

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

Obor 3106T005
Oděvní technologie

Hodnocení splývavosti textilií s využitím alternativních metodik

Valuation of textile drape with improvement alternative procedures

Světlana Provazníková

KOD – 710

Vedoucí diplomové práce: Ing. Viera Glombíková, Ph.D.

Rozsah práce

Počet stran: 56

Počet tabulek: 4

Počet obrázků: 16

Počet grafů: 19

Počet příloh: 3

Liberec 2007

Doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.
Technická univerzita v Liberci
Fakulta textilní
Katedra oděvnictví

Světlana Provazníková
Střední 386
277 11 Libiř

V Liberci 23.04. 2007

Žádost o prodloužení termínu odevzdání diplomové práce

Žádám o prodloužení termínu odevzdání diplomové práce do 14.5. 2007

Světlana Provazníková

V Liberci 23.04. 2007

Doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Katedra oděvnictví

Školní rok : 2005/2006

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Pro: **Světlanu Provazníkovou**

Obor: 3106T005 Oděvní technologie

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách určuje toto zadání diplomové práce:

Název tématu: **Hodnocení splývavosti textilií s využitím alternativních metodik**

Zásady pro vypracování:

1. Na základě literárního průzkumu proved'te rešerši zaměřenou na téma: „Alternativní metodiky hodnocení splývavosti“.
2. Navrhněte metodiku hodnocení splývavosti plošných textilií s využitím charakterizace rozvinu obrysu 2D průmětu splývající textilie pomocí Fourierových trigonometrických řad.
3. Proved'te srovnání přesnosti výsledků hodnocení splývavosti Vámi navrhovanou metodou a klasického normovaného způsobu hodnocení splývavosti dle Cusicka.

Rozsah grafických prací: cca 50 - 60

Rozsah průvodní zprávy:

Seznam odborné literatury:

- [1] Fisher, P., Krzywinski, S. Links Between Cloth Design, Pattern Development and Fabric Behaviour. Journal of Textile Machinery Society of Japan, 1998, Vol. 22, No. 8, p. 263-273
- [2] Lo, W.M., Hu, J. L., Li, L.K. Modeling a Fabrics Drape Profile. Textile Research Journal, 2002, Vol. 72, No.5, p. 454-463
- [3] [http:// www.dnmco.com/solutions/drape.html](http://www.dnmco.com/solutions/drape.html), on-line 16. 12. 2005

Vedoucí diplomové práce: Ing. V. Glombíková, Ph.D.

Konzultant:

Termín zadání diplomové práce: 22.11.2005

Termín odevzdání diplomové práce: 15.5.2006

L.S.

.....
Doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.
zastupující vedoucí katedry

.....
Prof. Ing. Jíří Militký, CSc.
děkan

V Liberci, dne: 22.11.2005

P r o h l á š e n í

Prohlašuji, že předložená *diplomová* práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušil/a autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním *diplomové* práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své diplomové práce, či poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne 14. 5. 2007

.....
Světlana Provazníková

Anotace

V této diplomové práci jsou popsány alternativní metody hodnocení splývavosti a jejich rozdělení. Zároveň jsou zde uvedeny charakteristiky přístrojů a vzorce pomocí nichž se splývavost textilií u alternativních metod měří.

Cílem této práce je vytvoření metodiky hodnocení splývavosti plošných textilií s využitím charakteristiky rozvinu obrysu 2D průmětu splývající textilie s využitím Fourierových trigonometrických řad.

Klíčová slova: splývavost textilií, Fourierova transformace, FFT, koeficient splývavosti, drapemeter

Annotation

This diploma thesis describes alternative methods of drape-classification and their division. This thesis also states tools-characteristics and formulas used to measure textile draping.

My aim is to create methodology for classification of textile draping using the characteristics of 2D projection unreeling with using Fourier trigonometry series.

Key words: drape of fabric, Fourier transformation, FFT, drape coefficient, drapemeter

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat své vedoucí diplomové práce Ing. Věře Glombíkové, Ph.D. za vedení při zpracování této práce a Ing. Vítu Lédlovi za odbornou pomoc při tvorbě metody v programu Matlab.

Dále bych ráda poděkovala své rodině a všem přátelům za podporu po celou dobu mého studia.

OBSAH

Titulní strana	1
Žádost o prodloužení diplomové práce	2
Oficiální zadání	3
Místopřísežné prohlášení	5
Anotace / Anotation	6
Poděkování	7
Obsah	8
Seznam použitých zkratk	10
ÚVOD	11
TEORETICKÁ ČÁST	12
1 Splývavost	12
2 Metody hodnocení splývavosti	13
2.1 Standardní metody hodnocení splývavosti	14
2.1.1 Měření splývavosti pomocí F.R.L. Drapemeter	14
2.2 Nestandardní metody hodnocení splývavosti	15
3 Alternativní metody	16
3.1 Měření splývavosti pomocí obrazové analýzy	16
3.2 Subjektivní hodnocení splývavosti	17
3.3 Poměrná splývavá vzdálenost	18
3.4 Dynamická splývavost	19
3.5 Vektor splývavých charakteristik	20
3.6 Virtuální měření 3D splývavosti látek	21
3.7 Modelování profilu splývavosti	25
3.8 Určení parametrů splývavosti Fourierovou analýzou	28
4 Fourierova transformace	31
EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	34
5 Metodika s využitím Fourierovy transformace	34
5.1 Měřicí zařízení a postup měření splývavosti	34

5.2	Analýza postupu navrhované metodiky hodnocení splývavosti	36
5.2.1	Rozvin obrysu 2D průmětu splývající textilie do polárních souřadnic	36
5.2.2	Problém fázového posunu	37
5.2.3	Stanovení splývavosti pomocí frekvenčních intervalů	39
5.2.4	Porovnání hodnocení koeficientu splývavosti dle Cusicka a nově navrženou metodikou	52
	ZÁVĚR	54
	Seznam použité literatury	56
	Seznam příloh	57

Seznam použitých zkratk:

DC	koeficient splývavosti (Drape coefficient) [%]
DA	koeficient splývavého úhlu (drape angle)
D _d	dynamický koeficient splývavosti (Drape dynamic) [%]
DP	profil splývavosti
R _D	poměrná splývavá vzdálenost
V	vektor splývavých charakteristik
VMS	virtuální měřicí systém
DFT	diskrétní Fourierova transformace
FFT	rychlá Fourierova transformace (Fast Fourier Transformation)
Obr.	obrázek
Tab.	tabulka
2D	dvourozměrné zobrazení
3D	trojrozměrné zobrazení
M3	měřicí systém splývavosti
S	plocha stínů
R ₁	poloměr disku (R ₁ = 90 mm)
R ₂	poloměr vzorku materiálu (R ₂ = 150 mm)
Matlab	MatrixLaboratory počítačový program

ÚVOD

Jednou ze základních charakteristik, popisujících tvarovou stálost a ovlivňujících estetický vzhled plošných textilií, je právě splývavost. Splývavost látky může být definována jako stupeň deformace, který je produktem svojí vlastní tíhy, s částečnou podporou dalšího předmětu. Působením gravitace je nepodepřená část tkaniny deformována tíhou. Má velký význam na estetickou stránku a ovlivňuje nás, ať již si to uvědomujeme nebo ne, při výběru oděvu.

V teoretické části je okrajově nastíněno, co to vlastně splývavost je. Poté je provedeno rozdělení splývavosti na standardní a nestandardní metody splývavosti. Dále se práce zabývá popisem alternativních metod hodnocení splývavosti.

V praktické části je popsán návrh nové metody hodnocení splývavosti s využitím Fourierovy transformace. Je zde popsáno zařízení na 3D měření splývavosti, které je založeno na principu triangulačního laserového scanneru. Dále jsou zde popsány problémy a následně jejich odstranění, které se vyskytly během hodnocení metodiky splývavosti.

TEORETICKÁ ČÁST

1. Splývavost

V literatuře můžeme mimo jiných najít i tuto definici splývavosti: „*Schopnost textilie vytvářet prostorovou deformaci ve tvaru záhybů zaobleného tvaru, kterých se dosáhne upnutím textilie do kruhové horizontální čelisti.*“ [1]

Splývavost je důležitá vlastnost poddajných materiálů, která rozhoduje o eleganci libovolného oděvu, stejně tak, jako souvisí s estetikou a vzhledem oděvu. Popisuje tvar, kterým látka sama o sobě volně visí v určitém tvaru podle jejích vlastností, kdy část je podepřena libovolným povrchem a zbytek nepodepřen. Splývavost je velice důležitá pro design a vývoj oděvu, a při výběru vhodné látky pro určený oděv.

Má výjimečný význam pro výběr oděvů zákazníky, kteří kromě estetického vzhledu posuzují ještě střih a kvalitu použitých materiálů.

Splývavost můžeme také definovat jako poslušnost chování výrobku k ohýbání, bez vnější síly, pouze pod vlivem skutečné měrné hmotnosti, jež má za následek trojrozměrné deformace. Pro tyto deformace látek jsou rozhodující specifické vlastnosti a to nejen textilie, ale i použitého materiálu.

Vlastnosti, které nejvíce ovlivňují splývavost textilie:

- vlastnosti přízí a vláken použitých k výrobě tkaniny
 - geometrické vlastnosti textilie
 - mechanicko – fyzikální vlastnosti textilie
- [2]

Splývavost může být posuzována subjektivně nebo objektivně, a to buď esteticky nebo mechanicky. Textilie jsou klasifikovány na základě koeficientu splývavosti, který je užíván pro popis míry deformace látky. Koeficient splývavosti byl definován jako procento celkové plochy prstencového kruhu látky s ohledem na zastíněnou oblast, získanou nárysem stínu splývavého vzorku. Proto vysoký koeficient splývavosti označuje malé deformace, kdežto malý koeficient splývavosti označuje velké deformace. [3]

2. Metody hodnocení splývavosti

Metody hodnocení splývavosti se dělí na dvě části:

1. Standardní metody hodnocení splývavosti
2. Nestandardní metody hodnocení splývavosti

Proces výzkumu splývavého chování textilních materiálů můžeme datovat na konec 19. století. V tomto období se stala splývavost předmětem bádání při výzkumu a vývoji vzducholodí. Prvním, pro nás zajímavým výzkumem splývavosti se zabýval v roce 1930 Pierce, který představuje nejzákladnější používaný přístup měření a to metodu **měření převislého konce**. Způsob chování vzorku textilie je hodnocen velikostí volného „ohýbání délky“, který je současně mírou úhlu ohybu. Metoda je založena na tenkém obdélníkovém vzorku látky, který je vrstven mezi dvě plochy (měřicí stůl a kovové pravítko). Pomocí kovového pravítka posuneme vzorek materiálu přes měřicí stůl a necháme vzorek klesnout pod tíhou své vlastní váhy. Splývající textilie vytváří určitou hranu, jejíž odklon od roviny stolu je v určité závislosti na vlastnostech textilií. Vlastní měření provádíme na třech vzorcích materiálu a to jak ve směru osnovy, tak ve směru útku. Pomocí měřicího pravítka změříme vzdálenost splývavé hrany od roviny stolu. Cílem měření je sinus splývavého úhlu ϕ , který je označován jako DA (drape angle).

Metoda převislého konce je široce využívána jak v průmyslových laboratořích, tak pro teoretická studia splývavosti, je jednoduchá a poměrně přesná. Metoda byla používána pro odhad splývavosti nepřímo a jednou z hlavních vad této metody je, že jsme schopni měřit dvourozměrné chování látek, ale splývavost je ve skutečnosti převážně trojrozměrný jev.

[4]

2.1. Standardní metody hodnocení splývavosti

Standardní metody jsou běžně používané metody, které jsou standardizované v normách. Jedná se o metody deskové, kdy se kruhový vzorek materiálu, o průměru okolo 300mm, položí na dvě kruhové desky rozdílných velikostí. Vzorky musí být vyžehlené, bez záhybů. Standardní metody hodnocení splývavosti jsou:

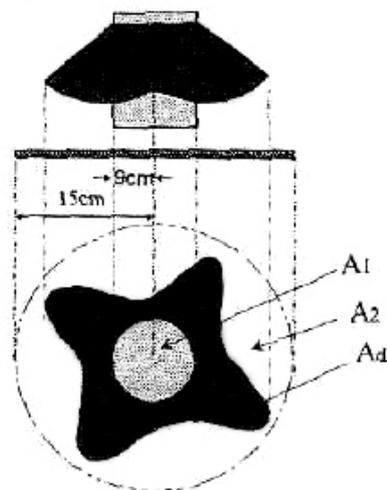
1. Měření splývavosti plošných textilií průmětem podle ČSN 80 0835
2. Měření splývavosti pomocí F.R.L. Drapometru
3. Měření splývavosti netkaných textilií
4. Měření splývavosti pomocí I.T.F. Drapometru

2.1.1 Měření splývavosti pomocí F.R.L. Drapemeter

Splývavost prochází dalším zkoumáním a v roce 1950 přichází Chu a kol. se svým F.R.L. (neboli výzkumnou laboratoří látek) drapemetrem pro měření splývavosti látek, který je založen na trojrozměrném splývání vzorku materiálu. K výpočtu splývavosti zavedl termín koeficient splývavosti, což je bezrozměrná veličina a je široce využívána dodnes. Koeficient splývavosti byl definován jako procento celkové plochy kruhového vzorku látky, s ohledem na zastíněnou plochu, získanou nárysem stínu splývavého vzorku, jak je ukázáno na obr. 1. [4]

Koeficient splývavosti (Chu):

$$DC = \frac{S - \pi R_1^2}{\pi R_2^2 - \pi R_1^2} * 10^2 \quad [\%] \quad (1)$$



Obr. 1 Zobrazení výpočtu koeficientu splývavosti DC

F.R.L. drapemeter byl dále upravován samotným Chu, ale větší úpravy uskutečnil Cusick (1965). Konečný název Drapemeter představuje nástroj, obsahující centrálně umístěný disk jako horizontální podporu tkaniny. Větší kruhový vzorek je na něj centrálně umístěn. Nepodepřená část vzorku je deformována působením gravitace a vlastní tíhy. Z vertikálního paralelního světla, získaného z bodového zdroje světla, umístěného nad drapemetrem. Drapemeter je umístěn na horizontální skleněné desce. Přes průhledný podstavec a skleněnou desku se na horizontální stůl pod skleněnou deskou promítne stín textilie. [3]

2.2 *Nestandardní metody hodnocení splývavosti*

Nestandardní metody hodnocení splývavosti jsou alternativní metody, popřípadě vhodné doplnění metod standardních. Vyznačují se netradičním způsobem měření. Jsou to metody:

1. Metoda splývavosti použitím divergentního světla
2. Metoda vážení
3. Měření splývavosti dynamicky
4. Měření rotačního koeficientu splývavosti
5. Měření splývavosti podle Hanuse

6. Měření podle L. Sodomky
7. Měření metodou rozstříhaných okrajů
8. Metoda B. J. Jevdokimova a A. K. Bucharoveje
9. Subjektivní hodnocení splývavosti
10. Měření splývavosti přes ostrý roh
11. Měření splývavosti pomocí obrazové analýzy
12. Měření hloubky převisu

3. Alternativní metody

3.1 Měření splývavosti pomocí obrazové analýzy

Další úpravu Cusickova Drapemeteru provedli Wangheluwe a Kiekense (1993), Baxes (1994) a Rodel a kol. (2000) použitím počítačové obrazové analýzy. Úprava přinesla lepší přesnost a efektivnost, s jakou může být vytvořena lepší analýza geometrie splývavého obrazu. Úprava vypadala asi tak, že ke konvenčnímu drapemeteru byla připojena kamera, která je centrálně umístěna nad splývající vzorek materiálu a její výstup zaznamenává počítač (vybavený programem počítačové analýzy). Obraz se skládá z bodů o 512 x 512 pixelů. Každý pixel má hodnotu ze škály šedé stupnice o rozsahu 255 bodů, kde nulová hodnota reprezentuje černý bod a hodnota 255 reprezentuje bílý bod. Je důležité podotknout, že obrazová analýza není ovlivněna barvou materiálu. Digitalizovaný obraz je poté převeden ze šedé stupnice do binárního (černo – bílého) obrazu. Digitalizovaný binární obraz je upraven odstraněním segmentací stínů obrazu splývavosti látky z pozadí obrazu. Následuje operace broušení. Tato operace vyplní nepravidelnost jednotlivých-pixelů objektu. Po digitalizaci obrazu splývavosti hledá systém obrazové analýzy hranice mezi stínem látky a centrálním diskem na drapemeteru (mezi A_d a A_1 na obr. 1) a hranici mezi stínem látky a vnější oblastí stínu látky (mezi A_2 a A_d na obr. 1). Použitím popisu této hranice, vypočítá software projektovanou plochu centrálního kruhu na drapemeteru a projektovanou oblast stínu splývavosti látky. Z těchto hodnot je vypočítána hodnota koeficientu splývavosti podle definice ukázané na obr. 1 (Baxes, 1994). [3,5]

$$\text{Koeficient splývavosti} = \frac{A_d - A_1}{A_2 - A_1} * 100 \text{ [%]} \quad (2)$$

Měřením splývavosti pomocí obrazové analýzy, ale jiným způsobem měření, se zabývali Vangheluwe a Kiekens (1993). Vangheluwe a Kiekens jednoduše spočítali počet pixelů vyplňujících projektovaný stín splývavosti látky z vypočítané plochy. S touto hodnotou vypočítali jeden pixel z plochy k účelu kalibrace. Tato metoda může dát rozdílné hodnoty koeficientu splývavosti pro stejný obraz, jestliže se změní směr obrazu vzhledem ke kameře. To je v důsledku procenta pixelů, což je rozsah z obrazu obdélníku. Je vypočítán dělením šíře obrazu jeho výškou. Počet pixelů, vyplňující čtvercový obraz, se mění podle směru obrazu. Tato chyba se zvětšuje jak délkou, tak obrazem rozhraní, a tvar rozhraní se stává nestejným. Proto nemůže být vypočítán koeficient splývavosti z počtu pixelů, vyplňujících projektovaný stín.

Systém obrazové analýzy umožňuje udělat měření koeficientu splývavosti stejné splývavosti pro různé časové intervaly. Z těchto hodnot může být pozorována relaxace splývavosti látek. Jako první uvedl časovou závislost koeficientu splývavosti Chu a kol. (1950). Více byla časová závislost na koeficientu splývavosti měřena nedávno Vangheluwem a Kiekensem (1993). Jejich data ukazují, že se koeficient splývavosti časem snižuje. Vangheluwe a Kiekens navrhli, že časová závislost udává skluz mezi osnovou a útkem pod vlivem tíhy. Je pravděpodobné, že snížení koeficientu splývavosti vyplývá z relaxace mechanických vlastností látky. [3]

3.2 Subjektivní hodnocení splývavosti

Studiem subjektivního hodnocení splývavosti bylo zjištěno, že výběr splývavosti je ovlivněn běžnou módou. Studie, vypracovaná v 60-tých letech, kdy byl oděvní styl ztuhlý a více geometrický, zjistila, že hodnotitel preferoval méně splývavé tkaniny. Později, v 90-tých letech, byly více populární hodně splývavé tkaniny pro pohyblivou linii v oděvu té doby, proto byly více příznivě hodnoceny skupinou hodnotitelů. Subjektivní hodnocení splývavosti látek může poskytnout pochopení lidského vnímání

a reakce na módní trendy, ale výsledky jsou rozporuplné kvůli osobní předpojatosti a módním změnám. Proto je obecně uznáno, že subjektivní metody mohou být nevěrohodné. [6]

3.3 Poměrná splývavá vzdálenost

Další metodou je poměrná splývavá vzdálenost Jeong (1998), která je navrhována jako alternativa ke koeficientu splývavosti. Obr. 2 ukazuje definici této míry. Je definována tak, že poměrná splývavá vzdálenost se zvyšuje, čím víc je látka ohebná. Poměrná splývavá vzdálenost je závislé na vzdálenosti, kdežto koeficient splývavosti se opírá o plochu. Z obr. 2 můžeme dostat následující vztah:

$$R_d = \left[\frac{(r_f - r_{ad})}{(r_f - r_d)} \right] \times 100 \quad (3)$$

kde r_f – poloměr látky předtím, než se zavěsí;

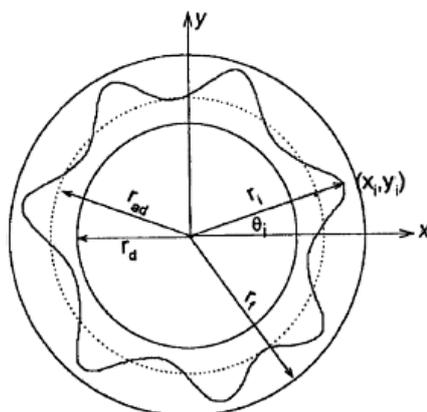
r_d – poloměr disku drapemeteru;

r_{ad} – průměrná vzdálenost k okraji splývavé látky

$$r_{ad} = \frac{\sum_{i=1}^n r_i}{n} \quad (4)$$

kde r_i – poloměr v i -tém bodě.

Souřadnice $x_i = r_i \cos \theta_i$, $y_i = r_i \sin \theta_i$, kde θ_i je úhel v i -tém bodě.

Obr. 2 Definice poměrné splývavé vzdálenosti R_D

[3,6]

3.4 Dynamická splývavost

Yang a Matsudaira (2001) definovali dynamický DC s výkyvným pohybem (D_d), který simuluje výkyvný pohyb lidského těla při chůzi. Yang a Matsudaira odvozovali výpočtový vztah ze základních mechanických parametrů.

Testovací přístroj, postavený na měření dynamické splývavosti, zahrnuje kruhový, obousměrně rotační podpěrný stojan. Vzorek rotuje a při této rotaci jsou nepřetržitě zachycovány dvourozměrné obrazy systémové analýzy s periodou $T=1/30$ s. Pro určení DC je obraz snímán kamerou, která je nastavena na 512 x 512 bodů obrazu, je vypočítána plocha a projektovaná oblast. Z naměřené oblasti je vypočítán dynamický DC. Dynamický DC (D_d) se mění ve splývavých tvarech ve výkyvném pohybu. Jestliže je D_d velký, splývavý tvar se lehce změní malou silou, srovnatelnou se silou vanutí slabého větru, nebo kývavým pohybem lidského těla.

$$D_d = \left[\frac{(S_{\max} - S_{\min})}{(\pi R_1^2 - \pi R_0^2)} \right] \times 100(\text{percent}) \quad (5)$$

kde D_d – dynamický DC,
 S_{\max} – maximum projektované plochy v úhlu obratu,
 S_{\min} – minimum projektované plochy v úhlu obratu,
 R_0 – poloměr kruhového stojanu,
 R_1 – poloměr vzorku látky [6]

3.5 Vektor splývavých charakteristik

Předchozí metody vyjadřují míru splývavosti textilních materiálů pouze pomocí skalárních hodnot (koeficient splývavosti DC, D_d , R_D). Tyto hodnoty však nedávají komplexní popis chování textilie. Pro větší přesnost informací o chování splývavosti textilních materiálů definoval Stylios (1996) vektor splývavých charakteristik V .

$$V = (DC, n, \bar{\rho}_{\max}, \bar{\rho}_{\min}, S) \quad (6)$$

kde DC – splývavost textilie [%]
 n – počet vln [-]
 $\bar{\rho}_{\max}$ – průměrná hloubka vnějších vln [mm]
 $\bar{\rho}_{\min}$ – průměrná hloubka vnitřních vln [mm]
 S – koeficient rovnoměrnosti vln [%], který je dán vztahem

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{\left(\rho_{\max}(i) - \bar{\rho}_{\max} \right)^2}{\bar{\rho}_{\max}^2} \quad (7)$$

Později dospěl Stylios k úpravě vektoru V na základě geometrie splývajících vzorků (obr. 3), do tvaru:

$$V=(DC, n, \bar{\alpha}_{\max}, \bar{\alpha}_{\min}, S) \quad (8)$$

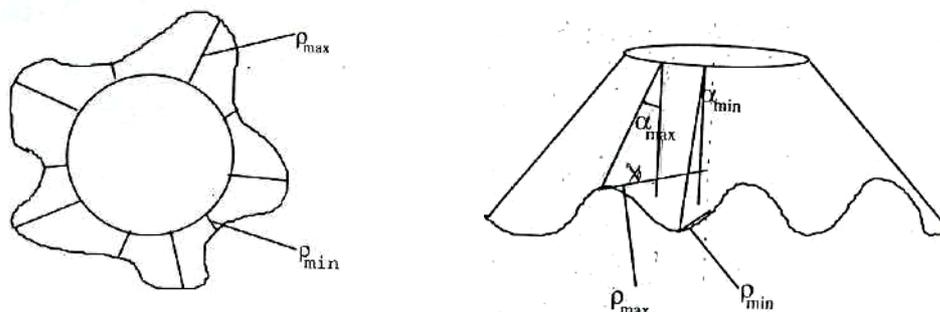
kde

$$\alpha = \sin^{-1}\left(\frac{\rho_{\max}}{i}\right) \quad (9)$$

α – úhel, který svírá sečna (prochází vrcholem splývavé vlny v místě maxima nebo minima a středem vzorku) s vertikální osou kolmou na podložku [mm]

$\bar{\alpha}_{\max}$ - průměrná hodnota úhlu α v minimu (u vnitřní vlny)

$\bar{\alpha}_{\min}$ - průměrná hodnota úhlu α v maximu (u vnější vlny)



Obr. 3 Geometrie splývavého vzorku s charakteristikami vektoru V

[7]

3.6 Virtuální měření 3D splývavosti látek

V posledních letech bylo zkoumáno, jakým způsobem může být postaven simulační model pro předpovídání 3D chování oděvu během nošení. Poslední výzkum se pokouší ukázat novou představu, ve které textilní materiály mohou být vytvořeny ve virtuálním světě, se specifikací základních vlastností. Virtuální materiály mohou být vytvořeny

a viděny v 3D sekvencích, ze kterých jsou předurčovány jejich vlastnosti a chování. Kompletní simulace a 3D obraz splývavosti různých tkanin může být uskutečněn použitím mechanických vlastností tkanin.

Popis virtuálního měřicího systému (VMS)

Blokové schéma 3D VMS se skládá ze tří základních podsystémů: bloky A,B,C. Blok A se zabývá vlastnostmi tkanin a dalšími specifickými požadavky, blok B se zabývá předpovědí splývavosti a vizualizace a blok C realizuje virtuální estetické měření splývavosti látek. Vlastnosti tkanin jsou vkládány skrz menu "okno" systému, parametry pro numerickou kalkulaci a animaci mohou být stanoveny uživatelem. Počáteční stav tkaniny je vymezen plochou vrstvou v horizontální poloze. Dynamické deformace dané látky mohou být viděny v jakémkoli úhlu a virtuální měření jsou realizovaná po výpočtu splývavosti. Software je psaný v C++ použitím X okna a SGI Open Inventor grafické knihovny, která poskytuje tento systém jako samostatný nástroj k vývoji látky.

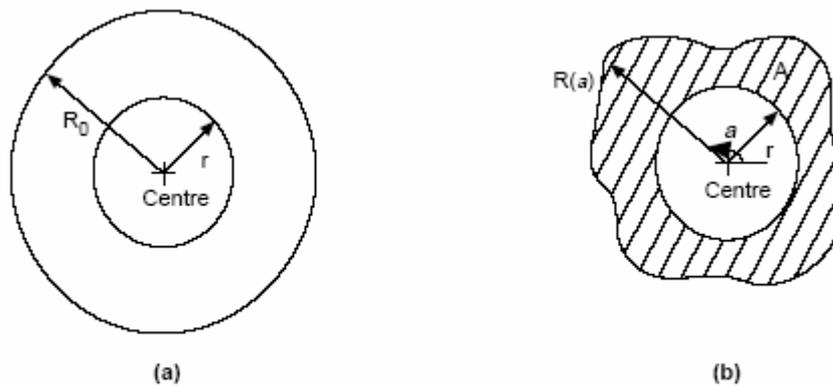
Virtuální 3D měření splývavosti

Počítač vygenerováním 3D splývavosti dané látky vlastně může popsat opravdový 3D tvar deformace látky, která je představována mechanickými vlastnostmi. Proto může být použita pro měření a hodnocení splývavosti látek. Od doby, kdy je tento proces uskutečňován ve virtuálním prostředí, je nazýván virtuální měření splývavosti. Systém je virtuální sestrou opravdového měřicího systému splývavosti M3 (Styios a Zhu, 1997), u nichž bylo provedeno porovnání a ověření mezi skutečným a virtuálním měřením splývavosti.

Bylo zjištěno, že koeficient splývavosti, jakožto důležitá vlastnost pro stanovení splývavosti látky, není přesná a kompletní míra splývavosti, protože u dvou výrobků může mít stejný koeficient splývavosti, ale různý způsob splývání. Následkem toho byly estetické vlastnosti přidány ke koeficientu splývavosti, jako např. počet vln, střídání vln a hloubka vln, což představuje interpretaci splývavosti člověkem z hlediska estetiky. Proto byla použita čtyři virtuální měření pro definici splývavosti daného textilního materiálu tímto způsobem.

Virtuální koeficient splývavosti: před provedením virtuálního měření koeficientu splývavosti, musí být realizováno zpracování obrazu, nazvané obrazová segmentace, pro zjištění projektované stínové oblasti látky. Obr. 4a ukazuje počáteční uspořádání látky a obr. 4b ukazuje splývavé uspořádání. Jak je ukázáno na obr. 4, může být definován koeficient splývavosti DC, který popisuje deformaci látky jako

$$DC = \frac{A_{shadow}}{\pi R_0^2 - \pi r^2}, \quad (10)$$



Obr. 4 a,b Vertikální projekce testované látky

Počet splývacích záhybů: Počet splývacích záhybů může být určen a hodnocen přímo systémem po detekci a aproximaci rozhraní křivky, z vnějšího okraje stínové oblasti vzorku, jak je ukázáno na obr. 4.

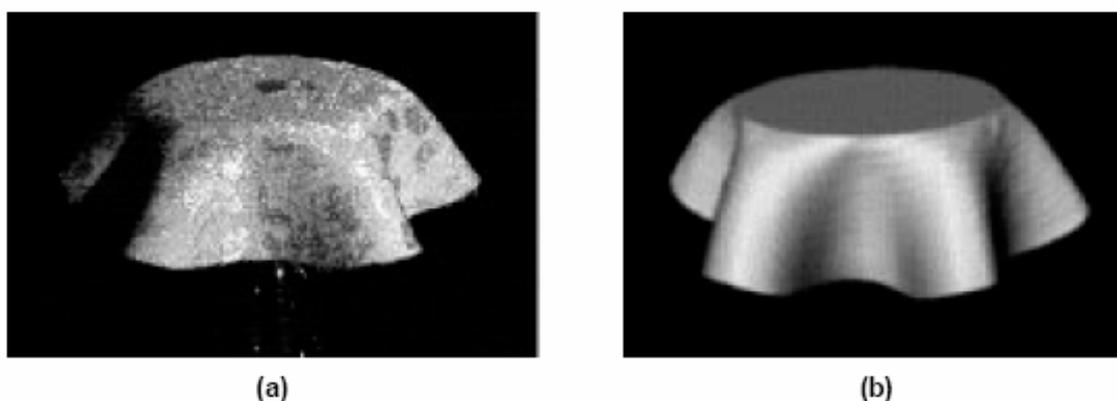
Střídání záhybů: Nechme, ať přibližnou hranicí křivky je $R(a)$, střídání záhybů pak může být určeno z

$$Var = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left[(R(a_i)) - \left(\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n R(a_k) \right) \right]^2. \quad (11)$$

Index hloubky záhybu: Necht' maximální hodnota z R je R_{\max} a minimální hodnota z R je R_{\min} , index hloubky záhybu virtuální splývavosti látky pak může být určen jako

$$De = \frac{(R_{\max} - R_{\min})}{(R_0 - r)} \quad (12)$$

Pojem virtuálního měření se pokouší poskočit v poskytnutí estetických vlastností a nebo výkonu virtuálního měření pro stanovení vhodnosti nově navržených a vyvinutých materiálů. Tento pojem je realizovaný v 3D virtuálním měření splývavosti látek. 3D virtuální měření splývavosti látek a vizualizační systém se opírá o fyzický model látky. Záměrem je vyvinout systém pro výzkum, vztahující se k estetickému a výkonnému navrhování látek, a pro použití v módním designu a výrobě oděvů, jako pracovního nástroje pro zhodnocení splývavosti látek. S navrhovaným systémem je možné studovat splývavost ohebných materiálů bez nutnosti vlastní výroby, může redukovat dobu nutnou k realizaci, zbytečnou ztrátu materiálu a energie. Na obrázku 5 a,b můžeme vidět, jakým způsobem VMS pracuje. Obr. 4 a představuje reálnou textilií a obr. 4 b představuje model splývavosti textilie vytvořený programem VMS. [4]



Obr. 5 a,b – Fotografie reálné splývavosti (a) a simulace splývavosti (b)

Poslední vývoj výzkumu splývavosti nám přináší dvě zajímavé metody. Jde o Modelování profilu splývavosti a Určení parametrů splývavosti Fourierovou analýzou, které obě využívají trigonometrických funkcí.

3.7 Modelování profilu splývavosti

Další metodu představil Lo (2002) a jedná se o Modelování profilu splývavosti látky použitím polárních souřadnic. Tímto modelem mohou být přesně předpovězeny tyto parametry - koeficient splývavosti (DC %), lokalita vlny, počet vln a tvar vln. Je zde použito vhodných konstant pro polární souřadnice v modelu splývavého profilu, a je dosaženo dobré shody mezi teoretickým a experimentálním profilem splývavosti. Navíc tyto konstanty mohou být také získány použitím analýzy zpětného pohybu. To znamená, že profil splývavosti může být přímo předpovězen z ohybu a zpožděného smyku. Navíc může být získána lepší předpověď splývavého profilu látky použitím střední hodnoty, zjištěné po směru osnovy, útku, a $\pm 45^\circ$, než pouze ve směru osnovy a útku.

Když látka splývá, určitá část tohoto tvaru se kroutí ve více jak jednom směru. Tato vlastnost umožňuje látce formovat se do žádaného tvaru nebo do hladka (rovna) svou vlastní vahou. Profil splývavosti (DP) používá polárních souřadnic přímo změřených z drapemetru. Koeficient splývavosti, lokace vln a počet vln může být předurčen modelem. Konstanty v DP modelu mohou být, buď odhadovány použitím polárních souřadnic vhodnou technikou, nebo přímo vypočítány z vlastností ohybu a skluzu s použitím zpětné rovnice.

Profil splývavosti může být zachycený v dvojrozměrném obraze projektovaném z trojrozměrného splývavého vzorku na Cusickovu drapemeteru. Z tohoto obrazu mohou být pozorovány lokace, počty vln a detailní tvar profilu splývavosti, a může být přesně a automaticky vypočítán koeficient splývavosti pomocí softwaru obrazové analýzy.

Modelování profilu splývavosti se pokouší zavést matematický model popisu/předpovědi profilu splývavosti, metodou měření, používajícího polárních souřadnic. Ačkoli nejsou vlny jednotné, profil splývavosti ukazuje cyklické změny v polárních souřadnicích. Před ustanovením tohoto modelu, jsou specifikovány tři domněnky. První, látka volně visí pod tíhou své vlastní hmotnosti. Druhá, vlny jsou rovnoměrně rozděleny kolem podpěrné desky a všechny tvary vln jsou shodné. Třetí, průměrná hodnota počtu vln jednoho vzorku je určité celé číslo.

K účelu modelování profilu splývavosti byla vybrána trigonometrická funkce:

$$r = p + q \sin(k\theta + a) \quad (13)$$

kde

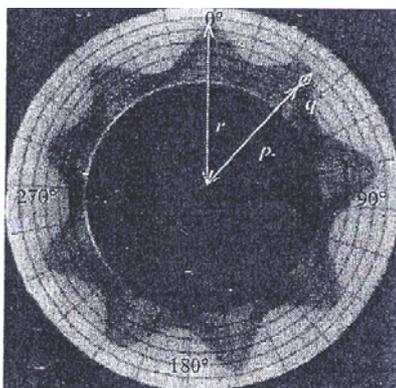
p – průměrná paprsková (radiální) délka získaná mezi vrcholy a vlnami profilu splývavosti,

q – polovina hloubky splývavé vlny,

r - poloměr (paprsek) projektovaného profilu splývavosti,

k – počet vln (vrcholů) v profilu splývavosti,

a – konstanta, představující úhel mezi směrem osnovy látky a jeho sousedním vrcholem.



Obr. 6 Obraz zachycený z Drapemeteru

Konstanty p , q a k v modelu mohou být buď odhadnuty vhodnými polárními souřadnicemi nebo předurčeny četným použitím, postupnou zpětnou analýzou, založenou na vztahu mezi mechanickými vlastnostmi a splývavostí látky.

Poté, co jsou konstanty předurčeny, je stanoven model. Jím mohou být potom automaticky předpovězeny tyto veličiny: koeficient splývavosti, lokace vln, počet vln a tvar vln profilu splývavosti. Především je vypočítána oblast pod profilem splývavosti takto:

$$A_2 = \int_0^{2\pi} \frac{1}{2} r^2 d\theta = \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} [p + q \sin(k\theta)]^2 d\theta = \pi \left(p^2 + \frac{q^2}{2} \right) \quad (14)$$

Koeficient splývavosti (DC) je definován jako procento projektované oblasti splývavosti k původní nesplývavé oblasti násobené 100:

$$DC[\%] = \frac{\text{projektovaná plocha } A_2}{\text{plocha vzorku } A_1} \times 100 \quad (15)$$

Polární souřadnice profilu splývavosti se skládají z dvojice hodnot (r, θ) , bylo rozhodnuto o používání digitizéru s aplikací v programu AutoCAD. Každý pár (r, θ) polárních souřadnic předurčuje bod profilu splývavosti v každém 7,5 stupni. Za účelem usnadnění předpovědi profilu splývavosti, byly polární souřadnice transformovány do pravoúhlých (obdélníkových) souřadnic (x, y) . Profil splývavosti je uveden ve tvaru polárního diagramu.

Předpověď DP, používajícího konstanty z vhodných polárních souřadnic

Rovnice (14) je používána pro předpověď profilu splývavosti. V této rovnici tři stálé konstanty p , q a k budou v D_p modelu předurčeny, a postup vhodných polárních souřadnic je používán pro odhad jejich hodnot s počítačovým programem, psaným v souboru programu matlab. Vstupním parametrem počítačového programu je souřadnice (r, θ) profilu splývavosti od 0 do 352,5 stupňů, v každém 7,5 stupni, tak mohou být nalezeny koeficienty p , q a k . Koeficient splývavosti, poloha a množství vln jsou automaticky počítány pro každý vzorek. Grafická předpověď splývavosti je uváděna polárním diagramem.

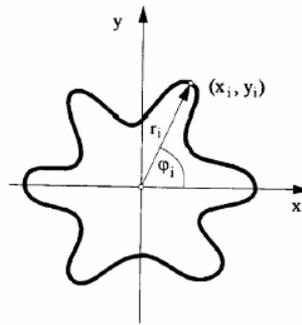
Zajímavé jsou i výsledky tohoto výzkumu. Odchylka mezi teoretickým DC předpovězena z DP modelu a experimentální DC je menší než 8,3 procenta. Navíc bylo zjištěno, že dvě z pěti vln jsou zaznamenány pro tuhost nebo tíhu tkanin s DC hodnoty větší než 85 procent. Typické hodnoty DC klesají v rozsahu od 50 do 85 procent pro střední tkaniny, projevující se šesti až osmi počty vln. Pro méně pevné a lehké tkaniny, s devíti nebo desíti vlnami, jsou pozorovány s DC hodnoty mezi 30 až 50 procenty. Tato analýza upevňuje zjištění od Cusicka, že počet vln je závislý na tuhosti materiálu. Vyšší hodnota DC znamená nižší počet vln, získaných testem splývavosti. [8]

3.8 Určení parametrů splývavosti Fourierovou analýzou

Fourierova analýza (Fisher, 1998) rozkládá počítačový bodový obraz splývavosti a určuje jeho vlastnostní rysy. Ohnisko obrazu splývavosti je určeno vyhledáním bílého pixlu ve středu obrazu. Bílý bod se tvoří kvůli světlu ze žhavé diody, vyzařující světlo (LED), umístěné přesně ve středu vzorku na drapemeteru. Znat ohnisko je nutné pro určení dvojrozměrných polárních souřadnic systému. Body z obrazu, s jejich určenými souřadnicemi poloměr r_i a úhel φ_i , jsou použity jako základ pro rozvoj Fourierovi řady. Během testu splývavosti, po uložení obrazů v počítači, jsou upraveny kvůli jas, tmavosti a kontrastu, pak jsou převedeny na formát pixlů v souboru s příponou PCX. Soubory ve formátu PCX poté projdou v počítači programem Fourierovy analýzy. Výsledky Fourierovy analýzy byly k dispozici v rámci Fourierova koeficientu a koeficientu splývavosti samostatně pro každý obraz, existující v souboru s příponou OUT. Jeden soubor pro každý obraz. Tyto koeficienty byly převedeny na výsledky v rámci koeficientu splývavosti, množství záhybů a nejmenšího poloměru. Maximální poloměr, průměrný poloměr a amplituda ve tvaru roviny, byly zpracovány pro každý obraz vzorku látky.

Geometrii obrazu splývavosti můžeme vidět na obr. 7, ve kterém jsou ukázány také souřadnice rozhraní bodu, jeho poloměr a úhel. Aproximace hranice křivky je reálná pro vztah:

$$r = f(\varphi) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\frac{n}{2}-1} [a_k \cos(k\varphi) + b_k \sin(k\varphi)] + \frac{a_n}{2} \cos\left(\frac{n}{2}\varphi\right) \quad (16)$$



Obr. 7 Geometrie obrazu splývavosti

Funkce $f(w)$ se skládá z částečného součtu vztahů sinů a kosinů, čímž Fourierův koeficient a_k a b_k jsou amplitudy částečných vln, které jsou také nazývány Fourierovy koeficienty:

$$a_k = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n r_i \cos(k\varphi_i) \quad \text{a} \quad b_k = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n r_i \sin(k\varphi_i) \quad (17)$$

Stanovení plochy pro výpočet koeficientu splývavosti

Prostřednictvím dvojitě integrace Fourierovy řady uvnitř rozhraní od 0 – 2π nad úhlem φ , může být plocha obrazu splývavosti vypočítána podle následujícího vzorce:

$$A = \int_0^{2\pi} \int_0^{f(\varphi)} r \, dr \, d\varphi = \int_0^{2\pi} \frac{1}{2} f^2(\varphi) \, d\varphi = \frac{a_0^2}{4} \pi + \sum_{k=1}^{\frac{n-1}{2}} (a_k^2 + b_k^2) \frac{\pi}{2} + \frac{a_{\frac{n}{2}}^2}{8} \pi \quad (18)$$

Stanovení počtu vln N

Fourierův koeficient se svými souhrnnými podmínkami představuje kompletní matematický popis analýzy hranice křivky obrazu splývavosti. Podmínky Fourierova koeficientu a_k a b_k mohou být reprezentovány prostřednictvím doplňovacího pravidla:

$$a_k \cos(k\varphi) + b_k \sin(k\varphi) = c_k \cos(k\varphi - k\psi_k) \quad (19)$$

pomocí něhož c_k a ψ_k mohou být vypočítány následujícím způsobem:

$$c_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2} \quad \text{a} \quad k\psi_k = \arctan\left(\frac{b_k}{a_k}\right) \quad (20)$$

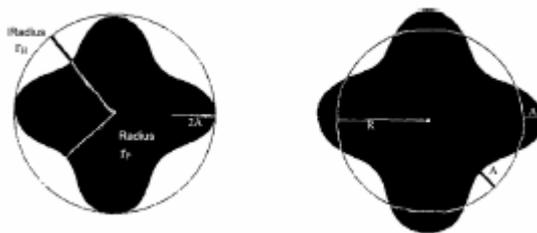
Po zařazení c_k -podmínky do Fourierovy řady, je definován nejvyšší vliv Fourierova postupu a podle toho je předurčen počet záhybů.

Stanovení absolutní velikosti pro popis tvaru záhybů

Pro popsání tvarů záhybů to znamená dosazení příslušných tvarů nekonečně malých záhybů do vztahu A/r (amplituda průměru poloměru). Proto je určený vztah amplitudy A a poloměru r z poloměru r_H (maximální vnější rozsah záhybů od středu projekce obrazu splývavosti) a poloměr r_P (minimální vnitřní rozsah záhybů od středu projekce obrazu splývavosti) takto:

$$A = \frac{r_H - r_P}{2} \quad \text{a} \quad R = a_0 = r_H - A = r_P + A \quad (21)$$

Hodnoty r_H a r_P představuje maximální a minimální hodnoty z r_i . Parametry r_H , r_P , r a A jsou ukázány na obraze splývavosti na obr.8.



Obr. 8 Stanovení r_H , r_P , r a A z geometrie obrazu splývavosti

Stanovení koeficientu splývavosti

Po určení plochy menšího disku (A_d), plochy většího disku (A_D) a plochy splývavého vzorku (A_S), se vztahuje na geometrii obrazu splývavosti, koeficient splývavosti (D) je určen pro každý vzorek podle vzorce:

$$D = \frac{A_s - A_d}{A_D - A_d} \quad (22)$$

Šest parametrů splývavosti při zpracování digitálního obrazu a použití Fourierovy analýzy - koeficient splývavosti, množství záhybů, amplituda, průměr paprsku, minimální poloměr a maximální poloměr byly získány z geometrie obrazu splývavosti vzorků látek. [5,9]

4. Fourierova transformace

Fourierova transformace je pojmenována podle francouzského matematika a fyzika Jeana Baptista Josepha Fouriera (*1768 †1830). Je modifikací Fourierovy řady a je užitečná pro řešení mnoha různých problémů. Používá se např. pro převedení řešení diferenciálních rovnic na řešení algebraických rovnic nebo pro frekvenční analýzu časově proměnných signálů. V oblasti zpracování obrazů je možné Fourierovu transformaci uplatnit pro úpravy kvality obrazů, ale také pro vyhodnocování prostorových frekvencí. Je to vlastně skupina matematických metod založených na rozkladu signálu na sinusoidy.

Dvojměrná Fourierova transformace umožní převést rozložení obrazových intenzit $I(x, y)$ vyhodnocovaného obrazu na obraz prostorových frekvencí $F(f_x, f_y)$.

Funkci $f(x)$ definovanou na intervalu $-\pi \leq x \leq \pi$ rozvineme v řádu trigonometrických funkcí takto:

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{m=1}^{\infty} (a_m \cos mx + b_m \sin mx) \quad (23)$$

takové vyjádření bude mít praktickou cenu pouze tehdy, když pro danou funkci $f(x)$ můžeme najít všechny koeficienty a_0 , a_m a b_m .

$$a_0 = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) dx \quad (24)$$

Koeficienty a_m a b_m najdeme tak, že řadu (22) vynásobíme $\cos nx$, integrujeme v mezích $-\pi \leq x \leq \pi$. Dostaneme koeficienty:

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos nxdx, \quad (n=1,2,\dots) \quad (25)$$

a

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin nxdx, \quad (n=1,2,\dots) \quad (26)$$

Fourierovu transformaci lze rozdělit do čtyř základních typů podle signálu, se kterými se můžeme setkat. Signál může být buď spojitý nebo nespojitý, a dále může být periodický nebo neperiodický. Kombinací těchto dvou vlastností dostáváme čtyři:

Neperiodický, spojitý:

Mezi tento druh signálu patří například slábnoucí exponenciální signál nebo Gaussova křivka. Transformace tohoto signálu je nazývána jako Fourierova transformace.

Periodický, spojitý:

Sem patří signály jako jsou sinusoidy, obdélníkové průběhy a jiné průběhy, které jsou periodické. Tato transformace je nazývána jako Fourierova řada.

Neperiodický, nespojitý:

Do této skupiny se řadí signály, které jsou definované pouze jako body a periodicky se neopakují. Tato transformace je Diskrétní časová Fourierova transformace.

Periodický, nespojitý:

Zde jsou signály, které se periodicky opakují, ale netvoří je spojitý signál (souvislá křivka). Tomuto druhu transformace říkáme právě DFT, tedy Diskrétní Fourierova transformace.

[12,15,16]

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

5. Metodika s využitím Fourierovy transformace

Cílem diplomové práce bylo navržení alternativní metodiky hodnocení splývavosti plošných textilií s využitím Fourierových trigonometrických řad pro charakteristiku rozvinu obrysu 2D průmětu splývající textilie. Byl vytvořen file v programu Matlab, který získaná data rozkládá pomocí FFT (rychlé Fourierovy transformace).

5.1 Měřicí zařízení a postup měření splývavosti

Měření splývavosti probíhalo na zařízení pro zobrazení tvaru splývající textilie, z hlediska její třírozměrné geometrie, jehož vývoj probíhá v současné době na katedře oděvnictví.

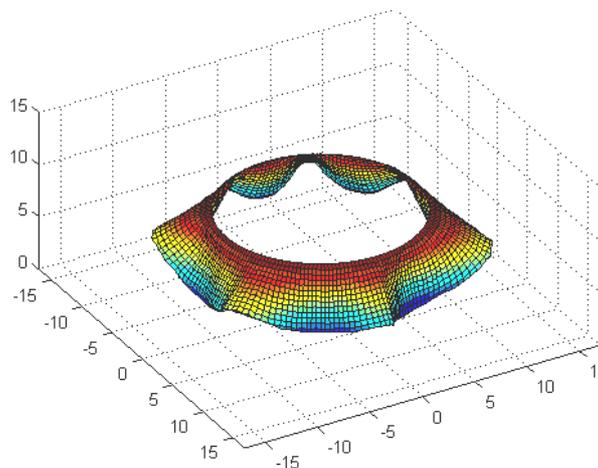
Jedná se o triangulační laserový scanner (obr. 9) pro snímání 3D tvaru splývající textilie, který v sobě kombinuje klasický Cusickův drapemeter, systém obrazové analýzy a laserový aparát.



Obr. 9 Zařízení pro snímání 3D tvaru splývající textilie

Postup měření

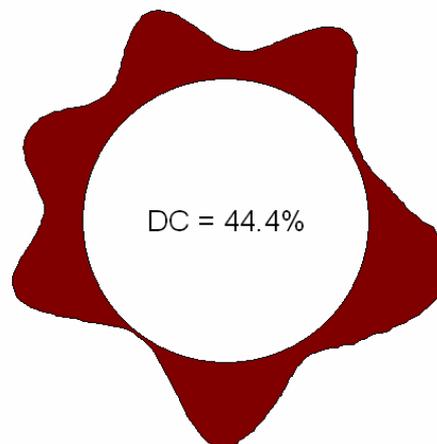
Měření bylo provedeno triangulačním laserovým scannerem, který zachycuje deformovaný tvar, v celé hloubce převisu splývající textilie, najednou. Aby nedocházelo k nepřesnostem při měření, je potřeba měření provádět při naprosté tmě. Jak je možné vidět na obr. 9, přístroj využívá rotačního



Obr. 10 3D zobrazení splývající textilie

ramena, na kterém je umístěno snímací zařízení, které snímá dvěma CCD kamerami stopu liniového laseru a zaznamenává přesný tvar splývavé textilie.

Výstupem z 3D scanneru není pouze 3D zobrazení splývavosti materiálu (obr. 10), ale také klasické dvourozměrné zobrazení splývavosti jako u obrazové analýzy. V programu je též zabudován výpočet klasického koeficientu splývavosti DC v [%] dle Cusicka (kap. 3.1, vztah (3)), který se aplikuje na dvourozměrné zobrazení. Dostáváme tedy 3D obraz splývavosti materiálu společně s 2D obrazem a výpočtem koeficientu splývavosti DC (obr. 11).



Obr. 11 Výpočet 2D koeficientu splývavosti

Charakteristiky měřených materiálů:

Tabulka č. 1 nám udává materiálové složení použitých materiálů, dále zde nalezneme informace o vazbě, dostavě, plošné měrné hmotnosti a tloušťce.

Tab. č 1. Materiálové složení a charakteristika použitých materiálů

Č.m.	Materiál	Vazba	Dostava [n/1cm]		Plošná hmotnost [kgm ⁻²]	Tloušťka [mm]
			D _o	D _ú		
	o	ú			ρ _s	T _o
1.	VS/Acetát	plátno	29	20	0,129	0,513
2.	VS/Acetát	plátno	43	33	0,055	0,130
3.	96%CO+4%elastan	kepr 2/1S	49	25	0,190	0,667
4.	PES	krep	36	29	0,148	0,690
5.	100% CO	plátno	35	22,5	0,120	1,493
6.	100% VI	plátno	16	14	0,080	0,357
7.	PES/VS	atlas	96	23	0,101	0,313
8.	100% VI	plátno	40	22	0,115	0,407
9.	99%CO+1%elastan	útkový kord	26,5	59	0,270	1,273

Počet měřených materiálů:	9 různě splývavých materiálů
Počet měření od jednoho materiálu:	5
Rozměr vzorku:	kruhový vzorek o průměru 300 mm

Tabulka č. 2 udává Cusickův koeficient splývavosti DC v [%] pro jednotlivé vzorky materiálů. V posledním sloupečku uvádí průměrnou splývavost DC v [%] pro jednotlivé materiály. Materiály pokrývají rozsah splývavosti od 20 do 70 %. Což odpovídá běžné škále materiálů používaných v oděvním průmyslu.

Tab. 2. Splývavost jednotlivých vzorků a průměrná splývavost materiálů DC v [%]

Materiál	Splývavost materiálu DC v [%]					
	Vzorek č.1	Vzorek č.2	Vzorek č.3	Vzorek č.4	Vzorek č.5	Průměr
1	22,2	22,5	23	22,6	22	22,5
2	54,7	55,2	53,2	54,8	50,1	54
3	75	72,5	75,2	74,7	67,4	73
4	42,1	46,5	44,7	44,4	42,7	44
5	73	75,7	72,7	75,9	74,2	74
6	23	23,9	22,1	22,5	22,4	23
7	56,8	58,4	62,8	58	59,2	59
8	30,3	30	30,8	30,3	29,1	30
9	77,1	77,2	77,7	69,9	69,4	74

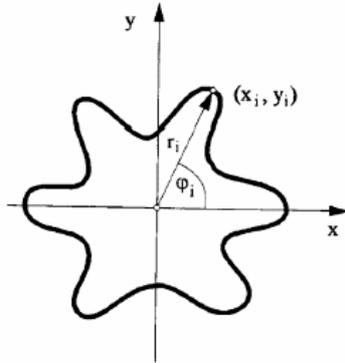
5.2 Analýza postupu navrhované metodiky hodnocení splývavosti

5.2.1 Rozvin obrysu 2D průmětu splývající textilie do polárních souřadnic

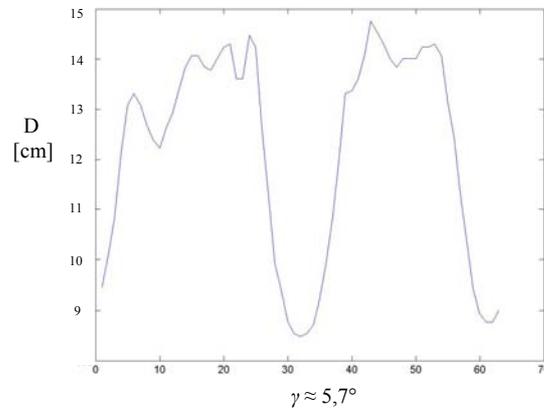
Poměrně vysoká proměnlivost splývavého tvaru textilií je často diskutovanou otázkou analýzy této vlastnosti. Při měření splývavosti pomocí diskových metod se absolutní chyba měření DC, při opakovaném měření vzorků ze stejného materiálu, pohybuje v rozmezí od 2 do 14%. Systém 3D drapemescaneru omezuje tuto chybu pod 5%.

Jednou z možností, jak analyzovat rozsah a příčiny variability tvaru splývající textilie, je využití rozvinu průmětu splývavého vzorku do polárních souřadnic, tj. do grafů závislosti vzdálenosti obrysu d od středu vzorku na úhel γ obr. 12 (Lo [8], Fischer [9]). Úhel γ je definován jako úhel, který svírá linie vzdálenosti obrysu vzorku d od jeho

středu s jedním ze základních směrů tkaniny (osnova, útek). V navrhované metodě pracujeme s úhlem $\gamma \approx 5,7^\circ$, dostáváme tedy 64 hodnot vzdálenosti d , které charakterizují tvar testovaného vzorku.



Obr. 12 Geometrie obrazu splývavosti

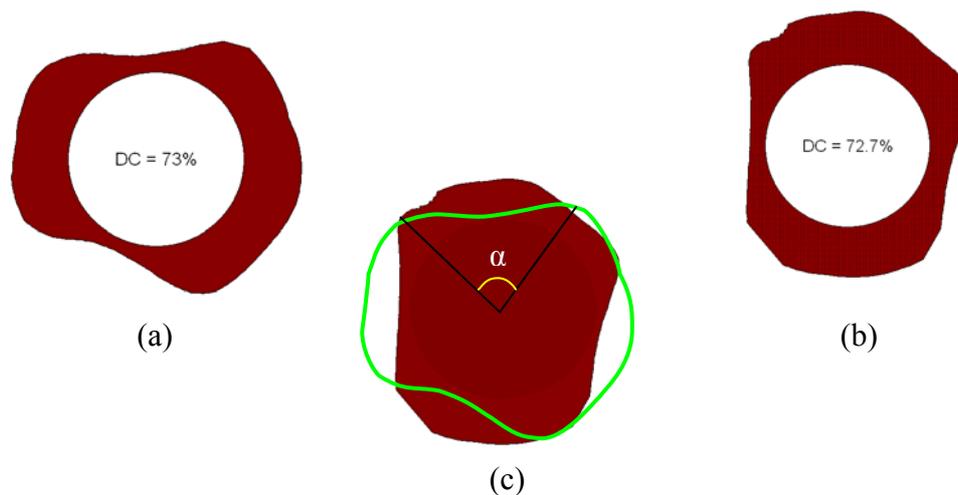


Obr. 13 Rozvin obrysu průmětu vzorku

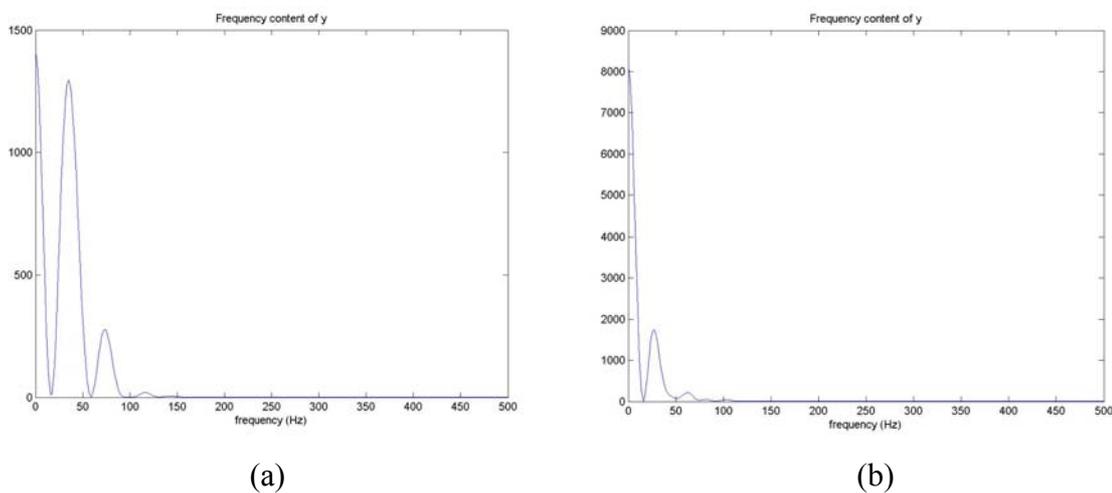
5.2.2 Problém fázového posunu

Již z 2D obrazu splývavosti je patrné, že jsou si vzorky jednoho materiálu velice podobné, avšak ne zcela totožné, což je ukázáno na obr. 14 a,b,c. Dochází zde k posunu o úhel α , k tzv. fázovému posuvu. Původně byla funkce FFT aplikována pouze na rozvin obrysu 2D průmětu splývající textilie. Při takto zvolených parametrech docházelo k velkým frekvenčním vychýlením u jednotlivých vzorků, jak můžeme pozorovat na obrázku 15 a,b. Tato frekvenční vychýlení byla odstraněna tak, že měření nebylo aplikováno pouze na jeden rozklad rozvinu obrysu 2D průmětu splývající textilie, ale byl aplikován na pět, na sebe napojených, rozvinů obrysu 2D průmětu splývající textilie. Pro ještě větší přesnost konečného měření bylo takto na sebe aplikováno deset rozvinů obrysu 2D průmětu splývající textilie (Obr. 16 a,b).

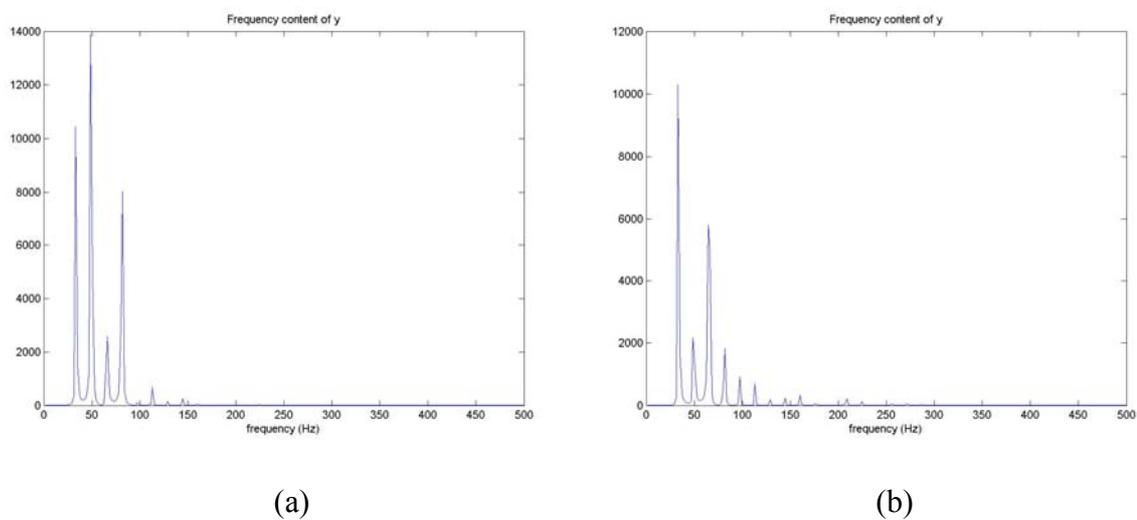
Na obr. 14 a,b,c je zobrazen fázový posun u dvou vzorků shodného materiálu obr. a,b. Na obrázku c je znázorněn úhel fázového posunu vzorků. Obr. 15 a,b znázorňují rozdílnost hodnot v případě, kdy byla FFT aplikována pouze na jeden rozvin obrysu 2D průmětu splývající textilie pro 2D obrazy splývavosti, znázorněné v obr. 14 a,b. Obr. 16 a,b ukazují zpřesnění hodnot po aplikaci FFT na deset, na sebe napojených, rozvinů obrysu 2D průmětu splývající textilie, aplikovaných na ty samé vzorky.



Obr. 14 a,b,c Fázový posun splývavosti u jednoho materiálu



Obr. 15 a,b – frekvenční vychýlení před úpravou metody u materiálu z obr. 14 a,b

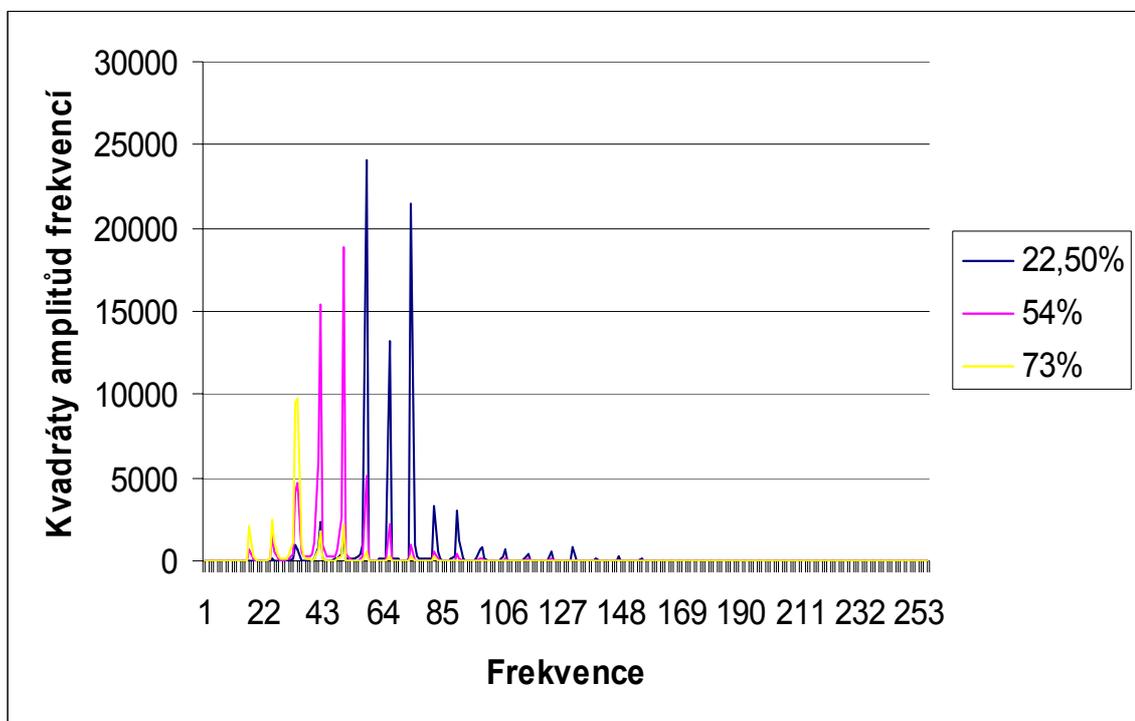


Obr. 16 a,b – přesnější konečné měření po úpravě metody u materiálu z obr. 14 a,b

5.2.3 Stanovení splývavosti pomocí frekvenčních intervalů

Vzhledem ke zvoleným hodnotám frekvencí při měření vzdáleností záhybů textilie od středu měřicího disku, se jako nejvhodnější jevila velikost okna FFT 512 hodnot. Hlavní důraz zde byl kladen na dodržení Nyquistova kritéria, a to i v případě jistého přesahu možných frekvencí, v případě zvýšení vzorkovacích hodnot. Vzorkovací hodnoty byly stanoveny přibližně na 64 vzorků (samplů) proto, aby nenastala ztráta detailů reliéfu textilie, a s tím spojená ztráta důležitých vysokých frekvencí, vypovídajících o velikosti splývavosti, a to ani u velmi splývavých materiálů. Vzhledem k tomu, že křivka v okně je po hodnotě 256 zrcadlově obrácena, zajímají nás pouze hodnoty od 1 do 256.

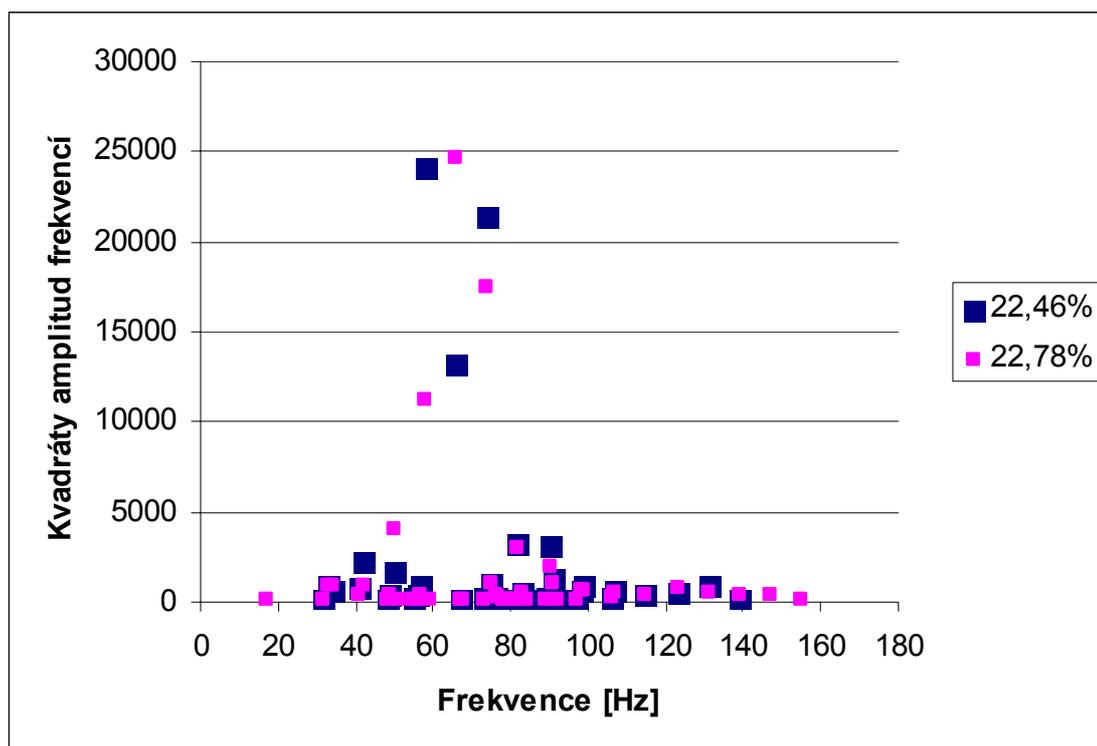
Pro zvýšení přesnosti odčítání frekvencí, je v programu automaticky napojeno deset stejných měření (kap. 5.2.2) a teprve tato data jsou podrobena Fourierově analýze. Při napojování dat jsou však do měření zavrženy parazitní, velmi nízké, frekvence. Tyto parazitní frekvence se projeví ve spektru jako mohutné vychýlení v blízkosti nuly. Toto vychýlení je následně odstraněno filtrem FIR vysokého řádu tak, aby zbytečně nezatěžovalo měřená data svou přítomností.



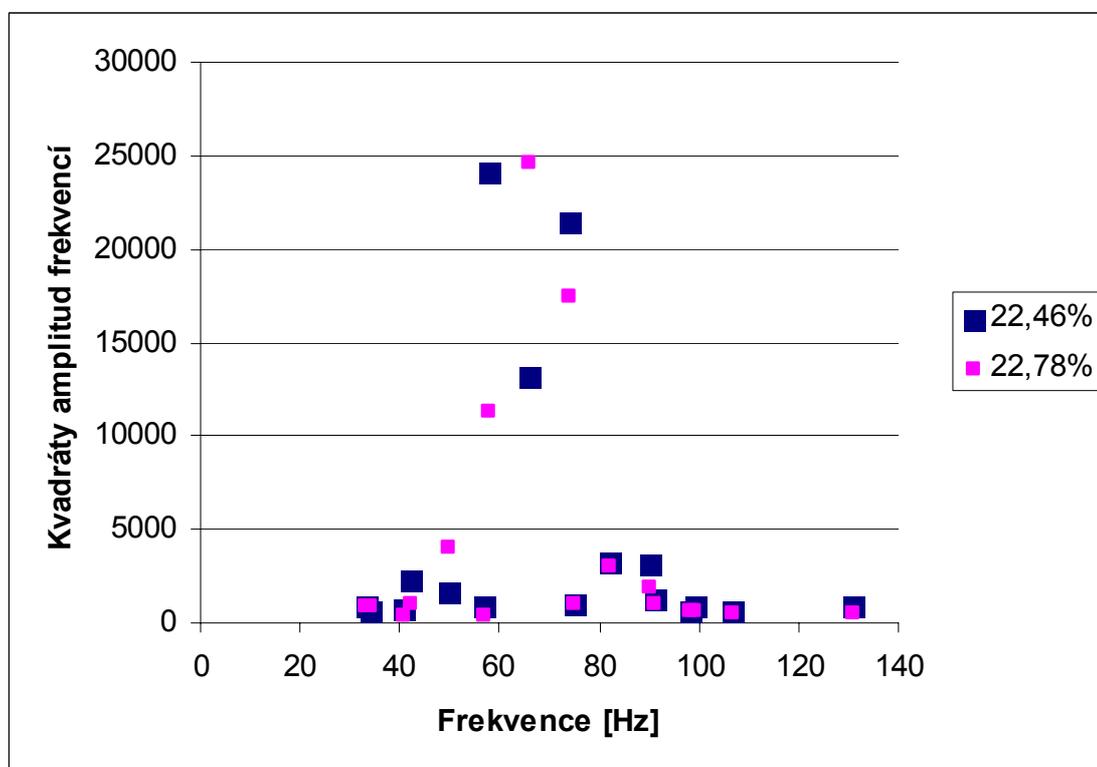
Graf 1 - Porovnání průměrných frekvenčních dat pro 20, 50 a 70% splývavé materiály

Při porovnání průměrných frekvenčních hodnot pro textilie s 20, 50 a 70% splývavostí dle DC (graf 1) může být pozorováno, jakým způsobem se tyto frekvenční hodnoty u použitých materiálů odlišují. Z grafu je patrné, že mohou být pro různě splývavé materiály vymezeny odlišné frekvenční intervaly

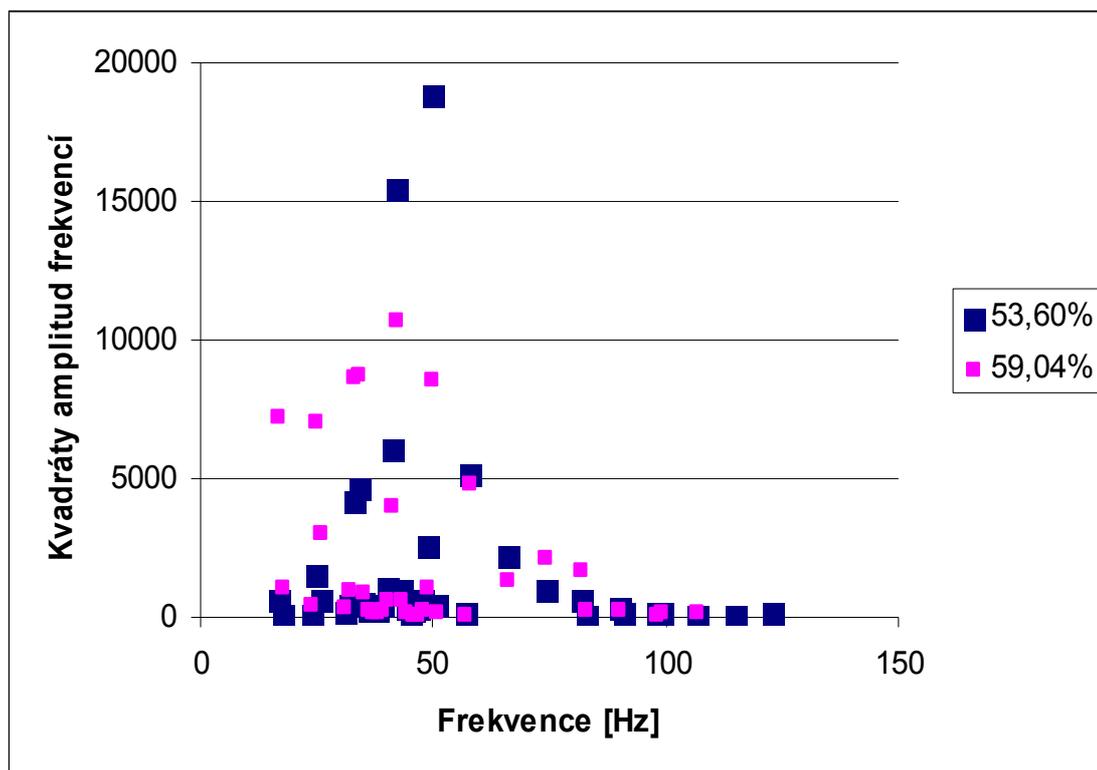
Pro lepší vyjádření byl u dat použit filtr, kdy nás nejprve zajímala pouze data kvadrátu amplitud frekvencí s hodnotou vyšší než 100, poté byl použit další filtr, který vyprofiloval pouze data kvadrátu amplitud frekvencí s hodnotou vyšší než 500. Z následujících grafů č. 2 – 7 byla zhotovena tabulka č. 3, která nám udává, jakým způsobem se takto filtrovaná data chovala. Je zde patrné, v jakém intervalu se pohybují hodnoty kvadrátu frekvenčních amplitud u 20, 50 a 70% splývavosti dle DC.



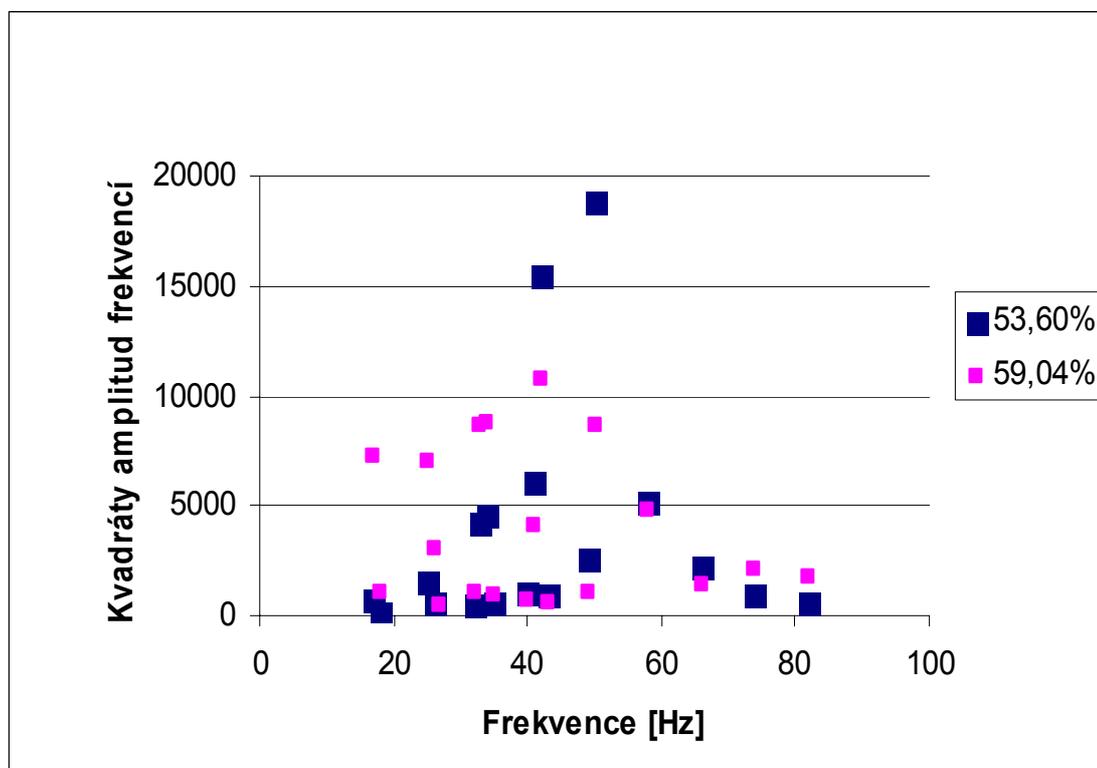
Graf č. 2 – Hodnoty kvadrátu frekvenčních amplitud nad hodnotou 100 u materiálů s 20% splývavostí dle DC.



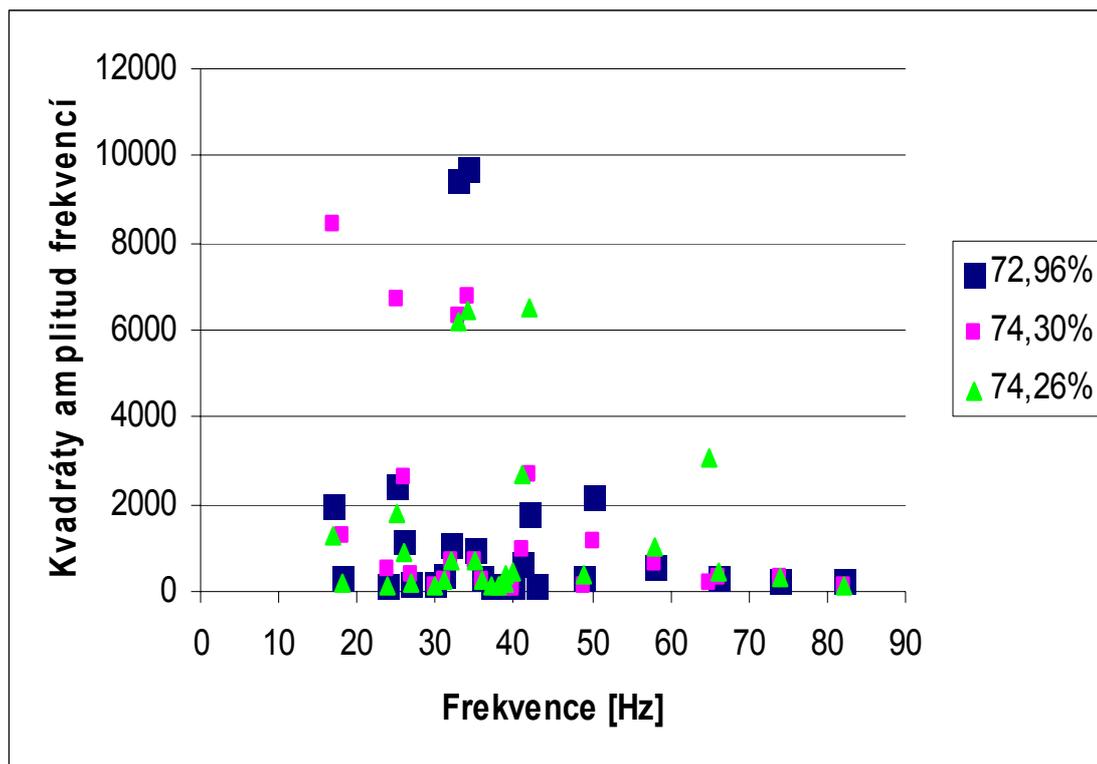
Graf č. 3 – Hodnoty kvadrátu frekvenčních amplitud nad hodnotou 500 u materiálů s 20% splývavostí dle DC.



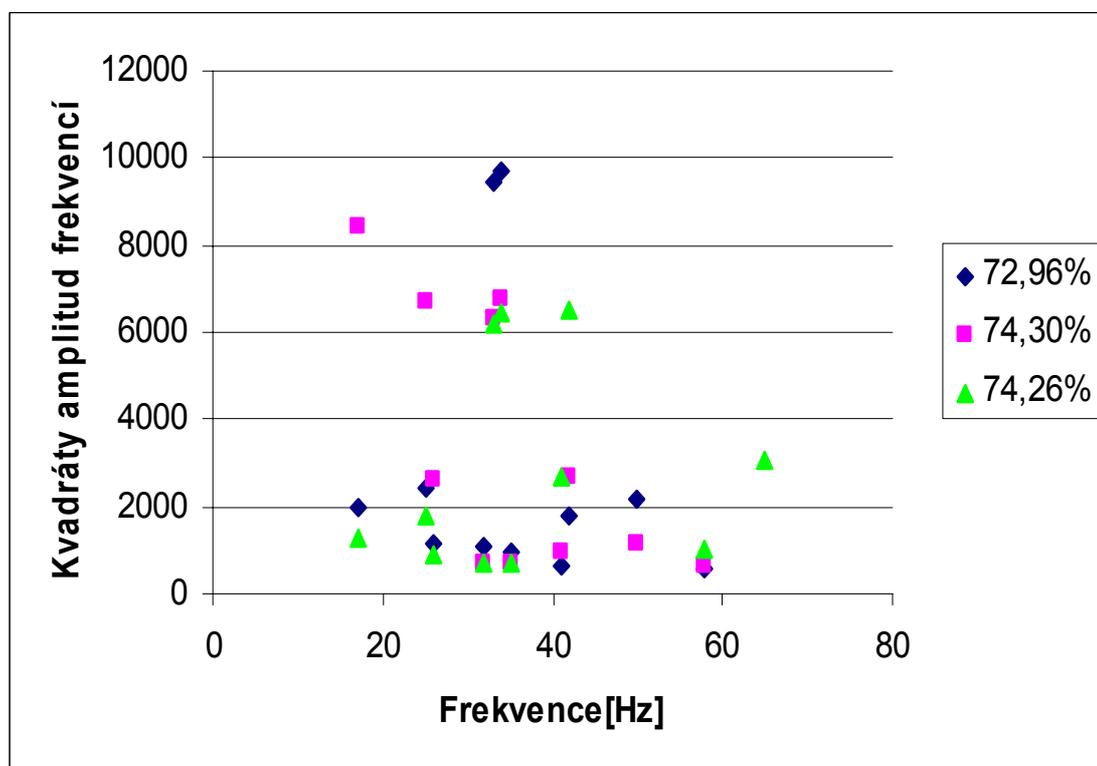
Graf č. 4 – Hodnoty kvadrátu frekvenčních amplitud nad hodnotou 100 u materiálů s 50% splývavostí dle DC.



Graf č. 5 – Hodnoty kvadrátu frekvenčních amplitud nad hodnotou 500 u materiálů s 50% splývavostí dle DC.



Graf č. 6 – Hodnoty kvadrátu frekvenčních amplitud nad hodnotou 100 u materiálů se 70% splývavostí dle DC.



Graf č. 7 – Hodnoty kvadrátu frekvenčních amplitud nad hodnotou 500 u materiálů se 70% splývavostí dle DC.

V tabulce č.3 můžeme pozorovat, v jakých frekvenčních intervalech se pohybuje oblast splývavosti nad hodnotami kvadrátu frekvenčních amplitud vyšších jak 100, a jak u hodnot kvadrátu frekvenčních amplitud vyšších nad 500, u rozdílných hodnot splývavosti. A naopak, jak se frekvenční intervaly shodují u materiálů se shodnou splývavostí. U hodnot kvadrátu amplitud frekvencí nad 500 se, u materiálů se shodnou splývavostí DC, dostáváme do téměř naprosto shodných frekvenčních intervalů.

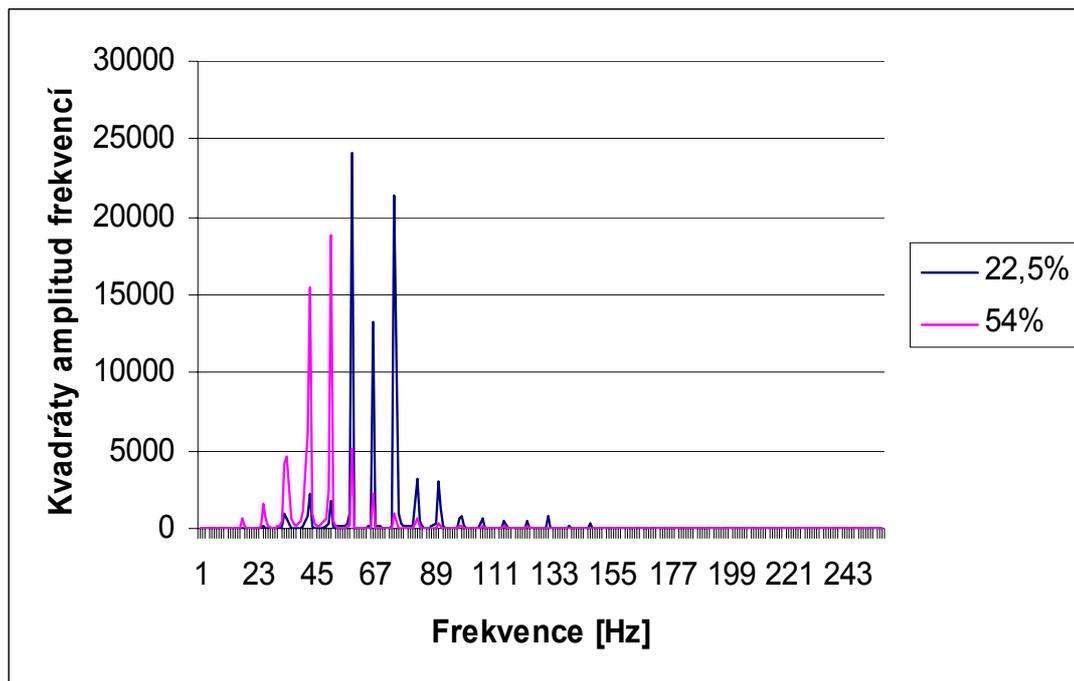
Z tohoto porovnání také vyplývá, že pomocí těchto frekvenčních intervalů můžeme vymezením intervaly pro jednotlivé materiály. Pokud bude mít materiál splývavost dle Cusicka okolo 20%, bude mít interval vysokých kvadrátů frekvenčních amplitud v rozmezí frekvenčních hodnot od 33 do 131. Pokud to bude materiál s 50% koeficientem splývavosti, budou se pohybovat v intervalu frekvenčních hodnot 17 – 82, a bude-li se jednat o materiál se 70% splývavostí, bude se pohybovat v intervalu frekvenčních hodnot 17 – 58. Jak vidíme, frekvenční hodnoty se velkou měrou překrývají, ale jak je zde uvedeno, bude-li se jednat o splývavost se 70% splývavostí, nepřesáhne interval přes frekvenční hodnotu 60, kdežto 50% splývavý materiál ano.

Tab. č. 3 – Vymezení frekvenčních intervalů pro jednotlivé materiály

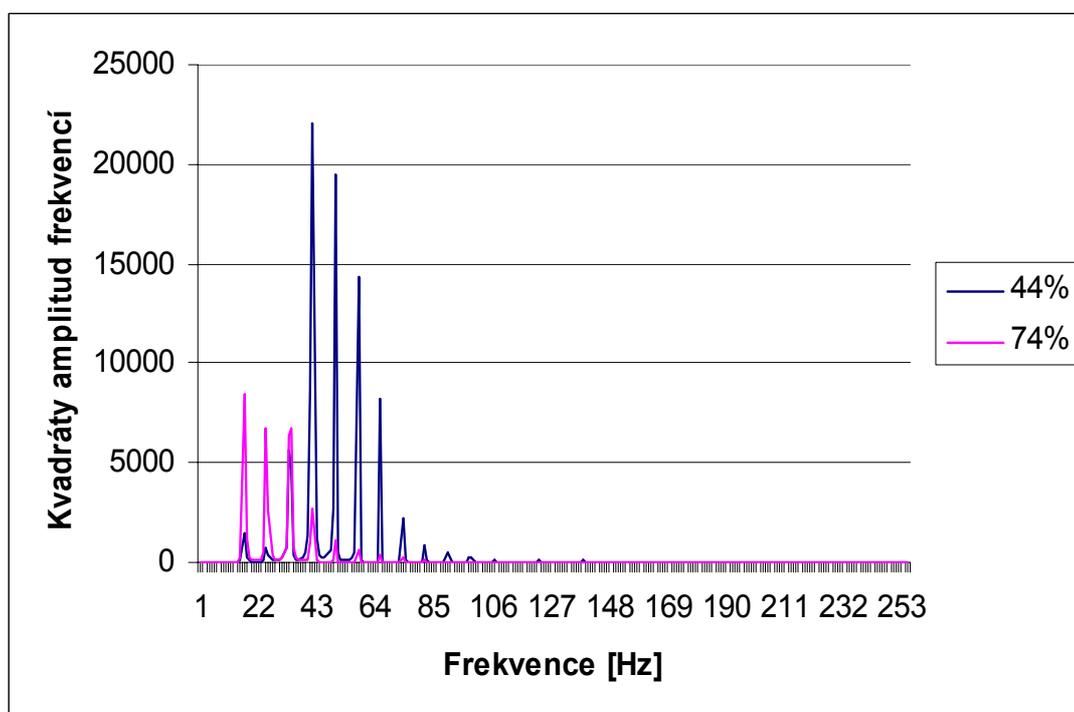
Materiál	Průměrná splývavost DC v [%]	Hodnoty kvadrátu frekvenčních amplitud nad 100		Hodnoty kvadrátu frekvenčních amplitud nad 500	
		min.	max.	min	max.
1	22,5	25	147	33	131
2	54	17	123	17	82
3	73	17	82	17	58
4	44	17	107	17	90
5	74	16	82	17	58
6	23	17	164	33	131
7	59	16	107	17	82
8	30	17	147	17	123
9	74	17	82	17	58

Na grafech č. 8 a 9 můžeme pozorovat, jak se od sebe navzájem liší různé materiály o rozdílné splývavosti, nebo naopak, jak jsou si podobné hodnoty dvou velice podobně splývavých materiálů grafy č. 10 a 11. Porovnávány byly vždy dva materiály, aby byly

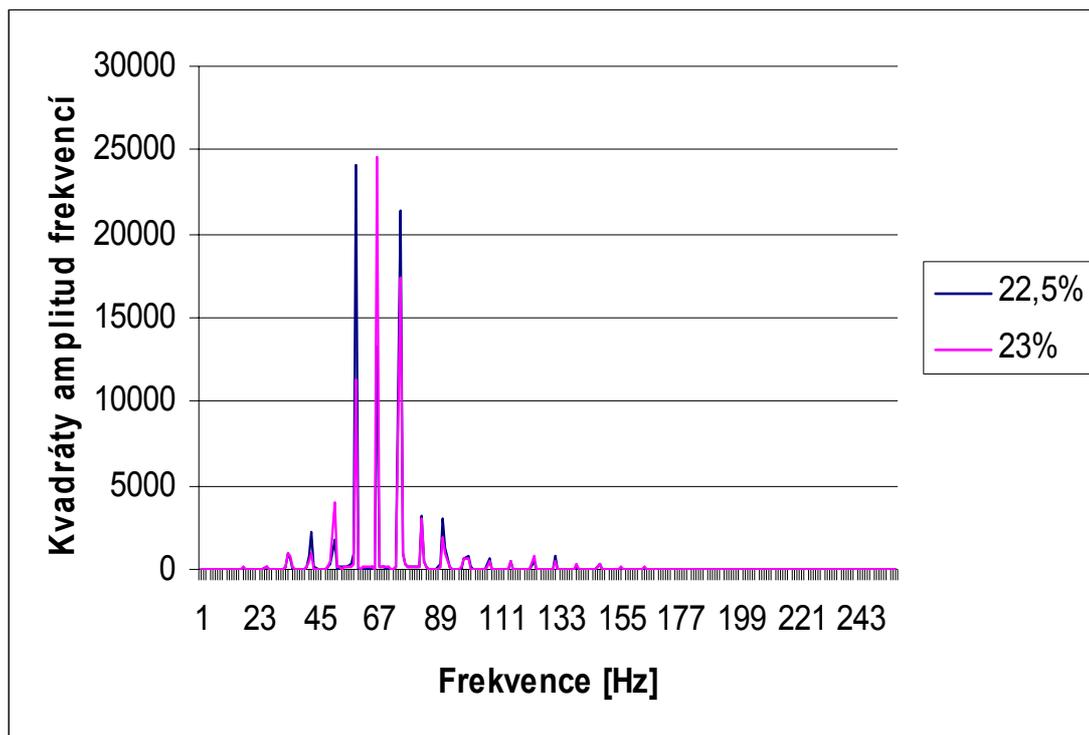
grafy přehlednější. Jako poslední je uveden graf č. 12, kde je zobrazeno pět materiálů s rozdílnou splývavostí.



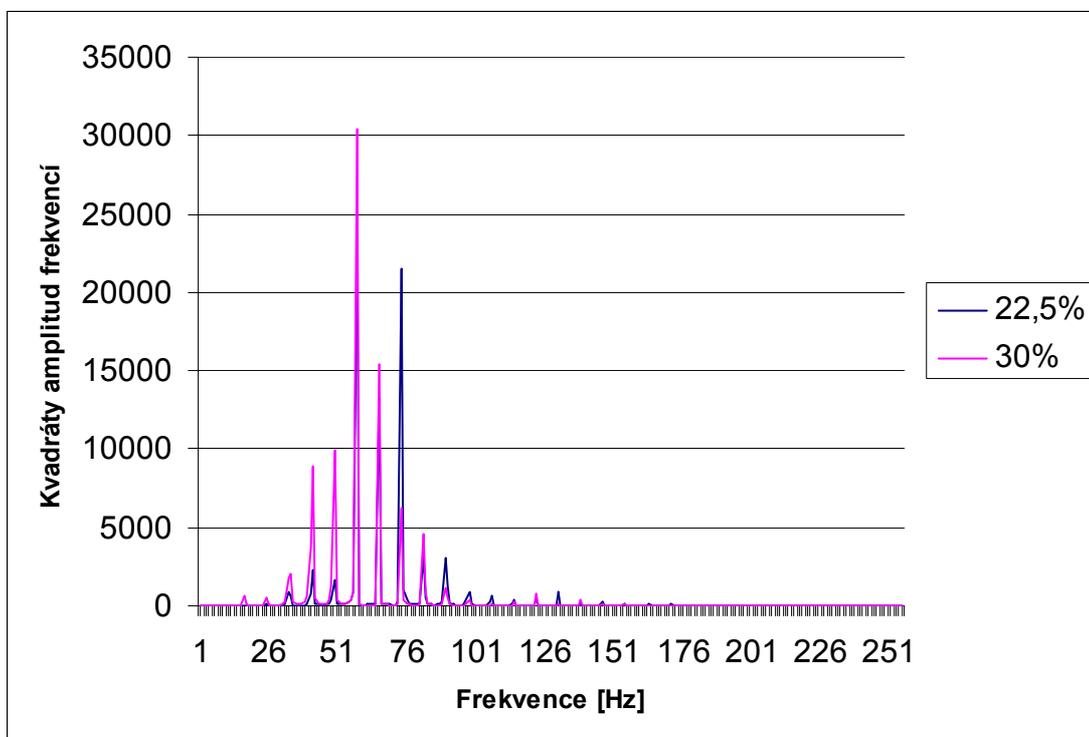
Graf 8 – porovnání průměrných frekvenčních hodnot splývavosti u materiálu s 20 a 50% splývavostí dle DC



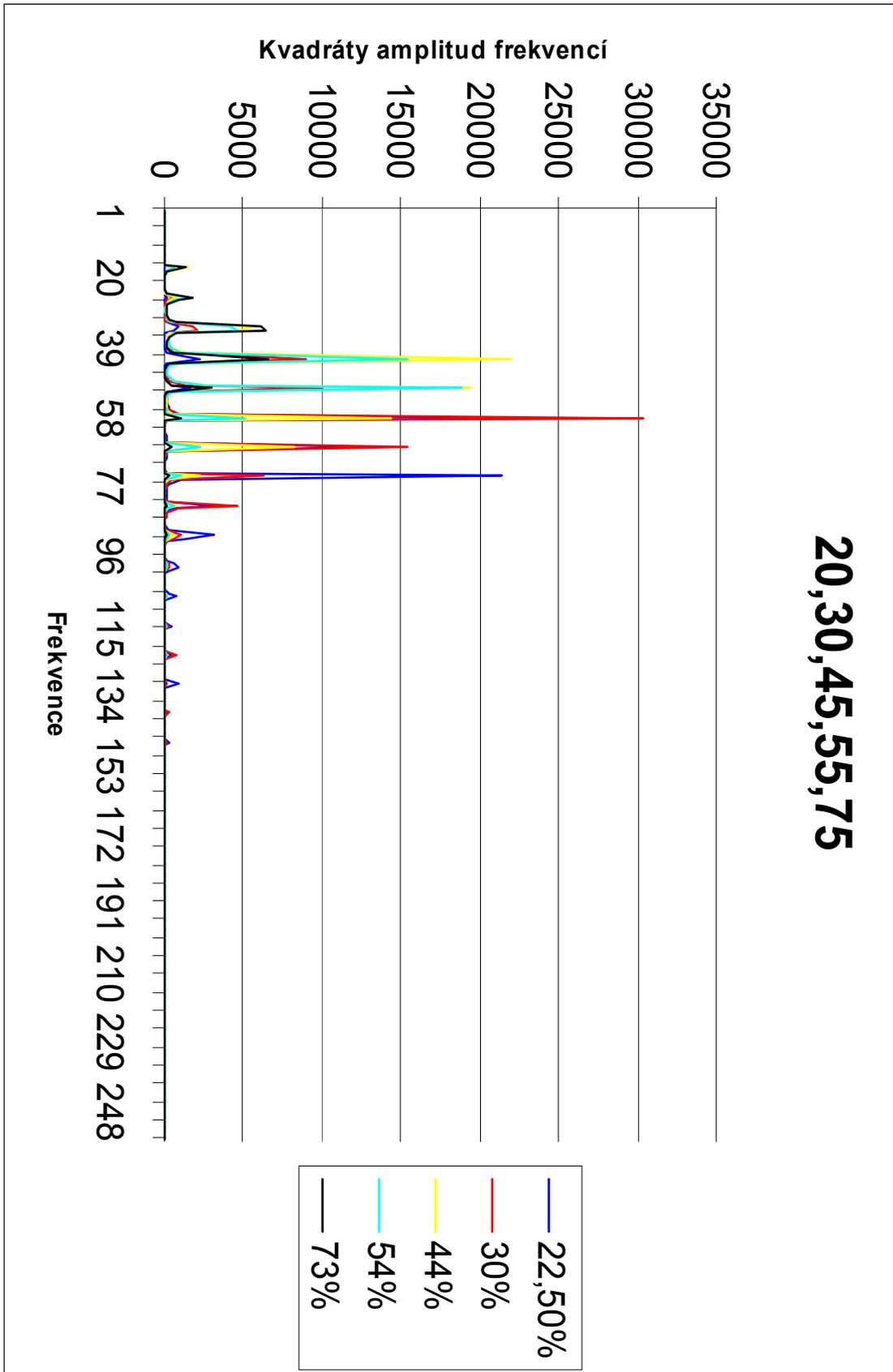
Graf 9 – porovnání průměrných frekvenčních hodnot splývavosti u materiálu s 40 a 70% splývavostí dle DC



Graf 10 – porovnání průměrných frekvenčních hodnot splývavosti u materiálu s 20% splývavostí dle DC

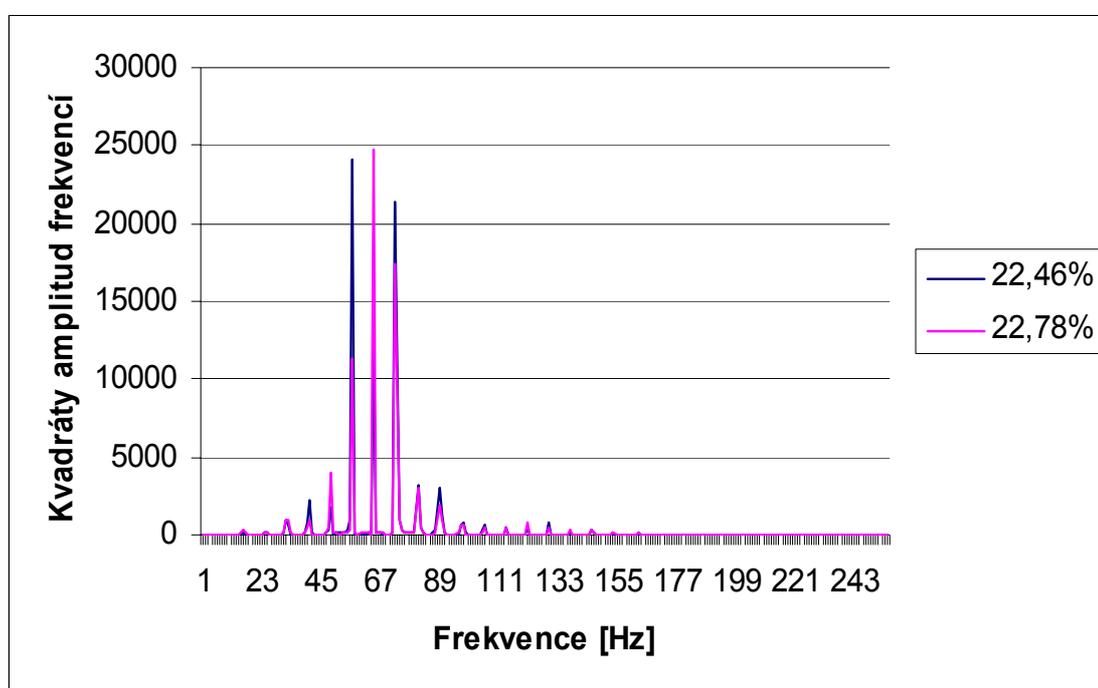


Graf 11 – porovnání průměrných frekvenčních hodnot splývavosti u materiálu s 20% a 30% splývavostí dle DC

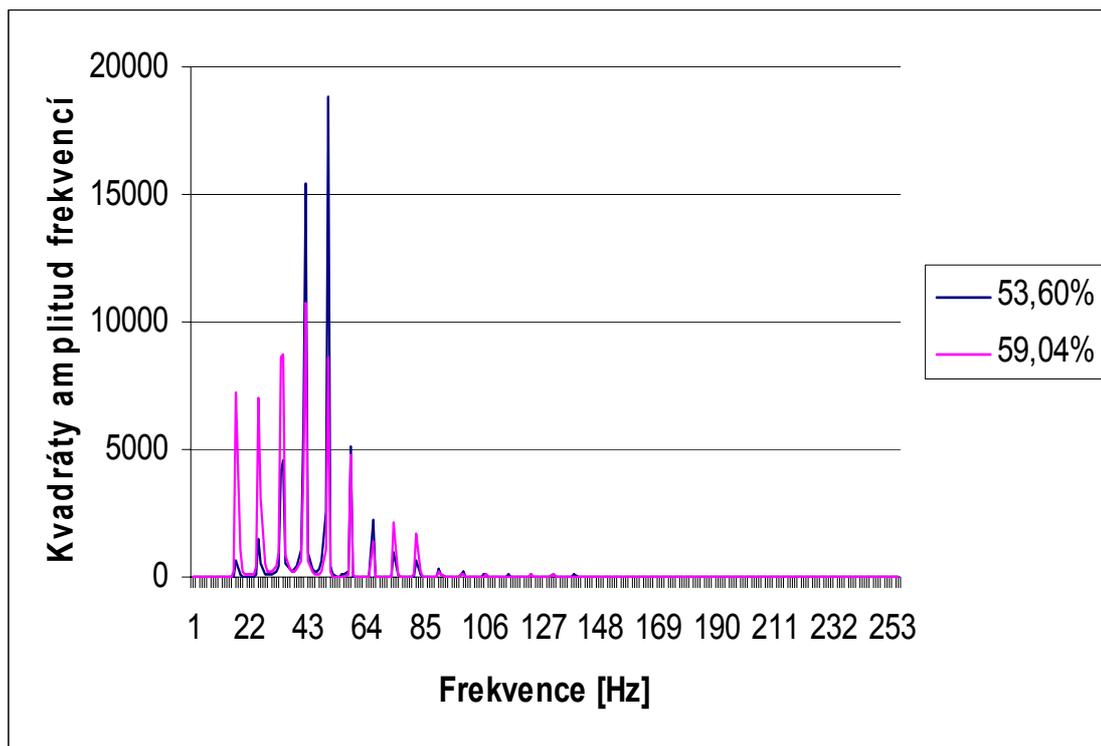


Graf č. 12 – Porovnání frekvenčních průměrů u 20, 30, 40, 50 a 70 % splývavosti dle DC

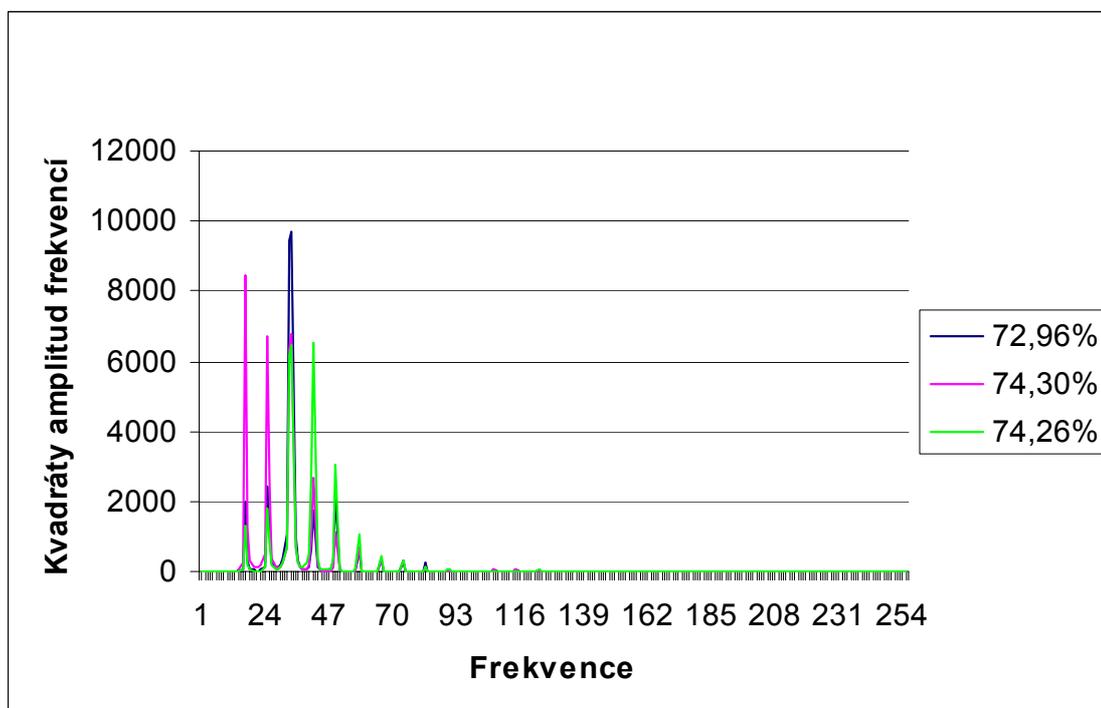
Zajímavé je také porovnání průměrů frekvenčních dat u materiálů se stejnou splývavostí dle DC (graf 13, 14 a 15). Toto porovnání nám může umožnit zjistit něco i o tvaru splývavosti, což nám klasický Cusickův způsob neumožňuje. U materiálů s 20% splývavostí dle DC dosáhly 3 vzorky téměř stejného procenta splývavosti, avšak při porovnání skupin dat obou materiálů dostáváme jiné křivky. Předložené grafy (graf č. 16, 17 a 18) jsou pouze nástinem možného řešení, které by mohlo být dále zpracováno jako samostatné téma, obzvláště zajímavé by mohlo být prozkoumání, jakým způsobem ovlivňuje tvar křivky v grafu počet záhybů u 2D zobrazení splývavosti.



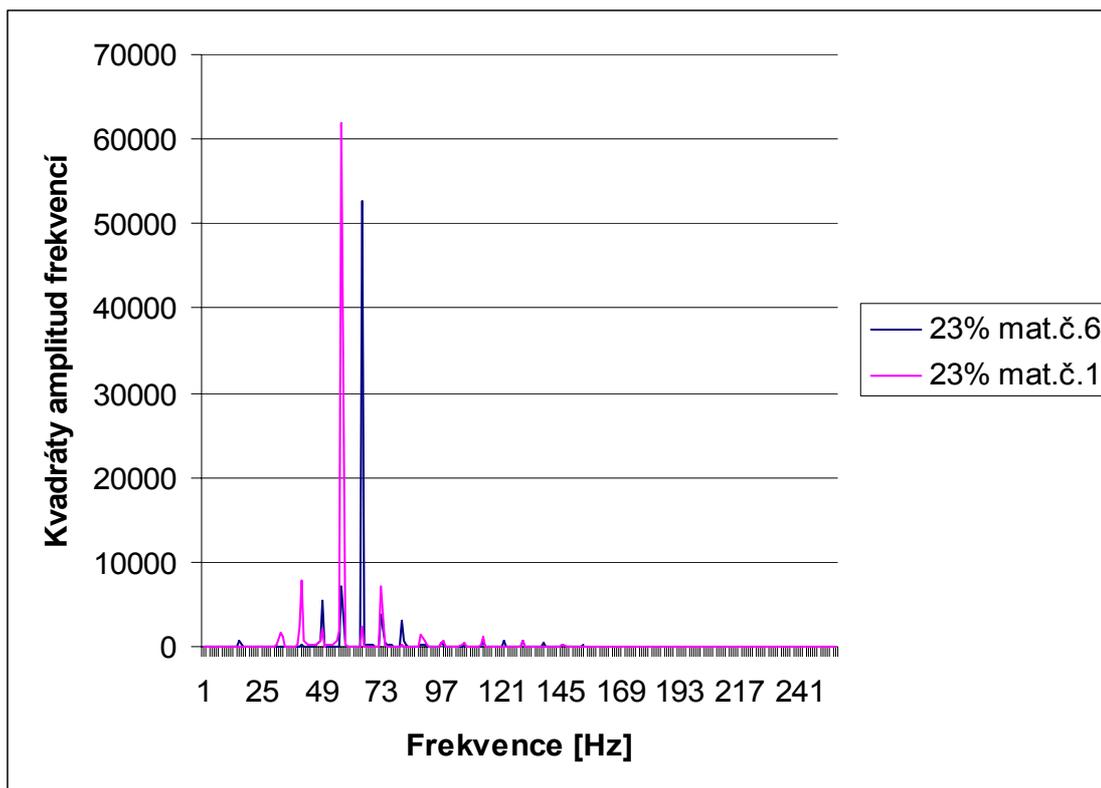
Graf č. 13 – Porovnání průměrné splývavosti u materiálů s 20% splývavostí dle DC



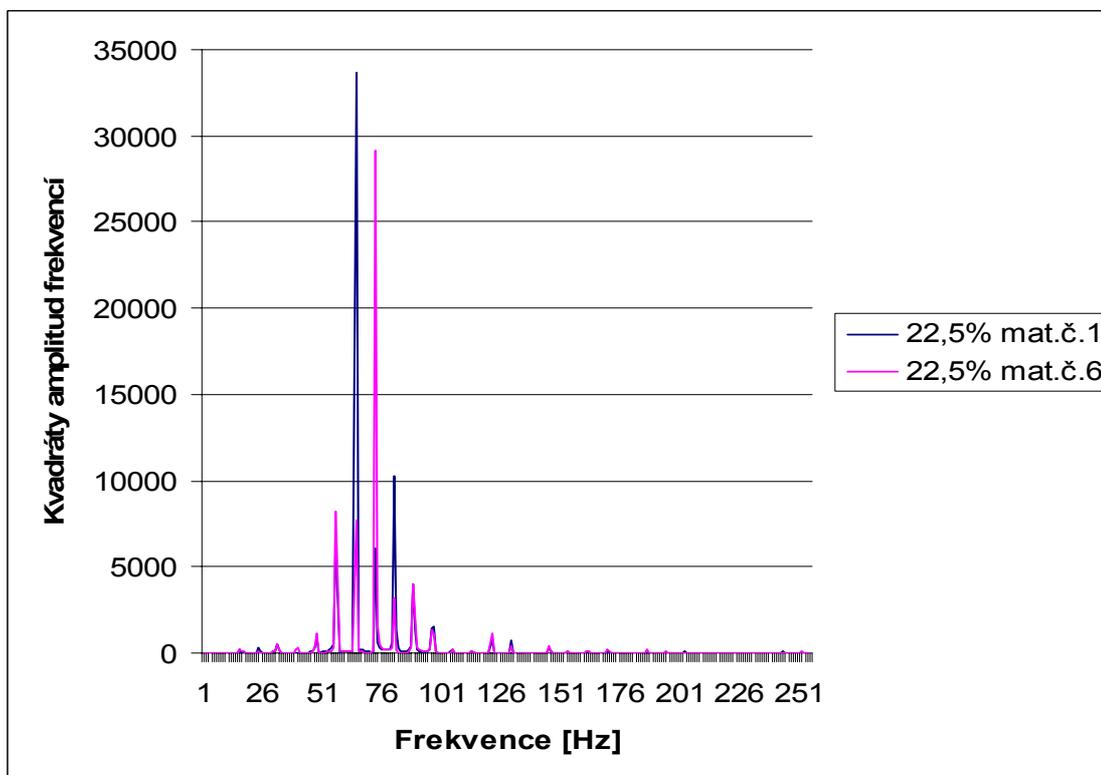
Graf č. 14 – Porovnání průměrné splývavosti u materiálů s 50% splývavostí dle DC



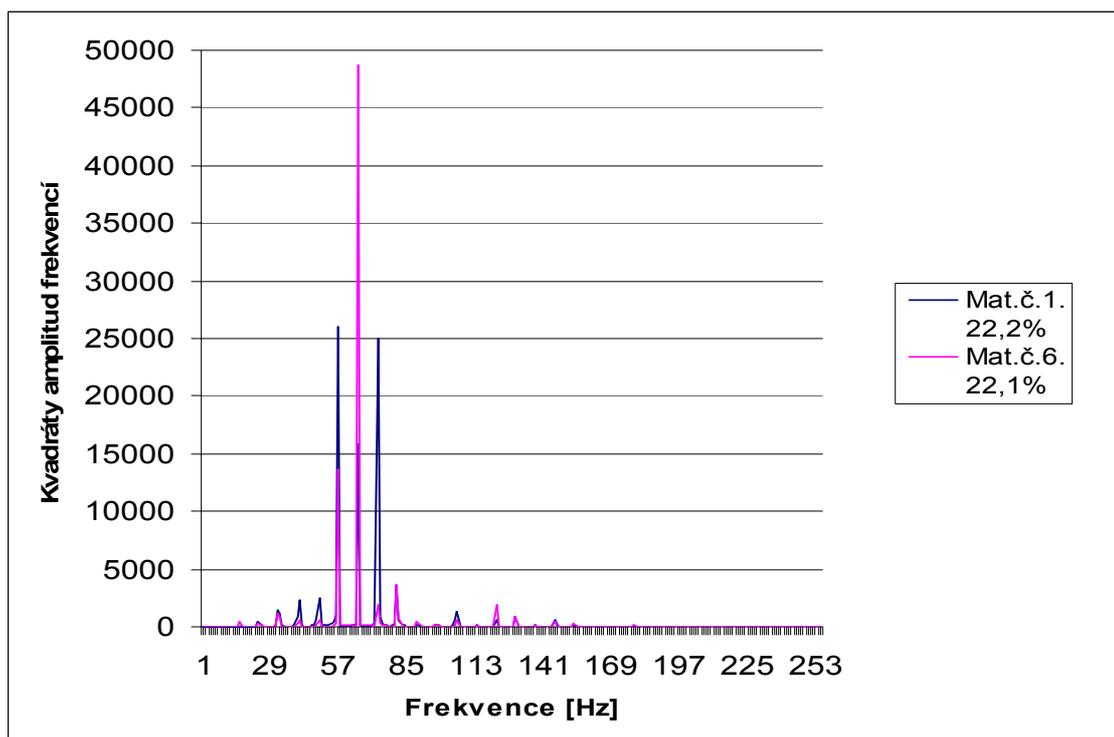
Graf č. 15 – Porovnání průměrné splývavosti u materiálů se 70% splývavostí dle DC



Graf č. 16 – Porovnání dvou vzorků rozdílných materiálů se shodným procentem splývavosti dle DC (23%)



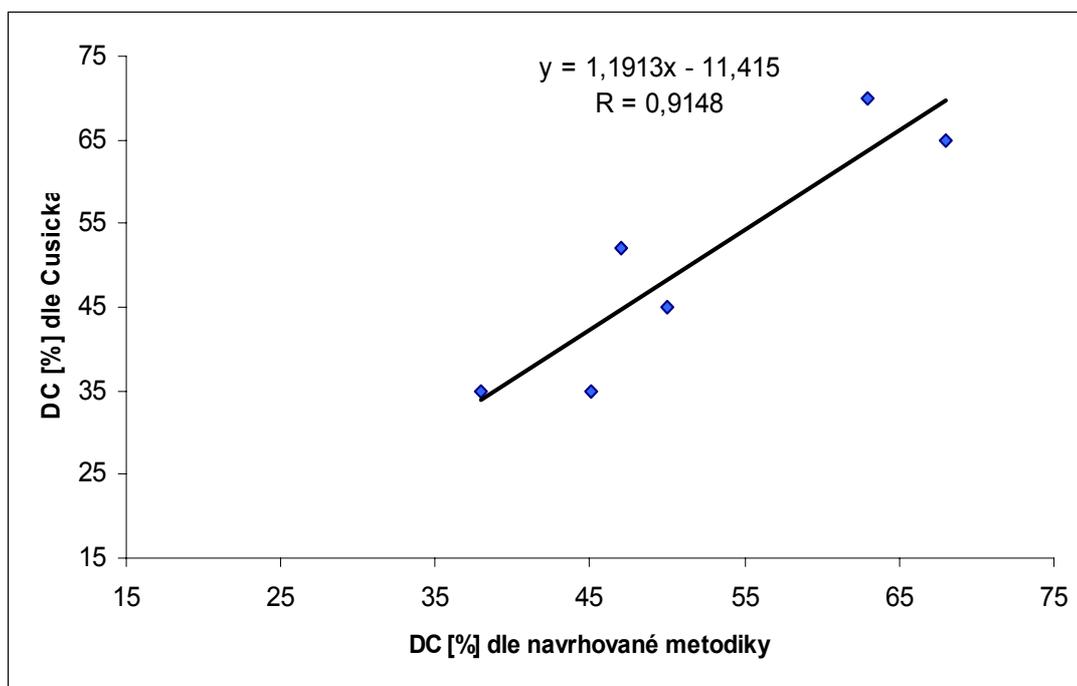
Graf č. 17 – Porovnání dvou vzorků rozdílných materiálů se shodným procentem splývavosti dle DC (22,5%)



Graf č. 18 – Porovnání dvou vzorků rozdílných materiálů se shodným procentem splývavosti dle DC (22,2%)

5.2.4 Porovnání hodnocení koeficientu splývavosti dle Cusicka a nově navržené metodiky

Graf č. 19 se snaží porovnat, jakým způsobem se shodují nebo liší koeficient splývavosti určený klasickou Cusickovou metodou a nově navrhovanou metodikou. Jak je z grafu patrné, nedochází k žádným velkým výkyvům. Tato vychýlení jsou také dána rozdílným způsobem měření použitých dat. V grafu porovnáme hodnotu splývavosti měřenou způsobem obrazové analýzy, zatímco všechna použitá data byla měřena pomocí triangulačního laserového scanneru. V příložené tab. č. 4, můžeme porovnat rozdíly hodnot splývavosti DC [%] měřených pomocí obrazové analýzy a pomocí triangulačního laserového scanneru.



Graf 19 – porovnání určení koeficientu splývavosti dle Cusicka a nově navrhovanou Metodikou

Tab. č. 4 – rozdíl koeficientu splývavosti dle Cusicka měřeného pomocí obrazové analýzy a triangulačním laserovým scannerem

Č.m.	Materiál	Vazba	Koeficient splývavosti dle obrazové analýzy	Koeficient splývavosti dle triangulačního laserového scanneru
	o ú		DC[%]	DC[%]
1.	VS/Acetat	plátno	16,88	22,46
2.	VS/Acetat	plátno	48,56	53,60
3.	96%CO+4%elastan	kepr 2/1S	72,85	72,96
4.	PES	krep	39,44	44,08
5.	100% CO	plátno	75,85	74,30
6.	100% VI	plátno	17,97	22,78
7.	PES/VS	atlas	51,52	59,04
8.	100% VI	plátno	22,84	30,10
9.	99%CO+1%elastan	útkový kord	77,55	74,26

ZÁVĚR

Cílem práce bylo vytvoření nové metodiky hodnocení 2D obrazu splývavosti, která k vyjádření charakteristiky splývavosti využívá Fourierovu transformaci.

Nově navržená metodika hodnocení splývavosti s využitím Fourierovy transformace byla vypracována s pomocí počítačového programu Matlab a využívá funkce FFT.

Dle vyhodnocení měření byly zjištěny pro jednotlivé splývavé materiály intervaly frekvenčních hodnot, určující hodnotu splývavosti pro daný materiál. Jsou zde graficky znázorněny nejen tyto frekvenční intervaly pro jednotlivé materiály, ale na grafech můžeme vidět také rozdíl těchto frekvenčních intervalů mezi jednotlivými materiály.

Dále jsou v práci zmíněny problémy a následně jejich odstranění, které se vyskytly během tvorby metody. Jedná se hlavně o vysoké výkyvy frekvenčních hodnot daných fázovým posunem u jednoho materiálu při měření splývavosti.

V poslední kapitole je zmíněno, a částečně nastíněno, jakým směrem by se dalo v metodě pokračovat. Bylo by zajímavé zjistit, jaký vliv na hodnoty kvadrátu frekvenčních amplitud má tvar splývavé textilie. Popřípadě upravit metodu tak, aby vypovídala právě i o tvaru splývavého vzorku. Tato metoda by pak byla účinnější než klasická Cousickova metoda, jelikož bychom o splývavém materiálu věděli více, než z koeficientu splývavosti DC.

Seznam použité literatury:

- [1] Staněk, J.: *Nauka o textilních materiálech, díl 1., část 4., Vlastnosti délkových a plošných textilií.* Liberec 1988
- [2] Glombíková, V., Halasová, A., Vítová, J.: *Vplyv tuhosti a délky previsu na splývavosť.* Strutex 2001. TU, Liberec 2001, s.221 – 227
- [3] Jeong, Y. J.: *A Study of Fabric-drape Behavior with Image Analysis Part I: Measurement, Characterisation, and Instability.* Journal of Textile Institute, 1998, Vol. 89, No. 1, p. 59-69
- [4] Stylios, G. K., Wan, T.R.: *The concept of virtual measurement – 3D fabric drapeability,* International Journal of Clothing, Science and Technology, 1999, Vol. 11, No. 1, p. 10-18
- [5] Sharma, K. J., Behera, B. K., Roedel, H., Schenk, A.: *Effect of sewing and fusing of interlining on drape behaviour of suiting fabrics.* International Journal of Clothing, Science and Technology, 2005, Vol. 17, No. 2, p. 75-90
- [6] Kenkare, N., May-Plumlee, T.: *Evaluation of Drape Characteristics in Fabric.* International Journal of Clothing, Science and Technology, 2005, Vol. 17, No. 2, p. 109-123
- [7] Stylios, G. K., Zhu, R.: *The Characterisation of Static and Dynamic Drape of Fabric.* Journal of Textile Institute, 1997, Vol. 88, No. 4, p. 465-474
- [8] Lo, W. M., Hu, J. L., Li, L. K.: *Modeling a Fabrics Drape Profile.* Textile Research Journal, 2002, Vol. 72, No. 5, p. 454-463
- [9] Fischer, P., Krzywinski, S.: *Links Between Cloth Design, Pattern Development and Fabric Behaviour.* Journal of Textile Machinery Society of Japan, 1998, Vol. 22, No. 8, p.263-273
- [10] Natarajan, V., Thilagavathi, G.: *Development of Drape Appearance Grade as a Method to Evaluate Drapability of Apparel Fabrics.* 2nd Indo-Czech Textile Research Conference, 2003, 55-60
- [11] Kilinc, F., Moghazy, E.Y., Hassan, M., Farag, R.: *The Tactile Behavior of Textile Materials: New Perspective Part I: Fabric Handle Behavior.* Beltwide Cotton Conferences, 2004, San Antonio
- [12] Kvasnica, J.: *Matematický aparát fyziky,* 1997, Academia, Praha

- [13] <http://www.dnmc.com/solutions/drape.html>
- [14] <http://titania.emeraldinsight.com/>
- [15] http://cs.wikipedia.org/wiki/Fourierova_transformace
- [16] http://tvorbawebu.wz.cz/fairfe/help/uvod_ft.htm

Seznam příloh:

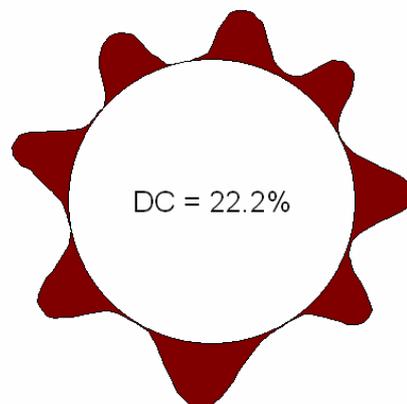
- 1 Materiály a jejich splývavost DC v [%]
- 2 Měření splývavosti pomocí FFT – Grafy – Matlab
- 3 Matlab File – Program využívající FFT pro měření splývavosti

PŘÍLOHA 1

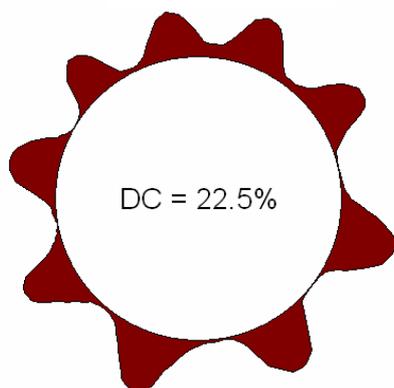
Materiály a jejich splývavost DC v [%]

Materiál č. 1

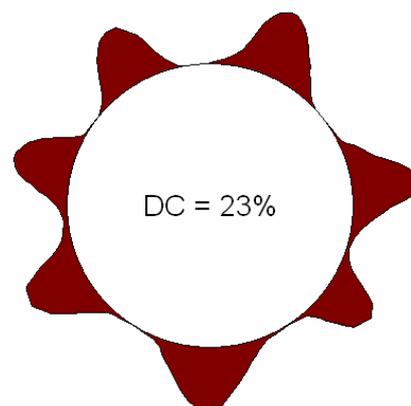
vzorek č. 1



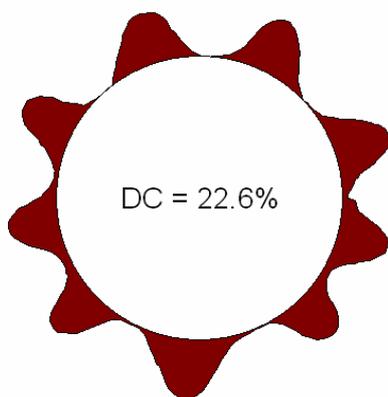
vzorek č. 2



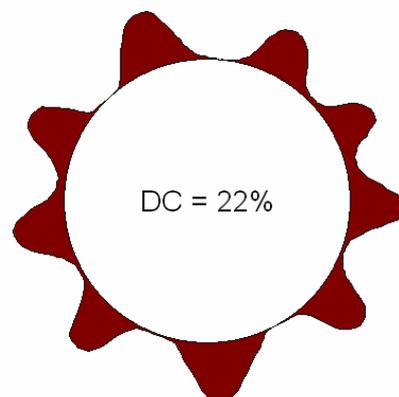
vzorek č.3



vzorek č. 4

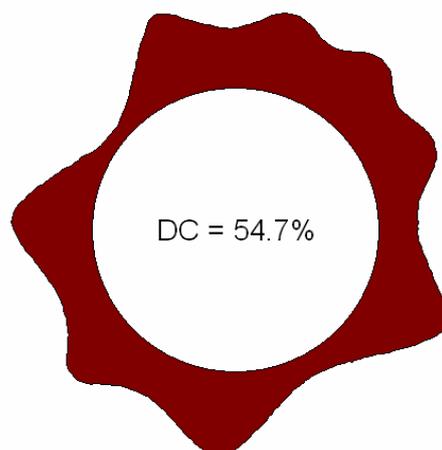


vzorek č.5

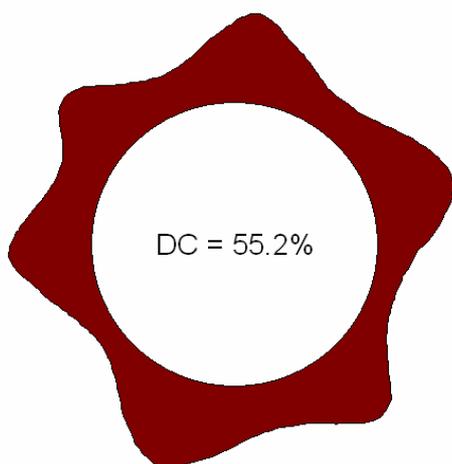


Materiál č. 2

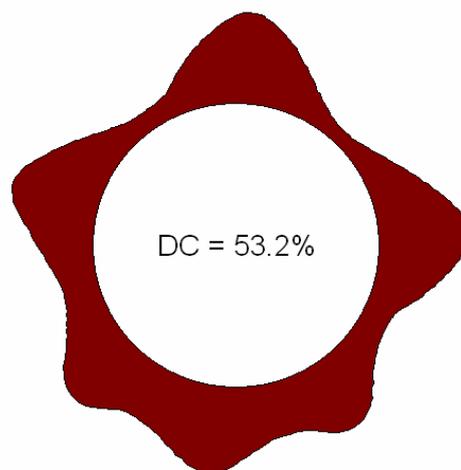
vzorek č. 1



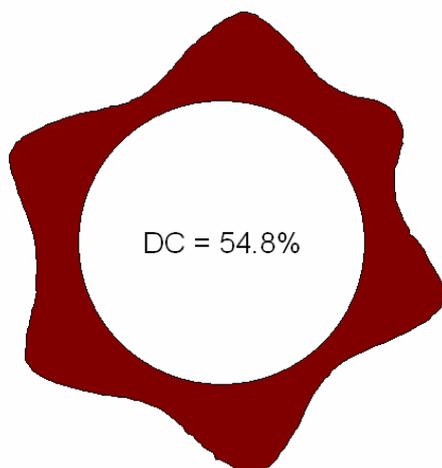
vzorek č. 2



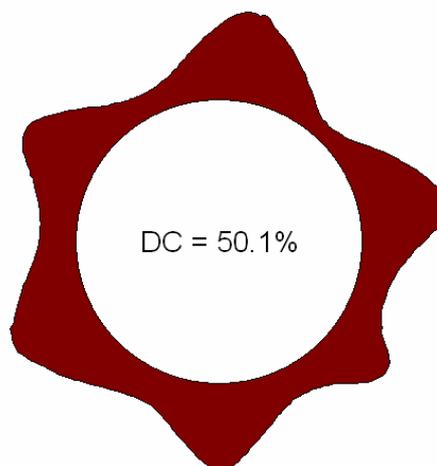
vzorek č. 3



vzorek č. 4

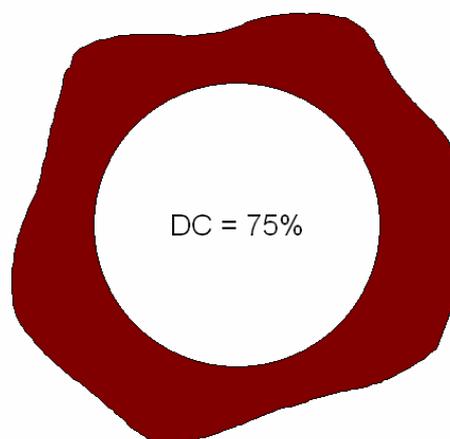


vzorek č. 5

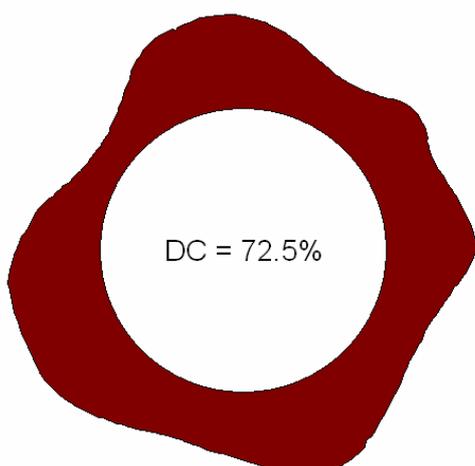


Materiál č. 3

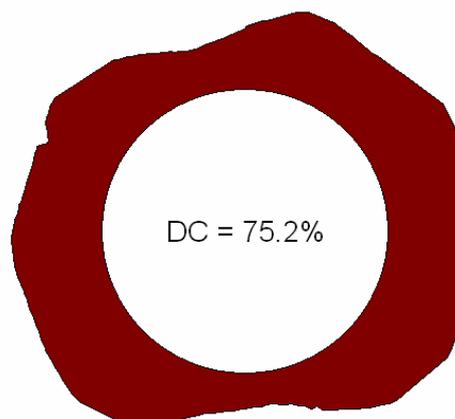
vzorek č. 1



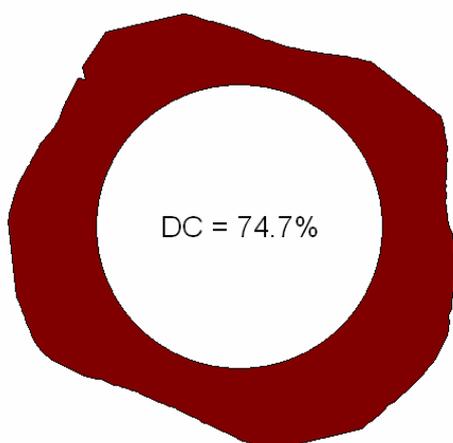
vzorek č. 2



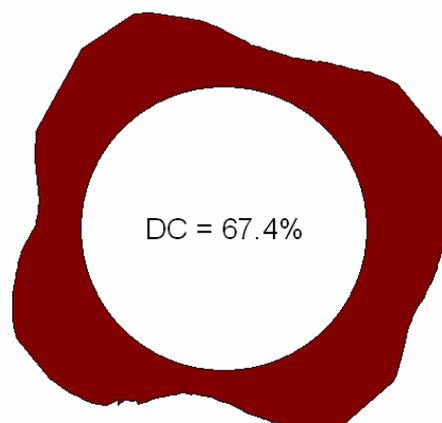
vzorek č. 3



vzorek č. 4

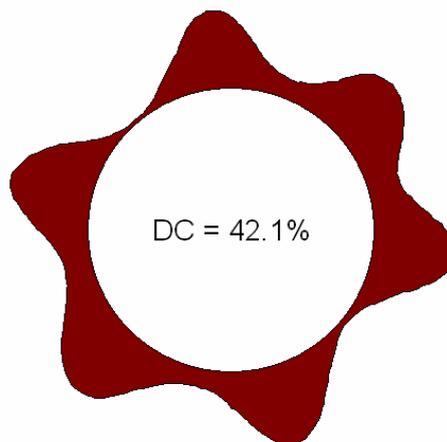


vzorek č. 5

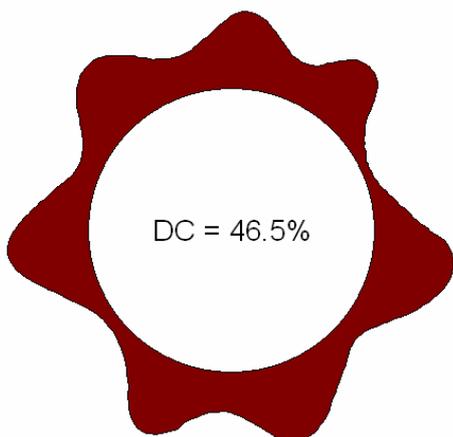


Materiál č. 4

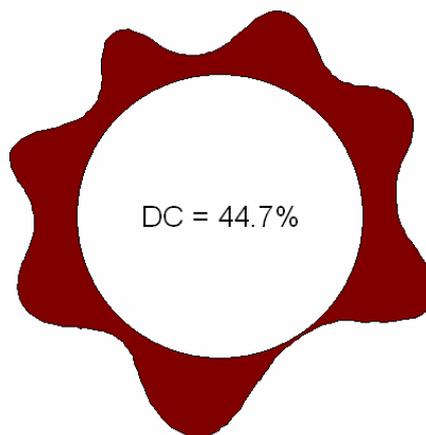
vzorek č. 1



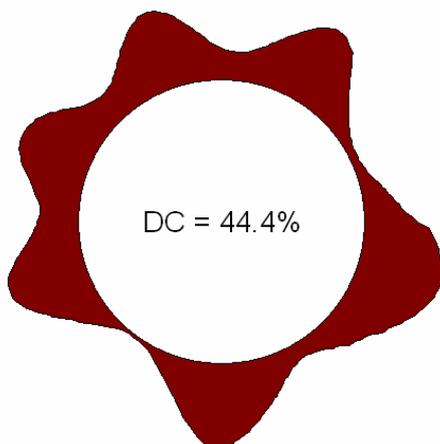
vzorek č. 2



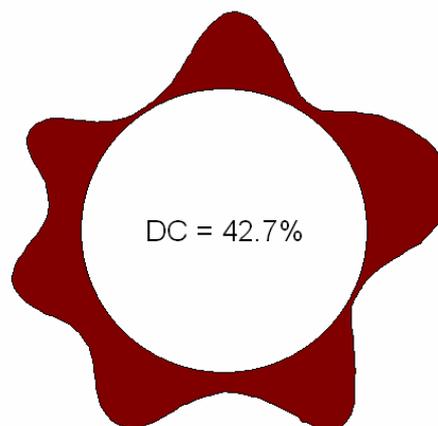
vzorek č. 3



vzorek č. 4

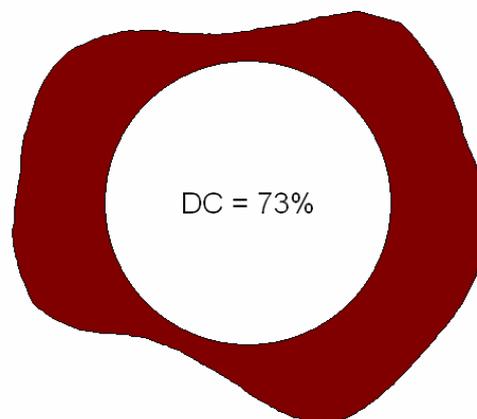


vzorek č. 5

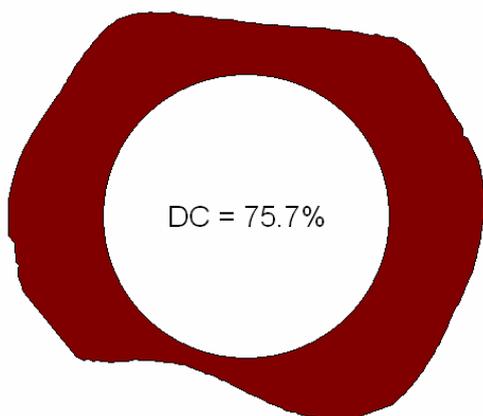


Materiál č. 5

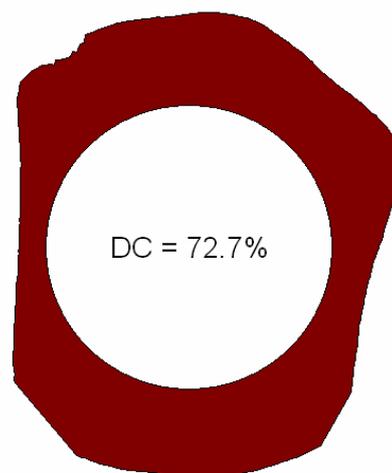
vzorek č. 1



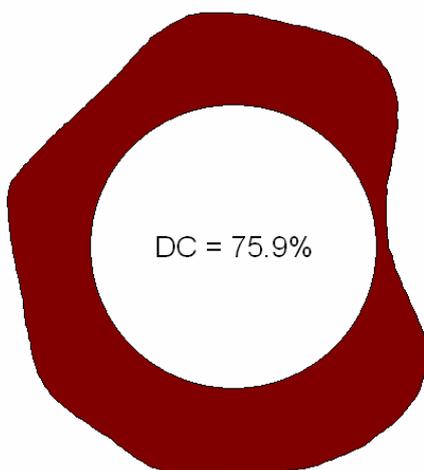
vzorek č. 2



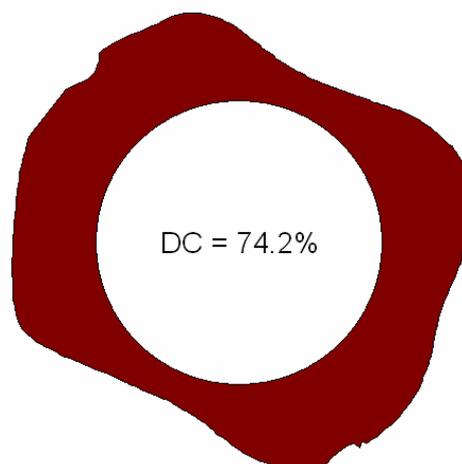
vzorek č. 3



vzorek č. 4

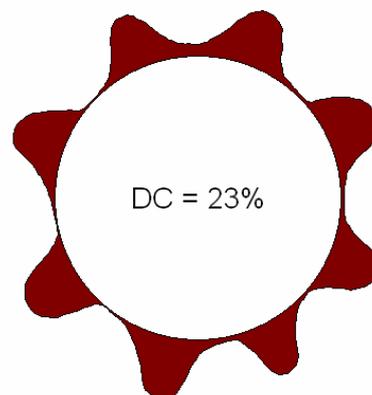


vzorek č. 5

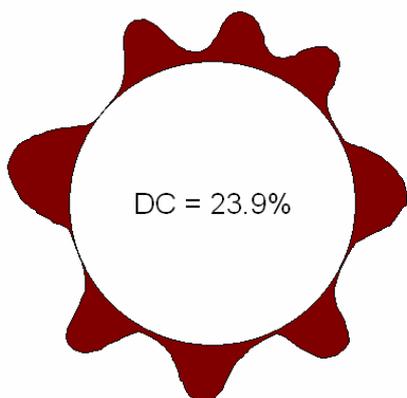


Materiál č. 6

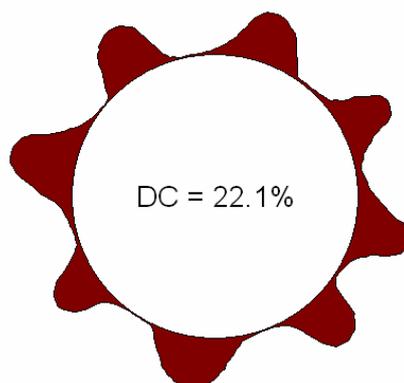
vzorek č. 1



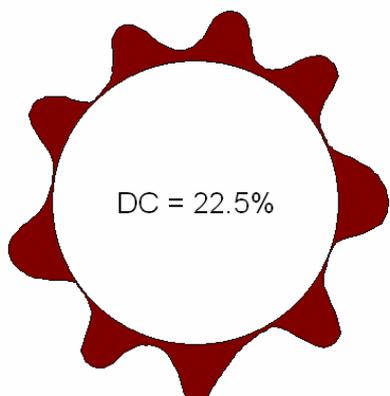
vzorek č. 2



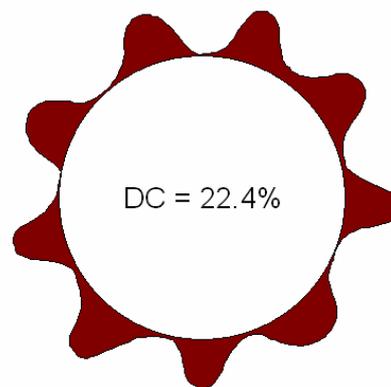
vzorek č. 3



vzorek č. 4

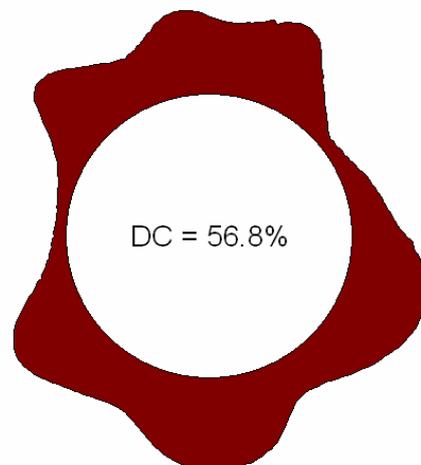


vzorek č. 5

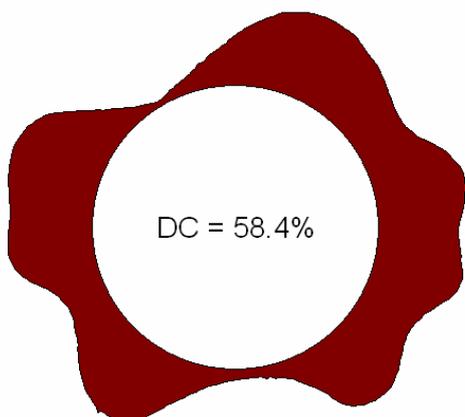


Materiál č. 7

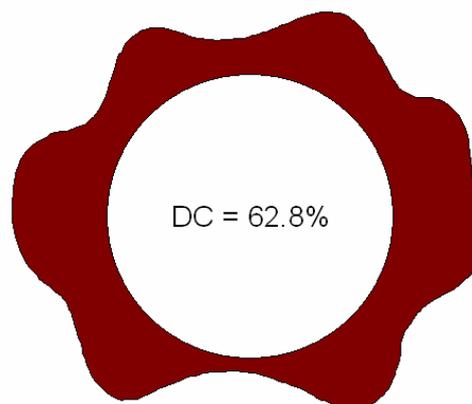
vzorek č. 1



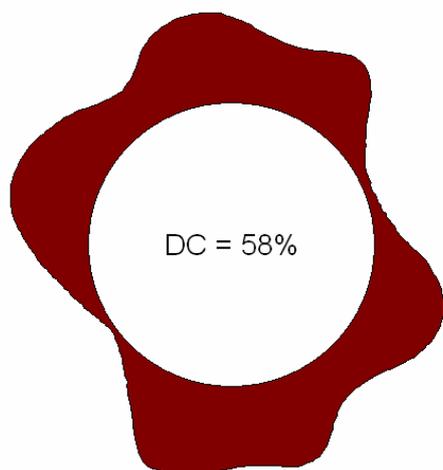
vzorek č. 2



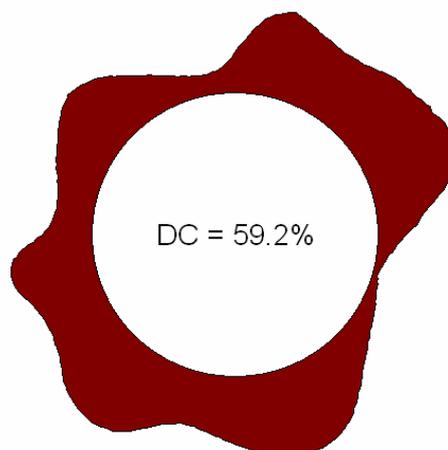
vzorek č. 3



vzorek č. 4

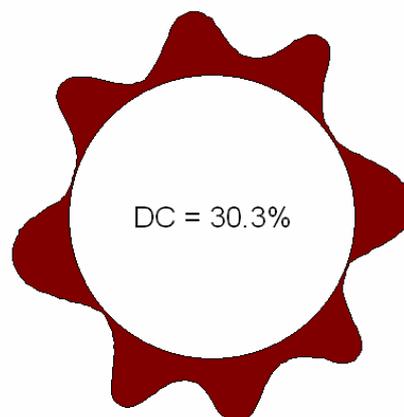


vzorek č. 5

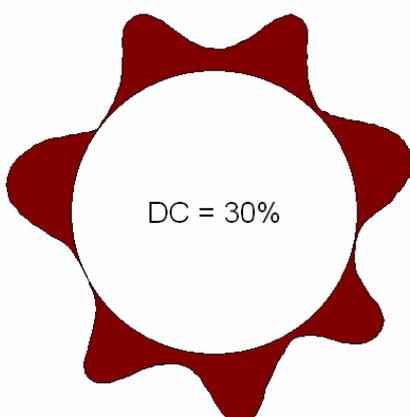


Materiál č. 8

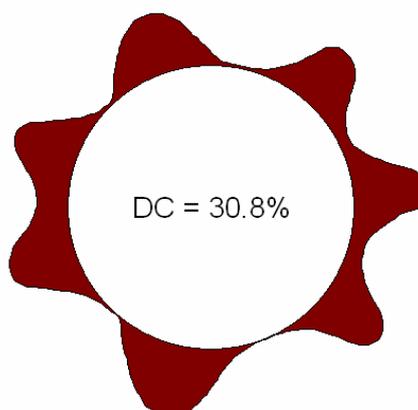
vzorek č. 1



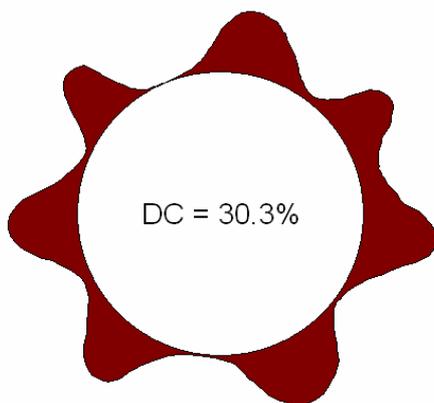
vzorek č. 2



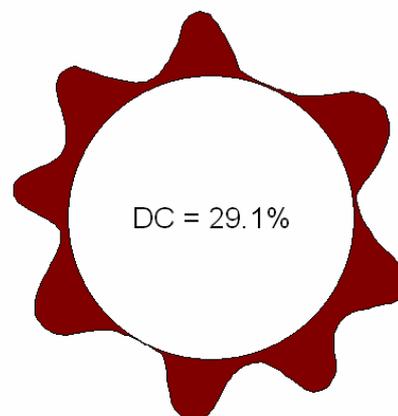
vzorek č. 3



vzorek č. 4

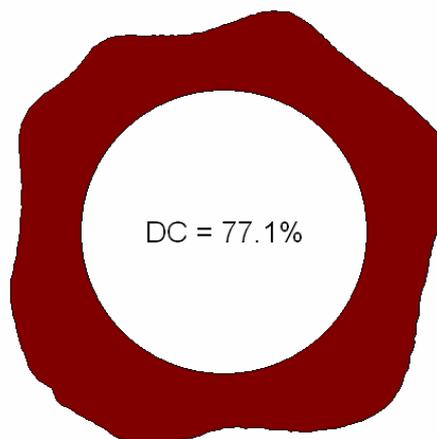


vzorek č. 5

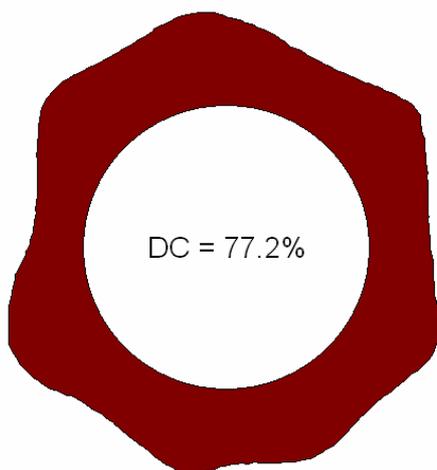


Materiál č. 9

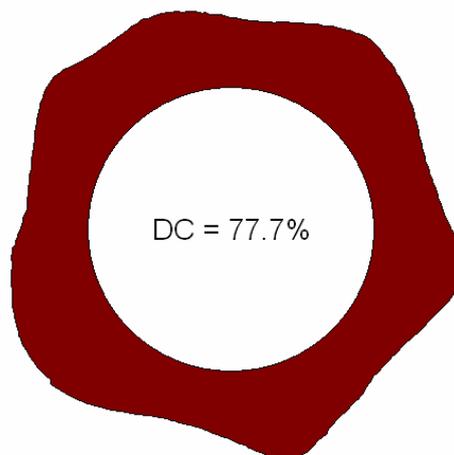
vzorek č. 1



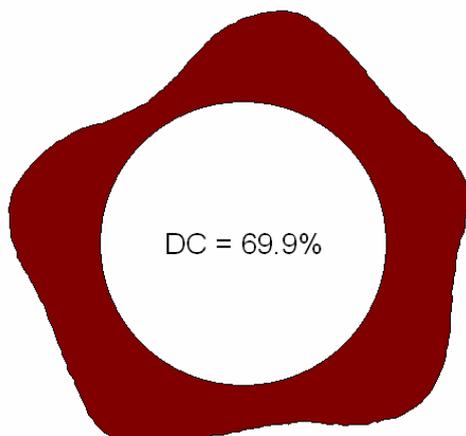
vzorek č. 2



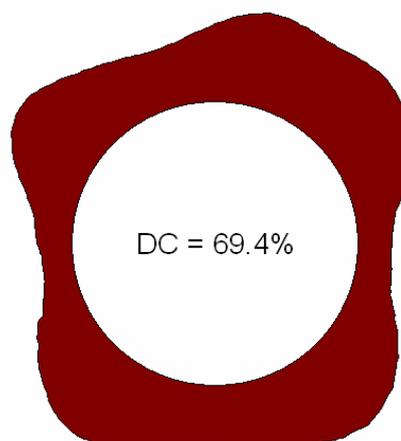
vzorek č. 3



vzorek č. 4



vzorek č. 5

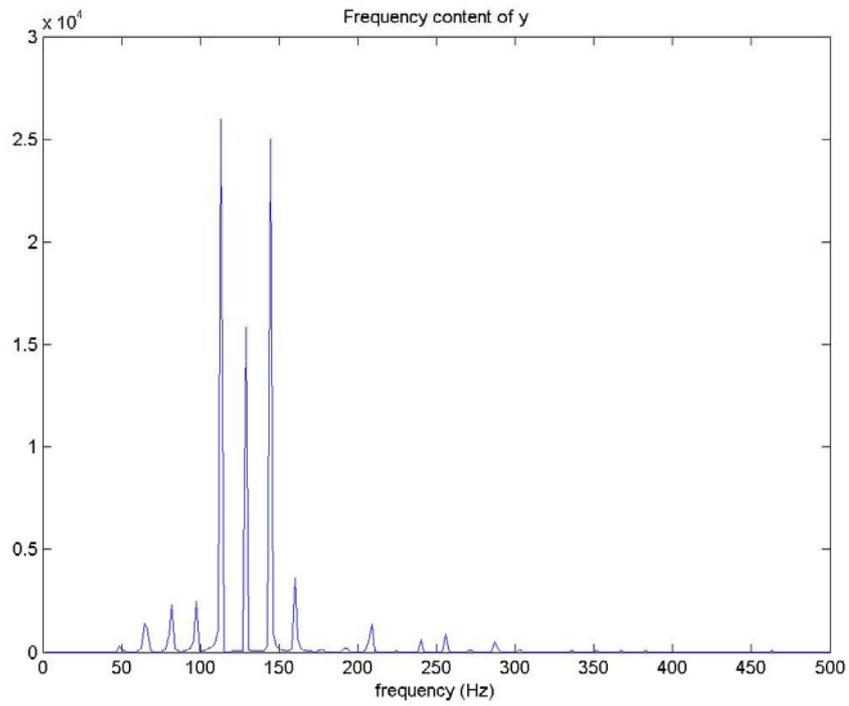


PŘÍLOHA 2

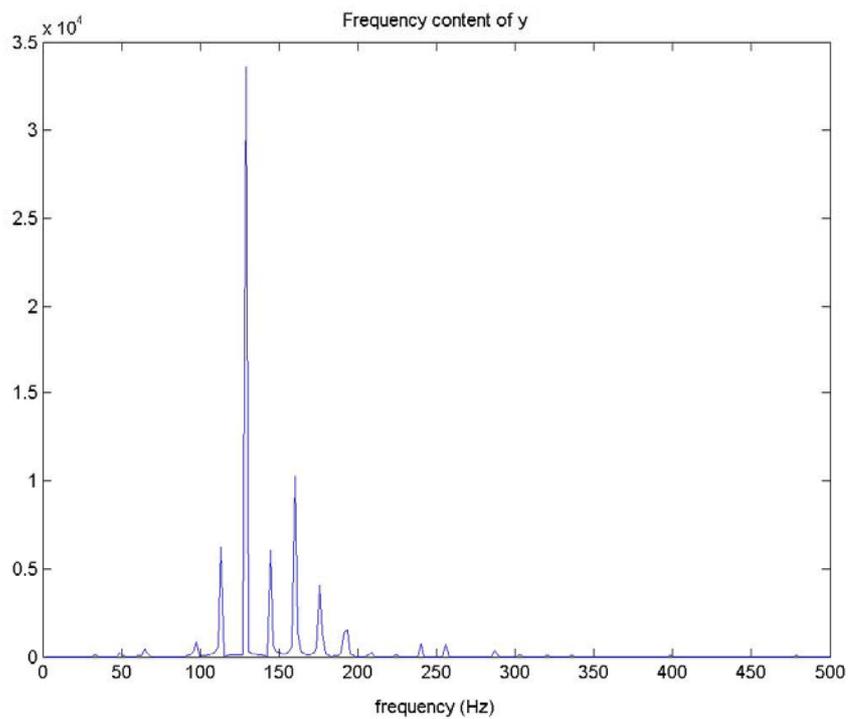
**Měření splývavosti pomocí FTT
Grafy - Matlab**

Materiál č.1

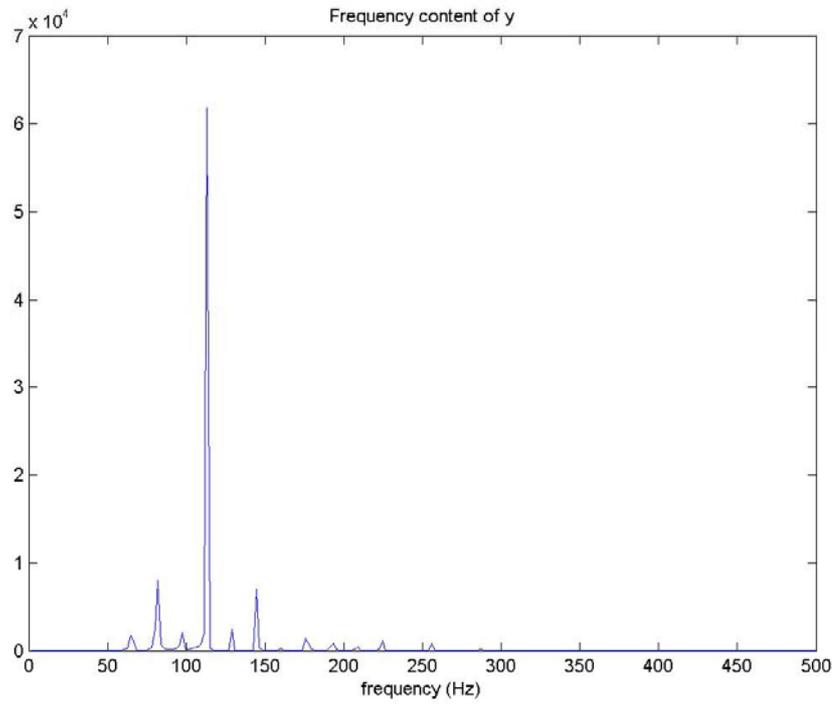
Vzorek č.1



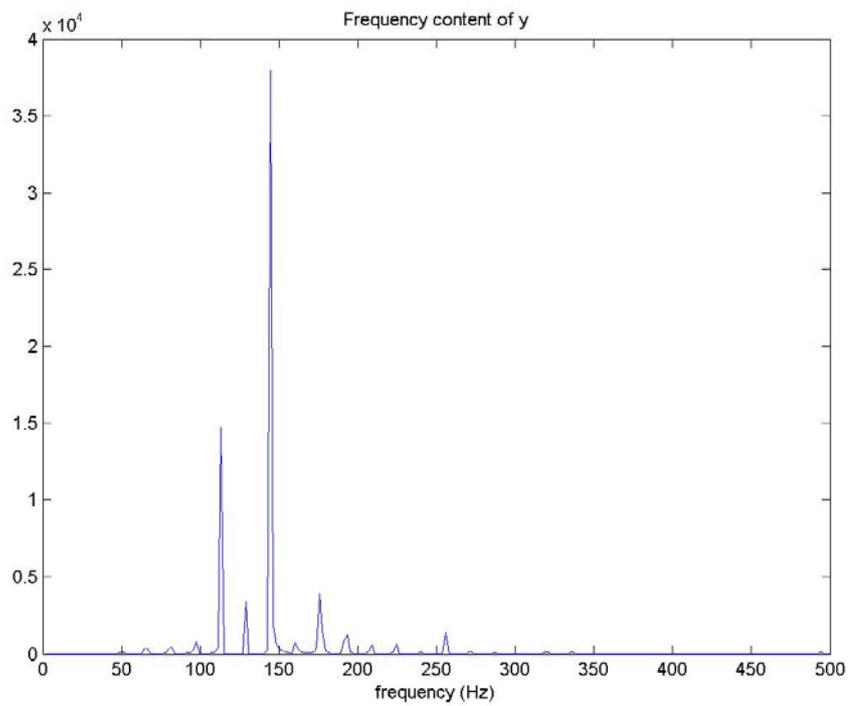
Vzorek č. 2



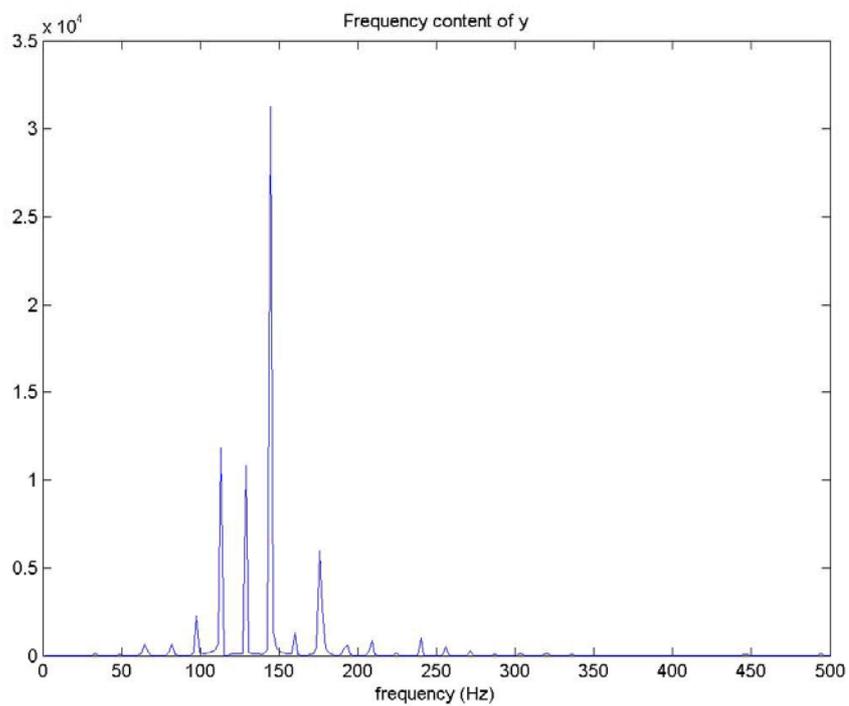
Vzorek č. 3



Vzorek č. 4

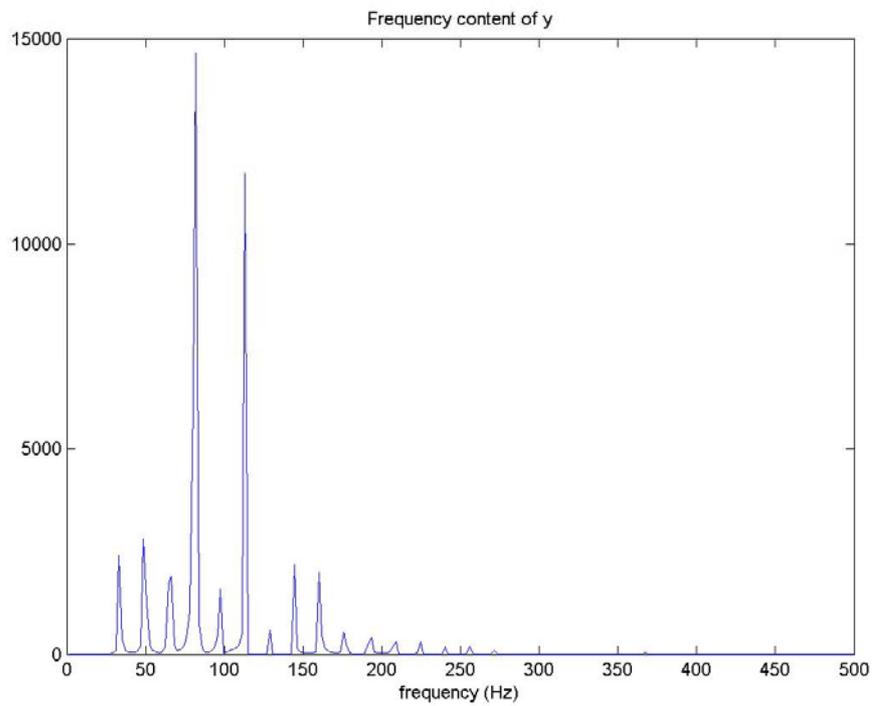


Vzorek č. 5

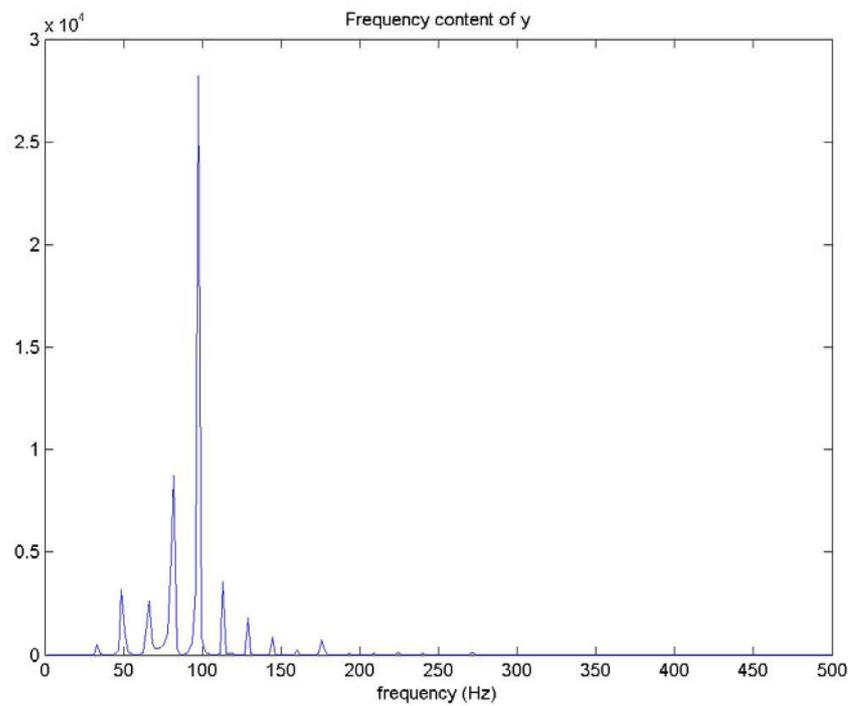


Materiál č. 2

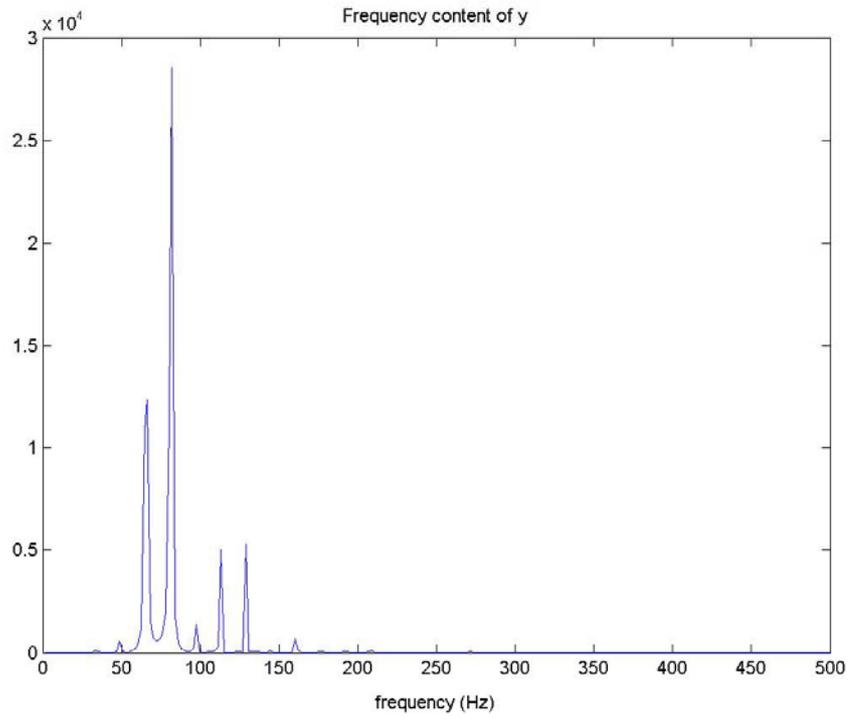
Vzorek č. 1



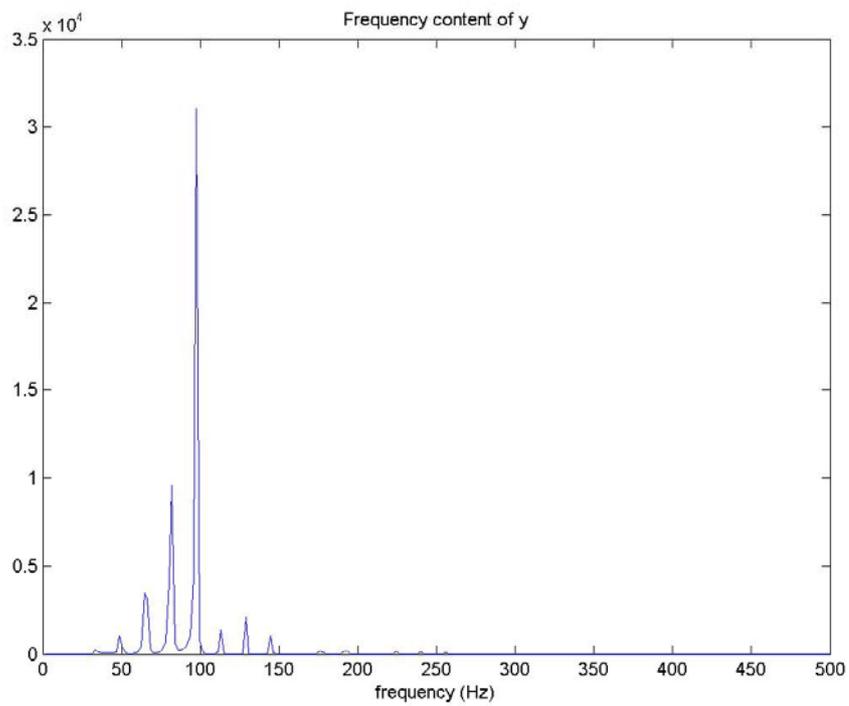
Vzorek č. 2



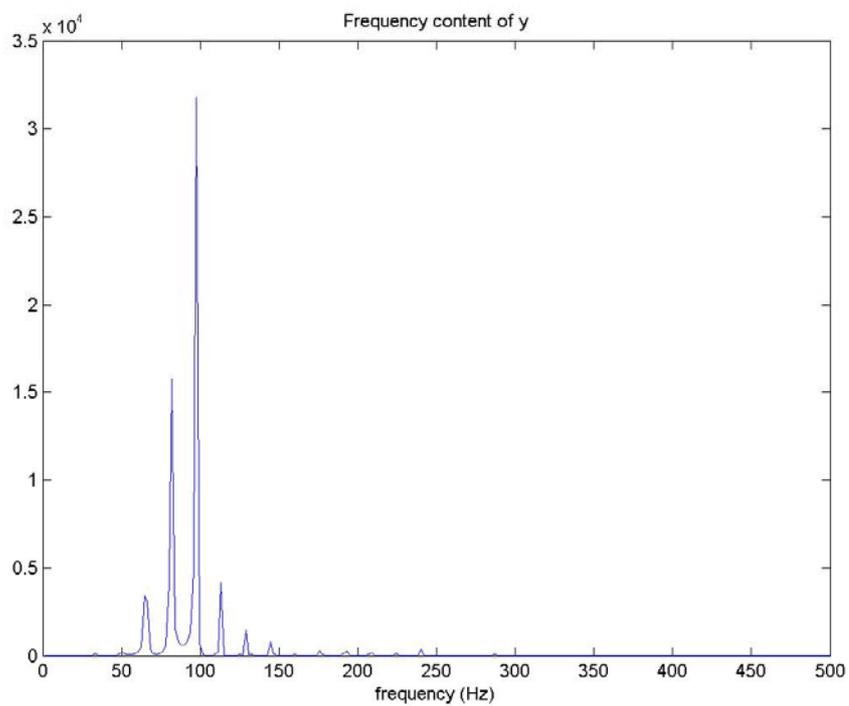
Vzorek č. 3



Vzorek č. 4

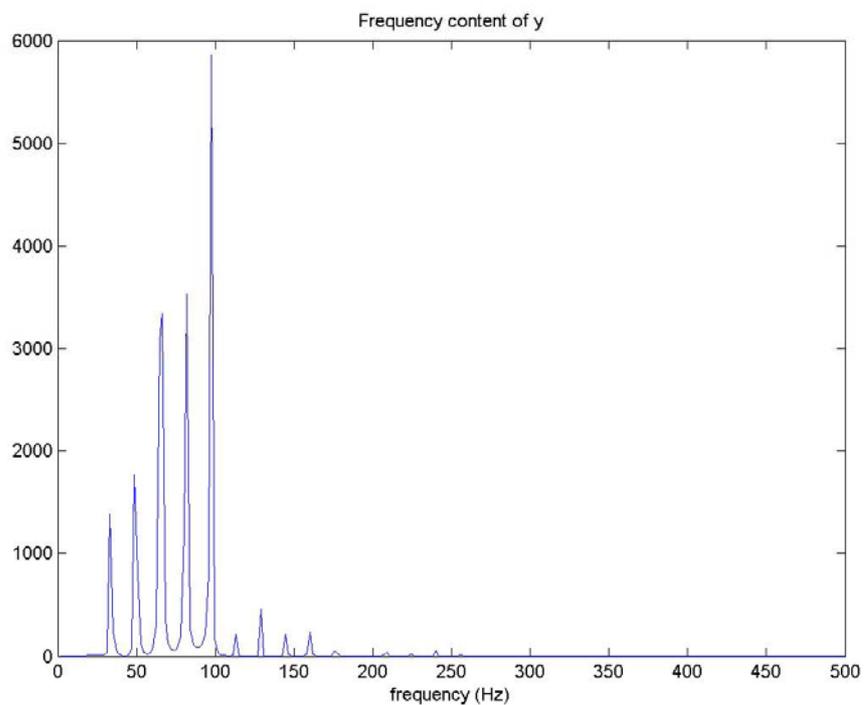


Vzorek č. 5

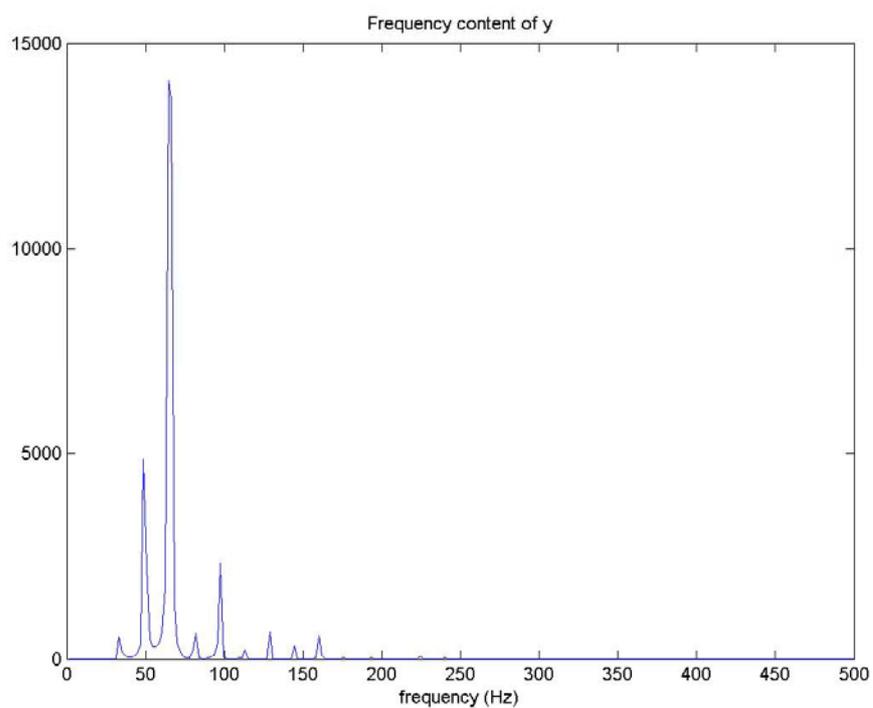


Materiál č. 3

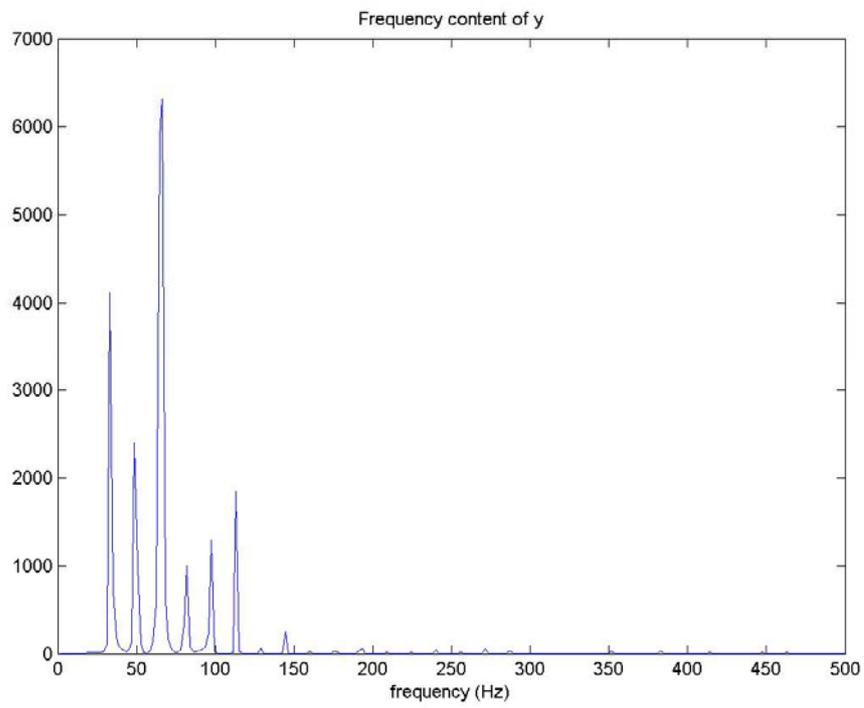
Vzorek č. 1



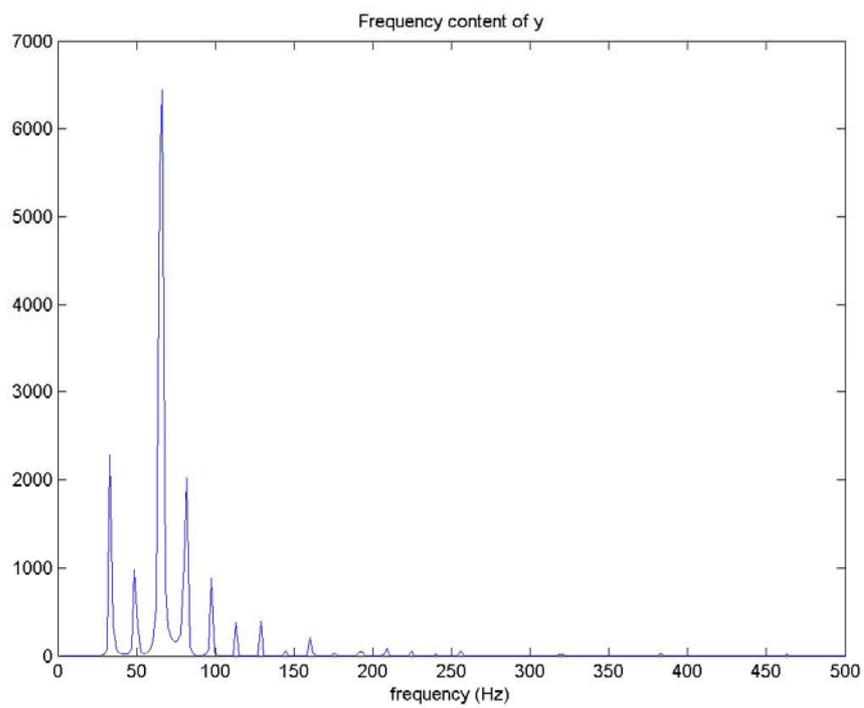
Vzorek č. 2



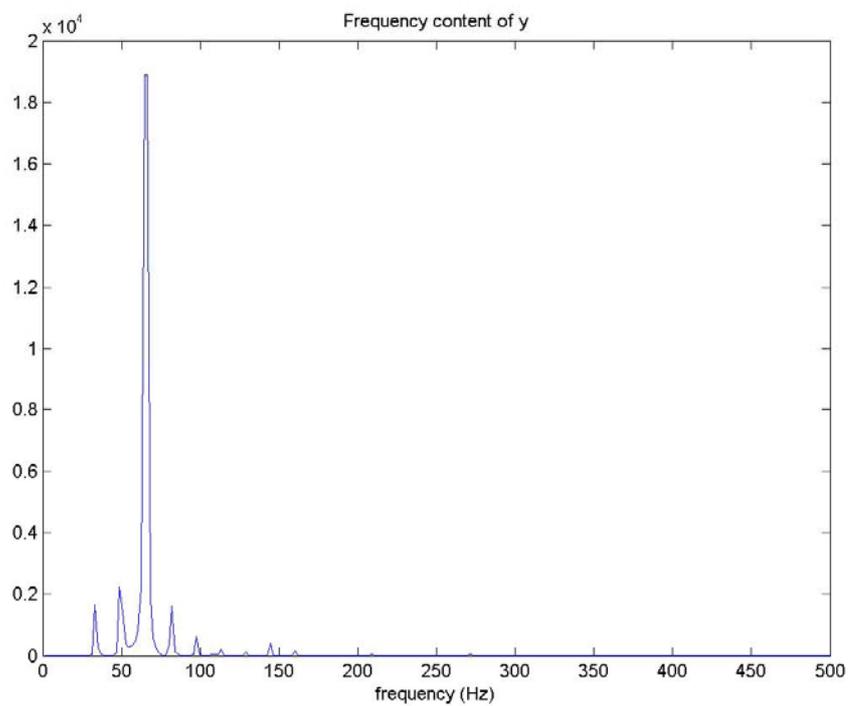
Vzorek č. 3



Vzorek č. 4

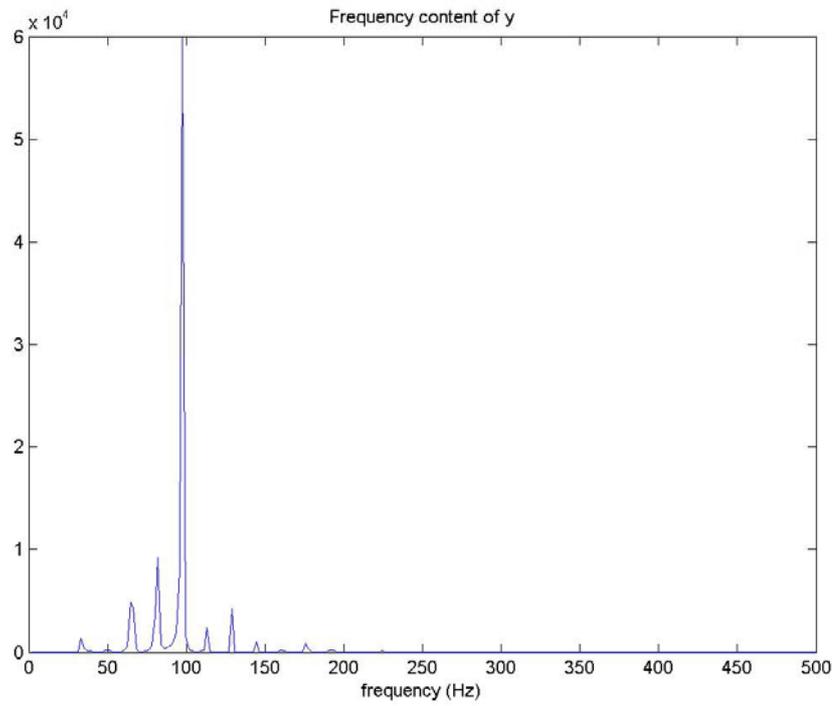


Vzorek č. 5

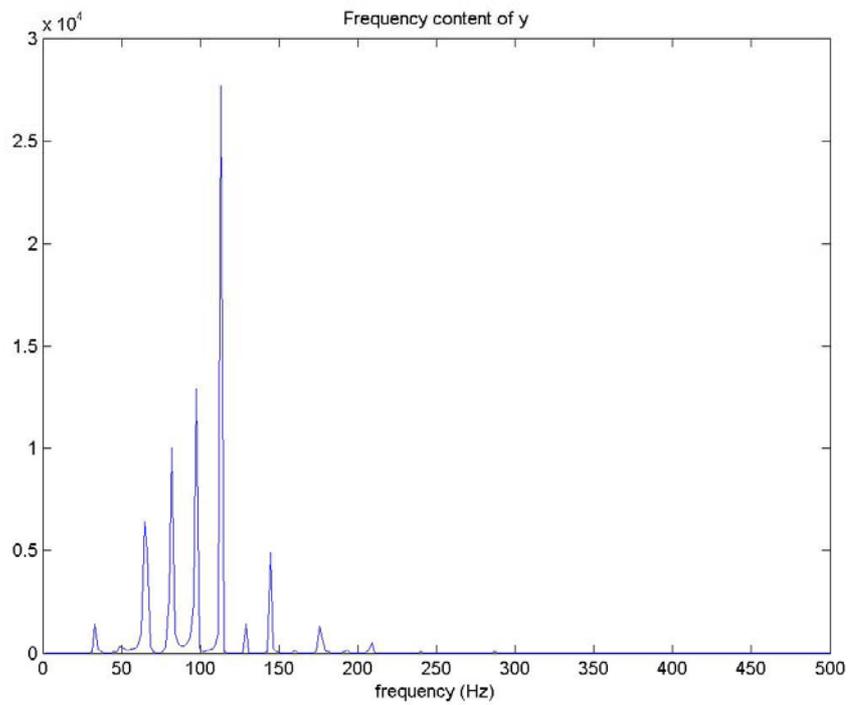


Materiál č. 4

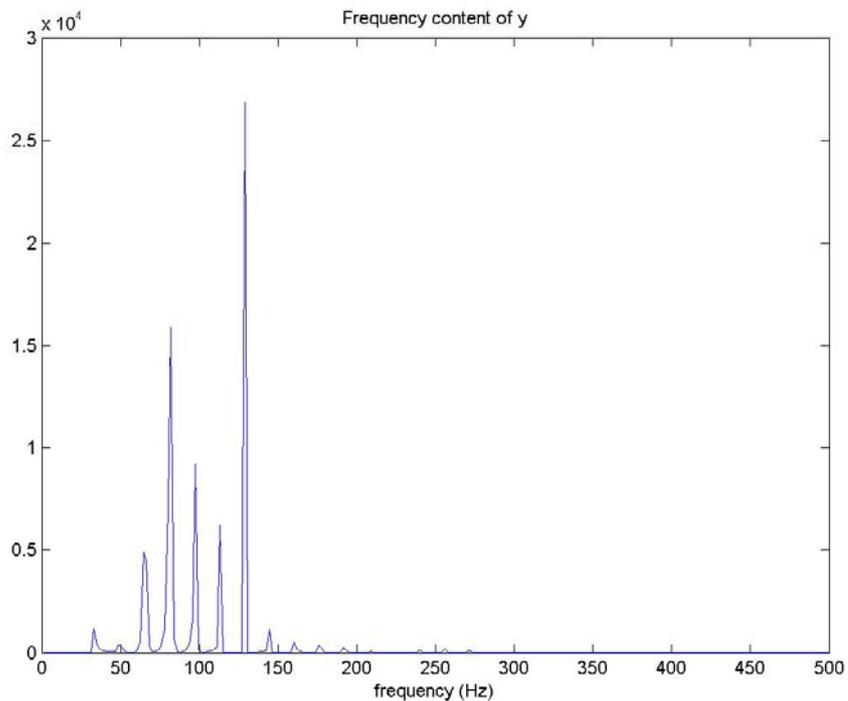
Vzorek č. 1



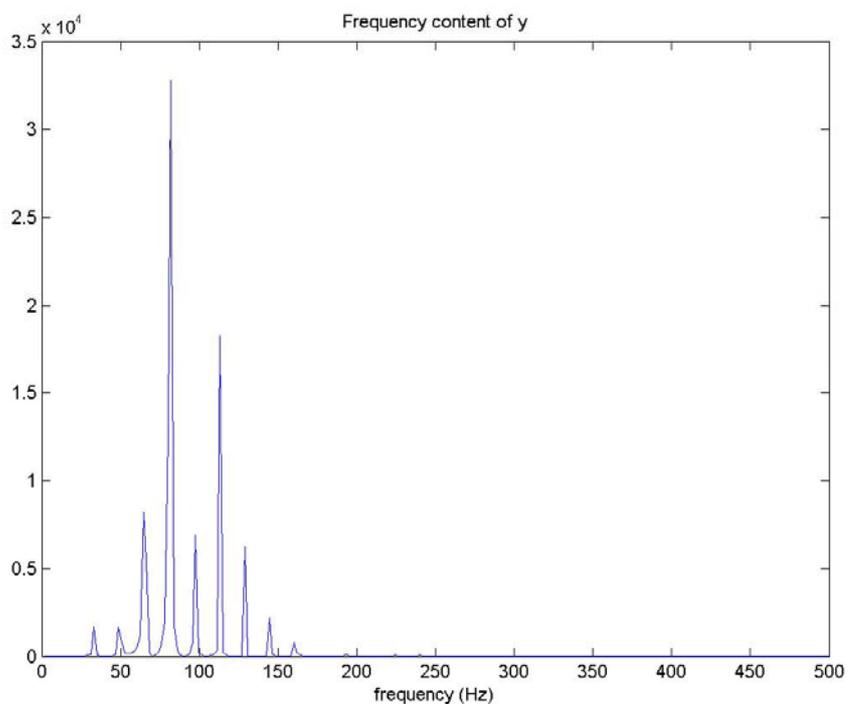
Vzorek č. 2



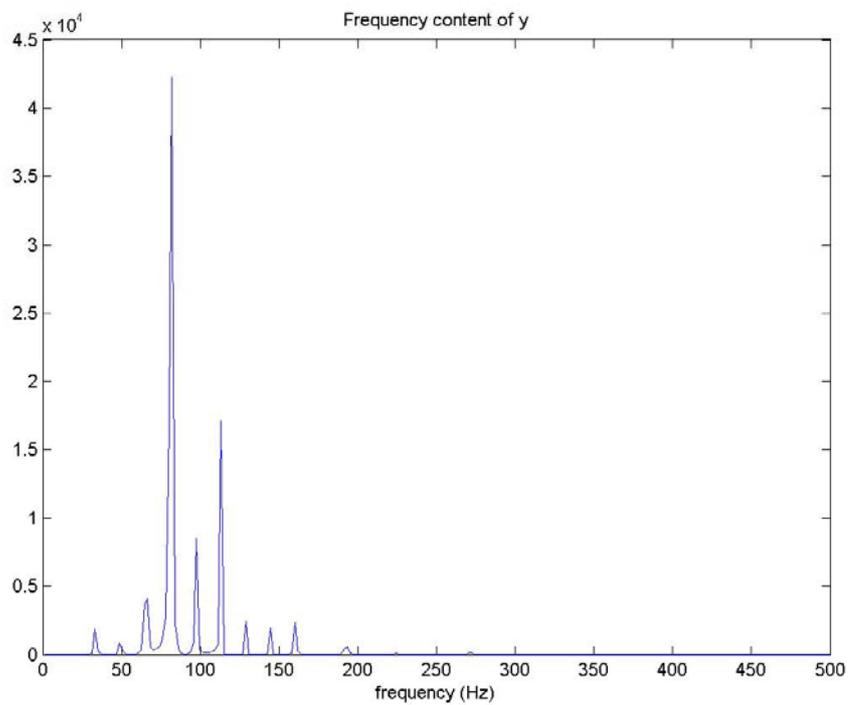
Vzorek č. 3



Vzorek č. 4

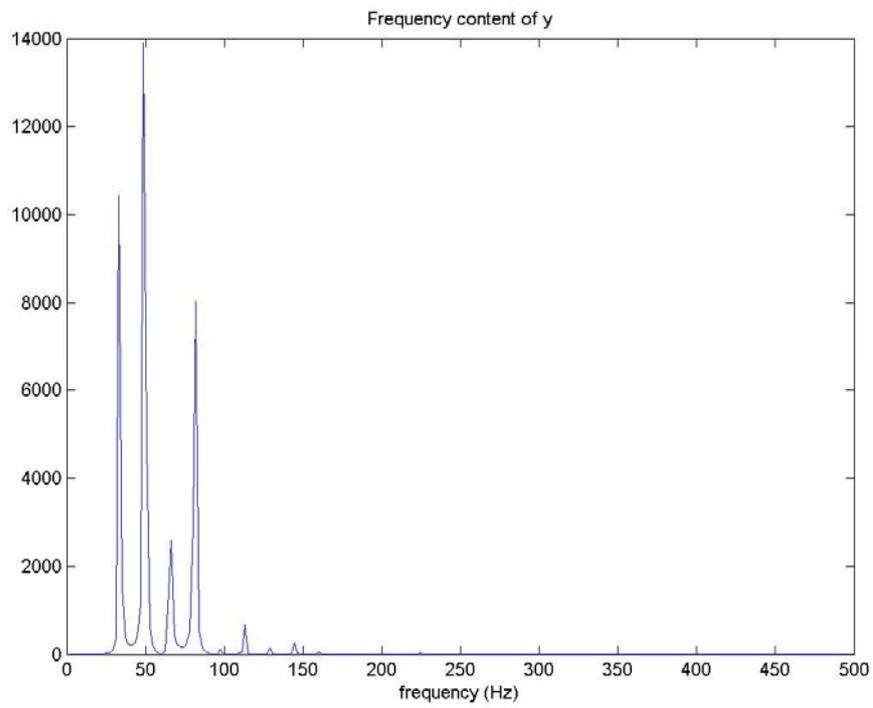


Vzorek č. 5

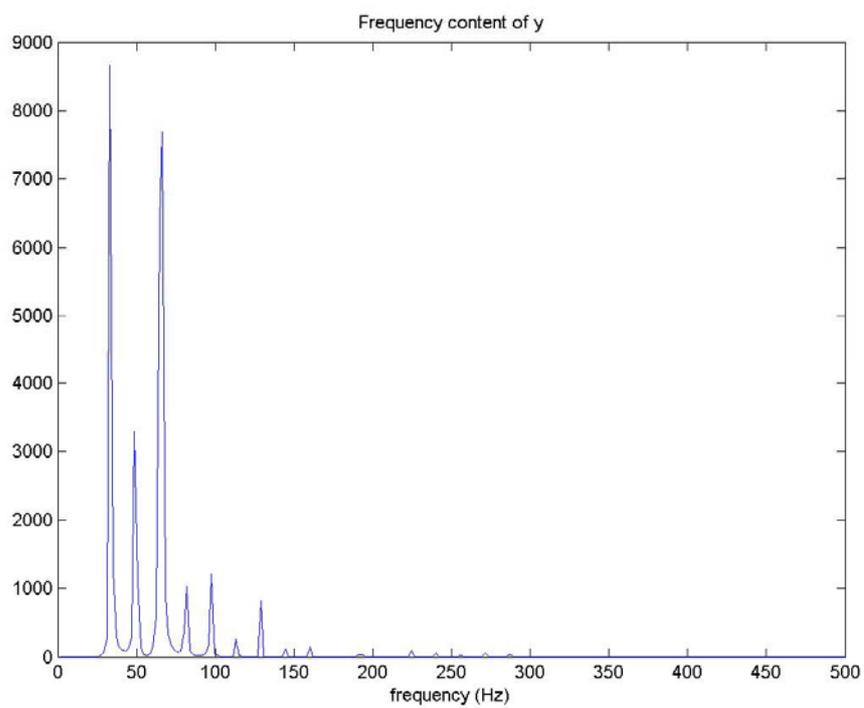


Materiál č. 5

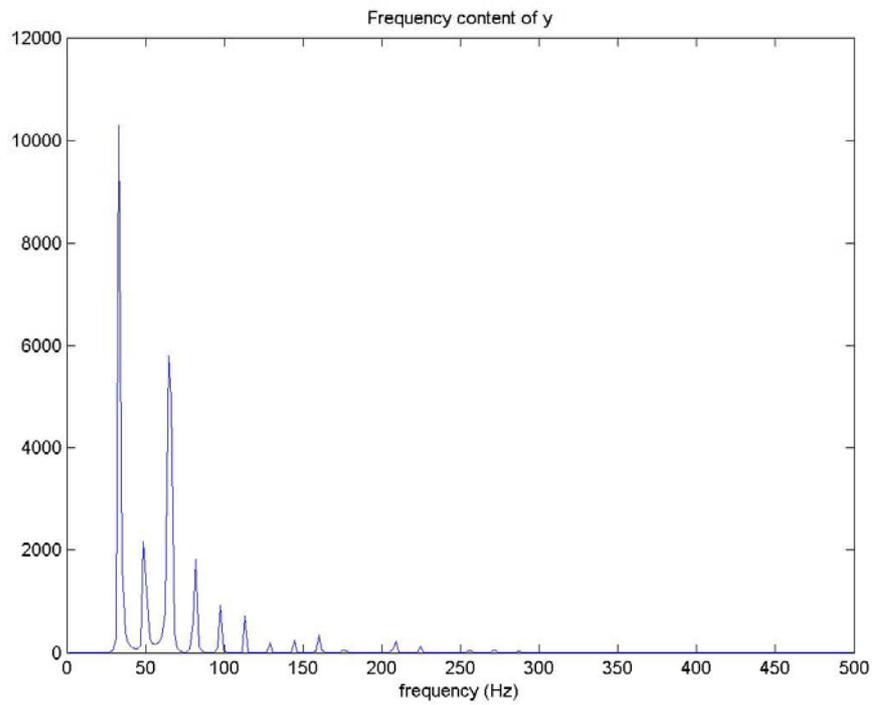
Vzorek č. 1



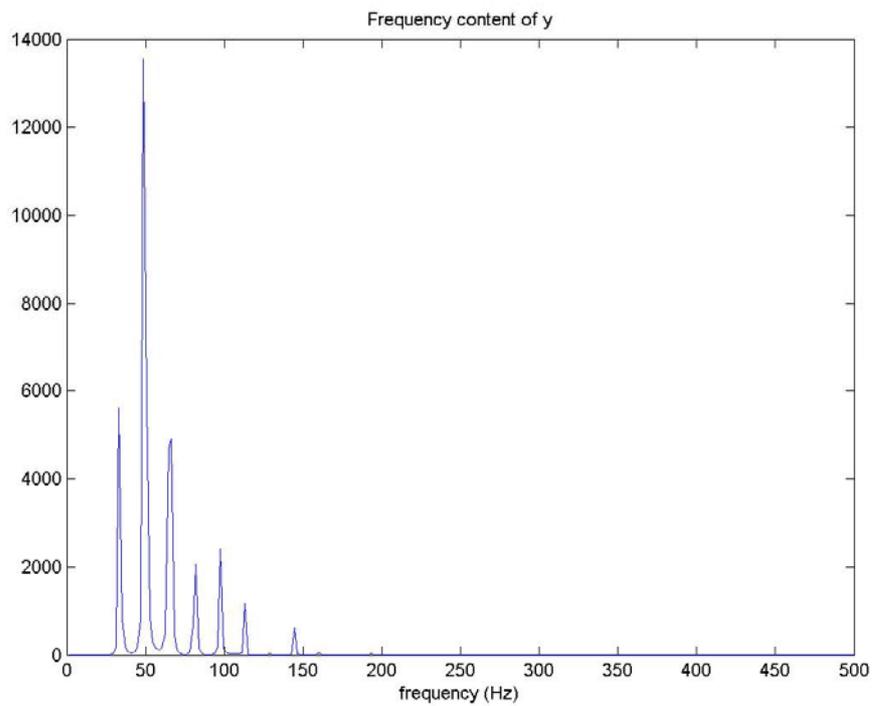
Vzorek č. 2



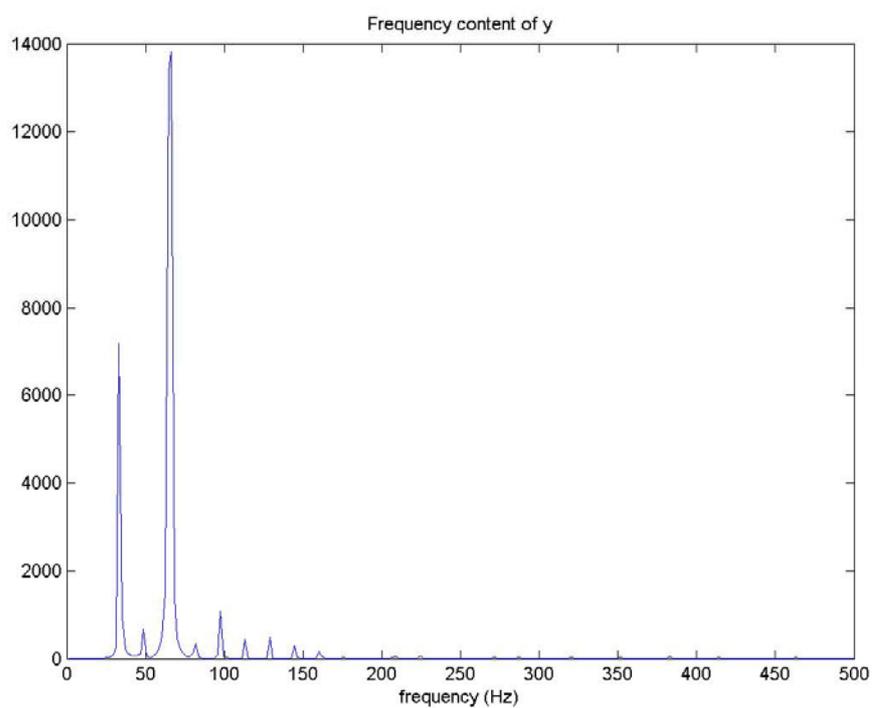
Vzorek č. 3



Vzorek č. 4

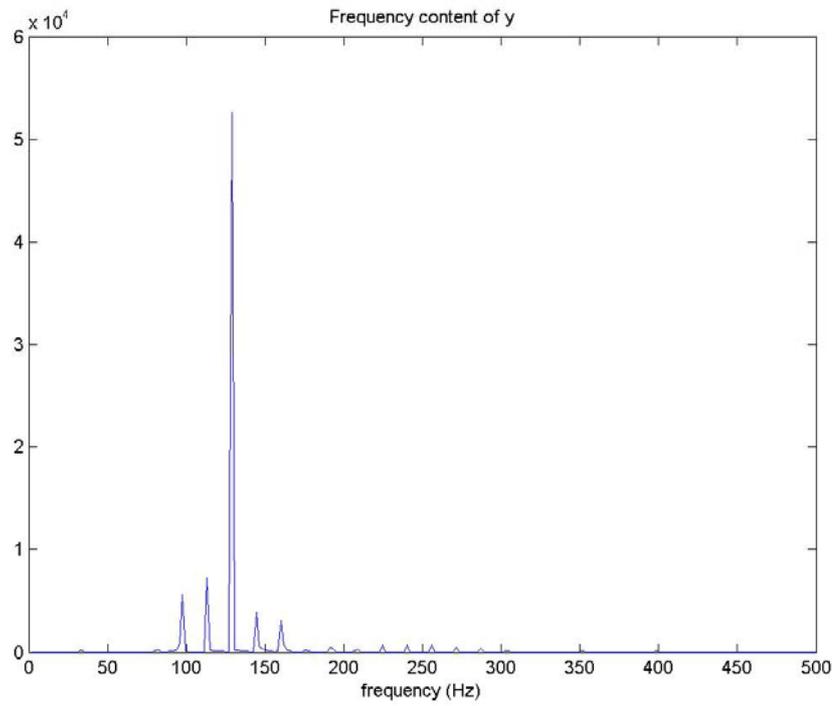


Vzorek č. 5

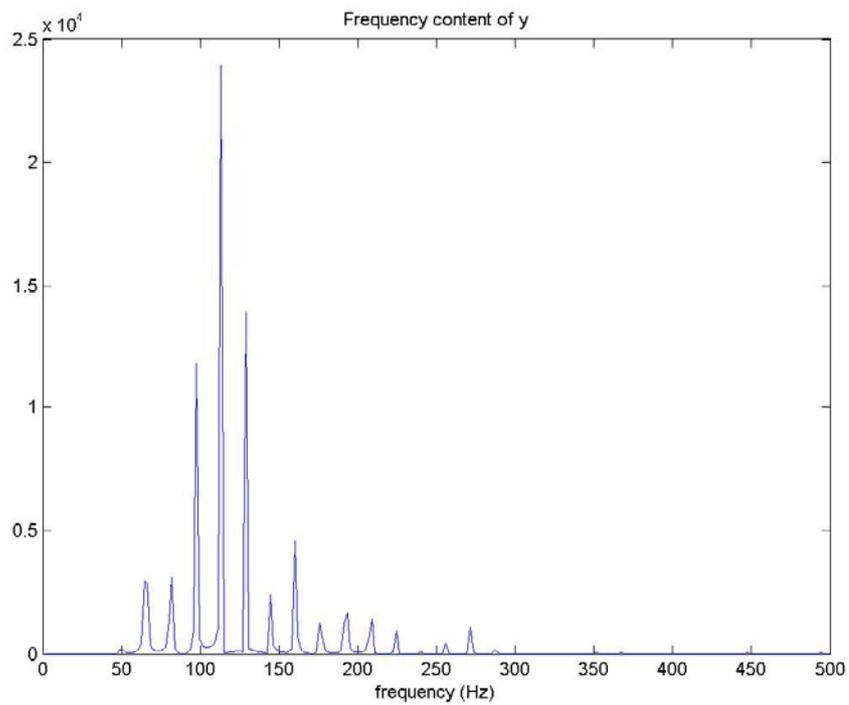


Materiál č. 6

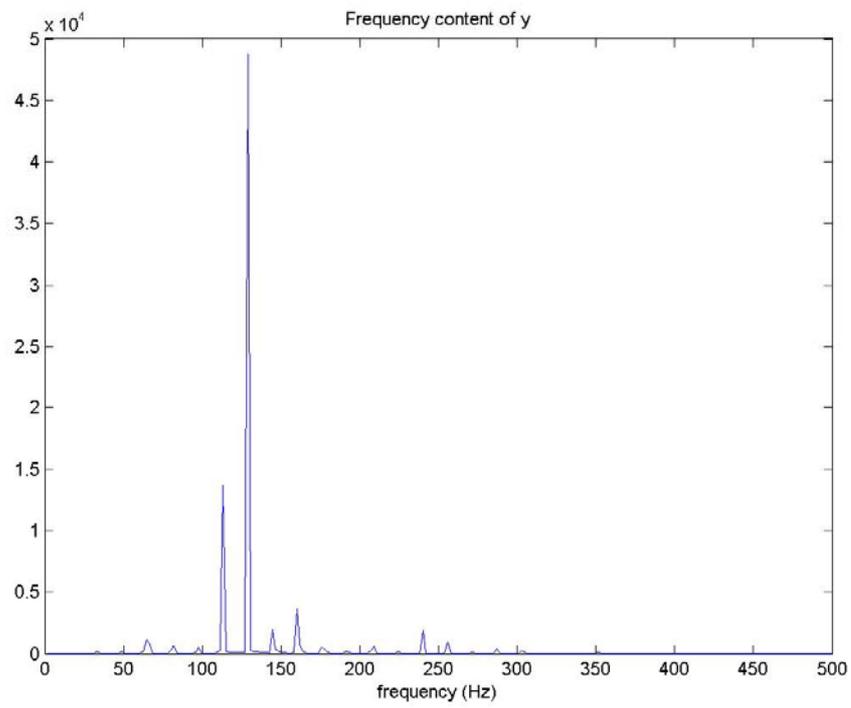
Vzorek č. 1



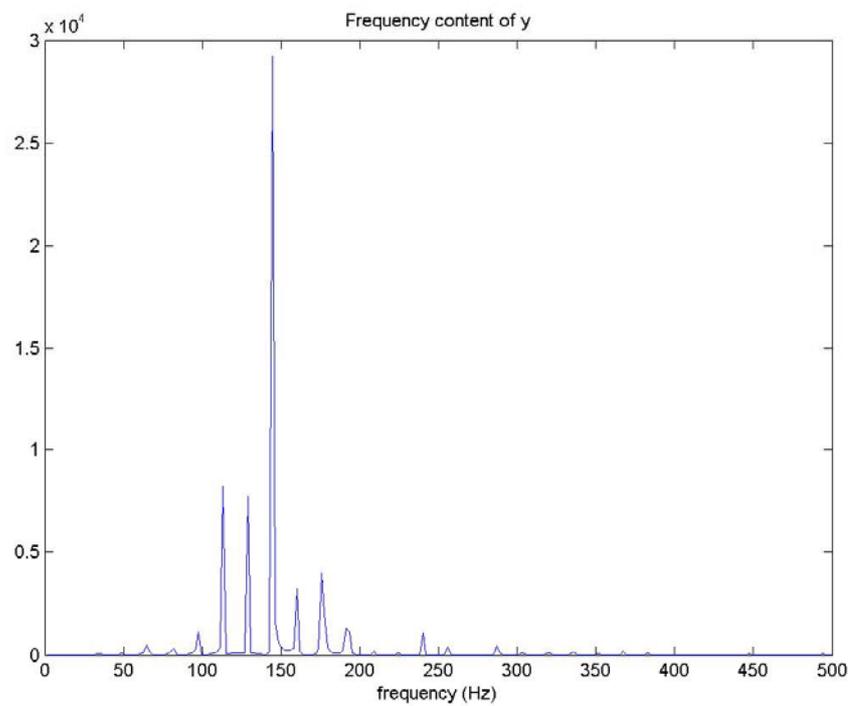
Vzorek č. 2



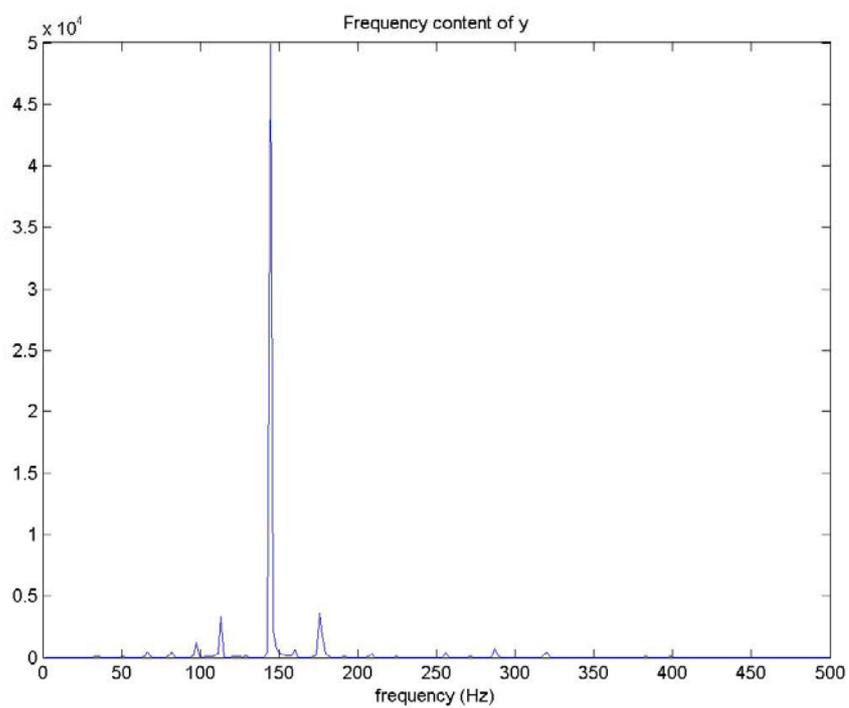
Vzorek č. 3



Vzorek č. 4

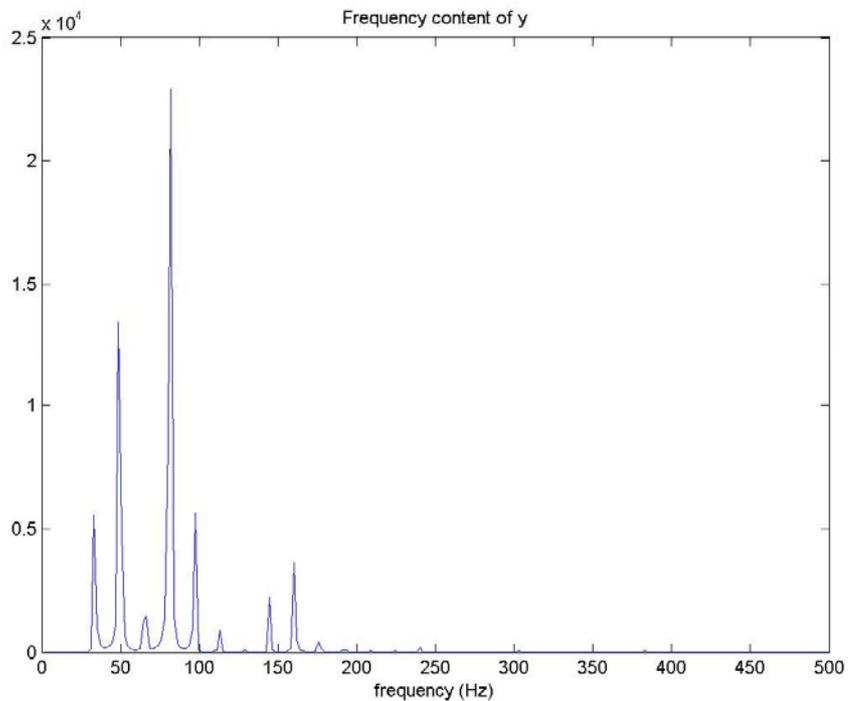


Vzorek č. 5

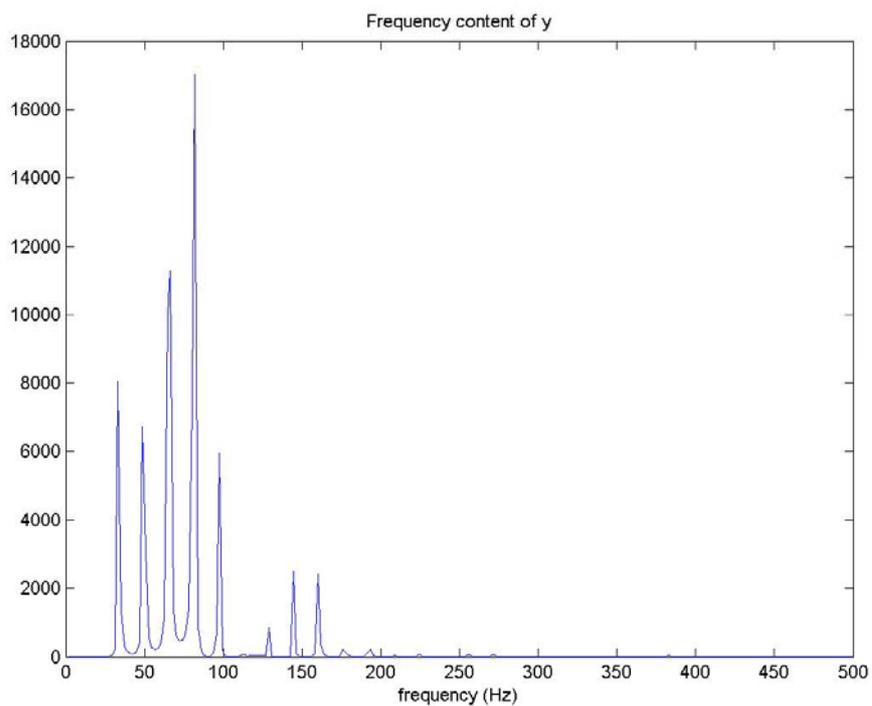


Materiál č. 7

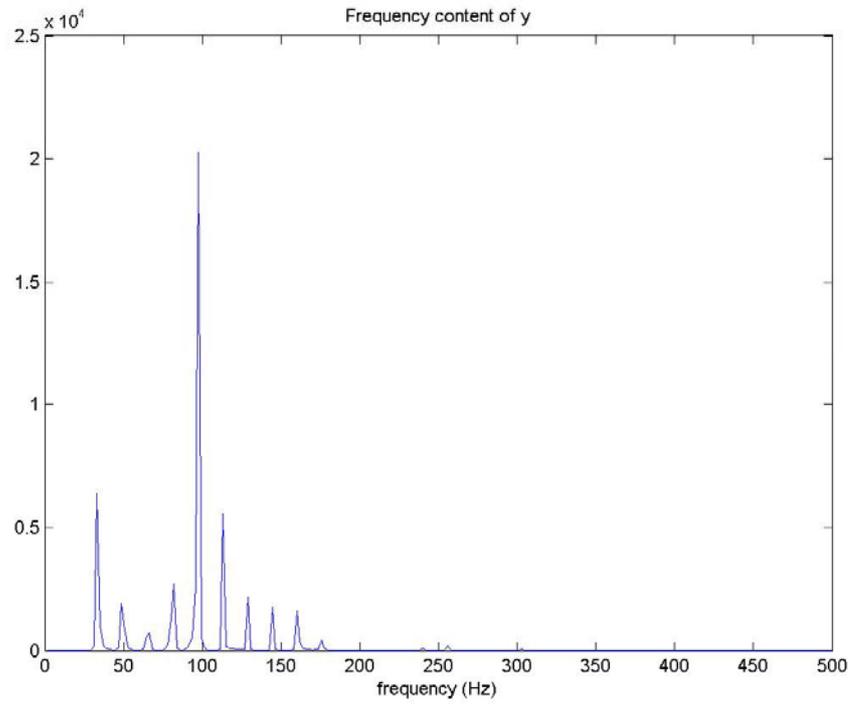
Vzorek č. 1



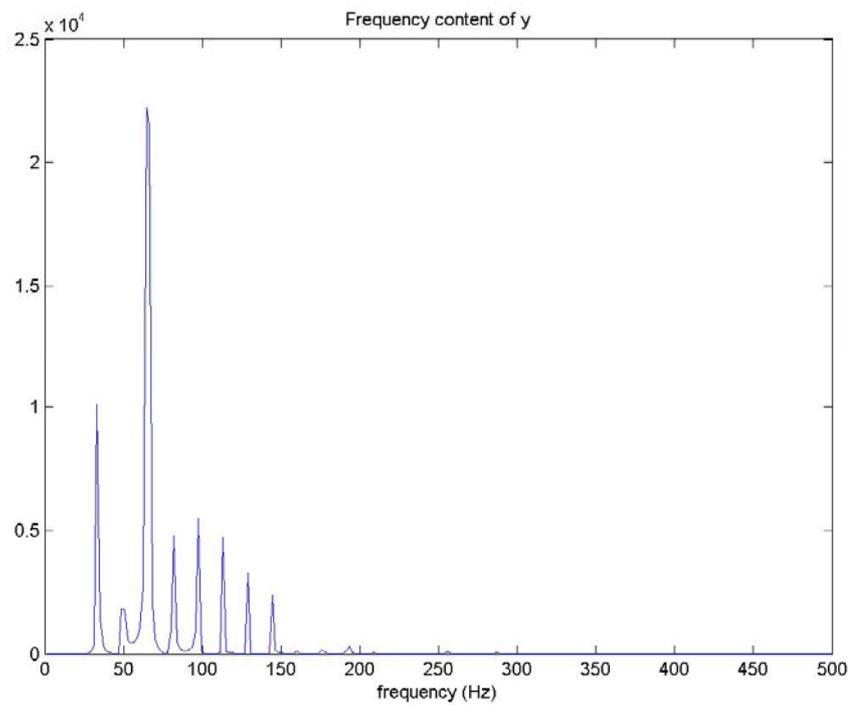
Vzorek č. 2



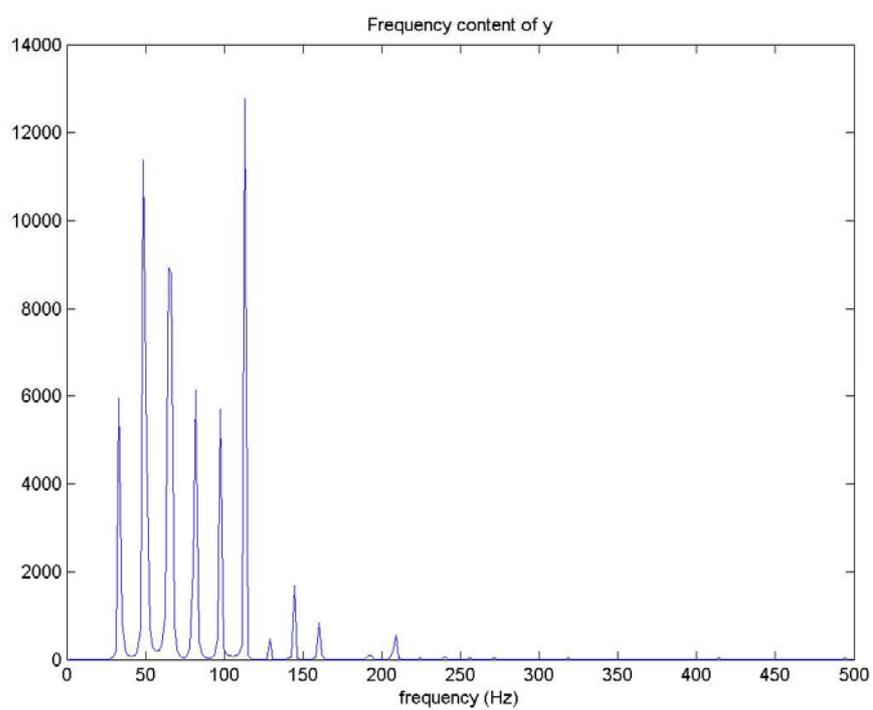
Vzorek č. 3



Vzorek č. 4

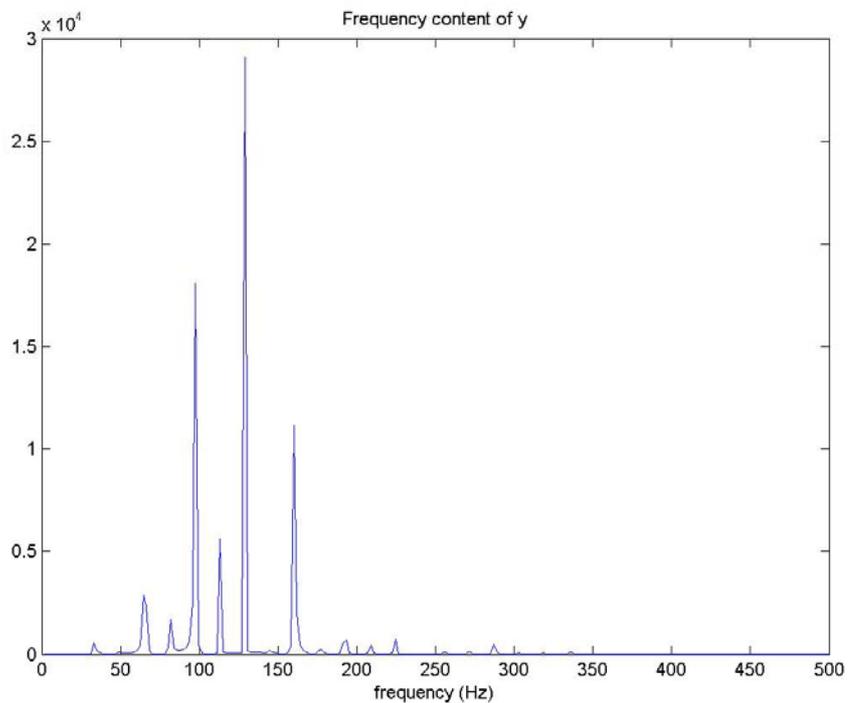


Vzorek č. 5

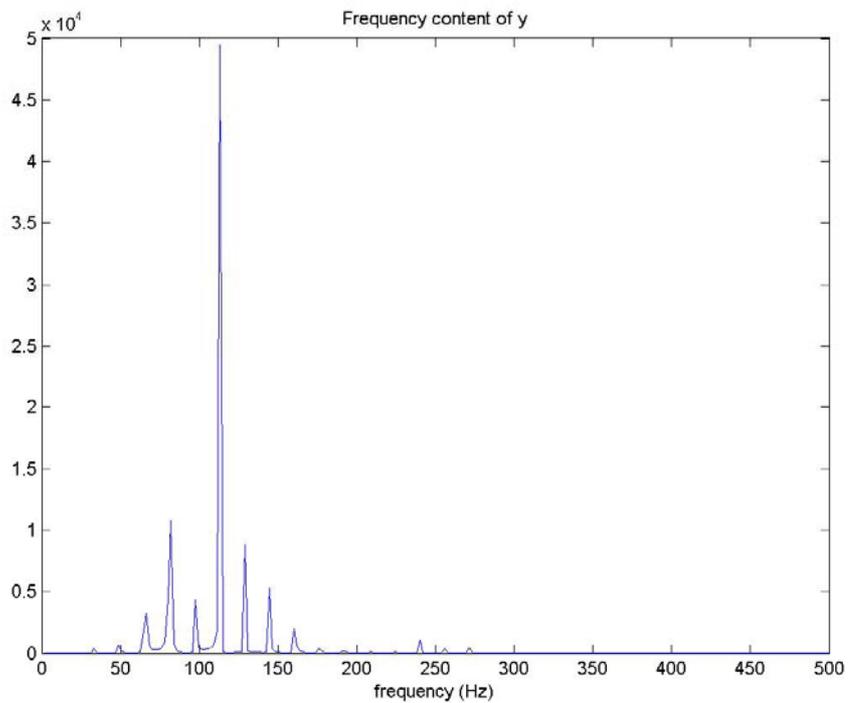


Materiál č. 8

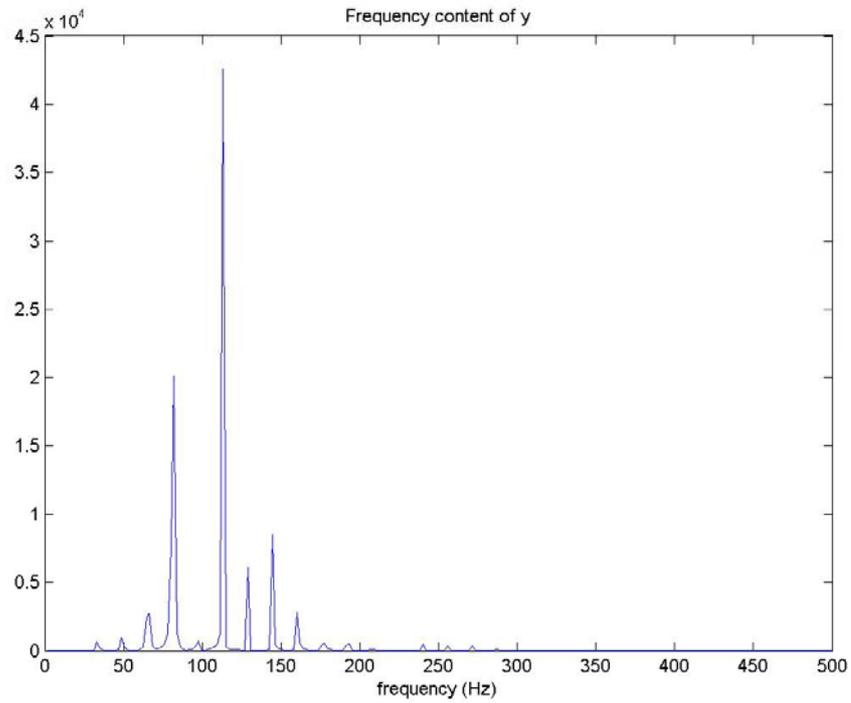
Vzorek č. 1



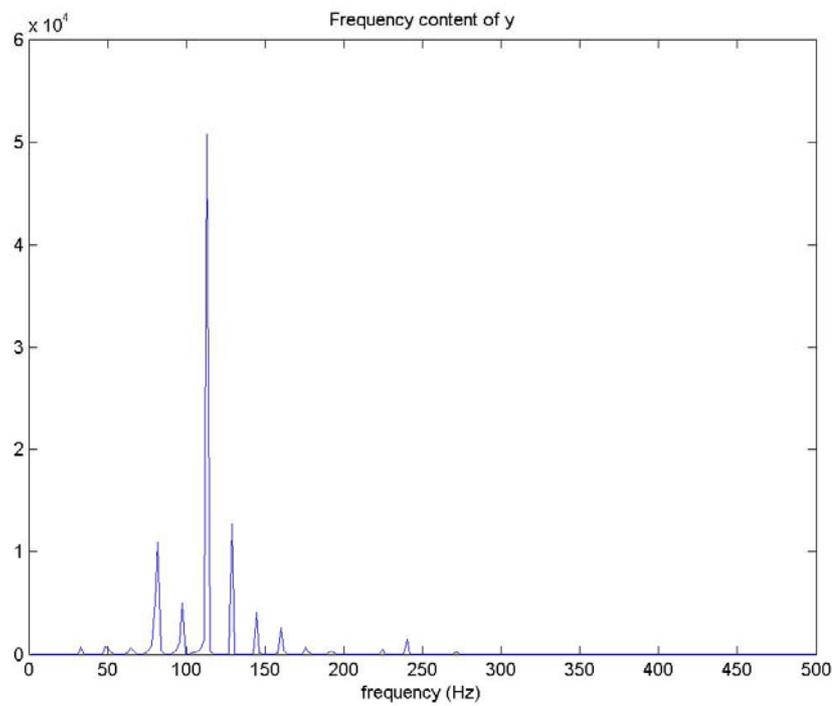
Vzorek č. 2



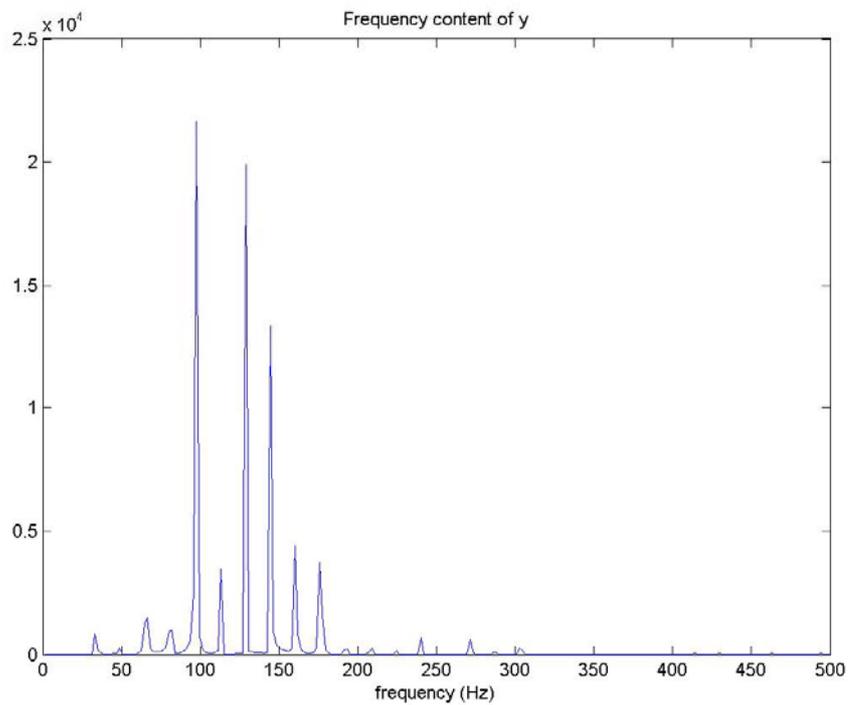
Vzorek č. 3



Vzorek č. 4

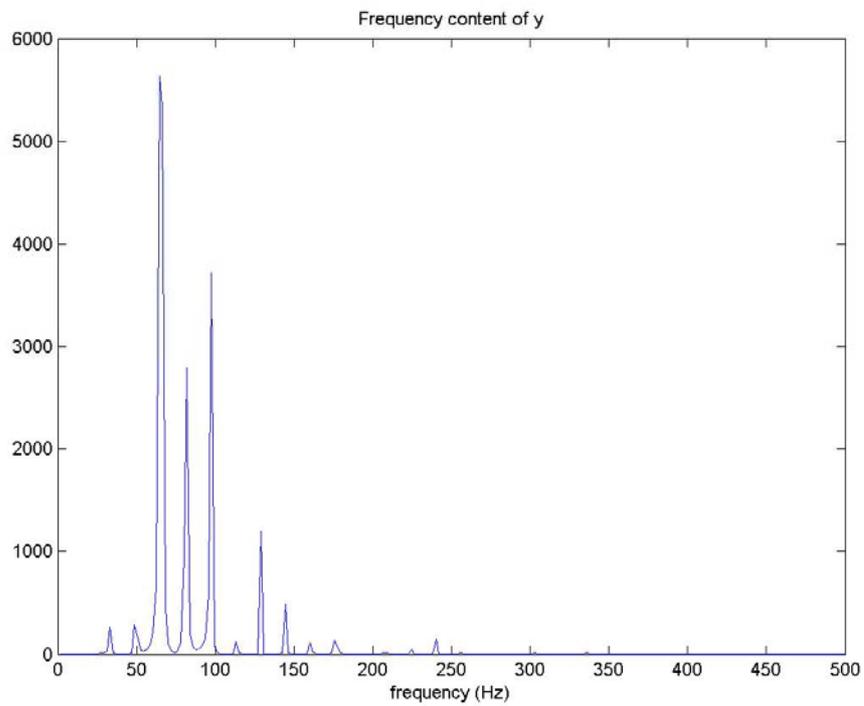


Vzorek č. 5

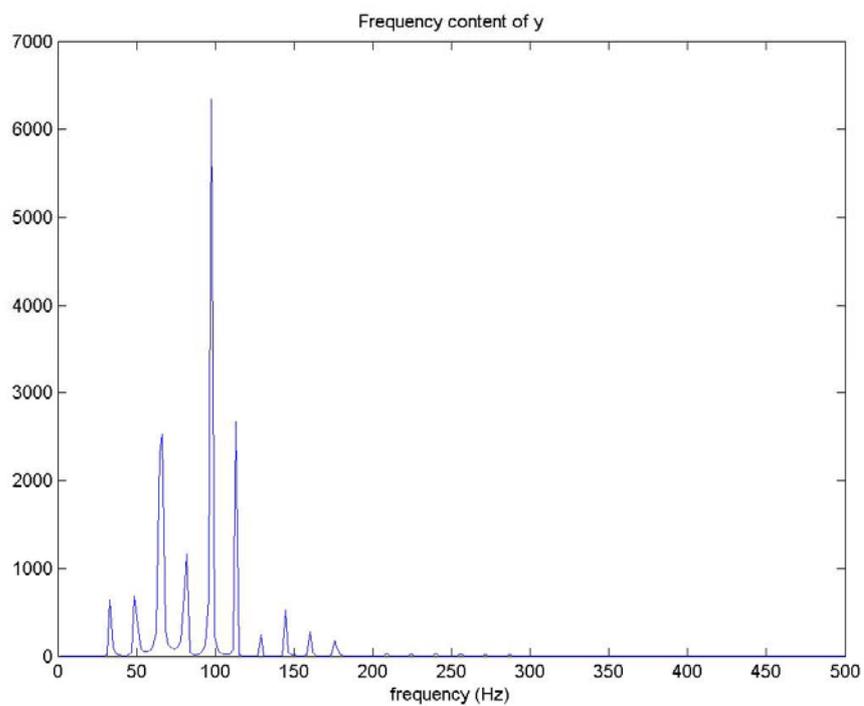


Materiál č. 9

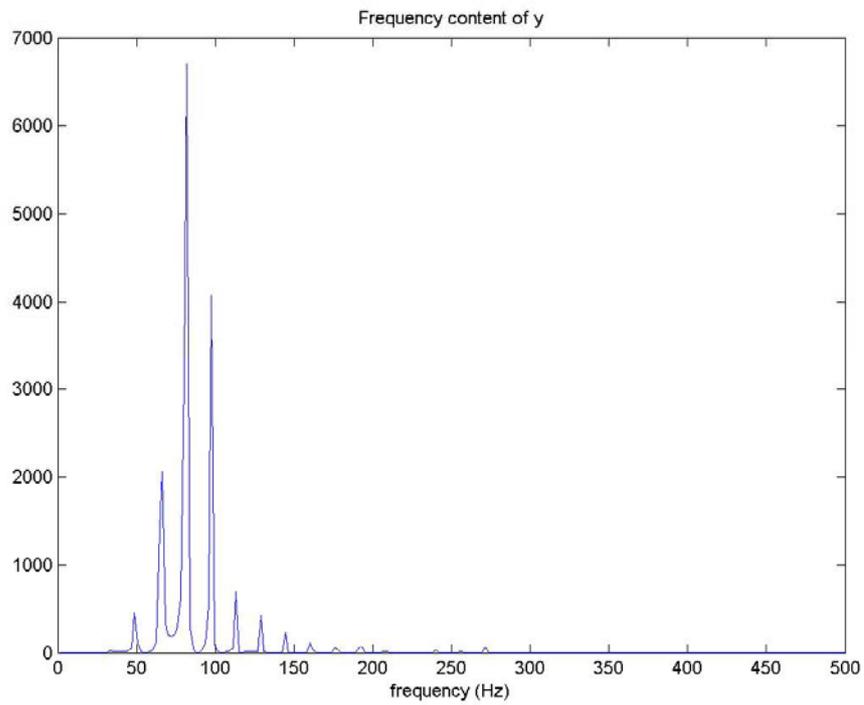
Vzorek č. 1



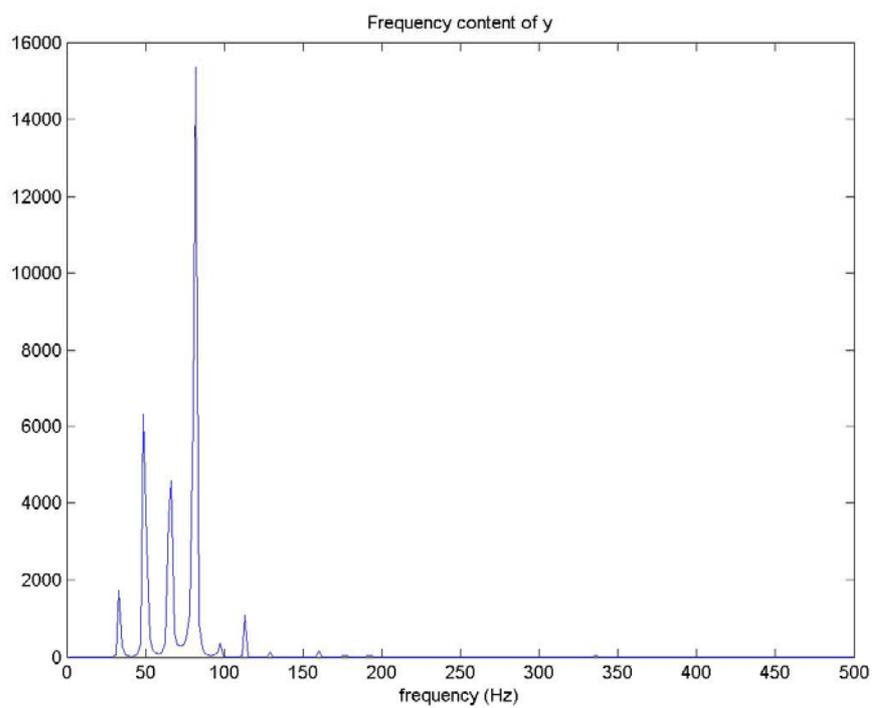
Vzorek č. 2



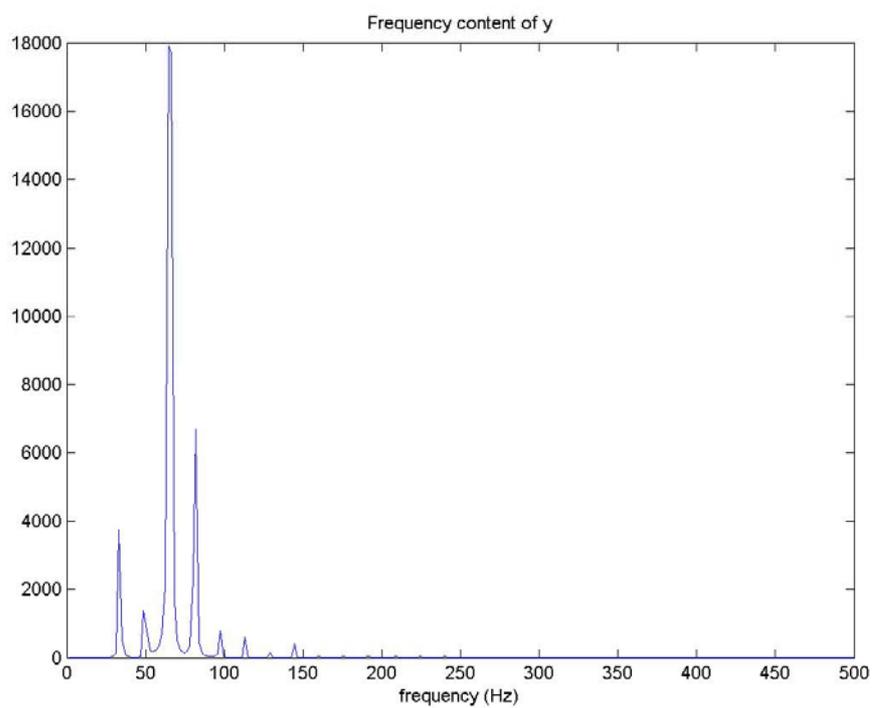
Vzorek č. 3



Vzorek č. 4



Vzorek č. 5



PŘÍLOHA 3

Matlab file

Program využívající FFT pro měření splývavosti

%fourierova transformace pocitana z rozvinu prumetu ohybu textilie na valci

```
clear all
obr = imread('9050.bmp');
bw = im2bw(obr);
%figure(1);
rozmer_bw = size(bw)

sirka = rozmer_bw(1,1);
vyska = rozmer_bw(1,2);
pom(sirka + 400, vyska + 400) = 0;
for i = 1 : sirka
    for j = 1 : vyska
        pom((i + 200), (j + 200)) = bw(i,j);
    end
end

bw = pom;
figure(5);
imshow(bw);
L = bwlabel(bw);
s = regionprops(L, 'centroid','BoundingBox');
centroids = cat(1, s.Centroid);
bb = cat(1, s.BoundingBox);

zac_x = round(bb(1,1));
zac_y = round(bb(1,2));
kon_x = zac_x + round(bb(1,3));
kon_y = zac_y + round(bb(1,4));

figure(2);
imshow(bw)
hold on
plot(centroids(:,1), centroids(:,2), 'r+')
hold off
centre_x = centroids(:,1);
centre_y = centroids(:,2);

dist_levy_horni = ((centre_x - zac_x)^2 + (centre_y - zac_y)^2)^0.5;
dist_pravy_horni = ((kon_x - centre_x)^2 + (zac_y - centre_y)^2)^0.5;
dist_levy_dolni = ((centre_x - zac_x)^2 + (kon_y - centre_y)^2)^0.5;
dist_pravy_dolni = ((kon_x - centre_x)^2 + (kon_y - centre_y)^2)^0.5;

x(1,1) = dist_levy_horni;
x(1,2) = dist_pravy_horni;
x(1,3) = dist_levy_dolni;
x(1,4) = dist_pravy_dolni;
```

```

nejdelsi = 0;
for i = 1 : 4
    if x(i) > nejdelsi
        nejdelsi = x(i);
    end
end

line([zac_x kon_x], [zac_y zac_y], 'color',[0 1 0]);
line([kon_x kon_x], [zac_y kon_y], 'color',[0 1 0]);
line([kon_x zac_x], [kon_y kon_y], 'color',[0 1 0]);
line([zac_x zac_x], [kon_y zac_y], 'color',[0 1 0]);

krok = 0.1;
s_vekt = 0 : krok : 2*pi;
radius_delsi = ceil(nejdelsi);
radius_kratsi = 0;

for j = 1 : length(s_vekt)

radius_delsi = ceil(nejdelsi);
radius_kratsi = 0;
    for k = 1 : 8 % iterace metody puleni intervalu

        radius_pulka = ((radius_delsi + radius_kratsi) / 2);
        %bw(round(centre_y - radius_delsi*(sin(0))),round(centre_x +
radius_delsi*(cos(0))))
        %plot(round(centre_x + radius_delsi*(cos(0)),round(centre_y -
radius_delsi*(sin(0))),'+r')
        %bw(round(centre_y - radius_pulka*(sin(0))),round(centre_x +
radius_pulka*(cos(0))))
        %plot(round(centre_x + radius_pulka*(cos(0)),round(centre_y -
radius_pulka*(sin(0))),'+b')

        %round(centre_x + radius_delsi*(cos(0)))
        %round(centre_y - radius_delsi*(sin(0)))

        if (bw(round(centre_y - radius_delsi*(sin(s_vekt(j))))), round(centre_x +
radius_delsi*(cos(s_vekt(j))))== 0 && bw(round(centre_y -
radius_pulka*(sin(s_vekt(j))), round(centre_x + radius_pulka*(cos(s_vekt(j)))))) == 1)

            radius_kratsi = radius_pulka;
        else
            radius_delsi = radius_pulka;
        end
    end
end

```

```

end

mezi = (radius_pulka + radius_delsi) / 2;
pole_amplitud1(j) = mezi;
hold on
plot(round(centre_x + radius_delsi*cos(s_vekt(j))),round(centre_y -
radius_delsi*(sin(s_vekt(j))))),'+r')
%plot(round(centre_x + radius_kratsi*(cos(0)),round(centre_y +
radius_kratsi*(sin(0))),'+b')
hold off

end

d = length(pole_amplitud1);
for i = 1 : d;
pole_amplitud(i) = pole_amplitud1(i);
pole_amplitud(d + i) = pole_amplitud1(i);
pole_amplitud((2*d) + i) = pole_amplitud1(i);
pole_amplitud((3*d) + i) = pole_amplitud1(i);
pole_amplitud((4*d) + i) = pole_amplitud1(i);
pole_amplitud((5*d) + i) = pole_amplitud1(i);
pole_amplitud((6*d) + i) = pole_amplitud1(i);
pole_amplitud((7*d) + i) = pole_amplitud1(i);
pole_amplitud((8*d) + i) = pole_amplitud1(i);
pole_amplitud((9*d) + i) = pole_amplitud1(i);
pole_amplitud((10*d) + i) = pole_amplitud1(i);
end

souc = 0;
for i = 1 : length(pole_amplitud)
souc = souc + pole_amplitud(j);
end
figure(16)
plot(pole_amplitud);

prum = souc / length(pole_amplitud);
pole_amplitud = pole_amplitud - prum;
b = fir1(50, 0.07,'high');
filtered_pole_amplitud = filter(b, 1, pole_amplitud);
ft = fft(filtered_pole_amplitud,512);

power_ft = ft.* conj(ft) / 512;
length(power_ft)
realna_cast = real(ft);
transp_power_ft = power_ft`
koeficienty = abs(realna_cast);
figure(32)

```

```
f = 1000*(1:256)/512;  
plot(f,power_ft(1:256))  
title('Frequency content of y')  
xlabel('frequency (Hz)')
```