

# Geometrický popis tvaru košíčkové části bezešvé sportovní podprsenky

## Bakalářská práce

*Studijní program:* B3107 Textil  
*Studijní obor:* Výroba oděvů a management obchodu s oděvy  
*Autor práce:* **Marta Krsová**  
*Vedoucí práce:* Ing. Blažena Musilová, Ph.D.  
Katedra oděvnictví





## Zadání bakalářské práce

# Geometrický popis tvaru košíčkové části bežešvé sportovní podprsenky

*Jméno a příjmení:* **Marta Krsová**  
*Osobní číslo:* T16000300  
*Studijní program:* B3107 Textil  
*Studijní obor:* Výroba oděvů a management obchodu s oděvy  
*Zadávající katedra:* Katedra oděvnictví  
*Akademický rok:* 2019/2020

### Zásady pro vypracování:

1. Analyzujte výsledky experimentů z vědeckých prací KOD, které se zabývají problematikou konstrukce bežešvého dámského prádla. Zaměřte se na studii tvarového řešení košíčkové části podprsenky.
2. Navrhněte a proveďte experiment pro popis geometrie stříhových bloků bežešvé dámské podprsenky a popisu geometrie odpovídající části těla konkrétní uživatelky.
3. Na základě poznatků získaných v rešerši a z vyhodnocených experimentálních kroků vytvořte algoritmus pro geometrický popis tvaru košíčkové části bežešvé sportovní podprsenky.
4. Diskutujte nové poznatky a stanovte závěry. Naznačte možnosti dalšího vývoje studované problematiky.

*Rozsah grafických prací:*  
*Rozsah pracovní zprávy:*  
*Forma zpracování práce:*  
*Jazyk práce:*

dle rozsahu dokumentace  
cca 40 stran  
tištěná  
Čeština



### Seznam odborné literatury:

- MUSILOVÁ, B., HÔRECKÁ, A., JARIYAPUNYA, N. Method of Generation Zoning Areas in Pattern Construction Net of Seamless Underwear, *Vlákna a textil*, 26(3). Bratislava, 2019. ISSN: 1335-0617.
- KREJČOVÁ, M. Konstrukce seamless dámského prádla v prostředí CAD systému PDS TailorXQ. Liberec, 2019. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci. Fakulta Textilní.
- HÔRECKÁ, A. Střihová konstrukce seamless dámského prádla. Liberec, 2017. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci. Fakulta Textilní.
- VYDARENÝ, Š. Zjišťování rozměrů těla a konstrukce bežešvého kalhotového výrobku. Liberec, 2019. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci. Fakulta Textilní.
- VAŠEK, M. Návrh sportovní podprsenky. Liberec, 2012. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci. Fakulta textilní.
- ŠŤASTNÁ, K. Parametrická konstrukce sportovní podprsenky. Liberec, 2016. Technická univerzita v Liberci. Fakulta textilní.
- ONDROUŠKOVÁ, A. Vývoj konstrukční metodiky střihů korzetových výrobků. Liberec, 2013. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Fakulta textilní.

*Vedoucí práce:*

Ing. Blažena Musilová, Ph.D.  
Katedra oděvnictví

*Datum zadání práce:*

5. listopadu 2019

*Předpokládaný termín odevzdání:*

10. srpna 2020

Ing. Jana Drašarová, Ph.D.  
děkanka



prof. Dr. Ing. Zdeněk Kůs  
vedoucí katedry

V Liberci dne 25. listopadu 2019

## 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.

23. července 2020

Marta Krsová

## **Poděkování**

Touto cestou bych chtěla poděkovat své vedoucí bakalářské práce Ing. Blaženě Musilové, Ph.D za její čas a rady, které mi věnovala při psaní této práce. Dále bych ráda poděkovala své rodině, která při mně stála po celou dobu studia a studium mi umožnila. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat také svým přátelům.

## Abstrakt

Tato bakalářská práce se zaměřuje na vývoj konstrukčního algoritmu pro popis košíčkové části bežešvé sportovní podprsenky. V rešeršní části se seznámíme s analýzou tvarového řešení košíčkových částí u jiných metodik, s analýzou experimentů provedených pro popis geometrie stříhových bloků a popis geometrie konkrétní části těla. Též se seznámíme s metodami získávání tělesných rozměrů, se základy konstruování oděvů a se seamless technologií pletení. V experimentální části je proveden rozbor experimentů pro popis geometrie těla a poprsí. Jsou zde porovnány metody využití 3D skenerů a metoda konečných prvků. Z tohoto porovnání jsou následně stanoveny předpoklady, s kterými pracuje výsledný algoritmus.

**Klíčová slova:** konstrukční metodika, sportovní podprsenka, košíčková část podprsenky, seamless, 3D skenování, metoda konečných prvků

## **Abstract**

This bachelor thesis focuses on the development of a design algorithm for the description of the cup part of a seamless sports bra. In the research part we will get acquainted with the analysis of the shape solution of the cup parts with other methods, with the analysis of experiments performed for the description of the geometry of cutting blocks and the description of the geometry of a specific part of the body. We will also get to know the methods of obtaining body dimensions, the basics of clothing design and seamless knitting technology. In the experimental part, an analysis of experiments to describe the geometry of the body and bust is performed. The methods of using 3D scanners and the final element method are compared here. From this comparison, the assumptions with which the resulting algorithm works are subsequently determined.

**Keywords:** methodology of construction, sports bra, cup part of the bra, seamless, 3D scanning, final element method

## Obsah

Úvod.....	12
1. Rešeršní část.....	13
1.1 Sportovní podprsenky .....	13
1.1.1 Tvarová řešení košíčkové části podprsenky .....	14
1.2 Konstruování střihů oděvů .....	22
1.2.1 Konstrukční síť.....	22
1.2.2 Konstrukce oděvů z elastických materiálů [16] .....	23
1.3 Členění povrchu lidského těla .....	24
1.4 Metodika měření tělesných rozměrů .....	25
1.4.1 Měření tělesných rozměrů [11] .....	25
1.4.2 Kontaktní metoda měření .....	25
1.4.3 Bezkontaktní metoda měření.....	25
1.5 Experimenty provedené pro popis geometrie střihových bloků seamless oděvů a popisu geometrie konkrétní části lidského těla.....	27
1.5.1 Metoda použití projekčního a stínového moiré .....	27
1.5.2 Metoda použití zařízení Sense 3D.....	29
1.5.3 Shrnutí analýzy.....	31
1.6 Seamless technologie pletení .....	32
2. Experimentální část.....	34
2.1 Metody pro popis geometrie těla a střihových bloků .....	34
2.1.1 Využití 3D skenerů.....	34
2.1.2 Využití metody konečných prvků při návrhu podprsenky .....	41
2.1.3 Shrnutí a předpoklady metod .....	48
2.2 Geometrická definice hranice prsu.....	51
2.2.1 Shrnutí analýzy.....	55



2.3 Konstrukční algoritmus pro popis geometrie košíčkové části bezešvé sportovní podprsenky .....	57
Závěr .....	62
Zdroje .....	64

## Seznam obrázků

Obr. 1 Dva základní typy sportovních podprsenek [18] .....	13
Obr. 2 Vejcovka [4].....	15
Obr. 3 Základní vstupní vzorce [3] .....	15
Obr. 4 Konstrukce košíčku [3] .....	16
Obr. 5 Konstrukce sedla [3] .....	17
Obr. 6 Konstrukce bezešvé podprsenky [5] .....	18
Obr. 7 a) půdorys prsa, b) bokorys prsa [17].....	19
Obr. 8 Geometrické znázornění prsní vystouplosti [17] .....	20
Obr. 9 Geometrické znázornění vnitřních rozměrů prsa [17] .....	20
Obr. 10 Výsledná konstrukce bezešvé podprsenky [17] .....	21
Obr. 11 Základní konstrukční síť lidského těla [8] .....	22
Obr. 12 Efekt moiré v barevných variacích zkoumaného osvětlení [12] .....	27
Obr. 13 Zhotovený pleteninový tubus [12] .....	28
Obr. 14 Výsledná konstrukce seamless kalhotek s vyznačenými bloky [12].....	29
Obr. 15 Vytvořený efekt Moiré [13] .....	30
Obr. 16 Výsledná konstrukce seamless kalhot s vyznačenými bloky [13] .....	31
Obr. 17 Seamless sportovní podprsenka [19].....	33
Obr. 18 rozdělení typů prsou [21] .....	35
Obr. 19 Identifikace a umístování značek [21].....	37
Obr. 20 Postoje při skenování [21].....	39
Obr. 21 Schematický sagitální řez ženským prsem [18] .....	43
Obr. 22 Schéma experimentu [22] .....	44
Obr. 23 Referenční body [22] .....	46
Obr. 24 Sub-model těla a podprsenky [22] .....	47
Obr. 25 Metoda podle Browna a kol. [18] .....	51
Obr. 26 Metoda podle Lee a kol. [18] .....	52
Obr. 27 metoda podle Yip a kol. [18] .....	52
Obr. 28 Metoda podle Zhenga a kol. [18] .....	53
Obr. 29 Sken torza s vyznačenými obvody [20] .....	53
Obr. 30 a) vyhledávání značek, b) obrys prsu a řezné roviny [20] .....	54
Obr. 31 a) promítnutí privilegovaných směrů, b) určování umístění tuhých výztuží [20].....	55
Obr. 32 a) definovaná síť křivek, b) finální tvar prsu [20].....	55
Obr. 33 Základní konstrukční síť v měřítku 1:5.....	59
Obr. 34 Modelová úprava podprsenky v měřítku 1:5 .....	61

## Seznam tabulek

Tabulka 1 Rozdíly mezi skenery [21] .....	34
Tabulka 2 Značky používané pro identifikaci rozměrů [21] .....	36
Tabulka 3 Kontaktní modelování prsou a podprsenky [22] .....	48
Tabulka 4 Vstupní parametry .....	57
Tabulka 5 Pomocné konstrukční rozměry .....	57
Tabulka 6 Algoritmus pro tvorbu konstrukční sítě .....	57
Tabulka 7 Algoritmus modelové úpravy podprsenky a pro geometrický popis košíčkové části .....	59

## Seznam zkratk

3D	trojrozměrný
BMI	body mass index (index tělesné hmotnosti)
CAD	computer aided design
cm	centimetr
č.	číslo
dz	délka zad
FEM	finite element method
MKP	metoda konečných prvků
obr.	obrázek
oh	obvod hrudi
op	obvod pasu
os	obvod sedu
PB	prsí bod
PD	přední díl
SB	podprsí bod (spodní)
špk	šíře průkrčníku
VB	vrchní bod
vp	výška postavy
ZD	zadní díl
zhp	zadní hloubka podpaží
zvpd	zvýšení předního dílu

## Úvod

Cílem bakalářské práce je vytvoření algoritmu pro popis košíčkové části bezešvé sportovní podprsenky. Rešeršní část se zaměřuje na nastudování tvarových řešení košíčkových částí podprsenek, popis získávání tělesných rozměrů různými metodami a seamless technologii pletení. Důležitou součástí rešerše je také analýza experimentů provedených pro popis geometrie stříhových bloků seamless oděvů a popis geometrie konkrétní části těla.

V experimentální části byl popsán proces 3D skenování torza a poprsí. Byly porovnány celotělové skenery s ručními skenery těla. Dále byla provedena analýzy experimentu, který využívá metody konečných prvků k simulaci nošení podprsenky. Z porovnání těchto dvou metod, které umožňují popis geometrie těla a popis geometrie stříhových bloků, byly stanoveny předpoklady, s kterými pracuje výsledný algoritmus. Také zde byla provedena analýza geometrické definice hranic prsu, která též přispěla k vytvoření výsledného algoritmu.

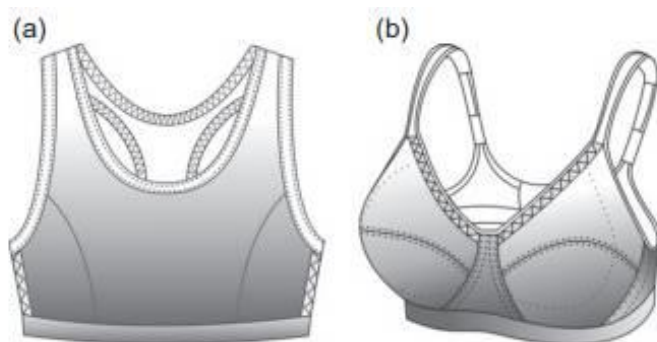
Konstrukční algoritmus sportovní bezešvé podprsenky vychází ze zkoumání konstrukčních metodik popsanych v rešeršní části. Algoritmus pro popis košíčkové části je sestaven z výsledků a předpokladů získaných z experimentální části práce. Konstrukce je navržena za předpokladu, že nebude obsahovat žádné konstantní rozměry. Výsledkem práce je nová konstrukční metodika pro dámskou seamless sportovní podprsenku.

## 1. Rešeršní část

### 1.1 Sportovní podprsenky

Sportovní podprsenky slouží ženám jako opora poprsí při sportovních aktivitách. Zabraňují nežádoucímu a mnohdy bolestivému pohybu prsou. Jejich prodej již není výhradou jen značek, které se primárně zabývají prodejem sportovního oblečení jako například Nike, Adidas, Rebook či Puma, ale nabídku sportovního prádla najdeme i u značek jako je například H&M, Tchibo či Lidl. V dnešní době se vyskytuje na trhu velké množství sportovních podprsenek různých stříhů, designů a úprav, podle kterých si uživatelky mohou vybrat. V základu ale dělíme sportovní podprsenky na dva typy:

- a) kompresní podprsenka
- b) zapouzdřená podprsenka



Obr. 1 Dva základní typy sportovních podprsenek [18]

Kompresní typ podprsenky především stlačí a stáhne poprsí proti tělu, kdežto u zapouzdřené je tvarovaný košíček, který umožňuje podporovat prsy individuálně. [1]

Dobrý výběr sportovní podprsenky závisí také na aktivitě, ke které jí používáte, protože různé sporty vyvolávají různé pohyby prsou. Sportovní podprsenky jsou proto rozděleny podle stupně opory, který nabízejí. [1]

**Stupně opory dělíme do 3 kategorií [1]**

- **Light support-** sportovní podprsenky poskytující lehkou oporu poprsí proti nežádoucímu pohybu. Jsou vhodné pro sporty jako například: rychlá chůze, golf, jóga/ tai-chi, běžné posilování a pilates.
- **Mid support-** sportovní podprsenka poskytující střední oporu poprsí. Můžeme ji nosit při sportech, které jsou náročnější na pohyb jako například: cyklistika, in-line brusle, jogging, lyžování a spinning.

- **High support-** sportovní podprsenka poskytující nejvyšší možnou oporu poprsí. Eliminují pohyb až o 70% a odlehčují prsní tkáni. Tyto podprsenky jsou všeobecně velmi kvalitní a plní všechny nároky, které na ně můžeme mít. Jsou vhodné pro sporty jako například: aerobic, zumba, tenis, squash, běh, basketbal, volejbal a jumping.

Nutno dodat že dalším důležitým faktorem je velikost poprsí. U větších velikostí se doporučuje zvolit vyšší stupeň opory a zapouzdrěný typ sportovní podprsenky, jelikož plnější prsa potřebují větší míru opory. Kompresní typ se pak spíše doporučuje ženám s menšími prsy (velikost A nebo B). [1]

### 1.1.1 Tvarová řešení košíčkové části podprsenky

Košíčková část podprsenky je zpravidla tvarována pomocí švů a odševků, aby poskytovala konstrukci, která dostatečně odpovídá prsům nositelky. Mnohé nositelky se však cítí nepříjemně, protože jim švy dráždí citlivou pokožku. Z průzkumu, kterého se účastnilo, 400 sportovkyň pak vyplynulo, že většina podlitin a podráždění kůže se vyskytuje na švu napříč oblastí bradavky. [2] Proto se zde nabízí řešení pomocí bezešvého pletení oděvů.

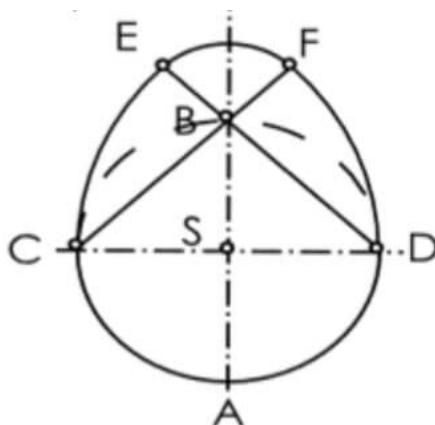
3D tvar košíčkové části podprsenky může být vytvořen mnoha způsoby, jako je šití, pletení, strukturované pletení a tvarování. Aby se prso správně vešlo do košíčku, je nutné zvolit správnou konstrukci, protože pokud se tam nevejde, může docházet po stranách k nežádoucímu vyboulení. Zakřivený tvar okrajů by tak měl být těsně přiléhavý. [2]

Dle studií, které popsal Vašek [6] ve své bakalářské práci, kdy se vědci zabývali, pohybem prsou ve třech rovinách zjistili, že vhodnějším typem podprsenky pro podporu prsou při sportovních činnostech je typ podprsenky s tvarovanými košíčky, tedy zapouzdrěvací. Tento poznatek pak zanesl do svého návrhu sportovní podprsenky. U sportovních podprsenek vyrobených pomocí seamless technologie můžeme tvarování košíčků docílit pomocí vhodně užitých vazeb a především pomocí vhodné konstrukce tedy geometrického popisu tvaru košíčkové části.

Křivky pro tvarování částí podprsenky, především košíčku jsou většinou definovány konstantně, nebo jen zaobleny podle zkušeného stříhového konstruktéra při modelování stříhu. Za ideální tvar košíčku byl tak zvolen tvar vejcovky. Dle plastické chirurgie je tvar prsu definován jako slzovitý a tak lze jeho půdorys přirovnat k vejcovce.

Vejcovka je rovinná křivka složená ze čtyř oblouků kružnic. V dalším textu je zaveden termín košíčková vejcovka. Základní kružnice košíčkové vejcovky vychází z rozměru  $\frac{1}{2}$  mezipsní šířky II., jedná se tedy o šířku prsu od prsního bodu k hrudní kosti. [3]

Postup sestrojení vejcovky je následovný: Poloměr AS opíšeme kolem středu S a narýsujeme její osy AB a CD. Z bodů C a D vedeme polopřímky procházející bodem B a sestrojíme jejich průsečíky E a F s oblouky kružnic opsaných kolem bodů C a D,  $r = |AB|$ . Sestrojovaná křivka je složena z půlkružnice DAC, na kterou navazují v bodě C kružnicový oblouk CE a bodě D kružnicový oblouk DF. Poslední část křivky tvoří oblouk EF se středem B,  $r = |BE|$ . [4]



Obr. 2 Vejcovka [4]

### Konstrukční metodika č. 1

Navržená konstrukce Ondrouškovou pak uvažuje o využití vejcovky. Konstrukce využívá tyto základní vstupní vzorce:

$$rk = \left(\frac{1}{2}\right) * dk$$

$$rv = \sqrt{rk^2 + vp^2}$$

$$T16bez = \sqrt{(bšh - bpš)^2 + \left(\frac{pšh}{2}\right)^2 * 2} + \sqrt{bpš^2 + \left(\frac{pšh}{2}\right)^2 * 2}$$

$$vk = T16 - T17$$

$$pk = \frac{vk}{T16bez} * 100$$

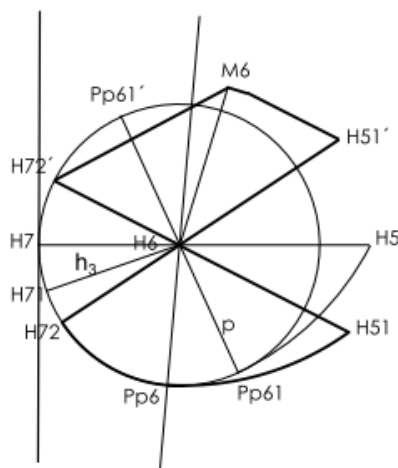
Obr. 3 Základní vstupní vzorce [3]



Kde:

- rk - poloměr košíčkové kružnice při sedlo,
- rv – poloměr košíčkové kružnice pro košíček,
- vp - výška prsa,
- bšh - boční šířka hrudníku,
- bpš - boční šířka pasu,
- pšh - přední šířka hrudníku,
- vk - velikost košíčku,
- pk - poměr obvodu k velikosti košíčku,
- T17 – obvod hrudníku,
- T16 – podprsní obvod hrudníku,
- T16bez – obvod hrudníku bez prsní vystouplosti,
- celková šířka – polovina obvodu hrudníku,
- polovina celkové šířky -  $1/4 \cdot (oh - pk \cdot oh)$ .

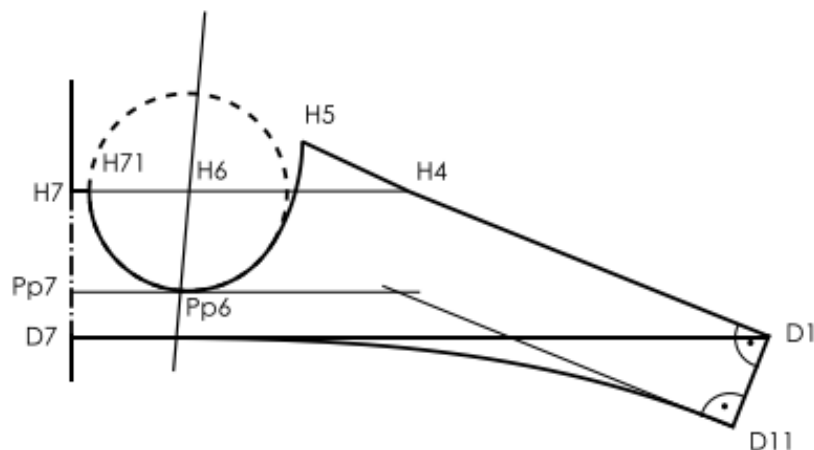
Tvarové řešení košíčkové části je pak následovné. Vychází z bodu H7. Dále je nanášena polovina meziprsní šířky, vznikne tak bod H6. Odklon prsní přímky je o  $5^\circ$ . Se středem v bodě H6 je vytvořena kružnice s poloměrem rv. Body Pp61, H5, H51, H7 a H71 jsou tvořeny pomocnými kružnicemi, které vycházejí z meziprsní šířky, nebo je délka přenášena pomocí kružnice. Odklon pro nadprsní bod košíčku M6 je  $12^\circ$  a jeho délka je dána poloměrem rv. [3]



Obr. 4 Konstrukce košíčku [3]

Konstrukce sedla vychází z bodu H7, ze kterého nanesením poloviny celkové šířky vznikne bod H4. Prsní koš se odsazuje konstantně ( $H71 - 1$  cm). Z H71 pomocí rk

nalezneme prsní bod H6. Sklon prsní přímky je stejný jako u košíčku, tedy  $5^\circ$ . Podprsní linii Pp7 nalezneme také pomocí rk. Výška sedla pod prsy D7 je polovina z rk. Celková šířka zadního a předního dílu je od D7 po D1. Tvarování sedla D11 je kolmé na linii mezi H4 a D1 a jeho délka je polovina z rk. [3]



Obr. 5 Konstrukce sedla [3]

## Konstrukční metodika č. 2

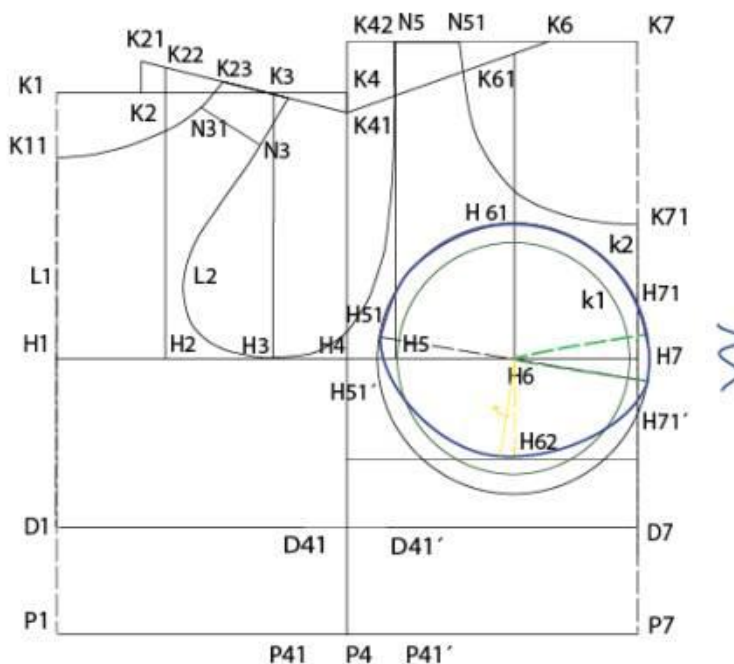
Metodika č. 2 pochází z literatury [5], která je přímo určená pro bezešvou podprsenku. Prvním krokem je konstrukční síť, kde se nanášejí tyto rozměry:

- zadní hloubka podpaží,
- délka zad,
- celková šířka - polovina obvodu hrudníku,
- šířka průkrčníku je 5 % z obvodu hrudníku a přičtení konstanty závisí na tom,
- jde-li o PD či ZD,
- průkrčník zadního dílu se zvyšuje o konstantu 2,5 cm,
- snižuje se sklon náramenice o konstantu 1,5 cm,
- přední díl se zvyšuje o 5 % z obvodu hrudníku,
- prsní bod H6 se zde nanáší z H7 a jeho rozměr je dán 10 % z obvodu hrudníku
- a odečtení konstanty 0,5 cm.

Dalším krokem je členění základní konstrukční sítě. Horní část konstrukce se člení 12,5% obvodu hrudníku a přičtením konstanty 5,5 cm vznikne z bodu H1 bod H3. Bod H5

z bodu H3 je dán 12,8 % z obvodu hrudníku a odečtením konstanty 1,5 cm. Průřrčník předního dílu se snižuje o 13,5 cm a u zadního dílu o 5 cm.

Šťastná pak ve své diplomové práci řeší tvarování košíčkové části pomocí dvou kružnic, které vycházejí z bodu H6. Poloměr první kružnice vychází z poloviny mezipsní šířky I. a druhá kružnice vychází z mezipsní šířky II. Rozdíl obvodu kružnic je 14,56% → modrou kružnici k2 je nutné zpracovat na místo vnitřní kružnice k1, čímž dojde k tvarování pro prsní vystouplost. Dále je třeba přenést vybrání na jednu stranu a v místě vybrání vytvořit řasení v šířce 1 cm. Spodní část koše má pak zmenšenou výšku podle rozměru Musilové, upravená vzdálenost pak odpovídá vzdálenosti prsního bodu a podprsního bodu.



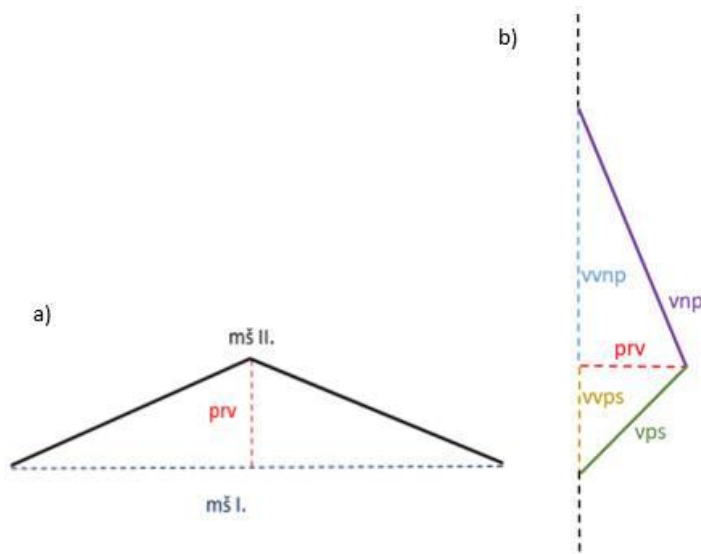
Obr. 6 Konstrukce bezešvé podprsenky [5]

Šťastná podotýká, že prsní koš je nutné plést tak nastavenou vazbou, aby se srážel o stejnou hodnotu v příčném a podélném stavu. Tvarové řešení stříhu sportovní podprsenky je vyrobené bezešvou technologií. Košíčková část měla být původně vypletena jednou vazbou, ale po napletení vzorků muselo dojít ke změně, kdy košíčková část musela být rozdělena na 2 vazby v horizontálním směru.

### Konstrukční metodika č. 3 [17]

Geometrickým popisem konstrukčních parametrů košíčkové části podprsenky a následným vytvořením konstrukčního algoritmu stříhu bezešvé podprsenky do prostředí CAD systému PDS TailorXQ se zabývala ve své bakalářské práci Krejčová. Pro to aby vůbec mohla konstruovat podprsenku v prostředí CAD systému, si nejprve musela dopočítat a znázornit vnitřní rozměry prsa, které vycházejí z půdorysu a bokorysu prsa, viz obr. 7. Celý výpočet byl založen na předpokladu zanedbání křivek prsa a uvažování v přímých liniích. Jsou potřebné tyto rozměry:

- výška prsu (*vps*),
- vnitřní výška prsu (*vvps*),
- výška nadprsní (*vnp*),
- vnitřní nadprsní výška (*vvnp*),
- meziprsň šířka I. (*mš I.*),
- meziprsň šířka II. (*mš II.*),
- prsní vystouplost (*prv*).

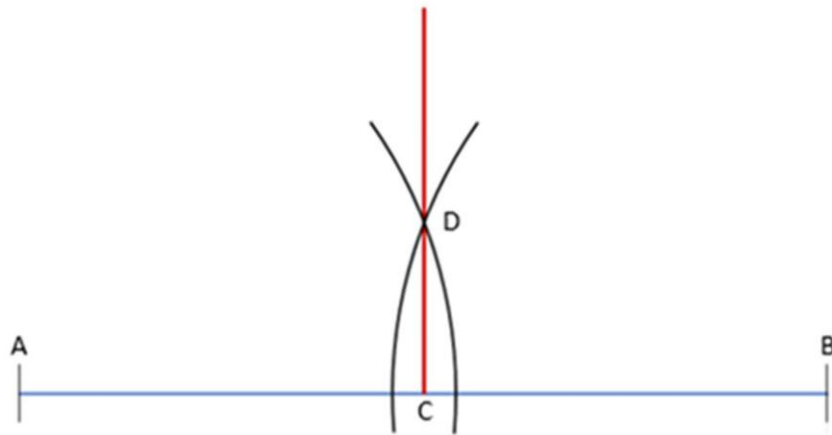


Obr. 7 a) půdorys prsa, b) bokorys prsa [17]

Dále popsala vytvoření postupu definujíc prsní vystouplost a vnitřní rozměry prsu. K tomu využila tyto dva tělesné rozměry:

- meziprsň šířky I. (*mš I.*) a
- meziprsň šířky II. (*mš II.*).

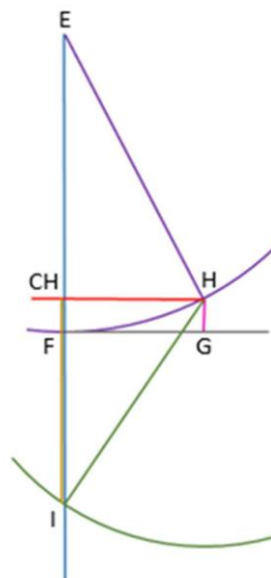
Díky těmto rozměrům dokázala zjistit požadovanou prsní vystouplost.



Obr. 8 Geometrické znázornění prsní vystouplosti [17]

Dalším krokem bylo získat vnitřní rozměry prsu ze zjištěné vystouplosti prsu, za pomoci následujících rozměrů:

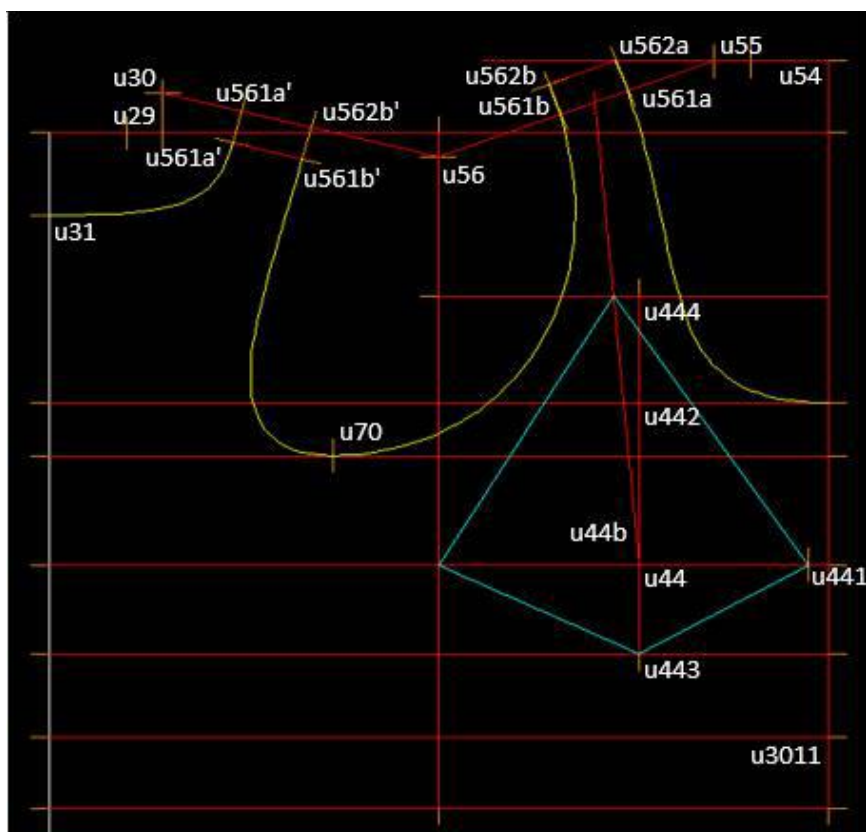
- výška prsu (*vps*),
- výška nadprsní (*vnpr*).



Obr. 9 Geometrické znázornění vnitřních rozměrů prsa [17]

Dalším krokem bylo správné zvolení koeficientové normy a velikostního sortimentu. Následně implementovala do systému PDS TailorXQ tělesné rozměry

z geometrického popisu košíčkové části podprsenky. Vytvořený konstrukční algoritmus respektuje zásady konstruování v CAD systému PDS TailorXQ.



Obr. 10 Výsledná konstrukce bežešvé podprsenky [17]

## 1.2 Konstruování stříhů oděvů

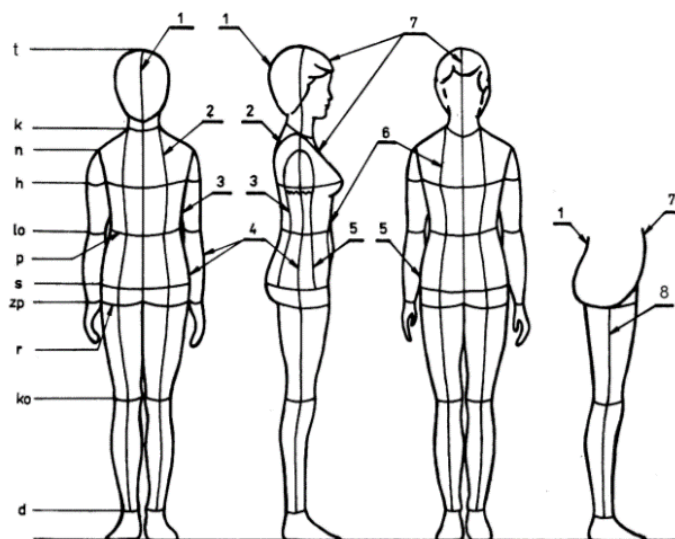
Konstruování stříhů oděvů vyžaduje znalosti o stavbě lidského těla a způsobu měření jeho rozměrů. Konstrukce stříhu je pak zhotovena za pomoci tělesných rozměrů, konstrukčních vzorců a pravidel konstruování.

Konstrukční stříh je zhotoven konstruováním pomoci stříhových čar, konstrukčních rozměrů a bodů na základě předem udaných rozměrů. Konstrukce může být zhotovena dvěma způsoby:

- **Odmodelovaný stříh**- zhotoven přenesením tvaru povrchu postavy na papír dočasným vymodelováním vhodné textilie a podchycením důležitých bodů značkami.
- **Stříhová síť**- soustava pomocných vodorovných a svislých přímek, nutných k určení bodů, úhlů a obrysů stříhové konstrukce. [7]

### 1.2.1 Konstrukční síť

Konstrukční síť vychází z členění povrchu lidského těla podélnými a příčnými liniemi, viz obr. č. 11.



Obr. 11 Základní konstrukční síť lidského těla [8]

- **Horizontální linie** jsou označeny malými písmeny: t- temenní přímka, k- krční přímka, n- nadpažková přímka, h- hrudní přímka, p- pasová přímka
- **Vertikální linie** jsou označeny číslicemi 1-8: 1- zadní středová přímka, 2- boční krční přímka, 4- boční přímka, 7- přední středová přímka[8]

### 1.2.2 Konstrukce oděvů z elastických materiálů [16]

Hlavním účelem elastického prádla je tvarování ženského těla. Elastické prádlo by mělo být konstruováno, tak aby zpevnilo postavu bez potlačování normálního tvaru těla. Konstrukce je tedy zjednodušená, jelikož zde není potřeba tvarování stříhových dílů pomocí záševků. Oděv se skládá z menšího počtu stříhových dílů a jejich obrysy jsou jednoduše tvarované. Používá se upravený velikostní sortiment, který se skládá ze sdružených velikostí např. 38-40, který se následně označuje písmeny S, M, L, XL.

Konstrukci elastických výrobků ovlivňují vlastnosti materiálů:

- **Tažnost** je schopnost pleteniny poddat se vlivu namáhání v tahu (do délky, šířky a úhlopříčně). Tažnost pletení závisí na druhu materiálu, hustotě a vazbě.
- **Pružnost** je schopnost pleteniny vrátit se po deformaci do původního stavu. Též to závisí na druhu materiálu, hustotě a vazbě.

**Tažnost** a **pružnost** nám dohromady dávají **elastičnost**, to znamená dobrou přizpůsobivost lidskému tělu zejména při pohybu a častém namáhání. Elasticita se dá vyjádřit vztahem:

$$E = \frac{(\varepsilon\rho - \Delta\varepsilon)}{\varepsilon\rho} * 100 [\%]$$

**Roztažnost** textilií je charakterizována poměrným protažením při stanoveném zatížení, jejich elasticita poměrným zotavením po uvolnění tahové síly. Roztažnost je vypočtena ze vztahu:

$$\text{Roztažnost} = \frac{\text{šířka natažené pleteniny} - \text{šířka volné pleteniny}}{\text{šířka volné pleteniny}} * 100 [\%]$$



### 1.3 Členění povrchu lidského těla

Pro potřebu konstrukcí střihů oděvních výrobků je důležité znát a dobře se orientovat na lidském těle a vědět jak získat potřebný rozměr, proto je provedeno členění povrchu kde jsou stanoveny roviny, přímky a body, které nám umožňují rychlou a přesnou orientaci na lidském těle. Dále musíme, znát tělesné rozměry což jsou vzdálenosti stanovených bodů ať již v soustavě rovin nebo na tělním povrchu. [9]

#### **Tělesné rozměry dělíme na:**

- Přímé: výšky, šířky (čelní, profilové)
- Povrchové: délky, šířky, obvody
- Ostatní: boční hloubka sedu

U každého tělesného rozměru je stanoveno jak jej správně měřit, např. délka od 7. krčního obratle k prsu se měří od vrcholu 7. krčního obratle přes boční krční bod na kořeni krku k prsní bradavce, u žen a dívek k nejvystouplejšímu místu prsu. [9]

## 1.4 Metodika měření tělesných rozměrů

Metodika vychází z normy ČSN 80 0090 s názvem „Metodika měření tělesných rozměrů mužů, žen, chlapců a dívek.“ Norma stanovuje obecné zásady a metodiku měření tělesných rozměrů jako výchozí údaj pro konstruování. Statické tělesné rozměry se zjišťují v základní somatické poloze ve stoje bez vypnutí. V poloze v sedě sedí měřená osoba rovně bez opory zad kolmo k rovině sedadla. [10]

### 1.4.1 Měření tělesných rozměrů [11]

Tělesné rozměry můžeme získávat dvěma různými postupy. Metodou kontaktní, kde dochází k přímému kontaktu s tělem měřeného probanda, nebo metodu bezkontaktní.

#### 1.4.2 Kontaktní metoda měření

Jedná se stále o jednu z nejpoužívanějších metod měření tělesných rozměrů v praxi. Při této metodě dochází k přímému kontaktu (dotyku) s tělem měřeného probanda. Měření se provádí pomocí různých antropometrických pomůcek. Takto naměřené rozměry poskytují dostatek informací pro vytvoření konstrukce oděvu, ale neposkytují nám přesnější představu o povrchu a tvaru naměřených částí těla. Tato metoda má také značné nevýhody například: zkušenosti uživatele, náročná manipulace s nástroji, čas a počet naměřených hodnot.

Mezi nejběžnější prostředky patří:

- antropometr
- měřicí páska
- pelvimetr a další

#### 1.4.3 Bezkontaktní metoda měření

Tato metoda nám umožňuje odstranit kontakt (dotyk) měřícího zařízení s tělem a vychází z optického záznamu o měření. Poskytuje nám informace jak o rozměrech, tak o geometrii měřeného objektu, což nám přináší další rovinu pro řešení tvorby konstrukcí. Každé zařízení, které nám pomáhá, měřit tělesné rozměry má odlišné rysy a výhody, obecně se však skenery skládají z následujících částí:

- jedno nebo více světelných zdrojů, které projektují paprsek nebo jiný vzor na lidské tělo
- kamery, která zachytí obraz světla projektovaného na tělo
- softwarového vybavení, které vyhodnotí hloubkovou strukturu povrchu těla

- výkonný počítač a obrazovku k 3D zobrazení

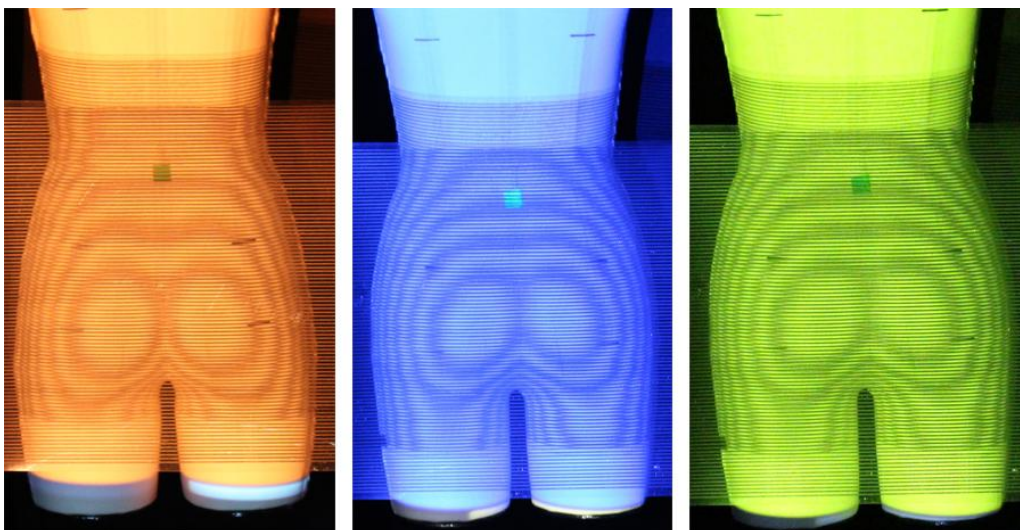
#### **Příklady některých z metod:**

- **Metoda laseru-** Jedná se o historicky nejstarší metodu pro získávání dat o povrchu lidského těla. Funguje tak, že snímací hlava, která se skládá z laserového projektoru a kamery je připevněna na svisle se pohybující nosnou konstrukci a jejím cílem je zachytit, hloubkovou informaci měřeného předmětu. K tomu využívá triangulační metodu.
- **Fotogrammetrická metoda-** Jedná se o sadu fotografií snímaného objektu pořízených z různých úhlů. Fotografie jsou dále softwarově zpracovány. V programu dochází k identifikaci společných prvků z různých úhlů. Díky tomuto je dále možné získat objekt v 3D prostoru.
- **Metoda strukturovaného světla (moiré)-** Promítání moiré proužků přes vzorové proužky. Toto promítání umožňuje zviditelnění reliéfu zkoumaného povrchu.
  - a) Základní metodou je subtraktivní (stínové moiré). Před objektem je umístěná mřížka, která zároveň vytváří referenční rovinu pro výpočet.
  - b) Metoda aditivní (projekční moiré) mřížku nepoužívá a vytváří proužky pomocí projektoru. Zde musí být referenční rovina určena.

## 1.5 Experimenty provedené pro popis geometrie stříhových bloků seamless oděvů a popisu geometrie konkrétní části lidského těla

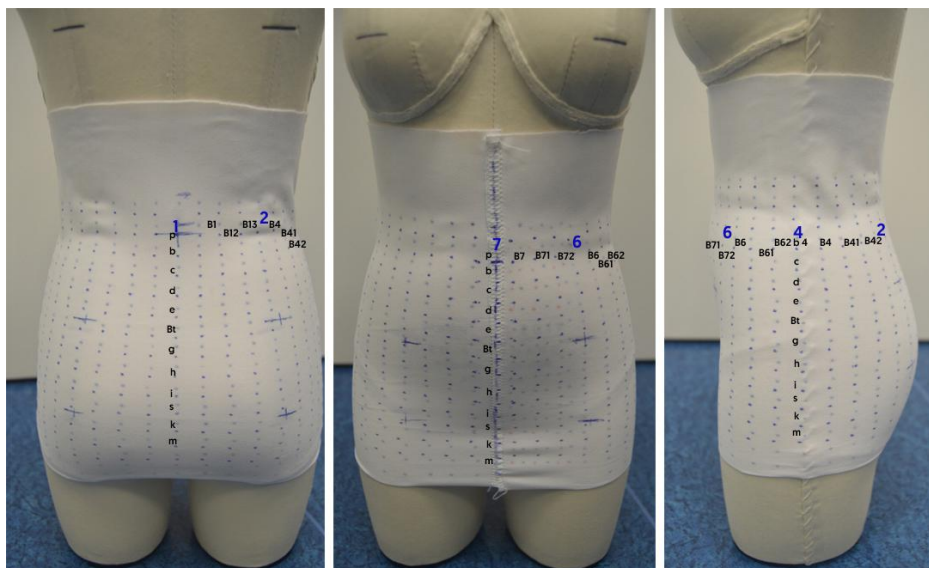
### 1.5.1 Metoda použití projekčního a stínového moiré

Hôrecká pro svůj experiment pro popis geometrie stříhových bloků seamless dámských kalhotek a popisu geometrie odpovídající části lidského těla použila metodu projekčního a stínového moiré. Experiment byl prováděn na malých krejčovských figurínách od firmy Alvanon, jelikož přesně popisují tvar lidského těla. Projekční moiré však neposkytlo požadovaný efekt a tak bylo využito pouze efektu stínového moiré. Pomocí této metody byly získány fotografie, které byly dále zpracovány v programu NIS – Elements, který slouží pro obrazovou analýzu a díky kterému byly zjištěny rozměry jednotlivých stříhových bloků na ZD, PD a bočním díle dámských kalhotek. [12]



Obr. 12 Efekt moiré v barevných variacích zkoumaného osvětlení [12]

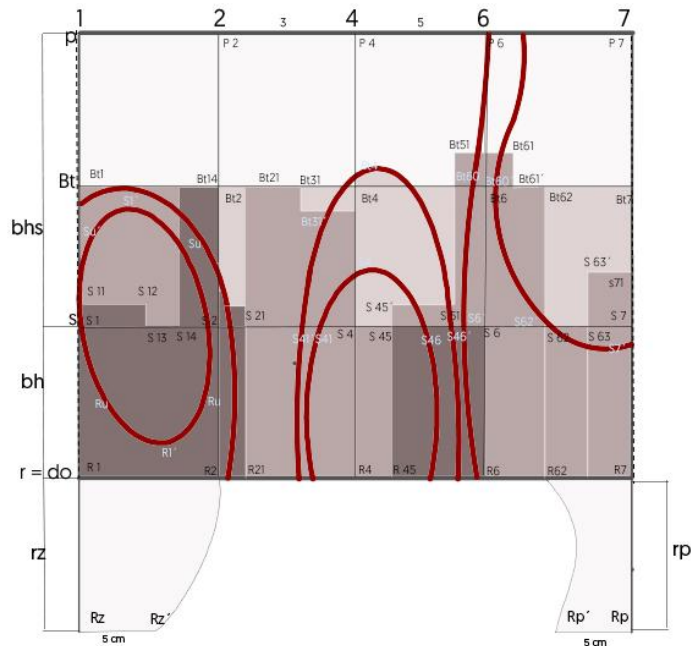
Pro potvrzení metody stínového moiré pak pokračovala tím, že zhotovila tubus z pleteniny. Na kterém vytvořila elementy 1 cm x 1 cm. Tubus byl následně navlečen na figurínu, na které byly pomocí posuvného měřidla změřeny roztažnosti elementů. Naměřené hodnoty se shodovaly s hodnotami, které byly naměřeny pomocí obrazové analýzy. [12]



Obr. 13 Zhotovený pleteninový tubus [12]

Experimentem tak bylo potvrzeno možné vytvoření konstrukčního algoritmu pro dámské seamless kalhotky s vymezenými stříhovými bloky pomocí stínového moiré. Na základě obrazové analýzy byl pak určen rozměr a umístění stříhových bloků, ne však jejich roztažnost. Na tubusu z pleteniny bylo však zjištěno, že jeden stříhový blok se může skládat z rozdílné roztažnosti. Na základě výsledků naměřených na pletenině a výsledků z programu NIS – Elements byl vytvořen konstrukční algoritmus pro dámské seamless kalhotky s vymezenými stříhovými bloky. Základní konstrukce tak mohla být díky hodnotám naměřených na tubusu z pleteniny doplněna o bloky s rozdílnou roztažností. [12]

V algoritmu nejsou použity konstantní hodnoty dle konkrétních tělesných rozměrů, ale nezávislé konstrukční parametry, které lze dopočítat a to kvůli tomu aby bylo možné algoritmus aplikovat pro jakoukoliv velikost. [12]



Obr. 14 Výsledná konstrukce seamless kalhotek s vyznačenými bloky [12]

### 1.5.2 Metoda použití zařízení Sense 3D

Vydarený pro svůj experiment snímání lidského těla metodou 3D skenování s cílem vytvoření moiré efektu zkoumá a využívá ruční skener Sence 3D. [13]

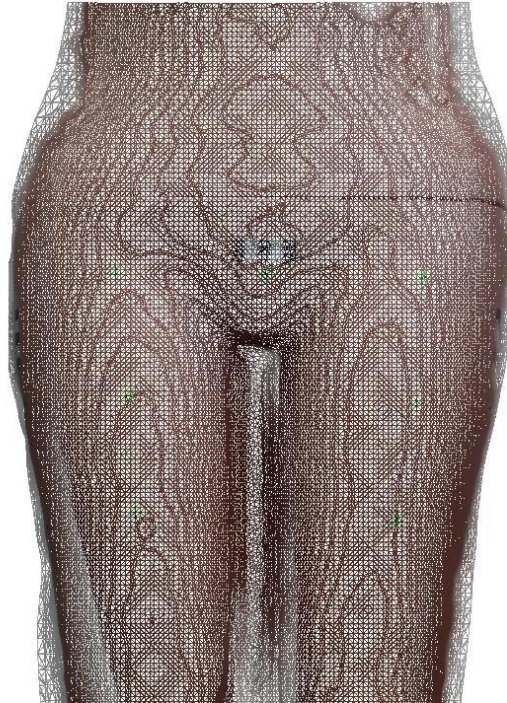
V první části experimentu se soustředil na jednotlivé kroky vedoucí k optimálnímu rozmístění snímacího zařízení.

Zkoušel 3 různé způsoby snímání:

- Způsob č. 1 - pohyb skeneru byl docílen pohybem ruky
- Způsob č. 2 - pohyb skeneru byl docílen pomocí ramena otáčejícího se okolo své osy
- Způsob č. 3 - skener byl připevněn na stativ, snímáný objekt byl umístěn na otočné podstavě

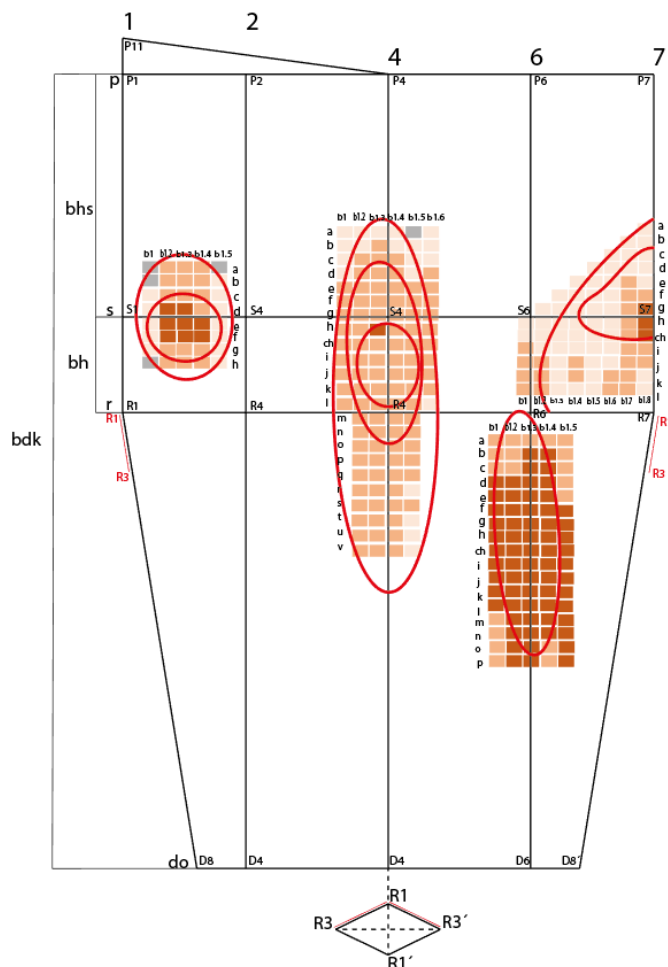
Tato část mu přinesla poznatky o tom, jak samotný skener funguje a poté se ukázal, jako ideální způsob měření, způsob č. 3, který mu přinesl nejspolehlivější výsledky měření. Takto získaný obraz byl vhodný pro další použití a vytvoření moiré efektu. [13]

Efekt moiré byl vytvořen pomocí softwaru dodávaného společně s 3D skenerem Sense. Následná kalibrace 2D obrazu s vytvořeným moiré efektem probíhala v programu NIS – Elements. [13]



Obr. 15 Vytvořený efekt Moiré [13]

Dále probíhal experiment podobným způsobem jako u výše zmíněného experimentu Hôrecké, s rozdílem toho že Vydareňý zhotovil krátké sportovní kalhoty. Výsledná konstrukce pro dámské sportovní seamless kalhoty byla doplněna o stříhové bloky s vymezenými jednotlivými elementy roztažnosti. Stejně jako u Hôrecké v konstrukci nejsou využity konstantní hodnoty, aby se algoritmus dal využít pro více velikostí. Všechny konstrukční parametry jsou tak nezávislé a dají se dopočítat. Vzniklá konstrukce byla sestavena tak, že využívá pouze rozměry získané měřením na lidském těle. [13]



Obr. 16 Výsledná konstrukce seamless kalhot s vyznačenými bloky [13]

### 1.5.3 Shrnutí analýzy

Tato analýza nám poskytuje informace o využití efektu moiré a skenování těla pomocí 3D skeneru pro popis geometrie stříhových bloků seamless oděvů a popis geometrie konkrétní části těla. Z úspěšných experimentů tak můžeme kladně hodnotit využití těchto metod pro získávání obrazů, které následně mohou být zpracovány v programu pro obrazovou analýzu a mohou nám poskytnout informace o rozměrech jednotlivých stříhových bloků. Tyto informace pak mohou být zahrnuty do konstrukčního algoritmu pro tvorbu seamless oděvů.



## 1.6 Seamless technologie pletení

Seamless neboli bezešvá technologie nám umožňuje vyrábět přímo hotové výrobky a tak snižuje čas na výrobu. Tím zároveň šetří peníze a nevzniká tolik přebytečného odpadu. Oděvy, které se vyrábí pomocí této technologie, vznikají na okrouhlých pletacích strojích a zahrnujeme mezi ně spodní prádlo, plavky, svrchní, sportovní a hygienické oděvy. Oděvy s touto technologií jsou speciálně konstruované tak, aby bylo využito co nejmenšího množství švů. Ojedinelé švy jsou pak zploštěny tak, aby nedocházelo k nepříjemnému tření či dráždění pokožky. Díky této konstrukci je dosaženo vyšší trvanlivosti oděvu při snížení jeho hmotnosti. Obecně tak přináší tato technologie vyšší úroveň pohodlí. Všechny tyto vlastnosti jsou důležité pro funkční sportovní prádlo. [14][15]

Jak již bylo zmíněno, tyto pleteniny vznikají na speciálních pletacích strojích. Okrouhlé pletací stroje zprvu sloužily pouze pro produkci punčochového zboží, ale postupem času se tato technika začala využívat i pro výrobu prádla a vrchního ošacení. Stroje tak dělíme na maloprůměrové, které označujeme jako punčochové automaty a velkoprůměrové. Okrouhlé pletací stroje patří v současné době k nejproduktivnějším pletařským strojům a tvoří nejpoužívanější skupinu pletařského průmyslu. [14] Tyto stroje nám umožňují vytvářet pleteninové tubusy, kterými pak můžeme odívat různé části lidského těla. Touto technologií vznikají torza a rukávy, k dohotovení oděvu jsou následně spojovány na šicích strojích s plochým švem. Švy z oděvů totiž úplně odstranit nelze kvůli tvarové složitosti lidského těla, takže bezešvá (seamless) technologie neznamená odstranění šití nebo švů, ale to, že jednotlivé části vznikají v jednom kuse a především bez bočních švů. [15]

Okrouhlé pletací stroje však nedokážou vytvořit dostatečně komplexní pleteninu, která by dokázala perfektně obejmout již zmiňovaný složitý a pohybem měnící se tvar lidského těla. K tomu je zapotřebí změn vazeb v pleteninovém tubusu na různých místech. V podstatě jde o vymodelování pleteniny do 3D rozměru pomocí změn vazeb a hustoty pleteniny, tak aby odpovídala lidskému tělu. [15]

Seamless technologie se stala nezbytnou součástí pro výrobu sportovního a funkčního oblečení. Díky změnám ve vazbách v pletenině je možné dosáhnout perfektnímu přilnutí oděvu na povrch těla, dodat oděvu požadovanou kompresy a zajistit prodyšnost a tak dodat sportovnímu oděvu požadovaný komfort. [15]



Obr. 17 Seamless sportovní podprsenka [19]

## 2. Experimentální část

### 2.1 Metody pro popis geometrie těla a stříhových bloků

#### 2.1.1 Využití 3D skenerů

Při navrhování oděvů se využívají ke skenování žen dva typy skenerů:

- **celotělové skenery:** tyto skenery obvykle zahrnují kalibrovaný prostor podobný kóji, do které vstoupí model a stojí po dobu skenování.
- **ruční skenery:** tyto skenery jak již název napovídá, jsou drženy operátorem, který během procesu skenování obejde model v určité vzdálenosti. Jsou to lehká, přenosná a kompaktní zařízení což je jejich výhodou.

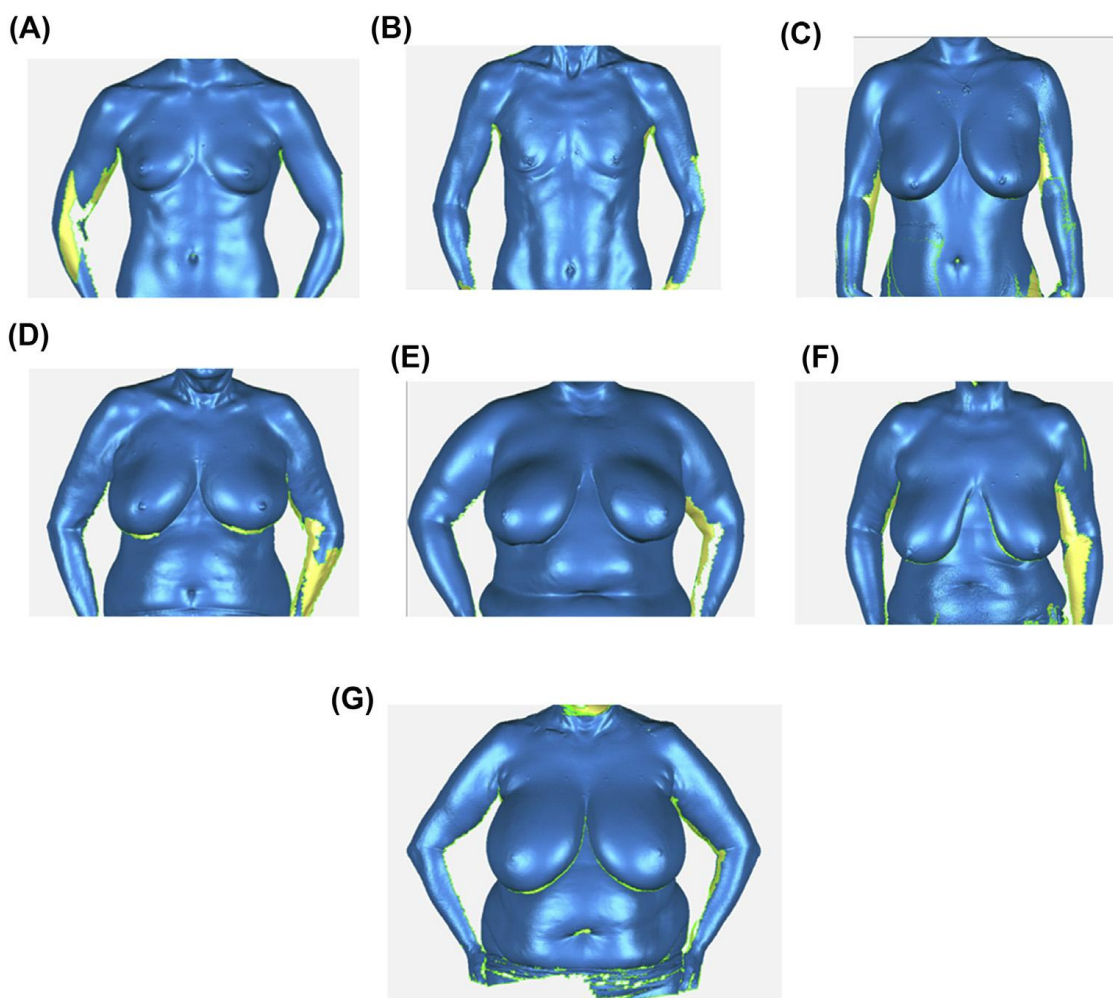
Některé z hlavních rozdílů mezi těmito dvěma skenovacími systémy, pokud jde o skenování prsou a trupu ženského těla při navrhování podprsenky jsou uvedeny v tabulce č. 1. [21]

Tabulka 1 Rozdíly mezi skenery [21]

Charakteristika	Celotělový skener	Ruční skener
Požadovaná úroveň dovedností operátora skeneru	Nízká úroveň dovedností za podmínky, že byl skener už nastaven	Vysoká úroveň dovedností k zachycení těla ve stejné vzdálenosti ze všech stran
Přibližná doba trvání snímání	5-10 sekund	15-30 sekund
Pozice těla, které jsou možné skenovat	Poloha je omezena pouze na stojaté postavení	Možnost více pozic včetně stání a ležení
Problémy při skenování prsu	Ztráta vizualizace prsu u žen s velkými ptotickými prsy	Kompletní vizualizace prsa i u žen s velkou ptotikou prsu
Přenosnost	Není přenosný	Je přenosný
Cena skeneru	Relativně drahý	Relativně levný

Po rozdělení skenerů a zjištění jejich výhod je důležité vybrat správně model pro skenování. Ženská prsa se mohou lišit velikostmi i tvarem. Například Coltman a spol (2018) klasifikoval prsa žen do čtyř charakteristických skupin, které se lišily velikostí (malé, střední, velké a extra velké), a ptózou neboli visením (od neptotických k velmi ptotickým) a vzdáleností, kterou byla prsa od sebe vzdálena. Bylo zjištěno, že tyto charakteristiky byly významně ovlivněny věkem a indexem tělesné hmotnosti (BMI) s tendencí u starších a větších žen mít prsa, která jsou větší, ptotičtější a více od sebe

vzdálená než u jejich mladších a štíhlejších protějšků. Je proto důležité, aby ženy zařazené do skenovací databáze odrážely populaci, pro kterou jsou podprsenky navrhovány. Je i důležité zahrnout věk, velikost prsou, úroveň ptózy prsu a BMI. Příklady typické variace ve velikosti, tvaru prsou a trupu u: (A) malá prsa mladé ženy, (B) malá prsa starší ženy, (C) středně velká prsa, mírně ptotická mladší ženy, (D) velká prsa ženy středního věku, (E) vzdálená prsa mladé ženy s vysokým indexem tělesné hmotnosti (BMI), (F) velká, ptotická a vzdálená prsa starší ženy, (G) hypertrofická, vzdálená prsa ženy středního věku s vysokým BMI viz obr. 18. [21]




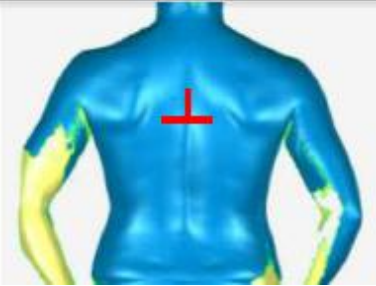
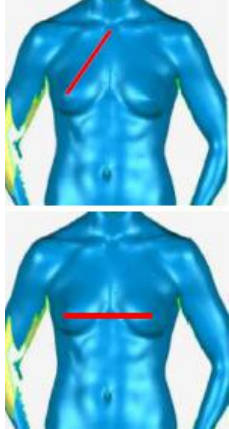
Obr. 18 rozdělení typů prsou [21]

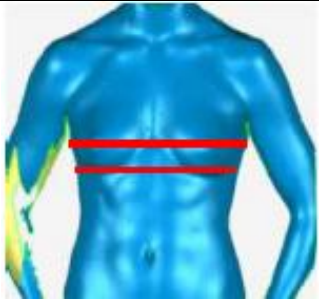
### Příprava modelu na skenování

Před skenováním je potřeba umístit na model značky (obvykle přilnavé tečky o průměru přibližně 5mm) na trup a prsa. Značky pomohou při pozdějším extrahování antropometrických měření ze skenů, bez ohledu na to zda je extrakce dat provedena ručně nebo automaticky. Například načrtnutí obvodu prsu bude usnadňovat proces extrakce objemu prsu a měření plochy povrchu prsou. Obvod prsu je obvykle jasně viditelný při

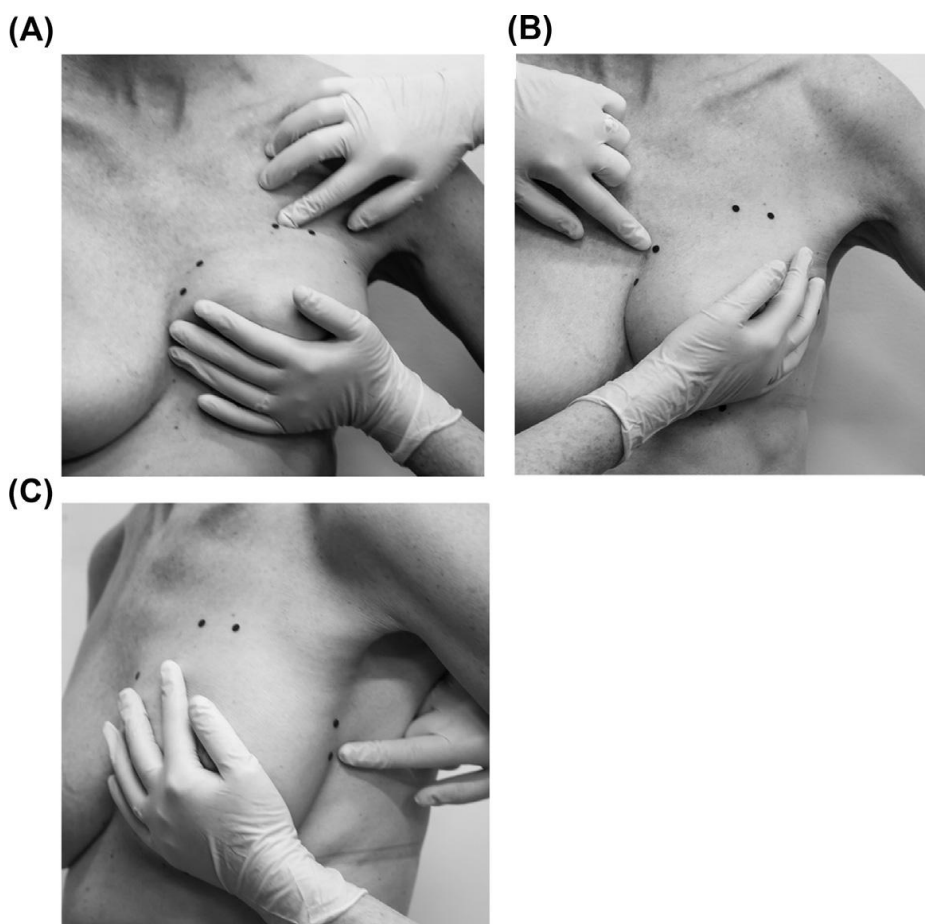
skenování mladých žen s pevnými prsy s obvodem kruhovitého tvaru. U žen s ptotickými prsy nebo žen s velkými prsy tvoří obvod prsu nepravidelný kruhový tvar, který není tak jasně vidět. Značky, které se běžně používají při skenování prsou a torz k identifikaci rozměrů, jsou zobrazeny v tabulce č. 2. [21]

Tabulka 2 Značky používané pro identifikaci rozměrů [21]

Značky	Měření	Ilustrace značek na měřeném objektu
Obvod prsa	Povrch prsou a objem prsou (velká ptotická prsa a malá prsa)	
Značka torza pro centrální koordinaci	Body umístěny v oblasti hrudní páteře ve svislé a horizontální linii	
Značky mezi dvěma body použité pro dvourozměrné antropometrické měření	1) body od předního krčního bodu k bradavce 2) vzdálenost mezi bradavkami	

<p>Značky pro dvourozměrné měření obvodových měř</p>	<p>1) obvod hrudníku 2) obvod pod prsy</p>	
--	--	---

Na obrázku 19 můžeme vidět identifikaci a umístění značek po obvodu prsa (A) horní, (B) střední, (C) laterální aspekt. Obvody prsu jsou lépe vidět, když si jemně rukou posunete prso do horní, střední a krajní polohy. Prsu by pak mělo být umožněno obnovit klidovou polohu před umístěním značky. [21]



Obr. 19 Identifikace a umístění značek [21]

### Proces skenování

Každá skupina vědců, která se zabývá skenování torsa a poprsí u žen, preferuje jiný oblek při tomto procesu. Někteří využívají bodyček z lehkého materiálu, která nijak nedeformuje prsa a postavu, někteří skenují model s podprsenkou a někteří skenují nahé tělo. To, zda má skenovaný model kus oblečení na sobě, může ovlivnit výsledky měření či měření samotné, protože nebude umožněno sejmout danou část přesně. Při navrhování podprsenky je někdy vhodnější, když je model oblečený do podprsenky, jelikož se zachová tvar prsu, než když je model nahý. Nicméně při měření prsu a získání přesnějších výsledků je lepší nechat model nahý. [21]

Z hlediska postoje modelu při skenování je nejběžnějším postojem ten, při kterém model zaujme pozici, kdy stojí vzpřímeně a paže drží v přibližně

30 stupňovém úhlu prodloužení ramen (tj. od trupu a za trupem) viz obr. 20(A). Model se obvykle drží nějaké opory, aby stabilizoval horní končetiny, omezil posturální houpání a odhalil laterální aspekt prsu. Paže mohou být také založeny za hlavou, aby se odhalil boční aspekt prsu, viz obr. 20(B). Tento postoj také poskytuje určité pozvednutí prsu. Takovýhle postoj se většinou využívá při skenování těla celotělovým skenerem. Při využití ručního skeneru pro snímání trupu a prsou mohou být zaujaty i jiné pozice s tím, že model může stát na otočném stole a tím se usnadní i práce pro operátora, který snadněji udrží určenou vzdálenost snímání modelu. [21]

Způsob umístění snímaného těla během skenování závisí na požadovaných výsledcích. Pro přesné měření objemu prsa je nutné, aby skener mohl vizualizovat celé prso. Toho lze dosáhnout pomocí modelu ležícího na dvou stolech s mezerou mezi sebou ve vzdálenosti 50cm, takže model má trup vodorovně a ňadra jsou schopna volně viset v prostoru, viz obr. 20(C). Tato poloha poskytuje vynikající přesnost pro výpočet objemu prsu ve srovnání s polohou stojící. Chceme-li však zachytit estetiku prsu pro návrh podprsenky je lepší pozice stojící. Skener lépe zachytí umístění vzhledem k hlavnímu prsnímu svalu. Model by měl při procesu skenování být co nejklidnější, takže buď zadržuje dech, nebo dýchá mělce. Čím méně se bude model hýbat, tím lepší bude výsledek měření. Přesnost měření však může ovlivnit i proměnlivost ženského těla v rámci měsíčního cyklu. [21]

(A)



(B)



(C)



Obr. 20 Postoje při skenování [21]



### **Zpracování naskenovaných obrazů**

Po dokončení skenování se obvykle pomocí speciálního 3D softwaru vytvoří digitální 3D model prsou a trupu. Tento 3D model pak lze využít k extrahování příslušných měření, která mohou představovat velikost a tvar prsou a trupu. Různé skenery mají různé rozlišení, pro účely extrakce antropometrických měření prsu a trupu za účelem návrhu podprsenky se doporučuje skener s rozlišením 0,5mm, který dostatečně zachytí kritické anatomické rysy torsa a prsou. [21]

Extrakce povrchové plochy prsu a měření objemu prsu ve 3D spočívá ve sledování obvodu každého prsu v digitálním softwaru pomocí značek umístěných po obvodu prsu, jako vodítka pro zlepšení přesnosti. Po dokončení tohoto počátečního kroku se provede obrazová analýza k výpočtu plochy a objemu prsu. [21]

Lineární měření nebo vzdálenost mezi dvěma body identifikovaných pomocí značek na těle se využívá pro lepší design a padnutí navrhované podprsenky. Tyto rozměry jsou znázorněny v tabulce č. 2. [21]

Obvodová měření se provádějí na určených místech trupu, která jsou na úrovni značek, které byly umístěny v určité výšce na trupu. Jakmile je vybrána referenční značka kolem obvodu se umístí obvodová čára trupu. V závislosti na použitém analytickém softwaru může být potom obvod přímo změřen. Alternativně může být trup digitálně krájen v příčné rovině ve speciálním softwaru. Je třeba si dát pozor při užívání této metody, jelikož je náchylná k chybám při měření žen s velkými prsy. [21]

### **Vytvoření moiré efektu pro popis stříhových bloků**

K určení stříhových bloků můžeme využít efektu moiré. Tento efekt se dá vytvořit několika způsoby a to buď stínovým nebo projekčním moiré nebo tento efekt umožňuje vytvořit software od firmy Sense. Tento efekt vytvoří na nasnímaném obrazu kružnicovou mřížku ukazující prostorové rozpínání předmětu. Určení stříhových bloků je důležité pro určení míst, kde musí nastat změna v mechanickém charakteru pleteniny. Tyto bloky se považují za jednu z největších výhod oděvů tvořených pomocí seamless technologie pletení. Bloky dopomáhají k lepšímu padnutí oděvů na tělo. [13]

Určování probíhá tak, že po vytvoření efektu moiré se provede obrazová analýza. Je třeba provést kalibraci obrazu, která slouží k přesnému určení vztahu mezi reálnými rozměry a rozměry daného obrazu nahraného v měřicím softwaru. K tomuto procesu

dopomáhají referenční body, které jsou umístěny na snímaném modelu, o předem přesně určené velikosti. Velikost referenčních bodů je převedena do velikosti pixelů na obrazu. Kalibrace tedy říká, kolik pixelů na obrazu je mm v realitě. Přesnost měření se odvíjí od přesnosti kalibrace. [13]

Pomocí těchto kroků je tedy možné docílit určení stříhových bloků u seamless oděvů. Tato metoda je ověřena v experimentech, které jsou analyzovány v kapitole 1.5.

### **2.1.2 Využití metody konečných prvků při návrhu podprsenky**

Pro popis geometrie těla a navrhování podprsenek lze využít i metodu konečných prvků. Metoda konečných prvků (FEM – Finite Element Method) je důležitým nástrojem, který pomáhá vědcům i inženýrům řešit složité úlohy z různých oblastí. Význam této metody spočívá v umožnění řešit úlohy, které jsou analytickými přístupy neřešitelné nebo řešitelné jen s velkými obtížemi. Příčinou může být velikost vzorků, komplikovaný tvar geometrie či nedostupnost vhodných měřících postupů a zařízení. Obecně můžeme říci, že simulovat lze vše, co umíme vhodným způsobem popsat.[5]

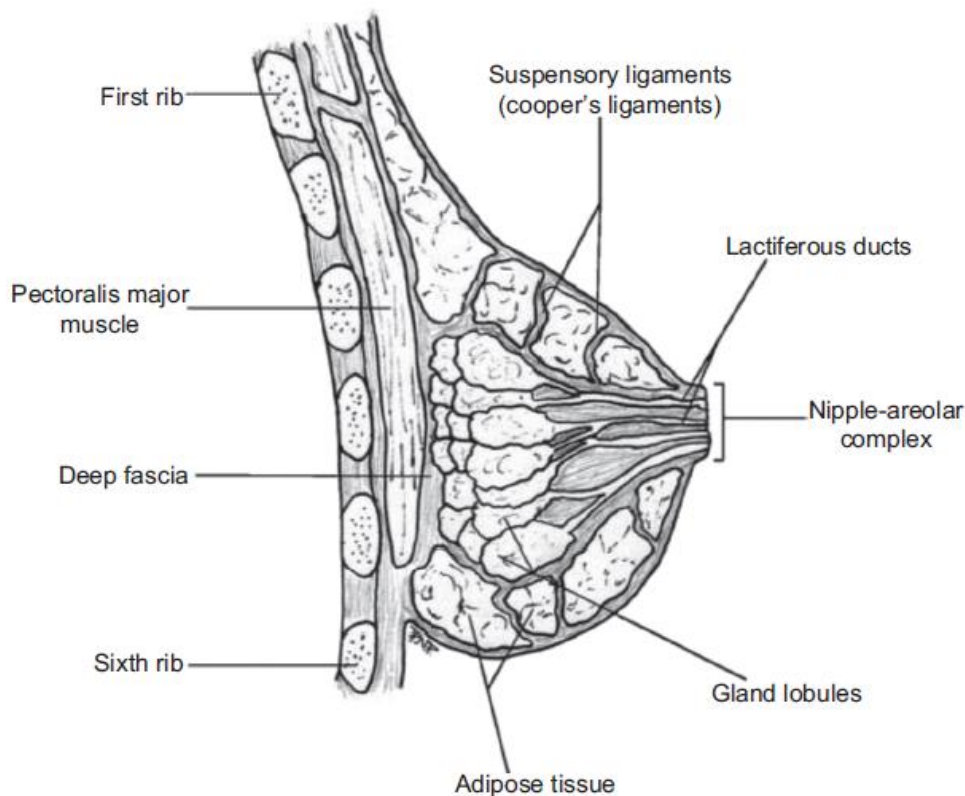
Počítačem podporovaný design (CAD) umožňuje snadné modifikace návrhových parametrů tak, aby odpovídaly virtuálnímu modelu. 3D simulace virtuálního oděvu může zkrátit proces navrhování oděvů pomocí virtuálního opotřebení, přizpůsobení vyhodnocení a změně stříhu. Některé softwary jako Browzwear, Clo3D a OptiTex umožňují vytvářet proces virtuálního přizpůsobení zadáním dat 2D stříhu a přizpůsobením 3D digitálního lidského modelu (avatar) k vyhodnocení návrhu oděvu. Tyto technologie dokážou snadno určit deformaci oděvu (strečink, řasení). Nicméně protože avataři používaní v těchto metodách jsou rigidní, selhává poskytnutí informací o rozložení a kontaktním tlaku, který způsobuje změnu měkkých tkání během procesu nošení. Proto se začalo využívat metody konečných prvků. Parametrická optimalizace byla též založena na modelování konečných prvků, díky tomu se nemusí vytvářet prototypy a nedochází k plýtvání s látkou. Kromě toho v porovnání s 3D technikou simulace virtuálního oděvu, simulace MKP umožňuje zákaznický specifický model kombinovat se skutečným. Poskytuje podrobné informace z analýzy jednotlivých reakcí, pokud jde o změnu tvaru těla a komfortní tlak vyvíjený na tělo. [22]

Aplikace MKP je stále v plenkách pro navrhování podprsenek kvůli velmi komplexním nelineárním problémům, které s sebou nese nepravidelnost geometrie prsu, hyperplastické vlastnosti měkkých tkání prsu a kontakt mezi nimi a podprsenkou a celkově

měkkých tkání prsu. Hlavními výzvami jsou simulace multiaxiální deformace prsu, která vyžaduje vysoce nelineární a multimodální matematiku funkcí. Za druhé, je obtížné simulovat anizotropní vlastnosti pleteniny, pruženky a spojovacích prostředků, které se běžně používají při výrobě podprsenek. Za třetí, existuje stále mnoho problémů, jako je nežádoucí průnik při modelování kontaktní mechaniky zapojené do interakcí mezi podprsenkou, prsy a hrudním košem. Nakonec jsou konfigurace prsou velmi složité a musí být před spuštěním zjednodušeny MKP. Proto není snadné dosáhnout dobrého ověřeného výsledku generovaného počítačovou simulací deformace podprsenky, deformace prsou a distribucí napětí. Bude to však průlom v intimním oděvním průmyslu, pokud bude MKP úspěšně aplikovatelná pro simulaci skutečného procesu nošení podprsenky. Nejvíce kritickou součástí analýzy interakce je vytvoření přesného biomechanického sub-modelu prsou s vhodnými materiálovými vlastnostmi pro pozorování deformace nebo pohybu pod vnějším zatížením. [18][22]

Dříve vyvinuté MKP lidských prsou používaly údaje z literatury nebo odvozené mechanické vlastnosti (hlavně elastický modul) z in vivo ultrazvukového měření na malé oblasti prsu, které bylo následně ověřeno ex vivo údaji. Citlivost predikce modelu závisí na okrajových podmínkách prsu a materiálech, z nichž je složka vyrobena. Lékařské studie mají tendenci vytvářet individuální modely prsou založené na obrazech prsou z magnetické rezonance. Tukové a fibroglanduální tkáně prsu byly považovány za nestlačitelné, homogenní a izotropní, byly charakterizovány hyperplastickými neo hookovými rovnicemi, zatímco polynomiální modely byly použity pro pokožku. Pro MKP simulaci podprsenky a pohybu prsu, jsou preferována měření in vivo, kde se 3D zobrazení prsu provádí s lidskými modely ve svislé poloze, s prsy přirozeně visícími. [18]

Prsa jsou nehomogenní struktura obsahující mnoho vrstev a mnoho různých tkání, viz obr. 21. Dva převládající typy tkání uvnitř prsu jsou tuková a žlázová tkáň, která podporuje laktaci. Poměr těchto tkání v prsu se může výrazně lišit v závislosti na jednotlivcoví genetické faktory, věk a nutriční stav. O proporcích tukové a žlázové tkáně v prsu je málo informací ale obecně platí, že prsa mladších žen se primárně sestávají ze žlázové tkáně a pouze malého procenta tuku. Prsa mají obvykle průměr 10 – 12 cm, s centrální tloušťkou 5 -7 cm. Dospělá prsa váží přibližně 200 – 300 gramů a velká prsa mohou vážit 600 – 800 gramů. Tyto znalosti o lidském poprsí jsou velice důležité pro správný popis materiálu při modelování konečných prvků. [18]



Obr. 21 Schematický sagitální řez ženským prsem [18]

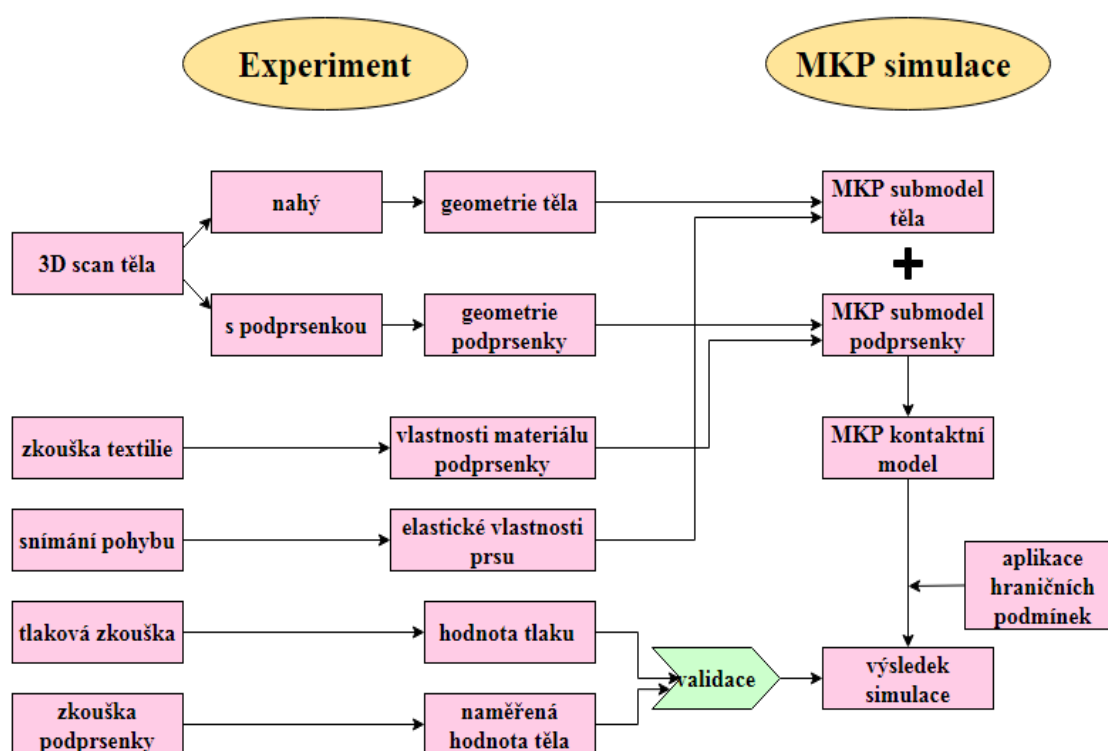
### Hraniční podmínky při modelování prsou konečnými prvky

V MKP jsou okrajové podmínky použity k popisu stavu mezi přidruženými částmi modelového těla. Mechanické mezní podmínky zahrnují stav mezní zátěže a podmínku přemístění. Protože prsa přiléhají k hrudním svalům, extrahovaná hranice prsu je 3D křivka, která je diskrétní jako počet uzlů v MKP modelování prsou. Předchozí studie obvykle považovaly hranici prsu za pevnou, takže posunutí okrajové podmínky bylo nastaveno na nulu. Pozdější studie pracovala s tím, že přilepila model prsu na model hrudníku, takže okrajový stav prsu byl stejný jako u hrudníku. Další studie postavila samostatně model prsou a model hrudníku, hranice prsu a hrudníku se shodovaly, což znamenalo, že mezní stav prsu byl stejný jako u hrudníku. Bez ohledu na okrajové podmínky při modelování prsu pomocí MKP je podmínkou hranice posunu to, že prso je upevněno na hrudi. Hranice zátěžového stavu pro modelování prsu MKP se liší a závisí na cílech studie. [18]

### Modelování prsou pomocí konečných prvků

Byl proveden experiment za účelem vyvinutí MKP kontaktního modelu hyperplastických prsou a podprsenky pro simulaci nošení podprsenky použitím realistických okrajových podmínek a numerických algoritmů, jehož schéma můžeme vidět

na obr. 22. Obrys prototypu podprsenky byl extrahován přímo z nasnímaného těla modelu. Deformaci prsu a kontaktní tlak na kůži šlo získat pomocí numerické metody simulace současně. Nově vytvořená podprsenka s jinými konstrukčními prvky, jako jsou materiálové vlastnosti pleteniny, napětí pruženky nebo ramínek, typy podprsenky s nebo bez kostic, šla pak snadno získat změnou parametrizace na základě počátečního prototypu podprsenky. Dále byl popsán tvarovací efekt podprsenky a tlaková distribuce prsou byla předvídána z počátečního prototypu podprsenky s kosticí a bez kostice úpravou lokální parametrizace. Výsledky byly porovnávány a validovány odpovídajícími experimentálními daty. [22]



Obr. 22 Schéma experimentu [22]

Jak je vidět ze schématu na obr. 22 experiment se skládá z 5 částí: a) 3D skenování těla pro sestavení geometrického modelu torza a podprsenky, b) získání materiálových parametrů, c) zachycení pohybu pro stanovení vlastností materiálu prsu, d) tlakový test pro ověření výsledků simulace, e) montáž podprsenky pro kvantitativní měření účinků tvarování prsu. [22]

**3D skenování těla:** pro získání tvaru těla byl použit 3D laserový skener (Vitus, Human Solutions, Německo). Tělo bylo zachyceno ve třech podmínkách a to bez podprsenky, s podprsenkou bez kostic a s podprsenkou s kosticí. Předmětem byla zdravá žena s výškou

166 cm, hmotností 61,2 kg a indexem tělesné hmotnosti  $22,2 \text{ kg/m}^2$ . Její velikost podprsenky byla 36C. [22]

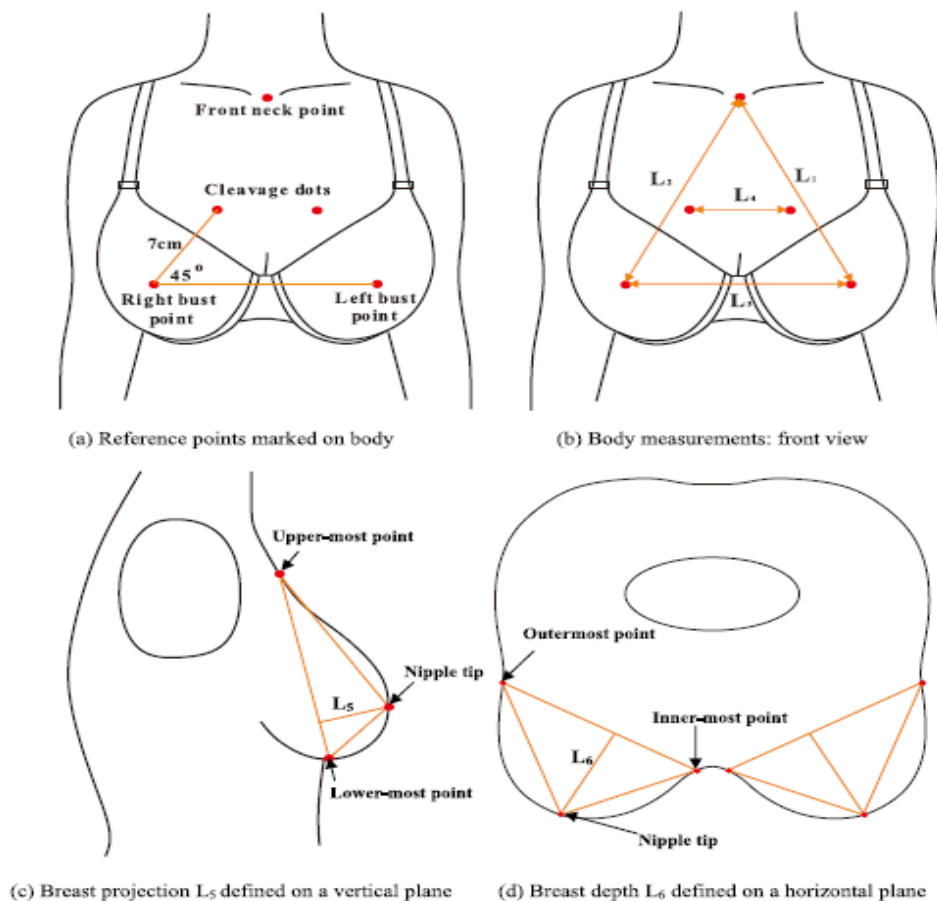
**Zkouška textilie:** byla změřena elasticita pleteniny každé podprsenky za použití systému Instron tensile tester (Norwood, MA, USA). Pro podprsenku byl předpokládán materiálový model izotropního elastického materiálu s rovnoměrnými takovými vlastnostmi v obou směrech. Na základě z průmyslové praxe z konstrukcí oděvů obepínajících tělo má podprsenkový pás menší obvod než je podprsní obvod měřený na těle. Snížené procento se pohybuje od 15% (pro tuhý materiál) do 25% (pro pružný materiál) při navrhování podprsenky. Proto byl využit elastický modul podprsenkového pásu s 20% při modelování MKP. Pro košíčkovou část je díl dělán o 5% menší než přes košíček (vodorovná čára procházející přes bradavku), takže může zabránit nežádoucímu pohybu prsou směrem ven. Ramínka je třeba upravit tak aby byla zajištěna dostatečná opora pro všechny typy prsou. Prodloužení ramínek je obvykle kolem 10%. Youngův modul těchto složek podprsenky lze vypočítat v těchto bodech napětí a vložen do sub-modelu podprsenky MKP jako materiálový parametr. [22]

**Zachycení pohybu:** pro zachycení pohybu byl proveden experiment zachycení pohybu deformace prsou při nošení podprsenky. Byly využity metoda optimalizace pro stanovení Mooney- Rivlinyho materiálových koeficientů lidských prsou in vivo pomocí statických a dynamických modelů konečných prvků. [22]

**Tlaková zkouška:** tlak kůže pod košíčkem, pásem a ramínky byl měřen pomocí kalibrovaného systému Novel Pliancen – X (Novel Electronics, Německo). Pro měření tlaku v košíčku byl použit maticový tlakový senzor 2x2 cm. Protože senzor vyžaduje větší plochu pro detekci malého tlaku na měkké tkáni prsu. Tlak pásu a ramínek byl měřen pomocí samostatného snímače tlaku. [22]

**Zkouška podprsenky:** pro tento experiment jsou důležité 4 referenční body: přední krční bod, štěpné (dekolt) body, levá bradavka a pravá bradavka viz obr. 23(a). Tyto body byly vyznačeny na těle modelky, aby se kvalifikovala změna tvaru prsou na základě čtyř referenčních čar: L1 od předního krčního bodu směřuje k pravé bradavce; L2 od předního krčního bodu k levé bradavce; L3 zprava doleva na bradavky a L4 mezi štěpnými body viz obr. 23(b). Zvedací a shromažďovací účinky prsa se měří z hlediska přírůstkových změn  $\Delta L_i$ . Tvar hrudníku ve svislém směru a průřezu roviny se hodnotí také pomocí softwaru

Rapidform XOR3 (INUS Technology Inc., Korea). Tři referenční body (nejvyšší bod, bradavka a dolní bod) tvoří trojúhelník ve svislé rovině s mírou „projekce prsu“  $L_5$  viz obr. 23(c). Další skupina tří referenčních bodů (nejvzdálenější, bradavka a nejněvnitřnější bod) tvoří další trojúhelník v průřezu s mírou „hloubky hrudi“  $L_6$  viz obr. 23(d). [22]



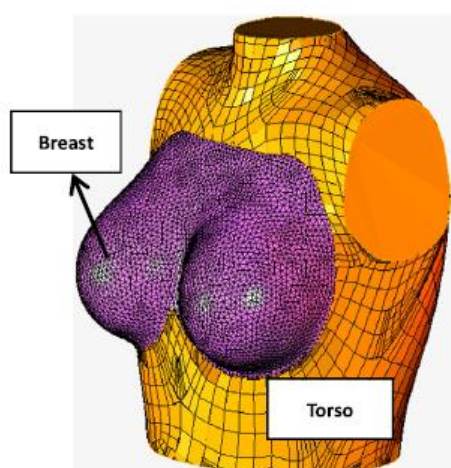
Obr. 23 Referenční body [22]

### Konstrukce kontaktního modelu metodou konečných prvků

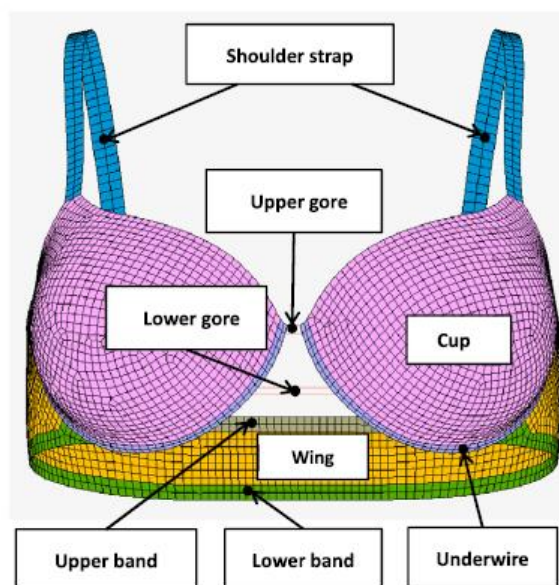
**Model těla:** model těla obsahoval tuhý trup a dvě měkká prsa viz obr. 24(a). Počáteční geometrický model svršku trupu byl získán z naskenovaného obrazu živé modelky, která na sobě měla jednovrstvou, nevyztuženou podprsenku. Pomocí softwaru Rapidform byla prsa extrahována z těla o tloušťce 40 mm s 5mm oky čtverných prvků. Jelikož jednovrstvá podprsenka mírně deformovala tvar prsou, muselo být aplikováno vnější zatížení prsou pomocí softwaru FEM Marc (MSC Marc 2014.2.0, USA), dokud se bradavky neshodovaly s odpovídajícími souřadnicemi jako na obraze bez podprsenky. Tento sub-model těla měl správný kořen prsou i ničím nedeformovaný tvar prsou. Aby šlo

simulovat účinky gravitačních a kontaktních sil, bylo dalším krokem získání modelu těla bez napětí jako výchozí geometrické konfigurace před simulací nošení podprsenky. Nezatížený dílčí model těla byl sestaven pomocí inverzního algoritmu navržený Ederem a kol. Byla získána počáteční konfigurace modelu těla bez gravitace použitím vzestupné gravitace na model bez podprsenky. Nicméně, tento geometrický model nelze použít pro počáteční stav simulace, protože elastický typ materiálu použitý pro tkáň prsu vykazoval nelineární chování, když byl vystaven velké deformaci. Ověřovací model byl vytvořen po použití gravitace na počáteční konfiguraci modelu bez gravitace. Po porovnání validačního modelu se skutečně deformovaným modelem může být rozdíl konfigurace mezi dvěma modely upraven vnější silou, která z toho bude odvozena a načtena do počáteční konfigurace modelu bez gravitace. Iterační smyčka bude ukončena, pokud bude rozdíl obou po sobě jdoucích iteračních modelů menší než 5% při první iterační konfiguraci. [22]

**Model podprsenky:** podprsenka nemůže být skenována sama o sobě. Proto počáteční geometrický sub-model podprsenky byl extrahován na základě obrysu podprsenky z naskenovaného obrazu prsou ve vyztužené podprsence. Sub-model podprsenky má dva košíčky, ramínka, kostice, horní a spodní klín a zapínání přišité k elastickému pásu. Celá podprsenka byla rozdělena do 5mm čtyřúhelníkových prvků. Spodní část košíčku a kostice sdílejí stejné uzly v sub-modelu podprsenky, viz obr. 24(b). [22]



(a) FE mesh model of the human body



(b) FE mesh model of the bra

Obr. 24 Sub-model těla a podprsenky [22]



## Kontaktní model

Po získání sub-modelů těla a podprsenky a vytvoření materiálových vlastností se vytvoří kontaktní model. V kontaktním modelu jsou tři prvky: tuhý trup, dvě deformovatelná ňadra a podprsenka. Typ kontaktů byl hlavně „dotyk“. Pro kontakt mezi prsy a trupem bylo použito „lepidlo“, což znamená, že v kontaktní oblasti nedochází k žádnému relativnímu klouzání. Kontaktní páry jsou uvedeny v tabulce č. 3. [22]

Tabulka 3 Kontaktní modelování prsou a podprsenky [22]

Kontaktní páry	Typ kontaktu	Typ kontaktního těla
Prsa - Trup	lepidlo	deformovatelnost- tuhé
Prsa - Košíčky	dotyk	deformovatelnost- deformovatelné
Ramínka - Trup	dotyk	deformovatelnost- tuhé
Košíčky - Trup	dotyk	deformovatelnost- tuhé
Pás - Trup	dotyk	deformovatelnost- tuhé

Takto vytvořené sub-modely těla a podprsenky umožňuje určit posun prsou při gravitačním zatížení a nošením podprsenky. Umožňuje také kontaktní měření tlaku a rozložení tlaku vyvíjeného na prsa podprsenkou. Těž lze určit konečný tvar prsou a celkovou deformaci prsu. [22]

### 2.1.3 Shrnutí a předpoklady metod

3D skenování má potenciál zlepšit navrhování a padnutí podprsenky tak, že podprsenky, které padnou a podporují širokou škálu prsou, jsou vyrobeny podle tvaru a velikosti trupu. Data získaná z 3D skenů mohou také zvýšit účinnost získávání antropometrických dat jako vstup pro konstrukční účely a pro vývoj konstrukcí oděvů generovaných na míru. Je však potřeba brát na vědomí možné zdroje chyb, které mohou nastat při používání různých skenovacích metod a postojů ohledně přesnosti antropometrických měření obvykle odvozených z 3D skenů trupu a prou různých velikostí. Minimalizace těchto chyb zajistí, že lze použít 3D naskenovaná data a efektivně zlepšit design a velikosti podprsenek tak, aby ženy mohly mít přístup k výrobkům na podporu prsou, které skutečně odpovídají jejich antropometrickým měřením, a proto je pravděpodobnější, že se budou pohodlněji nosit.[21]

Studie a experiment popsany v kapitole 2.1.2 Využití metody konečných prvků představuje nový systém zkoušení podprsenky založený na numerické simulaci, který předpovídá účinky různých podprsenek na tvarování prsu z hlediska šesti

předdefinovaných měření prsu, jakož i kontaktního tlaku. Výsledky simulace nošení podprsenky jsou v dobré shodě s výsledky vhodně zvolených experimentů. Faktorem úspěchu této predikce v MKP je v první řadě přijetí Mooney - Rivliniho hyperplastického materiálu pro dílčí model prsu. Za druhé, dva procesy s okrajovými podmínkami uvolňují napětí podprsenky před simulací kontaktu mezi prsy a podprsenkou. Výsledky simulace nošení podprsenky byly také porovnány z hlediska rozdělení tlaku a tvarování prsu. Tyto výsledky odpovídají skutečnému nošení podprsenky. Experiment má však svá omezení v tom, že geometrický sub-model lidského těla je příliš zjednodušený. Kromě jednotné konstrukce prsou byl trup považován za tuhou část těla, která zvýšila simulovaný tlak na straně těla. Budoucí práce by proto měla brát v úvahu tukové tkáně, žlázové tkáně a vazy. Model těla lze upravit přidáním podkožních tkání s kůží. Ověřený model MKP diskutovaný v tomto experimentu lze použít k předpovídání deformace a kontaktního tlaku s přiměřenou přesností a pomoci zajistit lepší porozumění komplexním interakcím mezi prsy a pružnými materiály. Tato metoda může ukázat vizuální změny 3D profilu těla po nošení podprsenky, jakož i kontaktní tlak každé části podprsenky. Návrháři a zákazníci tak budou těžit z využití modelu při navrhování podprsenky a výběru vhodné podprsenky.[22]

### **Porovnání metod**

Obě metody přinášejí zásadní pokrok v navrhování podprsenek. 3D skenování těla přináší realistické obrazy, které se následně zpracují pomocí obrazové analýzy a ve vhodné kombinaci s přidáním efektu moiré mohou poskytnout informace o stříhových blocích, které je důležité určovat pro zlepšení návrhu bezešvých oděvů. V kapitole 2.1.1 Využití 3D skenerů jsou popsány rozdíly mezi celotělovými skenery a ručními skenery. Jako zásadní výhodu ručních skenerů vidím to, že mohou danou část těla nasnímat podrobněji z různých úhlů a v různých polohách, což pak přispívá podrobnějšímu popisu geometrie zkoumané části těla. Z naskenovaných obrazů lze určit objem poprsí, což je velmi důležité při navrhování podprsenek.

Metodu konečných prvků využitou pro navrhování podprsenek považuji za průlomovou v tomto odvětví. Nejen že se dá vymodelovat realistický sub-model těla i podprsenky, ale pomocí této metody jde zkoumat vyvíjený tlak podprsenky na tělo a též jde získat popis deformace poprsí při procesu nošení podprsenky. Což může významně pomoci při modelování košíčkové části podprsenky, která je velice důležitá a zajišťuje komfort uživatele. Na rozdíl od metody 3D skenování těla tak tedy poskytuje mnohem komplexnější a realističtější výsledky experimentů. Nicméně z výše popsaného

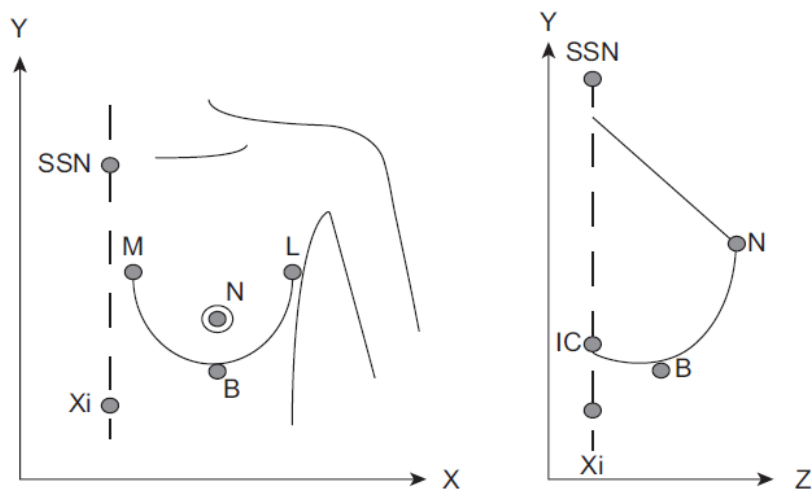
experimentu v kapitole 2.1.2 je vidět, že i pro MKP se využívají data získaná z měření těla 3D skenery. Navrhování podprsenek metodou konečných prvků však zabere více času v porovnání s prací se 3D skenery. Též je nutné mít při této metodě mnohem hlubší znalosti o anatomii zkoumané části těla.

Tento rozbor tedy ukazuje, že vhodná kombinace těchto metod může přinést důležité poznatky pro návrháře a konstruktéry podprsenek. Též je možné předpovídat, že takto navrhované podprsenky nebudou v konstrukčních algoritmech využívat konstantní parametry, jelikož všechny rozměry těla bude možné získat z naměřených dat. Také bude možné designy a konstrukce upravovat podle potřeb zákazníků. Navrhováním podprsenek pomocí těchto metod a hlavně s pomocí metody konečných prvků můžeme zajistit větší pohodlnost při jejich používání.

## 2.2 Geometrická definice hranice prsu

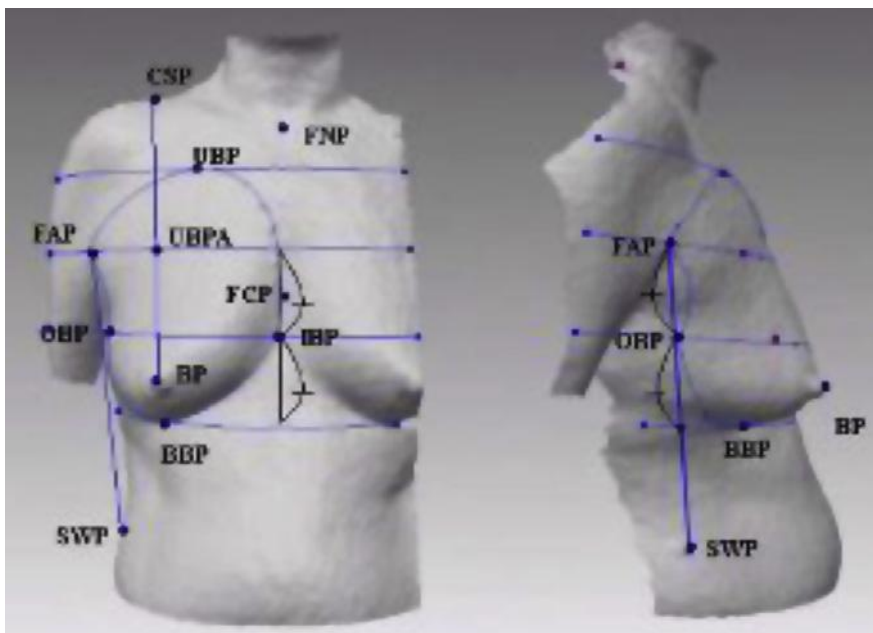
Pro stanovení geometrie 3D prsou se využívají různé zobrazovací technologie. Obrazy se dají získávat z počítačové tomografie (CT) či magnetické rezonance (MR). Tyto techniky poskytují přesný popis povrchu prsou, tukové tkáně a fibroglandulární tkáně. Pokud však nejsou nutné segmentované obrazy, obvykle se využívají 3D laserové skenery. [18]

Biomechanické modely jsou kritizovány za modelování příliš zjednodušeným nebo nerealistickým způsobem pomocí spíše špatných odhadů libovolně definovaných hranic prsu. Proto řada vědců zavedla metody k identifikaci hranice prsu s cílem vybudovat reálnější model prsu. Brown a kol. (1999) využívá body těla k definování hranice prsou. Hranice prsu jsou dány body: B, základní bod prsu; IC, podprsni ohyb; L, boční okraj záhybu; M, středový okraj záhybu; N, bradavka; SSN, krční jamka; Xi, mečovitý výběžek hrudní kosti viz obr. 25. [18]



Obr. 25 Metoda podle Browna a kol. [18]

Lee a kol. (2004) navrhl některé referenční body prsou, založené na umístění anatomických orientačních bodů vybraných podle obrázků prsu. Pro osobu bez odborných anatomických znalostí a bez jasných hraničních odkazů je však obtížné tyto body identifikovat. Hranice prsu jsou dány body: BP, hrudní bod; OBP, vnější hrudní bod; IBP, vnitřní hrudní bod; UBP, horní hrudní bod; BBP; spodní hrudní bod; SWP, boční pasový bod viz obr. 26. [18]



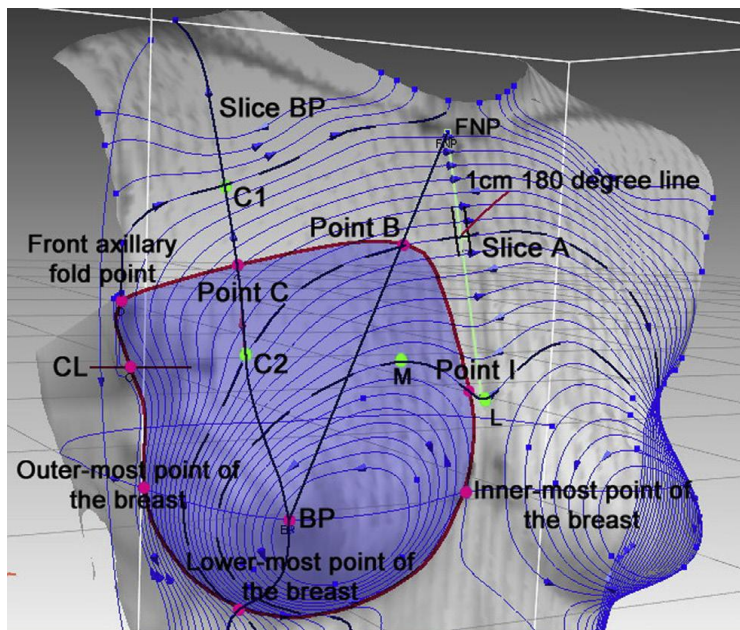
Obr. 26 Metoda podle Lee a kol. [18]

Yip a kol. (2012) definoval hranici prsu jako kruhovou linii procházející kožními orientačními body, které můžeme vidět na obr. 27. K nalezení bodů je však nutná profesionální palpace, která může být pro subjekt nepříjemná, a výsledky se mohou lišit po opakování palpance. [18]



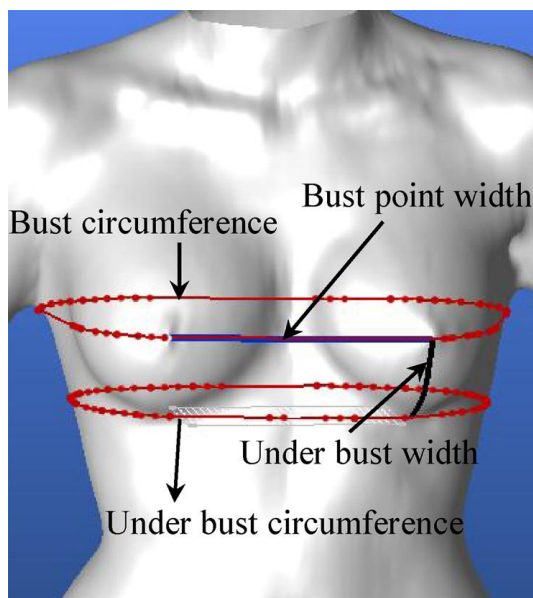
Obr. 27 metoda podle Yip a kol. [18]

Zheng a kol. (2007) navrhl metodu pro vymezení hranice prsou pomocí referenčních bodů. Hranice 3D prsou obsahovala celkem 20 klíčových bodů: 15 kolem kořenu prsu, postraní bod související s linií hrudníku, přední axilární bod záhybu a 3 nově definované body označené B, C a I. Důležité body: BP, hrudní bod; CL, levý průlomový bod na sagitální straně; FNP, přední krční bod; M, nejvyšší bod ve svislé rovině procházející bodem na hrudní kosti viz obr. 28. [18]



Obr. 28 Metoda podle Zhenga a kol. [18]

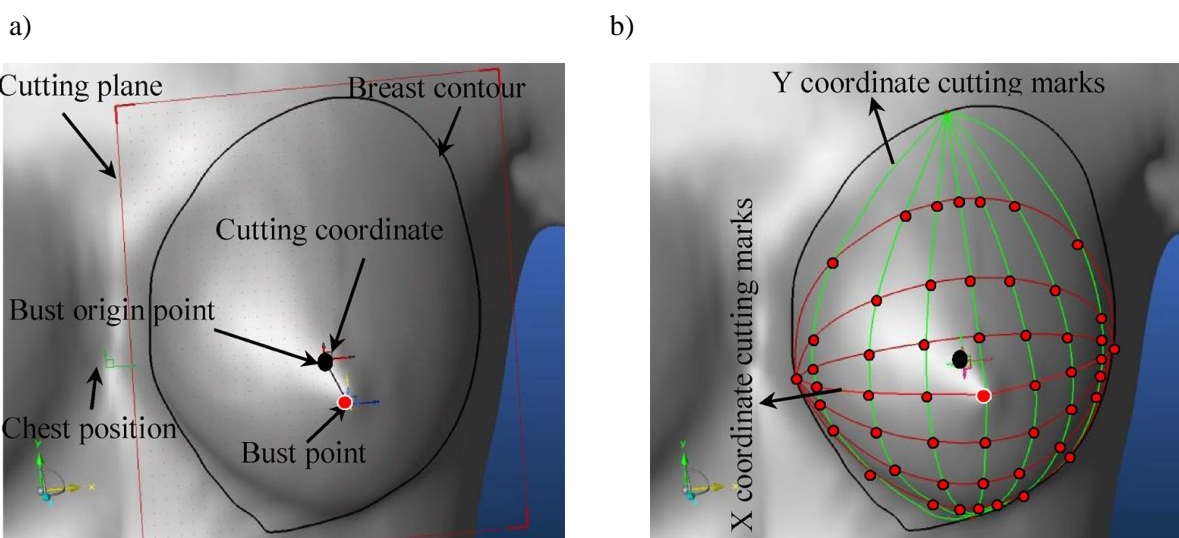
Tým vědců, který se zabýval přizpůsobením konstrukce podprsenky pro dámskou neprůstřelnou vestu, používal k realizaci 3D návrh adaptivního poprsí virtuální figuríny. V prvních krocích využili 3D skener pro nasnímání modelu a následně pomocí obrazové analýzy určili výchozí velikost 90B. Bylo důležité zjistit, zda je tento konkrétní model v souladu se standardní velikostí 90B. Po ověření rozměrů se upravila 2D konstrukce podprsenky, aby se později dala ověřit 3D konstrukce a objem poprsí. [20]



Obr. 29 Sken torza s vyznačenými obvody [20]

Dalším krokem bylo chronologické vyhledávání různých značek kolem poprsí za účelem určení polohy středu poprsí (zelená značka) a určení přesného umístění prsního

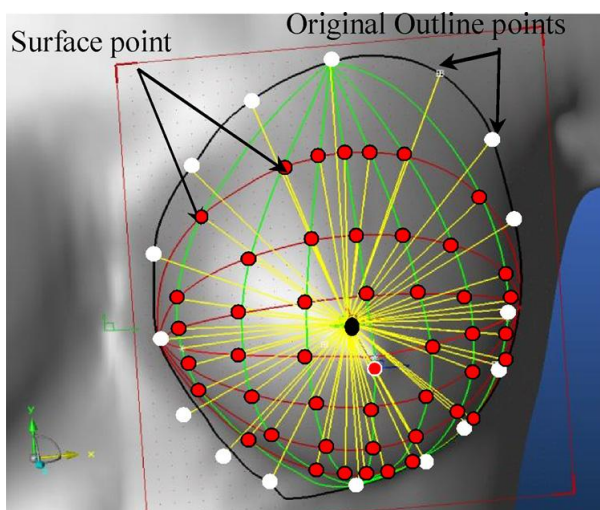
bodů (modrá značka). Značky byly též použity pro změnu orientace řezné roviny (červené ohraničení) podél os X a Y jak je znázorněno na obrázku 30 a). Dále byl definován obrys prsu (označen černě). Tento konkrétní černý obrys prsu jim později posloužil jako základ pro extrakci různých objemů prsu. Aby se dosáhlo objemu povrchu prsou pro vytvoření adaptivního poprsí na základě řezných souřadnic, byly vytvořeny různé řezné značky s různými úhly orientované v ose X (označené červenou barvou) a v ose Y (označené zelenou barvou). Základní myšlenka je zde podobná přístupu detekčního klíče, kde hlavní body využívají řezné roviny a projekční roviny. Výsledek extrakce klíčových bodů a tvorba sítě je znázorněna na obr. 30 b). Tyto značky v ose X a Y pomáhají určit různé řezné roviny pro konstrukční síť křivek na povrchu prsou. [20]



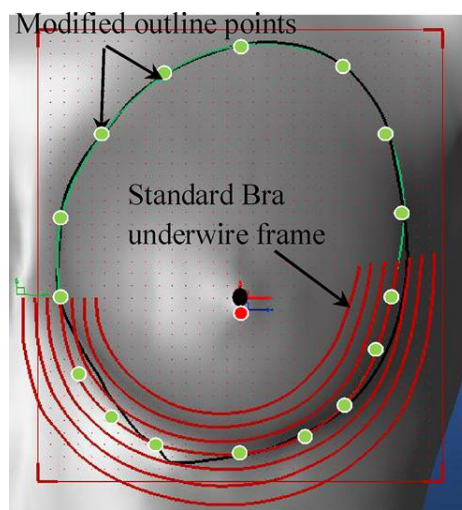
Obr. 30 a) vyhledávání značek, b) obrys prsu a řezné roviny [20]

Po této fázi byly promítnuty různé privilegované směry (označeny žlutě) od počátku prsního bodu (černá tečka) pro definování různých objemů prsu viz obr. 31 a). Jejich hypotéza je taková, že každý bod na povrchu prsu směřovaný svým vlastním směrem je vystředěn na ořezové značce v zarovnání příslušných bodů (označených jako červené tečky). Vývoj bodů na obrysu prsu sleduje stejnou hypotézu s body rozloženými proporčně na tomto obrysu (označené jako bílé tečky). Další krok byl velice důležitý, protože určoval umístění tuhých výztuží (označeno červeně), které udávají přesný tvar spodní části košíčku, viz obr. 31 b). Obrys prsu (černá křivka) je tedy referenční křivkou pro úpravu polohy kotevních bodů vzhledem k základnímu objemu 90B. Vyznačení kostic sloužilo především jako pevná grafická podpora k vytvoření upraveného objemu prsu (zelená křivka, která spojuje upravené obrysové body) pro spodní část podprsenkového koše. [20]

a)



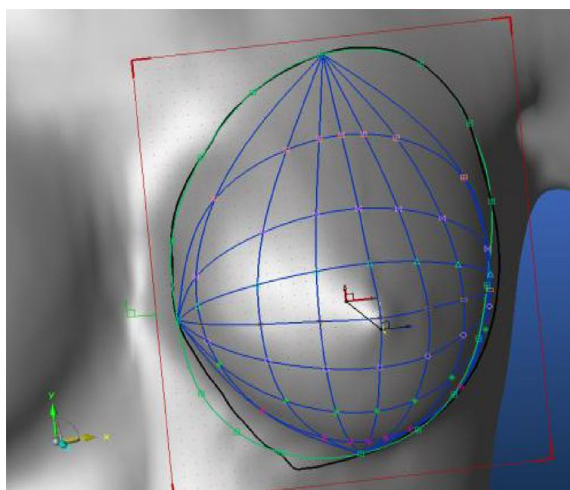
b)



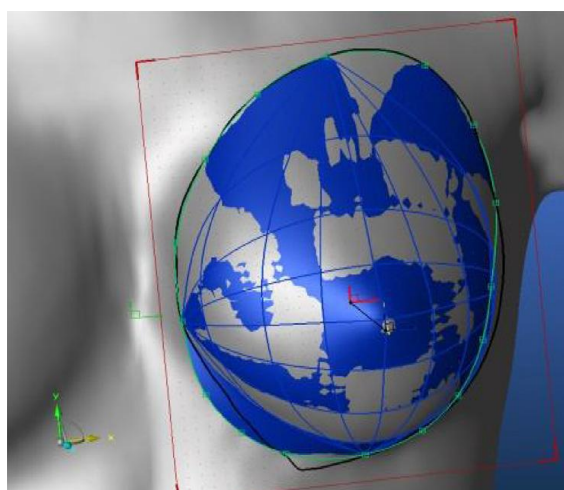
Obr. 31 a) promítnutí privilegovaných směrů, b) určování umístění tuhých výztuží [20]

Poté se vytvoří sada doporučených bodů podle žlutě vyznačených směrů. Následně byla definována další síť křivek (označena modře), která prochází těmito body, viz obr. 32 a). Nakonec byl vytvořen finální tvar poprsí, viz obr. 32 b) (s šedou a modrou barvou), aby se ověřilo, že rekonstrukce tohoto objemu odpovídá tomu základnímu (90B). Celý tento proces pomohl vědcům definovat geometrickou definici hranic a objemu poprsí. [20]

a)



b)



Obr. 32 a) definovaná síť křivek, b) finální tvar prsu [20]

### 2.2.1 Shrnutí analýzy

Z tohoto rozboru různých vědeckých výzkumů je jasné, že není stanovený žádný jednotný postup pro geometrickou definici hranic prsu. Každý výzkum využívá jinou metodu ke stanovení hraničních bodů. Využívají se různé zobrazovací techniky např. tomografie (CT), magnetická resonance (MR) či 3D laserové skenery. Někteří využívají znalosti anatomie k určování hraničních bodů nebo také palpaci. Metoda vědců, kteří se



snažili zdokonalit podprsenku pro dámskou neprůstělnou vestu, navíc dokáže určit i objem prsu, což je velice přínosné pro navrhování košíčkové části. Poznatky o hraničních bodech budou využity ve výsledném konstrukčním algoritmu.

### 2.3 Konstrukční algoritmus pro popis geometrie košíčkové části bežešvé sportovní podprsenky

Cílem této bakalářské práce bylo vytvořit algoritmus pro popis geometrie košíčkové části bežešvé sportovní podprsenky.

Pro základní konstrukci je využit upravený konstrukční algoritmus z diplomové práce Šťastné. Algoritmus popisující tvorbu košíčkové části je vytvořen využitím informací z rešeršní části a z poznatků získaných v experimentální části práce. V algoritmu budou využity některé hraniční body z kapitoly 2.2 Geometrická definice hranice prsu.

Vstupní parametry odpovídají velikosti 38 z velikostních tabulek Müller.[23]

Tabulka 4 Vstupní parametry

<b>vp</b>	<b>oh</b>	<b>op</b>	<b>os</b>	<b>zhp</b>	<b>dz</b>
168 cm	88 cm	70 cm	94,5 cm	20,2 cm	41,2 cm

V tabulce č. 5 jsou uvedeny pomocné konstrukční rozměry.

Tabulka 5 Pomocné konstrukční rozměry

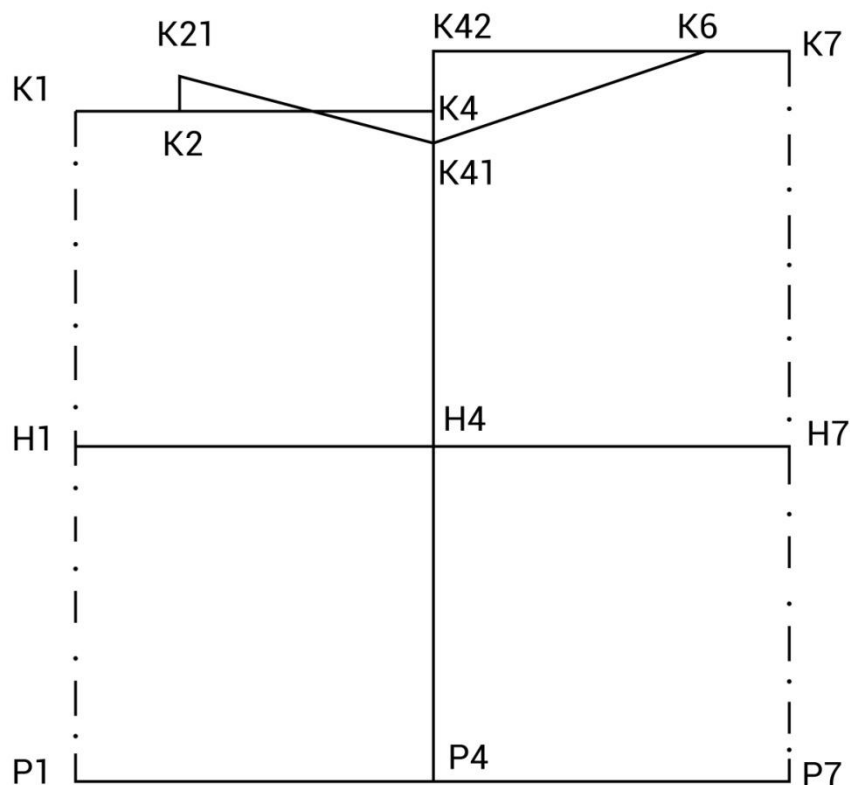
<b>Rozměr</b>	<b>Výpočet</b>	<b>Hodnota</b>
<b>špk</b>	$0,05 \text{ oh} + 2$	6,4 cm
<b>zvpd</b>	$0,05 \text{ oh}$	3,9 cm

V tabulce č. 6 je popsán algoritmus pro tvorbu základní sítě rozvinutého povrchu těla z 3D do 2D. Střih je symetrický, rýsuje se  $\frac{1}{2} \text{ ZD} + \frac{1}{2} \text{ PD}$ .

Tabulka 6 Algoritmus pro tvorbu konstrukční sítě

<b>P.č.</b>	<b>Název rozměru</b>	<b>Popis konstrukce</b>	<b>Vztah</b>	<b>Rozměr</b>
1.	Zadní středová přímka	1		
2.	Krční přímka	$k \perp 1 \rightarrow K1$		
3.	Zadní hloubka podpaží	K1 H1	zhp	20,2 cm
4.	Délka zad	K1 P1	dz	41,2 cm

5.	Hrudní přímka, pasová přímka	$h, p \perp 1$		
6.	Šíře ZD a PD	H1 H7	0,5 oh	44 cm
7.	Šíře ZD	H1 H4	0,5 H1 H7	22 cm
8.	Středová přímka PD	$h \perp 7$		
9.	Boční přímka	$h \perp 4$		
10.	Šíře průkrčníku ZD	K1 K2	špk	6,4 cm
11.	Zvýšení průkrčníku ZD	K2 K21	$k = 2,4$	2,4 cm
12.	Sklon náramenice	K4 K41	$k = 1,5$	1,5 cm
13.	Ramenní linie ZD			
14.	Zvýšení PD	K4 K42	zvpd	3,9 cm
15.	Šíře průkrčníku PD	K7 K6	špk + 0,5	6,9 cm
16.	Ramenní linie PD			



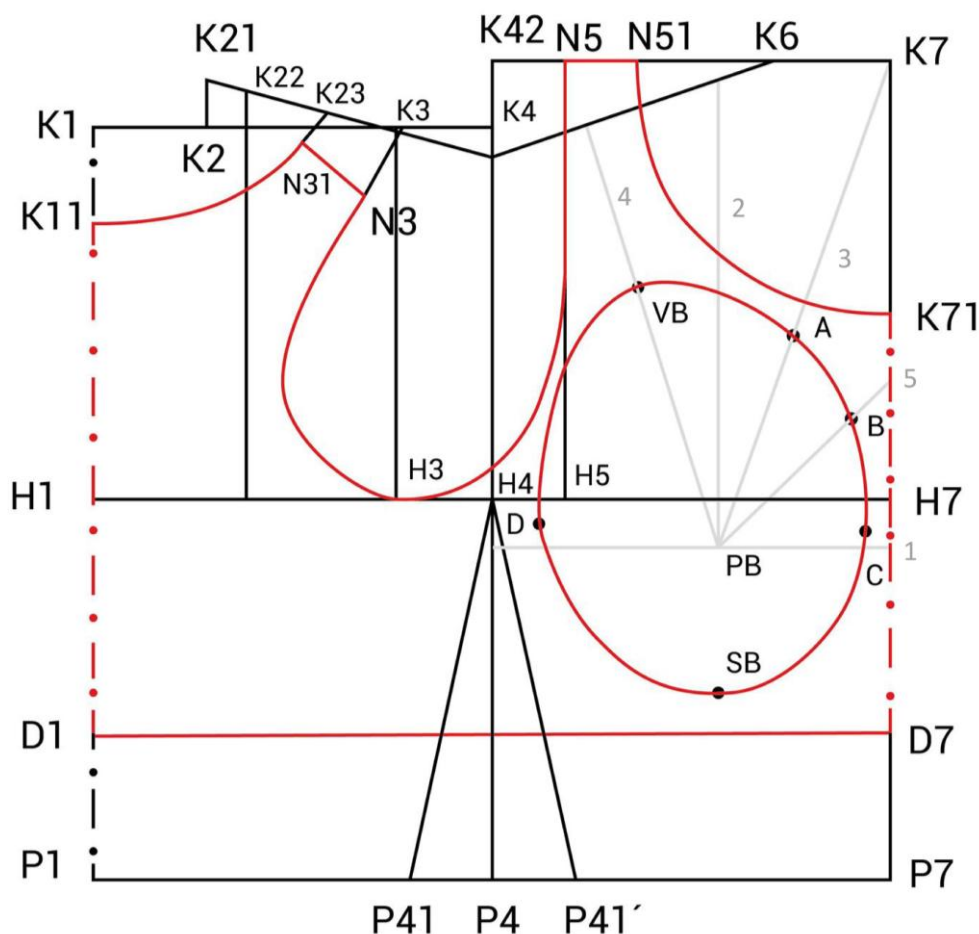
Obr. 33 Základní konstrukční síť v měřítku 1:5

V tabulce č. 7 je uveden algoritmus pro tvorbu modelové úpravy podprsenky a pro geometrický popis košíčkové části.

Tabulka 7 Algoritmus modelové úpravy podprsenky a pro geometrický popis košíčkové části

P.č.	Název rozměru	Popis konstrukce	Vztah	Rozměr
17.	Šíře zad	H1 H3	$0,125 \text{ oh} + 5,5$	16,5 cm
18.	Zadní průramková přímka	$H \perp 3$		
19.	Šíře průramku	H3 H5	$0,128 \text{ oh} - 1,5$	9,5 cm
20.	Přední průrazková přímka	$H \perp 5$		
21.	Snížení krční přímky ZD			5 cm
22.	Umístění náramenice	K21 K23		7 cm
23.	Šíře náramenice	K23 K3		4 cm

24.	Délka podprsenky	K11 D1		28 cm
25.	Šíře pasového vybrání ZD	P4 P41		4,5 cm
26.	Šíře pasového vyprání PD	P4 P41'		4,5 cm
27.	Snížení průkrčníku PD	K7 K71		13,5 cm
28.	Šíře náramnice PD	N5 N51		4 cm
29.	Vykreslení PD a ZD	K11 D1 D7 K71 N51 N5 H3 N3 N31 K11		
30.	Umístění prsního bodu	PB		
31.	Umístění podprsního bodu	SB		
32.	Umístění Vrchního bodu	VB		
33.	Umístění bodu A	A		
34.	Umístění bodu B	B		
35.	Umístění vnitřního bodu prsu	C		
36.	Umístění vnějšího bodu prsu	D		
37.	Vykreslení košíčkové části	VB A B C SB D VB		



Obr. 34 Modelová úprava podprsenky v měřítku 1:5

Obrys podprsenky je vyznačen červeně. Pomocné čáry jsou značeny šedou barvou.

K sestrojení košíčkové části bylo využito pěti pomocných čar:

- Čára 1: je kolmá na přední středovou přímkou a prochází prsním bodem PB.
- Čára 2: je kolmá na čáru jedna a prochází prsním bodem PB.
- Čára 3: je vedena z prsního bodu PB ke krčnímu bodu K7.
- Čára 4: svírá stejný úhel jako čára 3 k čáře 2.
- Čára 5: svírá úhel  $45^\circ$  k čáře 1.

Předpokládaná redukce vstupních konstrukčních parametrů v příčném směru je 34 %, v podélném směru 10 %. [24]

## Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo sestavit konstrukční algoritmus pro popis geometrie košíčkové části bežešvé dámské sportovní podprsenky. Práce je rozdělena na dvě části – rešeršní a experimentální.

Rešeršní část bakalářské práce popisuje teorii, kterou je třeba znát před experimentem. V této části byly nastudovány tvarová řešení košíčkových částí podprsenek a byla provedena analýza experimentů provedených pro popis geometrie stříhových bloků seamless oděvů a popisu geometrie konkrétní části lidského těla. Dále se rešeršní část zaměřuje na studii seamless technologie pletení, členění lidského těla a popisuje metodiky měření tělesných rozměrů.

V experimentální části jsou analyzovány experimenty, které umožňují určit popis geometrie konkrétní části těla a geometrii stříhových bloků. Byla analyzována metoda použití 3D laserových skenerů, ručních i celotělových, metoda přidání efektu moiré a metoda použití MKP k popisu geometrie a modelování těla.

Z rozboru těchto metod jsou stanoveny předpoklady:

- 3D skenování těla má potenciál zlepšit navrhování a padnutí podprsenky tím, že podprsenky budou vyráběny podle tvaru a velikosti trupu a poprsí.
- Data získaná z 3D skenerů mohou zvýšit účinnost získávání antropometrických dat jako vstup pro konstrukční účely
- Bude možné určovat objem poprsí z naskenovaných obrazů
- Bude možné předpovídat účinky různých podprsenek na tvarování prsu díky využití systému zkoušení podprsenek založenému na numerické simulaci MKP
- Bude možné předpovídat deformaci prsu a hodnotu kontaktního tlaku
- MKP může ukázat vizuální změny 3D profilu těla při nošení podprsenky
- Podprsenky navrhované pomocí těchto metod nabudou využívat v konstrukčních algoritmech konstantní parametry
- Bude možné upravovat designy podprsenek podle potřeb zákazníků

Porovnání těchto metod ukázalo, že jejich vhodná kombinace může přinést důležité poznatky pro návrháře a konstruktéry podprsenek. Studie těchto metod též ukázala, že je k výzkumu důležité skenovat ženy s různými druhy prsu aby bylo možné návrhy podprsenek využít pro větší množství uživatelů.

Dále byly v experimentální části analyzovány metody pro geometrickou definici hranice prsu. Z toho rozboru je zřetelné, že není stanovena žádná jednotná metoda k určení této hranice, jak je již zmíněno ve shrnutí této části.

Z poznatků z rešeršní a experimentální části práce byl nakonec vytvořen konstrukční algoritmus pro popis geometrie košíčkové části dámské bežešvé sportovní podprsenky. V algoritmu jsou využity některé z hraničních bodů z geometrické definice hranice prsu. K sestrojení košíčkové části bylo využito pomocných čar. Čáry jsou odvozeny z předchozího rozboru experimentů. V algoritmu pro popis košíčkové části nejsou využity žádné konstantní hodnoty. Algoritmu lze doporučit do výroby za předpokladu, že jeho přesnost bude ověřena.

Na tuto bakalářskou práci doporučuji navázat ověřením algoritmu vytvořeného v této práci, jelikož je vytvořen z teoretických znalostí získaných z experimentů popsanych v této práci. Dále doporučuji zkoumat využití metody konečných prvků pro navrhování podprsenek. Hypoteticky lze předpokládat, že i pomocí této metody lze určit geometrii stříhových bloků bežešvého prádla. Zajímavým výzkumem by mohlo být i sjednocení určení hranice prsu, která může dopomoci k lepšímu tvarování košíčků pro podprsenky.



## Zdroje

- [1] URBANOVÁ, L. 2019, Rozhovor s certifikovaným NIKE woman expertem se specializací na bra fitting. Praha 8. 11. 2019
- [2] CHAN, C. Y. C., YU, W. W. M., NEWTON, E. *Evaluation and Analysis of Bra Design*. The Design Journal 2001, 4:3, 33-40
- [3] ONDROUŠKOVÁ, A. *Vývoj konstrukční metodiky střihů korzetových výrobků*. Liberec, 2013. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Fakulta textilní.
- [4] ŠVERCL, J. (2000), *Konstrukce, rozviny a střihy výrobků z plechu*, Scientia, ISBN: 80-7183-176-X
- [5] ŠŤASTNÁ, K. *Parametrická konstrukce sportovní podprsenky*. Liberec, 2016. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Fakulta textilní.
- [6] VAŠEK, M. *Návrh sportovní podprsenky*. Liberec, 2012. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci. Fakulta textilní.
- [7] MUSILOVÁ, Blažena, Petra KOMÁRKOVÁ a Viera GLOMBÍKOVÁ. *Základy konstruování oděvů*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004. ISBN 80-708-3783-7.
- [8] ZOUHAROVÁ, Jana. *Výroba oděvů*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004. ISBN 80-7083-781-0.
- [9] MUSILOVÁ, B. *Konstrukce oděvů: Orientace na lidském těle a identifikace lidského těla* [přednáška]. Liberec: Technická univerzita v Liberci: Fakulta textilní. [cit. 2020-01-14].
- [10] ČSN 80 0090, ISO 8559 (1993), "Metodika měření tělesných rozměrů mužů, žen, chlapců a dívek", Praha, Český normalizační institut
- [11] MUSILOVÁ, B. *Konstrukce oděvů: Metody měření tělesných rozměrů* [přednáška]. Liberec: Technická univerzita v Liberci: Fakulta textilní. [cit. 2020-01-14].
- [12] HÔRECKÁ, A. *Střihová konstrukce seamless dámského prádla*. Liberec, 2017. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci. Fakulta Textilní.
- [13] VYDARENÝ, Š. *Zjišťování rozměrů těla a konstrukce bezešvého kalhotového výrobku*. Liberec, 2019. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci. Fakulta Textilní.

- [14] Okrouhlé pletací stroje (OPS). e-LTEX [online]. [cit. 2020-01-12] Dostupné z <http://www.skolatextilu.cz/elearning/286/zaklady-textilnich-technologie/technologiepleteni/Okrouhle-pletaci-stroje-OPS.html>
- [15] HAYES, Steven G. a Praburaj VENKATRAMAN. *Materials and technology for sportswear and performance apparel*. Boca Raton, [2016]. ISBN 978-1-4822-2050-6.
- [16] MUSILOVÁ, B. *Konstrukce oděvů: Charakteristika konstrukčních stříhů oděvů z elastického materiálu* [přednáška]. Liberec: Technická univerzita v Liberci: Fakulta textilní. [cit. 2020-02-15].
- [17] KREJČOVÁ, M. *Konstrukce seamless dámského prádla v prostředí CAD systému PDS TailorXQ*. Liberec, 2019. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci. Fakulta Textilní.
- [18] Yu, W. *Advances in women's Intimate Apparel Technology*. Woodhead Publishing Cambridge 1. edition 2016, ISBN 9781782423690
- [19] Nike FE/NOME Flyknit In: Nike.com [online]. 8. 11. 2019. Dostupné z: <https://www.nike.com/cz/t/sportovni-podprsenka-fe-nom-flyknit-se-silnou-oporou-g9XLWw/AJ4047-011>
- [20] Development of comfortable and well-fitted bra pattern for customized female soft body armor through 3D design process of adaptive bust on virtual mannequin – ScienceDirect. ScienceDirect.com | Science, health and medical journals, full text articles and books. [online]. Copyright © 2018 Elsevier B. V. All rights reserved. [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361517304402>
- [21] Three-dimensional scanning of the torso and breasts to inform better bra design - ScienceDirect. ScienceDirect.com | Science, health and medical journals, full text articles and books. [online]. Copyright © 2019 Elsevier Inc. All rights reserved. [cit. 2020-06-15]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128167137000581>
- [22] 3D bra and human interactive modeling using finite element method for bra design - ScienceDirect. ScienceDirect.com | Science, health and medical journals, full text articles and books. [online]. Copyright © 2019 Elsevier Ltd. All rights reserved. [cit. 2020-07-08]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010448518304962>

[23] Müller und Sohn, *DOB-Größentabelle für Damen- und Mädchengrößen*, Deutsche Bekleidungs-Akademie München, 1995, ISBN 3-929305-04-6.

[24] Richardson, K. *Designing and Pattern Making for Stretch Fabrics*. Oxford: Blackwell Publishing 2008, ISBN-13: 9781563674792.