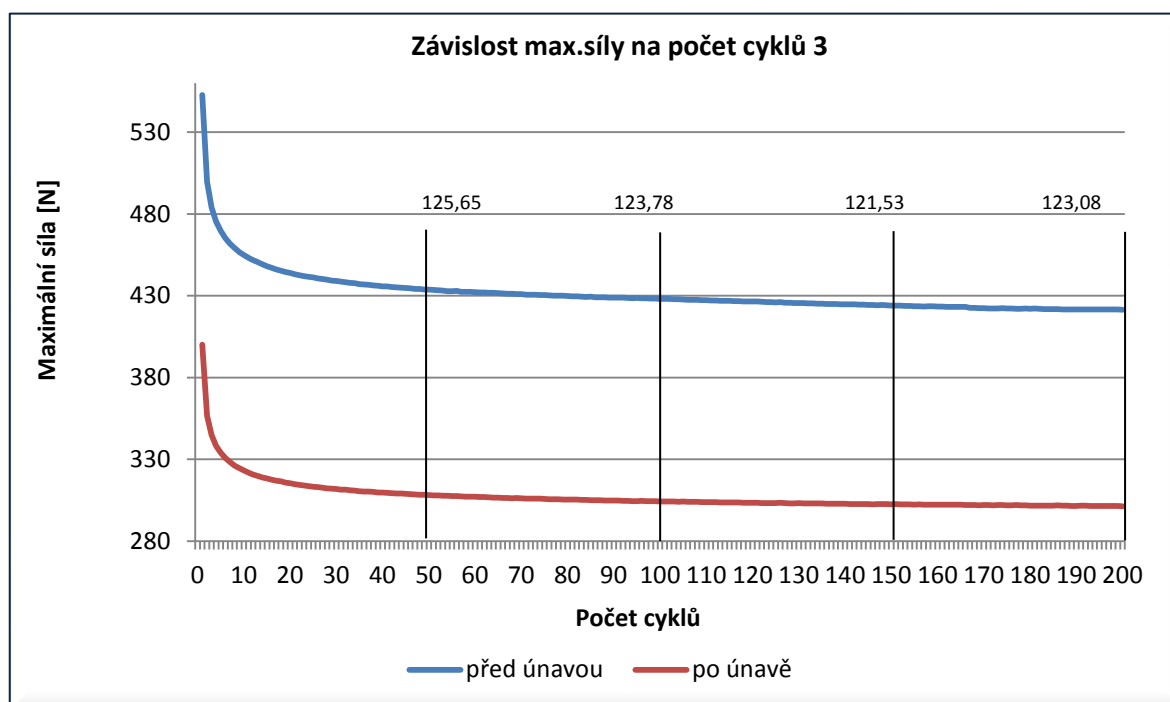
Graf 8. znázorňuje poměry dodaných a pohlcených energií u zkušebního tělesa 2 před únavou a po únavě. Ze znázornění vyplývá, že dodaná energie před únavou (modrá barva) je téměř stejná jako dodaná energie po únavě (červená barva). Pro přehlednost jsou data znázorněny v Tabulce 6.

4.3 Skupina 3.

Materiálové složení zkušebního tělesa: vrchní vrstva je ze speciálního mikro textilu přírodní barvy. Tento materiál je pomocně slepen se speciálním polyuretanovým materiálem červené barvy. Nosným dílcem je lepenkový materiál o tloušťce 1 mm světle růžové barvy. Patní část je rovná. Celková tloušťka zkušebního tělesa 3 je 5,118 mm. Informace o materiálovém složení zkušebního tělesa poskytl výrobce.

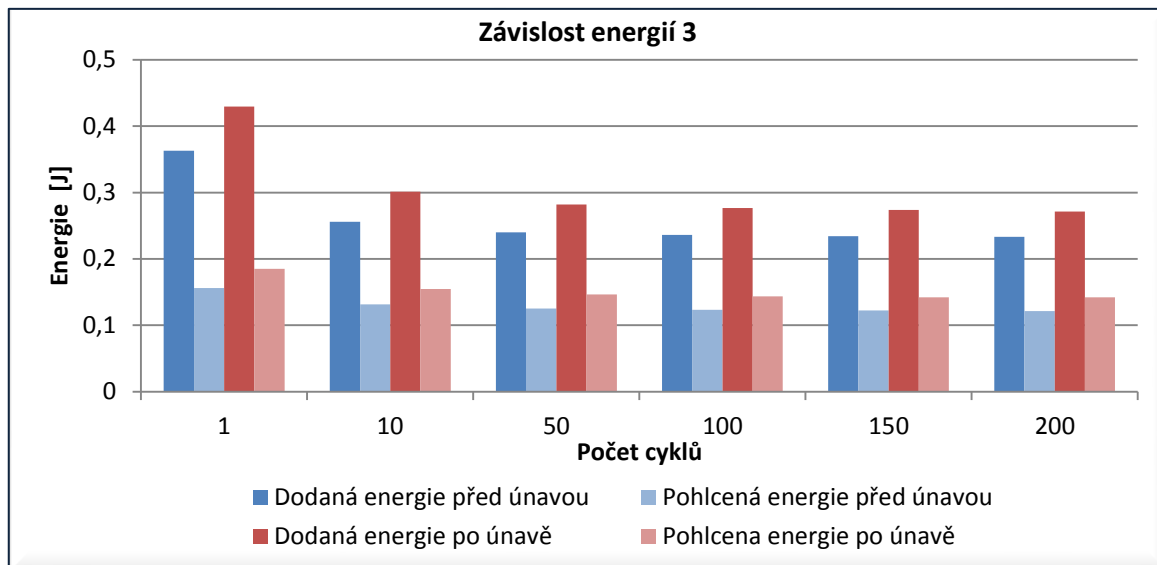


Obr. 18. Zkušební vzorek 3.



Graf 9. Závislost maximální síly na počet cyklů před, po únavě tělesa 3.

Graf 9. Znárodnuje závislost vyvozené působící síly na počtu cyklů před a po únavě tělesa 3. Poměrně velký rozdíl mezi křivkami udává ne moc dobré schopnosti relaxace materiálu.

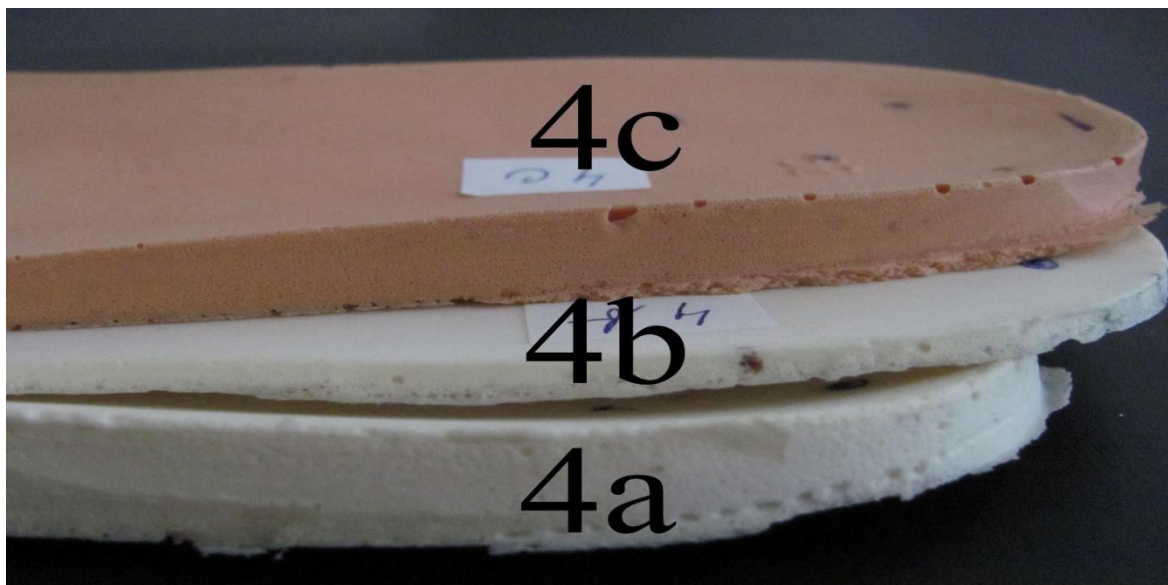


Graf 10. Závislost dodaných a pohlcených energií před únavou, po únavě pro cykly 1, 10, 50, 100, 150, 200 tělesa 3.

Graf 10. znázorňuje poměry dodaných a pohlcených energií u zkušební tělesa 3 před únavou a po únavě.

4.4 Skupina 4.

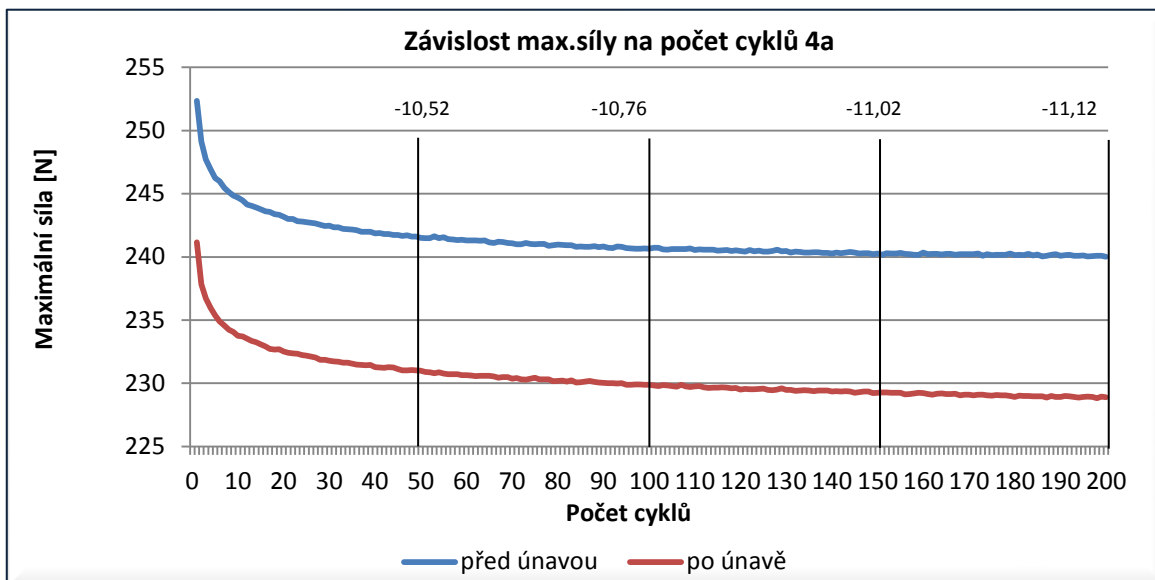
Do této skupiny zkušebních vzorků byly zařazeny tři vzorky. Byly vyrobeny ze stejného materiálu – latexu. Liší se pouze barevností, výškou a tvarem patní misky, která je rovná nebo mírně prohloubená. Tloušťka zkušebních těles je v rozmezí 4,8 – 5,7 mm v patní části.



Obr. 19. Zkušební vzorky Skupiny 4.

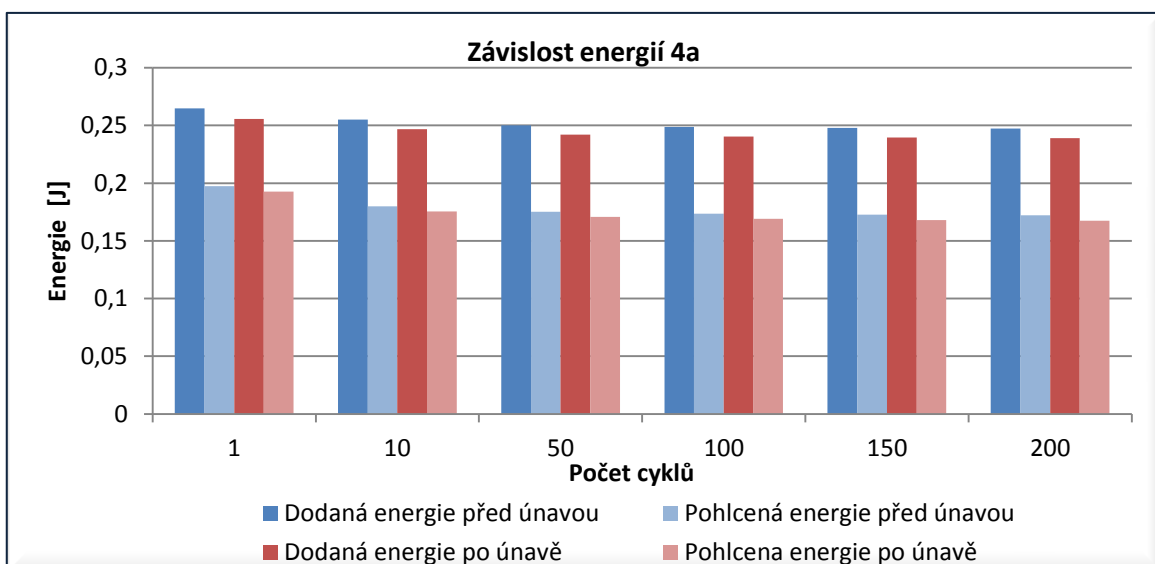
4.4.1 Zkušební těleso 4a

Materiálové složení zkušební tělesa: zkušební těleso je vyrobeno z latexové pěny bílé barvy. Výška misky v patní části zkušební tělesa 4a je 5,272 mm. Celková tloušťka zkušební tělesa 4a je 5,407 mm.



Graf 11. Závislost maximální síly na počet cyklů před únavou, po únavě tělesa 4a.

Graf 11. Znárodnuje závislost vyvozené působící síly na počtu cyklů před a po únavě tělesa 4a.

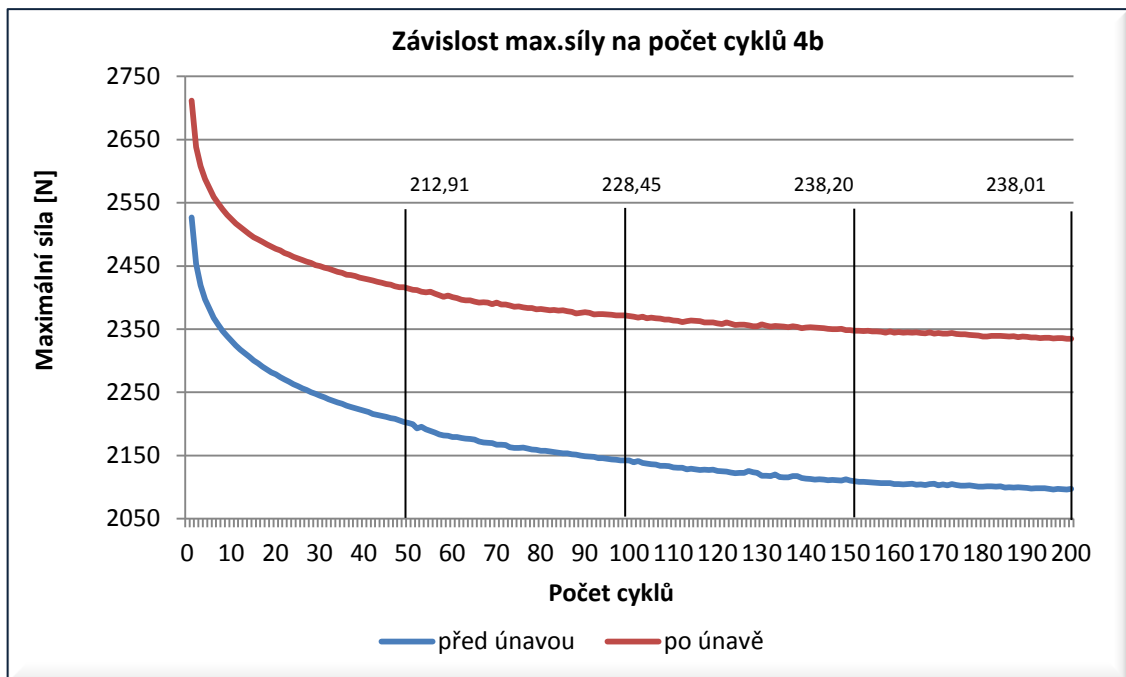


Graf 12. Závislost dodaných a pohlcených energií před únavou, po únavě pro cykly 1, 10, 50, 100, 150, 200 tělesa 4a.

Graf 12. znázorňuje poměry dodaných a pohlcených energií u zkušební tělesa 4a před únavou a po únavě.

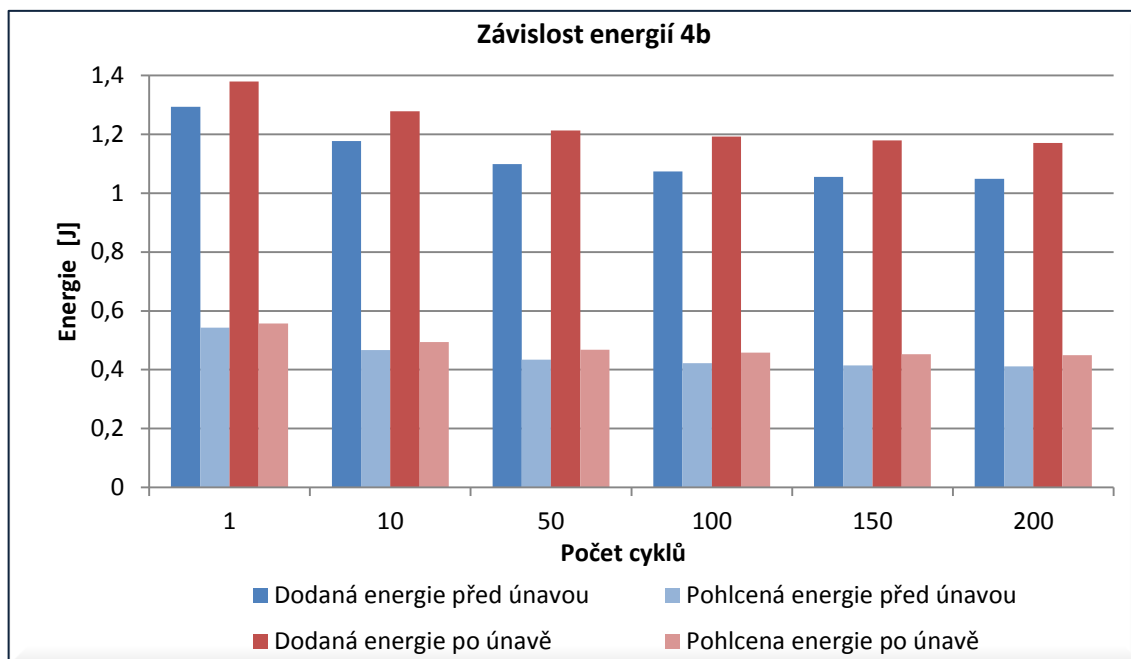
4.4.2 Zkušební těleso 4b

Materiálové složení zkušební tělesa: zkušební těleso je vyrobeno z latexové pěny bílé barvy. Patní část je rovná. Celková tloušťka zkušební tělesa 4b je 4,824 mm.



Graf 13. Závislost maximální síly na počet cyklů před únavou, po únavě tělesa 4b.

Graf 13. znázorňuje závislost vyvozené působící síly na počtu cyklů před a po únavě tělesa 4b.

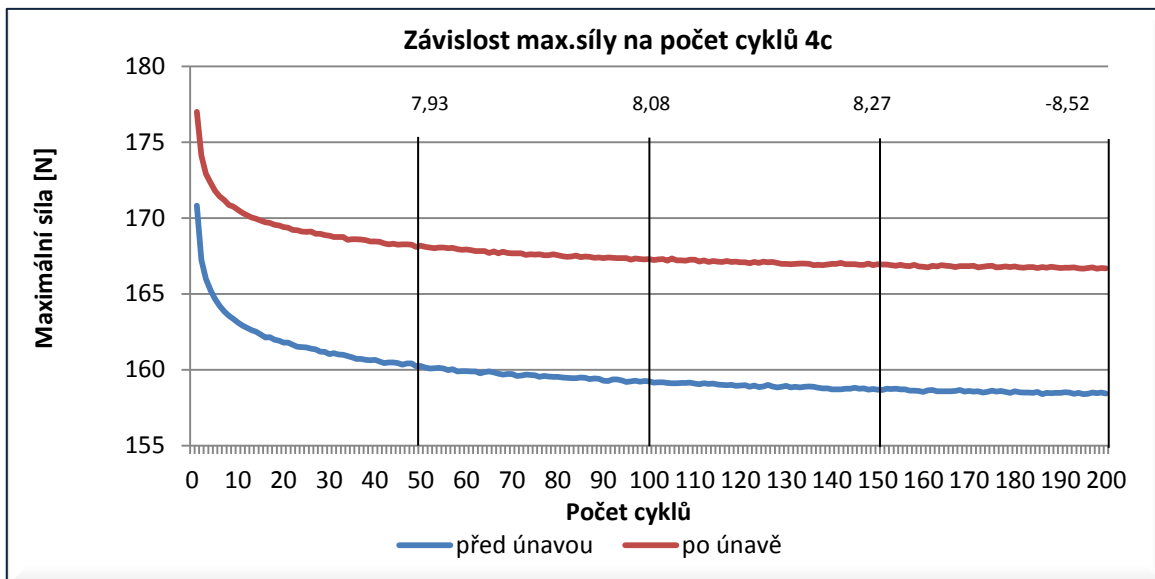


Graf 14. Závislost dodaných a pohlcených energií před únavou, po únavě pro cykly 1, 10, 50, 100, 150, 200 tělesa 4b.

Graf 14. znázorňuje poměry dodaných a pohlcených energií u zkušební tělesa 4b před únavou a po únavě.

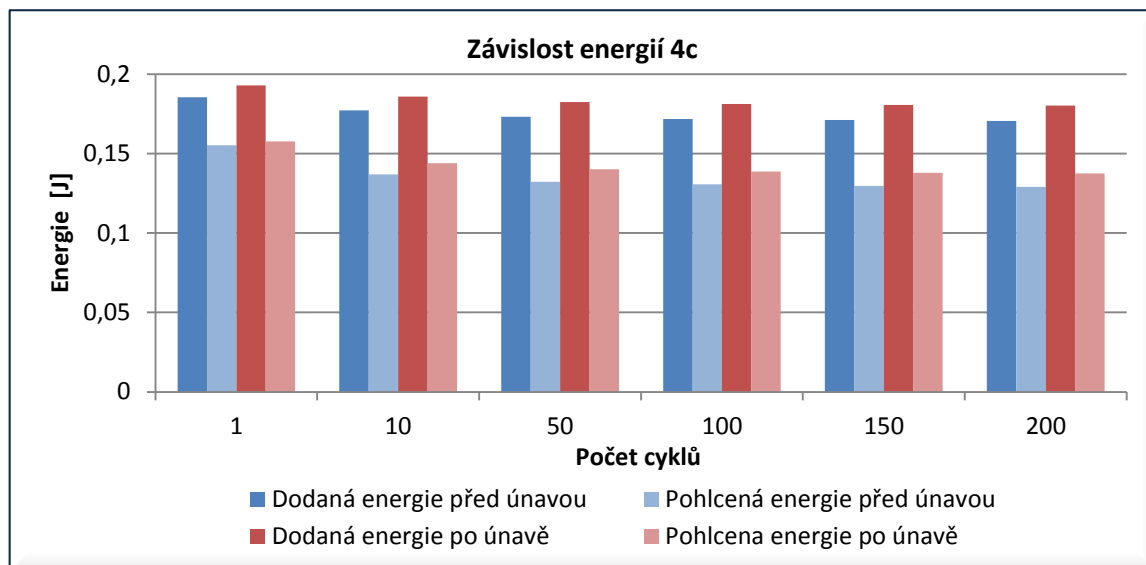
4.4.3 Zkušební těleso 4c

Materiálové složení zkušební tělesa: zkušební těleso je vyrobeno z latexové pěny oranžové barvy. Výška misky v patní části zkušební tělesa 4c je 5,157 mm. Celková tloušťka zkušební tělesa 4c je 5,736 mm.



Graf 15. Závislost maximální síly na počet cyklů před únavou, po únavě tělesa 4c.

Graf 15. znázorňuje závislost vyvozené působící síly na počtu cyklů před a po únavě tělesa 4c.



Graf 16. Závislost dodaných a pohlcených energií před únavou, po únavě pro cykly 1, 10, 50, 100, 150, 200 tělesa 4c.

Graf 16. znázorňuje poměry dodaných a pohlcených energií u zkušebního tělesa 4c před únavou a po únavě.

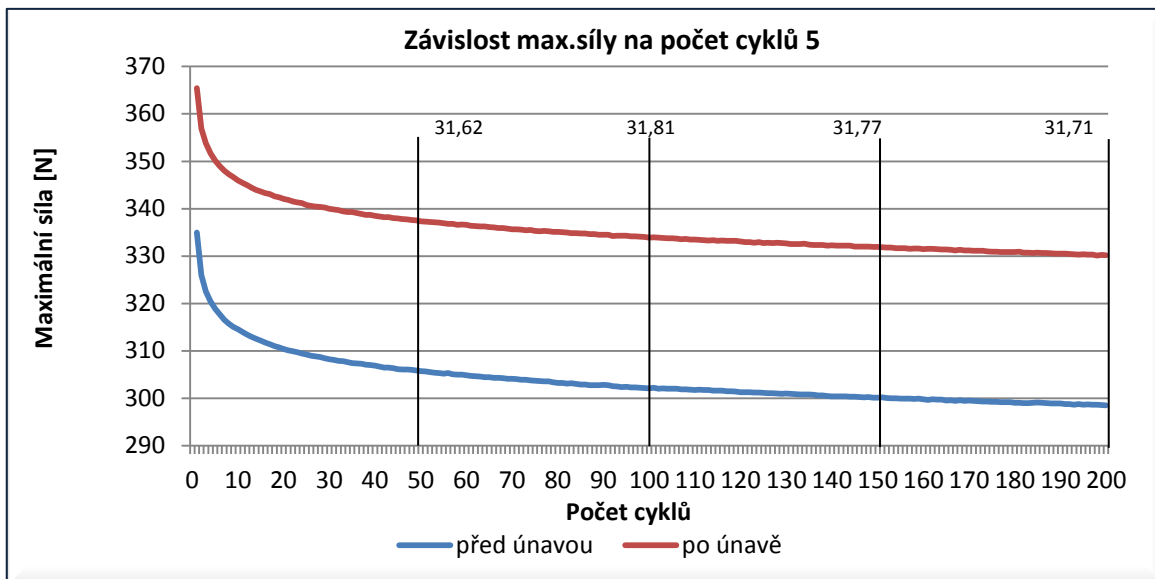
4.5 Skupina 5.

Polyolefiny – jsou to nenasycené uhlovodíky s jednou dvojnou vazbou v molekule. Například etylen, polyetylén, polypropylén.

Materiálové složení zkušebního tělesa: zkušební těleso se skládá ze tří vrstev stejného materiálu. Jedná se o měkké polyolefiny o různých hustotách. Různost je pouze v barevnosti, tloušťce a perforování vrchní vrstvy. Výška misky v patní části zkušebního tělesa 5 je 6,439 mm. Celková tloušťka zkušebního tělesa 5 je 7,548 mm. Informace o materiálovém složení zkušebního tělesa poskytl výrobce.

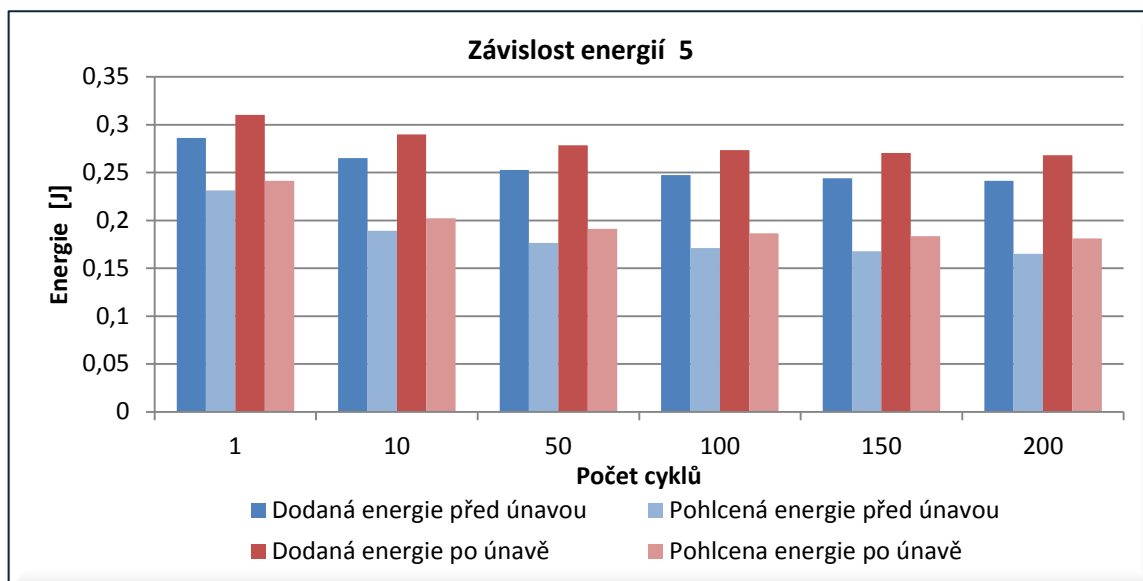


Obr. 20. Zkušební vzorek 5.



Graf 17. Závislost maximální síly na počet cyklů před únavou, po únavě tělesa 5.

Graf 17. znázorňuje závislost vyvozené působící síly na počtu cyklů před a po únavě tělesa 5.



Graf 18. Závislost dodaných a pohlcených energií před únavou, po únavě pro cykly 1, 10, 50, 100, 150, 200 tělesa 5.

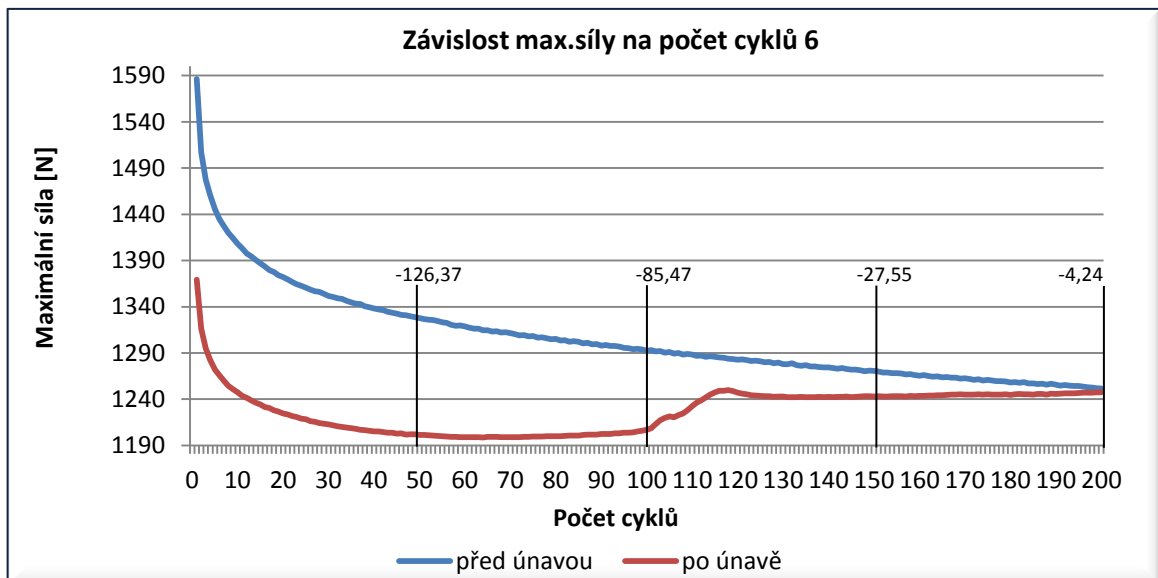
Graf 18. znázorňuje poměry dodaných a pohlcených energií u zkušebního tělesa 5 před únavou a po únavě.

4.6 Skupina 6.

Materiálové složení zkušebního tělesa: vrchní vrstva je vyrobena usně světle hnědé barvy. Tento materiál je pomocně slepen s polyuretanovou pěnou černé barvy. Nosným dílcem je upravená korková drť. Výška misky v patní části zkušebního tělesa 6 je 5,052 mm. Celková tloušťka zkušebního tělesa 6 je 5,243 mm.

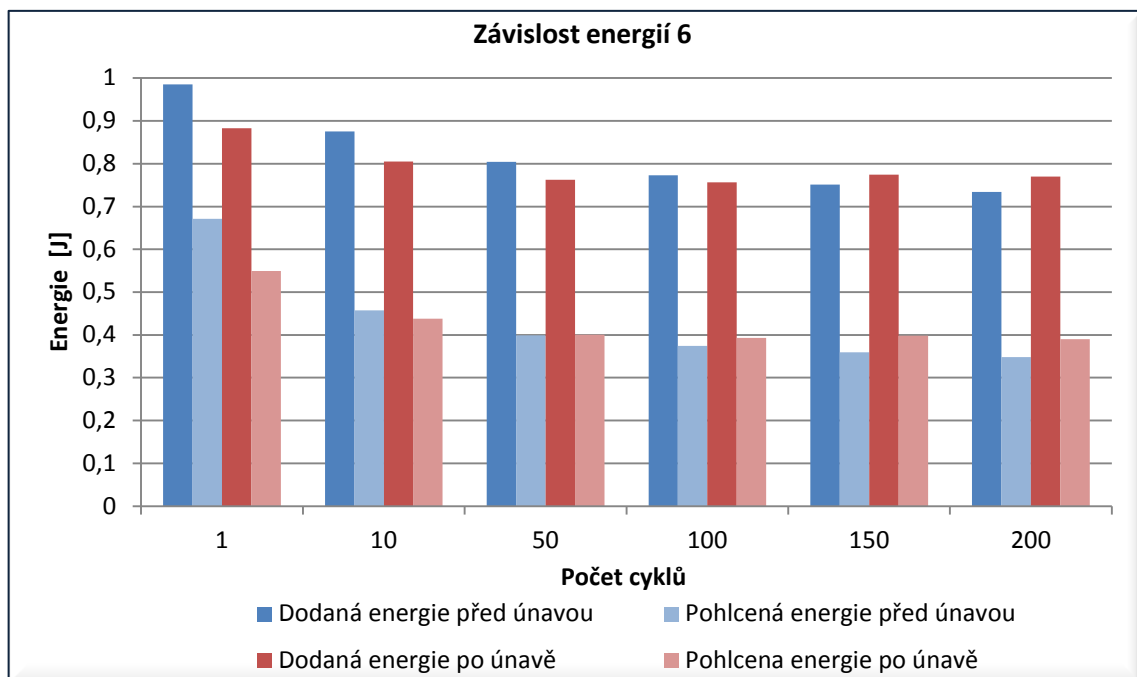


Obr. 21. Zkušební vzorek 6.



Graf 19. Závislost maximální síly na počet cyklů před únavou, po únavě tělesa 6.

Graf 19. znázorňuje závislost vyvozené působící síly na počtu cyklů před a po únavě tělesa 6.



Graf 20. Závislost dodaných a pohlcených energií před únavou, po únavě pro cykly 1, 10, 50, 100, 150, 200 tělesa 6.

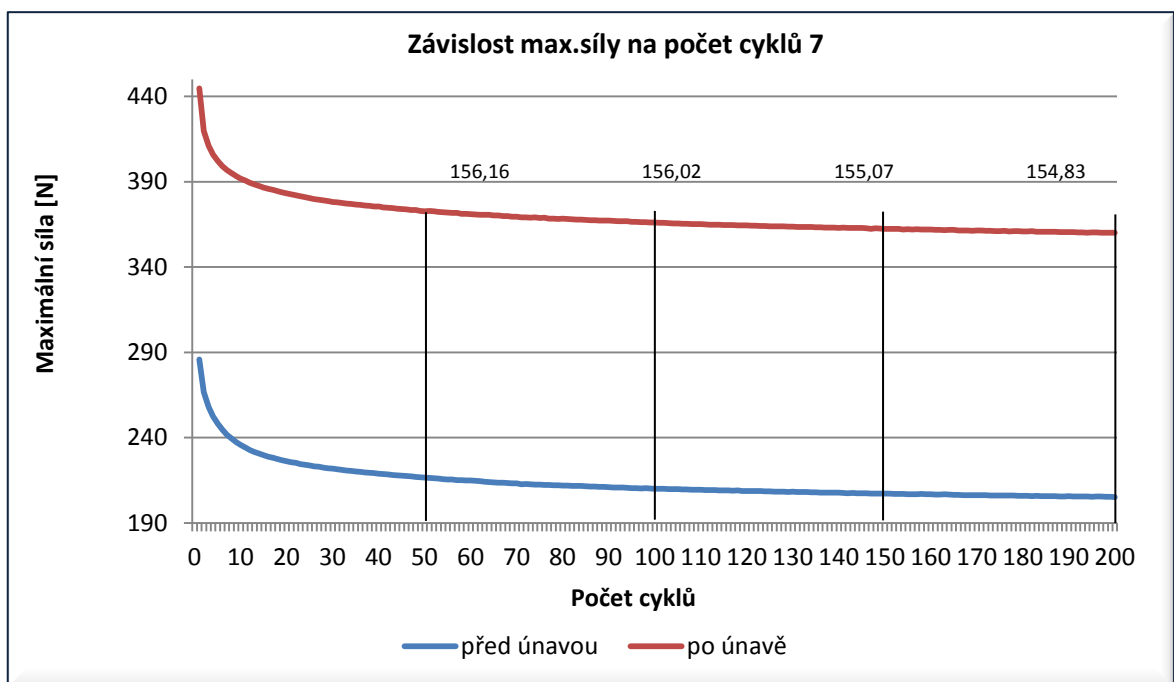
Graf 20. znázorňuje poměry dodaných a pohlcených energií u zkušební tělesa 6 před únavou a po únavě.

4.7 Skupina 7.

Materiálové složení zkušební tělesa: vrchní vrstva je z textilního materiálu zelené barvy. Na ni je nalepena šedá vysokotlaká polyolefinová pěna o vysoké hustotě. Nosná vrstva zasahuje do 2/3 zkušební tělesa. Je vyrobena ze speciálního termoplastického polymeru. Výška misky v patní části zkušební tělesa 7 je 7,216 mm. Celková tloušťka zkušební tělesa 7 je 8,225 mm. Informace o materiálovém složení zkušební tělesa poskytl výrobce.

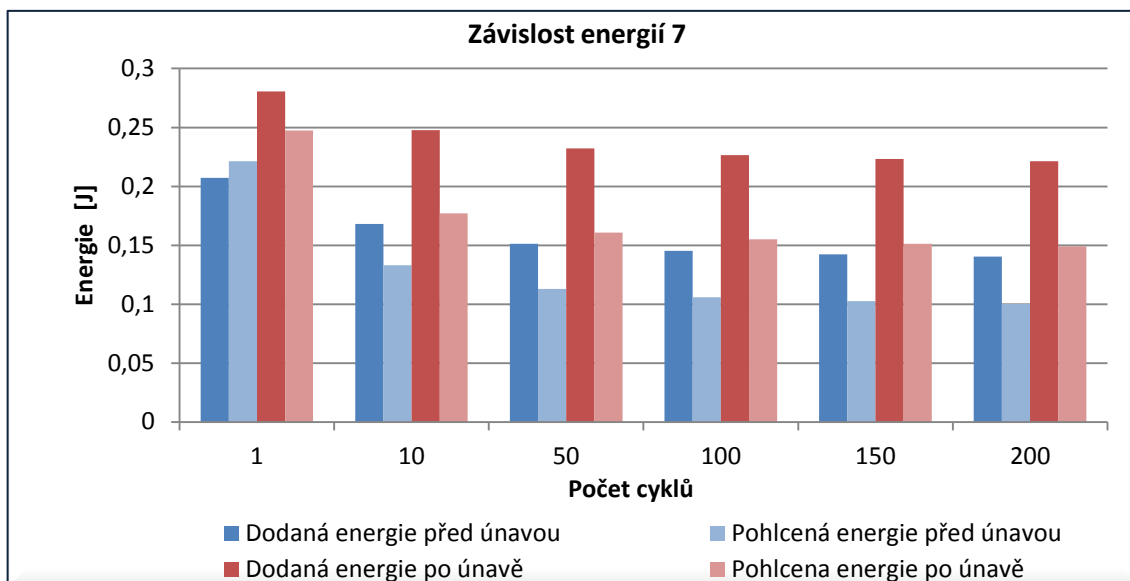


Obr. 22. Zkušební vzorek 7.



Graf 21. Závislost maximální síly na počet cyklů před únavou, po únavě tělesa 7.

Graf 21. znázorňuje závislost vyvozené působící síly na počtu cyklů před a po únavě tělesa 7.



Graf 22. Závislost dodaných a pohlcených energií před únavou, po únavě pro cykly 1, 10, 50, 100, 150, 200 tělesa 7.

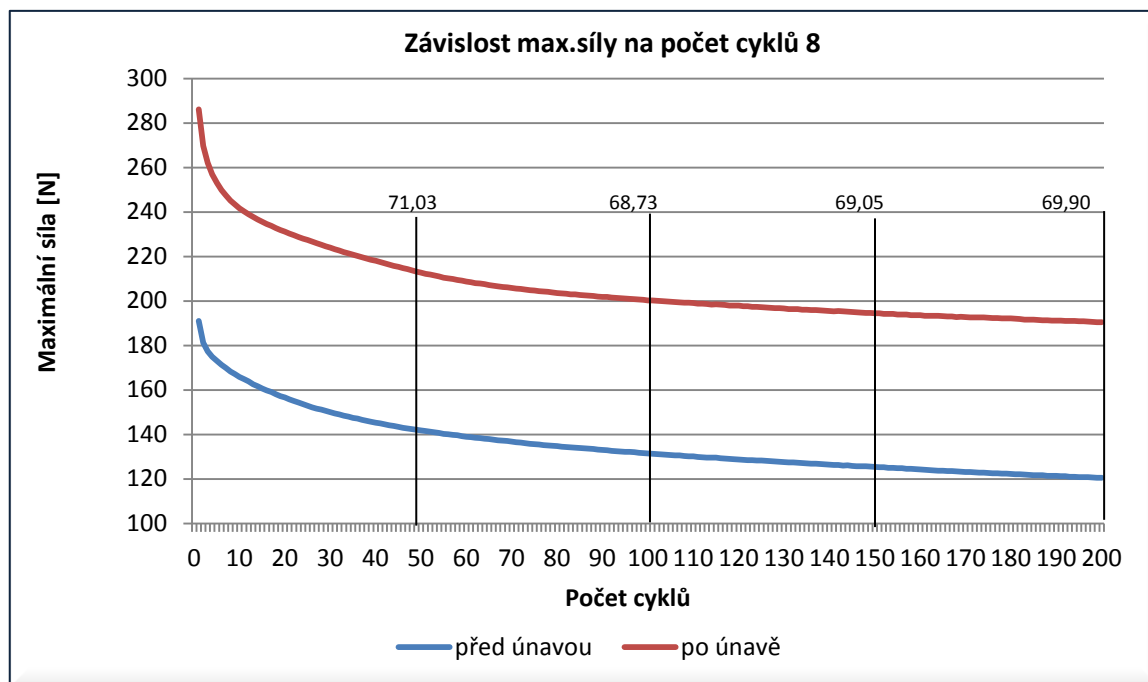
Graf 22. znázorňuje poměry dodaných a pohlcených energií u zkušební tělesa 7 před únavou a po únavě.

4.8 Skupina 8.

Materiálové složení zkušební tělesa: celý zkušební vzorek je zhotoven z polyuretanu, který je nastříkán tmavě hnědou barvou. Výška misky v patní části zkušební tělesa 8 je 20 mm. Celková tloušťka zkušební tělesa i s rámkem pro šití je 45 mm.

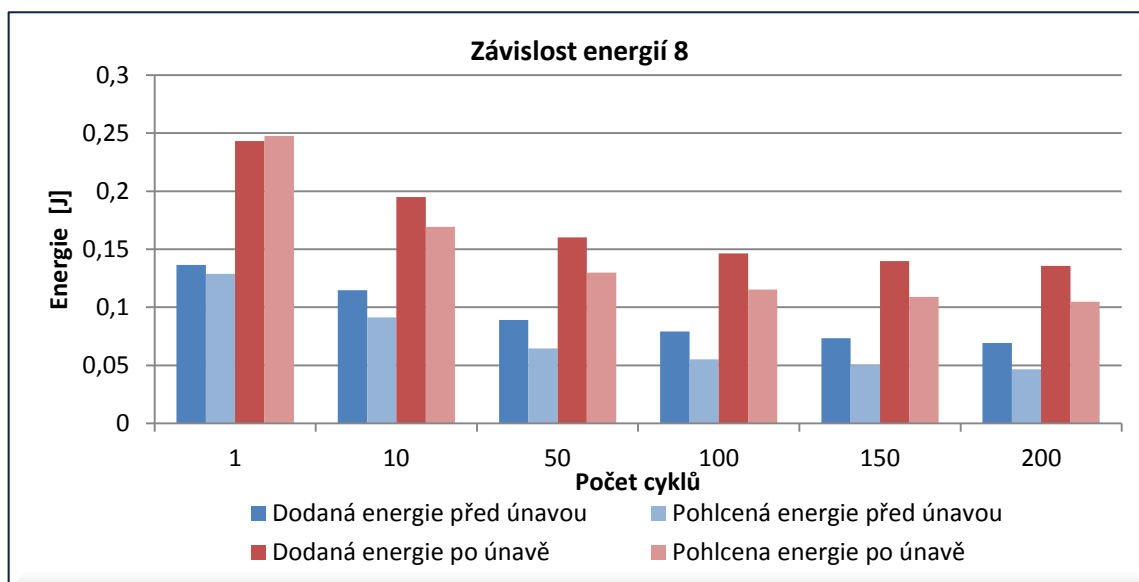


Obr. 23. Zkušební vzorek 8.



Graf 23. Závislost maximální síly na počet cyklů před únavou, po únavě tělesa 8.

Graf 23. znázorňuje závislost vyvozené působící síly na počtu cyklů před a po únavě tělesa 8. Těleso 8 vyžadovalo sílu v průměru o 69,68 N větší než před únavou.



Graf 24. Závislost dodaných a pohlcených energií před únavou, po únavě pro cykly 1, 10, 50, 100, 150, 200 tělesa 8.

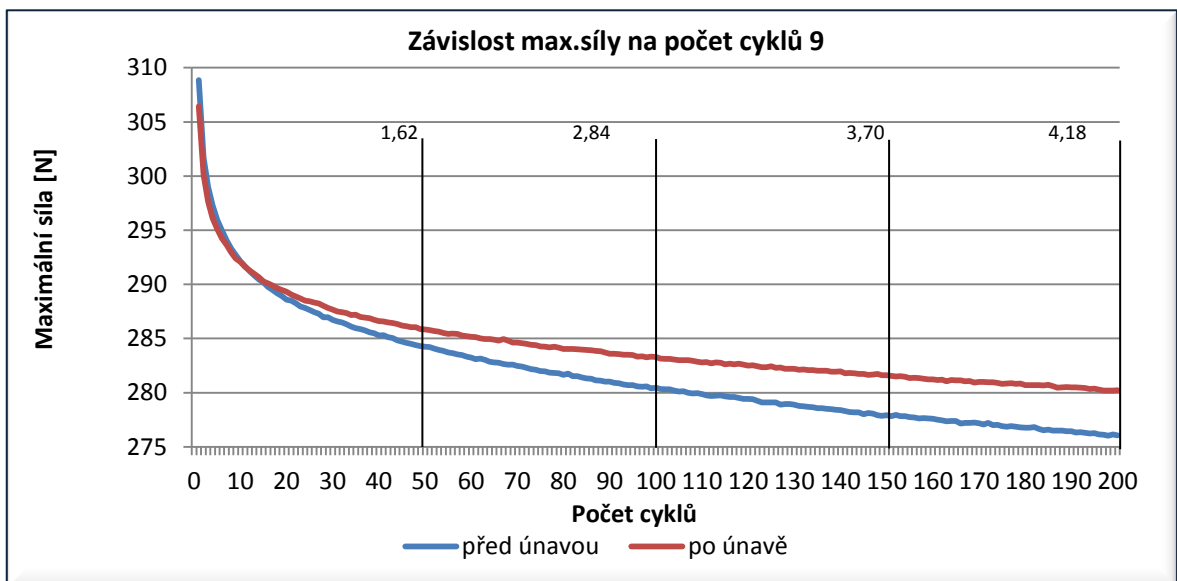
Graf 24. znázorňuje poměry dodaných a pohlcených energií u zkušební tělesa 8 před únavou a po únavě.

4.9 Skupina 9.

Materiálové složení zkušební tělesa: celý zkušební vzorek je zhotoven z polyuretanu, který je nastříkán světle hnědou barvou. 1/3 zkušební vzorku v patní části je odlehčena. Výška podešve v patní části je 41 mm. Jedná se o výšku i s rámkem pro ruční šití. Výška misky v patní části zkušební tělesa 9 je 30,000 mm. To je plocha, která přišla do přímého styku s měřicím zařízením. Výška v patní části byla obtížně měřitelná, z důvodu sklonu zkušební vzorku.

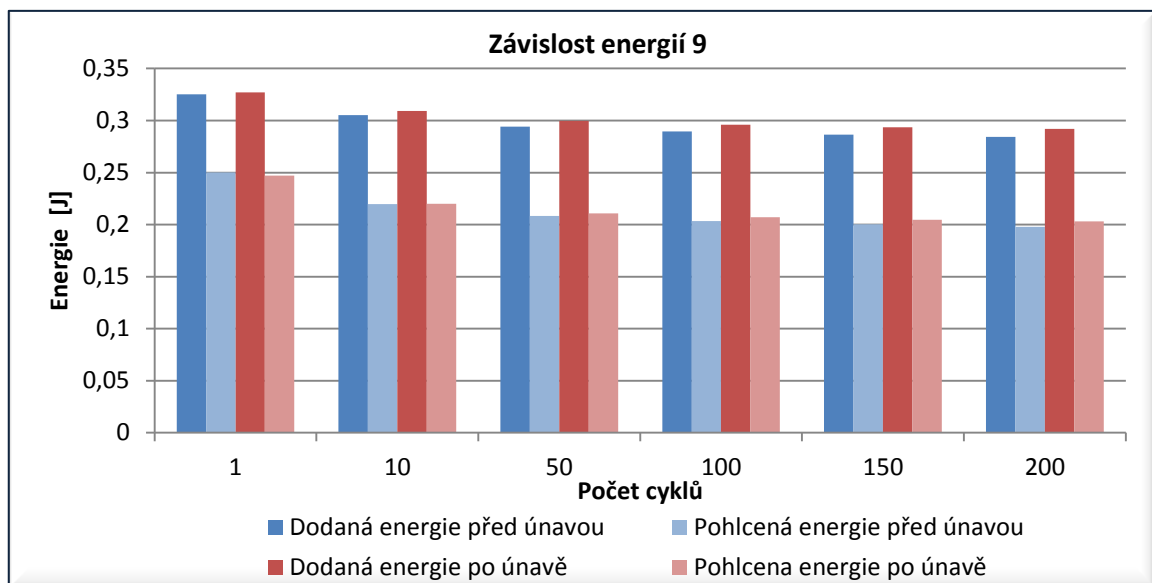


Obr. 24. Zkušební vzorek 9.



Graf 25. Závislost maximální síly na počet cyklů před únavou, po únavě tělesa 9.

Graf 25. Znárodnuje závislost vyvozené působící síly na počtu cyklů před a po únavě tělesa 9. Těleso 9 vyžadovalo sílu v průměru o 3,09 N větší než před únavou.



Graf 26. Závislost dodaných a pohlcených energií před únavou, po únavě pro cykly 1, 10, 50, 100, 150, 200 tělesa 9.

Graf 26. znázorňuje poměry dodaných a pohlcených energií u zkušebního tělesa 9 před únavou a po únavě.

5 VKLÁDACÍ STÉLKY S PODEŠVÍ

Doplňující měření vkládacích stélek s podešví jen při 200 cyklech tzn. před únavou. Měření je zpracováno formou tabulky (Tab. 1) a společného grafického znázornění (Graf 27).

Tabulka znázorňuje dámské vkládací stélky měřeny s dámskou podešví a pánské vkládací stélky měřeny s pánskou podešví.

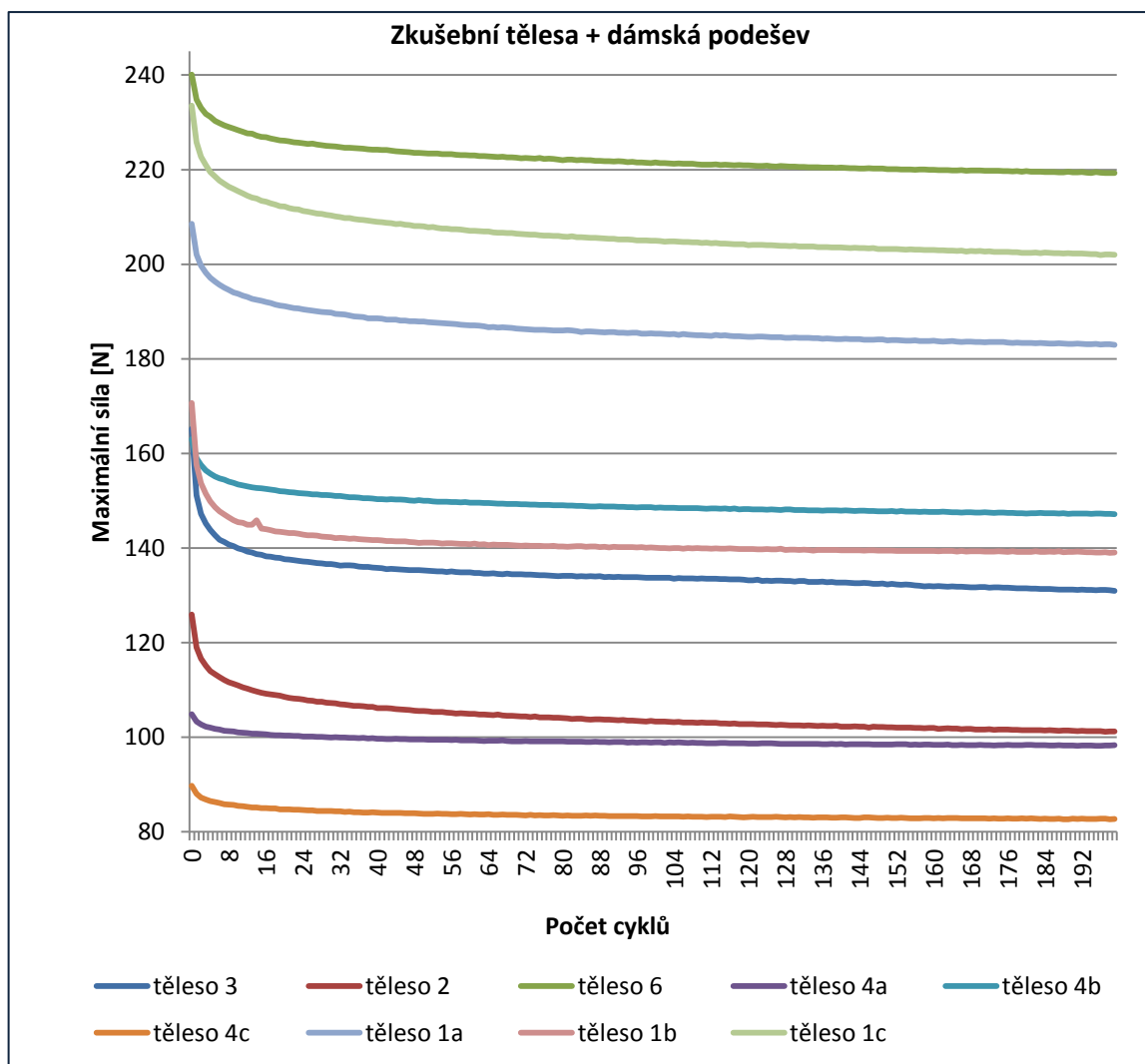
Tabulka 1 uvádí sílu zkušební tělesa s dámskou a pánskou podešví [N] a hysterizi energie [J] (rozdíl energie dodané a pohlcené) znázorněnou pro cykly 50, 100, 150 a 200.

Tab. 1. Síla a energie pro vkládací stélky s podešví.

zkuš.těleso + dámská podešev	50 cyklů		100 cyklů		150 cyklů		200 cyklů		průměr síly [N]	průměr hysterize [J]
	síla [N]	hysterize energie [J]	síla [N]	hysterize energie [J]	síla [N]	hysterize energie [J]	síla [N]	hysterize energie [J]		
skupina 1a	187,86	0,0558	185,37	0,0561	184,09	0,0561	182,93	0,0560	185,06	0,0560
skupina 1b	141,09	0,0183	140,12	0,0179	139,49	0,0177	139,04	0,0177	139,94	0,0177
skupina 1c	208,09	0,0579	204,96	0,0582	203,20	0,0583	201,98	0,0583	204,56	0,5818
skupina 2	105,57	0,0086	103,45	0,0089	102,15	0,0088	101,22	0,0089	103,10	0,0088
skupina 3	135,35	0,0128	133,75	0,0123	132,51	0,0123	130,91	0,0121	133,13	0,0123
skupina 4a	99,53	0,0269	98,89	0,0270	98,47	0,0271	98,31	0,0271	98,80	0,1081
skupina 4b	150,12	0,0452	148,64	0,0452	147,79	0,0453	147,17	0,0452	148,43	0,0452
skupina 4c	83,90	0,0186	83,29	0,0187	82,92	0,0188	82,74	0,0188	83,21	0,0187
skupina 6	223,54	0,0701	221,39	0,0703	220,26	0,0702	219,28	0,0703	221,12	0,0702
zkuš.těleso + pánská podešev										
skupina 5	92,61	0,0130	86,92	0,0125	83,83	0,0123	81,56	0,0121	86,23	0,0124
skupina 7	147,40	0,0041	139,83	0,0013	127,59	0,0008	125,64	0,0002	135,12	0,0016

Zkušební tělesa byla vyhodnocena a rozdělena podle průměrné maximální síly do dvou skupin. Do první skupiny byla zařazena zkušební tělesa s dámskou podešví s průměrem síly 146,37 N. V pořadí zkušebních těles 4c, 4a, 2, 3, 1b, 4b, 1a, 1c, 6. Do druhé skupiny zkušební tělesa s pánskou podešví s průměrnou silou 110,75 N. V pořadí zkušebních těles 5, 7.

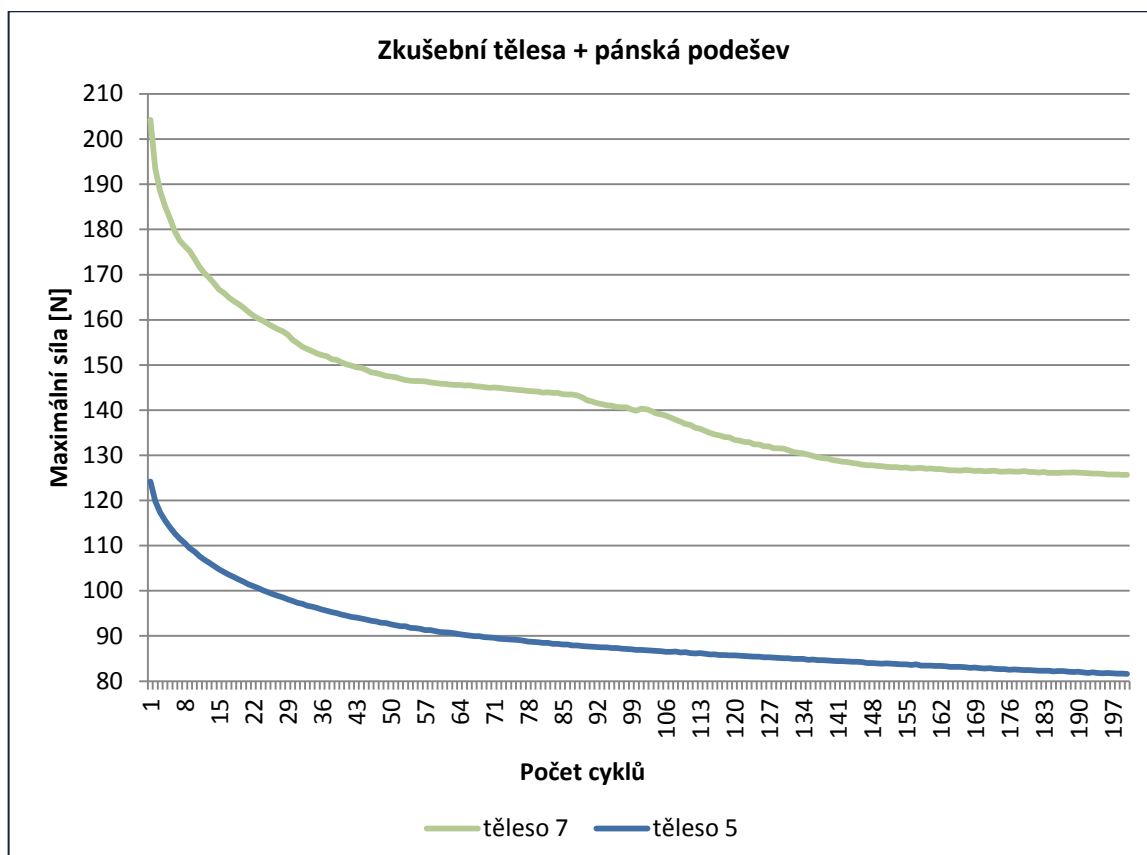
Podle hysterize byla zkušební tělesa rozdělena taktéž do dvou skupin. Do první skupiny byla zařazena zkušební tělesa s dámskou podešví s průměrem hysterize 0,1021 J. V pořadí zkušebních těles: 2, 3, 1b, 4c, 4b, 1a, 6, 4a, 1c. Do druhé skupiny zkušební tělesa s pánskou podešví s průměrnou hysterizí 0,0070 J v pořadí zkušebních těles 7, 5.



Graf 27. Závislost maximální síly na počet cyklů pro tělesa s dámskou podešví.

Graf 27. znázorňuje závislost maximální síly na počet cyklů pro zkušební tělesa s dámskou podešví. V uvedeném grafu bylo na zkušební tělesa a dámskou podešev působeno konstantním zdvihem 4 mm. Z grafu lze vyhodnotit materiály a jejich rozdílnost z pohledu působení maximální síly, která je ovlivněna použitým materiálem a rozdílnými tloušťkami. Jako nejlepší zkušební těleso s dámskou podešví se jeví těleso 4c (oranžová křivka), které je vyrobeno z latexu, její maximální průměrný tlak je 83,21 N. Jako nejhorší zkušební těleso s podešví se jeví těleso 6 (tmavě zelená křivka), které je vyrobeno z kombinace usně, korku a polyuretanu. U tohoto zkušebního tělesa s dámskou podešví je maximální průměrný tlak 221,12 N. Většina křivek má klesající tendenci, která znázorňuje únavu a defor-

mační vlastnosti materiálu. Křivky 4a, 4c (bílý a oranžový latex s patními miskami) mají ustálenou tendenci deformace materiálu a příliš se nemění.



Graf 28. Závislost maximální síly na počet cyklů pro tělesa s pánskou podešví.

Graf 28. znázorňuje závislost maximální síly na počet cyklů pro zkušební tělesa s pánskou podešví. Z grafu lze vyhodnotit rozdílnost materiálů z pohledu působení maximální síly. Jako lepší zkušební těleso s pánskou podešví se jeví těleso 5 složené z měkkých polyolefinů o průměrné maximální síle 86,23 N, než těleso 7 z vysokotlakých polyolefinů a speciálního termoplastického polymeru o průměrné maximální síle 135,12 N.

DISKUZE VÝSLEDKŮ

Z pohledu deformace [mm]

Z pohledu elasticity a deformačních vlastností měřených vkládacích stélek obuvi jsou zkušební tělesa vyhodnoceny od nejlepší stélky po nejhorší a již jsou rozděleny do dvou skupin, podle rozdílu úbytku tloušťky. Do první skupiny byly zařazeny vkládací stélky s úbytkem materiálu do 0,098 mm. Vkládací stélky s větším úbytkem jsou zařazeny do skupiny dvě. Úbytek tloušťky byl sledován před únavou a po únavě (Tab. 1). U vkládací stélky 1b byl zjištěn nejmenší úbytek materiálu (speciální polyuretan), který činil 0,065 mm. Takový materiál by byl hodnocený jako nejlepší z pohledu deformace. U stélky 6 byl zjištěn největší úbytek materiálu, který činil 0,461 mm (kombinace useň, korek a polyuretan). Taková vkládací stélka je svými deformačními vlastnostmi horší než vkládací stélka 5 (z měkkých polyolefinů).

Do první skupiny byly zařazeny vkládací stélky, které vykazovaly malý úbytek materiálu. Jsou to: 1b, 3, 4c, 4b.

Do druhé skupiny byly zařazeny vkládací stélky, které vykazovaly velký úbytek materiálu. Jsou to: 1a, 7, 2, 4a, 1c, 5 a 6.

Použitá dámská a pánská polyuretanová podešev nevykazovala měřitelný úbytek materiálu $\pm 0,005$ mm.

Tab. 2. Tloušťky zkušebních těles.

zkušební tělesa	tloušťka v patní části [mm]			pořadí hodnocení
	před únavou	po únavě	rozdíl	
skupina 1a	4,741	4,628	0,113	5
skupina 1b	5,027	4,962	0,065	1
skupina 1c	4,682	4,347	0,335	9
skupina 2	6,279	6,064	0,215	7
skupina 3	5,118	5,038	0,080	2
skupina 4a	5,272	4,948	0,324	8
skupina 4b	4,824	4,726	0,098	4
skupina 4c	5,157	5,065	0,092	3
skupina 5	6,439	6,013	0,426	10
skupina 6	5,052	4,591	0,461	11
skupina 7	7,216	7,053	0,163	6

Z pohledu vyvozené síly [N]

Maximální a minimální vyvozená síla na dané vkládací stélky nemůže být vzájemně objektivně posuzována bez ohledu na danou tloušťku vkládacích stélek, z důvodu, že při měření před únavou byla u většiny zkušebních těles změna tloušťka v patní části. Pro tuto změněnou tloušťku byl přístroj nově kalibrován a bylo prováděno měření o konstantním zdvihu deformace (4 mm), z tohoto důvodu je u těchto zkušebních těles odlišná maximální síla. Síly jsou znázorněny pro určité cykly před únavou, po únavě (Tab. 3) pro jednotlivé zkušební vzorky.

Tab. 3. Použité síly u zkušebních těles.

zkušební tělesa	50 cyklů		100 cyklů		150 cyklů		200 cyklů	
	síla [N] před únavou	síla [N] po únavě	síla [N] před únavou	síla [N] po únavě	síla [N] před únavou	síla [N] po únavě	síla [N] před únavou	síla [N] po únavě
skupina 1a	1247,75	3578,70	1219,60	3505,40	1206,99	3453,58	1196,02	3423,97
skupina 1b	313,05	304,31	308,44	299,01	305,98	296,36	304,19	294,67
skupina 1c	914,70	994,34	891,52	972,48	876,98	957,03	866,65	946,20
skupina 2	177,96	164,46	165,29	160,08	156,85	157,15	149,37	155,66
skupina 3	308,13	433,78	304,30	428,08	302,54	424,07	301,35	424,43
skupina 4a	241,51	230,99	240,64	229,88	240,26	229,24	240,00	228,88
skupina 4b	2201,62	2414,53	2142,12	2370,57	2110,24	2348,44	2096,97	2334,98
skupina 4c	160,25	168,18	159,23	167,31	158,69	166,96	158,43	166,95
skupina 5	305,74	337,36	302,10	333,91	300,13	331,90	298,49	330,20
skupina 6	1327,63	1201,26	1292,42	1206,95	1270,54	1242,99	1251,69	1247,45
skupina 7	216,62	372,78	210,11	366,13	207,23	362,30	205,25	360,08
pánská podešev	141,76	212,79	131,50	200,23	125,45	194,50	120,53	190,43
dámská podešev	284,23	285,85	280,45	283,29	277,92	281,62	276,06	280,24

Tab. 4. Nárůst deformace u zkušebních těles.

zkušební tělesa	50 cyklů	100 cyklů	150 cyklů	200 cyklů	průměr síly [N]	pořadí hodnocení
	rozdíl síly [N]	rozdíl síly [N]	rozdíl síly [N]	rozdíl síly [N]		
skupina 1a	2330,95	2285,80	2246,59	2227,95	2272,82	11
skupina 1b	-8,74	-9,43	-9,62	-9,52	-9,33	3
skupina 1c	79,64	80,96	80,05	79,55	80,05	7
skupina 2	13,50	5,21	-0,30	-6,29	3,03	4
skupina 3	125,65	123,78	121,53	123,08	123,51	8
skupina 4a	-10,52	-10,76	-11,02	-11,12	-10,86	2
skupina 4b	212,91	228,45	238,20	238,01	229,39	10
skupina 4c	7,93	8,08	8,27	8,52	8,20	5
skupina 5	31,62	31,81	31,77	31,71	31,73	6
skupina 6	-126,37	-85,47	-27,55	-4,24	-60,91	1
skupina 7	156,16	156,02	155,07	154,83	155,52	9
pánská podešev	71,03	68,73	69,05	69,90	69,68	*
dámská podešev	1,62	2,84	3,70	4,18	3,09	

Rozdíl maximální síly při 50, 100, 150 a 200 cyklech po únavě a před únavou (Tab. 3) znázorňuje vlastnost daného materiálu, jeho elasticity, plasticity a relaxace. (Jinými slovy Tab. 4 znázorňuje nárůst deformace, který byl vypočítán rozdílem síly po únavě od síly před únavou pro jednotlivé cykly). Zkušební tělesa byla vyhodnocena (Tab. 4) a rozdělena do dvou skupin. Do první skupiny byla zařazena zkušební tělesa s průměrem síly do 8,02 N. Zkušební tělesa s větším průměrem síly byla zařazena do skupiny dvě.

Skupina č. 1 zastupuje materiály s menší dodanou maximální silou při zkoušce po únavě o konstantním zdvihu působící čelisti přístroje. Do této skupiny patří zkušební tělesa 6 (-60,91 N), 4a (-10,86 N) 1b (-9,33 N), 2 (3,03 N) a 4c (8,20 N).

Skupina č. 2 znázorňuje materiály s větší dodanou maximální silou při zkoušce po únavě o konstantním zdvihu působící čelisti přístroje. Do této skupiny patří zkušební tělesa 5 (31,73 N), 1c (80,05 N), 3 (123,51 N), 7 (155,52 N), 4b (229,39 N) a 1a (2272,82 N).

* Na pánskou polyuretanovou podešev byl při měření vyvozen větší tlak než na dámskou polyuretanovou podešev. Ten byl v průměru 69,68 N u pánské a 3,09 N u dámské polyuretanové podešve. Tato rozdílnost sil je dána patní plochou podešve, její velikostí, tvarem a odlehčením u dámské podešve. Pánská podešev o menší tloušťce neměla v patní části odlehčení. Podešve se mohou lišit také použitou polyuretanovou směsí uplatněnou při výrobě.

Kombinace vkládacích stélek a podešví

Jako nejvhodnější materiály, které jsou vyhodnocovány z grafu 27 je latexová skupina těles 4c, 4a, a těleso 2 (speciální modro-zelený polyuretan), na kterou je působeno nejmenším vyvozeným tlakem, a vykazují nejmenší deformační vlastnosti. Další tělesa na které působí použitá maximální síla větším tlakem jsou 3, 1b, 4b, 1a, 1c a 6. Pro přehlednost jsou všechny zkušební tělesa zdokumentovány a přiloženy v příloze P 2.

Tab. 5. Rozdíly použitých sil u stélky a stélky s podešví.

zkuš.těleso + dámská podešev	stélka	stélka + podešev	stélka	stélka + podešev	stélka	stélka + podešev	stélka	stélka + podešev
	síla [N]	síla [N]	síla [N]	síla [N]	síla [N]	síla [N]	síla [N]	síla [N]
	50 cyklů		100 cyklů		150 cyklů		200 cyklů	
skupina 1a	1247,75	187,86	1219,60	185,37	1206,99	184,09	1196,02	182,93
skupina 1b	313,05	141,09	308,44	140,12	305,98	139,49	304,19	139,04
skupina 1c	914,70	208,09	891,52	204,96	876,98	203,20	866,65	201,98
skupina 2	177,96	105,57	165,29	103,45	156,85	102,15	149,37	101,22
skupina 3	308,13	135,35	304,30	133,75	302,54	132,51	301,35	130,91
skupina 4a	241,51	99,53	240,64	98,89	240,26	98,47	240,00	98,31
skupina 4b	2201,62	150,12	2142,12	148,64	2110,24	147,79	2096,97	147,17
skupina 4c	160,25	83,90	159,23	83,29	158,69	82,92	158,43	82,74
skupina 6	1327,63	223,54	1292,42	221,39	1270,54	220,26	1251,69	219,28
zkuš.těleso + pánská podešev								
skupina 5	305,74	92,61	302,10	86,92	300,13	83,83	298,49	81,56
skupina 7	216,62	147,40	216,62	139,83	207,23	127,59	205,25	125,64

Z pohledu absorpce energie [J]

Absorpce energie se liší při různých tloušťkách a použité maximální síle. S ohledem na tyto proměnné by mohlo být vyhodnoceno jako nejlepší zkušební těleso, které má hysterezi energie před únavou a po únavě stejnou, nebo co nejbližší. Hodnocení je prováděno z tabulky (Tab. 6). Takovým tělesem byl zkušební vzorek 2 (speciální modro-zelený polyuretan). Podobné vlastnosti má i zkušební těleso 7 (polyolefinová pěna o vysoké hustotě). Jako nejhorší zkušební těleso, které má absorpci energie před únavou a po únavě značně odlišnou od ostatních zkušebních těles je těleso 4b (bílý latex bez patní misky).

Tab. 6. Použité energie u zkušebních těles.

zkušební tělesa	50 cyklů		100 cyklů		150 cyklů		200 cyklů	
	hystereze energie [J] před únavou	hystereze energie [J] po únavě	hystereze energie [J] před únavou	hystereze energie [J] po únavě	hystereze energie [J] před únavou	hystereze energie [J] po únavě	hystereze energie [J] před únavou	hystereze energie [J] po únavě
skupina 1a	0,3526	1,2053	0,3491	1,1817	0,3476	1,1649	0,3478	1,1541
skupina 1b	0,1077	0,1105	0,1055	0,1072	0,1039	0,1057	0,1031	0,1047
skupina 1c	0,2090	0,2477	0,2118	0,2478	0,2127	0,2480	0,2127	0,2473
skupina 2	0,0081	0,0026	0,0076	0,0032	0,0072	0,0032	0,0068	0,0035
skupina 3	0,1149	0,1352	0,1130	0,1327	0,1122	0,1319	0,1116	0,1295
skupina 4a	0,0751	0,0712	0,0752	0,0713	0,0753	0,0716	0,0754	0,0716
skupina 4b	0,6640	0,7457	0,6517	0,7344	0,6408	0,7274	0,6379	0,7216
skupina 4c	0,0410	0,0423	0,0411	0,0424	0,0414	0,0427	0,0415	0,0427
skupina 5	0,0763	0,0870	0,0765	0,0870	0,0763	0,0869	0,0763	0,0869
skupina 6	0,4050	0,3615	0,3983	0,3629	0,3917	0,3761	0,3865	0,3798
skupina 7	0,0383	0,0713	0,0393	0,0715	0,0399	0,0720	0,0384	0,0724
pánská podešev	0,0245	0,0304	0,0240	0,0310	0,0233	0,0309	0,0225	0,0309
dámská podešev	0,0858	0,0889	0,0862	0,0889	0,0863	0,0889	0,0865	0,0888

Z uvedené tabulky vyplývá, že hodnoty hysterezí (J) jsou si velmi podobné. Nicméně lze konstatovat, že v průběhu cyklického zatěžování vykazovali měřené vzorky sestupnou tendenci hystereze před únavou. Toto je možné vysvětlit stoupající únavou materiálu a nedostatečnou relaxací v čase mezi jednotlivými cykly. Po relaxaci, která byla sledována jako funkce času, byla zjištěna přibližně stagnující hodnota hystereze nebo velmi málo stoupající, což bylo důsledkem již stlačeného materiálu, který byl po únavě. Z tohoto hlediska je stoupající energetická náročnost deformace na potřebnou hodnotu.

Dále lze obecně konstatovat, že u ostatních vkládacích stélek byly lépe hodnoceny vkládací stélky v kombinaci s měkčími materiály (polyuretan, latex), než vkládací stélky v kombinaci s tvrdými materiály (plast, korek).

U dámské polyuretanové podešve s odlehčením a větší tloušťce v patní části byla hystereze energie horší než u pánské podešve bez odlehčení a menší tloušťce.

Účinnost použití stélek

Tabulka znázorňuje průměrnou maximální sílu pro podešev měřenou samostatně bez vkládací stélky a stélku měřenou s podešví. Z uvedených hodnot je vypočten procentuální nárůst při použití vkládací stélky v podešvi ve srovnání použití pouze podešve.

Tab. 7. Procentuální nárůst při použití stélek.

zkuš.těleso + dámská podešev	podešev	stélka + podešev	%	pořadí hodnocení
	před únavou			
	Øsíla [N]	Øsíla [N]		
skupina 1a	279,67	185,06	33,83	7
skupina 1b	279,67	139,94	49,96	5
skupina 1c	279,67	204,56	26,86	8
skupina 2	279,67	103,10	63,14	3
skupina 3	279,67	133,13	52,40	4
skupina 4a	279,67	98,80	64,67	2
skupina 4b	279,67	148,43	46,93	6
skupina 4c	279,67	83,21	70,25	1
skupina 6	279,67	221,12	20,94	9
průměr			47,66	
zkuš.těleso + pánská podešev				
skupina 5	129,81	86,23	33,57	
skupina 7	129,81	135,12	4,09	
průměr			18,83	

Rozdílné hodnoty průměrných sil podešví se liší z důvodu měření dámské a pánské podešve. Pro dámskou podešev je větší průměrná maximální síla 279,67 N, pro pánskou podešev průměrná maximální síla menší 129,81 N. Zkušební tělesa byla vyhodnocena (Tab. 7) a rozdělena do dvou skupin.

Skupina č. 1 zastupuje materiály s dámskou podešví s větším procentuálním nárůstem. Do této skupiny patří zkušební tělesa 4c (oranžový latex s patní miskou), které snižuje maximální průměrný tlak o 70,25 %, 4a (bílý latex s patní miskou), 2 (speciální modro-zelený polyuretan) a 3 (textil a polyuretan).

Skupina č. 2 zastupuje materiály s pánskou podešví s menším procentuálním nárůstem. Do této skupiny patří zkušební tělesa 1b (hovězinová štípenka a speciální polyuretan), 4b (bílý latex bez patní misky), 1a (hovězinová štípenka s vlnovcem), 1c (hovězinová štípenka s korkovým komponentem) a 6 (kombinace useň, korek a polyuretan) které snižuje maximální průměrný tlak o 20,94 N.

ZÁVĚR

Z uvedených výsledků práce, které jsou detailně popsány v diskuzi výsledků lze vyhodnotit vlastnosti jednotlivých vkládacích stélek z pohledu deformace, maximální vyvozené síly, hystereze energie a účinnosti použitých vkládacích stélek.

Vyhodnocené zkušební tělesa z pohledu hystereze mají velmi podobné vlastnosti odolnosti proti deformaci a lze konstatovat, že konstrukce stélky z použitých materiálů jsou navrženy vhodně. Zásadní rozdíly lze vidět mezi vzorky skupiny 2 a 7, kde se dosahuje přibližně 50-ti % změny vůči hysterezi před únavou a po únavě, nebo případně opačně.

Zkušební těleso 4c složeno z butadien-styrenového kaučuku (oranžové barvy) o tloušťce mísky v patní části 5,157 mm (Obr. 19) bylo v jednotlivých diskutovaných vlastnostech nejvíce zastoupeno jako nejvhodnější. Dobré výsledky zkoušeného materiálu jsou dány vlastnostmi materiálu, zejména malou deformací a velmi dobrou relaxací. Zmíněné zkušební těleso bylo zvoleno jako nejvhodnější z důvodu nejčastějšího výskytu ve skupinách s dobrými naměřenými hodnotami. Tyto skupiny jsou popsány v diskuzi výsledků a byly vytvořeny pro přehlednost daných vlastností jednotlivých stélek obuvi.

Zkušební těleso 1a bylo v jednotlivých diskutovaných vlastnostech nejvíce zastoupeno ve skupinách s horšími naměřenými hodnotami. Bylo složeno z hovězinové štípenky s vlnovcovitou komponentou v patní části, která byla rovná o tloušťce 4,741 mm. Toto těleso bylo vyhodnoceno jako nejméně vhodné s porovnáním s ostatními zkušebními tělesy, z důvodu členitého povrchu vlnovcovitého dílce a obtížné měřitelnosti.

Dalším závěrem je zjištění změny průměrného maximálního tlaku v patní části při použití různých vkládacích stélek, které snižují tlak u dámské podešve v průměru o 48 %.

U pánské podešve, která měla výšku v patní části nižší, byla zjištěna hodnota snížení průměrného maximálního tlaku jednotlivými stélkami obuvi o 19 %.

Na závěr je nutno zmínit, že prováděný experiment slouží jako pilotní metodikou pro případné další měření. Pro objektivní výsledky by bylo vhodné měřit více zkušebních těles, při větším počtu prováděných cyklů. Také by bylo vhodné širší materiálové zastoupení pro jednotlivé vkládací stélky obuvi. Samotné podešve by bylo vhodné změřit i z jiných materiálů např. z termoplastického elastomeru nebo pryže.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MAZÁN, V., HÁJEK, L., *Technológia pre 1. 2. a 3. ročník OU a UŠ vysekováč usni*. Vydal ALFA vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatury. Bratislava: 1969.
- [2] SNOPEK, L., HECZKO, J., *Konstrukce a modelování obuvi pro SOU*. Vydal SNTL – Nakladatelství technické literatury, n. p.. Praha: 1985.
- [3] STLOUKAL, M. - vedoucí autorské skupiny, *Antropologie – příručka pro studium kostry*. Vydal Národní muzeum s podporou Grantové agentury České republiky. Praha 1999. ISBN 80-7036-101-8.
- [4] ŘÍHOVSKÝ, R., *Anatomie a fyziologie – ruka a noha ve vztahu k odívání a obouvání*. Vydal VUT Brno. Brno 1975.
- [5] GOOGLE.CZ., *Kostrá dolní končetiny*, [online], [cit. 2011-20-01], dostupný z <http://www.latinsky.estranky.cz/img/original/230/kostra-dolni-koncetiny.jpg>
- [6] SUCHÝ, J., MACHOVÁ, J., *Praktická cvičení ze somatologie a antropologie. Pro pedagogické fakulty*. Vydal Státní pedagogické nakladatelství, n. p.. Praha 1970.
- [7] GOOGLE.CZ., *Kostrá nohy*, [online], [cit. 2011-20-01], dostupný z <http://82.114.195.35:90/Vyuka/Ka%C4%8D%C3%ADrkov%C3%A1%20Jarmila/3.ro%C4%8Dn%C3%ADk/02%20kostra/p%C3%A1nevn%C3%AD%20kon%C4%8Detina/kostra%20nohy.jpg>
- [8] HELLIWELL, P., at all: *The foot and ankle in rheumatoid arthritis*. British Library Cataloguing in Publication Data. First published 2007. 213s. ISBN 10: 0 443 10110 8.
- [9] VAŘEKA, I., VAŘEKOVÁ, R., *Kineziologie nohy*. Vydal Univerzita Palackého v Olomouci. Olomouc: 2009. ISBN 978-80-244-2432-3.
- [10] GOOGLE.CZ., *Podélná a příčná klenba nožní*. [online], [cit. 2011-20-01], dostupný z <http://www.ortopedica.cz/anatomie-nohy-bolesti-nohou/>
- [11] GOOGLE.CZ., *Postavení patní kosti*. [online], [cit. 2011-20-01], dostupný z <http://www.spokojenenohy.cz/uploads/krive%20kotniky.gif>
- [12] DUNGL, P., *Ortopedie a traumatologie nohy*. Vydal Avicentrum Praha. Praha 1989.
- [13] NOVÁK, A., *Biomechanika tělesných cvičení*. Vydal Státní pedagogické nakladatelství Praha. Praha 1970. 2. vydání. s. 252.
- [14] LORIMER, D., at al.: *Neale's disorders of the foot*. British Library Cataloguing in Publication Data. 7. edition 2006. 696 s. ISBN 0-443-07415-1.
- [15] VESELÝ, J., *Dynamická chůze – cesta zpátky za zdravím: Jak se navždy zbavit bolesti v zádech*. Vydal Fontána 2007 Olomouc. s. 167. ISBN 80-7336-373-9.

- [16] GOOGLE.CZ., *Fáze chůze*, [online], [cit. 2011-20-01], dostupný z http://www.botyhanak.cz/info/2/dgprh9s6_190hr33jwg8_b.jpg
- [17] ŠŤASTNÁ, P., *Zdravotně nezávadné obouvání a Biomechanika bosé a obuté nohy*, 17. Kapitola. Tlumení nárazů při chůzi, 2006.
- [18] RAAB, M.: *Materiály a člověk. Netradiční úvod do současné materiálové vědy*. 1. Praha 2: Encyklopedický dům, 1999. ISBN 80-86044-13-0.
- [19] SEZNAM.CZ., *Zdravotně nezávadné obouvání*, [online], [cit. 2011-20-02], dostupný z <http://www.stripky.cz/643-zdrava-obuv.html>
- [20] GOOGLE.CZ., *Plochá noha dospělých*, [online], [cit. 2011-18-02], dostupný z <http://www.nemocnice-pardubice.cz/stranka/kliniky-a-oddeleni/ortopedie/plocha-noha-dospelych/126/>
- [21] GOOGLE.CZ., *Plochá noha*, [online], [cit. 2011-18-02], dostupný z http://www.dostry.cz/podrobne/potize_ploche_nohy.htm
- [22] GOOGLE.CZ., *Příčně plochá noha*, [online], [cit. 2011-18-02], dostupný z <http://www.ortopedicke-pomucky.eu/vlozky-do-bot-plocha-noha>
- [23] GOOGLE.CZ., *Vysoká noha*, [online], [cit. 2011-18-02], dostupný z <http://www.detskaobuv.cz/o-detske-obuvi/rady-lekaru-a-odborniku/nemoci-ohrozujici-detskou-nohu/#vysoka-noha>
- [24] SEZNAM.CZ., *Zdravotní problémy nohou*, [online]. [cit. 2011-22-01], dostupný z <http://www.medi-shoes.cz/index.php/pece-o-nohy-zdravotni-problemy-nohou>
- [25] GOOGLE.CZ., *Vbočený palec*, [online], [cit. 2011-18-02], dostupný z <http://www.studiozdravehoobouvani.cz/ortopedicke-vlozky/vboceny-palec/>
- [26] DYLEVSKÝ, I., KORBELÁŘ, P., KUČERA, M., *Pohybový systém a zátěž*. Vydal GRADA 1997. ISBN 80-7169-258-1.
- [27] SVAŘINA, Š., *Metabolický syndrom*. Vydal Nakladatelství TRITON. Praha 2001. ISBN 80-7254-178-1.
- [28] GOOGLE.CZ., *BMI 2010*, [online]. [cit. 2011-22-01], dostupný z www.uzis.cz/system/files/70_10.pdf
- [29] GOOGLE.CZ., *BMI*, [online], [cit. 2011-18-02], dostupný z http://en.wikipedia.org/wiki/Body_mass_index

- [30] ZÍTEK, O., *Lidé a móda*. Vydal ORBIS. Praha 1962.
- [31] HYBLEROVÁ, M., *Bakalářská práce: Historie obouvání a vznik podpatku*. UTB Zlín: Fakulta technologická, 2009.
- [32] MORAVEC, P., DEĎO, J., *Technologie I*. Učební texty SPŠK Zlín. Zlín 1999.
- [33] DEĎO, J., *Konstrukce a modelování obuvi a galanterního zboží*. Učební texty SPŠK Zlín. Zlín 1995.
- [34] ZEMAN, O., HECZKO, J., ŠTĚRBA, J., *Obuvnická technologie I pro SOU*. Vydal SNTL Nakladatelství technické literatury. Praha 1984.
- [35] ZLÁMALOVÁ, B., *Diplomová práce: Fyzikálně-mechanické vlastnosti latexových vkládacích stélek*. UTB Zlín: Fakulta technologická, 2009.
- [36] KADLEC, S., at al.: *Zkoušení obuvnických materiálů*. Státní nakladatelství technické literatury. Praha 1964. 04-835-64.
- [37] BLAŽEJ, M., POKLUDOV, E.: *Polyméry v kožiarskom a obuvníckom a galantérnom priemysle*. Alfa, vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatury, n.p.. Bratislava, 1980. 63-073-80.
- [38] GOOGLE.CZ., *Vkládací stélka*. [online], [cit. 2011-25-02], dostupný z http://www.zdravotyka.cz/data/eshop_sym/product/99/vlozky-ortopedicke-damske.jpg
- [39] GOOGLE.CZ., *Vkládací latexová stélka*. [online], [cit. 2011-25-02], dostupný z <http://www.f3cz.com/eobchod/index.php?kat=11>
- [40] GOOGLE.CZ., *Masážní stélka*. [online], [cit. 2011-25-02], dostupný z <http://www.magnet-3pagen.cz/masazni-stelky/41708-61>
- [41] GOOGLE.CZ., *Korkové stélky*. [online], [cit. 2011-25-02], dostupný z http://www.zdravotniboty.cz/index.php?main_page=mgp&pID=33
- [42] GOOGLE.CZ., *Silikonové stélky*. [online], [cit. 2011-25-02], dostupný z <http://www.f3cz.com/eobchod/index.php?kat=12>
- [43] GOOGLE.CZ., *Diabetické stélky*. [online], [cit. 2011-25-02], dostupný z <http://ortotika-protetika.cz/?page=katalog-produktu&sekce=ortopedicke-vlozky>
- [44] SHIMADZU, TRAPEZIUM X. *Data Processing. Reference Manual*. Prosinec 2007.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Kostra dolní končetiny. [5]	13
Obr. 2. Boční kostra nohy. [7]	14
Obr. 3. Schématické znázornění podélné a příčné klenby nožní. [10]	15
Obr. 4. Postavení patní kosti. [11]	16
Obr. 5. Fáze chůze. [16].....	17
Obr. 6. Plantoskop. [21].....	21
Obr. 7. Vysoká noha. [23].....	22
Obr. 8. Vbočený palec. [25].....	23
Obr. 9. Usňová vkládací stélka. [38]	28
Obr. 10. Vkládací latexová stélka. [39]	29
Obr. 11. Masážní stélka. [40].....	29
Obr. 12. Korkové stélky. [41]	30
Obr. 13. Diabetické stélky. [43].....	30
Obr. 14. Strojní zařízení Shimadzu.....	34
Obr. 15. Zkušební tělesa.	36
Obr. 16. Zkušební tělesa Skupiny 1.	37
Obr. 17. Zkušební vzorek 2.	43
Obr. 18. Zkušební vzorek 3.	45
Obr. 19. Zkušební vzorky Skupiny 4.	46
Obr. 20. Zkušební vzorek 5.	51
Obr. 21. Zkušební vzorek 6.	53
Obr. 22. Zkušební vzorek 7.	55
Obr. 23. Zkušební vzorek 8.	56
Obr. 24. Zkušební vzorek 9.	58

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1. Závislost maximální síly na počet cyklů před únavou, po únavě tělesa 1a.	38
Graf 2. Závislost dodaných a pohlcených energií před únavou, po únavě pro cykly 1, 10, 50, 100, 150, 200 tělesa 1a.	39
Graf 3. Závislost maximální síly tělesa na počet cyklů před únavou, po únavě tělesa 1b.	40
Graf 4. Závislost dodaných a pohlcených energií před únavou, po únavě pro cykly 1, 10, 50, 100, 150, 200 tělesa 1b.	41
Graf 5. Závislost maximální síly na počet cyklů před únavou, po únavě tělesa 1c.	42
Graf 6. Závislost dodaných a pohlcených energií před únavou, po únavě pro cykly 1, 10, 50, 100, 150, 200 tělesa 1c.	42
Graf 7. Závislost počtu cyklů na maximální síle tělesa 2.	43
Graf 8. Závislost rozdílu maximální síly před únavou, po únavě pro cykly 1, 10, 50, 100, 150, 200 tělesa 2.	44
Graf 9. Závislost maximální síly na počet cyklů před, po únavě tělesa 3.	45
Graf 10. Závislost dodaných a pohlcených energií před únavou, po únavě pro cykly 1, 10, 50, 100, 150, 200 tělesa 3.	46
Graf 11. Závislost maximální síly na počet cyklů před únavou, po únavě tělesa 4a.	47
Graf 12. Závislost dodaných a pohlcených energií před únavou, po únavě pro cykly 1, 10, 50, 100, 150, 200 tělesa 4a.	47
Graf 13. Závislost maximální síly na počet cyklů před únavou, po únavě tělesa 4b.	48
Graf 14. Závislost dodaných a pohlcených energií před únavou, po únavě pro cykly 1, 10, 50, 100, 150, 200 tělesa 4b.	49
Graf 15. Závislost maximální síly na počet cyklů před únavou, po únavě tělesa 4c.	50
Graf 16. Závislost dodaných a pohlcených energií před únavou, po únavě pro cykly 1, 10, 50, 100, 150, 200 tělesa 4c.	50
Graf 17. Závislost maximální síly na počet cyklů před únavou, po únavě tělesa 5.	52
Graf 18. Závislost dodaných a pohlcených energií před únavou, po únavě pro cykly 1, 10, 50, 100, 150, 200 tělesa 5.	52
Graf 19. Závislost maximální síly na počet cyklů před únavou, po únavě tělesa 6.	53
Graf 20. Závislost dodaných a pohlcených energií před únavou, po únavě pro cykly 1, 10, 50, 100, 150, 200 tělesa 6.	54
Graf 21. Závislost maximální síly na počet cyklů před únavou, po únavě tělesa 7.	55

Graf 22. Závislost dodaných a pohlcených energií před únavou, po únavě pro cykly 1, 10, 50, 100, 150, 200 tělesa 7.	56
Graf 23. Závislost maximální síly na počet cyklů před únavou, po únavě tělesa 8.	57
Graf 24. Závislost dodaných a pohlcených energií před únavou, po únavě pro cykly 1, 10, 50, 100, 150, 200 tělesa 8.	57
Graf 25. Závislost maximální síly na počet cyklů před únavou, po únavě tělesa 9.	58
Graf 26. Závislost dodaných a pohlcených energií před únavou, po únavě pro cykly 1, 10, 50, 100, 150, 200 tělesa 9.	59
Graf 27. Závislost maximální síly na počet cyklů pro tělesa s dámskou podešví.	61
Graf 28. Závislost maximální síly na počet cyklů pro tělesa s pánskou podešví.	62

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Síla a energie pro vkládací stélky s podešví.	60
Tab. 2. Tloušťky zkušebních těles.	63
Tab. 3. Použité síly u zkušebních těles.	64
Tab. 4. Nárůst deformace u zkušebních těles.	65
Tab. 5. Rozdíly použitých sil u stélky a stélky s podešví.	66
Tab. 6. Použité energie u zkušebních těles.	67
Tab. 7. Procentuální nárůst při použití stélek.	68

SEZNAM PŘÍLOH

P I: Program TRAPEZIUM X

P II: Zkušební tělesa + dámská podešev

PŘÍLOHA P I: PROGRAM TRAPEZIUM X

TRAPEZIUM X File Edit View Test Tools Hardware Window Help

Quick Method List New Open Save Preview... Print Re-Analyze... Re-Test... Start Pause Stop Return

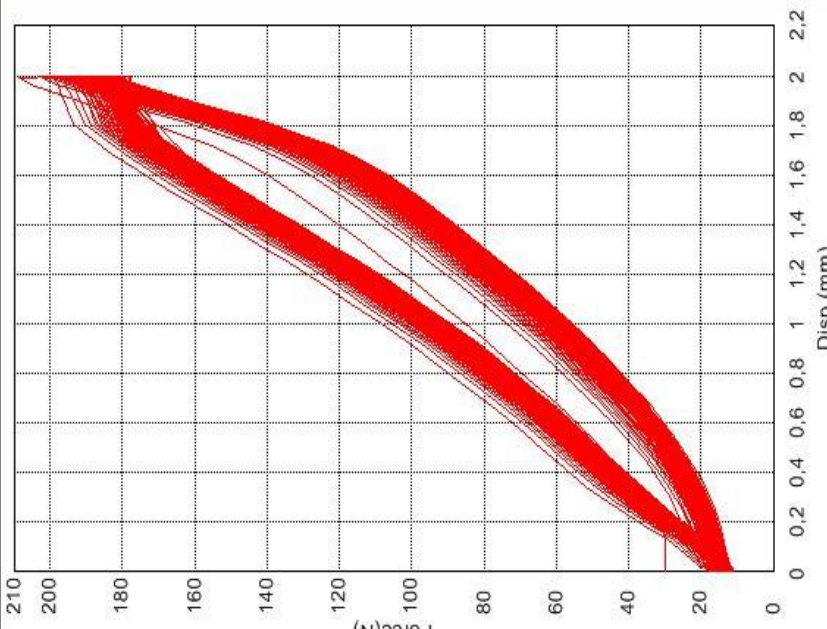
Force **20,20 N** **Stroke** **-29,021 mm** **Cycle** **0**

Tests Completed. Stop

Test Speed **600 mm/min**

Full Scale: **10000 N** Max. **2 mm** Min. **0 mm**

Preview ReAnalyze Save As Test Open Test Save Raw Data to CSV File Save as PDF File Returns to TRAPEZIUM X Home



Show Batch Results Show single result

Name	Max_Force	Max_Stress
Parameter	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unit	N	N/mm2
Print	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
[1] Cycle	208,569	,11690
[2] Cycle	202,055	,98202
[3] Cycle	199,680	,97048
[4] Cycle	198,202	,96329
[5] Cycle	197,137	,95812
[6] Cycle	196,338	,95423
[7] Cycle	195,654	,95091
[8] Cycle	195,046	,94795
[9] Cycle	194,566	,94567
[10] Cycle	194,052	,94312
[11] Cycle	193,733	,94157
[12] Cycle	193,392	,93992
[13] Cycle	193,090	,93845
[14] Cycle	192,707	,93659
[15] Cycle	192,507	,93661
[16] Cycle	192,294	,93458
[17] Cycle	191,994	,93312
[18] Cycle	191,803	,93219
[19] Cycle	191,501	,93072
[20] Cycle	191,236	,92943
[21] Cycle	191,099	,92877

PŘÍLOHA P II: ZKUŠEBNÍ TELESA + DÁMSKÁ PODEŠEV

