

Bakalářská práce

Virtuální prototypování oděvů s využitím systému CLO 3D

Studijní program:

B0723A270003 Výroba oděvů a technické kon-
fekce

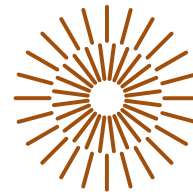
Autor práce:

Ing. Barbara Luňáčková, Ph.D.

Vedoucí práce:

Ing. Viera Glombíková, Ph.D.
Katedra oděvnictví

Liberec 2024



Zadání bakalářské práce

Virtuální prototypování oděvů s využitím systému CLO 3D

Jméno a příjmení:

Ing. Barbara Luňáčková, Ph.D.

Osobní číslo:

T21000244

Studijní program:

B0723A270003 Výroba oděvů a technické konfekce

Zadávající katedra:

Katedra oděvnictví

Akademický rok:

2023/2024

Zásady pro vypracování:

1. Provedte rešerši zaměřenou na vývoj a současný stav systémů pro virtuální prototypování oděvů včetně ozřejmění pojmů souvisejících s problematikou simulace fittingu (padnutí) oděvu.
2. Provedte analýzu vztahu mezi parametry textilií, které jsou používány jako vstupní veličiny pro 3D simulaci chování oděvu na virtuální figuríně a přesností výsledné simulace.
3. Seznamte se s funkcionalitou systému CLO3D pro 3D vizualizaci oděvních výrobků.
4. Navrhněte a zrealizujte experiment zaměřený na porovnání přesnosti simulace oděvu v prostředí CLO 3D s reálným vzorkem oděvu.
5. Formulujte závěry plynoucí z provedeného experimentu.

Rozsah grafických prací: dle rozsahu dokumentace
Rozsah pracovní zprávy: cca 40 stran
Forma zpracování práce: tištěná/elektronická
Jazyk práce: čeština

Seznam odborné literatury:

- MONIRUZZAMAN, Md., Afroza Akter RITA a Saudia Haque OISHE. An approach to design solutions for garments using a CAD system. Journal of Textile Engineering & Fashion Technology [online]. 2022, 8(5), 145-148. Dostupné z: doi:10.15406/jteft.2022.08.00313
- GERŠAK, Jelka. Design of Clothing Manufacturing Processes: A Systematic Approach to Developing, Planning, and Control. 2nd vyd. Maribor: Woodhead Publishing, Elsevier, 2022. ISBN 9780081026489.
- DAI, Xiaoqun a Yan HONG. Fabric mechanical parameters for 3D cloth simulation in apparel CAD: A systematic review. Computer-Aided Design. 2023, 103638. ISSN 00104485

Vedoucí práce: Ing. Viera Glombíková, Ph.D.
Katedra oděvnictví

Datum zadání práce: 27. listopadu 2023
Předpokládaný termín odevzdání: 20. května 2024

doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.
děkan

L.S.

prof. Dr. Ing. Zdeněk Kůs
garant studijního programu

V Liberci dne 27. listopadu 2023

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědoma toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědoma následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

Zbyňkovi

Děkuji rodině, která mi poskytla laskavé a vlídné zázemí pro studium, děkuji Ing. Vieri Glombíkové, Ph.D. za odborné a trpělivé vedení, Ing. Michalu Chotěborovi za zaškolení v práci na laboratorních přístrojích a možnost nechat mne provádět měření samostatně, děkuji svým milým a inspirativním spolužákům a v neposlední řadě děkuji pedagogům a pracovníkům TUL za vše, co mne naučili a za jejich péči.

Anotace

Bakalářská práce se věnuje stále intenzivněji se rozvíjející problematice virtuálního prototypování oděvů. Při virtuálním prototypování je nezbytné, aby software simuloval virtuální oděv co nejděrohodněji. Posouzení věrohodnosti simulace lze provést srovnáním padnutí reálného výrobku s virtuálním výrobkem subjektivními či objektivními metodami. V této práci je pomocí objektivního srovnávání posouzena úspěšnost virtuální simulace $\frac{3}{4}$ kolové sukně délky 60 cm ušité ve dvojím provedení, tj. ze dvou bavlněných pláten lišících se gramáží (první plátno s označením BP145 má plošnou hmotnost $139,0 \text{ gm}^{-2}$, druhé plátno s označením BP170 má plošnou hmotnost $174,3 \text{ gm}^{-2}$). Simulace $\frac{3}{4}$ kolové sukně byla provedena v programu CLO firmy CLO Virtual Fashion. Virtualizace textilního materiálu, která vždy předchází samotné simulaci, byla provedena dvojím způsobem: (1) Emulátorem programu CLO s pomocí výsledků laboratorních měření a (2) pomocí funkce CLO Fabric Creator, která virtualizuje textilie na základě tří charakteristik, a to typu textilie, složení textilie a plošné hmotnosti. U prvního uvedeného způsobu virtualizace vyžaduje CLO Emulátor nestandardní charakter vstupních hodnot, proto bylo třeba vytvořit vhodnou metodiku provedení laboratorních zkoušek (standardně používaných pro zkoušení plošných textilií) takovým způsobem, aby je CLO Emulátor akceptoval. Úspěšnost virtualizace bavlněných pláten dvěma uvedenými způsoby byla posouzena srovnáním splývavosti reálných a virtuálních kruhových vzorků. Úspěšná byla virtualizace pláten pomocí první uvedené metody, tj. pomocí CLO Emulátoru. Přesnost virtuální simulace $\frac{3}{4}$ kolových sukní z obou materiálů byla posouzena objektivním srovnáním splývavosti (a nejen jí) reálných sukní instalovaných na krejčovské panně s virtuálními sukněmi na virtuálním avatarovi. Rozměry avatara byly důsledně manuálně sladěny s rozměry krejčovské panny. Výsledná úspěšnost virtuální simulace byla hodnocena prostřednictvím klasifikační stupnice ECTS.

Klíčová slova: CLO, virtuální prototypování, fitting, bavlněné plátno, $\frac{3}{4}$ kolová sukně

Annotation

The bachelor thesis is devoted to the increasingly developing issue of virtual prototyping of garments. In virtual prototyping it is essential that the software simulates the virtual garment as faithfully as possible. The assessment of the reliability of the simulation can be done by comparing the fitting of the real product with the virtual product by subjective or objective methods. In this paper, the success rate of a virtual simulation of a 60 cm long flared skirt made in a double version, i.e. from two cotton plains of different weights (the first plain, labelled BP145, has a weight of $139,0 \text{ gm}^{-2}$, the second plain, labelled BP170, has a weight of $174,3 \text{ gm}^{-2}$) is assessed using objective comparisons. The simulation of the flared skirt was carried out in the CLO software by CLO Virtual Fashion. The virtualization of the fabric, which always precedes the simulation itself, was performed in two ways: (1) with the CLO Emulator using the results of laboratory measurements and (2) with the CLO Fabric Creator tool, which virtualizes the fabric based on three characteristics, namely fabric type, fabric composition, and weight. For the former, the Emulator requires non-standard input values, so it was necessary to develop a suitable methodology for performing laboratory tests (standardly used for testing fabrics) in such a way that the CLO Emulator would accept them. The success of cotton plain weave virtualization using the two methods was assessed by comparing the drapeability of the real and virtual circular samples. The success of the virtualization of the plain weaves using the first method, i.e. using the CLO Emulator, was successful. The accuracy of the virtual simulation of the flared skirts made of both materials was assessed by objectively comparing the drapeability (and not only it) of real skirts installed on the tailor's doll with virtual skirts on the virtual avatar. The dimensions of the avatar were consistently manually matched to the dimensions of the tailor's doll. The resulting success of the virtual simulation was evaluated using the ECTS grading scale.

Keywords: CLO, virtual prototyping, fitting, cotton plain, flared skirt

Obsah

1	Úvod.....	21
2	Virtuální prototypování.....	23
2.1	Virtuální simulace oděvů – pojmy (ISO 18163:2016)	25
2.2	Vývoj systémů pro vizualizaci oděvů	27
2.3	Digitální padnutí oděvů.....	28
2.4	Metody porovnání padnutí virtuálního oděvu s reálným	29
2.5	Vlastnosti nezbytné pro virtuální simulaci textilií	32
3	Řešení studií srovnávající reálný oděv s virtuálním.....	35
3.1	Studie porovnávající padnutí sukně v programu CLO.....	36
3.2	Studie porovnávající padnutí sukně v jiných softwarech.....	39
4	Software CLO.....	43
4.1	Vlastnosti definující virtuální textilii v programu CLO.....	44
4.2	Čtyři způsoby, jak vytvořit virtuální textilii v programu CLO.....	49
4.3	Souprava CLO Fabric Kit	50
4.4	Vliv vstupních parametrů na přesnost virtuální simulace	53
4.4.1	Vliv typu simulace	53
4.4.2	Vliv hustoty uzlových bodů v síti prvků	54
4.4.3	Vliv materiálových parametrů plošné textilie	55
4.4.4	Vliv sledu simulačních kroků.....	55
4.4.5	Vliv švů.....	58
4.4.6	Vliv způsobu virtuálního šití.....	64
4.4.7	Vliv virtuálních stehů.....	68
4.4.8	Vliv velikosti švových přídavek	70
5	Přehled dílčích závěrů.....	73
6	Koncepce experimentu.....	77
7	Laboratorní zkoušky textilie BP145 a BP170.....	79
7.1	Charakteristika textilie deklarovaná výrobcem.....	79
7.2	Plošná hmotnost	80
7.3	Tloušťka textilie a tloušťka hřbetového švu.....	80
7.4	Tuhost v ohybu.....	82
7.5	Závislost mezi silou a prodloužením při namáhání tahem	85

8	Virtuální simulace textilií BP145 a BP170	89
8.1	Proces virtualizace.....	89
8.2	Kalibrace modelu pomocí splývavosti plošné textilie.....	92
8.3	Vyhodnocení úspěšnosti virtuální simulace tkanin BP145 a BP170	95
9	Oděvní výrobek – ¾ kolová sukně	99
9.1	Konstrukce sukně v programu CLO.....	101
9.2	Reálné ¾ kolové sukně.....	104
9.3	Virtuální ¾ kolové sukně.....	107
9.4	Srovnání virtuálních a reálných sukní	108
9.5	Shrnutí výsledků a důležitých poznatků.....	114
10	Závěr.....	117
	Literatura	119
	Příloha 1 Obsah přiloženého CD	123
	Příloha 2 Materiálový list tkaniny Domestik 145 [63]	124
	Příloha 3 Materiálový list tkaniny Domestik 170 [64]	126
	Příloha 4 Vzorčky tkanin.....	127
	Příloha 5 Měření ohybové tuhosti tkanin BP145 a BP170 na přístroji TH4.....	129
	Příloha 6 Měření ohybové tuhosti švů na přístroji TH4	130
	Příloha 7 Měření splývavosti na vzorcích z materiálu BP145, e-BP145 a fc-BP145	131
	Příloha 8 Měření splývavosti na vzorcích z materiálu BP170, e-BP170, fc-BP170	132
	Příloha 9 Záznam pěti měření spodního kraje sukně (BP145 a BP170).....	133
	Příloha 10 Měření jednotlivých vln spodního kraje sukně z materiálu BP145.....	134
	Příloha 11 Měření jednotlivých vln spodního kraje sukně z materiálu BP170.....	135
	Příloha 12 Měření jednotlivých vln spodního kraje virtuálních sukní.....	136

Seznam obrázků

Obr. 1 Schéma využití virtuálního prototypování ve výrobě; inspirováno [1].....	21
Obr. 2 Splývavost plošné textilie kontra splývavost výrobku [23]; (a) kruhový vzorek plošné textilie splývající přes kruhovou podstavu, (b) kolová sukně přišita k pasovému límci ze stejného materiálu a stejné délky jako vzorek (a)	30
Obr. 3 Objektivní srovnání padnutí rozšířených sukni ve studii [24]	31
Obr. 4 Stanovení splývavosti sukni ve studii [26].....	31
Obr. 5 Objektivní srovnání padnutí rozšířených sukni ve studii [27]	32
Obr. 6 Pohled do uživatelského prostředí rozpracovaného návrhu v programu CLO.....	43
Obr. 7 Uživatelské prostředí programu CLO 3D [45 s. 7] Legenda: A) 3D okno pro virtuální simulaci oděvu, B) 2D okno pro návrh stříhové konstrukce, C) knihovna, D) okno výběru prvku (látka, steh, knoflík, ...), E) okno vlastností prvku, F) panel nástrojů pro 3D okno, G) panel nástrojů pro 2D okno, J) historie	44
Obr. 8 Vztah mezi plošnou hmotností textilie vyjádřené v gm^{-2} a plošnou hmotností vyjádřené 100-bodovou CLO stupnicí.....	48
Obr. 9 Formulář Emulátoru programu CLO pro zadávání výsledků měření.....	49
Obr. 10 CLO Fabric Kit 2.0: tloušťkoměr (obr. vlevo); stanovení tuhosti v ohybu (obr. vpravo) – kontaktní délka L1, délka proužku L2 [48].....	51
Obr. 11 CLO Fabric Kit 2.0: namáhání vzorku tahem [48]	51
Obr. 12 Dva typy simulací v programu CLO (verze 7.3).....	53
Obr. 13 Hustota uzlových bodů.....	54
Obr. 14 Uspořádání uzlových bodů v místě vnitřního polygonu a jeho efekt na tvar spodního lemu sukně	55
Obr. 15 Vzorek textilie v programu CLO průměru 300 mm (materiál „default fabric“) splývající přes okraje kruhové podstavy průměru 180 mm; (a) poloha osnovy, (b) 3D pohled, (c) pohled zespodu.....	56
Obr. 16 Průměty kruhového vzorku splývajícího přes podstavu pro materiál BP 145 jsou ovlivněny postupem při simulaci	57
Obr. 17 Tvary průmětů kruhových vzorků (BP145) při opakované simulaci: vlevo analýza 1, vpravo analýza 2	57
Obr. 18 (a) schéma švu s1, (b) směr analyzovaných švů [51].....	58
Obr. 19 Výsledky analýzy splývavosti pro tkaninu plátňové vazby s gramáží $136,8 gm^{-2}$ pro různé polohy hřbetového švu s1; převzato a upraveno z [51].....	59
Obr. 20 Koeficient splývavosti DC (%) vybraných tkanin v závislosti na počtu radiálně položených švů (typ švu: hřbetový, velikost švových přídavek: 10 mm, vázaný steh, 4 stehy/cm); převzato a upraveno z [54].....	59
Obr. 21 Vliv polohy švů na splývavost virtuálního vzorku ϕ 300 mm (řada 1 – směr švu a poloha osnovy, řada 2 a 3 – pohled zespodu na splývající vzorky z „default fabric“ a z bavlněného plátna ($139 gm^{-2}$))	61
Obr. 22 Srovnání splývajících kruhových vzorků sešitých v programu CLO radiálně vedenými švy pomocí funkce „sew“ ve směru osnovy (w1), útku (w2), osnovy a útku (w1-2), diagonály (b) a vzorku bez švu pro dva materiály: základní tkaninu a bavlněné plátno ($139 gm^{-2}$)	61

Obr. 23 Výsledky analýzy splývavosti virtuálního vzorku v programu CLO v závislosti na poloze švu; materiál „default fabric“, průměr vzorku 300 mm, průměr podstavy 180 mm	62
Obr. 24 Výsledky analýzy splývavosti virtuálního vzorku v programu CLO v závislosti na poloze švu; materiál bavlněné plátno, průměr vzorku 300 mm, průměr podstavy 180 mm	62
Obr. 25 Standardní virtuální šev	65
Obr. 26 Vyztužený virtuální šev	66
Obr. 27 Experiment napodobující reálný šev	67
Obr. 28 Srovnání průmětů dvou virtuálních kruhových textilních vzorků (materiál BP145), které se liší přítomností stehů ve švech	69
Obr. 29 Charakteristika stehů na 3-dílné 3/4 kolové sukni z bavlněného plátna BP170	69
Obr. 30 Srovnání dolních krajů dvou virtuálních sukní lišících se přítomností stehů ve švech	69
Obr. 31 Závislost ohybové tuhosti hřbetového švu a koeficientu splývavosti na velikosti švových přídavek; materiál: bavlněné plátno (144 gm^{-2}); převzato a upraveno z [53, 54]	70
Obr. 32 Schéma analyzovaného vzorku průměru 300 mm (materiál BP145)	71
Obr. 33 Srovnání průmětů pěti virtuálních kruhových vzorků (BP145) lišící se šíří výztuhy, která má simulovat švové přídávky; výztuze jsou přiřazeny stejné parametry jako textilií	71
Obr. 34 Koncepte experimentu	77
Obr. 35 Závislost tloušťky plošné textilie na velikosti tlaku aplikovaného při měření tloušťky textilie [57 kap. 10.1.6]	81
Obr. 36 Stanovení tloušťky plošné textilie a) pomocí soupravy CLO Fabric Kit [48], b) pomocí přístroje MO34A firmy SDL International (fotografie z měření), c) fotografie švu, jehož tloušťka byla měřena na přístroje MO34A	81
Obr. 37 a) Tuhoměr soupravy CLO Fabrik Kit [48]; měření napodobující CLO Fabric Kit na vzorku BP170 střiženém po diagonále (L1 kontaktní délka, L2 délka proužku, c ohybová délka, šířka vzorku 30 mm)	83
Obr. 38 Tuhoměr TH4; pohled na rubovou stranu textilie BP170 během ohýbání vzorku o rozměrech 25×50 mm	84
Obr. 39 a) Testometric M350-5CT; b) sada vzorků tkaniny BP145 střižených po osnově (na fotografii nahoře), diagonále, útku (na fotografii dole)	85
Obr. 40 Záznam tahové zkoušky na tkanině BP145, upínací délka 200 mm, šířka vzorku 30 mm, tahová rychlost 12 mm/min	86
Obr. 41 Záznam tahové zkoušky na tkanině BP170, upínací délka 200 mm, šířka vzorku 30 mm, tahová rychlost 12 mm/min	86
Obr. 42 Zvolené hodnoty prodloužení a odpovídajících sil vstupujících do Emulátoru programu CLO	87
Obr. 43 Měření splývavosti vzorku průměru 300 mm: a) na reálné textilií, b) na virtuální textilií v programu CLO	92
Obr. 44 Schéma splývajícího vzorku reálné textilie BP170 (vzorek 2) s vyznačením maximální a minimální délky vlny L_{max} , L_{min} , úhlu svírajícího maxima vln $\omega_{peak,i}$, úhlu svírajícího minima vln $\omega_{trough,i}$, plochy průmětu A , obvodu P_{vz} a poloměru podstavy R_{pod}	94
Obr. 45 Srovnání koeficientu splývavosti DC (%) a počtu vln NN (-) na vzorcích reálných textilií (BP145 a BP170) a e-textilií (e-BP145 a e-BP170)	98
Obr. 46 Srovnání maximální, minimální a průměrné výšky vlny reálných textilií a e-textilií	98

Obr. 47 Technický náčrt 3-dílné $\frac{3}{4}$ kolové sukně	99
Obr. 48 Rozměry krejčovské panny a virtuálního avatara	100
Obr. 49 Poloha plátna BP170 (šířka metráže 2 900 mm, délka 760 mm, výtěžnost 59,2 %) ...	100
Obr. 50 Střihová šablona 3-dílné $\frac{3}{4}$ kolové sukně.....	103
Obr. 51 Tvary spodních krajů sukní z materiálu BP145 a BP170 (měření č. 1 – černá, č. 2 – zelená, č. 3 – červená, č. 4 – modrá, č. 5 – žlutá).....	106
Obr. 52 Schéma půdorysu reálné sukně (BP145, měření č. 1) s vyznačením měřených parametrů	108
Obr. 53 Vztah mezi a) počtem vln NN a průměrnou hodnotou amplitudy vln A ($R = -0,95$), b) počtem vln NN a tvarem vln NS ($R = -0,13$); R – Pearsonův korelační koeficient.....	112
Obr. 54 Vztah mezi a) tvarem vln NS a plochou průmětu sukně S ($R = 0,87$), b) koeficientem splývavosti vzorku textilie DC a plochou průmětu $\frac{3}{4}$ kolové sukně ($R = 0,94$)	112

Seznam tabulek

Tab. 1 Přehled vybraných společností, které nabízejí produkty pro tvorbu 3D vizualizací [2, 4]	24
Tab. 2 Otázky pro hodnocení vzhledu rozšířených sukní ve studii Cha [19].....	29
Tab. 3 Studie věnující se padnutí virtuálních oděvních výrobků v programu CLO.....	35
Tab. 4 Studie Lee, 2011 [30]	37
Tab. 5 Studie Lee, 2017 [31].....	38
Tab. 6 Studie Oh, Ryu, 2015 [32].....	39
Tab. 7 Studie Cha, 2014 [19]	40
Tab. 8 Přehled parametrů, které definují v programu CLO fyzikální povahu textilie.....	45
Tab. 9 Vzorky virtuálních textilií přišpendlených k ramínku a parametry „stretch“ a „shear“ popisující elasticitu ve směru osnovy \uparrow , útku \rightarrow a v diagonále \nearrow , \nwarrow	46
Tab. 10 Vzorky virtuálních textilií a parametr „bending“ charakterizující ohybovou tuhost	46
Tab. 11 Vzorky virtuálních tkanin a parametr „buckling ratio“ charakterizující tvar a plnost vln	47
Tab. 12 Parametry měřené soupravou CLO Fabric Kit 2.0.....	50
Tab. 13 Vliv sledu dílčích simulačních kroků na výslednou simulaci	56
Tab. 14 Srovnání závěrů studií analyzující vliv švů na splývavost reálných kruhových vzorků (bavlněná plátna) s analýzou vlivu švů na splývavost virtuálních kruhových vzorků v programu CLO	63
Tab. 15 Výsledek analýzy vlivu typu virtuálního švu na charakter spodního kraje virtuální sukně	67
Tab. 16 Druhy stehů v programu CLO [3].....	68
Tab. 17 Charakteristika textilií BP145 a BP170 deklarovaná výrobcem	79
Tab. 18 Plošná hmotnost textilií BP145 a BP170	80
Tab. 19 Odpověď CLO na dotazy týkající se CLO Fabric Kit získaná emailovou komunikací s CLO a z chatu s CLO Support.....	81

Tab. 20 Tloušťka textilií BP145 a BP170 a tloušťka švů (přístroj MO34A, tlak 1 kPa).....	82
Tab. 21 Měření ohybové tuhosti tkanin BP145 a BP170 způsobem napodobujícím CLO Fabric Kit.....	83
Tab. 22 Hodnoty ohybových momentů s 95 % pravděpodobností pro textilie BP145 a BP170 stanovené na přístroji TH4 na vzorcích o rozměru 25×50 mm (se švem a bez švu) střížených ve směru osnovy ↑, útku → a diagonály ↗	84
Tab. 23 Vstupní hodnoty při vytváření virtuální textilie e-BP145	90
Tab. 24 Vstupní hodnoty při vytváření virtuální textilie e-BP170	90
Tab. 25 Virtuální textilie a jejich vlastnosti ohodnocené body z bodové škály 0-99	91
Tab. 26 Obrisy průmětů splývajících reálných a virtuálních kruhových vzorků tkanin.....	95
Tab. 27 Výsledky měření splývavosti reálných a virtuálních vzorků textilií	95
Tab. 28 Poměry koeficientů splývavosti a průměrných velikostí vln virtuálních a reálných vzorků tkanin.....	96
Tab. 29 Postup vytvoření ¾ kolové sukne v programu CLO	101
Tab. 30 Pohledy na sukni z materiálu BP145, která byla 5x ponechána splývat na krejčovské panně (délka zelené stuhy 10 cm)	104
Tab. 31 Pohledy na sukni z materiálu BP170, která byla 5x ponechána splývat na krejčovské panně (délka zelené stuhy 10 cm)	105
Tab. 32 Pohledy na virtuální sukne z materiálu e-BP145 a e-BP170.....	107
Tab. 33 Číselné srovnání reálných a virtuálních sukni.....	109
Tab. 34 Symetrická korelační matice	111
Tab. 35 Klasifikační stupně a jejich charakteristika upravená pro potřeby posouzení míry shody virtuální sukne s reálnou.....	113
Tab. 36 Finální zhodnocení úspěšnosti simulace sukni v programu CLO	113

Seznam použitých symbolů a zkratek

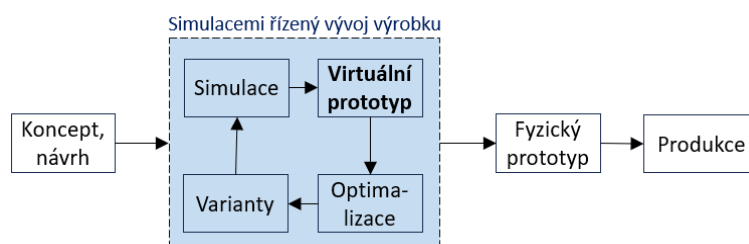
A (m)	průměrná amplituda vln
A_f (m ²)	půdorysná plocha sukně
A_i (m)	amplituda i-té vlny
A_r (m ²)	plocha řezu figurínou v úrovni pasové linie
AR (m ²)	plocha stříhové šablony sukně bez švových přídavků
b (m)	šířka vzorku
B (gm)	tuhost
B_{front} (m)	čelní šířka sukně v úrovni spodního kraje
B_{side} (m)	předozadní šířka sukně v úrovni spodního kraje
c (m)	ohybová délka vzorku při ohybové zkoušce
DC (%)	koeficient splývavosti kruhového vzorku
DC_S (%)	koeficient splývavosti sukně
DC_{real} (%)	koeficient splývavosti stanovený na reálném kruhovém vzorku
$DC_{virtual}$ (%)	koeficient splývavosti stanovený na virtuálním kruhovém vzorku
DC_{BP145} (%)	koeficient splývavosti textilie BP145
DC_{BP170} (%)	koeficient splývavosti textilie BP170
F (N)	síla
K (–)	konstanta dána vztahem $K = l/b$
l (m)	délka vzorku při výchylce 60° při zkoušce ohybové tuhosti
L (m)	průměrná výška vln
$L1$ (mm)	kontaktní délka proužku při ohybové zkoušce
$L2$ (mm)	délka proužku při ohybové zkoušce
L_i (m)	výška i-té vlny
$L_{max,i}$ (m)	maximální výška i-té vlny
L_{max} (m)	maximální výška vlny
$L_{min,i}$ (m)	minimální výška i-té vlny
L_{min} (m)	minimální výška vlny
L_{real} (m)	průměrná výška vlny na reálném vzorku
$L_{virtual}$ (m)	průměrná výška vlny na virtuálním vzorku
m (kg)	hmotnost
M_o (mN)	ohybová tuhost
NN (–)	počet vln
NS (–)	průměrný tvarový faktor vlny ¾ kolové sukně
NS_i (–)	tvarový faktor i-té vlny ¾ kolové sukně
NS_L (–)	průměrný tvarový faktor vlny kruhového vzorku
NS_{Li} (–)	tvarový faktor i-té vlny kruhového vzorku
p (–)	pravděpodobnost náhodného jevu
P (m)	průměrná vzdálenost vrcholů vln
P_i (m)	vzdálenost vrcholů dvou sousedících vln
P_{vz} (m)	obvod kruhového vzorku
R (–)	Pearsonův korelační koeficient
R_{vz} (m)	poloměr vzorku textilie
S (m ²)	plocha
$SDNS_L$ (–)	směrodatná odchylka parametru NS_L
$SD\omega_{peak}$ (°)	směrodatná odchylka parametru ω_{peak}
SDA (m)	směrodatná odchylka parametru A

$SDNS (-)$	směrodatná odchylka parametru NS
$SDP (m)$	směrodatná odchylka parametru P
$SDW (m)$	směrodatná odchylka parametru W
$t (m)$	tloušťka textilie
$t_{švu} (m)$	tloušťka švu
$W (m)$	průměrná délka vlny
$W_i (m)$	délka i -té vlny
$\Delta l (m)$	prodloužení
$\rho (gm^{-2})$	plošná hmotnost textilie/gramáž
$\rho_{CLO} (-)$	plošná hmotnost textilie v programu CLO vyjádřena ve 100 bodové stupnici
$\omega_{peak} (^\circ)$	průměrný úhel, který svírají maxima dvou sousedících vln
$\omega_{peak,i} (^\circ)$	úhel svírající dva po sobě jdoucí vrcholy vln
$\omega_{trough,i} (^\circ)$	úhel svírající nejnižší body dvou sousedících vln
2D	dvoudimenzionální
3D	třidimenzionální
ASTM	American Society for Testing and Materials
b	kruhový vzorek s radiálním švem v diagonálním směru
BP145	bavlněné plátno gramáže $139 gm^{-2}$
BP170	bavlněné plátno gramáže $174,3 gm^{-2}$
CAD	počítačem podporovaný návrh (computer-aided design)
CLO	software společnosti CLO Virtual Fashion používaný pro virtuální prototypování oděvních výrobků
č.	číslo
DIN	Deutsches Institut für Normung
Den	Denier (jednotka jemnosti)
DOB	Damenoberbekleidung (dámské svrchní oděvy)
e-BPxxx	virtualizované bavlněné plátno pomocí Emulátoru programu CLO
ECTS	European Credit Transfer System
EN	norma uznaná Evropskou unií
FAST	Fabric Assurance by Simple Testing
fc-BPxxx	virtualizované bavlněné plátno vytvořené pomocí funkce CLO Fabric Creator
FTT	Fabric Touch Tester
FTU	Fabric Testing Unit
inf.	informace
ISO	International Organization for Standardization (Mezinárodní organizace pro normalizaci)
Kap.	kapitola
KES	Kawabata Evaluation System
KES-FB	Kawabata Evaluation System for Fabric
KES-FB1	Kawabatův systém – přístroj pro stanovení tahu a smyku
KES-FB3	Kawabatův systém – přístroj pro stanovení kompresních vlastností
klasifik.	klasifikační
Nm	číslo metrické (jednotka jemnosti)
Obr.	obrázek
PDS	Pattern Design System (systém pro vytváření stříhů)
s1	hřbetový šev rozžehlený do stran
SI	Mezinárodní soustava jednotek

str., s.	strana
SWOT	analýza, která hledá silná (S) a slabá (W) místa, příležitosti (O) a hrozby (T)
Tab.	tabulka
tex	jednotka jemnosti
TH4	typ tuhoměru
TUL	Technická univerzita v Liberci
vz1	vzorek č. 1
vz2	vzorek č. 2
w1	kruhový vzorek s radiálním švem ve směru osnovy
w1-2	kruhový vzorek se dvěma radiálními švy ve směru osnovy a ve směru útku
w2	kruhový vzorek s radiálním švem ve směru útku
↑	osnova u tkanin, resp. sloupek u pletenin
→	útek u tkanin, resp. řádek u pletenin
↗, ↖	diagonální směr (doprava, doleva)

1 Úvod

Úspěch jakéhokoliv produktu závisí na schopnosti dodat jej v co nejlepší kvalitě, co nejrychleji a s optimální cenou. Vývoj nového výrobku je časově i finančně náročný. Od vytvoření konceptu a návrhu k reálnému prototypu a jeho odzkoušení je nutno ujit kus cesty. Nesplní-li prototyp očekávání, je potřeba připravit nový. Proces se opakuje znovu a znovu dokud finální produkt nesplní všechny podstatné požadavky. Především u specializovaných výrobků, které se vyrábějí v omezeném množství, je tento proces neúměrně nákladný. Pro časovou i finanční úsporu je klíčové převést velkou část tohoto procesu do virtuální podoby, tzn. vytvořit **virtuální prototyp** (Obr. 1). Splní-li požadavky virtuální model, vytváří se fyzický prototyp, u kterého je výrazně vyšší pravděpodobnost schválení a zavedení do výroby. Jedná se o skutečnost platnou nejen v oděvním průmyslu, ale obecně.



Obr. 1 Schéma využití virtuálního prototypování ve výrobě; inspirováno [1]

Specifikum virtuálního prototypování v oděvním průmyslu tkví především v samotném textilním materiálu. Textilie je vysoce deformovatelný, anizotropní, nehomogenní, porézní materiál typický svou visko-elastickou povahou. Matematicko-fyzikální popis chování takového materiálu je složitý zvláště proto, že je těžké jeho reálné chování precizně předvídat. Po zatížení se tento materiál snadno deformuje, po odlehčení postupně relaxuje, interaguje s tělem, také s dalšími vrstvami oblečení, reaguje na fyziologické poměry, a tak bychom mohli pokračovat s výčtem mnoha dalších vlastností textilií, které větší či menší mírou ovlivní výsledné padnutí oděvu čili fitting. A jak již bylo uvedeno, matematicky popsat všechny tyto děje není jednoduché. A právě způsob a charakter matematického popisu děje (tj. volba druhu modelu) má na průběh a výsledek virtuální simulace zásadní vliv. Mezi další významné faktory, které ovlivní výslednou simulaci patří stříhová konstrukce oděvního výrobku, protože i ten nejdokonalější program pro virtuální simulaci oděvů neposkytne dobré výsledky, je-li špatně provedená stříhová konstrukce. Významný vliv má také metoda virtualizace plošné textilie a způsob stanovení materiálových parametrů textilií. Další vybrané faktory ovlivňující virtuální simulaci a výsledné padnutí oděvu shrnuje **kapitola 4.4** na straně 53.

Vývoj a současný stav problematiky spjaté s virtuálním prototypováním v oděvním průmyslu popisuje **kapitola 2** (str. 23). Jsou v ní vysvětleny pojmy související s tématem a uveden přehled programů používaných pro virtuální prototypování v oděvním průmyslu. Tato kapitola se také věnuje digitálnímu fittingu a metodám jeho posouzení.

Největší pozornost ze všech uvedených programů používaných pro virtuální prototypování je věnována programu CLO firmy CLO Virtual Fashion – viz **kapitolu 4** (str. 43). Tento software bude

použit v experimentální části bakalářské práce za účelem stanovení přesnosti virtuální simulace vybraného oděvního výrobku. Koncept experimentu je popsán v **kapitole 6** (str. 77).

Pro experiment byla zvolena $\frac{3}{4}$ kolová sukně délky 60 cm a jako materiál byla použita dvě bavlněná plátna lišící se plošnou hmotností (pod pracovním označením BP145 a BP170). Volba byla provedena na základě rešeršního šetření prezentovaného v **kapitole 3** (str. 35).

Z rešeršních prací a z analýzy vlivu materiálových parametrů na výslednou virtuální simulaci oděvu vyplynulo mnoho dílčích závěrů. Tyto závěry se průběžně objevují v textu v kapitolách 3 a 4 a pro přehlednost jsou pohromadě uvedeny v **kapitole 5** (str. 73).

Před simulací oděvu v programu CLO byla potřeba virtualizovat textílii, tzn. vytvořit virtuální podobu reálné plošné textilie. Ta je definována v programu CLO jednak mechanicko-fyzikálními parametry, jednak vizuálními. Vizuálními charakteristikám se tato práce nevěnuje. V experimentální části bakalářské práce byla textilie virtualizována dvěma způsoby: (1) pomocí Emulátoru programu CLO, tj. na základě výsledků laboratorních měření na reálných vzorcích a (2) pomocí funkce Fabric Creator, tj. s pomocí tří parametrů, a to typu textilie, složení textilie a plošné hmotnosti. Plátina byla zkoušena v laboratořích Technické univerzity v Liberci. Způsob stanovení materiálových parametrů bavlněných pláten a jeho vyhodnocení prezentuje **kapitola 7** (str. 79). Metoda virtualizace pláten a zhodnocení úspěšnosti virtualizace popisuje **kapitola 8** (str. 89).

Charakteristika oděvního výrobku je uvedena v **kapitole 9** (str. 99). Tato kapitola také přináší výsledky objektivního srovnání dvou reálných a dvou virtuálních $\frac{3}{4}$ kolových sukní.

Kapitola 9.5 (str. 114) shrnuje výsledky této práce. V **kapitole 10** (str. 117) jsou formulovány závěry.

Součástí bakalářské práce je **12 příloh** (od str. 123).

Bakalářská práce je zpracována dle Směrnice rektora TUL č. 5/2018. Práce je napsána v textovém editoru Microsoft Office Word. Pro účely této práce byly dále použity softwary CLO (verze 7.3.134), Microsoft Excel, Microsoft PowerPoint, Mendeley Cite, CitacePro, DeepL translator, Google translator, Malování, ImageJ, Pixlr, fSpy a Blander.

2 Virtuální prototypování

Možnost virtuálního prototypování v oděvním průmyslu byla podmíněna intenzivní integrací počítačových systémů do celého procesu tvorby oděvů. Ta započala v 80. letech minulého století. První oděvní simulace se objevila na konci 80. let [2 s. 118].

V současnosti je běžné v oděvním průmyslu používat pro návrh střihových konstrukcí počítačem podporované systémy – tzv. CAD systémy. Využití 3D simulací již tak běžné není [3]. Přitom s jejich pomocí lze vytvořit nejen samotnou střihovou konstrukci, ale také 3D simulaci oděvu, a tak již v průběhu tvorby střihu posoudit jeho padnutí, neboť systém umožňuje virtuálně odzkoušet oděv ještě před samotnou fyzickou realizací, a to jak ve statické pozici, tak při dynamickém pohybu [4, 5]. Mezi další inovativní technologie patří např. možnost automatické extrakce rozměrů lidského těla naskenovaného do softwaru pomocí 3D skenerů, automatické korekce střihových konstrukcí na základě reálných tělesných rozměrů nebo např. interaktivní virtuální obchod s oděvy s možností odzkoušení oděvů [2 s. 118].

Počítačem podporované systémy používané pro virtuální navrhování oděvů spočívají ve třech klíčových fázích: (1) vytvoření 2D střihových šablon, (2) jejich umístění a uspořádání v prostoru kolem avatara/virtuálního manekýna a (3) jejich simulaci založenou na fyzikálních principech [2, 6]. Tento proces zpravidla prochází následujícími kroky:

- a) výběr avatara a úprava jeho tělesných rozměrů dle reálné postavy, nebo je avatar vytvořen 3D skenováním,
- b) vytvoření 2D střihových dílů (standardně nebo přímo na avatarovi), nebo import střihových konstrukcí z jiných softwarů,
- c) umístění oděvu na avatara a virtuální sešití,
- d) simulace (první simulace se děje zpravidla na defaultně nastavené textilie, která je „virtuálně stabilní“),
- e) úprava oděvu, pokud není střih dokonalý,
- f) přiřazení reálných vlastností materiálu,
- g) simulace s reálným materiálem,
- h) úprava oděvu na základě posouzení padnutí (např. pomocí napěťových map atd.).

3D vizualizace se však nepoužívá jen pro ověření padnutí oděvu ještě před tím, než jde produkt do výroby, ale také čím dál více pro marketingové a komerční účely [2 s. 129]. Z tohoto pohledu lze rozdělit CAD systémy zaměřené na simulaci oděvních výrobků do dvou typů/skupin [7]:

1. první skupina programů slouží primárně pro zobrazení hotového oděvu pro účely marketingu a samotného prodeje. Patří zde např. nCloth společnosti Autodesk Maya či software firmy Fit4Bond;
2. druhá skupina programů se využívá především pro tvorbu virtuálních prototypů, které jsou doposud ve fázi tvorby. Mnoho z těchto softwarů vyvinuly přímo ty společnosti, které vytvářejí programy pro tvorbu střihových konstrukcí. Do této skupiny patří např. 3D Runway Creator společnosti Optitex, Modaris firmy Lectra nebo software CLO firmy CLO Virtual Fashion.

U první skupiny simulací je podstatný vzhled samotné animace, a už ne tak fyzikální přesnost chování textilie na virtuálním těle. Jinak je tomu u druhé skupiny. V softwarech druhé skupiny je podstatné obojí. Věrohodná animace i fyzikální přesnost chování oděvu. Proto jsou zde důležitými vstupními parametry mechanicko-fyzikální vlastnosti textilie, protože ty mají stěžejní vliv jak na padnutí oděvu, tak i na samotnou konstrukci oděvu [2 s. 134, 8]. Přehled používaných způsobů přenesení mechanického chování textilie do virtuálního světa přináší kapitola 2.5.

Výběr ze společností (rozhodně se nejedná o výčet všech), které nabízí produkty umožňující 3D vizualizaci je uveden v Tab. 1.

Tab. 1 Přehled vybraných společností, které nabízející produkty pro tvorbu 3D vizualizací [2, 4]

Společnost/název produktu	Internetová stránka
[TC] ²	www.tc2.com
Assyst (Vidya)	www.assyst.de
Autodesk Maya / nCloth	help.au-todesk.com/view/MAYAUL/2020/ENU/
BEO Ltd.	www.beold.com/3d-cad.html
Browzwear (GRAFIS Software Dr. K. Friedrich GbR)	browzwear.com , grafis.com/home-en
CLO Virtual Fashion LLS / CLO	www.clo3d.com
Fit4bond	www.fit4bond.net
FXGear	www.fxgear.net/vr-fashion
Gemini CAD Systems SA – a Lectra company	gemicad.com
Lectra (Gerber technology) / Modaris	www.lectra.com/en/products/modaris-expert
Marvelous Designer	marvelousdesigner.com
NedGraphics	nedgraphics.com
OptiTex International / 3D Runway Creator for Pattern Design Software (PDS)	optitex.com
Quantum Matrix Limited	quantum-matrix.ai/qfit
Stitch Digital B.V. / Stitch Hub	www.stitch.fashion/hub
Tailornova	tailornova.com
TG3D Studio / Scanatic™ DC Suite	www.tg3ds.com
TriMirror	trimirror.com
Tukatech Inc. / eFitSimulator)	tukatech.com/tuka3d

2.1 Virtuální simulace oděvů – pojmy (ISO 18163:2016)

V této bakalářské práci jsou mnohokrát použity termíny z oblasti virtuální simulace oděvů. Proto je zde zahrnuta kapitola, jejíž cílem je vysvětlit/definovat nejpoužívanější termíny, a to s pomocí normy ISO 18163:2016 Clothing — Digital fittings — Vocabulary and terminology used for the virtual garment. V následujícím textu jsou definice stěžejních termínů uvedeny spolu s originálním anglickým textem.

Virtuální simulace oděvů je definována dle ISO 18163 (2016) jako tvorba a simulace překrytí virtuálního těla virtuálním oděvem pomocí virtuálních stříhových předloh, virtuálního šití a simulaci objemu výrobku.

Virtual garment simulation – creation and drape simulation of a virtual garment for a virtual human body using a virtual garment pattern, virtual sewing and bounding volume.

Virtuální textilie je textilie charakterizovaná virtuálními vlastnostmi (např. modul v tahu, tuhost v ohybu, odolnost ve smyku, tloušťka, hmotnost).

Virtual fabric is fabric characterised by virtual attributes (for example: tensile modulus, bending rigidity, shear resistance, thickness, weight).

Virtuální stříhová konstrukce – tvary sestávající se z uzavřených křivek, které označují oblast digitalizovaného stříhu, který má být použit pro vytvoření virtuálního oděvu. Virtuální stříhové konstrukce jsou tvořeny z obrysů a vnitřních čar, které se používají k znázornění švů, vnitřních otvorů, linií záhybů a dalších prvků oděvu.

Virtual garment pattern is defined as shapes consisting of closed curves that mark the area of a digitised pattern to be used on the virtual garment. The virtual garment pattern properties are defined as pattern consisting of contours and multiple internal lines (lines that are not part of the outline), which are used to express seams, internal openings, fold lines and other garment characteristics.

Virtuální oděv je trojrozměrný oděv v digitální podobě, který existuje ve virtuálním prostoru.

Virtual garment is three-dimensional clothing in digital form that exists in virtual space.

Virtuální lidské tělo je virtuální model člověka, který je charakterizován velikostí, tvarem, průřezem, strukturou těla a strukturou kostry. Nazývá se také módní **avatar**.

Virtual human body is virtual human model including information such as size, shape, cross section, body texture and skeletal structure. Also called fashion avatar.

Digitální fitting/padnutí je definován/o jako kvalitativní a/nebo kvantitativní hodnocení celkové a/nebo specifické simulace padnutí oděvu prostřednictvím vyváženosti oděvu, na základě rozdílu mezi tělem a oděvem v průřezech, barevných mapách, mapách deformací, povrchových zvrásnění atd.

Digital fitting is defined as qualitative and/or quantitative evaluation of overall and/or specific simulation of garment fit through the analysis of the garment balance, gap between body and garment (which includes cross sections), colour (heat) map, strain (surface colour) map, surface wrinkles, etc.

Vyváženost oděvu je stav oděvu, který visí a je v korektním vztahu vzhledem k velikosti, tvaru a držení těla

Garment balance – status of garment that hangs in the correct relationship with the virtual human body's size, contour and posture.

avatařa. Vyváženost oděvu se obvykle určuje podle toho, zda je linie oděvu rovnoběžná se zemí, pokud není asymetrická. Vyváženost je správná, když jsou zadní středová a přední středová přímka dílu a boční švy kolmé k zemi.

*The balance of a garment is usually determined by the **hemline** being parallel to the ground unless the hemline is asymmetrical. The balance is correct when the centre back, centre front lines and side seams are perpendicular to the ground.*

Gab - vzdálenost mezi bodem na virtuálním oděvu a virtuálním lidským tělem. Gab lze vyjádřit pomocí vodorovných nebo svislých řezů označujících vztah mezi tělem a oděvem nebo pomocí vzdálenosti mezi bodem na virtuálním oděvu a virtuálním lidským tělem. Gab lze vizualizovat pomocí barevných map.

***Gab** – distance between a point on a virtual garment and the virtual human body. Gab can be expressed through horizontal or vertical slices indicating the relationship between body and garment, or through the distance between point on a virtual garment and the virtual human body, etc. Gab can be visualised as colour (heat)map.*

Mapa deformací znázorňuje deformace 3D oděvu způsobené vnějším tlakem působícím na oděv. Vyjadřuje velikost deformace modelu oděvu v procesu simulace oblékání pomocí barevné mapy povrchových deformací. Čím tmavší barva, tím větší deformace.

***Strain map** shows the stretch caused by the external pressure applied to the 3-D Garment. It refers to amount of deformation caused on a garment pattern in the drape simulation process. Pattern strain can be visualised through a surface strain (colour) map where the colour is darker as the strain increases and vice versa.*

2.2 Vývoj systémů pro vizualizaci oděvů

Vizualizovat oděv znamená vytvořit matematický model, který by popsal a co nejrealističtěji vystihl komplexní chování textilií ve virtuálním světě. Háček tkví v tom, že textilie je vysoce deformovatelný, anizotropní, nehomogenní, porézní materiál typický svým visko-elastickým chováním. Je vytvořen z délkových útvarů různých vlastností a ty jsou tvořeny jednotlivými vlákny. Matematicky popsat prostorové uspořádání jednotlivých prvků mezi sebou je složité, nemluvě o mechanickém spolupůsobení. Tento textilní materiál navíc silně interaguje s tělem, které pokrývá, a pak také spolupůsobí s dalšími vrstvami oblečení, jak bylo naznačeno již v předešlém textu. To vše je náročným matematicko-fyzikálním oříškem.

Při matematickém popisu textilie je důležité vhodným způsobem definovat geometricko-mechanické chování kontaktů, a to na třech úrovních:

- na úrovni vláken v přízích/nitích,
 - na úrovni přízí/nití v plošných textiliích,
 - na úrovni plošných textilií mezi sebou a mezi plošnou textilií a virtuálním tělem.
- [2 s. 123]

Aby bylo možné popsat kontakty na úrovni jednotlivých vláken, je potřeba znát tvar samotných vláken a jejich vzájemné uspořádání v trojrozměrném prostoru příze. Skutečné geometrické vztahy jsou však poměrně složité. Vyplynávají z řady zákonitých, ale i náhodných dějů, probíhajících při tvorbě příze; ovlivňují je vlastnosti užitého materiálu, techniky a technologie [10 s. 256]. O nic více jednodušší to není ani na 2. úrovni – na úrovni přízí, které jsou tvořeny vlákny s kontakty, které mezi sebou nejsou nikterak pevně fixovány. Důležité teoretické základy popisu přízí z tohoto pohledu byly položeny v 30. letech minulého století Fredericem Thomasem Piercem v jeho práci zaměřené na geometrický popis struktury tkanin [11]. Na jeho práci následně navázali Kemp, Olofsson, Kawabata a další [12]. A co se týče 3. úrovně – úrovně plošné textilie – tak tu lze popsat na základě znalosti chování jejich základních strukturních prvků, tedy vláken a přízí. Napěťo-deformační chování těchto dílčích elementů ve finále ovlivní výslednou odezvu celé plošné textilie.

Pro matematický popis plošné textilie můžeme zvolit model geometrický, ten však nebere v úvahu ani fyzikální, ani mechanické aspekty chování textilie [2 kap. 4.3.1.1]. Naproti tomu model fyzikální bere v potaz mechanicko-fyzikální povahu textilie. Model textilií zpravidla nahrazuje síť bodů v trojúhelníkovém či obdélníkovém uspořádání s konečným počtem uzlů. K řešení lze přistoupit dvěma způsoby: (1) energeticky – tzn. pohybem uzlových bodů tak, aby měly co nejmenší hodnotu energie (metoda vhodná pro statický model), (2) silově – tzn. řešit rovnováhu sil v uzlových bodech v časových krocích (metoda vhodná pro dynamický model) [2 kap. 4.3.1.2]. Třetí typ modelu je model hybridní. Ten spojuje výhody prvního uvedeného modelu s druhým, tedy geometrického s fyzikálním [2 kap. 4.3.1.3]. Velice obecně lze fungování hybridního modelu popsat tak, že se geometrickým popisem charakterizuje hrubý/přibližný stav a s pomocí fyzikálního modelu (zohledněním deformačního chování) získáme stav výsledný [13]. Použijeme-li při virtuální simulaci model fyzikální či hybridní, budou nezbytnými vstupními

parametry ty, které popisují mechanicko-fyzikální chování textilie. Důležitý bude i způsob, jakými se tyto parametry stanoví.

Byť byla v předchozím textu shrnuta otázka modelování plošných textilií jako problematická sféra, neznamená to však, že by byla neřešitelná. Velký boom zažila snaha modelovat oděvy v polovině 80. let minulého století [2 s. 123], přičemž značný podíl úspěchu v simulaci oděvů nese filmový průmysl. Za průkopníka v této oblasti je považován Demetri Terzopoulos (univerzitní profesor a počítačový vědec). Terzopoulos se svým týmem v 80. letech vyvinul fyzikálně založené modely deformovatelných křivek, povrchů a těles, které popsali dynamickými diferenciálními rovnicemi. Numerickým řešením těchto rovnic docílili realistických animací. Jejich deformovatelné modely byly schopné dokonalého elastického i obecnějšího neelastického chování, včetně visko-elasticity, plasticity a lomu [14, 15]. Výstupy jeho týmové vědecké práce na tomto poli byly oceněny v roce 2006 Oscarem (Academy Award for technical achievement) za „pioneering work in physically-based computer-generated techniques used to simulate realistic cloth in motion pictures“, který byl udělen Demetri Terzopoulosovi a Johnu Plattovi [16].

Další vývoj počítačové grafiky v této oblasti shrnuje ve své práci např. Meng a Baraff [6, 17].

2.3 Digitální padnutí oděvů

Padnutí oděvu je významným fenoménem – na tom se shodují prakticky všichni autoři zabývající se tímto tématem. Za všechny např. Lee [18 kap. 11.4] ve své studii uvádí: „Padnutí oděvu je zákazníkovi považován za nejvýznamnější aspekt vzhledu oblečení“.

Pod pojmem „padnutí oděvu“ můžeme rozumět uspořádání/rozprostření oděvu na těle v určité harmonické kompozici. Tu můžeme posuzovat subjektivně i objektivně (tak, jak je popsáno v kapitole 2.4) a samotné padnutí (fitting) je ovlivněno zejména aktuálním módním trendem, stylem, stříhovou konstrukcí, použitou textilií a jejími vlastnostmi [2 s. 134] a v neposlední řadě i tvarem těla a jeho spolupůsobením s oděvem.

Přesuneme-li se do virtuálního/digitálního světa, pak se pod pojmem „digitální padnutí oděvu“ (digital fitting) rozumí dle ISO 18163 (2016) kvalitativní a/nebo kvantitativní vyhodnocení celkové nebo určité/částečné simulace padnutí oděvu prostřednictvím analýzy rovnováhy mezi tělem a oděvem simulovaném v 3D prostoru, dále dle napětíových map a map deformací, povrchového zvrásnění textilie apod (původní anglické znění – viz kapitolu 2.1).

Samotné posouzení padnutí oděvu je komplexní a komplikovaný proces. Julka Geršak [2 kap. 4.3.3] ve své knize Design of Clothing Manufacturing Processes uvádí, že základní kritérium pro kvalitativní posouzení padnutí oděvu je založeno na třech základních aspektech:

- estetický vzhled (např. řasení oděvu),
- požadovaný 3D tvar oděvu,
- kvalita padnutí.

Všechny tři uvedené aspekty zásadním způsobem závisí mimo jiné na mechanických a fyzikálních vlastnostech textilií použitých pro výrobu oděvů. Které parametry to jsou a jakým způsobem je lze stanovit komentuje kapitola 2.5 na str. 32.

2.4 Metody porovnání padnutí virtuálního oděvu s reálným

Metody porovnávání padnutí virtuálních oděvních výrobků s reálnými lze rozdělit obecně do dvou základních kategorií, a to na metody subjektivní a metody objektivní.

Dalším mezníkem, při výběru vhodné metodiky srovnávání je typ výrobku. Jinak se bude přistupovat při posuzování padnutí volných oděvů, jinak u přiléhavých. U volných oděvů (jako např. rozšířené sukně) lze hodnotit padnutí např. pomocí tvaru, který výrobek na postavě zaujímá, dle linie spodního lemu, poloze švů atd. U výrobku s přiléhavou siluetou bude vhodnější hodnotit padnutí např. pomocí map napětí a přetvoření.

Vzhledem k tomu, že experimentální část práce je zaměřena na posouzení padnutí rozšířené sukně, je i další text zaměřen na metody posouzení vhodné právě pro sukně.

Subjektivní metody spočívají v hodnocení padnutí oděvního výrobku (ať už ve statické poloze či při dynamickém pohybu) odborníkem/skupinou odborníků, kteří odpovídají na předem připravené otázky slovně, nebo, a to častěji, několikabodovou stupnicí. Tab. 2 ukazuje, jak mohou takové otázky vypadat v případě posouzení padnutí rozšířené sukně [19]. Skupina odborníků v této studii odpovídala na otázky 5-ti bodovou stupnicí. Odpovědi byly zpracovány statisticky. Výhodou subjektivního posouzení je, že k němu není třeba žádného speciálního vybavení. Na druhou stranu je některými autory bráno srovnávání podobností skutečných a virtuálních oděvů pomocí snímků za nedostatečné [20].

Tab. 2 Otázky pro hodnocení vzhledu rozšířených sukní ve studii Cha [19]

Vyhodnocení vnějšího vzhledu	Srovnání reálné a virtuální sukně
1. Je linie pasu vodorovná?	1. Je podobná přední silueta?
2. Existuje prostor v pase?	2. Je podobná boční silueta?
3. Jaká je pozice boční linie?	3. Je podobná zadní silueta?
4. Jaká je svislost boční linie?	4. Jaká je podobnost splývajícího spodního lemu sukně zepředu?
5. Jaká je vodorovnost spodního lemu?	5. Jaká je podobnost splývajícího spodního lemu sukně z boku?
6. Jaká je rovnoměrnost splývajícího spodního lemu?	6. Jaká je podobnost splývajícího spodního lemu sukně zezadu?
7. Je tvar sukně krásný zepředu?	7. Jsou si podobné záhyby zepředu sukně?
8. Je tvar sukně krásný z boku?	8. Jsou si podobné záhyby z boku sukně?
9. Je tvar sukně krásný zezadu?	9. Jsou si podobné záhyby zezadu sukně?
10. Je silueta sukně celkově krásná?	10. Jaký je celkový dojem z podobnosti sukní?

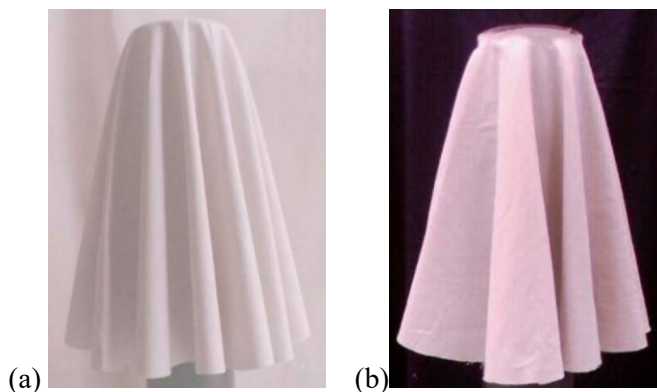
Objektivní hodnocení padnutí oděvního výrobku je založeno na měření (např. délek, šířek, ploch, splývavosti atp.). Lze se tak vyhnout základní nevýhodě subjektivního hodnocení, a to že jeden a tentýž výrobek lze subjektivně vnímat více lidmi, byť odborníky, různě. Pro objektivní hodnocení padnutí rozšířených sukní se nejčastěji autoři studií zaměřují na porovnávání tvarů sukní ve smyslu šířek sukní na snímcích z různých pohledů, velikosti půdorysné plochy atd. Tvar rozšířených sukní je ovlivněn splývavostí plošných textilií, proto je v některých studiích pro účely objektivního hodnocení stanovena splývavost oděvního výrobku. Zde je v souvislosti s pojmem splývavost nutné zmínit dva důležité fenomény:

A) Pod pojmem „splývavost“ se v literatuře nacházejí dva významy:

1. splývavost jako parametr stanovený na kruhovém vzorku plošné textilie, který je definován jako „poměr rozdílu mezi plochou zkoušených vzorků a průměrnou plochou průmětů zkoušených vzorků k ploše mezikruží, tj. k ploše vzorků způsobilé ke splývání; udává se v %“ [21].
V literatuře je tento parametr označován také jako „koeficient splývavosti“ [22 s. 349] a takto je označován i v této bakalářské práci;
2. splývavost jako schopnost plošné textilie splynout dolů díky gravitaci a vytvořit plynulé a půvabné záhyby/vlny.

V této práci je pod pojmem „splývavost“ rozuměna schopnost tkaniny splývat (ad 2).

B) „Splývavost oděvního výrobku“ a „splývavost plošné textilie“ nemusí být shodná [23], jak je vidět na Obr. 2. Splývající kruhový vzorek textilie (Obr. 2a), který má stejný poloměr jako kolová sukně ušitá z téhož materiálu (Obr. 2b), se od splývajícího výrobku liší rozložením vln, jejich velikostí i hodnotou koeficientu splývavosti. Důvodem je, že splývavost oděvního výrobku je ovlivněna nejen strukturami, fyzikálně-mechanickými parametry textilií [24 s. 129], její povrchovou úpravou atd., ale také konstrukcí oděvního výrobku [25]. Mezi další faktory ovlivňující splývavost oděvního výrobku patří poloha osnovy, výztuha, přítomnost švů, typ švu, technologické zpracování, nerovnoměrnost těla atd [22].



Obr. 2 Splývavost plošné textilie kontra splývavost výrobku [23];
(a) kruhový vzorek plošné textilie splývající přes kruhovou podstavu, (b) kolová sukně přišita k pasovému límcí ze stejného materiálu a stejné délky jako vzorek (a)

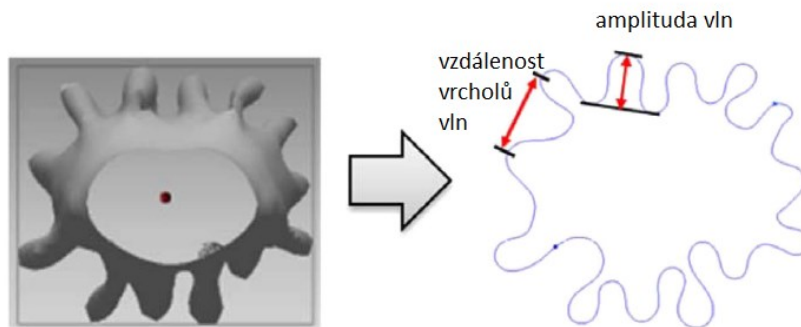
K objektivnímu porovnání padnutí rozšířených sukni přistupují různí autoři různě:

- ve studii [24] bylo hodnocení provedeno měřením šířek sukni v úrovni spodního lemu v čelním a bočním pohledu, dále dle počtu vln, amplitud vln a vzdálenosti mezi vrcholy vln na spodním lemu sukne (viz Obr. 3);
- ve studii [26] bylo hodnocení provedeno měřením koeficientu splývavosti sukne DC_S (1),

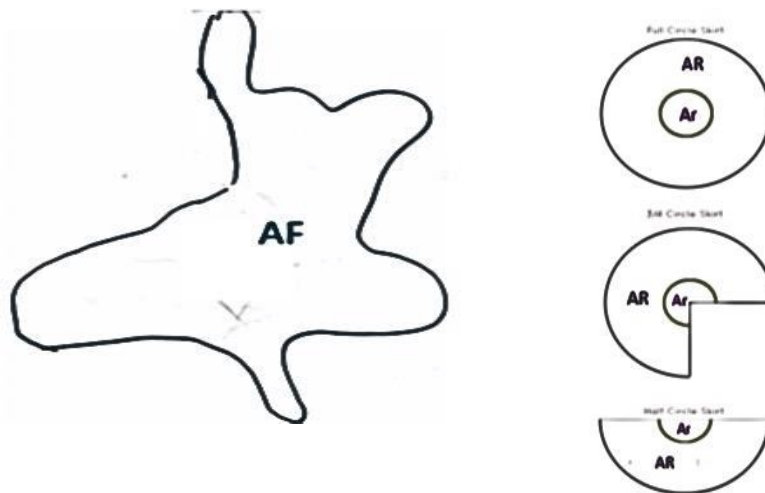
$$DC_S = \frac{A_f - A_r}{AR - A_r} \quad (1)$$

kde A_f je půdorysná plocha sukne, A_r plocha řezu figurínou v úrovni pasu, AR plocha stříhové šablony sukne bez švových přídaveků (viz Obr. 4);

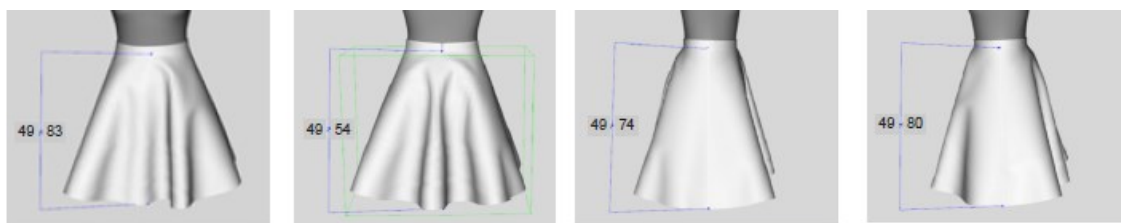
- ve studii [27] bylo hodnocení provedeno měřením svislých délek sukni na snímcích, a to ze 4 stran – viz Obr. 5;
- ve studii [28] byla na sukni měřena půdorysná plocha sukne a počet vln;
- ve studii [29] byla na sukni měřena plocha, kterou sukne zaujímají na snímcích z čelního a bočního pohledu a půdorysná plocha.



Obr. 3 Objektivní srovnání padnutí rozšířených sukni ve studii [24]



Obr. 4 Stanovení splývavosti sukni ve studii [26]



Obr. 5 Objektivní srovnání padnutí rozšířených sukní ve studii [27]

Dílčí rešeršní závěr I: V experimentu bakalářské práce bude srovnáváno padnutí volného, splývajícího oděvu, a to sukně.

Dílčí rešeršní závěr II: Výsledky subjektivního a objektivního srovnávání virtuální sukně s reálnou se mohou rozcházet [30, 31].

Dílčí rešeršní závěr III: V experimentu bude srovnání padnutí provedeno objektivní metodou. Analyzovány budou půdorysy sukní a tvary vln spodního kraje sukně.

2.5 Vlastnosti nezbytné pro virtuální simulaci textilií

Důležitou otázkou při práci s jakýmkoliv softwarem umožňujícím vizualizaci oděvů je: Kterých vstupních parametrů bude zapotřebí a jak je stanovit? Virtuální model má vizualizovat reálnou textilii, ta by měla přesně odrážet vlastnosti skutečné textilie. Proto je zapotřebí konkrétní textilii vhodným způsobem otestovat a převést ji do virtuálního světa, tj. virtualizovat ji. Zvolený způsob testování má významnou roli, neboť dle Oh a Ryu [32 odst. 3.1.2] metodika měření mechanicko-fyzikálních vlastností textilie může ovlivnit simulaci oděvu a tím výsledné padnutí.

K získání vlastností potřebných pro virtuální simulaci oděvu lze použít v praxi zavedených laboratorních postupů nebo využít přístrojů, které si vyvíjejí softwarové firmy. Jde především o zkoušky popisující chování textilie v ohybu, smyku, tahu a tření. Všechna měření (nezávisle na zvolené metodice) by se měla provádět za jednotných podmínek, na vzorcích daných rozměrů, s daným počtem opakování, s danou přesností atp., aby bylo možné výstupy z jednotlivých metodik srovnávat. Skutečnost je dle [33] taková, že neexistují sjednocené podmínky či jednotný, standardizovaný systém definující, jak stanovit mechanicko-fyzikální parametry textilií pro účely virtuální simulace oděvů.

Uvedenou problematikou se zabýval kolektiv autorů Kuijpers, Luible-Bär a Gong [33]. Cílem jejich práce bylo identifikovat a specifikovat nejvhodnější metody pro získání fyzikálně-mechanických vlastností textilií pro účely virtuální simulace oděvů a zahájit proces standardizace v této oblasti.

Svým drobnohledem podrobili a SWOT analýzou charakterizovali následující měřicí metodiky:

- Kawabata Evaluation System (KES),
- Fabric Assurance by Simple Testing (FAST),
- Fabric Touch Tester (FTT),
- Fabric Analyser by Browzwear (FAB),

- CLO Fabric Kit,
- Fabric Testing Unit (FTU) resp. Optitex Mark 10,
- zkoušky prováděné standardizovanými postupy.

Dle [34] se nejčastěji využívá pro získání parametrů nezbytných pro virtualizaci textilií výstupy ze zkoušek typu KES a FAST.

Autoři studie [33 s. 37] dospěli k následujícím doporučením:

- provádět všechny testy za standardizovaných atmosférických podmínek (např. dle ISO 139:2005¹),
- respektovat standardizovaný postup pro měření hmotnosti (na vahách splňující podmínky normy²),
- ohybovou tuhost stanovit např. dle BS 3356:1990, ASTM D1388-96 (2002)³,
- pro stanovení chování vlastností v tahu se řídit standardizovanými postupy pro zkoušení pevnosti v tahu, jako je ISO 13934-2:2014⁴ nebo ISO 20932-1:2018⁵ nebo DIN 53835-13 s univerzálními zařízeními na zkoušení pevnosti používanými v textilním průmyslu, jako jsou: ZwickRoell, Mark10, Instron, Titan atd.,
- při stanovení tloušťky materiálu respektovat ISO 5084: 1996⁶,
- tření stanovit např dle ASTM D1894 či ISO 8295⁷,
- prozkoumat, jak se testování zaměřené na simulaci materiálu provádí v jiných odvětvích,
- zvýšit srovnatelnost výstupních dat s Mezinárodní soustavou jednotek SI,
- vytvořit povědomí o tom, že testování textilií je časově i finančně náročné a vyžaduje odhodlání a přesnost,
- pokračovat v práci na procesu standardizace, konkrétně práci na ustavení vhodného národního výboru, který by tento proces mohl dostat na mezinárodní úroveň. Před tím vytvořit vzájemnou dohodu o testování vlastností textilií.

Aby bylo možné respektovat tato doporučení a provádět zkoušky dle uvedených norem, bylo by v prvé řadě nutné, aby softwary pro virtuální simulace oděvů uzpůsobily vstupní protokoly, do kterých se zadávají materiálové charakteristiky plošných textilií, výsledkům získaným standardizovanými metodami.

V bakalářské práci je pro virtuální simulaci oděvů využit program CLO, ke kterému existuje již výše uvedená souprava měřících zařízení CLO Fabric Kit (podrobně je tato souprava popsána v kapitole 4.3). Prostředí pro zápis výsledků měření v programu CLO je přizpůsobeno této soupravě. Např. při zadávání výsledků zkoušek ohybové tuhosti se nezadává ohybová tuhost, ale

¹ V ČR: ČSN EN ISO 139 (2005) Textilie - Normální ovzduší pro klimatizování a zkoušení [65]

² V ČR: ČSN EN 12127 (1998) Textilie - Plošné textilie - Zjišťování plošné hmotnosti pomocí malých vzorků [66]

³ V ČR: ČSN 80 0858 (1974) Zkoušení tuhosti a pružnosti plošných textilií [59]

⁴ V ČR: ČSN EN ISO 13934-2 (2014) Textilie - Tahové vlastnosti plošných textilií - Část 2: Zjišťování maximální síly pomocí metody Grab [67]

⁵ V ČR: ČSN EN ISO 20932-1 Textilie - Zjišťování pružnosti plošných textilií - Část 1: Zkoušky Strip [68]

⁶ V ČR: ČSN EN ISO 5084 (1998) Textilie - Zjišťování tloušťky textilií a textilních výrobků [58]

⁷ V ČR: ČSN EN ISO 8295 (2005) Plasty - Folie a tenké desky - Stanovení koeficientu tření [69]

délka proužku a kontaktní délka při určité ohybové výšce (podrobněji viz kapitolu 4.3), atd. Nabízelo by se proto použít pro měření sadu CLO Fabric Kit. Ta ovšem nebyla k dispozici. Bylo třeba využít ta měřící zařízení, kterými TUL disponuje. Nabízely se dvě cesty. Využít standardizovaných měřících aparatur pro stanovení vlastností v tahu, ohybu, plošné hmotnosti a tloušťky nebo Kawabatův systém. Vybrány byly standardizované měřící postupy, kde bylo pro autorku snazší přizpůsobit měření podmínkám měření na soupravě CLO Fabric Kit a získat tak vstupy, které by akceptoval program CLO. Zkoušky textilií nebyly ve všech případech prováděny přesně dle standardizovaných postupů – lišila se např. velikost vzorků u tahové zkoušky a rychlost nárůstu deformací. Všechna vybočení od standardizovaných postupů jsou popsána v kapitole 7. Ještě jednou uvádím, že důvodem vybočení od doporučených postupů bylo získat takové vstupy, které je software CLO schopen akceptovat.

3 Rešerše studií srovnávající reálný oděv s virtuálním

Cílem rešeršního šetření⁸ bylo najít:

1. studie, které se zabývají virtuální simulací oděvu v programu CLO⁹,
2. studie, v kterých by byly pečlivě popsány vstupní konstrukční a materiálové parametry textilií a metoda jejich stanovení, způsob virtualizace textilie, specifikace oděvních výrobků a metodika posouzení padnutí oděvního výrobku,
3. studie, kde se reálný výrobek srovnává s virtuálním.

Studií, které by splnily všechny tři podmínky, není mnoho, proto byly do přehledu v Tab. 3 zahrnuty i takové studie, které splňují 1. a alespoň částečně 2. uvedenou podmínku.

Tab. 3 Studie věnující se padnutí virtuálních oděvních výrobků v programu CLO

Studie	Software	Metoda stanovení parametrů textilií	Oděvní výrobek	Bylo zkoušeno bavlněné plátno	Srovnání s reálným výrobkem
Kim, 2022 [35]	CLO	CLO Fabric Kit	Triko přiléhavé siluety	ne	ano
Choi, 2022 [36]	CLO	-	Celá kolekce	ne	ne
Shim, 2022 [20]	CLO	KES, CLO Fabric Kit	Bunda	ne	ne
Jankoska, 2020 [37]	CLO	-	Pánská košile	ne	ne
Kim, 2020 [38]	CLO	ISO	Dámský kabát	ano	ne
Yan, 2020 [39]	CLO	KES	Pánská košile	ano (69 gm^{-2} , $147,8 \text{ gm}^{-2}$)	ne
Cheng, 2019 [40]	CLO	KES	Pánské spodní prádlo	ne	ano
Psikuta, 2019 [41]	CLO	-	Dámské šaty	-	ano
Peng, 2018 [42]	CLO	-	Dámská halenka	ne	ne
Lee, 2017 [31]	CLO	KES, vizuální podobnost	A-sukně řasená na zadním díle	ne	ano
Lee, 2011 [30]	CLO	vizuální podobnost	A-sukně, ½ kolová sukně	ano (81 gm^{-2})	ano
Ashmawi, 2021, 2022 [28, 29]	CLO	vizuální podobnost; FAST	rozšířené sukně s různými vrchol. úhly	ano (117 gm^{-2})	ne

⁸ Při hledání byly využity platformy Science Direct, WOS, Ebsco, Knovel, Internet Archiv, Korea Science [70–74] a standardní internetové vyhledávače.

⁹ Studie, které se věnují srovnání reálných a virtuálních oděvních výrobků s pomocí jiných softwarů zmiňují ve svých pracích např. Dai a Hong [25] nebo Song a Ashdown [8 s. 317].

3.1 Studie porovnávající padnutí sukně v programu CLO

Studie, které srovnávají reálnou sukni s virtuální sukni v programu CLO, protože právě sukně byla vybrána pro následný experiment, a které splňují všechny v předešlé kapitole uvedené podmínky byly nalezeny dvě: studie kolektivů autorů v obou případech pod vedením Lee [30, 31]. Stěžejní informace z těchto studií jsou uvedeny v Tab. 4 a Tab. 5.

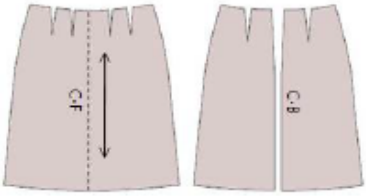
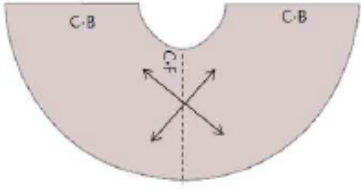










První uvedená studie [30] analyzuje A-sukni a ½ kolovou sukni, druhá studie [31] A-sukni s nabíraným zadním dílem. V první z těchto studií byla krejčovská panna, na které byl oděv zkoušen, naskenována a převedena do virtuálního světa, v druhé studii byl virtuální avatar nastaven manuálně dle rozměrů reálné figuríny. V obou studiích nebyly parametry virtuální textilie, které charakterizují její mechanicko-fyzikální chování, nastaveny s pomocí výsledků laboratorních měření transformovaných do CLO, ale manuálně tak, aby virtuální kruhový vzorek splýval stejně jako reálný. Srovnání padnutí oděvního výrobku bylo provedeno v obou případech subjektivně, v druhé z těchto studií i objektivně měřením šířek sukní a velikosti prověšení v pasové linii (viz Tab. 5). V obou případech nebylo dosaženo výborné shody mezi reálným a virtuálním výrobkem. Zásadní příčinou neshod vidí autoři v použitém způsobu tvorby virtuální textilie, tj. postupnou manuální změnou parametrů až do takového stavu, kdy virtuální vzorek splývá stejně jako reálný. Za významné parametry, které ovlivňují splývavost virtuálního vzorku považují ohybovou tuhost, buckling (význam viz Tab. 8), plošnou hmotnost, vzdálenost uzlů sítě a charakteristiky popisující chování textilie ve smyku.

Na základě výsledků těchto dvou studií jsou formulovány následující dílčí závěry:

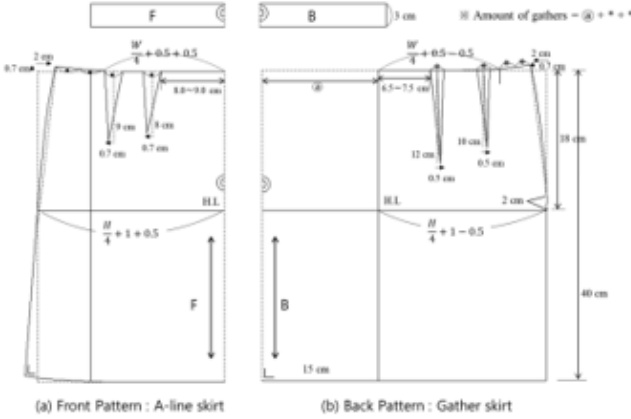
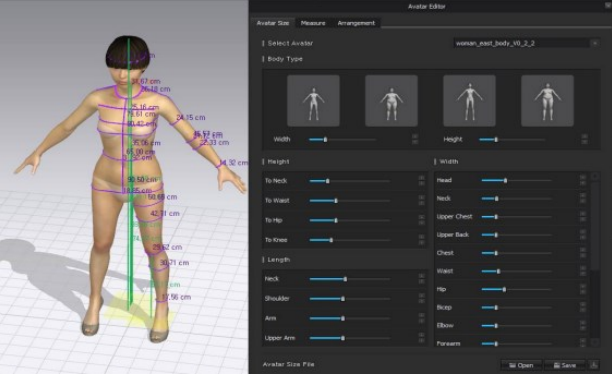

Dílčí rešeršní závěr IV: Virtuální textilií je třeba v experimentu bakalářské práce vytvořit na základě výsledků laboratorních měření. Výsledky měření je nutné následně transformovat do programu CLO. Vytvoření virtuální textilie zkusmo/manuálním nastavením parametrů na základě podobnosti splývajícího virtuálního a reálného vzorku vyžaduje pokročilé zkušenosti pracovníka, a ni tak nemusí vést k dobré shodě [30, 31].

Dílčí rešeršní závěr V: Srovnání splývavosti kruhového reálného vzorku s virtuálním vzorkem bude zvolena jako metoda pro zhodnocení úspěšnosti virtualizace textilie.

Tab. 4 Studie Lee, 2011 [30]

<p>Výrobek</p>	<p>3-dílná A-sukně, 60 cm dlouhá, spodní kraj neohnut, nezačištěn</p> 	<p>1-dílná ½ kolová sukně, 60 cm dlouhá, spodní kraj neohnut, nezačištěn</p> 						
<p>Figurína</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="464 589 632 622">Hani - P_torso</th> <th data-bbox="632 589 791 622">3D Scan Body</th> <th data-bbox="791 589 951 622">3D Virtual Body</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="464 622 632 875"></td> <td data-bbox="632 622 791 875"></td> <td data-bbox="791 622 951 875"></td> </tr> </tbody> </table>	Hani - P_torso	3D Scan Body	3D Virtual Body				<p>Reálná figurína naskenována 3D skenerem a importována do CLO.</p>
Hani - P_torso	3D Scan Body	3D Virtual Body						
								
<p>Stanovení materiálových parametrů textilií: metodou založenou na vizuální podobnosti splývavího reálného kruhového vzorku s virtuálním.</p>								
<p>Ukázka výrobku</p>	<p>Sukně z bavlněného plátna</p> 							
<p>Metoda srovnání</p>	<p>Subjektivní – 6 odborníků odpovídalo na 7 otázek 5-ti bodovou stupnicí (5 = nejlepší hodnocení)</p> <ul style="list-style-type: none"> • A-sukně získala hodnocení 3,1 resp. 3,53 po korekci parametrů, • ½ kolová sukně získala hodnocení 2,73 resp. 3,23 po korekci parametrů. 							
<p>Závěr</p>	<p>Metoda stanovení parametrů virtuální textilie na základě vytvoření takového vzorku, který by vykazoval stejnou splývavost jako reálný vzorek při měření splývavosti, vyžaduje pokročilé zkušenosti a v tomto případě nevedla k úspěšnému výsledku.</p> <p>Bavlněné plátno dopadlo ze všech studovaných materiálů nejhůř (z pohledu srovnání reálného a virtuálního výrobku).</p>							

Tab. 5 Studie Lee, 2017 [31]

<p>Výrobek</p>	<p>A-sukně s řasením na zadním díle, délka sukně 40 cm</p>	 <p>(a) Front Pattern : A-line skirt (b) Back Pattern : Gather skirt</p>
<p>Figurína</p>	<p>Parametry avatara přizpůsobeny velikosti reálné figuríny manuálním nastavením</p>	
<p>Parametry textilií</p>	<p>Parametry reálné textilie stanoveny metodou KES. Nastavení parametrů virtuální textilie proběhlo manuálně.</p>	
<p>Ukázka výrobku</p>	<p>Bavlněný kepr (1. řada reálná sukně, 2. řada virtuální sukně)</p>	
<p>Metoda srovnání</p>	<ul style="list-style-type: none"> Objektivní – měřena a) míra prověšení zadní části pasového límce oproti úrovni pasové linie, b) čelní šířka spodního lemu, c) boční šířka spodního lemu, d) poměr těchto dvou šířek, e) šířka ve 4 úrovních od pasové linie, f) poloha vln. Subjektivní – 7 otázek, na které odborníci odpovídali 5-ti bodovou stupnicí. 	
<p>Závěr</p>	<p>Subjektivní a objektivní srovnání nepřineslo stejné výsledky. Autoři doporučují pracovat na dalších studiích srovnávající reálné a virtuální výrobky.</p>	

3.2 Studie porovnávající padnutí sukně v jiných softwarech

Vzhledem k malému počtu nalezených studií posuzujících padnutí sukně v programu CLO, byla pozornost rozšířena i na studie, které analyzují padnutí sukně s pomocí jiných softwarů. Nalezeny byly studie autorů Oh [32] a Cha [19]. Stěžejní informace z těchto studií jsou uvedeny v Tab. 6 a Tab. 7. První ze jmenovaných studií simuluje sukni v programu OptiTex, druhá v programu DC Suite. První studie srovnává ½ kolové sukně z 6 různých materiálů, druhá studie analyzuje jen jeden materiál na několika variantách sukni lišících se délkou a vrcholovým úhlem. V první studii jsou parametry textilií stanoveny KES a FTU systémem, v druhé studii KES systémem. V první studii vznikl avatar 3D skenem krejčovské panny, ve druhé studii není informace uvedena. Z výsledků první studie vychází jako nejstabilnější materiál co do fyzického zpracování i virtuální simulace bavlněné plátno. Ve druhé studii autoři uvádí, že čím delší sukně je a čím větší je vrcholový úhel, tím jsou větší rozdíly mezi virtuální a reálnou sukni.

Na základě výsledků těchto studií jsou formulovány následující dílčí závěry:

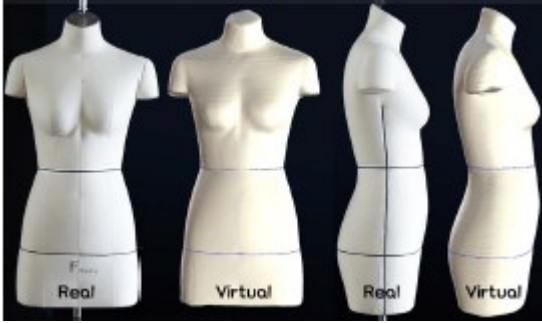
Dílčí rešeršní závěr VI: Zvolený druh sukně pro experiment: ¾ kolová sukně délky 60 cm.












Dílčí rešeršní závěr VII: Subjektivním posouzením sukni s různými polohami osnova dělá diagonálně vedená osnova rozšířenou sukni půvabnější [19]. Zvolená poloha osnovy pro sukni v experimentu: diagonální.

Dílčí rešeršní závěr VIII: Virtuální sukně se vyznačují rovnoměrnějším uspořádáním záhybů oproti reálným sukni.

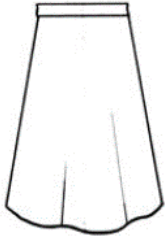
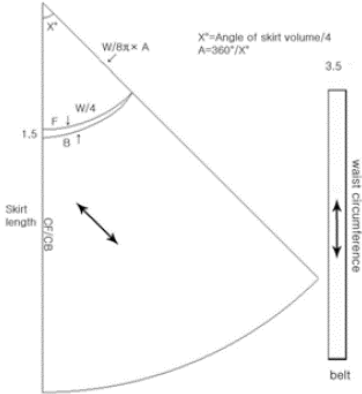
Dílčí rešeršní závěr IX: Zvolený materiál sukně v experimentu: bavlněné plátno.









Tab. 6 Studie Oh, Ryu, 2015 [32]

Software	OptiTex Runway 12.0
Výrobek	½ kolová sukně (vrcholový úhel 180°) ve dvou délkách (36 cm a 56 cm). Pasový límeček v šířce 3 cm. Směr osnovy předního a zadního dílu vycentrován. Přídavek na švy: boční linie 1,3 cm, pas 1 cm, lem sukně 2,5 cm. Boční linie sukně šity obnitkovacím stehem. Pasový límeček podlepen lepicí výztužnou vložkou o tloušťce 0,25 mm s gramáží 28,73 g/m ² . Pasový rozparek řešen skrytým zipem.
Avatar	avatar vznikl 3D skenováním reálné figuríny 
Textilie	6 různých textilií; vlastnosti měřeny KES systémem.

Ukázka výrobu	Bavlněné plátno $148,68 \text{ gm}^{-2}$									
	<div style="text-align: center;"> <p>Front</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Fabric no.</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;">Virtual 1 (KES)</td> <td style="width: 15%;">Virtual 2 (FTU)</td> <td style="width: 15%;">Virtual 3 (KES weight/10)</td> </tr> <tr> <td>cotton 6 100% (plain)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> </div>	Fabric no.		Virtual 1 (KES)	Virtual 2 (FTU)	Virtual 3 (KES weight/10)	cotton 6 100% (plain)			
Fabric no.		Virtual 1 (KES)	Virtual 2 (FTU)	Virtual 3 (KES weight/10)						
cotton 6 100% (plain)										
Metoda srovnání	Objektivní – srovnáním délky a šířky sukní; reálný výrobek na krejčovské panně byl skenován 3D skenerem.									
Závěr	<p>Vybrané závěry:</p> <ul style="list-style-type: none"> - mechanicko-fyzikální parametry textilie mají vliv na výsledné padnutí sukně, - metodika měření mechanicko-fyzikálních vlastností textilie může ovlivnit simulaci oděvu a tím výsledné padnutí [32 odst. 3.1.2], - velmi tenké a lehké materiály jsou choulivé jak při reálném šicím procesu, tak při virtuální simulaci, - nejjednodušší pro fyzické zpracování i pro simulaci (minimum kolapsů) byl materiál 6 (100 % bavlněné plátno). Tento materiál se navíc vyznačoval velmi dobrou podobností virtuální a reálné sukně jak pro kratší, tak pro delší variantu sukně. 									

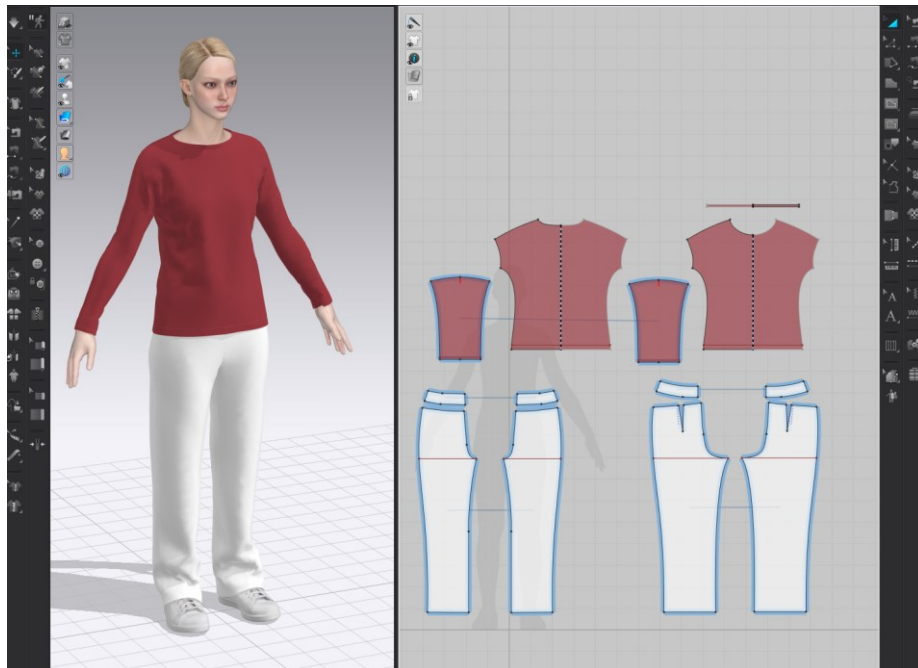
Tab. 7 Studie Cha, 2014 [19]

Soft-ware	DC Suite 5.0 (program vyvinutý univerzitou v Soulu)																								
Výro-bek	<p>Rozšířená sukně s vrcholovým úhlem 90°, 180°, 270°, 360°; délky 46 cm, 56 cm, 66 cm</p> <div style="display: flex; align-items: center;">   </div>																								
Avatar	Není uvedeno, jak byla velikost avatara synchronizována s reálnou postavou.																								
Para-metry textilií	<p>Bavlněný mušelín; není uvedena metodika stanovení parametrů, ani proces virtualizace textilie</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th rowspan="2">Weight (g/m^2)</th> <th rowspan="2">Thickness (m/m)</th> <th colspan="2">Density(ply/5cm)</th> <th colspan="2">Stretch(%)</th> <th colspan="2">Strength(kgf)</th> </tr> <tr> <th>warp</th> <th>weft</th> <th>warp</th> <th>weft</th> <th>warp</th> <th>weft</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Muslin</td> <td>148.9</td> <td>0.34</td> <td>119.6</td> <td>110.4</td> <td>19.4</td> <td>12.0</td> <td>30.2</td> <td>26.8</td> </tr> </tbody> </table>		Weight (g/m^2)	Thickness (m/m)	Density(ply/5cm)		Stretch(%)		Strength(kgf)		warp	weft	warp	weft	warp	weft	Muslin	148.9	0.34	119.6	110.4	19.4	12.0	30.2	26.8
	Weight (g/m^2)				Thickness (m/m)	Density(ply/5cm)		Stretch(%)		Strength(kgf)															
		warp	weft	warp		weft	warp	weft																	
Muslin	148.9	0.34	119.6	110.4	19.4	12.0	30.2	26.8																	

Ukázka vý- robku	Angle	90°	180°	270°	360°
	Length				
66cm					
					
66cm					
Metoda srovnání	Subjektivní – 5 odborníků a 5 studentů oděvnictví; hodnotící na každou otázku odpovídali pomocí 5-ti bodové stupnice.				
Závěr	<p>Vybrané závěry studie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - simulace sukní různých délek a s různými vrcholovými úhly si byly podobné s reálnými, rozložení splývajících záhybů nekorespondovalo s reálnými sukněmi. Virtuální sukně měly rozložení záhybů rovnoměrné, reálné sukně ne; - u dvou kratších sukní (46 cm a 56 cm) se vzhled zlepšoval se zmenšujícím se vrcholovým úhlem, u 66 cm dlouhé sukně se vzhled zlepšoval se zvětšujícím se úhlem; - čím byla sukně delší a čím byl větší vrcholový úhel, tím více se rozcházel virtuální a reálný model. 				

4 Software CLO

CLO je produktem jihokorejské firmy CLO Virtual Fashion, která si klade za cíl „virtualizovat každý jednotlivý oděv na zemi“ [43]. Její software CLO je třídimenzionální počítačový systém vytvořený pro účely tvorby návrhů oděvů. Kombinuje klasický program určený pro návrh stříhových konstrukcí s programem umožňujícím virtuální simulaci oděvů (Obr. 6). Stříhovou konstrukci lze vytvořit přímo v softwaru CLO nebo je možné ji importovat¹⁰. CLO je kompatibilní např. s programy YUKA, Gerber, Lectra, StyleCAD, Optitex, či PAD System. Navržený oděv je průběžně zkoušen na virtuálním manekýnovi/avatarovi (kterým program disponuje ve své knihovně v mnoha variacích) nebo na 3D skenu reálné postavy.

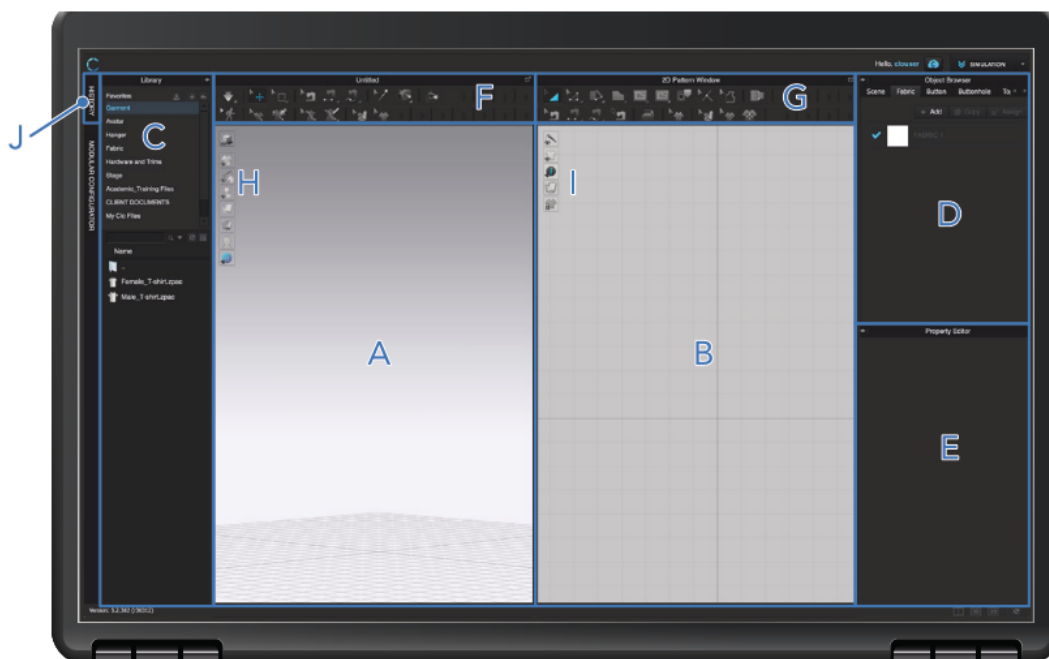


Obr. 6 Pohled do uživatelského prostředí rozpracovaného návrhu v programu CLO

Matematicko-fyzikální podstatu fungování tohoto programu vysvětluje ve svém článku např. Huang [44 kap. 3.3].

Uživatelské rozhraní programu CLO je rozděleno do několika částí/oken (viz Obr. 7). Pravé 2D okno (v Obr. 7 označeno písmenem B) je určeno pro návrh stříhové konstrukce, levé 3D okno (v Obr. 7 označeno písmenem A) pro simulaci padnutí oděvu. Data obou oken jsou synchronizována.

¹⁰ Program CLO umí importovat soubory typu *.dxf, *.pdf, *.ai, *.myu, *.obj, *.dae (collada file), *.fbx, *.gltf, *.glb, *.abc (alembic file), *.mc, *.mcx (maya cache file), *.pc2 (point cache file), *.mdd (MDD cache file) a *.py (python script file).



Obr. 7 Uživatelské prostředí programu CLO 3D [45 s. 7]

Legenda: A) 3D okno pro virtuální simulaci oděvu, B) 2D okno pro návrh stříhové konstrukce, C) knihovna, D) okno výběru prvku (látka, steh, knoflík, ...), E) okno vlastností prvku, F) panel nástrojů pro 3D okno, G) panel nástrojů pro 2D okno, J) historie

4.1 Vlastnosti definující virtuální textilii v programu CLO

Pro co nejpřesnější znázornění a simulaci oděvu v programu CLO je nezbytné znát jednak mechanicko-fyzikální vlastnosti materiálu, jednak jeho vizuální parametry [45 kap. 5]. Obě zmíněné skupiny vlastností představují velké množství různorodých vstupů. Vizuálním parametrům se v této práci autorka nevěnuje. Z fyzikálních, resp. mechanicko-fyzikálních parametrů jsou to především vlastnosti popisující materiál v tahu a ohybu, plošná hmotnost, tloušťka materiálu a vlastnosti zásadní pro animaci virtuálních oděvů – tření a tlumení. Jejich přehled je uveden v Tab. 8. Tyto parametry nejsou uvedeny ve standardních jednotkách. Program CLO jim přiřazuje hodnotu ze 100-bodové škály. V Tab. 8 jsou uvedeny hodnoty pro tzv. **základní textilii** („default fabric“), kterou CLO doporučuje používat při ověřování padnutí oděvu při prvních simulacích (konstrukční parametry textilie uvedeny v programu nejsou¹¹). Způsob transformace reálných veličin do 100-bodové škály není v manuálech programu CLO uvedena¹².

¹¹ Program CLO se neustále a rychle vyvíjí. V aktuální verzi programu CLO (4/2024) má defaultně nastavená textilie již jiné parametry než ty, které jsou uvedeny v Tab. 8 a již lze pro tuto textilii dohledat i některé konstrukční parametry.

¹² Vztah pro přepočítání parametrů „stretch warp, stretch weft, shear“ do bezrozměrné CLO stupnice pro pleteniny uvádí ve své studii Cheng [40 s. 10]. Vztah pro výpočet plošné hmotnosti v CLO stupnici – viz vzorec (2) na str. 38.

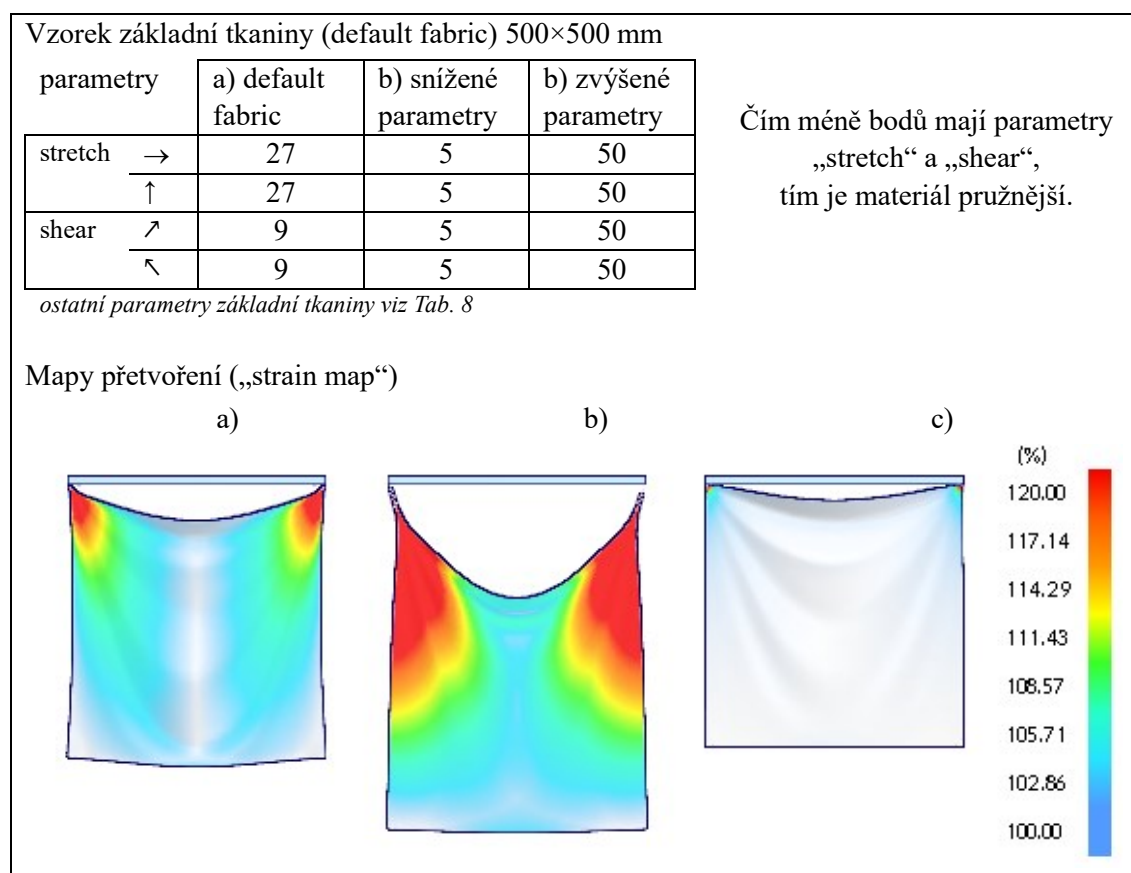
Tab. 8 Přehled parametrů, které definují v programu CLO fyzikální povahu textilie

Parametry „základní textilie“	Charakteristika vlastností (podrobnější specifikace – viz text za tab.)		
	Stretch (-)	→ ↑	Vlastnosti popisující elasticitu ve směru osnovy ↑, útku → (resp. sloupce a řádku) a v diagonále (pravém ↗ a levém směru ↘). Čím menší je hodnota, tím více je látka pružnější.
	Shear (-)	↗ ↘	
	Bending (-)	→ ↑ ↗ ↘	Vlastnosti charakterizující tuhost v ohybu ve směru osnovy, útku a v diagonále. Čím vyšší bodová hodnota, tím je materiál tužší.
	Buckling ratio (-)	→ ↑ ↗ ↘	Vlastnosti určující tvar/plnost vln ve směru osnovy, útku a v diagonále. Čím vyšší hodnota, tím menší objem se snaží textilie zaujmout.
	Buckling stiffness (-)	→ ↑ ↗ ↘	Skupina parametrů související s podobou a chováním rohů textilií; je úzce spjata s ohybovou tuhostí.
	Internal damping (-)		Tlumení a tření jsou důležité pro animace oděvu.
	Friction (-)		
	Density (-)		Plošná hmotnost textilie. Hodnota 27 odpovídá 300 gm^{-2}
	Thickness (mm)		Tloušťka materiálu.
	Nové parametry 2. generace		
	Stretch growth rate (-)	→ ↑	Parametry v době psaní tohoto textu nejsou v manuálu programu CLO specifikovány. Souvisejí s rychlostí nárůstu elastických deformací.
	Shear growth rate (-)	↗ ↘	

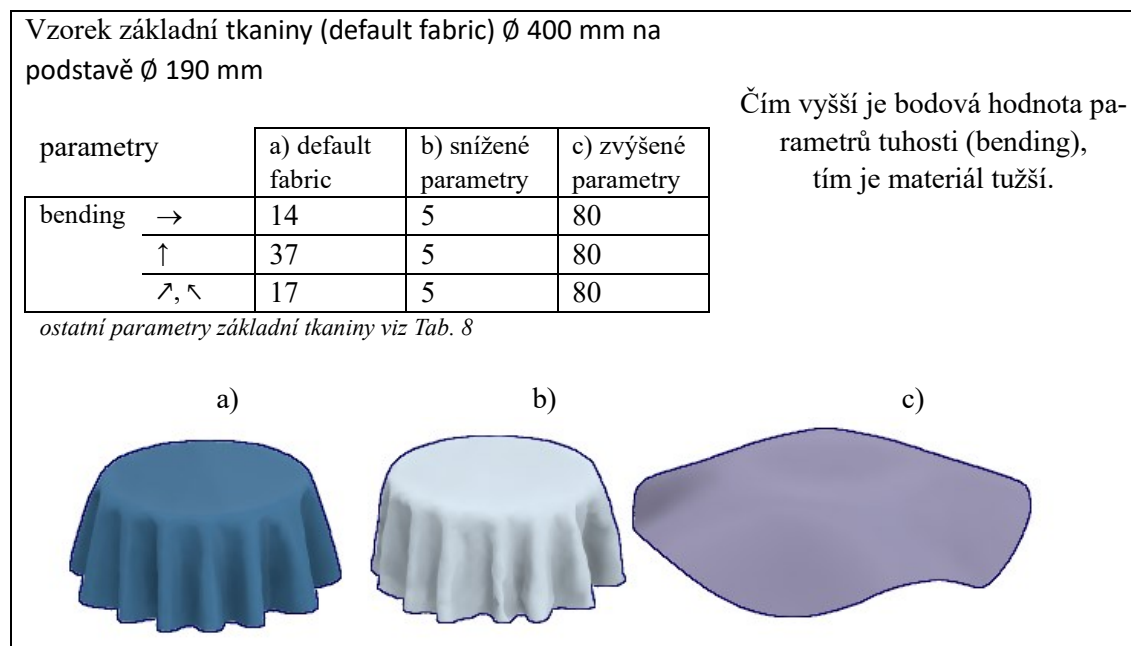
„**Stretch**“ a „**shear**“: tato skupina parametrů popisuje elasticitu textilií ve směru osnovy, útku (resp. sloupců a řádků) a v diagonále (shear). Parametry se odvozují z chování textilie při tahovém namáhání. Čím snadněji se materiál při tahovém namáhání napíná, tím je materiál pružnější a tím menší číslo je mu ze 100-bodové CLO stupnice přiřazeno. Zřetelně jde tato vlastnost vidět zobrazením map deformací v Tab. 9. Základní textilie je zde zavěšena na ramínku za rohy a vlastní vahou prověšena. Čím nižší hodnoty „stretch“ a „shear“ tím více se materiál deformuje.

„**Bending**“: skupina parametrů charakterizujících tuhost materiálu ve směru osnovy, útku (resp. sloupců a řádků) a v pravém či levém diagonálním směru. Čím vyšší hodnota na 100-bodové CLO škále, tím je materiál tužší (viz Tab. 10). Vzorek (a) v této tabulce odpovídá základnímu materiálu, u vzorku (b) byla tuhost snížena na hodnotu 5 (vzorek více splývá) a u vzorku (c) je tuhost zvýšena na hodnotu 80.

Tab. 9 Vzorky virtuálních textilií přišpendlených k ramínku a parametry „stretch“ a „shear“ popisující elasticitu ve směru osnovy ↑, útku → a v diagonále ↗, ↘



Tab. 10 Vzorky virtuálních textilií a parametr „bending“ charakterizující ohybovou tuhost



To, jestli se materiál položený při zkoušce splývavosti ohne přes okraj podstavy a zvlní, závisí na jeho tuhosti („bending“) – viz Tab. 10. Abychom ovlivnili tvar a plnost vln – je třeba pracovat s funkcí „**buckling ratio**“. Čím větší je „buckling ratio“, tím více chce textilie kopírovat nerovnosti. „Buckling ratio“ je v tomto případě skupina vlastností určující tvar vln, resp. plnost vln. Vlastnost „buckling“ je v knize *Engineering of high-performance textiles* [46 kap. 6.5.4] popsána jako schopnost odolávat kompresi. Dobře tuto vlastnost ilustrují obrázky v Tab. 11. Základní tkanina („default fabric“) v tabulce má v prvním případě výchozí hodnotu „buckling ratio“ = 0 ve směru osnovy, útku i v diagonále. V druhém případě má hodnotu 90. Je vidět, že čím vyšší je hodnota „buckling ratio“, tím menší je plnost vln, textilie se snaží zaujmout co nejmenší prostor, vlny jsou na kruhovém vzorku splývajícím přes podstavu menší, hranatější, je jich větší počet.

Tab. 11 Vzorky virtuálních tkanin a parametr „buckling ratio“ charakterizující tvar a plnost vln

Vzorek základní tkaniny (default fabric) 500×500 mm a Ø 400 mm			
parametry		a) default fabric	b) zvýšené parametry
buckling	→	0	80
ratio	↑	0	80
	↗↘	0	80

Čím více bodů mají parametry „buckling ratio“, tím menší je plnost vln a tím snáz se textilie ohýbá.

ostatní parametry základní tkaniny viz Tab. 8

a)

b)

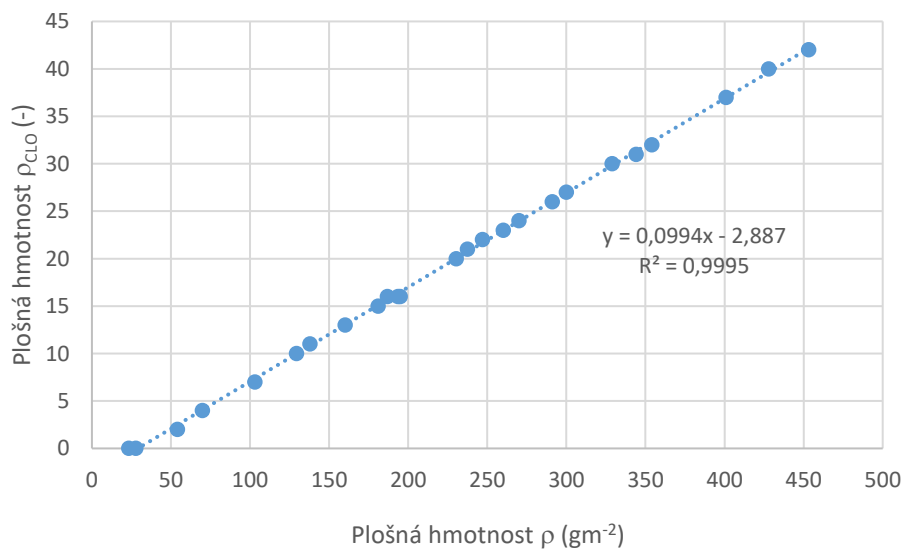
Skupina parametrů „buckling stiffness“ souvisí s podobou a chováním rohů textilií a je úzce spjata s ohybovou tuhostí. Standardně jsou tyto parametry nastaveny na hodnotu 0.

„**Internal dumping**“ je parametr důležitý při animacích oděvních výrobků. Čím vyšší hodnota tohoto parametru, tím pomaleji se při animacích bude pohybovat oděv na avatarovi. Proto např. při animaci dlouhé těžké sukně, bude vhodné hodnotu „internal dumping“ zvýšit a tím zpomalit reakce textilie na pohyb avatara. Bude-li třeba tzv. „rychlé sukně“, kterou potřebují např. latinskoamerické tanečnice, bude třeba parametr „internal dumping“ snížit.

„**Friction**“, čili tření, je parametr, který zohledňuje míru tření mezi jednotlivými materiály. Čím nižší je hodnota, tím snadněji klouže jeden materiál po druhém.

„**Density**“, čili plošná hmotnost textilie, se ve 100-bodové stupnici v programu CLO pohybuje standardně pod hodnotu 50. Přepočítání mezi plošnou hmotností ρ (gm^{-2}) a plošnou hmotností v CLO stupnici ρ_{CLO} (-) lze nalézt vynesáním závislosti mezi těmito dvěma hodnotami graficky (viz Obr. 8). Data pro graf byla získána z virtuální knihovny plošných textilií programu CLO. Proložení bodů spojnici trendu získáme rovnici (2) pro výpočet bodové hodnoty plošné hmotnosti používané v programu CLO $\rho_{CLO}(-)$ na základě znalosti plošné hmotnosti textilie ρ (gm^{-2}). Vztah je platný pro plošné hmotnosti do hodnoty $500 gm^{-2}$.

$$\rho_{CLO} = 0,0994\rho - 2,887 \quad (2)$$



Obr. 8 Vztah mezi plošnou hmotností textilie vyjádřené v gm^{-2} a plošnou hmotností vyjádřené 100-bodovou CLO stupnicí

4.2 Čtyři způsoby, jak vytvořit virtuální textilii v programu CLO

Existují čtyři způsoby, jak vytvořit plošnou textilii v programu CLO:

1. vybrat si textilii z široké nabídky materiálů kterými program disponuje ve své knihovně a které již všechny parametry mají zadány. Výhodou je, že každý parametr přiřazený k vybranému materiálu z knihovny, který charakterizuje ať už mechanicko-fyzikální či vizuální vlastnosti, lze v případě potřeby v uživatelském rozhraní programu CLO změnit dle potřeby tak, aby se co nejvíce přiblížila chování a vzhledu reálného materiálu;
2. zadat všechny vstupní parametry uvedené v Tab. 8 manuálně, a to pomocí 100-bodové stupnice (až na tloušťku materiálu – ta jediná se zadává v jednotkách SI);
3. využít aktuálně nového nástroje programu CLO nazvaném „Fabric Creator“ (spuštěn na podzim roku 2023 během psaní této práce). Pro vytvoření virtuální textilie stačí zadat typ textilie (např. zda se jedná o plátno, kepr apod.), složení textilie a její plošnou hmotnost. Program na základě těchto vstupních parametrů sám přiřadí hodnotu ze 100-bodové stupnice všem charakteristikám uvedeným v Tab. 8;
4. využít Emulátoru programu CLO, do kterého se zadají výsledky laboratorních zkoušek na reálných vzorcích textilií (tah, ohyb, tloušťka, plošná hmotnost). Přehled hodnot, které je potřeba do Emulátoru zadat je zobrazen na Obr. 9. Z tohoto formuláře je zřejmé, že pro zápis výsledků zkoušek na ohyb a tah, nejde o standardní zápis – neuvádí se ani ohybová tuhost, ani pevnost materiálu v tahu. Jde o formulář pro zápis výsledků zkoušek textilií na měřícím zařízení CLO Fabric Kit.

The image shows a screenshot of the CLO Emulator interface. It is divided into three main sections: 'Weight and Thickness', 'Bending Test', and 'Stretch Test'. Each section contains a table of input fields with dropdown menus and icons for editing.

Weight and Thickness	
Width / Height (mm)	220.00 x 30.00
Weight (g)	
Density (g/m ²)	
Thickness (mm)	

Bending Test			
	Weft	Warp	Bias
Contact Distance (mm)			
Length (mm)			

Stretch Test					
Weft		Warp		Bias	
	Length (mm)	Force (kgf)		Length (mm)	Force (kgf)
1			1		
2			2		
3			3		
4			4		
5			5		

Obr. 9 Formulář Emulátoru programu CLO pro zadávání výsledků měření

Dílčí rešeršní závěr X: V experimentu bude bavlněné plátno virtualizováno dvěma způsoby: (1) Emulátorem programu CLO a (2) pomocí funkce Fabric Creator.

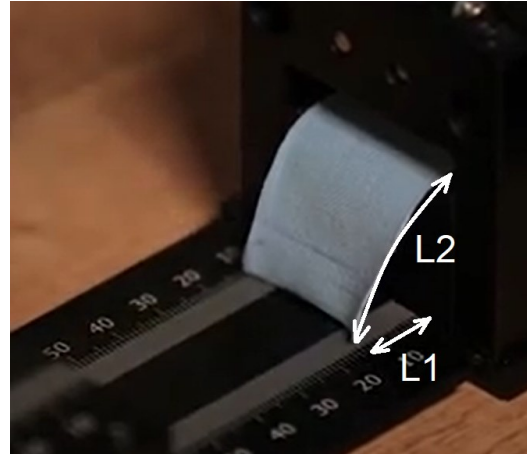
4.3 Souprava CLO Fabric Kit

CLO Fabric Kit 2.0 společnosti CLO Virtual Fashion je skupinou přístrojů určených pro stanovení parametrů potřebných pro virtualizaci textilií v programu CLO. Měří hmotnost textilie, její tloušťku, deformaci při tahovém namáhání a chování při ohybu. Postup měření je popsán v manuálu programu CLO [47] a v instruktážním videu [48]. Stručná charakteristika měření je uvedena v Tab. 12. Zkoušky probíhají na třech vzorcích o rozměrech 220×30 mm. Jeden vzorek ve směru osnovy (sloupku), jeden ve směru útku (řádku) a jeden v diagonálním směru [47].

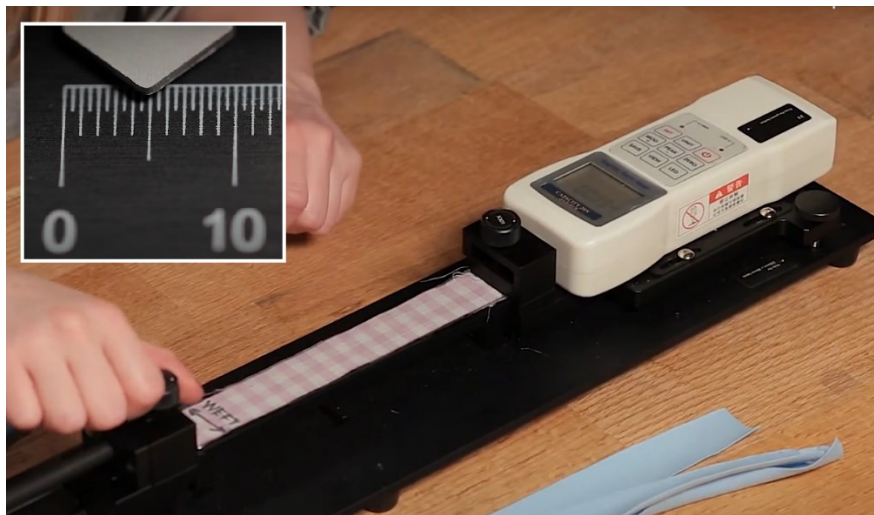
Měřicí aparaturu nebude možné pro účely této práce použít, neboť není k dispozici. Bylo však zapotřebí porozumět způsobu fungování soupravy, aby mohly být realizované zkoušky v laboratořích co nejvíce přizpůsobeny podmínkám měření na CLO Fabric Fit.

Tab. 12 Parametry měřené soupravou CLO Fabric Kit 2.0

Vlastnost	Princip	Naměřená veličina zadávána do protokolu	
Plošná hmotnost (gm ⁻²)	váží se 3 složené vzorky známé plochy (s přesností na setiny gramů) - kolmá vzdálenost mezi lícovou a rubovou stranou textilie,	hmotnost (g) plocha (m ²)	
Tloušťka textilie (mm)	- měří se tloušťkoměrem, digitální odečet (s přesností na setiny milimetrů), - není zveřejněn tlak, při kterém se měří tloušťka	tloušťka (mm)	Obr. 10
Ohybová tuhost	- měří se na jednom vzorku ve směru útku, na jednom ve směru osnovy a na jednom v úhlopříčném směru, - zaznamenává se kontaktní délka v okamžiku, kdy se proužek látky dotkne horizontální roviny, - není zveřejněna ohybová výška, - nerozlišuje se lícová/rubová strana - digitálním siloměrem se zaznamenává síla potřebná pro protažení vzorku ve směru osnovy a útku,	kontaktní délka L1 (mm) délka proužku L2 (mm)	Obr. 10
Namáhání tahem	- přírůstek prodloužení se provádí manuálně a doporučuje se 1 mm pro tkaniny, 10 mm pro pružné textilie, - pro každý ze tří vzorků je zapotřebí min 3 a max 5 měření, - min. přírůstek sil mezi dvěma měřeními je 0,02 kgf, - není brána v potaz rychlost měření	síla (kgf) prodloužení (mm)	Obr. 11
Namáhání smykem	- digitálním siloměrem se zaznamenává síla potřebná pro protažení vzorku střížem v úhlopříčném směru, - další inf.: dtto namáhání tahem	síla (kgf) prodloužení (mm)	Obr. 11



Obr. 10 CLO Fabric Kit 2.0: tloušťkoměr (obr. vlevo); stanovení tuhosti v ohybu (obr. vpravo) – kontaktní délka L1, délka proužku L2 [48]



Obr. 11 CLO Fabric Kit 2.0: namáhání vzorku tahem [48]

Výsledky měření se následně zadávají do Emulátoru programu CLO (Obr. 9), ten je zpracuje a přiřadí všem parametrům hodnotu ze 100-bodové stupnice (až na tloušťku – ta zůstává v mm). Metodika přepočtu mezi naměřenými hodnotami a 100 bodovou stupnicí není firmou CLO zveřejněna.

Způsob zkoušení vzorků je popsán v manuálu k softwaru CLO [47, 48]. Zařízení mají jednoduchou obsluhu a může je tak provádět i nekvalifikovaná obsluha. To jsou nesporné výhody soupravy. Mezi hlavní nevýhody soupravy CLO Fabric Kit 2.0 nejen dle [33] patří:

- není automatizován proces měření, může tak docházet k chybám generovaným při interpretaci, čtení, zápisu a vkládání výsledků do emulátoru,
- měření může být ovlivněno nestabilitou přístroje a vibracemi v okolí,
- metoda pro stanovení ohybových vlastností není vhodná pro všechny materiály (např. pro úplety, které mají tendenci se na krajích stáčet, což komplikuje vyhodnocení ohybové zkoušky; zkouška není vhodná ani pro velmi tuhé materiály),
- kontaktní délka u zkoušky ohybem nebývá na obou stranách stejná; problém lze řešit jejich průměrnou hodnotou,

- při ohybové zkoušce se nezohledňuje líc a rub,
- měření se neopakují,
- není uvedeno, při jakém, tlaku se měří tloušťka,
- není dáno, jak rychle se má provádět zkouška tahem,
- není kladen důraz na klimatické podmínky při zkoušce,
- zařízení si může koupit jen firma, ne konkrétní uživatel,
- firma CLO neposkytuje o měřící soupravě žádné informace komukoliv, kdo soupravu nemá.

Dílčí rešeršní závěr XI: Formulář Emulátoru programu CLO je přizpůsoben zápisu měřených hodnot soupravou CLO Fabric Kit. Tato souprava není v současnosti k dispozici na Katedře oděvnictví, Fakulty textilní, TUL. Ke zkoušení budou použity standardní postupy pro stanovení tloušťky, plošné hmotnosti, chování v tahu a ohybu, které budou prováděny tak, aby byly získány vstupy pro Emulátor.

Dílčí rešeršní závěr XII: Průběh laboratorních zkoušek pro stanovení chování textilie v tahu bude třeba provést tak, aby bylo možné zadat do Emulátoru programu CLO závislost tahové síly na protažení. Grafická závislost mezi tahovou silou a deformací bude získána na přístroji pro stanovení pevnosti v tahu a tažnosti textilie. Ze závislosti bude odečteno 3–5 záznamů, přičemž minimální změna tahové síly mezi jednotlivými záznamy je vyžadována 0,02 kgf. Vzhledem k dobré korelaci mezi výsledky KES a CLO Fabric Kit [49] bude zvolena pro zkoušku rychlost stejná, jako u KES-FB1, tedy 12 mm/min [50]. Velikost laboratorního vzorku bude stejná jako u zkoušky na CLO Fabric Kit, tedy 220×30 mm.

Dílčí rešeršní závěr XIII: Průběh laboratorních zkoušek pro stanovení chování textilie v ohybu bude třeba provést tak, aby bylo možné zadat do Emulátoru programu CLO závislost kontaktní délky a délky ohýbaného proužku textilie o šířce 30 mm. Ohybová tuhost bude stanovena tuhoměrem TH4. Bude oslovena podpora programu CLO s cílem získat informaci o ohybové výšce soupravy CLO Fabric Kit. Kontaktní délka a délka proužku pak bude stanovena výpočtem.

4.4 Vliv vstupních parametrů na přesnost virtuální simulace

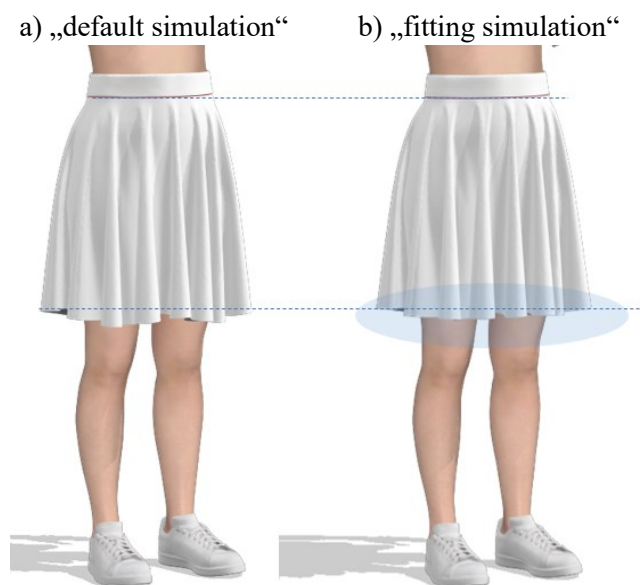
Manuál programu CLO [45] je soustředěn především na běžného uživatele, který nepotřebuje znát fungování softwaru do hloubky. Manuál vysvětluje k čemu většina ikon a položek slouží, kde je najít a jak je použít. Chybí zde vysvětlení podstaty fungování programu – chybí tzv. „Scientific manual“. V manuálu se uživatel nedočte např. z jakého materiálového modelu analýza vychází, jaký je přepočítání mezi vstupními parametry laboratorních zkoušek textilií a výslednou 100-bodovou škálou nebo jaký je přesný rozdíl mezi dvěma různými typy simulací, které program ve verzi 7.3 nabízí. Proto některé z následujících podkapitol, které se věnují i zmíněnému typu simulace, jsou v zásadě velmi povrchní.

4.4.1 Vliv typu simulace

V programu CLO (verze 7.3) existují dva typy simulací: (a) „default simulation“ a (b) „fitting simulation“. První z nich se používá v průběhu návrhu, vyznačuje se především vyšší rychlostí simulace. Druhý typ simulace se doporučuje použít při závěrečné simulaci, je náročnější na výkonnost počítače, zohledňuje nelineární chování textilií a věrohodněji simuluje oděvní výrobek, a to především z pohledu pružnosti materiálu [45 s. 18]. Detailnější rozbor podstaty uvedených druhů simulací manuál programu CLO neposkytuje.

Rozdíl v simulacích je vidět na konkrétním výrobku na Obr. 12. Simulována je zde kolová jednodílná sukně délky 472 mm, sukně je spojena s pasovým límcem, použitý materiál: „default fabric“ (parametry textilie viz Tab. 8 na str. 45), spodní lem nezahnut.

Závěr pre-experimentu I: Nebude-li uvedeno jinak, bude v této práci pro simulaci použit typ simulace „fitting simulation“.

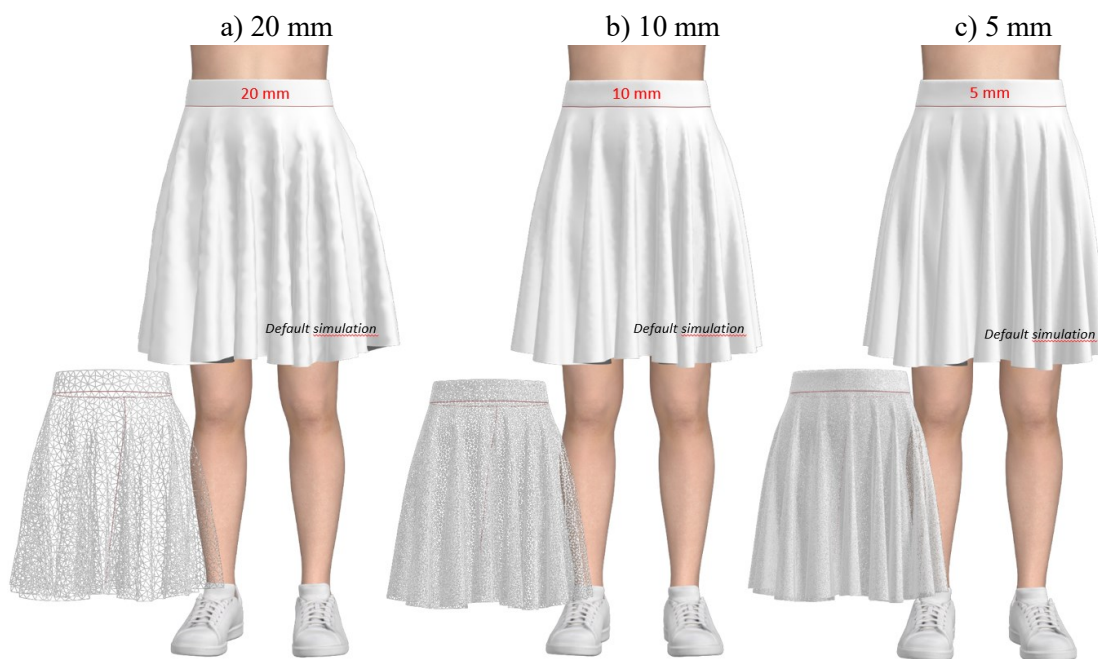


Obr. 12 Dva typy simulací v programu CLO (verze 7.3)

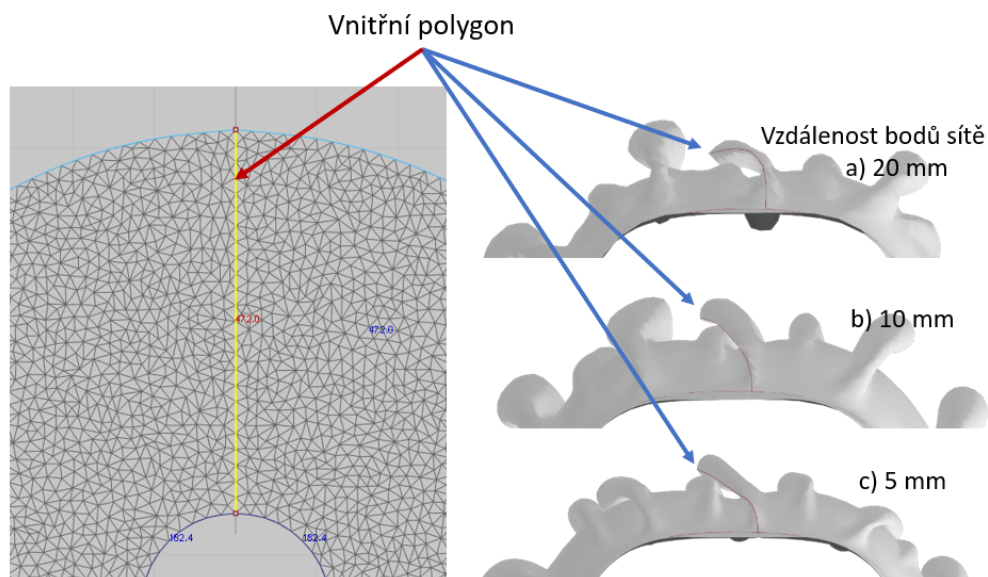
4.4.2 Vliv hustoty uzlových bodů v síti prvků

Hustota bodů má vliv na výsledné padnutí oděvu a věrohodnost virtuální simulace [30 s. 97]. Čím jemnější síť, tím věrohodnější je simulace, tím jsou také vyšší nároky na hardwarové vybavení. Standardně je v CLO nastavena trojúhelníková síť prvků s vrcholy vzdálenými 20 mm. Toto nastavení je doporučeno při počátečních návrzích a simulacích. Zjemnění sítě je vhodné provést až při finální simulaci nebo již v průběhu návrhu, ale jen u malých dílků či jen lokálně u větších dílů.

Znázornění sítě s body vzdálenými 20, 10, a 5 mm na kolové sukni je na Obr. 13. Na této sukni je v místě zadní středové linie vložen vnitřní polygon („internal polygon“). Jakákoliv linie uvnitř dílu oděvního výrobku je místem, kde se zákonitě ukončí prvek sítě. Vznikne linie bodů uspořádaných do přímky, kterou se naruší původní rovnoměrné rozložení prvků sítě. Čím větší jsou prvky sítě, tím více je nerovnoměrnost daná takovým liniovým prvkem zřetelná. Jaký efekt to má u kolové sukne lze vidět na Obr. 14. U sítě s body vzdálenými 20 mm je na sukni zřetelný lom, který by na sukni bez interního polygonu nebyl. V této práci má být porovnáváno padnutí sukne pomocí splývavosti, budou se vyhodnocovat tvary spodních lemů a tento lom, který je přítomen na virtuální sukni by negativně ovlivnil vyhodnocení. Eliminovat lze „efekt vnitřního polygonu“ zjemněním sítě – viz Obr. 14c.



Obr. 13 Hustota uzlových bodů



Obr. 14 Uspořádání uzlových bodů v místě vnitřního polygonu a jeho efekt na tvar spodního lemu sukně

Závěr pre-experimentu II: Zjemněním sítě se lze vyhnout „efektu vnitřního polygonu“. Ne-
bude-li uvedeno jinak, bude v práci použita pro vzdálenost bodů trojúhelníkové sítě hodnota
5 mm.

4.4.3 Vliv materiálových parametrů plošné textilie

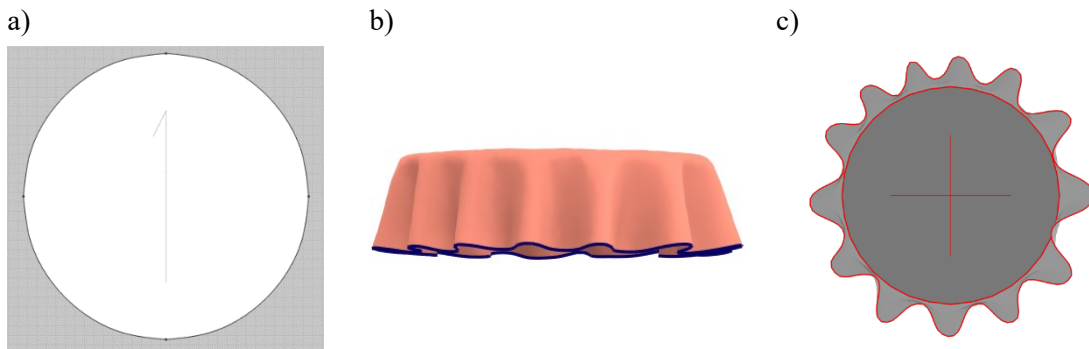
Tento vliv je zkoumán v kapitole 4.1 (viz Tab. 9 až Tab. 11).

4.4.4 Vliv sledu simulačních kroků

Výslednou simulaci, resp. podobu virtuálního výrobku ovlivňuje postup při vytváření virtuálního prototypu. Tento efekt lze dobře vidět na tvaru kraje splývajícího kruhového vzorku průměru 300 mm který splývá přes horizontálně uloženou podstavu průměru 180 mm (viz Obr. 15). Tento splývající vzorek napodobuje laboratorní zkoušku splývavosti dle ČSN 80 0835 Zkoušení splývavosti plošných textilií průmětem [21]. V první analýze je vzorek zkonstruován, je mu přiřazen materiál bavlněné plátno gramáže 139 gm^{-2} (označení BP145 – podrobná charakteristika viz Tab. 17 na str. 79) a simulován. V druhé analýze je vzorek zkonstruován, ponechán defaultně přiřazený materiál (materiál „default fabric“, resp. základní textilie), simulován, přiřazen BP145, znovu simulován.

Tvary průřetů před a po simulacích pro obě analýzy lze vidět v Tab. 13. Průřety kruhových vzorků z materiálu BP145 se liší plochou, počtem vln i rovnoměrností v rozložení vln. Ještě lépe lze srovnat průřety vzájemným překrytím (viz Obr. 16). Cílem této analýzy není stanovit jak veliký vliv má simulační postup na tvar průřetu, ale zda má vliv, což bylo dokázáno.

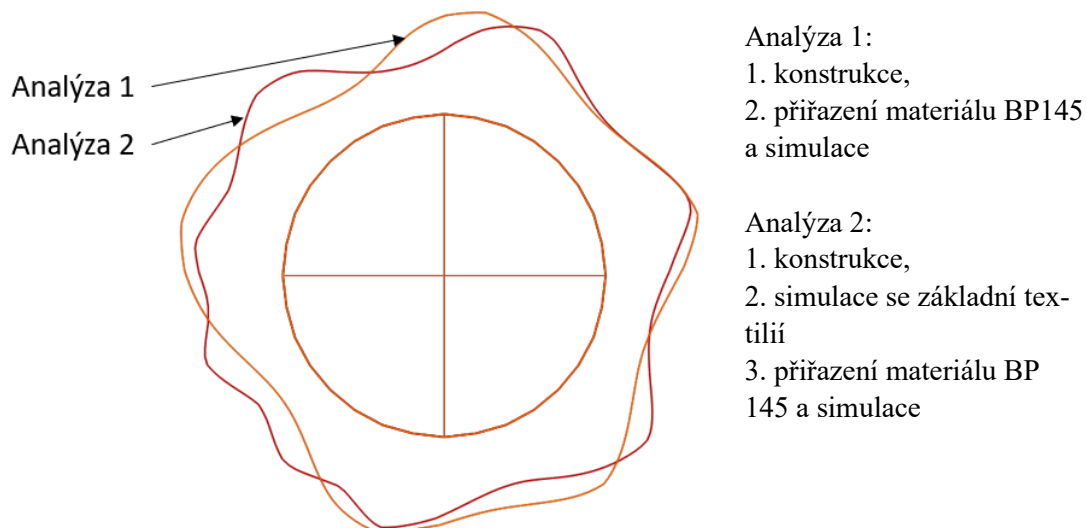
Dalším krokem analýzy bylo stanovit, jak se budou od sebe vzorky lišit při opakované simulaci. Vzorky byly před každou novou simulací zpevněny funkcí „strength“, tímto se vzorek rozvinul do výchozí pozice, následně byl vzorek uvolněn (funkce „unstrength“), aby mohl splýnout dolů a nakonec byl pořízen snímek průmětů. Tyto průměty jsou vykresleny v Obr. 17. Je z nich patrné, že analýza 2 se vyznačuje větší variabilitou průmětů při opakované simulaci. Postup použitý v analýze 1 přináší při opakované simulaci téměř shodné průměty.



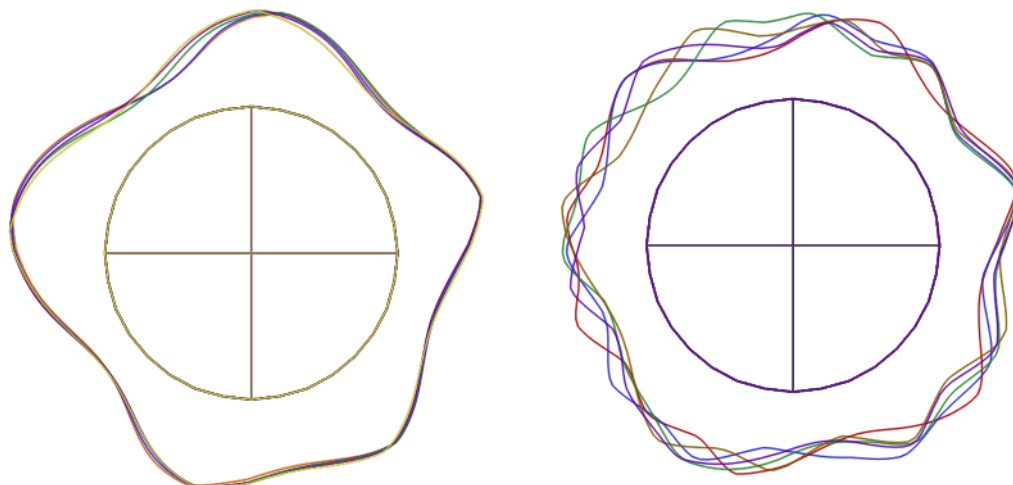
Obr. 15 Vzorek textilie v programu CLO průměru 300 mm (materiál „default fabric“) splývající přes okraje kruhové podstavy průměru 180 mm; (a) poloha osnovy, (b) 3D pohled, (c) pohled zespodu

Tab. 13 Vliv sledu dílčích simulačních kroků na výslednou simulaci

Analýza 1	Analýza 2
1. konstrukce, 2. přiřazení materiálu BP145 a simulace	1. konstrukce, 2. simulace s defaultně přiřazeným materiálem, 3. přiřazení materiálu BP145 a simulace



Obr. 16 Průměty kruhového vzorku splývajícího přes podstavu pro materiál BP 145 jsou ovlivněny postupem při simulaci



Obr. 17 Tvary průmětů kruhových vzorků (BP145) při opakované simulaci: vlevo analýza 1, vpravo analýza 2

Závěr pre-experimentu III: Nebude-li uvedeno jinak, simulace vzorků/oděvních výrobků bude provedena postupem jako v analýze 1 (viz Tab. 13 na str. 56).

4.4.5 Vliv švů

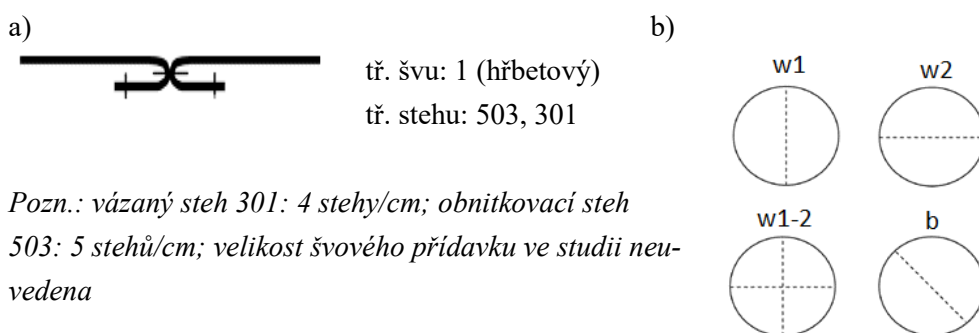
Padnutí oděvního výrobku švy ovlivňují. To je skutečnost, na které se shodují mnozí autoři – za všechny např. [22, 51–53]. Shoda panuje v tom, že švy zvyšují koeficient splývavosti. To, jak moc ovlivní šev padnutí oděvu závisí na mnoha parametrech. Roli zde hraje typ švu, typ stehů, počet stehů, poloha švu vůči osnově, směr švu na oděvním výrobku, velikost švového přídavku, typ a tloušťka spojovaného materiálu, počet spojovaných vrstev, typ šicího materiálu, napětí šicí nitě atd. To vše ovlivní výslednou tuhost a tíhu materiálu v místě švu a tím koeficient splývavosti, počet vln, velikost amplitud vln, jejich délku atp.

V textu dále jsou uvedeny vybrané závěry studií, kde autoři sledovali vliv hřbetových švů na splývavost bavlněné tkaniny plátnové vazby gramáže blízké té, která bude použita v experimentální části bakalářské práce.

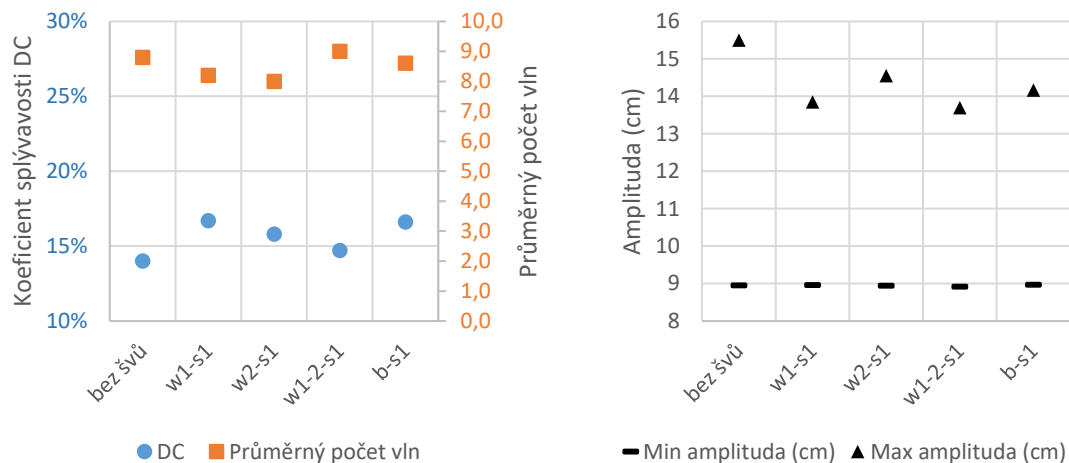
Studie autorů Jevšnik a Žunič-Lojen [51]

Ve studii [51] sledovali autoři Jevšnik a Žunič-Lojen vliv švů na splývavost na pěti kruhových vzorcích průměru 36 cm. Čtyři vzorky byly rozstříženy a následně sešity ve směrech osnovy (tento šev nese označení w1), útku (w2), osnovy a útku (w1-2) a v diagonálním směru (b) – viz Obr. 18b. Pokud vyjmete ze studie [51] data odpovídající pouze bavlněné tkanině plátnové vazby s plošnou hmotností $136,8 \text{ gm}^{-2}$ (tkanina blízká té, která bude použita v bakalářské práci) a pouze šev typu s1 – tj. hřbetový šev rozžehlený do stran (Obr. 18a), získáme následující poznatky:

- šev s1 zvyšuje koeficient splývavosti oproti vzorku bez švu (Obr. 19),
- šev s1 zmenšuje maximum amplitudy vln a má minimální dopad na minimum amplitud vln (Obr. 19).



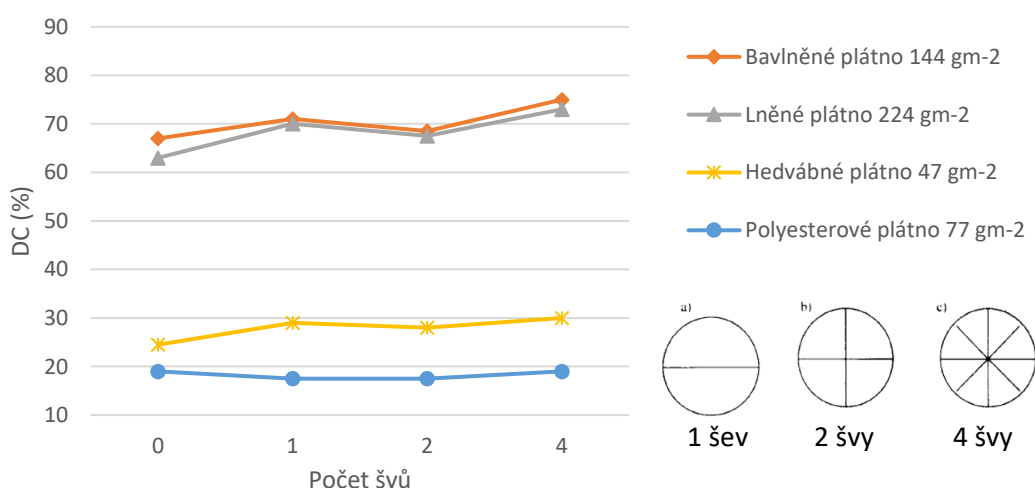
Obr. 18 (a) schéma švu s1, (b) směr analyzovaných švů [51]



Obr. 19 Výsledky analýzy splývavosti pro tkaninu plátňové vazby s gramáží $136,8 \text{ gm}^{-2}$ pro různé polohy hřbetového švu s1; převzato a upraveno z [51]

Studie autorů Hu a Chung [54]

Hu a Chung [54] taktéž studovali vliv švů na splývavost vzorku tkaniny. Princip měření splývavosti byl obdobný jako u předchozí studie s tím rozdílem, že použili vzorek o průměru 15 cm a ten nechali splývat přes podstavu o průměru 9 cm. Zkoumali sedm tkanin (mimo jiné i bavlněné plátno s plošnou hmotností 144 gm^{-2}). Byly připraveny vzorky bez švů, s jedním, dvěma a čtyřmi radiálně vedenými švy. Poloha zkoumaných švů je znázorněna na Obr. 20. Z výsledků měření koeficientu splývavosti na tkaninách plátňové vazby prezentovaných v grafu na Obr. 20 je vidět, že koeficient splývavosti je v případě bavlněného, lněného a hedvábného plátna vyšší u vzorků se švy než u vzorků bez švů. U těžších tkanin je tento efekt výraznější než u tkanin s nízkou plošnou hmotností.



Obr. 20 Koeficient splývavosti DC (%) vybraných tkanin v závislosti na počtu radiálně položených švů (typ švu: hřbetový, velikost švových přídaveků: 10 mm, vázaný steh, 4 stehy/cm); převzato a upraveno z [54]

Dílčí rešeršní závěr XIV: Při virtuální simulaci sukňe je třeba počítat s následujícími skutečnostmi: (a) švy zvyšují koeficient splývavosti; vliv je znatelnější u těžších tkanin; (b) zvýšení koeficientu splývavosti u kruhového vzorku z bavlněného plátka gramáže v okolí 150 gm^{-2} s jedním nebo dvěma radiálně vedenými hřbetovými švy lze očekávat řádově v jednotkách; (c) švy snižují maximální amplitudu vln a zanedbatelně ovlivňují minimum amplitud vln; (d) počet vln i velikost koeficientu splývavosti se různí při opakovaném měření na témže vzorku [51] – poznatek platí pro vzorky se švy i beze švů.

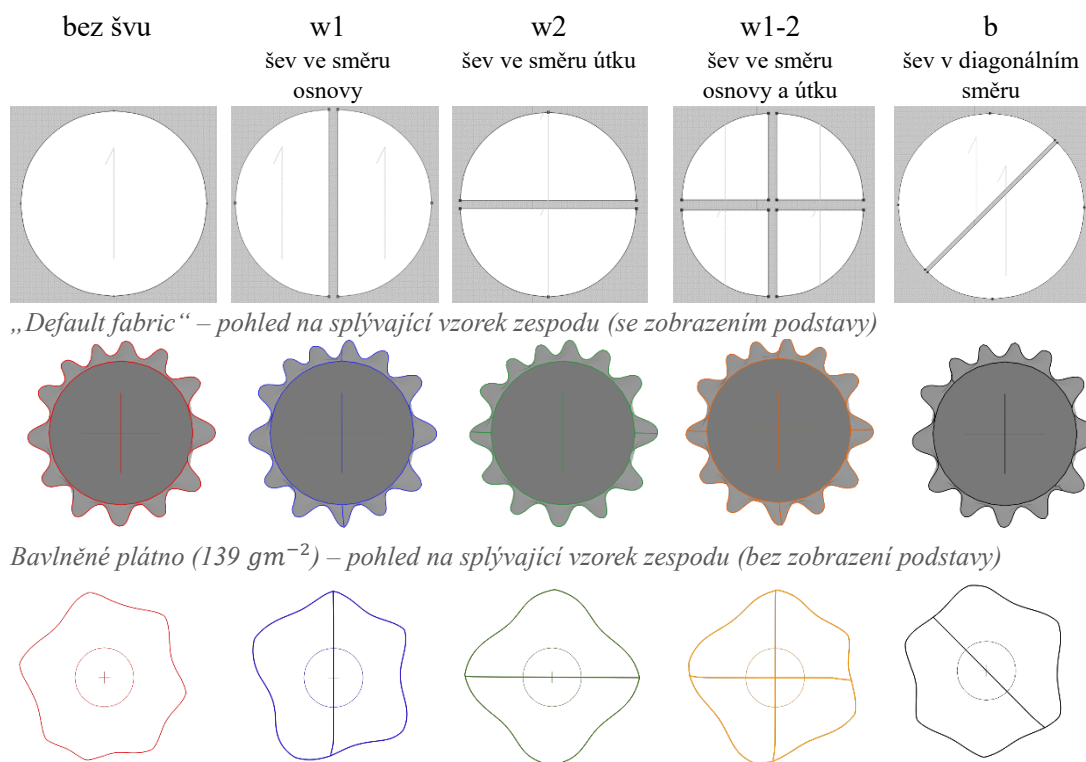
Vlastní studie vlivu polohy švů na splývavost virtuálního kruhového vzorku v programu CLO

Cílem studie bylo ověřit, zda **Dílčí rešeršní závěr XIV** platí i pro virtuální textilie vytvořené v programu CLO.

V programu CLO byl vytvořen kruhový vzorek textilie průměru 300 mm (Obr. 15a) a ten byl ponechán splývat přes kruhovou podstavu průměru 180 mm (Obr. 15b). Podstava byla vytvořena z horizontálně uloženého a pomocí funkce „freeze“ zmraženého kruhového vzorku. Jako materiál bylo použito bavlněné plátno o plošné hmotnosti 139 gm^{-2} (BP145) a pro srovnání také základní textilie programu CLO, tzv. „default fabric“. Vzdálenost bodů sítě byla zvolena 5 mm, typ simulace „fitting simulation“. Vzorky byly sešity pomocí funkce „sew“. Virtuálnímu švu nebyly přiřazeny stehy.

Kruhový vzorek textilie byl prostřížen čtyřmi způsoby, podobně jako ve studii [51] – po osnově (označeno w1), útku (w2), osnově a útku (w1-2) a diagonálně (b) – viz Obr. 21 (horní řada). Splývavost vzorků byla vyhodnocena objektivně měřeními půdorysů vzorků ze snímků pohledů na vzorek zespodu – viz Obr. 15c.

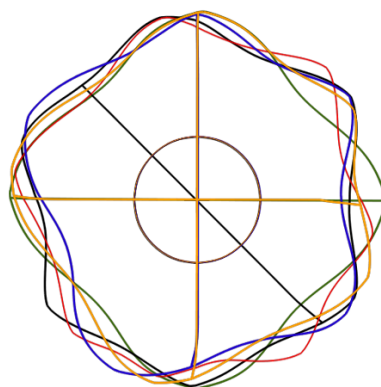
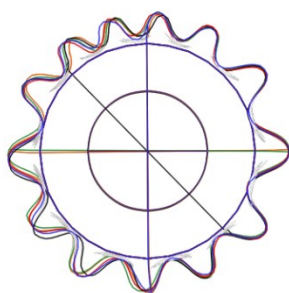
Pro snazší vizuální srovnání jsou pohledy z Obr. 21 překryty přes sebe (Obr. 22). Číselné srovnání nabízí Obr. 23 a Obr. 24. Závěry plynoucí z analýzy jsou uvedeny v Tab. 14.



Obr. 21 Vliv polohy švů na splývavost virtuálního vzorku ϕ 300 mm (řada 1 – směr švu a poloha osnovy, řada 2 a 3 – pohled zespodu na splývající vzorky z „default fabric“ a z bavlněného plátna (139 gm^{-2}))

základní tkanina/„default fabric“

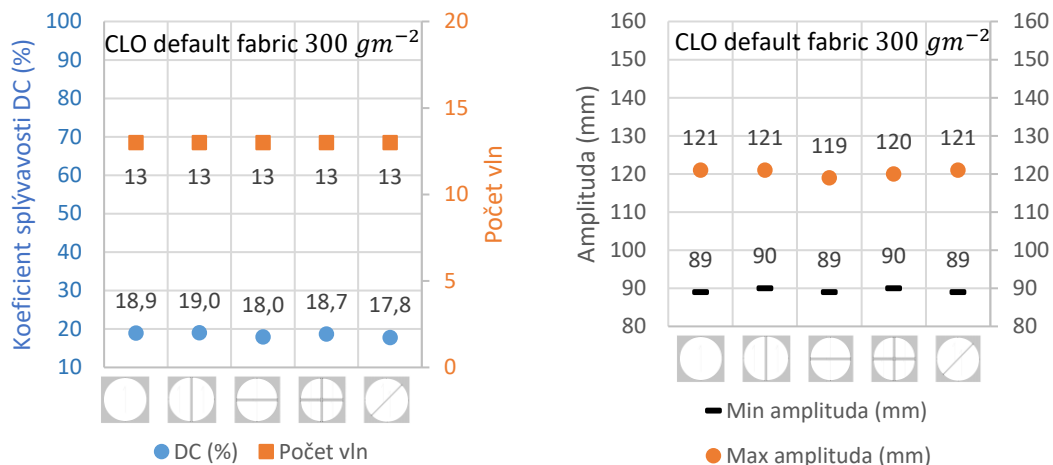
bavlněné plátno (139 gm^{-2})



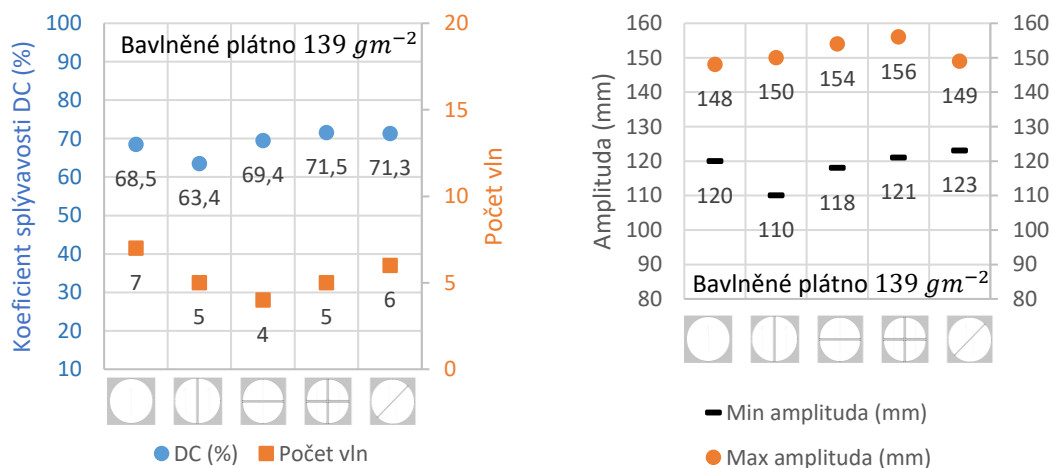
Legenda:

- červená – bez švu
- modrá – w1
- zelená – w2
- oranžová – w1-2
- černá - b

Obr. 22 Srovnání splývajících kruhových vzorků sešitých v programu CLO radiálně vedenými švy pomocí funkce „sew“ ve směru osnovy (w1), útku (w2), osnovy a útku (w1-2), diagonály (b) a vzorku bez švu pro dva materiály: základní tkaninu a bavlněné plátno (139 gm^{-2})



Obr. 23 Výsledky analýzy splývavosti virtuálního vzorku v programu CLO v závislosti na poloze švu; materiál „default fabric“, průměr vzorku 300 mm, průměr podstavy 180 mm



Obr. 24 Výsledky analýzy splývavosti virtuálního vzorku v programu CLO v závislosti na poloze švu; materiál bavlněné plátno, průměr vzorku 300 mm, průměr podstavy 180 mm

Výsledky studií provedených na reálných vzorcích bavlněných pláten korespondují s virtuálním bavlněným plátnem ve dvou z výše uvedených závěrech (viz Tab. 14): (a) hřbetový šev zvyšuje na kruhovém vzorku koeficient splývavosti a (b) zvýšení koeficientu splývavosti je řádově v jednotkách procent. U virtuálních textilií se nepotvrdilo stanovisko platné pro reálné vzorky, a to že při opakovaném měření na jednom a téže vzorku se počet vln a koeficient splývavosti různí. U virtuálního bavlněného plátna se nepotvrdila skutečnost, že švy snižují maximum vln a že mají zanedbatelný vliv na minima vln.

Tab. 14 Srovnání závěrů studií analyzující vliv švů na splývavost reálných kruhových vzorků (bavlněná plátna) s analýzou vlivu švů na splývavost virtuálních kruhových vzorků v programu CLO

Závěry vyplývající z rešerše (bavlněná plátna, hřbetové švy)	Virtuální bavlněné plátno (139 gm^{-2})	„default fabric“
- švy zvyšují DC (%)	✓ ve 3 případech ze 4	✗ v 1 případě ze 4
- zvýšení koeficientu splývavosti u kruhového vzorku z bavlněného plátna gramáže v okolí 150 gm^{-2} s jedním nebo dvěma radiálně vedenými hřbetovými švy lze očekávat řádově v jednotkách	✓ ve 3 případech ze 4	---
- švy snižují max. amplitudu vln	✗ v 0 případech ze 4	✓ max. amplituda stejná nebo menší
- švy mají zanedbatelný vliv na minimum amplitud (změna do 1 mm)	✗ v 1 případě ze 4	✓ min. amplituda stejná nebo větší o 1 mm
- počet vln a DC (%) se různí při opakovaném měření na témže vzorku	✗ v 0 případech ze 4 ano	✗ v 0 případech ze 4 ano

Při pohledu na reálné splývající kruhové vzorky s radiálně vedenými švy (např. ve studiích [22 s. 390, 54]) lze vidět švy převážně ve vrcholech vln. U virtuálních vzorků prezentovaných v textu výše se švy objevují na vrcholech vln, po stranách i v blízkosti minim.

Srovnáme-li mezi sebou virtuální bavlněné plátno s „default fabric“ (ať už se švy nebo bez švů), má defaultní textilie vyšší počet vln a je více splývavá a to i přes tu skutečnost, že má defaultní textilie vyšší plošnou hmotnost. Příčinou jsou u defaultní textilie nižší parametry charakterizující chování textilie v tahu a ohybu.

Závěr pre-experimentu IV: Pro virtuální bavlněné plátno (139 gm^{-2}) byla potvrzena skutečnost, že hřbetový šev zvyšuje koeficient splývavosti, stejně jako je tomu u reálného vzorku bavlněného plátna podobné gramáže.

Závěr pre-experimentu V: Při opakovaném měření na jednom a téže virtuálním vzorku nedošlo ke změně v počtu vln a koeficientu splývavosti (platí pro vzorky se švy i bez švů). V experimentu proto při ověření úspěšnosti virtualizace plošných textilií bude měření splývavosti na virtuálním vzorku provedeno jen 1x, na reálném vzorku 2x.

Závěr pre-experimentu VI: Při virtuálním sešívání rozstříženého kruhového vzorku pomocí funkce „sew“ nekoresponduje poloha švů ve vlnách spodního lemu splývajícího vzorku s polohou švů ve vlnách reálného vzorku.

4.4.6 Vliv způsobu virtuálního šití

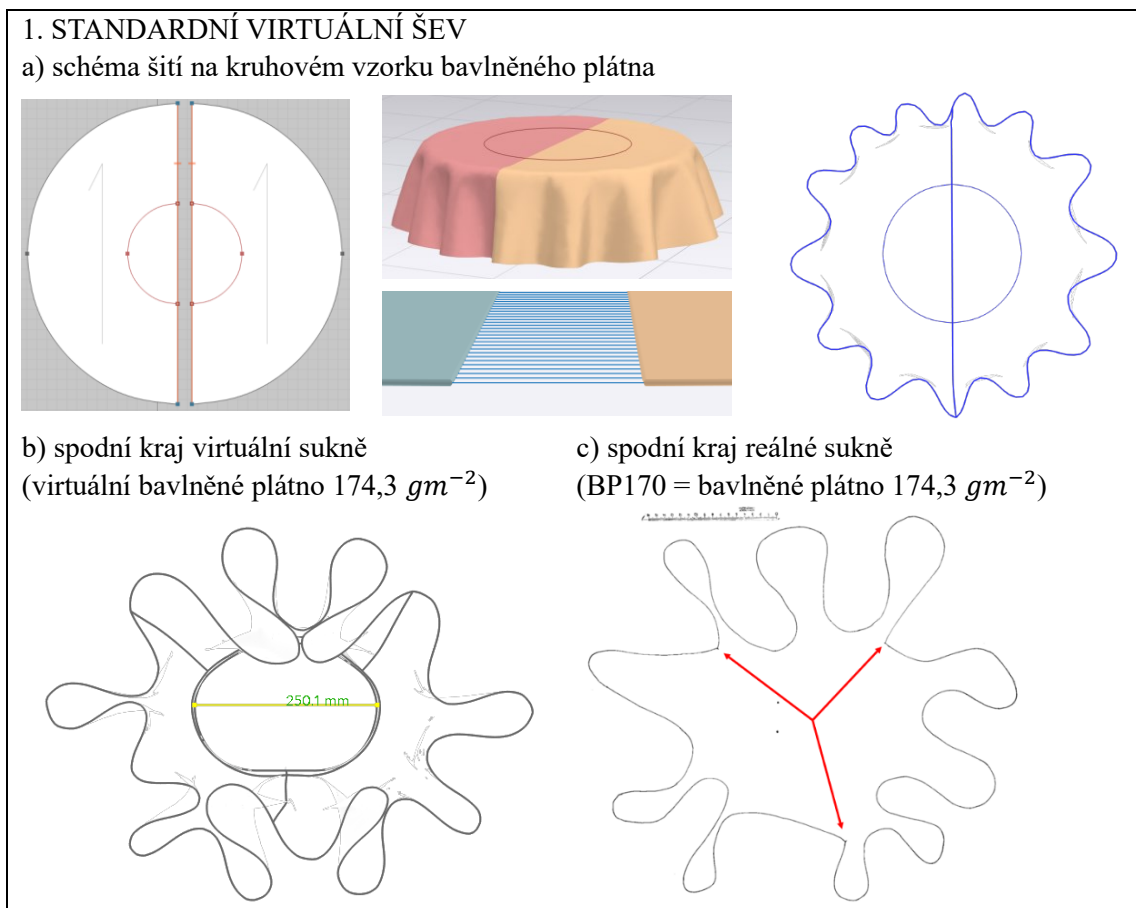
Z předešlého textu vyplynula nutnost najít takový způsob virtuálního šití v programu CLO, který by věrohodněji simuloval polohu švu na kruhovém splývajícím vzorku. Analyzovány byly tři způsoby šití popsané v textu dále. Virtuální šití bylo použito nejen na kruhovém vzorku průměru 300 mm splývajícím přes podstavu průměru 180 mm, ale také na 3-dílné $\frac{3}{4}$ kolové sukni (popis sukne viz kapitolu 9 na str. 99). Cílem bylo najít takový způsob virtuálního šití, který by co nejlépe vystihoval chování reálné textilie, s níž jsou zde výsledky vizuálně srovnávány. Srovnání je zaměřeno na tvar linie spodního kraje kruhového vzorku a sukne v místě švů a také poloha švu.

Tři analyzované metody virtuálního šití:

1. standardní virtuální šev (funkce „sew“) – Obr. 25
 - standardní metoda doporučená v programu CLO pro virtuální spojení jednotlivých dílů oděvního výrobku;
 - ve švu nefigurují švové přídavky, není zde defaultně nastaven žádný steh, ale lze jej podle potřeby přidat;
2. vyztužený virtuální šev (funkce „sew“ a funkce „seam taping“) – Obr. 26
 - výztuha je zde vložena za účelem simulace švových přídavků (má zvýšit tuhost švu a také jeho tíhu);
 - výztuze lze přiřadit materiálové vlastnosti a šířku dle potřeby;
 - stehy švu přiřadit lze;
3. experiment napodobující reálný hřbetový šev rozžehlený do stran – Obr. 27
 - spočívá v napodobení reálného šití hřbetového švu;
 - díly zvětšeny o švový přídavek v místě spoje (nepoužita funkce „seam allowance“);
 - švový přídavek v místě spoje ohnut pod textilií a sešit pomocí funkce „sew“;
 - stehy švu přiřadit lze;
 - sešívání bylo kolizní při simulaci; nevhodná metoda pro sešívání.

Obr. 25 přináší schéma standardního virtuálního švu používaného v programu CLO pro spojení jednotlivých dílů oděvu. Že tento typ švu nepřináší shodu mezi reálným a virtuálním splývajícím kruhovým vzorkem vyplynulo již z předešlého textu. A ona shoda nepřichází ani v případě 60 cm dlouhé 3-dílné $\frac{3}{4}$ kolové sukne ušité z bavlněného plátna BP170 o plošné hmotnosti $174,3 \text{ gm}^{-2}$ (podrobnější údaje o materiálu viz Tab. 17 na str. 79). U takové sukne může šev splývat na mnohem větší délce textilie, než je tomu u kruhového vzorku. U sukne může více působit tíha švu a byť je tuhost švu vyšší, než má okolní textilie, šev netrčí do stran (není v maximu vln jako u reálného kruhového vzorku), ale naopak splyne více k tělu. Polohu švů znázorňují v obrázku červené šipky. U reálné sukne (Obr. 25c) se švy nacházejí v minimech amplitud vln. V místě švu se navíc u reálné sukne linie láme (důvodem je nezačištěný spodní kraj sukne). Nasimulujeme-li stejnou sukni v programu CLO a vykreslíme-li linii spodního kraje, žádné lomy na spodním kraji v místě švu neuvídíme a poloha švů se bude nacházet po stranách vln (Obr. 25b). Virtuální a reálná sukne spolu v tomto konkrétním případě nekorespondují ani z pohledu polohy švu ve vlnách sukne, ani ve tvaru linie spodního kraje v místech švů.

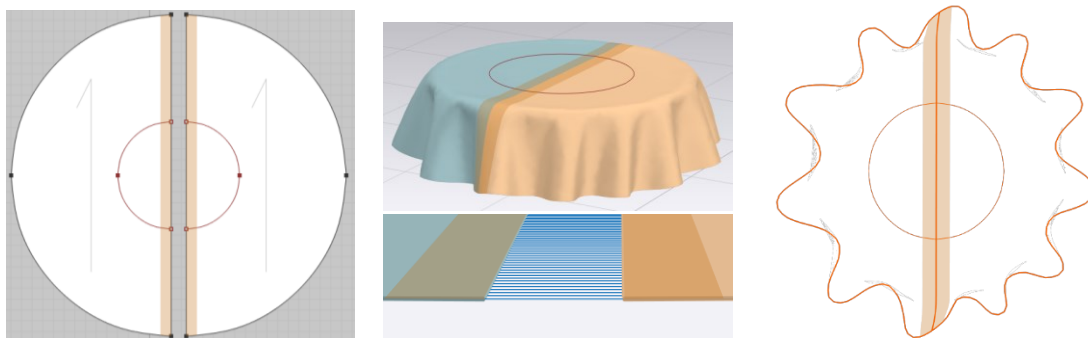
Vyšší tíhu materiálu v místě virtuálního švu, ale i tuhost, lze dodat švu nasimulováním švových přídavek. To bylo provedeno dvojím způsobem, jak bylo popsáno výše – vyztužením švu pomocí funkce „seam taping“ (Obr. 26) a experimentem napodobujícím reálný šev (Obr. 27). Vložení výztuhy do švu je v programu CLO jednoduché. Výztuže byly přiřazeny stejné vlastnosti jako má základní materiál, šířka výztuhy odpovídala velikosti švových přídavek reálné sukně, tj. 10 mm. U kruhového vzorku sešitého vyztuženým švem se takto dosáhlo polohy švů v blízkosti vrcholů vln, což se blíží více reálnému chování takového vzorku. U 3/4 kolové sukně se více přiblížily švy minimům amplitud, což taktéž více odpovídá reálné sukni.



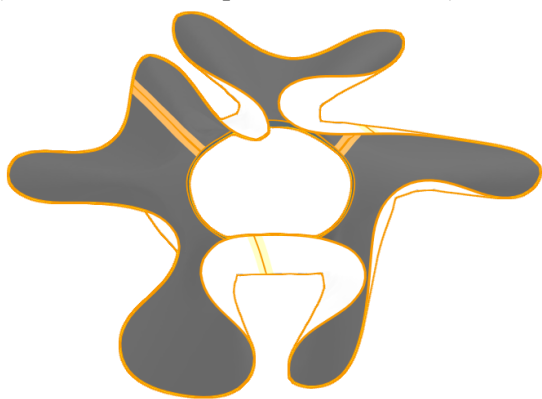
Obr. 25 Standardní virtuální šev

2. VYZTUŽENÝ VIRTUÁLNÍ ŠEV

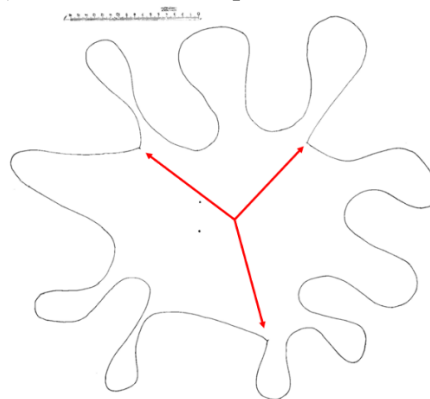
a) schéma šití na kruhovém vzorku textilie s vyznačením 10 mm široké výztuhy stejných parametrů, jako má plošná textilie; tato výztuha má simulovat švové přídavky



b) spodní kraj virtuální sukně
(virtuální bavlněné plátno $174,3 \text{ gm}^{-2}$)



c) spodní kraj reálné sukně
(BP170 = bavlněné plátno $174,3 \text{ gm}^{-2}$)

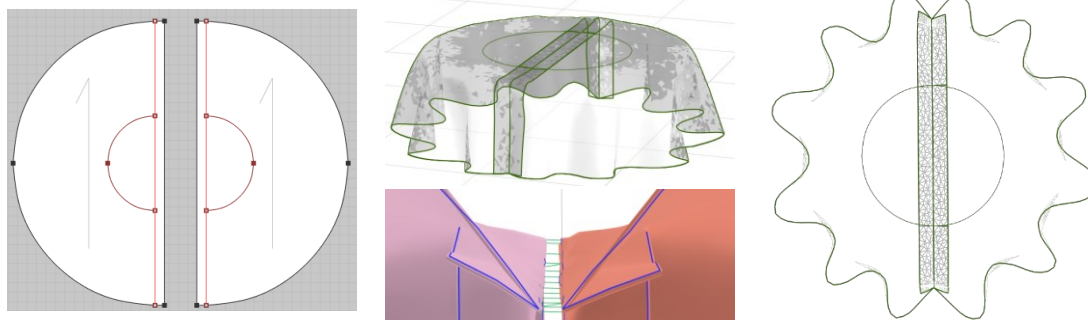


Obr. 26 Vyztužený virtuální šev

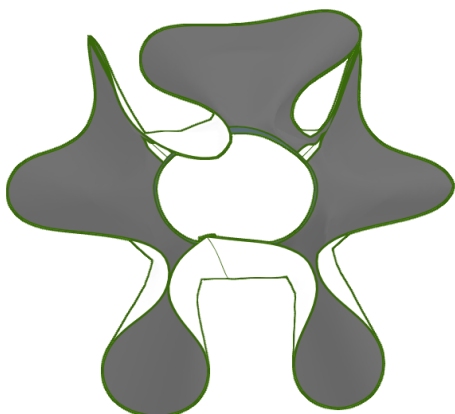
Nedostatkem virtuálního šití pomocí vyztuženého švu je tvar spodního kraje v místě švu. U reálné sukně z bavlněného plátna ($174,3 \text{ gm}^{-2}$) s nezačištěným lemem se objevují v místě švu lomy (Obr. 26c – šipky ukazují polohu švu). U virtuální sukně tyto lomy chybí. V programu CLO lze nastavit úhel, který mají svírat dva díly spojené virtuálním švem, tento úhel je však platný pro celou délku švu a nastavit jeho úhel na hodnotu jinou než 180° by znamenalo lom po celé délce švu, nejen na jeho konci. To není žádoucí. Proto je zde zařazen další experiment, pomocí kterého je vytvořen šev napodobením reálného švu. Jednotlivé díly byly zvětšeny o velikost švového přídávku. Švový přídavek byl ohnut dovnitř po linii daného kraje, nastaven úhel ohnutí, bylo třeba nastavit úroveň jednotlivých vrstev (tj. která má být nad kterou, aby nedošlo k jejich prolínání), následně bylo nadefinováno pomocí funkce „sew“ virtuální šití a vzorek/sukně nasimulován/a. Samotné nastavení vyžaduje dávku trpělivosti, simulace je nestabilní, u kruhového vzorku byla „fitting simulation“ kolizní a musel být použit typ simulace „default“. Výsledky experimentu jsou znázorněny v Obr. 27. Touto metodou sice bylo docíleno lomů v dolních krajích sukně, poloha švů v lemu však s reálnou sukni nekorespondovala. Vzhledem k náročnosti simulace a přípravy šití metodou č. 3 je tento způsob pro složitější případy prakticky nepoužitelný.

3. EXPERIMENT NAPODOBUJÍCÍ REÁLNÝ ŠEV

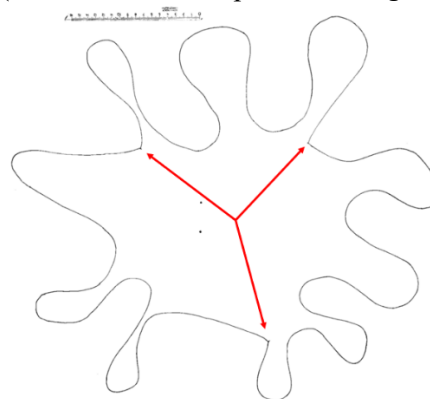
a) schéma virtuálního šití na kruhovém vzorku, velikost švových přídaveků 10 mm



b) spodní kraj virtuální sukně
(virtuální bavlněné plátno $174,3 \text{ gm}^{-2}$)



c) spodní kraj reálné sukně
(BP170 = bavlněné plátno $174,3 \text{ gm}^{-2}$)



Obr. 27 Experiment napodobující reálný šev

Výsledek analýzy je zpracován v Tab. 15. Na základě vizuálního srovnání linií spodních lemů a charakteru spodního kraje sukně se nejvíce reálné sukni blíží způsob šití č. 2 (vyztužený virtuální šev). V experimentu bakalářské práce bude proto použita metoda šití č. 2.

Tab. 15 Výsledek analýzy vlivu typu virtuálního švu na charakter spodního kraje virtuální sukně

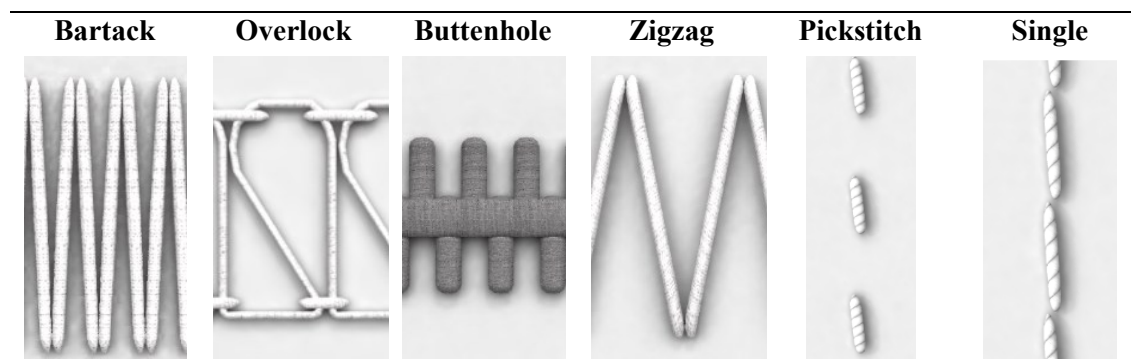
Virtuální 3-dílná, $\frac{3}{4}$ kolová sukně, materiál BP170	Poloha švu v minimu amplitudy vlny na spodním kraji sukně	Přítomnost lomu v linii spodního kraje sukně v místě švu
1. standardní virtuální šev	ne	ne
2. vyztužený virtuální šev	blíží se minimům	ne
3. experiment napodobující reálný šev	ne (1 šev v minimu, 2 v maximu vln)	ano

Závěr pre-experimentu VII: Virtuální sukně bude v experimentu sešita vyztuženým švem (funkce „sew“ a „seam taping“). Materiálové parametry výztuhy budou shodné s materiálovými parametry sukně. Šířka výztuhy bude odpovídat velikosti švových záložek.

4.4.7 Vliv virtuálních stehů

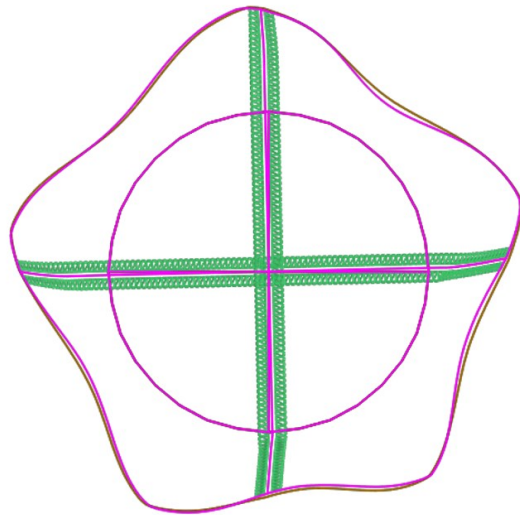
V programu CLO lze každému švu přiřadit jeden či více stehů. Druhy stehů, které CLO nabízí jsou znázorněny v Tab. 16. U stehů lze nastavit vzdálenost stehů od okraje textilie (offset), počet stehových řad vedle sebe (maximálně 5), délku stehu, vzdálenost mezi jednotlivými stehy (space), tloušťka nitě (např. v mm, tex, Nm, Den) či způsob vizualizace stehů. Steh lze nechat zobrazit na lícové, rubové nebo na obou stranách textilie. Nitím je možné přiřadit vizuální charakteristiky (barvu, lesk, texturu, kovový vzhled atd.)

Tab. 16 Druhy stehů v programu CLO [3]



V úvodu kapitoly 4.4.5 je uvedeno, že švy ovlivňují padnutí oděvu. To, jakou mírou švy padnutí ovlivní závisí mimo jiné na vlastnostech zvoleného stehu a parametrech šicího materiálu. Cílem následující analýzy je zjistit, je-li rozdíl mezi virtuálním vzorkem textilie se švem bez přiřazených stehů a virtuálním vzorkem se švem, který bude mít přiřazené stehy. Vzorek textilie BP145 (bavlněné plátno gramáže 139 gm^{-2}) průměru 300 mm se dvěma radiálními švy sešitými standardním virtuálním švem (Obr. 25) bez stehů a se stehy je zobrazen na Obr. 28. Švům byly přiřazené dva typy stehů, vázaný (4 stehy/1 cm) a obnitkovací (šířka 6 mm, vzdálenost od kraje 4 mm). Parametry stehů jsou stejné, jako budou použity v experimentu bakalářské práce a jejich přesný popis je uveden v kapitole 9 (str. 99). Průměty splývajících vzorků jsou prakticky totožné.

Obdobný experiment byl proveden i na virtuální 3-dílné $\frac{3}{4}$ kolové sukni – viz Obr. 29. Díly sukně jsou v tomto případě sešity virtuálním švem vyztuženým pomocí funkce „seam taping“ (Obr. 26). Výztuha má šíři 10 mm. Švu je přiřazen vázaný steh (4 stehy/1 cm) a obnitkovací steh (šířka 6 mm). Rozdíl, resp. shodu mezi dvěma virtuálními sukněmi lišícími se přítomností stehů ve švu je vidět na Obr. 30.



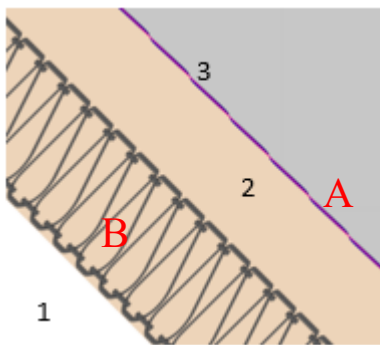
Legenda:

hnědá – obrys splývajícího vzorku se dvěma radiálními švy bez přiřazených stehů

růžová – obrys splývajícího vzorku se dvěma radiálními švy s přiřazenými stehy
použité stehy: vázaný a obnitkovací

typ virtuálního švu: standardní virtuální šev (funkce „sew“ bez výztuhy)

Obr. 28 Srovnání průmětů dvou virtuálních kruhových textilních vzorků (materiál BP145), které se liší přítomností stehů ve švech



Legenda:

1 – díl sukně

2 – výztuha simulující švovou záložku šíře 10 mm

3 – boční kraj sukně

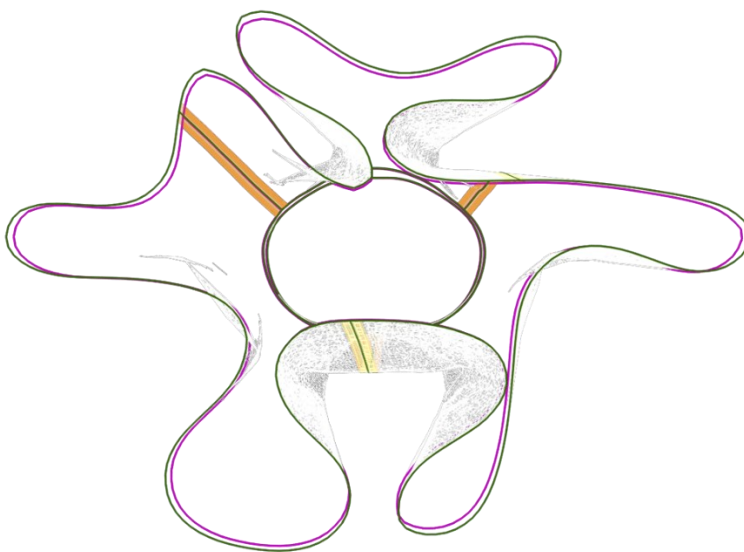
A – vázaný steh

(délka stehu 2,5 mm, jemnost nitě 40 tex)

B – obnitkovací steh

(šíře stehu 6 mm, jemnost nitě 40 tex)

Obr. 29 Charakteristika stehů na 3-dílné $\frac{3}{4}$ kolové sukni z bavlněného plátna BP170



Legenda:

zelená – sukně se švy bez přiřazených stehů

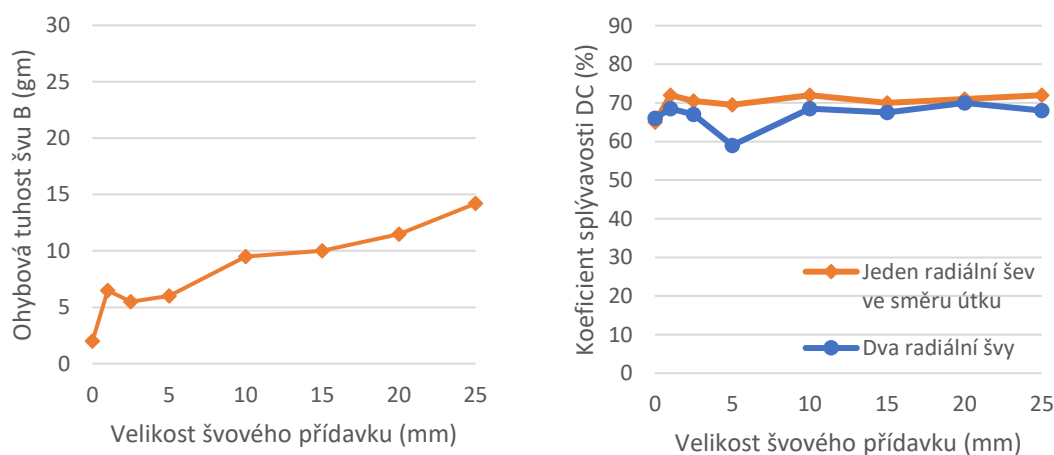
růžová – sukně se švy se stehy popsány v Obr. 29

Obr. 30 Srovnání dolních krajů dvou virtuálních sukni lišících se přítomností stehů ve švech

Závěr pre-experimentu VIII: U 3-dílné $\frac{3}{4}$ kolové sukňe z bavlněného plátna se vliv přítomnosti stehů ve švu na tvaru spodního kraje sukňe a polohy švů projevil minimálně. Dva ze tří švů mají stejnou polohu, jeden se odchýlil v jednotkách milimetrů. Tvar vln je pro obě sukňe stejný. Sukně s přiřazenými stehy má řádově v prvních jednotkách milimetru menší maximální amplitudy vln. V experimentu budou stehy švům přiřazeny, byť jejich efekt na výsledné padnutí je minimální.

4.4.8 Vliv velikosti švových přídavků

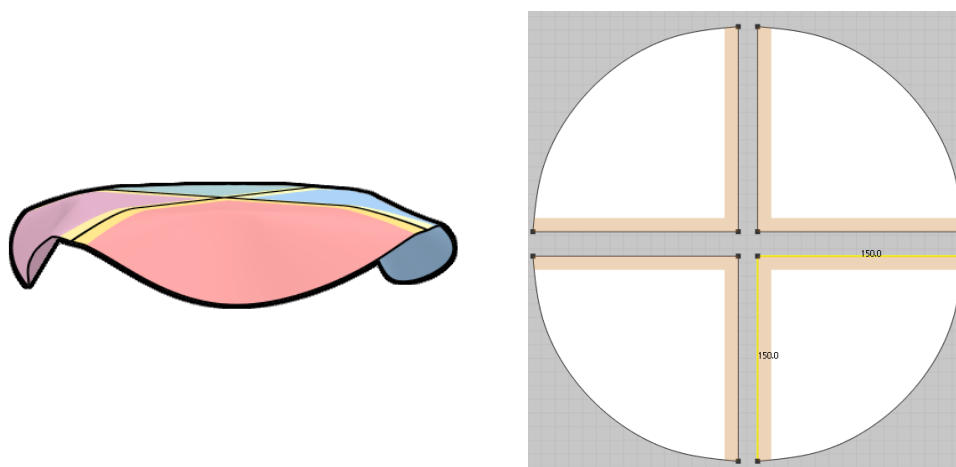
Velikost švových přídavků ovlivňuje tuhost švů a tím také splývavost. Skutečnost potvrzuje např. studie autorů Hu a Chung [53], kteří analyzovali vliv velikosti švových přídavků na ohybovou tuhost sedmi textilií (mezi nimi i bavlněné plátno s gramáží 144 gm^{-2}) pomocí přístroje FAST-2. Zkušební vzorky měly ve svém středu vertikální hřbetový šev (paralelně s delší hranou proužku textilie) se švovými přídavky o velikosti 0, 1, 2.5, 5, 10, 15, 20 a 25 mm. Výsledky měření tuhosti B jsou znázorněny v Obr. 31. Tuhost B (gm) je počítána dle [53] je definována vztahem $B = \rho c^3$, kde ρ (gm^{-2}) je plošná hmotnost textilie včetně švového přídavku a c (m) je měřená ohybová délka. Tento rozměr se se zvětšujícím se švovým přídavkem zvětšoval, ale ne lineárně. U bavlněného plátna byl nejvyšší přírůstek c zaznamenán v počáteční fázi, a to při velikosti švového přídavku 0 až 1 mm, dále stagnoval až do velikost švového přírůstku 5 mm, pak opět rostl až do velikosti švového přídavku 10 mm, dále v intervalu 10 – 15 mm švového přídavku parametr c stagnoval a při hodnotě větší než 15 mm opět narůstal. Analogický vývoj měla i ohybová tuhost – viz Obr. 31a. Obdobnou stagnaci u velikosti švových přídavků v rozmezí 10 až 15 mm vidíme v grafu závislosti koeficientu splývavosti na velikosti švových přídavků [54], a to u vzorku s jedním nebo dvěma radiálně vedenými švy.



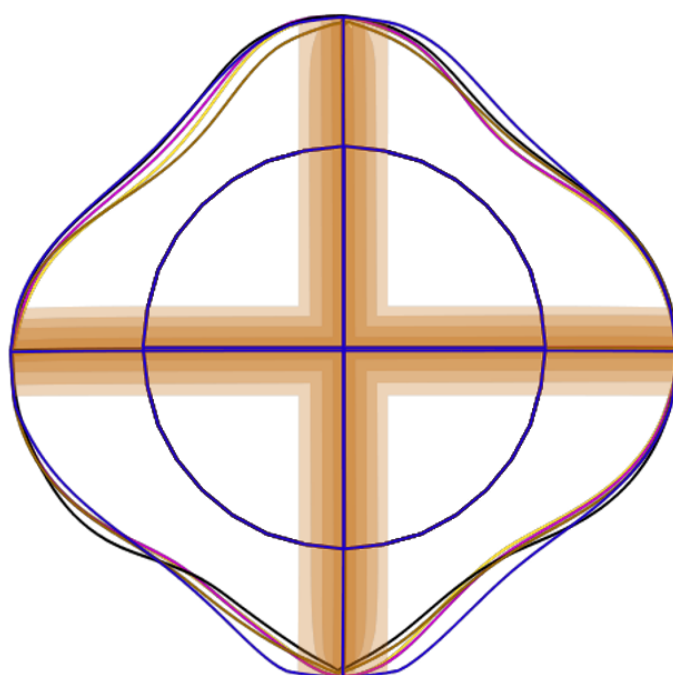
Obr. 31 Závislost ohybové tuhosti hřbetového švu a koeficientu splývavosti na velikosti švových přídavků; materiál: bavlněné plátno (144 gm^{-2}); převzato a upraveno z [53, 54]

V programu CLO byl na virtuálním vzorku zkoušen vliv velikosti švových přídavků, které byly simulovány pomocí švové výztuhy (popis viz kapitolu 4.4.6). Vzorek textilie BP145 průměru 300 mm byl členěn dvěma radiálně vedenými švy (ve směru osnovy a útku) – viz Obr. 32. Tento byl pak ponechán splývat přes kruhovou podstavu průměru 180 mm. U vzorku byla měněna šíře výztuhy, čili šíře švových přídavků. Simulovány byly případy s výztuhou širokou 1, 5, 10, 15

a 20 mm. Výsledné průměty splývajících vzorků jsou znázorněny v Obr. 33. Čím širší výztuha, tj. čím širší švový přídavek, tím více vzorek trčí do stran, tím větší plocha průmětu, tím širší vlna ve svém vrcholu.



Obr. 32 Schéma analyzovaného vzorku průměru 300 mm (materiál BP145)



Legenda:

velikost švových přídaveků simulována pomocí výztuhy

šíře:

žlutá – 1 mm

růžová – 5 mm

černá – 10 mm

hnědá – 15 mm

modrá – 20 mm

Obr. 33 Srovnání průmětů pěti virtuálních kruhových vzorků (BP145) lišící se šíří výztuhy, která má simulovat švové přídávky; výztuze jsou přiřazeny stejné parametry jako textilií

Dílčí rešeršní závěr XV: Z uvedených studií na bavlněném plátnu s hřbetovým švem vyplývá stagnace ohybové tuhosti i koeficientu splývavosti u vzorků se švovými přídávky o velikosti 10 až 15 mm. Tato skutečnost je důležitá pro nastavení tolerance velikosti švových přídaveků v experimentu.

5 Přehled dílčích závěrů

V předešlých kapitolách se na různých místech objevují dílčí závěry, jako výsledky rešeršního šetření i vlastních analýz. Pro přehlednost jsou níže uvedeny všechny dílčí závěry pohromadě.

Dílčí rešeršní závěry

- Dílčí rešeršní závěr I:** V experimentu bakalářské práce bude srovnáváno padnutí volného, splývajícího oděvu, a to sukně. 32
- Dílčí rešeršní závěr II:** Výsledky subjektivního a objektivního srovnávání virtuální sukně s reálnou se mohou rozcházet [30, 31]. 32
- Dílčí rešeršní závěr III:** V experimentu bude srovnání padnutí provedeno objektivní metodou. Analyzovány budou půdorysy sukní a tvary vln spodního kraje sukně. 32
- Dílčí rešeršní závěr IV:** Virtuální textilii je třeba v experimentu bakalářské práce vytvořit na základě výsledků laboratorních měření. Výsledky měření je nutné následně transformovat do programu CLO. Vytvoření virtuální textilie zkusmo/manuálním nastavením parametrů na základě podobnosti splývajícího virtuálního a reálného vzorku vyžaduje pokročilé zkušenosti pracovníka, a ni tak nemusí vést k dobré shodě [30, 31]. 36
- Dílčí rešeršní závěr V:** Srovnání splývavosti kruhového reálného vzorku s virtuálním vzorkem bude zvolena jako metoda pro zhodnocení úspěšnosti virtualizace textilie. 36
- Dílčí rešeršní závěr VI:** Zvolený druh sukně pro experiment: $\frac{3}{4}$ kolová sukně délky 60 cm. .. 39
- Dílčí rešeršní závěr VII:** Subjektivním posouzením sukní s různými polohami osnovy dělá diagonálně vedená osnova rozšířenou sukní půvabnější [19]. Zvolená poloha osnovy pro sukní v experimentu: diagonální. 39
- Dílčí rešeršní závěr VIII:** Virtuální sukně se vyznačují rovnoměrnějším uspořádáním záhybů oproti reálným sukním. 39
- Dílčí rešeršní závěr IX:** Zvolený materiál sukně v experimentu: bavlněné plátno. 39
- Dílčí rešeršní závěr X:** V experimentu bude bavlněné plátno virtualizováno dvěma způsoby: (1) Emulátorem programu CLO a (2) pomocí funkce Fabric Creator. 49
- Dílčí rešeršní závěr XI:** Formulář Emulátoru programu CLO je přizpůsoben zápisu měřených hodnot soupravou CLO Fabric Kit. Tato souprava není v současnosti k dispozici na Katedře oděvnictví, Fakulty textilní, TUL. Ke zkoušení budou použity standardní postupy pro stanovení tloušťky, plošné hmotnosti, chování v tahu a ohybu, které budou prováděny tak, aby byly získány vstupy pro Emulátor. 52
- Dílčí rešeršní závěr XII:** Průběh laboratorních zkoušek pro stanovení chování textilie v tahu bude třeba provést tak, aby bylo možné zadat do Emulátoru programu CLO závislost tahové síly na protažení. Grafická závislost mezi tahovou silou a deformací bude získána na přístroji pro stanovení pevnosti v tahu a tažnosti textilie. Ze závislosti bude odečteno 3–5 záznamů, přičemž minimální změna tahové síly mezi jednotlivými záznamy je vyžadována 0,02 kgf. Vzhledem k dobré korelaci mezi výsledky KES a CLO Fabric Kit [49] bude zvolena pro zkoušku rychlost stejná, jako u KES-FB1, tedy 12 mm/min [50]. Velikost laboratorního vzorku bude stejná jako u zkoušky na CLO Fabric Kit, tedy 220×30 mm. 52
- Dílčí rešeršní závěr XIII:** Průběh laboratorních zkoušek pro stanovení chování textilie v ohybu bude třeba provést tak, aby bylo možné zadat do Emulátoru programu CLO závislost kontaktní délky a délky ohýbaného proužku textilie o šířce 30 mm. Ohybová tuhost bude stanovena tuhoměrem TH4. Bude oslovena podpora programu CLO s cílem získat informaci

o ohybové výšce soupravy CLO Fabric Kit. Kontaktní délka a délka proužku pak bude stanovena výpočtem. 52

Dílčí rešeršní závěr XIV: Při virtuální simulaci sukňe je třeba počítat s následujícími skutečnostmi: (a) švy zvyšují koeficient splývavosti; vliv je znatelnější u těžších tkanin; (b) zvýšení koeficientu splývavosti u kruhového vzorku z bavlněného plátna gramáže v okolí 150 gm – 2 s jedním nebo dvěma radiálně vedenými hřbetovými švy lze očekávat řádově v jednotkách; (c) švy snižují maximální amplitudu vln a zanedbatelně ovlivňují minimum amplitud vln; (d) počet vln i velikost koeficientu splývavosti se různí při opakovaném měření na témže vzorku [51] – poznatek platí pro vzorky se švy i beze švů. 60

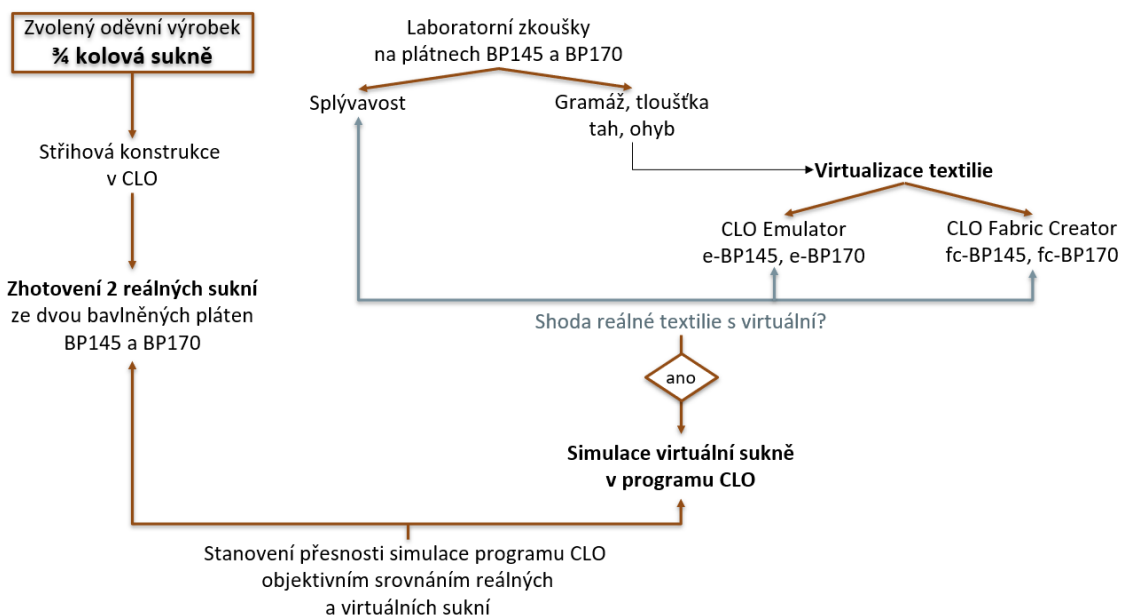
Dílčí rešeršní závěr XV: Z uvedených studií na bavlněném plátnu s hřbetovým švem vyplývá stagnace ohybové tuhosti i koeficientu splývavosti u vzorků se švovými přídávky o velikosti 10 až 15 mm. Tato skutečnost je důležitá pro nastavení tolerance velikosti švových přídávků v experimentu. 71

Dílčí závěry plynoucí z pre-experimentů

- Závěr pre-experimentu I:** Nebude-li uvedeno jinak, bude v této práci pro simulaci použit typ simulace „fitting simulation“ 53
- Závěr pre-experimentu II:** Zjemněním sítě se lze vyhnout „efektu vnitřního polygonu“. Nebude-li uvedeno jinak, bude v práci použita pro vzdálenost bodů trojúhelníkové sítě hodnota 5 mm..... 55
- Závěr pre-experimentu III:** Nebude-li uvedeno jinak, simulace vzorků/oděvních výrobků bude provedena postupem jako v analýze 1 (viz Tab. 13 na str. 56)..... 57
- Závěr pre-experimentu IV:** Pro virtuální bavlněné plátno (139 *gm* – 2) byla potvrzena skutečnost, že hřbetový šev zvyšuje koeficient splývavosti, stejně jako je tomu u reálného vzorku bavlněného plátna podobné gramáže. 63
- Závěr pre-experimentu V:** Při opakovaném měření na jednom a téže virtuálním vzorku nedošlo ke změně v počtu vln a koeficientu splývavosti (platí pro vzorky se švy i bez švů). V experimentu proto při ověření úspěšnosti virtualizace plošných textilií bude měření splývavosti na virtuálním vzorku provedeno jen 1x, na reálném vzorku 2x..... 63
- Závěr pre-experimentu VI:** Při virtuálním sešívání rozstříženého kruhového vzorku pomocí funkce „sew“ nekoresponduje poloha švů ve vlnách spodního lemu splývajícího vzorku s polohou švů ve vlnách reálného vzorku. 63
- Závěr pre-experimentu VII:** Virtuální sukně bude v experimentu sešita vyztuženým švem (funkce „sew“ a „seam taping“). Materiálové parametry výztuhy budou shodné s materiálovými parametry sukně. Šířka výztuhy bude odpovídat velikosti švových záložek. 67
- Závěr pre-experimentu VIII:** U 3-dílné $\frac{3}{4}$ kolové sukně z bavlněného plátna se vliv přítomnosti stehů ve švu na tvaru spodního kraje sukně a polohy švů projevil minimálně. Dva ze tří švů mají stejnou polohu, jeden se odchýlil v jednotkách milimetrů. Tvar vln je pro obě sukně stejný. Sukně s přiřazenými stehy má řádově v prvních jednotkách milimetru menší maximální amplitudy vln. V experimentu budou stehy švům přiřazeny, byť jejich efekt na výsledné padnutí je minimální. 70

6 Koncepce experimentu

Cílem experimentu je zhodnotit přesnost simulace oděvu v prostředí CLO objektivním srovnáním padnutí virtuálního oděvního výrobku s reálným. Schéma experimentu je znázorněno na Obr. 34.



Obr. 34 Koncepce experimentu

Jako oděvní výrobek byla vybrána 3-dílná $\frac{3}{4}$ kolová sukně délky 60 cm (viz **Dílčí rešeršní závěr VI**, str. 39). Střihová konstrukce sukně bude provedena v programu CLO. Budou ušity dvě sukně, jedna z bavlněného plátna BP145, druhá z bavlněného plátna BP170. Plátna se od sebe liší gramáží. Podrobná specifikace sukně – viz kapitolu 9. Velikost avatara bude důsledně sladěna s rozměry krejčovské panny, na které budou zkoušeny reálné sukně.

Před samotnou simulací sukně v programu CLO je nezbytné virtualizovat bavlněná plátna. Virtualizace pláten BP145 a BP170 bude provedena dvěma způsoby (viz **Dílčí rešeršní závěr X**, str. 49):

- pomocí emulátoru programu CLO → vznikne virtuální textilie e-BP145 a e-BP170;
- pomocí funkce CLO Fabric Creator → vznikne virtuální textilie fc-BP145 a fc-BP170.

Laboratorní zkoušky pláten BP145 a BP170 budou provedeny na standardizovaných přístrojích pro stanovení tloušťky, plošné hmotnosti a chování textilie v tahu a ohybu uzpůsobených tak, aby bylo možné zadat hodnoty z měření do Emulátoru programu CLO – viz **Dílčí rešeršní závěr XII**, str. 52 a **Dílčí rešeršní závěr XIII**, str. 52).

Kontrola úspěšnosti virtualizace textilií bude provedena srovnáním splývavosti reálného vzorku a splývavosti virtuálních vzorků (viz **Dílčí rešeršní závěr V**, str. 36). Vzhledem ke skutečnosti, že počet vln i velikost koeficientu splývavosti se různí při opakovaném měření na témže reálném vzorku [51], bude splývavost na reálném vzorku měřena dvakrát a pro vyhodnocení použita

průměrná hodnota (viz **Závěr pre-experimentu V**, str. 63). Měření digitalizovaného průmětu proběhne pomocí programu ImageJ. Splývavost virtuálního vzorku bude stanovena napodobením zkoušky splývavosti v reálném světě, virtuální měření proběhne jednou na každém vzorku. Porovnávají budou následující parametry: počet vln, koeficient splývavosti, max a min výška vln, úhel svírající maxima vln, průměrná výška vlny a další charakteristiky, které jsou uvedeny v kapitole 8.2 (str. 92).

Bude-li virtualizace pláten úspěšná, proběhne s nimi v programu CLO virtuální simulace sukni. Bude použit typ simulace „fitting simulation“ (viz **Závěr pre-experimentu I**), vzdálenost uzlových bodů trojúhelníkové sítě 5 mm (viz **Závěr pre-experimentu II**), tři díly sukne budou sešity vyztuženým virtuálním švem (viz **Závěr pre-experimentu VII**), švům budou přiřazeny stehy stejné, jako budou použity na reálné sukni.

Posouzení přesnosti simulace oděvu proběhne objektivním srovnáním reálné a virtuální sukne (viz **Dílčí rešeršní závěr III**, str. 32). Pomocí následujících charakteristik bude porovnána úspěšnost simulace: plocha půdorysu sukne, počet vln, šířka sukne v předozadním a čelním směru, průměrná amplituda vln, délka vlny a vzdálenost vrcholů vln. Tyto hodnoty budou na obou reálných sukniích měřeny 5x. Sukne se ponechá splýnout, spodní lem bude ručně obkreslen, v měřítku zdigitalizován a pomocí programů PixlR a ImageJ připraven k měření a změřen. Virtuální sukne se ponechá splývat na virtuálním avatarovi pouze 1x. Vyhodnocení virtuálních sukni bude provedeno pomocí programu ImageJ.

7 Laboratorní zkoušky textilie BP145 a BP170

Cílem laboratorních prací bylo získat data potřebná pro virtuální simulaci dvou bavlněných pláten označených BP145 a BP170. Laboratorní zkoušky byly provedeny v Laboratoři užitných vlastností textilií a speciálních měření na Katedře oděvnictví Fakulty textilní Technické univerzity v Liberci.

Software CLO vyžaduje za vstupní parametry dosadit plošnou hmotnost, tloušťku a charakteristiky popisující ohybové a tahové vlastnosti (viz Obr. 9). Tyto vlastnosti doporučuje CLO stanovit pomocí skupiny nástrojů pojmenované CLO Fabric Kit, které autorka neměla k dispozici. Proto bylo využito standardních přístrojů používaných pro stanovení uvedených veličin, a to takovým způsobem, aby se vstupní podmínky co nejvíce shodovaly se zkoušením pomocí CLO Fabric Kit. Přehled zkoušek, jejich popis a vyhodnocení je uveden v následujících kapitolách. Mimo to byla v laboratořích stanovena na textiliích splývavost jako prostředek pro kontrolu virtualizace tkaniny – podrobněji viz kapitolu 8.

Jak již bylo uvedeno v kapitole 2.5 (str. 32), je doporučeno při laboratorním zkoušením textilií pro účely virtuální simulace respektovat standardizované postupy [33 s. 37]. I přes to bylo třeba se od těchto postupů v některých případech odchýlit. Důvodem bylo získání takových dat, která by akceptoval software CLO. Proto se některá níže popsaná laboratorní měření liší od postupů standardních.

Laboratorní podmínky při testování vzorků byly: teplota $22\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, relativní vlhkost $43\% \pm 2\%$. Vzorky byly v laboratořích klimatizovány po dobu více než 18 hodin (dle ČSN EN ISO 12751 [55] mají být vzorky, jejichž tloušťka je menší než 5 mm, klimatizovány min. 12 hodin).

7.1 Charakteristika textilie deklarovaná výrobcem

Základní vlastnosti dvou vybraných bavlněných pláten, které uvádí výrobce Blossom fashion s.r.o. (resp. Mirtex.cz) v materiálových listech, jsou uvedeny v Tab. 17. Další parametry viz Přílohu 2 a 3.

Tab. 17 Charakteristika textilií BP145 a BP170 deklarovaná výrobcem

Označení textilie v této práci	BP145	BP170
Název	DOMESTIK145	DOMESTIK170
Vazba (EN 12127)	Plátno 1/1	Plátno 1/1
Plošná hmotnost tkaniny	$144\text{ gm}^{-2} \pm 3\%$	$177\text{ gm}^{-2} \pm 3\%$
Dostava (EN 1049-2)	osnova i útek 24 nití/cm	osnova 26 nití/cm útek 23 nití/cm
Jemnost příze (Tex)	osnova i útek 29,5	osnova i útek 37,0
Min. pevnost (ISO 13934-1)	osnova 500 N, útek 350 N	osnova 600 N, útek 420 N
Barva	bílá	bílá
Zvolená šíře metráže	300 cm	290 cm

7.2 Plošná hmotnost

Plošná hmotnost ρ (gm^{-2}) byla stanovena na pěti vzorcích textilií gravimetrickou metodou [56 kap. 3.1.2]. Výsledky měření plochy S (cm^2) a hmotnosti m (g) jsou uvedeny v Tab. 18. Hodnoty vycházejí v obou případech nepatrně nižší, než udává výrobce. U plátna BP145 je plošná hmotnost nižší o 3,5 % (tato hodnota je pod deklarovaným limitem o 0,5 % – bylo by optimální měření opakovat a potvrdit výsledky), u plátna BP170 je plošná hmotnost nižší o 1,7 % oproti hodnotě deklarované výrobcem, což je v 3 %-ní toleranci.

Tab. 18 Plošná hmotnost textilií BP145 a BP170

BP145				BP170			
	S (cm^2)	m (g)	ρ (gm^{-2})		S (cm^2)	m (g)	ρ (gm^{-2})
1	98,01	1,372	140,0	1	101,51	1,763	173,7
2	98,01	1,364	139,2	2	100,50	1,753	174,4
3	99,00	1,360	137,4	3	100,50	1,759	175,0
4	98,51	1,383	140,4	4	100,50	1,757	174,8
5	98,51	1,360	138,1	5	100,00	1,734	173,4
průměr			139,0	průměr			174,3
směrodatná odchylka			1,3	směrodatná odchylka			0,7
variační koeficient (%)			0,92	variační koeficient (%)			0,41
95 % interval spolehlivosti			139,0 \pm 1,6	95 % interval spolehlivosti			174,3 \pm 0,9

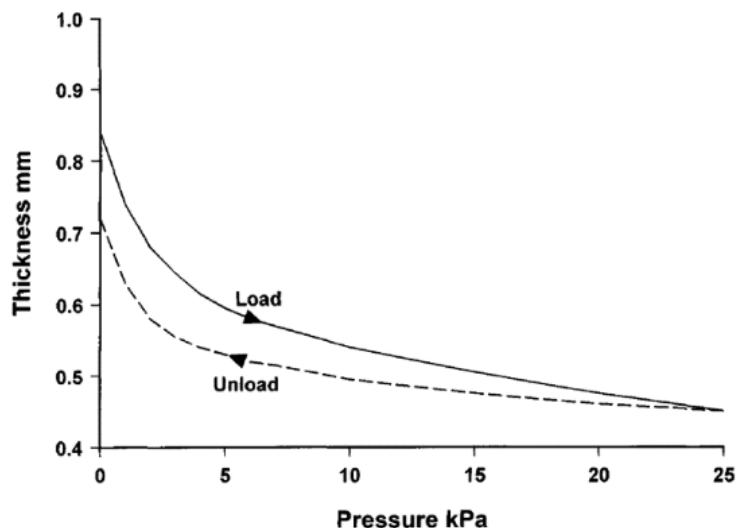
7.3 Tloušťka textilie a tloušťka hřbetového švu

Tloušťkou textilie t (mm) se rozumí kolmá vzdálenost mezi rubem a lícem textilie [56 kap. 3.1.5]. Tloušťka je závislá na velikosti působícího tlaku, jak je vidět v grafu na Obr. 35 (tloušťka při nulovém tlaku byla získána extrapolací křivky) [57 kap. 10.1.6]. Autoři v této publikaci nespecifikují, o jaký typ plošné textilie jde a ani to není v tomto případě nezbytně důležité. Graf má ilustrovat především to, že zvolený tlak je při stanovení tloušťky textilního materiálu důležitým vstupním parametrem. Proto bylo nezbytné zjistit, při jakém tlaku je měřena tloušťka pomocí CLO Fabric Kit (Obr. 36a; v manuálu údaj uveden není) a stejný tlak pak použit při laboratorním měření. Byla oslovena firma CLO s žádostí o poskytnutí informace. Filosofie CLO je však neposkytovat údaje o soupravě CLO Fabric Kit těm, kteří tuto soupravu nemají – viz přesné znění odpovědi v

Tab. 19. Z toho důvodu byla tloušťka textilie stanovena standardizovaným způsobem, tj. dle normy ČSN EN ISO 5084 [58] na přístroji MO34A (Obr. 36b; tlačná plocha 20 cm^2) při tlaku 1 kPa.

Po provedení laboratorního měření, byla v rámci rešerše zjištěna skutečnost, že existuje silná korelace mezi výsledky KES-FB 3 a CLO Fabric Kit (korelační koeficient $> 0,9$ při $p < 0,01$) [49]. Pomocí Kawabatova přístroje KES-FB 3 se stanovuje tloušťka při tlaku 0,5 $gf\ cm^{-2}$ [33], což odpovídá přibližně 50 Pa. Vzhledem k této skutečnosti, měla být tloušťka textilie stanovena při tlaku používaném při měření na KES-FB 3. Než bylo přistoupeno k novému měření tloušťky, byla nasimulována tkanina s větší tloušťkou. Splývavost silnější textilie byla shodná se splývavostí textilie s nižší tloušťkou, proto k novému měření s nižším tlakem nebylo přistoupeno.

Tloušťka byla stanovena také na rozžehleném hřbetovém švu (Obr. 36c), který byl na sukni použit pro spojení jednotlivých dílů sukně. Specifikace švu spojeného vázaným stehem s obnitkovanými okraji je uvedena v kapitole 0. Díly tkanin pro zhotovení vzorku se švem byly připraveny ve směru osnovy (\uparrow), útku (\rightarrow) a diagonálně (\nearrow).



Obr. 35 Závislost tloušťky plošné textilie na velikosti tlaku aplikovaného při měření tloušťky textilie [57 kap. 10.1.6]

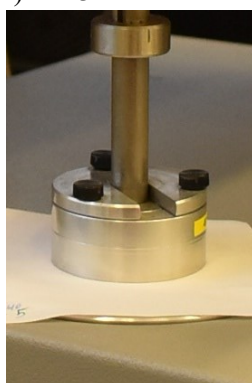
Tab. 19 Odpověď CLO na dotazy týkající se CLO Fabric Kit získaná emailovou komunikací s CLO a z chatu s CLO Support

<p>„Pokud jde o sadu CLO Fabric Kit, je v současné době k dispozici pouze pro uživatele z řad podniků a nemůžeme vám odpovědět na otázky týkající se této sady, pokud ji nemáte.“</p>	<p>„For the CLO Fabric Kit, it is only currently available for Enterprise users and we cannot answer questions about it without you already having one.“</p>
---	--

a) CLO Fabric Kit



b) MO34A



c) rozžehlený hřbetový šev (BP145 \nearrow)



Obr. 36 Stanovení tloušťky plošné textilie a) pomocí soupravy CLO Fabric Kit [48], b) pomocí přístroje MO34A firmy SDL International (fotografie z měření), c) fotografie švu, jehož tloušťka byla měřena na přístroje MO34A

Výsledky měření tloušťky materiálu jsou uvedeny v Tab. 20. Tkanina BP145 má s 95 % pravděpodobností tloušťku $0,32\pm 0,01$ mm, tkanina BP170 tloušťku $0,34\pm 0,01$ mm. Tloušťka švu tkaniny BP145 je s 95 % pravděpodobností $1,16\pm 0,05$ mm, tloušťka švu z tkaniny BP170 je s 95 % pravděpodobností $1,22\pm 0,07$ mm.

Tab. 20 Tloušťka textilií BP145 a BP170 a tloušťka švů (přístroj MO34A, tlak 1 kPa)

	BP145	BP170	BP145*	BP170*
	t	t	$t_{švu}$	$t_{švu}$
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
	0,33	0,34	1,10	1,24
	0,32	0,35	1,13	1,27
	0,32	0,34	1,17	1,20
	0,32	0,35	1,21	1,30
	0,31	0,34	1,17	1,16
			1,19	1,17
průměr (mm)	0,32	0,34	1,16	1,22
směrodatná odchylka (mm)	0,01	0,01	0,04	0,06
variační koeficient (%)	2,21	1,59	3,46	4,59
95 % interval spolehlivosti (mm)	$0,32\pm 0,01$	$0,34\pm 0,01$	$1,16\pm 0,05$	$1,22\pm 0,07$

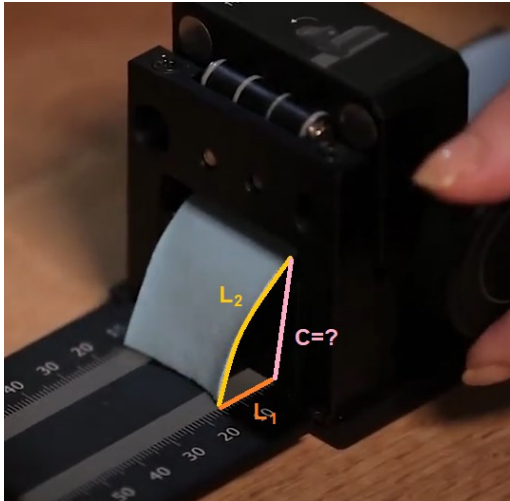
*šev ze vzorků střižených ve směru: \uparrow osnovy, \rightarrow útku, \nearrow diagonály

7.4 Tuhost v ohybu

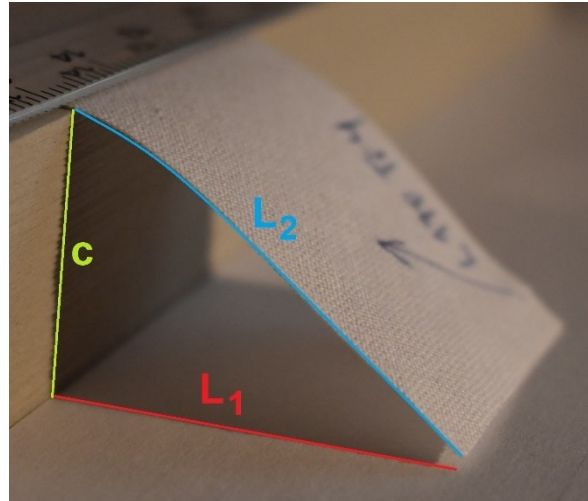
Ohybová tuhost je nezbytným vstupním parametrem při procesu virtualizace plošné textilie. Do programu CLO je ohybová tuhost zadávána pomocí dvou hodnot, a to kontaktní délky $L1$ a délky proužku $L2$. Tyto hodnoty jsou měřeny na přístroji CLO Fabric Kit (viz Obr. 37a), který autorka neměla k dispozici. V plánu bylo stanovit tuhost na tuhoměru TH4, dále získat od firmy CLO informaci o rozměru c (viz Obr. 37) a z těchto hodnot následně parametry $L1$ a $L2$ dopočítat. Informace firma CLO neposkytla (viz

Tab. 19). Proto bylo vytvořeno analogické měření, jehož schéma je zřejmé z Obr. 37b. Rozměr c na Obr. 37, který byl potřebný pro měření a který Kovačič v publikaci [56 kap. 3.3.2] nazývá ohybovou délkou, byl stanoven z fotografií soupravy CLO Fabric Kit pomocí grafických softwarů fSpy a Blander. S vysokou pravděpodobností je $c = 25$ mm. Výsledky měření ohybu jsou uvedeny v Tab. 21. Jedná se o průměrné hodnoty ze čtyř měření. Vzorky měly šíři 30 mm, střiženy byly po osnově, útku a diagonále, zkoušeny byly po líci.

a) Tuhoměr soupravy CLO Fabric Kit



b) Parafráze na CLO Fabric Kit



Obr. 37 a) Tuhoměr soupravy CLO Fabric Kit [48]; měření napodobující CLO Fabric Kit na vzorku BP170 střiženém po diagonále (L1 kontaktní délka, L2 délka proužku, c ohybová délka, šířka vzorku 30 mm)

Tab. 21 Měření ohybové tuhosti tkanin BP145 a BP170 způsobem napodobujícím CLO Fabric Kit

	BP145 – líc			BP170 – líc		
	osnova	útek	diag.	osnova	útek	diag.
L1 (mm)	30,4	23,38	27,25	35,25	34,88	39,5
L2 (mm)	41,4	35,88	39,5	43,63	43,13	46,5
c (mm)	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0

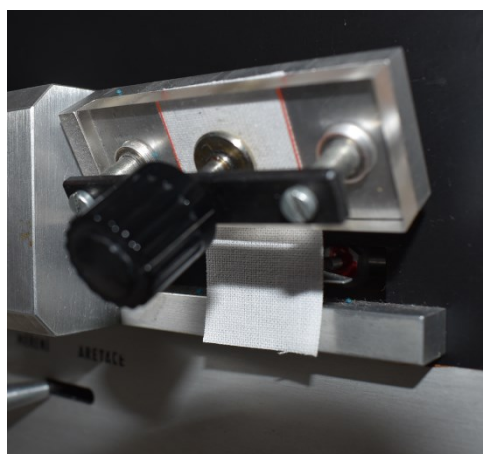
Výsledky měření ohybové tuhosti standardizovaným postupem dle ČSN 80 0858:1974 [59] na tuhoměru TH4 jsou znázorněny na Obr. 38. Vzorky byly střiženy z textilií BP145 a BP170 ve směru osnova, útku a po diagonále. Byla měřena i ohybová tuhost rozžehleného hřbetového švu (Obr. 36c) připraveného ze vzorků střižených po osnově, útku a diagonále s cílem zjistit, kolikrát vyšší je tuhost švu oproti textilii bez švu.

Ohybová tuhost byla stanovena dle ČSN 80 0858 (1974) [59] pomocí vztahu:

$$M_o = F \cdot K = F \frac{l}{b}, \quad (3)$$

kde M_o (mN) je ohybová tuhost; K konstanta dána vztahem $K = l/b$; F (mN) síla potřebná pro deformaci vzorku; l (mm) délka měřeného vzorku při výchylce 60° od hrany čelisti k čidlu zkušebního přístroje (pro náš případ $l = 15,1$ mm); b šířka vzorku (pro náš případ $b = 2,5$ cm).

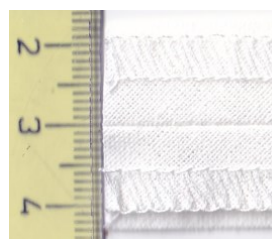
Výsledné ohybové momenty jsou uvedeny v Tab. 22. Záznam všech měření je uveden v přílohách (Příloha 5 a Příloha 6).



Obr. 38 Tuhoměr TH4; pohled na rubovou stranu textilie BP170 během ohýbání vzorku o rozměrech 25×50 mm

Tab. 22 Hodnoty ohybových momentů s 95 % pravděpodobností pro textilie BP145 a BP170 stanovené na přístroji TH4 na vzorcích o rozměru 25×50 mm (se švem a bez švu) střížených ve směru osnovy ↑, útku → a diagonály ↗

	vzorek střížen ve směru	Ohybový moment M_o (mN)	
BP145	↑	4,76 ± 0,55	$\frac{M_o \text{ (se švem)}}{M_o \text{ (bez švu)}}$ 8,33 11,38 11,06 10,98 12,05 8,32
	→	3,18 ± 0,44	
	↗	3,91 ± 0,48	
BP170	↑	6,90 ± 1,51	
	→	6,24 ± 1,18	
	↗	6,78 ± 0,60	
BP145-ŠEV	↑	39,63 ± 5,64	
	→	36,17 ± 6,13	
	↗	43,18 ± 5,01	
BP170-ŠEV	↑	75,82 ± 10,78	
	→	75,12 ± 22,32	
	↗	56,45 ± 5,09	



7.5 Závislost mezi silou a prodloužením při namáhání tahem

Další charakteristikou, kterou je třeba zadat do programu CLO při virtualizaci plošné textilie je závislost mezi silou a prodloužením během namáhání tahem, kterou CLO doporučuje stanovit pomocí CLO Fabric Kit. Zařízení k dispozici nebylo, proto byl k získání této závislosti použit přístroj Testometric M350-5CT (Obr. 39a). Na soupravě CLO Fabric Kit se závislost mezi silou a prodloužením zjišťuje manuálně, na rychlost napínání textilie se nebere zřetel (viz [48]). Jde o proces pomalý – spočívá v manuálním protažení vzorku o zvolený přírůstek, ruční opsání hodnot, další manuální navýšení přírůstku protažení, opsání hodnot atd. Proces se opakuje min. 3x, max. 5x. Rychlost, která se standardně používá pro stanovení pevnosti a tažnosti plošné textilie na M350-5CT (500 mm/min) je vyšší než u CLO Fabric Kit. Vzhledem k dobré korelaci mezi výsledky KES a CLO Fabric Kit (korelační součinitel 0,81 při $p < 0,01$; [49]) byla zvolena pro zkoušku rychlost stejná, jako u KES-FB1, tedy 12 mm/min [50]. Pro zkoušku byly připraveny vzorky z textilií BP145 a BP170, z každé tři sady vzorků střížených po osnově, útku a diagonálně (Obr. 39b). Rozměry vzorků byly zvoleny stejné, jako používá souprava CLO Fabric Kit – upínací délka 200 mm, šířka vzorku 30 mm. Grafický výstup takové zkoušky je znázorněn na Obr. 40 a Obr. 41.

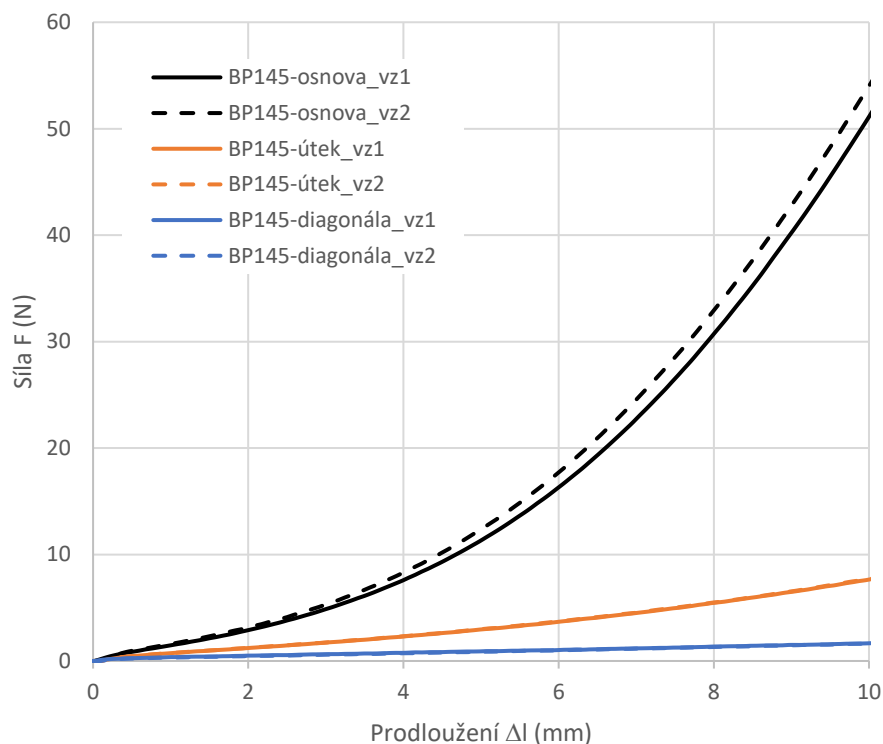
a) M350-5CT



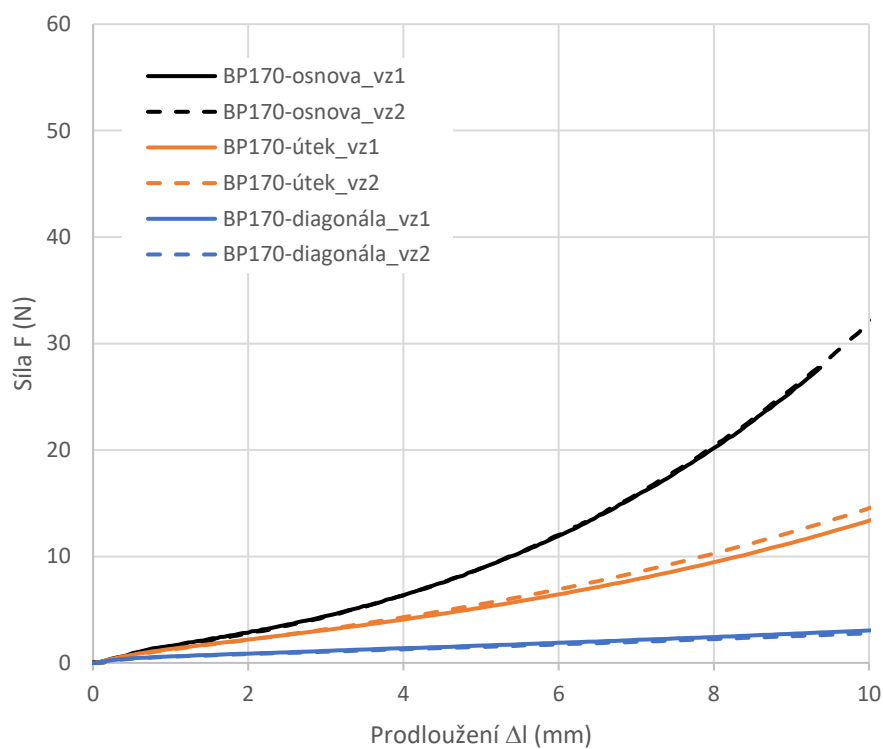
b) sada vzorků tkaniny BP145



Obr. 39 a) Testometric M350-5CT; b) sada vzorků tkaniny BP145 střížených po osnově (na fotografii nahoře), diagonále, útku (na fotografii dole)



Obr. 40 Záznam tahové zkoušky na tkanině BP145, upínací délka 200 mm, šířka vzorku 30 mm, tahová rychlost 12 mm/min

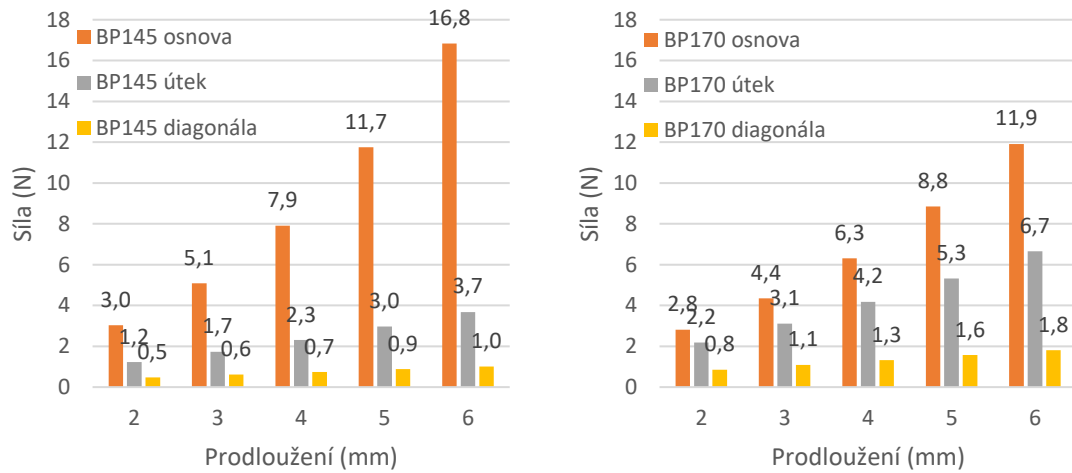


Obr. 41 Záznam tahové zkoušky na tkanině BP170, upínací délka 200 mm, šířka vzorku 30 mm, tahová rychlost 12 mm/min

Překvapením byly vyšší hodnoty sil potřebných pro protažení vzorku textilie BP145 střiženém po osnově než u vzorku BP170 střiženém po osnově. K záměně vzorků ani výsledků při zpracování nedošlo. Z naměřených dat byly odečteny síly odpovídající přírůstkům prodloužení o velikosti 2, 3, 4, 5 a 6 mm (Obr. 42) a ty použity jako vstupní hodnoty do programu CLO.

a)

b)



Obr. 42 Zvolené hodnoty prodloužení a odpovídajících sil vstupujících do Emulátoru programu CLO

8 Virtuální simulace textilií BP145 a BP170

8.1 Proces virtualizace

Již výše bylo uvedeno, že v programu CLO existují 4 možnosti, jak vytvořit textílii, a to (1) pomocí CLO Emulátoru (tj. zadáním výsledků laboratorních zkoušek); (2) pomocí funkce CLO Fabric Creator (zadáním typu textilie, plošné hmotnosti a složení); (3) výběrem z nabídky již vytvořených textilií a (4) manuálně/zkusmo nastavením hodnot jednotlivých vlastností pomocí bodové škály (0-99).

V práci byly využity první dvě možnosti, tedy Emulátor a Fabric Creator:

- virtuální textilie vytvořené v **CLO Emulátoru** s pomocí výsledků laboratorní analýzy nesou před svým názvem písmeno e, tedy **e-BP145** a **e-BP170**. Do Emulátoru programu CLO byly vloženy hodnoty uvedené v Tab. 23 pro textílii e-BP145 a v Tab. 24 pro e-BP170. Program následně přepočítá dosazené hodnoty do bezrozměrné bodové škály 0-99. Hodnota generovaných bodů je pro obě textilie vytvořené v Emulátoru uvedena v Tab. 25.
- virtuální textilie vytvořené pomocí funkce **CLO Fabric Creator** nesou před svým názvem fc, tedy **fc-BP145** a **fc-BP170**. Pro vytvoření textilie stačí zadat plošnou hmotnost, typ textilie (v našem případě plátno) a složení (v našem případě 100 % bavlna). Vlastnostem virtuální textilie software následně přiřadí body z bodové škály 0-99. Jejich hodnoty jsou uvedeny v Tab. 25.
Programem CLO vygenerovaná tloušťka textilie 0,5 mm byla změněna na naměřenou o velikosti 0,32 mm pro fc-BP145 a 0,34 mm pro fc-BP170.

Tab. 23 Vstupní hodnoty při vytváření virtuální textilie e-BP145¹³

Information	
Name	BP145
Fabric Type	Woven
Supplier	None
Owner	BL

Weight and Thickness	
Width / Height (mm)	220.00 x 30.00
Weight (g)	2.75
Density (g/m ²)	139.00
Thickness (mm)	0.32

Bending Test			
	Weft	Warp	Bias
Contact Distance (mm)	23.38	30.40	27.25
Length (mm)	35.88	41.40	39.50

Stretch Test											
Weft				Warp				Bias			
	Length (mm)	Force (kgf)		Length (mm)	Force (kgf)		Length (mm)	Force (kgf)		Length (mm)	Force (kgf)
1	2.000	0.125	1	2.000	0.309	1	2.000	0.049	2	4.000	0.076
2	3.000	0.176	2	3.000	0.518	2	4.000	0.103	3	6.000	0.136
3	4.000	0.235	3	4.000	0.807	3	6.000	0.167	4	8.000	
4	5.000	0.302	4	5.000	1.198	4	8.000		5	10.000	
5	6.000	0.376	5	6.000	1.716	5	10.000				

Tab. 24 Vstupní hodnoty při vytváření virtuální textilie e-BP170

Information	
Name	BP170
Fabric Type	Woven
Supplier	None
Owner	BL

Weight and Thickness	
Width / Height (mm)	220.00 x 30.00
Weight (g)	3.45
Density (g/m ²)	174.30
Thickness (mm)	0.34

Bending Test			
	Weft	Warp	Bias
Contact Distance (mm)	34.88	35.25	39.50
Length (mm)	43.13	43.63	46.50

Stretch Test											
Weft				Warp				Bias			
	Length (mm)	Force (kgf)		Length (mm)	Force (kgf)		Length (mm)	Force (kgf)		Length (mm)	Force (kgf)
1	2.000	0.223	1	2.000	0.286	1	2.000	0.087	2	3.000	0.111
2	3.000	0.318	2	3.000	0.444	2	3.000	0.135	3	4.000	0.160
3	4.000	0.425	3	4.000	0.644	3	4.000	0.184	4	5.000	
4	5.000	0.544	4	5.000	0.902	4	5.000		5	6.000	
5	6.000	0.679	5	6.000	1.215	5	6.000				

¹³ U tahové zkoušky na vzorku stříženém ve směru diagonály program hlásil chybu při zadávání sil z důvodu malých přírůstků sil mezi jednotlivými kroky (nepřípustné jsou přírůstky sil menší než 0,02 kgf), proto byly pro tento směr vybrány síly odpovídající prodloužení 2, 4, 6, 8, a 10 mm.

Tab. 25 Virtuální textilie a jejich vlastnosti ohodnocené body z bodové škály 0-99

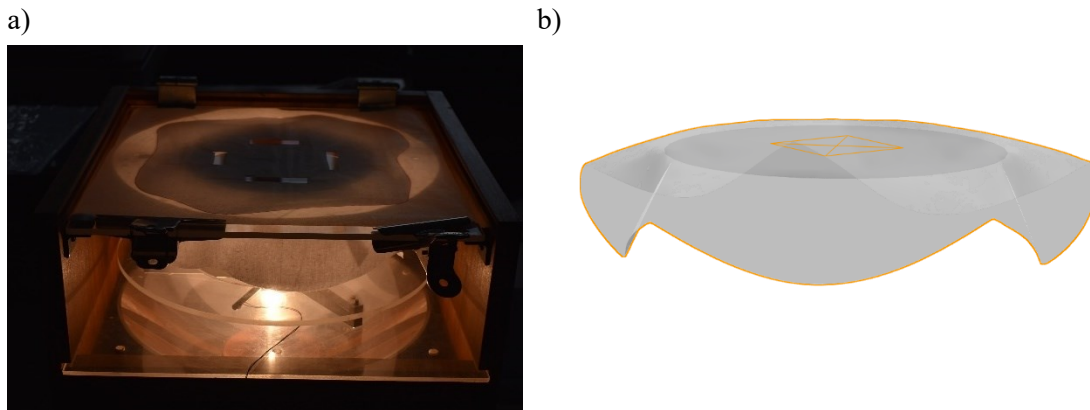
		e-BP145	fc-BP145	e-BP170	fc-BP170
stretch	→	63	34	63	39
	↑	63	38	63	44
stretch growth rate*	→	--	31	--	31
	↑	--	54	--	54
shear	↗	59	18	62	21
	↖	59	18	62	21
shear growth rate*	↗	--	10	--	10
	↖	--	10	--	10
bending	→	51	50	65	52
	↑	57	56	65	58
	↗	54	52	66	53
	↖	54	52	66	53
buckling ratio	→	30	30	30	30
	↑	30	30	30	30
	↗	30	30	30	30
	↖	30	30	30	30
buckling stiffness	→	25	25	25	25
	↑	25	25	25	25
	↗	25	25	25	25
	↖	25	25	25	25
internal damping		1	1	1	1
density		11	11	14	14
friction		3	3	3	3
thickness (mm)		0,32	0,32	0,34	0,34

*rychlost růstu pružnosti a smyku – nová vlastnost, která se objevila v programu CLO s funkcí Fabric Creator – podrobněji v manuálu zatím není tato vlastnost specifikována

8.2 Kalibrace modelu pomocí splývavosti plošné textilie

Úspěšnost virtuální simulace tkanin je dále posouzena srovnáním splývavosti reálné a virtuální textilie na kruhových vzorcích, které byly položeny na reálnou či virtuální podstavu (Obr. 43). Vzorky měly průměr 300 mm, podstava 180 mm, plocha vzorku 706,86 cm², plocha podstavu 456,15 cm².

- Průměty reálných tkanin byly obkresleny ručně, následně zdigitalizovány a vyhodnoceny s pomocí softwaru ImageJ. Měření byly dva vzorky pro každou tkaninu. Postup měření splývavosti na reálných textiliích byl proveden v souladu s ČSN 80 0835:1971 (od roku 2008 neplatná) [21]. Průměty tkanin jsou zobrazeny v Tab. 26. Jednotlivá měření stejné textilie se od sebe vzájemně lišila nejen tvarem průmětu, ale i počtem vln.
- Průměty virtuálních tkanin byly exportovány z programu CLO do softwaru ImageJ a vyhodnoceny. Vzdálenost uzlových bodů 5 mm, typ simulace: fitting simulation. Vzorek byl simulován několikrát a vždy se stejným výsledkem, proto byl vyhodnocen jen jeden průmět z každé textilie. Průměty tkanin jsou zobrazeny v Tab. 26.



Obr. 43 Měření splývavosti vzorku průměru 300 mm: a) na reálné textili, b) na virtuální textili v programu CLO

Nejčastěji je splývavost posuzována pomocí koeficientu splývavosti DC (%) a počtu vln. Mnozí autoři se shodují, že toto posouzení není dostatečně vypovídající. Hlavními důvody jsou: (a) počet vln i koeficient DC se může měnit v rámci opakovaného měření na téže reálné textili [51]; (b) při porovnávání různých materiálů může mít DC podobné hodnoty, byť jde o jiné materiály. Mnoho studií doporučuje zařadit při hodnocení splývavosti další parametry jako např. úhel, který svírají vrcholy vln, velikost amplitud atp. (za všechny např. [60]).

Metoda posouzení splývavosti pro účely této bakalářské práce byla inspirována především studií autorů Buyukaslan a spol. [61]. Na každém vzorku reálné i virtuální textilie byly stanoveny následující charakteristiky:

1. koeficient splývavosti DC (%)

$$DC = \frac{\pi R_{vz}^2 - S}{\pi R_{vz}^2 - \pi R_{pod}^2} * 100 \quad (4)$$

kde R_{vz} (mm) je poloměr připraveného vzorku (150 mm), R_{pod} (mm) poloměr podpěry (90 mm), S (mm^2) plocha průmětu;

2. počet vln NN (-), resp. počet amplitud vln (v Obr. 44 $NN = 7$),
3. maximální výška i -té vlny $L_{max,i}$ (mm) – vzdálenost vrcholu vlny od středu;
4. maximální výška vlny L_{max} (mm),
5. minimální výška i -té vlny $L_{min,i}$ (mm) – vzdálenost nejnižšího bodu vlny od středu;
6. minimální výška vlny L_{min} (mm),
7. výška i -té vlny L_i (mm)

$$L_i = \frac{L_{max,i} + L_{min,i}}{2} \quad (5)$$

8. průměrná výška vlny L (mm)

$$L = \frac{1}{n} \sum L_i \quad (6)$$

9. úhel svírající vrcholy vln $\omega_{peak,i}$ ($^\circ$) – úhel, který svírají dva po sobě jdoucí vrcholy vln (viz Obr. 44), suma všech úhlů je 360° ;
10. průměrný úhel svírající vrcholy vln ω_{peak} ($^\circ$)

$$\omega_{peak} = \frac{1}{n} \sum \omega_{peak,i} \quad (7)$$

11. úhel svírající nejnižší body vln $\omega_{trough,i}$ ($^\circ$) – úhel, který svírají dva po sobě jdoucí nejnižší body vln (viz Obr. 44), suma všech úhlů je 360° ;
12. délka i -té vlny W_i (mm)

$$W_i = R_{vz} \text{arc } \omega_{trough,i} = \frac{P_{vz}}{360} \omega_{trough,i} \quad (8)$$

kde R_{vz} (mm) je poloměr vzorku textile (150 mm), $\omega_{trough,i}$ ($^\circ$) úhel svírající nejnižší body vln, P_{vz} (mm) obvod vzorku;

$$\text{platí: } \sum W_i = P_{vz} \quad (9)$$

13. tvar i -té vlny NS_{Li} („node shape“; poměr výšky a délky vlny)

$$NS_{Li} = L_i / W_i \quad (10)$$

14. průměrný tvar vln NS_L (-)

$$NS_L = \frac{NS_{L1} + NS_{L2} + \dots + NS_{Ln}}{n} \quad (11)$$

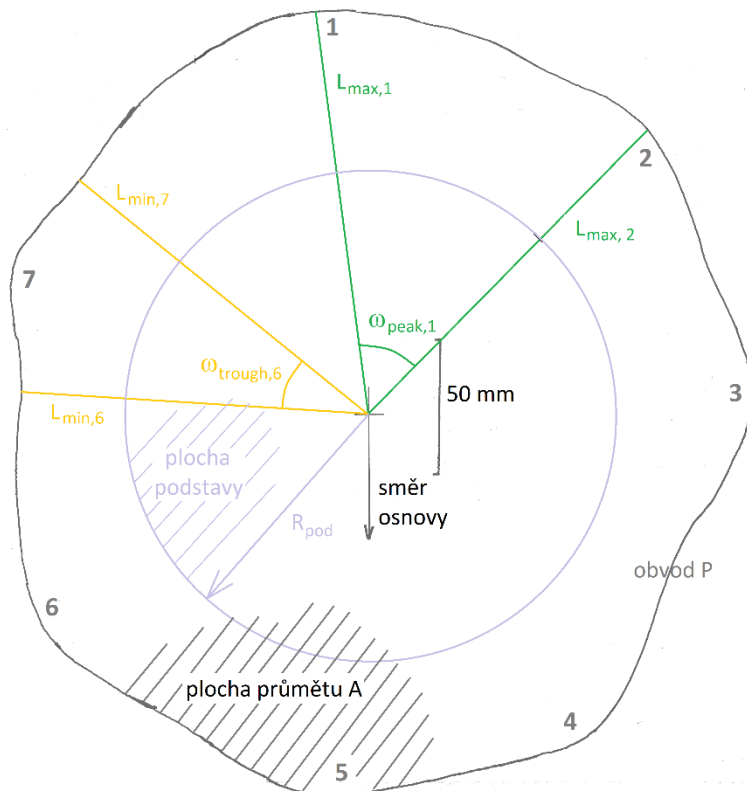
kde n je počet vln

15. podobnost vln $SDNS_L$ (-) resp. směrodatná odchylka parametru NS

$$SDNS_L = \sqrt{\frac{1}{n} [(NS_L - NS_{L1})^2 + (NS_L - NS_{L2})^2 + \dots + (NS_L - NS_{Ln})^2]} \quad (12)$$

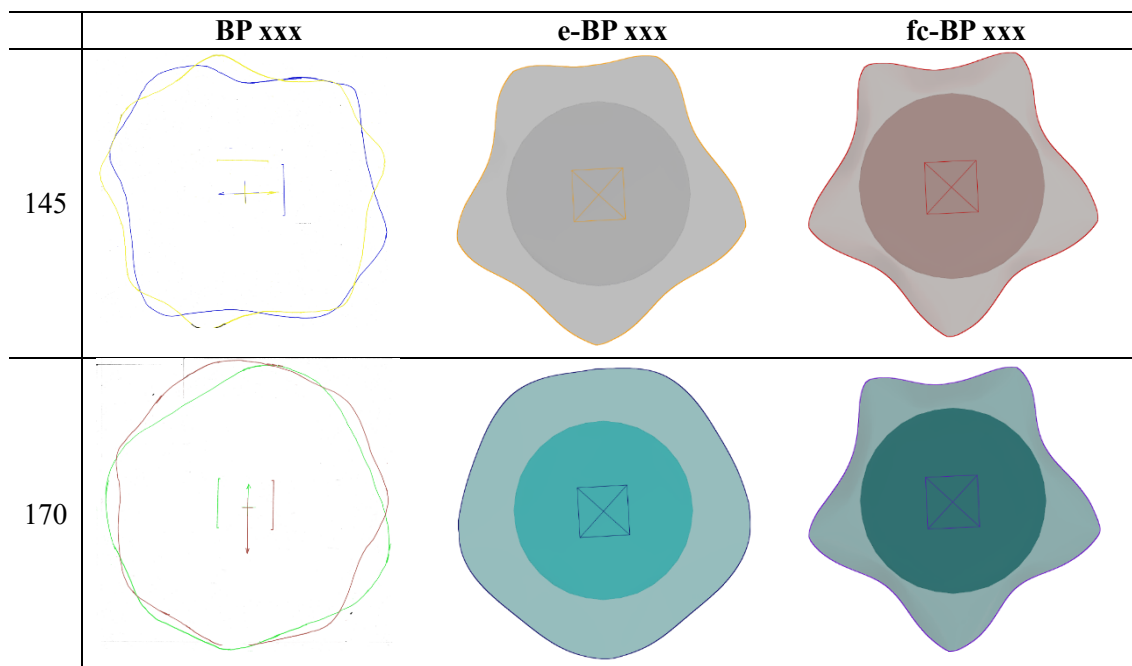
16. rozložení vln $SD\omega_{peak}$ (°) resp. směrodatná odchylka úhlů vln

$$SD\omega_{peak} = \sqrt{\frac{1}{n} \left[\left(\omega_{peak,1} - \frac{360}{n} \right)^2 + \left(\omega_{peak,2} - \frac{360}{n} \right)^2 + \dots + \left(\omega_{peak,i} - \frac{360}{n} \right)^2 \right]} \quad (13)$$



Obr. 44 Schéma splývajícího vzorku reálné textilie BP170 (vzorek 2) s vyznačením maximální a minimální délky vln L_{max} , L_{min} , úhlu svírajícího maxima vln $\omega_{peak,i}$, úhlu svírajícího minima vln $\omega_{trough,i}$, plochy průmětu A, obvodu P_{vz} a poloměru podstavy R_{pod}

Tab. 26 Obrisy průmětů splývajících reálných a virtuálních kruhových vzorků tkanin



Stěžejní výsledky měření splývavosti jsou uvedeny a komentovány v následující kapitole.

8.3 Vyhodnocení úspěšnosti virtuální simulace tkanin BP145 a BP170

Výsledky měření splývavosti na reálných a virtuálních vzorcích způsobem komentovaným v předcházející kapitole jsou uvedeny v Tab. 27 (detailní záznam měření splývajících vzorků je uveden v Příloze 7 a 8).

Tab. 27 Výsledky měření splývavosti reálných a virtuálních vzorků textilií

	reálný BP145*	virtuální e-BP145	virtuální fc-BP145	reálný BP170*	virtuální e-BP170	virtuální fc-BP170
$S (cm^2)$	540,68	524,73	467,52	615,43	647,66	457,24
$DC (%)$	63,27	59,74	47,09	79,79	86,91	44,82
$NN (-)$	7	5	5	6	5	5
$L_{max} (mm)$	146,9	147,0	144,8	151,9	150,2	146,3
$L_{min} (mm)$	112,6	111,4	102,8	124,5	135,2	98,3
$L (mm)$	129,8	129,2	123,8	138,2	142,7	122,3
$\omega_{peak} (^\circ)$	52,5	72,0	72,0	61,7	72,0	72,0
$SD\omega_{peak} (^\circ)$	14,3	7,3	5,7	14,6	7,1	5,6
$NS_L (-)$	1,0	0,7	0,7	0,9	0,8	0,7
$SDNS_L (-)$	0,2	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1

* průměrné hodnoty ze dvou měření

Za uspokojivý výsledek porovnávání splývavosti reálného a virtuálního vzorku textilie, shledává Kenkare [62] takové výsledky, kdy koeficient splývavosti virtuální textilie $DC_{virtual}$ spadá do intervalu $\pm 15\%$ DC_{real} (koeficient splývavosti reálné textilie) a průměrná velikost vln virtuálního vzorku $L_{virtual}$ je v intervalu $\pm 25\%$ L_{real} reálného vzorku. Relativně vysoké tolerance jsou dány mimo jiné variabilitou při opakovaném měření splývavosti na jednom konkrétním vzorku.

Obě podmínky splnily textilie e-BP145 a e-BP170 (viz Tab. 28), tedy textilie vytvořené Emulátorem programu CLO. Koeficient splývavosti virtuální textilie e-BP145, resp. e-BP170 se lišil o 6 %, resp. o 8 % od reálné textilie BP145, resp. BP170. Velmi dobře dopadla analýza průměrné velikosti vln. Tato hodnota se shoduje u textilie BP145 s e-BP145 a o 3 % se liší u textilií BP170 a e-BP170.

Podmínku shody splývavosti nesplňují textilie fc-BP145 a fc-BP170, tedy textilie vytvořené jen na základě plošné hmotnosti, typu a složení textilie. Koeficient splývavosti virtuální textilie fc-BP145, resp. fc-BP170 se lišil o 35 %, resp. o 78 % od reálné textilie BP145, resp. BP170 (Tab. 28). Neshoda ve splývavosti vzorků je již na první pohled zřejmá z obrazů průmětů uvedených v Tab. 26.

Na základě těchto výsledků jsou textilie **fc-BP145 a fc-BP170 vyloučeny z detailnější analýzy** výsledků splývavosti a nejsou použity ani pro virtualizaci oděvních výrobků.

Tab. 28 Poměry koeficientů splývavosti a průměrných velikostí vln virtuálních a reálných vzorků tkanin

	$DC_{real}/DC_{virtual}$	$L_{real}/L_{virtual}$
BP145 / e-BP145	1,06	1,00
BP145 / fc-BP145	1,35	1,05
BP170 / e-BP170	0,92	0,97
BP170 / fc-BP170	1,78	1,13

Detailní analýza výsledků měření splývavosti

V ideálním případě by se výsledky splývavosti reálné a virtuální textilie měly shodovat, tzn. $X_{real} = X_{virtual}$. Míra shody je dobře patrná v grafickém zobrazení v Obr. 45, kde na x -ové ose figurují hodnoty naměřené na reálné textili, na y -ové ose hodnoty naměřené na e-textilii a v kterém je zároveň zobrazena i přímka $x = y$.

Hodnota koeficientu splývavosti DC byla komentována v textu výše. Tento parametr silně koreluje s hmotností textilie a s odolností vůči smyku. Bylo předpokládáno, že textilie BP145 bude mít nižší hodnotu DC než tkanina BP170, protože BP145 má nižší plošnou hmotnost (viz Tab. 18 na str. 80) a také nižší hodnotu ohybové tuhosti (viz Tab. 22 na str. 84). Správnost předpokladu se potvrdila (Obr. 45a), $DC_{BP145} < DC_{BP170}$.

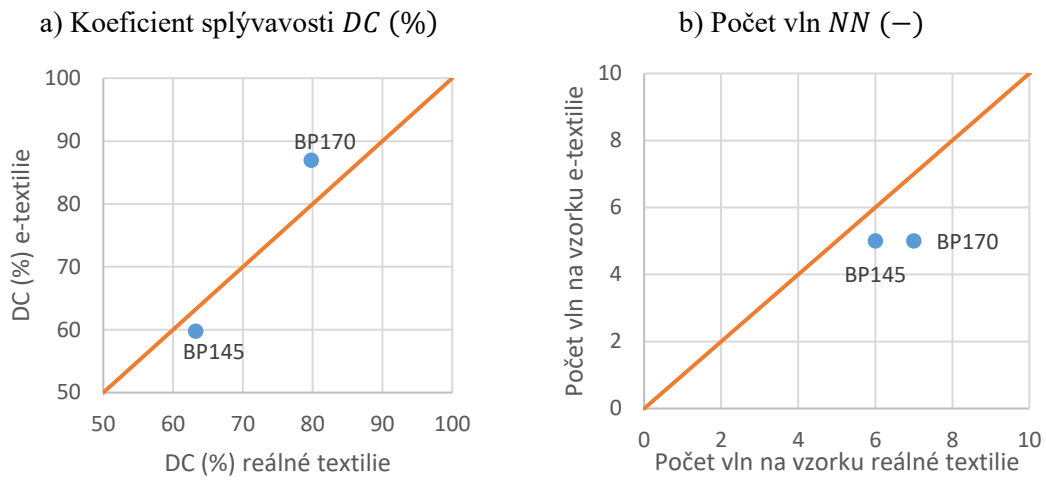
Virtuální textilie měly v obou případech nižší počet vln než reálné textilie: BP145 7 vln, e-BP145 5 vln, BP170 6 vln, e-BP170 5 vln (Tab. 27 a graf na Obr. 45b). Počet vln se u reálného vzorku měnil i v rámci měření jedné textilie. Naopak u virtuální textilie zůstával počet vln při opakované simulaci vzorků stále stejný.

Velmi dobrou shodou mezi reálnou textilií BP145 a virtuální e-textilií e-BP145 se vyznačovaly parametry L, L_{max}, L_{min} , tedy průměrná, maximální a minimální výška vlny splývajícího vzorku tkaniny (viz graf na Obr. 46). Textilie BP170 a e-BP170 tak dobrou shodu neměly – minimální výšky vln se lišily o 8 %, průměrné o 3 % a maximální výšky vln o 1 %.

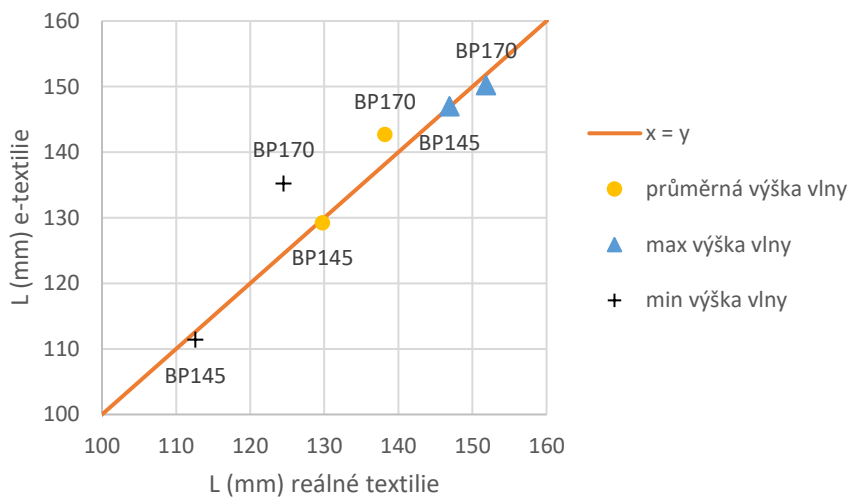
Rozložení vln na splývající vzorku charakterizuje parametr ω_{peak} ($^{\circ}$), tedy průměrná velikost úhlu svírající dvě sousedící maxima vln, a parametr $SD\omega_{peak}$ ($^{\circ}$), který je jeho směrodatnou odchylkou. Parametr ω_{peak} ($^{\circ}$) měl pro textilií BP145 hodnotu $52,5^{\circ}$, pro e-BP145 72° , pro BP170 $61,7^{\circ}$ a pro e-BP170 72° . Čím větší počet vln, tím je parametr ω_{peak} nižší, proto e-textilie s nižším počtem vln musí mít zákonitě úhel ω_{peak} vyšší. Čím menší je parametr $SD\omega_{peak}$, tím rovnoměrněji jsou na splývající vzorku rozmístěny vlny. Rovnoměrnější uspořádání vln měly e-textilie (viz průměty vln v Tab. 26 na str. 95), proto taky jejich parametry $SD\omega_{peak}$ mají nižší hodnoty než u reálných textilií.

Poslední dvojice analyzovaných parametrů je NS_L (–), který charakterizuje tvár vlny, a parametr $SDNS_L$ (–), který je jeho směrodatnou odchylkou. Parametr NS_L je průměrnou hodnotou parametru NS_{Li} (z anglického názvu Node Shape, tj. tvar vlny). Ten je dán poměrem výšky vlny a délky vlny. NS_L textilie BP145, resp. e-BP145 je 1,0, resp. 0,7. NS_L textilie BP170, resp. e-BP170 je 0,9, resp. 0,8. Nižší hodnota parametru NS_L je u e-textilií způsobena nižším počtem vln, a tedy větší délkou každé vlny. Podstatný je parametr $SDNS_L$ – čím větší je jeho hodnota, tím více se od sebe vlny co do tvaru liší. Zatímco e-textilie mají hodnotu $SDNS_L$ obě 0,1, reálné textilie BP145, resp. BP170 mají $SDNS_L$ roven 0,2, resp. 0,3. Znamená to, že e-textilie mají rovnoměrnější tvar vln než textilie reálné.

Vzhledem k výše uvedeným výsledkům považuje autorka virtualizaci tkanin BP145 a BP170 za úspěšnou a použitelnou pro virtuální simulaci oděvního výrobku.



Obr. 45 Srovnání koeficientu splývavosti DC (%) a počtu vln NN (-) na vzorcích reálných textilií (BP145 a BP170) a e-textilií (e-BP145 a e-BP170)

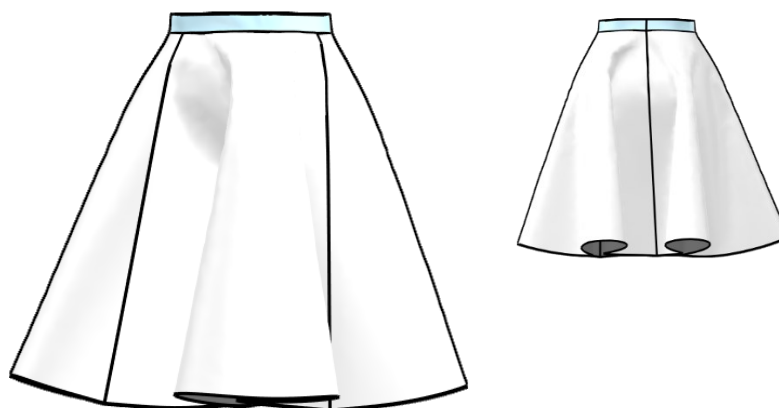


Obr. 46 Srovnání maximální, minimální a průměrné výšky vlny reálných textilií a e-textilií

9 Oděvní výrobek – ¾ kolová sukně

Pro zhodnocení přesnosti simulace oděvního výrobku v programu CLO (verze 7.3.134) byla vybrána 3-dílná ¾ kolová sukně délky 60 cm (Obr. 47), která byla provedena ve velikosti DOB 36 (rozměry viz Obr. 48). Zhodnocení je provedeno srovnáním reálné sukně s virtuální objektivní metodikou. Reálná sukně byla zkoušena na krejčovské panně (Obr. 48a), virtuální sukně na avatarovi (Obr. 48b). Rozměry virtuálního avatara byly zadány manuálně a odpovídají rozměrům krejčovské panny.

Sukně je sešita ze tří stejných dílů hřbetovými švy rozžehlenými do stran s 10 mm širokými švovými záložkami. Svislé okraje jsou začištěny obnitkováním. Spodní okraj není nikterak začištěn¹⁴. Díly sukně jsou přišity ke dvojitému, jednodílnému pasovému límci s podkrytým prodloužením. U reálné sukně je pasový límec přišpendlen ke krejčovské panně v úrovni pasové linie, u virtuální sukně obdobným způsobem k avatarovi. Do 30 mm vysokého pasového límce ústí v zadním středovém švu 200 mm dlouhý rozparek, který je ponechán nesešitý. Pasový límec je oboustranně podehnut. Osnova je u dílů sukně vedena diagonálně, u pasového límce svisle (viz schéma polo-hového plánu na Obr. 49).

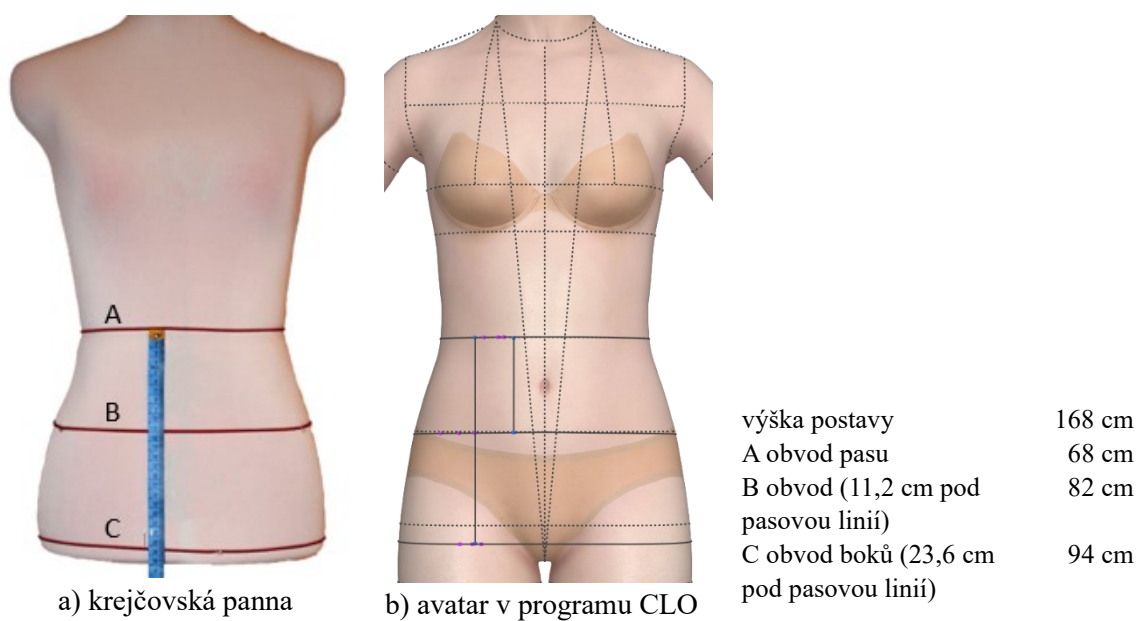


Obr. 47 Technický náčrt 3-dílné ¾ kolové sukně

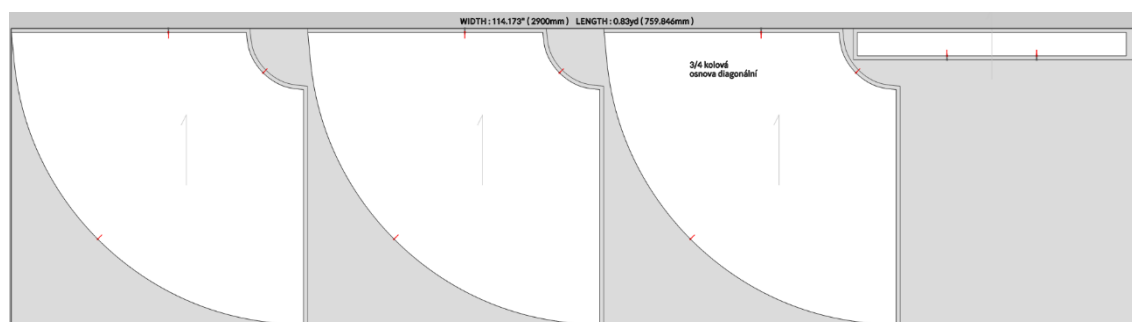
Materiál: reálné sukně jsou ušity ze dvou materiálů – jedna sukně je z bavlněného plátna BP145, druhá sukně z bavlněného plátna BP170 (specifikace viz kapitulu 7 na str. 79). Virtuální sukně jsou vytvořeny z materiálů e-BP145 a e-BP170 (specifikace a metoda virtualizace bavlněných pláten viz kapitulu 8 na str. 89). Pro šití byla použita bílá polyesterová nit o jemnosti 14,8x2 tex.

Technické zázemí: pro zhotovení reálné sukně byly použity šicí stroje Brother CS8060 pro vázaný steh (4 stehy/1 cm) a Brother 4234D pro obnitkovací steh (3-nitný, šířka stehu 5 mm). Parametry použitých jehel firmy Schmetz jsou: systém jehly 130/705 H|HAX1, jemnost jehly 70/10, hrot jehly RG. Pro vlhko-tepelné práce byla použita ruční napařovací žehlička.

¹⁴ Obdobně k problematice přistoupil Lee ve studii [30 s. 101].



Obr. 48 Rozměry krejčovské panny a virtuálního avatara

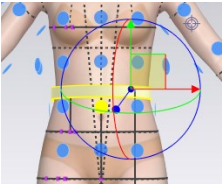
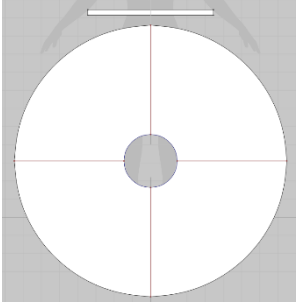


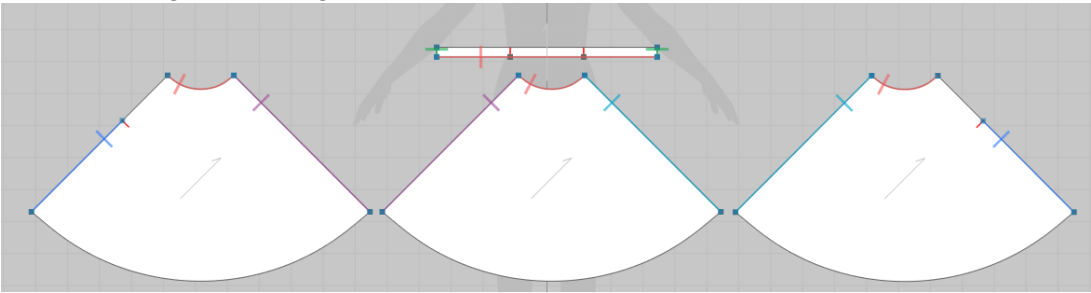
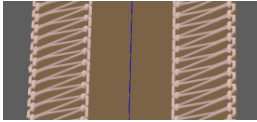
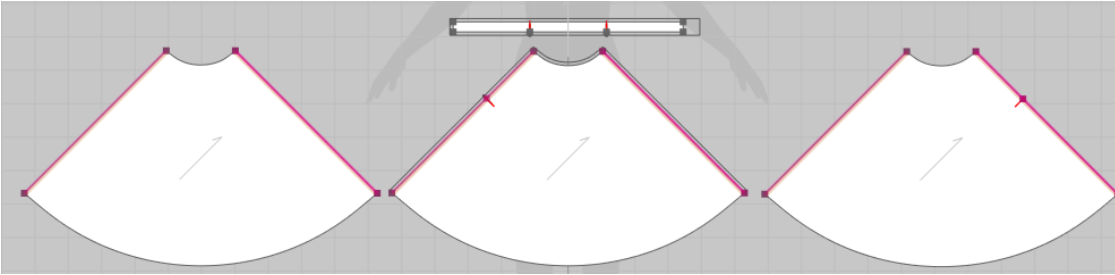
Obr. 49 Poloha plátna BP170 (šířka metráže 2 900 mm, délka 760 mm, výtěžnost 59,2 %)

9.1 Konstrukce sukně v programu CLO

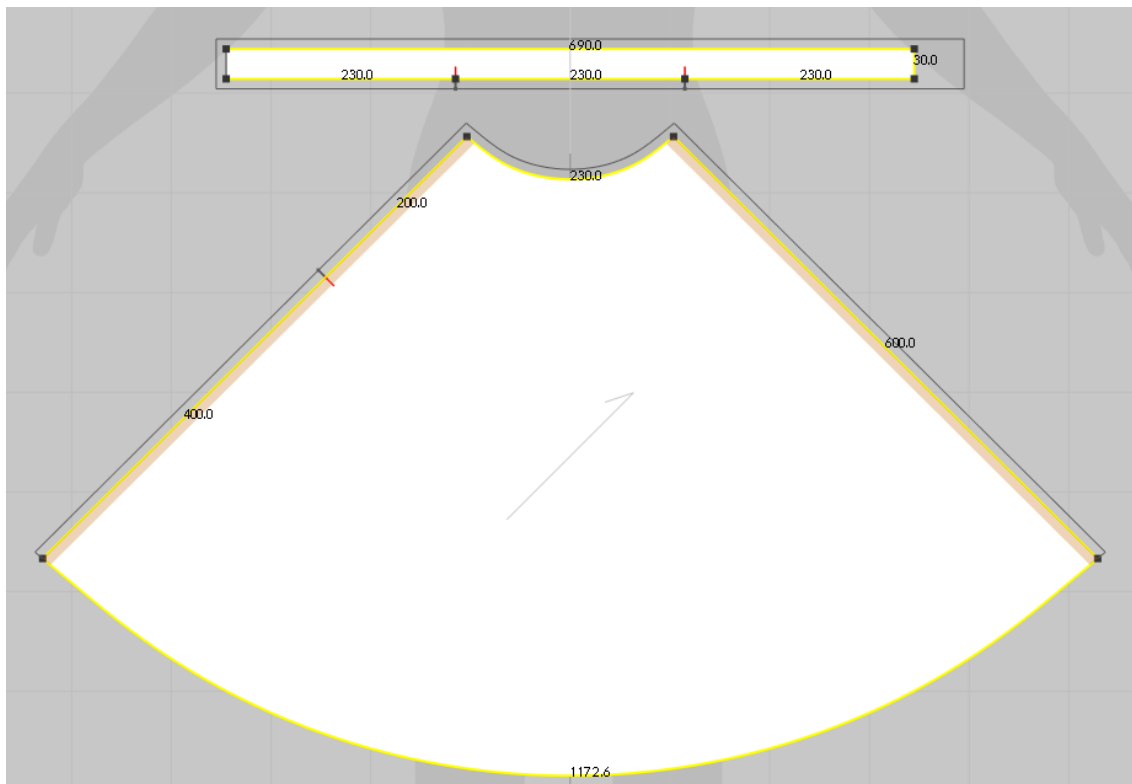
Stříhová konstrukce byla vytvořena v programu CLO, verzi 7.3.134 a průběžně virtuálně zkoušena na avatarovi. Postup je uveden v Tab. 29.

Tab. 29 Postup vytvoření ¾ kolové sukně v programu CLO

Okno	Příkaz	Kláves. zkratka	Popis
Library	Avatar selecting (FV2_Mia)		Výběr avatara.
Library	Avatar size (EU 36)		Rozměry zvoleného avatara sladěny s rozměry krejčovské panny (viz Obr. 48).
3D	Basic Circumference Measure		Měření obvodu v pasové linii je zapotřebí k připevnění pasového límce k této linii.
2D	Rectangle 690×30 mm	H	Pasový límec (u reálné sukně použit rozměr 740×60 mm); délka pasového límce: obvod pasu + 10 cm.
2D	Split, Uniform split		Rozdělení pasového límce na 3 stejné díly.
2D	Notch		Provedení 2 značek na pasovém límci.
3D	Arrangement 		Umístění pasového límce na avatara, simulace, zadní středový šev na zadní středové linii.
2D	Segment sewing	N	Sešití pasového límce.
3D	Attach to measure (avatar)		„Připevnění“ pasového límce k pasové linii, simulace.
3D	Freeze	Ctrl+K	Zmrazení pasového límce.
2D	Ellipse	E	Kruh o obvodu $(4 \cdot 690/3) = 920$ mm a poloměru 146,4 mm (výpočet z rovnice: $\frac{3}{4} 2\pi r = 690\text{mm}$)
2D	Offset pattern outline 600 mm, create internal line		Zvětšení průměru kruhu o délku sukně 600 mm.
2D	Convert to hole		Vytvoření otvoru v kruhu.
2D	Internal polygon	G	Rozdělení sukně na 4 díly. 
2D	Cut, Delete		Rozstřížení sukně na 4 díly, smazání 3 dílů.
2D			Kontrola rozměrů a polohy osnovy sukně
2D	Copy		Vytvoření tří totožných dílů sukně.

Okno	Příkaz	Kláves. zkratka	Popis
2D	Notch		Umístění značky pro rozparek na zadním středovém švu (vzdálený 200 mm od pasového límce).
3D	3D Arrangement	Shift F	Umístění dílů sukně na avatara.
2D/3D	Free sewing	M	Virtuální přišití sukně k pasovému límci.
2D/3D	Segment sewing	N	Sešití dílů sukně.
			
3D	Normal simulation		Simulace sukně s materiálem „default fabric“.
Object browser	Fabric		Výběr látky (e-BP145 nebo e-BP170) a přiřazení dílům sukně.
3D	Normal simulation		Základní simulace.
2D, Property editor	Seam taping		Vyztužení švů 10 mm širokou výztuhou s vlastnostmi stejnými, jako má výchozí materiál.
2D, Object browser, Property editor	Topstitch		Přiřazení stehů bočním švům na sukni (vázaného a obnitkovacího stehu); parametry stehu nastaveny tak, aby odpovídaly reálným stehům.
			
			
Property editor	Particle distance 5 mm		Zjemnění sítě.
3D	Strengthen, fitting simulation		Viz Závěr pre-experimentu III , str. 57.
3D	Unstrengthen, fitting simulation		Simulace.
3D		F10	Uložení pohledů sukní.
2D			Švové přídávky (10 mm), spodní kraj bez přídávků.
Print layout			Vytvoření polohy.
			Tisk stříhových šablon.

Střihová konstrukce 3-dílné $\frac{3}{4}$ kolové sukně je zobrazena na Obr. 50. Pasový límec má pro účely virtuální simulace šířku 30 mm, u reálné sukně 60 mm.





















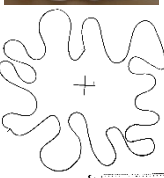
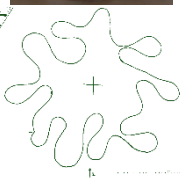
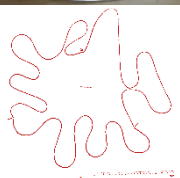
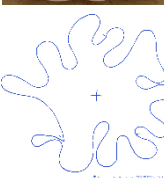
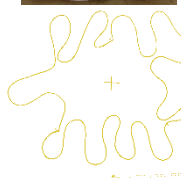


Obr. 50 Střihová šablona 3-dílné $\frac{3}{4}$ kolové sukně













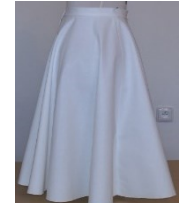




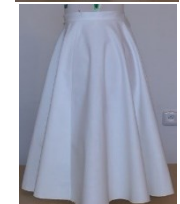

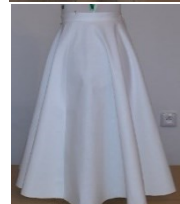

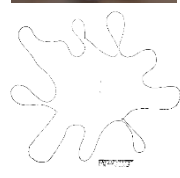
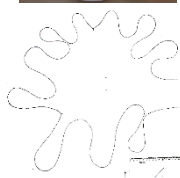
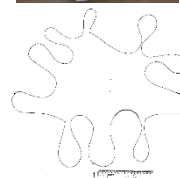
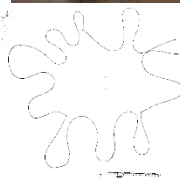
9.2 Reálné ¾ kolové sukně

Byly ušity dvě sukně, jedna z bavlněného plátna BP145, druhá z bavlněného plátna BP170. Sukně byly vyžehleny a oblečeny na krejčovskou pannu. Pasový límec byl přišpendlen k pasové linii krejčovské panny. Zadní středový šev umístěn na zadní středovou linii. Panna byla snížena tak, aby se spodní kraj sukně dotýkal vodorovné podstavy s papírem za účelem obkreslení tvaru spodního kraje. Lem sukně byl vyzdvižen/roztáhnut do prostoru a následně spuštěn. Splývající sukně byla vyfocena ze čtyř stran a ručně obkreslen tvar spodního kraje. Celý proces byl zopakován 5x pro každou sukni. Fotografie sukní ze všech měření jsou vloženy do Tab. 30 (materiál BP145) a Tab. 31 (materiál BP170). Fotoaparát byl u všech snímků ve stejné vzdálenosti od sukní a ve stejné výšce nad zemí.

Tab. 30 Pohledy na sukni z materiálu **BP145**, která byla 5x ponechána splývat na krejčovské panně (délka zelené stuhy 10 cm)

	měření 1	měření 2	měření 3	měření 4	měření 5
čelní pohled					
pohled zezadu					
pohled zleva					
pohled zprava					
půdorys					

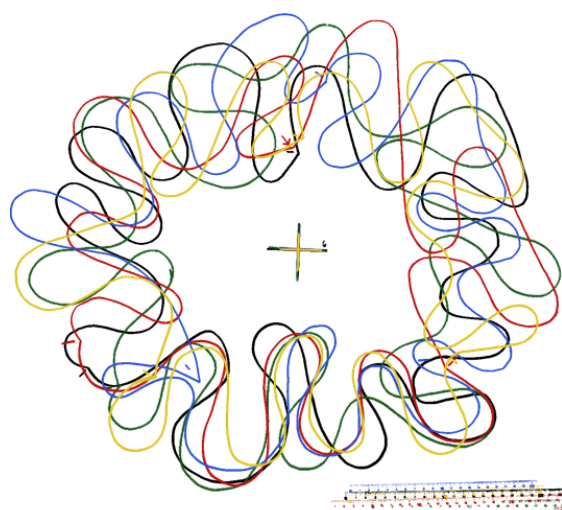
Tab. 31 Pohledy na sukni z materiálu **BP170**, která byla 5x ponechána splývat na krejčovské panně (délka zelené stuhy 10 cm)

	měření 1	měření 2	měření 3	měření 4	měření 5
čelní pohled					
pohled zezadu					
pohled zleva					
pohled zprava					
půdorys					

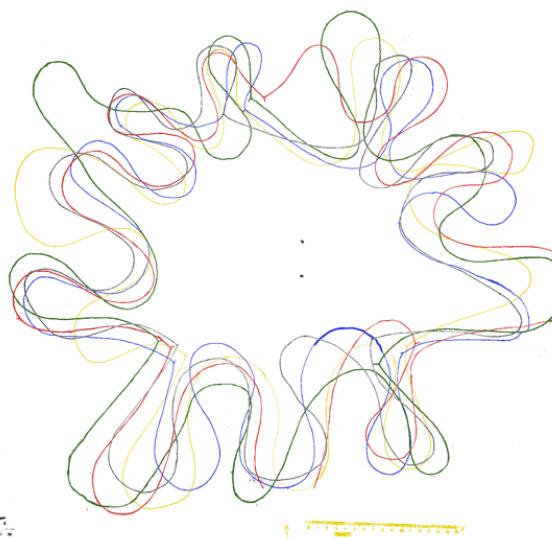
Na Obr. 51 jsou zobrazeny překrývající se linie spodních krajů sukni (půdorysy) pro oba materiály a pro všechna měření. Tyto půdorysy byly v měřítku zdigitalizovány a v programu ImageJ proměřeny metodou popsanou v kapitole 9.4.

Úspěšnost ručního obkreslení byla posouzena srovnáním délky spodního kraje reálné sukne s obkreslenou. Jako uspokojivý výsledek byl považován takový, kdy rozdíl nepřesáhl hodnotu 0,5 % reálné délky kraje sukne, tj. 18 mm. Všechna měření tuto podmínku splnila.

a) BP145



b) BP170



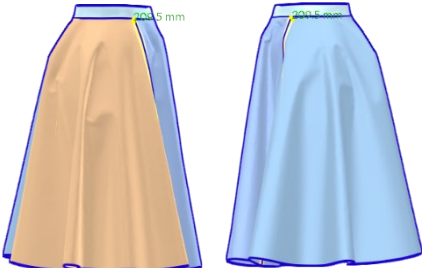
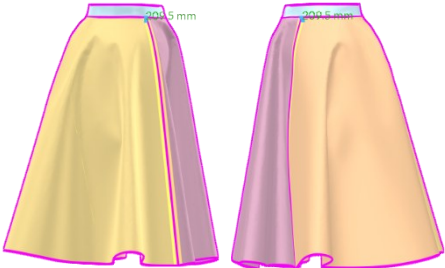
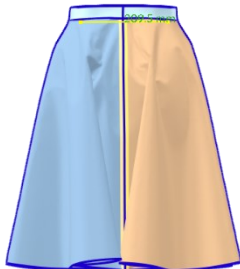
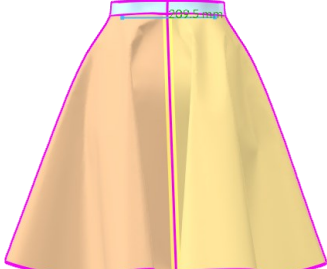
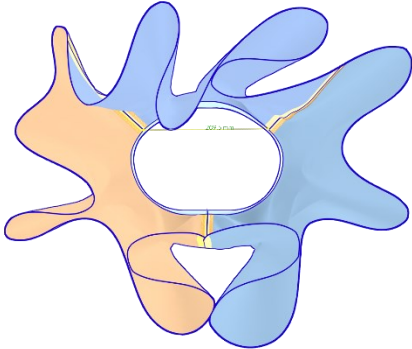
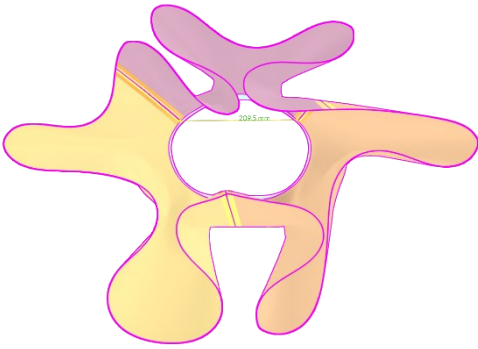


Obr. 51 Tvary spodních krajů sukní z materiálu BP145 a BP170
(měření č. 1 – černá, č. 2 – zelená, č. 3 – červená, č. 4 – modrá, č. 5 – žlutá)

9.3 Virtuální ¾ kolové sukně

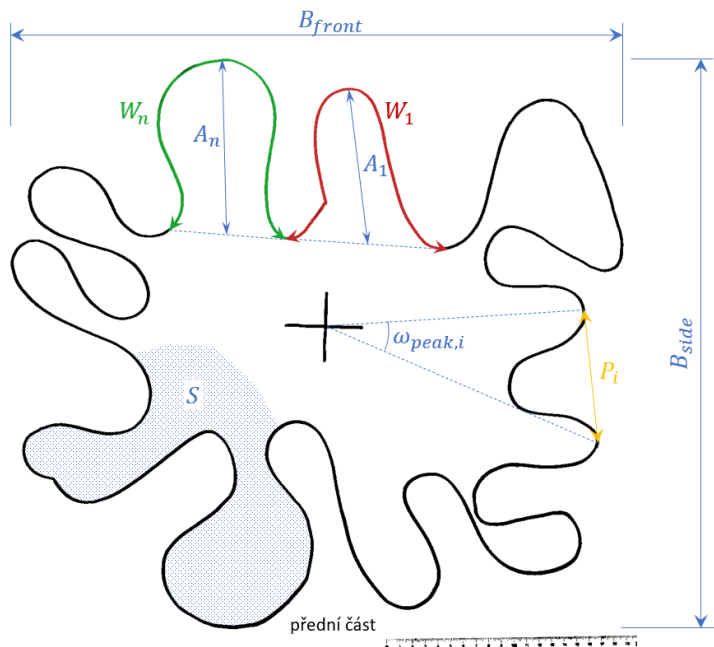
Dvě virtuální sukně z materiálu e-BP145 a e-BP170 byly nasimulovány v programu CLO dle postupu v Tab. 29. Výsledné pohledy na sukně jsou zobrazeny v Tab. 32. V případě virtuálních sukní proběhla měření 1x (zdůvodnění viz **Dílčí rešeršní závěr XIV**, str. 60).

Tab. 32 Pohledy na virtuální sukně z materiálu e-BP145 a e-BP170

	e-BP145	e-BP170
Čelní pohled		
Pohled zleva a zprava		
Pohled zezadu		
Pohled zespodu		

9.4 Srovnání virtuálních a reálných sukňí

Přesnost padnutí virtuálních sukňí byla provedena srovnáním tvaru spodních krajů (půdorysů) virtuálních sukňí s reálnými. Parametry, které byly na sukňích měřeny jsou zobrazeny na Obr. 52 a definovány v textu za tímto obrázkem.



Obr. 52 Schéma půdorysu reálné sukňě (BP145, měření č. 1) s vyznačením měřených parametrů

1. plocha průmětu/půdorysu sukňě S (cm^2);
2. počet vln NN (—);
3. čelní šířka sukňě B_{front} (cm);
4. předozadní šířka sukňě B_{side} (cm);
5. amplituda i -té vlny A_i (mm);
6. průměrná amplituda vln A (mm);
7. směrodatná odchylka amplitud vln SDA (mm)

$$SDA = \sqrt{\frac{1}{n} [(A - A_1)^2 + (A - A_2)^2 + \dots + (A - A_n)^2]} \quad (14)$$

8. délka i -té vlny W_i (mm), platí $\sum W_i =$ délka dolního kraje sukňě;
9. průměrná délka vlny W (mm);
10. směrodatná odchylka délky vlny SDW (mm);
11. úhel svírající dva vedle sebe ležící vrcholy vln $\omega_{peak,i}$ ($^\circ$);
12. průměrný úhel svírající vrcholy vln ω_{peak} ($^\circ$);
13. rozložení vln $SD\omega_{peak}$ ($^\circ$) resp. směrodatná odchylka úhlů vln

$$SD\omega_{peak} = \sqrt{\frac{1}{n}[(\omega_{peak} - \omega_{peak,1})^2 + (\omega_{peak} - \omega_{peak,2})^2 + \dots + (\omega_{peak} - \omega_{peak,n})^2]} \quad (15)$$

14. tvarový faktor i-té vlny NS_i („node shape“; poměr amplitudy vlny a délky vlny)

$$NS_i = A_i/W_i \quad (16)$$

15. průměrný tvarový faktor vln NS (–)

$$NS = \frac{NS_1 + NS_2 + \dots + NS_n}{n} \quad (17)$$

kde n je počet vln;

16. podobnost vln $SDNS$ (–) resp. směrodatná odchylka parametru NS

$$SDNS = \sqrt{\frac{1}{n}[(NS - NS_1)^2 + (NS - NS_2)^2 + \dots + (NS - NS_n)^2]} \quad (18)$$

17. vzdálenost vrcholů vln P_i (mm);

18. průměrná vzdálenost vrcholů vln P (mm);

19. směrodatná odchylka vzdálenosti vrcholů vln SDP (mm)

$$SDP = \sqrt{\frac{1}{n}[(P - P_1)^2 + (P - P_2)^2 + \dots + (P - P_n)^2]} \quad (19)$$

Naměřené hodnoty výše definovaných parametrů jsou uvedeny v Tab. 33.

Tab. 33 Číselné srovnání reálných a virtuálních sukň

	BP145*	e-BP145	BP145 e-BP145	BP170*	e-BP170	BP170 e-BP170
1. S (cm ²)	1 082,41	1 031,77	1,049	1 155,89	1 150,90	1,004
2. NN (–) počet vln	11	9	1,222	10	7	1,429
3. B_{front} (cm)	51,6	53,3	0,968	56,6	69,4	0,816
4. B_{side} (cm)	45,5	45,0	1,010	49,8	49,4	1,008
6. A (mm)	117,7	137	0,860	134	186	0,719
7. SDA (mm)	28,7	42		29	48	
9. W (mm)	317,2	391	0,812	354	501	0,707
10. SDW (mm)	71,7	141		75	156	
12. ω_{peak} (°)	33,0	40,0	0,825	36,1	51,4	0,703
13. $SD\omega_{peak}$ (°)	14,2	21,4		9,6	24,9	
15. NS (–)	0,4	0,36	1,022	0,38	0,38	1,001
16. $SDNS$ (–)	0,1	0,07		0,03	0,05	
18. P (mm)	142,2	175	0,811	166	252	0,660
19. SDP (mm)	55,7	81		47	125	

*průměr z pěti měření. Detailní záznam všech měření – Příloha 10, Příloha 11 a Příloha 12.

Komentář výsledků uvedených v Tab. 33:

Ad 1. Plocha průmětu/půdorysu sukňe S (cm^2): plocha půdorysu reálné sukňe z materiálu BP145 byla oproti virtuální sukni o 4,9 % větší. Plocha půdorysu reálné sukňe z BP170 se liší oproti virtuální o 0,4 %, v tomto případě lze mluvit o výborné shodě.

Ad 2. Počet vln NN (–): reálné sukňe měly vyšší počet vln oproti virtuálním. Reálná sukňe z BP145, resp. BP170 měla průměrně o 2, resp. 3 vlny více než virtuální.

Ad 3. Čelní šířka sukňe B_{front} (cm): reálná sukňe z BP145, resp. BP170 byla užší o 3,2 %, resp. o 18,4 % oproti virtuální sukni.

Ad 4. Předozadní šířka sukňe B_{side} (cm): reálná sukňe z BP145, resp. BP170 byla širší o 1,0 %, resp. o 0,8 % oproti virtuální sukni. U obou materiálů jde o výbornou shodu mezi virtuální a reálnou sukni.

Ad 6. Průměrná amplituda vln A (mm): virtuální sukňe měly větší amplitudy vln oproti reálným sukňím, což koresponduje se skutečností, že reálné sukňe mají více vln. Čím je větší rozdíl v počtech vln v půdorysu sukni, tím větší by měl být rozdíl v amplitudách, což odpovídá naměřeným datům, protože reálná sukňe z BP145, resp. BP170 má průměrnou hodnotu amplitud vln o 14,0 %, resp. o 28,1 % menší než virtuální. Směrodatné odchylky amplitud vln SDA (mm) virtuálních sukni jsou vyšší než u reálných sukni, což znamená větší rozdíly mezi velikostmi amplitud jednotlivých vln na virtuální sukni.

Ad 9. Průměrná délka vlny W (mm) je u reálných sukni menší než u virtuálních, což je očekávaná skutečnost, neboť reálné sukňe mají větší počet vln. Průměrná délka vlny u reálné sukňe z BP145, resp. z BP170 je o 18,8 %, resp. o 29,7 % menší než u virtuálních sukni. Opět platí, čím větší rozdíl mezi počty vln, tím větší rozdíl v průměrné délce vln. Směrodatná odchylka délky vlny SDW (mm) reálných sukni je dvojnásobně menší než u virtuálních sukni.

Ad 12. Rozdíly mezi průměrnými úhly svírající vrcholy vln ω_{peak} ($^\circ$) reálných a virtuálních sukni je opět ovlivněn počtem vln. Čím méně vln, tím větší ω_{peak} ($^\circ$). Reálná sukňe z BP145, resp. BP170 má tento úhel menší o 17,5 %, resp. o 29,7 % oproti virtuální sukni.

Ad 13. Rozložení vln $SD\omega_{peak}$ ($^\circ$) resp. směrodatná odchylka úhlů vln: čím nižší je tato hodnota, tím rovnoměrněji jsou vlny rozloženy. V tomto případě mají nižší hodnotu, a tedy rovnoměrněji uspořádané vlny reálné sukňe.

Ad 15. Průměrný tvarový faktor vln NS (–) je číselným vyjádřením tvaru vln sukňe. Čím je hodnota nižší, tím je vlna nižší a širší. Shodný tvar vln má reálná sukňe BP170 s virtuální z e-BP170. Velmi dobrou shodu lze vidět i u sukňe z lehčího bavlněného plátka BP145, která se od virtuální sukňe liší v tomto parametru jen o 2,2 %.

Ad 18. Průměrná vzdálenost vrcholů vln P (mm) je opět ovlivněna počtem vln. Čím více vln, tím menší průměrná vzdálenost vrcholů vln, proto reálné sukňe mají tyto hodnoty menší než virtuální. Reálná sukňe BP145 má hodnotu P (mm) menší o 18,9 %, reálná sukňe BP170 o 34 %

oproti virtuální sukni. Ze směrodatných odchylek **SDP (mm)** lze odečíst rovnoměrnější uspořádání vln na reálné sukni než na virtuální, což je v souladu s bodem 13.

Několikrát výše bylo uvedeno, že jednotlivé parametry jsou vzájemně provázány. Existence vzájemné lineární souvislosti¹⁵ mezi měřenými parametry lze charakterizovat stanovením Pearsonova korelačního koeficientu $R (-)$:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}} \quad (20)$$

kde x_i a y_i jsou dvě proměnné, \bar{X} a \bar{Y} jejich průměry, n počet hodnot.

Hodnoty koeficientů pro všechny sledované parametry jsou v Tab. 34¹⁶ uvedeny v podobě symetrické korelační matice. Čím blíže je v této tabulce Pearsonův korelační koeficient hodnotě 1 (resp. -1), tím silnější existuje pozitivní (resp. negativní) souvislost mezi pozorovanými veličinami. Je-li např. korelační koeficient mezi počtem vln NN a průměrnou amplitudou vln A roven -0,95, existuje mezi těmito proměnnými velmi silná negativní lineární souvislost (v tomto případě lze mluvit o závislosti), tzn. čím větší počet vln, tím menší amplituda (viz také Obr. 53a). Podobně silná negativní korelace existuje mezi počtem vln a průměrnou délkou vln ($R = -0,99$), počtem vln a průměrným vrcholovým úhlem ($R = -0,98$) a počtem vln a průměrnou vzdáleností vrcholů ($R = -0,94$). Hodnota korelačního koeficientu blízka nule značí velmi malou či žádnou souvislost mezi sledovanými parametry. Takový případ odpovídá vztahu mezi počtem vln NN a tvarovým faktorem vln NS ($R = -0,13$); graficky je jejich vztah znázorněn na Obr. 53b.

Tab. 34 Symetrická korelační matice

	S	NN	B_{front}	B_{side}	A	W	ω_{peak}	NS	P
S	1								
NN	-0,15	1							
B_{front}	0,56	-0,58	1						
B_{side}	0,76	-0,48	0,56	1					
A	0,34	-0,95***	0,77	0,55	1				
W	0,14	-0,99***	0,64	0,44	0,97***	1			
ω_{peak}	0,12	-0,98***	0,66	0,39	0,97***	0,995***	1		
NS	0,87***	-0,13	0,68	0,69	0,37	0,15	0,14	1	
P	0,34	-0,94***	0,79	0,53	0,996**	0,96***	0,97***	0,36	1

*** $p < 0,001$ ¹⁷

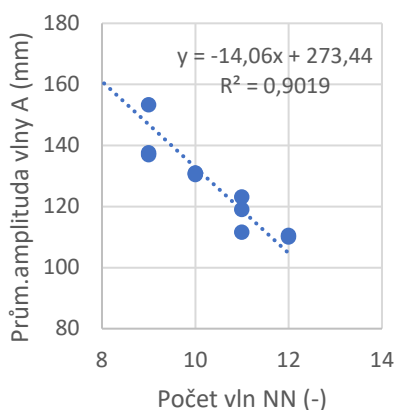
** $p < 0,01$

¹⁵ Souvislostí se rozumí ve statistice něco oboustranného, závislostí jednostranného.

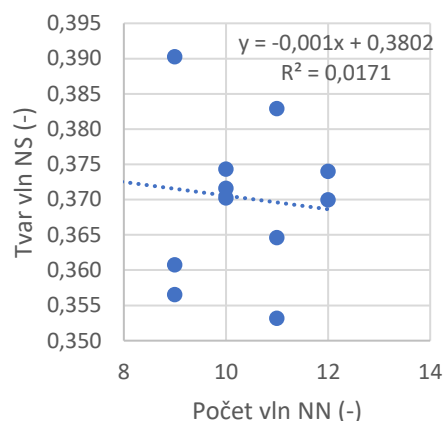
¹⁶ Do analýzy vstoupilo 12 hodnot pro každou proměnnou (10 měření na reálných sukniích, 2 měření na virtuálních sukniích).

¹⁷ Parametr p vyjadřuje pravděpodobnost, že budou získána data, taková jaká jsou či ještě extrémnější, platí-li nulová hypotéza [75] (v našem případě nulová hypotéza předpokládá, že neexistuje souvislost mezi porovnávanými veličinami).

a) Silná korelace



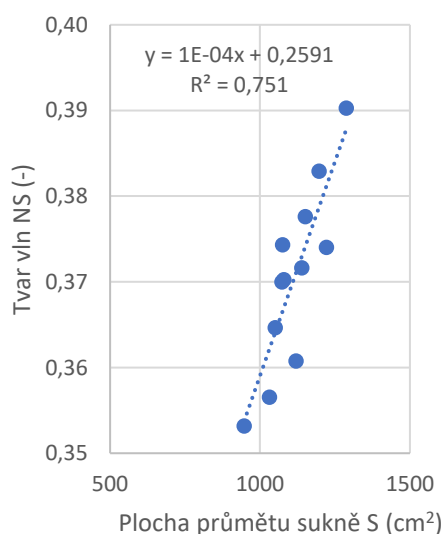
b) Bez korelace



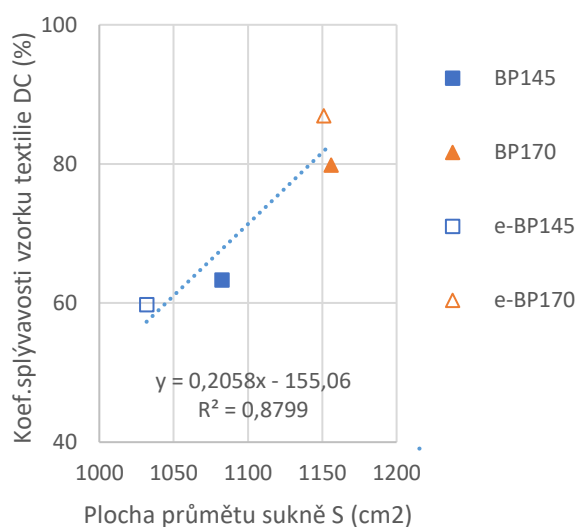
Obr. 53 Vztah mezi a) počtem vln *NN* a průměrnou hodnotou amplitudy vln *A* ($R = -0,95$), b) počtem vln *NN* a tvarem vln *NS* ($R = -0,13$); R – Pearsonův korelační koeficient

Zajímavou je také vzájemná souvislost mezi plochou průmětu sukně *S* a tvarovým faktorem vln *NS* ($R = 0,87$). Vizualizace vztahu těchto parametrů je znázorněna v Obr. 54a. Čím větší je plocha průmětu, tím větší je tvarový faktor vln/tvar vln. Tvarový faktor je tím větší, čím větší je amplituda vlny a zároveň čím menší je délka vlny.

a)



b)



Obr. 54 Vztah mezi a) tvarem vln *NS* a plochou průmětu sukně *S* ($R = 0,87$), b) koeficientem splývavosti vzorku textilie *DC* a plochou průmětu $\frac{3}{4}$ kolové sukně ($R = 0,94$)

Poslední komentovanou souvislostí dvou parametrů se silnou korelací je vztah mezi koeficientem splývavosti vzorku plošné textilie *DC* (viz kapitolu 8.2 na str. 92) a půdorysnou plochou sukně *S* zobrazená v Obr. 54b. Čím větší je koeficient splývavosti vzorku, tím větší je půdorysná plocha sukně. Hodnota korelačního součinitele pro tento vztah je $R = 0,94$ ($p < 0,001$). Je třeba ale podotknout, že tento vzájemný vztah je stanoven pouze na základě čtyř vstupních hodnot.

Souhrnné finální zhodnocení úspěšnosti simulace $\frac{3}{4}$ kolových sukní v programu CLO je inspirováno klasifikačním systémem ECTS. Klasifikačnímu stupni A v tomto systému odpovídá bodové hodnocení 91 až 100 bodů. Proto výsledkům, u kterých byla dosažena procentuální míra shody v intervalu (90, 100) byl přiřazen klasifikační stupeň „A“, charakteristika shody „výborná“ a barva tmavě zelená. Charakteristika dalších stupňů – viz Tab. 35.

Výše procentuální shody ve výsledcích mezi virtuálními a reálnými sukněmi pro všechny měřené parametry a pro oba materiály je uvedena v Tab. 36. Jednotlivým parametrům byly přiřazeny dle míry shody klasifikační stupně A až E. Klasifikační stupeň F udělen nebyl.

Vzhledem k silné souvislosti mezi parametry A , W , ω_{peak} a P a počtem vln NN a mezi parametrem NS a plochou průmětu sukně S (viz Tab. 34), jsou tyto parametry z následného hodnocení vyňaty (resp. je těmto parametrům přiřazena váha 0). Procentuální shoda mezi reálnou sukní z plátna BP145 a virtuální sukní z plátna e-BP145 vyjádřena váženým aritmetickým průměrem je rovna 92,2 %, což odpovídá klasifikačnímu stupni A. Procentuální shoda mezi reálnou sukní z plátna BP170 a virtuální sukní z plátna e-BP170 je 84,4 %, to odpovídá stupni B.

Tab. 35 Klasifikační stupně a jejich charakteristika upravená pro potřeby posouzení míry shody virtuální sukně s reálnou

Klasifikační stupeň dle ECTS	Standardní bodové hodnocení	V této práci: procento shody	Charakteristika stupně v této práci
A	91 – 100	(90, 100)	Výborná shoda
B	81 – 90	(80 – 90)	Velmi dobrá shoda
C	71 – 80	(70 – 80)	Dobrá shoda
D	61 – 70	(60 – 70)	Špatná shoda
E	51 – 60	(50 – 60)	Velmi špatná shoda
F	< 50	(0 – 50)	Bez shody

Tab. 36 Finální zhodnocení úspěšnosti simulace sukní v programu CLO

	Reálná sukně BP145 versus virtuální sukně e-BP145				Reálná sukně BP170 versus virtuální sukně e-BP170			
	BP145 e-BP145	Shoda (%)	Váha	Klasifik. stupeň	BP170 e-BP170	Shoda (%)	Váha	Klasifik. stupeň
1. S (cm^2)	1,049	95,1	1	A	1,004	99,6	1	A
2. NN (–)	1,222	77,8	1	C	1,429	57,1	1	E
3. B_{front} (cm)	0,968	96,8	1	A	0,816	81,6	1	B
4. B_{side} (cm)	1,010	99,0	1	A	1,008	99,2	1	A
6. A (mm)	0,860	86,0	0	B	0,719	71,9	0	C
9. W (mm)	0,812	81,2	0	B	0,707	70,7	0	C
12. ω_{peak} (°)	0,825	82,5	0	B	0,703	70,3	0	C
15. NS (–)	1,022	97,8	0	A	1,001	99,9	0	A
18. P (mm)	0,811	81,1	0	B	0,660	66,0	0	D
Vážený průměr shody a získaný klasifik. stupeň		92,2 %		A		84,4 %		B

9.5 Shrnutí výsledků a důležitých poznatků

Následuje rekapitulace hlavních výsledků a postřehů experimentální části práce.

1. Metodika provedení laboratorních měření na standardizovaných přístrojích nestandardním způsobem za účelem získání vstupních dat pro Emulátor programu CLO se ukázala jako úspěšná.
2. Úspěšnost virtualizace textilií lze provést srovnáním splývavosti kruhových vzorků. V této práci byla splývavost charakterizována 7 parametry (koeficient splývavosti, počet vln, maximální délka vlny, minimální délka vlny, délka vlny, úhel svírající maxima sousedících vln, tvarový faktor vln).
3. Podmínkou pro úspěšnou virtualizaci plošných textilií jsou dle Kenkareho [62] takové výsledky, kdy koeficient splývavosti virtuální textilie $DC_{virtual}$ spadá do intervalu $\pm 15\% DC_{real}$ a průměrná velikost vln virtuálního vzorku $L_{virtual}$ je v intervalu $\pm 25\% L_{real}$ reálného vzorku.

Tyto podmínky splnily obě textilie vytvořené pomocí Emulátoru programu CLO. Koeficient splývavosti virtuální textilie e-BP145, resp. e-BP170 se lišil o 6 %, resp. o 8 % od reálné textilie BP145, resp. BP170. Velmi dobře dopadla analýza průměrné velikosti vln. Tato hodnota se shoduje u textilie BP145 s e-BP145 a o 3 % se liší u textilií BP170 a e-BP170. Obě virtuální plátna proto byla použita pro následnou simulaci ¾ kolových sukni. Podmínky nespĺnily plátna vytvořená funkcí CLO Fabric Creator a proto nebyla použita pro následnou simulaci sukni.

4. Byly analyzovány tři způsoby virtuálního šití na ¾ kolové sukni: (1) standardní šití pomocí funkce „sew“, (2) vyztužený šev pomocí funkce „seam taping“ a (3) experimentální virtuální šití napodobující reálné šití. Realitě se nejvíce přiblížil druhý uvedený způsob šití.
5. Posouzení přesnosti simulace sukni v programu CLO byla provedena objektivní metodikou – na snímcích obrysů spodních krajů sukni byla stanovena plocha půdorysu sukne $S (cm^2)$, počet vln $NN (-)$, čelní $B_{front}(cm)$ a předozadní $B_{side}(cm)$ šířka sukne v úrovni spodního lemu, velikost amplitud vln $A (mm)$, délka vln $W (mm)$, úhel sousedících vrcholů vln $\omega_{peak} (^\circ)$, tvarový faktor vln $NS (-)$ a vzdálenost vrcholů vln $P (mm)$.
6. Byla stanovena procentuální shoda výše uvedených parametrů mezi virtuální a reálnou sukni:
 - u sukne z lehčího plátna měly výbornou shodu parametry S, B_{front}, B_{side} a NS ; velmi dobrou shodu měly parametry A, W, ω_{peak} a P ; dobrou shodu parametr NN ;
 - u sukne z těžšího plátna měly výbornou shodu parametry S, B_{side}, NS ; velmi dobrou shodu parametr B_{front} ; dobrou shodu parametry A a W ; špatnou shodu parametry ω_{peak} a P ; velmi špatnou shodu parametr NN .
7. Příčinou neshod ve sledovaných parametrech může být skutečnost, že
 - virtuální avatar nebyl vytvořen 3D skenem, ale manuálním zadáním jednotlivých obvodů a délek; avatar proto není přesnou kopií reálné figuríny;

- během experimentu nebyla zkontrolována svislost osy zkušební krejčovské panny;
 - virtuální sukně byla simulována pouze jednou.
8. Za prakticky shodné lze považovat ty parametry sukní, kde je shoda mezi virtuální a reálnou sukní $\geq 99\%$, což znamená, že se reálná od virtuální sukně ve sledovaném parametru liší o max 1 %. Tuto podmínku splňuje u obou sukní parametr B_{side} (boční šířka sukně) a u sukně z těžšího plátka taktéž parametr S (plocha průmětu sukně).
 9. Vzájemné souvislosti mezi sledovanými parametry byly vyčísleny Pearsonovým korelačním koeficientem R . Čím blíže je korelační koeficient hodnotě 1, resp. -1, tím silnější je mezi parametry pozitivní, resp. negativní souvislost. Parametry, které měly hodnotu Pearsonova koeficientu $|R| \geq 0,85$ byly ze závěrečného hodnocení vyřazeny. Silná souvislost byla zjištěna mezi následujícími parametry: počet vln a velikost amplitudy ($R = -0,95$), počet vln a délka vln ($R = -0,99$), počet vln a vrcholový úhel ($R = -0,98$), počet vln a vzdálenost vrcholů vln ($R = -0,94$) a také mezi tvarem vln sukně a půdorysnou plochou sukně ($R = 0,87$).
Silná korelace taktéž existuje mezi koeficientem splývavosti textilního vzorku a půdorysnou plochou $\frac{3}{4}$ kolové sukně ($R = 0,94$).
 10. I přes uvedené skutečnosti byla výsledná úspěšnost virtuální simulace sukně z bavlněného plátka e-BP145 resp. e-BP170 klasifikována stupněm A resp. B, neboť míra shody je 92,2 % resp. 84,4 %, což odpovídá výborné resp. velmi dobré shodě.

Nástin dalšího možného pokračování v této práci:

1. provést subjektivní hodnocení úspěšnosti simulace formou dotazníkového šetření skupinou odborníků s následným statistickým vyhodnocením;
2. srovnat výsledky subjektivního hodnocení s objektivním;
3. pokus o vytvoření virtuální textilie manuálním zadáním jednotlivých parametrů tak, aby výsledná splývavost virtuální textilie byla srovnatelná s reálnou textilií, podobně jako to bylo provedeno ve studiích popsanych v řešeršní části bakalářské práce;
4. najít firmu, která disponuje měřicím zařízením CLO Fabric Kit, otestovat textilie touto soupravou a porovnat výsledky s měřeními v laboratořích;
5. zjistit, zda funkce CLO Fabric Creator, která neuspěla při virtualizaci bavlněných pláten, je schopna věrohodně napodobit jiný typ textilního materiálu;
6. srovnat simulace sukní na avatarovi, jehož rozměry byly nastaveny manuálně, s avatarem vzniklým 3D skenováním;
7. všechny dílčí analýzy popsané v kapitole 4.4 Vliv vstupních parametrů na přesnost virtuální simulace (str. 53) jsou srovnávány pouze vizuálně a zasloužily by si propracovanější a hlubší srovnání objektivními metodami.

10 Závěr

Virtuální prototypování je oblastí s budoucností, jelikož umožňuje výrazně zkrátit výrobní proces. Jeho úspěšnost je podmíněna schopností výpočetních programů věrohodně simulovat jakýkoliv oděv. V mnoha studiích je zmiňována nutnost dalších analýz posuzující přesnost virtuálních simulací. Způsob posouzení přesnosti simulace se odvíjí mimo jiné od typu oděvního výrobku. Bakalářská práce přináší přehled možností posouzení přesnosti simulace na volném, splývajícím oděvu (3-dílné $\frac{3}{4}$ kolové sukni) a je zaměřena na použití objektivních metod srovnávání.

Klíčovým faktorem, ovlivňující výslednou simulaci jsou materiálové parametry textilií, které programy vyžadují za účelem virtualizace textilie. Způsob stanovení parametrů pro účely virtuálního prototypování, metodika vyhodnocení, přesnost měření, to vše v současnosti není nijak standardizováno. Existuje několik měřících metod, několik měřících zařízení, které se v současnosti používají a které si často vyvíjejí samy firmy, které vyvíjí softwary pro simulaci oděvních výrobků a které bohužel nejsou kompatibilní s výstupy standardních zkoušek. Podobně je to i se softwarem CLO, který byl použit v této bakalářské práci. Vstupní materiálová data potřebná pro virtualizaci textilie v programu CLO jsou přizpůsobena měřicímu zařízení CLO Fabric Kit. Není-li měřící zařízení k dispozici, je obtížné potřebné vstupní hodnoty získat. Tato práce přináší návod, jak provést laboratorní zkoušky standardně používané pro zkoušení plošných textilií takovým způsobem, aby byly získány vstupní charakteristiky textilií pro Emulátor programu CLO. Zkoušky byly provedeny na dvou bavlněných plátnech lišících se gramáží. Úspěšnost virtualizace obou textilií byla provedena objektivním srovnáním splývavosti reálného a virtuálního vzorku a byla úspěšná.

Jako alternativní metoda virtualizace textilie byla použita nová funkce programu CLO, tzv. CLO Fabric Creator. Tato virtuální plátna se však svým chováním nepodobala plátnům reálným, proto nebyla použita pro simulaci sukni. Funkce Fabric Creator nepodala dobré výsledky v případě virtualizace dvou bavlněných pláten, což ale neznamená, že nebude dobře fungovat u jiných materiálů. Tato funkce by si zasloužila podrobnější analýzu, pomocí které by se ověřila její funkčnost při virtualizaci jiných textilií.

Významný vliv na výslednou simulaci oděvního výrobku má také virtuální figurína/avatar. Je nezbytné, aby byl avatar co nejpodobnější reálné postavě. V ideálním případě vzniká avatar 3D skenem reálné postavy. V této práci vznikl avatar manuálním zadáním rozměrů, které byly získány poměřením krejčovské panny, na které byl zkoušen analyzovaný oděv. Velmi zajímavé bylo srovnat výsledky padnutí oděvu na manuálně nastaveném avatarovi s avatarem, který by vznikl 3D skenem.

I přes to, že (1) avatar nevznikl 3D skenem a (2) nebyla k dispozici měřící aparatura CLO Fabric Kit, byla přesnost simulace $\frac{3}{4}$ kolových sukni ze dvou bavlněných pláten úspěšná. Pokud bychom použili klasifikační stupnice ECTS, získala by virtuální sukne z lehčího bavlněného plátna známku A virtuální sukne z těžšího plátna známku B.

Literatura

- [1] *Jak optimalizovat náklady* [online]. Praha: TechSoft Engineering, spol. s r.o. 2023. Dostupné z: <https://www.techsoft-eng.cz/sluzby-jak-optimalizovat-naklady/>
- [2] GERŠAK, Jelka. *Design of Clothing Manufacturing Processes : A Systematic Approach to Developing, Planning, and Control*. 2nd vyd. Maribor: Woodhead Publishing, Elsevier, 2022. ISBN 9780081026489.
- [3] CLO. *CLO Users* [online]. 2023 [vid. 2023-09-19]. Dostupné z: <https://www.clo3d.com/en/company/clo-users>
- [4] SPAHIU, T, E SHEHI a E PIPERI. *Advanced CAD/CAM systems for garment design and simulation*. 2014.
- [5] MONIRUZZAMAN, Md., Afroza Akter RITA a Saudia Haque OISHE. An approach to design solutions for garments using a CAD system. *Journal of Textile Engineering & Fashion Technology* [online]. 2022, **8**(5), 145–148. Dostupné z: doi:10.15406/jteft.2022.08.00313
- [6] MENG, Yuwei, P.Y. MOK a Xiaogang JIN. Interactive virtual try-on clothing design systems. *Computer-Aided Design* [online]. 2010, **42**(4), 310–321. ISSN 00104485. Dostupné z: doi:10.1016/j.cad.2009.12.004
- [7] SONG, Hwa Kyung a Susan P. ASHDOWN. Investigation of the Validity of 3-D Virtual Fitting for Pants. *Clothing and Textiles Research Journal* [online]. 2015, **33**(4), 314–330. ISSN 19402473. Dostupné z: doi:10.1177/0887302X15592472
- [8] JARIYAPUNYA, Nareerut, Blažena MUSILOVÁ, Jelka GERŠAK a Smita BAHETI. The influence of stretch fabric mechanical properties on clothing pressure. *Fibres and Textiles* [online]. 2017, **24**(2), 43–48 [vid. 2023-08-25]. ISSN 2585-8890. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/318726269_The_influence_of_stretch_fabric_mechanical_properties_on_clothing_pressure
- [9] *ISO 18163:2016*. Geneve: The International Organization for Standardization. 2016
- [10] NECKÁŘ, Bohuslav. *Příze*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1990. ISBN 80-030-0213-3.
- [11] PEIRCE, Frederick Thomas. 5—THE GEOMETRY OF CLOTH STRUCTURE. *Journal of the Textile Institute Transactions* [online]. 1937, **28**(3), T45–T96. ISSN 1944-7027. Dostupné z: doi:10.1080/19447023708658809
- [12] HOUSE, Donald a David BREEN, ed. *Cloth Modeling and Animation* [online]. B.m.: A K Peters/CRC Press, 2000. ISBN 9780429065095. Dostupné z: doi:10.1201/9781439863947
- [13] SHA, Sha, Wantong WEI, Bowen XIAO, Di SHA, Yuqin GAO, Ruiqi CAO, Xuewei JIANG, Zhongmin DENG, Hui TAO, Xinrong HU, Lei LUO, Bin LI a Xiaohong YUAN. 3-D dynamic simulation of knitwear based on the hybrid model. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics* [online]. 2021, **16**, 155892502110515. ISSN 1558-9250. Dostupné z: doi:10.1177/15589250211051589
- [14] TERZOPOULOS, Demetri, John PLATT, Alan BARR a Kurt FLEISCHER. Elastically deformable models. *ACM SIGGRAPH Computer Graphics* [online]. 1987, **21**(4), 205–214. ISSN 0097-8930. Dostupné z: doi:10.1145/37402.37427
- [15] TERZOPOULOS, Demetri a Kurt FLEISCHER. Deformable models. *The Visual Computer* [online]. 1988, **4**(6), 306–331. ISSN 0178-2789. Dostupné z: doi:10.1007/BF01908877
- [16] The Royal Society. <https://royalsociety.org/>. 2014.
- [17] BARAFF, David a Andrew WITKIN. Large steps in cloth simulation. In: *Proceedings of the 25th annual conference on Computer graphics and interactive techniques - SIGGRAPH '98* [online]. New York, New York, USA: ACM Press, 1998, s. 43–54 [vid. 2023-08-22]. ISBN 0897919998. Dostupné z: doi:10.1145/280814.280821
- [18] LEE, Y.A. Computer design and digital fit of clothing. In: *Anthropometry, Apparel Sizing and Design* [online]. B.m.: Elsevier, 2014, s. 305–319. Dostupné z: doi:10.1533/9780857096890.2.305
- [19] CHA, Sujoung. A Study on Comparing Evaluation of External Appearance between Real and 3D Simulation of Flared Skirt Focused on Flare Volume and Length. *Fashion business* [online]. 2014, **18**(6), 38–56. ISSN 1229-3350. Dostupné z: doi:10.12940/jfb.2014.18.6.38
- [20] SHIM, Euijin, Da Som KOO, Jae Sang AN a Hye Jun YOON. Comparison of the Silhouette of Virtual Clothes by Fabric Characteristics of Nylon Fabric for the Utilization of Virtual

- Clothes. *ACS Omega* [online]. 2022, **7**(50), 47156–47164. ISSN 2470-1343. Dostupné z: doi:10.1021/acsomega.2c06302
- [21] ČSN 80 0835 *Zkoušení sphývavosti plošných textilií průmětem*. 1972
- [22] SANAD, Reham Abdelbaset a Tom CASSIDY. Fabric objective measurement and drape. *Textile Progress* [online]. 2015, **47**(4), 317–406. ISSN 0040-5167. Dostupné z: doi:10.1080/00405167.2015.1117243
- [23] NG, S F, C L HUI a F Y TAM. Analysis of fabric drape and garment drape. *Research Journal of Textile and Apparel* [online]. 2002, **6**(2), 65–74. ISSN 1560-6074. Dostupné z: doi:10.1108/RJTA-06-02-2002-B006
- [24] LEE, Joohyun, Hyun Ah KIM, Yun Ja NAM a Hyo Seon RYU. Drape Evaluation of 3D Garment Simulations for Flared Skirts. *Fashion & Textile Research Journal* [online]. 2014, **16**(1), 128–136. ISSN 1229-2060. Dostupné z: doi:10.5805/SFTI.2014.16.1.128
- [25] MASTEIKAITE, Vitalija, Virginija SACEVICIENE, Danguole JANULEVICIENE, Gulnar IGEMBAYEVA a Maira NURZHASAROVA. Drape analysis of fabrics used for outerwear. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*. 2014, **39**, 373–379.
- [26] EL GHOLMY, S.H. Predicting the Appearance of 3-D Garment for E- Marketing. In: *Proceedings of the 6th World Conference on 3D Fabrics and their Applications* [online]. 2015 [vid. 2024-02-09]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/281899667_Predicting_the_Appearance_of_3-D_Garment_for_E-Marketing
- [27] RUDOLF, Andreja, Metka ZADRAVEC a Zoran STJEPANOVIČ. Investigations Regarding the Effects of Simulating Parameters During 3D Garments' Drape Simulations. *Fibres and Textiles in Eastern Europe* [online]. 2016, **24**(6(120)), 143–150. ISSN 1230-3666. Dostupné z: doi:10.5604/12303666.1221749
- [28] ASHMAWI, Basmaa, Amr HASSOUNA, Nesrien NASR ELDINE a Rania EL-NEWASHY. CLO3D Simulation versus Real Drape Test for Assessment of Garment Drape Coefficient. *Journal of Textiles, Coloration and Polymer Science* [online]. 2021, **18**(2), 111–119. ISSN 2682-1958. Dostupné z: doi:10.21608/jtpps.2022.151108.1130
- [29] ASHMAWI, Ahmed Basma, Amr HASSOUNA, Nesreen HASSAN a Rania EL-NEWASHY. The Relationship Between FAST Mechanical Properties, Fabric Drape Coefficient and 3D Simulated Flared Skirt. *Journal of Textiles, Coloration and Polymer Science* [online]. 2022, **19**(2), 321–329. ISSN 2682-1958. Dostupné z: doi:10.21608/jtpps.2022.160479.1135
- [30] LEE, Minjeong, Heesoon SOHN a Jong-Jun KIM. A Study on Representation of 3D Virtual Fabric Simulation with Drape Image Analysis II-Focus on the Comparison between Real Clothing and 3D Virtual Clothing. *Journal of Fashion Business* [online]. 2011, **15**(3), 97–111. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/263633984>
- [31] LEE, Heeran a Kyunghi HONG. Comparison between actual and 3D virtual skirts of different front and back silhouette with regard to the evaluation of subjective appearance and shape characteristics. *Journal of Fashion Business (패션비즈니스)* [online]. 2017, **21**(5), 91–108 [vid. 2024-02-04]. ISSN 1229-3350. Dostupné z: doi:10.12940/jfb.2017.21.5.91
- [32] OH, Song-Yun a Eun-Joo RYU. A Study on Expressivity of Virtual Clothing made of 3D Apparel CAD System according to the Physical Properties of Fabric. *Fashion & Textile Research Journal* [online]. 2015, **17**(4), 613–625. ISSN 1229-2060. Dostupné z: doi:10.5805/SFTI.2015.17.4.613
- [33] KUIJPERS, Sandra, Christiane LUIBLE-BÄR a R. Hugh GONG. *The measurement of fabric properties for virtual simulations—a critical review* [online]. 2020 [vid. 2023-10-05]. Dostupné z: <https://research.manchester.ac.uk/en/publications/the-measurement-of-fabric-properties-for-virtual-simulation-a-crit>
- [34] DAI, Xiaoqun a Yan HONG. Fabric mechanical parameters for 3D cloth simulation in apparel CAD: A systematic review. *Computer-Aided Design* [online]. 2023, 103638. ISSN 00104485. Dostupné z: doi:10.1016/j.cad.2023.103638
- [35] KIM, Hyeonah a Hosun LIM. A Comparative Analysis between Real and Virtual Stretchable Tight-Fitting Clothing. *International Journal of Costume and Fashion* [online]. 2022, **22**(2), 29–43 [vid. 2024-02-05]. ISSN 2233-9051. Dostupné z: doi:10.7233/ijcf.2022.22.2.029
- [36] CHOI, Kyung-Hee. 3D dynamic fashion design development using digital technology and its potential in online platforms. *Fashion and Textiles* [online]. 2022, **9**(1), 9 [vid. 2024-02-04]. ISSN 2198-0802. Dostupné z: doi:10.1186/s40691-021-00286-1

- [37] JANKOSKA, Maja. Application CAD methods in 3D clothing design. *Tekstilna industrija* [online]. 2020, **68**(4), 31–37. ISSN 0040-2389. Dostupné z: doi:10.5937/tekstind2004031j
- [38] KIM, Jimin, Yun Jeong KIM, Myounghee SHIM, Youngmin JUN a Changsang YUN. Prediction and categorization of fabric drapability for 3D garment virtualization. *International Journal of Clothing Science and Technology* [online]. 2020, **32**(4), 523–535 [vid. 2024-02-05]. ISSN 0955-6222. Dostupné z: doi:10.1108/IJCST-08-2019-0126
- [39] YAN, Jiaqi a Victor E KUZMICHEV. A virtual e-bespoke men's shirt based on new body measurements and method of pattern drafting. *Textile Research Journal* [online]. 2020, **90**(19–20), 2223–2244. ISSN 0040-5175. Dostupné z: doi:10.1177/0040517520913347
- [40] CHENG, Zhe, Victor KUZMICHEV a Dominique ADOLPHE. A digital replica of male compression underwear. *Textile Research Journal* [online]. 2020, **90**(7–8), 877–895. ISSN 0040-5175. Dostupné z: doi:10.1177/0040517519883058
- [41] PSIKUTA, Agnes, Marie-Helene JÄGER, Annette MARK, Harry MCGOWAN, Ankit JOSHI a Marin KINK. CLO3D Fashion Design Software - A Perspective for Virtual Thermal Modelling of Garments. In: *Proceedings of 3DBODY.TECH 2019 - 10th Int. Conf. and Exh. on 3D Body Scanning and Processing Technologies* [online]. 2019 [vid. 2024-02-04]. Dostupné z: <https://www.3dbody.tech/cap/abstracts/2019/19126psikuta-abs.html>
- [42] PENG, X. a V. E. KUZMICHEV. Virtual method of predicting the accuracy of pattern blocks. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [online]. B.m.: Institute of Physics Publishing, 2018. ISSN 1757899X. Dostupné z: doi:10.1088/1757-899X/459/1/012084
- [43] *CLO Virtual Fashion* [online]. 2023 [vid. 2023-09-19]. Dostupné z: <https://www.clovirtualfashion.com/mediakit>
- [44] HUANG, Shuxian a Li HUANG. CLO3D-Based 3D Virtual Fitting Technology of Down Jacket and Simulation Research on Dynamic Effect of Cloth. *Wireless Communications and Mobile Computing* [online]. 2022, **2022**. ISSN 15308677. Dostupné z: doi:10.1155/2022/5835026
- [45] *CLO Creator's Field Guide* [online]. 2022 [vid. 2023-09-20]. Dostupné z: https://support.clo3d.com/hc/en-us/article_attachments/14362916479001
- [46] MIAO MENGHE, Xin John H. *Engineering of High-Performance Textiles* [online]. B.m.: Elsevier, 2018. ISBN 978-0-08-101273-4. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpEHPT0003/engineering-high-performance/engineering-high-performance>
- [47] CLO SUPPORT. *Fabrik Kit Manual* [online]. 2020 [vid. 2023-10-05]. Dostupné z: <https://support.clo3d.com/hc/en-us/articles/360041074334-Fabrik-Kit-Manual>
- [48] CLO SUPPORT. *How to use CLO Fabric Kit 2.0* [online]. 2023 [vid. 2023-10-05]. Dostupné z: <https://support.clo3d.com/hc/en-us/articles/115015983027>
- [49] KIM, Hyohyun, Sungmin KIM a Chang Kyu PARK. Prediction of fabric drape coefficient using simple measurement method. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics* [online]. 2023, **18**, 155892502311746. ISSN 1558-9250. Dostupné z: doi:10.1177/15589250231174610
- [50] KOLDÍNSKÁ, Marie. *Princip měření omaku pomocí KES* [online]. 2021 [vid. 2023-11-08]. Dostupné z: <https://elearning.tul.cz/course/view.php?id=8882>
- [51] JEVŠNIK, Simona a Darja ŽUNIČ-LOJEN. Drape behaviour of seamed fabrics. *Fibers and Polymers* [online]. 2007, **8**(5), 550–557. ISSN 1229-9197. Dostupné z: doi:10.1007/BF02875879
- [52] RAJ SHARMA, Kaushal, B.K. BEHERA, H. ROEDEL a Andrea SCHENK. Effect of sewing and fusing of interlining on drape behaviour of suiting fabrics. *International Journal of Clothing Science and Technology* [online]. 2005, **17**(2), 75–90. ISSN 0955-6222. Dostupné z: doi:10.1108/09556220510581227
- [53] HU, Jinlian a SIUPING CHUNG. Bending Behavior of Woven Fabrics with Vertical Seams. *Textile Research Journal* [online]. 2000, **70**(2), 148–153 [vid. 2023-11-26]. ISSN 0040-5175. Dostupné z: doi:10.1177/004051750007000210
- [54] HU, Jinlian a Siuping CHUNG. Drape Behavior of Woven Fabrics with Seams. *Textile Research Journal* [online]. 1998, **68**(12), 913–919. ISSN 0040-5175. Dostupné z: doi:10.1177/004051759806801206
- [55] ČSN EN 12751 *Textilie - Odběr vzorků vláken, nití a plošných textilií ke zkouškám*. 2000

- [56] KOVAČIČ, Vladimír. *Kapitoly z textilního zkušebnictví*. 1. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004. ISBN 80-708-3823-X.
- [57] SAVILLE, B P. *Physical Testing of Textiles* [online]. B.m.: Woodhead Publishing, 1999. ISBN 978-1-85573-367-1. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpPTT00003/physical-testing-textiles/physical-testing-textiles>
- [58] ČSN EN ISO 5084 *Textilie - Zjišťování tloušťky textilií a textilních výrobků*. 1998
- [59] ČSN 80 0858 *Zkoušení tuhosti a pružnosti plošných textilií*. 1974.
- [60] GLOMBÍKOVÁ, Viera. *Příspěvek k predikci splyvavosti textilií*. Liberec, 2004. Disertační práce. Technická univerzita v Liberci.
- [61] BUYUKASLAN, Evrim, Simona JEVSNIK a Fatma KALAOGLU. Comparative analysis of drape characteristics of actually and virtually draped fabrics. *International Journal of Clothing Science and Technology* [online]. 2018, **30**(3), 286–301. ISSN 0955-6222. Dostupné z: doi:10.1108/IJCST-06-2017-0085
- [62] KENKARE, Narahari, Traci A. M. LAMAR, Pradeep PANDURANGAN a Jeffrey EISCHEN. Enhancing accuracy of drape simulation. Part I: Investigation of drape variability via 3D scanning. *Journal of the Textile Institute* [online]. 2008, **99**(3), 211–218. ISSN 0040-5000. Dostupné z: doi:10.1080/00405000701489222
- [63] *Mirtex - Plátno Domestic 145/100* [online]. 2023 [vid. 2023-11-12]. Dostupné z: <https://www.mirtex.cz/bavlna-bila-240-az-300cm-metraz/domestik-145-100-bila-300cm-metraz-na-miru/>
- [64] *Mirtex - Plátno Domestic 170/100* [online]. 2023 [vid. 2023-11-12]. Dostupné z: <https://www.mirtex.cz/bavlna-bila-150-az-190cm-metraz/domestik-170-100-bila-290cm-metraz-na-miru/>
- [65] ČSN EN ISO 139 (80 0056) *Textilie - Normální ovzduší pro klimatizování a zkoušení*. 1. vyd. B.m.: Český normalizační institut. 2005
- [66] ČSN EN 12127 (80 0849) *Textilie - Plošné textilie - Zjišťování plošné hmotnosti pomocí malých vzorků*. 1998.
- [67] ČSN EN ISO 13934-2 *Textilie - Tahové vlastnosti plošných textilií - Část 2: Zjišťování maximální síly pomocí metody Grab*. 2014.
- [68] ČSN EN ISO 20932-1 *Textilie - Zjišťování pružnosti plošných textilií - Část 1: Zkoušky Strip*. 2020.
- [69] ČSN EN ISO 8295 *Plasty - Folie a tenké desky - Stanovení koeficientu tření*. 2005
- [70] *EBSCO Discovery Service* [online]. [vid. 2024-02-07]. Dostupné z: <https://www.ebsco.com/>
- [71] *Knovel* [online]. [vid. 2024-02-07]. Dostupné z: <https://app.knovel.com/kn>
- [72] *Web of Science* [online]. [vid. 2024-02-07]. Dostupné z: www.webofscience.com
- [73] *ScienceDirect: Elsevier's premier platform of peer-reviewed scholarly literature* [online]. [vid. 2024-02-07]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/>
- [74] *Internet Archive* [online]. [vid. 2024-02-07]. Dostupné z: scholar.archive.org
- [75] SOUKUP, Petr. *P hodnota: problémy, alternativy a doplňky* [online]. 12. duben 2021 [vid. 2024-02-29]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=gOa-MXuxHsNE&t=2667s>

Příloha 1 Obsah přiloženého CD

Přiložené CD obsahuje tyto adresáře a soubory:

- Adresář Text-bakalářské-práce
 - Soubor bakalarska_prace_2024_Barbara_Lunackova.pdf
 - Soubor bakalarska_prace_2024_Barbara_Lunackova.docx
 - Soubor zadani_bakalarska_prace_2024_Barbara_Lunackova.pdf
- Adresář Fotografie
 - Adresář Sukně BP145 s fotografiemi z pěti měření
 - Adresář Sukně BP170 s fotografiemi z pěti měření

Příloha 2 Materiálový list tkaniny Domestik 145 [63]

MIRTEX.cz
Látky a metrový textil

www.mirtex.cz

tel:+420 771 230 230

e-mail: info@mirtex.cz

Materiálový (technický) list tkaniny				
Název tkaniny		DOMESTIK 145		
Materiálové složení:		100 % bavlna		
Vazba:	EN 12127	PLÁTNO 1/1		
Hmotnost tkaniny:		144 g/m2 +/- 3 %		
Šíře tkaniny :		EN 1773	bílá 150 cm ±3% pevný kraj 1 cm 180 cm ±3% pevný kraj 1 cm 220 cm ±3% pevný kraj 1 cm 240 cm ±3% pevný kraj 1 cm 260 cm ±3% pevný kraj 1 cm 280 cm ±3% pevný kraj 1 cm 300 cm ±3% pevný kraj 1 cm Barvená, reaktivní barvy 150 cm ±3% pevný kraj 1 cm 215 cm ±3% pevný kraj 1 cm Barvená, kypové barvy 146 cm ±3% pevný kraj 1 cm Bělená+potisk, pruhy, logo 150 cm ±3% pevný kraj 1 cm	
Dostavy (hustota tkáni)	EN 1049-2	nití / cm	<i>osnova</i>	24
			<i>útek</i>	24
Jemnost příze Tex :		TEX	<i>osnova</i>	29,5
			<i>útek</i>	29,5
Rozměrová změna:	ISO 6330/1A (60°C)-D	‰	<i>osnova</i>	3 (4)
standardní šíře (široké tkaniny nad 200cm)			<i>útek</i>	3 (4)
	ISO 6330/1A (90°C)-D	‰	<i>osnova</i>	6,5
			<i>útek</i>	5,5
Minimální pevnost:	ISO 13934-1	N	<i>osnova</i>	500
			<i>útek</i>	350
Stálobarevnost			reaktivní	kypové
	světlo (Xenotest)		3-4	4-4
	otěr za sucha		4-4	4-4
	otěr za vlhka		4	4-5
	v praní při 60° C		4/4-4/3-4	
	v praní při 90° C			4/4-3/3-4
	ve vodě		4-4	4-4
	chemické čištění		3-3	4-5
	žehlení za vlhka		4-4	4-4

Doporučené symboly pro údržbu tkaniny

Bílá



Barvená

reaktivní barvy



Bělená+potisk, pruhy, logo



kypové barvy



Prohlášení o shodě a zdravotní nezávadnosti

Jako přímý dovozce tímto prohlašujeme: Materiál byl vyroben podle standardu ÖKOTEX Standard 100, třída II. oděvy přicházející přímo do styku s pokožkou (halenky, košile, spodní prádlo) a neobsahuje AZO barviva, nikl a těžké kovy.*



*Kopii certifikátu Ökotex poskytneme na vyžádání

ZÁKLADNÍ BARVY A ÚPRAVY

100 bílá, optický zjasněná

reaktivní barvení 150cm

- 110 světle béžová WINTER WHITE
- 150 světle hnědá FRAPPE
- 180 béžová BIEGE
- 190 tmavě hnědá BROWN
- 200 světle žlutá
- 205 žlutá SUN
- 260 ěrná BLACK
- 300 světle oranžová ORANGE
- 315 oranžová cestářská
- 320 červená RED
- 342 vínová
- 350 oranžová CANTELOUPE
- 400 růžová PINK

- 450 purpurová LADY PINK
- 500 fialová VIOLET
- 600 zelená Mentol BLUE TINT
- 603 tmavě modrá NAVY BLUE
- 605 stěžen modrá IMPERIAL BLUE
- 615 tyrkysová SKY BLUE
- 620 světle modrá ALASKAN BLUE
- 650 zelená limetka DQ GREEN
- 700 zelená POOL GREEN
- 800 IKEM zelená, DEEP GRASS
- 815 přírodní zelená NATURAL
- 900 světle šedá METAL

reaktivní barvení 215cm

- 188 sv.běžová SAFARI
- 238 žlutá JANTAR
- 378 terakotová OCHRE
- 418 purpurová CORAL
- 268 ěrná PIRATE

- 638 modrá DANUBE
- 548 fialová PETUNIA
- 978 šedá GRIFFIN
- 758 zelená IRISH GREEN

kypové barvení 150cm

- 629 světle modrá ALASKAN BLUE

- 809 IKEM zelená, DEEP GRASS GREEN

Bělená+potisk, pruhy, logo 150cm

potisky na patientské košile

- A1052 FONTANA GREY33
- A1052 FONTANA BLUE32
- A1052 FONTANA GREEN05
- A1505 HVĚZDA BLUE-BLUE)
- A1505 HVĚZDA BLUE-RED)
- A1507 ČVRCE NAVY33
- A1507 ČVRCE BLUE07
- A1507 ČVRCE BLUE32
- A994 VLOŽKA BLUE-BIEGE)
- A994 VLOŽKA BLUE-RED)

nemocniční pruhy

- P03 modrý pruh
- P07 zelený pruh
- P32 červený pruh
- P33 žlutý pruh
- P50 fialový pruh

loga nemocnic

Hotové šablony



- FN Pizeň
- IKEM
- FN Brno
- FN Motol
- Litoměřice

na objednávku lze vyrobit loga, pruhy i v jiném provedení

Příloha 3 Materiálový list tkaniny Domestik 170 [64]

MIRTEX.CZ
Látky a metrový textil

www.mirtex.cz
tel:+420 771 230 230
e-mail: info@mirtex.cz

<u>Materiálový (technický) list tkaniny</u>				
Název tkaniny		DOMESTIK 170		
Materiálové složení:	100 % bavlna			
Vazba:	PLÁTNO 1/1			
Hmotnost tkaniny:	EN 12127	177 g/m2 +/- 3 %		
Šíře tkaniny :	EN 1773	150 cm +/- 3 %		
		220 cm +/- 3%		
Dostava :	EN 1049-2	nití / cm	osnova útek	26 23
Jemnost příze Tex :		TEX	osnova	37,0
			útek	37,0
Rozměrová změna:	ISO 6330/1A (60°C)-D praní na 60°C	%	osnova	6
			útek	4
Minimální pevnost:	ISO 13934-1	N	osnova	600
			útek	420
Doporučené symboly pro údržbu tkaniny				
Bílá, optický zjasněná				
<u>Prohlášení o shodě a zdravotní nezávadnosti</u>				
<p><u>Materiál byl vyroben ve standardu ÖKOTEX 100, třída II. oděvy přicházející přímo do styku s pokožkou (halenky, košile, spodní prádlo) a neobsahuje AZO barviva, nikl a těžké kovy</u></p>				
 Blossom fashion s.r.o. Wenzigova 1888/13, 128 00 Praha 2 WWW.MIRTEX.CZ IČO: 04965116 <i>Boncharova</i>				
ZÁKLADNÍ BARVY A ÚPRAVY				
00 bílá WHITE				

Příloha 4 Vzorčky tkanin

DOMESTIK145 V bakalářské práci pod označením BP145	DOMESTIK170 V bakalářské práci pod označením BP170

Příloha 5 Měření ohybové tuhosti tkanin BP145 a BP170 na přístroji TH4

Laboratorní podmínky při testování vzorků: teplota $22\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, relativní vlhkost $43\% \pm 2\%$.

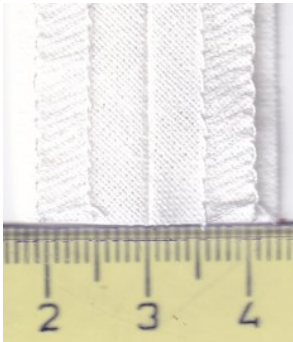
Vzorky měřeny z líce.

	BP145			BP170		
	síla (mN)			síla (mN)		
	osnova	útek	diag.	osnova	útek	diag.
	4,2	3	3,8	5,8	6,26	7,21
	4,3	3,5	3,8	7,73	6,24	7,23
	4,7	3,8	3,55	5,13	4,49	6,77
	4,81	2,91	4,45	6,93	6,5	6,47
	5,62	2,88	3,61	7,5	6,55	5,99
	4,56	2,93	3,85	8,33	7,37	7,03
	4,87	3,22	4,57			
	4,99		3,61			
průměr	4,76	3,18	3,91	6,90	6,24	6,78
směrodatná odchylka	0,44	0,35	0,39	1,22	0,95	0,48
variační koeficient (%)	9,32	11,10	9,99	17,67	15,22	7,13
interval spolehlivosti (95%)	4,76	3,18	3,91	6,9	6,24	6,78
	$\pm 0,55$	$\pm 0,44$	$\pm 0,48$	$\pm 1,51$	$\pm 1,18$	$\pm 0,60$

Příloha 6 Měření ohybové tuhosti švů na přístroji TH4

Laboratorní podmínky při testování vzorků: teplota 22 °C ± 2 °C, relativní vlhkost 43 % ± 2 %.

Vzorky měřeny z líce.

	BP170 - ŠEV			BP145 - ŠEV		
	síla (mN)			síla (mN)		
	osnova	útek	diag.	osnova	útek	diag.
	70,9	84,1	58,7	40,4	28,9	40,7
	80,9	44,2	53,2	38	37,8	40,1
	67,2	79,9	57,3	43,5	40,7	45,3
	85,3	86	60,2	39,6	31,6	44,3
	66,3	63,8	49,8	31,8	36,9	39
	84,3	92,7	59,5	44,5	41,1	49,7
průměr	75,82	75,12	56,45	39,63	36,17	43,18
směrodatná odchylka	8,68	17,97	4,10	4,54	4,93	4,03
variační koeficient (%)	11,45	23,93	7,26	11,47	13,64	9,34
interval spolehlivosti (95%)	75,82 ±10,78	75,12 ±22,32	56,45 ±5,09	39,63 ±5,64	36,17 ±6,13	43,18 ±5,01

Příloha 7 Měření splývavosti na vzorcích z materiálu BP145, e-BP145 a fc-BP145

B145 vzorek 2	vlna 1	vlna 2	vlna 3	vlna 4	vlna 5	vlna 6	vlna 7	vlna 8		
max amplituda (mm)	138,7	141,1	141,5	146,1	138,0	142,0	143,8	142,9	max	146,1
min amplituda (mm)	116,5	131,8	121,3	117,0	132,2	124,6	139,6	129,8	min	116,5
úhel svírající maxima vln	51,4	35,5	62,6	57,7	36,3	45,7	26,8	44,0	suma	360
úhel svírající minima vln	48,9	42,6	38,8	74,9	41,8	40,6	36,8	35,7	suma	360,02
Nhi (mm) - výška vlny	127,6	136,5	131,4	131,6	135,1	133,3	141,7	136,4		
Nwi (mm) - šířka vlny	141,5	123,3	112,3	216,9	120,9	117,4	106,4	103,2	suma	1041,9
Nsi = Nhi / Nwi	0,90	1,11	1,17	0,61	1,12	1,14	1,33	1,32		

B145 vzorek 1	vlna 1	vlna 2	vlna 3	vlna 4	vlna 5	vlna 6				
max amplituda (mm)	144,1	147,7	144,2	143	145,9	139,1			max	147,7
min amplituda (mm)	108,7	123,1	138,1	114,1	115,9	137			min	108,7
úhel svírající maxima vln	81,38	60,8	36,74	76,91	65,98	38,16			suma	359,97
úhel svírající minima vln	53,55	79,08	49,88	57,04	72,75	47,7			suma	360
Nhi (mm) - výška vlny	126,4	135,4	141,2	128,6	130,9	138,1				
Nwi (mm) - šířka vlny	150,1	221,6	139,8	159,9	203,9	133,7			suma	1009,0
Nsi = Nhi / Nwi	0,84	0,61	1,01	0,80	0,64	1,03				

e-BP145	vlna 1	vlna 2	vlna 3	vlna 4	vlna 5					
max amplituda (mm)	146,3	147,0	146,0	144,7	146,1	max	147,0			
min amplituda (mm)	111,4	115,8	117,9	112,2	125,6	min	111,4			
úhel svírající maxima vln	77,9	78,8	71,5	73,3	58,5	suma	360,0			
úhel svírající minima vln	64,5	87,7	74,5	68,2	65,1	suma	360,0			
Nhi (mm) - výška vlny	128,9	131,4	132,0	128,5	135,9					
Nwi (mm) - šířka vlny	162,3	220,7	187,5	171,6	163,8	suma	906,0			
Nsi = Nhi / Nwi	0,79	0,60	0,70	0,75	0,83					

fc-BP145	vlna 1	vlna 2	vlna 3	vlna 4	vlna 5					
max amplituda (mm)	143,6	144,8	143,8	143,0	143,0	max	144,8			
min amplituda (mm)	102,8	104,7	105,4	105,9	113,6	min	102,8			
úhel svírající maxima vln	75,9	78,4	73,4	70,3	62,0	suma	360			
úhel svírající minima vln	67,2	83,0	73,1	75,7	61,0	suma	360			
Nhi (mm) - výška vlny	123,2	124,8	124,6	124,5	128,3					
Nwi (mm) - šířka vlny	171,5	211,8	186,5	193,2	155,7	suma	918,7			
Nsi = Nhi / Nwi	0,72	0,59	0,67	0,64	0,82					

Příloha 8 Měření splývavosti na vzorcích z materiálu BP170, e-BP170, fc-BP170

BP170 vzorek 1	vlna 1	vlna 2	vlna 3	vlna 4	vlna 5				
max amplituda (mm)	147,5	151,6	147,3	147,4	145,9			max	151,6
min amplituda (mm)	129,1	133,5	142,9	139,9	123,1			min	123,1
úhel svírající 2 vlny	97,9	78,7	35,1	58,4	90,0			suma	360,0
úhel svírající minima vln	96,4	94,2	47,2	36,9	85,3			suma	360,0
Nhi (mm) - výška vlny	138,3	142,6	145,1	143,7	134,5				
Nwi (mm) - šířka vlny	285,0	278,5	139,5	109,2	252,0			suma	1064,1
Nsi = Nhi / Nwi	0,49	0,51	1,04	1,32	0,53				
BP170 vzorek 2	vlna 1	vlna 2	vlna 3	vlna 4	vlna 5	vlna 6	vlna 7		
max amplituda (mm)	152,1	149,3	143,4	144,9	143,0	145,0	144,0	max	152,1
min amplituda (mm)	144,2	137,9	125,9	138,7	135,3	130,3	139,3	min	125,9
úhel svírající 2 vlny	49,4	45,1	57,4	41,1	50,4	56,0	60,7	suma	360
úhel svírající minima vln	76,2	36,3	45,4	55,4	41,3	67,1	38,4	suma	360
Nhi (mm) - výška vlny	148,2	143,6	134,7	141,8	139,2	137,7	141,7		
Nwi (mm) - šířka vlny	221,0	105,3	131,5	160,5	119,8	194,5	111,4	suma	1043,9
Nsi = Nhi / Nwi	0,67	1,36	1,02	0,88	1,16	0,71	1,27		

e-BP170	vlna 1	vlna 2	vlna 3	vlna 4	vlna 5				
max amplituda (mm)	150,0	148,3	148,4	150,0	150,2	max	150,2		
min amplituda (mm)	139,2	135,2	137,2	140,7	143,5	min	135,2		
úhel svírající maxima vln	75,1	81,0	75,2	68,5	60,2	suma	360		
úhel svírající minima vln	67,0	83,8	78,1	71,1	60,0	suma	360		
Nhi (mm) - výška vlny	144,6	141,8	142,8	145,4	146,9				
Nwi (mm) - šířka vlny	178,1	222,7	207,6	189,0	159,5	suma	956,8		
Nsi = Nhi / Nwi	0,81	0,64	0,69	0,77	0,92				

fc-BP170	vlna 1	vlna 2	vlna 3	vlna 4	vlna 5				
max amplituda (mm)	146,3	142,7	144,0	142,7	141,5	max	146,3		
min amplituda (mm)	98,3	105,5	105,0	106,7	111,1	min	98,3		
úhel svírající maxima vln	80,5	73,2	74,5	65,7	66,1	suma	360		
úhel svírající minima vln	74,6	79,0	73,9	73,3	59,2	suma	360		
Nhi (mm) - výška vlny	122,3	124,1	124,5	124,7	126,3				
Nwi (mm) - šířka vlny	187,6	198,6	185,8	184,3	148,8	suma	905,1		
Nsi = Nhi / Nwi	0,65	0,62	0,67	0,68	0,85				

Příloha 9 Záznam pěti měření spodního kraje sukňe (BP145 a BP170)

BP145-diagonální osnova	měření 1	měření 2	měření 3	měření 4	měření 5	průměr
obvod (mm) - měřen na sukni	3 520,0	3 520,0	3 520,0	3 520,0	3 520,0	3 520,0
obvod (mm) - měřen v ImageJ	3 521,0	3 518,0	3 517,0	3 525,0	3 532,0	3 522,6
chyba (%)	0,0	-0,1	-0,1	0,1	0,3	0,1
plocha průmětu (mm ²)	94 668,1	105 070,8	111 991,4	122 163,8	107 314,1	108 241,6
počet vln	11	11	9	12	12	11,0
šířka sukňe čelní (mm)	452,0	534,0	516,0	532	544	515,6
šířka sukňe předozadní (mm)	421,0	467,0	489,0	477	420	454,8
prům.amplituda vlny (mm)	111,5	119,0	137,6	110,0	110,6	117,7
směrodatná odchylka (mm)	23,6	39,9	29,0	18,0	32,7	28,7
délka vlny (mm)	320,1	316,2	391,1	272,6	285,9	317,2
směrodatná odchylka (mm)	78,0	75,9	92,6	49,3	62,5	71,7
průměrný úhel svírající maxima vln (°)	32,7	33,0	40,0	28,0	31,3	33,0
směrodatná odchylka (°)	12,1	14,55	17,69	12,31	14,23	14,2
průměrný tvar vln	0,35	0,36	0,36	0,37	0,37	0,4
směrodatná odchylka NS	0,04	0,06	0,07	0,02	0,06	0,1
prům.vzdál.vrcholů vln (mm)	127,5	145,6	172,0	130,2	135,67	142,2
směrodatná odchylka (mm)	49,9	47,0	69,8	55,0	56,7	55,7

BP170-diagonální osnova	měření 1	měření 2	měření 3	měření 4	měření 5	průměr
obvod (mm) - měřen na sukni	3 525,0	3 525,0	3 525,0	3 525,0	3 525,0	3 525,0
obvod (mm) - měřen v ImageJ	3 522,8	3 535,6	3 533,1	3 535,1	3 529,0	3 531,1
chyba (%)	-0,1	0,3	0,2	0,3	0,1	0,2
plocha průmětu (mm ²)	107	128	119	108	113	115 589,4
počet vln	526,3	813,8	683,0	004,0	920,0	10,0
šířka sukňe čelní (mm)	10,0	9	11	10	10	10,0
šířka sukňe předozadní (mm)	535,2	582,5	601,6	553,5	559	566,4
prům.amplituda vlny (mm)	480,9	519,2	494,2	487,5	507	497,8
prům.amplituda vlny (mm)	131,0	153,3	123,1	130,4	130,7	133,7
směrodatná odchylka (mm)	26,6	37,2	37,2	20,4	24,9	29,2
délka vlny (mm)	352,5	392,2	320,7	352,9	352,1	354,1
směrodatná odchylka (mm)	76,4	91,2	92,2	51,0	64,9	75,1
průměrný úhel svírající maxima vln (°)	36,0	40,0	32,7	36,0	36,0	36,1
směrodatná odchylka (°)	9,6	6,91	10,64	12,70	8,37	9,6
průměrný tvar vln	0,37	0,39	0,38	0,37	0,37	0,38
směrodatná odchylka NS	0,04	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
prům.vzdál.vrcholů vln (mm)	162,6	196,5	147,8	159,2	165,99	166,4
směrodatná odchylka (mm)	45,5	34,8	57,9	57,5	38,6	46,9

Příloha 10 Měření jednotlivých vln spodního kraje sukň z materiálu BP145

měření 1	vína 1	vína 2	vína 3	vína 4	vína 5	vína 6	vína 7	vína 8	vína 9	vína 10	vína 11	vína 12	vína 13	průměr	111,5
	amplituda vlny (mm)	115,0	118,0	65,0	76,0	101,0	121,0	149,0	122,0	121,0	110,0	129,0		suma	3521,0
	délka vlny (mm)	319	456	184	203	346,5	335	401	316	315	286,5	359		suma	360
	úhel svírající maxima vln	53,6	27,5	26,5	19,0	29,3	41,8	43,8	37,0	12,1	41,8	27,6		průměr	0,35
	tvary vlny Nsi	0,36	0,26	0,35	0,37	0,29	0,36	0,37	0,39	0,38	0,38	0,36		průměr	127,55
vzdálenost vrcholů vln (mm)															
měření 2	vína 1	vína 2	vína 3	vína 4	vína 5	vína 6	vína 7	vína 8	vína 9	vína 10	vína 11	vína 12	vína 13	průměr	119,0
	amplituda vlny (mm)	78,0	130,0	168,0	38,0	125,0	107,0	156,0	138,0	127,0	136,0	106,0		suma	3520,0
	délka vlny (mm)	221	328	411	189	319	289	411	361	316,5	400,5	274		suma	360
	úhel svírající maxima vln	54,0	35,9	18,9	14,5	50,4	18,5	24,1	38,6	41,9	18,1	45,1		průměr	0,36
	tvary vlny Nsi	0,35	0,40	0,41	0,20	0,39	0,37	0,38	0,38	0,40	0,34	0,39		průměr	145,64
vzdálenost vrcholů vln (mm)															
měření 3	vína 1	vína 2	vína 3	vína 4	vína 5	vína 6	vína 7	vína 8	vína 9					průměr	137,6
	amplituda vlny (mm)	198,0	109,0	161,0	115,0	155,0	129,0	111,0	128,0	132,0				suma	3520
	délka vlny (mm)	513	563	408	310,5	388	380	288	324	345				suma	360
	úhel svírající maxima vln	65,6	49,3	38,1	22,8	58,8	20,9	28,3	55,4	20,8				průměr	0,36
	tvary vlny Nsi	0,39	0,19	0,39	0,37	0,40	0,34	0,39	0,40	0,38				průměr	172,00
vzdálenost vrcholů vln (mm)															
měření 4	vína 1	vína 2	vína 3	vína 4	vína 5	vína 6	vína 7	vína 8	vína 9	vína 10	vína 11	vína 12		průměr	110,0
	amplituda vlny (mm)	128,0	105,0	104,0	67,0	82,0	91,0	105,0	118,0	116,0	97,0	113,8		suma	3520
	délka vlny (mm)	351,5	260,5	289	190,5	237	230	281	307	332	247	488		suma	360
	úhel svírající maxima vln	22,5	19,5	36,4	8,3	32,3	15,2	40,5	20,9	41,2	43,5	33,9		průměr	0,37
	tvary vlny Nsi	0,36	0,40	0,36	0,35	0,35	0,40	0,37	0,38	0,35	0,39	0,40		průměr	130,23
vzdálenost vrcholů vln (mm)															
měření 5	vína 1	vína 2	vína 3	vína 4	vína 5	vína 6	vína 7	vína 8	vína 9	vína 10	vína 11	vína 12		průměr	110,6
	amplituda vlny (mm)	100,0	86,0	82,0	37,0	105,0	122,0	112,0	127,0	146,0	145,0	132,0		suma	3520
	délka vlny (mm)	305	248	244	166,3	262	275	287	331	381	360	336		suma	360
	úhel svírající maxima vln	24	40	20,4	10	38	24	23,4	31,3	41,7	60,5	30,4		průměr	0,37
	tvary vlny Nsi	0,33	0,35	0,34	0,22	0,40	0,44	0,39	0,38	0,38	0,40	0,39		průměr	135,67
vzdálenost vrcholů vln (mm)															

Příloha 11 Měření jednotlivých vln spodního kraje sukň z materiálu BP170

	vlna 1	vlna 2	vlna 3	vlna 4	vlna 5	vlna 6	vlna 7	vlna 8	vlna 9	vlna 10	vlna 11	průměr
měření 1												
amplituda vlny (mm)	77,4	130,0	129,0	152,9	154,9	144,0	161,7	138,1	126,2	95,5		131,0
délka vlny (mm)	201,85	459,15	324,85	362	409,35	382,55	419,3	366,75	339,1	259,6		3524,5
úhel svírající maxima vln	49,1	32,2	41,2	39,3	31,4	35,6	52,8	25,7	25,2	27,5		360
tvary vlny Nsi	0,38	0,28	0,40	0,42	0,38	0,38	0,39	0,38	0,37	0,37		0,37
vzdálenost vrcholů vln (mm)	205,4	141,0	186,0	182,0	140,3	171,5	253,0	118,0	112,0	116,7		162,59
měření 2												
amplituda vlny (mm)	144,3	152,2	91,3	157,0	130,4	138,0	182,0	157,0	227,5			153,3
délka vlny (mm)	372,1	384,9	246,85	422,65	311,75	363,3	458	398	571,9			3529,5
úhel svírající maxima vln	30,7	45,5	34,7	48,2	45,0	31,0	46,9	41,7	36,3			360
tvary vlny Nsi	0,39	0,40	0,37	0,37	0,42	0,38	0,40	0,39	0,40			0,39
vzdálenost vrcholů vln (mm)	136,35	190,7	171	232,2	204,9	171,2	250,7	218	193			196,45
měření 3												
amplituda vlny (mm)	65,6	113,6	117,5	157,5	119,1	163,5	180,0	150,0	117,2	103,5		123,1
délka vlny (mm)	185,65	287,95	296,3	401,7	314,9	444,65	436,2	378,85	348,5	260,85		3528
úhel svírající maxima vln	27,9	26,5	31,2	56,6	26,2	37	48,1	28,7	20,4	28,4		360
tvary vlny Nsi	0,35	0,39	0,40	0,39	0,38	0,37	0,41	0,40	0,34	0,40		0,38
vzdálenost vrcholů vln (mm)	110,0	125,5	159,3	258,9	109,9	176,4	245,3	136,6	79,6	112,8		147,75
měření 4												
amplituda vlny (mm)	94,4	123,2	124,5	141,4	139,0	162,0	144,0	145,6	126,6	103,5		130,4
délka vlny (mm)	334,5	318,5	314	374,5	359	469,5	368	367,5	346	277		3529
úhel svírající maxima vln	43,2	42,3	29	48,3	26,1	22,5	58,6	35,3	16,9	37,8		360
tvary vlny Nsi	0,28	0,39	0,40	0,38	0,39	0,35	0,39	0,40	0,37	0,37		0,37
vzdálenost vrcholů vln (mm)	175,3	185,1	133,8	218,6	120,8	98,7	267,0	166,2	70,6	155,9		159,20
měření 5												
amplituda vlny (mm)	107,2	133,2	142,6	125,5	130,9	143,0	168,0	102,8	162,4	91,8		130,7
délka vlny (mm)	314,5	354,75	335,4	349,3	324,9	423	431,35	286,5	450,5	251,15		3521
úhel svírající maxima vln	40,1	42,4	30,1	53,8	27,8	33	38,1	38,9	27,1	28,7		360
tvary vlny Nsi	0,34	0,38	0,43	0,36	0,40	0,34	0,39	0,36	0,36	0,37		0,37
vzdálenost vrcholů vln (mm)	166,1	198,0	145,0	239,1	121,0	164,5	184,4	189,0	143,5	109,3		165,99

Příloha 12 Měření jednotlivých vln spodního kraje virtuálních sukni

e-BPI145

měření 1	vlna 1	vlna 2	vlna 3	vlna 4	vlna 5	vlna 6	vlna 7	vlna 8	vlna 9	
amplituda vlny (mm)	197,0	185,0	116,0	153,0	145,0	123,5	71,0	86,2	155,5	průměr
délka vlny (mm)	501	470	282	597	536	289	235	214	391	suma
úhel svírající maxima vln	20,9	43,4	67,6	5,8	70,0	28,8	33,9	33,5	56,1	suma
tvary vlny Nsi	0,39	0,39	0,41	0,26	0,27	0,43	0,30		0,40	průměr
vzdálenost vrcholů vln (mm)	119,6	213,7	286,6	38,6	285,7	134,2	146,5	139,6	213,0	průměr

e-BPI170

měření 1	vlna 1	vlna 2	vlna 3	vlna 4	vlna 5	vlna 6	vlna 7		
amplituda vlny (mm)	162,0	159,0	250,0	233,0	213,0	168,0	116,0		průměr
délka vlny (mm)	394	378	607,5	714,5	667,5	406,5	339,95		suma
úhel svírající maxima vln	76,1	45,9	80,8	30,4	69,7	42,7	14,4		suma
tvary vlny Nsi	0,41	0,42	0,41	0,33	0,32	0,41	0,34		průměr
vzdálenost vrcholů vln (mm)	290,4	247,4	414,0	141,3	378,5	234,9	57,7		průměr